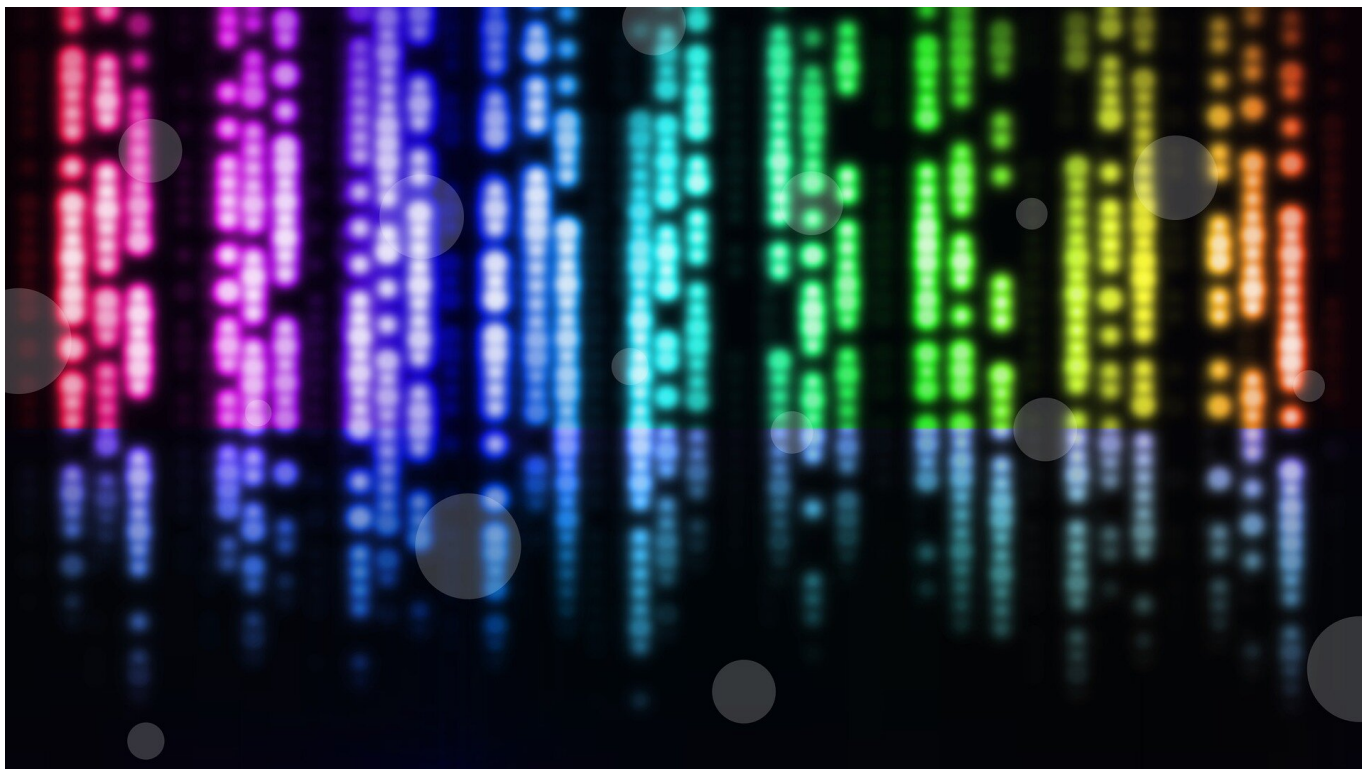




Widmo fal elektromagnetycznych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

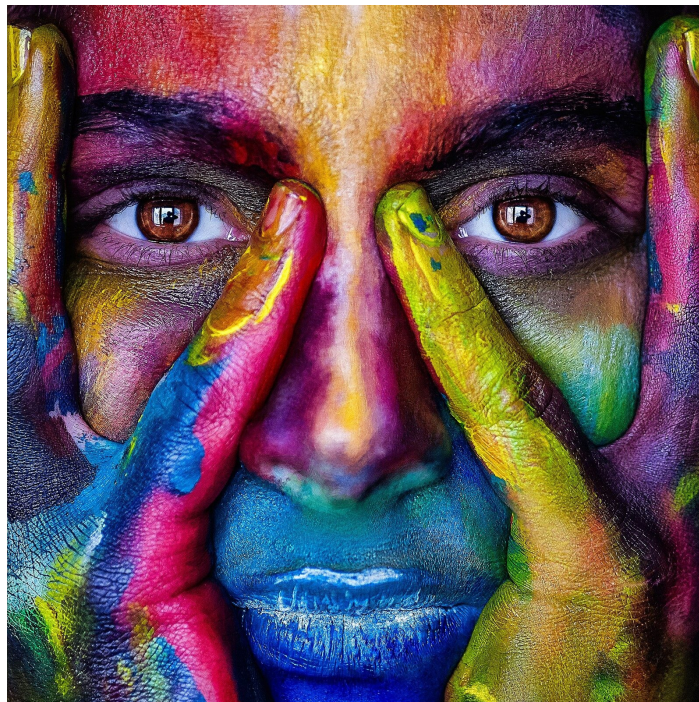


Widmo fal elektromagnetycznych

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/illustrations/background-wallpaper-rainbow-1214285/> [dostęp 23.04.2022 r.].

Czy to nie ciekawe ?

Fale elektromagnetyczne charakteryzują się bardzo szerokim zakresem długości fal: od ułamków nanometrów do dziesiątek kilometrów. W różnych zakresach długości fal mają one inne własności. Różne są ich źródła i detektory, które je rejestrują. Każdy z nas ma swoje osobiste detektory fal elektromagnetycznych – to nasze oczy, które odbierają bardzo wąski zakres długości fal elektromagnetycznych, od 380 do 750 nm, zwanych światłem widzialnym. Ten zakres jest typowy dla wszystkich zwierząt, choć niektóre z nich, na przykład pszczoły, odbierają też fale elektromagnetyczne o nieco mniejszej długości fal niż ludzie. Czy to przypadek, że z całego obszernego zakresu fal elektromagnetycznych właśnie ten niewielki fragment jest odbierany przez wszystkie istoty żyjące na Ziemi? Odpowiedź znajdziesz w tym e-materiale.



Rys. a. To fale elektromagnetyczne są źródłem widzianych przez nas kolorów.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/girl-face-colorful-colors-artistic-2696947/> [dostęp 23.04.2022 r.].

Twoje cele

- wyjaśnisz, czym są fale elektromagnetyczne,
- wymienisz parametry charakteryzujące fale elektromagnetyczne,
- sklasyfikujesz fale elektromagnetyczne,
- przekonasz się, w jakich zakresach fale elektromagnetyczne przenikają przez atmosferę,
- uzasadnisz, dlaczego oczy przystosowane są do odbioru wąskiego wycinka całego zakresu fal elektromagnetycznych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Fala elektromagnetyczna to rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego. Wszystkie fale elektromagnetyczne rozchodzą się w próżni z tą samą prędkością $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$. Falę elektromagnetyczną charakteryzuje:

- **częstotliwość** ν , czyli liczba pełnych zmian pola magnetycznego i elektrycznego w ciągu jednej sekundy, wyrażona w hercach (Hz),
- **okres zmienności** T , zdefiniowany jako odwrotność częstotliwości: $T = 1/\nu$, czyli czas, w którym nastąpi powrót do tej samej **fazy** pola elektrycznego i magnetycznego,
- **długość fali** λ , czyli odległość między sąsiednimi punktami, w których pole elektryczne i magnetyczne mają taką samą fazę.

Wielkości te są ze sobą związane: im większa jest częstotliwość, tym mniejsza długość fali:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Promieniowanie elektromagnetyczne ma podwójną naturę: falową i korpuskularną. Oznacza to, że można je opisać również jako zbiór cząstek – fotonów, poruszających się z prędkością światła c . Energia fotonu jest wprost proporcjonalna do częstotliwości fali i wynosi:

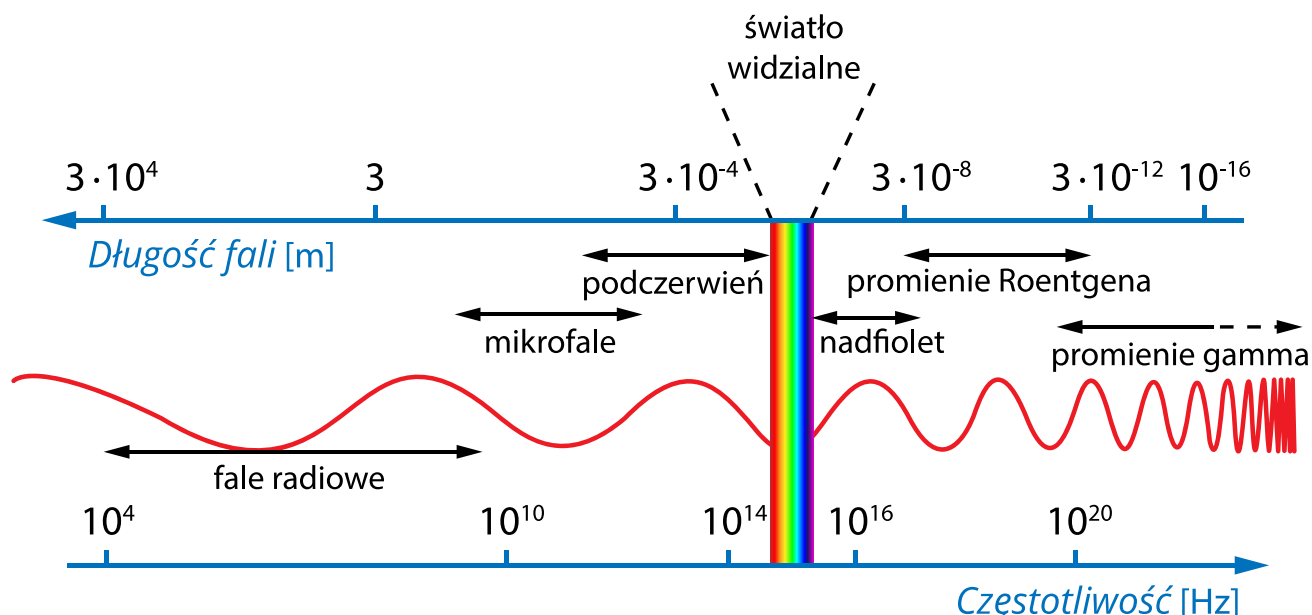
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Korpuskularna natura promieniowania elektromagnetycznego przejawia się tym wyraźniej, im mniejsza jest długość fali promieniowania, a większa częstotliwość.

Właściwości fal elektromagnetycznych zależą od częstotliwości (lub długości fali). Sposoby wytwarzania i odbierania (detekcji) fal w różnych zakresach częstotliwości różnią się znacznie i to jest podstawą klasyfikacji fal.

Wszystkie fale można uszeregować według ich częstotliwości lub długości fali. Taką klasyfikację fal elektromagnetycznych nazywamy **widmem fal elektromagnetycznych**. Na Rys. 1. pokazane jest widmo fal elektromagnetycznych w funkcji częstotliwości i długości fali. Widmo nie ma ograniczenia z obu końców, gdyż długości fali elektromagnetycznej mogą być dowolnie małe lub dowolnie duże.

Promieniowaniem elektromagnetycznym o największej długości fali są **fale radiowe**, kolejne zakresy o coraz mniejszej długości fali, a większej częstotliwości to: **mikrofale**, **podczerwień**, **światło widzialne**, **ultrafiolet**, **promieniowanie rentgenowskie** i **promieniowanie gamma**.



Rys. 1. Widmo fal elektromagnetycznych (szerokość zakresu światła widzialnego jest znacznie powiększona dla jasności rysunku).

Widzimy, że poszczególne zakresy fal zachodzą częściowo na siebie, granice są nieostre i umowne.

Fale radiowe to fale o długości mierzonej w metrach, a nawet w kilometrach. Źródłem fal radiowych są anteny zasilane prądem przemiennym odpowiedniej częstotliwości. Naturalne źródła fal radiowych to między innymi wyładowania atmosferyczne, zorze polarne, radiogalaktyki.

Mikrofale to fale elektromagnetyczne, których długość wynosi od 10^{-4} m do 0,3 m (0,1 mm do 30 cm). Znamy je z popularnych kuchenek mikrofalowych, ale ich zastosowanie jest o wiele szersze: od telefonów komórkowych do radarów i nawigacji GPS. Promieniowanie mikrofalowe wypełniające Wszechświat, tak zwane promieniowanie reliktowe, jest jednym z dowodów teorii powstania Wszechświata w Wielkim Wybuchu (ang. *Big Bang*).

Promieniowanie podczerwone w zakresie od $7 \cdot 10^{-7}$ m do $2 \cdot 10^{-3}$ m emitowane jest przez rozgrzane ciała w wyniku ruchów termicznych cząsteczek wewnątrz substancji. Nazywamy je również promieniowaniem termicznym. Im niższa temperatura ciała tym mniejsze natężenie promieniowania i większa długość fali. Ciała o temperaturze do około 400°C wysyłają praktycznie tylko promieniowanie podczerwone.

Światło widzialne to bardzo wąski zakres długości fal od $3,8 \cdot 10^{-7}$ m do $7,5 \cdot 10^{-7}$ m (od 380 do 750 nm). Światło o największej długości fali widzimy jako czerwone, a o najmniejszej – fioletowe. Zakres światła widzialnego ma najdokładniej określone granice, wyznacza je bowiem fizjologia ludzkiego oka. Naturalnymi źródłami są ciała ogrzane do temperatury ponad 700°C .

Promieniowanie nadfioletowe (ultrafioletowe) obejmuje zakres długości fal od 10^{-8} m do $3,8 \cdot 10^{-7}$ m (od 10 do 380 nm). Naturalnymi źródłami są ciała o dostatecznie wysokiej temperaturze. Znikome, ale zauważalne ilości tego promieniowania wysyłają już ciała o temperaturze 3000K i ze wzrostem temperatury natężenie wzrasta. Silnym źródłem jest Słońce, którego temperatura powierzchni wynosi 6000K. Promieniowanie nadfioletowe ma silne działanie fotochemiczne, czyli może inicjować reakcje chemiczne. Przy długości fali poniżej 300 nm wywołuje już jonizację i jest zabójcze dla organizmów żywych.

Promieniowanie rentgenowskie emitowane jest, gdy elektrony z wewnętrznych powłok elektronowych atomów wybijane są przez przyspieszone silnym polem elektrycznym cząstki naładowane. Również podczas hamowania swobodnych elektronów przyspieszonych do dużych prędkości, emitowane jest promieniowanie z zakresu rentgenowskiego. Promieniowanie rentgenowskie należy do promieniowania jonizującego. Jest ono bardzo przenikliwe, przechodzi przez wiele substancji i dlatego może być stosowane w medycynie do prześwietlania ciała.

Źródłem **promieniowania gamma** o długości fali mniejszej od 10^{-11} m są procesy zachodzące w jądrze atomowym (np. rozpad jąder pierwiastków promieniotwórczych lub reakcje jądrowe). Promieniowanie to powstaje również podczas procesów jądrowych zachodzących w gwiazdach i galaktykach. Obserwowane jest w promieniowaniu kosmicznym, docierającym do atmosfery ziemskiej z kosmosu. Promieniowanie gamma to promieniowanie elektromagnetyczne o największej energii. Energia fotonu gamma $E = h\nu$ przekracza 0,1 MeV, a może też osiągać wartości wielu **gigaelektronowoltów** GeV, czyli miliardy razy więcej niż energia fotonu światła widzialnego. Promieniowanie gamma ma bardzo dużą zdolność przenikania przez materię oraz jej **jonizacji**.

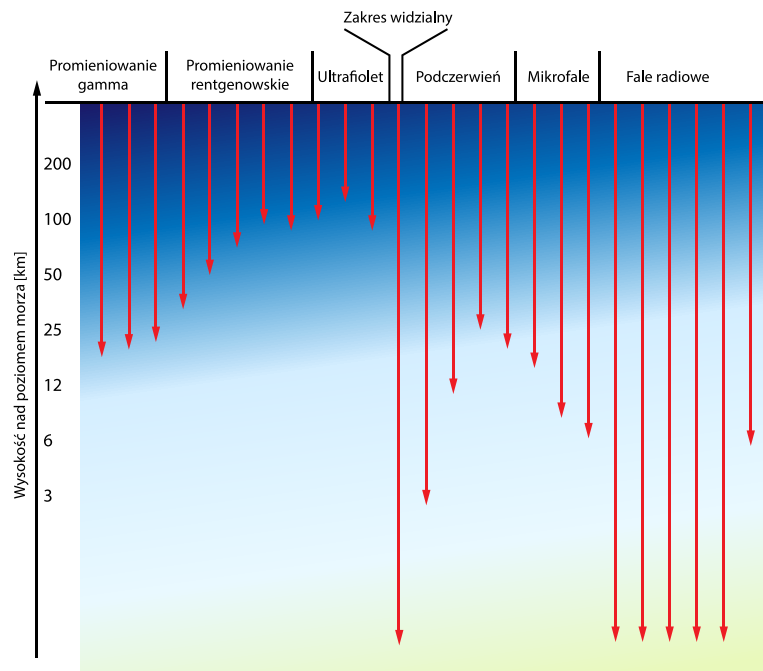
Najważniejszym źródłem promieniowania elektromagnetycznego docierającego do naszej planety jest Słońce. Do zewnętrznych warstw atmosfery dochodzi promieniowanie z całego widma. Jednak do powierzchni Ziemi dociera tylko jego niewielka część. Większość promieniowania pochłania atmosfera.

Popatrz na Rys. 2. pokazujący, na jaką wysokość nad poziomem morza dociera promieniowanie elektromagnetyczne w różnych zakresach. Do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie tylko w dwóch głównych zakresach, nazywanych oknami atmosferycznymi:

- Okno optyczne obejmujące fale o długościach od 300 nm do 1100 nm (od bliskiego nadfioletu, poprzez zakres widzialny, do bliskiej podczerwieni).
- Okno radiowe obejmujące fale od około 1 cm do kilkunastu metrów.

Analiza Rys. 2 pomaga zrozumieć, dlaczego nasze oczy przystosowane są do detekcji fal elektromagnetycznych w zakresie prawie dokładnie pokrywającym się z zakresem okna optycznego. Gdyby nasze oczy odbierały inne długości fal, pogrążeni byłibyśmy w ciemnościach, bo fale te pochłaniane są przez atmosferę. Oczywiście wyjątkiem są fale

radiowe, ale z uwagi na to, że rozmiary detektora fal muszą być w podobnej skali, co długość fali, rejestracja fal radiowych przez istoty żywe nie jest możliwa – „oczy” musiały by mieć rozmiary dużych anten.



Rys. 2. Pochłanianie fal elektromagnetycznych przez atmosferę ziemską.

Słowniczek

elektronowolt (eV)

(*ang.: electronvolt*) jednostka energii spoza układu SI, używana w opisie mikroświata. Jest to energia elektronu przyspieszonego różnicą potencjałów 1 V.

faza

(*ang.: phase*) chwilowy stan drgań w określonym momencie.

jonizacja

(*ang.: ionization*) oderwanie jednego lub więcej elektronów od atomu, wskutek czego powstaje jon dodatni (atom pozbawiony części elektronów) i jony ujemne (swobodne elektrony).

Animacja

Widmo fal elektromagnetycznych

Zapoznaj się z animacją i dowiedz się jakie zastosowania znajdują fale elektromagnetyczne.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1cyaQwSmA2te>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 1

Wymień jeszcze trzy inne zastosowania fal elektromagnetycznych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie prawdziwe stwierdzenia:

☐

Wszystkie rodzaje fal elektromagnetycznych rozchodzą się w próżni z tą samą prędkością.

☐

Promieniowanie gamma ma największą energię ze wszystkich fal elektromagnetycznych, bo jego prędkość jest największa.

☐

Częstotliwość fali elektromagnetycznej jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali.

☐

Częstotliwość fali elektromagnetycznej jest wprost proporcjonalna do długości fali.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Największy zakres fal elektromagnetycznych z wymienionych mają

promieniowanie gamma ☐

/ światło widzialne ☐

/ mikrofae ☐

.

Ćwiczenie 3



Uszereguj następujące rodzaje fal elektromagnetycznych według rosnącej długości fali:

Światło niebieskie



Promieniowanie podczerwone



Promieniowanie nadfioletowe



Promieniowanie rentgenowskie



Światło żółte



Mikrofale



Fale radiowe

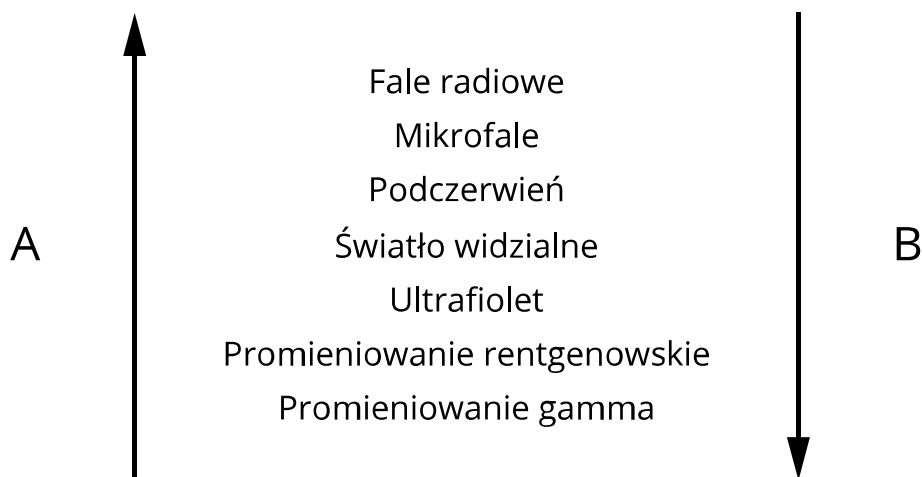


Promieniowanie gamma





Strzałki na ilustracji przedstawiają kierunek wzrostu parametrów charakteryzujących różne zakresy fal elektromagnetycznych.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Wstaw podpisy strzałek:

A -

B -

Ćwiczenie 5



Dopasuj poniższe opisy do odpowiednich rodzajów fal.

Mikrofale

Promieniowanie nazywane też promieniowaniem termicznym.

Podczerwień

Źródłem tego promieniowania są procesy zachodzące w jądrze atomowym.

Światło widzialne

Promieniowanie elektromagnetyczne przenikające całą atmosferę ziemską i odbierane przez ludzi i zwierzęta.

Promieniowanie gamma

Promieniowanie reliktowe wypełniające Wszechświat.

Fale radiowe

Źródłem tego promieniowania są anteny zasilane prądem przemiennym.

Rozwiąż krzyżówkę.

[illegible]

1. Parametr fali elektromagnetycznej równy liczbie pełnych zmian pola magnetycznego i elektrycznego w ciągu jednej sekundy.
2. Fale elektromagnetyczne wykorzystywane do podgrzewania potraw.
3. Promieniowanie o mniejszej częstotliwości niż światło widzialne.
4. Promieniowanie elektromagnetyczne o największej energii.
5. Promieniowanie jonizujące o największej długości fali.

Niedawno wykryto fale elektromagnetyczne o niezwykle dużej długości i częstotliwości równej 10^{-2} Hz. Oblicz długość tej fali i porównaj ją z promieniem Ziemi (6371 km). Prędkość światła wynosi $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

$$\lambda = \boxed{} \cdot 10^{\boxed{}} \text{ m}$$

Jest około razy większa niż promień Ziemi.

Ćwiczenie 8



Promieniowanie reliktowe, wypełniające Wszechświat, jest jednym z dowodów teorii powstania Wszechświata w Wielkim Wybuchu. Teoria ta mówi, że Wszechświat powstał jako mały, bardzo gęsty i gorący obiekt i od tego czasu nieustannie się rozszerza, w wyniku czego zmniejsza się jego gęstość i temperatura. Promieniowanie reliktowe pochodzi z bardzo wczesnego etapu ewolucji Wszechświata, gdy powstały pierwsze atomy i materia stała się przezroczysta dla promieniowania elektromagnetycznego. Od tego czasu rozmiary Wszechświata wzrosły około 1000-krotnie i tyle razy wzrosła długość fali promieniowania. Obecnie długość fali promieniowania reliktowego wynosi około 1 cm i jest to promieniowanie mikrofalowe. Oblicz przybliżoną długość fali tego promieniowania w momencie powstania. Oceń w jakim zakresie widma znajdowało się wtedy to promieniowanie.

Długość fali promieniowania reliktowego w momencie powstania Wszechświata wynosiła około 10 m.

Było to widmo mieszczące się w bliskiej .

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Widmo fal elektromagnetycznych
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne: II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X. Fizyka atomowa. Uczeń: 2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; wyjaśnia pojęcie fotonu oraz jego energii. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XI. Fizyka atomowa. Uczeń: 2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wyjaśni, czym są fale elektromagnetyczne, 2. wymieni parametry charakteryzujące fale elektromagnetyczne, 3. sklasyfikuje fale elektromagnetyczne, 4. przekona się, w jakich zakresach fale elektromagnetyczne przenikają przez atmosferę, 5. uzasadni dlaczego oczy przystosowane są do odbioru wąskiego wycinka całego zakresu fal elektromagnetycznych.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernościowa (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Natura falowa promieniowania elektromagnetycznego”, „Natura korpuskularna promieniowania elektromagnetycznego”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do codziennej wiedzy uczniów o różnych rodzajach fal elektromagnetycznych.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyjaśnia, czym są fale elektromagnetyczne i jakimi parametrami można je opisać. Definiuje długość fali, częstotliwość, energię fotonu. Następnie prezentuje na ekranie (lub za pomocą tabletów uczniowskich) widmo fal elektromagnetycznych. Omawiając poszczególne zakresy widma, odwołuje się do wiedzy uczniów o źródłach i zastosowaniu promieniowania. Następnie pokazuje uczniom Rys. 2, pokazujący na jaką wysokość nad poziomem morza dociera promieniowanie elektromagnetyczne ze Słońca w różnych zakresach fal. Uczniowie w dyskusji starają się znaleźć odpowiedź na pytanie, dlaczego nasze oczy przystosowane są do odbioru konkretnego, wąskiego zakresu fal elektromagnetycznych. Uczniowie oglądają animację i podają własne przykłady zastosowania fal elektromagnetycznych.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach rozwiązują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, 1 – 4 obowiązkowo, do wyboru 1 z pozostałych zadań.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji.
Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.