

SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

1. Metryczka materiału

Tytuł materiału	Wirtualne liczydło
Numer materiału	VII.18
Autor scenariusza	Krystyna Parszuto
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 AR - rozszerzona rzeczywistość VR - wirtualna rzeczywistość	standardowa 2D lub 3D <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> VR
Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał	I etap: SP I-III II etap: SP IV-VIII
Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał	edukacja wczesnoszkolna informatyka matematyka



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



2. Opis materiału

Skrócony opis materiału (abstrakt)
<p>Aplikacja jest wirtualnym laboratorium z elementami grywalizacji.</p> <p>Aplikacja składa się z kilku tutoriali oraz zestawu ćwiczeń-wyzwań dotyczących wykonywania działań na liczydłe, w tym dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia.</p> <p>Materiał ma służyć dzieciom do zrozumienia idei dziesiętkowego układu pozycyjnego, zapisu za jego pomocą liczb, wykonywania działań oraz zrozumienia idei obliczeń pisemnych.</p>
Cel ogólny materiału
<p>Aplikacja ma za zadanie nauczyć przedstawiania liczb na liczydłe (zapis dziesiętny) oraz nauczyć wykonywania podstawowych działań arytmetycznych (dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia liczb wielocyfrowych), pomóc w zrozumieniu idei działań pisemnych.</p>
Cele z podstawy programowej kształcenia ogólnego możliwe do realizacji za pomocą materiału
<p>Szkoła podstawowa: Edukacja wczesnoszkolna</p> <p>Uczeń w zakresie poznawczego obszaru rozwoju uczeń osiąga:</p> <ul style="list-style-type: none">• potrzebę i umiejętność samodzielnego, refleksyjnego, logicznego, krytycznego i twórczego myślenia;• umiejętność rozumienia podstawowych pojęć i działań matematycznych, samodzielne korzystanie z nich w różnych sytuacjach życiowych, wstępnej matematyzacji wraz z opisem tych czynności: słowami, obrazem, symbolem; <p>edukacja matematyczna:</p> <p>Osiągnięcia w zakresie rozumienia liczb i ich własności. Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none">• odczytuje i zapisuje, za pomocą cyfr, liczby od zera do tysiąca oraz wybrane liczby do miliona (np. 1 500, 10 000, 800 000);• wyjaśnia znaczenie cyfr w zapisie liczby; wskazuje jedności, dziesiątki, setki itd., określa kolejność, posługując się liczbą porządkową; <p>Osiągnięcia w zakresie posługiwania się liczbami. Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none">• dodaje i odejmuje liczby dwucyfrowe, zapisując w razie potrzeby częściowe wyniki działań lub, wykonując działania w pamięci, od razu podaje wynik; oblicza sumy i różnice większych liczb w prostych przykładach typu: $250 + 50$, $180 - 30$; mnoży liczby dwucyfrowe przez 2, zapisując, jeśli ma taką potrzebę, częściowe wyniki działań; przy obliczeniach stosuje własne strategie. <p>Matematyka kl. IV - VI</p> <p>Sprawność rachunkowa.</p> <ul style="list-style-type: none">• wykonywanie nieskomplikowanych obliczeń w pamięci lub w działaniach trudniejszych pisemnie oraz wykorzystanie tych umiejętności w sytuacjach praktycznych <p>Liczby naturalne w dziesiętkowym układzie pozycyjnym.</p> <p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none">• zapisuje i odczytuje liczby naturalne wielocyfrowe; <p>Działania na liczbach naturalnych.</p> <p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none">• dodaje i odejmuje liczby naturalne wielocyfrowe sposobem pisemnym i za pomocą kalkulatora;• mnoży i dzieli liczbę naturalną przez liczbę naturalną jednocyfrową, dwucyfrową lub



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



trzycyfrową sposobem pisemnym, w pamięci (w najprostszych przykładach) i za pomocą kalkulatora (w trudniejszych przykładach);

Informatyka kl. IV - VI

Rozumienie, analizowanie i rozwiązywanie problemów na bazie logicznego i abstrakcyjnego myślenia, myślenia algorytmicznego i sposobów reprezentowania informacji.

Uczeń:

- formułuje i zapisuje w postaci algorytmów polecenia składające się na: rozwiązywanie problemów z życia codziennego i z różnych przedmiotów.

3. Charakterystyka materiału

Opis zawartości merytorycznej materiału

Materiał ma służyć dzieciom do zrozumienia idei dziesiętkowego układu pozycyjnego, zapisu za jego pomocą liczb, wykonywania działań oraz zrozumienia idei obliczeń pisemnych. Materiał składać się będzie z części praktycznej (zadań do wykonania) oraz części instruktażowej w postaci tutoriali.

Uczeń wykonując obliczenia na liczydło (lub inne zadania), będzie zdobywał punkty, które umożliwią mu zdobycie kolejnych tytułów, np. po zdobyciu 100 punktów - odpowiadających wykonaniu około 20 przykładów na odczytywanie/ układanie liczb na liczydło/dodawaniu i odejmowaniu - pierwszą gwiazdkę eksperta, za kolejne 100 punktów - kolejne gwiazdki. Za pierwszy tysiąc punktów - brązowy medal Rachmistrza, za 2000 srebrny medal, za 3 000 złoty.

Nie ma znaczenia, czy gracz będzie wykonywał coraz trudniejsze przykłady, czy zdobywał punkty na tych najmniej skomplikowanych. Należy dać uczniowi możliwość decydowania, czy chce dalej wykonywać proponowane przykłady, czy przejść do innych ćwiczeń (niekoniecznie trudniejszych). Gracz powinien mieć możliwość logowania się na swoje konto w grze, które będzie przechowywało jego aktualny stan punktowy, ale także mieć dostęp do wszystkich funkcji bez logowania.

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

Liczydło powinno:

być liczydłem (nie abakiem, sorobanem) z prętami ustawionymi PIONOWO. Co najmniej 8 prętów z 10 koralikami na każdym pręcie. Koraliki powinny być w dwóch kolorach po 5 w każdym (wg schematu: 5 jasnych, 5 ciemnych na każdym pręcie). Stan spoczynku liczydła (liczba zero) jest reprezentowana przez opuszczone korale (czyli liczba 1 to podniesiony jeden koral na pierwszym na prawo pręcie).

Zapis liczb: pręt pierwszy z prawej - jedności, drugi od prawej - dziesiątki, itd.

Reprezentowanie liczb oraz dodawanie, odejmowanie i mnożenie powinno zaczynać się zawsze od jedności (tj. od prawej strony). Nawet jeśli cyfra jedności wynosi zero, nie należy rozpoczynać od pręta drugiego, ale w adekwatny do sytuacji sposób zaznaczyć, że na pręcie pierwszym nie podejmujemy działania (nie przesuwamy koral). Zasada ta dotyczy wszystkich prętów (tj. zawsze wtedy, gdy liczba będzie zawierała cyfrę zero, niezależnie na której pozycji).

Podniesienie 10 koral do góry (czyli przekroczenie progu dziesiętnego, np. przy dodawaniu) musi spowodować kolejny ruch, jakim jest opuszczenie ich na dół i podniesienie korala rzędu wyższego - najlepiej w tym samym czasie (oczywiście przy odejmowaniu z przekroczeniem progu dziesiętnego w drugą stronę)

Działania:

Zarówno w tutorialach, jak i w zadaniach - wyzwaniach działanie, które jest wykonywane powinno być widoczne podczas jego obliczania, a czynności gracza kończyć się dopiero w momencie



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



uzupełnienia tego działania o obliczoną liczbę. Wtedy powinna nastąpić weryfikacja odpowiedzi - wskazanie prętów poprawnych i błędnych oraz/lub wskazanie błędnych/poprawnych cyfr w wyniku.

Zakresy liczbowe:

Dodawanie i odejmowanie powinno ograniczyć się maksymalnie do liczb czterocyfrowych, przy czym warto, aby działania były na liczbach zarówno o tej samej, jak i różnej ilości cyfr. Mnożenie ze względu na stopień skomplikowania powinno być ograniczone do (maksymalnie) mnożenia liczb trzycyfrowych przez dwucyfrowe lub czterocyfrowych przez jednocyfrowe, dzielenie jedynie przez liczby jednocyfrowe.

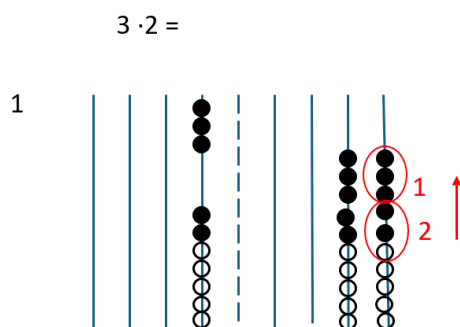
Podczas mnożenia i dzielenia ze względu na złożoność obliczeń liczydło powinno być podzielone na dwie części - w lewej części liczydła powinna być zapisana mnożna/dzielna (mnożnik/dzielnik trzeba będzie pamiętać), a w prawej (przy dzieleniu w lewej) części będą prowadzone obliczenia. Wynik zawsze odczytujemy z prawej części (po prawej stronie liczydła) jedynie reszta z dzielenia jest odczytywana z lewej strony.

Przykłady obliczeń na liczydło:

Poniżej na rysunkach przedstawiono, w jaki sposób w tutorialach powinno być tłumaczone mnożenie i dzielenie. Na rysunkach pionowe kreski oznaczają pręty (na nieistotnych prętach pominięto rysowanie koralików), przerywana linia - podział liczydła na dwie części, korale rysowane czerwoną przerywaną linią - wirtualne korale.

Mnożenie liczb jednocyfrowych przez liczby jednocyfrowe:

Mnożenie bez przekraczania progu dziesiętkowego:



Przesuwamy w górę jedną trójkę koralików, potem drugą trójkę

Odczytujemy wynik: 6

Mnożenie z przekroczeniem progu:



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



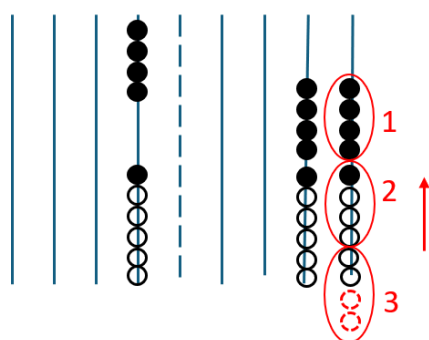
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



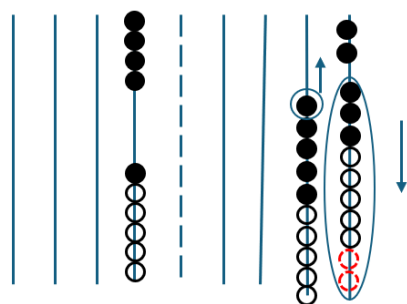
$$4 \cdot 3 =$$

1



Przesuwamy w górę jedną czwórkę koralików, potem drugą czwórkę, następnie dobieramy wirtualne koraliki, tak aby móc przesunąć trzecią czwórkę

2



Stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Wymiana dziesięciu koralików na jedną dziesiątkę

Odcytujemy wynik: 12

Mnożenie liczby dwucyfrowej przez jednocyfrową z przekroczeniem progu:



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

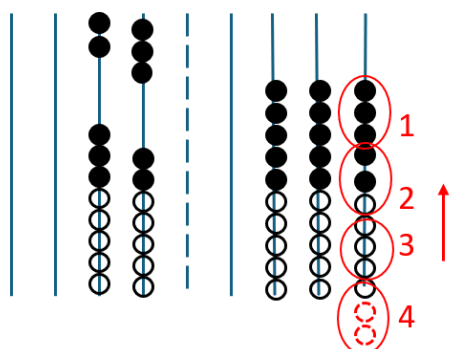
Dofinansowane przez
Unię Europejską



$$23 \cdot 5 =$$

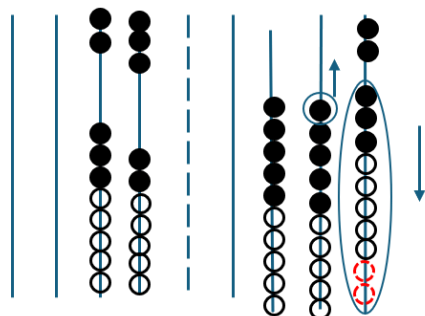
Krok 1 mnożymy $3 \cdot 5$

1



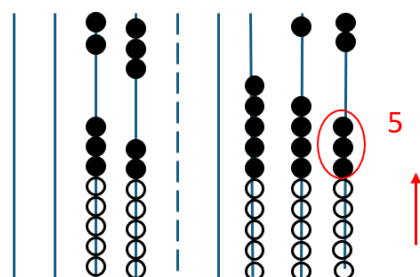
Przesuwamy w górę jedną trójkę koralików, potem drugą i trzecią, następnie dobieramy wirtualne koraliki, tak aby otrzymać czwartą trójkę

2



Stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Wymiana dziesięciu koralików na jedną dziesiątkę

3



Przesuwamy w górę piątą trójkę koralików,



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

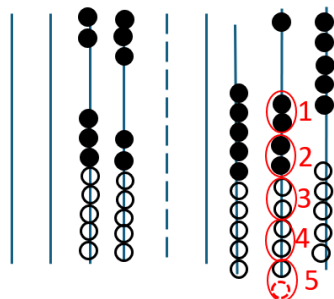
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Krok 2 mnożymy $2 \cdot 5$

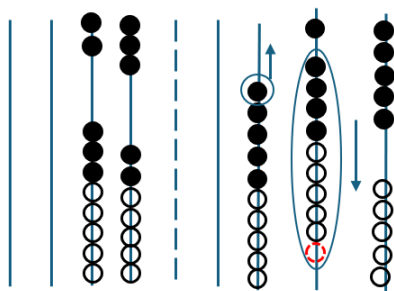
ponieważ mnożymy dziesiątki działamy na drugim pręcie

4



Przesuwamy w górę jedną parę koralików, potem drugą, trzecią i czwartą, następnie dobieramy wirtualny koralik, tak aby móc przesunąć piątą parę

5



Stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Wymiana dziesięciu koralików na jedną dziesiątkę tzn. dziesięć dziesiątek na jedną setkę

Odczytujemy wynik: 115



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

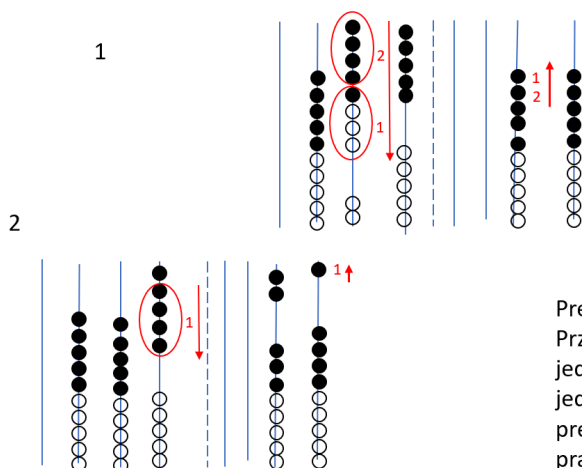
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Dzielenie:

Liczby dwucyfrowej przez jednocyfrową: (z resztą lub bez)

$85 : 4 =$ Dzielenie wykonujemy na lewej stronie liczydła. Zaczynamy jak przy dzieleniu pisemnym od lewej strony. Na początek sprawdzamy ile czwórek mieści się w ośmiu.



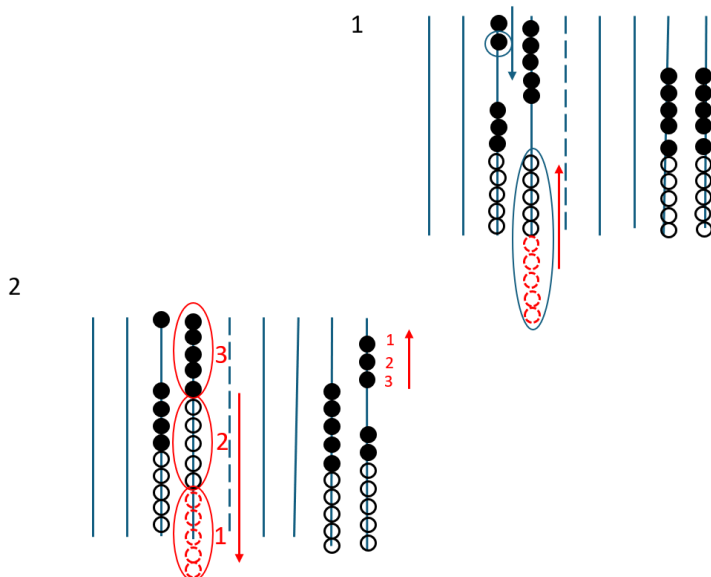
Przesuwamy w dół jedną czwórkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik po prawej stronie. Ponieważ działamy na dziesiątkach (drugim pręcie na lewo, poprzez analogię działamy też na drugim pręcie po prawej stronie) Czynność powtarzamy dla kolejnej czwórki.

Pręt dziesiątek mamy pusty. Przechodzimy na działania na jednościach. Przesuwamy w dół jedną czwórkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik po prawej stronie

Odczytujemy wynik dzielenia z resztą po prawej stronie i lewej: $85 : 4 = 21 \text{ r } 1$

Trudniejsze przykłady

$25 : 5 =$ Dzielenie wykonujemy na lewej stronie liczydła. Zaczynamy jak przy dzieleniu pisemnym od lewej strony. Na początek sprawdzamy czy/ile piątek mieści się w dwóch.



Ponieważ w dwóch nie mieści się żadna piątka, stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Następuje wymiana jednej dziesiątki na dziesięć koralików.

Wykonujemy dzielenie przez 5. Przesuwamy w dół jedną piątkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik na prawym pręcie. Czynność powtarzamy dla kolejnych piątek



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego

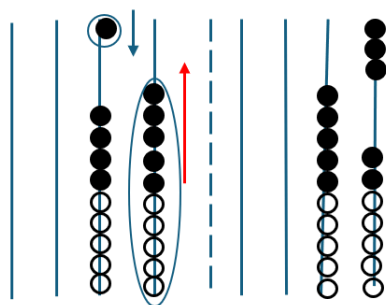


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

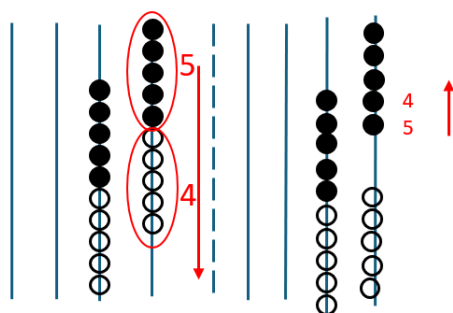


3



Ponownie stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Wymiana jednej dziesiątki na dziesięć koralików

4



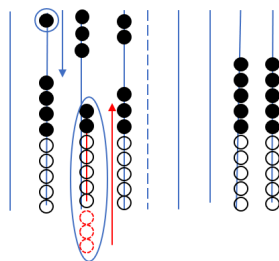
Przesuwamy w dół kolejną piątkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik na prawym pręcie. Czynność powtarzamy dla kolejnej piątki

Odczytujemy wynik po prawej stronie: 5

Dzielenie liczby trzycyfrowej:

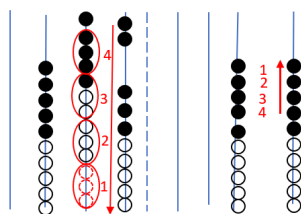
$132 : 3 =$ Dzielenie wykonujemy na lewej stronie liczydła. Zaczynamy jak przy dzieleniu pisemnym od lewej strony. Na początek sprawdzamy czy/ile trójek mieści się w jednym.

1



Ponieważ w jednym nie mieści się żadna trójka, stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Następuje wymiana jednej setki na dziesięć dziesiątek.

2



Przesuwamy w dół jedną trójkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik po prawej stronie. Ponieważ działamy na dziesiątkach (drugim pręcie na lewo, poprzez analogię działamy też na drugim pręcie po prawej stronie). Czynność powtarzamy dla kolejnych trójek.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



3

4

Został nam jeden koralik, stosujemy narzędzie "wymiany na 10". Następuje wymiana jednej dziesiątki na dziesięć koralików.

Przesuwamy w dół jedną trójkę koralików na lewym pręcie i w górę jeden koralik po prawej stronie. Czynność powtarzamy dla kolejnych trójek.

Odczytujemy wynik po prawej stronie: 44

Liczydło powinno mieć opcję przełączania na liczydło poziome.

Opis struktury treści materiału

Ekran 1 - wybór trybu pracy: liczydło do samodzielnej pracy, tutorial, zadanie- wyzwanie.

Ekran 2 - jeśli wybrano tutorial lub wyzwanie: wybór jednego spośród: odczytanie liczby z liczydła, zapisanie liczby na liczydło, dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie.

Ekran 3 - przy wyborze działań, wybór poziomu trudności - dodawanie/odejmowanie bez przekraczania progu dziesiętnego (poziom 1), z przekraczaniem progu dziesiętnego (poziom 2), mnożenie przez liczbę jednocyfrową bez przekroczenia progu (poziom 1), z przekroczeniem progu (poziom 2), mnożenie przez liczbę dwucyfrową bez przekraczania progu (poziom 3), z przekraczaniem progu (poziom 4). Dzielenie przez liczby jednocyfrowe bez przekraczania progu (poziom 1), z przekraczaniem progu (poziom 2), dzielenie z resztą (poziom 3). W każdej opcji (tj. dla każdego działania i dla każdego poziomu) powinno być generowane co najmniej 6 przykładów (z bazy liczącej co najmniej 20 przykładów, w tym przykłady o większej trudności np. $999+1$, $1000-4$, $176:4$), przy czym jeśli przykład zostanie wykonany błędnie warto, aby powtórzył się np. o dwa przykłady dalej.

Gracz powinien mieć możliwość w każdej chwili z rezygnacji z dalszych obliczeń proponowanych przykładów i przejścia do innych przykładów (zarówno do innego poziomu, jak i do innego działania). Jednocześnie po wykonaniu 6 przykładów z danego poziomu można mu zasugerować, by zmienił poziom na wyższy, ale nie powinno się to odbywać "z automatu".

Zarówno w trybie liczydła do samodzielnego liczenia, jak i w trybie zadania-wyzwania powinny być dostępne narzędzia, które są wykorzystywane w tutorialach: możliwość rysowania pętelek/klamerek, dorysowywania wirtualnych koralików, wymiany koralika wyższego rzędu na 10 koralików niższego rzędu (dobrze by było, gdyby to było jedno narzędzie, które jednocześnie działa na obu prętach), możliwość przesunięcia zarówno jednego koralika, jak i kilku jednocześnie. W trybie liczydła bez wyzwań powinno się pojawić pole do wpisania własnego przykładu do obliczeń i możliwość sprawdzenia poprawności obliczenia - tak samo, jak w zadaniach - wyzwaniach.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Mechanika materiału

Zadania powinny być premiowane punktami, np. za każdy poprawnie wykonany ruch na liczydło - 1 pkt. (czyli ustawienie liczby trzycyfrowej - 3 pkt. dodanie do siebie liczb trzycyfrowej i dwucyfrowej bez przekroczenia progu - 5 pkt, z przekroczeniem progu 6 pkt. - o ile przekroczyliśmy tylko jeden próg)

Tutoriale nie powinny być filmami instruktażowymi, ale podpowiadać kolejny ruch i wyjaśniać go na koralach, np. jeżeli dodajemy liczbę 4, to na liczydło powinna pojawić się klamra (pętla) obejmująca cztery korale, liczba 4 oraz strzałka pokazująca na ruch do góry. Następnie gracz powinien mieć możliwość wykonania tego ruchu. Tutoriale nie powinny być nieme, lektor powinien tłumaczyć wykonywane działania.

Zadania - wyzwania powinny mieć system sprawdzający pokazujący, które z prętów są ułożone poprawnie, a które błędnie. Ze względu na różne sposoby/systemy liczenia używane przez uczniów nie przewiduje się systemu podpowiedzi w zadaniach - wyzwaniach. Należy pamiętać, że nie należy w żaden sposób karać ucznia za inną metodę liczenia (i ile jest poprawna matematycznie) Powinno się też umożliwić graczowi możliwość pracy w dwóch oknach - tzn. w oknie z wyzwaniem oraz oknie z odpowiadającym temu typowi działania tutorialiem.

Należy zwrócić szczególną uwagę, by tutorial zawsze pokazywał zawsze tą samą metodę liczenia, tzn. np. aby zawsze przy mnożeniu 2×3 pokazywać, że przesuwamy trzy parę korali i nie stosować tej metody zamiennie z przesuwaniem dwóch grupy po trzy korale, albo od razu 6 (choć oczywiście pozostałe metody nie są błędne).

Narzędzia w trybie: zadania- wyzwania:

- ołówek do rysowania pętelek/klamerek,
- łapka/wskaźnik do przesuwania korali - narzędzie to powinno umożliwiać przesunięcie dowolnej ilości korali, na dowolną wysokość - zgodnie z intuicją; (narzędzie to nie powinno działać tak, że przesunięcie 10 korali, z automatu jest wymieniane na koral wyższego rzędu);
- narzędzie "wymiany na 10" - przesuwanie 1 korala (górnego) powinno być synchronizowane z automatycznym przesuwaniem 10 korali na pręcie poprzedzającym; w przypadku, kiedy na pręcie poprzedzającym nie ma 10 korali do przesunięcia, to:
 - przy przesuwaniu korala w dół powinny pojawić się korale "wirtualne", np. gdy mamy na liczydło ustawioną liczbę 12 (jeden koral na dziesiątkach, dwa na jednościach), to przesunięcie w dół korala z drugiego pręta, podnosi na pierwszym pręcie 10 korali (8 "zwykłych i dwa "wirtualne"),
 - przy przesuwaniu do góry, jeśli nie ma 10 korali na pręcie poprzedzającym, to powinien się pojawić komunikat z błędem, jeśli jest co najmniej 10 korali, to na dół w pierwszej kolejności powinny trafić korale wirtualne.Narzędzie powinno dawać możliwość wymiany tylko jeden na dziesięć (czyli nie np. dwóch korali na 20):
- narzędzie do dodawania i narzędzie do usuwania wirtualnych korali.

Grafika

Liczydło:

- **Pręty:** Liczydło składa się z ośmiu pionowych prętów o równomiernym rozstawieniu. Każdy pręt ma wystarczającą długość, aby zmieściły się na nim korale oraz potencjalne wirtualne korale i inne oznaczenia, takie jak pętelki i strzałki. Przestrzeń między prętami jest na tyle duża, by pozwolić na wygodne manipulowanie koralami.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Koraliki:** Na każdym pręcie znajduje się po 10 koralu w dwóch kontrastujących kolorach (np. 5 jasnych i 5 ciemnych). Kolory muszą być wyraźne i przyjazne dla dzieci, np. pastelowe odcienie, unikając przesadnego błyszczczenia czy gradientów.
- **Trójwymiarowość:** Liczydło ma subtelny efekt trójwymiarowości (np. gradienty lub cienie), który podkreśla głębię, ale nie wymaga zaawansowanego modelowania 3D.
- **Ruch koralu:** Korale muszą być animowane w płynny sposób (w górę i w dół), aby użytkownik miał wrażenie realizmu, ale nie wymaga to nadmiarowych detali takich jak tekstura drewna czy skomplikowane odbicia światła.

Interfejs użytkownika:

- **Obszar działania:** Przestrzeń na ekranie wokół liczydła powinna być przejrzysta i minimalistyczna, aby uniknąć rozpraszania uwagi. Na tym obszarze pojawiają się narzędzia, takie jak pętelki, strzałki, wirtualne korale, oraz komunikaty o błędach.
- **Pętelki i strzałki:** Powinny być animowane w sposób intuicyjny i prosty. Pętelki mogą być przedstawione jako linie o wyraźnym konturze, a strzałki jako jednokolorowe kształty z delikatnym gradientem, podkreślającym kierunek ruchu.
- **Kolory i kontrast:** Ważne, aby wszystkie elementy interfejsu (pręty, korale, pętelki, strzałki) były dobrze widoczne na tle aplikacji. Można zastosować subtelne tło w jasnym odcieniu (np. jasnoszarym lub kremowym).

Widok liczydła podczas obliczeń:

- **Wirtualne korale:** Wirtualne korale powinny być wyraźnie oznaczone (np. półprzezroczyste), ale zgodne pod względem koloru i wielkości z realnymi koralami. Powinny być traktowane jako tymczasowe i usuwane po zakończeniu obliczeń.
- **Synchronizacja ruchów:** Animacja „wymiany na 10” powinna obejmować przesunięcie korala wyższego rzędu i jednocześnie opuszczenie 10 koralu niższego rzędu. W przypadku braku odpowiedniej liczby koralu na niższym pręcie powinny pojawić się korale wirtualne.

Ekran główny:

- **Tryby pracy:** Każdy tryb (samodzielne liczenie, tutorial, wyzwanie) powinien być przedstawiony w postaci wyraźnych przycisków z ikonami i podpisami. Ikony powinny być proste i intuicyjne, np. liczydło dla trybu samodzielnego, książka dla tutoriali, tarcza z gwiazdką dla zadań.

Ekran zadań i tutoriali:

- **Polecenia:** Na górze ekranu powinny być wyświetlane proste polecenia tekstowe, wspierane przez wizualizację w postaci animacji na liczydłach. Jeśli np. użytkownik dodaje liczbę 4, powinna pojawić się pętelka obejmująca cztery korale, a strzałka wskazująca kierunek ruchu (góra).
- **Interakcje:** Tutoriale muszą umożliwiać graczowi wykonanie każdego ruchu samodzielnie, z jednoczesnym wyjaśnieniem każdego kroku przez lektora. Użytkownik ma możliwość cofnięcia ostatniego ruchu przed jego zatwierdzeniem, aby uniknąć frustracji przy przypadkowych błędach.

Animacje i dźwięk:

- **Animacje:** Powinny być płynne, ale proste.
- **Dźwięk:** Lektor powinien mieć przyjemny, dziecięcy ton, a dźwięki w tle (np. przesuwania koralu) mogą być subtelne i nienachalnie wspierające odbiór.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Przykładowe inspiracje

Simple Soroban (<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.net.btco.soroban&hl=pl>)

Kategoria: Wirtualne liczydło.

Opis: Aplikacja do nauki podstaw matematyki z wykorzystaniem sorobanu – japońskiego liczydła.

Inspiracja: Interaktywna nauka liczenia z prostym interfejsem i systemem podpowiedzi.

Odejmowanie dynamiczne na liczydło (<https://www.youtube.com/watch?v=weQKKpfQv8I>)

Kategoria: Wizualizacja obliczeń.

Opis: Film instruktażowy pokazujący metodę wykonywania odejmowania na liczydło.

Inspiracja: Sposób prezentacji ruchu koralików i wyjaśnienie kroków obliczeniowych.

Math Learning Center – Number Frames (<https://www.mathlearningcenter.org/apps>)

Kategoria: Edukacyjna aplikacja do nauki liczb

Opis: Aplikacja umożliwiająca interaktywne przedstawianie wartości liczbowych na ramach liczbowych, podobnych do liczydła.

Inspiracja: Czytelny interfejs oraz możliwość dostosowania liczby prętów i koralików.

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.

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 łąčeniem przycisków (uwzględnia ustawienie pozwalające je uprościć lub pominąć/wyłączyć);



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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.

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać między innymi potrzeby osób:

- z ograniczeniami wzroku,
- z ograniczeniami słuchu,
- z ograniczeniami ruchu rąk i mobilności,
- z ograniczeniami możliwości poznawczych (związanymi z np. pamięcią, przetwarzaniem informacji, dysleksją),
- z zaburzeniami neurorozwojowymi i psychicznymi (np. spektrum autyzmu, ADHD, stanami lękowymi, epilepsją),
- z zaburzeniami mowy,
- korzystających z czytników ekranu.

Podczas projektowania e-materiału należy uwzględniać różne potrzeby i możliwości użytkowników ze względu na:

Ograniczenia wzroku:

- stosowanie dobrze kontrastujących kolorów, czytelnych rozmiarów i typów fontów, możliwość zmiany i indywidualnego dopasowania przez użytkownika tych elementów;
- stosowanie zawsze widocznego fokusa (przynajmniej częściowo);
- używanie kombinacji koloru, kształtów i tekstu, niestosowanie znaczenia tylko kolorem;
- umieszczanie przycisków i powiadomień w kontekście;
- stosowanie odpowiedniej wielkości, kolorów i rozmieszczenia elementów interfejsu;
- umożliwienie zmiany kolorów dla osób będących daltonistami;
- umożliwienie zmiany wielkości elementów interfejsu;
- używanie dźwięku przestrzennego i rozróżnialnych dźwięków, różnych w zależności od zdarzeń;
- umożliwienie wyboru wyglądu kursora/celownika, zmiany kształtu, wielkości, koloru, jeśli projektowana mapa interaktywna zakłada bardzo dużo obiektów;
- wyświetlanie istotnych informacji w centrum, na linii wzroku lub możliwość powiększania całości, poszczególnych elementów mapy interaktywnej;
- nawigacja i sterowanie za pomocą klawiatury;
- stosowanie tekstów alternatywnych lub audiodeskrypcji do grafik;
- elementy materiału powinny być duże i łatwe do odróżnienia oraz oddalone od siebie;
- dodanie opisów alternatywnych do obrazów i innych elementów wizualnych, które opisują treści lub funkcje;
- stosowanie dużego kontrastu między istotnymi elementami w materiale;
- użytkownicy niewidomi powinni móc skorzystać z każdej funkcjonalności materiału z poziomu klawiatury.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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, niepochyłania tekstu i pisania wielkimi literami;
- umożliwienie zmiany kontrastu pomiędzy tłem a tekstem;
- niestosowanie ograniczenia czasowego na wykonanie zadania;
- niestosowanie presji czasowej lub związanej z możliwością wykonania tylko jednej próby wykonania zadania.

Ograniczenia związane z korzystaniem z czytników ekranów:

- opisywanie obrazów, stosownie transkrypcji, audiodeskrypcji;
- nieumieszczanie informacji tylko na obrazie lub wideo;
- nadawanie struktury treści i nieoznaczanie jej tylko rozmiarem i rozmieszczeniem tekstu;
- stosowanie liniowego logicznego układu;
- umożliwienie sterowania za pomocą klawiatury;
- tworzenie opisowych łączy.

Powyższe wytyczne są jedynie przykładami potrzeb, jakie powinny zostać spełnione przy projektowaniu zaawansowanego e-materiału. Beneficjent konkursowy powinien zapewnić możliwie największą dostępność dla osób z różnymi potrzebami. Rozwiązania związane z zapewnieniem dostępności osobom z różnymi potrzebami Beneficjent konkursowy powinien konsultować z ekspertami ORE na poszczególnych etapach realizacji projektu konkursowego.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



5. Wymagania funkcjonalne i techniczne

Kluczowe warunki funkcjonalne dla Wykonawców

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

- **Ekran startowy**
 - wybór trybu pracy:
 - a) liczydło do samodzielnej pracy,
 - b) tutorial,
 - c) zadanie-wyzwanie.
 - ekran wyboru drugiego (w przypadku wyboru b lub c):
 - odczytywanie liczby z liczydła,
 - zapisywanie liczby na liczydło,
 - dodawanie,
 - odejmowanie,
 - mnożenie,
 - dzielenie.
- **Realistyczna symulacja procesów:**
 - Interaktywne modele:
 - liczydło z pionowymi prętami, co najmniej 8 prętów z 10 koralikami (5 jasnych i 5 ciemnych koralików na każdym pręcie).
 - możliwość przesuwania koralików w sposób zgodny z zasadami dziesiętnego systemu pozycyjnego.
 - realistyczne odzwierciedlenie operacji matematycznych (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie) z uwzględnieniem przekraczania progu dziesiętnego.
 - Odzwierciedlenie procedur naukowych:
 - tutoriale prowadzące użytkownika krok po kroku przez procesy obliczeń.
 - instrukcje i wizualizacje wyjaśniające każdy krok operacji.
- **Nawigacja:**
 - Użytkownicy muszą mieć możliwość wyboru i używania narzędzi:
 - ołówek: do rysowania pętelek/klamerek
 - łapka/wskaźnik: do przesuwania koralików, z możliwością przesunięcia dowolnej liczby koralików na dowolną wysokość
 - narzędzie "wymiany na 10": synchronizacja przesunięcia 1 koralika na wyższym pręcie z automatycznym przesunięciem 10 koralików na pręcie niższym
 - narzędzie do dodawania i narzędzie do usuwania wirtualnych koralików.
 - pole do wpisania własnych przykładów: możliwość wprowadzenia własnych przykładów do obliczeń oraz ich weryfikacja.
 - „Zadania – wyzwania” - brak systemu podpowiedzi, ale możliwość pracy w dwóch oknach (okno z wyzwaniem i okno z tutorialiem).
 - Instrukcje krok po kroku – „Tutoriale”:
 - interaktywne, z lektorem, prowadzące krok po kroku przez różne działania.
 - możliwość powrotu do tutorialu z poziomu zadań-wyzwań.
- **Dostosowanie do różnych poziomów trudności:**
 - Tryby pracy:
 - liczydło do samodzielnych obliczeń: swobodna praca użytkownika z opcją wpisywania własnych przykładów i weryfikacji poprawności.
 - tutorial: instruktażowe, krok po kroku, prowadzenie przez procesy.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- zadania-wyzwania: generowanie losowych przykładów matematycznych w zależności od wybranego poziomu trudności.
- Wybór poziomu trudności dla każdego działania:
 - generowanie co najmniej 6 przykładów dla wybranego poziomu, z bazy liczącej minimum 20 przykładów.
 - możliwość przejścia do innego poziomu lub innego działania w dowolnym momencie.
- **Rejestrowanie wyników:**
 - Zapisywanie wyników i raporty: Konto gracza z możliwością zapisu postępów, punktacji i dostępem do historii wyników. Możliwość korzystania z aplikacji bez logowania, z brakiem zapisu danych.
 - Porównanie wyników z teorią: Funkcja pozwalająca porównywać wyniki eksperymentu z teoretycznymi założeniami. „Zadania – wyzwania” - możliwość pracy w dwóch oknach (okno z wyzwaniem i okno z tutorialiem).
- **System oceny i informacji zwrotnej:**
 - Po zakończeniu eksperymentu użytkownik powinien otrzymać informację zwrotną o poprawności jego działań oraz sugestie na przyszłość.
 - System oceniania powinien nie tylko wskazywać poprawne i błędne pręty, ale również podkreślać konkretną cyfrę, w której popełniono błąd.
 - System punktowy:
 - nagrody za poprawnie wykonane działania: punkty, gwiazdki, medale
 - możliwość przeglądania osiągnięć i nagród (z zapisaniem postępu lokalnie na urządzeniu).
 - Zadania-wyzwania sprawdzanie poprawności: wskazanie prętów ułożonych poprawnie oraz tych z błędami.
 - Aplikacja musi proponować ponownie wcześniej błędnie wykonane przykłady.
- **Personalizacja przez nauczyciela:**
 - Dostosowanie eksperymentów i zasobów:
 - możliwość konfigurowania przez nauczyciela zestawów przykładów oraz poziomu trudności
 - opcja wyłączenia lub ograniczenia dostępnych narzędzi w zależności od poziomu zaawansowania uczniów.
 - Tworzenie własnych scenariuszy: Narzędzia do tworzenia spersonalizowanych tutoriali lub wyzwań.
 - Nauczyciel powinien mieć możliwość tworzenia własnych zestawów przykładów matematycznych oraz dostosowywania poziomu trudności dla poszczególnych uczniów.

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:**
 - Wysokiej jakości modele 3D: Modele powinny być realistyczne i zoptymalizowane pod kątem płynności działania na różnych urządzeniach.
 - Adaptacyjna jakość renderowania: Możliwość dostosowania jakości grafiki w zależności od urządzenia, co zapewnia płynność działania na starszych urządzeniach.
- **Bezpieczne przechowywanie i synchronizacja wyników eksperymentów:**



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Zapisywanie wyników lokalnie oraz w chmurze: Użytkownicy powinni mieć możliwość zapisywania wyników zarówno lokalnie, jak i w chmurze.
- System odzyskiwania wyników: Funkcja odzyskiwania wyników umożliwiającą użytkownikom powrót do wcześniej przeprowadzonych eksperymentów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

