

## SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

### 1. Metryczka materiału

<b>Tytuł materiału</b>	Laboratorium VR chemii analitycznej - analiza miareczkowa
<b>Numer materiału</b>	II.14
<b>Autorzy scenariusza</b>	Ewelina Gajko-Jurkowska, Paweł Cieśla
<b>Weryfikacja WCAG</b>	Zespół ekspertów ds. WCAG (Dominika Gaponiuk, Agnieszka Brodowska, Urszula Grygier, Łukasz Mroziński)
<b>Weryfikacja założeń techniczno-informatycznych</b>	Zespół informatyków ds. integrowania e-materiałów pod względem technologicznym (Paweł, Tomaszek, Katarzyna Gagan, Anna Magdziarz-Tomaszek, Grzegorz Kusztełak)
<b>Weryfikacja językowa</b>	Alicja Berbeka
<b>Rodzaj multimedium</b>	wirtualne laboratorium
<b>Wykorzystanie AR lub VR</b> AR - rozszerzona rzeczywistość VR - wirtualna rzeczywistość	<input type="checkbox"/> standardowa 2D lub 3D <input type="checkbox"/> AR <b>VR</b>
<b>Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał</b>	III etap: Liceum / technikum zakres rozszerzony
<b>Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał</b>	chemia język obcy nowożytny - język angielski

### 2. Opis materiału

<b>Skrócony opis materiału (abstrakt).</b>
Wirtualne laboratorium w technologii VR, którego celem jest zapoznanie użytkownika z podstawowymi metodami klasycznej, chemicznej analizy ilościowej i kształtowanie umiejętności prowadzenia analiz z wykorzystaniem tych metod. Laboratorium koncentruje się na na nauce podstawowych metod analizy miareczkowej poprzez wykonywanie wybranych oznaczeń. Aplikacja pozwala na zrozumienie podstaw teoretycznych, a także na naukę części praktycznej analizy miareczkowej, jak interpretacji otrzymanych wyników w kontekście obliczeń chemicznych i zastosowań.
<b>Cel ogólny materiału</b>
Celem e-materiału jest zrozumienie podstaw teoretycznych, a także nauka części praktycznej analizy miareczkowej, jak interpretacji otrzymanych wyników w kontekście obliczeń chemicznych i zastosowań.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Cel ten zostanie osiągnięty poprzez naukę wykonania oznaczeń w symulowanych warunkach laboratoryjnych w wirtualnej rzeczywistości, zapewniających wysoki stopień immersji. Część teoretyczna powinna znaleźć się w laboratorium. W trakcie swoich działań w laboratorium uczeń zapoznaje się z filmami instruktażowymi, otrzymuje odpowiedzi i ma możliwość włączenia wyjaśnień wirtualnego asystenta. Nauka fachowej terminologii w języku angielskim, poprzez możliwość zmiany warstwy językowej.

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

#### Chemia

Uczeń:

- poprawnie posługuje się sprzętem laboratoryjnym;
- właściwie dobiera potrzebny sprzęt laboratoryjny niezbędny do wykonania analizy miareczkowej;
- stosuje zasady bezpiecznej pracy w laboratorium;
- rozpoznaje możliwe zagrożenia w laboratorium i odpowiednio reaguje;
- przeprowadza analizę chemiczną pod względem ilościowym przy zastosowaniu różnych technik miareczkowania, w tym miareczkowanie alkacymetryczne, redoksymetryczne, strąceniowe, kompleksometryczne;
- rozpoznaje podstawowe błędy, podczas wykonywania analiz i je eliminuje;
- wykorzystuje otrzymane wyniki miareczkowania do obliczeń chemicznych opartych na równaniach reakcji leżących u podstaw analiz, m.in. obliczanie liczby moli, masy reagentów, stężeń, czy zawartości składnika w analizowanej próbce, rozpuszczalności, pH;
- interpretuje uzyskane wyniki w kontekście zastosowań;
- poprawnie posługuje się terminologią chemiczną w języku polskim i angielskim, związaną z analizą miareczkową.

#### 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 technika;
- posługuje się terminologią fachową z zakresu wybranych metod analizy miareczkowej w języku obcym.

### 3. Charakterystyka materiału

#### Opis zawartości merytorycznej materiału

Wirtualne laboratorium powinno umożliwić:

- zapoznanie się z wprowadzeniem do miareczkowej analizy ilościowej;
- naukę przygotowania roztworów wzorcowych;
- naukę posługiwania się podstawowym sprzętem wykorzystywanym w analizie miareczkowej;
- opanowanie podstaw teoretycznych analizy miareczkowej;
- opanowanie podstawowych i zaawansowanych metod analiz miareczkowych (pod względem teoretycznym i praktycznym), takich jak miareczkowanie alkacymetryczne (alkalimetria i acydymetria, zarówno mocnych jak i słabych kwasów i zasad), redoksymetryczne (wybrane oznaczenia manganometryczne oraz jodometryczne, w tym oznaczanie tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera), kompleksometryczne (miareczkowanie z wykorzystaniem roztworów EDTA, analiza twardości wody), miareczkowanie strąceniowe (np. oznaczanie zawartości jonów chlorkowych metodą Mohra, w laboratorium należy uwzględnić zarówno metody bezpośrednie jak i



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



pośrednie;

- opanowanie wykonywania obliczeń na podstawie wyników miareczkowania;
- przybliżenie zastosowań metod analizy miareczkowej na konkretnych przykładach.

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

Wszystkie treści powinny być pogrupowane i podzielone na podstawowe, rozszerzające i zaawansowane (ekspert), aby umożliwić użytkownikom o różnych potrzebach i możliwościach ich opanowanie. Z uwagi na modułowość programu wszystkie elementy aplikacji muszą funkcjonować niezależnie i stanowić zamkniętą całość.

Treści podstawowe są dla wszystkich użytkowników, treści zaawansowane dla uczniów o szczególnych zainteresowaniach naukami przyrodniczymi i chemią. Poziom ekspert jest przeznaczony dla uczniów interesujących się chemią i uczestników olimpiad chemicznych.

Analizy wykonywane za pomocą programu muszą wiarygodnie odzwierciedlać rzeczywiste analizy. Odmierzanie i dozowanie reagentów musi odzwierciedlać rzeczywiste czynności.

Kluczowe wymagania merytoryczne:

- wprowadzenie do metod analizy ilościowej, w tym zobrazowanie wachlarza technik chemicznej analizy ilościowej;
- samouczki/instruktaże do poszczególnych technik miareczkowania;
- możliwość przeprowadzania eksperymentów pod okiem wirtualnego asystenta;
- możliwość przeprowadzenia eksperymentów samodzielnie bez asystenta, z trybem śledzenia i informacją na końcu czy oznaczenie przeprowadzono poprawnie lub jakie błędy popełniono;
- automatyczna analiza czynności wykonywanych przez użytkownika i korygowanie błędów przez system podpowiedzi (z uwzględnieniem informacji dlaczego to jest błąd, jakie mogą być lub jakie są konsekwencje tego błędu);
- wszystkie treści należy przygotować w dwóch wersjach językowych, polskiej i angielskiej.

### **Opis struktury materiału**

Na wstępie aplikacja powinna zawierać instruktaż tłumaczący, jak dobrać właściwą metodę i sprzęt laboratoryjny. Następnie użytkownik może przejść do przeprowadzenia analizy. Musi w tym celu wybrać odpowiednie odczynniki oraz sprzęt laboratoryjny. Aplikacja musi mieć także wbudowane samouczki, które za pomocą krótkich tekstów informacyjnych umożliwią użytkownikowi opanowanie podstaw teoretycznych, poprawne wykonanie analiz, poprawne wykonanie obliczeń i interpretację wyników.

Aplikacja rozpoczyna się od krótkiego, treściwego materiału wprowadzającego do technik analizy ilościowej. Następnie uczeń przenoszony jest do wirtualnego laboratorium i wybiera rodzaj miareczkowania. Następnie porusza się po laboratorium kompletuje sprzęt laboratoryjny i odczynniki. Po wykonaniu eksperymentu pojawia się ekran do analizy i interpretacji wyników.

Wszystkie oznaczenia i odpowiedzi układu mają być oparte na wykonywanych na bieżąco przez program obliczeniach. Podczas miareczkowania powinna jednocześnie rysować się krzywa miareczkowania (z opcją jej włączenia lub wyłączenia).

Poziom podstawowy:

- podstawy analizy miareczkowej;
- przygotowanie roztworów wzorcowych/mianowanych (z naważki lub z innych roztworów);



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- przygotowanie stanowiska do analizy i dobór odpowiedniego szkła laboratoryjnego;
- napełnianie biurety;
- odczytywanie poziomu cieczy w biurecie;
- odmierzanie cieczy naczyniami miarowymi, w tym nauka pipetowania (pipeta szklana i automatyczna);
- korekta podstawowych błędów;
- podstawy teoretyczne poszczególnych prostych metod analizy;
- proste oznaczenia - alkacymetryczne oznaczanie mocnych kwasów roztworami mocnych wodorotlenków i odwrotnie, z detekcją PK za pomocą wskaźników kwasowo zasadowych
- proste obliczenia na podstawie wyników miareczkowania.

Poziom zaawansowany:

- podstawy teoretyczne wyjaśnione w sposób rozszerzający do poziomu podstawowego;
- wybrane trudniejsze analizy bezpośrednie - alkacymetryczne oznaczanie słabych kwasów i zasad z detekcją PK za pomocą wskaźników kwasowo zasadowych;
- oznaczenia redoksometryczne bezpośrednie - manganometryczne i jodometryczne;
- proste oznaczenia kompleksometryczne;
- proste oznaczenia strąceniowe (argentometryczne oznaczanie chlorków metodą Mohra);
- obliczenia na podstawie wyników miareczkowań.

Poziom ekspert:

- wybrane złożone oznaczenia, w tym oznaczenie tlenu metodą Winklera, oznaczanie twardości wody;
- obliczenia zaawansowane;
- błędy w analizie miareczkowej;
- uwzględnienie współmierności kolby i pipety;
- uwzględnienie detekcji potencjometrycznej.

## Mechanika materiału

### Obsługa VR i trybu standardowego:

- **Tryb VR:**
  - użytkownik porusza się w laboratorium za pomocą teleportacji, co minimalizuje dyskomfort związany z poruszaniem się w wirtualnej przestrzeni
  - manipulowanie sprzętem i odczytnikami odbywa się za pomocą kontrolerów VR, pozwalając na realistyczne odwzorowanie czynności manualnych.
- **Tryb standardowy:**
  - identyczne funkcjonalności dostępne za pomocą myszy i klawiatury, z intuicyjnymi ikonami oraz menu kontekstowym
  - użytkownik może obracać i przybliżać obiekty (np. biurety, kolby stożkowe) za pomocą ruchów myszką, a interakcja odbywa się poprzez kliknięcie.

### Interaktywny instruktaż i wirtualny asystent:

- Instruktaż na początku każdej sesji wyjaśnia krok po kroku, jak wybrać odpowiednią metodę analizy i przygotować sprzęt.
- Wirtualny asystent dostępny na każdym etapie:
  - udziela wskazówek dotyczących kolejnych kroków procedury
  - informuje o błędach, takich jak zbyt szybkie miareczkowanie, nieodpowiednie stężenie odczynnika czy błędna interpretacja wyników
  - monitoruje postępy i przekazuje informację zwrotną po zakończeniu eksperymentu.

### Upływ czasu:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Procedury wymagające długiego czasu (np. stabilizacja wskaźnika) są symbolicznie przyspieszane.
- Wszystkie zmiany są wizualnie zaznaczone, np. poprzez animacje pokazujące zmiany barwy wskaźnika.

#### **Personalizacja przez nauczyciela:**

- **Panel konfiguracyjny:**
  - wybór dostępnych metod analizy (np. miareczkowanie alkalimetryczne, redoksymetryczne) oraz poziomu trudności
  - możliwość wyłączania wybranych odczynników i sprzętu, co wpływa na dostępne eksperymenty.
- **Tworzenie scenariuszy:**
  - nauczyciel może dostosować laboratorium do potrzeb lekcji, określając cele i wymagania dla uczniów
  - opcja tworzenia niestandardowych scenariuszy analizy
  - nauczyciel może konfigurować scenariusze eksperymentów, łącząc różne techniki miareczkowania w jednej sesji.

#### **Kompletowanie wyposażenia:**

- Przed rozpoczęciem eksperymentu użytkownik wybiera metodę, sprzęt i odczynniki z dostępnych zasobów.
- W przypadku błędnego wyboru wirtualny asystent sugeruje poprawne elementy.

#### **Symulacja miareczkowania:**

- Precyzyjne dozowanie roztworów za pomocą biurety, kontrolowane gestami lub ruchami myszy.
- Realistyczne zmiany barwy wskaźników w punkcie końcowym.
- Możliwość zapisywania wyników w formie tabelarycznej.
- Użytkownik może dodawać własne notatki do wyników i eksportować je w formacie PDF.

#### **Interpretacja wyników:**

- Moduł analizy wyników pozwala na porównanie uzyskanych danych z wartościami referencyjnymi.
- Informacja zwrotna po interpretacji wyników pomaga uczniowi zrozumieć popełnione błędy i poprawić swoje umiejętności.

#### **Autozapis i raportowanie:**

- Automatyczne zapisywanie wyników eksperymentów i postępów ucznia.
- Możliwość generowania raportów z przeprowadzonych analiz, które można pobrać w formacie CSV/PDF.

### **Grafika**

#### **Ogólne założenia:**

- Stylizowana grafika z naciskiem na realistyczne odwzorowanie procedur, reagentów i sprzętu, ale z przyjaznym, przejrzystym wyglądem dostosowanym do grupy docelowej.
- Kolorystyka pomieszczeń neutralna i harmonijna (np. szarości, beże z akcentami



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



laboratoryjnej zieleni lub błękitu), aby nie odwracać uwagi od prowadzonych eksperymentów.

- Barwy reagentów i efektów chemicznych (np. zmiany koloru wskaźników) wiernie odzwierciedlające rzeczywistość.

#### **Przestrzeń laboratoryjna:**

- Laboratorium składa się z jednego pomieszczenia wyposażonego w:
  - duży stół laboratoryjny z miejscem na odczynniki i sprzęt
  - dygestorium do prowadzenia eksperymentów wymagających odprowadzania oparów
  - oświetlenie zapewniające dobrą widoczność, szczególnie przy analizie zmian barw
  - szafki z odczynnikiem oraz sprzętem, rozmieszczone zgodnie z zasadami BHP.
- Grafika musi uwzględniać bezpieczeństwo pracy, np. brak substancji łatwopalnych w pobliżu źródeł ciepła.

#### **Wyposażenie:**

- Szczegółowo odwzorowane szkło laboratoryjne, takie jak:
  - biurety z wyraźną skalą
  - kolby stożkowe
  - probówki
  - pojemniki na odpady chemiczne.
- Odczynniki chemiczne odpowiednio oznaczone zgodnie z normami (etykiety z piktogramami substancji niebezpiecznych, nazwą i stężeniem).

#### **Efekty wizualne:**

- Realistyczne wizualizacje reakcji chemicznych:
  - zmiana koloru roztworów podczas miareczkowania
  - efekty przejścia w punkcie końcowym, np. wyraźne barwienie wskaźnika
  - wizualizacja błędów, np. przepełnienie biurety, rozlanie roztworu.
- Subtelne animacje, takie jak:
  - wydzielanie gazów (np. delikatne bąbelki)
  - rozpryskiwanie cieczy w przypadku błędnie przeprowadzonych procedur.

#### **Elementy interfejsu:**

- Przejrzyste ikony i oznaczenia umożliwiające szybkie identyfikowanie sprzętu i odczynników.
- Możliwość zmiany perspektywy użytkownika w VR i trybie standardowym (obracanie, przybliżanie obiektów).
- Instrukcje i regulaminy pracy umieszczone na widocznych tablicach w pomieszczeniu.

#### **Stylizacja i optymalizacja:**

- Grafika stylizowana, ale utrzymana w realistycznym klimacie, nawiązująca do innych laboratoriów w projekcie, aby zachować spójność wizualną.
- Optymalizacja dla urządzeń VR oraz komputerów, z dostosowaniem jakości grafiki do możliwości sprzętowych.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## Przykładowe inspiracje

### Wizualizacje i interfejsy:

- **Labster** (<https://www.labster.com/>): platforma oferująca realistyczne laboratoria w VR, szczególnie moduły dotyczące chemii, takie jak miareczkowanie; warto zainspirować się przejrzystością interfejsu oraz sposobem prowadzenia użytkownika przez eksperyment.
- **ChemCollective Virtual Labs** (<http://chemcollective.org/vlab>): prosta, ale funkcjonalna symulacja laboratoriów chemicznych; można zaczerpnąć pomysł na strukturę przestrzeni i organizację odczynników.

### Stylizowana grafika:

- **Two Point Hospital** – choć jest to gra, jej stylizowane, przejrzyste i kolorowe środowisko może stanowić inspirację do projektowania estetycznej, ale nieprzysłaczającej przestrzeni.
- **Portal 2** (w kontekście przestrzeni laboratoryjnej): laboratoria w grze, choć minimalistyczne, są świetnie zaprojektowane pod kątem czytelności i interakcji z otoczeniem.

### Realistyczne elementy chemiczne:

- **Molecular Workbench** : symulacje chemiczne, które wiernie odwzorowują reakcje i zmiany stanu skupienia; inspiracja do realistycznych efektów chemicznych w laboratorium, takich jak zmiany koloru czy emisja gazów.

### Bezpieczeństwo i oznaczenia:

- **OSHA Laboratory Safety Guidelines** : dokumenty dotyczące bezpieczeństwa pracy w laboratorium; inspiracja do oznakowań substancji, rozmieszczenia sprzętu oraz wizualnego przedstawienia zasad BHP.

### Wizualne efekty chemiczne:

- **PhET Interactive Simulations** (<https://phet.colorado.edu/>): animowane symulacje reakcji chemicznych, które można wykorzystać jako inspirację do tworzenia realistycznych efektów wizualnych, takich jak zmiana koloru roztworów czy reakcje miareczkowania.

### Immersyjność VR:

- **Tilt Brush by Google**: narzędzie do rysowania w VR. Inspiracja do interaktywnego obracania i manipulowania obiektami w przestrzeni, co może zostać zaimplementowane w interakcjach z biuretą, kolbą czy odczynnikami.

## 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



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





### **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 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.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





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;
- 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 pojawią 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;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- 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, niepochylenia 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.

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”.

#### Ekran startowy i personalizacja przez nauczyciela

- **Personalizacja ustawień:**
  - nauczyciel może dostosować dostępne metody analizy, odczynniki i sprzęt laboratoryjny
  - możliwość wyboru eksperymentów, które będą dostępne dla uczniów.
- **Konfiguracja poziomów trudności:** ustawienia wpływające na stopień skomplikowania procedur, dostępność pomocy i zakres wymaganej wiedzy.

#### Eksploracja i interakcje w laboratorium

- **Laboratorium zorganizowane jako kilka pomieszczeń:** każde pomieszczenie dostosowane do określonych etapów miareczkowania i innych metod analizy.
- **Realistyczna manipulacja sprzętem:** obsługa biurek, kolb, zlewki, pipet i innych narzędzi, z symulacją ich właściwości fizycznych (np. ciecz w biurku opada zgodnie z rzeczywistością).
- **Bezpieczeństwo w pracy:** system ostrzeżeń informujący o naruszeniu zasad BHP (np. brak rękawiczek, nieprawidłowe rozmieszczenie sprzętu).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- **System pomocy:** wirtualny asystent, który wspiera użytkownika, podpowiadając kolejne kroki i wskazując błędy.

#### Realizacja eksperymentów

- **Moduł przeprowadzania miareczkowania:**
  - użytkownik dobiera odczynniki, wprowadza próbkę i kontroluje proces miareczkowania
  - efekty wizualne i dźwiękowe, np. zmiana barwy wskaźnika, odgłosy kapania cieczy z biurety.
- **Upływ czasu:** możliwość symbolicznego przyspieszenia długotrwałych procesów, z odpowiednim zaznaczeniem przyspieszenia.
- **Obsługa błędów:** informacje o nieprawidłowo wykonanych czynnościach, np. zbyt szybkie miareczkowanie, użycie niewłaściwego odczynnika.

#### Moduł interpretacji wyników

- **Analiza wyników:** automatyczne zapisywanie wyników i możliwość ich porównania z teoretycznymi wartościami.
- **Generowanie raportów:** użytkownik po zakończeniu eksperymentu generuje raport, który może być zapisany w formacie CSV/PDF lub przesłany do nauczyciela.

#### Biblioteka metod i danych eksperymentalnych

- **Dynamiczna baza danych:** zawiera opisy metod analizy, przykładowe wyniki i multimedia (zdjęcia, filmy).
- **Aktualizacja przez nauczyciela:** możliwość dodawania nowych danych i edycji istniejących zasobów.

#### System punktacji i grywalizacji

- **Ocena poprawności:** użytkownik otrzymuje punkty za prawidłowe wykonanie eksperymentu.
- **Poziomy zaawansowania:** awansowanie w hierarchii naukowej (np. od studenta do specjalisty laboratoryjnego) na podstawie wyników.

#### Wirtualny asystent

- **Dynamiczne wsparcie:** asystent dostarcza wskazówek w czasie rzeczywistym i wskazuje optymalne rozwiązania.
- **Rejestracja pracy:** możliwość odtworzenia kroków wykonanych przez użytkownika w formie nagrania.

#### Autozapis i ochrona danych

- **Bezpieczne przechowywanie:** autozapis na każdym etapie eksperymentu, co pozwala uniknąć utraty postępów w razie awarii.
- **Przestrzeganie zasad RODO:** ochrona danych osobowych użytkowników.

**Multijęzyczność:** możliwość przełączania pomiędzy językami ( polski, angielski).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## 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

- **Stylizowana, realistyczna grafika:** modele 3D muszą zachować realistyczne proporcje i szczegóły, z elementami stylizacji, aby były atrakcyjne wizualnie, ale nie przytłaczały użytkownika.
- **Płynność działania:** aplikacja musi działać płynnie (minimum 90 FPS w trybie VR) i być zoptymalizowana do płynnego działania na komputerach i urządzeniach VR.
- **Adaptacyjna jakość:** możliwość automatycznego dostosowania jakości grafiki w zależności od specyfikacji sprzętu.

### Mechanika VR

- **Teleportacja i przestrzeń VR:** użytkownik może poruszać się za pomocą teleportacji, a system ostrzega o granicach strefy VR.

### Zarządzanie czasem i autozapis

- **System upływu czasu:** długotrwałe procesy chemiczne, takie jak krystalizacja czy ogrzewanie, muszą być symbolicznie przyspieszane z wyraźnym zaznaczeniem wizualnym.
- **Autozapis postępów:** system zapisuje postępy użytkownika na każdym etapie pracy, umożliwiając wznowienie w przypadku awarii.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

