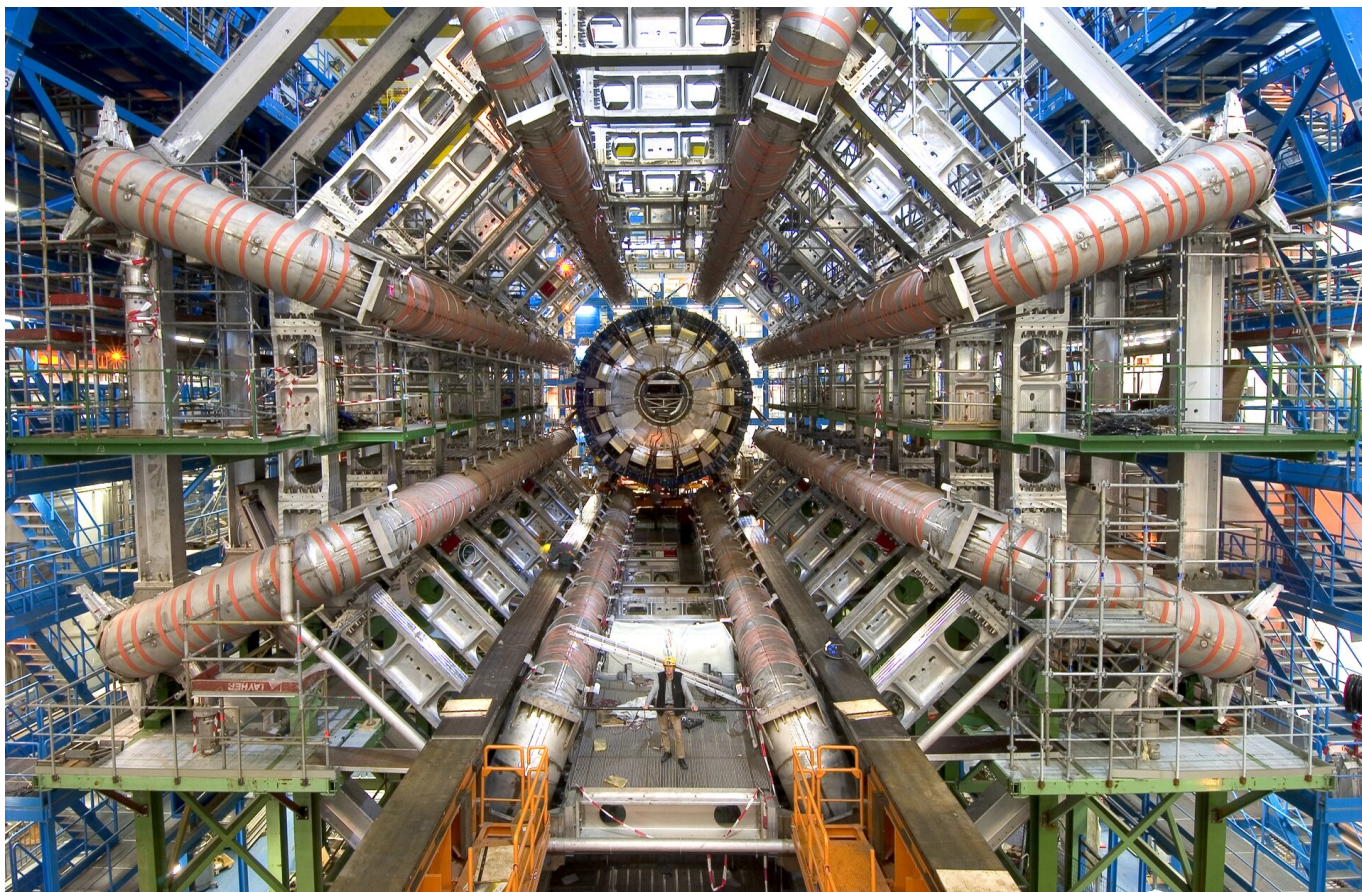




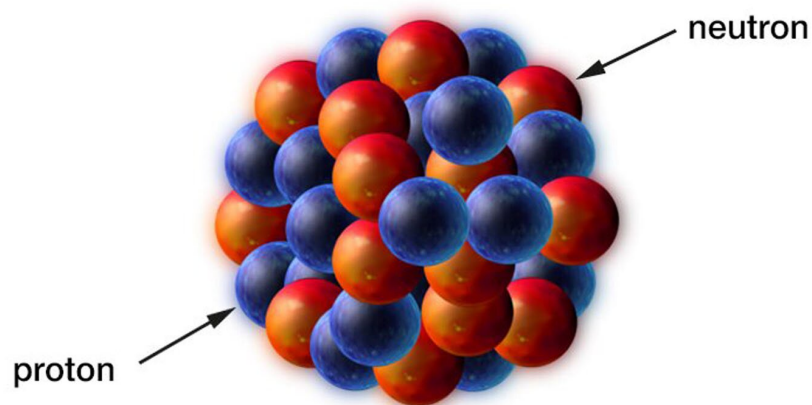
Najważniejsze pojęcia i zjawiska fizyki jądra atomowego

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna \(schemat\)](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy to nie ciekawe?

Jądro atomowe zbudowane jest z protonów i neutronów. Jak to możliwe, że ciasno upakowane, dodatnio naładowane protony tworzą bryłkę materii? Czyżby z jakiegoś powodu przestały się odpychać? Nie, to nie jest możliwe, a jednak jądra, które wchodzą w skład tworzącej nas materii, są stabilne. Dlaczego tak jest, dowiesz się, jeśli nie przewiesz lektury tego e-materiału.



Rys. a. Schematyczny model budowy jądra atomowego.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

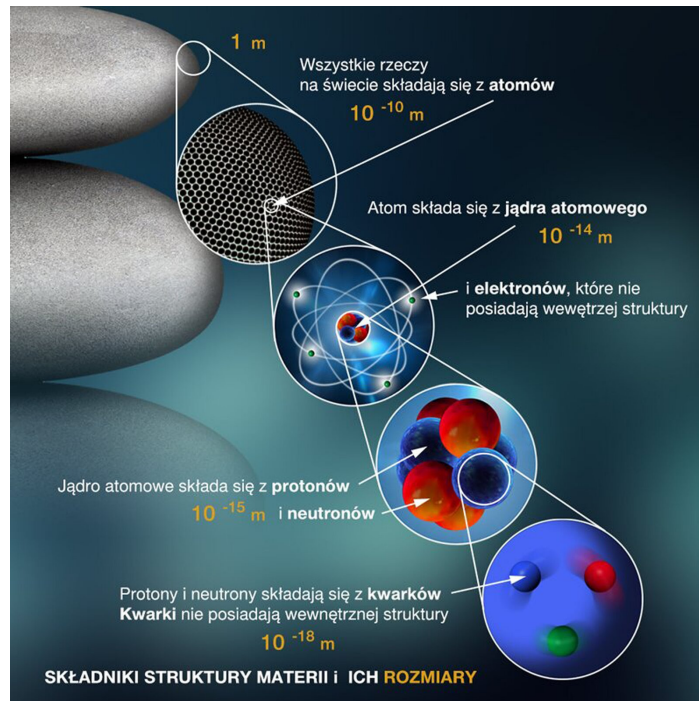
Twoje cele

Pracując z tym e-materiałem:

- wymienisz składniki atomu oraz jądra atomowego,
- określisz, od czego zależy rozmiar jądra atomowego,
- wyjaśnisz, dlaczego niektóre jądra atomowe są trwałe,
- zdefiniujesz energię wiązania jądra atomowego,
- powiążesz budowę jądra atomowego z informacją zawartą o pierwiastku w układzie okresowym.

Przeczytaj

Warto przeczytać



Rys. 1. „Cegiełki” materii.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Rysunek 1. przedstawia „cegiełki” materii. Przyjrzyj mu się dokładnie i zlokalizuj w hierarchii wielkości, która jest na nim pokazana, jądro atomowe. Jest to jeden z najmniejszych obiektów, ale jeszcze nie podstawowy. Są mniejsze!

- **W skład jądra**, oprócz protonów, wchodzi neutrony. Neutron (odkryty w 1934 roku) to cząstka obojętna elektrycznie o masie nieco większej od masy protonu. Protony i neutrony wchodzące w skład jądra atomowego to nukleony. Zawartość jądra atomowego opisują dwie liczby: Z – liczba atomowa, czyli liczba protonów w jądrze atomowym, A – liczba masowa, czyli sumaryczna liczba protonów i neutronów w jądrze atomowym. Liczbę neutronów w jądrze oznaczamy zwykle przez N . Skład jądra dowolnego pierwiastka o symbolu X zapisujemy jako

$${}^A_ZX.$$

- **Ładunek elektryczny** jądra Q jest sumą ładunków protonów:

$$Q = Ze,$$

gdzie e to ładunek elementarny.

- **Oddziaływanie jądrowe**. Dlaczego więc to dodatnio naładowane (elektrycznie) jądro jest trwałą strukturą? Otóż oprócz oddziaływań grawitacyjnych

i elektromagnetycznych mamy jeszcze inne – w szczególności silne, od którego pochodzi oddziaływanie jądrowe. Jest to oddziaływanie między nukleonami. Na odległościach rzędu 10^{-15} m jest ono przyciągające, ale staje się odpychające na odległościach rzędu 10^{-16} m i mniejszych. Siły te działają praktycznie tylko między sąsiednimi nukleonami w jądrze atomowym, nie obejmują całego jądra, choć w całym jądrze występują – jest to konsekwencją ich krótkiego zasięgu. W obszarze swego działania, na małych odległościach, są wielokrotnie silniejsze niż siły grawitacyjne i elektromagnetyczne. Jądro atomowe jest więc strukturą, w której występują oddziaływania „spajające” (przyciągające siły jądrowe, obejmujące tylko sąsiednie nukleony) oraz „stabilizujące” (odpychające siły jądrowe na małych odległościach, które uniemożliwiają zapadnięcie się jednych nukleonów w drugie). Jednak oprócz tego w jądrze atomowym występuje oddziaływanie „rozrywające” – jest nim elektrostatyczne odpychanie między protonami, obejmujące całe jądro. Taki „układ sił” nie zawsze zapewnia równowagę – dlatego nie każda kombinacja protonów i neutronów zapewnia stabilność i trwałość jądra.

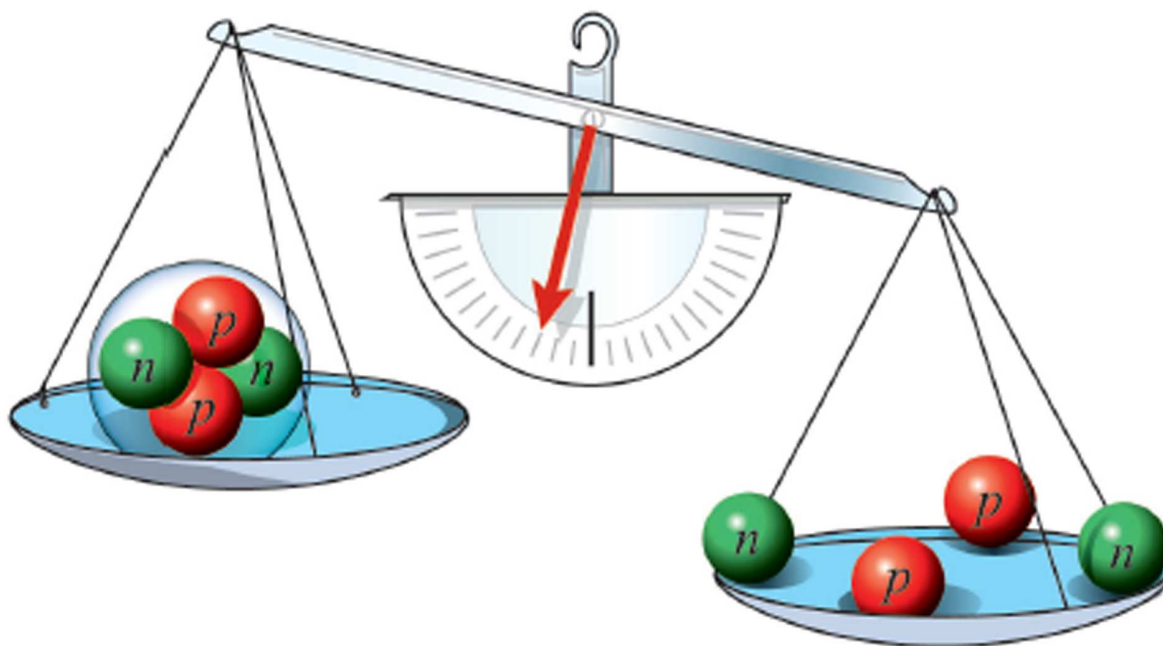
- **Rozmiary jądra.** Będziemy traktować jądro atomowe jako kulę. Jest to niezłe przybliżenie, choć wiele jąder ma bardziej złożone kształty. Promień jądra, podobnie jak jego masa, zależy od liczby masowej. Jego wartość wyraża przybliżony, empiryczny wzór:

$$R = R_0 \sqrt[3]{A},$$

gdzie $R_0 = 1,2 \cdot 10^{-15}$ m. Często mówimy, że jądro atomowe to obiekt o promieniu kilku femtometrów ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$). Rozmiary jąder atomowych zawierają się w granicach od około 1,2 fm do około 6,3 fm.

Jądra atomowe, tak jak i inne cząstki mikroświata, podlegają zasadom mechaniki kwantowej i do części ich zachowań można używać opisu falowego. W szczególności dlatego rozmiary jąder można określić tylko z pewną dokładnością; granice obszaru zajmowanego przez jądro atomowe należy uznać za rozmyte.

- **Masa jądra atomowego i energia wiązania.** Masy jąder atomowych wyznaczane są doświadczalnie i są mniejsze niż suma mas nukleonów, które je tworzą. To zjawisko nosi nazwę deficytu (defektu) masy jądra.



Rys. 2. Poglądowe przedstawienie deficytu masy jądra helu.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Aby rozerwać jądro na nukleony, trzeba dostarczyć energię. Gdy nukleony zbliżają się na odległości jądrowe – wydziela się energia. Podobnie jak w reakcji (chemicznej) syntezy wody: połączenie wodoru z tlenem jest egzotermiczne, rozdzielenie wymaga dostarczenia energii. Czy cząsteczka wody ma mniejszą masę niż suma mas atomów wodoru i tlenu? Tak, ten efekt występuje również w przypadku wiązań chemicznych, ale jest bez porównania mniejszy niż w przypadku wiązań jądrowych. Ta różnica mas odnajduje się w energii i jest określona wzorem Einsteina mówiącym o równoważności tych dwóch wielkości fizycznych:

$$E = mc^2 .$$

Ten najpopularniejszy wzór świata wyraża bardzo trudną i nieintuicyjną zależność pomiędzy energią i masą. Pokazuje, że masa jest formą energii. Deficyt masy jądra potwierdza jego słusność. Energia równa deficytowi masy nazywa się **energią wiązania jądra atomowego**.

$$E_w = \underbrace{[Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n]}_{\text{suma mas nukleonów}} - \underbrace{m_j(A, Z)}_{\text{masa jądra}}] c^2 .$$

Powyższy wzór wyraża energię wiązania jądra. Jest ona równa deficytowi masy pomnożonemu przez kwadrat prędkości światła w próżni. Fizyczna interpretacja tego zjawiska mówi, że tyle energii trzeba dostarczyć do jądra, aby rozdzielić je na nieoddziałujące ze sobą nukleony. Energia jest tym większa, im więcej jest nukleonów, ale nie jest to zależność wprost proporcjonalna. Bardzo ważną wielkością jest energia wiązania przypadająca na jeden nukleon. Jej wartość określa się, dzieląc energię wiązania przez

liczbę nukleonów. Ta wielkość jest dla każdego izotopu inna. Największa jest dla jąder o liczbie masowej około 60 i wynosi około 8,8 MeV na nukleon. Oznacza to, że jądra atomowe żelaza oraz pierwiastków z nim sąsiadujących są najsilniej związane spośród wszystkich jąder atomowych. Wraz z dalszym wzrostem liczb masowych energia wiązania nukleonów zmniejsza się. Energia wiązania nukleonów w jądrach o największych znanych wartościach liczby masowej jest o ok. 1 MeV mniejsza niż największa energia wiązania.

Słowniczek

MeV

(ang.: *MeV*) skrót nazwy jednostki megaelektronowolt, czyli milion elektronowoltów.
elektronowolt

(ang.: *electron volt*) jednostka energii stosowana w fizyce atomowej i jądrowej. Jest to energia kinetyczna cząstki o ładunku równym ładunkowi elementarnemu przyspieszonej różnicą potencjałów 1 wolta. W makroświecie jest to energia bardzo niewielka:

$$1 \text{ eV} \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Grafika interaktywna (schemat)

W czym jądra atomowe mogą być do siebie podobne? Izotopy trwałe i nietrwałe.

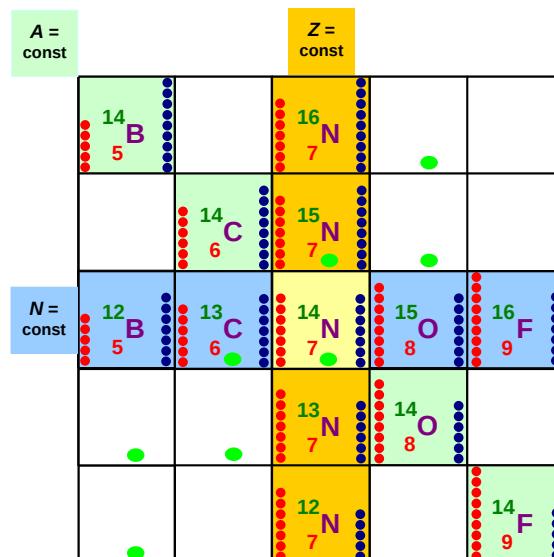
Wykorzystaj grafikę interaktywną i zbadaj, w czym dwa różne jądra atomowe mogą być do siebie podobne. Zwróć przy tym uwagę, że niektóre jądra są stabilne (są one zaznaczone w diagramie zieloną kropką), inne zaś nie i przez to są radioaktywne. Możesz przypomnieć sobie e-materiały „Czy wszystkie atomy tego samego pierwiastka są takie same?” oraz „Opisujemy przemianę beta-” i „Opisujemy przemianę beta+”.

OBIEKT MULTIMEDIALNY

KLIKNIJ, ABY OTWORZYĆ NA PEŁNYM EKRANIE

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

Wykorzystaj grafikę do wykonania zaproponowanych poleceń.



Rys. a. Zestawienie pierwiastków i ich izotopów

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 1

Jądra zwierciadlane to takie dwa różne jądra, z których jedno ma tyle samo protonów, co drugie neutronów i, jednocześnie, to pierwsze ma tyle samo neutronów, co drugie protonów. Wykonaj następujące dwa polecenia:

- Pogrupuj w pary wszystkie jądra zwierciadlane spośród ujawnionych w grafice.
- Uzasadnij, że jądra zwierciadlane muszą leżeć na linii $A = \text{const}$.

Polecenie 2

Pokazana grafika jest fragmentem tzw. tablicy nuklidów, czyli dwuwymiarowego diagramu, na którym prezentuje się znane jądra atomowe. Na osiach diagramu odkłada się dwie z trzech liczb, charakteryzujących jądro atomowe: liczbę atomową Z , liczbę neutronów w jądrze N , liczbę nukleonów w jądrze A . Wybór tych liczb jest dowolny. W grafice ujawniono wszystkie stabilne jądra atomowe z prezentowanego fragmentu tabeli - oznaczono je za pomocą zielonej kropki.

Wskaż właściwe uzupełnienia zdań:

Na osi poziomej prezentowanej grafiki odłożono liczbę neutronów N ☐ nukleonów A ☐ , zaś na osi pionowej odłożono liczbę neutronów N ☐ nukleonów A ☐ w jądrze atomowym.

Tak więc jeśli chcielibyśmy, by w grafice pojawił się stabilny izotop fluoru, to powinniśmy dodać do niej:

kolumnę po lewej stronie ☐ wiersz u góry ☐ wiersz u dołu ☐ .

Polecenie 3

Uzupełnij zdania opisujące niektóre nuklidy nieujawnione w grafice.

Stabilne jądro leżące na linii $A = 12$ to

Stabilne jądro boru to

Stabilne jądro tlenu leżące na linii $N = 8$ to

Niestabilne jądro leżące w prawym, górnym rogu tabeli to

Treść do poleceń 4 - 6.

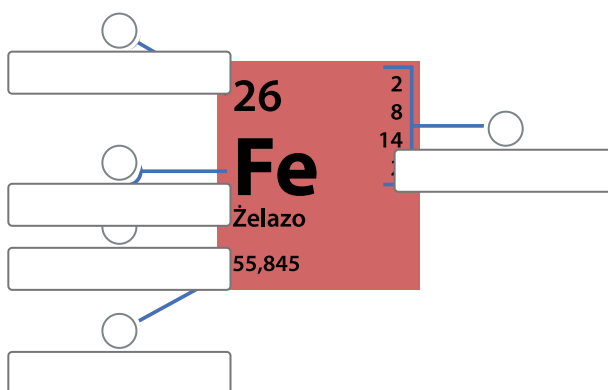
Przypomnij sobie podstawowe wiadomości o układzie okresowym pierwiastków. Jakie informacje o **atomie** i jego budowie zawarte są w typowym układzie okresowym?

Które z nich mogą być bezpośrednio przydatne do opisu składu i właściwości **jądra atomowego**?

Skorzystaj z wiadomości z lekcji chemii lub z innych dostępnych źródeł informacji.

Polecenie 4

Umieść właściwy opis przy każdej informacji o atomie z typowego fragmentu układu okresowego.



symbol

liczba elektronów
na powłokach

średnia masa atomowa

nazwa

liczba atomowa Z

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

Polecenie 5

Czy w układzie okresowym znajdziesz informacje o nietrwałych izotopach pierwiastka?

☐ Tak, dla wszystkich pierwiastków.

☐ Tak, ale tylko dla nielicznych.

☐ Nie, dla żadnego.

Polecenie 6

Przygotuj krótką prezentację na temat znaczenia i pochodzenia nazw 5-6 wybranych pierwiastków, w tym jednego spośród pokazanych w grafice.

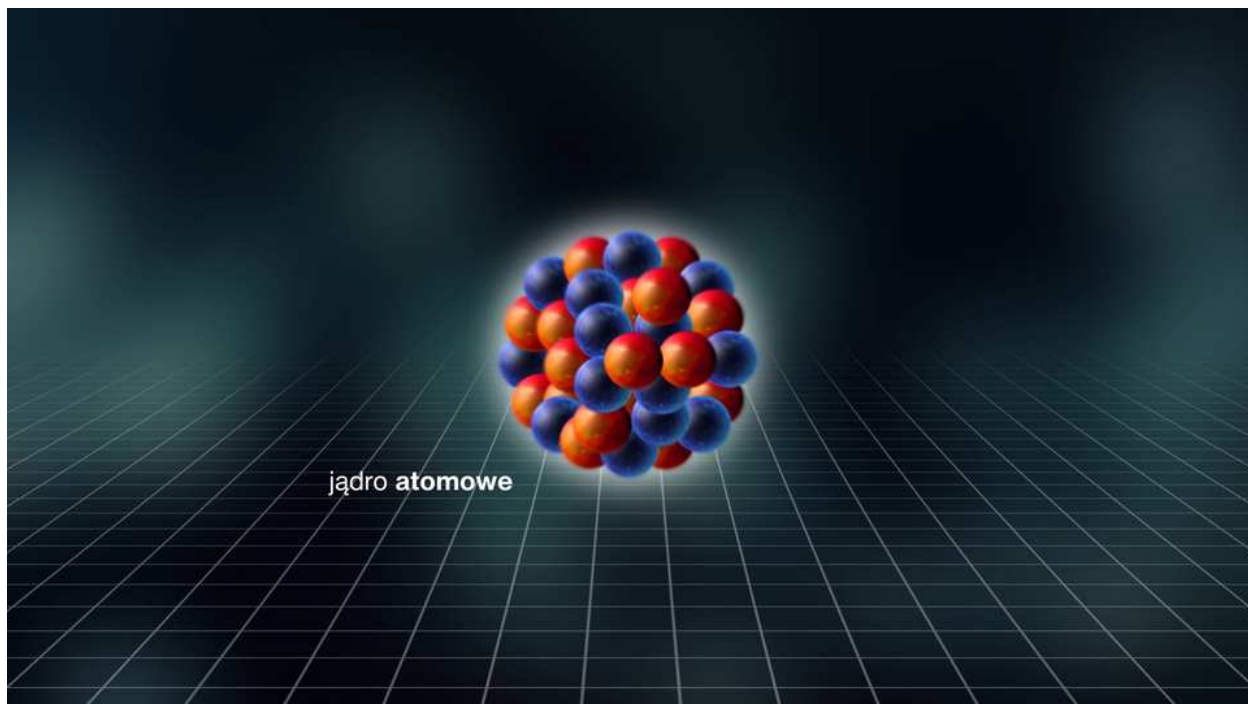
Czy symbol pierwiastka jest związany z polską nazwą tego pierwiastka?

Wykorzystaj pole do spisania konspektu prezentacji.

Film (standardowy)

Struktura jądra atomowego w pigułce

Obejrzyj film przedstawiający zasadnicze pojęcia i fakty związane z budową jąder atomowych.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RDb7D6SzOJmzy>

Najważniejsze pojęcia i zjawiska fizyki jądra atomowego.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Wybierz właściwą zawartość masy jądra atomowego w masie atomu:

☐ 99,9%

☐ 95,5%

☐ 98,8%

☐ 99,0%

Polecenie 2

Podaj charakterystyczną skalę odległości, na których działają siły jądrowe

☐ 10^{-13} m

☐ 10^{-14} m

☐ 10^{-15} m

Polecenie 3

Uzupełnij zdanie:

Duże jądra dobrze opisuje model ☐ kroplowy ☐ / ☐ planetarny ☐ / ☐ uzgodniony ☐ ,
który zakłada, że oddziaływania jądrowe działają na ☐ małych ☐ / ☐ dużych ☐
odległościach i przypominają oddziaływania cząsteczek w naładowanej elektrycznie gazowej
☐ planecie ☐ / ☐ kropli ☐ .

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Anna Kaczorowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Podstawowe wielkości cechujące jądro atomowe. Tablica nuklidów a układ okresowy pierwiastków.
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XI. Fizyka jądrowa. Uczeń: 1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń: 5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • 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: 1. wymieni podstawowe informacje o budowie jądra atomowego, 2. opíše trwałość jąder atomowych, 3. powiąże budowę jądra atomowego z informacją zawartą w tablicy nuklidów, 4. porówna tablicę nuklidów z układem okresowym pierwiastków z punktu widzenia potrzeb fizyki jądrowej, 5. przeanalizuje nazwy pierwiastków i zapozna się z genezą tego nazewnictwa.
Strategie nauczania:	strategia odwróconej klasy
Metody nauczania:	wykład informacyjny oraz praca w zespołach
Formy zajęć:	praca w zespołach
Środki dydaktyczne:	tablica nuklidów oraz układ okresowy pierwiastków (każde z nich w wersji planszowej lub cyfrowej), komputer z rzutnikiem.
Materiały pomocnicze:	E-materiały związane z fizyką jądrową; przygotowane przez nauczyciela kartki z zestawem zadań dotyczących deficytu masy i energii wiązania (z e-materiałów lub z innych źródeł, np. zbiorów zadań).
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

W ramach pracy domowej z poprzedniej lekcji uczniowie zapoznali się z treścią rozdziałów „Czy to nie ciekawe?” i „Warto przeczytać” i wykonali polecenia stowarzyszone z grafiką interaktywną.

Klasa została uprzednio podzielona na grupy. Każda z grup miała za zadanie przygotować, dla potrzeb lekcji bieżącej, historię związaną z nazwą 5-6 pierwiastków, w tym jednego spośród prezentowanych w grafice.

Bieżącą lekcję rozpoczynają uczniowie, przypominając podstawowe cechy jądra atomowego: jego skład, rozmiary i masę.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel pokazuje film związany z tym e-materiałem i wyjaśnia złożony charakter oddziaływań krótkozasięgowych w obrębie całego jądra. W szczególności objaśnia, skąd się bierze emisja cząstek α . Wyjaśnia pojęcie energii wiązania. Podkreśla przy tym, że jest to energia wydzielona w procesie powstawania jądra atomowego. Wskazuje zastosowanie zasady równoważności masy i energii do opisu deficytu masy w jądrze atomowym. Uczniowie rozwiązują wskazane przez nauczyciela zadanie rachunkowe dotyczące energii wiązania.

W drugiej części lekcji uczniowie objaśniają pokrótce strukturę tablicy nuklidów. Proponują możliwe informacje, jakie można w niej umieszczać. Na dowolnie wybranym przykładzie **pierwiastka** uczniowie porównują informacje o jądrze atomowym tego pierwiastka możliwe do wyczytania z układu okresowego pierwiastków oraz z tablicy nuklidów.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach przedstawiają pochodzenie nazw wybranych pierwiastków. Nauczyciel ocenia pracę domową i pracę uczniów na lekcji.

Praca domowa:

Rozwiązanie pozostałych zadań rachunkowych dotyczących energii wiązania jądra atomowego, przygotowanych przez nauczyciela.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Oba multimedia można wykorzystać na lekcji. Mogą też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.