




Promieniotwórczość sztuczna

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



Promieniotwórczość sztuczna

Grzyb atomowy – efekt wybuchu bomby atomowej.

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

Obietnica energii z fuzji jądrowej wydaje się fantastyczna i niedostępna: to moc za Słońcem i gwiazdami. Iskra pojawia się, gdy jądra wodoru łączą się, stając się cięższymi atomami. Ogromny wybuch energii, uwolnionej w wyniku transformacji, tworzy światło słoneczne i warunki, które umożliwiły nasze stworzenie. Bez tego wszechświat byłby zimny, ciemny i martwy. Od lat 30. XX wieku naukowcy próbują wykorzystać fuzję, myśląc, że może ona napędzać elektrownie elektryczne, a nawet wysłać ludzi na inne planety. Czy rozwój badań naukowych nad sztuczną promieniotwórczością może zmienić świat?

Twoje cele

- Scharakteryzujesz zjawisko sztucznej promieniotwórczości.
- Porównasz promieniotwórczość sztuczną z naturalną.
- Zastanowisz się, jakim przemianom ulegają atomy różnych pierwiastków promieniotwórczych.
- Ocenisz, jakie są wady i zalety sztucznej promieniotwórczości.
- Zaplanujesz przebieg przemiany jądrowej.
- Zaproponujesz równanie przemiany promieniotwórczej na podstawie opisu słownego.

Przeczytaj

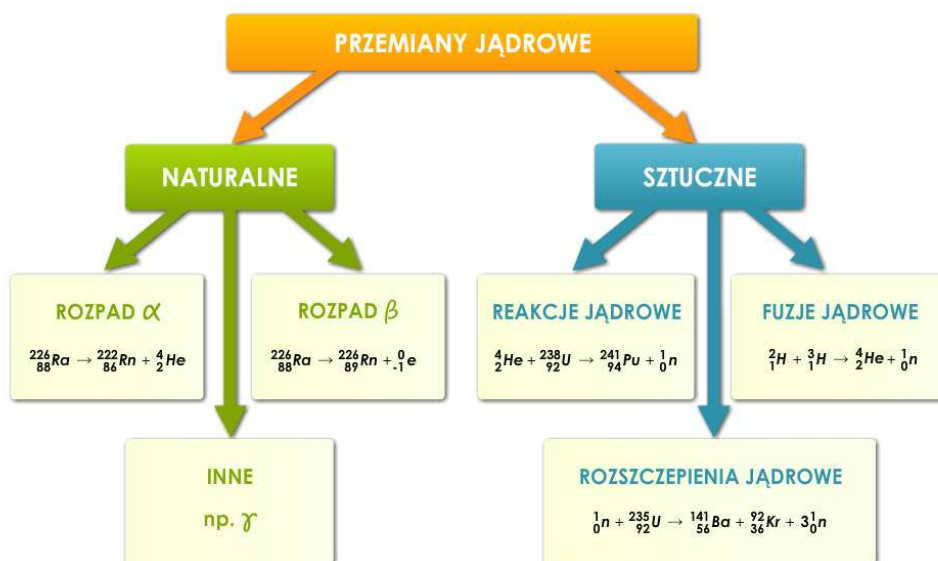
Czym jest promieniotwórczość?

Promieniotwórczość (radioaktywność) jest procesem, w którym jądro niestabilnego atomu traci energię, emitując promieniowanie – w tym cząstki alfa, cząstki beta, promieniowanie gamma i [elektrony konwersji](#).

Ogólnie, radioaktywność można podzielić na dwie kategorie:

- **radioaktywność naturalną** – jeśli substancja sama emituje promieniowanie, to mówi się, że posiada naturalną radioaktywność;
- **radioaktywność sztuczną (indukowaną)** – jeśli substancja nie wykazuje radioaktywności, ale zaczyna emitować promieniowanie przy ekspozycji na promieniowanie z naturalnej substancji radioaktywnej. Wówczas mówi się, że posiada radioaktywność indukowaną lub sztuczną.

Poniżej przedstawiono podział naturalnych i sztucznych przemian jądrowych wraz z przykładami.



Podział przemian jądrowych

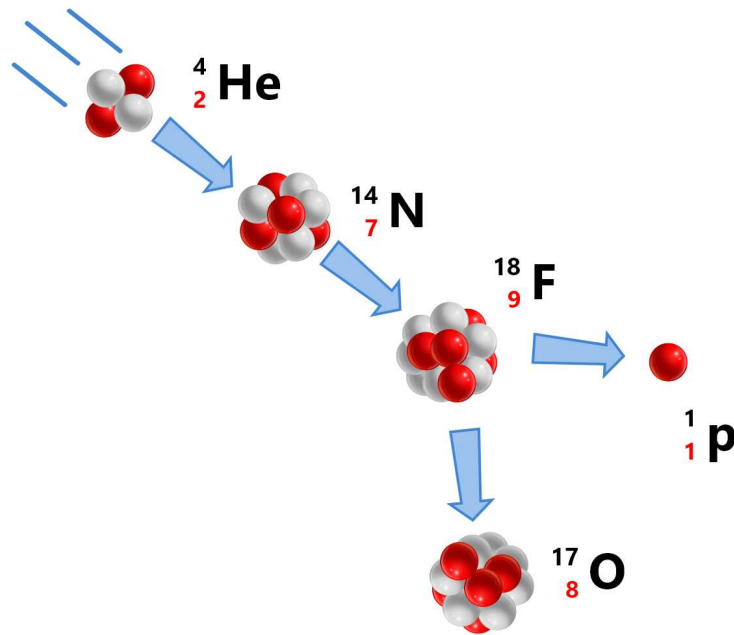
Źródło: GroMar Sp. z o.o. na podstawie: www.pomoceszkolnenina.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

W tabeli poniżej zestawiono podstawowe cząstki oraz ich symbole, pojawiające się w sztucznych i naturalnych przemianach jądrowych.

Nazwa cząsteczki	Symbol	Liczba masowa	Ładunek elektryczny [e]
alfa, helion	α , He	4	2
beta, beta minus, elektron, negaton	β , β^- , e, e^-	0	-1
beta plus, pozyton	β^+	0	+1
deuteron	d, D	2	+1
gamma	γ	0	0
neutron	n	1	0
proton	p, p^+ , H	1	+1
tryton	t, T	3	+1

Pierwsza sztuczna reakcja jądrowa

Poprzez bombardowanie cząstkami alfa jąder azotu, **Rutherford** wytworzył tlen ^{17}O i protony (schemat poniżej). Dzięki tej obserwacji Rutherford doszedł do wniosku, że atomy jednego konkretnego pierwiastka mogą powstawać z atomów innego pierwiastka. Jeśli otrzymany element jest radioaktywny, wówczas proces ten nazywany jest **sztucznie wywołaną promieniotwórczością**.



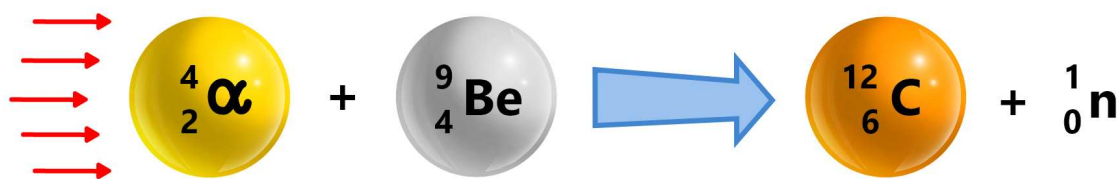
Powstawanie tlenu i protonów w efekcie bombardowania jądra azotu cząstkami alfa

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

Rutherford był pierwszym badaczem, który otrzymał z innych jąder protony i izotop tlenu ${}^{17}\text{O}$, który jest nieradioaktywny.

Odkrycie neutronu

Okazało się, że inne jądra (podobnie jak azot), bombardowane cząstkami alfa, mogą generować nowe stabilne bądź radioaktywne jądra. **James Chadwick** w 1932 roku wykorzystał cząstkę α i dokonał bombardowania jąder atomu berylu. Rezultatem tej przemiany było otrzymanie nieznaney wówczas cząstki – neutronu.



W wyniku bombardowania jądra atomowego berylu (Be) cząstkami alfa powstaje węgiel (C) oraz neutron (n).
 Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Powstawanie sztucznych izotopów

W 1934 roku **Irena Joliot-Curie** i **Fryderyk Joliot-Curie** ogłosili pierwszą syntezę sztucznego izotopu promieniotwórczego. Bombardowali cienki kawałek folii aluminiowej (${}^{27}\text{Al}$) cząstkami alfa wytwarzanymi przez rozpad polonu. Odkryli wtedy, że fragment aluminiowy stał się radioaktywny. Analiza chemiczna wykazała, że produktem tej reakcji był m.in. izotop fosforu.

Polecenie 1

Na podstawie fragmentu, dotyczącego odkrycia sztucznych izotopów przez Irenę i Fryderyka Joliot-Curie, zidentyfikuj cząstkę, która powstała w tej przemianie. Zapisz równanie reakcji jądrowej.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

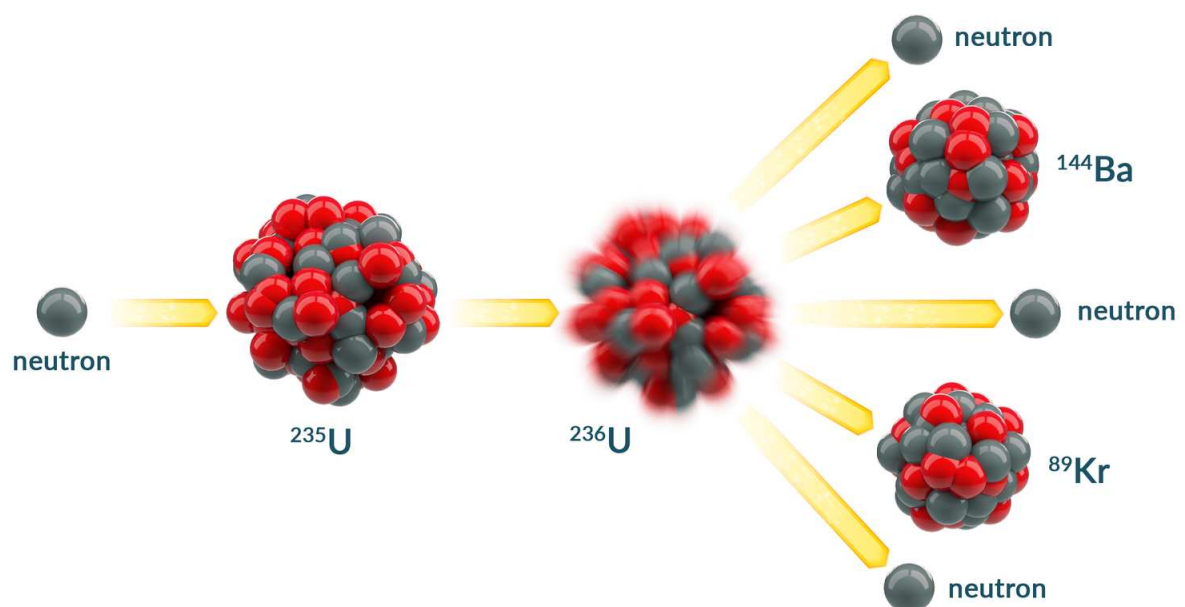
Przed odkryciem sztucznej promieniotwórczości powszechne było przekonanie, że atomy materii są niezmiennie i niepodzielne. Po pierwszych odkryciach dokonanych przez **Ernesta Rutherforda**, **Irene Joliot-Curie** i jej męża **Frederica Joliot**, przyjęto nowy punkt widzenia. Zakładał on, że chociaż atomy wydają się być stabilne, można je przekształcić w nowe atomy o różnych właściwościach chemicznych.

Sztuczne przemiany jądrowe

Reakcje jądrowe, stosowane do syntezy sztucznych radionuklidów, charakteryzują się ogromnymi **energiami aktywacji**. Trzy urządzenia są wykorzystywane do pokonania tych energii aktywacji: **akceleratory** liniowe, **cyklotrony** i reaktory jądrowe. Chociaż liczba możliwych reakcji jądrowych jest ogromna, reakcje jądrowe można sortować według typów. Oto kilka przykładów:

Rozszczepienie jądra atomowego

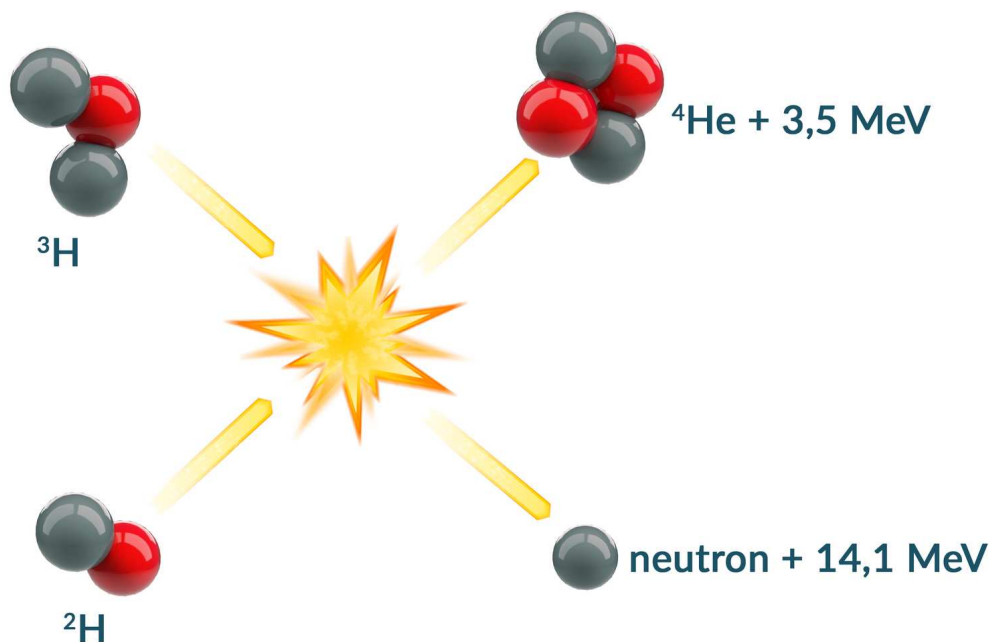
Przemiana jądrowa, której podlegają pierwiastki ciężkie. W wyniku tego procesu jądra atomu ulegają rozdzieleniu na fragmenty o zbliżonych masach. Reakcje rozszczepienia mogą być zainicjowane poprzez bombardowanie jąder atomów pierwiastków ciężkich neutronami.



Na skutek zderzenia atomu uranu (^{235}U) z neutronem następuje wymuszone rozszczepienie jego jądra atomowego. W wyniku rozpadu powstaje atom kryptonu (^{89}Kr) i baru (^{144}Ba) oraz trzy neutrony.

Fuzja jądra atomowego

Przemiana jądrowa, w wyniku której z dwóch lżejszych jąder powstaje jedno cięższe, a także uwolnione mogą zostać wolne neutrony, protony, cząstki elementarne czy cząstki alfa.

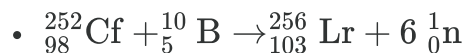


W wyniku fuzji termojądrowej deuteru (^2H) i trytu (^3H) zostaje uwolniona energia oraz powstaje neutron (n) i jądro helu (He).

Syntezy pierwiastków transuranowych

Przemiany zachodzące w wyniku naświetlania neutronami, reakcji z neutronami lub cząstką alfa lub reakcji z użyciem ciężkich jonów.

- $^{239}_{94}\text{Pu} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{242}_{96}\text{Cm} + {}^1_0\text{n}$
- $^{239}_{94}\text{Pu} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{241}_{95}\text{Am} + {}^1_1\text{p} + {}^1_0\text{n}$
- $^{253}_{99}\text{Es} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}$
- $^{238}_{92}\text{U} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{246}_{98}\text{Cf} + 4 {}^1_0\text{n}$



Źródło: GroMar Sp. z o.o., oprac. na podst. www.ilf.fizyka.pw.edu.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Jednym z ciekawszych przedsięwzięć w zakresie promieniotwórczości sztucznej jest projekt ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). W 2006 roku zaplanowano budowę reaktora, który miał zbadać możliwości produkcji energii za pomocą fuzji termojądrowej. Taka sama reakcja jest źródłem energii w gwiazdach i na Słońcu. W ciągu 10 lat miał powstać na południu Francji reaktor, którego działanie oszacowano na 20 lat. Celem projektu ITER jest opracowanie metody radzenia sobie z wysokoenergetycznymi neutronami, a badanie silnego ich strumienia jest możliwe jedynie przy użyciu reagującej plazmy. Wykorzystanie mocy syntezy jądrowej jest celem ITER. Reaktor został zaprojektowany jako kluczowy krok eksperymentalny między dzisiejszymi maszynami do badań nad syntezą jądrową a przyszłymi elektrowniami termojądrowymi. Dzięki stworzeniu reaktora termojądrowego możliwa będzie całkowita rezygnacja z elektrowni zasilanych paliwami kopalnymi. W projekcie bierze udział większość państw z całego świata, w tym również Polska.

Słownik

elektrony konwersji

elektrony emitowane z atomu; są to elektrony orbitalne, którym zostaje przekazana energia wzbudzenia jądra atomowego;

promieniowanie γ

promieniowanie elektromagnetyczne o długości fal na ogół mniejszej od 10 m, emitowane przez promieniotwórcze lub wzbudzone jądra atomowe podczas przemian jądrowych (promieniotwórczość, reakcja jądrowa)

cyklotron

pierwszy cykliczny akcelerator cząstek (protonów, jonów)

akcelerator cząstek naładowanych

urządzenie do przyspieszania naładowanych mikrocząstek, czyli do nadawania im wielkich energii kinetycznych

pierwiastki transuranowe

pierwiastki, których liczba atomowa Z jest większa od 92

Bibliografia

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

Encyklopedia PWN

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.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Zapoznaj się z symulacją interaktywną dotyczącą promieniotwórczości sztucznej. Przeprowadź reakcje rozszczepienia jąder, syntezy nowych jąder oraz fuzji jądrowej, a następnie rozwiąż poniższe ćwiczenia.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DNAuYMZ4z>

Symulacja interaktywna pt. „*Promieniotwórczość sztuczna*”.

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

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Podczas bombardowania izotopu berylu ${}^9_4\text{Be}$ cząstkami α otrzymano izotop węgla. Zaznacz równanie, które w prawidłowy sposób opisuje przebieg tej reakcji.



Ćwiczenie 2



Wskaż zdania prawdziwe.

Podczas rozszczepienia atomu, rozpada się on na dwie równe części i na zewnątrz atomu wyrzucany jest elektron.

Promieniowanie uwalniane z cząstek jest bezpieczne dla zdrowia.

Jeśli jądro ma zbyt wiele lub zbyt mało neutronów, jest niestabilne.

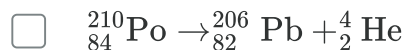
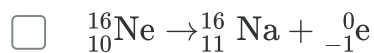
Najcięższym naturalnie występującym pierwiastkiem jest uran.

Neutrony są bardziej przenikliwe niż elektrony.

Ćwiczenie 3



Wskaż sztuczne przemiany promieniotwórcze.



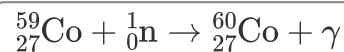
Ćwiczenie 4



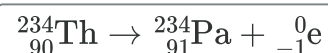
Przyporządkuj podane wyrażenia do odpowiednich grup.

naturalne przemiany promieniotwórcze

sztuczne przemiany promieniotwórcze



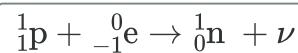
reaktor jądrowy



przemiana beta

rozszczenie samoistne

szereg neptunowy



emisja cząstek alfa

fuzja jądrowa

Maria Skłodowska-Curie

wchwyty K

szereg torowy

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst dotyczący sztucznej promieniotwórczości.

Chociaż istnieją radioaktywne izotopy toru i uranu, oznacza, że tworzymy serię pierwiastków trans-uranowych zdolnych do radioaktywności. Ten rodzaj radioaktywności ma wiele zastosowań w , w których wolno poruszające się neutrony są bombardowane izotopem uranu, który staje się niestabilny i zaczyna zanikać, uwalniając ogromną ilość energii. Zjawisko to zostało nazwane . Rozróżnia się samoistne i . W tym drugim przypadku jądra w wyniku zderzenia z , protonami, kwantami gamma lub innymi cząstkami.

rozszczepiają się

naturalna radioaktywność

sztuczna radioaktywność

wymuszone

bombach wodorowych

bombach atomowych

łączą się

elektronami

rozszczeniem jądra atomowego

reaktorach jądrowych

naturalne

rozszczenie

stabilnym

neutronami

sztucznym

fuzją jądrową

Ćwiczenie 6



Uzupełnij podane poniżej równania.



$\text{}_{15}^{31}\text{P}$

$4 \text{}_{1}^{1}\text{H}$

$\text{}_{0}^{1}\text{n}$

$\text{}_{-1}^{0}\text{e}$

$\text{}_{1}^{2}\text{H}$

$\text{}_{2}^{4}\text{He}$

$\text{}_{1}^{1}\text{H}$

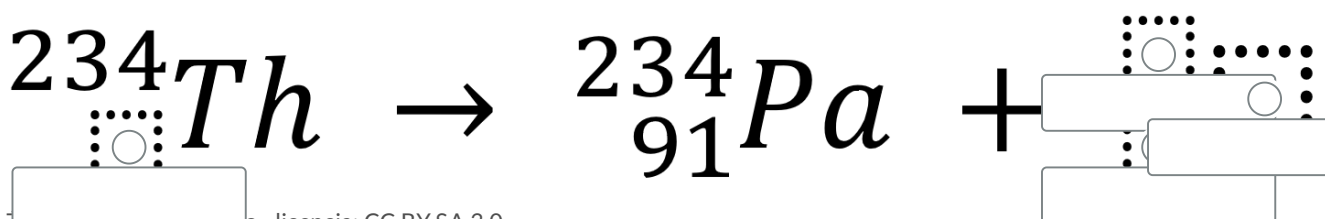
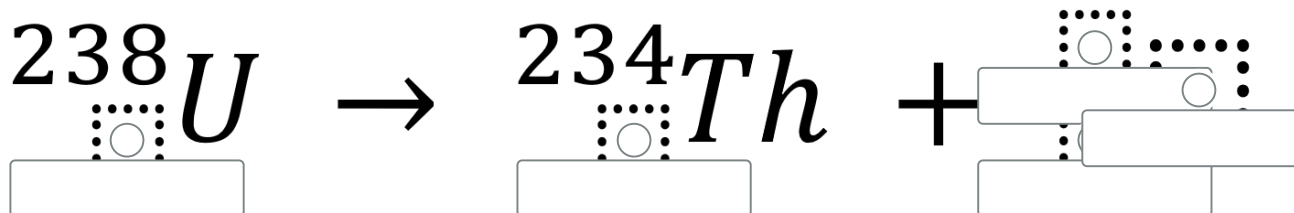
$2 \text{}_{0}^{1}\text{n}$

$\text{}_{15}^{30}\text{P}$

Ćwiczenie 7



Uran to pierwiastek naturalnie występujący na Ziemi. W uranie naturalnym występują głównie dwa izotopy ^{235}U i ^{238}U . W wyniku rozpadów promieniotwórczych ^{238}U przechodzi w tor ^{234}Th , a następnie w proaktyn ^{234}Pa . Uzupełnij zapisy poniższych reakcji jądrowych.



Źródło: Orlimar sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 8



Czasami podczas reakcji jądrowej powstaje więcej niż jeden neutron. W 2001 roku został odkryty pierwiastek liwermor (Lv), który zawiera 116 protonów w swoim jądrze. ^{293}Lv został otrzymany w wyniku zderzenia jąder pierwiastków ^{248}Cm i ^{48}Ca . Podczas tego zderzenia powstał więcej niż jeden neutron. Zapisz opisaną reakcję jądrową oraz określ ilość powstałych neutronów.

Rozwiązanie oraz 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: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Promieniotwórczość sztuczna

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 (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:

- charakteryzuje zjawisko sztucznej promieniotwórczości;
- porównuje promieniotwórczość sztuczną z naturalną;
- przewiduje, jakim przemianom ulegają atomy różnych pierwiastków promieniotwórczych;
- ocenia promieniotwórczość sztuczną pod kątem jej zalet i wad;
- planuje przebieg przemiany jądrowej;
- proponuje równanie przemiany promieniotwórczej na podstawie opisu słownego.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

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

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do Internetu;
- słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Czy rozwój badań naukowych nad sztuczną promieniotwórczością może zmienić świat? Jeśli tak, to w jakim kierunku? W jakich działach gospodarki mogłoby być to najbardziej do zastosowania?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wstępnej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia promieniotwórczość sztuczna.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie analizują w e-materiale schemat dotyczący radioaktywności oraz istotę sztucznych przemian jądrowych. Nauczyciel upewnia się, czy wszystkie kwestie są zrozumiałe, ewentualnie wyjaśnia wątpliwości.
2. Nauczyciel wprowadza metodę drzewka decyzyjnego jako metodę graficznego zapisu dyskusji uczniów, pozwalającą na podejmowanie decyzji w sytuacji problemowej, gdy trzeba dokonać wartościujących osądów, połączonych z krytycznym myśleniem.
3. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, np. 5-osobowe. Przedstawia problem wymagający rozważenia i podjęcia decyzji: „Czy decyzja o budowie w Polsce elektrowni atomowej

byłaby trafnym rozwiązaniem?” Uczniowie korzystają z różnych źródeł informacji, w tym z e-materiału.

4. Prowadzący zajęcia rozdaje grupom schemat drzewka decyzyjnego i omawia sposób graficznego zapisu dyskusji.
5. Poszczególne grupy zapisują możliwe rozwiązania analizowanego problemu oraz określają pozytywne i negatywne skutki proponowanych rozwiązań.
6. Liderzy grup prezentują wyniki prac uczniowskich z zastosowaniem techniki gadająca ściana i kierując się wartościami prezentowanymi przez członków zespołu uzasadnia ostateczną decyzję grupy.
7. Nauczyciel poleca uczniom samodzielną pracę z medium bazowym - symulacja interaktywna. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium bazowym oraz w zestawie ćwiczeń.

Faza podsumowująca:

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

- Który pierwiastek jest najcięższym naturalnie pierwiastkiem?
- Które cząstki są bardziej przenikliwe: elektrony czy neutrony?
- Na czym polega rozszczepienie jądra atomowego?

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:

Nauczyciel prosi uczniów o dokończenie ćwiczeń w e-materiale.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć.

Materiały pomocnicze:

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

- Który pierwiastek jest najcięższym naturalnie pierwiastkiem?
- Które cząstki są bardziej przenikliwe: elektrony czy neutrony?

- Na czym polega rozszczepienie jądra atomowego?
2. Nauczyciel przygotowuje również arkusze do pracy metodą drzewka decyzyjnego, zamieszczając w nim graficznie (w kształcie drzewa): sytuację wymagającą podjęcia decyzji, możliwe rozwiązania, skutki: pozytywne i negatywne oraz cele i wartości.