

SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

1. Metryczka materiału

Tytuł materiału	Cząstka naładowana w polu magnetycznym
Numer materiału	VII.2
Autor scenariusza	Joanna Ciesielska
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	Alicja Berbeka
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	III etap: Liceum / technikum zakres podstawowy Liceum / technikum zakres rozszerzony
Przedmiot(y) do nauki których przeznaczony jest materiał	fizyka



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



2. Opis materiału

Krótki ogólny opis materiału (abstrakt)

Materiał edukacyjny dotyczy interakcji cząstki naładowanej w polu magnetycznym. Zawiera interaktywne/multimedialne wprowadzenie zagadnień teoretycznych na temat siły Lorentza oraz symulacje ruchu cząstki naładowanej w różnych warunkach pola magnetycznego. Uczniowie mają możliwość eksploracji zjawiska poprzez aplikację, która pozwala im zrozumieć wpływ parametrów na trajektorię ruchu cząstki.

Cel ogólny materiału

Zapoznanie uczniów z interakcją cząstki naładowanej w polu magnetycznym oraz zasadą działania siły Lorentza. Realizuje to poprzez interaktywne, multimedialne wprowadzenie zagadnień teoretycznych, eksplorację interaktywnego symulatora oraz analizę różnych trajektorii ruchu cząstki.

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

Szkoła ponadpodstawowa Fizyka (zakres podstawowy)

Magnetyzm. Uczeń:

- posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);
- opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem i poruszające się cząstki naładowane.

Fizyka (zakres rozszerzony)

Magnetyzm. Uczeń:

- posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);
- posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza);
- opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym;
- analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym.

3. Charakterystyka materiału

Opis zawartości merytorycznej materiału

Materiał musi zawierać następujące sekcje:

- Interaktywne, multimedialne wprowadzenie zagadnień teoretycznych, w którym omawiane są podstawowe pojęcia związane z polem magnetycznym i siłą Lorentza.
- Eksplorację wirtualnego laboratorium, które umożliwia manipulację parametrami cząstki



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- i pola magnetycznego oraz obserwację zmian w trajektorii ruchu.
- Analizę wyników eksperymentów w celu zrozumienia wpływu zmian parametrów na ruch cząstki oraz interpretację zjawiska na poziomie fizycznym.
- Podsumowanie i refleksję nad praktycznymi zastosowaniami zjawiska oraz jego znaczeniem w różnych dziedzinach nauki i technologii.

Opis zawartości wymienionych sekcji

- **Wprowadzenie do pola magnetycznego i siły Lorentza:**
 - omówienie podstawowych pojęć związanych z polem magnetycznym, takich jak pola magnetyczne wytworzone przez magnesy lub prądy elektryczne
 - wyjaśnienie zasady działania siły Lorentza oraz jej matematycznego wzoru, który opisuje siłę działającą na naładowaną cząstkę w polu magnetycznym.
- **Ruch cząstki naładowanej w polu magnetycznym:**
 - analiza zachowania się cząstki naładowanej w obecnym polu magnetycznym pod różnymi kątami i prędkościami
 - badanie zmian trajektorii ruchu cząstki w zależności od parametrów, takich jak prędkość cząstki, kierunek pola magnetycznego i wartość ładunku.
- **Symulacje ruchu cząstki:**
 - wykorzystanie interaktywnego symulatora do eksperymentowania z różnymi parametrami cząstki i pola magnetycznego
 - obserwacja zmian trajektorii ruchu cząstki w czasie rzeczywistym i analiza wyników symulacji.
- **Analiza wyników i wnioski:**
 - interpretacja wyników eksperymentów i symulacji w kontekście zasady siły Lorentza
 - dyskusja nad wpływem zmian parametrów na zachowanie się cząstki oraz związanych z tym konsekwencji fizycznych.
- **Zastosowania praktyczne:**
 - przedstawienie praktycznych zastosowań zjawiska ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym w różnych dziedzinach nauki i technologii
 - omówienie roli tego zjawiska w akceleratorach cząstek, medycynie (np. rezonans magnetyczny) oraz produkcji energii elektrycznej (np. generatory).

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

- **Zrozumienie tematu:** Wykonawca powinien posiadać głęboką wiedzę na temat ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym oraz siły Lorentza, aby móc przekazać teorię w sposób klarowny i zrozumiały.
- **Dostosowanie do grupy docelowej:** Materiał powinien być dostosowany do poziomu i wieku uczniów, uwzględniając ich wcześniejsze doświadczenia i wiedzę w zakresie fizyki.
- **Interaktywność:** Materiał powinien być interaktywny, aby zapewnić aktywne uczestnictwo uczniów w procesie nauki. Wykorzystanie interaktywnych narzędzi, symulacji i eksperymentów wirtualnych może pomóc w lepszym zrozumieniu abstrakcyjnych koncepcji.
- **Zrozumiałe wyjaśnienia:** Wykonawca powinien przedstawić materiał w sposób zrozumiały i przystępny, unikając nadmiernego skomplikowania pojęć i terminologii.
- **Różnorodność metod dydaktycznych:** Materiał powinien wykorzystywać różnorodne metody dydaktyczne, takie jak interaktywne, multimedialne wprowadzenia zagadnień teoretycznych, symulacje, eksperymenty wirtualne, dyskusje grupowe, aby dostosować się do różnych stylów uczenia się uczniów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Praktyczne zastosowania:** Wykonawca powinien pokazać praktyczne zastosowania omawianego zagadnienia, aby uczniowie mogli zobaczyć jego znaczenie w życiu codziennym oraz w różnych dziedzinach nauki i technologii.
- **Weryfikacja zrozumienia:** Materiał powinien zawierać elementy weryfikujące zrozumienie uczniów, takie jak quizy, zadania praktyczne czy dyskusje, aby sprawdzić, czy osiągnęli oni zamierzone cele edukacyjne.
- **Wsparcie dla różnorodności uczniów:** Materiał powinien uwzględniać różnorodność potrzeb uczniów, zapewniając wsparcie dla uczniów o różnym poziomie umiejętności oraz dostosowując się do ewentualnych potrzeb specjalnych.
- **Motywacja do nauki:** Wykonawca powinien zadbać o motywację uczniów poprzez interesującą i angażującą prezentację materiału oraz poprzez pokazanie jego znaczenia i praktycznych zastosowań.

Opis struktury materiału

Ekran powitalny : Na tym ekranie zostanie przedstawiony temat lekcji oraz krótkie wprowadzenie do zagadnienia, zachęcające uczniów do eksploracji tematu.

Sekcja edukacyjna : Cykl interaktywnych, multimedialnych wprowadzeń zagadnień teoretycznych:

Przykłady tematów

Temat 1. Podstawy ruchu cząstek w polu magnetycznym

- 1) Wprowadzenie do tematu: wprowadzenie do podstawowych pojęć i praw rządzących ruchem cząstek naładowanych w polu magnetycznym. Krótka animacja pokazująca cząstkę naładowaną poruszającą się w polu magnetycznym, z podkreśleniem sił działających na cząstkę.
- 2) Podstawowe pojęcia
 - Ładunek elektryczny (q): Opis ładunku elektrycznego, jego jednostki (kulomb) i różnica między ładunkami dodatnimi a ujemnymi.
 - Pole magnetyczne (B): Definicja pola magnetycznego, jego źródła (np. magnesy, przewodniki z prądem) oraz jednostka (tesla).
 - Prędkość cząstki (v): Prędkość cząstki poruszającej się w polu magnetycznym.
- 3) Siła Lorentza
 - Definicja: $F = q(v \times B)$ (zapis na wektorach z iloczynem wektorowym oraz zapis wartości z funkcją \sin)
 - Opis: Siła Lorentza jako wynik działania pola magnetycznego na poruszającą się cząstkę naładowaną.
 - Wizualizacja: Interaktywna animacja pokazująca wektory prędkości, pola magnetycznego i siły Lorentza dla różnych orientacji tych wektorów.
 - Określanie cech siły Lorentza: Zasada prawej dłoni do określania kierunku i zwrotu siły Lorentza, wartość siły Lorentza.

Temat 2. Ruch kołowy i spiralny w polu jednorodnym



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 1) Wprowadzenie do tematu: Wyjaśnienie mechanizmu ruchu kołowego i spiralnego cząstek naładowanych w jednorodnym polu magnetycznym. Krótka animacja przedstawiająca cząstkę naładowaną wchodzącą do jednorodnego pola magnetycznego i zaczynającą poruszać się po trajektorii kołowej.
- 2) Ruch kołowy w jednorodnym polu magnetycznym
 - Definicja: Omówienie, jak siła Lorentza powoduje ruch po okręgu.
 - Wzór na promień trajektorii: $r = mv / |q| B$
 - Opis: Jak masa cząstki (m), prędkość (v), ładunek (q) i natężenie pola magnetycznego (B) wpływają na promień ruchu.
 - Wizualizacja: Interaktywna animacja pokazująca cząstkę poruszającą się po okręgu. Uczniowie mogą zmieniać wartości m , v , q i B , aby zobaczyć wpływ na promień.
 - Wzór na okres ruchu:
 - $T = 2\pi m / |q| B$
 - Opis: Jak okres ruchu cząstki jest niezależny od prędkości.
 - Wizualizacja: Animacja pokazująca ruch cząstki w określonym czasie.
- 3) Ruch spiralny w jednorodnym polu magnetycznym
 - Składowe ruchu:
 - Ruch w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego (ruch kołowy): Jak prędkość prostopadła do pola magnetycznego powoduje ruch po okręgu.
 - Ruch wzdłuż linii pola magnetycznego: Jak prędkość równoległa do pola magnetycznego nie jest wpływa na tor ruchu.
 - Kombinacja ruchów: Jak kombinacja ruchów prostopadłego i równoległego tworzy trajektorię spiralną.
 - Wzory i zależności:
 - Ruch prostopadły: $r = mv_{\perp} / |q| B$
 - Ruch równoległy: Prędkość równoległa (v_{\parallel}) jest stała.
 - Wizualizacja: symulacja pokazująca jak parametry, np. prędkość początkowa, prędkość prostopadła i równoległa, wpływają na kształt trajektorii spiralnej.
- 4) Przykłady i zastosowania praktyczne
 - Ziemskie pole magnetyczne: Jak cząstki naładowane poruszają się w magnetosferze Ziemi.
 - Magnetron: Krótkie omówienie działania magnetronu jako urządzenia wykorzystującego ruch spiralny cząstek.

Temat 3. Ruch cząstki w polu niejednorodnym

- 1) Wprowadzenie do tematu: Wyjaśnienie mechanizmów rządzących ruchem cząstek naładowanych w niejednorodnym polu magnetycznym. Krótka animacja przedstawiająca cząstkę naładowaną wchodzącą do niejednorodnego pola magnetycznego, pokazująca zmiany w kierunku i natężeniu pola.
- 2) Podstawowe pojęcia
 - Pole magnetyczne (B): Definicja pola magnetycznego, jego źródła (np. magnesy, przewodniki z prądem) oraz jednostka (tesla). Różnice między jednorodnym a niejednorodnym polem magnetycznym.
 - Niejednorodne pole magnetyczne: Opis, jak pole magnetyczne może zmieniać się w przestrzeni, np. w pobliżu biegunów magnesu.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Gradacja pola magnetycznego: Jak zmiany w natężeniu pola magnetycznego wpływają na siły działające na cząstkę naładowaną.
- 3) Siła Lorentza w polu niejednorodnym
- Definicja: $F=q(v \times B)$ (zapis wektorowy i skalarny) w kontekście zmieniającego się pola magnetycznego.
 - Opis: Jak zmieniające się natężenie pola magnetycznego wpływa na kierunek i wielkość siły Lorentza.
 - Wizualizacja: Interaktywna animacja pokazująca wektory prędkości, pola magnetycznego i siły Lorentza w różnych punktach przestrzeni.
- 4) Ruch w polu magnetycznym o zmiennym natężeniu
- Trajektoria ruchu: Opis trajektorii cząstki w zależności od zmienności pola magnetycznego.
 - Wizualizacja: Interaktywna symulacja pokazująca ruch cząstki w polu magnetycznym o różnym natężeniu w różnych miejscach przestrzeni.
- Analiza ruchu: Jak zmiany w polu magnetycznym wpływają na prędkość i kierunek ruchu cząstki.
 - Wizualizacja: Przykłady trajektorii cząstek w różnych przypadkach pola niejednorodnego.
- 5) Przykłady praktyczne i zastosowania
- Magnetosfera Ziemi: Jak cząstki naładowane zachowują się w niejednorodnym polu magnetycznym Ziemi.
 - Wizualizacja: Symulacja przedstawiająca ruch cząstek w pobliżu biegunów magnetycznych Ziemi.
- Pola magnetyczne w akceleratorach: Jak wykorzystuje się niejednorodne pola magnetyczne w przyspieszaniu i kierowaniu cząstek.

Temat 4. Efekt Halla

- 1) Wprowadzenie do tematu: : Wyjaśnienie zjawiska efektu Halla, jego przyczyn oraz zastosowań w praktyce. Krótka animacja przedstawiająca przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym, gdzie pojawia się różnica potencjałów (napięcie Halla).
- 2) Podstawowe pojęcia
 - Efekt Halla: Definicja zjawiska polegającego na powstawaniu różnicy potencjałów w przewodniku z prądem umieszczonym w polu magnetycznym, która jest prostopadła do kierunku prądu i pola magnetycznego.
 - Siła Lorentza: Jak działa na ładunki poruszające się w polu magnetycznym i prowadzi do oddzielania się ładunków dodatnich i ujemnych po przeciwnych stronach przewodnika.
- 3) Matematyczny opis efektu Halla
 - Wzór na napięcie Halla:
 - Opis: Jak prąd (I), natężenie pola magnetycznego (B), liczba nośników ładunku (n), ładunek elektronu (e) i grubość przewodnika (t) wpływają na napięcie Halla.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Wizualizacja: Interaktywna animacja, gdzie uczniowie mogą manipulować wartościami parametrów, aby zobaczyć wpływ na napięcie Halla.
- Zależności: Omówienie zależności między napięciem Halla a różnymi parametrami fizycznymi przewodnika i pola magnetycznego.

4) Przykłady zastosowań efektu Halla

- Czujniki Halla: Omówienie zastosowania w czujnikach, które mierzą prędkość obrotową, pozycję i prędkość liniową.
 - Wizualizacja: Animacje pokazujące działanie czujników Halla w rzeczywistych aplikacjach, takich jak samochody czy urządzenia elektroniczne.
- Mierniki prądu: Jak wykorzystuje się efekt Halla do pomiaru natężenia prądu.
 - Wizualizacja: Schematy obwodów wykorzystujących efekt Halla do pomiarów.

5) Quiz utrwalający wiedzę

Temat 5. Cyklotron

- 1) Wprowadzenie do tematu: Wyjaśnienie zasady działania cyklotronu, jego budowy oraz zastosowań w nauce i medycynie. Krótka animacja pokazująca działanie cyklotronu, od wprowadzenia cząstki do przyspieszania jej w polu magnetycznym.
- 2) Podstawowe pojęcia
 - Cyklotron: Definicja cyklotronu jako urządzenia przyspieszającego cząstki naładowane za pomocą pola magnetycznego i oscylującego pola elektrycznego.
 - Cząstki naładowane: Przykłady cząstek (protony, jony) przyspieszanych w cyklotronie.
 - Oscylujące pole elektryczne: Jak pole elektryczne zmienia się w czasie, aby przyspieszać cząstki.
 - Pole magnetyczne: Jak stałe pole magnetyczne kieruje cząstki na spiralnej trajektorii.
- 3) Budowa cyklotronu
 - Magnesy: Opis funkcji magnesów utrzymujących cząstki na spiralnej trajektorii.
 - Wizualizacja: Schemat budowy cyklotronu z zaznaczeniem kluczowych elementów.
 - Dees (elektrody D): Rola elektrod D w przyspieszaniu cząstek.
 - Wizualizacja: Animacja przedstawiająca ruch cząstek między elektrodami D.
 - Źródło cząstek: Skąd pochodzą cząstki w cyklotronie.
- 4) Zasada działania cyklotronu
 - Proces przyspieszania: Jak cząstki są przyspieszane za pomocą oscylującego pola elektrycznego.
 - Wzór na prędkość: $v = qBr/m$
 - Opis: Jak prędkość cząstki zależy od ładunku (q), pola magnetycznego (B), promienia (r) i masy (m).
 - Wizualizacja: Interaktywna animacja pokazująca cząstkę przyspieszaną w cyklotronie.
 - Częstotliwość cyklotronu: Związek między częstotliwością pola elektrycznego a przyspieszaniem cząstek.
 - Wzór: $f = qB/2\pi m$
 - Opis: Jak częstotliwość oscylacji jest dopasowana do ruchu cząstek.
 - Wizualizacja: Symulacja pokazująca zależność między częstotliwością a efektywnością przyspieszania.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 5) Przykłady zastosowań cyklotronu
- Produkcja radioizotopów: Jak cyklotrony są używane do produkcji izotopów stosowanych w medycynie.
 - Wizualizacja: Przykład produkcji radioizotopów, np. do diagnostyki PET.
 - Badania naukowe: Wykorzystanie cyklotronów w badaniach fizycznych, chemicznych i biologicznych.
 - Wizualizacja: Przykłady zastosowań w laboratoriach badawczych.
 - Radioterapia: Jak cyklotrony przyczyniają się do leczenia nowotworów.
 - Wizualizacja: Animacja pokazująca zastosowanie cyklotronu w terapii protonowej.
- 6) Quiz utrwalający wiedzę

Eksperyment wirtualny

Interaktywne symulacje pozwalające uczniom na eksplorację i zrozumienie zjawisk fizycznych związanych z ruchem cząstek naładowanych w polu magnetycznym.

1) Interfejs:

- Główne okno: centralny obszar ekranu, gdzie wyświetlane są symulacje ruchu cząstek.
- Panel kontrolny: panel boczny z opcjami do ustawiania parametrów eksperymentu.
- Przyciski sterujące: „Start”, „Stop”, „Reset”, „Pauza” do kontrolowania przebiegu eksperymentu.

2) Parametry:

- Ładunek cząstki: wybór między różnymi wartościami ładunku (dodatni, ujemny, neutralny).
- Prędkość początkowa: ustawianie wektora prędkości początkowej cząstki.
- Natężenie pola magnetycznego: regulacja natężenia i kierunku pola magnetycznego.
- Masa cząstki: zmiana masy cząstki, aby zobaczyć wpływ na ruch.
- Rodzaj pola: wybór między jednorodnym i niejednorodnym polem magnetycznym.

3) Eksperymenty:

- Ruch w polu jednorodnym:
 - Cel: zrozumienie ruchu kołowego i spiralnego cząstki w jednorodnym polu magnetycznym.
 - Opis: uczniowie mogą zmieniać prędkość początkową, natężenie pola i obserwować trajektorię ruchu.
- Ruch w polu niejednorodnym:
 - Cel: badanie zachowania cząstek w polu magnetycznym o zmiennym natężeniu.
 - Opis: symulacja pokazuje, jak cząstki poruszają się w polu o zmiennym natężeniu, np. w pobliżu biegunów magnesu.
- Efekt Halla:
 - Cel: zrozumienie efektu Halla i jego zastosowań.
 - Opis: eksperyment demonstruje tworzenie się różnicy potencjałów w przewodniku umieszczonym w polu magnetycznym.
- Cyklotron:
 - Cel: poznanie zasady działania cyklotronu.
 - Opis: uczniowie mogą symulować przyspieszenie cząstki w cyklotronie, obserwując wpływ zmiany częstotliwości i natężenia pola magnetycznego.

4) Wizualizacja i analiza:



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Trajektorie ruchu: kolorowe linie śledzące trajektorię ruchu cząstek, zmieniające kolor w zależności od prędkości.
- Siły działające na cząstkę: strzałki pokazujące kierunek i wielkość siły Lorentza.
- Pole magnetyczne: wizualizacja linii pola magnetycznego.
- Wykresy: możliwość generowania wykresów, np. prędkość od czasu, położenie od czasu.
- Dane numeryczne: tabela z danymi dotyczącymi parametrów ruchu cząstki, np. prędkość, położenie, przyspieszenie.

5) Interaktywność:

- Manipulacja parametrami w czasie rzeczywistym: użytkownicy mogą zmieniać parametry podczas trwania eksperymentu i natychmiast obserwować efekty tych zmian.
- Eksperymenty kontrolowane: eksperymenty z konkretnymi celami edukacyjnymi, np. jak zmiana natężenia pola wpływa na promień krzywizny trajektorii cząstki.
- Eksperymenty otwarte: Uczniowie mają swobodę w eksperymentowaniu z parametrami, aby odkrywać różne aspekty ruchu cząstki w polu magnetycznym.

6) Dostępność:

- Tekst alternatywny: opisy tekstowe dla wszystkich elementów wizualnych.
- Obsługa klawiatury: pełna obsługa wszystkich funkcji za pomocą klawiatury.
- Skalowalność interfejsu: możliwość powiększania elementów interfejsu i tekstu bez utraty czytelności.

7) Quizy zintegrowane z symulacjami:

- Interaktywne quizy wbudowane w symulacje, które wymagają od uczniów manipulacji parametrami symulacji w celu znalezienia odpowiedzi.
- Dynamika pytania na podstawie zachowań w symulacji, np. „Zmodyfikuj natężenie pola magnetycznego, aby uzyskać określoną trajektorię”.

Uzupełnienie: Opis działania aplikacji z quizami

1) Interfejs użytkownika:

- **Główne okno symulacji:** Centralne miejsce, gdzie odbywa się symulacja ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym.
- **Panel sterowania:** Interaktywny panel umożliwiający manipulację parametrami symulacji, takimi jak natężenie pola magnetycznego, prędkość początkowa cząstki, ładunek cząstki itp.
- **Okno quizu:** Zintegrowane okno z pytaniami quizowymi, które pojawiają się w odpowiedzi na konkretne działania ucznia w symulacji.

2) Funkcje aplikacji:

- **Inicjacja symulacji:** Uczeń rozpoczyna od uruchomienia symulacji, gdzie może obserwować ruch cząstki na ekranie głównym.
- **Wyświetlanie pytań quizowych :** Na podstawie interakcji ucznia z symulacją, aplikacja analizuje zachowanie cząstki (np. jej trajektorię) i w odpowiednim momencie wyświetla pytanie quizowe.
- **Przykład pytania:** "Zmodyfikuj natężenie pola magnetycznego tak, aby cząstka poruszała się po trajektorii spiralnej. Jakie zmiany należy wprowadzić?"

3) Manipulacja parametrami

- Uczeń może zmieniać parametry symulacji, na przykład natężenie pola magnetycznego, prędkość początkową, czy kierunek ruchu cząstki, aby eksperymentować i znaleźć odpowiedź na pytanie quizowe.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



4) Analiza wyników

- Po udzieleniu odpowiedzi, aplikacja ocenia poprawność odpowiedzi na podstawie wprowadzonych parametrów i zachowania symulacji.
- Uczeń może otrzymać natychmiastową informację zwrotną, która wyjaśnia, dlaczego odpowiedź jest poprawna lub niepoprawna.

Przykład użycia:

- 1) **Rozpoczęcie symulacji:** Uczeń uruchamia symulację ruchu cząstki na ekranie.
- 2) **Manipulacja parametrami:** Uczeń zmienia natężenie pola magnetycznego, obserwując, jak zmienia się trajektoria ruchu cząstki.
- 3) **Pytanie quizowe:** Po kilku zmianach parametrów, aplikacja wyświetla pytanie quizowe, np. "Jakie zmiany należy wprowadzić w polu magnetycznym, aby uzyskać określoną trajektorię?"
- 4) **Odpowiedź i ocena:** Uczeń formułuje odpowiedź na pytanie, opierając się na obserwacjach z symulacji. Aplikacja ocenia odpowiedź i udziela informacji zwrotnej.
- 5) **Kontynuacja nauki:** Uczeń może eksperymentować dalej lub przechodzić do kolejnych etapów quizu, zdobywając wiedzę w sposób interaktywny i praktyczny.

Test sprawdzający

Jego celem jest sprawdzenie zrozumienia materiału dotyczącego ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym. Powinien zawierać różnorodne pytania zawierające elementy graficzne.

Podsumowanie

Na zakończenie materiału uczniowie przechodzą do ekranu podsumowującego, na którym nauczyciel podsumowuje kluczowe pojęcia i wyniki eksperymentów oraz zachęca do dyskusji na temat zdobytej wiedzy i jej znaczenia.

Mechanika materiału

Nawigacja:

- Użytkownik może poruszać się po materiale za pomocą interaktywnych przycisków nawigacyjnych, które pozwalają na przejście między poszczególnymi ekranami lub sekcjami materiału.
- Przyciski nawigacyjne mogą być umieszczone na dolnym lub górnym pasku narzędziowym, ułatwiając użytkownikowi szybkie przechodzenie między różnymi częściami materiału.

Interakcje z treścią:

- Użytkownik może aktywnie uczestniczyć w materiale poprzez interakcję z treścią, na przykład poprzez wybieranie odpowiedzi w quizach, przeciąganie elementów na ekranie, czy manipulowanie parametrami w symulacjach.
- Interakcje z treścią mogą być realizowane za pomocą przycisków, suwaków, czy poleceń



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



wydawanych przez nauczyciela.

Symulacje i eksperymenty wirtualne:

- Użytkownik może eksperymentować z różnymi parametrami i zjawiskami za pomocą interaktywnych symulacji i eksperymentów wirtualnych.
- Symulacje mogą umożliwiać użytkownikowi zmianę wartości parametrów i obserwowanie wyników w czasie rzeczywistym, co pozwala na eksplorację zjawiska w sposób praktyczny i interaktywny.

Podsumowania i quizy:

- Po każdej sekcji materiału użytkownik może być prezentowany z podsumowaniem kluczowych pojęć oraz quizem lub zadaniami praktycznymi, które pozwalają na sprawdzenie zrozumienia tematu.
- Quizy mogą zawierać różnego rodzaju pytania, takie jak pytania wielokrotnego wyboru, dopasowywanie lub zadania typu prawda/fałsz.

Wsparcie multimedialne: Materiał musi być wsparty różnymi elementami multimedialnymi, takimi jak animacje, zdjęcia, nagrania wideo, które pomagają wizualizować pojęcia i zjawiska, co ułatwia zrozumienie materiału.

Grafika

Ekran powitalny:

- Na ekranie powitalnym widoczny jest tytuł materiału oraz krótki opis tematu lekcji.
- Grafika może zawierać ilustrację związane z tematem, na przykład cząstkę naładowaną poruszającą się w polu magnetycznym.

Interaktywne, multimedialne wprowadzenie zagadnień teoretycznych: Zasada działania siły Lorentza:

- Podczas wprowadzenia multimedialnego na ekranie wyświetlane są ilustracje, animacje lub diagramy, które wizualizują zasadę działania siły Lorentza.
- Grafika może przedstawiać strzałki symbolizujące siłę magnetyczną oraz ruch cząstki.

Symulacje ruchu cząstki:

- Podczas korzystania z interaktywnego symulatora, na ekranie pojawia się graficzna reprezentacja cząstki poruszającej się w polu magnetycznym.
- Grafika może obejmować widok cząstki z różnych perspektyw oraz wizualizację pola magnetycznego.

Eksperymenty wirtualne:

- W trakcie eksperymentów wirtualnych, na ekranie są prezentowane manipulowane parametry oraz obserwowane wyniki.
- Grafika może zawierać wykresy, wykresy XY lub animowane reprezentacje wyników eksperymentów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Analiza wyników:

- Podczas analizy wyników, na ekranie wyświetlane są grafiki ilustrujące różne trajektorie ruchu cząstki oraz wyniki eksperymentów.
- Grafika może obejmować porównanie różnych przypadków ruchu oraz interpretację wyników.

Zastosowania praktyczne:

- W sekcji zastosowań praktycznych, na ekranie prezentowane są ilustracje lub schematy przedstawiające przykładowe aplikacje zjawiska ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym.
- Grafika może zawierać zdjęcia lub symbole przedstawiające akceleratory cząstek, urządzenia medyczne lub generatory.

Podsumowanie:

- Na ekranie podsumowania mogą być prezentowane grafiki ilustrujące kluczowe pojęcia i wnioski z lekcji.
- Grafika może zawierać symbole oznaczające zrozumienie tematu oraz jego praktyczne zastosowania.

Przykładowe inspiracje

- **PhET Interactive Simulations – Magnetism & Electromagnetism**
Kategoria: Symulacje naukowe.
Opis: Interaktywne symulacje prezentujące oddziaływania magnetyczne i działanie siły Lorentza.
Inspiracja: Dynamiczne wizualizacje pola magnetycznego oraz interaktywne narzędzia do eksperymentowania.
- **Magnet and Compass – Open Source Physics Project**
Kategoria: Narzędzie interaktywne do eksperymentów fizycznych.
Opis: Aplikacja edukacyjna pozwalająca eksperymentować z oddziaływaniem pola magnetycznego na igłę kompasu.
Inspiracja: Symulacja zachowania igły magnetycznej w różnych warunkach pola magnetycznego.
- **ExploreLearning Gizmos – Electromagnetism**
Kategoria: Interaktywne laboratoria edukacyjne.
Opis: Narzędzie online pozwalające uczniom eksperymentować z elektromagnesami i analizować wpływ parametrów na siłę magnetyczną.
Inspiracja: Dynamiczne dostosowywanie parametrów takich jak liczba zwojów cewki czy natężenie prądu.
- **Khan Academy – Electricity and Magnetism**
Kategoria: Interaktywne lekcje online.
Opis: Kurs online poświęcony podstawom magnetyzmu i elektromagnetyzmu, w tym polu magnetycznemu przewodników z prądem.
Inspiracja: Przystępne wyjaśnienia teoretyczne oraz quizy sprawdzające wiedzę.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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 łączeniem przycisków (uwzględnia ustawienie pozwalające je uprościć lub pominąć/wyłączyć);
4. umożliwiać korzystanie z wirtualnej klawiatury ekranowej (jeśli materiał tego wymaga), którą można sterować za pomocą myszy lub technologii wspomagających, takich jak wzrok lub przełącznik;
5. umożliwiać skorzystanie z pomocy w sytuacjach potencjalnie trudnych, związanych z poruszaniem się po materiale;
6. użytkownik przed skorzystaniem z zaawansowanego e-materiału powinien mieć możliwość zapoznania się tutorialiem objaśniającym, jak korzystać z ułatwień dostępu;
7. mechanika zaawansowanego e-materiału powinna pozwalać na dostęp do wszystkich obszarów interfejsu użytkownika;
8. zaawansowany e-materiał powinien być dostępny za pomocą technologii asystujących, m.in. czytników ekranu, oprogramowania asystującego w technologiach mobilnych.

Jeżeli w materiale będą występowały treści nieinterpretowalne przez technologie asystujące, wykonawca zobowiązany jest zapewnić alternatywę wchodzącą w e-materiał i stanowiącą integralną całość zaawansowanego e-materiału. Bez konsultacji z ekspertami ORE nie dopuszcza się tworzenia alternatywnego (równoległego rozwiązania) dedykowanego osobom z różnymi potrzebami.

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać między innymi potrzeby osób:

- z ograniczeniami wzroku,



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



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

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

Ograniczenia wzroku:

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

Ograniczenia słuchu:

- stosowanie prostego języka, niestosowanie figur stylistycznych i idiomów;
- zapewnienie alternatywy tekstowej każdej kluczowej informacji dźwiękowej;
- dodanie napisów i transkrypcji do treści audio i wideo;
- możliwość modyfikacji napisów, zmiana rozmiaru/koloru oraz ich włączania i wyłączania zanim pojawi się dźwięk;
- stosowanie napisów rozszerzonych informujących o dodatkowych dźwiękach i nastroju oraz postaci mówiących;
- 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 pojawiają 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;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 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.

5. Wymagania funkcjonalne i techniczne

Kluczowe warunki funkcjonalne dla Wykonawców

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

- **Realistyczna symulacja ruchu cząstki naładowanej:**
 - Interaktywne modele 3D: Użytkownicy mogą manipulować parametrami cząstki (ładunek, masa, prędkość początkowa) oraz pola magnetycznego (natężenie, kierunek) i obserwować ich wpływ na trajektorię.
 - Wizualizacja siły Lorentza: Interaktywne animacje pokazujące siłę Lorentza w czasie rzeczywistym, z użyciem wektorów wskazujących kierunek i wielkość siły.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Nawigacja i zarządzanie eksperymentami:**
 - Panel kontrolny: Użytkownicy mają dostęp do panelu, który umożliwia łatwą zmianę parametrów oraz przełączanie się między różnymi eksperymentami.
 - Tryb edukacyjny: System podpowiedzi i krokowe instrukcje, które wspierają mniej zaawansowanych użytkowników w zrozumieniu pojęć i przeprowadzeniu eksperymentów.
- **Wprowadzenie teoretyczne:**
 - Materiały multimedialne: Wprowadzenie do teorii ruchu cząstek w polu magnetycznym oraz zasady działania siły Lorentza, z wykorzystaniem animacji i diagramów.
 - Zrozumiałe definicje: Przystępnie przedstawione pojęcia, takie jak pole magnetyczne, siła Lorentza i ruch kołowy, z opisami i wzorami.
- **Scenariusze i poziomy trudności:**
 - Scenariusze edukacyjne: Symulacje obejmują różne scenariusze, takie jak „Ruch kołowy w polu jednorodnym”, „Efekt Halla” i „Cyklotron”. Każdy scenariusz ma jasno określone cele i wyzwania.
 - Poziomy trudności: Użytkownicy mogą wybierać poziomy trudności, które zwiększają się stopniowo, od podstawowych zadań po bardziej złożone analizy ruchu cząstek.
- **Rejestrowanie wyników i analiza danych:**
 - Generowanie wykresów: Wykresy przedstawiające ruch cząstki, takie jak zależność prędkości od czasu czy tor ruchu.
 - Porównanie wyników: Użytkownicy mogą porównywać dane eksperymentalne z wynikami teoretycznymi i wyciągać wnioski.
- **System oceny i informacja zwrotna:**
 - Interaktywne quizy: Testy wiedzy związane z ruchem cząstki i siłą Lorentza, z automatyczną oceną i informacją zwrotną.
 - Edukacyjne wskazówki: Podsumowania, które pomagają w zrozumieniu, jak parametry wpływają na ruch cząstki.
- **Personalizacja przez nauczyciela:**
 - Dostosowanie eksperymentów: Nauczyciele mogą wybierać lub modyfikować dostępne eksperymenty, dostosowując je do programu zajęć. Nauczyciel może konfigurować aplikację, włączając lub wyłączając wybrane moduły, edytować treści quizów i ćwiczeń oraz dostosowywać parametry eksperymentów (np. siła pola, prędkość cząstki, ładunek)
 - Tworzenie własnych scenariuszy: Możliwość tworzenia nowych eksperymentów edukacyjnych, w których uczniowie muszą zastosować wiedzę teoretyczną.

Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców

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

- **Realizm grafiki i optymalizacja:**



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Wysokiej jakości wizualizacje: Realistyczne i zoptymalizowane modele 3D, które pozwalają na płynną interakcję, nawet na urządzeniach o ograniczonej wydajności.
- Dostosowanie jakości: Automatyczne dostosowanie jakości grafiki do parametrów urządzenia.
- **Raportowanie i statystyki:**
 - Generowanie raportów: Funkcje dla nauczycieli umożliwiające monitorowanie postępów uczniów. Raporty powinny być eksportowalne do PDF oraz CSV oraz zawierać analizę błędów w quizach i ćwiczeniach.
 - Podsumowanie wyników: Raporty prezentujące osiągnięcia uczniów i obszary wymagające poprawy.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

