

Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie?

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



## Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie?

Na zdjęciu widzisz prawdopodobnie znany Ci znak, który symbolizuje promieniowanie. Na tej lekcji dowiesz się, dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie.

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

Izotopy promieniotwórcze znalazły wiele przydatnych zastosowań w życiu codziennym. Stanowią wydajne źródło energii. Wykorzystano je chociażby w przemyśle energetycznym. Elektrownie atomowe są źródłem taniej i czystszej energii. Promieniowanie emitowane przez izotopy służy do wykrywania mikrouszkodzeń przedmiotów metalowych. Z kolei jod, w postaci izotopu  $^{127}\text{I}$ , jest bardzo ważnym mikroelementem dla człowieka. Jego niedobór u dzieci może powodować problemy z uczeniem się, a nawet spowalniać wzrost. Jednak nie każdy izotop jodu jest korzystny dla organizmu. Duże dawki izotopu  $^{131}\text{I}$ , który jest izotopem promieniotwórczym, mogą prowadzić do choroby nowotworowej. Skąd wiadomo, który izotop jest promieniotwórczy, a który nie? Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie? Potrafisz je wskazać?

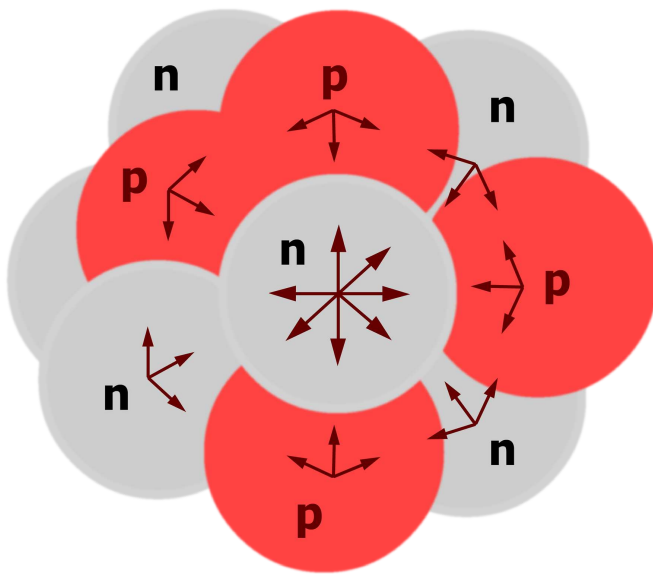
### Twoje cele

- Wymienisz pierwiastki promieniotwórcze.
- Uzasadnisz, dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie.
- Na podstawie wykresu zależności liczby neutronów od liczby atomowej wywnioskujesz, które izotopy są promieniotwórcze, a które nie.

# Przeczytaj

## Czym jest promieniotwórczość?

Izotopy promieniotwórcze są to nietrwałe izotopy, których jądra atomów są **niestabilne** i ulegają samorzutnym przemianom **promieniotwórczym**. Jądro atomu pierwiastka chemicznego jest trwałe, jeśli siły przyciągania między nukleonami (protonami i neutronami) są większe od siły odpychania między protonami.



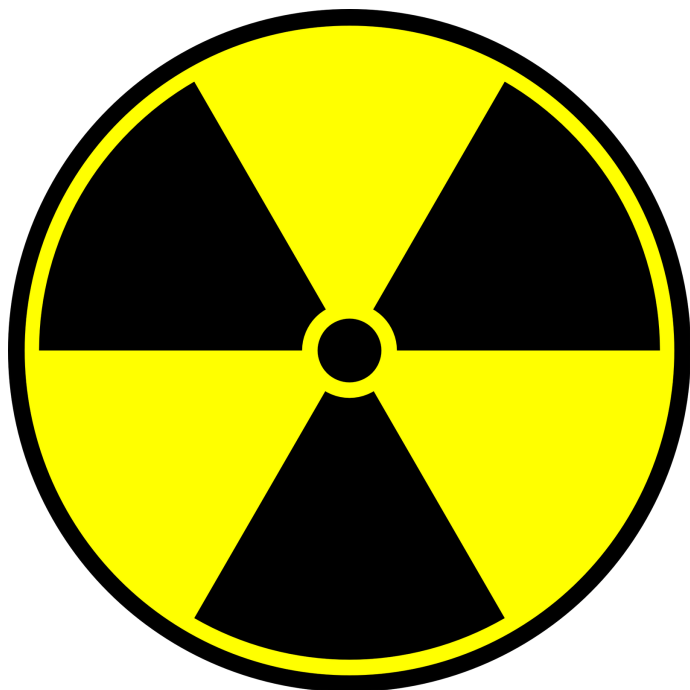
Siły przyciągania pomiędzy nukleonami

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Pierwiastkami promieniotwórczymi nazywano pierwiastki, których jądra rozpadają się, samorzutnie emitując przy tym promieniowanie. Te promienie, czyli inaczej mówiąc strumień pewnych fal elektromagnetycznych i cząstek, to nic innego jak właśnie **promieniowanie jądrowe**. Nietrwałe jądro atomowe ulega przemianom do czasu, aż powstanie trwałe jądro atomowe. Promieniowanie jądrowe jest niewidoczne dla ludzkiego oka, jednak można je zmierzyć przy pomocy dozymetru. Po przekroczeniu pewnej dawki może mieć ono szkodliwy wpływ na organizmy żywe.

Międzynarodowy symbol oznaczenia substancji promieniotwórczych został przedstawiony poniżej:

Wyróżnia się dwa rodzaje promieniotwórczości: **naturalną** oraz **sztuczną**. Promieniotwórczość sztuczna, czyli wymuszona, dotyczy izotopów, które nie występują naturalnie w środowisku. Takie nuklidy muszą zostać wytworzone przez człowieka. Naturalne rozpady promieniotwórcze to te, które zachodzą w przyrodzie samorzutnie i bez ingerencji człowieka.



Międzynarodowe oznaczenie substancji promieniotwórczych

Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

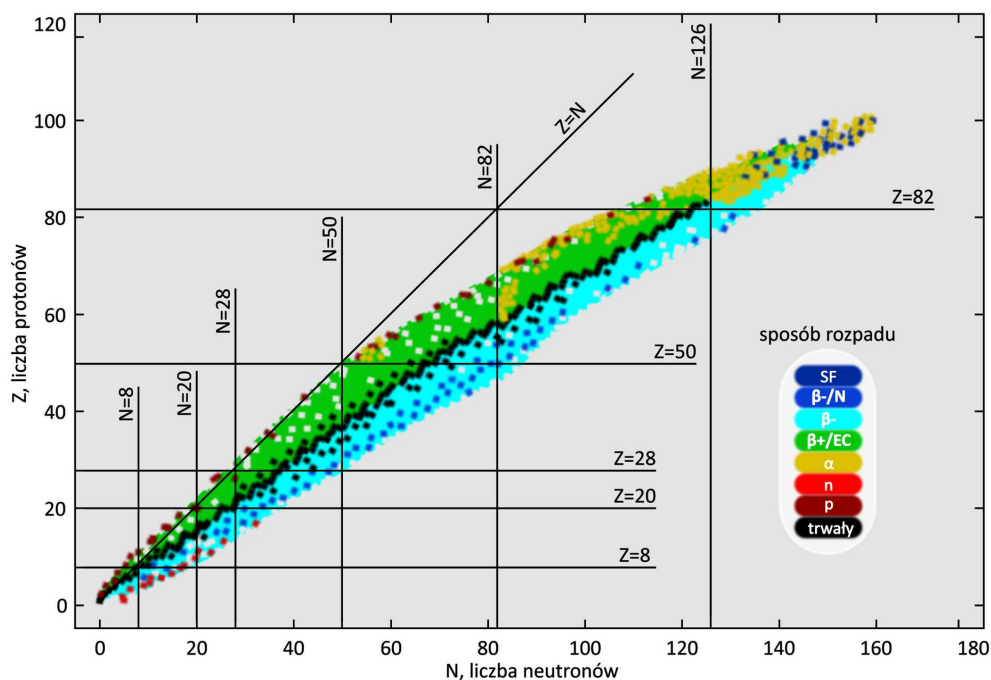


Przy pomocy dozymetru jesteśmy w stanie sporządzić pomiar aktywności promieniotwórczej preparatów.

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

## Dlaczego niektóre izotopy są promieniotwórcze, a inne nie?

Do trwałych należą jądra izotopów o określonym stosunku liczby neutronów do liczby protonów. Jądra, które zawierają parzystą liczbę protonów oraz neutronów są trwalsze od jąder o innym składzie nukleonów. Dla pierwiastków występujących na Ziemi można zaobserwować, że wraz ze wzrostem liczby atomowej stopniowo wzrasta przewaga liczby neutronów nad liczbą protonów w jądrach atomów. Źródłem promieniotwórczości są jądra atomów. Aby to było zrozumiałe, należy wziąć pod uwagę ładunki elektryczne nukleonów w jądrze. Protony są dodatnio naładowane i wzajemnie się odpychają, natomiast pomiędzy neutronami nie występuje taki typ odpychania. Neutrony są niezbędne, aby zrównoważyć siły elektrostatycznego odpychania protonów. Stanowią „łącznik” dla składników jądra atomowego, utrzymują zawartość jądra bez zwiększania odpychania. Jest to oddziaływanie silne, krótkiego zasięgu. Jeśli jądro zawiera dużą ilość protonów, potrzebuje również dużej liczby neutronów, aby możliwe było utrzymanie ich ze sobą. Począwszy od pierwiastka z liczbą atomową równą 83, czyli bizmutu, do końca układu okresowego wszystkie izotopy kolejnych pierwiastków są nietrwałe, a więc promieniotwórcze. Na poniższym wykresie przedstawiono zależność liczby neutronów (zawartych w jądrach trwałych izotopów występujących na Ziemi) od liczby protonów.



Zależność liczby neutronów w jądrach izotopów, występujących w przyrodzie, od liczby atomowej pierwiastka  
 Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Na podstawie wykresu można zauważyć, że początkowo, kiedy liczba protonów ( $Z$ ) jest równa liczbie neutronów ( $N$ ), punkty odpowiadające **trwałości jądra atomowego** układają się wzdłuż linii prostej. Jednak im większa jest liczba atomowa, tym punkty układają się coraz bardziej chaotycznie, poniżej linii, która została wyznaczona na początku. Ponadto, dla izotopów o  $Z$  mniejszym od 30, stosunek liczby neutronów do liczby protonów w jądrze atomu jest równy jeden lub nieznacznie więcej, a zatem atom powinien być **trwały**. Po przekroczeniu pewnego progu izotop zaczyna być **nietrwały**. Im większa liczba protonów, tym więcej neutronów jest potrzebnych do stabilizacji nuklidu. Jednak te o większych wartościach  $Z$  wymagają jeszcze większej liczby neutronów,  $N > Z$ , aby były stabilne. Rozpad promieniotwórczy jest spowodowany tym, że siły elektrostatycznego odpychania dodatnio naładowanych protonów przewyższają siły wzajemnego przyciągania wszystkich nukleonów.

Dla przykładu dla izotopów węgla wygląda to następująco:

Izotop węgla	Stosunek $\frac{N}{Z}$	Rodzaj izotopu
$^{12}_6\text{C}$	1	trwały
$^{13}_6\text{C}$	1,17	trwały
$^{14}_6\text{C}$	1,33	promieniotwórczy

Jak można zauważyć, węgiel posiada dwa trwałe izotopy, których stosunek  $\frac{N}{Z}$  jest równy jeden lub bliski jedności oraz jeden izotop promieniotwórczy, w którym stosunek liczby neutronów do liczby protonów w jądrze odbiega od jedności (stosunek  $\frac{N}{Z}$  wynosi 1,33).

# Słownik

## **promieniotwórczość**

samorzutna przemiana nietrwałych izotopów, polegająca na emisji cząstek elementarnych lub lekkich jąder; prowadzi do powstania nowego izotopu, zazwyczaj innego pierwiastka

## **promieniotwórczość naturalna**

przemiany jądrowe zachodzące samorzutnie w przyrodzie

## **promieniotwórczość sztuczna**

przemiany jądrowe zachodzące po ingerencji człowieka, dla nuklidów, które nie występują w sposób naturalny w przyrodzie

## **pierwiastek promieniotwórczy**

pierwiastek, który nie posiada trwałych izotopów (np. rad, polon)

## **promieniowanie jądrowe**

promieniowanie emitowane w wyniku przemian jądrowych przez pierwiastki czy substancje promieniotwórcze

## **izotop promieniotwórczy**

izotop pierwiastka, którego jądro atomowe jest niestabilne i samorzutnie ulega przemianie promieniotwórczej

## **przemiany promieniotwórcze (jądrowe)**

procesy prowadzące do zmian w składzie jądra atomowego (mogą być naturalne i sztuczne)

## **niestabilne izotopy**

izotopy promieniotwórcze, których jądra atomowe samoistnie rozpadają się

# Bibliografia

Bieleński A., *Podstawy Chemii Nieorganicznej*, Warszawa 2010.

Kulawik J., Kulawik T., Litwin M., *Podręcznik do chemii dla klasy ósmej szkoły podstawowej*, Warszawa 2020.

Kulawik J., Kulawik T., Litwin M., *Podręcznik do chemii dla klasy siódmej szkoły podstawowej*, Warszawa 2020.

Łasiński D., Sporny Ł., Strutyńska D., Wróblewski P., *Podręcznik dla klasy siódmej szkoły podstawowej*, Mac edukacja 2020.

Penkala T., *Podstawy chemii ogólnej*, Warszawa 1982.

Sobkowski J., Jelińska-Kazimierczuk M., *Chemia jądrowa*, Warszawa 2006.

Trzebiatowski W., *Chemia nieorganiczna*, Warszawa 1978.

# Audiobook

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z nagraniem o odkrytym przez Becquerela zjawisku promieniotwórczości, a także o dalszych badaniach na tym gruncie Marii Curie-Skłodowskiej. Następnie, na podstawie tych informacji, rozwiąż poniższe zadania.

### **Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie? Kto jako pierwszy zaobserwował to zjawisko?**

15 grudnia 1852 roku w stolicy Francji, w rodzinie fizyków, na świat przyszedł Henri Becquerel - laureat nagrody Nobla z roku 1903 za odkrycie zjawiska promieniotwórczości. Becquerel był chemikiem i fizykiem, a u podstaw jego badań leżały takie zjawiska jak: fluorescencja, fosforescencja, a także magnetyzm i polaryzacja światła. W badaniach związanych ze zjawiskiem fosforescencji, naukowiec wykorzystał siarczan uranowo-potasowy. Na kliszy fotograficznej umieścił grudki tej soli, następnie kliszę wraz z solą owinał grubym, czarnym, nieprzepuszczalnym dla światła papierem. Przygotowaną w ten sposób próbkę wystawił na działanie światła słonecznego i obserwował fosforescencję - czyli emisję promieniowania świetlnego. Doświadczenie powtarzał wielokrotnie.

Pewnego razu, z powodu pochmurnego dnia, kliszę fotograficzną wraz z próbką soli uranu, owiniętą jak zawsze grubym czarnym nieprzepuszczalnym światła papierem, schował do ciemnej szuflady, aby zapobiec niekontrolowanemu naświetleniu. Po kilku dniach wywołał kliszę i zauważył, że jest silnie zaczerniona.

### **Jak sądzisz, jaka mogła być tego przyczyna?**

Becquerel wywnioskował, że to sól wyemitowała promieniowanie, mimo iż nie była wystawiona na promieniowanie świetlne, a tym samym nie została pobudzona do fosforescencji. Naukowiec, zaintrygowany otrzymanym rezultatem, zbadał też inne pierwiastki, lecz nie wykazały podobnych właściwości. Po wielu badaniach zakomunikował, że zaczernienie kliszy mogło być spowodowane tylko samoistnym promieniowaniem uranu, które nie miało nic wspólnego z fosforescencją. Promieniowanie to nazwał promieniowaniem uranowym, a jego źródłem były niestabilne jądra uranu obecne w soli uranowej.

## **A co z innymi pierwiastkami? Czy też mogą być źródłem promieniowania?**

Odkryte przez Becquerela zjawisko promieniotwórczości, polegające na zdolności jąder atomowych do samoistnego rozpadu promieniotwórczego, było w latach późniejszych badane przez Marię Curie-Skłodowską. Skłodowska podjęła się badań wszystkich dostępnych związków uranu, aby sprawdzić, czy natężenie emitowanego promieniowania jest proporcjonalne do zawartości w nich tego pierwiastka. W przeciwieństwie do Bequerela, chemiczka nie stosowała klisz fotograficznych, ponieważ ich jakość w ówczesnych czasach była niepewna. Jako pierwsza z uczonych zastosowała metodę elektrometryczną, opartą na pomiarze jonizacji w powietrzu lub w innych gazach. Pomiar promieniotwórczości metodą elektrometryczną wykonywany był przy użyciu elektrometru z wagą piezoelektryczną, którą skonstruował jej mąż i szwagier. Maria wiedząc, że cechą mierzalną promieniowania jest jego zdolność do jonizacji powietrza oraz działanie na materiały światłoczułe, badała to zjawisko bardzo systematycznie i wytrwale. Poszukiwania izotopów promieniotwórczych rozpoczęła od przebadania wszystkich dostępnych minerałów, z których wyselekcjonowała te, które samoistnie emitują promieniowanie. A były to jedynie minerały toru i uranu. Wynikiem wielu badań Skłodowska stwierdziła, że minerały te różnią się natężeniem wysyłanego promieniowania w przeliczeniu na jednostkę masy. Według Marii, promieniotwórczość związków uranu i toru miała być proporcjonalna do ich masy, jednak tzw. aktywność właściwa rudy uranowej była wyższa niż czystego uranu, który stanowił dla niej wzorzec. Aby zweryfikować poprawność wykonywanych badań, Skłodowska otrzymała na drodze syntezy sól uranu o identycznym składzie, jak w mineralu pochodzenia naturalnego.

### **Jakich rezultatów mogła się spodziewać?**

Okazało się, że minerał posiadał aktywność właściwą, wyższą niż identyczny związek otrzymany syntetycznie. Skłoniło to Marię do postawienia dwóch hipotez:

Po pierwsze, promieniotwórczość to własność atomowa pewnych pierwiastków.

Po drugie, kopaliny uranowe muszą zawierać małą domieszkę nieznanego pierwiastka o szczególnie wysokiej aktywności właściwej.

Z uwagi na atrakcyjność tematyki promieniotwórczości, do badań Marii Skłodowskiej przyłączył się również jej mąż, Piere Curie. Już kilka miesięcy od rozpoczęcia badań, małżeństwo opublikowało pracę zatytułowaną „O nowej substancji radioaktywnej występującej w blendzie smolistej”, gdzie opisali nowy pierwiastek promieniotwórczy: polon. Niecałe pół roku później małżonkowie Curie odkryli kolejny pierwiastek promieniotwórczy – rad. Dodatkowo, na podstawie analogii chemicznych, zaproponowali miejsce odkrytych pierwiastków w układzie okresowym.

## Dlaczego zatem izotopy emitują promieniowanie?

Przyczyną emisji promieniowania przez izotopy pierwiastków jest niestabilność ich jąder atomowych. Na skutek zjawiska rozpadu promieniotwórczego, jeden pierwiastek ulega przemianie w drugi, a dodatkowo następuje emisja jednego z rodzajów promieniowania (alfa, beta lub gamma).

Po wielu latach od odkrycia Skłodowskiej i jej męża udowodniono, że emitowanie przez izotopy promieniowanie, po przekroczeniu pewnej dawki, może mieć szkodliwy wpływ na organizm ludzki. Świadomości takiej nie mieli naukowcy, którzy przez wiele lat przeprowadzali eksperymenty z wykorzystaniem substancji promieniotwórczych, a tym samym byli narażeni na długotrwałe działanie promieniowania. Ustalenie bezpiecznej dawki oraz opracowanie przez Hansa Geigera wraz z Walterem Müllerem w 1928 roku licznika Geigera-Müllera dało szansę ludziom uchronić się od licznych chorób, a nawet śmierci. Licznik Geigera-Müllera służy do detekcji promieniowania (np., alfa, beta lub gamma) i pozwala wyznaczyć dawkę promieniowania w jednostce siwert na godzinę (Sv/h).

Audiobook pt. „Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie?”

Źródło: Agata Jarszak-Tyl, Patrycja Męcik, opracowano na podstawie:

Cieśliński P., Majewski J., *Śladami Marii Skłodowskiej-Curie*, Warszawa 2011.

*Wielkie Biografie 3*, Encyklopedia PWN, Warszawa 2008.

Petelenz B., *Pozytywizm, racjonalizm i ... romantyzm Marii Skłodowskiej-Curie*, Zagadnienia Filozoficzne w Nauce, LIX, 2015.

Michael F. L'Annunziata, *Radioactivity: Introduction and History*, , Amsterdam, Netherlands 2007., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Przyporządkuj definicje do pojęć.

Pierwiastek promieniotwórczy

promieniowanie emitowane przez pierwiastki czy substancje promieniotwórcze.

Promieniowanie jądrowe

nie posiada trwałych izotopów (np. rad, polon).

Promieniotwórczość naturalna

samorzutna przemiana nietrwałych izotopów, polegająca na emisji cząstek elementarnych lub lekkich jąder.

Promieniotwórczość

to przemiany jądrowe, zachodzące samorzutnie w przyrodzie.

## Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość zdań.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Pierwiastkiem promieniotwórczym możemy nazwać węgiel, ponieważ posiada izotop promieniotwórczy.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pierwiastkiem promieniotwórczym możemy nazwać rad, ponieważ nie ma trwałych izotopów.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O trwałości jądra atomowego decyduje stosunek liczby neutronów do liczby protonów ( $\frac{N}{Z}$ ).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promieniowanie jądrowe jest widoczne dla ludzkiego oka.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jądro atomowe pierwiastka chemicznego jest trwałe, jeśli siły przyciągania między nukleonami są większe od siły odpychania między protonami.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdania odpowiednimi wyrazami.

Wyróżnia się dwa rodzaje promieniotwórczości: naturalną oraz . Promieniotwórczość naturalna dotyczy przemian, które zachodzą w przyrodzie , natomiast promieniotwórczość  jest inaczej nazywana , ponieważ przemiany potrzebują ingerencji człowieka.

Dla pierwiastków występujących na Ziemi można zaobserwować, że wraz ze  liczby atomowej, stopniowo  przewaga liczby neutronów nad liczbą protonów w jądrach atomów.

Począwszy od pierwiastka z liczbą atomową równą 83, czyli bizmutu, do końca układu okresowego wszystkie izotopy kolejnych pierwiastków są nietrwałe, czyli .

- maleje  wzrostem  wzrasta  sztuczną  niesamorzutnie  nietrwała  sztuczna  trwała  wymuszoną  samorzutnie  naturalna  promieniotwórcze

### Ćwiczenie 4



Poniżej w tabeli podano izotopy wodoru. Określ, które z nich są trwałe, a które promieniotwórcze, na podstawie obliczenia stosunku liczby neutronów do liczby protonów. Odpowiednie wartości wstaw w tabelę.

Izotop	Stosunek $\frac{N}{Z}$	Trwały/Promieniotwórczy
${}^1_1\text{H}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
${}^2_1\text{H}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
${}^3_1\text{H}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- 0  Promieniotwórczy  Trwały  Trwały  Promieniotwórczy  1  2  Trwały  0  Promieniotwórczy  1  2  2  Trwały  1  0

## Ćwiczenie 5



Pewien pierwiastek uległ przemianie beta minus, czyli rozpadowi promieniotwórczemu jądra atomowego, połączonego z emisją elektronu. Każda taka przemiana powoduje podwyższenie liczby atomowej  $Z$  o 1. Nie zmienia się liczba masowa izotopu. Podczas tej przemiany powstał izotop toru ( ${}_{90}^{227}\text{Th}$ ). Podaj symbol pierwiastka, który uległ przemianie, oraz jego liczbę masową i atomową.

Symbol pierwiastka:

Liczba masowa:

Liczba atomowa:

## Ćwiczenie 6



Przemiana alfa to rozpad promieniotwórczy, który polega na wyrzuceniu z jądra cząstki, zbudowanej z dwóch protonów i dwóch neutronów, czyli następuje emisja jądra helu. Każdej przemianie  $\alpha$  towarzyszy zmniejszenie liczby masowej atomu o 4 jednostki i zmniejszenie liczby atomowej o 2 jednostki. Na podstawie opisu określ, jaki pierwiastek powstanie po jednej przemianie alfa, jeśli pierwiastkiem, który uległ tej przemianie jest rad ( ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ). Określ jego liczbę masową i atomową.

Symbol pierwiastka:

Liczba masowa:

Liczba atomowa:

## Ćwiczenie 7



Wiedząc, że azot posiada m.in. 3 stabilne izotopy, którymi są:  $^{14}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$  oraz  $^{16}\text{N}$ , uzupełnij tabelę o brakujące informacje, które dotyczą trzech wymienionych izotopów azotu. Liczba atomowa azotu: 7.

Izotop	Stosunek $\frac{N}{Z}$	Trwały/Promieniotwórczy
$^{14}\text{N}$	1	Trwały
	1, 29	

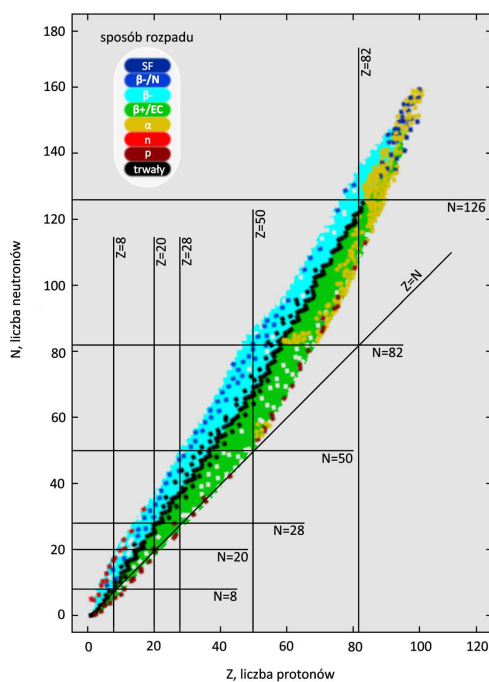
Promieniotwórczy
 $^{15}\text{N}$ 
Trwały
1, 14
Promieniotwórczy
Promieniotwórczy

1, 21
1, 10
 $^{16}\text{N}$ 
Trwały

## Ćwiczenie 8



Na podstawie poniższego wykresu porównaj izotopy, które posiadają liczbę neutronów równą 8 oraz liczbę atomową równą 8 z izotopami o liczbie neutronów równej 50 i liczbą atomową równą 28. Który izotop będzie wykazywał większą trwałość? Opisz, jaka jest zależność pomiędzy liczbą neutronów a liczbą protonów w jądrze w miarę wzrostu liczby atomowej oraz uzasadnij, co decyduje o trwałości izotopów.



Źródło: GroMar Sp. z o.o. oprac. na podst.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Valley\\_of\\_stability#/media/File:DecayModeNuDat2.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Valley_of_stability#/media/File:DecayModeNuDat2.png), licencja: CC BY-SA 3.0.

**Odpowiedź:**

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Patrycja Męcik, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie?

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

## Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

4) oblicza zmianę masy promieniotwórczego nuklidu w określonym czasie, znając jego okres półtrwania; pisze równania naturalnych przemian promieniotwórczych ( $\alpha$ ,  $\beta^-$ ) oraz sztucznych reakcji jądrowych.

## Kształtowane kompetencje kluczowe:

- 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:

- wskazuje pierwiastki promieniotwórcze;
- uzasadnia, dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie;
- na podstawie wykresu zależności liczby neutronów od liczby atomowej wnioskuje, które izotopy są promieniotwórcze, a które nie.

## Strategie nauczania:

- konstruktywizm.

## Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika okienko informacyjne;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca zbiorowa.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica;
- pisak/kreda.

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie? Czy wszystkie izotopy są promieniotwórcze? Potrafisz je wskazać?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy potocznej uczniów. Burza mózgów dotycząca promieniotwórczości oraz izotopów promieniotwórczych. Nauczyciel zapisuje pojęcia na tablicy i rozdaje uczniom karteczki samoprzylepne. Każdy z uczniów zapisuje na karteczce to, co kojarzy mu się z tym pojęciem i przykleja pod danym hasłem na tablicy. Nauczyciel na głos analizuje wypowiedzi uczniów. Na koniec zajęć uczniowie będą mogli porównać swoją wyjściową wiedzę z wiedzą po zajęciach, rozrysowując wspólną mapę myśli.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Samodzielna analiza materiału źródłowego w e-materiale „Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie”. Uczniowie zwracają uwagę na to, jak odróżnić izotop trwały od nietrwałego.
2. Okienko informacyjne – forma indywidualnej twórczej notatki. Uczniowie z dostępnego e-materiału wybierają ciekawe lub trudne do zapamiętania dla nich

pojęcie. W tym celu kartkę papieru w zeszytce uczniowie dzielą na 4 części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim okienku podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecim okienku wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.

3. Nauczyciel inicjuje dyskusję dotyczącą powodów emitowania promieniowania przez niektóre izotopy. Podopieczni dyskutują w nawiązaniu do tematu.
4. Nauczyciel dzieli klasę na dwie grupy zadaniowe (praca w parach) i informuje, że zadaniem będzie rozwiązanie zadań z e- materiału. Nauczyciel przydziela grupom zadania:
  - grupa I – zadanie nr 4;
  - grupa II – zadanie nr 7. Na wykonanie zadania uczniowie mają czas ok. 6 minut. Po minionym czasie chętni lub wskazani uczniowie prezentują swoje wyniki na forum klasy. Pozostali uczniowie dyskutują nad zaproponowaną odpowiedzią, zwracając uwagę na to, co jest nieprecyzyjne lub niezrozumiałe w wypracowanych przez uczniów wyjaśnieniach. Nauczyciel czuwa nad poprawnością rozwiązywanych zadań i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
5. Powrót do fazy wstępnej. Uczniowie wspólnie rozrysowują mapę pojęć na tablicy oraz zapisują w zeszytach - w oparciu o wiedzę wyjściową i nabytą na lekcji.
6. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę wykonując pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”. Nauczyciel monitoruje pracę ucznia i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając pytania: Jak rozumiesz pojęcie promieniotwórczości? Czy potrafisz określić, które izotopy są promieniotwórcze? Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie, a inne nie?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie mogą zgromadzić w swoim portfolio:
  - Przypomniałem/łam sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - Czego się nauczyłam/łem...
  - Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

Nauczyciel prosi uczniów o przygotowanie krótkich notatek na temat zastosowania izotopów promieniotwórczych w życiu codziennym. Dodatkowo, uczniowie w domu samodzielnie odsłuchują audiobook w ramach samokształcenia.

## **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:**

Audiobook może zostać wykorzystany przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub sprawdzianu wiedzy.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jak rozumiesz pojęcie promieniotwórczości?
- Czy potrafisz określić, które izotopy są promieniotwórcze?
- Dlaczego niektóre izotopy emitują promieniowanie, a inne nie?

2. Nauczyciel przygotowuje karteczki samoprzylepne.