

Jak definiujemy jądro atomowe?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja 3D
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



0882 Jak definiujemy jądro atomowe?

Czy to nie ciekawe?

Atomy wszystkich pierwiastków zbudowane są w podobny sposób. Można je sobie wyobrazić jako kulki o rozmiarach rzędu 10^{-10} m. Kulki te nie są jednak jednorodne, tak jak np. kule do bilardu. Budowa atomów jest o wiele bardziej złożona. W centrum każdego atomu znajduje się dodatnio naładowane, gęste i bardzo małe w porównaniu z rozmiarami atomu jądro, które otoczone jest chmurą elektronową o ujemnym ładunku elektrycznym. W tym e-materiale dowiesz się, jak definiujemy jądro atomowe i jakie są jego podstawowe właściwości fizyczne.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- poznasz historię odkrycia jądra atomowego,
- dowiesz się, jakich rozmiarów jest jądro atomowe,
- zrozumiesz, dlaczego jądro skupia prawie całą masę atomu,
- oszacujesz gęstość materii jądrowej,
- oszacujesz promień gwiazdy neutronowej.

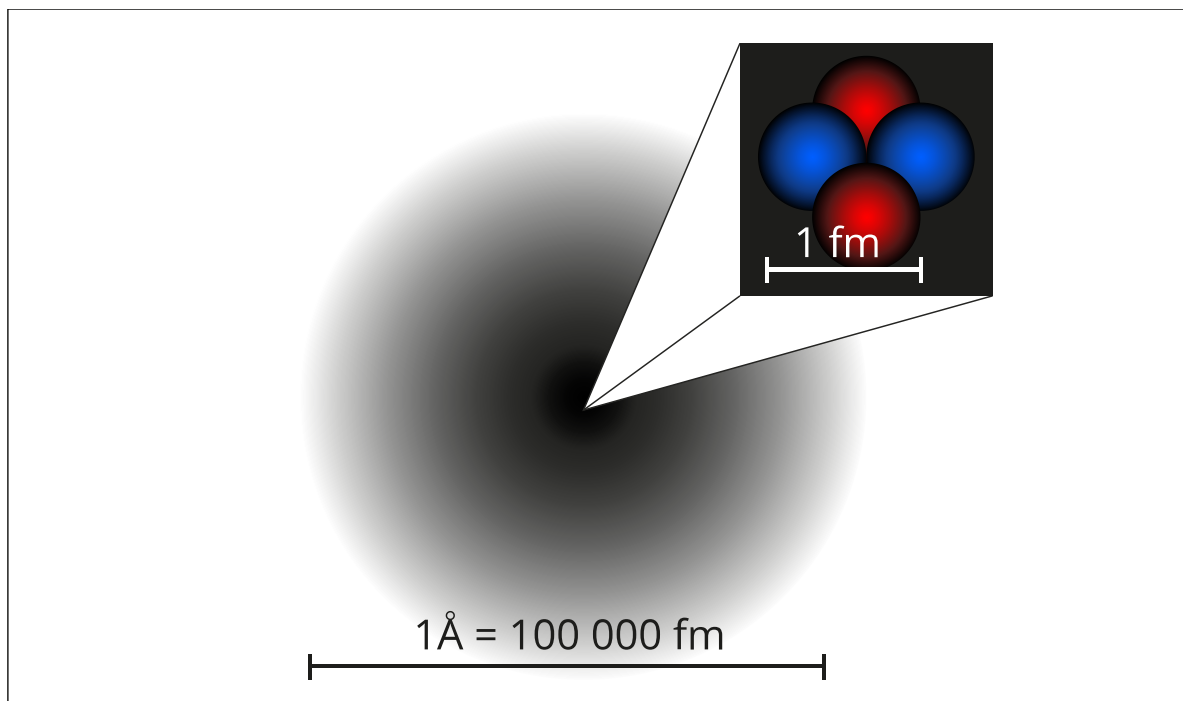
Przeczytaj

Warto przeczytać

Jądro atomowe zostało odkryte w 1909 roku przez Hansa Geigera i Ernesta Marsdena, studentów noblisty z dziedziny chemii – Ernesta Rutherforda. Badacze bombardowali cienką folię złotą dodatnio naładowanymi cząstkami α (jądro atomu helu). Eksperyment miał na celu zbadanie wewnętrznej struktury atomu i zweryfikowanie obowiązującego wówczas modelu, według którego atom był jednorodnie naładowaną dodatnio kulą, wewnątrz której poruszały się ujemnie naładowane elektrony. Badacze spodziewali się, że tory cząstek α ulegną małemu odchyleniu podczas przechodzenia przez folię złotą – co byłoby potwierdzeniem weryfikowanego modelu. Wyniki eksperymentu okazały się jednak zaskakujące. Niektóre z padających na folię złotą cząstek α poruszały się w taki sposób, jakby odbiły się od bardzo małego, masywnego i dodatnio naładowanego obiektu wewnątrz atomu. Rutherford na podstawie wyników eksperymentu zaproponował w 1911 roku planetarny model budowy atomu. Według tego modelu w centrum atomu znajdowało się małe jądro skupiające cały ładunek dodatni atomu i prawie całą jego masę. Wokół jądra, tak jak planety wokół Słońca, poruszały się ujemnie naładowane elektrony. Model Rutherforda stał się punktem wyjścia dla późniejszych, bardziej realistycznych modeli. Budowa atomów została ostatecznie wyjaśniona wraz z rozwojem mechaniki kwantowej.

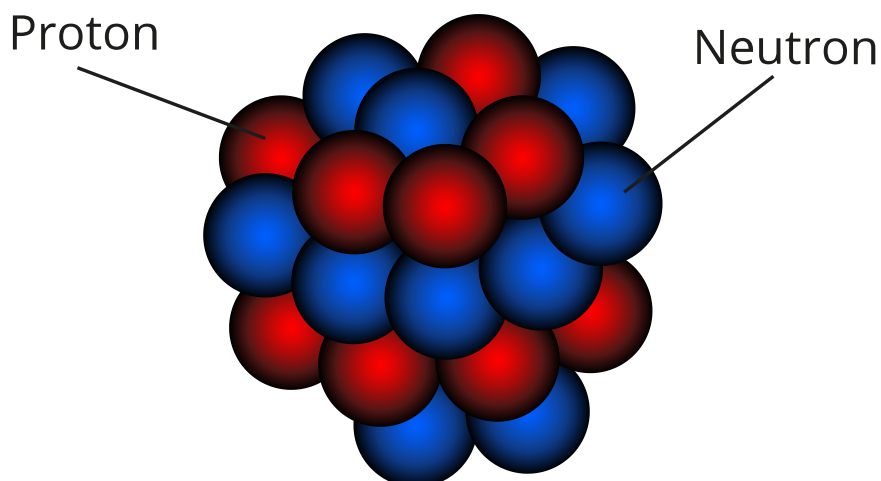
Budowa jądra atomowego i jego skład były przedmiotem wielu badań i rozważań przez ponad 20 kolejnych lat od opublikowania modelu Rutherforda. W kilka lat po eksperymencie Geigera i Marsdena Rutherford odkrył proton, jednak dopiero odkrycie neutronu w 1932 roku przez jego współpracownika, Jamesa Chadwicka, ostatecznie potwierdziło skład jąder atomowych. Odkrycie Chadwicka zapoczątkowało serię przełomowych badań i jest uważane za początek odrębnej dziedziny fizyki – fizyki jądra atomowego. Dziś wiemy, że wszystkie jądra atomowe we Wszechświecie składają się tylko z dwóch typów cząstek: neutronów i protonów, które wzajemnie na siebie oddziałują, a w obojętnym elektrycznie atomie ładunki jądra i otaczającej go chmury elektronowej wzajemnie się równoważą.

Jądro atomowe jest obiektem bardzo małym w porównaniu z rozmiarami atomu. Na Rys. 1. przedstawiono schematycznie budowę atomu helu i jego jądra. Typowe rozmiary jądra atomowego są rzędu femtometrów ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$). Jest to ogromna różnica w porównaniu z rozmiarami atomu – jądro atomowe jest prawie 100000 (sto tysięcy) razy mniejsze od atomu. Jeżeli jądro atomowe byłoby kulką o średnicy 1 cm, atom byłby ogromną kulą o średnicy sięgającej kilkuset metrów!



Rys. 1. Wgląd w strukturę atomu helu. Zacieniowany obszar przedstawia atom, w którego środku znajduje się jądro zbudowane z dwóch protonów (czerwone kulki) i dwóch neutronów (niebieskie kulki). Jądro zostało celowo powiększone – przy zachowaniu skali nie byłoby widoczne. 1 Å (angstrom) to jednostka odległości używana w fizyce atomowej równa 10^{-10} m

Jądro atomowe można wyobrazić sobie jako kroplę bardzo gęstej cieczy o promieniu rzędu kilku femtometrów, zbudowaną z wzajemnie oddziałujących, znajdujących się blisko siebie cząstek – protonów i neutronów, nazywanych **nukleonami**. Na Rys. 2 pokazano przykład ciężkiego jądra zbudowanego z wielu **nukleonów**. Najlżejsze jądra atomowe, składające się z pojedynczego protonu, mają atomy wodoru. Najcięższe znane jądra atomowe zbudowane są z prawie 300 nukleonów. Obecnie znamy około 3500 różnych jąder atomowych, a szacowana liczba wszystkich możliwych jąder atomowych sięga 7000! Więcej na ten temat możesz przeczytać w e-materiale „Liczba atomowa i liczba masowa, czyli jak opisać skład jądra atomu?”.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie wyglądu ciężkiego jądra atomowego. Protony oznaczono kolorem czerwonym, neutrony kolorem niebieskim

Składniki jąder atomowych, proton i neutron, różnią się przede wszystkim ładunkiem elektrycznym. Neutron jest cząstką obojętną elektrycznie, natomiast proton ma ładunek dodatni, $+1e$, gdzie e oznacza ładunek elementarny, równy co do wartości bezwzględnej ładunkowi pojedynczego elektronu. Rozmiary i masy spoczynkowe obu cząstek są do siebie zbliżone. Nukleony mają rozmiary rzędu 1 fm , a ich masy spoczynkowe wynoszą: $938,272 \text{ MeV}/c^2$ dla protonu i $939,565 \text{ MeV}/c^2$ dla neutronu. Jednostka MeV/c^2 (czyt. megaelektronowolt na c^2) to jednostka masy używana w fizyce subatomowej równa $1,783 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$. Jeżeli porównamy masy nukleonów z masą elektronu ($0,511 \text{ MeV}/c^2$), okaże się, że pomimo swoich małych rozmiarów, jądro atomowe skupia ponad 99% masy atomu. Tak duża kompresja masy wynika z olbrzymiej gęstości materii jądrowej. Gęstość materii jądrowej jest o wiele rzędów wielkości większa niż gęstości cieczy i ciał stałych, z którymi mamy na co dzień do czynienia. Dla porównania materia jądrowa jest ponad 10^{13} razy gęstsza niż ołów!

O tym, z czego wynikają różnice pomiędzy protonem i neutronem, możesz przeczytać w e-materiale „Z jakich kwarków składa się proton, a z jakich neutron?”.

Jądra atomowe są fascynującymi obiektami. Niektóre z ich cech można opisać, używając fizyki klasycznej, inne można zrozumieć wyłącznie na gruncie fizyki kwantowej. W tym e-materiale opisano tylko małe wycinek tego, co dziś wiemy na temat „serca” atomu, jednak wystarczający, aby zdefiniować jądro atomowe.

Najprostsza definicja mówi, że:

jądro atomowe to mały, gęsty i dodatnio naładowany obiekt znajdujący się w centrum atomu, zbudowany z wzajemnie oddziałujących ze sobą neutronów i protonów.

Słowniczek

Nukleony

(ang.: *nucleons*) składniki jąder atomowych, wspólna nazwa dla protonów i neutronów.

1 MeV/c²

(czyt. megaelektronowolt na c^2), gdzie c oznacza prędkość światła w próżni. Jednostka masy używana w fizyce subatomowej równa $1,783 \cdot 10^{-30}$ kg.

1 fm

(czyt. femtometr), jednostka długości równa 10^{-15} m.

Animacja 3D

Jak definiujemy jądro atomowe?

Polecenie 1

Obejrzyj animację, która pokazuje, że jądra atomowe mogą mieć różne kształty, nie tylko kuliste. Zwróć uwagę na jądra halo.

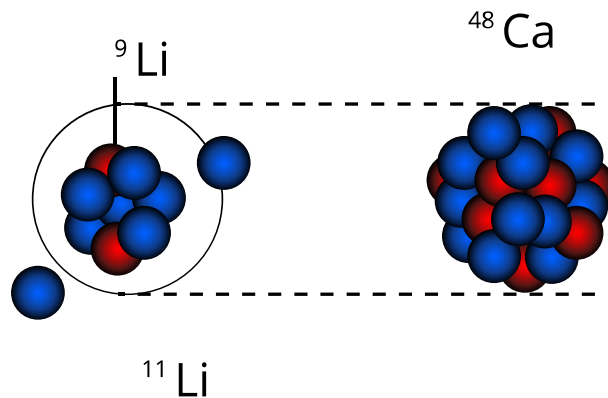
[Film dostępny na portalu epodreczniki.pl](#)

Opis animacji: Na ciemnym polu pojawia się wiele trójwymiarowych szarych i półprzezroczystych sześciątów, w których widoczne są dwa kolejne nieco jaśniejsze, przy czym najbardziej środkowe są prawie białe. Zbiegają się one i po chwili tworzą jeden biały mały, jasny sześciąt na czarnym tle, po prawej stronie ekranu w połowie jego wysokości. Obok, po prawej stronie, pojawia się biały napis jak definiujemy jądro atomowe? Napis wraz z białym sześciątem zbliża się do osoby oglądającej animację i po chwili znika. Na czarnym ekranie widać zbliżający się z oddali okrągły kształt. W pewnej chwili zatrzymuje się a w jego środku widoczne jest jądro atomowe składające się z kilku niebieskich i czerwonych kulek. Jądro otoczone jest szarym, większym okręgiem który jaśnieje do zewnątrz. Niebieskie i czerwone kulki symbolizują nukleony, czyli protony i neutrony, z których składa się jądro atomowe. W lewym-dolnym rogu ekranu pojawiają się dwie takie same kulki jak nukleony w jądrze atomowym. Czerwona kulka znajduje się nad niebieską. Po prawej stronie kulek w rogu ekranu pojawiają się białe napisy. Przy czerwonej widnieje napis proton a przy niebieskiej neutron. Jądro oraz nukleony po prawej stronie znikają. Po chwili z oddali ponownie wyłania się owalny kształt. Zatrzymuje się. Na tle szarego okręgu jaśniejącego do zewnątrz widoczne jest jądro atomowe, które tym razem składa się tylko z jednej czerwonej kulki. Jest jądro atomu wodoru. Jądro wodoru również po chwili znika. Z oddali ponownie wyłania się kolejne jądro tym razem składające się z bardzo wielu niebieskich i czerwonych kulek, które symbolizuje jądro bardzo ciężkiego atomu. Następnie jądro znika. Na czarnym ekranie pojawia się centralnie umiejscowiony napis trzy tysiące pięćset a pod nim mniejszy jąder atomowych. Obraz znika. Na czarnym ekranie pojawiają się dwie średniej wielkości kulki w połowie wysokości ekranu. Bardziej po lewej znajduje się czerwona kulka podpisana jako proton. Bardziej po prawej znajduje się kulka niebieska podpisana jako neutron. Pod protonem pojawia się biały napis ładunek dodatni a pod neutronem widoczny jest napis obojętny elektrycznie. Kulki są tej samej wielkości, wobec czego ich masy i rozmiary są zbliżone. Obraz znika a na czarnym tle pojawia się kolorowa kula umiejscowiona centralnie na ekranie. Symbolizuje ona jądro atomowe ale tym razem nie składa się ono z niebieskich i czerwonych kulek. Ekran na chwilę robi się czarny. Następnie po lewej stronie ekranu pojawia się eliptyczny, kolorowy kształt wydłużony

w kierunku pionowym. Kształt ten ilustruje zdeformowane, wydłużone jądro. Po chwili po prawej stronie pojawia się kolejny owalny kształt tym razem przypominający kolorową spłaszczoną kulę. Symbolizuje on zdeformowane, spłaszczone jądro atomowe. Pod eliptycznym, wydłużonym kształtem pojawia się biały napis elipsoida obrotowa wydłużona. Pod spłaszczoną kulą pojawia się również biały napis elipsoida obrotowa spłaszczona. Ona zdeformowane jądra znikają a na ich miejsce w centralnej części ekranu pojawia się kolejny kolorowy kształt symbolizujący jądro atomowe przypominający gruszkę, której węższa część skierowana jest w prawą stronę. To jądro również znika z ekranu. Na jego miejscu pojawia się jądro atomowe składające się z niebieskich i czerwonych kulek otoczonych szarym polem jaśniejącym do zewnątrz. Z lewej, górnej strony jądra, w szarym polu widoczna jest dodatkowa i odłączona od jądra niebieska kulka. Jest to tak zwane jądro halo. Niebieska kulka jest neutronem krążącym wokół jądra składającego się z wielu niebieskich i czerwonych kulek symbolizujących nukleony. Jądro składające się z wielu nukleonów nazywane jest trzonem. W prawym dolnym rogu ekranu pojawia się biały napis indeks górny dziewiętnaście i bez indeksu Wielka litera C. Jest to oznaczenie pierwiastka węgla dziewiętnaście. A zatem schemat jądra halo zaprezentowany na animacji odpowiada jądro tego pierwiastka. Schemat jądra halo po chwili znika. Na jego miejsce pojawia się ponownie na szarym polu jądro atomowe składające się z kilku nukleonów widocznych jak zbiór niebieskich i czerwonych kulek. Wokół widocznego jądra widoczne są dwa neutrony w postaci niebieskich kulek, w obrębie szarego pola ale nie połączone z nukleonami wchodzącymi w skład trzonu jądra. Jest to schemat jądra nazywanego podwójne halo. W prawym dolnym rogu ekranu pojawia się biały napis indeks górny jedenaście i bez indeksu Wielka litera L i mała litera i. Jest to symbol pierwiastka lit jedenaście. Zaprezentowane jądro podwójne halo przedstawia schematycznie jądro pierwiastka lit jedenaście. Jądro podwójne halo znika z ekranu. Na czarnym tle pojawia się kolejna animacja. Przedstawia ona po prawej stronie podwójne jądro halo, składające się z trzonu jądra w postaci kilku niebieskich i czerwonych kulek i dwóch neutronów na orbicie trzonu w postaci niebieskich kulek. Jądro podwójne halo znajduje się na tle szarego okręgu jaśniejącego do zewnątrz. Wokół trzonu jądra podwójne halo narysowany jest białą linią okrąg przechodzący przez nukleony wokół trzonu jądra. Jądro podwójne halo u dołu jest podpisane jako indeks górny jedenaście i bez indeksu wielka litera L i mała litera i. Po prawej stronie ekranu widoczne jest jądro atomowe składające się z wielu nukleonów, w postaci niebieskich i czerwonych kulek. Jądro po prawej stronie ekranu nie jest umieszczone na szarym polu. Znajduje się na czarnym tle ekranu. Jądro po prawej stronie podpisane jest u dołu jako indeks górny czterdzieści osiem i bez indeksu wielka litera C i mała litera a. Jest to oznaczenie pierwiastka wapń czterdzieści osiem. Na ekranie widoczne są również dwie białe, poziome przerywane linie. Porównują one wielkości jądra podwójne halo litu jedenaście i jądra wapnia czterdzieści osiem. Jądra te są podobnej wielkości, przy czym wielkość jądra halo zobrazowana jest jako wielkość okręgu obejmującego trzon jądra i nukleony wokół niego. Nad jądrem podwójne halo obrazującego jądro atomu litu jedenaście pojawia napis indeks górny dziewięć i bez indeksu wielka litera L i mała litera i. Jest to oznaczenie pierwiastka lit dziewięć. Od napisu lit dziewięć pojawia

się żółta linia która kończy się na trzonie jądra halo. Oznacza to, że trzon jądra podwójne halo stanowi jądro litu dziewięć. Obraz znika a następnie na biały tle pojawia się centralny napis Fizyka dziewięćset pięćdziesiąt kapsułek w kolorze niebieskim. U dołu ekranu pojawiają się trzy loga. W lewym dolnym rogu ekranu logo wydziału fizyki politechniki warszawskiej zawierające czarny kontur falistego kształtu otoczony czarnym prostokątem oraz czarny napis Wydział Fizyki Politechnika Warszawska. Na środku ekranu na dole znajduje się logo zawierające niebieski trapez o pionowych podstawach na tle którego widać trzy gwiazdki: białą, żółtą i czerwoną. Obok znajduje się Czarny napis Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój. W prawym dolnym rogu znajduje się Czarny napis Unia Europejska po której prawej stronie widoczna jest flaga Unii Europejskiej.

Polecenie 2



Na rysunku przedstawiono porównanie budowy jąder litu-11 (3 protony i 8 neutronów, symbol ^{11}Li) oraz wapnia-48 (20 protonów i 28 neutronów, symbol ^{48}Ca). Jądro litu-11 to jądro z podwójnym halo, które składa się z jądra litu-9 (3 protony i 6 neutronów, symbol ^9Li), wokół którego krążą dwa neutrony. Efektywny promień jądra litu-11 jest zbliżony do promienia jądra wapnia-48. Oszacuj, w jakiej odległości od powierzchni jądra litu-9 krążą neutrony. W obliczeniach załóż, że jądra wapnia-48 i litu-9 są kuliste, a rozmiary neutronów halo można pominąć. Promień kulistego jądra atomowego R można oszacować, korzystając ze wzoru $R = r_0 A^{1/3}$, gdzie A to liczba nukleonów w jądrze, a $r_0 = 1,2$ fm. Wynik podaj z dokładnością do pełnych femtometrów.

Neutrony w jądrze halo litu-11 krążą w odległości fm od powierzchni jądra litu-9.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij tekst.

W centrum atomu dowolnego pierwiastka znajduje się . Obiekt ten składa się z dwóch typów cząstek: , mających ładunek dodatni, i , które są elektrycznie obojętne. Cząstki te nazywamy wspólnie . W skład atomów wchodzi jeszcze , mające ładunek ujemny.

Ćwiczenie 2



Z podanej listy wybierz wszystkie określenia opisujące jądro atomowe.

- Ładunek elektryczny jądra atomowego jest ujemny.
- Ładunek elektryczny jądra atomowego jest dodatni.
- Gęstość materii jądrowej jest wiele rzędów wielkości większa niż gęstości cieczy i ciał stałych, z którymi mamy na co dzień do czynienia.
- Masa jądra atomowego jest taka sama jak masa otaczających go elektronów.
- Jądro atomowe zbudowane jest z nukleonów.
- Jądro atomowe zajmuje połowę objętości atomu.
- Jądro atomowe jest bardzo małym obiektem o rozmiarach rzędu kilku fm.
- Jądro atomowe skupia prawie całą masę atomu.
- Jądro atomowe zbudowane jest z neutronów, protonów i elektronów.
- Gęstość materii jądrowej jest porównywalna z gęstością ołowiu.

Ćwiczenie 3



Oblicz stosunek masy protonu do masy elektronu. Masa elektronu wynosi $0,511 \text{ MeV}/c^2$, a masa protonu $938,272 \text{ MeV}/c^2$. Wynik zaokrąglaj do pełnej liczby.

Odpowiedź: Stosunek masy protonu do masy elektronu wynosi .

Ćwiczenie 4



Promień jądra atomowego, R , można oszacować, korzystając ze wzoru $R = r_0 A^{1/3}$, gdzie A to liczba nukleonów w jądrze, a $r_0 = 1,2 \text{ fm}$. Oszacuj promień jądra niklu składającego się z 28 protonów i 36 neutronów. Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Odpowiedź: Promień jądra niklu wynosi fm.

Ćwiczenie 5



Masę atomów i cząsteczek podaje się, stosując atomową jednostkę masy u , zwaną również unitem. Masa jednego unitu została zdefiniowana jako 1/12 masy izotopu węgla ^{12}C i wynosi $931,494 \text{ MeV}/c^2$, co odpowiada $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Masa pojedynczego atomu złota wynosi $197u$. Atom złota składa się z jądra zbudowanego z 79 protonów i 118 neutronów oraz chmury elektronowej wytworzonej przez 79 elektronów. Oblicz, jaki procent masy atomu złota stanowi masa elektronów. Masa elektronu wynosi $0,511 \text{ MeV}/c^2$. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Odpowiedź: Masa elektronów stanowi % masy atomu złota.

Ćwiczenie 6



Promień jądra atomowego, R , można oszacować, korzystając ze wzoru $R = r_0 A^{1/3}$, gdzie A to liczba nukleonów w jądrze, a $r_0 = 1,2 \text{ fm}$. Oblicz, ile razy jądro ołowiu (82 protony i 126 neutronów) jest większe od jądra tlenu (8 protonów i 8 neutronów). Jądra ołowiu i tlenu mają kształt kulisty. Wynik podaj z dokładnością do pełnej liczby.

Odpowiedź: Jądro ołowiu jest razy większe od jądra tlenu.

Ćwiczenie 7



Zakładając, że masa jądra atomowego jest w przybliżeniu równa Au , gdzie A to liczba nukleonów budujących jądro, a $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ to jednostka masy atomowej, oblicz gęstość materii jądrowej. W obliczeniach przyjmij, że jądro atomowe ma kształt kuli o promieniu równym $R = r_0 A^{1/3}$, gdzie $r_0 = 1,2 \text{ fm}$. Wynik podaj w kg/m^3 z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Odpowiedź: Gęstość materii jądrowej wynosi $\cdot 10^{17} \text{ kg}/\text{m}^3$.

Ćwiczenie 8



Gwiazdy neutronowe to masywne, kuliste obiekty astronomiczne składające się głównie z cieczy neutronowej o średniej gęstości rzędu $10^{17} - 10^{18} \text{ kg}/\text{m}^3$. Oblicz promień gwiazdy neutronowej o masie dwóch mas Słońca. Przyjmij, że średnia gęstość gwiazdy neutronowej jest dwa razy większa niż średnia gęstość materii jądrowej w jądrach atomowych i wynosi $5 \cdot 10^{17} \text{ kg}/\text{m}^3$. W obliczeniach przyjmij, że masa Słońca wynosi $2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Wynik zaokrąglaj do pełnych kilometrów.

Odpowiedź: Promień gwiazdy neutronowej wynosi km.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Cap
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jądro atomowe
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</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>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>XI. Fizyka jądrowa. Uczeń:</p> <p>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.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>XII. Fizyka jądrowa. Uczeń:</p> <p>5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: <ul style="list-style-type: none"> • 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. poda cechy jądra atomowego, 2. opíše eksperyment, w którym odkryto jądro atomowe i przedstawi wnioski płynące z tego eksperymentu, 3. wyjaśni, jakich rozmiarów jest jądro atomowe, 4. zastosuje wzór na promień jądra atomowego.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład informacyjny, - rozwiązywanie zadań rachunkowych.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca indywidualna, - praca w parach.
Środki dydaktyczne:	rzutnik lub ekran do wyświetlania multimedium
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel przypomina model budowy atomu i omawia historię odkrycia jądra atomowego. Nauczyciel omawia eksperyment Geigera i Marsdena (może pokazać eksperyment z kieliszkiem do wina i kuleczkami, demonstrujący rozpraszanie cząstek α na potencjale jądra atomowego; może też pokazać jedną z dostępnych w Internecie krótkich animacji na temat eksperymentu).</p> <p>Nauczyciel omawia budowę jądra atomowego i mówi, że jest zbudowane z neutronów i protonów, nazywanych wspólnie nukleonami. Następnie wprowadza liczbę masową jądra atomowego.</p>	
Faza realizacyjna:	

- Nauczyciel przedstawia wnioski Rutherforda na temat budowy jądra atomowego – jądro jest małe, dodatnio naładowane i skupia prawie całą masę atomu.
 - Nauczyciel podaje, że typowe rozmiary jądra atomowego są rzędu kilku fm, a typowe rozmiary atomu to 10^{-10} m. Nauczyciel prosi uczniów o obliczenie względnych rozmiarów atomu i jądra atomowego oraz o podanie przykładu dwóch rzeczy, których rozmiary są w takim samym stosunku.
 - Uczniowie wymyślają przykłady, a następnie je prezentują.
 - Nauczyciel mówi, że objętość jądra atomowego jest wprost proporcjonalna do liczby nukleonów i prosi uczniów o wyznaczenie, jak promień jądra zależy od liczby masowej.
 - Uczniowie wyprowadzają wzór na promień jądra w postaci symbolicznej.
- Nauczyciel podaje wzór na promień jądra atomowego i prosi uczniów o obliczenie promieni lekkiego (np. ^{16}O) i ciężkiego jądra (np. ^{208}Pb).
- Uczniowie obliczają promienie zadanych jąder.
 - Nauczyciel prosi uczniów o rozwiązanie zadania 6 z części „Sprawdź się”.
 - Uczniowie rozwiązują zadanie 6 i omawiają je z nauczycielem.
 - Nauczyciel wypisuje masy spoczynkowe protonu, neutronu i elektronu i wprowadza jednostkę MeV/c^2 . Następnie prosi uczniów o rozwiązanie zadania 3 i o ustosunkowanie się do stwierdzenia Rutherforda, że prawie cała masa atomu jest skupiona w jądrze atomowym.
 - Uczniowie rozwiązują zadanie 3.
 - Nauczyciel wprowadza jednostkę masy atomowej i prosi uczniów o rozwiązanie zadania 4.
- Uczniowie rozwiązują zadanie 4 i omawiają z nauczycielem wyniki.
- Nauczyciel przypomina definicję gęstości i wspólnie z uczniami rozwiązuje zadanie 7. Nauczyciel porównuje gęstość materii jądrowej z innymi gęstościami i oblicza, ile ważyłaby jedna łyżka (5 ml) materii jądrowej.
 - Nauczyciel porównuje gęstość materii jądrowej z gęstością gwiazd neutronowych i wspólnie z uczniami oblicza zadanie 8.

Faza podsumowująca:

- Nauczyciel prosi uczniów o opracowanie w grupach definicji jądra atomowego.
- Uczniowie opracowują swoje definicje na podstawie informacji z lekcji, a następnie prezentują swoje propozycje.
- Nauczyciel zapisuje cechy wspólne różnych definicji i na końcu przedstawia jedną spójną definicję jądra atomowego.

Praca domowa:

Zadania nr: 1, 2 i 5 z części „Sprawdź się”.

**Wskazówki
metodyczne opisujące
różne zastosowania
danego multimedium:**

Animacja może być wykorzystana na lekcji lub nauczyciel może polecić uczniom obejrzenie przed lekcją.