

## Klasyfikacja reakcji jądrowych

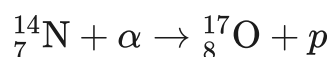
- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Mapa myśli/mapa pojęć
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



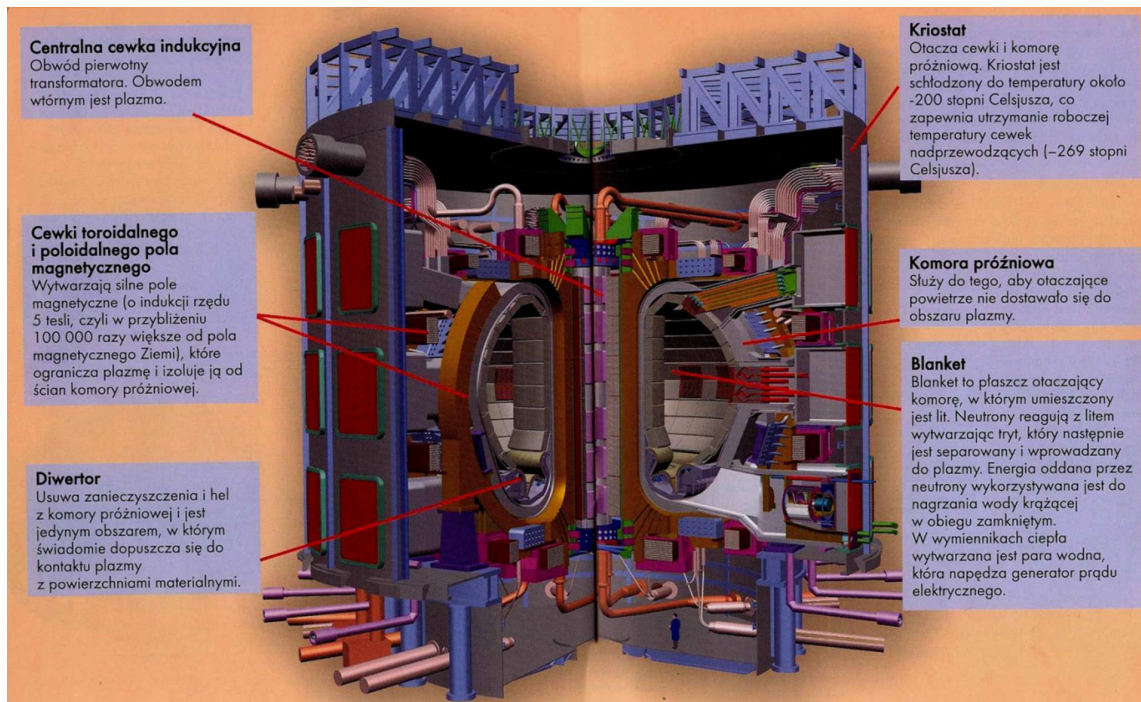
## Klasyfikacja reakcji jądrowych

### Czy to nie ciekawe?

Pierwszą reakcję jądrową przeprowadził w roku 1919 Ernest Rutherford, odkrywca jądra atomowego. W wyniku bombardowania azotu cząstkami  $\alpha$  (jądra helu) otrzymał jądra izotopu tlenu i protony (jądra wodoru):



Obecnie znane są różne rodzaje reakcji jądrowych, które wykorzystuje się w wielu dziedzinach: energetyce jądrowej, przemyśle, medycynie, badaniach naukowych. Energetyka jądrowa oparta jest na reakcji rozszczepienia, ale od wielu lat naukowcy próbują zbudować urządzenia do efektywnego wytwarzania energii, pozwalające na przeprowadzanie kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej (Rys. a.). Duże nadzieje wiąże się z reaktorem ITER (ang. International Thermonuclear Experimental Reactor – Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termojądrowy), budowanym we Francji.



Rys. a. Schemat reaktora termojądrowego ITER.

Reakcje syntezy termojądrowej zachodzą we wnętrzu Słońca i innych gwiazd i są głównym źródłem ich energii.

## Twoje cele

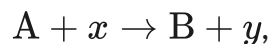
- poznasz przykłady różnych reakcji jądrowych,
- zastosujesz kryteria klasyfikacji reakcji jądrowych,
- dowiesz się, jak klasyfikować reakcje jądrowe według różnych kryteriów,
- przeanalizujesz i uzupełnisz mapę pojęciową z klasyfikacją reakcji jądrowych,
- posłużysz się prawem zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu reakcji jądrowych.

# Przeczytaj

---

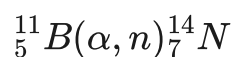
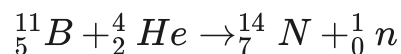
## Warto przeczytać

Reakcje jądrowe polegają na przemianach jąder atomowych, z których powstają jądra innych pierwiastków. Zazwyczaj są to przemiany wywołane przez cząstki wnikające do jądra. Schemat takiej reakcji można przedstawić w postaci:



gdzie  $A$  – jądro wyjściowe,  $x$  – cząstka uderzająca,  $B$  – nowe jądro,  $y$  – cząstka powstała w wyniku reakcji.

Przy zapisie reakcji podaje się [liczby masowe](#) i [atomowe](#) jąder i symbole cząstek. Ta sama reakcja może być zapisana na dwa sposoby. Na przykład reakcja, dzięki której odkryto neutron ( $n$ ), może być zapisana następująco:



Przy drugim sposobie zapisu reakcji w nawiasie umieszcza się symbole cząstek biorących udział w reakcji. W podanej wyżej reakcji są to: cząstka  $\alpha$ , czyli jądro  ${}_{2}^{4}He$  i neutron  $n$ .

Reakcje jądrowe można klasyfikować według różnych kryteriów:

- rodzaju bombardujących cząstek,
- energii bombardujących cząstek,
- masy bombardowanego jądra,
- rodzaju reakcji ze względu na substraty i produkty,

- mechanizmu reakcji.

Przy klasyfikacji według rodzaju bombardujących cząstek rozróżnia się reakcje wywoływane neutronami, lekkimi jądrami, ciężkimi jądrami, fotonami i inne. Lekkie jądra to jądra izotopów wodoru: proton, [deuteron](#) i [tryton](#) oraz jądro  ${}^4_2\text{He}$ , czyli cząstka  $\alpha$ . Jądra pierwiastków cięższych od helu nazywane są **ciężkimi jonami**. W reakcjach z ciężkimi jonami zostały wytworzone jądra wszystkich pierwiastków o liczbie atomowej większej niż 101. Reakcje wywoływane fotonami (kwantami  $\gamma$ ) nazywane są **reakcjami fotojądrowymi**.

Przy podziale według energii (podawanej w [elektronowoltach](#)) padających cząstek  $E_x$  rozróżnia się:

- reakcje niskich energii, gdy  $E_x < 1\text{MeV}$
- reakcje średnich energii dla  $1\text{MeV} \leq E_x \leq 100\text{MeV}$
- reakcje wysokich energii, dla  $E_x > 100\text{MeV}$

Do reakcji wywoływanych przez cząstki o wysokich energiach należą reakcje wywoływane promieniowaniem kosmicznym.

Ze względu na masę uczestniczących w reakcji jąder atomowych rozróżnia się:

- reakcje zachodzące na jądram lekkich, czyli jądram o liczbie masowej  $A < 50$ ,
- reakcje zachodzące na jądram średnich o liczbie masowej  $50 \leq A \leq 100$ ,
- reakcje zachodzące na jądram ciężkich - o liczbie masowej  $A > 100$ .

Przy klasyfikacji według rodzaju reakcji ze względu na substraty i produkty wyróżnia się:

- reakcje syntezy (reakcje fuzji), na przykład łączenie jąder deuteru i trytu w jądro helu:  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n$
- reakcje wymiany, na przykład pierwsza reakcja jądrowa przeprowadzona przez Rutherforda:  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + p$

- reakcje podziału (rozszczenia, rozpadu), na przykład reakcja rozszczepienia jądra uranu 235 przez neutron:  ${}_{92}^{235}\text{U} + n \rightarrow {}_{37}^{90}\text{Rb} + {}_{55}^{144}\text{Cs} + 2n$

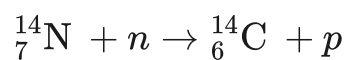
W reakcji syntezy, która zachodzi w bardzo wysokich temperaturach, następuje łączenie dwóch lekkich jąder w cięższe. Powstaje też nowa cząstka.

Reakcja wymiany polega na dołączeniu do jądra bombardującej je cząstki i emisji innej cząstki z powstałego jądra.

Reakcja rozszczepienia to zwykle podział ciężkich jąder pod wpływem wnikających w nie neutronów. Produktami reakcji są dwa lżejsze jądra i tak zwane neutrony wtórne.

Reakcje jądrowe, podobnie jak chemiczne, dzielimy na reakcje egzo- i endoenergetyczne. W reakcji egzoenergetycznej wydzielą się energia. W reakcji tej całkowita energia spoczynkowa produktów jest mniejsza niż całkowita energia spoczynkowa substratów reakcji, a więc część masy zamienia się na energię, która jest wydzielana głównie w postaci energii kinetycznej produktów reakcji. Przykładem reakcji egzoenergetycznych są rozpady promieniotwórcze i reakcje rozszczepienia.

W reakcjach endoenergetycznych konieczne jest dostarczenie energii w postaci energii kinetycznej substratów. Przykładem może być reakcja powstawania w górnych warstwach atmosfery [izotopu](#) węgla  ${}^{14}\text{C}$ :



Neutrony powodujące tę reakcję mają dużą energię kinetyczną. Reakcja ta jest też przykładem reakcji wymiany. Do jądra azotu został dołączony neutron, a proton został wyrzucony z jądra.

Podział reakcji na różne typy nie zawsze jest jednoznaczny. Ta sama reakcja może być przyporządkowana do różnych typów.

Rozpady promieniotwórcze, zachodzące samorzutnie w przyrodzie, nazywane są **przemianami jądrowymi** (alfa, beta, gamma).

We wszystkich reakcjach jądrowych obowiązują prawa zachowania: energii, ładunku, liczby nukleonów, pędu i momentu pędu. Jest to szczegółowo wyjaśnione w e-materiałach: „Zasada zachowania ładunku elektrycznego i całkowitej liczby nukleonów w reakcjach jądrowych”, „Zasada zachowania energii w reakcjach jądrowych”, „Zasada zachowania pędu i momentu pędu w reakcjach jądrowych”.

## Słowniczek

### liczba masowa $A$

(*ang. mass number*) - suma liczb nukleonów (protonów i neutronów) w jądrze atomowym.

### liczba atomowa $Z$

(*ang. atomic number*) - ładunek jądra, czyli liczba protonów w jądrze. Nazywana jest też liczbą porządkową, gdyż określa miejsce pierwiastka w układzie okresowym. W jądrze pierwiastka  ${}^A_ZX$  znajduje się  $Z$  protonów i  $A - Z$  neutronów.

### izotop

(*ang. isotope*) - atomy tego samego pierwiastka różniące się między sobą liczbą neutronów w jądrze atomowym.

### deuteron

(*ang. deuteron*) - jądro deuteru (izotopu wodoru  ${}^2_1\text{H}$ ), złożone z protonu i neutronu.

### tryton

(*ang. triton*) - jądro trytu (izotopu wodoru  ${}^3_1\text{H}$ ), złożone z protonu i dwóch neutronów.

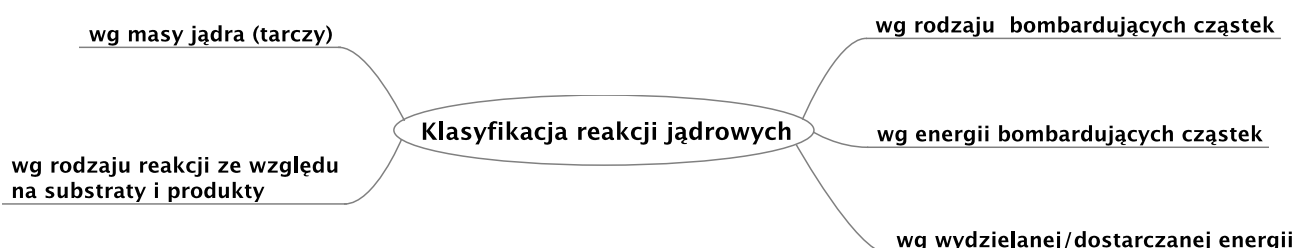
### eV, elektronowolt

(*ang. electronvolt*) - jednostka energii,  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$ . Megaelektronowolt to milion eV.

# Mapa myśli/mapa pojęć

## Klasyfikacja reakcji jądrowych

Jak możesz rozbudować zaproponowaną poniżej mapę pojęć dotyczącą klasyfikacji reakcji jądrowych według różnych kryteriów?

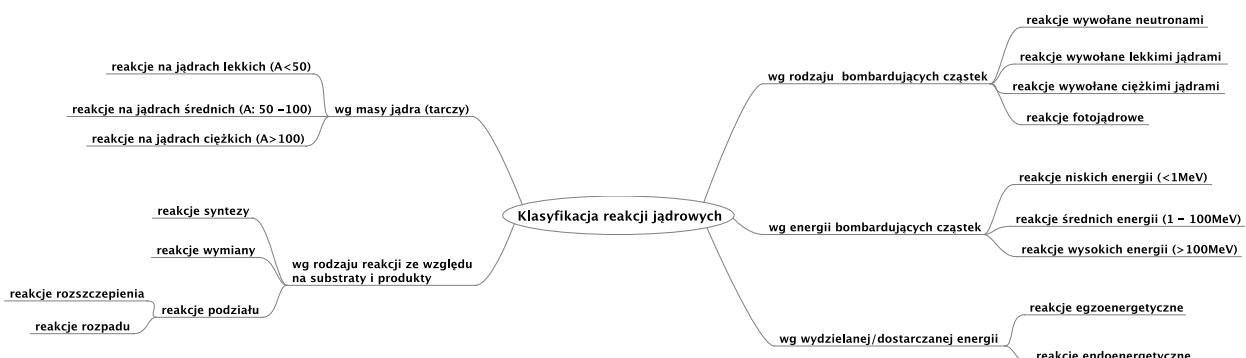


Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

### Polecenie 1

Przeanalizuj zaproponowaną strukturę klasyfikacji, a następnie spróbuj uzupełnić brakujące elementy zastępując znaki zapytania odpowiednimi nazwami. Aby wygenerować uzupełnioną mapę, naciśnij „Generuj”.

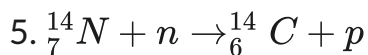
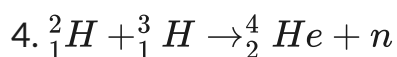
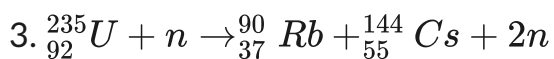
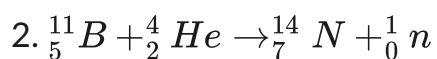
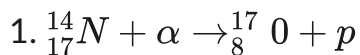
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

## Polecenie 2

Przyporządkuj podane reakcje jądrowe (1 – 5) do odpowiednich grup wpisując na ilustracji numery przyporządkowane kolejnym reakcjom. Ta sama reakcja może być przyporządkowana do kilku kategorii.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

## Polecenie 3

Prawidłowa mapa

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



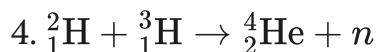
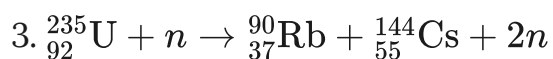
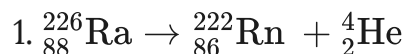
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



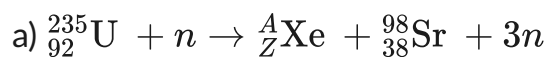
Dane są reakcje:



Ćwiczenie 7



Uzupełnij równania reakcji wpisując w okienka właściwe liczby A i Z.



Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Elżbieta Kawecka
<b>Przedmiot:</b>	fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Klasyfikacja reakcji jądrowych</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń:</p> <p>6) zapisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku.</p>

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wymienia przykłady różnych reakcji jądrowych;</li> <li>2. podaje kryteria klasyfikacji reakcji jądrowych;</li> <li>3. klasyfikuje reakcje jądrowe według różnych kryteriów;</li> <li>4. analizuje i uzupełnia mapę pojęciową z klasyfikacją reakcji jądrowych;</li> <li>5. stosuje prawa zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu reakcji jądrowych.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	<p>concept mapping / mind mapping – tworzenie i wykorzystywanie map pojęciowych / map myśli</p>
<b>Metody nauczania:</b>	<p>rozwiązywanie problemów, dyskusja</p>
<b>Formy zajęć:</b>	<p>praca w parach</p>
<b>Środki dydaktyczne:</b>	<p>mapa pojęciowa „Klasyfikacja reakcji jądrowych”, zestaw zadań interaktywnych</p>
<b>Materiały pomocnicze:</b>	<p>e-materiały: „Liczba atomowa i liczba masowa, czyli jak opisać skład jądra atomu?”, „Zapis równań reakcji jądrowych”, „Rozszczepienie jąder”, „Zasada zachowania ładunku elektrycznego i całkowitej liczby nukleonów w reakcjach jądrowych”, „Badanie reakcji jądrowych”</p>
<p><b>PRZEBIEG LEKCJI</b></p>	

### **Faza wprowadzająca:**

Zaciekawienie: Trochę informacji na temat kontrolowanej syntezy termojądrowej i programu ITER.

Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy:

- z czego się składa jądro atomowe?
- co oznaczają liczby: masowa i atomowa?
- co to są izotopy?
- jakie znasz reakcje jądrowe?

### **Faza realizacyjna:**

Nauczyciel dzieli uczniów na grupy 2-osobowe (na przykład metodą losowania) i omawia sposób pracy z mapą pojęciową.

Praca w parach:

- Uczniowie oglądają i uzupełniają mapę pojęciową z klasyfikacją reakcji jądrowych rozwijając kolejne gałęzie. Po rozwinięciu wszystkich gałęzi uzupełniają brakujące nazwy reakcji korzystając z opisu w części III e-materiału.
- Uczniowie przyporządkowują pięć podanych reakcji jądrowych do różnych kategorii.
- Rozwiązują zadania 1, 2 i 7.

Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów.

### **Faza podsumowująca:**

Uczniowie w parach przeprowadzają dyskusję podsumowującą w oparciu o rozwiązanie zadań interaktywnych nr: 4 i 6. Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, wspiera w realizacji zadania.

### **Praca domowa:**

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań interaktywnych nr: 3, 5 i 8.

<b>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium</b>	Mapę pojęciową można wykorzystać podczas lekcji tak jak opisano w scenariuszu. Może być też samodzielnie wykorzystana przez uczniów po lekcji do przypomnienia i powtórzenia klasyfikacji reakcji jądrowych.
---	--