



ŁUKASZ GIEREK

---

WYKORZYSTANIE NOWYCH TECHNOLOGII VR I AR  
W NAUCZANIU PRZEDMIOTÓW  
MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH

Ł U K A S Z   G I E R E K

---

WYKORZYSTANIE NOWYCH TECHNOLOGII VR I AR  
W NAUCZANIU PRZEDMIOTÓW  
MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH

Ośrodek Rozwoju Edukacji  
Warszawa 2026

Konsultacja merytoryczna

**Marzena Murawska**

Wydział Kształcenia Ogólnego i Kompetencji Cyfrowych

Projekt okładki i fotoedycja

**Łukasz Gierek**

Wydział Kształcenia Ogólnego i Kompetencji Cyfrowych

Redakcja i korekta

**Agnieszka Leleniewska**

Wydział Wydawnictw, Upowszechniania Zasobów i Promocji

Layout, redakcja techniczna i skład

**Barbara Jechalska**

Wydział Wydawnictw, Upowszechniania Zasobów i Promocji

Fotografie: © www.freepik.com

© Ośrodek Rozwoju Edukacji

Warszawa 2026

Wydanie I

ISBN 978-83-68584-38-7

Ośrodek Rozwoju Edukacji

Aleje Ujazdowskie 28

00-478 Warszawa

tel. 22 345 37 00

[www.ore.edu.pl](http://www.ore.edu.pl)

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cel publikacji                                                                                                     | 5  |
| Uzasadnienie znaczenia technologii immersyjnych w edukacji                                                         | 6  |
| Zmiany w sposobach percepcji treści u młodych ludzi                                                                | 9  |
| Problem zaangażowania uczniów i nauczycieli                                                                        | 11 |
| Mechanizmy neurokognitywne wspierające immersję w edukacji                                                         | 14 |
| Słownik pojęć: rzeczywistość wirtualna (VR)                                                                        | 17 |
| Słownik pojęć: rzeczywistość rozszerzona (AR)                                                                      | 19 |
| Słownik pojęć: immersja                                                                                            | 21 |
| Wartość dydaktyczna technologii immersyjnych                                                                       | 23 |
| Sprzęt i środowisko techniczne                                                                                     | 25 |
| Krytyczna ocena VR i AR oraz potencjalne trudności w ich wykorzystaniu. Złożoność technologii i dostęp do narzędzi | 27 |
| Podsumowanie                                                                                                       | 30 |
| Bibliografia                                                                                                       | 31 |

# CEL PUBLIKACJI

Niniejszy tekst stanowi opracowanie autorskie przygotowane na podstawie materiałów szkoleniowych, analiz i treści merytorycznych udostępnionych podczas kursu *Wykorzystanie nowych technologii na przykładzie rzeczywistości rozszerzonej AR i wirtualnej VR w nauczaniu przedmiotów matematyczno-przyrodniczych*. Publikacja porządkuje, rozwija i interpretuje przedstawione tam zagadnienia, nadając im formę charakterystyczną dla opracowań edukacyjnych. Treści zostały zaprezentowane w sposób syntetyczny i analityczny, tak aby mogły stanowić samodzielne źródło wiedzy dla nauczycieli i instytucji planujących wdrożenie technologii immersyjnych (czyli takich, które pozwalają na głębokie zanurzenie się w środowisku cyfrowym i odczuwanie go jako rzeczywistego). Tekst nie jest transkrypcją materiałów kursowych, lecz opracowaną, pogłębioną i merytorycznie uporządkowaną wersją przedstawionych koncepcji i przykładów.

Celem publikacji jest zaprezentowanie technologii immersyjnych jako narzędzi, które umożliwiają **przeniesienie procesu uczenia się z poziomu opisów i wyjaśnień na poziom praktycznego doświadczenia**. W edukacji matematyczno-przyrodniczej wiele zjawisk jest niedostępnych bezpośredniej obserwacji. Są zbyt małe, zbyt duże, zbyt odległe lub zbyt szybkie, aby je demonstrować. Rzeczywistość wirtualna (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR) pozwalają wkroczyć w ich przestrzeń, manipulować nimi, obserwować je z bliska i doświadczać ich w sposób, który nie jest możliwy w warunkach szkolnych.

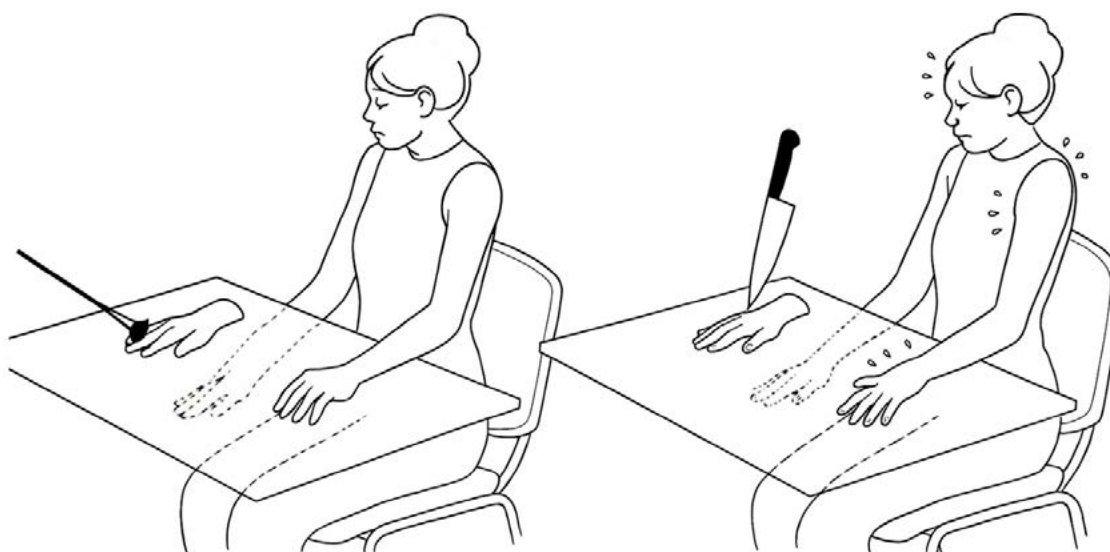
Opracowanie to ma uporządkować wiedzę na temat **wykorzystania technologii immersyjnych w procesie dydaktycznym**, tak aby możliwe było świadome planowanie ich wdrażania. Zadaniem publikacji nie jest dostarczenie scenariuszy lekcji czy szczegółowych instrukcji technicznych, lecz przedstawienie podstawowych mechanizmów działania VR i AR oraz roli, jaką technologie te mogą pełnić w procesach poznawczych, organizacyjnych i dydaktycznych. Główny cel to umożliwienie szkołom i nauczycielom podejmowania decyzji opartych na rzetelnej analizie **wartości, jakie niesie immersja**. Tymi wartościami są:

- poprawa rozumienia zjawisk,
- zwiększenie zaangażowania,
- bezpieczeństwo praktykowania czynności,
- dostęp do środowisk znajdujących się poza fizycznym zasięgiem.

# UZASADNIENIE ZNACZENIA TECHNOLOGII IMMERSYJNYCH W EDUKACJI

Zrozumienie znaczenia technologii immersyjnych w edukacji wymaga przyjrzenia się mechanizmom, które decydują o tym, jak ludzki mózg interpretuje otaczającą go rzeczywistość. Jednym z najbardziej znanych i najlepiej ilustrujących tę zdolność przykładów jest **eksperyment sztucznej ręki**. Pokazuje on, że układ nerwowy człowieka jest w stanie bardzo szybko uznać za realny obiekt, który jedynie wygląda jak część ludzkiego ciała.

W doświadczeniu tym badana osoba siedzi przy stole, a jej rzeczywista prawa ręka zostaje zasłonięta parawanem. W pobliżu ręki badanej osoby umieszcza się **sztuczną gumową rękę**, ułożoną w sposób odpowiadający naturalnej pozycji dłoni. Następnie eksperymentator dostarcza zsynchronizowanych bodźców dotykowych, np. delikatnie muska pędzelkiem lub innym narzędziem zarówno prawdziwą rękę, jak i tę sztuczną. Kluczowe jest to, żeby ruchy były wykonywane równocześnie i pobudzały te same miejsca na obu dłoniach.



Rysunek 1. Eksperyment sztucznej ręki

Źródło: opracowanie własne

Po krótkim czasie, zwykle po kilkudziesięciu sekundach, mózg osoby badanej zaczyna łączyć informacje wzrokowe (widzę dotykanie ręki) i dotykowe (czuję dotyk ręki). Pojawia się następujący efekt: **uczestnik zaczyna doświadczać sztucznej dłoni jako własnej**. W pewnym momencie bodziec dotykowy oddziałujący wyłącznie na gumową dłoń wywołuje u badanej osoby taką reakcję fizjologiczną i emocjonalną, jakby dotyk był odbierany przez

prawdziwe ciało. Gdy eksperymentator nagle wykonuje wobec sztucznej dłoni ruch zagrażający (np. lekkie uderzenie), uczestnik odruchowo reaguje strachem lub cofnięciem ręki, mimo że jego prawdziwa dłoń nie została dotknięta.

To pokazuje, że **mózg nie rozróżnia precyzyjnie obiektu rzeczywistego i obiektu dostarczającego spójnego zestawu bodźców**. Jeżeli widzi sztuczną rękę i odbiera dotyk, to automatycznie uznaje zewnętrzny obiekt za część własnego ciała.

Mechanizm ten jest kluczowy dla zrozumienia, dlaczego środowisko VR działa tak naturalnie. Wystarczy kilka sekund, aby mózg przestawił się ze świata rzeczywistego na wirtualny. W trakcie ćwiczeń immersyjnych mózg momentalnie zaczyna odbierać środowisko wirtualne jako rzeczywiste. Zapomina, że kontroler trzymany w dłoni jest plastikowym uchwytem. Ruchy wykonywane w VR (np. chwyt, obrócenie obiektu, jego przechylenie) są uznawane za czynności realne, a nie symulowane.

To właśnie ta podatność percepcyjna sprawia, że technologie immersyjne mają tak duży potencjał edukacyjny. VR i AR nie są jedynie narzędziami wizualizacji. Pozwalają mózgowi doświadczać, a nie tylko oglądać, co przekłada się na głębsze zrozumienie i trwałe zapamiętywanie treści. Zwłaszcza w obszarach, w których tradycyjne metody nie dają możliwości bezpośredniej obserwacji lub praktycznego działania.

W edukacji matematyczno-przyrodniczej ta właściwość ma fundamentalne znaczenie. Zjawiska trudne do prezentacji, takie jak np. ruchy planet, struktury biologiczne, procesy geologiczne czy złożone modele chemiczne, mogą być nie tylko obrazowane, ale również eksplorowane. W pełnej immersji VR zanika nawet świadomość pomieszczenia, w którym znajduje się użytkownik. Gdy zakłada on gogle, nie widzi rzeczywistego pomieszczenia, tylko środowisko transmitowane przez urządzenie. Czuje się tak, jakby był w tym środowisku.

**Technologie immersyjne wypełniają także lukę pomiędzy nauczaniem teoretycznym a praktycznym.** Przykład teoretycznej lekcji pływania pokazuje, jak bardzo ograniczające jest uczenie się procedury bez możliwości jej wykonania. Uczniowie, którzy tylko obserwują ruchy pływackie i nigdy nie wchodzi do wody, mają problem z utrzymaniem się na powierzchni, nie mówiąc już o pływaniu.

Środowisko VR pozwala przełamać tę barierę: czynności można powtarzać wielokrotnie, w bezpiecznych warunkach, bez ryzyka, że błąd spowoduje straty lub niepowodzenie. To dlatego symulatory immersyjne stosowane są w szkoleniach zawodowych i technicznych. Dzięki nim każda czynność może być powtarzana wielokrotnie, aż do jej pełnego opanowania.

Duże znaczenie immersji wynika również z charakteru współczesnej percepcji. Uczniowie funkcjonują w środowisku intensywnych, szybko zmieniających się bodźców, np. w ciągu jednej minuty filmu mogą pojawić się śmiech, łzy, nostalgia itp. W takich warunkach statyczne elementy edukacji, tekst drukowany, płaska grafika, jednostajny wykład mają ograniczoną

zdolność utrzymania uwagi młodego człowieka. **Środowiska VR i AR angażują cały system sensomotoryczny:** wzrok, ruch, orientację przestrzenną, reakcję emocjonalną. To właśnie ten typ wielozmysłowej aktywności wspiera zrozumienie i zapamiętywanie.

Z tych powodów technologie immersyjne stanowią nie dodatek, lecz istotne uzupełnienie metod dydaktycznych. Pozwalają na działanie, obecność, powtarzalność i emocjonalnie angażujące doświadczenie, czyli elementy kluczowe dla głębokiego uczenia się w obszarze nauk matematyczno-przyrodniczych.

# ZMIANY W SPOSOBACH PERCEPCJI TREŚCI U MŁODYCH LUDZI

Badania neuropsychologiczne ostatnich lat wskazują na znaczące zmiany w poziomie koncentracji i sposobach przetwarzania informacji u młodych ludzi, którzy żyją w otoczeniu cyfrowym. **Nadmierna ekspozycja na urządzenia ekranowe** idzie w parze z trudnościami w utrzymaniu uwagi. Przegląd 33 badań z lat 2013–2023 potwierdził, że zbyt długi czas spędzany przed ekranem przekłada się na problemy z koncentracją (przy czym zależność ta może działać w obie strony).

**Multitasking cyfrowy** (korzystanie z wielu mediów jednocześnie) i **multiscreening** (równoczesne używanie kilku urządzeń) są dodatkowymi obciążeniami poznawczymi. Zaobserwowano, że ponad połowa badanych nastolatków praktykujących multitasking i multiscreening wykazuje **poziom koncentracji poniżej progu efektywnej nauki**. Eksperci z Państwowego Instytutu Badawczego NASK alarmują, że ciągły strumień spersonalizowanych bodźców w mediach cyfrowych prowadzi u młodzieży do przeciążenia poznawczego i **upośledzenia zdolności głębokiego przetwarzania informacji**.

Współczesna młodzież wzrasta w środowisku intensywnej, dynamicznej i nieustannie dostępnej stymulacji cyfrowej. Charakter bodźców, z którymi ma ona kontakt na co dzień, znacząco różni się od form przekazu dominujących jeszcze kilkanaście lat temu. Zmiana ta ma konsekwencje zarówno psychologiczne, jak i pedagogiczne. Wpływa na sposób odbierania informacji, zdolność koncentracji i oczekiwania wobec edukacji.

Tego typu doświadczenia kształtują **wzorce percepcyjne**. Młodzi ludzie coraz częściej oczekują, że treść będzie angażująca, dynamiczna, możliwa do manipulowania i reagująca na ich działania. To wzmacnia u nastolatków preferencję dla przekazów interaktywnych, multimedialnych i przestrzennych, a jednocześnie obniża tolerancję dla form statycznych, tekstu drukowanego, jednorodnego wykładu czy schematycznych ilustracji. Nie chodzi przy tym o brak zdolności poznawczych, lecz o dostosowanie układu nerwowego do środowiska, które kształtuje codzienne nawyki percepcyjne.

Zmienia się również sposób odbierania informacji przestrzennej. Młodzież przyzwyczajona jest do obrazu, który reaguje na ruch urządzenia. Odbiorca cyfrowy nie oczekuje już jedynie prezentacji treści. Liczy na jej **fizyczną responsywność** (zaangażowanie technologii w proces poznawczy). Jest to fundamentalna różnica w stosunku do percepcji sprzed epoki smartfonów i urządzeń mobilnych.

Zachodzi także **zmiana w sferze emocjonalnej**. Częste obcowanie z intensywnymi bodźcami sprawia, że mózg przyzwyczaja się do silnych reakcji i zaczyna ich poszukiwać. W edukacji, która tradycyjnie opiera się na formach statycznych i przewidywalnych, może to prowadzić do spadku zaangażowania. Nie dzieje się tak dlatego, że uczniowie nie chcą się uczyć, lecz dlatego, że ich system nerwowy działa inaczej. Oczekuje odpowiedniego poziomu stymulacji, który jest zbliżony do tego dostarczanego przez środowisko cyfrowe.

W rezultacie zmienia się również **sposób zapamiętywania**. Informacje przetwarzane w ruchu, w interakcji lub w formie doświadczenia angażują więcej kanałów sensorycznych i są rejestrowane przez mózg trwalej. Dlatego naturalną konsekwencją zmian percepcyjnych jest wzrost skuteczności metod, które oferują wielozmysłowy kontakt z materiałem, obserwację, manipulację, orientację przestrzenną, ruch i działanie.

Te zmiany nie oznaczają, że tradycyjne metody przestają być potrzebne. Pokazują jednak, że aby utrzymać uwagę młodych ludzi i efektywność ich uczenia się, edukacja musi uwzględniać warunki, w których rozwijają się współcześni uczniowie. Środowisko cyfrowe ukształtowało nowy sposób odbierania świata – szybszy, bardziej interaktywny, bardziej przestrzenny. Nie można ignorować faktu, że wpływa on również na sposób przyswajania wiedzy szkolnej.

# PROBLEM ZAANGAŻOWANIA UCZNIÓW I NAUCZYCIELI

Współczesna szkoła mierzy się ze **spadkiem zaangażowania** zarówno po stronie uczniów, jak i nauczycieli. Zjawisko to nie wynika z jednej przyczyny, lecz z nakładających się na siebie zmian społecznych, technologicznych i organizacyjnych. Środowisko, w którym uczniowie funkcjonują poza szkołą, jest intensywne, dynamiczne i opiera się na natychmiastowej reakcji treści na zachowanie użytkowników. Mózg młodych ludzi przyzwyczaja się do zmienności, krótkich form i natychmiastowej gratyfikacji. W porównaniu z tym tradycyjna lekcja, oparta na statycznym przekazie, traci zdolność utrzymywania uwagi. Dzieje się tak dlatego, że nie dostarcza ona odpowiedniego poziomu stymulacji ani nie oferuje interakcji, której oczekują współcześni odbiorcy.

Uczniowie coraz częściej reagują na treści edukacyjne tak jak na treści nieinteraktywne: poczuciem dystansu, obojętnością lub szybkim zmęczeniem poznawczym. Odbiorcy wychowani w kulturze multimedialnej oczekują, że przedstawiany materiał będzie można eksplorować, przekształcać, oglądać z różnych perspektyw. Brak możliwości działania, dotknięcia, obrócenia, sprawdzenia konsekwencji sprawia, że wiele treści matematyczno-przyrodniczych staje się dla uczniów abstrakcyjnych. Nie dlatego, że są zbyt trudne, ale dlatego, że wymagają innych form poznawczych niż te proponowane przez tradycyjny format lekcji.



Źródło: <https://www.freepik.com>

W polskim systemie oświaty pracuje 707,6 tys. nauczycieli. Zdecydowana większość z nich (84 procent wszystkich polskich nauczycieli) to kobiety. Średnia wieku polskiej nauczycielki to prawie 46 lat – wynika z danych udostępnionych Polskiej Agencji Prasowej przez Ministerstwo Edukacji Narodowej.

**Po stronie nauczycieli również widoczny jest spadek zaangażowania.** Rosnące obciążenie obowiązkami administracyjnymi, presja wyników, brak czasu na rozwój i szybkie tempo zmian technologicznych tworzą środowisko, w którym trudno o otwartość na nowe metody. Część nauczycieli, zwłaszcza tych z dużym doświadczeniem zawodowym, pracuje w modelu, w którym technologie cyfrowe nie są naturalnym elementem codziennej praktyki. W efekcie pojawia się niepewność i obawa przed utratą kontroli nad przebiegiem lekcji. To obniża gotowość do eksperymentowania, a tym samym ogranicza możliwości poszukiwania bardziej angażujących form pracy z uczniami.

**Zaangażowanie uczniów i nauczycieli pozostaje ze sobą w ścisłej zależności.** Jeżeli nauczyciel nie czuje satysfakcji z pracy, uczniowie natychmiast to odzwierciedlają spadkiem motywacji. Jeżeli uczniowie nie są zainteresowani lekcją, nauczyciel odczuwa frustrację i zniechęcenie. Powstaje obieg zamknięty, w którym żadna ze stron nie otrzymuje impulsu do aktywności. W tym kontekście szczególnie trafne staje się stwierdzenie, że niezaangażowany nauczyciel to niezaangażowani uczniowie. Równie zasadne jest odwrócenie tej zależności: brak reakcji uczniów odbiera energię osobie prowadzącej zajęcia.

**Technologie immersyjne** odpowiadają na ten problem w sposób naturalny, ponieważ uruchamiają mechanizmy, które są zgodne z percepcją współczesnych uczniów. Młodzi ludzie nie tylko widzą treść, ale poprzez skierowanie telefonu w górę i w dół mogą jednocześnie obserwować skutki tego ruchu w sposób bezpośredni. Powstaje efekt jak przy użyciu zaczarowanego lustra, które pokazuje świat po swojej drugiej stronie. W VR użytkownicy wykonują czynności, które mózg rejestruje jako realne, a nie abstrakcyjne. Otoczenie reaguje na ich decyzje, a lekcja zamienia się w doświadczenie. Taki rodzaj aktywności przywraca naturalne zaangażowanie bez konieczności stosowania sztucznych metod aktywizujących.

Jednocześnie nauczyciel zyskuje narzędzie, które samodzielnie podnosi poziom skupienia uczniów. Nie musi on walczyć o ich uwagę, ponieważ środowisko immersyjne samo ją wymusza. Znika również bariera trudności. Osoby, które wcześniej obawiały się technologii, przekonują się, że rozwiązania immersyjne są intuicyjne. Ich efektywność wynika z działania mózgu, a nie z umiejętności technicznych. Przykładem może być sytuacja, w której osoba w podeszłym wieku oglądająca starożytny Rzym dzięki goglom VR reaguje entuzjastycznie po ich zdjęciu i pyta: „Gdzie jedziemy następnym razem?”. Pokazuje to, że immersja jest zjawiskiem uniwersalnym i nie ogranicza jej wiek odbiorcy.

**Problem zaangażowania nie zniknie samoczynnie.** Edukacja wymaga narzędzi, które realnie odpowiadają na sposób funkcjonowania współczesnych uczniów i jednocześnie

wspierają nauczycieli w tworzeniu środowiska sprzyjającego uczeniu się. Stosowanie technologii immersyjnych to jedno z rozwiązań, które pozwalają przezwyciężyć stagnację i odzyskać naturalną dynamikę relacji między uczącym a uczniem.

# MECHANIZMY NEUROKOGNITYWNE WSPIERAJĄCE IMMERSJĘ W EDUKACJI

Kluczowe dla zrozumienia skuteczności technologii immersyjnych jest to, jak ludzki mózg przetwarza informacje sensoryczne i jak szybko potrafi adaptować się do nowych warunków percepcyjnych. Układ nerwowy łączy bodźce wzrokowe, dotykowe i proprioceptywne w spójną reprezentację rzeczywistości. Ta zdolność do integracji jest na tyle elastyczna, że środowisko wirtualne może zostać przyjęte jako realne już po kilku sekundach. To właśnie ta **neurokognitywna plastyczność** sprawia, że przestrzeń VR zaczyna być traktowana nie jako symulacja, lecz jako miejsce, w którym wykonuje się działania i podejmuje decyzje.



Źródło: <https://www.freepik.com>

Adaptacja do świata immersyjnego następuje natychmiast po założeniu gogli. Widziana przez nie przestrzeń reaguje na najdrobniejszy ruch głowy, a układ wzrokowy dostarcza informacji zgodnych z tym, co odbierają zmysły równowagi i orientacji. Mózg, który otrzymuje

spójny zestaw bodźców, przestaje rozróżniać, czym jest obserwowany kształt: obiektem fizycznym czy projekcją. To dlatego użytkownicy VR odruchowo omijają wirtualną przeszkodę, a kontroler trzymany w dłoni przestaje być plastikowym uchwytem i zaczyna pełnić funkcję narzędzia, klucza, chwytника, dźwigni czy elementu wyposażenia.

Mechanizm ten jest zgodny z reakcjami mózgu na sztuczne bodźce sensoryczne. Omawiany wcześniej eksperyment sztucznej ręki pokazuje, że gdy sekwencje dotykowe i wzrokowe są zgodne, układ nerwowy zaczyna traktować obiekt pozbawiony życia jak część ciała. Nie dzieje się to wskutek świadomego przekonania, lecz automatycznej integracji bodźców. Ten sam proces odpowiada za poczucie obecności w świecie wirtualnym – reakcje obronne na zagrożenie w VR, instynktowne cofanie ręki, napięcie mięśni czy przyspieszenie akcji serca wynikają z tego, że percepcja nie rozróżnia obiektu prawdziwego i wirtualnego, o ile zachowana jest zgodność sensoryczna.

**Podatność percepcji na iluzję ruchu i przestrzeni** wzmacnia fakt, że VR kieruje uwagę odbiorców nie tylko poprzez obraz, ale i przez reakcje wirtualnego środowiska na najmniejszy gest. Mózg interpretuje zmianę perspektywy jako znak obecności – jeżeli spojrzenie w stronę podłoża odsłania powierzchnię terenu, a odwrócenie głowy pokazuje widok za plecami, to układ nerwowy traktuje cyfrową przestrzeń tak samo jak otoczenie fizyczne. To sprawia, że doświadczenie wirtualne nie jest pasywną obserwacją, lecz aktywną eksploracją, która uruchamia mechanizmy odpowiedzialne za uczenie się poprzez działanie.

Znaczny udział mają tu również **emocje, które pełnią funkcję wzmacniacza procesów pamięciowych**. Bodźce emocjonalne (np. zaskoczenie, zaciekawienie, zachwyt, a czasem lekki lęk) powodują tworzenie bardziej trwałych śladów pamięciowych. Emocja nie musi być silna – wystarczy zmiana, która pobudza układ limbiczny i zwiększa uwagę. W środowisku immersyjnym takie mikro zmiany pojawiają się naturalnie, np. dźwięk dochodzący zza pleców, zmiana perspektywy, ruch w polu widzenia, obrót obiektu w dłoni. Wszystko to sprawia, że odbiorcy nie tylko słyszą lub widzą treść, ale także jej doświadczają, a właśnie doświadczenie jest jednym z najsilniejszych czynników sprzyjających zapamiętywaniu.

**Ruch stanowi kolejny kluczowy element.** Mózg, korzystając z pamięci proceduralnej, zapamiętuje czynności wykonywane w przestrzeni jako wzorce działania. Dlatego ruchy wykonane w VR, nawet jeśli mają charakter symulacji, są rejestrowane w sposób bardziej zbliżony do pracy w środowisku fizycznym niż do tradycyjnych ćwiczeń obserwacyjnych. Obracanie obiektu, przesuwanie go, manipulacja dźwigniami, zmiana pozycji ciała itp. budują doświadczenie, które może być powtarzane i doskonalone bez ryzyka i ograniczeń organizacyjnych.

Praktyka ta ma szczególne znaczenie tam, gdzie tradycyjne warunki nauki nie sprzyjają eksperymentowaniu. Metafora lekcji pływania, w której uczniowie oglądają demonstrację nauczyciela, ale nigdy nie wchodzi do wody, dobrze oddaje różnicę między teorią a działaniem. Dopiero możliwość wykonania czynności, popełnienia błędu i zrobienia korekty pozwala na rzeczywiste przyswojenie umiejętności. VR daje szansę na wielokrotne powtarzanie działań

w bezpiecznym środowisku, w którym błąd nie powoduje konsekwencji, a powtarzalność prowadzi do automatyzacji.

Wszystkie te elementy (emocje, ruch, praktyka, zgodność sensoryczna) sprawiają, że technologie immersyjne wspierają uczenie się w sposób spójny z naturalnymi mechanizmami neurokognitywnymi. Dzięki temu VR i AR nie są jedynie narzędziami wizualizacji, lecz formą nauki, w której mózg staje się uczestnikiem, a nie obserwatorem.

# SŁOWNIK POJĘĆ: RZECZYWISTOŚĆ WIRTUALNA (VR)

Rzeczywistość wirtualna to **technologia pozwalająca użytkownikom wejść do cyfrowo wygenerowanego środowiska**, które reaguje na ich ruchy w czasie rzeczywistym. Po założeniu gogli obraz świata fizycznego zostaje zastąpiony trójwymiarową przestrzenią, w której można się poruszać, manipulować obiektami i obserwować ich zachowanie. Dzięki precyzyjnym czujnikom i kontrolerom ruch odwzorowywany jest bez opóźnień, a mózg zaczyna traktować wirtualne działania jak czynności wykonywane naprawdę.



Źródło: <https://www.freepik.com>

Pełna immersja odciąga użytkowników od otoczenia, co wzmacnia u nich poczucie obecności w nowym środowisku. Sala lekcyjna znika, a na jej miejscu pojawia się powierzchnia Marsa, dno oceanu, wewnątrz laboratorium itp. Uczniowie reagują na tę przestrzeń odruchowo (np. cofają się przed wirtualną przeszkodą lub pochylają, by zajrzeć pod obiekt), ponieważ ich układ nerwowy interpretuje spójne bodźce jako elementy realnej sytuacji.

**VR ma szczególne znaczenie w nauczaniu przedmiotów matematyczno-przyrodniczych**, gdzie wiele zjawisk jest trudno dostępnych lub abstrakcyjnych. Technologia pozwala nie tylko

je widzieć, ale także wnikać w nie, zmieniać perspektywę, manipulować zmiennymi i obserwować konsekwencje. W ten sposób uczniowie poznają strukturę zjawisk poprzez działanie, a nie jedynie poprzez opis.

Atutem VR jest **możliwość wielokrotnego powtarzania czynności** bez ryzyka i bez konieczności używania kosztownego sprzętu. Błąd można natychmiast cofnąć, a procedurę rozpocząć od nowa. To czyni technologię idealnym narzędziem do treningów technicznych i symulacji. Te same mechanizmy można skutecznie wykorzystać w edukacji szkolnej, aby umożliwić uczniom dostęp do środowisk i procesów normalnie nieosiągalnych.

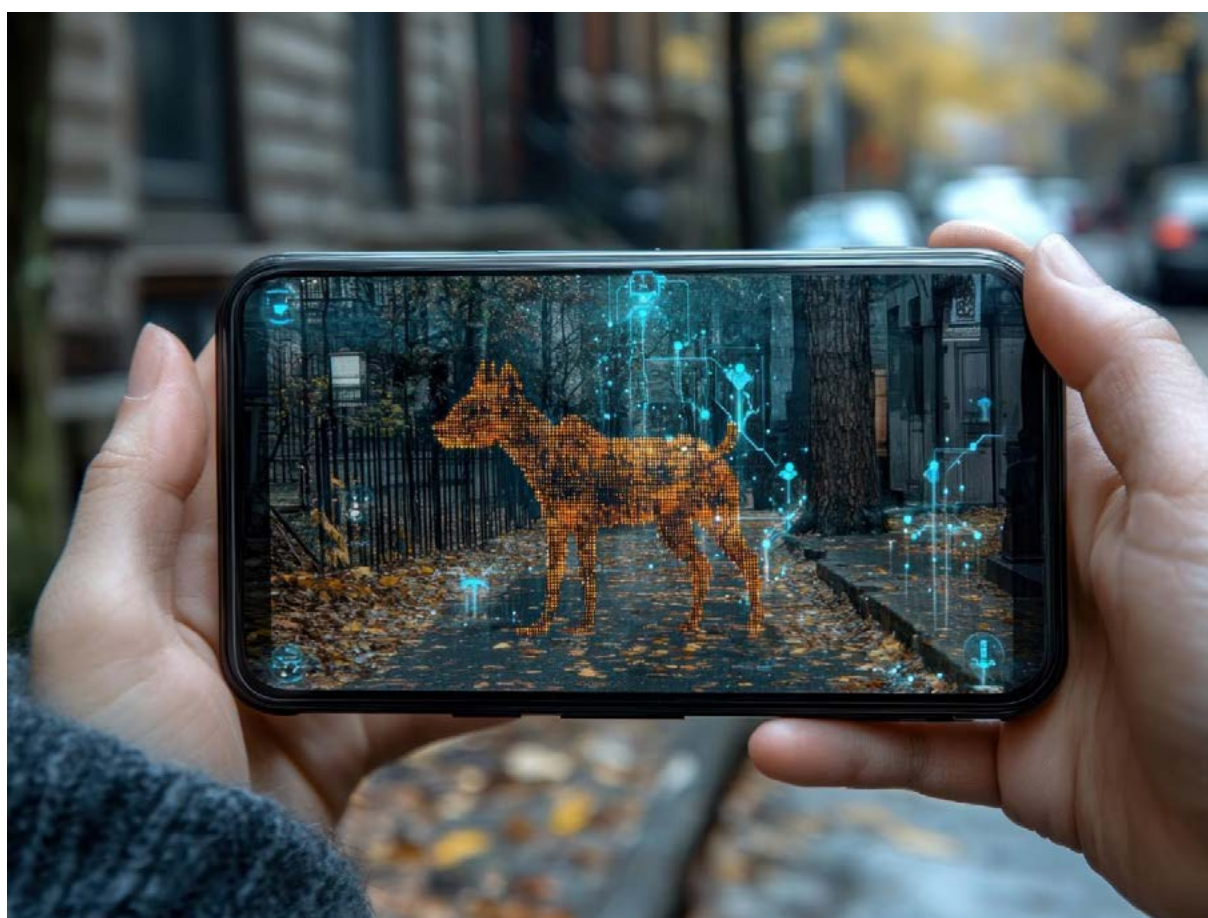
Współczesna rzeczywistość wirtualna jest dojrzałą, stabilną technologią, a jej siła wynika z naturalnych mechanizmów percepcyjnych mózgu, które pozwalają traktować spójne środowisko wirtualne jak realne doświadczenie. Dzięki temu VR staje się jednym z najbardziej obiecujących narzędzi wspierających rozumienie złożonych zjawisk, rozwijanie umiejętności praktycznych i budowanie głębokiego zaangażowania uczniów.

# SŁOWNIK POJĘĆ: RZECZYWISTOŚĆ ROZSZERZONA (AR)

Rzeczywistość rozszerzona to **technologia, która nakłada cyfrowe elementy na obraz świata widziany przez kamerę smartfona lub tabletu**. Użytkownicy pozostają w swoim otoczeniu, a urządzenie wzbogaca je o trójwymiarowe modele, opisy, animacje lub dane pomiarowe. Dzięki temu treści abstrakcyjne mogą być oglądane tak, jakby znajdowały się bezpośrednio w przestrzeni klasy czy w terenie.

AR umożliwia obserwację zjawisk w naturalnym kontekście. Uczniowie mogą oglądać cyfrowe modele roślin, gwiazdozbiorów, cząsteczek czy struktur geologicznych i jednocześnie je obracać, przybliżać i analizować z każdej strony. Nie wymaga to żadnej specjalistycznej pracowni ani skomplikowanego sprzętu – wystarczy telefon/tablet i odpowiednia aplikacja.

Technologia pozwala też wykorzystywać czujniki urządzenia do **przewodzenia prostych pomiarów i eksperymentów** z użyciem światła, dźwięku czy przyspieszenia.



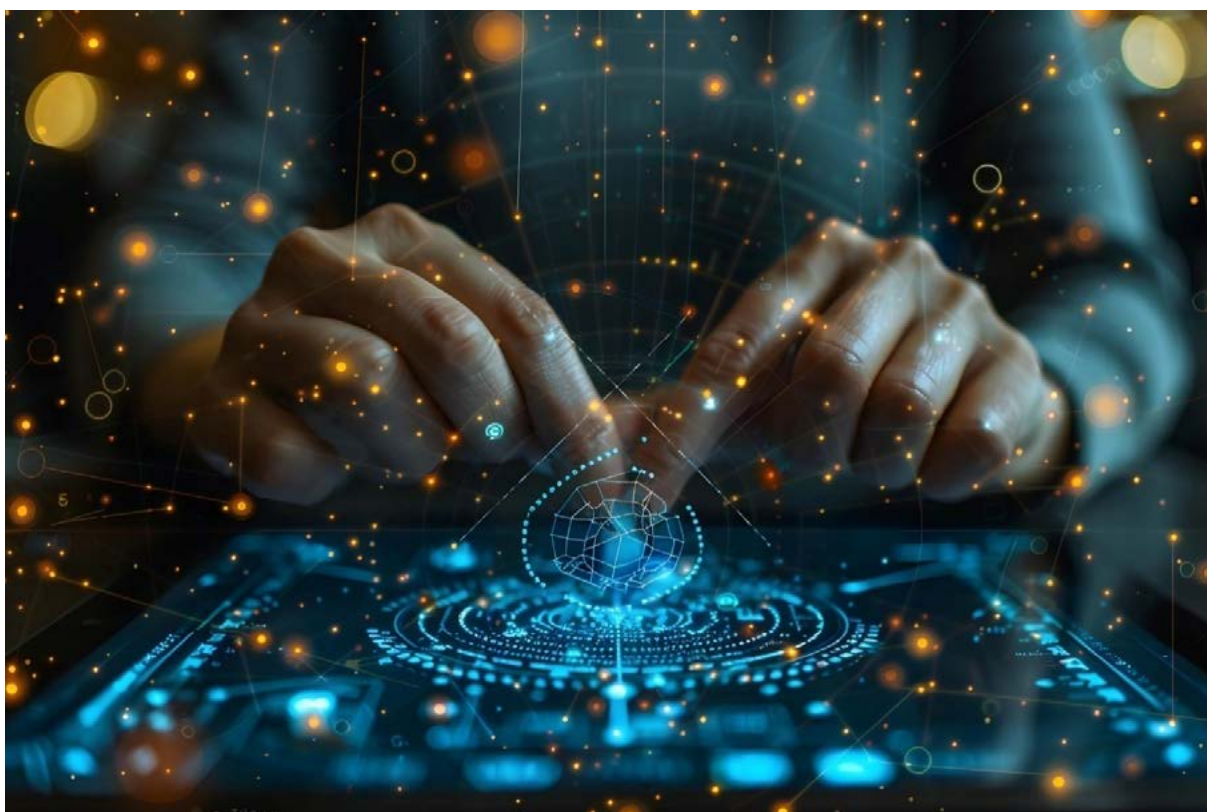
AR, w przeciwieństwie do VR, **nie odcina użytkowników od otoczenia**, co sprzyja pracy zespołowej, dyskusjom i zajęciom prowadzonym w ruchu. Uczniowie mogą wspólnie analizować ten sam model, komentować obserwacje i badać otoczenie w czasie rzeczywistym, a tym samym traktować przestrzeń szkolną jak laboratorium. Technologia dobrze wpisuje się w naturalne nawyki percepcyjne młodzieży, która przywykła do treści dynamicznych, wizualnych i interaktywnych.

Rzeczywistość rozszerzona stanowi zatem technologię, która **łączy świat fizyczny z cyfrowym**, a tym samym czyni naukę bardziej angażującą i bliższą doświadczeniu. Siła AR polega na dostępności, prostocie wdrożenia i możliwości natychmiastowego wzbogacenia rzeczywistości o to, czego nie da się zobaczyć gołym okiem.

# SŁOWNIK POJĘĆ: IMMERSJA

Immersja to **stan głębokiego zanurzenia w środowisku cyfrowym, w którym użytkownicy zaczynają odbierać prezentowaną przestrzeń tak, jakby była rzeczywista**. Powstaje wtedy, gdy bodźce wzrokowe, słuchowe i ruchowe tworzą spójną całość, a reakcje środowiska są natychmiastowe i przewidywalne. Mózg reaguje w taki sposób, że użytkownicy przestają być obserwatorami, a stają się uczestnikami wydarzeń.

Mechanizm immersji opiera się na naturalnej zdolności mózgu do łączenia bodźców w jednolitą reprezentację świata. Zjawisko to było widoczne w omawianym wcześniej eksperymencie sztucznej ręki, w którym zgodność wzroku i dotyku prowadziła do uznania zewnętrznego obiektu za część ciała. W środowisku wirtualnym działa ta sama zasada: gdy obraz reaguje na ruch głowy, a przestrzeń zachowuje się zgodnie z oczekiwaniami, mózg traktuje to środowisko jako realne.



Źródło: <https://www.freepik.com>

Immersja wzmacnia proces uczenia się, ponieważ **przenosi uwagę użytkowników z poziomu obserwacji na poziom działania**. Uczniowie manipulują obiektami, zmieniają perspektywę, reagują na sytuacje i odczuwają konsekwencje swoich decyzji. Takie doświadczenia angażują emocje, a te z kolei wzmacniają zapamiętywanie. Ruch dodatkowo aktywuje pamięć proceduralną, dzięki czemu nauka staje się bliższa praktyce niż teorii.

Istotnym elementem immersji jest **możliwość powtarzania czynności bez ryzyka**. W wirtualnym środowisku błędy nie mają konsekwencji. Można eksperymentować, próbować, analizować i poprawiać działania tak długo, jak jest to potrzebne. Ta swoboda umożliwia osiągnięcie poziomu zrozumienia, który w tradycyjnych warunkach jest trudny do uzyskania.

Immersja nie jest efektem wizualnym, lecz procesem poznawczym, który uruchamia naturalne mechanizmy działania, emocji i uczenia się. Dlatego VR i AR mają potencjał, by stać się jednymi z najskuteczniejszych narzędzi wspierających głębokie rozumienie treści i trwałe zaangażowanie uczniów.

# WARTOŚĆ DYDAKTYCZNA TECHNOLOGII IMMERSYJNYCH

Wartość technologii immersyjnych dla edukacji matematyczno-przyrodniczej wynika nie z samej innowacyjności narzędzi, lecz z ich zdolności do usuwania ograniczeń typowych dla nauczania w środowisku szkolnym. Tradycyjne lekcje często opierają się na dużym poziomie abstrakcji, skrótu i uproszczenia, podczas gdy wiele zjawisk przyrodniczych istnieje w skalach niedostępnych dla ludzkiej percepcji: są zbyt małe, zbyt duże, zbyt odległe lub zbyt szybkie, aby je można było bezpośrednio zobaczyć. Właśnie w tych przypadkach technologie immersyjne otwierają przestrzeń, która dotąd była niedostępna.

Ich podstawową zaletą jest **możliwość przeniesienia uczniów do środowiska, które normalnie nie może zostać odwzorowane w klasie**. Rzeczywistość wirtualna pozwala zajrzeć np. do wnętrza atomu, komórki, wulkanu czy ekosystemu, a rzeczywistość rozszerzona umożliwia zobaczenie tych modeli w realnej przestrzeni, gdzie da się je obejść, obrócić i przeanalizować z każdej strony. Matematyka i przyroda przestają być zestawem definicji i ilustracji, a stają się doświadczeniem, w którym uczniowie fizycznie eksplorują strukturę zjawiska. Zmienia to sposób myślenia o treściach trudnych, wymagających i abstrakcyjnych.

Tym, co najmocniej wpływa na efektywność nauczania, jest zdolność technologii immersyjnych do **wizualizowania procesów, których nie da się pokazać w formie statycznej**. W chemii można np. obserwować reakcje na poziomie cząsteczkowym i śledzić zmiany strukturalne, w biologii przyglądać się wędrówce substancji w organizmie lub rozwojowi procesów ekologicznych, a w fizyce badać zależności pomiędzy siłą, przyspieszeniem i ruchem w środowisku. Matematyka, często postrzegana jako odległa od rzeczywistości, zyskuje wymiar przestrzenny. Bryły można obracać w dłoniach, funkcje daje się analizować jako obiekty trójwymiarowe, a zależności geometryczne stają się ruchome, dynamiczne i intuicyjnie zrozumiałe.

Technologie immersyjne przynoszą również **zmianę jakości samego procesu dydaktycznego**. Uczniowie stają się uczestnikami, a nie biernymi odbiorcami. Interakcja z treścią wywołuje w nich emocje, angażuje ich uwagę i pobudza ciekawość. To doświadczenie jest dużo silniejsze niż obserwacja ilustracji czy słuchanie wykładu, bo działanie w środowisku immersyjnym uruchamia pamięć proceduralną i sensoryczną. Reakcje zachodzące w mózgu są zbliżone do tych, które towarzyszą aktywności w świecie fizycznym, co zwiększa trwałość zapamiętywania i głębokość rozumienia.

Technologie te mają jednak **ograniczenia**, które należy brać pod uwagę. VR wymaga odpowiedniej przestrzeni, dbałości o bezpieczeństwo fizyczne i świadomego zarządzania czasem

pracy, aby uniknąć zmęczenia oczu czy dezorientacji. AR, choć jest bardziej dostępna, zależy od jakości urządzenia mobilnego i warunków oświetleniowych.

W obu przypadkach kluczowe jest to, aby technologia nie zastępowała treści, lecz ją wzmacniała. Narzędzie ma służyć zrozumieniu, a nie być celem samym w sobie. Wprowadzenie VR i AR wymaga też przygotowania nauczycieli, którzy będą potrafili odpowiednio dobrać materiał do celu lekcji i osadzić doświadczenie immersyjne w procesie dydaktycznym.

Mimo tych ograniczeń **technologie immersyjne mają unikalną zdolność modyfikowania procesu nauczania**. W fizyce pozwalają na eksperymenty niemożliwe do wykonania w rzeczywistości ze względu na koszty lub bezpieczeństwo. W geografii umożliwiają podróże terenowe bez opuszczania klasy i obserwację procesów, które trwają setki lat. W biologii pozwalają bez skomplikowanego sprzętu oglądać anatomiczne układy i mikroskopijne struktury w skali makro. W matematyce oferują doświadczenia, które budują intuicję przestrzenną i pozwalają przejść od symbolu do konkretnego.

Wartość dydaktyczna technologii immersyjnych polega na tym, że łączą one abstrakcję z doświadczeniem, czynią treść dostępną, zrozumiałą i osadzoną w działaniu. Dzięki temu lekcje matematyczno-przyrodnicze mogą stać się przestrzenią, w której uczniowie nie tylko zdobywają wiedzę, lecz także ją konstruują, testują i obserwują w formie dostosowanej do ich naturalnych możliwości percepcyjnych i poznawczych.

# SPRZĘT I ŚRODOWISKO TECHNICZNE

Nowoczesne zestawy VR działają jako samodzielne urządzenia wyposażone w czujniki śledzące położenie oraz w kontrolery reagujące na ruch dłoni. Ich obsługa jest intuicyjna, jednak wymagają regularnego ładowania i dbałości o stan techniczny. W szkołach niezbędne jest **wypracowanie procedury zarządzania sprzętem**: przechowywania gogli w zabezpieczonym miejscu, kontroli baterii, czyszczenia powierzchni dotykowych i dezynfekcji elementów, które pozostają w kontakcie z twarzą użytkowników. Tylko taka organizacja pozwala na wielokrotne używanie urządzeń w ciągu dnia i szybkie przekazywanie ich pomiędzy grupami.

Z kolei rzeczywistość rozszerzona opiera się głównie na urządzeniach, które uczniowie już posiadają, czyli telefonach i tabletach. Jej wdrożenie jest prostsze, lecz również wymaga przygotowania. Aplikacje AR potrzebują **odpowiedniego oświetlenia, stabilnego obrazu z kamery i przestrzeni**, w której cyfrowe modele mogą zostać poprawnie osadzone. W praktyce oznacza to, że lekcje z AR najlepiej prowadzić w pomieszczeniach z równym oświetleniem lub w terenie, gdzie przestrzeń jest otwarta i pozwala na swobodne skanowanie otoczenia. Jakość urządzenia wpływa na płynność działania aplikacji, dlatego szkoła powinna rozważyć posiadanie kilku tabletów referencyjnych, aby zapewnić równy dostęp do technologii, niezależnie od prywatnego wyposażenia uczniów.

Ważnym elementem środowiska technicznego jest również łączność. Większość aplikacji immersyjnych wymaga stabilnego dostępu do internetu, zarówno podczas pobierania materiałów, jak i w czasie korzystania z treści online. Szkolna sieć powinna być przygotowana na jednoczesne podłączenie wielu urządzeń. Najlepiej, aby sale przeznaczone do pracy z VR i AR miały dedykowane punkty dostępu, które minimalizują ryzyko przerywania pracy. Brak stabilnego połączenia w trakcie lekcji nie tylko dezorganizuje zajęcia, ale także osłabia wrażenie immersji, które jest kluczowe dla skutecznego uczenia się.

Środowisko techniczne obejmuje również **kwestie bezpieczeństwa cyfrowego i higieny pracy**. W przypadku VR należy kontrolować czas przebywania w goglach i reagować na sygnały zmęczenia lub dezorientacji. W przypadku AR kluczowe jest zarządzanie dostępem do aplikacji, tak aby uczniowie korzystali wyłącznie z narzędzi przewidzianych w ramach zajęć. Dobrze zaprojektowane środowisko technologiczne wzmacnia proces dydaktyczny, natomiast źle przygotowane potrafi skutecznie odebrać wartość nawet najlepszym narzędziom immersyjnym.

**Dobór sprzętu powinien wynikać z celów**, a nie odwrotnie. Proste gogle VR z obsługą filmów 360° sprawdzą się na lekcjach, które polegają na obserwacji miejsc niedostępnych. Zaś zaawansowane zestawy z kontrolerami są niezbędne tam, gdzie uczniowie mają

wykonywać czynności: manipulować obiektami, realizować symulacje czy analizować procesy w przestrzeni. W przypadku AR wybór aplikacji i urządzeń powinien odpowiadać przedmiotowi – inne rozwiązania są potrzebne w astronomii, inne w biologii, a jeszcze inne w matematyce przestrzennej.

Sprzęt i środowisko techniczne nie są dodatkiem do technologii immersyjnych, ale stanowią fundament ich skuteczności. Tylko odpowiednio przygotowana przestrzeń, przemyślane zarządzanie urządzeniami i zapewnienie odpowiednich warunków technicznych pozwalają w pełni wykorzystać potencjał VR i AR. Właściwie skonfigurowane środowisko sprawia, że technologia staje się naturalnym elementem lekcji matematyczno-przyrodniczej, a nie trudnym w obsłudze eksperymentem, który zniechęca, zamiast wspierać.

# KRYTYCZNA OCENA VR I AR ORAZ POTENCJALNE TRUDNOŚCI W ICH WYKORZYSTANIU. ZŁOŻONOŚĆ TECHNOLOGII I DOSTĘP DO NARZĘDZI

Koszty zakupu i utrzymania sprzętu stanowią jedną z głównych barier utrudniających wdrażanie technologii immersyjnych w szkołach. Aby móc w pełni korzystać z potencjału VR, konieczne jest **wyposażenie placówki w odpowiednie urządzenia i oprogramowanie**, co wiąże się z wysokimi nakładami finansowymi. Podstawą są gogle VR, których popularne zestawy (takie jak np. Meta Quest 3) kosztują około 3 tys. złotych za sztukę. W przypadku rozwiązań korzystających z bardziej zaawansowanych aplikacji konieczne jest również posiadanie komputerów o wysokiej wydajności. Jedne stanowisko spełniające wymagania nowoczesnych aplikacji VR to wydatek rzędu 5–8 tys. złotych.

Do tego dochodzą **koszty licencji na oprogramowanie edukacyjne**. Wiele aplikacji VR i AR udostępnianych jest w modelu subskrypcyjnym, co oznacza opłaty wynoszące od kilkuset do nawet 2 tys. złotych rocznie za jednego użytkownika.

Ważnym elementem są również **szkolenia dla nauczycieli**. Obsługa gogli i aplikacji, a także właściwe ich wykorzystanie w dydaktyce, wymagają odpowiedniego przygotowania. Kursy i warsztaty dla kadry pedagogicznej to kolejne tysiące złotych, które należy uwzględnić w budżecie.

W praktyce oznacza to, że przygotowanie jednej pracowni rzeczywistości wirtualnej, która będzie składała się z około 25 stanowisk, może kosztować od 200 do 300 tys. złotych. Dla wielu szkół jest to wydatek przekraczający możliwości finansowe, zwłaszcza jeśli nie mają dostępu do zewnętrznych źródeł finansowania. Koszty stanowią więc realną barierę we wdrażaniu VR na powszechną skalę, mimo rosnącej dostępności technologii i jej roli w nowoczesnej edukacji.

Pojawienie się nowych technologii w szkole rodzi pytanie o **gotowość nauczycieli** do ich stosowania. Nawet jeśli placówka dysponuje odpowiednim sprzętem, nie oznacza to automatycznie, że zostanie on wykorzystany w sposób świadomy i metodyczny. Wiele nauczycieli nie czuje się pewnie w pracy z nowoczesnymi rozwiązaniami, zwłaszcza że obsługa technologii VR i AR wymaga przynajmniej podstawowej znajomości oprogramowania oraz umiejętności płynnego włączania go w proces dydaktyczny. Wprowadzenie narzędzi immersyjnych

wiąże się więc z koniecznością dodatkowych szkoleń, podczas których nauczyciele uczą się obsługi aplikacji, projektowania i adaptowania materiałów edukacyjnych oraz zapewniania uczniom bezpieczeństwa podczas korzystania z gogli i urządzeń mobilnych.

Bez takiego przygotowania nawet najbardziej zaawansowany sprzęt pozostaje jedynie kosztownym wyposażeniem, które nie znajduje praktycznego zastosowania. Technologia immersyjna przynosi realne korzyści tylko wtedy, gdy nauczyciele potrafią łączyć jej możliwości z celami lekcji, zarządzać przebiegiem zajęć i umiejętnie wprowadzać uczniów w nowy sposób pracy. Dlatego kompetencje cyfrowe i gotowość kadry pedagogicznej stają się równie ważne, jak sam sprzęt. Bez nich VR i AR pozostają niewykorzystanym potencjałem.

Wprowadzenie VR i AR do szkoły wymaga nie tylko odpowiedniego sprzętu, lecz także **właściwie przygotowanej przestrzeni**. Nie każda sala lekcyjna nadaje się do pracy z technologiami immersyjnymi, bo w przeciwieństwie do tradycyjnych metod nauczania wymagają one określonych warunków technicznych i organizacyjnych. Rzeczywistość wirtualna zakłada, że uczniowie będą się poruszać, wykonywać gesty i reagować na obiekty, które istnieją jedynie w projekcji. Zbyt mała lub zagracona sala uniemożliwia swobodne działanie czy wręcz stwarza ryzyko kontuzji. Równie istotne jest oświetlenie, zwłaszcza w przypadku rzeczywistości rozszerzonej, która musi poprawnie skanować otoczenie, aby osadzać w nim modele cyfrowe. Nieodpowiednie warunki świetlne mogą zaburzyć działanie aplikacji, powodując frustrację uczniów i dezorganizację zajęć.

Kluczową rolę odgrywa także **stabilny dostęp do internetu**. Wiele aplikacji VR i AR korzysta z zasobów online, wymaga pobierania danych lub synchronizacji urządzeń. Jeśli szkolna sieć działa wolno albo jest przeciążona, technologia przestaje wspierać proces dydaktyczny i staje się źródłem problemów. Niedostateczne przygotowanie przestrzeni i infrastruktury technicznej prowadzi do sytuacji, w której zamiast innowacyjnej lekcji uczniowie otrzymują doświadczenie pełne zakłóceń, a ich zaangażowanie ustępuje miejsca zniechęceniu. Właśnie dlatego organizacja środowiska pracy jest tak istotna dla skutecznego wdrażania technologii immersyjnych w edukacji.

**Kwestia bezpieczeństwa i zdrowia uczniów** stanowi jeden z najważniejszych aspektów korzystania z technologii immersyjnych. Choć VR otwiera przed szkołami zupełnie nowe możliwości dydaktyczne, to jednak długotrwałe użytkowanie gogli może wiązać się z pewnymi obciążeniami fizjologicznymi. Najczęściej są to zmęczenie wzroku, suchość oczu i trudności z utrzymaniem koncentracji, które pojawiają się w wyniku intensywnej pracy układu wzrokowego z ekranami znajdującymi się bardzo blisko oczu. U części użytkowników występują także dezorientacja i zawroty głowy określane mianem „choroby symulatorowej”. Jest ona efektem niezgodności pomiędzy bodźcami wzrokowymi a sygnałami dochodzącymi z układu równowagi.

Dodatkowym wyzwaniem jest **higiena pracy**. Sprzęt wykorzystywany przez wielu uczniów musi być regularnie dezynfekowany, zwłaszcza w miejscach mających kontakt ze skórą.

Z tego względu konieczne jest wprowadzanie przerw podczas pracy z VR i edukowanie uczniów w zakresie zasad bezpiecznego korzystania z technologii.

Higiena sprzętu jest równie ważna, jak bezpieczeństwo zdrowotne. Zarówno pełne zestawy VR, jak i proste konstrukcje typu cardboard wymagają regularnego czyszczenia, szczególnie w miejscach przylegających do twarzy. Zaniedbanie tej kwestii prowadzi do powstawania nieprzyjemnych zapachów i dyskomfortu użytkowników. W wielu modelach możliwe jest zdjęcie gąbki lub nakładki, które stykają się z czołem i policzkami. Elementy te można prać jak delikatną odzież, by dbać o ich czystość i trwałość.

Należy także **poinformować rodziców o planowanym użyciu gogli** i uzyskać ich zgodę. Technologie immersyjne mogą generować intensywne bodźce wizualne i dźwiękowe, które nie są odpowiednie dla osób z epilepsją lub innymi schorzeniami neurologicznymi. Z tego powodu szkoła powinna upewnić się, najlepiej pisemnie lub drogą elektroniczną, że u danego ucznia nie występują przeciwwskazania zdrowotne do korzystania z immersji.

Dobre praktyki w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy stanowią fundament odpowiedzialnego korzystania z VR i AR w edukacji. Zapewnienie właściwych standardów pozwala uczniom czerpać korzyści z technologii immersyjnych w komfortowych, pozbawionych ryzyka, sprzyjających koncentracji i zdrowiu warunkach.

# PODSUMOWANIE

Technologie immersyjne wprowadzają do edukacji matematyczno-przyrodniczej jakość, której nie da się osiągnąć przy użyciu tradycyjnych metod nauczania. Ich siła nie wynika z efektu wizualnego czy technicznej nowości, lecz z głębokiej zgodności immersyjnych mechanizmów z reakcjami ludzkiego mózgu. VR i AR pozwalają **przenieść proces uczenia się z poziomu abstrakcyjnego opisu na poziom doświadczenia**, w którym uczeń widzi, wykonuje, manipuluje i reaguje. Dzięki temu wiedza staje się nie tylko przyswojona, ale i przeżyta.

Zmiany w sposobie percepcji młodych ludzi sprawiają, że edukacja potrzebuje narzędzi, które angażują uwagę i umożliwiają przetwarzanie informacji w sposób odpowiadający współczesnym nawykom poznawczym. Świat cyfrowy, w którym funkcjonują uczniowie, jest dynamiczny i interaktywny, a immersja naturalnie wpisuje się w ten styl odbioru treści, wspierając koncentrację i wzmacniając zaangażowanie. Jednocześnie VR i AR oferują nauczycielom nowe możliwości wprowadzania zjawisk, których nie da się przedstawić za pomocą tablicy czy podręcznika, takich jak np. mikroskala biologiczna czy procesy geologiczne rozgrywające się w czasie setek lat.

Technologie immersyjne mają także wyraźną **wartość dydaktyczną**. Umożliwiają bezpieczne eksperymentowanie, wielokrotne powtarzanie czynności i eksplorację środowisk, które w rzeczywistości szkolnej pozostają niedostępne. Uczniowie doskonalą zarówno rozumienie treści teoretycznych, jak i umiejętności praktyczne, które trudno byłoby opanować w warunkach tradycyjnych. Z perspektywy nauk matematyczno-przyrodniczych oznacza to możliwość wzmacniania wyobraźni przestrzennej, intuicji matematycznej, myślenia przyczynowo-skutkowego i kompetencji badawczych.

Wdrożenie VR i AR w edukacji wiąże się jednak z **wyzwaniami**. Koszty sprzętu, oprogramowania i szkolenia kadry są znaczące, a przygotowanie odpowiedniego środowiska technicznego wymaga planowania i dobrej organizacji. Niezbędne są również procedury zapewniające bezpieczeństwo i higienę pracy, a także informowanie rodziców o używaniu immersji, aby wykluczyć potencjalne przeciwwskazania. Technologie te nie mogą być traktowane jak gadżety. Ich skuteczność zależy od przygotowania nauczycieli, sposobu prowadzenia lekcji i właściwego osadzenia w procesie dydaktycznym.

Wszystkie te elementy prowadzą do jednego wniosku: **VR i AR mogą wzbogacić edukację matematyczno-przyrodniczą pod warunkiem, że będą wprowadzane świadomie**, odpowiedzialnie i w sposób celowy. Nie zastąpią one nauczyciela ani tradycyjnych metod pracy, ale mogą stać się narzędziem otwierającym przed uczniami nowe przestrzenie poznania i pozwalającym doświadczać zjawisk, które dotąd pozostawały tylko opisem w podręczniku. Największy potencjał edukacyjny VR i AR tkwi w połączeniu immersji, działania i zrozumienia.

# BIBLIOGRAFIA

Donally J., (2021), *The Immersive Classroom: Creating Customized Learning Experiences with AR & VR*, Eugene, Stany Zjednoczone: International Society for Technology in Education.

Kęsy M., (2019), *Możliwości wykorzystania rozszerzonej rzeczywistości w edukacji*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, Uniwersytet Rzeszowski.

Portal organizacji pozarządowych, [W cyfrowym świecie spada umiejętność koncentracji. Uważność można ćwiczyć od najmłodszych lat](#) [dostęp: 5.01.2026].

Portal Social Science Research Network, Leonhardt C., Danielsen D., Andersen S., (2024), [Associations between Screen Use and Concentration Among Children and Young People: A Scoping Review](#) [dostęp: 5.01.2026].

PwC, (2020), [The Effectiveness of Virtual Reality Soft Skills Training in the Enterprise](#) [dostęp: 5.01.2026], Stany Zjednoczone: PwC.

Serwis Samorządowy Polskiej Agencji Prasowej, [MEN: w Polsce jest 707,6 tys. nauczycieli, 84 proc. z nich to kobiety](#) [dostęp: 5.01.2026].

Portal Research Gate, Dewanto R., Pujiyanto, Wiyatmo Y., Yani A.D.G., (2024), [Education Exploring The Role of Augmented Reality in Enhancing Student Engagement and Learning Outcomes Across Education Levels](#) [dostęp: 5.01.2026].



[www.ore.edu.pl](http://www.ore.edu.pl)

Ośrodek Rozwoju Edukacji  
Aleje Ujazdowskie 28  
00-478 Warszawa  
tel. 22 345 37 00