

## SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

### 1. Metryczka materiału

<b>Tytuł materiału</b>	Laboratorium VR - postępowanie w przypadku zagrożeń w laboratorium chemicznym
<b>Numer materiału</b>	II.10
<b>Autorzy scenariusza</b>	Paweł Cieśla, Ewelina Gajko - Jurkowska
<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 Kusztelak)
<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 podstawowy Liceum / technikum zakres rozszerzony
<b>Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał</b>	biologia chemia fizyka język obcy nowożytny - angielski

### 2. Opis materiału

Skrócony opis materiału (abstrakt)
<p>Aplikacja dotyczy ważnej kwestii, jaką jest bezpieczeństwo podczas pracy w laboratorium. Przedstawia szereg sytuacji związanych z zagrożeniami, które mogą mieć miejsce podczas pracy w laboratorium chemicznym, z odczynnikami, sprzętem i szkłem laboratoryjnym. Użytkownik zostaje przeniesiony do każdej ze scen krótkim filmikiem wprowadzającym w wykonywaną czynność laboratoryjną (prawidłowo lub nieprawidłowo) do momentu wystąpienia sytuacji niebezpiecznej.</p> <p>W zależności od sytuacji ma możliwość zareagowania i uniknięcia groźnej sytuacji lub musi właściwie zareagować po wystąpieniu zdarzenia. Laboratorium VR zapewnia tu duży stopień realizmu, jednakże, ze względu na grupę docelową odbiorców, przedstawianie niebezpieczeństw nie może być drastyczne, dlatego sceneria, grafiki, postaci, a także filmiki wprowadzające powinny być przygotowane w stylu impresjonistycznym (na wzór obrazów Claude'a Moneta lub Vincenta van Gogha (np film <i>Twój Vincent</i>)).</p>



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



### Cel ogólny materiału

Materiał ma za zadanie zapoznanie się użytkownika z podstawami teoretycznymi, a także opanowanie czynności praktycznych związanych z bezpieczną pracą i reagowaniem w przypadku występujących zagrożeń, w celu uniknięcia wypadków lub minimalizowania skutków spowodowanych wystąpieniem sytuacji niebezpiecznej w laboratorium: przede wszystkim chemicznym, ale także biologicznym, fizycznym lub o zbliżonym przeznaczeniu i charakterze pracy.

Cel zostanie osiągnięty poprzez:

- Symulacje określonej liczby zagrożeń, które użytkownik aplikacji będzie musiał opanować lub minimalizować ich skutki.
- Wprowadzenie innowacyjnej mechaniki sterowania czasem, umożliwiającej obserwację skutków swoich działań w przyspieszonym lub cofniętym czasie. Mechanika ta pozwoli na głębsze zrozumienie reakcji chemicznych, fizycznych i biologicznych poprzez eksperymentalne testowanie różnych scenariuszy, minimalizując błędy i ucząc podejmowania decyzji w oparciu o zaobserwowane efekty.

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

#### Chemia, biologia, fizyka (zakres podstawowy i rozszerzony)

Uczeń:

- bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i podstawowymi odczynnikami chemicznymi;
- przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania prac laboratoryjnych, obserwacji, pomiarów i doświadczeń w laboratoriach chemicznych, fizycznych i biologicznych;
- rozpoznaje znaki ostrzegawcze (piktogramy) stosowane przy oznakowaniu substancji niebezpiecznych;
- stosuje podstawowe zasady bezpiecznej pracy z odczynnikami chemicznymi;
- właściwie reaguje na zagrożenia związane z pracą w laboratorium chemicznym, fizycznym, biologicznym;
- właściwie reaguje w przypadku wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego podczas pracy w laboratorium;
- udziela pierwszej pomocy w przypadku wystąpienia zagrożenia;
- planuje działania mające na celu ochronę zdrowia i życia swojego i innych podczas pracy w laboratorium.

#### Język obcy nowożytny - język angielski

- 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 chemii, biologii, fizyki.

### 3. Charakterystyka materiału

#### Opis zawartości merytorycznej materiału

Aplikacja dotyczy ważnej kwestii, jaką jest bezpieczeństwo podczas pracy w laboratorium. Przedstawia szereg sytuacji związanych z zagrożeniami, jakie mogą mieć miejsce podczas pracy w laboratorium (szczególnie chemicznym), z odczynnikami i sprzętem oraz szkłem laboratoryjnym.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Materiał ma na celu naukę właściwego zachowania i reagowania w laboratorium chemicznym, biologicznym i fizycznym, w sytuacji zagrożenia spowodowanego różnymi czynnikami oraz bezpiecznej pracy, aby takich zagrożeń uniknąć.

Zagadnienia, które mają zostać ujęte w programie:

1. Bezpieczna praca z substancjami chemicznymi:
  - roztworami kwasów,
  - roztworami wodorotlenków,
  - roztworami innych substancji uważanych za niebezpieczne,
  - metalami alkalicznymi,
  - substancjami toksycznymi: wchłanianymi przez drogi oddechowe, skórę, drogą pokarmową.
2. Bezpieczna praca z materiałem biologicznym różnego pochodzenia, o różnym ryzyku zakażenia różnymi drogami.
3. Zagrożenia związane z wymienionymi wyżej czynnikami chemicznymi i biologicznymi, w tym reakcje alergiczne - przeciwdziałanie skutkom tych zagrożeń.
4. Oparzenia ciała:
  - termiczne,
  - odmrożenia,
  - chemiczne: roztworami kwasów, roztworami wodorotlenków, roztworami innych substancji.Należy zwrócić uwagę na postępowanie w przy zagrożeniu oparzeniem dłoni, oczu, twarzy, w przypadku rozlania substancji niebezpiecznej na odzież.
5. Pożar różnych elementów wywołany różnymi czynnikami. Należy uwzględnić zapłon lub samozapłon substancji w laboratorium (np. w wyniku niewłaściwego umieszczenia czy przechowywania), samozapłon w koszu na śmieci spowodowany niewłaściwą utylizacją odpadów, a także zapalenie odzieży na cieple, zapalenie włosów.
6. Mechaniczne uszkodzenie ciała spowodowane różnymi przyczynami, w tym ostrymi przedmiotami, rozbitym szkłem, przyrządami pomiarowymi oraz niewłaściwym wykonywaniem pomiarów w pracowni fizycznej.
7. Porażenie prądem.
8. Pierwsza pomoc przedmedyczna w zależności od występującego zagrożenia, w tym apteczka, jej zawartość i posługiwanie się jej zawartością - (np. założenie opatrunku).

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

Laboratorium zawiera pełny instruktaż, w tym słowne opisy postępowania w poszczególnych przypadkach zagrożeń. Należy przede wszystkim uwzględnić najczęstsze przyczyny wypadków w laboratoriach i błędy popełniane podczas pracy, czy to w szkolnej pracowni przedmiotowej czy laboratorium.

Wszystkie treści/ eksperymenty/ procedury 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 **rozszerzające** dla uczniów o zwiększonych zainteresowaniach naukami przyrodniczymi. Poziom **ekspert** jest przeznaczony dla uczniów szczególnie interesujących się chemią, biologią i fizyką i uczestników olimpiad z zakresu tych przedmiotów.

W przypadku różnych zagrożeń, przypisanie ich do poszczególnych poziomów trudności należy oprzeć o złożoność procedury, prawdopodobieństwo zetknięcia się ucznia z danym zagrożeniem, biorąc pod uwagę także jego wiek/poziom edukacyjny.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Procedury muszą być tak przedstawione, aby uczeń w różnym wieku nie miał trudności z ich opanowaniem.

### Opis struktury materiału

1. Po uruchomieniu aplikacji użytkownik może dokonać konfiguracji aplikacji, wybierając język oraz poziom trudności i procedury, które chce opanować (z udostępnionych użytkownikowi (uczniowi) przez nauczyciela).
2. Użytkownik dokonuje wyboru konkretnego elementu, który chce opanować.
3. Po dokonaniu wyboru uruchomiona zostaje właściwa procedura, do której użytkownik zostaje wprowadzony/przeniesiony krótkim filmikiem wprowadzającym, w którym wykonywana jest określona czynność laboratoryjna - prawidłowo lub nieprawidłowo. W zależności od zaplanowanej sytuacji wprowadzenie kończy się w momencie wystąpienia sytuacji niebezpiecznej lub tuż przed. W tym momencie działanie podejmuje użytkownik. W zależności od sytuacji ma możliwość zareagowania i uniknięcia groźnej sytuacji lub musi właściwie zareagować po wystąpieniu zdarzenia.
4. Cały czas użytkownik ma dostęp do wirtualnego asystenta, który służy mu pomocą i w razie potrzeby prowadzi przez daną procedurę (eksperyment).
5. Na życzenie użytkownika dostępna jest także instrukcja słowna postępowania.

Laboratorium VR zapewnia tu duży stopień realizmu, jednakże, ze względu na grupę docelową odbiorców, przedstawianie niebezpieczeństw nie może być drastyczne, dlatego sceneria, grafiki, postaci, a także filmiki wprowadzające powinny być przygotowane w stylu impresjonistycznym (na wzór obrazów Claude'a Moneta lub Vincenta van Gogha (np film *Twój Vincent*).

Laboratorium musi zostać skonstruowane w sposób modułowy, a każda z procedur (każdy z eksperymentów) musi stanowić zamkniętą całość.

### Mechanika materiału

#### Panel konfiguracyjny dla nauczyciela

- **Dostosowanie procedur i poziomów trudności:** Nauczyciel może wybierać dostępne odczynniki, sprzęt oraz poziom trudności dla grupy uczniów.
- **Tryby pracy laboratorium:**  
Możliwość aktywowania trybów:
  - **podstawowy:** proste procedury i automatyczne podpowiedzi, ujęte zdarzenia, z którymi uczniowie mogą spotkać się najczęściej;
  - **rozszerzony:** bardziej zaawansowane reakcje chemiczne i możliwość eksperymentowania; procedury o większym stopniu złożoności w stosunku do trybu podstawowego;
  - **ekspercki:** złożone procedury samodzielnego planowania eksperymentów, procedury wymagające podjęcia złożonych działań ze strony użytkownika.
  - Możliwość włączania poszczególnych procedur/eksperymentów w wymienionych wyżej trybach.
- **Automatyczne dostosowanie zasobów:** Aktywacja eksperymentów automatycznie udostępnia odpowiednie odczynniki i sprzęt i inne niezbędne akcesoria i elementy wyposażenia niezbędne do wykonania całego eksperymentu/procedury.

#### Symulacja procesów laboratoryjnych



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- **Realistyczne procedury:** użytkownik może przeprowadzać reakcje chemiczne, takie jak spalanie, reakcje redoks czy destylację z realistycznymi efektami wizualnymi i dźwiękowymi.
- **Symulacja zagrożeń:** laboratorium generuje sytuacje, w których użytkownik musi reagować na potencjalne zagrożenia, np. rozlanie substancji toksycznych, niewłaściwą obsługę sprzętu czy niezachowanie środków ostrożności.
- **System konsekwencji:** każdy błąd (np. zły odczynnik, zbyt duża ilość substratu) skutkuje reakcją systemu – np. eksplozją, oparzeniem, uszkodzeniem ciała, co wymaga zarówno poprawy działań użytkownika, jak i właściwego reagowania na skutki błędów. Przykładowo, w przypadku skaleczenia użytkownik musi podjąć odpowiednie kroki w celu opatrzenia rany.
- **Upływ czasu:** Użytkownik ma możliwość manipulowania czasem eksperymentu za pomocą **regulatora czasu**. Mechanika ta działa w następujący sposób:
  - **cofanie czasu:** użytkownik może cofnąć się do początku bieżącego etapu eksperymentu, aby zmodyfikować wcześniejsze decyzje, takie jak ilość dodanego odczynnika lub wybór substancji,
  - **przyspieszanie czasu:** regulator pozwala przyspieszyć symulację, aby szybciej zaobserwować skutki reakcji wymagających dłuższego czasu. Prędkość przyspieszenia zależy od wychylenia regulatora.
  - **zatrzymanie czasu:** użytkownik może zatrzymać czas w dowolnym momencie, by dokładnie przeanalizować sytuację, planować dalsze kroki lub obserwować reakcję w szczegółach.
- **Obserwacja skutków:** W momencie rozpoczęcia reakcji użytkownik może swobodnie manipulować czasem, aby zobaczyć pełne skutki swoich działań bez konieczności natychmiastowej ingerencji. Po zakończeniu obserwacji możliwe jest cofnięcie czasu i modyfikacja parametrów reakcji.
- **Przerywanie eksperymentów:**  
W każdej chwili użytkownik może zatrzymać proces, aby:
  - skorygować błędy,
  - zaplanować dalsze działania lub cofnąć się do początku bieżącego etapu za pomocą regulatora czasu.
- **Interaktywna analiza:** w ramach manipulacji czasem użytkownik ma możliwość dokładnego prześledzenia efektów swoich decyzji w celu głębszego zrozumienia mechanizmów chemicznych i lepszego planowania działań w przyszłości.

### Tryb VR i standardowy (3D)

- **Tryb VR:**
  - obsługa za pomocą kontrolerów VR z intuicyjnymi gestami
  - możliwość poruszania się po laboratorium, korzystania z dygestorium i manipulacji sprzętem
  - użytkownik w trybie VR może poruszać się swobodnie lub korzystać z teleportacji, w zależności od ustawień.
- **Tryb standardowy:**
  - sterowanie myszką i klawiaturą.
  - realistyczne odwzorowanie działań w VR w 3D, np. obracanie obiektów, wybieranie odczynników.

### Wirtualny asystent i system pomocy

- **Wsparcie w czasie rzeczywistym:**
  - asystent podpowiada kolejne kroki i wskazuje błędy popełniane przez użytkownika



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- asystent monitoruje korzystanie z regulatora czasu, sugerując optymalne momenty do przyspieszenia, zatrzymania lub cofnięcia, aby użytkownik mógł dokładniej przeanalizować skutki swoich działań.
- **Rejestracja pracy użytkownika:**
  - możliwość nagrywania przebiegu eksperymentu w formie wideo, które jest dostępne do pobrania przez określony czas
  - rejestrowanie momentów wykorzystania regulatora czasu oraz wynikających z tego zmian.
- **Funkcja przeglądania kroków wykonanych przez ucznia:**
  - umożliwia analizę działań użytkownika, w tym wszystkich zmian dokonanych przy pomocy regulatora czasu
  - wbudowany system wizualizacji przebiegu eksperymentu w postaci osi czasu z oznaczeniem kluczowych momentów, takich jak dodanie odczynnika, zmiana prędkości reakcji czy zatrzymanie procesu.
- **Możliwość analizy i oceny kroków przez nauczyciela:**
  - nauczyciel może przeglądać zapisany przebieg eksperymentu oraz wszystkie interakcje z regulatorem czasu, co umożliwia szczegółową ocenę działań ucznia i ich wpływu na wyniki doświadczenia
  - asystent generuje raport z analizy działań, w którym uwzględnia poprawne i błędne użycie regulatora czasu oraz wynikające z tego efekty.

#### System oceniania i analiza błędów

- **Informacja zwrotna:**  
Użytkownik otrzymuje szczegółowy raport zawierający:
  - popełnione błędy oraz ich konsekwencje
  - sugestie poprawy z odniesieniem do wykorzystania regulatora czasu (np. wskazanie, w którym momencie należało zatrzymać czas lub cofnąć się, by uniknąć błędu)
  - analizę poprawności zmian wprowadzonych po cofnięciu czasu.
- **Mechanizm autozapisu:**
  - postęp użytkownika jest regularnie zapisywany, w tym każde zastosowanie regulatora czasu oraz wynikające z tego zmiany w eksperymencie
  - użytkownik może powrócić do zapisanego momentu w celu przeanalizowania swoich działań.
- **Historia działań:**
  - raport zawiera chronologiczną listę działań użytkownika wraz z ich efektami, w tym użycia regulatora czasu, aby umożliwić pełną analizę sekwencji zdarzeń.
  - system zapisuje wszystkie błędne działania użytkownika, a raporty mogą być eksportowane do pliku CSV/PDF dla nauczyciela.

#### Procedury BHP i bezpieczeństwo pracy

- **Zasady bezpieczeństwa:** użytkownik musi stosować odzież ochronną (np. rękawiczki, okulary), a niewłaściwe zachowanie jest natychmiast sygnalizowane; regulator czasu pozwala na analizę, jak brak stosowania odzieży ochronnej wpłynąłby na wynik eksperymentu (np. oparzenie, zatrucie).
- **Procedury alarmowe:** system symuluje sytuacje wymagające interwencji, np. ewakuacja z laboratorium w przypadku wycieku gazu; regulator czasu umożliwia cofnięcie do momentu przed wystąpieniem sytuacji alarmowej, aby użytkownik mógł podjąć właściwe kroki.
- **Symulacja błędów:** Użytkownik, który nie przestrzega zasad (np. opuszczenie dygestorium w niewłaściwym momencie), otrzymuje ostrzeżenie i wskazówki od wirtualnego asystenta; system rejestruje momenty nieprzestrzegania zasad i umożliwia ich analizę z wykorzystaniem regulatora czasu.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





**Obsługa wielojęzyczna:** domyślnym językiem jest polski, z opcją przełączania na język angielski. System umożliwia dodawanie nowych wersji językowych.

**Współpraca i obserwacja:** widok z gogli VR może być transmitowany na monitor, co umożliwia nauczycielowi i grupie uczniów obserwację działań użytkownika; obserwujący mogą na bieżąco analizować użycie regulatora czasu, oceniając decyzje użytkownika.

## Grafika

### Styl wizualny:

- Ze względu na grupę docelową odbiorców grafika nie może być drastyczna, dlatego całość scenerii, grafik, postaci, animacji i filmów wprowadzających należy przygotować w stylu impresjonistycznym, inspirowanym dziełami Claude'a Moneta lub Vincenta van Gogha (np. film *Twój Vincent*).
- Kolory powinny być delikatne, z dominacją pastelowych odcieni, aby zachować lekkość i przyjazność odbioru, unikając jednocześnie nadmiernej szczegółowości, która mogłaby przytłaczać użytkownika.

### Elementy laboratorium:

- **Laboratorium jako przestrzeń:**
  - realistycznie wyposażone laboratorium (stoły, dygestoria, szafy, zlew) jest stylizowane zgodnie z impresjonistycznym charakterem.
  - światło powinno przypominać naturalne – ciepłe, rozproszone, z subtelnymi refleksami, co nadaje przestrzeni przyjaznego klimatu.
- **Odczynniki i sprzęt:** każdy przedmiot (np. pipety, probówki, odczynniki) musi być wyraźnie oznaczony, ale wizualnie uproszczony w zgodzie z ogólnym stylem.
- **Animacje reakcji:** zmiany w odczynnikach (np. zmiana koloru, emisja gazu) są przedstawione dynamicznie i atrakcyjnie, z efektami przypominającymi pociągnięcia pędzla w malarstwie.
- **Postaci i wirtualny asystent:** postaci (np. nauczyciel, asystent) mają stylizowane, przyjazne rysy twarzy oraz łagodne, płynne ruchy, nawiązujące do impresjonistycznej estetyki; wirtualny asystent wprowadza uspokajający i wspierający klimat w interakcji z użytkownikiem.

### Spójność wizualna:

- Wszystkie elementy laboratorium, od wnętrza po interfejs użytkownika, muszą zachowywać spójność estetyczną, zapewniając harmonijne doświadczenie wizualne.
- Tła powinny być malarskie, subtelnie rozmyte, aby skupiały uwagę użytkownika na głównych działaniach.

**Wprowadzenia i instrukcje:** animacje wprowadzające i filmy instruktażowe mają przypominać dynamiczne obrazy, z efektem płynnego przejścia między scenami, nawiązującymi do techniki malarskiej Claude'a Moneta lub Vincenta van Gogha.

**Interfejs użytkownika:** menu, ikonki i panele informacyjne są zaprojektowane minimalistycznie, z elementami graficznymi w stylistyce impresjonistycznej (np. pastelowe kolory, efekt pociągnięć pędzla).

**Przystępność wizualna:** grafika musi być na tyle szczegółowa, aby użytkownik mógł zrozumieć wszystkie niezbędne etapy eksperymentów, procedur bezpieczeństwa, postępowania w przypadku wystąpienia danego zagrożenia, ale jednocześnie dostosowana do młodszej grupy docelowej, eliminując elementy drastyczne lub potencjalnie niepokojące.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



### Regulator czasu:

- Regulator czasu będzie przedstawiony w formie okrągłego, interaktywnego pokrętła z delikatnym efektem świetlistych obramowań, nawiązującym do impresjonistycznych akcentów wizualnych.
- Obracanie pokrętła w lewo powoduje cofanie czasu w symulacji, a obracanie w prawo – przyspieszanie. Położenie neutralne (środek) zatrzymuje upływ czasu.
- Na powierzchni pokrętła widoczne będą subtelne efekty przypominające delikatne pociągnięcia pędzla, podkreślające estetykę stylizowanego realizmu. Kolory pokrętła – pastelowe z akcentami złota lub srebra, harmonizujące z otoczeniem laboratorium.

### Animacje cofania i przyspieszania czasu:

- **Cofanie czasu:** wizualizowane poprzez odwracanie animacji procesów, np. zmniejszanie objętości gazów, powrót cieczy do pierwotnych barw, czy cofnięcie działań sprzętu (np. pipeta wracająca do poprzedniego położenia).
- **Przyspieszanie czasu:** przedstawione za pomocą płynniejszego i dynamicznego tempa animacji, podkreślone subtelnymi smugami rozmycia, które nadają wrażenie ruchu w przyspieszonym tempie.
- **Pauza:** zatrzymanie czasu będzie oznaczone wizualnym „zamrożeniem” wszystkich procesów w laboratorium, z lekkim efektem rozświetlenia, który nadaje statycznemu momentowi elegancji i wyrazistości.

### Interaktywność:

- Użytkownik może kontrolować pokrętło za pomocą myszki, dotyku lub kontrolera VR, w zależności od trybu pracy aplikacji.
- Po rozpoczęciu każdej reakcji w laboratorium na pokrętle pojawią się oznaczenia etapów procesu (np. start, kulminacja, zakończenie), co ułatwi użytkownikowi orientację w czasie.

### Przykładowe inspiracje

#### Grafika inspirowana impresjonizmem:

- **Obrazy impresjonistów:** Inspiracją mogą być dzieła Claude’a Moneta, Vincenta van Gogha oraz innych przedstawicieli tego nurtu. Charakterystyczne pociągnięcia pędzla, pastelowe kolory oraz subtelna gra światła i cienia powinny znaleźć odzwierciedlenie w wizualnym stylu aplikacji.
- **Film *Twój Vincent* (*Loving Vincent*):** technika animacji malarskiej wykorzystana w tym filmie może być inspiracją do stworzenia dynamicznych, malarskich wizualizacji, szczególnie w animacjach reakcji chemicznych czy zmian w środowisku laboratoryjnym. (<https://www.filmweb.pl/film/Tw%C3%B3j+Vincent-2017-698207>)
- **Film *Chłopi*:** użycie współczesnej technologii CGI w połączeniu z estetyką malarską w tym filmie może inspirować do tworzenia harmonijnych przejść między realizmem a stylizacją. (<https://www.filmweb.pl/film/Ch%C5%82opi-2023-857962>)

#### Stylizacja i immersja w VR:

- **VR Experience – dynamiczne światy:** Inspiracją mogą być aplikacje VR, które w harmonijny sposób łączą stylizację z realizmem, takie jak *Google Tilt Brush* czy *Vermillion*, które umożliwiają malowanie w trójwymiarowej przestrzeni, oferując przy tym wrażenie



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





zanurzenia w malarskim świecie.

#### Inspiracje mechaniczne i wizualne:

- **Returnal:** Dynamiczna eksploracja oraz adaptacyjna mechanika czasu inspirowana grą *Returnal* może posłużyć jako baza do stworzenia interaktywnego regulatora czasu w aplikacji. Mechanika ta pozwala na cofanie i przyspieszanie wydarzeń, co idealnie pasuje do założenia manipulacji czasem w kontekście eksperymentów laboratoryjnych.  
(<https://store.steampowered.com/app/1649240/Returnal/>)

#### Interaktywne doświadczenia laboratoryjne:

- **PhET Interactive Simulations:** popularne narzędzie do nauczania chemii, które wykorzystuje uproszczone, czytelne wizualizacje reakcji chemicznych. Chociaż nie w stylu impresjonistycznym, struktura i intuicyjność interakcji mogą być dobrą bazą dla projektowania mechanik aplikacji. [PhET](https://phet.colorado.edu) (<https://phet.colorado.edu>)
- **Alchemy Lab VR:** Ta aplikacja VR umożliwia eksplorację alchemicznych eksperymentów w immersyjnej przestrzeni. Elementy eksploracji oraz kreatywne podejście do wizualizacji mogą stanowić wartościową inspirację.

#### Narracja wizualna:

- **Narracja w stylu malarskim:** aplikacja może wprowadzać narracyjne wprowadzenia w stylu animowanych obrazów, gdzie scenariusz danego eksperymentu przedstawiany jest w formie opowieści wizualnej (inspiracja *Twój Vincent*).

#### Estetyczne elementy pomocnicze:

- **Ikonki i interfejs użytkownika:** stylizowane ikonki i panele w stylistyce malarskiej mogą wzbogacić immersję użytkownika; elementy takie jak ruchome pociągnięcia pędzla w tle menu mogą podkreślać charakter aplikacji.

## 4. Wymagania WCAG

### Opis dostosowania materiału celem spełnienia standardu WCAG

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać założenia uniwersalnego projektowania w edukacji (UDL) oraz być zgodny ze standardami dostępności cyfrowej WCAG obowiązującymi na dzień ogłoszenia naboru, standardem ATAG 2.0 oraz zapisami ustawy z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami (Dz. U. z 2019 r. poz. 1696) i ustawy z dnia 4 kwietnia 2019 r. o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych (Dz.U. z 2019 r. poz. 848). Powinien też uwzględniać dobre praktyki, stosowane w celu zapewnienia wysokiej jakości dostępnych cyfrowo materiałów edukacyjnych.

Użytkownik ze szczególnymi potrzebami, korzystający z przygotowanego zaawansowanego e-materiału, 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 zaawansowanego e-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). Poszczególne ułatwienia dostępu oraz



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



ich konfiguracja powinny być dostępne w menu przed uruchomieniem aplikacji. Powinna istnieć również możliwość zapamiętania wybranych przez użytkownika ustawień, tak aby mogła być stosowana przy kolejnych uruchomieniach aplikacji przez użytkownika.

Zaawansowany e-materiał powinien spełniać następujące kryteria:

1. umożliwiać użytkownikowi z różnymi potrzebami korzystać z ułatwień dostępu, na wszystkich poziomach i etapach e-materiału;
2. posiadać instrukcję dla użytkowników z różnymi potrzebami, zawierającą informacje o sposobie korzystania z ułatwień dostępu i mechanizmach poruszania się po menu, przygotowaną za pomocą tzw. prostego języka;
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 (jeśli materiał tego wymaga), którą można sterować za pomocą myszy lub technologii wspomagających, takich jak wzrok lub przełącznik;
5. umożliwiać skorzystanie z pomocy w sytuacjach potencjalnie trudnych, związanych z poruszaniem się po materiale;
6. użytkownik przed skorzystaniem z zaawansowanego e-materiału powinien mieć możliwość zapoznania się tutorialiem objaśniającym, jak korzystać z ułatwień dostępu;
7. mechanika zaawansowanego e-materiału powinna pozwalać na dostęp do wszystkich obszarów interfejsu użytkownika;
8. 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 przez technologie asystujące, 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 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:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



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.

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;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- 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;
- 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:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- 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”.

#### Realistyczna symulacja procesów:

- **Interaktywne modele chemiczne:** aplikacja musi odwzorowywać właściwości i zachowanie substancji chemicznych, uwzględniając wizualne efekty reakcji, takie jak np. zmiany koloru, emisja gazów czy wytrącanie osadów.
- **Symulacja reakcji chemicznych:** użytkownik przeprowadza różne typy reakcji chemicznych w realistycznych warunkach, takich jak zmiany temperatury, ciśnienia czy zastosowanie katalizatorów.
- **Symulacja procedur bezpieczeństwa:** użytkownik ma możliwość reagowania zgodnie z procedurami bezpieczeństwa, zależnymi od zagrożenia które wystąpi - wykonanie kolejnych kroków niezbędnych do ochrony życia zdrowia lub mienia. Przykładowo, przemywania ciała wodą, korzystanie z natrysku bezpieczeństwa, gaszenie płonącej odzieży kocem gaśniczym, opatrywanie ran, wezwanie odpowiednich służb, ewakuacja itp.
- **Efekty wizualne w stylu impresjonistycznym:** reakcje chemiczne i środowisko laboratoryjne muszą odzwierciedlać artystyczną stylistykę, inspirowaną impresjonizmem, jednocześnie zachowując czytelność procesów.
- **Sterowanie czasem:** funkcja sterowania upływem czasu przy pomocy pokrętła, które umożliwia cofanie, przyspieszanie i zatrzymywanie procesu w czasie rzeczywistym. Funkcja ta pozwala użytkownikowi obserwować skutki eksperymentu oraz wrócić do momentu jego rozpoczęcia w celu poprawienia błędów.

#### Nawigacja i interakcja w laboratorium:

- **Perspektywa pierwszej osoby:** użytkownik porusza się swobodnie po wirtualnym laboratorium, korzystając z VR lub trybu standardowego (mysz i klawiatura).
- **Swoboda interakcji:** możliwość manipulacji sprzętem laboratoryjnym, odczytnikami oraz elementami wyposażenia w realistyczny sposób.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- **Tryb VR i standardowy:**
  - w trybie VR użytkownik korzysta z kontrolerów ruchu do manipulowania sprzętem i wykonywania eksperymentów
  - w trybie standardowym użytkownik używa myszy i klawiatury, z pełnym dostępem do wszystkich funkcjonalności
  - przełączanie trybów VR/standardowego: łatwe przełączanie między trybami pracy – trybem VR oraz trybem standardowym (obsługiwanym za pomocą ekranu, myszki i klawiatury)
- **Mechanizm sterowania czasem:** pokrętko czasu pojawia się w kluczowych momentach eksperymentu i jest widoczne w polu widzenia użytkownika. W trybie VR jest dostępne w zasięgu prawej ręki, a użytkownik manipuluje pokrętkiem za pomocą kontrolerów ruchu, natomiast w trybie standardowym wykorzystuje mysz i klawiaturę.

#### Personalizacja przez nauczyciela:

- **Konfiguracja laboratorium:** nauczyciel ma możliwość dostosowania dostępnych odczynników, sprzętu oraz eksperymentów, ograniczając lub rozszerzając ich zakres.
- **Tworzenie scenariuszy:** nauczyciel może przygotować własne scenariusze eksperymentów lub wybrać predefiniowane opcje dostosowane do poziomu zaawansowania uczniów.
- **Procedury BHP i bezpieczeństwo pracy:** nauczyciel ma możliwość aktywacji/dezaktywacji systemu ostrzeżeń i wskazówek.
- **Opcje językowe:** aplikacja w 2 wersjach językowych (polski, angielski) z możliwością dynamicznego przełączania.
- **Zarządzanie sterowaniem czasem:** nauczyciel ma możliwość aktywacji lub dezaktywacji funkcji sterowania czasem dla określonych eksperymentów, co może być użyteczne w zależności od celu dydaktycznego.

#### Interfejs użytkownika:

- **Intuicyjne menu:** prosty i czytelny interfejs z dostępem do menu głównego, notatek, instrukcji oraz wirtualnego asystenta.
- **Stylizacja wizualna:** elementy interfejsu, takie jak ikony czy panele, stylizowane na wzór malarski, zgodnie z ogólną estetyką aplikacji.
- **System wsparcia:** Wirtualny asystent, który prowadzi użytkownika przez kolejne etapy eksperymentów, dostarcza wskazówek i ocenia poprawność działań.

#### Planowanie i przeprowadzanie eksperymentów:

- **Swoboda działania:** użytkownik może samodzielnie planować eksperymenty lub korzystać z gotowych instrukcji.
- **Rejestracja wyników:** aplikacja umożliwia zapisywanie wyników, takich jak równania reakcji, obserwacje oraz podsumowanie przebiegu eksperymentu.
- **Analiza skutków w czasie rzeczywistym:** funkcja sterowania czasem umożliwia użytkownikowi dokładne obserwowanie i analizowanie kolejnych etapów eksperymentu, co pomaga zrozumieć, jak poszczególne kroki wpływają na rezultat.

#### System oceny i informacji zwrotnej:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- **Ocena eksperymentu:** po zakończeniu eksperymentu użytkownik otrzymuje szczegółową informację zwrotną dotyczącą poprawności wykonanych czynności, błędów oraz ich konsekwencji.
- **Wirtualny asystent:** analizuje każdy etap eksperymentu i sugeruje korekty w przypadku błędów.
- **Rozszerzenie o analizę czasu:** informacja zwrotna uwzględnia poprawność decyzji podejmowanych podczas manipulacji czasem, np. czy użytkownik cofnął się we właściwym momencie i poprawił błąd, aby uniknąć niepożądanych skutków.

#### Zgodność z zasadami BHP:

- **Procedury bezpieczeństwa:** aplikacja przypomina użytkownikowi o konieczności stosowania środków ochrony osobistej i zasad BHP.
- **Ostrzeżenia:** system informuje o potencjalnych zagrożeniach wynikających z niewłaściwego postępowania z substancjami chemicznymi.

### 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:

- **Styl wizualny:** cała grafika laboratorium musi odzwierciedlać stylistykę impresjonizmu, inspirowaną dziełami Claude’a Moneta czy Vincenta van Gogha, jednocześnie zapewniając czytelność dla użytkownika.
- **Modele 3D:** wysokiej jakości, realistyczne modele sprzętu laboratoryjnego, odczynników i reakcji chemicznych, zoptymalizowane pod kątem płynności działania.
- **Optymalizacja:** aplikacja musi działać płynnie, osiągając co najmniej 90 FPS w trybie VR oraz zapewniając minimalne opóźnienia w interakcjach.
- **Mechanika sterowania czasem:** wszystkie animacje związane z reakcjami chemicznymi i procesami w laboratorium muszą być kompatybilne z mechaniką sterowania czasem. Każda zmiana w czasie (przyspieszenie, cofanie, zatrzymanie) musi być płynnie odwzorowana w środowisku wirtualnym.

#### Zgodność z zasadami BHP:

- **Realistyczne wyposażenie:** wirtualne laboratorium musi być zgodne z zasadami BHP, uwzględniając poprawne rozmieszczenie odczynników i sprzętu.
- **Ostrzeżenia systemowe:** aplikacja musi informować użytkownika o potencjalnych zagrożeniach wynikających z niewłaściwego postępowania.
- **Czasowe symulacje zagrożeń:** mechanika sterowania czasem musi umożliwiać cofanie się do momentu przed wystąpieniem zagrożenia, co pozwala użytkownikowi na naukę właściwych reakcji w bezpiecznym środowisku.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



#### Kompatybilność językowa:

- **Wielojęzyczność:** aplikacja w języku polskim i języku angielskim z intuicyjnym systemem przełączania pomiędzy wersjami językowymi.
- **Wielojęzyczne wsparcie mechaniki czasu:** interfejs związany ze sterowaniem czasem, w tym wskaźniki i opisy funkcji, musi być dostępny w wymienionych językach z możliwością intuicyjnego przełączania.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

