



Przemiany promieniotwórcze - zapis równań

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



Przemiany promieniotwórcze - zapis równań

Znak ostrzegający przed substancjami promieniotwórczymi
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

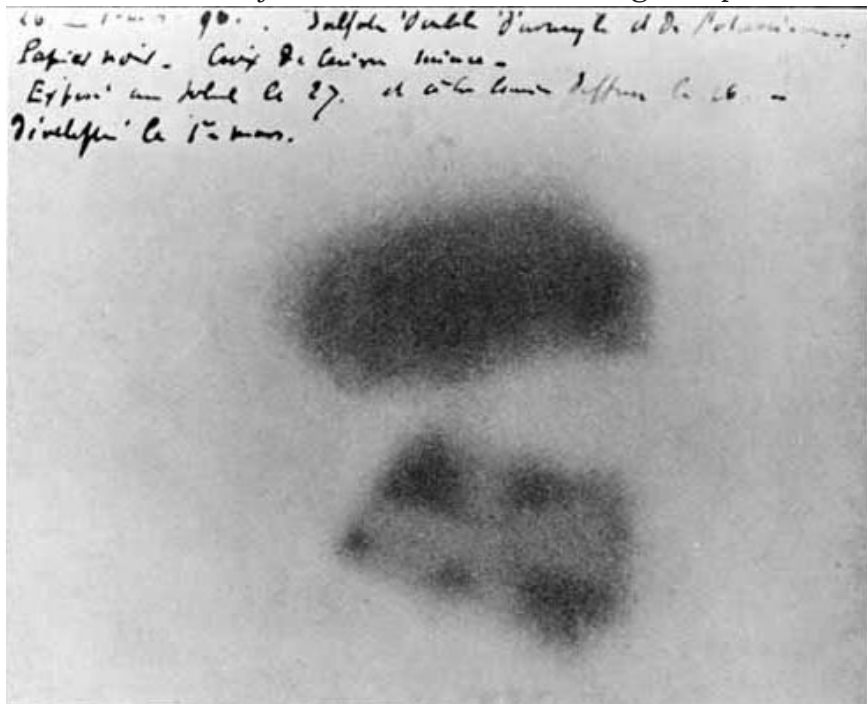
Wykorzystanie pierwiastków promieniotwórczych kojarzy nam się głównie z energetyką jądrową. W wyniku rozpadów promieniotwórczych otrzymujemy przecież energię, potrzebną do wytworzenia prądu elektrycznego, z którego cały czas korzystamy. Zastosowanie pierwiastków promieniotwórczych ma jednak wymiar znacznie większy – począwszy od medycyny nuklearnej, aż po czujniki dymu. Co zatem powoduje, że pierwiastki promieniotwórcze znajdują tak wiele zastosowań? Czy może chodzi o ich właściwości fizyczne? A może chemiczne? Które z przemian jądrowych są najczęściej wykorzystywane?

Twoje cele

- Przedstawisz równania reakcji rozpadów promieniotwórczych α , β i γ .
- Określisz zmiany liczby atomowej i liczby masowej podczas przemian promieniotwórczych.
- Zaproponujesz ścieżki reakcji promieniotwórczych w celu otrzymania konkretnego pierwiastka.

Przeczytaj

Zjawisko promieniotwórczości zostało odkryte dzięki efektom, które wywołuje. W 1896 roku **Henri Becquerel** [bekrɛl] zauważył, że papier fotograficzny, który znajdował się w pobliżu związku uranu, czernieje, mimo że odizolowano go od promieni słonecznych.



Kliska fotograficzna należąca do Becquerela – ciemne pola powstały w wyniku napromieniowania przez sole uranu.

Źródło: dostępny w internecie: pl.wikipedia.org, domena publiczna.

Prace nad promieniotwórczością kontynuowało małżeństwo **Curie**. Z ich badań wynikało, że nie tylko uran jest źródłem nowych niewidocznych promieni, lecz również inne izotopy występujące razem w rudzie uranu. Na przełomie XIX i XX wieku udało im się wyizolować z owej rudy dwa nowe pierwiastki: **polon** – nazwany na cześć Polski – oraz **rad**.

Za odkrycie tych pierwiastków **Maria Skłodowska-Curie** otrzymała Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii, a za pracę nad promieniotwórczością, razem z Becquerelem i swoim mężem, otrzymała Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

Naturalne przemiany promieniotwórcze

Naturalne przemiany promieniotwórcze to takie, które zachodzą w przyrodzie **samorzutnie** – bez wpływu człowieka i polegają na rozpadzie jąder atomowych. Wszystkie

pierwiastki, zaczynając od bizmutu o liczbie atomowej $Z = 83$, ulegają rozpadom promieniotwórczym.

Wyróżniamy następujące przemiany promieniotwórcze:

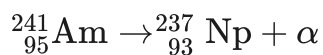
- przemiana α (rozpad α);
- przemiana β^- (rozpad β^-);
- przemiana β^+ (rozpad β^+).

Przemianom jądrowym często towarzyszy emisja **promieniowania** γ . Jest ono wysokoenergetyczne, czyli bardzo szkodliwe dla organizmów żywych.

Przemiana α

Przemiana α polega na wyrzuceniu z jądra cząstki alfa, która jest tożsama z jądrem atomu helu-4 (zbudowana z dwóch **neutronów** i dwóch **protonów**), co zapisujemy ${}^4_2\text{He}$. Cząstka alfa porusza się z prędkością od kilku do kilkunastu tysięcy kilometrów na sekundę.

Jednym z pierwiastków, który ulega przemianie α , jest ameryk-241. Reakcja rozpadu atomu ameryku przebiega zgodnie z równaniem:

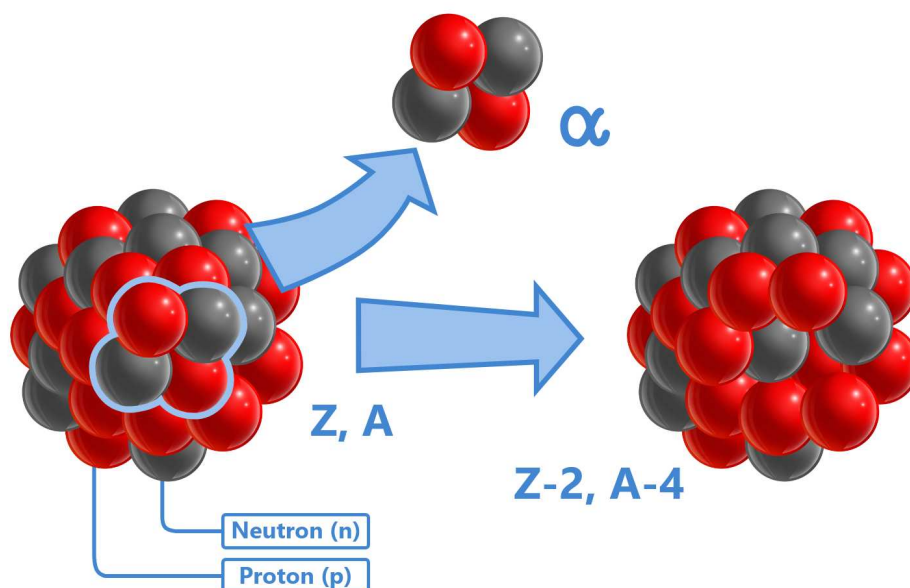


Ciekawostka

Powstałe w wyniku **rozpadu cząstki α** nie są przenikliwe, mogą być zatrzymane przez kartkę papieru. Czujnik dymu działał na zasadzie przerywania strumienia cząstek α przez dym. Jak można zauważyć, cząstki te mają problem z „pokonaniem” dymu, a co dopiero z przeniknięciem przez plastikową obudowę.

W wyniku utraty przez jądro atomu cząstki α ($Z = 2$, $A = 4$), która zawiera dwa protony i dwa neutrony, powstaje jądro nowego pierwiastka o mniejszej liczbie protonów (o dwa) i mniejszej liczbie neutronów (również o dwa). Powoduje to zmniejszenie liczby atomowej pierwiastka o dwa ($Z - 2$), a utrata czterech nukleonów zmniejsza liczbę masową o cztery ($A - 4$).

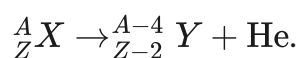
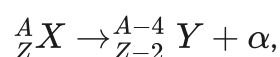
To, w jaki sposób w naturalnych przemianach promieniotwórczych zmienia się liczba atomowa Z i liczba masowa A , określone jest przez **regułę przesunięcia Soddy'ego-Fajansa**.



Emisja cząstki alfa przez jądro atomowe

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

Schematycznie przemianę α można zapisać:

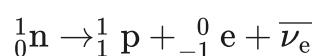


Przemiana β^-

Przemiana β^- polega na emisji elektronu z jądra atomu. Elektrony pochodzące z jądra atomowego nazywamy cząstkami β^- . W wyniku tej przemiany liczba atomowa Z pierwiastka zwiększa się o jeden.

Znając budowę jądra atomowego, możesz się teraz zastanawiać, skąd w jądrze pojawił się elektron i dlaczego liczba atomowa pierwiastka zwiększyła się o jeden?

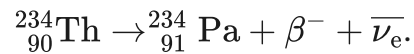
W wyniku tej przemiany z neutronu powstaje proton i elektron, zgodnie z równaniem:



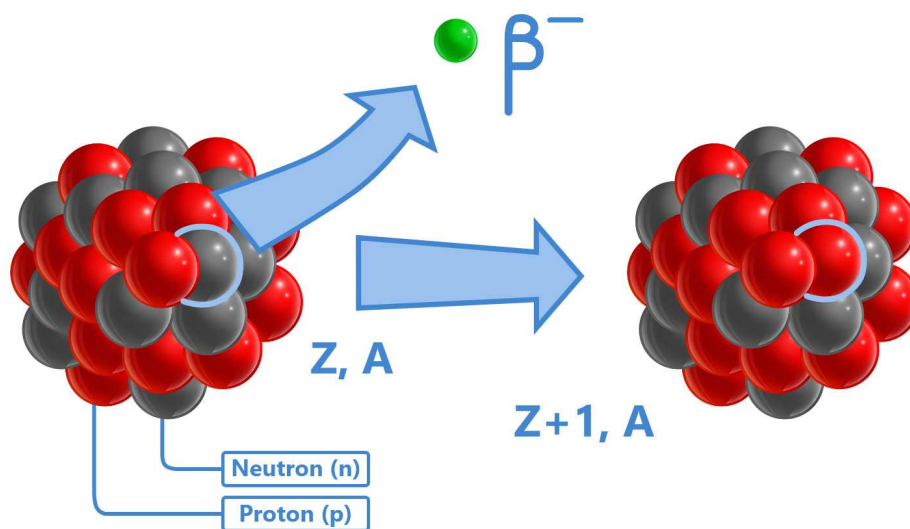
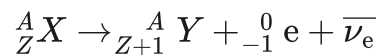
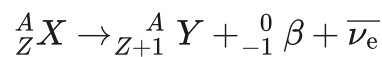
Jedną z cząstek powstałych w tym rozpadzie jest antyneutrino elektronowe $\bar{\nu}_e$, które powstaje w wyniku rozpadu neutronu. Jest ono cząstką nieobdarzoną ładunkiem elektrycznym o bardzo małej masie – takiej, żeby prawo zachowania masy zostało zachowane. Naukowcy, badając przemianę β^- , zauważyli, że emitowane elektrony nie

posiadają tej samej energii, zatem zasada zachowania energii była niespełniona. W 1930 roku Wolfgang Pauli zaproponował istnienie dodatkowej cząstki, powstałej w tym rozpadzie. W 1954 roku istnienie tej cząstki zostało potwierdzone w wyniku eksperymentu Fredericka Reines'a i Clyde Cowen'a.

Atom toru-234 w wyniku rozpadu β^- przekształca się w atom protaktynu-234, dlatego liczba atomowa zwiększa się o jeden ($Z + 1$), zaś liczba masowa pozostaje bez zmian, ponieważ przemiana neutronu w proton nie powoduje zmian w łącznej liczbie nukleonów:



Schematycznie przemianę β^- można zapisać:



Emisja cząstki beta minus przez jądro atomowe

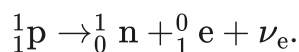
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Masa elektronów jest dużo mniejsza od masy protonu czy neutronu, zatem mogą one poruszać się dużo szybciej – osiągają aż 90% prędkości światła. Promieniowanie β^- jest promieniowaniem o średniej przenikliwości. Aby je zahamować, potrzebna jest już np. blacha aluminiowa.

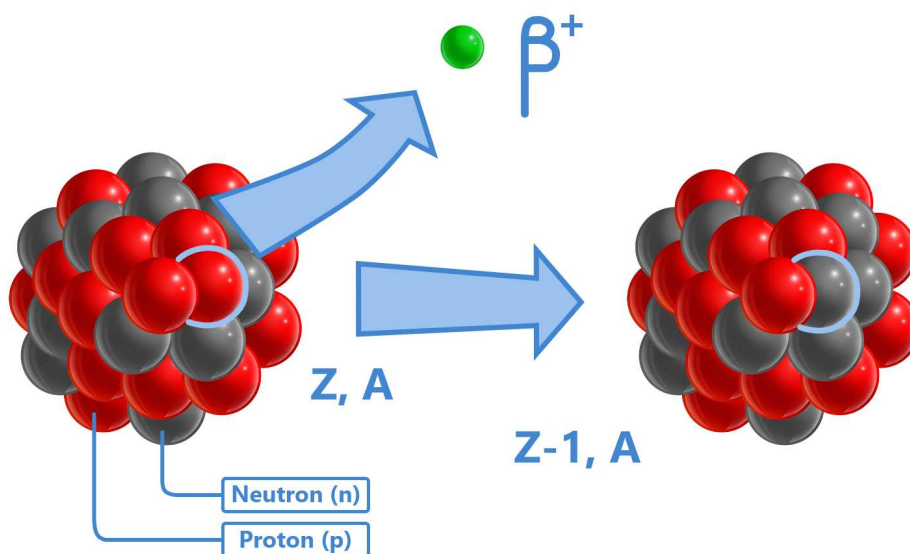
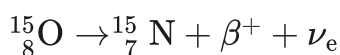
Przemiana β^+

Przemiana β^+ występuje samorzutnie tylko w przypadku izotopów otrzymanych przez człowieka, jak np. tlen-15. Wiąże się to z emisją z jądra atomu cząstki zwanej pozytonem, posiadającej ładunek dodatni i masę zbliżoną do masy elektronu.

Pozyton ${}^0_1\text{e}$ powstaje w wyniku rozpadu protonu, zgodnie z równaniem:



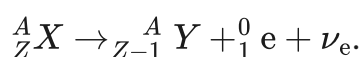
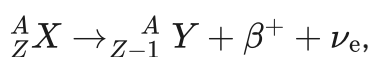
Podczas przemiany β^- powstaje antyneutrino elektronowe, natomiast w wyniku rozpadu protonu z jądra atomowego zostaje emitowane neutrino elektronowe. Neutrino i antyneutrino tworzą parę cząsteczek, które nawzajem się znoszą. W wyniku przemiany β^+ , liczba atomowa zmniejsza się o 1 ($Z - 1$). Tej przemianie może ulegać atom izotopu tlenu-15, zgodnie z równaniem:



Emisja cząstki beta plus przez jądro atomowe

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

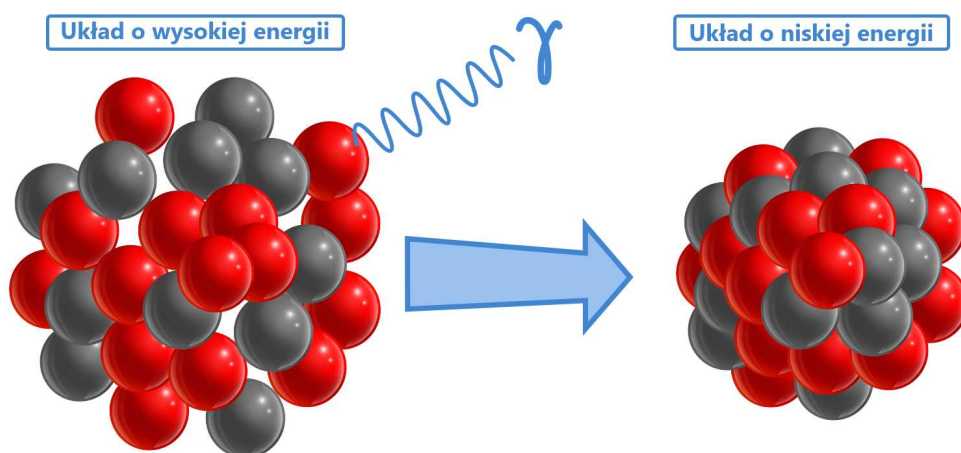
Schematycznie przemianę β^+ można zapisać:



Tak samo jak promieniowanie β^- , rozpad β^+ jest promieniowaniem średnio przenikliwym, co oznacza, że zostaje zatrzymane przez kilkumilimetrową warstwę aluminium.

Promieniowanie γ

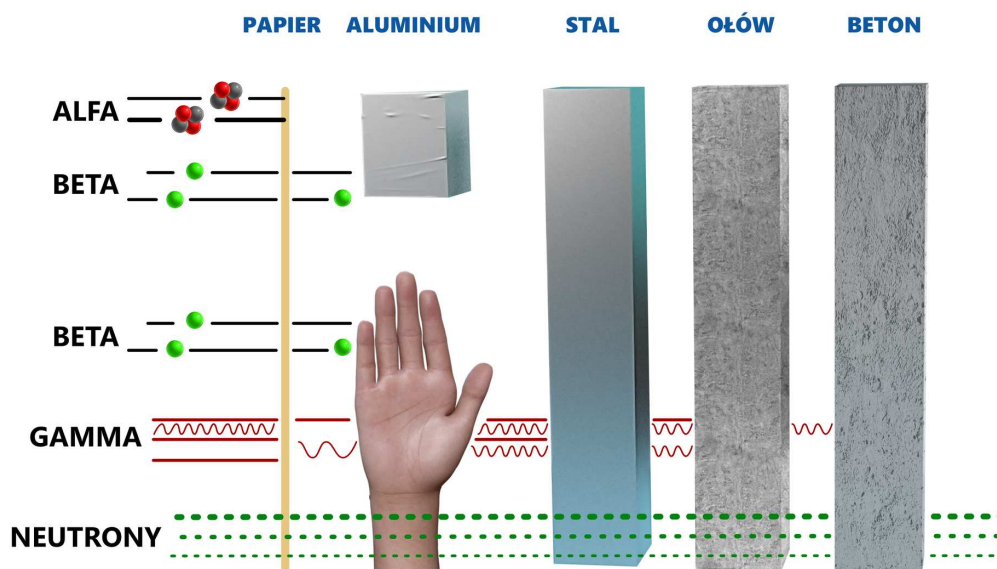
Promieniowanie γ to promieniowanie o dużej częstotliwości, można je traktować jako strumień **fotonów**. Te, które tworzą to promieniowanie, nie mają masy spoczynkowej, ładunku, a także są niewrażliwe na pole magnetyczne. W wyniku tego promieniowania nie zmienia się liczba atomowa Z ani liczba masowa A atomu, emitującego to promieniowanie. Promieniowanie gamma powstaje, by jądra mogły się pozbyć nadmiaru energii, powstałej wskutek innych przemian promieniotwórczych. Promieniowanie γ może być emitowane również przez atomy w stanie wzbudzonym. Osiąga ono prędkość światła, jest szkodliwe dla organizmów żywych oraz, żeby je zatrzymać, potrzebna jest ołowiana ściana.



Promieniowanie gamma i towarzysząca mu zmiana energii układu

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

Porównanie przenikliwości promieniowania



Schemat przenikliwości poszczególnych typów promieniowania jonizującego

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: <http://ilf.fizyka.pw.edu.pl/podrecznik/1/3/9>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

bariony

cząstki elementarne o masie większej lub równej masie protonu i spinie połówkowym

proton

(gr. *πρῶτον* „pierwsze”) trwała cząstka zaliczana do grupy barionów; składnik jąder atomowych obdarzony ładunkiem dodatnim

neutron

(łac. *neuter* „obojętny”) elektrycznie obojętna cząstka z grupy barionów, składnik jąder atomowych

rozpad α

rozpad promieniotwórczy jądra atomowego, połączony z emisją jądra helu (cząstki α)

rozpad β^-

rozpad promieniotwórczy jądra atomowego, połączony z emisją elektronu

nuklid

atom, którego jądro ma określony stan fizyczny i określony skład, tj. określoną liczbę protonów i neutronów

radioizotop

izotop danego pierwiastka, ulegający samorzutnym przemianom jądrowym

foton

(gr. $\phi\omega\varsigma$, $\phi\omega\tau\omicron\varsigma$ „światło”) elementarna cząstka z grupy bozonów; w zależności od energii fotonów, można mówić o promieniowaniu gamma (najwyższa energia fotonów), promieniowaniu rentgenowskim, nadfiolecie, świetle widzialnym, podczerwieni, mikrofalach, falach radiowych

Bibliografia

Atkins P., Jones L., *Chemia ogólna. Cząstki, materia, reakcje*, Warszawa 2018.

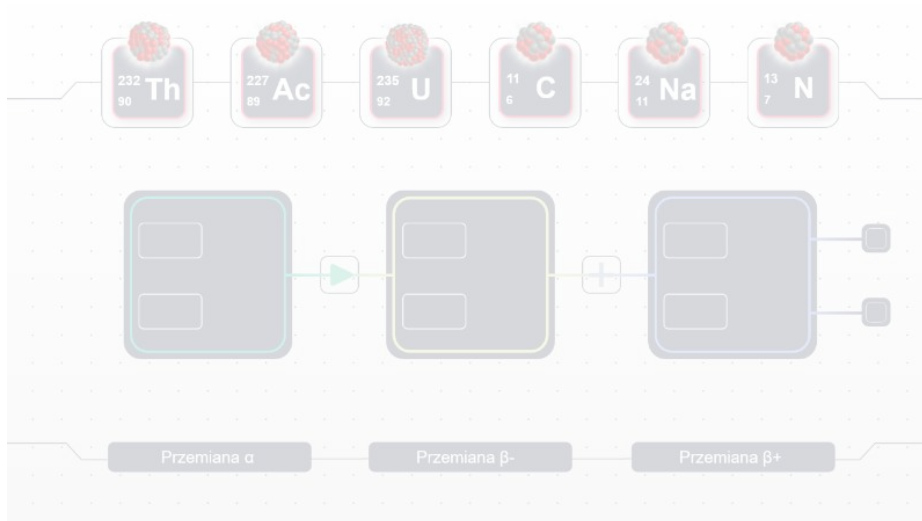
Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2007.

Encyklopedia PWN

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Przeanalizuj, jakim przemianom ulegają przedstawione w poniższej symulacji izotopy pierwiastków. W jaki sposób zapisujemy przebieg reakcji jądrowych? Wybierz pierwiastek, rodzaj przemiany i, jeśli to możliwe, uzupełnij brakujące wartości liczb masowych i atomowych. Zdobytą wiedzę sprawdź, rozwiązując ćwiczenia pod symulacją.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D17N5ydLV>

Symulacja interaktywna pt. „Przemiany promieniotwórcze – zapis równań”

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

Ćwiczenie 1

Na podstawie przykładów przedstawionych w symulacji, uzupełnij tekst dotyczący przemiany α .

Podczas przemiany α (alfa) powstaje cząstka , która jest helu. W trakcie tej przemiany liczba masowa zmniejsza się o , a liczba atomowa o .

Ćwiczenie 2

Na podstawie przykładów, przedstawionych w symulacji, opisz różnicę pomiędzy rozpadem β^- a β^+ .

Odpowiedź:

Ćwiczenie 3

Ołów ^{214}Pb ulega przemianie β^- .

Podaj nazwę izotopu powstałego w wyniku przemiany.

Ile neutronów zawiera jądro nowego izotopu?

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz właściwą odpowiedź. W wyniku przemiany α izotopu toru-232 powstaje:

☐ aktyn-227

☐ neptun-237

☐ rad-228

☐ uran-238

Ćwiczenie 2



Uzereguj promieniowanie α , β , γ wg malejącej przenikliwości.

α



γ



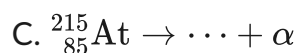
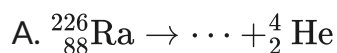
β



Ćwiczenie 3



Uzupełnij równania przemian promieniotwórczych, podaj odpowiednie symbole, liczby atomowe i liczby masowe izotopów pierwiastków chemicznych, powstałych w wyniku tych przemian:



Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższe zdania.

W wyniku emisji cząstki alfa z jądra atomu pierwiastka, liczba się o 2, a liczba zmniejsza się o 4.

Najbardziej przenikliwym promieniowaniem, wytworzonym w trakcie rozpadu promieniotwórczego, jest promieniowanie .

zmniejsza

γ

zwiększa

masowa

atomowa

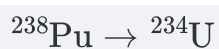
α

β

Ćwiczenie 5



Określ typ przemiany promieniotwórczej w przedstawionych reakcjach. Połącz w pary.



rozpad α



rozpad β^+



rozpad β^-

Ćwiczenie 6



Określ, ile przemian jądrowych (α lub β^-) jest potrzebnych do uzyskania z uranu-238 izotopu toru-230. Proszę posługiwać się zapisem cyfrowym.

• przemiany α :

• przemiany β^- :

Ćwiczenie 7



W celu zbadania zachowania promieniowania α , β^- i γ , przeprowadzono eksperyment.

Umieszczono pierwiastek promieniotwórczy w polu elektrycznym między dwoma płytkami, jednej o ładunku dodatnim, a drugiej o ładunku ujemnym.

Jakie przewidujesz obserwacje?

- ☐ Odchylenie się promieni γ w kierunku płytki z ładunkiem ujemnym, promieni β^- w kierunku płytki z ładunkiem dodatnim. Promienie α nie odchyliły się w żadnym kierunku.
- ☐ Odchylenie się promieni α w kierunku płytki z ładunkiem dodatnim, promieni β^- w kierunku płytki z ładunkiem ujemnym. Promienie γ nie odchyliły się w żadnym kierunku.
- ☐ Odchylenie się promieni α w kierunku płytki z ładunkiem ujemnym, promieni γ w kierunku płytki z ładunkiem ujemnym. Promienie β^- nie odchyliły się w żadnym kierunku.
- ☐ Odchylenie się promieni α w kierunku płytki z ładunkiem ujemnym, promieni β^- w kierunku płytki z ładunkiem dodatnim. Promienie γ nie odchyliły się w żadnym kierunku.

Ćwiczenie 8



Izotop kobaltu-60 używany jest m.in. do sterylizacji żywności. W wyniku jego rozpadu promieniotwórczego powstaje cząstka, która zabija mikroorganizmy znajdujące się na żywności. Za sprawą tego rozpadu powstaje również izotop o tej samej liczbie masowej. Zapisz równanie zachodzącej reakcji oraz odpowiedz, jaka cząstka jest emitowana w wyniku tego rozpadu?

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Robert Wróbel, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Przemiany promieniotwórcze – zapis równań

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego; liceum, technikum – 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 (α , β^-) 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:

- przedstawi równania reakcji rozpadów α , β i γ ;
- określi zmiany liczby atomowej i liczby masowej podczas przemiany promieniotwórczej;
- proponuje ścieżki reakcji promieniotwórczych w celu otrzymania konkretnego pierwiastka.

Strategie dydaktyczne:

- asocjacyjna;
- badawcza.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- eksperyment;
- dyskusja problemowa;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- 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.: Na jakiej zasadzie działały pierwsze czujniki dymu, które zawierały pierwiastki promieniotwórcze, np. pluton, ameryk?, Czy były one niebezpieczne dla zdrowia?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia przemiana promieniotwórcza.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy zadaniowe. zadaniem uczniów jest scharakteryzowanie poszczególnych rodzajów promieniowania, wskazanie zastosowania tych przemian, schematyczne przedstawienie przemian:

- I grupa – promieniowanie alfa;
- II grupa – promieniowanie beta plus;

- III grupa – promieniowanie beta minus;
 - IV grupa – promieniowanie gamma. Po ustalonym czasie pracy chętni uczniowie omawiają istotę każdego rodzaju promieniowania i zapisują na tablicy schematyczne przemiany tych promieniowań. Nauczyciel wyjaśnia ewentualne niezrozumiałe kwestie. Powrót do burzy mózgów z fazy wstępnej i skonfrontowanie pojęcia przemiana promieniotwórcza z wypowiedziami uczniów poszczególnych grup.
2. Nauczyciel przeprowadza w formie pokazu eksperyment „Przenikalność promieniowania jonizującego: alfa, beta i gamma przez różne materiały” – instrukcja do doświadczenia nr 1 w materiałach pomocniczych (jeżeli posiada wskazane substancje). Zamiennie nauczyciel może też wykorzystać i wyświetlić na tablicy multimedialnej pokaz doświadczenia (link w materiałach pomocniczych).
 3. Uczniowie pracują z symulacją interaktywną – ćwiczenie zapisu równań naturalnych przemian promieniotwórczych – praca w parach.
 4. Nauczyciel inicjuje dyskusję na temat tego, co zdaniem uczniów mogło być powodem, tego że niektóre pierwiastki ulegają rozpadowi α , a niektóre β .
 5. Uczniowie zapisują równania przemian promieniotwórczych izotopów wskazanych przez nauczyciela, w zeszytach, a następnie chętni uczniowie na tablicy.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimedium.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/łem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa: Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując samodzielnie ćwiczenia zawarte w e-materiale w zakładce „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub i podczas podsumowania materiału.

Materiały pomocnicze:

1. Doświadczenie nr 1: „Przenikalność promieniowania jonizującego: alfa, beta i gamma przez różne materiały”

Sprzęt laboratoryjny i materiały: penseta, kartka papieru, płytką aluminiową, licznik Geigera-Mulera, szalka Petriego, cegła ołowiana.

Odczynniki chemiczne: pluton-239 (źródło cząstek alfa), KCl (źródło cząstek beta), izotop sodu – ^{22}Na (źródło cząstek gamma).

Instrukcja:

- Na krążek z plutonu-239 postaw licznik Geigera-Mulera i obserwuj zmiany. Następnie licznik odstaw na bok, połóż kartkę papieru na krążek plutonu-239, a następnie postaw znów licznik na kartkę i pluton-239. Obserwuj zmiany i porównaj z wynikiem poprzednim. Krążek plutony powinien być przechowywany w styropianowym opakowaniu.
- Na szalkę Petriego z KCl postaw licznik Geigera-Mulera i obserwuj zmiany. Następnie licznik odstaw na bok, połóż kartkę na szalkę Petriego, a następnie postaw znów licznik na kartkę i szalkę z KCl. Obserwuj zmiany i porównaj z wynikiem poprzednim. Odstaw licznik a na kartkę papieru połóż płytkę aluminiową, a na nią licznik. Obserwuj zmiany i porównaj z wynikiem poprzednim.
- Izotop sodu ^{22}Na powinien być umieszczony w plastikowym pudełku (pudełko powinno być przechowywane w obudowie ołowianej). Na to pudełko postaw licznik Geigera-Mulera i obserwuj zmiany. Następnie powtórz czynności z kartką papieru i płytką aluminiową, jak w pkt. 2. Obserwuj zmiany i porównaj wyniki. Następnie na pudełku z izotopem sodu połóż cegłę ołowianą, a na nią licznik i obserwuj zmiany, porównaj wyniki.

Uwaga: Zasady bezpieczeństwa pracy z substancjami emitującymi promieniowanie jonizujące reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 czerwca 1968 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego.

Dla zachowania bezpieczeństwa nauczyciel może wyświetlić pokaz doświadczenia powyższego z wykorzystaniem linku: <https://www.youtube.com/watch?v=TQDIKL8jOTs>

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

- Które z promieni jest najbardziej przenikliwe?
- Gdzie mają zastosowanie cząstki alfa?