

## SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

### 1. Metryczka materiału

|  |   |
|--|---|
| <b>Tytuł materiału</b>   | Czym jest światło?  |
| <b>Numer materiału</b>   | VI.2  |
| <b>Autorzy scenariusza</b>   | Joanna Ciesielska   |
| <b>Weryfikacja WCAG</b>  | Zespół ekspertów ds. WCAG (Dominika Gaponiuk, Agnieszka Brodowska, Urszula Grygier, Łukasz Mroziński)   |
| <b>Weryfikacja założeń techniczno-informatycznych</b>  | Zespół informatyków ds. integrowania e-materiałów pod względem technologicznym (Paweł, Tomaszek, Katarzyna Gagan, Anna Magdziarz-Tomaszek, Grzegorz Kuszczak) |
| <b>Weryfikacja językowa</b>  | Alicja Berbeka  |
| <b>Rodzaj multimedium</b>  | wirtualna symulacja   |
| <b>Wykorzystanie AR lub VR</b><br>AR - rozszerzona rzeczywistość<br>VR - wirtualna rzeczywistość | standardowa 2D lub 3D<br><input type="checkbox"/> AR<br><input type="checkbox"/> VR   |
| <b>Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał</b>                             | III etap:<br>Liceum / technikum zakres podstawowy<br>Liceum / technikum zakres rozszerzony  |
| <b>Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał</b>                                 | fizyka  |



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## 2. Opis materiału

### Skrócony opis materiału (abstrakt)

Materiał edukacyjny zapewnia podróż przez zjawiska interferencji, dyfrakcji i efektu fotoelektrycznego, podkreślając podwójną naturę światła jako fali elektromagnetycznej i korpuskuł (fotonów). Za pomocą zaawansowanych symulacji interaktywnych, uczniowie mają możliwość eksperymentowania z różnymi parametrami i obserwowania, jak zmienia się zachowanie światła w zależności od jego interpretacji jako fali lub korpuskuł. Materiał kładzie duży nacisk na zrozumienie teoretycznych podstaw oraz praktycznych zastosowań podwójnej natury światła, co umożliwia pełniejsze zrozumienie tych złożonych koncepcji fizycznych.

### Cel ogólny materiału

Interaktywny materiał edukacyjny pozwoli użytkownikom zrozumieć podwójną naturę światła jako fali elektromagnetycznej i korpuskuł (fotonów) oraz związane z nimi zjawiska: interferencja, dyfrakcja i efekt fotoelektryczny. Cel będzie realizowany poprzez interaktywne symulacje, multimedia, które wprowadzą użytkowników w teoretyczne podstawy związane z podwójną naturą światła, interaktywne ćwiczenia pozwalające użytkownikom eksperymentować i obserwować, jak zmienia się zachowanie światła w odpowiedzi na zmiany parametrów testy wiedzy.

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

#### Szkoła ponadpodstawowa

#### Fizyka

#### Cele ogólne:

- Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
- Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł.

#### Cele szczegółowe:

Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;

Fale i optyka. Uczeń:

- opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;
- opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie;
- stosuje zasadę superpozycji fal; opisuje zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia i wygaszenia się fal w zjawisku interferencji; opisuje przestrzenny obraz interferencji;
- rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną;
- opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal o różnych częstotliwościach;
- opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Fizyka atomowa. Uczeń:

- opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię;
- opisuje zjawisko fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej.

### Sposoby realizacji

- A. **Zrozumienie podstawowych cech światła jako fali elektromagnetycznej**(wyjaśnienie pojęć: częstotliwość, długość fali, amplituda).
- **Realizacja:** Interaktywny model fali elektromagnetycznej, w którym uczeń może kontrolować: częstotliwość, długość fali, amplitudę
- B. **Opanowanie zjawisk związanych z falami świetlnymi: interferencja i dyfrakcja** (zidentyfikowanie i wyjaśnienie zjawisk interferencji i dyfrakcji światła).
- **Realizacja:** Eksploracyjna interaktywna symulacja pozwalająca na zapoznanie się ze zjawiskami z falami świetlnymi, takimi jak dyfrakcja i interferencja.
- C. **Zapoznanie z efektem fotoelektrycznym i jego zastosowaniami**(zrozumienie zjawiska efektu fotoelektrycznego i jego zastosowań w praktyce).
- **Realizacja:** Eksploracyjna interaktywna symulacja, w której uczeń aktywnie odkrywa i rozumie zjawisko efektu fotoelektrycznego, badając jego mechanizm oraz praktyczne zastosowania w nowoczesnych technologiach.
- D. **Zapoznanie się z fotonową teorią światła A. Einsteina w celu wyjaśnienia mechanizmu efektu fotoelektrycznego.**
- **Realizacja:** Eksploracyjna interaktywna symulacja, w której uczeń poznaje założenia fotonowej teorii światła Alberta Einsteina.
- E. **Zrozumienie dualistycznej natury światła**
- **Realizacja:** Eksploracyjna interaktywna symulacja, w której uczeń aktywnie odkrywa i wyjaśnia podwójną naturę światła, analizując sytuacje, w których światło zachowuje się jak fala i jak strumień cząstek (fotony).
- F. **Eksperymenty potwierdzające podwójną naturę światła**
- **Realizacja:** a) wizualizacja światła w różnych sytuacjach eksperymentalnych b) symulacja: eksperyment Younga c) symulacja: efekt fotoelektryczny d) wirtualna analiza eksperymentu Comptona – uczeń obserwuje zderzenie fotonu z elektronem i oblicza przesunięcie długości fali, dowodząc korpuskularnej natury światła.
- G. **Praktyczne zastosowania podwójnej natury światła** (identyfikacja i analiza technologii wykorzystujących zarówno falowe, jak i korpuskularne właściwości światła w różnych dziedzinach nauki i techniki).
- **Realizacja:** Uczeń eksploruje rzeczywiste technologie i zjawiska wykorzystujące zarówno falową, jak i korpuskularną naturę światła. Poprzez eksperymentowanie z różnymi parametrami światła, dowiadyuje się, jak dualizm światła znajduje zastosowanie w nauce i technologii.
- H. Ocena postępów i stopnia zrozumienia omawianych koncepcji.
- **Realizacja:** Test wiedzy i umiejętności: *Dualna natura światła*. Test powinien składać się zarówno z pytań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych zgodnie z taksonomią Blooma ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych.

System ocen i testów powinien umożliwiać nauczycielom:

- **Podgląd wyników uczniów** z podziałem na poszczególne obszary tematyczne (np. interferencja, efekt fotoelektryczny).
- **Eksport wyników** w formacie **CSV** lub **PDF** w celu dalszej analizy.
- **Filtrację wyników** według kluczowych parametrów, takich jak liczba poprawnych odpowiedzi czy czas spędzony w aplikacji.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



### 3. Charakterystyka materiału

#### Opis zawartości merytorycznej materiału

**Część 1. Wprowadzenie do podstaw fizyki światła** (pkt A. i B) zawiera:

- Interaktywny model fali elektromagnetycznej prezentujący podstawowe cechy światła jako fali elektromagnetycznej, takie jak częstotliwość, długość fali i amplituda.

Interaktywny model fali elektromagnetycznej, w którym uczeń może kontrolować:

- częstotliwość (przesuwając suwak, obserwuje jak fale stają się gęstsze lub rzadsze),
- długość fali (interaktywny wskaźnik pozwala zobaczyć odległość między kolejnymi grzbietami fali),
- amplitudę (zmiana wysokości grzbietów fali wpływa na intensywność światła).

Model powinien zawierać widok różnych części widma elektromagnetycznego (od fal radiowych do promieniowania gamma) oraz możliwość ustawiania parametrów fali i sprawdzenia, do jakiego zakresu widma należy jego fala. Ponadto, model powinien zawierać krótkie interaktywne zadanie z automatyczną odpowiedzią: Dopasuj odpowiednie częstotliwości, długości fali i amplitudy dla: światła czerwonego, promieniowania UV w solarium i mikrofali w kuchence. Po każdej próbie system wyjaśnia konsekwencje wyboru, np.: Promieniowanie UV ma krótszą długość fali niż światło widzialne, dlatego przenika głębiej w skórę.

- Eksploracyjny interaktywny wstęp pozwalający na zapoznanie się ze zjawiskami takimi jak dyfrakcja i interferencja.

Uczeń widzi animowaną falę świetlną przechodzącą przez szczeliny (jedną, dwie, kilka) i może obserwować różne wzory interferencyjne (jasne i ciemne prążki). Uczeń eksperymentuje, zmieniając szerokość i liczbę szczelin oraz długość fali światła. Uczeń może również zmieniać odległość między szczelinami i obserwować zmianę rozstawu prążków interferencyjnych. Może też zmieniać długość fali i sprawdzić, jak interferencja różni się dla światła czerwonego i niebieskiego. Zadanie do wykonania: uczeń dopasowuje nazwę dyfrakcja i nazwę interferencja lub dyfrakcja i interferencja do różnych wzorów świetlnych.

- Quiz utrwalający

Test powinien składać się zarówno z zadań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych opracowanych zgodnie z taksonomią Blooma ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych.

#### Przykładowe zadania:

1. Uzupełnij zdanie:  
Jeżeli światło przechodzi z powietrza do wody, jego \_\_\_\_\_ pozostaje stała, ale jego \_\_\_\_\_ maleje.  
(Podpowiedzi: *prędkość, częstotliwość, długość fali, amplituda*)
2. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń poprawnie opisują fale elektromagnetyczne?  
(Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.)
  - a) **Nie wymagają ośrodka do rozchodzenia się.**
  - b) **Ich prędkość w próżni wynosi około  $3 \cdot 10^8$  m/s.**
  - c) Mają zawsze taką samą długość fali niezależnie od częstotliwości.
  - d) **Mogą być spolaryzowane.**
3. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń najlepiej wyjaśnia, dlaczego fale radiowe i światło



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



widzialne to fale elektromagnetyczne?(Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.)

- a) Mają tę samą częstotliwość.
  - b) Przemieszczają się z prędkością dźwięku w powietrzu.
  - c) **Składają się z oscylujących pól elektrycznych i magnetycznych.**
  - d) Potrzebują ośrodka do rozchodzenia się.
4. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania: Częstotliwość fali elektromagnetycznej oznacza:
- a) **liczbę fal, które przechodzą przez punkt w jednostce czasu.**
  - b) odległość między kolejnymi szczytami fali
  - c) prędkość rozchodzenia się fali w danym ośrodku.
  - d) maksymalne wychylenie od stanu równowagi fali.

## Część 2. Efekt fotoelektryczny i jego zastosowanie (pkt. C) zawiera:

- Eksploracyjną interaktywną symulację, w której uczeń aktywnie odkrywa i rozumie zjawisko efektu fotoelektrycznego, badając jego mechanizm oraz praktyczne zastosowania w nowoczesnych technologiach.

Uczeń obserwuje, jak światło padające na metalową płytkę wybija elektrony. Sprawdza, czy każde światło wywołuje emisję fotoelektronów oraz jak energia światła wpływa na efekt fotoelektryczny. Uczeń może kontrolować:

- rodzaj światła (długość fali) – zmienia kolor światła i obserwuje, przy jakiej długości fali dochodzi do emisji elektronów.
- natężenie światła – reguluje liczbę fotonów i sprawdza, czy ma to wpływ na energię wybitych elektronów.
- rodzaj metalu – testuje różne materiały (np. cynk, miedź, cez), by odkryć, które mają najniższy próg energetyczny.
- potencjał hamujący – zmienia napięcie, aby zatrzymać wybite elektrony i zmierzyć ich energię kinetyczną.

**Zadanie do wykonania:** Ustalić minimalną energię fotonu potrzebną do wybicia elektronu z różnych metali. Wybiera odpowiednią długość fali światła i obserwuje, czy zachodzi efekt fotoelektryczny. Informacja zwrotna: System podpowiada, dlaczego dany wybór był poprawny lub błędny, np. „Długość fali światła czerwonego jest za duża, dlatego jego fotony nie mają wystarczającej energii.”

Praktyczne zastosowania efektu fotoelektrycznego:

Uczeń bada działanie technologii opartych na efekcie fotoelektrycznym:

- Panele słoneczne – testuje, jak różne długości fali wpływają na wydajność ogniw fotowoltaicznych.
- Fotokomórki i czujniki ruchu – sprawdza, jak światło może sterować urządzeniami.
- Aparaty cyfrowe i kamery CCD – analizuje sposób rejestracji obrazu.
- Detektory światła w teleskopach i spektroskopach – bada, jak efekt fotoelektryczny pomaga w nauce.

## Interaktywne ćwiczenie:

- Użytkownik wybiera jedno zastosowanie (np. panel słoneczny) i eksperymentuje, dobierając odpowiednie parametry światła, aby zwiększyć wydajność urządzenia.

## Część 3. Fotonowa teoria światła A. Einsteina (pkt. D) zawiera:

- Eksploracyjną interaktywną symulację, w której uczeń poznaje założenia fotonowej teorii



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



światła Alberta Einsteina:

- światło składa się z kwantów energii-fotonów
- energia fotonu jest proporcjonalna do częstotliwości światła ( $E=hf$ ,  $h$ -stała Plancka)
- elektrony są emitowane z metalu tylko wtedy, gdy padające fotony mają wystarczającą energię
- energia kinetyczna emitowanych elektronów zależy liniowo od częstotliwości światła.

Uczeń samodzielnie odkrywa założenia fotonowej teorii światła poprzez interaktywną eksplorację efektu fotoelektrycznego:

#### Eksperyment 1: Światło składa się z kwantów energii – fotonów

Uczeń wybiera źródło światła (np. laser czerwony, niebieski, UV) i kieruje je na metalową płytkę. Na ekranie pojawiają się fotony jako kule energii uderzające w powierzchnię metalu.

Kluczowe wnioski:

- Światło nie jest ciągłą falą energii, lecz składa się z indywidualnych fotonów.
- Każdy foton przenosi określoną ilość energii, zależną od częstotliwości światła.

#### Eksperyment 2: Energia fotonu jest proporcjonalna do częstotliwości światła ( $E = hf$ )

Uczeń zmienia częstotliwość światła (od podczerwieni do ultrafioletu) i obserwuje zmiany w energii fotonów.

- Wizualizacja: Im wyższa częstotliwość światła, tym bardziej „energetyczne” fotony (np. UV mają większą energię niż czerwone światło).
- Eksperyment matematyczny: Użytkownik wpisuje wartość częstotliwości i oblicza energię fotonu, korzystając ze wzoru  $E = hf$ .

Kluczowe wnioski:

- Energia fotonu zwiększa się wraz ze wzrostem częstotliwości światła.
- Stwierdzenie „więcej światła → więcej energii” jest błędne – to częstotliwość, a nie natężenie decyduje o energii pojedynczego fotonu.

#### Eksperyment 3: Elektrony są emitowane z metalu tylko wtedy, gdy fotony mają wystarczającą energię

Uczeń naświetla metalową płytkę różnymi kolorami światła i obserwuje, kiedy dochodzi do emisji elektronów.

- Zjawisko progowe: czerwone światło (nawet o dużym natężeniu) nie powoduje emisji, ale niebieskie i ultrafioletowe – tak.
- Zadanie eksploracyjne: Użytkownik szuka minimalnej częstotliwości potrzebnej do emisji elektronów dla różnych metali.

Kluczowe wnioski:

- Elektrony nie są emitowane przez światło o niskiej częstotliwości, niezależnie od jego natężenia.
- Energia fotonu musi być większa niż pewna energia progowa/graniczna, zależna od metalu.
- Jest to sprzeczne z klasyczną teorią falową, która przewidywała, że wystarczająco



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





intensywne światło powinno zawsze wybijać elektrony.

**Eksperyment 4: Energia kinetyczna wybitych z metalu elektronów zależy liniowo od częstotliwości światła**

- Uczeń może regulować częstotliwość światła i mierzyć prędkość elektronów wybitych z metalu.
- Wizualizacja: W miarę zwiększania częstotliwości światła wybite elektrony poruszają się coraz szybciej.
- Zadanie matematyczne: Użytkownik analizuje wykres zależności energii kinetycznej elektronów od częstotliwości światła i sprawdza, że jest to funkcja liniowa.

Kluczowe wnioski:

- Energia kinetyczna elektronów zwiększa się liniowo wraz z częstotliwością światła.
- Einstein poprawnie opisał to równaniem:  $E_k = hf - W$ , gdzie  $W$  to praca wyjścia elektronu z metalu.

**Quiz utrwalający**

Test powinien składać się zarówno z pytań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych opracowanych zgodnie z taksonomią Blooma ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych.

Przykładowe pytania:

1. Wskaż, w których z poniższych urządzeń wykorzystuje się zjawisko fotoelektryczne:
  - a) **Fotokomórki**
  - b) Mikroskopy elektronowe
  - c) Optyczne włókna światłowodowe
  - d) Transformatory.
2. Zaznacz wszystkie poprawne stwierdzenia dotyczące fotonów w teorii światła A. Einsteina:
  - a) **Foton jest cząstką światła, która przenosi energię w sposób kwantowy.**
  - b) Energia fotonu jest niezależna od częstotliwości światła.
  - c) **Energia fotonu jest proporcjonalna do częstotliwości światła ( $E = hf$ ).**
  - d) **Foton może być nazywany również kwantem światła**
3. Określ, jaką rolę pełni stała Plancka ( $h$ ) w równaniu  $E = hf$ :
  - a) Określa energię całkowitą systemu.
  - b) Mówi, jaka jest minimalna energia fotonu.
  - c) **Łączy energię fotonu z częstotliwością światła.**
  - d) Określa prędkość światła.
4. Wybierz prawdziwe twierdzenie na temat efektu fotoelektrycznego:
  - a) Energię wyemitowanych z metalu elektronów określa tylko intensywność światła.
  - b) **Elektrony są emitowane tylko wtedy, gdy fotony mają odpowiednią energię.**
  - c) Im więcej fotonów, tym więcej elektronów jest emitowanych, niezależnie od częstotliwości.
  - d) Efekt fotoelektryczny nie zachodzi w przypadku światła widzialnego.
5. Określ, od czego zależy energia kinetyczna wyemitowanych z metalu elektronów zgodnie z teorią Einsteina:
  - a) Natężenia światła padającego na metal
  - b) **Częstotliwości padającego światła**
  - c) Prędkości fotonów
  - d) Koloru światła

**Część 4. Podwójna natura światła: fala i korpuskuły** (pkt. E) zawiera:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Eksploracyjną interaktywną symulację, w której uczeń aktywnie odkrywa i wyjaśnia podwójną naturę światła, analizując sytuacje, w których światło zachowuje się jak fala i jak strumień cząstek (fotony).

Uczeń obserwuje światło przechodzące przez różne środowiska i musi określić, czy wykazuje ono cechy fali, czy cząstki:

- a) szczeliny (dyfrakcja i interferencja) - uczeń obserwuje, jak światło przechodzące przez jedną lub dwie szczeliny tworzy wzory interferencyjne i ulega ugięciu, co jest dowodem na jego falową naturę;
- b) powierzchnia metalu (efekt fotoelektryczny)-uczeń kieruje światło na metalową płytkę i sprawdza, czy zostaną wybite elektrony, co pokazuje korpuskularną naturę światła (światło działa jak strumień fotonów o określonej energii)
- c) ośrodek optyczny (załamanie i rozszczepienie światła) - uczeń może zmieniać ośrodek (np. powietrze, szkło, woda, pryzmat), obserwując, jak światło zmienia kierunek i rozszczepia się na różne kolory (fala o różnej długości ulega różnemu załamaniu)
- d) siatka dyfrakcyjna (rozszczepienie światła na składowe)-uczeń eksperymentuje z siatką dyfrakcyjną i widzi, jak różne długości fal ulegają różnemu ugięciu, co jest kolejnym dowodem na falową naturę światła.

Zadanie do wykonania: Quiz dynamiczny: użytkownik odpowiada na pytania, a system dostosowuje poziom trudności. Przykładowe pytania:

- Które zjawisko nie może być wyjaśnione teorią falową światła? (wybór wielokrotny)
- Przeciągnij i upuść nazwy eksperymentów do odpowiednich kategorii (fala/korpuskuła).
- Jak zmienić długość fali światła, aby zaobserwować efekt fotoelektryczny?

Quiz utrwalający

Test powinien składać się zarówno z pytań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych opracowanych zgodnie z taksonomią Blooma, ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych.

Przykładowe pytania:

1. Zidentyfikuj warunki, w których zjawisko dyfrakcji światła jest najbardziej widoczne:
  - a) **Gdy światło przechodzi przez szereg szczelin w cienkiej przesłonie.**
  - b) Gdy światło przechodzi przez szereg soczewek.
  - c) Gdy światło przechodzi przez przezroczystą szybę.
  - d) Gdy światło odbija się od lustrzanej powierzchni.
2. Określ, w jakich sytuacjach światło wykazuje właściwości falowe, a w jakich korpuskularne:
  - a) **Podczas zjawiska interferencji światło zachowuje się jak fala.**
  - b) **W zjawisku fotoelektrycznym światło zachowuje się jak korpuskuła (cząstka).**
  - c) W przypadku rozpraszania światło nie wykazuje cech korpuskularnych.
  - d) **W przypadku dyfrakcji światło zachowuje się jak fala.**
3. Wyjaśnij, dlaczego efekt fotoelektryczny potwierdza korpuskularną naturę światła:
  - a) Ponieważ światło w tym przypadku nie może być rozpraszane przez materię.
  - b) **Ponieważ fotony przenoszą określoną ilość energii, co umożliwia wybite elektronów z metalu.**
  - c) Ponieważ światło nie podlega dyfrakcji.
  - d) Ponieważ w tym przypadku nie dochodzi do interferencji.
4. Wskaż urządzenie, które wykorzystuje podwójną naturę światła:
  - a) Teleskop optyczny.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- b) Mikroskop elektronowy.
- c) **Fotokomórka.**
- d) Optyczne włókna światłowodowe.

### **Część 5. Eksperymenty potwierdzające podwójną naturę światła (pkt. F)**

W tej części użytkownik obserwuje światło zachowujące się raz jak fala, a raz jak cząstka.

#### **Pytania kierunkowe:**

- Jakie eksperymenty udowodniły, że światło może zachowywać się zarówno jak fala, jak i jak cząstka?
- Czy można przewidzieć, kiedy światło będzie falą, a kiedy cząstką?

Za pomocą interaktywnej mapy koncepcyjnej – uczeń może wybierać eksperymenty i analizować ich wyniki.

### **Symulacja 1 : Eksperyment Younga (interferencja światła – dowód na falową naturę)**

Uczeń może kontrolować:

- szerokość szczelin – zmienia ich rozstaw i obserwuje, jak wpływa to na wzór interferencyjny.
- długość fali światła – testuje różne kolory i analizuje zmiany odległości między prążkami.
- natężenie światła – sprawdza, czy zmiana liczby fotonów wpływa na interferencję.

Kluczowe wnioski:

- Światło ulega interferencji i dyfrakcji, co potwierdza jego falową naturę.
- Nawet przy pojedynczych fotonach interferencja nadal zachodzi, sugerując, że fotony interferują same ze sobą.

### **Symulacja 2: Efekt fotoelektryczny (światło jako fotony – dowód na korpuskularną naturę)**

Uczeń eksperymentuje z:

- długością fali światła – sprawdza, które fale (np. ultrafiolet) wybijają elektrony, a które (np. czerwone) nie.
- natężeniem światła – zmienia liczbę fotonów i obserwuje wpływ na emisję elektronów.
- rodzajem metalu – testuje różne materiały i ich progi energetyczne.

Kluczowe wnioski:

- Energia światła jest skwantowana (fotony) – światło przekazuje energię w postaci dyskretnych cząstek.
- Nie natężenie, lecz długość fali (a więc i energia fotonu) decyduje o efekcie fotoelektrycznym, co przeczy klasycznej teorii falowej.

### **Symulacja 3: Eksperyment Comptona (rozpraszanie fotonów – dowód na korpuskularną naturę światła)**

Uczeń eksperymentuje z:

- energią (częstotliwością) padających fotonów – sprawdza, jak zmienia się długość fali po



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



zderzeniu z elektronem.

- kątem rozproszenia fotonu – analizuje zależność między kątem rozproszenia a zmianą długości fali.
- rodzajem materiału tarczy – testuje różne materiały i ich wpływ na efekt Comptona.

Kluczowe wnioski:

- Światło zachowuje się jak cząstka (foton) o określonej energii i pędzie, która może zderzać się z elektronami, przekazując im część energii.
- Zjawisko to nie może być wyjaśnione wyłącznie modelem falowym, co potwierdza korpuskularną naturę światła.
- Eksperyment Comptona dostarczył jednego z kluczowych dowodów na istnienie fotonów i kwantową naturę promieniowania elektromagnetycznego.

#### **Interaktywne zadanie: Dopasowanie eksperymentu do cech światła**

- Uczeń otrzymuje listę eksperymentów i musi przyporządkować je do kategorii:
  - potwierdza naturę falową światła
  - potwierdza naturę korpuskularną światła
  - ukazuje dualizm światła
- Dodatkowe wyzwanie: uczeń może zmieniać parametry eksperymentów, aby zobaczyć, kiedy światło zachowuje się bardziej jak fala, a kiedy jak cząstka.

#### **Część 6. Praktyczne zastosowania podwójnej natury światła (pkt. G)**

Uczeń eksploruje rzeczywiste technologie i zjawiska wykorzystujące zarówno falową, jak i korpuskularną naturę światła. Poprzez eksperymentowanie z różnymi parametrami światła, dowiaduje się, jak dualizm światła znajduje zastosowanie w nauce i technologii. W tej części użytkownik rozpoczyna pracę od wyboru jednej z technologii bazujących na dualizmie światła:

- lasery i komunikacja optyczna – wykorzystanie fotonów do przesyłu informacji
- panele słoneczne (fotowoltaika) – efekt fotoelektryczny jako dowód na kwantową naturę światła
- holografia – zastosowanie interferencji światła w tworzeniu obrazów 3D.

Uczeń wybiera technologię, a następnie eksploruje interaktywną symulację pokazującą, jak w danym przypadku manifestuje się dualizm światła. Może zmieniać parametry, obserwować efekty i odpowiadać na pytania pomagające zrozumieć zależności fizyczne.

**Eksperyment 1: Lasery i komunikacja optyczna** (Korpuskularna natura światła – fotony jako nośniki informacji)

Zasada działania:

- Uczeń bada, jak lasery przesyłają informacje w światłowodach.
- Może regulować częstotliwość światła i analizować wpływ na transmisję danych.

Mechanika interakcji:

- Regulując energię fotonów, uczeń sprawdza, jak różne długości fal wpływają na efektywność przesyłu sygnału w światłowodzie.
- Symulacja pokazuje, że fotony nie tracą energii w transmisji światłowodowej.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Wniosek:

- Światło w postaci fotonów działa jako nośnik informacji w systemach komunikacyjnych.

**Eksperyment 2: Panele słoneczne – efekt fotoelektryczny** (korpuskularna natura światła – energia fotonów zamieniana na prąd)

Zasada działania:

- Uczeń testuje, które długości fal światła są najbardziej efektywne w generowaniu prądu w panelach słonecznych.
- Może zmieniać częstotliwość światła i natężenie oraz obserwować wpływ na ilość emitowanych elektronów.

Mechanika interakcji:

- Zmiana długości fali światła (od podczerwieni do UV) wpływa na ilość wybitych elektronów w ogniwie fotowoltaicznym.
- Wprowadzenie większego natężenia światła powoduje wzrost ilości elektronów, ale nie ich energii kinetycznej.

Wniosek:

- Efekt fotoelektryczny dowodzi istnienia fotonów, które przekazują energię elektronowi w metalu.

**Eksperyment 3: Holografia – interferencja światła** (Falowa natura światła – superpozycja fal tworząca obrazy 3D)

Zasada działania:

- Uczeń testuje, jak różne kąty padania światła laserowego wpływają na powstawanie obrazów holograficznych.

Mechanika interakcji:

- Może manipulować długością fali i obserwować, jak wpływa to na szczegółowość hologramu.
- Włączenie dodatkowego źródła światła powoduje zakłócenie wzoru interferencyjnego.

Wniosek:

- Interferencja fal świetlnych jest podstawą technologii holograficznych, które wykorzystują falową naturę światła.

**Eksperyment 5: Efekt Comptona** (dowód na korpuskularną naturę światła)

Zasada działania:

- Uczeń symuluje zderzenie fotonu z elektronem i analizuje zmianę długości fali po rozproszeniu.

Mechanika interakcji:

- Ustawia energię fotonu i obserwuje, jak zmienia się długość fali po zderzeniu z elektronem.
- Może porównywać efekt dla różnych częstotliwości (rentgenowskie, gamma).

Wniosek:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Światło zachowuje się jak cząstka z określoną energią i pędem.

#### Podsumowanie i quiz interaktywny

- Uczeń odpowiada na pytania dopasowane do wybranych eksperymentów.
- Przykładowe pytania:
  - Która technologia wykorzystuje falową naturę światła?
  - Jakie właściwości światła umożliwiają działanie laserów?
  - Jak długość fali wpływa na rozdzielczość mikroskopii?
  - Jak efekt fotoelektryczny potwierdza korpuskularną naturę światła?

#### Część 7. Test wiedzy. Utrwalenie wiedzy i umiejętności (pkt. H)

- Test powinien składać się zarówno z pytań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych zgodnie z taksonomią Blooma ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych.
- Cel: kompleksowa ocena wiedzy i umiejętności zdobytych w trakcie nauki poszczególnych części.
- Funkcje: wyniki i oceny po zakończeniu testu, możliwość przeglądania poprawnych odpowiedzi z wyjaśnieniami.

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

**Poprawność merytoryczna:** Wszystkie treści prezentowane w materiale muszą być oparte na aktualnych naukowych źródłach i prawidłowych teoriach fizycznych. Informacje powinny być precyzyjne, jasne i zgodne z akceptowanymi standardami w dziedzinie nauczania fizyki.

**Interaktywność:** Materiał musi zawierać interaktywne elementy, takie jak symulacje, ćwiczenia czy eksperymenty wirtualne, które zaangażują użytkowników i umożliwią im eksplorację omawianych koncepcji.

**Dostępność dla różnych poziomów zaawansowania:** Materiał powinien być dostosowany do różnych poziomów wiedzy i umiejętności, aby był użyteczny zarówno dla początkujących, jak i zaawansowanych użytkowników. Treści mają być prezentowane zgodnie z zasadą stopniowania trudności umożliwiając wprowadzanie użytkowników w coraz bardziej zaawansowane koncepcje.

**Wizualizacje i multimedia:** Konieczne jest stosowanie atrakcyjnych wizualizacji, animacji i multimediów dla ułatwienia zrozumienia abstrakcyjnych koncepcji fizycznych.

**Testy wiedzy i ocena postępów:** Materiał powinien zawierać testy wiedzy, które pozwolą użytkownikom sprawdzić swoje zrozumienie omawianych koncepcji i monitorować swoje postępy. Test powinien składać się zarówno z pytań zamkniętych różnego typu, jak i otwartych opracowanych zgodnie z taksonomią Blooma ze szczególnym uwzględnieniem kategorii zrozumienia wiadomości, stosowania wiadomości w sytuacjach typowych i stosowania sytuacji w sytuacjach problemowych. System oceny powinien dostarczać użytkownikom informacji zwrotnej i pomagać w identyfikacji obszarów wymagających dalszej pracy.

**Jasność i zrozumiałość:** Treści powinny być przedstawione w sposób jasny, zrozumiały i przystępny dla odbiorców o różnym poziomie wiedzy. Należy unikać zbyt skomplikowanego języka



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



naukowego, trudniejsze koncepcje powinny być wyjaśnione w sposób prosty i przystępny.

Zalecana jest współpraca z ekspertami w dziedzinie fizyki oraz edukacji, aby upewnić się, że materiał jest merytorycznie poprawny i odpowiednio dostosowany do potrzeb odbiorców- uczniów szkoły ponadpodstawowej..

## Opis struktury materiału

Materiał zawiera 8 sekcji z podsekcjami. Podsekcje zawierają animacje, interaktywne symulacje lub eksperymenty laboratoryjne.

Kluczowe sekcje (1-8):

### 1. Wstęp

- **Prezentacja celów i zakresu materiału:** Przedstawienie głównych założeń oraz tematyki, która będzie omawiana w poszczególnych częściach.
- **Wprowadzenie do podwójnej natury światła:** Omówienie koncepcji dualizmu korpuskularno-falowego oraz kluczowych pojęć związanych ze światłem.

### 2. Część 1: Wprowadzenie do podstaw fizyki światła

- **1.1. Charakterystyka światła jako fali elektromagnetycznej:** Analiza podstawowych parametrów, takich jak częstotliwość, długość fali i amplituda.
- **1.2. Opis zjawisk falowych związanych ze światłem:** Wyjaśnienie procesów dyfrakcji, interferencji i załamania światła.

### 3. Część 2: Efekt fotoelektryczny i jego zastosowanie

- **2.1. Definicja efektu fotoelektrycznego:** Omówienie zjawiska emisji elektronów pod wpływem światła.
- **2.2. Praktyczne zastosowania:** Przedstawienie wykorzystania efektu fotoelektrycznego w technologiach (fotokomórki, panele słoneczne, detektory światła)

### 4. Część 3: Fotonowa teoria światła A. Einsteina

- **3.1. Wprowadzenie do koncepcji fotonu:** Fotonowa teoria światła A. Einsteina
- **3.2. Dowody empiryczne:** Przedstawienie eksperymentów potwierdzających teorię Einsteina.

### 5. Część 4: Podwójna natura światła: fala i korpuskuły

- **4.1. Analiza dualizmu korpuskularno-falowego:** Omówienie sytuacji, w których światło wykazuje właściwości falowe oraz korpuskularne.
- **4.2. Implikacje dualizmu:** Dyskusja na temat wpływu podwójnej natury światła na rozwój fizyki.

### 6. Część 5: Eksperymenty potwierdzające podwójną naturę światła

- **5.1. Eksperyment Younga:** Opis doświadczenia z dwiema szczelinami i jego znaczenia dla teorii falowej.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- **5.2. Badania efektu fotoelektrycznego:** Przedstawienie eksperymentów potwierdzających korpuskularny charakter światła.
- **5.3 Badanie zjawiska Comptona.** Opis i znaczenie zjawiska, potwierdzenie korpuskularnej natury światła.

## 7. Część 6: Praktyczne zastosowania podwójnej natury światła

- **6.1. Technologie oparte na właściwościach falowych światła:** Omówienie urządzeń i metod wykorzystujących falowe właściwości światła (mikroskopia optyczna, urządzenia optyczne wykorzystujące interferencję)
- **6.2. Technologie oparte na właściwościach korpuskularnych światła:** Omówienie urządzeń i metod wykorzystujących falowe właściwości światła (mikroskopia elektronowa, zastosowania w w fotonice)

## 8. Część 7: Test wiedzy – utrwalenie wiadomości i umiejętności

- **7.1. Pytania sprawdzające zrozumienie materiału:** Sprawdzenie stopnia opanowania materiału poprzez pytania wielokrotnego wyboru oraz zadania otwarte.
- **7.2. Analiza odpowiedzi:** Omówienie poprawnych rozwiązań i wyjaśnienie ewentualnych niejasności.

### Opis multimedialny

#### Animacje

- teoria dualizmu korpuskularno-falowego (do **Wstępu:** Wprowadzenie do podstaw fizyki światła)
- Animacja przedstawiająca podwójną naturę światła jako fali elektromagnetycznej i korpuskuł (fotonów).
- Animacja przedstawiająca dowody i eksperymenty potwierdzające tę teorię.

#### Interaktywne symulacje

- Symulacje interaktywne pozwalające użytkownikom eksperymentować z różnymi aspektami zachowania się światła jako fali i korpuskuły.
- Symulacje obejmują zjawiska interferencji (eksperyment Younga), dyfrakcji, załamania światła oraz efektu fotoelektrycznego i zjawiska Comptona.

#### Eksperymenty laboratoryjne

- Prezentacja klasycznych eksperymentów laboratoryjnych potwierdzających podwójną naturę światła, takich jak eksperyment Younga i efekt fotoelektryczny.
- Wyjaśnienie metodologii eksperymentów i interpretacji wyników.

### **A. Opis symulacji**

#### **1. Interaktywna symulacja fali świetlnej**

(do **Części 1:** Wprowadzenie do podstaw fizyki światła)

Interaktywna symulacja fali świetlnej pozwala użytkownikom eksperymentować z różnymi parametrami fali elektromagnetycznej, takimi jak długość fali, amplituda i częstotliwość oraz obserwować efekty tych zmian na rozchodzenie się światła i jego oddziaływanie z różnymi



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





materiałami. Symulacja ma na celu pomóc użytkownikom zrozumieć, jak różne cechy fal elektromagnetycznych wpływają na ich właściwości i zastosowania.

Wygląd ekranu:

- Obszar główny symulacji:
  - ekran podzielony na dwie główne sekcje: po lewej stronie panel sterowania, po prawej wizualizacja fali świetlnej
  - w centralnej części wizualizacji znajduje się źródło światła emitujące falę świetlną.
- Panel sterowania:
  - parametry do zmiany, takie jak długość fali, amplituda, częstotliwość i ośrodek, przez które przechodzi fala.

Parametry do zmiany:

- Długość fali:
  - suwak umożliwiający zmianę długości fali od krótkiej (np. promieniowanie UV) do długiej (np. mikrofał)
  - wizualizacja: zmiana długości fali będzie widoczna w postaci zmiany odległości między grzbietami fal w symulacji.
- Amplituda:
  - suwak umożliwiający zmianę amplitudy fali od niskiej do wysokiej
  - wizualizacja: zmiana amplitudy będzie widoczna w postaci zmiany wysokości grzbietów fal.
- Częstotliwość:
  - suwak umożliwiający zmianę częstotliwości fali
  - wizualizacja: wyższa częstotliwość spowoduje, że fale będą się poruszać szybciej, co będzie widoczne jako zwiększenie liczby grzbietów fal w danym czasie.
- Rodzaj ośrodka:
  - lista rozwijana pozwalająca wybrać różne ośrodki, przez które przechodzi fala (np. powietrze, woda, szkło)
  - wizualizacja: zmiana ośrodka będzie widoczna jako zmiana prędkości rozchodzenia się fal i ewentualne załamanie fali na granicy ośrodków.

Przyciski sterujące:

- Start/Stop:
  - rozpoczyna lub zatrzymuje symulację
  - przyciski znajdują się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - przywraca domyślne ustawienia symulacji
  - przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - zatrzymuje symulację w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę
  - przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia
  - przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Dodatkowe funkcje:

- Podgląd spektrum elektromagnetycznego:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- o na dole ekranu znajduje się graficzny podgląd spektrum elektromagnetycznego, pokazujący, w jakim zakresie długości fali znajduje się aktualnie wybrana długość fali (od fal radiowych do promieniowania gamma).
- Pomiar prędkości fali:
  - o narzędzie do pomiaru prędkości rozchodzenia się fali w różnych ośrodkach
  - o wynik pomiaru wyświetlany jest obok wizualizacji fali.
- Zapis wyników:
  - o możliwość zapisu wyników symulacji w formacie PDF lub CSV dla dalszej analizy
  - o przyciski do zapisu wyników znajdują się pod panelem sterowania.

## 2. Interaktywna symulacja efektu fotoelektrycznego

(do Części 2: Efekt fotoelektryczny i jego zastosowanie )

Opis:

Interaktywna symulacja efektu fotoelektrycznego pozwala użytkownikom eksperymentować z emisją elektronów pod wpływem padającego światła na metalową powierzchnię. Symulacja umożliwia zmianę różnych parametrów, aby zobaczyć, jak wpływają one na emisję elektronów i zrozumieć podstawowe zasady efektu fotoelektrycznego.

Wygląd ekranu:

- Obszar główny symulacji:
  - o Po lewej stronie znajduje się panel sterowania.
  - o Po prawej stronie znajduje się wizualizacja eksperymentu.
- Wizualizacja:
  - o Źródło światła (laser) po lewej stronie.
  - o Metalowa płytką umieszczona pośrodku ekranu.
  - o Ekran po prawej stronie pokazujący liczbę wyemitowanych z metalu elektronów oraz ich energię kinetyczną.

Parametry do zmiany:

- Rodzaj metalu:
  - o Lista rozwijana umożliwiająca wybór różnych metali (np. cynk, miedź, złoto).
  - o Wizualizacja: zmiana rodzaju metalu wpływa na liczbę i energię wyemitowanych z metalu elektronów.
- Długość fali światła:
  - o Suwak umożliwiający zmianę długości fali emitowanego światła.
  - o Wizualizacja: zmiana długości fali wpływa na energię fotonów i liczbę wyemitowanych z metalu elektronów.
- Intensywność światła:
  - o Suwak umożliwiający zmianę intensywności emitowanego światła.
  - o Wizualizacja: zmiana intensywności wpływa na liczbę wyemitowanych z metalu elektronów.
- Napięcie przyłożone do metalowej płytki:
  - o Suwak umożliwiający zmianę napięcia (potencjału hamującego) przyłożonego do płytki.
  - o Wizualizacja: zmiana napięcia wpływa na ruch elektronów i ich energię kinetyczną.

Przyciski sterujące:

- Start/Stop:
  - o Rozpoczyna lub zatrzymuje symulację.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Przycisk znajduje się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - Przywraca domyślne ustawienia symulacji.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - Zatrzymuje symulację w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - Pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia.
  - Przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Wygląd ekranu głównego:

Panel sterowania (po lewej):

- Lista rozwijana:
  - Rodzaj metalu (np. cynk, miedź, złoto)
- Suwaki:
  - Długość fali światła
  - Intensywność światła
  - Napięcie przyłożone do metalowej płytki
- Przyciski:
  - Start/Stop
  - Reset
  - Pauza
  - Zapisz ustawienia

Obszar wizualizacji (po prawej):

- Źródło światła:
  - Emitujące promień lasera.
- Metalowa płytka:
  - Umieszczona pośrodku ekranu.
- Ekran wyświetlający:
  - Pokazujący liczbę wyemitowanych z metalu elektronów i ich energię kinetyczną.

### 3. Interaktywna symulacja interferencji światła (Eksperyment Younga)

(do **Części 4**: Podwójna natura światła: fala i korpuskuły)

Symulacja interferencji światła umożliwia użytkownikom eksperymentowanie zarówno z interferencją światła jako fali, jak i jako korpuskuł. Uczniowie mogą zmieniać różne parametry, aby zobaczyć, jak wpływają one na wzory interferencyjne oraz na zachowanie światła w różnych warunkach.

Wygląd ekranu:

- Obszar główny symulacji:
  - po lewej stronie ekran z panelem sterowania
  - po prawej stronie wizualizacja eksperymentu, gdzie fale światła interferują.
- Wizualizacja:
  - dwa źródła światła umieszczone po lewej stronie ekranu
  - ekran projekcyjny po prawej stronie, pokazujący wzór interferencyjny



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- środkowa część pokazuje fale świetlne rozchodzące się od źródeł i interferujące ze sobą.

Parametry do zmiany:

- Tryb światła:
  - przełącznik umożliwiający wybór między falowym a korpuskularnym modelem światła
  - wizualizacja: w trybie falowym widoczne będą fale świetlne, a w trybie korpuskularnym - strumień cząstek (fotonów).
- Odległość między źródłami światła:
  - suwak umożliwiający zmianę odległości między dwoma źródłami światła
  - wizualizacja: zmiana odległości między źródłami wpływa na wzór interferencyjny na ekranie.
- Długość fali:
  - suwak umożliwiający zmianę długości fali emitowanego światła
  - wizualizacja: zmiana długości fali wpływa na odległość między prążkami interferencyjnymi.
- Intensywność światła:
  - suwak umożliwiający zmianę intensywności emitowanego światła
  - wizualizacja: zmiana intensywności wpływa na jasność prążków interferencyjnych.
- Faza początkowa:
  - suwak umożliwiający zmianę fazy początkowej jednej z fal świetlnych
  - wizualizacja: zmiana fazy wpływa na przesunięcie wzoru interferencyjnego.

Przyciski sterujące:

- Start/Stop:
  - rozpoczyna lub zatrzymuje symulację
  - przycisk znajduje się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - przywraca domyślne ustawienia symulacji
  - przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - zatrzymuje symulację w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę
  - przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia
  - przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Wygląd ekranu głównego:

Panel sterowania (po lewej):

- Przełącznik trybu światła:
  - falowy / korpuskularny
- Suwaki:
  - odległość między źródłami światła
  - długość fali
  - intensywność światła
  - faza początkowa
- Przyciski:
  - start/stop
  - reset



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- pauza
- zapisz ustawienia

Obszar wizualizacji (po prawej):

- Dwa źródła światła:
  - emitujące fale świetlne lub strumienie fotonów.
- Ekran projekcyjny:
  - pokazujący wzory interferencyjne (układ prążków).
- Fale świetlne / fotony:
  - rozchodzące się od źródeł i interferujące ze sobą.

### 3. Interaktywna symulacja dyfrakcji światła

(do **Części 4**: Podwójna natura światła: fala i korpuskuły)

Interaktywna symulacja dyfrakcji światła pozwala użytkownikom eksplorować zjawisko dyfrakcji i obserwować efekty zarówno dla fal świetlnych, jak i korpuskuł (fotony). Symulacja umożliwia manipulowanie różnymi parametrami, aby zobaczyć, jak wpływają one na wzory dyfrakcyjne i zachowanie światła w różnych sytuacjach.

Wygląd ekranu:

- Obszar główny symulacji:
  - po lewej stronie znajduje się panel sterowania
  - po prawej stronie znajduje się wizualizacja eksperymentu z falami świetlnymi lub fotonami przechodzącymi przez przeszkody lub szczeliny.
- Wizualizacja:
  - źródło światła po lewej stronie
  - przeszkoda lub szczelina umieszczona w centralnej części
  - ekran projekcyjny po prawej stronie, pokazujący wzory dyfrakcyjne.

Parametry do zmiany:

- Tryb światła:
  - przełącznik umożliwiający wybór między falowym a korpuskularnym modelem światła
  - wizualizacja: w trybie falowym widoczne będą fale świetlne, a w trybie korpuskularnym - strumienie cząstek (fotonów).
- Szerokość szczeliny:
  - suwak umożliwiający zmianę szerokości szczeliny
  - wizualizacja: zmiana szerokości szczeliny wpływa na wzory dyfrakcyjne na ekranie.
- Odległość od szczeliny do ekranu:
  - suwak umożliwiający zmianę odległości między szczeliną a ekranem projekcyjnym
  - wizualizacja: zmiana odległości wpływa na rozmiar i kształt wzorów dyfrakcyjnych.
- Długość fali:
  - suwak umożliwiający zmianę długości fali emitowanego światła
  - wizualizacja: zmiana długości fali wpływa na odległość między prążkami dyfrakcyjnymi.
- Intensywność światła:
  - suwak umożliwiający zmianę intensywności emitowanego światła.
  - wizualizacja: zmiana intensywności wpływa na jasność prążków dyfrakcyjnych.

Przyciski sterujące:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Start/Stop:
  - rozpoczyna lub zatrzymuje symulację
  - przycisk znajduje się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - przywraca domyślne ustawienia symulacji
  - przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - zatrzymuje symulację w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę
  - przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia
  - przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Wygląd ekranu głównego:

Panel sterowania (po lewej):

- Przełącznik trybu światła:
  - falowy / korpuskularny
- Suwaki:
  - szerokość szczeliny
  - odległość od szczeliny do ekranu
  - długość fali
  - intensywność światła
- Przyciski:
  - Start/Stop
  - Reset
  - Pauza
  - Zapisz ustawienia

Obszar wizualizacji (po prawej):

- Źródło światła:
  - Emitujące fale świetlne lub strumienie fotonów.
- Przeszkoda lub szczelina:
  - Umieszczona w centralnej części.
- Ekran projekcyjny:
  - Pokazujący wzory dyfrakcyjne.

## 5. Symulacja: Podwójna natura światła – fala i fotony

(do **Części 4**: Podwójna natura światła: fala i korpuskuły )

Opis symulacji

Symulacja pozwala uczniowi eksperymentalnie badać podwójną naturę światła, analizując jego zachowanie w dwóch klasycznych eksperymentach:

1. Eksperyment Younga (interferencja) – światło wykazuje właściwości falowe.
2. Efekt fotoelektryczny – światło zachowuje się jak strumień cząstek (fotony).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





Uczeń może przełączać się między trybem falowym a korpuskularnym, zmieniać parametry eksperymentów i obserwować rezultaty w czasie rzeczywistym.

Wygląd ekranu symulacji

Główne elementy interfejsu:

- Obszar eksperymentu (centrum ekranu) – dynamiczna wizualizacja aktualnie wybranego zjawiska (interferencja światła lub efekt fotoelektryczny).
- Panel sterowania (lewa strona ekranu) – ustawienia parametrów eksperymentu.
- Obszar wyników i analiz (prawa strona ekranu) – wyświetlane są wykresy, wartości numeryczne i objaśnienia wyników.
- Przycisk przełączania trybu – użytkownik wybiera, czy bada falową czy korpuskularną naturę światła.

Parametry do zmiany i ich wpływ

Tryb falowy – Eksperyment Younga (interferencja światła)

Długość fali światła – zmiana koloru światła (np. czerwone, zielone, niebieskie) wpływa na odległość między prążkami interferencyjnymi.

Szerokość szczelin – regulacja odstępu między szczelinami wpływa na intensywność i układ prążków.

Natężenie światła – zmiana ilości fotonów w czasie wpływa na kontrast wzoru interferencyjnego.

Przycisk „Uruchom eksperyment” – rozpoczyna symulację emisji światła przez szczeliny.

**Wyniki:** Uczeń obserwuje powstawanie wzoru interferencyjnego na ekranie detekcji i analizuje zmiany w zależności od ustawień parametrów.

Tryb korpuskularny – Efekt fotoelektryczny

**Długość fali światła (częstotliwość)** – zmiana energii fotonów; tylko promieniowanie o odpowiedniej długości fali powoduje emisję elektronów.

**Natężenie światła** – regulacja liczby fotonów; więcej fotonów zwiększa liczbę wybitych elektronów, ale nie zmienia ich energii kinetycznej.

**Rodzaj metalu (próg energetyczny)** – użytkownik wybiera różne materiały (np. cynk, miedź, srebro), testując ich progi fotoelektryczne.

**Przycisk „Uruchom eksperyment”** – rozpoczyna symulację emisji fotonów na powierzchnię metalu.

**Wyniki:** Uczeń analizuje wykres zależności energii kinetycznej wybitych elektronów od częstotliwości światła i sprawdza, dla jakich wartości występuje efekt fotoelektryczny.

Dodatkowe funkcje interaktywne

- Tryb porównawczy – możliwość jednoczesnego uruchomienia obu eksperymentów i zestawienia wyników na podzielonym ekranie.
- Analiza wykresów – użytkownik może nakładać wykresy interferencji oraz efektu fotoelektrycznego i porównywać ich zależności.
- Przycisk „Pokaż teorię” – wyświetlenie krótkiego wyjaśnienia teoretycznego na podstawie praw fizyki.
- Zadania eksperymentalne – uczniowie mogą otrzymać losowe cele do wykonania (np. „Znajdź minimalną długość fali, która powoduje emisję elektronów w miedzi”).



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## B. Opis eksperymentów

### 1. Prezentacja klasycznych eksperymentów laboratoryjnych

Ta sekcja prezentuje klasyczne eksperymenty laboratoryjne potwierdzające podwójną naturę światła, takie jak **eksperyment Younga** i **efekt fotoelektryczny**. Użytkownicy mogą przeprowadzać te eksperymenty w wirtualnym laboratorium, zmieniając różne parametry i obserwując wyniki. Każdy eksperyment zawiera szczegółowe wyjaśnienia metodologii oraz interpretację wyników.

#### Eksperyment 1: Eksperyment Younga (Interferencja)

Wygląd ekranu:

1. Obszar główny eksperymentu:
  - Po lewej stronie ekran z panelem sterowania.
  - Po prawej stronie wizualizacja eksperymentu Younga.
2. Wizualizacja:
  - Źródło światła po lewej stronie.
  - Dwie szczeliny umieszczone w centralnej części ekranu.
  - Ekran projekcyjny po prawej stronie, pokazujący wzór interferencyjny (układ prążków).

Parametry do zmiany:

1. Długość fali światła:
  - Suwak umożliwiający zmianę długości fali emitowanego światła.
  - Wizualizacja: zmiana długości fali wpływa na odległość między prążkami interferencyjnymi.
2. Odległość między szczelinami:
  - Suwak umożliwiający zmianę odległości między dwoma szczelinami.
  - Wizualizacja: zmiana odległości wpływa na wzór interferencyjny.
3. Odległość od szczelin do ekranu:
  - Suwak umożliwiający zmianę odległości między szczelinami a ekranem.
  - Wizualizacja: zmiana odległości wpływa na rozmiar i kształt wzorów interferencyjnych (układu prążków).

Przyciski sterujące:

- Start/Stop:
  - Rozpoczyna lub zatrzymuje eksperyment.
  - Przycisk znajduje się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - Przywraca domyślne ustawienia eksperymentu.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - Zatrzymuje eksperyment w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - Pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia.
  - Przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Wygląd ekranu głównego:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Panel sterowania (po lewej):

- Suwaki:
  - Długość fali światła
  - Odległość między szczelinami
  - Odległość od szczelin do ekranu
- Przyciski:
  - Start/Stop
  - Reset
  - Pauza
  - Zapisz ustawienia

Obszar wizualizacji (po prawej):

- Źródło światła:
  - Emitujące fale świetlne.
- Szczeliny:
  - Dwie szczeliny w centralnej części.
- Ekran projekcyjny:
  - Pokazujący wzory interferencyjne.

Eksperyment 2: Efekt fotoelektryczny

Wygląd ekranu:

- Obszar główny eksperymentu:
  - Po lewej stronie ekran z panelem sterowania.
  - Po prawej stronie wizualizacja eksperymentu efektu fotoelektrycznego.
- Wizualizacja:
  - Źródło światła (laser) po lewej stronie.
  - Metalowa płytka umieszczona w centralnej części ekranu.
  - Ekran po prawej stronie pokazujący liczbę wyemitowanych z metalu elektronów oraz ich energię kinetyczną.

Parametry do zmiany:

- Rodzaj metalu:
  - Lista rozwijana umożliwiającą wybór różnych metali (np. cynk, miedź, złoto).
  - Wizualizacja: zmiana rodzaju metalu wpływa na liczbę i energię wyemitowanych z metalu elektronów.
- Długość fali światła:
  - Suwak umożliwiający zmianę długości fali emitowanego światła.
  - Wizualizacja: zmiana długości fali wpływa na energię fotonów i liczbę wyemitowanych z metalu elektronów.
- Intensywność światła:
  - Suwak umożliwiający zmianę intensywności emitowanego światła.
  - Wizualizacja: zmiana intensywności wpływa na liczbę wyemitowanych z metalu elektronów.
- Napięcie przyłożone do metalowej płytki:
  - Suwak umożliwiający zmianę napięcia (potencjału hamującego) przyłożonego do płytki.
  - Wizualizacja: zmiana napięcia wpływa na ruch elektronów i ich energię kinetyczną.

Przyciski sterujące:



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Start/Stop:
  - Rozpoczyna lub zatrzymuje eksperyment.
  - Przycisk znajduje się na dole panelu sterowania.
- Reset:
  - Przywraca domyślne ustawienia eksperymentu.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Start/Stop.
- Pauza:
  - Zatrzymuje eksperyment w wybranym momencie, umożliwiając dokładniejszą analizę.
  - Przycisk znajduje się obok przycisku Reset.
- Zapisz ustawienia:
  - Pozwala użytkownikom zapisać bieżące ustawienia parametrów do późniejszego użycia.
  - Przycisk znajduje się w dolnej części panelu sterowania.

Wygląd ekranu głównego:

Panel sterowania (po lewej):

- Lista rozwijana:
  - Rodzaj metalu (np. cynk, miedź, złoto)
- Suwaki:
  - Długość fali światła
  - Intensywność światła
  - Napięcie przyłożone do metalowej płytki
- Przyciski:
  - Start/Stop
  - Reset
  - Pauza
  - Zapisz ustawienia

Obszar wizualizacji (po prawej):

- Źródło światła:
  - Emitujące promień lasera.
- Metalowa płytką:
  - Umieszczona pośrodku ekranu.
- Ekran wyświetlający:
  - Pokazujący liczbę wyemitowanych z metalu elektronów i ich energię kinetyczną.

Metodologia eksperymentów i interpretacja wyników

Eksperyment Younga:

1. Metodologia:
  - Ustaw źródło światła tak, aby emitowało fale świetlne o określonej długości fali.
  - Światło przechodzi przez dwie szczeliny, tworząc wzory interferencyjne na ekranie.
  - Zmieniaj długość fali światła, odległość między szczelinami oraz odległość od szczelin do ekranu, aby obserwować różnice w wzorach interferencyjnych.
2. Interpretacja wyników:
  - Wzory interferencyjne potwierdzają falową naturę światła.
  - Zmiana długości fali wpływa na odległość między prążkami, co potwierdza zależność między długością fali a wzorem interferencyjnym.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Efekt fotoelektryczny:

1. Metodologia:
  - Ustaw źródło światła, aby emitowało promień lasera o określonej długości fali i intensywności.
  - Skieruj promień na metalową płytkę i obserwuj emisję elektronów.
  - Zmieniaj długość fali światła, intensywność światła oraz rodzaj metalu, aby zobaczyć, jak te parametry wpływają na liczbę i energię wyemitowanych z metalu elektronów.
2. Interpretacja wyników:
  - Emisja elektronów potwierdza korpuskularną naturę światła.
  - Zmiana długości fali i intensywności światła wpływa na liczbę wyemitowanych z metalu elektronów i ich energię, co potwierdza zależność między energią fotonów a emisją elektronów.

## Mechanika materiału

**Struktura materiału:**

- Materiał będzie podzielony na sekcje i podsekcje, ułatwiając nawigację i odnalezienie konkretnych treści.
- Każda sekcja będzie zawierać krótki opis oraz listę tematów omawianych w danej części.

**Interaktywne elementy:**

- Symulacje interaktywne będą kluczowym elementem materiału, pozwalając użytkownikom eksperymentować z różnymi parametrami i obserwować zachowanie się światła w czasie rzeczywistym.
- Ćwiczenia interaktywne umożliwią użytkownikom samodzielne eksplorowanie omawianych koncepcji i testowanie swojej wiedzy.

**Multimedia:**

- Multimedia będą stanowić dodatkowe źródło wiedzy, dostarczając dodatkowych wyjaśnień i przykładów i będą wykorzystane do wizualizacji abstrakcyjnych koncepcji i zjawisk.

**Testy wiedzy i ocena postępów:**

- Testy wiedzy będą integrowane z materiałem, pozwalając użytkownikom na sprawdzenie swojej wiedzy w trakcie nauki.
- System oceny postępów będzie monitorował postępy użytkowników i dostarczał informacji zwrotnej, pomagając w identyfikacji obszarów wymagających dalszego zgłębienia.

**Dostosowanie i personalizacja:**

- Materiał będzie dostosowany do różnych poziomów wiedzy i umiejętności, umożliwiając personalizację do indywidualnych potrzeb użytkowników.
- Użytkownicy będą mieli możliwość wyboru ścieżki nauki odpowiadającej ich poziomowi zaawansowania oraz zainteresowaniom.

**Nawigacja:**

- Interfejs materiału będzie zaprojektowany w sposób intuicyjny, umożliwiając łatwe



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- poruszanie się po jego zawartości.
- Menu nawigacyjne lub pasek boczny będą zawierały sekcje i podsekcje materiału, umożliwiając szybkie przejście do wybranych tematów.

#### **Interaktywne elementy:**

- Symulacje interaktywne będą głównym elementem interakcji w materiale, umożliwiając użytkownikom eksperymentowanie z różnymi parametrami i obserwowanie rezultatów w czasie rzeczywistym.
- Ćwiczenia interaktywne pozwolą użytkownikom samodzielnie eksplorować omawiane koncepcje i testować swoją wiedzę poprzez rozwiązywanie interaktywnych zadań.

### **Grafika**

#### **Interfejs:**

- Cały interfejs będzie nowoczesny, przejrzysty i atrakcyjny wizualnie, aby zachęcić użytkowników do interakcji z materiałem.
- Jasne kolory, czytelne czcionki i przejrzysta struktura będą zapewniać łatwą nawigację po zawartości.

#### **Wizualizacje:**

- Grafiki i animacje będą wykorzystane do wizualizacji abstrakcyjnych koncepcji i zjawisk, takich jak fale elektromagnetyczne, interferencja i efekt fotoelektryczny.
- Wizualizacje będą klarowne i precyzyjne, aby pomóc użytkownikom w zrozumieniu omawianych treści.

#### **Symulacje interaktywne:**

- Symulacje interaktywne będą zawierać grafiki 3D lub animacje, które umożliwią użytkownikom eksperymentowanie z różnymi parametrami i obserwowanie rezultatów w czasie rzeczywistym.
- Wizualizacje w symulacjach będą dynamiczne i atrakcyjne, aby zachęcić użytkowników do interakcji.

#### **Multimedia:**

- Multimedia będą zawierać grafiki i animacje, które ilustrują omawiane treści i ułatwiają zrozumienie trudniejszych koncepcji.
- Grafiki będą wykorzystywane w prezentacjach multimedialnych jako elementy pomocnicze, które wzbogacają treść i ułatwiają przyswajanie wiedzy.

#### **Testy wiedzy:**

- Grafiki będą wykorzystane w testach wiedzy, np. w formie ilustracji pytań lub odpowiedzi, aby zwiększyć atrakcyjność materiału i ułatwić użytkownikom orientację.

#### **Personalizacja:**

- Grafika będzie dostosowana do różnych poziomów wiedzy i umiejętności, aby ułatwić zrozumienie materiału dla użytkowników o różnym stopniu zaawansowania.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- Graficzne wyróżniki pomogą użytkownikom w identyfikacji sekcji i podsekcji materiału oraz śledzeniu postępów w nauce.

#### Przykładowe inspiracje

**PhET Interactive Simulations** – prosty i intuicyjny interfejs ułatwiający eksperymentowanie z różnymi zjawiskami fizycznymi.

**The Physics Classroom** – atrakcyjna wizualnie prezentacja zjawisk i zagadnień fizycznych.

**WaveLab** – narzędzia pozwalające na interaktywną manipulację parametrami fali i światła.

**The Feynman Lectures on Physics** – nowoczesne wizualizacje skomplikowanych zjawisk fizycznych, które ułatwiają zrozumienie pojęć abstrakcyjnych.

## 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;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



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.

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;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



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

#### 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”.

- **Realistyczna symulacja podwójnej natury światła:**
  - Interaktywne symulacje: Użytkownicy powinni mieć możliwość eksperymentowania z parametrami fali elektromagnetycznej i fotonów oraz obserwowania zjawisk takich jak interferencja, dyfrakcja i efekt fotoelektryczny.
  - Wizualizacja zmiennych parametrów: Możliwość zmiany długości fali, amplitudy, częstotliwości i intensywności światła oraz obserwacji, jak te parametry wpływają na zachowanie się światła.
- **Nawigacja i eksploracja interaktywnych zjawisk:**
  - Swobodna manipulacja parametrami: Możliwość zmiany odległości między szczelinami w eksperymencie Younga, szerokości szczeliny w dyfrakcji oraz napięcia w eksperymencie fotoelektrycznym.
  - Wybór trybu światła: Opcja przełączania między falową a korpuskularną (fotonową) interpretacją światła.
- **Wprowadzenie do teoretycznych podstaw:**
  - Materiały multimedialne: filmy i animacje prezentujące teoretyczne podstawy podwójnej natury światła, wyjaśnienie zjawisk interferencji, dyfrakcji i efektu fotoelektrycznego.
  - Podręczne definicje i wyjaśnienia: krótkie objaśnienia i definicje dostępne bezpośrednio w symulacji.
- **Scenariusze i poziomy trudności:**
  - Zróżnicowane scenariusze edukacyjne: symulacja powinna obejmować różne scenariusze badawcze, takie jak „Interferencja światła na podwójnej szczelinie”, „Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie” oraz „Efekt fotoelektryczny”. Każdy scenariusz musi prowadzić użytkownika przez zjawisko krok po kroku.
  - Dostosowywanie poziomu trudności: Każdy scenariusz powinien posiadać poziomy trudności dopasowane do wiedzy użytkownika, co pozwala na stopniowe rozwijanie umiejętności, od podstawowych po zaawansowane eksperymenty.
- **System testowania wiedzy i zadania praktyczne:**
  - Interaktywne ćwiczenia: Zadania praktyczne, które pozwalają użytkownikom stosować swoją wiedzę do rozwiązywania problemów i przeprowadzania obliczeń związanych ze zjawiskami świetlnymi.
  - Quizy z automatyczną oceną: Testy wiedzy, które umożliwiają ocenę zrozumienia omawianych koncepcji, z natychmiastową informacją zwrotną.
- **Śledzenie postępów i zapis wyników:**
  - Historia wyników i postępów: możliwość zapisu wyników quizów i eksperymentów oraz śledzenia postępów w nauce.
  - Profil użytkownika: sekcja, w której użytkownicy mogą przeglądać swoje osiągnięcia oraz identyfikować obszary wymagające poprawy.
- **Personalizacja dla nauczyciela:**
  - Konfiguracja eksperymentów: nauczyciele powinni mieć możliwość ustawienia początkowych parametrów symulacji oraz dostosowania poziomu trudności.
  - Tworzenie własnych scenariuszy: Funkcja pozwalająca nauczycielom projektować nowe eksperymenty oraz pytania testowe.
- **Multimedia:**
  - Grafiki i animacje wykorzystane w materiale powinny być wykonane w wysokiej jakości, z dbałością o czytelność i płynność prezentacji. Format graficzny oraz



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



animacyjny pozostaje do decyzji wykonawcy, jednak rekomendowane są formaty: SVG/PNG dla grafik statycznych oraz MP4/WebM dla animacji.

#### Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców

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

##### Raportowanie i statystyki:

- **Dostęp do raportów dla nauczycieli:** Nauczyciele powinni mieć możliwość przeglądania wyników swoich uczniów oraz generowania raportów.
- **Podsumowanie wyników:** Użytkownicy muszą mieć dostęp do szczegółowego podsumowania swoich wyników oraz zalecenia dotyczące dalszej nauki.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

