

## SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

### 1. Metryczka materiału

<b>Tytuł materiału</b>	Laboratorium chemii życia
<b>Numer materiału</b>	II.5
<b>Autorzy scenariusza</b>	Marta Czernik, Robert Konieczny
<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 Kuszczak)
<b>Weryfikacja językowa</b>	Alicja Berbeka
<b>Rodzaj multimediu</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 dla których przeznaczony jest materiał</b>	<b>II etap:</b> <b>SP IV-VIII</b> <b>III etap:</b> Liceum / technikum zakres podstawowy Liceum / technikum zakres rozszerzony
<b>Przedmiot(y) do nauki których przeznaczony jest materiał</b>	biologia chemia

### 2. Opis materiału

<b>Skrócony opis materiału (abstrakt)</b>
Uniwersalne laboratorium biologiczne jest aplikacją składającą się z 3 części i przeznaczone jest do szkoły podstawowej oraz do szkoły ponadpodstawowej na poziom podstawowy i rozszerzony. Uczeń może w nim zrealizować wszystkie doświadczenia wymienione w podstawie programowej odpowiedniego poziomu edukacyjnego.
<b>Cel ogólny materiału</b>
<p>Uczeń z pomocą dostępnych w wirtualnym laboratorium odczynników, sprzętu, szkła laboratoryjnego i organizmów może przeprowadzić różnorodne doświadczenia biologiczne. W ten sposób kształci umiejętności związane z poprawnym stosowaniem metody naukowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- formułowaniem problemów badawczych, hipotez, wyników i wniosków;</li> <li>- planowaniem, przeprowadzeniem i dokumentowaniem obserwacji i doświadczeń;</li> </ul>



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- odróżnianiem próby kontrolnej i badawczej.

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

#### **Biologia** ( szkoła podstawowa)

Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla;
- wykrywające obecność wybranych składników pokarmowych w produktach spożywczych;
- wykrywające obecność dwutlenku węgla oraz pary wodnej w powietrzu wydychanym.

#### **Biologia** ( szkoła ponadpodstawowa - zakres podstawowy)

Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące obecność skrobi w materiale biologicznym;
- wykazujące zjawisko osmozy wywołane różnicą stężeń wewnątrz i na zewnątrz komórki;
- badające wpływ czynników na aktywność wybranych enzymów (katalaza);
- sprawdzające warunki trawienia skrobi.

Uczeń planuje i przeprowadza obserwację:

- wpływu wybranych czynników fizykochemicznych na białko.

#### **Biologia** ( szkoła ponadpodstawowa - zakres rozszerzony)

Uczeń planuje oraz przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące obecność skrobi w materiale biologicznym;
- wykazujące obecność białek w materiale biologicznym;
- wykazujące obecność lipidów w materiale biologicznym;
- wykazujące zjawisko osmozy wywołane różnicą stężeń wewnątrz i na zewnątrz komórki;
- badające wpływ różnych czynników na aktywność enzymów (katalaza, proteinaza).
- wykazujące, że drożdże przeprowadzają fermentację alkoholową;
- różnicujące bakterie na Gram- dodatnie i Gram- ujemne (barwienie metodą Grama);
- sprawdzające warunki trawienia skrobi;
- wykazujące różnice w zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym.

Uczeń planuje i przeprowadza obserwację:

- wpływu wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko;
- zjawiska plazmolizy;
- mikroskopowych ruchów cytoplazmy w komórkach roślinnych.

#### **Chemia** ( szkoła podstawowa)

Uczeń:

- rozpoznaje znaki ostrzegawcze (piktogramy) stosowane przy oznakowaniu substancji niebezpiecznych; stosuje podstawowe zasady bezpiecznej pracy z odczynnikami chemicznymi;
- bezpiecznie posługuje się prostym sprzętem laboratoryjnym i podstawowymi odczynnikami chemicznymi;
- przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

#### **Chemia** ( szkoła ponadpodstawowa - zakres podstawowy)

Uczeń:

- bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi;
- przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- projektuje i przeprowadza doświadczenie pozwalające na identyfikację białek (reakcja biuretowa i reakcja ksantoproteinowa).

**Chemia** ( szkoła ponadpodstawowa - zakres rozszerzony)

Uczeń:

- bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi;
- przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

### 3. Charakterystyka materiału

#### Opis zawartości merytorycznej materiału

**Uczeń ma możliwość zaplanowania i przeprowadzenia w laboratorium biologicznym następujących doświadczeń:**

- wykazujących obecność skrobi w materiale biologicznym;
- wykazujących obecność białek i lipidów w materiale biologicznym;
- wykazujących zjawisko osmozy wywołane różnicą stężeń wewnątrz i na zewnątrz komórki;
- badających wpływ różnych czynników na aktywność wybranych enzymów (katalaza, proteinaza);
- wykazujących, że drożdże przeprowadzają fermentację alkoholową;
- wykrywających obecność wybranych składników pokarmowych w produktach spożywczych;
- różnicujących bakterie na Gram- dodatnie i Gram- ujemne (barwienie metodą Grama);
- sprawdzających warunki trawienia skrobi;
- wykazujących różnice w zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym (na etapie SP również obecność pary wodnej).

**Uczeń ma możliwość przeprowadzenia następujących obserwacji:**

- wpływu wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko;
- zjawiska plazmolizy;
- mikroskopowych ruchów cytoplazmy w komórkach roślinnych.

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

Laboratorium musi być przygotowane zgodnie z obowiązującymi procedurami laboratoryjnymi i przepisami BHP. W jego skład wchodzi obowiązkowo elementy stałe, takie jak stół laboratoryjny, odpowiednie oświetlenie, przyrządy do prowadzenia obserwacji biologicznych, pojemniki do utylizacji odpadów oraz szafki i półki na odczynniki, jak również elementy zużywalne. Pozostałe elementy wyposażenia np. wagi, pipety, sprzęt laboratoryjny i odczynniki niezbędne do wykonania konkretnego eksperymentu stanowią elementy fakultatywne.

Wszystkie procedury laboratoryjne, jak ważenie, odmierzanie określonych objętości substancji, mieszanie, zmienianie końcówek pipet, itp., uczeń musi wykonywać samodzielnie tak, jakby wirtualne laboratorium było laboratorium rzeczywistym. Struktura i kolory odczynników muszą być zgodne z rzeczywistością, podobnie jak wszelkie inne zmiany towarzyszące eksperymentowi. Jedyną zmienną przedstawioną symbolicznie jest upływ czasu, w przypadku eksperymentów wymagających określonego reżimu czasowego (przelicznik wg algorytmu ustalonego dla każdego z eksperymentów przez Wykonawcę).

Laboratorium musi umożliwiać sporządzanie notatek, które obejmują: sformułowanie problemu badawczego, hipotezy, a także zapis wyników oraz wniosków, z weryfikacją hipotezy włącznie.

Jeżeli uczeń popełni błąd, który spowoduje, że doświadczenie mu nie wyjdzie, to pojawia się opcja



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



wirtualnego nauczyciela. Podpowie on, co uczeń mógł zrobić inaczej, aby osiągnąć poprawny wynik.

Wykonawca powinien mieć wiedzę merytoryczną o doświadczeniach i obserwacjach wymaganych w materiale. Wykonawca powinien być w stanie zaprojektować i przeprowadzić eksperymenty, które będą bezpieczne, atrakcyjne dla uczniów i odpowiadające poziomowi umiejętności na poszczególnym etapie edukacyjnym.

Niektóre doświadczenia mogą być wykonywane z wykorzystaniem różnych odczynników. Jeżeli niektóre z nich mogą mieć charakter drażniący lub w jakikolwiek sposób toksyczny to doświadczenie powinno być wykonywane pod dyktando.

### Opis struktury materiału

Uczeń czyta instrukcję eksperymentu, zapisuje problem badawczy i hipotezę, a następnie z opisanych szafek/półek wybiera potrzebne odczynniki i sprzęt. Po ich skompletowaniu rozpoczyna eksperyment. W czasie eksperymentu sporządza notatki na podstawie wyników lub dokumentuje jego przebieg w inny sposób (np. robiąc zdjęcia), a na końcu opracowuje wyniki i formułuje wnioski, weryfikując hipotezę.

Przebywając w laboratorium, widzi stół z niezbędnym wyposażeniem, z boku szafy z odczynnikami, sprzętem laboratoryjnym i hodowlami organizmów. Sam kompletuje sprzęt do doświadczenia/obserwacji zgodnie z odpowiednią instrukcją. Może wziąć więcej sprzętu niż jest opisane w instrukcji.

Uczeń ma możliwość eksperymentowania i popełniania błędów. Oprócz zbitcia sprzętu laboratoryjnego, wylania wody lub odczynnika, postępowania niezgodnego z instrukcją (np. niezastosowanie któregoś kroku) i nieprawidłowego odczynnika, uczeń może popełnić bardziej specyficzne błędy w każdym z przeprowadzanych doświadczeń. Przykładowe błędy znajdują się poniżej (niektóre błędy będą zależały od instrukcji doświadczenia, co zależy od Wykonawcy):

#### Wykazanie obecności skrobi w materiale biologicznym:

- Użycie niewłaściwego odczynnika (zamiast płynu Lugola, użycie innego odczynnika).
- Niewłaściwe przygotowanie materiału biologicznego (np. zbyt mała ilość materiału).
- Zbyt krótki czas trwania eksperymentu lub niedokładne zanurzenie/polanie próbki w płynie Lugola, co może spowodować brak widocznej zmiany koloru na fioletowy/czarny.
- Niezastosowanie kontroli pozytywnej (materiał zawierający skrobię) i negatywnej (materiał niezawierający skrobi).

#### Wykazanie obecności białek i lipidów w materiale biologicznym:

- Niewłaściwe przygotowanie próbki (np. za mała ilość materiału lub złe rozdrobnienie).
- Użycie niewłaściwych odczynników (np. brak odczynnika biuretowego do wykrycia białek lub Sudan III do lipidów).
- Nieodpowiedni czas trwania reakcji – za krótki czas inkubacji może skutkować brakiem widocznej zmiany.

#### Wykazanie zjawiska osmozy wywołanego różnicą stężeń wewnątrz i na zewnątrz komórki:

- Użycie niewłaściwego roztworu (zamiast roztworów soli o różnym stężeniu, użycie wody destylowanej lub innej substancji).
- Niewłaściwy czas trwania eksperymentu, co może uniemożliwić zaobserwowanie efektów



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



osmozy.

**Wpływ różnych czynników na aktywność enzymów (katalaza, proteinaza):**

- Użycie niewłaściwego czynnika (np. nieodpowiednie stężenie substratu, brak optymalnego pH lub temperatury).
- Zbyt krótki lub za długi czas reakcji, co uniemożliwi zaobserwowanie optymalnej aktywności enzymu.
- Zanieczyszczenie próbki, które może wpłynąć na działanie enzymu.
- Nieprawidłowe dodanie enzymu lub substratu (np. zła kolejność lub zbyt mała ilość substratu).

**Wykazanie, że drożdże przeprowadzają fermentację alkoholową:**

- Użycie nieodpowiedniej ilości drożdży lub cukru, co może spowodować, że proces fermentacji będzie zbyt wolny lub niezauważalny.
- Zbyt wysoka temperatura inkubacji, która może zabić drożdże.
- Zbyt krótki czas obserwacji, co uniemożliwia zaobserwowanie produkcji dwutlenku węgla.
- Niedostateczne zamknięcie układu, co prowadzi do utraty gazów i zniekształcenia wyników.

**Wykrywanie obecności wybranych składników pokarmowych w produktach spożywczych:**

- Użycie niewłaściwych odczynników (np. nieodpowiedni odczynnik do wykrycia cukrów, białek lub tłuszczów).
- Niewłaściwe przygotowanie próbki spożywczej (np. za mała ilość materiału do testu).
- Zbyt krótki czas reakcji z odczynnikiem.
- Niezastosowanie kontroli pozytywnej i negatywnej, co może prowadzić do błędnych interpretacji wyników.

**Różnicowanie bakterii na Gram-dodatnie i Gram-ujemne:**

- Zbyt gruba warstwa preparatu. Zbyt duża ilość materiału biologicznego na szkiełku podstawowym może utrudnić penetrację odczynników i spowodować nieprawidłowe zabarwienie. Preparat powinien być cienki, aby zapewnić odpowiednią widoczność pod mikroskopem.
- Niewłaściwe utrwalenie preparatu. Zbyt długie ogrzewanie podczas utrwalania może prowadzić do zniszczenia komórek bakterii, co zniekształca ich kształt i wpływa na wyniki barwienia. Niewystarczające ogrzanie lub brak utrwalenia może spowodować, że bakterie zmyją się podczas płukania.
- Za długie lub zbyt krótkie działanie fioletu krystalicznego:
  - Zbyt krótkie działanie barwnika może sprawić, że Gram-dodatnie bakterie nie zostaną dostatecznie zabarwione na fioletowo.
  - Zbyt długi kontakt może prowadzić do nadmiernego nasycenia barwnika, co utrudni właściwe odróżnienie bakterii po płukaniu.
- Niewłaściwe działanie płynu Lugola (jodyny):
  - Zbyt krótki czas kontaktu z jodyną może spowodować, że kompleksy barwnika nie zwiążą się dostatecznie mocno z Gram-dodatnimi komórkami.
  - Zbyt długi kontakt z jodyną nie wpłynie na wynik, ale niepotrzebnie wydłuży czas procedury.
- Nieprawidłowe działanie alkoholu (odbarwiacza):
  - Zbyt krótki kontakt z alkoholem (lub acetonu-alkoholu) może spowodować niedostateczne odbarwienie Gram-ujemnych bakterii, co spowoduje fałszywe wyniki (mogą wyglądać jak Gram-dodatnie).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Zbyt długie działanie alkoholu może odbarwić również bakterie Gram-dodatnie, co spowoduje ich fałszywe zaklasyfikowanie jako Gram-ujemne.
- Niewłaściwe barwienie safraniną:
  - Za krótki kontakt z safraniną może spowodować słabe zabarwienie Gram-ujemnych bakterii, przez co mogą być trudne do zobaczenia.
  - Zbyt długi kontakt nie wpływa na wynik, ale może sprawić, że preparat będzie zbyt intensywnie zabarwiony.
- Zanieczyszczenie preparatu lub odczynników:
  - Zanieczyszczone odczynniki lub brudne szkło mogą prowadzić do błędnych wyników, np. dodatkowych zabarwień, które mogą zakłócić ocenę preparatu.

#### **Sprawdzenie warunków trawienia skrobi:**

- Niewłaściwa temperatura inkubacji. Enzymy trawienne, takie jak amylaza, działają optymalnie w określonej temperaturze (zwykle 37°C, zbliżona do temperatury ciała). Zbyt niska lub zbyt wysoka temperatura może spowodować spowolnienie reakcji lub całkowite jej zatrzymanie.
- Użycie niewłaściwego pH. Amylaza ślinowa działa najlepiej w pH neutralnym (pH około 6,8–7). Jeśli użyty roztwór ma zbyt kwaśne lub zasadowe pH, enzym może ulec denaturacji, a skrobia nie zostanie strawiona.
- Niewłaściwe ilości substratu i enzymu. Zbyt mała ilość skrobi lub enzymu może nie dostarczyć widocznych wyników. Z kolei nadmiar enzymu może przyspieszyć reakcję na tyle, że nie będzie możliwości dokładnego zaobserwowania jej przebiegu.
- Niewłaściwe stężenie roztworu jodowego. Jeśli roztwór jodowy jest zbyt rozcieńczony, reakcja barwna (zmiana koloru na granatowy) może być niezauważalna.
- Brak próby kontrolnej (np. z samą skrobią bez enzymu lub z enzymem w nieoptymalnych warunkach) może uniemożliwić prawidłową interpretację wyników.
- Zanieczyszczenie próbek innymi substancjami, na przykład obecność innych enzymów może prowadzić do przedwczesnego rozkładu skrobi.

#### **Wykazanie różnic w zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym:**

- Brak kalibracji sprzętu pomiarowego. Niekalibrowane urządzenia, takie jak czujniki CO<sub>2</sub>, mogą dawać nieprawidłowe odczyty, co wpłynie na wyniki. Ważne jest, aby sprzęt był sprawdzany przed użyciem.
- Użycie niewłaściwego wskaźnika do detekcji dwutlenku węgla np. o niskiej czułości lub niewłaściwego zakresu pomiarowego (np. wskaźnik nieodpowiedni do wykrywania małych różnic w stężeniu CO<sub>2</sub>) może uniemożliwić precyzyjne porównanie zawartości CO<sub>2</sub>.
- Brak próby kontrolnej. Brak pomiaru zawartości CO<sub>2</sub> w powietrzu otoczenia, jako próby kontrolnej, może utrudnić porównanie wyników.
- Zanieczyszczenie próbek. Kontakt próbek z otaczającym powietrzem lub innymi substancjami może wpłynąć na wynik.

#### **Wpływ wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko:**

- Niewłaściwe stężenie lub ilość czynnika chemicznego (np. kwasu, zasady).
- Zbyt krótki czas oddziaływania czynnika, co może uniemożliwić zauważenie denaturacji białka.
- Nieodpowiednia temperatura, co może zmniejszyć lub zwiększyć efekty denaturacji.

#### **Zjawisko plazmolizy:**

- Użycie niewłaściwego roztworu soli lub za małego stężenia, co może uniemożliwić zaobserwowanie plazmolizy.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- Zbyt krótki czas inkubacji próbki w roztworze soli.
- Nieodpowiednie przygotowanie komórki roślinnej do obserwacji mikroskopowej.
- Użycie komórki zwierzęcej zamiast roślinnej.

#### **Obserwacje mikroskopowe ruchów cytoplazmy w komórkach roślinnych:**

- Złe przygotowanie preparatu (np. uszkodzenie komórek podczas przygotowania próbki).
- Zbyt niskie powiększenie mikroskopu, uniemożliwiające zaobserwowanie ruchów cytoplazmy.
- Zbyt krótki czas obserwacji, co może sprawić, że ruchy cytoplazmy będą niezauważalne.

### **Mechanika materiału**

#### **1. Aplikacja działa w dwóch trybach**

##### **Tryb standardowy:**

Praca na komputerze (ekran, myszka, klawiatura) umożliwia pełną interakcję z materiałem i spełnia wymogi WCAG. Użytkownik porusza się po przestrzeni laboratorium za pomocą interaktywnego menu i ikon. Eksperymenty można przeprowadzać za pomocą myszy lub skrótów klawiaturowych, a wyniki zapisywane są w wirtualnym dzienniku.

##### **Tryb VR:**

Wirtualna rzeczywistość umożliwia eksplorację laboratorium w immersyjnej przestrzeni, z wykorzystaniem kontrolerów VR lub technologii haptic. Obraz z gogli VR można transmitować na monitor, aby umożliwić nauczycielowi i kolegom obserwację działań ucznia.

#### **2. Poruszanie się po materiale i nawigacja**

**Widok laboratorium:** Realistyczna przestrzeń zawierająca stałe elementy (stoły laboratoryjne, szafki, dygestoria). Użytkownik może wchodzić w interakcję z różnymi obiektami i poruszać się po przestrzeni, klikając na wybrane punkty.

**Menu kontekstowe:** Wirtualne ikony umożliwiają szybki dostęp do instrukcji, notatek i wyników eksperymentów.

**Symboliczny upływ czasu:** W eksperymentach wymagających dłuższego czasu oczekiwania użytkownik może przyspieszyć upływ czasu za pomocą odpowiedniego przycisku. Algorytm działa wyłącznie w ramach eksperymentu, bez wpływu na inne elementy aplikacji.

**Interfejs notatek:** Użytkownik ma osobną sekcję interfejsu do prowadzenia notatek (np. zapis problemu badawczego, hipotezy, wyników, wniosków). To interaktywny dziennik, który towarzyszy każdemu etapowi eksperymentu. Notatki mogą być eksportowane do plików tekstowych lub raportów, co zwiększa ich przydatność w kontekście edukacyjnym.

##### **Użytkownik może przemieszczać się w VR na dwa sposoby:**

- teleportacja – pozwala na szybkie przemieszczanie się między punktami eksperymentu.
- swobodne poruszanie (joystick) – zapewnia pełną eksplorację przestrzeni.

#### **3. Interakcje w materiale**

**Wybór sprzętu i odczytników:** Użytkownik może przeszukiwać szafki i wybierać sprzęt zgodnie z instrukcją. Wszystkie elementy są interaktywne i realistyczne (np. pipety,



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



próbówki, odczynniki).Niepoprawny wybór prowadzi do nieudanego eksperymentu, a wirtualny nauczyciel wskazuje, jaki błąd został popełniony.

#### **Manipulacja sprzętem:**

- **Tryb VR:**
  - Użytkownik może chwytać i manipulować obiektami w laboratorium za pomocą czujników ruchu na dłoniach lub przycisków na kontrolerach.
  - Każdy sprzęt laboratoryjny (pipety, wagi, mikroskopy) działa zgodnie z rzeczywistymi właściwościami.
- **Tryb standardowy:**
  - Użytkownik manipuluje obiektami za pomocą myszki i klawiatury:
    - kliknięcie na obiekt pozwala go podnieść, przenieść lub użyć
    - przeciąganie myszą umożliwia odmierzenie substancji (np. nalewanie odczynnika, mieszanie roztworu)
    - klawisze funkcyjne (np. strzałki, spacja, klawisz Enter) mogą służyć do wykonywania precyzyjnych działań, takich jak ustawianie parametrów na wadze, regulacja mikroskopu czy zmiana końcówki pipety.
  - Każda akcja jest wspierana przez podpowiedzi wizualne (np. podświetlanie aktywnych elementów, widoczne wskaźniki poprawności wykonania zadania).

**Eksperymenty:**Każdy eksperyment obejmuje przygotowanie odczynników, wykonanie procedury oraz interpretację wyników.

#### **4. Stałe elementy laboratorium**

**Stół laboratoryjny:**Główne miejsce pracy, na którym uczeń przeprowadza eksperymenty. Na stole znajdują się podstawowe narzędzia, takie jak wagi, pipety, próbówki, odczynniki itp.

**Szafki z odczynnikami i sprzętem:**Użytkownik może otwierać szafki, przeszukiwać je i wybierać potrzebne elementy. Przedmioty są rozmieszczone logicznie – w jednym miejscu są odczynniki, w innym sprzęt laboratoryjny.

**Oświetlenie:**Odpowiednio rozmieszczone źródła światła zapewniają czytelność pracy, szczególnie przy bardziej precyzyjnych zadaniach, jak pipetowanie.

**Pojemniki do utylizacji odpadów:**Ważny element do bezpiecznej pracy. Uczeń musi prawidłowo utylizować odczynniki po zakończonym eksperymencie, korzystając z odpowiednich pojemników na odpady biologiczne, chemiczne lub zwykłe.

#### **5. Interaktywne symulacje i wizualizacje**

**Realistyczne reakcje:**Substancje reagują w sposób realistyczny (np. zmiana koloru, emisja gazów).

**Symulacja dynamicznych procesów:**Zjawiska, takie jak mieszanie odczynników czy inkubacja, są przedstawiane w formie animacji 3D.

#### **6. Mechanizm popełniania błędów i wsparcie wirtualnego nauczyciela**

**Swoboda eksperymentowania:**Uczeń ma możliwość eksperymentowania i popełniania błędów. Wszystkie błędy są zapisywane w systemie raportów, co umożliwia nauczycielowi



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





szczegółową analizę pracy ucznia. Uczeń może cofnąć ostatnią akcję lub powtórzyć eksperyment od początku, jeśli popełni krytyczny błąd.

## 7. System BHP i zabezpieczenia

**Procedury bezpieczeństwa:** Laboratorium uwzględnia zasady BHP. Przykłady: korzystanie z rękawiczek, praca z toksycznymi substancjami pod dygestorium.

**Symulacja błędów:** W przypadku nieprawidłowego postępowania (np. użycia niewłaściwego odczynnika, złej techniki pipetowania lub złamania zasad bezpieczeństwa), wirtualny nauczyciel pojawia się z podpowiedziami, co można zrobić inaczej.

## 8. Obserwacja pracy w VR

**Transmisja widoku VR na monitor:** Podczas pracy w trybie VR obraz z gogli jest wyświetlany na monitorze, co umożliwia nauczycielowi i kolegom obserwację działań użytkownika.

## Grafika

Grafika przedstawia laboratorium biologiczne w stylizowanej estetyce, z wyraźnymi, czytelnymi elementami i pastelową kolorystyką, aby była przyjazna wizualnie zarówno dla młodszych, jak i starszych użytkowników.

Laboratorium zawiera:

- **stół laboratoryjny / dygestorium** jako centralne elementy przestrzeni. Użytkownik ma możliwość wyboru właściwego miejsca do przeprowadzenia eksperymentu, w zależności od jego charakteru (np. odczynniki toksyczne pod dygestorium, standardowe procedury na stole laboratoryjnym).
- **szafki z odczynnikami i sprzętem laboratoryjnym**, które mają wyraźnie oznaczone etykiety dla łatwiejszej identyfikacji.
- **szkło laboratoryjne i odczynniki**, dostosowane do wszystkich doświadczeń, przedstawione w sposób stylizowany, z uproszczonymi teksturami, ale zachowujące kluczowe cechy wizualne (np. kształt probówek, kolory odczynników).

**Oświetlenie:** Ciepłe, rozproszone światło zapewnia czytelność przestrzeni i eksponuje ważne elementy, bez nadmiernego realizmu.

**Reakcje chemiczne i biologiczne:** Animacje reakcji (np. zmiana barwy roztworu, ruch mikroskopijnych organizmów) są dynamiczne i przyciągające wzrok, ale uproszczone w swojej estetyce, aby były zrozumiałe dla użytkownika.

**Tło laboratorium:** Subtelnie stylizowane, aby nie odwracało uwagi od kluczowych elementów, ale jednocześnie nadawało kontekst przestrzeni (np. widoczne półki z książkami, okna z widokiem na laboratoryjny ogród botaniczny).

**Interfejs wizualny:** Ikony i elementy interaktywne są intuicyjne i wyraźne, zaprojektowane w sposób spójny z ogólną stylistyką laboratorium.

## Przykładowy plan struktury treści materiału

**Ekran główny:** Przycisk uruchomienia, przycisk konfiguracji i trybu dostępności, tutorial.

**Przestrzeń laboratorium:**

- Główna przestrzeń (stół laboratoryjny/dygestorium, szafki, sprzęt).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Ikony menu kontekstowego (notatki, instrukcja, wyniki eksperymentów).

**Symulacje interaktywne:** Wyraźne punkty interakcji na przedmiotach, reakcje na wybory użytkownika.

**Widok wyników i notatek:** Sekcja podsumowująca eksperymenty i formułowanie wniosków.

### Przykładowe inspiracje

**Empiriusz** (<https://www.youtube.com/watch?v=OmppuEQNQW0>):

- **Intuicyjna nawigacja w laboratorium:** Empiriusz oferuje prostą nawigację między obiektami i narzędziami laboratoryjnymi, co można zaadaptować do naszego projektu.
- **Realistyczne procesy laboratoryjne:** Możemy zaczerpnąć sposób odwzorowania etapów eksperymentu – od przygotowania materiałów, przez manipulację sprzętem, po interpretację wyników.
- **Dynamiczne wizualizacje:** Przykład dynamicznych zmian (np. reakcje chemiczne, przemiany biologiczne) można dostosować do wymagań naszych symulacji.

**PhET Interactive Simulations** (<https://phet.colorado.edu/>):

- **Co zapożyczyć:**
  - proste, intuicyjne modele interakcji użytkownika z symulacjami
  - możliwość eksperymentowania z parametrami w czasie rzeczywistym (np. zmiana temperatury, ciśnienia)
  - dynamiczne efekty wizualne ilustrujące wyniki zmian (np. kolor, rozmiar, ruch).

**Labster** (<https://www.labster.com/>):

- **Co zapożyczyć:**
  - wizualizacja rzeczywistego laboratorium w 3D – przestrzeń użytkownika jest uporządkowana i pozwala na łatwe odnalezienie narzędzi i odczynników
  - interaktywne tutoriale prowadzące krok po kroku przez eksperyment
  - wirtualny nauczyciel, który interweniuje przy błędach i wyjaśnia poprawne procedury.

**Tinkercad** (<https://www.tinkercad.com/>):

- **Co zapożyczyć:**
  - prosty, ale skuteczny interfejs graficzny – atrakcyjny wizualnie, a jednocześnie zrozumiały nawet dla początkujących użytkowników
  - możliwość budowania i personalizowania elementów (np. dodawanie własnych odczynników lub konfiguracji sprzętu).

**Merge EDU** (<https://mergeedu.com/>):

- **Co zapożyczyć:**
  - funkcje obserwacji w AR/VR, umożliwiające użytkownikom zbliżanie się do symulacji i eksplorację detali
  - łączenie doświadczeń fizycznych (np. manipulacja obiektami za pomocą kontrolerów) z cyfrowymi symulacjami.

**Minecraft: Education Edition** (<https://education.minecraft.net/>):



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- **Co zapożyczyć:**

- wprowadzenie elementów grywalizacji w nauczaniu (np. nagrody za poprawnie przeprowadzone eksperymenty)
- możliwość samodzielnego eksplorowania przestrzeni i tworzenia własnych konfiguracji eksperymentów.

#### 4. Wymagania WCAG

##### Opis dostosowania materiału celem spełnienia standardu WCAG

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

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

Zaawansowany e-materiał powinien spełniać następujące kryteria:

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



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



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;
- 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;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- 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, niepochylenia 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;
- 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.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## 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:

- Modele 3D narzędzi i substancji, które odzwierciedlają ich rzeczywiste właściwości.
- Interaktywne symulacje eksperymentów z możliwością modyfikacji parametrów (np. pipetowanie, ważenie, mieszanie).
- Dynamiczne wizualizacje reakcji chemicznych i biologicznych, w tym zmiany barw, konsystencji oraz dźwięki podkreślające realizm.
- Symboliczne przyspieszenie czasu w eksperymentach wymagających dłuższego oczekiwania.

#### Nawigacja po środowisku laboratoryjnym:

- Intuicyjne poruszanie się po laboratorium z możliwością interakcji z różnymi obiektami.
- Użytkownik w trybie VR może poruszać się za pomocą teleportacji lub swobodnie (jeśli przestrzeń na to pozwala).
- Możliwość przeszukiwania szafek, wybierania sprzętu i odczynników zgodnie z instrukcją.
- System wizualnego feedbacku, wskazujący poprawne i błędne wybory.
- Quizy w VR można rozwiązywać za pomocą spojrzenia lub kontrolera VR.

#### System oceny i feedbacku:

- Informacja zwrotna po każdym eksperymencie, wskazująca poprawność działań użytkownika.
- Wirtualny nauczyciel, który reaguje na błędy, wskazuje przyczyny niepowodzeń i sugeruje poprawne rozwiązania.
- Możliwość ponownego wykonania eksperymentu w przypadku popełnienia błędów.

#### Rejestrowanie wyników i analiza danych:

- Automatyczne zapisywanie wyników eksperymentów w interaktywnym dzienniku.
- Generowanie raportów z wynikami, które mogą być przesyłane do nauczyciela. „Po każdym eksperymencie użytkownik otrzymuje szczegółowy raport z oceną poprawności wykonania oraz sugestiami poprawek.
- Porównanie wyników z teoretycznymi założeniami i analiza błędów.
- Wyniki eksperymentów i raporty mogą być eksportowane do plików CSV/PDF dla nauczyciela.

#### Dostosowanie do różnych poziomów trudności:

- Tryby pracy dostosowane do grup wiekowych i poziomów zaawansowania użytkownika.
- Możliwość wyboru poziomu trudności oraz dostosowania scenariuszy do celów edukacyjnych.
- Automatyczne i manualne sterowanie w symulacjach, co zwiększa elastyczność nauki.

#### Zgodność z BHP i procedurami laboratoryjnymi:

- Wyświetlanie procedur BHP oraz ostrzeżenia za nieprzestrzeganie zasad bezpieczeństwa (np. brak rękawiczek, nieprawidłowe użycie substancji).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- Symulacja błędów, takich jak złe pipetowanie, niewłaściwe mieszanie odczynników czy niedokładne ważenie.

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

- Możliwość tworzenia lub edytowania scenariuszy, wyboru dostępnych narzędzi i poziomu trudności.
- Konfiguracja zasobów, narzędzi oraz materiałów, aby dostosować laboratorium do specyfiki zajęć.
- Nauczyciel może tworzyć własne eksperymenty, wybierając odczynniki i warunki reakcji w edytorze scenariuszy
- Poziom trudności wpływa na dostępność podpowiedzi oraz zakres wymagań dotyczących samodzielnego przeprowadzania eksperymentów. Wyższy poziom trudności oznacza nie tylko mniej podpowiedzi, ale również większą swobodę w doborze sprzętu i odczynników.

### **Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców**

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

#### **Realistyczne symulacje i interakcje:**

- W pełni interaktywne modele sprzętu laboratoryjnego, takie jak pipety, mikroskopy, wagi, z odwzorowaniem ich rzeczywistych funkcji.
- Symulacje reakcji chemicznych i biologicznych z dynamicznymi wizualizacjami i realistycznym dźwiękiem.
- Animacje ilustrujące procesy zachodzące w czasie rzeczywistym, z uwzględnieniem symbolicznego przyspieszenia czasu w dłuższych eksperymentach.

#### **Personalizacja i konfiguracja:**

- Możliwość konfiguracji poziomów trudności, wyboru scenariuszy eksperymentów oraz ustawień aplikacji (np. grafika, dźwięk).
- Dostęp do panelu nauczyciela, umożliwiającego dostosowanie treści do potrzeb grupy edukacyjnej.

#### **System rejestrowania i analizy danych:**

- Automatyczne zapisywanie wyników eksperymentów z możliwością ich przeglądania, eksportowania i synchronizowania z kontami ZPE.
- Raportowanie wyników w formie tabelarycznej lub graficznej, z możliwością porównania ich z danymi teoretycznymi.

#### **System BHP i wsparcie wirtualnego nauczyciela:**

- Ostrzeżenia i podpowiedzi wyświetlane w przypadku nieprzestrzegania zasad BHP lub popełniania błędów w eksperymencie.
- Wirtualny nauczyciel udzielający wskazówek, wyjaśnień oraz informacji o poprawnych procedurach laboratoryjnych.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczypospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

