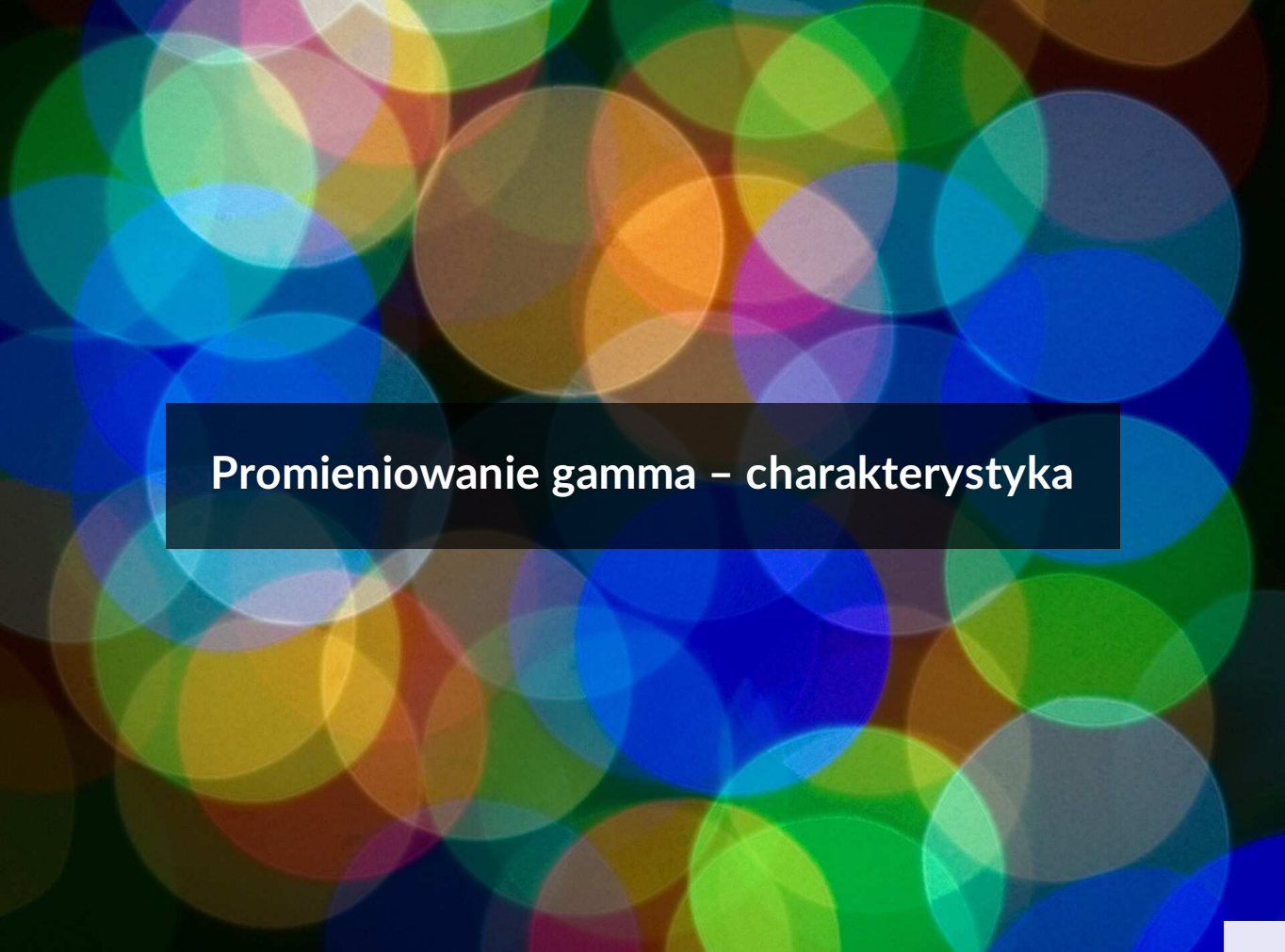


Promieniowanie gamma – charakterystyka

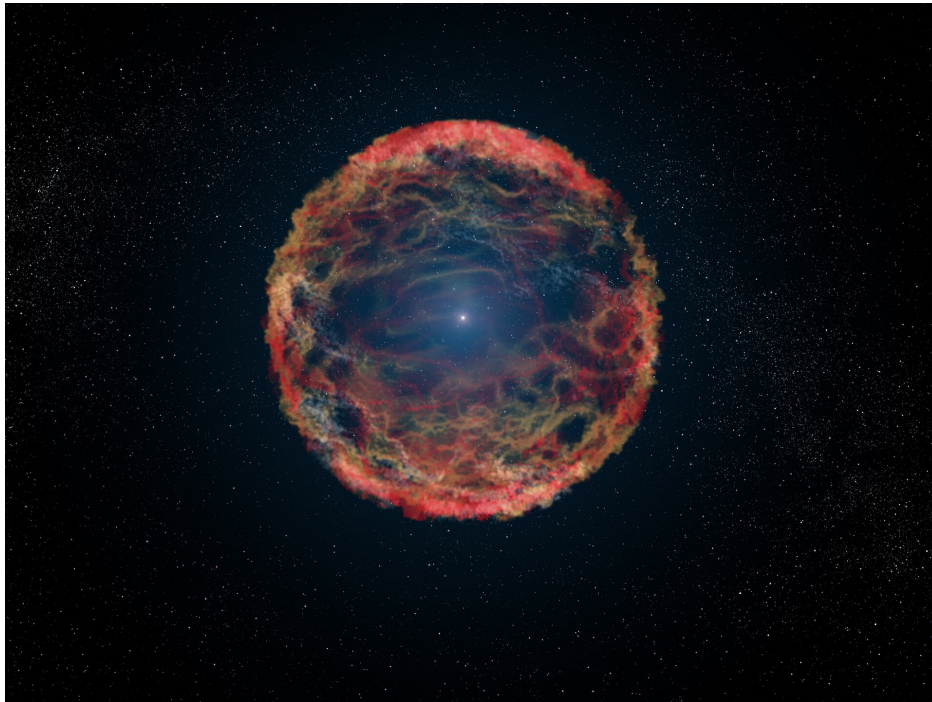
- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Promieniowanie gamma – charakterystyka

Czy to nie ciekawe ?

Jednymi z najciekawszych zjawisk obserwowanych we Wszechświecie są rozbłyski gamma. To krótkie impulsy promieniowania gamma, które pojawiają się średnio raz dziennie gdzieś na niebie. Źródła błysków gamma zlokalizowane są miliardy lat świetlnych od Ziemi i są najpotężniejszymi eksplozjami we Wszechświecie. Zwykle w ciągu zaledwie kilku sekund uwalniają więcej energii niż nasze Słońce podczas całego swojego życia. Przypuszcza się, że źródłem rozbłysków gamma są wybuchy kończące żywot bardzo masywnych gwiazd - supernowych, zapadających się do postaci czarnej dziury.



Rys. a. Artystyczna wizja wybuchu supernowej 1993J

Źródła promieniowania gamma znajdują się także wokół nas. Na szczęście nie emitują zwykle takiej energii, która mogła by nam zaszkodzić. Czym jest promieniowanie gamma? Jakie ma własności? Co jest jego źródłem? Na te pytania znajdziesz odpowiedź w tym e-materiale.

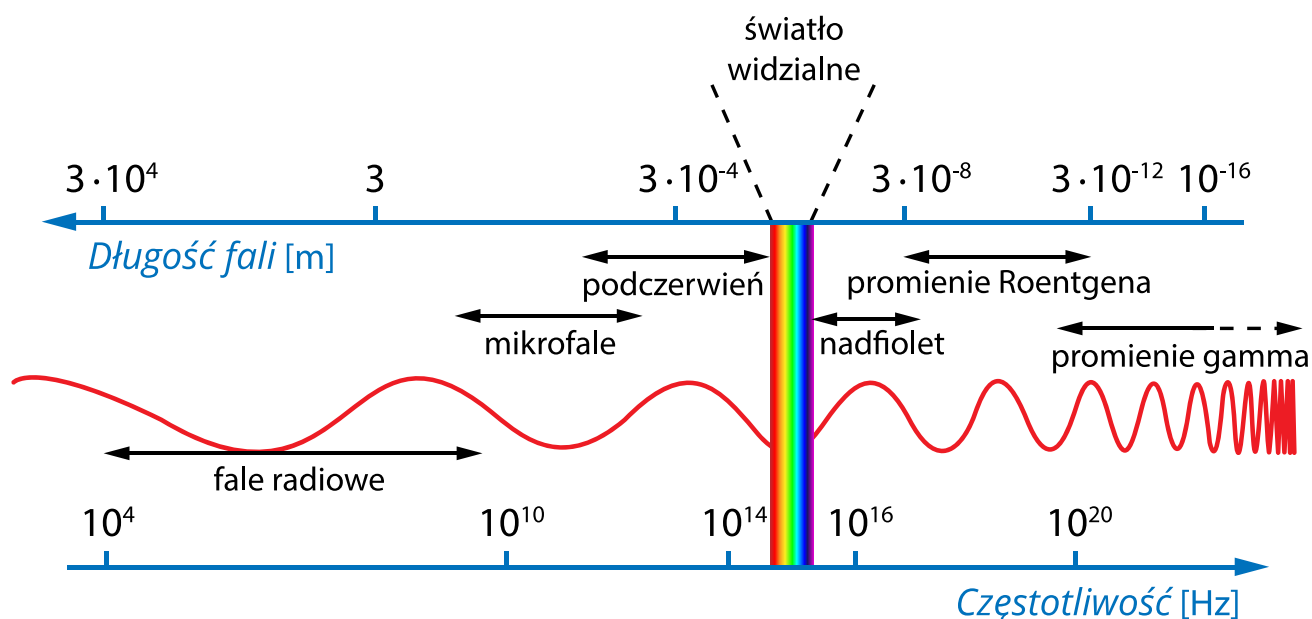
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest promieniowanie gamma,
- poznasz źródła promieniowania gamma,
- poznasz związek między energią fotonu gamma i częstotliwością fali elektromagnetycznej,
- zrozumiesz, jak promieniowanie gamma oddziałuje z materią,
- dowiesz się o szkodliwości promieniowania gamma dla żywych organizmów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Promieniowanie gamma jest falą elektromagnetyczną o bardzo wysokiej energii, czyli bardzo małej długości fali (Rys. 1.). Umownie przyjmuje się, że górną granicą długości fali gamma jest 0,1 nm, co odpowiada minimalnej energii kwantu gamma około 0,1 MeV. Należy zaznaczyć, że nie ma ścisłej granicy między promieniowaniem gamma, a promieniowaniem rentgenowskim, które ma większą długość fali i mniejszą energię niż promieniowanie gamma. Zakresy obu rodzajów fal elektromagnetycznych częściowo pokrywają się.



Rys. 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego.

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

Źródłem promieniowania gamma są zazwyczaj jądra atomowe. Kwant gamma jest emitowany przez jądro atomowe powstałe w wyniku rozpadu promieniotwórczego. Emitując kwant promieniowania gamma, jądro pozbywa się nadmiaru energii i przechodzi ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego.

Promieniowanie gamma tak, jak inne rodzaje promieniowania elektromagnetycznego, rozchodzi się w próżni z prędkością światła, czyli $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

W przypadku promieniowania gamma najsilniej uwidacznia się natura kwantowa promieniowania. We wszystkich obserwowanych zjawiskach fotony gamma zachowują się jak cząstki posiadające pęd. Choć promieniowanie gamma to fala elektromagnetyczna, obserwacja zjawisk falowych, takich jak dyfrakcja jest bardzo trudna.

Energia fotonu gamma, E , wyraża się wzorem:

$$E = hf \text{ lub } E = \frac{hc}{\lambda}$$

gdzie $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ jest stałą Plancka, f – częstotliwością fali, λ – długością fali, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ – prędkością światła.

Promieniowanie gamma jest promieniowaniem jonizującym, co oznacza, że fotony gamma mogą wybijać elektrony z atomów i cząsteczek. Po oderwaniu elektronu od atomu tworzą się jony, czyli cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym: elektron jest jonem ujemnym, atom pozbawiony elektronu – jonem dodatnim. Jeśli takie naładowane cząstki poruszają się w materii z odpowiednio dużą energią, powodują kolejne akty **jonizacji**. Naładowana cząstka oddziałuje siłami elektrycznymi z elektronami mijanych atomów, co powoduje odrywanie elektronów od atomów. Poruszająca się w materii cząstka, obdarzona ładunkiem, pozostawia za sobą pary jonów, tracąc stopniowo energię kinetyczną, aż do zatrzymania się.

Fotony gamma nie mają ładunku elektrycznego, nie oddziałują elektrycznie z elektronami, jak więc jonizują materię? Oddziaływanie fotonów gamma z materią zachodzi na trzy sposoby:

1. **Zjawisko fotoelektryczne** polegające na pochłonięciu całej energii fotonu gamma przez atom, w wyniku czego z atomu wybity zostaje elektron. Foton znika, a wybity elektron porusza się z dużą energią kinetyczną, unosząc prawie całą energię pochłoniętego fotonu gamma.
2. **Zjawisko Comptona**, czyli rozpraszanie fotonu gamma na swobodnym elektronie. Foton po zderzeniu z elektronem zmienia kierunek ruchu i oddaje część swojej energii elektronowi, który zaczyna się poruszać.
3. **Kreacja par** – to najbardziej ekscytujące zjawisko. Polega na tym, że foton gamma znika, a pojawia się para elektron – antyelektron, zwany pozytonem. Zjawisko to zachodzi wyłącznie w obecności trzeciego ciała, najczęściej jądra atomowego lub elektronu, które odbiera niewielką część energii i pędu fotonu, a cała pozostała energia fotonu zamienia się na energię dwóch cząstek: elektronu i pozytonu. Warunkiem zajścia reakcji par jest odpowiednio duża energia fotonu gamma, wystarczająca na utworzenie elektronu i pozytonu. Więcej na ten temat dowiesz się w e-materiale „*Kreacja par cząstka-antycząstka*”.

We wszystkich tych zjawiskach pojawiają się wysokoenergetyczne elektrony, które dalej jonizują materię. Wystąpienie jednego z powyższych zjawisk jest przypadkowe. Foton gamma może przebyć długą drogę w materii i nie zostać pochłonięty. Jeśli przez materię przechodzi wiązka promieniowania gamma, to część fotonów będzie w sposób przypadkowy eliminowana z wiązki w jednym z powyższych procesów, a inne będą poruszały się bez przeszkód nawet przez grubą warstwę materii.

Pochłanianie fotonów gamma w materii możemy porównać z jazdą szalonych kierowców, którzy poruszają się ze stałą, dużą szybkością i nie zatrzymują się na światłach. Część z nich szybko zostanie wyeliminowana z ruchu wskutek wypadków, ale niektórzy szczęściarze mogą przejechać setki kilometrów.

Promieniowanie gamma jest promieniowaniem długozasięgowym - zasięg promieniowania gamma w materii jest teoretycznie nieskończony, ale w praktyce wystarczającą ochronę zapewniają płyty ołowiane lub wielometrowa warstwa betonu.

Długi zasięg promieniowania gamma może stanowić dla nas problem, ponieważ promieniowanie to jest szkodliwe dla organizmów żywych. Jest bardzo przenikliwe, łatwo przechodzi przez cały organizm, a jonizacja powoduje uszkodzenia komórek różnych organów. Jeśli dawka pochłoniętego promieniowania przekracza pewną wartość, zwaną dawką progową, może wystąpić choroba popromienna.

Promieniowanie gamma nie jest jednak egzotycznym zjawiskiem, z którym nie mamy do czynienia w codziennym życiu. W naszym otoczeniu jest stale obecne promieniowanie gamma pochodzące z izotopów radioaktywnych, których bardzo małe domieszki posiada każdy przedmiot, a także nasze ciało. Promieniowanie gamma dochodzi także do powierzchni Ziemi z kosmosu, stanowi składnik tak zwanego promieniowania kosmicznego. To otaczające nas promieniowanie, zwane promieniowaniem tła, nie jest dla nas szkodliwe. Dopiero duże dawki promieniowania, na jakie mogą być narażeni, na przykład, pracownicy elektrowni jądrowych, stanowią problem i wymagają specjalnej ochrony.

Promieniowanie gamma powstaje we wnętrzach gwiazd w reakcjach syntezy lekkich jąder w cięższe. Wydziela się przy tym ogromna energia, emitowana, między innymi, właśnie w postaci promieniowania gamma. Największe emisje promieniowania gamma pojawiają się, gdy dochodzi do wielkich kosmicznych katastrof takich, jak zderzenia gwiazd neutronowych albo czarnych dziur, lub zapadnięcie się masywnej gwiazdy do postaci czarnej dziury w wybuchu supernowej. Dochodzące do Ziemi, tak zwane, błyski gamma pochodzą właśnie z takich zdarzeń.

Słowniczek

elektronowolt (eV)

(ang.: *electronvolt*) - jednostka energii spoza układu SI używana w fizyce mikroświata. 1 eV to energia, jaką uzyskuje elektron przyspieszany w polu elektrycznym o różnicy potencjałów równej 1 volt. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

jonizacja

(ang.: *ionisation*) - zjawisko odrywania elektronu lub kilku elektronów z atomu lub cząsteczki, w wyniku czego powstaje jon.

zjawisko fotoelektryczne

(ang.: *photoelectric effect*) – polega na emisji elektronów z powierzchni metalu pod wpływem padającego promieniowania elektromagnetycznego (światła widzialnego lub promieniowania ultrafioletowego). Ilość wybitych fotoelektronów jest proporcjonalna do natężenia padającego światła. Energia kinetyczna fotoelektronów (i co za tym idzie ich prędkość) nie zależy od natężenia światła, a tylko od jego częstotliwości.

zjawisko Comptona

(ang.: *Compton scattering*) – zjawisko rozpraszania promieniowania X i promieniowania gamma, czyli promieniowania elektromagnetycznego o dużej częstotliwości, na swobodnych lub słabo związanych elektronach, w wyniku którego następuje zwiększenie długości fali promieniowania.

Grafika interaktywna

Promieniowanie gamma – charakterystyka

Poniższa grafika interaktywna przedstawia schemat emisji kwantu gamma w procesie tzw. rozpadu alfa. Jądro, które ulega rozpadowi, emituje cząstkę alfa (jądro helu) i pozostaje w stanie wzbudzonym, co wiąże się z dodatkową emisją kwantu gamma.

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

Polecenie 1

Oblicz długość fali wyemitowanego promieniowania gamma, jeśli w trakcie emisji energia jądra zmniejszyła się o 10^{-13} J . Stała Plancka wynosi $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, prędkość światła - $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



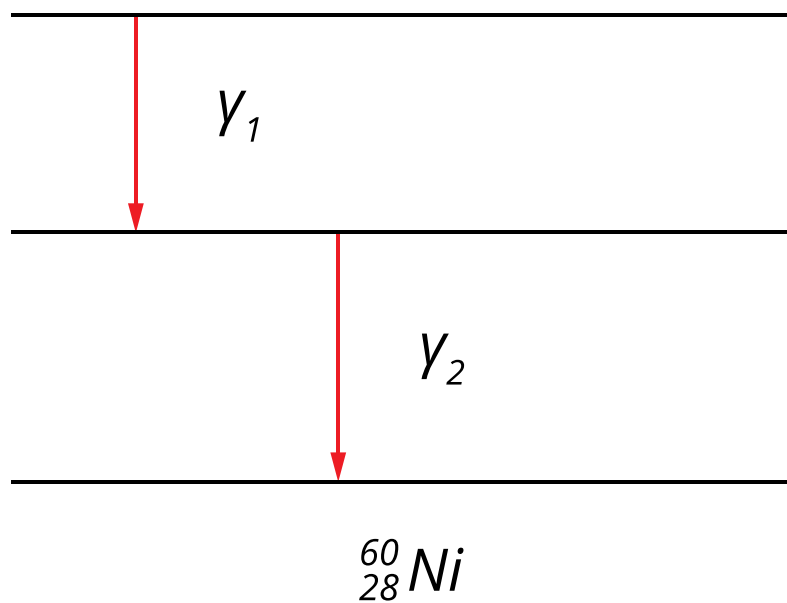
Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



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

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8

Gdy cząstka naładowana porusza się w materii, oddziaływanie elektryczne z elektronami mijanych atomów powoduje wybijanie tych elektronów z atomów, czyli jonizację. Promieniowanie gamma również zaliczamy do promieniowania jonizującego, choć fotony gamma nie mają ładunku elektrycznego. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają jony podczas przechodzenia promieniowania gamma przez materię.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Promieniowanie gamma – charakterystyka
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>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.</p> <p>XI. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia, czym jest promieniowanie gamma, 2. wymienia źródła promieniowania gamma, 3. opisuje związek między energią fotonu gamma i częstotliwością fali elektromagnetycznej, 4. tłumaczy, jak promieniowanie gamma oddziałuje z materią, 5. omawia szkodliwość promieniowania gamma dla żywych organizmów.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Natura korpuskularna promieniowania elektromagnetycznego”, „Promieniowanie gamma – zastosowanie”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ul style="list-style-type: none"> - Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?” - Odwołanie do wiedzy uczniów o promieniowaniu elektromagnetycznym. 	
Faza realizacyjna:	
<p>Nauczyciel wyjaśnia, czym jest promieniowanie gamma, podkreślając, że jest to promieniowanie elektromagnetyczne o największej energii. Podaje wzory na energię fotonu gamma, a następnie uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 5 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel tłumaczy, jak promieniowanie gamma emitowane jest podczas rozpadów promieniotwórczych jąder.</p> <p>Uczniowie oglądają grafikę interaktywną i w grupach rozwiązują zadanie tam zawarte. Nauczyciel wyjaśnia, w jakich zjawiskach fotony gamma jonizują materię, podkreślając przypadkowość tych zdarzeń. Uczniowie w dyskusji starają się ustalić, jaki jest zasięg promieniowania gamma – długi, czy krótki. Nauczyciel tłumaczy, czym jest promieniowanie tła i opowiada o kosmicznych źródłach promieniowania gamma.</p>	

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń.

Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, 1 - 4 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań w celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o promieniowaniu gamma.

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

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