

SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

1. Metryczka materiału

Tytuł materiału	Laboratorium fizjologii roślin
Numer materiału	II.20
Autorzy scenariusza	Marta Czernik Robert Konieczny
Weryfikacja WCAG	Zespół ekspertów ds. WCAG (Dominika Gaponiuk, Agnieszka Brodowska, Urszula Grygier, Łukasz Mroziński)
Weryfikacja założeń techniczno-informatycznych	Zespół informatyków ds. integrowania e-materiałów pod względem technologicznym (Paweł, Tomaszek, Katarzyna Gagan, Anna Magdziarz-Tomaszek, Grzegorz Kuszczak)
Weryfikacja językowa	Elżbieta Chraślowska
Rodzaj multimedium	wirtualne laboratorium
Wykorzystanie AR lub VR <small>AR - rozszerzona rzeczywistość VR - wirtualna rzeczywistość</small>	<input type="checkbox"/> standardowa 2D lub 3D <input type="checkbox"/> AR VR
Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał	II etap: SP IV-VIII III etap: Liceum / technikum zakres podstawowy Liceum / technikum zakres rozszerzony
Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał	biologia chemia

2. Opis materiału

Skrócony opis materiału (abstrakt)
Uniwersalne laboratorium biologiczne jest multimedium składającym się z 2 części - do szkoły podstawowej oraz do liceum (poziom rozszerzony). Uczeń może w nim zrealizować wszystkie doświadczenia wymienione w podstawie programowej odpowiedniego poziomu edukacyjnego związane z fizjologią roślin.
Cel ogólny materiału
Uczeń z pomocą dostępnych w wirtualnym laboratorium odczynników, sprzętu, szkła laboratoryjnego i organizmów może przeprowadzić różnorodne doświadczenia biologiczne. W ten sposób uczeń kształci umiejętności związane z poprawnym stosowaniem metody naukowej: <ul style="list-style-type: none"> - formułowaniem problemów badawczych, hipotez, wyników i wniosków;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- planowaniem, przeprowadzeniem i dokumentowaniem obserwacji i doświadczeń;
- odróżnianiem próby kontrolnej i badawczej.

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

Szkoła podstawowa

Biologia

Uczeń: planuje i przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące zdolność mchów do chłonięcia wody;
- wykazujące wpływ wybranego czynnika środowiska (temperatura, dostęp tlenu, światła lub wody) na proces kiełkowania nasion.

Chemia

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.

Szkoła ponadpodstawowa

Biologia

zakres rozszerzony

Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące występowanie płaczu roślin;
- porównujące zagęszczenie (mniejsze, większe) i rozmieszczenie (górna, dolna strona blaszki liściowej) aparatów szparkowych u roślin różnych siedlisk;
- określające wpływ czynników zewnętrznych na intensywność transpiracji;
- wykazujące występowanie gutacji;
- określające wpływ stężenia roztworu glebowego na pobieranie wody przez rośliny;
- wykazujące występowanie barwników fotosyntetycznych;
- wykazujące zdolność antocyjanów do zmiany barwy;
- wykazujące wpływ temperatury, dwutlenku węgla i natężenia światła na intensywność fotosyntezy;
- określające wpływ wybranych czynników (woda, temperatura, światło, tlen) na proces kiełkowania nasion;
- wykazujące rolę liścieni we wzroście i rozwoju siewki rośliny;
- wykazujące wpływ etylenu na proces dojrzewania owoców;
- wykazujące wpływ pH gleby na wzrost roślin;
- wykazujące różnice geotropizmu korzenia i pędu;
- wykazujące różnice fototropizmu korzenia i pędu;
- wykazujące rolę stożka wzrostu w dominacji wierzchołkowej u roślin.

Uczeń planuje i przeprowadza obserwację:

- pozwalającą na identyfikację tkanki przewodzącej wodę w roślinie;
- różnych typów kiełkowania nasion (epigeiczne i hypogeiczne) i wykazuje różnice między nimi.

Chemia

zakres podstawowy

Uczeń:

- bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi;
- przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy;
- projektuje i przeprowadza doświadczenie pozwalające na identyfikację białek (reakcja biuretowa i



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



reakcja ksantoproteinowa).

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 występowanie płaczu roślin;
- porównujących zagęszczenie (mniejsze, większe) i rozmieszczenie (górna, dolna strona blaszki liściowej) aparatów szparkowych u roślin różnych siedlisk;
- wykazujących występowanie gutacji;
- określających wpływ stężenia roztworu glebowego na pobieranie wody przez rośliny;
- wykazujących wpływ temperatury, dwutlenku węgla i natężenia światła na intensywność fotosyntezy;
- określających wpływ czynników zewnętrznych na intensywność transpiracji;
- określających wpływ wybranych czynników (woda, temperatura, światło, tlen) na proces kiełkowania roślin;
- wykazujących rolę liścieni we wzroście i rozwoju siewki rośliny;
- wykazujących wpływ etylenu na proces dojrzewania owoców;
- wykazujących różnice fototropizmu korzenia i pędu;
- wykazujących różnice geotropizmu korzenia i pędu;
- wykazujących rolę stożka wzrostu w dominacji wierzchołkowej u roślin;
- wykazujących zdolność mchów do chłonięcia wody;
- wykazujących występowanie barwników fotosyntetycznych;
- wykazujących zdolność antocyjanów do zmiany barwy;
- wykazujących wpływ pH gleby na wzrost roślin.

Uczeń ma możliwość przeprowadzenia następujących obserwacji:

- pozwalającej na identyfikację tkanki przewodzącej wodę w roślinie;
- obserwację różnych typów kiełkowania nasion (epigeiczne i hypogeiczne).

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 obligatoryjnie powinny wchodzić elementy stałe, takie jak stół(y) laboratoryjny odpowiednio oświetlenie, pojemniki do utylizacji odpadów oraz szafki i półki na odczynniki i elementy zużywalne. Pozostałe elementy wyposażenia, takie jak np. wagi, pipety, sprzęt laboratoryjny i odczynniki niezbędne do wykonania konkretnego eksperymentu stanowią elementy fakultatywne.

Wszystkie procedury laboratoryjne, takie 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



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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 konsultuje swoje wyniki z wirtualnym nauczycielem. 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 będzie miało 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 z wyników lub dokumentuje jego przebieg w inny sposób (np. robiąc zdjęcia), a na końcu opracowuje wyniki i formułuje wnioski, weryfikując hipotezę.

Uczeń w laboratorium widzi stół z niezbędnym wyposażeniem, z boku szafy z odczynnikami, sprzętem laboratoryjnym i hodowlą roślin. Sam kompletuje sprzęt do doświadczenia/obserwacji zgodnie z 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. nie zastosowanie któregoś kroku), wybrania nieprawidłowego gatunku rośliny (niezgodnie z instrukcją) i nieprawidłowego odczynnika uczeń może popełnić bardziej specyficzne błędy w każdym z przeprowadzanych doświadczeń. Przykładowe błędy znajdują się poniżej (niektóre będą zależały od instrukcji doświadczenia, co zależy od wykonawcy):

Wykazanie płaczu roślin (gutacji)

- **Złe nacięcie rośliny:** uczeń może nieprawidłowo naciąć roślinę, np. zbyt głęboko lub w niewłaściwym miejscu (np. nad liśćmi), co może uszkodzić tkanki i uniemożliwić obserwację płaczu roślin.
- **Brak odpowiednich warunków do gutacji:** uczeń może celowo nie zapewnić odpowiedniej wilgotności i temperatury, co uniemożliwi wystąpienie gutacji.

Porównanie zagęszczenia aparatów szparkowych u roślin różnych siedlisk

- **Niewłaściwa identyfikacja stron blaszki liściowej:** uczeń może pomylić górną stronę liścia z dolną, co prowadzi do błędnych wyników eksperymentu.
- **Nieprawidłowe przygotowanie preparatów:** uczeń może niepoprawnie przygotować preparaty mikroskopowe, np. źle umieszczając liście na szkiełku podstawowym, co uniemożliwi prawidłową obserwację aparatów szparkowych - o ile tego będzie wymagało



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



doświadczenie.

Wykazanie gutacji

- **Nieodpowiednie cięcie roślin:** uczeń może zbyt mocno uszkodzić roślinę, co uniemożliwi obserwację gutacji, lub nie wykonać cięcia w odpowiednim miejscu.
- **Brak odpowiedniego podlewania:** uczeń może nie podlewać rośliny lub przesadzić z ilością wody, co zakłóci proces gutacji.
- **Brak odpowiednich warunków do gutacji:** uczeń może celowo nie zapewnić odpowiedniej wilgotności i temperatury, co uniemożliwi wystąpienie gutacji.

Określenie wpływu stężenia roztworu glebowego na pobieranie wody przez rośliny

- **Nieodpowiednie stężenie roztworu:** uczeń może celowo użyć zbyt wysokiego lub zbyt niskiego stężenia roztworu, co prowadzi do zasolenia gleby lub odwodnienia roślin.
- **Nieprawidłowe podlewanie:** uczeń może nie dostarczyć roślinie wystarczającej ilości roztworu, co utrudni lub uniemożliwi właściwe przeprowadzenie doświadczenia.

Wpływ temperatury, stężenia dwutlenku węgla i natężenia światła na intensywność fotosyntezy

- **Zbyt wysoka temperatura:** uczeń może celowo ustawić temperaturę zbyt wysoką, co może prowadzić do denaturacji enzymów odpowiedzialnych za fotosyntezę, co w skrajnym przypadku uniemożliwi przebieg procesu fotosyntezy.
- **Zbyt niska temperatura:** uczeń może ustawić temperaturę zbyt niską, co spowolni proces fotosyntezy, ponieważ enzymy i inne reakcje metaboliczne w roślinie będą działać mniej efektywnie.
- **Nagła zmiana temperatury:** uczeń może gwałtownie zmienić temperaturę, co może wywołać stres termiczny w roślinie, prowadząc do błędnych wyników.
- **Zbyt intensywne światło:** uczeń może ustawić światło o zbyt dużym natężeniu, co może doprowadzić do fotooksydacji chlorofilu i uszkodzenia tkanek roślinnych, co w skrajnych przypadkach może zahamować fotosyntezę.
- **Zbyt małe natężenie światła:** uczeń może ustawić zbyt słabe światło, co nie dostarczy roślinie wystarczającej ilości energii do przeprowadzenia fotosyntezy, co skutkuje niską intensywnością tego procesu.
- **Zbyt wysokie stężenie CO₂:** uczeń może celowo zastosować bardzo wysokie stężenie dwutlenku węgla, co może początkowo zwiększyć intensywność fotosyntezy, ale później doprowadzić do zamykania aparatów szparkowych, co ograniczy dostęp CO₂ do liści i zmniejszy wydajność fotosyntezy.
- **Zbyt niskie stężenie CO₂:** uczeń może ustawić zbyt niskie stężenie CO₂, co ograniczy dostępność tego gazu jako substratu w fotosyntezie, a tym samym znacznie zmniejszy intensywność procesu.

Wpływ czynników zewnętrznych na intensywność transpiracji

- **Nieodpowiednie zamknięcie aparatów szparkowych:** uczeń może zastosować niewłaściwe warunki (np. zbyt małą wilgotność lub zbyt intensywne światło), co może zbyt szybko zamknąć aparaty szparkowe i wpłynąć na wyniki transpiracji.
- **Nieodpowiednie podlewanie:** uczeń może nie zapewnić odpowiedniej ilości wody roślinom, co spowoduje, że będą one zamykać aparaty szparkowe i zmniejszy się transpiracja.
- **Nieużycie oleju** - jeżeli taka będzie wersja doświadczenia. Nieumieszczenie warstwy oleju na powierzchni wody spowoduje parowanie wody z jej powierzchni i zaburzenie wyniku.

Wpływ wybranych czynników na proces kiełkowania nasion (wody, temperatury, tlenu, światła)



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Brak odpowiednich warunków dla kiełkowania:** uczeń może celowo lub przypadkowo nie zapewnić nasionom odpowiedniej wilgotności, temperatury lub światła, co zahamuje proces kiełkowania.
- **Nadmierne podlewanie nasion:** uczeń może zbyt intensywnie podlewać nasiona, co prowadzi do ich gnicia i uniemożliwia kiełkowanie.
- **Niedostateczne podlewanie:** uczeń może nie zapewnić nasionom odpowiedniej ilości wody, co powoduje, że nasiona pozostają suche i nie rozpoczynają procesu kiełkowania.
- **Zbyt wysoka temperatura:** uczeń może ustawić temperaturę na zbyt wysokim poziomie, co może prowadzić do denaturacji enzymów niezbędnych do kiełkowania lub nawet śmierci zarodka w nasieniu.
- **Zbyt niska temperatura:** uczeń może ustawić temperaturę zbyt niską, co spowolni lub całkowicie zatrzyma proces kiełkowania, ponieważ reakcje metaboliczne w nasionach będą przebiegać bardzo wolno.
- **Niedostateczny dostęp do tlenu:** uczeń może zasypać nasiona zbyt grubą warstwą gleby lub umieścić je w zbyt gęstym podłożu (o ile taka będzie instrukcja), co ograniczy dostęp tlenu i uniemożliwi prawidłowy przebieg oddychania komórkowego niezbędnego do kiełkowania.
- **Brak światła dla nasion światłolubnych:** uczeń może umieścić nasiona światłolubne w całkowitej ciemności, co uniemożliwi ich kiełkowanie.
- **Zbyt intensywne światło dla nasion ceniolubnych:** uczeń może ustawić zbyt intensywne światło dla nasion ceniolubnych, co może zahamować ich kiełkowanie.

Rola liścieni we wzroście i rozwoju siewki rośliny

- **Nieprawidłowe usunięcie liścieni:** uczeń może zbyt wcześnie usunąć liścienie lub zrobić to w niewłaściwy sposób, co zahamuje rozwój siewki.
- **Brak kontroli nad warunkami środowiskowymi:** uczeń może celowo zaniedbać roślinę (np. nie podlewać lub nie oświetlać), co utrudni obserwację wpływu liścieni.

Wpływ etylenu na proces dojrzewania owoców

- **Przekroczenie dawki etylenu:** uczeń może celowo zastosować zbyt dużą ilość etylenu, co spowoduje przedwczesne i nadmierne dojrzewanie owoców, a nawet ich zepsucie.
- **Brak odpowiedniego zamknięcia naczyń:** uczeń może nie zamknąć szczelnie naczynia z owocami i etylenem, co uniemożliwi prawidłowe przeprowadzenie doświadczenia.

Różnice fototropizmu i geotropizmu korzenia i pędu

- **Nieprawidłowe ustawienie źródła światła:** uczeń może ustawić źródło światła w niewłaściwy sposób, co wpłynie na wyniki eksperymentu dotyczącego fototropizmu.
- **Zmiana orientacji rośliny:** uczeń może celowo zmienić orientację rośliny (np. odwrócić doniczkę do góry nogami), co zakłóci obserwacje związane z geotropizmem.
- **Brak zapewnienia odpowiedniej ilości wody:** uczeń może zaniedbać regularne podlewanie roślin, co wpłynie na ich wzrost i reakcje na światło.

Rola stożka wzrostu w dominacji wierzchołkowej u roślin

- **Niewłaściwe przycięcie stożka wzrostu:** uczeń może celowo zbyt płytko przyciąć stożek wzrostu, pomylić stożek wzrostu z pędami bocznymi.
- **Brak kontroli nad warunkami wzrostu:** uczeń może nie zapewnić odpowiednich warunków (np. światła lub wody), co uniemożliwi obserwację dominacji wierzchołkowej.

Zdolność mchów do chłonięcia wody



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Nieodpowiednie warunki wilgotności:** uczeń może nie zapewnić mchu wystarczającej ilości wody lub umieścić go w zbyt suchym miejscu, co uniemożliwi obserwację procesu chłonięcia wody.

Występowanie barwników fotosyntetycznych

- **Niewłaściwy dobór roślin:** uczeń może wybrać rośliny o zbyt małej ilości chlorofilu lub innych barwników fotosyntetycznych, co utrudni uzyskanie wyraźnych wyników.
- **Błędny sposób ekstrakcji barwników:** uczeń może nieprawidłowo przygotować próbkę, np. nie zblendować liści dokładnie lub użyć niewłaściwego rozpuszczalnika (np. wody zamiast acetonu lub etanolu), co utrudni ekstrakcję barwników.
- **Nieodpowiednia ilość materiału roślinnego:** zbyt mała ilość liści może prowadzić do słabych wyników, ponieważ barwników będzie zbyt mało do zaobserwowania wyraźnych różnic.
- **Niewłaściwe przeprowadzenie chromatografii:** uczeń może błędnie przygotować bibułę chromatograficzną, np. zanurzyć ją zbyt głęboko w rozpuszczalniku, co spowoduje zamazanie wyników.
- **Brak kontrolowania temperatury podczas ekstrakcji:** zbyt wysoka temperatura rozpuszczalnika może doprowadzić do degradacji barwników, co uniemożliwi właściwą identyfikację.
- **Brak oznaczenia miejsc na chromatogramie:** uczeń może nie oznaczyć miejsc na chromatogramie, gdzie pojawiły się różne barwniki, co utrudni późniejsze rozróżnienie i analizę wyników.
- **Błędne rozróżnianie barwników:** uczeń może niepoprawnie zidentyfikować różne barwniki (chlorofil a, chlorofil b, karotenoidy, ksantofile) na chromatogramie, co wpłynie na nieprawidłowe wnioski.

Zdolność antocyjanów do zmiany barwy

- **Nieodpowiedni wybór próbek:** uczeń może wybrać rośliny o niskiej zawartości antocyjanów, co utrudni obserwację zmiany barwy.
- **Nieprawidłowe pH roztworu:** uczeń może użyć niewłaściwego zakresu pH (np. roztworów o zbyt małej różnicy kwasowości), co sprawi, że zmiana barwy nie będzie wystarczająco wyraźna.
- **Brak równomiernego rozprowadzenia roztworu:** uczeń może nieprawidłowo rozprowadzić roztwory o różnych pH na próbce z antocyjanami, co prowadzi do nierównomiernej zmiany barwy.
- **Zbyt mała ilość roztworu:** użycie niewystarczającej ilości kwasu lub zasady może spowodować, że zmiana barwy będzie mało widoczna.
- **Niewłaściwe przechowywanie próbek:** antocyjany mogą ulec degradacji pod wpływem światła, wysokiej temperatury lub zbyt długiego czasu przechowywania, co utrudni obserwację zmiany barwy.

Wpływ pH gleby na wzrost roślin

- **Niewłaściwy dobór gleby:** uczeń może użyć gleby o zbyt skrajnym pH (zbyt kwaśnej lub zbyt zasadowej), co może całkowicie zahamować wzrost roślin i uniemożliwić obserwację wpływu pH w pośrednich wartościach.
- **Brak regularnego nawadniania:** zbyt rzadkie lub zbyt częste podlewanie może wpływać na dostępność składników odżywczych w glebie, a nie tylko na pH, co utrudni wyciągnięcie poprawnych wniosków.
- **Nieprawidłowy czas trwania eksperymentu:** uczeń może zakończyć eksperyment zbyt wcześnie, zanim różnice we wzroście roślin w różnych warunkach pH staną się wyraźne.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Brak kontrolnej próby:** uczeń może pominąć przygotowanie próby kontrolnej (gleby o neutralnym pH), co utrudni porównanie wyników i zrozumienie wpływu pH na wzrost.

Obserwacja tkanki przewodzącej wodę

- **Nieprawidłowe wykonanie preparatów:** uczeń może niewłaściwie przygotować przekroje roślin, co uniemożliwi prawidłową obserwację tkanki przewodzącej.
- **Uszkodzenie tkanki podczas przygotowania:** uczeń może przypadkowo uszkodzić tkankę przewodzącą podczas przygotowania próbki, co wpłynie na obserwacje.

Obserwacja różnych typów kiełkowania nasion (epigeiczne i hypogeiczne)

- **Nieprawidłowe warunki dla kiełkowania:** uczeń może celowo zmienić warunki wzrostu nasion, co zakłóci obserwacje różnych typów kiełkowania.

Mechanika materiału

Interaktywny instruktaż

- **Moduł wprowadzający:**
 - Prezentacja podstawowych zasad pracy w laboratorium biologicznym, w tym obsługi sprzętu (pipety, mikroskop, wagi).
 - Instrukcje dotyczące manipulacji roślinami i zarządzania warunkami środowiskowymi.
 - Wskazówki dotyczące bezpieczeństwa biologicznego (np. właściwe używanie odczynników i materiałów biologicznych).

Symboliczny upływ czasu

- **Przyspieszenie procesów biologicznych:**
 - Kiełkowanie, wzrost i obumieranie roślin.
 - Obserwacja długotrwałych reakcji biologicznych, takich jak fotosynteza i transpiracja, skrócona wizualnie w realistyczny sposób.
 - Użytkownik może uruchomić funkcję przyspieszenia czasu, co jest wyraźnie zaakcentowane wizualnie.

Tryb VR i standardowy

- **Tryb VR:**
 - Immersyjna eksploracja laboratorium biologicznego.
 - Precyzyjne gesty umożliwiające manipulowanie narzędziami (pipety, mikroskopy, sprzęt do uprawy roślin).
 - Poruszanie się między strefami laboratorium za pomocą teleportacji.
- **Tryb standardowy:**
 - Realizacja tych samych funkcji za pomocą myszy i klawiatury.
 - Intuicyjny interfejs ułatwiający wybór narzędzi, odczynników i manipulowanie obiektami.

Wirtualny nauczyciel

- **Feedback w czasie rzeczywistym:**
 - Wirtualny nauczyciel jest dostępny przez cały czas w formie ikony (np. żarówka lub



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



próbówki) i może udzielać wskazówek na bieżąco. Uczeń może skorzystać z pomocy w dowolnym momencie lub przejść przez cały eksperyment bez interakcji. Na koniec eksperymentu konsultacja z wirtualnym nauczycielem jest obowiązkowa – podsumowuje on wyniki, wskazuje poprawne rozwiązania i sugeruje, co można było zrobić inaczej.

- Analiza działań użytkownika z natychmiastowymi wskazówkami.
- Ostrzeżenia o błędach, takich jak nieprawidłowe ustawienie warunków środowiskowych, niewłaściwe użycie odczynników czy niedokładne wykonanie eksperymentu.
- Podsumowanie wyników na zakończenie każdego eksperymentu z sugestiami poprawy.

Interakcje z otoczeniem

- **Eksploracja laboratorium:**
 - Użytkownik porusza się między strefami, takimi jak strefa mikroskopowa, hodowli roślin czy analiz molekularnych.
 - Możliwość zmiany warunków środowiskowych w celu przeprowadzenia eksperymentów (światło, temperatura, wilgotność).
- **Manipulacja sprzętem:**
 - Precyzyjne odmierzanie substancji za pomocą wag i pipet.
 - Obsługa mikroskopu do analizy preparatów biologicznych.
 - Podlewanie i pielęgnacja roślin z możliwością obserwacji skutków zaniedbań.

Realistyczna symulacja procesów biologicznych

- **Procesy biologiczne:**
 - Fotosynteza: Symulacja reakcji w zależności od intensywności światła i dostępności CO₂.
 - Transpiracja: Analiza wpływu wilgotności i temperatury na szybkość transpiracji.
 - Oddychanie komórkowe: Obserwacja zmian w materiałach biologicznych.
- **Wzrost roślin:**
 - Kielkowanie nasion i rozwój roślin w różnych warunkach środowiskowych.
 - Użytkownik obserwuje skutki swoich działań, np. brak podlewania, nadmierne światło.

System notatek i opracowania wyników

- **Interaktywny dziennik:**
 - Użytkownik dokumentuje wyniki eksperymentów, formułuje hipotezy i zapisuje wnioski.
 - Możliwość dodawania zdjęć z mikroskopu lub innych obserwacji.
- **Analiza wyników:**
 - Porównanie uzyskanych wyników z danymi wzorcowymi.
 - Moduł interpretacji danych wspierany przez wirtualnego nauczyciela.

Procedury bezpieczeństwa i błędy

- **Zasady BHP:**
 - Wymóg stosowania środków ochrony osobistej przy pracy z odczynnikami lub organizmami.
 - Ostrzeżenia o niewłaściwym postępowaniu, np. rozlanie odczynnika czy brak sterylności.
- **Symulacja błędów:**
 - Możliwość popełnienia błędów w pielęgnacji roślin lub pracy ze sprzętem.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Uczeń może popełniać błędy w trakcie eksperymentu, ale liczba prób domyślnie nie jest ograniczona. W każdej chwili może skorzystać z pomocy wirtualnego nauczyciela, który udzieli wskazówek dotyczących kolejnych kroków. Jeśli uczeń popełni kilka błędów z rzędu, system zasugeruje poprawną procedurę. W razie potrzeby użytkownik może również powtórzyć eksperyment od początku.
- Wirtualny nauczyciel wyjaśnia konsekwencje i sugeruje poprawę.

Funkcjonalność dla nauczyciela

- **Konfiguracja laboratorium:**
 - Wybór dostępnych narzędzi i eksperymentów.
 - Możliwość personalizacji zakresu materiału dla poszczególnych grup uczniów.
- **Tworzenie scenariuszy:**
 - Definiowanie własnych eksperymentów z możliwością dostosowania parametrów środowiskowych, wyników, limitu błędów do wypełnienia przez ucznia, itp..

Stałe elementy laboratorium

- **Stół laboratoryjny:**
 - Główne miejsce pracy, gdzie użytkownik przeprowadza eksperymenty.
 - Znajdują się na nim podstawowe narzędzia, takie jak mikroskopy, probówki, zlewki, pipety, wagi, a także miejsce na notatki.
- **Szafki z odczynnikami i sprzętem:**
 - Każda szafka zawiera odpowiednio oznaczone odczynniki (etykiety z nazwami, piktogramy bezpieczeństwa) oraz sprzęt laboratoryjny.
 - Podział logiczny: odczynniki w jednej sekcji, sprzęt w drugiej.
- **Pojemniki na odpady biologiczne i chemiczne:**
 - Ważny element do utylizacji odczynników i materiałów po eksperymentach.
 - W przypadku niewłaściwej utylizacji system ostrzega użytkownika.
- **Oświetlenie:**
 - Wirtualne laboratorium uwzględnia realistyczne źródła światła, zapewniające widoczność w pracy z preparatami biologicznymi.

Fakultatywne elementy laboratorium

- **Akwarium i hodowle organizmów:**
 - Miejsce do przechowywania próbek biologicznych, np. roślin wodnych.
 - Interakcje obejmują karmienie, kontrolę warunków środowiskowych (temperatura, oświetlenie).
- **Specjalistyczny sprzęt:**
 - Wirówki, inkubatory, chłodziarki, sprzęt do elektroforezy, zgodnie z wymaganiami danego eksperymentu.
 - Możliwość konfiguracji sprzętu przez nauczyciela.

Sposób działania sprzętu i odczynników

- **Mikroskop:**
 - Użytkownik wybiera odpowiedni obiektyw, ustawia ostrość i dokonuje obserwacji preparatów.
 - Możliwość robienia wirtualnych zdjęć i dodawania ich do notatek.
- **Wagi i pipety:**
 - Umożliwiają precyzyjne ważenie i odmierzanie substancji.
 - W przypadku błędów w pomiarach wirtualny nauczyciel wskazuje poprawki.
- **Zlewki i probówki:**
 - Użytkownik może przelewać odczynniki, mieszać je oraz obserwować efekty



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- reakcji biologicznych.
 - o Realistyczna symulacja rozlewania płynów i zmiany ich właściwości w czasie.
- **Odczynniki:**
 - o Każdy odczynnik posiada realistyczne właściwości, np. zmiana koloru roztworu w zależności od pH.
 - o W przypadku substancji toksycznych lub drażniących użytkownik musi korzystać z dygestorium.
- **Hodowle roślin i mikroorganizmów:**
 - o Możliwość ustawiania warunków środowiskowych (światło, temperatura, wilgotność) i obserwowania zmian w czasie rzeczywistym.
 - o Skutki zaniedbań, takie jak obumieranie roślin, są symulowane w realistyczny sposób.

Podgląd trybu VR na monitorze

- **Widok nauczyciela:**
 - o Obraz z gogli VR jest wyświetlany na monitorze lub projektorze, co umożliwia obserwację działań ucznia przez nauczyciela i innych uczestników zajęć.
- **Interakcje grupowe:**
 - o Nauczyciel może na bieżąco komentować postępy użytkownika, a inni uczniowie mogą sugerować poprawki.

System notatek i opracowania wyników

- **Dziennik eksperymentów:**
 - o Użytkownik zapisuje obserwacje, wyniki i wnioski w interaktywnym dzienniku.
 - o Możliwość dołączania zdjęć z mikroskopu i analiz.
- **Analiza wyników:**
 - o Uczeń sam ocenia wyniki eksperymentu, ale może skonsultować je z wirtualnym nauczycielem. System sprawdza, czy hipoteza i wnioski są poprawnie sformułowane, a także prowadzi statystyki postępów ucznia. Jeśli nauczyciel chce monitorować długofalowy rozwój uczniów, może mieć dostęp do historii wykonanych eksperymentów.
 - o Moduł automatycznie podkreśla różnice i sugeruje wnioski.

Symulacja błędów i zasady bezpieczeństwa

- **Mechanizm popełniania błędów:**
 - o Możliwość popełniania błędów, takich jak niewłaściwe ważenie substancji czy zły wybór odczynników.
 - o System rejestruje błędy i generuje szczegółowy raport po zakończeniu eksperymentu.
- **Procedury BHP:**
 - o Użytkownik jest ostrzegany przed nieprawidłowym użyciem sprzętu, np. brak rękawiczek podczas pracy z materiałami biologicznymi.
 - o Konieczność prawidłowej utylizacji odpadów biologicznych.
- **Wirtualny nauczyciel:**
 - o Interweniuje, gdy użytkownik odbiega od procedur.
 - o Dostosowuje wskazówki do poziomu zaawansowania ucznia.



Grafika

Grafika laboratorium biologicznego przedstawia środowisko pracy w sposób realistyczny, ale z subtelnym stylizowaniem, aby zwiększyć atrakcyjność wizualną i podkreślić edukacyjny charakter materiału.

- **Przestrzeń laboratoryjna:**
 - Stół laboratoryjny jest głównym miejscem pracy, wyposażonym w sprzęt taki jak mikroskopy, probówki, zlewki, pipety oraz notatniki.
 - Szafki z odczynnikami i sprzętem są wyraźnie oznaczone etykietami, które spełniają standardy BHP, w tym oznaczenia substancji toksycznych lub łatwopalnych.
- **Oświetlenie i kolorystyka:**
 - Kolorystyka pomieszczenia jest neutralna, aby nie zaburzać widoczności prowadzonych doświadczeń.
 - Źródła światła są rozmieszczone w sposób realistyczny, zapewniając odpowiednią widoczność w trakcie pracy z preparatami biologicznymi i drobnymi narzędziami.
- **Realistyczne odzwierciedlenie sprzętu i odczynników:**
 - Wszystkie odczynniki i substancje są przedstawione zgodnie z ich właściwościami chemicznymi i biologicznymi (np. kolor, konsystencja).
 - Szkło laboratoryjne jest wiernie odwzorowane, uwzględniając takie detale jak przezroczystość czy efekty świetlne.
- **Elementy interaktywne:**
 - Wirtualne mikroskopy umożliwiają obserwację preparatów z detalami (np. komórek roślinnych czy mikroorganizmów).
 - Dynamiczne zmiany wizualne podczas eksperymentów, takie jak zmiany koloru roztworów, wzrost roślin czy ruch mikroorganizmów pod mikroskopem.
- **Stylizacja i immersja:**
 - Stylizowane elementy graficzne, takie jak delikatne tekstury drewna lub metalu na meblach, nadają przestrzeni przyjazny, a jednocześnie profesjonalny wygląd.
 - Zastosowana technologia VR wzbogaca immersję, umożliwiając uczniowi pełne zanurzenie w środowisku pracy.
- **Symulacja procesów biologicznych:**
 - Doświadczenia biologiczne, takie jak fotosynteza, transpiracja czy wzrost roślin, są prezentowane w sposób dynamiczny, z realistycznymi zmianami barw, kształtów czy struktur.
 - Upływ czasu w eksperymencie jest symboliczny, ale uczeń może „przyspieszać” procesy biologiczne według własnych potrzeb. System działa na zasadzie zegara, który można regulować w zakresie określonym przez instrukcję eksperymentu. Różne doświadczenia mogą mieć różne stopnie przyspieszenia – zgodnie z ich realnym przebiegiem w naturze.
- **Edukacyjna wizualizacja:**
 - W tle mogą być widoczne tablice edukacyjne, schematy komórkowe lub infografiki, które pomagają zrozumieć procesy biologiczne podczas eksperymentu.

Przykładowe inspiracje

- **Empiriusz**
 - Zastosowanie realistycznych efektów wizualnych podczas eksperymentów.
 - Interaktywne moduły nauki z wirtualnym asystentem.
 - Stylizowana grafika dostosowana do potrzeb edukacyjnych.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Labster**
 - **Symulacje biologiczne w VR:** Bogaty zestaw doświadczeń biologicznych, takich jak mikroskopia, genetyka czy biologia molekularna, z naciskiem na realistyczne odwzorowanie procesów.
 - **System feedbacku:** Interaktywne podpowiedzi i wskazówki podczas błędnie przeprowadzanych eksperymentów.
 - **Gamifikacja:** Wbudowane cele i wyzwania zwiększające zaangażowanie użytkowników.
- **Virtual Biology Lab**
 - Możliwość eksploracji mikroświata z użyciem realistycznych mikroskopów.
 - Wizualizacje procesów biologicznych, takich jak podział komórkowy czy reakcje enzymatyczne, z dynamicznymi zmianami w czasie rzeczywistym.
- **Alchemy VR**
 - Tworzenie immersyjnych środowisk VR dla edukacji.
 - Świetnie zaprojektowane przestrzenie z dbałością o szczegóły i efekty wizualne.
- **Google Expeditions (Biologia)**
 - Możliwość eksploracji wnętrza organizmu, takich jak struktury komórkowe, w interaktywnym formacie VR.
 - Wprowadzenie elementów podróży w czasie, by zobaczyć ewolucję organizmów czy procesy biologiczne w ich środowiskach naturalnych.
- **BioBeyond (Arizona State University)**
 - Interaktywne wizualizacje procesów biologicznych, które ułatwiają zrozumienie trudnych koncepcji, takich jak cykl Krebsa czy fotosynteza.
 - Gamifikacja i punkty za poprawne przeprowadzanie eksperymentów.
- **Human Anatomy Atlas (Visible Body)**
 - Wirtualna eksploracja organizmów z zachowaniem szczegółów anatomicznych.
 - Dynamiczne animacje ilustrujące funkcjonowanie układów biologicznych.

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 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.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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 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;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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 konfiguracja

- Możliwość wyboru poziomu trudności (podstawowy, zaawansowany) oraz języka aplikacji.
- Interaktywny instruktaż pokazujący podstawowe funkcje laboratorium oraz sposób obsługi sprzętu.
- Opcje konfiguracji przez nauczyciela:
 - włączanie/wyłączanie określonych eksperymentów
 - dostosowanie dostępnych narzędzi i odczynników do celu dydaktycznego
 - tworzenie własnych scenariuszy dydaktycznych.

Poruszanie się i eksploracja

- Uczeń ma możliwość swobodnego poruszania się po laboratorium z perspektywy pierwszej osoby.
- Dostęp do różnych obszarów laboratorium (np. sekcja mikroskopowa, hodowla roślin, analiza DNA).
- Możliwość przechodzenia pomiędzy pomieszczeniami tematycznymi w zależności od wybranego eksperymentu.

Przeprowadzanie eksperymentów

- Wirtualny asystent udzielający wskazówek na każdym etapie eksperymentu.
- Możliwość popełniania błędów, które są rejestrowane i analizowane w feedbacku.
- Symboliczny upływ czasu, np. przyspieszony wzrost roślin w doświadczeniach długoterminowych.
- Realistyczne efekty wizualne i dźwiękowe podczas przeprowadzania eksperymentów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Notatki i rejestracja wyników

- Interaktywny dziennik laboratoryjny:
 - zapisywanie wyników pomiarów
 - tworzenie notatek i wniosków.
- Możliwość robienia wirtualnych zdjęć i eksportowania raportów z wynikami.

Bezpieczeństwo i BHP

- Realistyczne zasady BHP, takie jak konieczność użycia rękawiczek, prawidłowego utylizowania odczynników biologicznych i przestrzegania procedur pracy z mikroorganizmami.
- Ostrzeżenia w przypadku złamania zasad BHP, np. brak odpowiedniego zabezpieczenia odczynników.

Gamifikacja i cele edukacyjne

- Eksperymenty nie są oceniane w sposób standardowy, ale uczeń może zdobywać odznaki za poprawnie przeprowadzone badania. Punktacja nie ma formy rywalizacji między uczniami, ale może być narzędziem do śledzenia indywidualnych postępów. Dodanie elementów grywalizacji, takich jak:
 - punkty za poprawne wykonanie eksperymentu.
 - osiągnięcia za dokładność i szybkość.
- Zadania związane z analizą wyników i formułowaniem wniosków.

Rozszerzenie gamifikacji

- Dla zwiększenia zaangażowania można dodać więcej elementów grywalizacji, takich jak dynamiczne wyzwania czy poziomy zaawansowania w ramach eksperymentów.

Stałe elementy laboratorium

- **Stół laboratoryjny:** Główne miejsce pracy użytkownika, wyposażone w podstawowe narzędzia i materiały.
- **Szafki na odczynniki i sprzęt:** Wyraźnie oznakowane z dostępem do zasobów potrzebnych do eksperymentu.
- **Mikroskop i urządzenia analityczne:** W pełni interaktywne z realistycznym odwzorowaniem funkcji.

Wirtualny asystent

- Pomaga w planowaniu i przeprowadzaniu eksperymentów.
- Rejestruje kroki użytkownika i dostarcza szczegółowej informacji zwrotnej na temat popełnionych błędów.

Konfiguracja laboratorium przez nauczyciela

- **Panel administracyjny:**
 - Nauczyciel ma dostęp do dedykowanego panelu umożliwiającego konfigurację laboratorium zgodnie z celami dydaktycznymi.
- **Wybór eksperymentów i modułów:**
 - Możliwość włączania lub wyłączania poszczególnych eksperymentów i modułów (np. sekcji mikroskopowej, hodowli roślin, analizy DNA).
- **Dostosowanie odczynników i narzędzi:**



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Automatyczne ukrywanie lub pokazywanie sprzętu i odczynników w zależności od wybranych eksperymentów.
- Opcja ograniczenia ilości lub rodzaju dostępnych narzędzi w celu zwiększenia poziomu trudności lub uproszczenia zadań.
- **Tworzenie scenariuszy lekcji:**
 - Funkcja tworzenia własnych scenariuszy dydaktycznych, które obejmują kolejność eksperymentów, zadania do wykonania oraz cele edukacyjne.
- **Biblioteka zasobów:**
 - Możliwość rozbudowy i edycji biblioteki danych eksperymentalnych (np. dodawanie nowych wyników, modyfikacja dostępnych opisów).
- **Dostosowanie poziomu trudności:**
 - Konfiguracja poziomów trudności dla poszczególnych grup uczniów, np. bardziej szczegółowe zadania dla zaawansowanych użytkowników. Uczeń powinien mieć swobodę w wyborze ścieżki nauki, zamiast sztywnego przypisania do poziomu trudności przez system. Młodszy uczniowie mogą być bardziej zainteresowani bardziej zaawansowanymi eksperymentami i powinni mieć możliwość ich wypróbowania, jeśli tego chcą.
- **Integracja z systemem oceniania:**
 - Możliwość powiązania wyników eksperymentów z systemem oceniania (np. raportowanie wyników, podsumowanie osiągnięć ucznia).
- **Wsparcie dla nauczycieli:**
 - Dodatkowe narzędzia do analizy postępów uczniów, np. w formie wizualizacji danych.

Opcje zapisów i raportowania

- **Historia eksperymentów:**
 - Nauczyciel może przeglądać historię wykonanych przez uczniów eksperymentów oraz ich wyniki.
 - Uczeń może wracać do wcześniejszych eksperymentów i porównywać wyniki. System przechowuje rejestr błędów, które uczeń popełnił, co pomaga w unikaniu tych samych pomyłek w przyszłości. Historia eksperymentów jest dostępna dla ucznia i – opcjonalnie – dla nauczyciela.
- **Eksport raportów:**
 - Eksportowanie wyników i postępów uczniów do plików (np. PDF, CSV) lub nauczyciela.

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:

- **Stylizowany realizm:** Modele 3D muszą przedstawiać laboratorium biologiczne w realistyczny, ale stylizowany sposób, dostosowany do grupy docelowej.

Mechanika VR i komfort użytkownika:

- **Teleportacja i nawigacja:** Użytkownik w trybie VR porusza się za pomocą teleportacji, a system ostrzega o granicach strefy VR.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Opcje personalizacji:** Możliwość dostosowania ustawień VR, takich jak czułość kontrolerów, kalibracja sprzętu i opcje wizualne (jasność, kontrast).
- **Opcje dostępności:** Aplikacja musi wspierać ustawienia ułatwiające dostępność (np. dostosowanie dla osób z ograniczeniami ruchowymi w trybie VR).
- **Przełączanie trybów VR/standardowego:** opcja łatwego przełączania między trybami pracy – trybem VR oraz trybem standardowym (obsługiwanym za pomocą ekranu, myszki i klawiatury).

Symboliczny upływ czasu:

- **Przyspieszenie procesów:** System powinien wizualnie i czasowo akcentować przyspieszenie długotrwałych procedur (np. wzrostu roślin).



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

