

Załącznik nr 2 – Szczegółowy opis Przedsięwzięcia B+R

DRIM-SZI.081.15.2026

Numer Wstępnych Konsultacji Rynkowych: **8/26/KR**

1. Opis przedsięwzięcia badawczego

Przedsięwzięcie dotyczy opracowania i wdrożenia zaawansowanego, immersyjnego wirtualnego laboratorium chemicznego w technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) albo rozszerzonej rzeczywistości (AR), przeznaczonego do prowadzenia zajęć laboratoryjnych na poziomie akademickim jak również, w liceach oraz technikach. Rozwiązanie obejmuje stworzenie kompleksowego środowiska cyfrowego wiernie odwzorowującego rzeczywiste warunki pracy w laboratorium chemicznym, umożliwiające realistyczną interakcję z aparaturą, szkłem laboratoryjnym i odczynnikami oraz realizację złożonych procedur eksperymentalnych z zakresu chemii nieorganicznej, syntezy organicznej oraz analizy jakościowej, ilościowej i instrumentalnej.

Projekt zakłada opracowanie demonstratora wirtualnego laboratorium VR z co najmniej 16 stanowiskami (15 dla studentów i 1 dla prowadzącego), umożliwiające synchroniczną, zespołową pracę użytkowników w jednym środowisku eksperymentalnym pod bieżącym nadzorem dydaktycznym. System będzie wyposażony w edytowalny moduł scenariuszy dydaktycznych, pozwalający kadrze akademickiej na samodzielne tworzenie, modyfikowanie i rozwijanie ćwiczeń laboratoryjnych bez konieczności posiadania specjalistycznej wiedzy programistycznej.

Opracowane wirtualne laboratorium ma stanowić innowacyjne narzędzie dydaktyczne, które umożliwi znaczącą redukcję kosztów utrzymania tradycyjnej infrastruktury laboratoryjnej, ograniczenie zużycia odczynników chemicznych, energii i wody, zwiększenie bezpieczeństwa procesu kształcenia oraz zapewnienie pełnej dostępności zajęć laboratoryjnych, w tym dla osób z niepełnosprawnościami, realizowanego w ramach zamówień przedkomercyjnych PCP.

Rozwiązanie ma na celu:

- ograniczenie wysokich kosztów prowadzenia tradycyjnych zajęć laboratoryjnych, związanych z zakupem odczynników, eksploatacją aparatury, zużyciem energii i utylizacją odpadów chemicznych;
- zwiększenie bezpieczeństwa procesu kształcenia poprzez eliminację ryzyka kontaktu studentów z substancjami niebezpiecznymi na etapie nauki podstawowych jak i zaawansowanych procedur;
- zapewnienie pełnej dostępności edukacji laboratoryjnej, w tym dla osób z niepełnosprawnościami, zgodnie z zasadą równości szans i edukacji włączającej;
- podniesienie jakości i atrakcyjności kształcenia poprzez wykorzystanie immersyjnych, interaktywnych i zespołowych form nauczania, rozwijających kompetencje cyfrowe i praktyczne studentów;

- wsparcie realizacji celów zrównoważonego rozwoju, Europejskiego Zielonego Ładu oraz krajowych i europejskich strategii Cyfryzacji edukacji.

W ramach Przedsięwzięcia przewiduje się opracowanie zintegrowanego systemu edukacyjnego opartego na technologii wirtualnej lub rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR), obejmującego immersyjne środowisko pracy laboratoryjnej, narzędzia do realizacji i projektowania scenariuszy dydaktycznych, mechanizmy realistycznej symulacji procesów chemicznych oraz funkcjonalności wspierające współpracę, ocenę i nadzór dydaktyczny. System zostanie wyposażony w moduły umożliwiające monitorowanie aktywności użytkowników oraz integrację z infrastrukturą informatyczną uczelni, zapewniając skalowalność, możliwość dalszej rozbudowy oraz dostosowanie do zróżnicowanych potrzeb edukacyjnych.

System będzie składał się co najmniej z następujących elementów:

- Immersyjnego środowiska wirtualnej (VR) i / lub rozszerzonej rzeczywistości (AR) odwzorowującego rzeczywiste laboratorium chemiczne, wraz z kompletną biblioteką szkła, aparatury, odczynników i infrastruktury technicznej.
- Wieloosobowego modułu pracy synchronicznej, umożliwiającego jednocześnie uczestnictwo 15 studentów oraz prowadzącego w jednym środowisku, z funkcją komunikacji, nadzoru i oceny bieżącej.
- Edytowalnego modułu scenariuszy dydaktycznych, pozwalającego na tworzenie, modyfikację i parametryzację ćwiczeń laboratoryjnych bez konieczności programowania – z obsługą różnych poziomów trudności (szkoły średnie, studia I i II stopnia, kursy podyplomowe).
- Silnika symulacji procesów fizykochemicznych, obejmującego bazę właściwości substancji, matrycę reakcji, parametry procesowe, konsekwencje błędów proceduralnych oraz możliwość rozbudowy o moduły AI przewidujące przebieg reakcji.
- Systemu interakcji haptycznej, rejestrujący chwyt i precyzję ruchów, a także mechanizmy odwzorowania błędów manualnych (upuszczenie, zbyt duża siła, niewłaściwy chwyt).
- Systemu monitorowania aktywności i postępów użytkowników, generującego raporty, ścieżki działań oraz ocenę realizacji.
- Integracji z infrastrukturą uczelni (USOS i LEON/Moodle), w tym:
 - o pobierania danych studentów,
 - o automatycznego przekazywania wyników,
 - o generowania kursów i zadań,
 - o blokowania/odblokowywania dostępu do modułów VR.
- Repozytorium scenariuszy dydaktycznych, umożliwiającego wymianę materiałów między uczelniami oraz rozwój wspólnej bazy narzędzi i procedur.
- Modułu pracy w trybie uproszczonym (desktop) dla jednostek nieposiadających sprzętu VR, pozwalającego realizować podstawowe ćwiczenia na komputerze.
- Elastycznej architektury systemowej umożliwiającej dalszy rozwój – w tym tworzenie cyfrowych bliźniaków procesów laboratoryjnych, rozbudowę aparatury, dodawanie nowych substancji i integrację z zewnętrznymi bazami danych.

- Infrastruktury serwerowej i zaplecza technicznego, umożliwiającego hostowanie środowiska VR, aktualizacje, testowanie wersji prototypowych.

2. Instytucja publiczna

Wyzwanie badawcze pn. „Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) dla edukacji akademickiej na kierunkach technologia chemiczna oraz biotechnologia - innowacyjne narzędzie dydaktyczne umożliwiające realistyczne i bezpieczne prowadzenie zajęć laboratoryjnych w środowisku cyfrowym.” zostało zgłoszone w ramach naboru na wyzwania badawcze przez Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej w obszarze Krajowej Inteligentnej Specjalności nr 10 - TECHNOLOGIE INFORMACYJNE, KOMUNIKACYJNE ORAZ GEOINFORMACYJNE

Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny.

Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny jako doświadczona jednostka akademicka prowadząca kształcenie laboratoryjne w zakresie chemii, biotechnologii i inżynierii chemicznej, dysponuje pełnym zapleczem merytorycznym, technicznym i organizacyjnym niezbędnym do facylitacji oraz testowania proponowanego rozwiązania.

3. Harmonogram

Tabela 1. przedstawia proponowany harmonogram realizacji projektu, obejmujący trzy główne etapy, które – jako element dokumentacji konsultacyjnej – mają charakter wstępny i mogą zostać doprecyzowane przed uruchomieniem prac.

Etap I, trwający ok. **3 miesięcy**, koncentruje się na opracowaniu koncepcji systemu i analizach technicznych w zasobie udostępnionym przez Instytucję Publiczną.

Etap II, zaplanowany na **13 miesięcy**, obejmuje projektowanie, budowę prototypów oraz ich kompleksowe testy i modelowanie.

Z kolei Etap III, przewidziany na **8 miesięcy**, dotyczy przygotowania wersji komercyjnej, certyfikacji oraz uruchomienia demonstratora technologii w lokalizacji wskazanej przez Instytucję Publiczną wraz z jego optymalizacją.

Harmonogram ten ma na celu zapewnienie przejrzystej ścieżki dojścia od fazy koncepcyjnej do w pełni zweryfikowanego rozwiązania.

Tabela 1. Etapy Przedsięwzięcia pn. „Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) dla edukacji akademickiej na kierunkach technologia chemiczna oraz biotechnologia - innowacyjne narzędzie dydaktyczne umożliwiające realistyczne i bezpieczne prowadzenie zajęć laboratoryjnych w środowisku cyfrowym.”

Etap	Działanie	Oczekiwane rezultaty prac B+R	Proponowany czas realizacji
Etap I – Przygotowawczy -koncepcja systemu/ projekt koncepcyjny	Analiza potrzeb, scenariuszy i środowiska dydaktycznego	Zdefiniowana koncepcja systemu VR / AR (funkcje, architektura, moduły, host – lokalny czy chmura)	3 miesiące
	Analiza danych z laboratoriów Instytucji Publicznej (procedury, aparatura, błędy)	Zmapowanie komponentów i funkcjonalności systemu na podstawie zestawu 3 scenariuszy bazowych (wymagania procesowe i sprzętowe)	
	Wstępna analiza technologiczna (interakcje, sprzęt VR / AR, modele działania)	Określony model interakcji użytkownika (np. rękawice haptyczne jako preferowany interfejs)	
	Opracowanie harmonogramu przedsięwzięcia oraz podjętych prac B+R wraz z kosztami dla danych etapów	Harmonogram przedsięwzięcia oraz prac B+R z określeniem poszczególnych działań oraz kosztami ich wykonania	
	Analiza integracji z systemami uczelni (USOS, LEON/Moodle)	Specyfikacja wymagań integracyjnych (API, obieg danych, logika oceniania)	
Ocena i odbiór prac Etapu I			
Etap II – Projektowanie, prototypy, testy,	Projektowanie modułów systemu (VR / AR, silnik reakcji, interakcje)	W pełni działający prototyp system VR / AR (środowisko 3D, aparatura, interakcja)	13 miesięcy
	Budowa matrycy właściwości chemicznych i symulacji procesów	Pierwsza wersja silnika reakcji z parametrami fizykochemicznymi i obsługą błędów studentów	
	Implementacja podstawowych funkcji (wielu użytkowników, scenariusze, baza substancji)	Stabilny prototyp obsługujący tryb co najmniej 16 użytkowników oraz działający edytowalny moduł scenariuszy	
	Integracja prototypowa z USOS / LEON (logowanie, pobieranie danych, oceny)	Działająca integracja prototypowa z systemami uczelni	

	Testy funkcjonalne i dydaktyczne w PW	Raport z testów, rekomendacje i iteracyjne poprawki prototypu	
Testy i ocena prac Etapu II			
Etap III – Produkcja, certyfikacja i demonstrator	Finalizacja i optymalizacja systemu (UX, wydajność, stabilność)	Komercyjna wersja laboratorium VR gotowa do wdrożenia w instytucjach edukacyjnych	8 miesięcy
	Rozwinięcie matrycy właściwości chemicznych i jej integracja z systemem sztucznej inteligencji (AI)	Finalna wersja silnika sztucznej inteligencji odwzorowującego reakcje chemiczne	
	Rozszerzenie scenariuszy i dokumentacji dydaktycznej	Pełny zestaw materiałów dydaktycznych i scenariuszy laboratoryjnych	
	Instalacja i konfiguracja demonstratora (16 stanowisk)	Uruchomiony demonstrator VR / AR w lokalizacji PW	
	Testy końcowe i optymalizacja pod użytkownika	Raport z testów końcowych oraz zoptymalizowana wersja demonstratora	
	Certyfikacja, audyty techniczne	Certyfikowany system zgodny z wymaganiami instytucji publicznej	
	Przygotowanie dokumentacji technicznej oraz materiałów szkoleniowych dla użytkowników	Pełna dokumentacja techniczna narzędzia wraz ze skróconą wersją dla użytkowników i szkoleniami dla wykładowców / osób tworzących scenariusze	
	Przygotowanie planu komercjalizacji i przekazanie dokumentacji	Gotowy pakiet wdrożeniowy dla kolejnych uczelni i odbiorców	
Testy odbiorowe i ocena prac Etapu III			

4. Kryteria

Kryteria oceny proponowanego przedsięwzięcia zostały podzielone na trzy komplementarne grupy: kryteria obligatoryjne (Tabela 2.), które stanowią warunek konieczny i muszą zostać bezwzględnie spełnione, kryteria konkursowe (Tabela 3.), pozwalające na zróżnicowanie i porównanie zgłaszanych rozwiązań w oparciu o mierzalne parametry techniczne, oraz kryteria jakościowe (Tabela 4.), odnoszące się do oceny merytorycznej Przedsięwzięcia i ich wartości dodanej. Taki podział umożliwia jednocześnie zapewnienie minimalnych standardów formalnych i technicznych, ocenę zgodności rozwiązań z celami konkursu oraz premiowanie projektów najbardziej innowacyjnych, efektywnych i perspektywicznych pod względem wdrożeniowym. Przedstawione kryteria mają charakter wstępny i

stanowią podstawę do przeprowadzenia konsultacji rynkowych, których celem jest doprecyzowanie ich zakresu, jednoznaczności oraz potencjalnych progów punktowych, tak aby ostateczny system oceny był przejrzysty, obiektywny i adekwatny do realiów technologicznych i organizacyjnych uczestników konkursu.

Tabela 2. Wybrane Kryteria obligatoryjne

	Kryteria obligatoryjne	Proponowany sposób oceny
Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR)	System prezentuje treści w immersyjnym środowisku wirtualnym (VR) i / lub rozszerzonej rzeczywistości (AR)	Spełnia / Nie spełnia
	System zawiera silnik symulacji procesów fizykochemicznych, obejmujący bazę właściwości substancji i matrycę reakcji	Spełnia / Nie spełnia
	System zawiera moduł pozwalający na edycję, rozwijanie i tworzenie scenariuszy dydaktycznych	Spełnia / Nie spełnia
	System pozwala na interakcję haptyczną, rejestruje chwyt i precyzję ruchów	Spełnia / Nie spełnia
	Zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa i ochrony danych (w tym RODO)	Spełnia / Nie spełnia

Tabela 3. Wybrane Kryteria konkursowe

	Kryteria konkursowe	Proponowany sposób oceny
Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR)	Średnia liczba klatek na sekundę (FPS) generowana przez system w trakcie pracy wieloosobowej w środowisku VR / AR	Im więcej tym lepiej
	Czas reakcji (input latency) systemu od wykonania ruchu/interakcji przez użytkownika do widocznej reakcji w środowisku VR / AR.	Im krótszy tym lepiej
	Średni czas opóźnienia (network latency) synchronizacji działań pomiędzy użytkownikami w trybie wieloosobowym (16 użytkowników)	Im krótszy tym lepiej
	CAPEX (Capital Expenditure)	Wartość liczbowa [PLN] – im niższy, tym lepiej
	OPEX (Operational Expenditure)	Wartość liczbowa [PLN] – im niższy, tym lepiej

Tabela 4. Wybrane Kryteria jakościowe

	Kryteria jakościowe	Proponowany sposób oceny
Koncepcja	Jakość i spójność koncepcji z rozwiązaniem	<ul style="list-style-type: none"> 0 pkt – koncepcja niespójna lub niekompletna 1-40 pkt – koncepcja częściowo spójna 41-80 pkt – koncepcja spójna i poprawna 81-100pkt – koncepcja w pełni spójna, kompletna i jasno uzasadniona
Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR)	Adekwatność rozwiązania do potrzeb podmiotu publicznego	<ul style="list-style-type: none"> 0 pkt – brak odniesienia do potrzeb 1-40 pkt – częściowe uwzględnienie potrzeb 41-80 pkt – dobre dopasowanie do potrzeb 81-100pkt – bardzo dobre dopasowanie, poparte argumentacją
Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR)	Intuicyjna obsługa platformy	<ul style="list-style-type: none"> 0 pkt – brak odniesienia do użyteczności i sposobu obsługi platformy 1-40 pkt – częściowe uwzględnienie intuicyjności obsługi, opis ogólny lub fragmentaryczny 41-80 pkt – dobra intuicyjność obsługi, logiczny i spójny opis interfejsu oraz sposobu pracy z platformą 81-100 pkt – bardzo wysoka intuicyjność obsługi, poparta jasnym opisem rozwiązań UX/UI, dostosowaniem do ról użytkowników oraz zastosowaniem zasad dostępności cyfrowej
Zaawansowane laboratorium chemiczne w technologii wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości (VR / AR)	Innowacyjność podejścia – oryginalność architektury, nowatorstwo zastosowanych metod analizy	<ul style="list-style-type: none"> 0 pkt – brak innowacyjnego podejścia (brak oryginalności architektury, nowatorsko zastosowanych metod analizy) 1 – 40 pkt - częściowo innowacyjne podejście (częściowa oryginalność architektury, nowatorsko zastosowanych metod analizy) 41 – 80 pkt – wysoka innowacyjność podejścia (wysoka oryginalność architektury, nowatorsko zastosowanych metod analizy)

		<ul style="list-style-type: none">• 81 – 100 pkt – bardzo wysoka innowacyjność podejścia (bardzo wysoka oryginalność architektury, nowatorsko zastosowanych metod analizy)
--	--	--

5. Oczekiwane rezultaty przedsięwzięcia

Efektem końcowym realizacji przedsięwzięcia jest opracowanie, wdrożenie i demonstracja w pełni funkcjonalnego, immersyjnego systemu wirtualnego laboratorium chemicznego VR i / lub AR, obejmującego realistyczne środowisko pracy laboratoryjnej, moduł tworzenia i edycji scenariuszy dydaktycznych, wieloosobowy tryb synchroniczny 15+1 oraz narzędzia monitorowania aktywności i postępów studentów. System będzie zintegrowany z infrastrukturą informatyczną uczelni (USOS, LEON/Moodle), umożliwi prowadzenie zajęć laboratoryjnych w sposób bezpieczny, dostępny i powtarzalny oraz zostanie uruchomiony w postaci demonstratora technologii w salach Instytucji Publicznej. Rezultatem będzie innowacyjne narzędzie dydaktyczne ograniczające koszty, zwiększające bezpieczeństwo i dostępność edukacji oraz wspierające transformację cyfrową kształcenia.