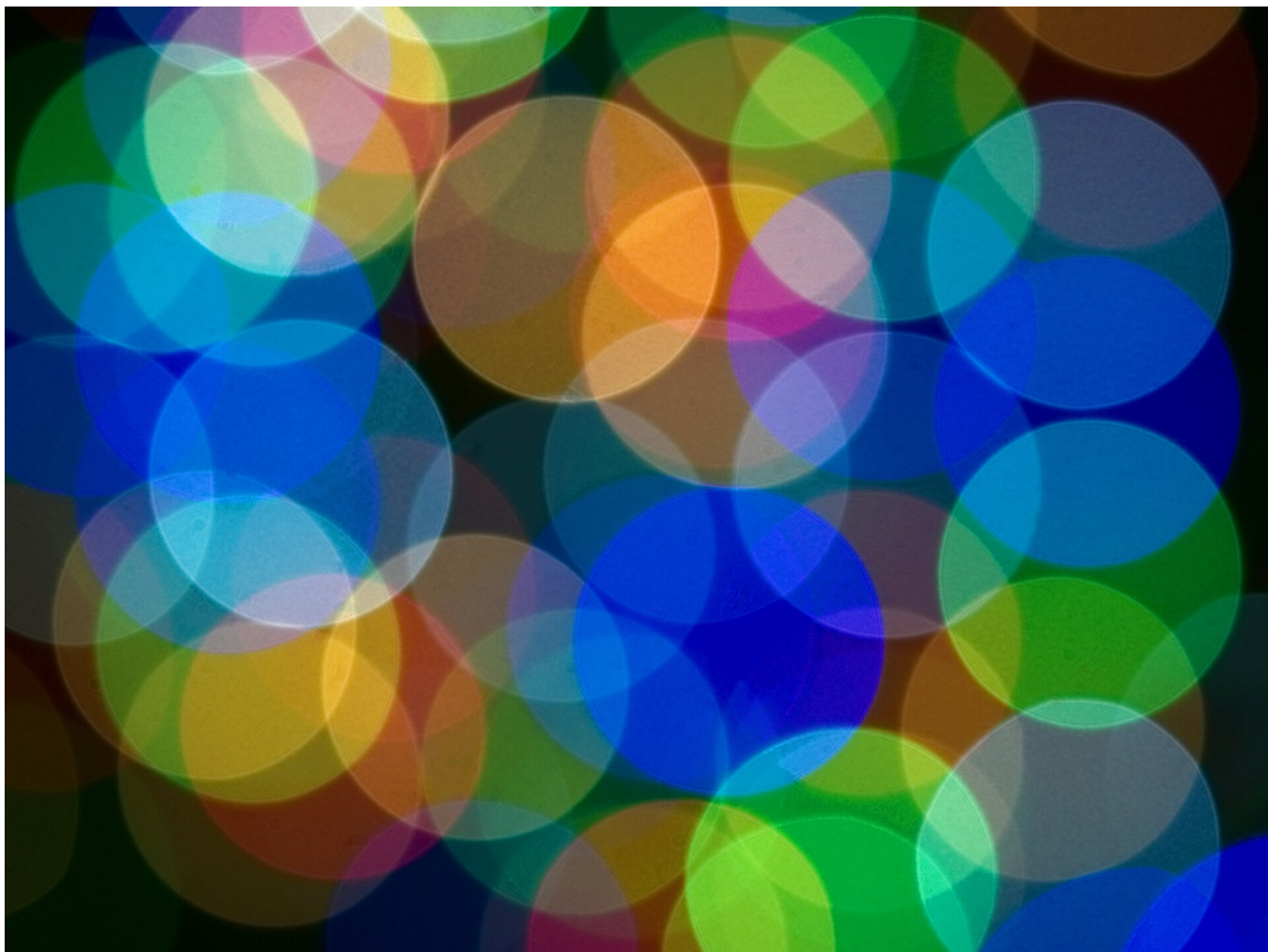




Promieniowanie gamma - zastosowanie

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



Promieniowanie gamma - zastosowanie

Czy to nie ciekawe?

W ostatnich latach obserwujemy szybki rozwój medycyny nuklearnej, czyli gałęzi medycyny wykorzystującej do terapii i diagnostyki izotopy promieniotwórcze. Popatrz na ilustrację przedstawiającą aparaturę medyczną do radioterapii w klinice w Heidelbergu (Niemcy). Urządzenia o wartości 119 mln euro zajmują wielką halę, a wszystko to dla pacjenta, którego możemy dostrzec w prawym dolnym rogu, leżącego wewnątrz ogromnego aparatu. Medycyna nuklearna to obszerna i ciekawa dziedzina. Tutaj omówimy niektóre zastosowania promieniowania gamma w medycynie i innych dziedzinach życia.



Źródło: Szpital Uniwersytecki w Heidelbergu

Twoje cele

- dowiesz się czym jest promieniowanie gamma,
- zrozumiesz, dlaczego promieniowanie gamma jest szkodliwe dla żywych organizmów,
- poznasz zastosowanie promieniowania gamma do sterylizacji,
- wyjaśnisz, jak przy pomocy promieniowania gamma można zmierzyć bezdotykowo grubość przedmiotu,
- poznasz zastosowanie promieniowania gamma w medycynie nuklearnej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Promieniowanie gamma jest falą elektromagnetyczną o bardzo wysokiej energii, czyli bardzo małej długości fali. Umownie przyjmuje się, że górną granicą długości fali gamma jest 0,1 nm, co odpowiada minimalnej energii kwantu gamma około 0,1 [MeV](#).

Promieniowanie gamma emitowane jest z jąder atomowych podczas przemian jądrowych, takich jak rozpady promieniotwórcze jąder. Powstałe po rozpadzie jądro, jądro wzbudzone, pozbywa się nadmiaru energii, emitując kwant promieniowania gamma.

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

Promieniowanie gamma jest promieniowaniem jonizującym, co oznacza, że fotony gamma mogą wybijać elektrony z atomów i cząsteczek. Jednak jonizacja ta nie odbywa się tak, jak w przypadku cząstki naładowanej elektrycznie przechodzącej przez materię. Kwanty gamma są przecież elektrycznie obojętne. Jak się odbywa ten proces w tym wypadku? Otóż, 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 tajemnicze 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 kreacji par jest odpowiednio duża energia fotonu gamma, wystarczająca na utworzenie elektronu i pozytonu.

Po oderwaniu elektronu od atomu tworzą się jony, czyli cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym: elektron jest jonem ujemnym, atom pozbawiony elektronu – jonem dodatnim.

Jonizacja powoduje uszkodzenia komórek organizmów żywych. Promieniowanie gamma o odpowiednio dużej intensywności jest więc zabójcze dla organizmów. W dodatku promieniowanie gamma jest bardzo przenikliwe, bez problemów przechodzi przez grubą

warstwę powietrza i większość otaczających nas przedmiotów. W kontakcie ze źródłami promieniowania gamma należy zachować ostrożność i stosować ochronę, najczęściej w postaci płyt ołowianych. Promieniowanie gamma najlepiej pochłaniane jest przez materiały zawierające pierwiastki o dużej **liczbie masowej**, takie jak ołów.

Jednak te groźne dla organizmów żywych własności promieniowania gamma potrafimy też wykorzystać dla naszych celów. Promieniowanie to może służyć do sterylizacji sprzętu medycznego, jak również produktów spożywczych.

Sterylizacja polega na niszczeniu bakterii, pleśni, grzybów, pasożytów i drobnoustrojów chorobotwórczych za pomocą promieniowania jonizującego. Podczas zabiegu stosuje się promieniowanie gamma pochodzące z **izotopu** promieniotwórczego kobaltu lub wysokoenergetyczne elektrony wytwarzane w akceleratorach. Rodzaje źródeł promieniowania oraz zasady eksploatacji urządzeń radiacyjnych zostały uregulowane przez normy międzynarodowe. Gwarantują one, że w artykułach spożywczych przy napromienianiu nie powstaną substancje szkodliwe dla zdrowia. Żywność dłużej zachowuje świeżość, bo podczas napromieniania giną drobnoustroje powodujące rozkład produktów.

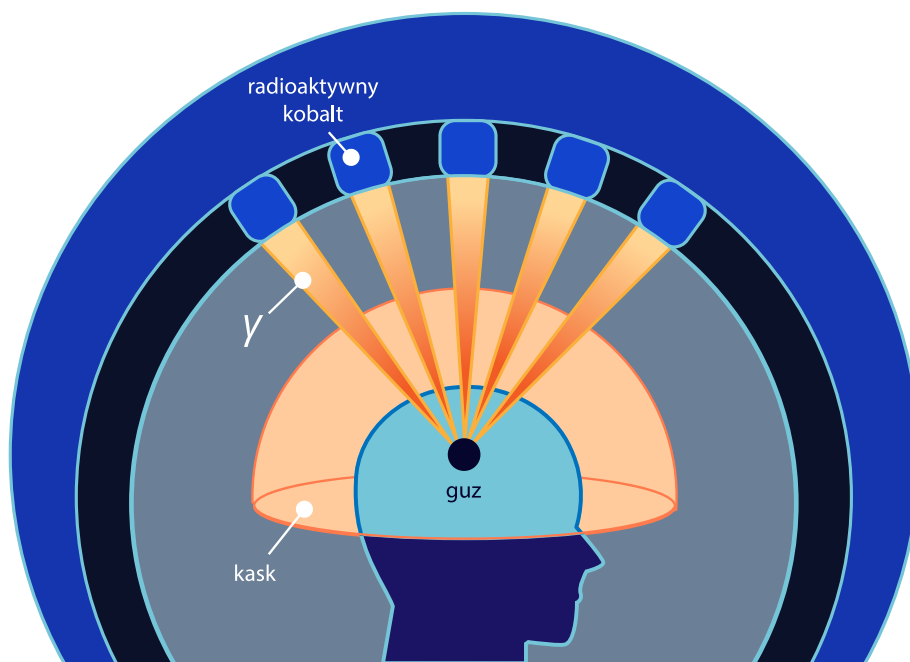
Jednym z najczęściej wykorzystywanych zastosowań promieniowania gamma są **mierniki radioizotopowe**. Mierniki te służą do dokładnego pomiaru grubości materiału w przypadku, gdy nie można dokonać tego pomiaru metodą standardową. Należą do nich mierniki absorpcyjne, których zasada działania oparta jest na zjawisku pochłaniania promieniowania gamma. Im większa grubość materiału, tym większa część padającej wiązki jest absorbowana. Z jednej strony mierzonego przedmiotu znajduje się, umieszczone w osłonie, źródło promieniowania, na przykład kobalt ^{60}Co , a z drugiej strony detektor promieniowania gamma, mierzący, ile promieniowania przeszło przez materiał. Znajomość zależności pochłaniania promieniowania gamma od grubości materiału pozwala na wyznaczenie mierzonej grubości. Zakres pomiaru grubości jest bardzo szeroki i wynosi od ułamków milimetra do kilkunastu centymetrów. Mierniki radioizotopowe nie mają podczas pomiaru kontaktu z materiałem mierzonym, co pozwala na pomiary materiałów poruszających się, o wysokiej temperaturze, materiałów plastycznych, a także materiałów i przyrządów medycznych, dla których ważne jest, aby podczas pomiaru nie zanieczyścić próbki. Promieniowanie gamma pochodzące z kobaltu ^{60}Co jest też wykorzystywane w defektoskopii, zajmującej się wykrywaniem ukrytych wad wyrobów.

Bardzo ważnym zakresem zastosowań promieniowania gamma jest medycyna. Promieniowanie to stosuje się zarówno w leczeniu nowotworów, jak i w diagnostyce. Zajmuje się tym gałąź medycyny zwana **medycyną nuklearną**. Urządzenia stosowane w medycynie nuklearnej to, między innymi:

1. **Bomba kobaltowa** – jest to urządzenie stosowane do terapii nowotworów, jak również do wspomnianej już sterylizacji żywności. **Izotop** kobaltu ^{60}Co emitujący promienie

gamma o energiach 1,17 i 1,33 MeV, umieszczony jest w grubej osłonie ołowianej, w której znajdują się kanały wyprowadzające na zewnątrz wiązkę promieniowania. Bomba kobaltowa może też być wyposażona w mechanizm umożliwiający zdalną manipulację próbkami bez narażania operatora na promieniowanie.

2. **Nóż gamma** – niezwykle precyzyjne urządzenie medyczne wykorzystywane w radiochirurgii, czyli operacjach mózgu bez otwierania czaszki. Pacjent zostaje unieruchomiony w celu dokładnego wykonania zabiegu. Za pomocą obrazowania, na przykład, tomografią komputerową, lokalizuje się położenie guza. Następnie w miejsce, w którym znajduje się guz, zostaje skierowanych około 200 wiązek promieniowania gamma, którego źródłem są kapsuły zawierające radioaktywny kobalt ^{60}Co . Istota metody polega na tym, że pojedyncze wiązki promieniowania są na tyle słabe, by w czasie przenikania nie uszkadzały mózgu. Natomiast w ściśle określonym miejscu dawka z poszczególnych wiązek sumuje się – jej moc jest 200 razy większa niż moc dawki pojedynczej wiązki. W rezultacie w obszarze guza promieniowanie osiąga moc niezbędną do zniszczenia komórek nowotworowych (Rys. 1.). Zagrożenie wystąpieniem skutków ubocznych jest bardzo małe w porównaniu do tradycyjnej operacji neurochirurgicznej. W dodatku zabieg nie wymaga praktycznie żadnej rekonwalescencji. Pacjenci poddani naświetlaniu nożem gamma powracają do normalnego życia następnego dnia po zabiegu.

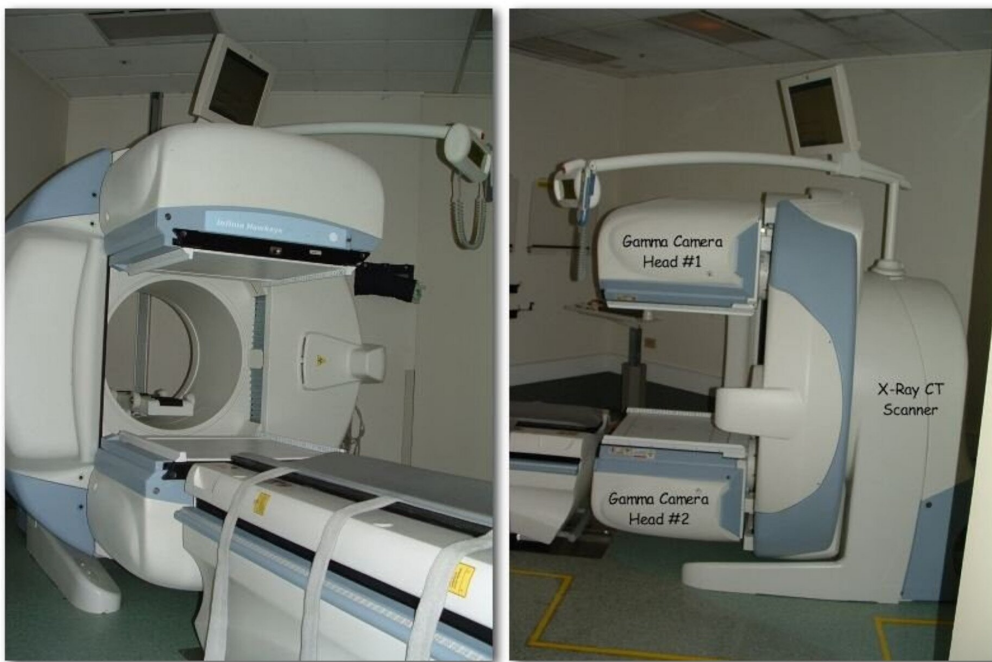


Rys. 1. Schemat graficzny działania noża gamma

3. **Tomografia emisyjna pojedynczych fotonów** (badanie SPECT – od ang. single-photon emission computed tomography) – technika, która przy użyciu promieniowania gamma umożliwia tworzenie obrazu przestrzennego dowolnego obszaru ciała pacjenta.

Badanie rozpoczyna się od wprowadzenia do organizmu pacjenta radiofarmaceutyków. Są to związki chemiczne składające się z dwóch elementów – z **radioaktywnego izotopu** oraz z nośnika zdolnego do osadzania się w tkankach i narządach. Nośniki wychwytywane są szczególnie intensywnie przez komórki nowotworowe w obrębie guza. Jądra atomowe radioaktywnego izotopu ulegają przemianie, podczas której emitują kwanty gamma. Ilość wyemitowanego promieniowania jest zależna od zawartości radiofarmaceutyku w danym obszarze. Z obszaru guza będzie więc wysyłanych więcej kwantów gamma niż z innych miejsc.

Promieniowanie jest mierzone bezpośrednio za pomocą zewnętrznego detektora – kamery gamma. Obraz przestrzenny uzyskuje się poprzez obrót kamery wokół badanego obszaru pacjenta. Zbierane są obrazy z kolejnych położenia głowicy, różniących się o kilka stopni. W taki sposób wykonuje się pomiary z pełnego obrotu wokół pacjenta. W celu przyspieszenia procesu zbierania danych najczęściej stosuje się kamery dwugłowicowe, umieszczone naprzeciw siebie. Wykonują one pomiary równocześnie, co przyspiesza dwukrotnie czas badania (Rys. 2.). Wszystkie pozyskane wyniki pomiarów poddaje się następnie obróbce komputerowej, która umożliwia stworzenie trójwymiarowego obrazu badanego obszaru.



Rys. 2. Urządzenie SPECT z dwugłowicową kamerą rejestrującą kwanty gamma [Źródło: [KieranMaher at English Wikibooks](#) / Public domain]

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 wolt. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Medycyna nuklearna

(ang. *nuclear medicine*) – gałąź medycyny zajmująca się leczeniem i diagnozowaniem chorób przy użyciu izotopów promieniotwórczych.

Izotopy

(ang. *isotopes*) – odmienne postacie atomów pierwiastka chemicznego, różniące się liczbą neutronów w jądrze przy tej samej liczbie protonów.

Izotopy radioaktywne

(ang. *radionuclides*) – izotopy o nietrwałych jądrach, które rozpadają się, emitując promieniowanie alfa lub beta oraz promieniowanie gamma.

Liczba masowa

(ang. *mass number*) – liczba protonów i neutronów w jądrze atomowym.

Grafika interaktywna

Warto przeczytać

Na poniższej grafice interaktywnej zaprezentowano, jak przez stalowy element przepuszczana jest wiązka promieniowania gamma. Z drugiej strony elementu znajduje się detektor, który mierzy natężenie promieniowania. Następnie obliczana jest grubość elementu, która wyświetlana jest na ekranie.

Polecenie 1

Zmień grubość elementu i zobacz, jak zmienia się natężenie promieniowania, które przeszło na drugą stronę stalowego elementu. Najeżdżając kursorem na wybrane elementy, możesz obejrzeć ich opis.

Polecenie 2

Miernik radioizotopowy może też służyć do wykrywania ukrytych defektów materiału, na przykład wewnętrznych dziur czy szczelin. Zaproponuj, w jaki sposób można to zrobić.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawdziwe stwierdzenie:

☐

Promieniowanie gamma ma niszczący wpływ na komórki żywych organizmów i dlatego ma szerokie zastosowanie w medycynie do ratowania życia.

☐

Promieniowanie gamma ma niszczący wpływ na komórki żywych organizmów i dlatego trudno dla niego znaleźć praktyczne zastosowanie.

☐

Promieniowanie gamma ma niszczący wpływ na komórki żywych organizmów i dlatego może mieć zastosowanie tylko w produkcji broni masowego rażenia.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Ostoną przed promieniowaniem gamma są zazwyczaj (/), ponieważ promieniowanie to najlepiej pochłaniają substancje o (/) liczbie masowej.

Ćwiczenie 3



Wybierz wszystkie prawdziwe stwierdzenia:

☐

Bomba kobaltowa to izotop kobaltu ^{60}Co emitujący promienie gamma, umieszczony w grubej osłonie ołowianej, w której znajdują się kanały wyprowadzające na zewnątrz wiązkę promieniowania.

☐

Bomba kobaltowa to broń zabroniona przez konwencje międzynarodowe.

☐

Bomba kobaltowa to urządzenie stosowane do terapii nowotworów i do sterylizacji żywności oraz aparatury medycznej.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij zdanie:

Nóż gamma służy (do krojenia bardzo twardych materiałów ☐ /
do wykonywania operacji chirurgicznych bez krojenia pacjenta ☐).

Ćwiczenie 5



Wskaż, które z podanych zjawisk wykorzystywane są w poniższych urządzeniach i procedurach.

Nóż gamma

Absorpcja promieniowania gamma podczas przechodzenia przez materię

Sterylizacja żywności

Jonizacja powodująca uszkodzenia komórek organizmów żywych

Emisja kwantu gamma podczas rozpadu promieniotwórczego

Miernik radioizotopowy

Emisja kwantu gamma podczas rozpadu promieniotwórczego

Emisja kwantu gamma podczas rozpadu promieniotwórczego

Tomografia emisyjna pojedynczych fotonów

Emisja kwantu gamma podczas rozpadu promieniotwórczego

Emisja kwantu gamma podczas rozpadu promieniotwórczego

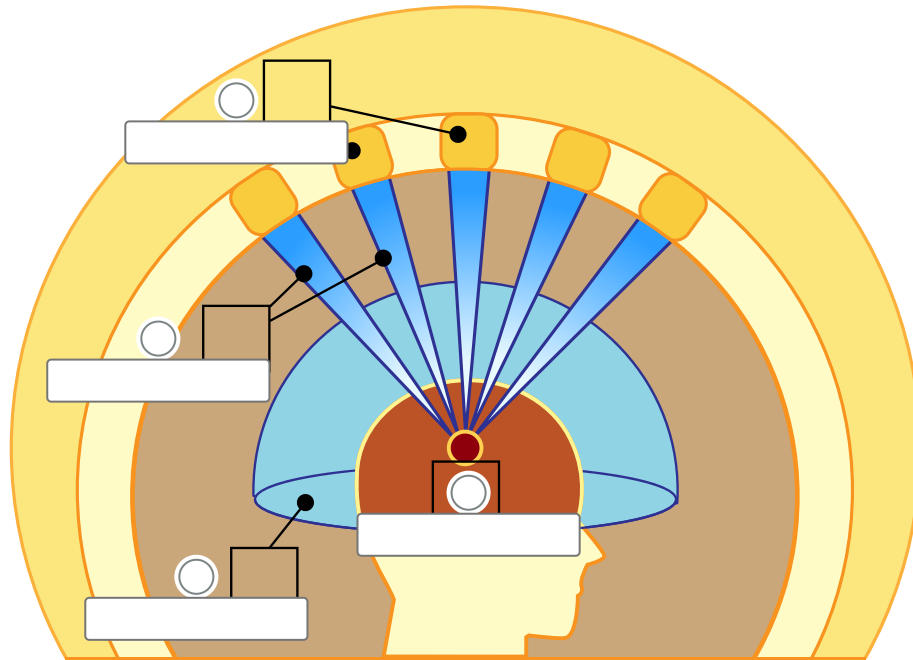
Bomba kobaltowa

Jonizacja powodująca uszkodzenia komórek organizmów żywych

Ćwiczenie 6



Wstaw podpisy na ilustracji przedstawiającej zasadę działania noża gamma.



komórki nowotworowe poddane terapii

kask unieruchamiający pacjenta

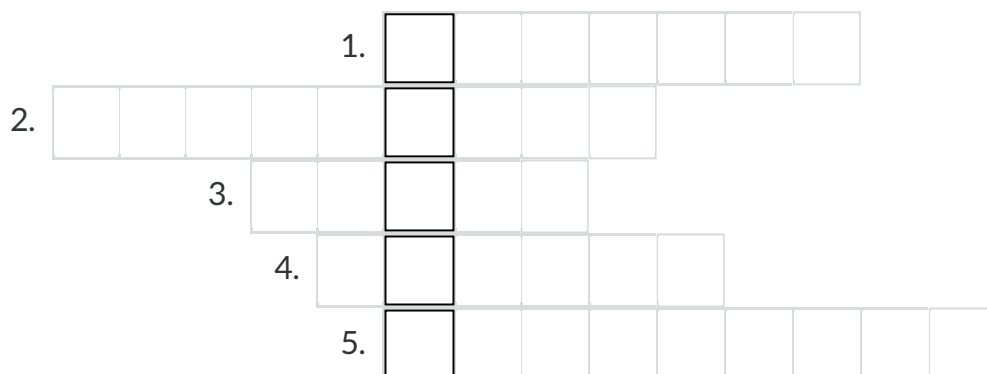
wiązki promieniowania gamma

radioaktywny kobalt

Ćwiczenie 7



Rozwiąż krzyżówkę.



1. Parametr absorbentu, od którego zależy, jaka część padającej wiązki promieniowania gamma jest absorbowana.
2. Gałąź medycyny wykorzystująca izotopy promieniotwórcze, medycyna ...
3. Urządzenie, będące źródłem promieniowania gamma: ... kobaltowa.
4. Wysłanie przez jądro atomowe kwantu gamma.
5. Pochłanianie promieniowania gamma podczas przechodzenia przez materię.

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, dlaczego promieniowanie noża gamma niszczy komórki nowotworowe położone w głębi mózgu, a nie niszczy przy tym komórek mózgu leżących na drodze promieniowania.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Promieniowanie gamma – zastosowanie
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. XI. Fizyka atomowa. Uczeń: 2) opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii. XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń: 13) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe; 14) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie.

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. zdefiniuje promieniowanie gamma, 2. wyjaśni, dlaczego promieniowanie gamma jest szkodliwe dla żywych organizmów, 3. pozna zastosowanie promieniowania gamma do sterylizacji. 4. objaśni, jak przy pomocy promieniowania gamma można zmierzyć bezdotykowo grubość przedmiotu, 5. wymieni zastosowania promieniowania gamma w medycynie nuklearnej.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - pokaz multimedialny.
Formy zajęć:	- praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „ Promieniowanie gamma – charakterystyka ”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o promieniowaniu gamma.	

Faza realizacyjna:

Nauczyciel wyjaśnia, czym jest promieniowanie gamma, podkreślając, że jest to promieniowanie elektromagnetyczne o największej energii. Nauczyciel tłumaczy, jak promieniowanie gamma emitowane jest podczas rozpadów promieniotwórczych jąder. Następnie wyjaśnia, że jest to promieniowanie jonizujące i ma niszczący wpływ na komórki organizmów żywych. Omawia kolejno zastosowania promieniowania gamma: do sterylizacji żywności, w miernikach radioizotopowych, w medycynie nuklearnej: bombie kobaltowej, nożu gamma i tomografii emisyjnej pojedynczych fotonów. Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń, a następnie dyskutują rozwiązanie na forum klasy.

Faza podsumowująca:

Uczniowie oglądają grafikę interaktywną i w grupach rozwiązują zadanie tam zawarte. 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:

Uczniowie utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań z zestawu ćwiczeń, 1- 4 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań.

**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.