

Jak przebiegają przemiany beta minus i beta plus?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Pozytonowa tomografia emisyjna (PET) mózgu, która wykazuje częściowy hipometabolizm.

Źródło: M. Zanetti i inni, N. Shigaef, *An interdisciplinary approach aiding the diagnosis of primary progressive aphasia: A case report*, 2017, licencja: CC BY 4.0.

Czasami zdarza się tak, że atomy jednego pierwiastka samorzutnie zamieniają się w zupełnie inne. Czy wiesz może, dlaczego tak się dzieje? I czy takie zjawisko jest w ogóle możliwe? Ta zagadkowa transformacja jest podstawą reakcji jądrowych, które powodują, że jedno jądro zamienia się w inne. Czy znasz przebieg takich reakcji jądrowej? O dwóch z nich dowiesz się z poniższego materiału.

### Twoje cele

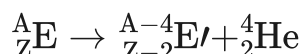
- Scharakteryzujesz przemiany  $\beta^-$  i  $\beta^+$ .
- Porównasz przemiany  $\beta$  z przemianą  $\alpha$ .
- Przedstawisz równania przemian promieniotwórczych.
- Oszacujesz rodzaj i liczbę rozpadów promieniotwórczych.

# Przeczytaj

## Przemiany jądrowe

[Reakcje jądrowe](#) to zmiany, którym ulega jądro atomowe. Mogą prowadzić do powstawania różnych pierwiastków. Samorzutny rozpad jest możliwy tylko wtedy, gdy energia rozpadającego się jądra jest większa od sumy energii powstających produktów rozpadu. Przemianę jądrową można określić, bilansując liczby atomowe i liczby masowe w równaniu jądrowym tego procesu. Najpopularniejszymi przemianami są alfa lub beta. Cząstki beta dzielimy na beta minus ( $\beta^-$ ) i beta plus ( $\beta^+$ ).

[Przemiana alfa](#) to emisja cząstki  $\alpha$ , w wyniku której liczba atomowa ( $Z$ ) pierwiastka maleje o 2, a liczba masowa ( $A$ ) maleje o 4. Przemiana ta zachodzi samorzutnie w wyniku rozpadu niestabilnego jądra atomów o liczbie  $Z$  większej lub równej 82. Równanie tej reakcji można zapisać następująco:

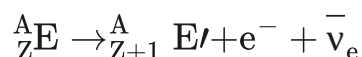


Przemianie alfa ulegają głównie jądra ciężkie. Podczas tego procesu następuje emisja cząstek, które składają się z dwóch protonów oraz dwóch neutronów (jądro helu).

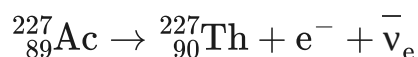
Natomiast **rozpad beta** jest procesem rozpadu jądra, w którym niestabilne jądro przekształca się i wyrzuca cząstki, dzięki czemu osiąga stan stabilny. Istnieją dwa różne typy przemian beta: [rozpad beta minus](#) i [rozpad beta plus](#). W obu tych rozpadach nukleon (proton lub neutron) w jądrze przekształca się w inny rodzaj nukleonu (neutron lub proton), co dzieje się pod wpływem słabego oddziaływania.

## Przemiana $\beta^-$

**Rozpad beta minus** to emisja z jądra atomowego elektronu, czyli **cząstki  $\beta^-$**  oraz **antyneutrino elektronowego** (cząstka elementarna). Rozpad ten występuje dla jąder posiadających pewien nadmiar neutronów w porównaniu do protonów. W wyniku tej przemiany liczba atomowa pierwiastka wzrasta o 1, a liczba masowa pozostaje bez zmian. Schemat tej reakcji można zapisać następująco:

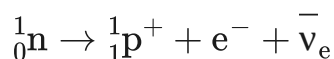


### Przykład przemiany beta minus



W wyniku tej emisji, w jądrze atomu promieniotwórczego następuje przemiana neutronu, zbudowanego z dwóch kwarków dolnych oraz jednego górnego, w proton i elektron. Wówczas jeden kwark dolny zostaje podmieniony kwarkiem górnym. Aby podczas tego procesu był zachowany ładunek, dochodzi do emisji wirtualnego bozonu  $W^-$  o ładunku  $-1$ . Ładunek kwarku górnego to  $\frac{2}{3}$ , a kwarku dolnego to  $-\frac{1}{3}$ . W ten sposób neutron zamienia się w proton, który pozostaje w jądrze atomu, natomiast elektron zostaje wypromieniowany.

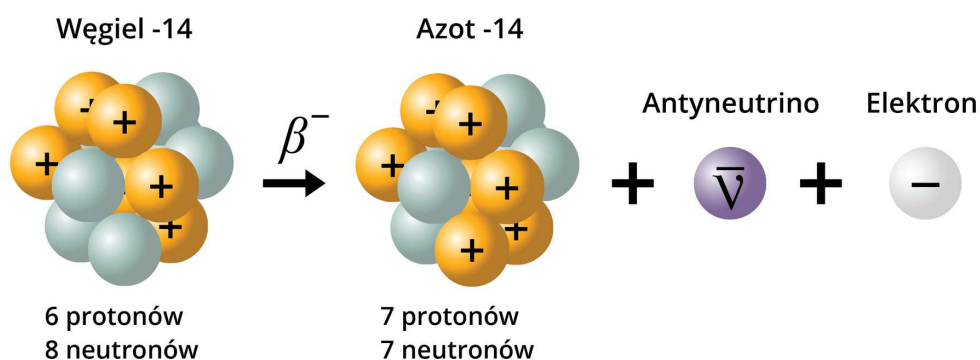
### Zapis przemiany neutronu



gdzie:

- $e^-$  – elektron (cząstka  $\beta^-$ );
- $\bar{\nu}_e$  – [antyneutrino elektronowe](#).

Emisji  $\beta^-$  może również towarzyszyć **promieniowanie gamma ( $\gamma$ )**.

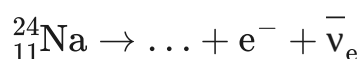


W wyniku przemiany  $\beta^{-}$  z węgla  ${}^{14}\text{C}$  powstaje azot  ${}^{14}\text{N}$  oraz cząstka antyneutrino i elektron.

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

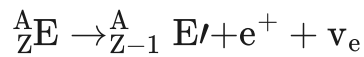
### Polecenie 1

Uzupełnij równanie, wpisując symbol odpowiedniego atomu oraz jego liczbę masową i liczbę atomową.

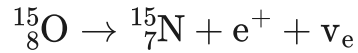


## Przemiana $\beta^{+}$

**Przemiana beta plus** to emisja dodatniej cząstki  $\beta$ , czyli **pozytonu** oraz **neutrino elektronowego** (cząstka elementarna). Proces ten występuje w jądrach posiadających niedobór neutronów w porównaniu do protonów. W wyniku tej przemiany liczba atomowa jądra maleje o jeden, a liczba masowa pozostaje bez zmian. Schemat tej reakcji można zapisać następująco:

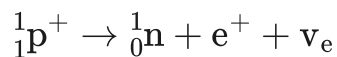


## Przykład przemiany beta plus



Podczas tego procesu, w jądrze atomu promieniotwórczego następuje przemiana protonu w neutron, który pozostaje w jądrze atomu, oraz przemiana pozytonu i neutrino. Następnie zostają one wypromieniowane. Proton składa się z dwóch kwarków górnych i jednego kwarku dolnego. Jeden kwark górny zmienia się w kwark dolny, co powoduje emisję wirtualnego bozonu  $W^+$  o ładunku +1 (dzięki czemu można zachować ładunek).

## Zapis przemiany protonu



gdzie:

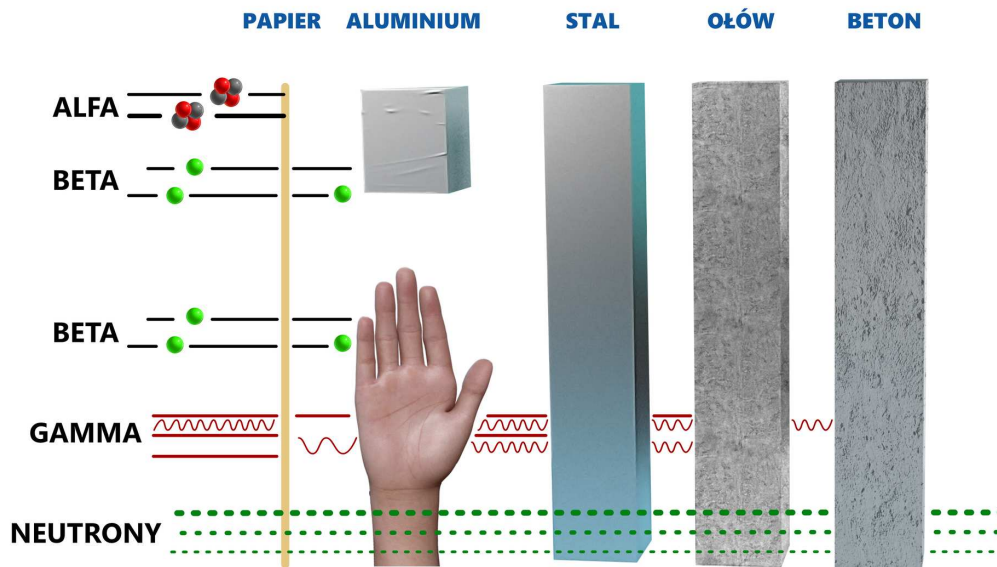
- $e^+$  – pozyton;
- $\nu_e$  – [neutrino elektronowe](#).

## Zastosowanie rozpadów $\beta$

## Porównanie przenikliwości promieniowania

[Promieniowanie beta](#) jest bardziej przenikliwe niż promieniowanie alfa, ale nie jest z kolei aż tak przenikliwe jak promieniowanie gamma. Jeśli źródło beta dostanie się do

organizmu, powoduje uszkodzenie tkanki i może zwiększyć ryzyko zachorowania na nowotwór. Poniższy rysunek pokazuje względną penetrację różnych typów promieniowania.



Schemat przenikliwości poszczególnych typów promieniowania jonizującego

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

## Słownik

### reakcje jądrowe

procesy polegające na zderzeniu cząstki (np. neutronu) lub niewielkiego jądra z innym jądrem, na skutek czego jądro bombardowane (ulegające przemianie spontanicznej lub wymuszonej) przekształca się w nowe jądro, a w reakcji wyrzucana jest jedna lub kilka cząstek

### przemiana alfa

inaczej rozpad alfa, promieniotwórczość  $\alpha$ ; rozpad promieniotwórczy jądra atomowego połączony z emisją jądra helu (cząstki  $\alpha$ )

### przemiana beta minus

inaczej rozpad beta minus; polega na przemianie neutronu w proton i emisji z jądra atomowego elektronu, czyli cząsteczki  $\beta^-$  oraz antyneutrino elektronowego

### **przemiana beta plus**

inaczej rozpad beta plus; polega na przemianie protonu w neutron i emisji z jądra atomowego pozytonu (antyelektronu), czyli cząsteczki  $\beta^+$  oraz neutrino elektronowego

### **promieniowanie beta, promieniowanie $\beta$**

jeden z rodzajów promieniowania wysyłanego przez promieniotwórcze jądra atomowe

### **neutrino elektronowe**

elektrycznie obojętna cząstka elementarna z grupy leptonów o spinie równym  $\frac{1}{2}$ , oznaczana symbolem  $\nu_e$ ; pojawia się przy rozpadach  $\beta^+$

### **antyneutrino elektronowe**

elektrycznie obojętna cząstka elementarna z grupy leptonów o spinie równym  $\frac{1}{2}$ , oznaczana symbolem  $\bar{\nu}_e$ ; jest antycząstką neutrino elektronowego; pojawia się przy rozpadach  $\beta^-$

## **Bibliografia**

Atkins P., Jones L., *Chemical Principles. The Quest for Insight*, 5th Edition, New York 2009.

Encyclopedia PWN

Welsh J. S., *Beta decay in science and medicine*, „American Journal of Clinical Oncology” 2007, 30(4), s. 437-439.

# Animacja

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, jak przebiega proces przemiany beta? Zapoznaj się z poniższą animacją, a następnie rozwiąż ćwiczenia.

## Wystąpił błąd

Jak przebiega przemiana beta?

Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R17zg0ImOVGoY](https://www.youtube.com/preview/resource/R17zg0ImOVGoY)

Animacja pt. *Jak przebiegają przemiany beta?*

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

Film przedstawia krok po kroku, jak przebiega przemiana beta za pomocą schematu oraz wzorów.

---

## Ćwiczenie 1

Jądro promieniotwórczego izotopu ołowiu, którego liczba masowa wynosiła 214, a liczba atomowa 82, uległo jednej przemianie  $\beta^-$ . Podaj symbol pierwiastka oraz skład jądra, które powstało w wyniku przemiany.




## Ćwiczenie 2

### Ćwiczenie 3

### Ćwiczenie 4

Jądro  ${}_{17}^{38}\text{Cl}$  ulega rozpadowi  $\beta^-$ . Jakie jądro potomne powstanie w wyniku tego rozpadu?

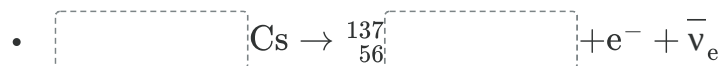
# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Uzupełnij równania reakcji podanych przemian jądrowych.



C

At

$\overset{219}{85}$

Ba

$\overset{227}{89}$

Xe

$\overset{136}{56}$

$e^+$

$\nu_e$

$\overset{137}{55}$

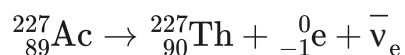
$e^-$

## Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdania, opierając się na podanych schematach:

### Przykład A.



W wyniku przemiany jądrowej  powstaje nowy izotop, którego liczba masowa , a liczba atomowa .

maleje o 1

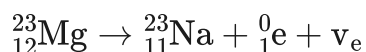
wzrasta o 1

beta plus

beta minus

pozostaje bez zmian

### Przykład B.



W wyniku przemiany jądrowej  powstaje nowy izotop, którego liczba masowa , a liczba atomowa .

beta minus

wzrasta o 1

pozostaje bez zmian

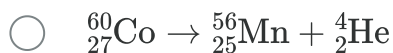
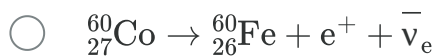
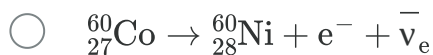
maleje o 1

beta plus

## Ćwiczenie 3



Izotop  ${}^{60}\text{Co}$  został poddany przemianie beta minus. Zaznacz, który zapis przedstawia prawidłowe równanie tej przemiany.



## Ćwiczenie 4



Wybierz prawdziwe stwierdzenia.

Podczas przemiany beta plus emitowana jest cząstka zwana neutrinem oraz pozyton.

W czasie przemiany beta plus liczba atomowa jądra maleje o jeden, a liczba masowa się nie zmienia.

Podczas przemiany beta minus emitowana jest cząstka zwana antyneutrinem elektronowym oraz cząstki beta-.

W czasie przemiany beta minus liczba atomowa jądra maleje o jeden, a liczba masowa się nie zmienia.

W czasie przemiany beta minus liczba atomowa i masowa jądra wzrasta o jeden.

## Ćwiczenie 5



Podczas rozpadu promieniotwórczego jądro  ${}^{228}_{88}\text{Ra}$  przekształciło się w jądro  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ . Ustal, ilość przemian alfa i beta minus.

Odpowiedź:

przemiany alfa

przemiany beta minus

3

2

2

5

5

6

3

1

4

6

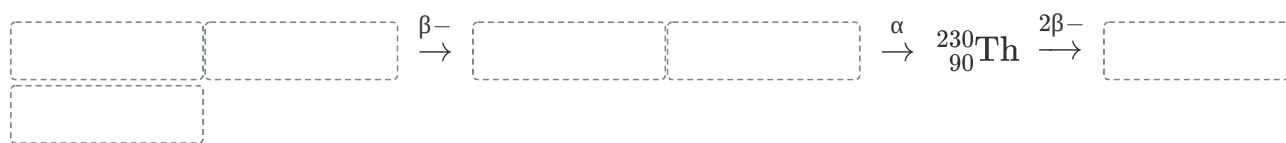
1

3

## Ćwiczenie 6



Ustal jakie pierwiastki oznaczono w poniższym równaniu.



## Ćwiczenie 7



Poniżej podano cykl przemian prowadzący do powstania izotopu  ${}^{233}_{92}\text{U}$ .



Zapisz równania tych przemian.

Równania zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym miejscu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.



# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Patrycja Męcik, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Jak przebiegają przemiany beta?

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

## Podstawa programowa:

Poziom 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:

- omawia zastosowania przemiany beta minus;
- charakteryzuje przemianę beta-, oraz beta+;
- porównuje przemianę alfa i beta-, beta+;
- szacuje rodzaj i liczbę przemian promieniotwórczych;
- zapisuje równanie przemiany promieniotwórczej.

## Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

## **Metody i techniki nauczania:**

- burza mózgów;
- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu;
- słuchawki;
- 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 atomy jednego pierwiastka samoistnie zmieniają się w inne?, Na czym polega reakcja jądrowa?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wstępnej uczniów. Burza mózgów wokół przemiany beta - oraz beta +.

### **Faza realizacyjna:**

1. Chętny uczeń wyjaśnia, na czym polega przemiana alfa, jako przypomnienie z poprzedniej lekcji. Nauczyciel może również wyświetlić z medium bazowego przemianę alfa, przypominając istotę tej przemiany.
2. Uczniowie w parach na podstawie dostępnych źródeł, w tym e-materiału, wyszukują informacje na temat przebiegu przemiana  $\beta^-$  oraz  $\beta^+$  (w postaci tekstu źródłowego, równań przemian). Nauczyciel sygnalizuje uczniom, na co w trakcie analizy mają zwrócić uwagę: na to które nuklidy ulegają przemianie beta +, które beta -, oraz dlaczego ulegają tym przemianom. Dodatkowo w jaki sposób przebiegają te przemiany oraz w jaki sposób zapisuje się przemiany beta. Uczniowie mogą również wykorzystać

do analizy medium bazowe „Jak przebiega przemiana beta”.

Następnie chętny uczeń przekazuje całej klasie informacje których się dowiedział, inni uczniowie uzupełniają wypowiedź o informacje, których brakowało.

3. Chętni lub wybrani uczniowie podchodzą do tablicy i zapisują przykłady różnych przemian beta minus wskazanych przez nauczyciela. Nauczyciel monitoruje, ewentualnie wyjaśnia i uzupełnia niezrozumiałe kwestie.
4. Podział uczniów na grupy, nauczyciel rozdaje arkusze papieru i mazaki. Uczniowie pracują z wykorzystaniem różnych źródeł informacji, w tym z e-materiału, w kontekście zastosowań przemian beta. Uczniowie zapisują znalezione informacje na arkuszach papieru, następnie swoje prace mocują na tablicy. Liderzy grup po kolei referują przygotowane przez grupę informacje z wykorzystaniem techniki gadająca ściana, proponując inne zastosowania niż przedmówcy.
5. Uczniowie, sprawdzając swoją wiedzę, samodzielnie analizują i rozwiązują ćwiczenia w zestawie ćwiczeń zawarte w e-materiale.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimediu:

- Czym się różni przemiana alfa od przemiany beta minus?
- Jakie zastosowanie ma przemiana beta minus oraz beta plus?
- Jak nazywamy procesy zachodzące przy bombardowaniu jądra atomowego innym jądrem lub cząstką elementarną?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia:

- Przypomniałem sobie...
- Co było dla mnie łatwe...
- Czego się nauczyłam/łem...
- Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują pozostałe nierozwiązane zadania z zestawu ćwiczeń w e-materiale.

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

Animacja/model 3D może zostać wykorzystana podczas wykonywania pracy domowej i przygotowania się do zajęć lub podczas porównania istoty przemiany alfa i beta minus.

### **Materiały pomocnicze:**

- mazaki;
- arkusze papieru;

- glutaki.

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

- Czym się różni przemiana alfa od przemiany beta minus?
- Jakie zastosowanie ma przemiana beta minus?
- Jak nazywamy procesy zachodzące przy bombardowaniu jądra atomowego innym jądrem lub cząstką elementarną?