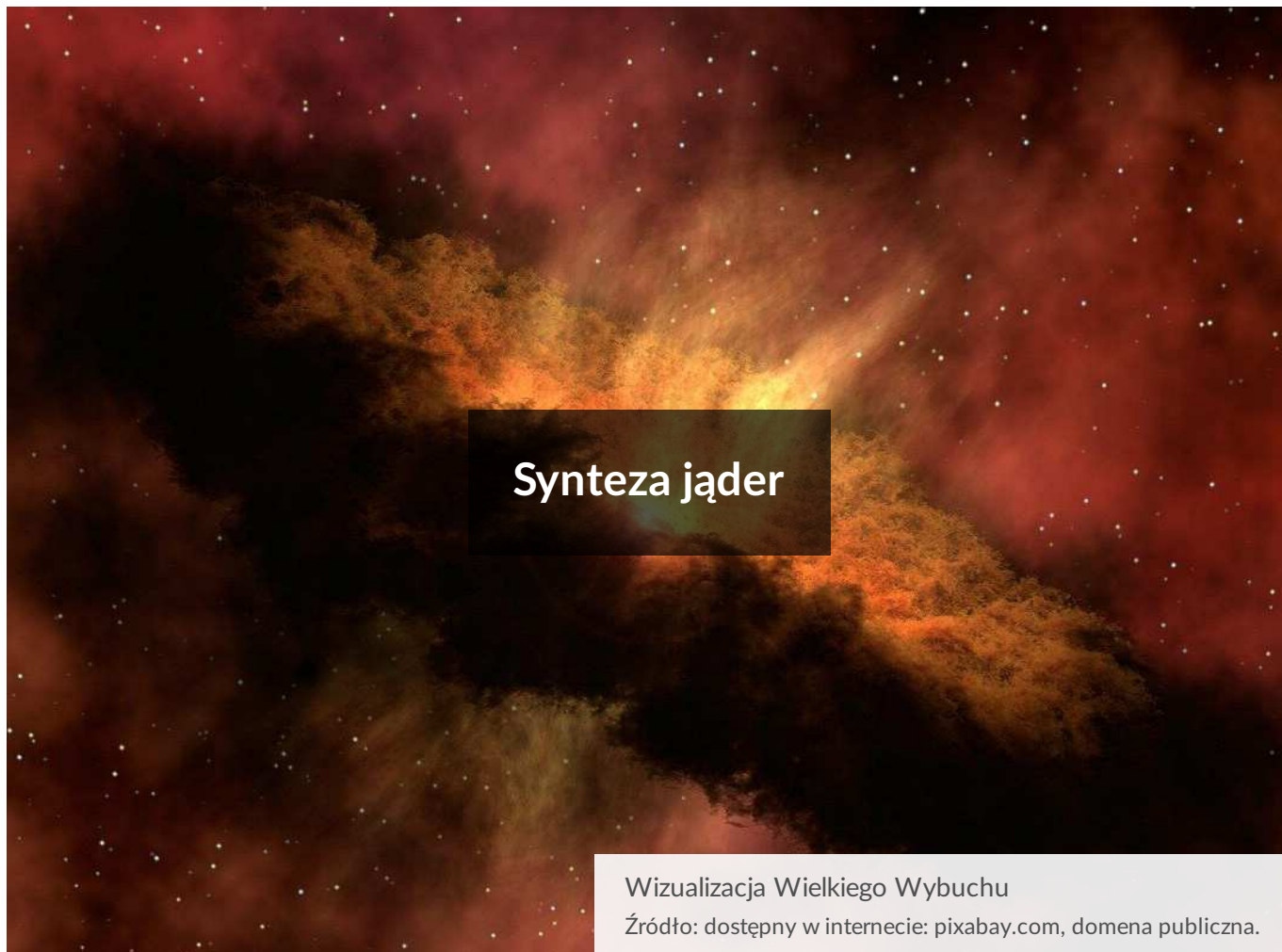


Synteza jąder

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



Synteza jąder

Wizualizacja Wielkiego Wybuchu

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

Cofnijmy się aż do samego początku, czyli do zdarzenia, nazywanego dziś **Wielkim Wybuchem**. Zgodnie z tą teorią powstała przestrzeń, wypełniona gigantyczną ilością energii. Chwilę po Wielkim Wybuchu powstały pierwsze **cząstki elementarne, m.in. kwarki i elektrony**. W miarę, gdy obniżała się temperatura wszechświata, kwarki zaczęły się łączyć w cięższe cząstki, **protony i neutrony**. Właśnie tak powstały pierwsze jądra atomowe – wodoru i deuteru. Dzięki ich połączeniu pojawiły się następne cięższe jądra. Wszechświat to ogromna fabryka, gdzie ciągle syntezowane są jądra atomowe. W naszym Słońcu również nieustannie zachodzi ten proces.

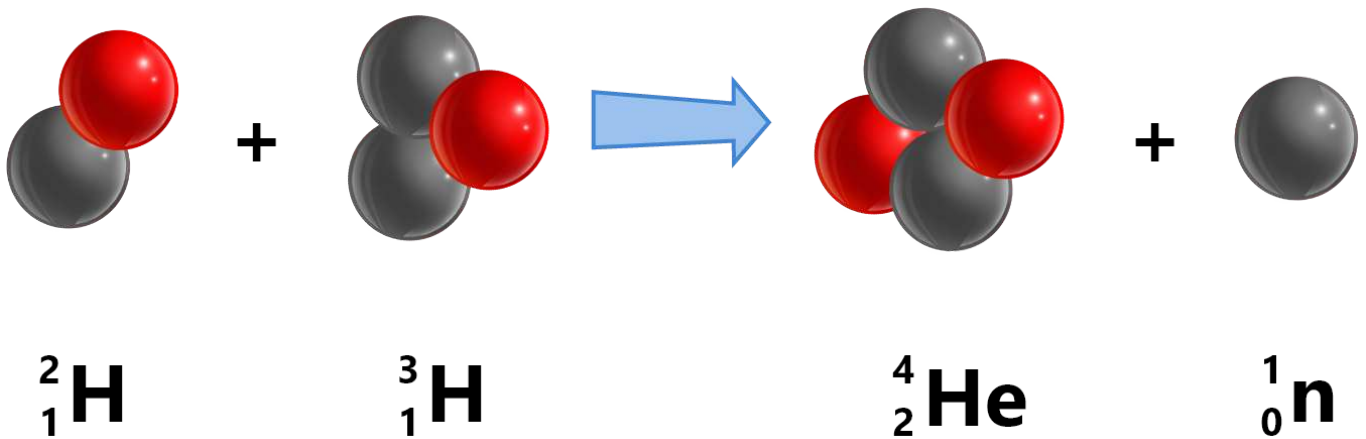
Twoje cele

- Wyjaśnisz, w jakich procesach powstały pierwiastki chemiczne.
- Porównasz proste syntezy jądrowe z synteżami termojądrowymi.
- Zaproponujesz ścieżkę otrzymania pierwiastków chemicznych z wykorzystaniem syntezy jądrowej.

Przeczytaj

Reakcje jądrowe w kosmosie

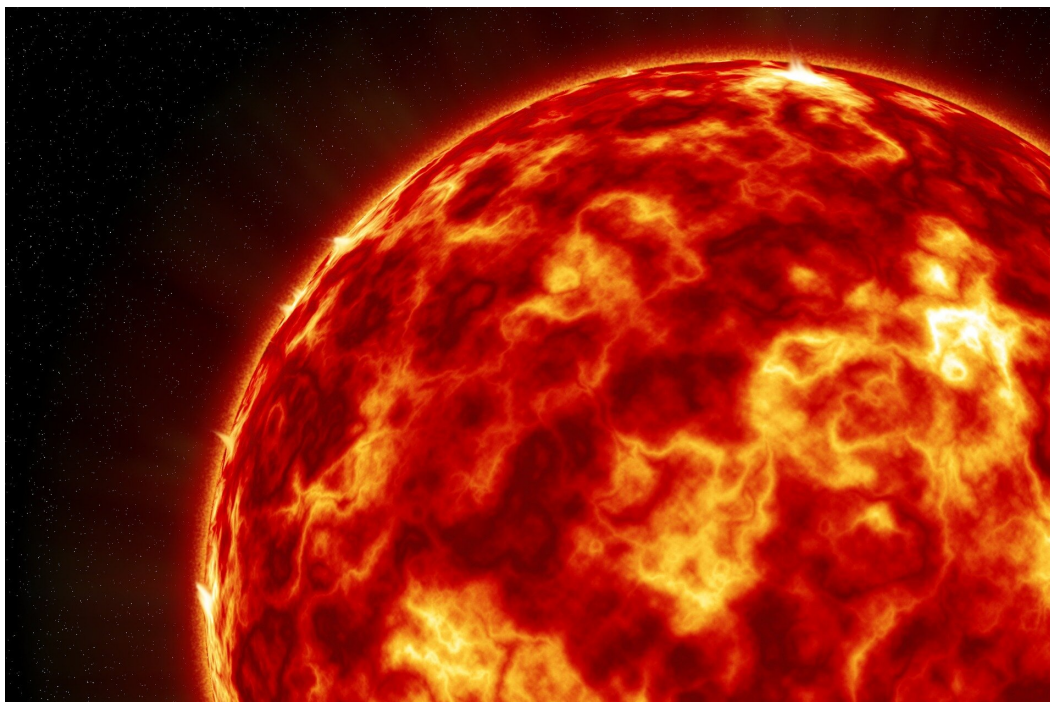
[Wielki Wybuch](#) zapoczątkował proces nukleosyntezy, w wyniku czego powstały atomy pierwszych pierwiastków (wodór i hel) poprzez fuzję [kwarków](#) i [nukleonów](#).



Reakcja powstawania atomów helu z izotopów wodoru: deuteru i trytu

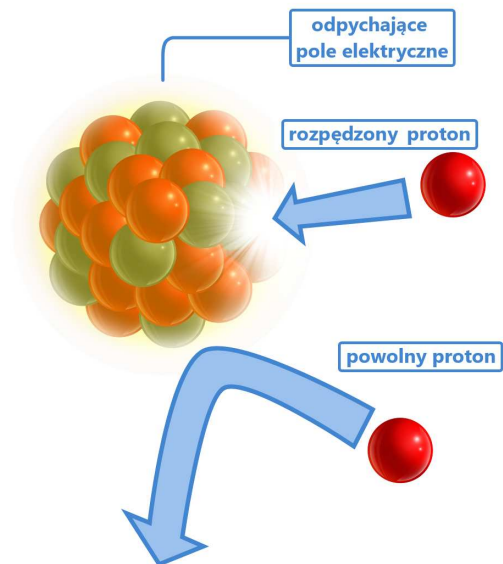
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W wyniku [reakcji jądrowych](#), we wnętrzach gwiazd powstały wszystkie inne pierwiastki występujące na Ziemi. Podczas **syntez** [termojądrowych](#), w gwiazdach o małej masie wytwarzają się atomy helu z atomów wodoru, następnie zostają zsyntezowane atomy: węgla, azotu, tlenu, neonu, magnezu, niklu. Końcowym produktem przemiany są atomy żelaza.



Słońce jest gwiazdą – gorącą kulą świecących gazów – w sercu naszego Układu Słonecznego.
Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

Istnieją takie pierwiastki, które praktycznie nie występują na Ziemi – są to np. technet czy promet. Mają jednak swoje miejsce we Wszechświecie, w gwiazdach. Śladowe ilości naturalnego technetu zostały wykryte w rudach uranu, gdzie atomy tego pierwiastka powstają jako produkt samorzutnych **reakcji rozszczepienia** uranu. Jest on **niestabilny**, a jego atomy ulegają rozpadom promieniotwórczym (**okres połowicznego rozpadu** wynosi sześć godzin). Żaden z pierwiastków, powyżej liczby atomowej 92, nie występuje w przyrodzie. Wynika to z niestabilności ich jąder. W celu otrzymania atomów tych pierwiastków, należy użyć bardzo dużej energii – ponieważ właśnie takie warunki panują we wnętrzach **gwiazd neutronowych** czy podczas wybuchu **supernowych**. Aby doszło do reakcji jądrowych, dodatnio naładowana cząstka (**jądru atomu** uderzającego) musi poruszać się tak szybko, aby pokonać odpychanie pola elektrycznego atakowanego jądra i dostać się do wnętrza atomu. Dzięki zderzeniu owej cząsteczki z jądrem atomowym powstaje atom nowego pierwiastka.

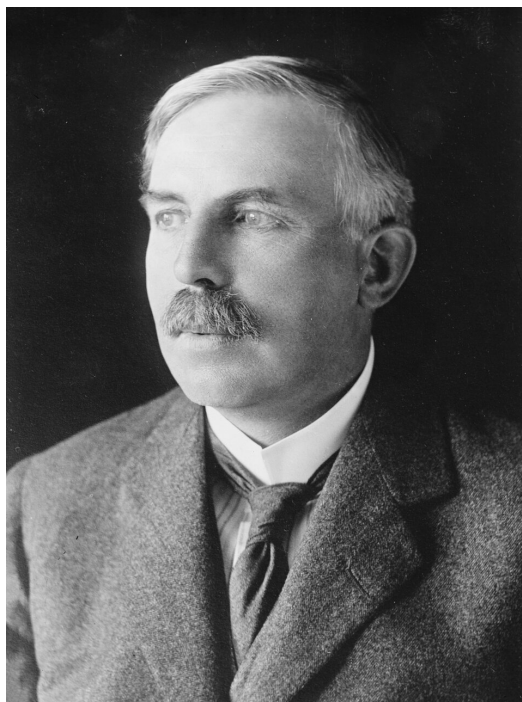


Warunki zajścia reakcji jądrowej, które ukazują, jak w jądro atomu uderza powolny proton (część dolna rysunku) i prędką protonu (część górna).

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

Przykłady reakcji jądrowych

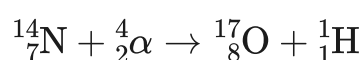
W 1919 roku Rutherford [ru'tɛrfɔrt] poddał atom azotu działaniu cząsteczek α , w wyniku zderzenia otrzymał atom izotopu tlenu-17 oraz proton (jądro [protu](#)).



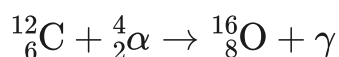
Ernest Rutherford (30. 08. 1871 – 19. 10. 1937). Potwierdził istnienie jądra atomowego. W 1908 r. otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii.

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

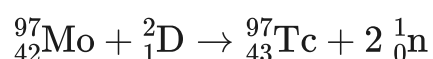
Proste [reakcje jądrowe](#) to takie, w wyniku których jest emitowana jedna cząstka lub emitowane są dwie cząstki (np. neutron, [proton](#), [elektron](#)). Przykładem tego jest bombardowanie atomu azotu-14 cząstkami α , co prowadzi do powstania atomu tlenu-17 i jądra protu.



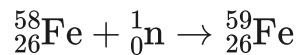
Podobny proces przebiega w gwiazdach i prowadzi do powstania atomów tlenu-16 z atomów węgla-12 i jąder helu ([cząstek alfa](#)).



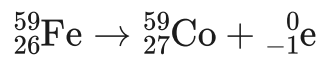
Stosując metodę prostych syntez jądrowych, przeprowadzono syntezę innych pierwiastków. W 1937 roku otrzymano technet dzięki reakcji atomów molibdenu z jądrami [deuteru](#).



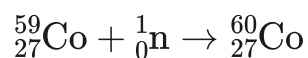
Technet jest jednym z pierwiastków, stosowanym jako [wskaźnik izotopowy](#) w diagnostyce medycznej. Innym przykładem [nukleosyntezy](#) jest otrzymanie atomów kobaltu-60, stosowanego w [radioterapii](#), z atomów żelaza-58. Pierwszym etapem reakcji jest naświetlenie strumieniem neutronów jądra żelaza-58, dzięki czemu otrzymujemy izotop żelaza-59.



Jądro izotopu żelaza-59 jest jądrem nietrwałym, więc przekształca się w jądro kobaltu-59 z emisją elektronu.

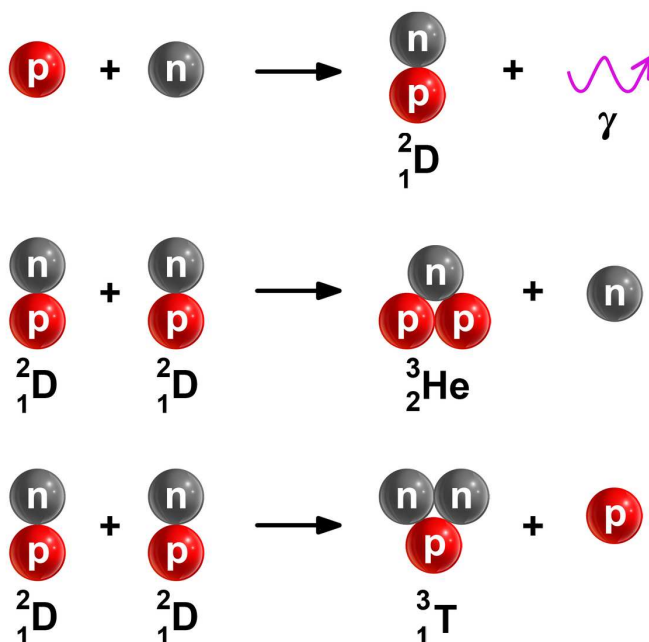


Ostatnim etapem jest ponowne naświetlenie jąder atomu kobaltu-59 neutronami, w związku z czym otrzymujemy atomy kobaltu-60.



Ważne!

Pamiętaj, że podczas zapisywania równań reakcji nukleosyntezy, suma liczb atomowych i masowych cząstek po lewej stronie musi być równa stronie prawej równania.



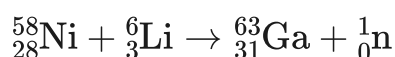
Przykłady nukleosyntezy

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

Łączenie się jąder wodoru (**protu**) w jądro helu utrudnione jest przez silne odpychanie elektryczne. Dlatego w reakcjach syntezy termojądrowej stosuje się cięższe izotopy wodoru (**deuter** i **tryt**). Wystąpienie dodatkowych neutronów w jądrze atomu ułatwia pokonanie wzajemnego odpychania się między zbliżającymi się do siebie dodatnimi jądrami. Podwyższenie temperatury również korzystnie wpływa na efektywność reakcji jądrowych.

Reakcje jądrowe atomów pierwiastków o większej liczbie atomowej

Do przeprowadzania reakcji jądrowych stosuje się obecnie także jądra atomów pierwiastków o większej liczbie atomowej. Muszą jednak być obdarzone dość dużą energią, aby móc zainicjować reakcję. Do tego mogą posłużyć takie izotopy, jak lit-6, beryl-9 czy bor-11. W rezultacie otrzymujemy nowe pierwiastki o odpowiednio wyższych liczbach atomowych. Jeśli natomiast napromieniowaniu zjonizowanymi atomami litu ulegnie atomu niklu, otrzymamy gal-63 oraz neutron.



Synteza jądrowa jest trudna do przeprowadzenia w praktyce, ponieważ jądra muszą zderzyć się ze sobą z dużą energią. Stosuje się więc metodę ogrzewania **plazmy** -

zjonizowanego gazu – w celu przepuszczenia przez prąd elektryczny. Badania nad kontrolowaną reakcją syntezy jądrowej są prowadzone m.in. w USA w Princeton Plasma Physics Laboratory.

Słownik

kwarki

cząstki elementarne składniki protonów, neutronów

nukleony

wspólna nazwa protonów i neutronów

nukleosynteza

tworzenie pierwiastków w wyniku łączenia się nukleonów: protonów i neutronów.

elektron

(gr. *ἤλεκτρον* „bursztyn”) cząstka elementarna o masie $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg) i ładunku elektrycznym $e = -1,602 \cdot 10^{-19}$ C, występująca w dwóch stanach ładunkowych: jako ujemny – negaton – i dodatni – pozyton

proton

trwała cząstka zaliczana do grupy barionów, składnik jąder atomowych (obok neutronów) o ładunku elektrycznym $p = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C

cząstki elementarne

obiekty, których istnienie i wzajemne oddziaływanie pozwala wyjaśnić formy występowania i zachowania się materii, m.in. kwarki, leptony, bozony

jądro atomowe

centralna część atomu zbudowana z nukleonów, o rozmiarach ok. 10^5 razy mniejszych od rozmiarów atomu, skupiająca prawie całą jego masę

Wielki Wybuch

teoria/hipoteza, zgodnie z którą ewolucja Wszechświata rozpoczęła się od stanu osobliwego, po czym nastąpiła trwająca do czasów obecnych faza jego rozszerzania

deuter

(gr. *deúteros* „drugi”) wodór ciężki, D, ${}^2_1\text{H}$, trwały izotop wodoru o liczbie masowej 2

prot

najlżejszy izotop wodoru, ${}^1_1\text{H}$

tryt

T lub ${}^3_1\text{H}$, izotop wodoru o liczbie masowej 3

reakcja jądrowa

proces polegający 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

cząstka alfa, cząstka α

jądro atomu helu o liczbie masowej $A = 4$, tj. ${}^4\text{He}$; składa się z dwóch protonów i dwóch neutronów

radioterapia

jedna z podstawowych (oprócz chirurgii i chemioterapii) metod leczenia chorób nowotworowych, polegająca na wykorzystaniu zdolności promieniowania jonizującego do niszczenia żywych komórek

promieniowanie jonizujące

promieniowanie elektromagnetyczne (rentgenowskie, γ) i korpuskularne (cząstki α , elektrony, neutrony i in.); kiedy przechodzi przez materię, ulega rozpraszaniu lub pochłanianiu, przekazując energię atomom i cząsteczkom ośrodka, przez który przenika (i z którym oddziałuje)

reakcja termojądrowa, reakcja termonuklearna, fuzja jądrowa, synteza termojądrowa

reakcja jądrowa, polegająca na łączeniu się (syntezie) lekkich jąder atomowych w jądra cięższe o większej liczbie atomowej

rozszczenie jądra

rozpad promieniotwórczy jądra, polegający na podzieleniu się jądra na dwa lub więcej, porównywalnych co do wielkości części (fragmentów rozszczepienia); okres połowicznego rozpadu – czas, w ciągu którego liczba nietrwałych mikroobektów (np. promieniotwórcze jądro atomu, nietrwała cząstka elementarna), a zatem i aktywność promieniotwórcza, zmniejszają się do połowy; nie zależy od czynników zewnętrznych

gwiazdy neutronowe

obiekty gwiazdowe o niewielkim promieniu (rzędu 10 km) i bardzo dużej gęstości (średnio $10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), zbudowane z materii składającej się głównie z neutronów; prawdopodobnie końcowy etap ewolucji gwiazd o masach ok. 5 – 30 mas Słońca

supernowa

gwiazda zmienna, wybuchowa, której jasność w ciągu kilku dni zwiększa się od kilkuset tysięcy do kilku mln razy (o ok. $17 - 20$ wielkości gwiazdowych)

promieniotwórcze pierwiastki, pierwiastki radioaktywne, pierwiastki niestabilne

pierwiastki chemiczne, które nie mają trwałych izotopów; rozpadają się samorzutnie, emitując przy tym cząstki lub promieniowanie

wskaźniki izotopowe, znaczniki izotopowe, atomy znakowane

substancja, w której określony pierwiastek ma różny od naturalnego skład izotopowy, spowodowany domieszką izotopu promieniotwórczego (rzadziej trwałego), zwanego niekiedy atomem znakującym

plazma

zjonizowana materia, tj. taka, w której atomy rozpadają się na dodatnio naładowane jony i swobodne elektrony

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

Czy wiesz, na czym polega synteza jąder i jakie produkty możemy otrzymać w jej wyniku? Zapoznaj się z symulacją, a następnie wykonaj ćwiczenia.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DTbfSmZo7>

Symulacja interaktywna pt. "Synteza jąder".

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

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, które z poniższych zdań poprawnie opisuje syntezę jądrową.

- Dwa atomy wodoru (deuter i tryt) łączą się, tworząc atom helu.
- Atom plutonu jest używany do rozpoczęcia reakcji łańcuchowej.
- Dwa atomu wodoru (deuter i tryt) wiążą się, tworząc atom tlenu.
- Atom uranu dzieli się na dwa atomy lżejszych pierwiastków.

Ćwiczenie 2



Wskaż, który typ reakcji występuje w słońcu i gwiazdach.

- Rozkładu jądrowego.
- Rozszczepienia.
- Syntezy jądrowej.
- Rozkładu.

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj pojęcia do odpowiednich informacji.

Radioterapia

cząstki elementarne składniki protonów, neutronów.

Nukleony

trwały izotop wodoru o liczbie masowej 2.

Deuter

wspólna nazwa protonów i neutronów.

Kwarki

jedna z metod leczenia chorób nowotworowych.

Ćwiczenie 4



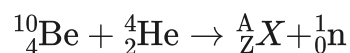
Wyjaśnij, dlaczego reakcje jądrowe, z użyciem neutronów jako inicjatorów, przebiegają lepiej niż z zastosowaniem protonu.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5



Napromieniowanie izotopu berylu-10 jądrami helu-4 wywołuje reakcję jądrową, w wyniku której emitowany jest jeden neutron, a następnie powstaje pierwiastek X . Określ liczbę masową, atomową oraz symbol pierwiastka otrzymanego w tej reakcji.



Uzupełnij luki, wpisując odpowiednie liczby i symbol.

- Liczba atomowa Z pierwiastka X wynosi .
- Liczba masowa A pierwiastka X wynosi .
- Symbol pierwiastka to .

Ćwiczenie 6



Powstawanie pierwiastków we Wszechświecie ilustruje przedstawiony ciąg przemian jądrowych.



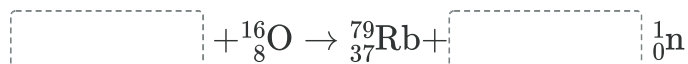
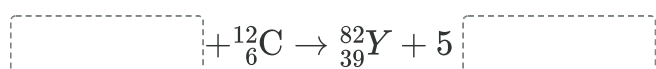
Uzupełnij luki odpowiednimi liczbami i symbolem.

- Liczba atomowa Z pierwiastka X wynosi .
- Liczba masowa A pierwiastka X wynosi .
- Symbol pierwiastka X to .

Ćwiczenie 7



Podane niżej równania przedstawiają reakcję syntezy jąder. Uzupełnij i zbilansuj poniższe równania reakcji.



Ćwiczenie 8



Napisz i uzgodnij równania reakcji następujących syntez jądrowych.

A. bekerelu-224 z ameryku-241 i helu-4;

B. fermu-254 z plutonu-239 i neutronów.

Odpowiedź zanotuj w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 9



Seaborg jest pierwiastkiem otrzymanym sztucznie w wyniku syntez jądrowych, przeprowadzonych w laboratorium. Zaproponuj metody otrzymania izotopu seaborgu-257 oraz seaborgu-263, mając do dyspozycji izotop ołowiu-206, izotop chromu-54, izotop kalifornu-249 oraz izotop tlenu-18.

Odpowiedź zanotuj w zeszytcie 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: Jak powstały pierwiastki chemiczne?

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:

- wyjaśni w jakich procesach powstały pierwiastki chemiczne;
- porówna proste syntezy jądrowe z synteżami termojądrowymi;
- proponuje ścieżkę otrzymania pierwiastków chemicznych z wykorzystaniem syntezy jądrowej.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja problemowa;
- analiza tekstu źródłowego;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i z dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informację zawartą we wprowadzeniu do e-materiału i zadaje uczniom pytania, np.: w jaki sposób powstały pierwiastki?, Które pierwiastki można uznać, że powstały jako pierwsze?, Dlaczego tak sądzicie?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia synteza jąder. Zdefiniowanie pojęcia powinno mieć przełożenie na lepsze rozumienie zapisu równań reakcji syntez jądrowych.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli uczniów na 3 grupy, rozdaje arkusze papieru i mazaki. Uczniowie analizują tekst w dostępnych źródłach informacji, w tym e-materiał i opracowują procesy w jakich powstają pierwiastki:
 - grupa I – bombardowanie azotu-14 i węgla – 12 cząstkami alfa oraz reakcja atomów molibdenu z jądrami deuteru;
 - grupa II – nukleosynteza atomów kobaltu – 60 z atomów żelaza – 58;
 - grupa III – nukleosynteza deuteru, trytu i helu.

Zapisują reakcje syntez jądrowych na arkuszach papieru.

3. Liderzy lub chętni uczniowie poszczególnych grup omawiają efekty pracy grupowej z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Nauczyciel wspiera uczniów, wyjaśnia

ewentualnie niezrozumiałe kwestie.

4. Nauczyciel odsyła uczniów do symulacji interaktywnej w medium bazowym, gdzie samodzielnie wykonują symulacje syntezy jąder na różnych przykładach.
5. Nauczyciel inicjuje dyskusję zadając pytania: Co ma wpływ na syntezę jąder? Po co syntezować pierwiastki; Czym się różni synteza jądrowa od syntezy termojądrowej.
6. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę samodzielnie, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimediu.
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 wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale, których nie zdążyli wykonać podczas lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć oraz przy omawianiu zagadnienia na temat przemian jądrowych.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Wyjaśnij, dlaczego reakcje jądrowe z użyciem neutronów, jako inicjatorów, przebiegają lepiej, niż z zastosowaniem protonu?
 - Co to są kwarki?
 - Co to jest fuzja jądrowa?
2. Arkusze papieru, mazaki, glutaki.