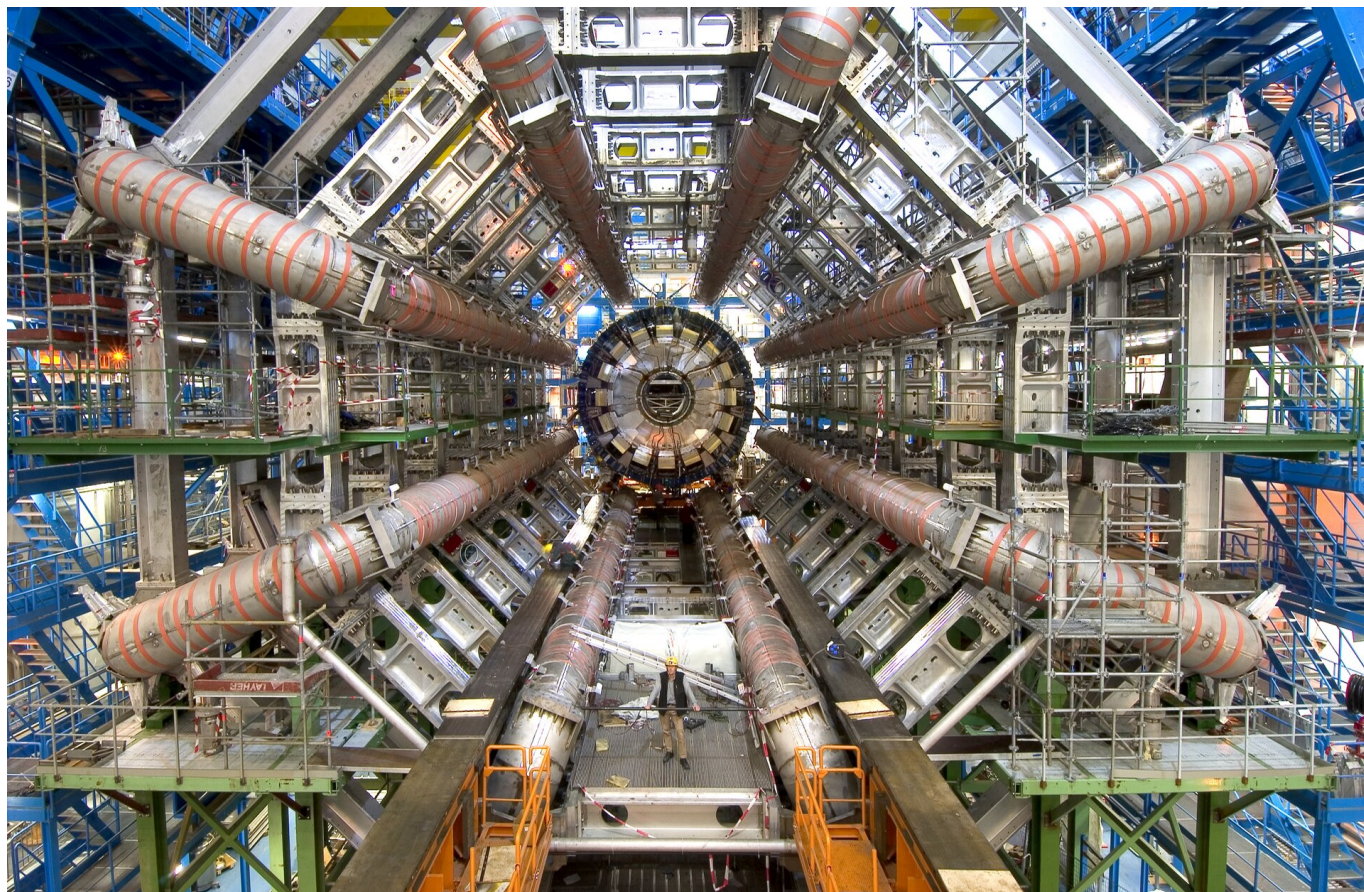




Skład izotopowy pierwiastków

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Schemat \(infografika\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy to nie ciekawe?

Na Ziemi występują atomy 94 pierwiastków, niektóre z nich w bardzo dużej ilości, inne wręcz w śladowej. Dodatkowo atomy wielu pierwiastków mogą występować w kilku wersjach, zwanych izotopami, różniących się między sobą ilością neutronów w jądrze atomowym. Niektóre izotopy tego samego pierwiastka są stabilne, inne ulegają spontanicznym przemianom promieniotwórczym. W tym e-materiale dowiesz się, ile izotopów danego pierwiastka występuje naturalnie na Ziemi i czym jest skład izotopowy pierwiastków.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, jak definiujemy pierwiastek chemiczny,
- dowiesz się, czym są izotopy,
- poznasz składy izotopowe pierwiastków,
- oszacujesz, jaki był stosunek izotopów uranu w momencie formowania się skorupy ziemskiej,
- zrozumiesz, dlaczego skład izotopowy niektórych pierwiastków zmienia się w czasie.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Każdy atom we Wszechświecie zbudowany jest w podobny sposób i składa się z maleńkiego, w porównaniu z jego rozmiarami, jądra otoczonego chmurą elektronową. Natomiast każde jądro atomowe to zwarty obiekt składający się tylko z dwóch typów cząstek: protonów i neutronów nazywanych wspólnie **nukleonami**. Badania pokazują, że atomy o tej samej liczbie protonów w jądrze zachowują się identycznie pod względem chemicznym. Obserwacja ta stanowi podstawy definicji **pierwiastka chemicznego** oraz sposobu uszeregowania substancji chemicznych w układzie okresowym pierwiastków.

Grupa →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Okres	Układ Okresowy Pierwiastków																	
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Lantanowce			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
Aktynowce			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

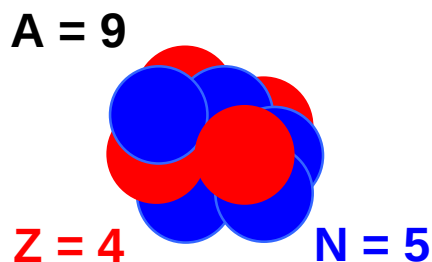
Rys. 1. Układ okresowy pierwiastków

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table.svg [dostęp 21.04.2022], domena publiczna.

W ogólności możemy powiedzieć, że dany **pierwiastek chemiczny** oznacza zbiór wszystkich atomów o identycznej liczbie protonów w jądrze (liczba neutronów nie ma tu znaczenia). Na przykład, wszystkie atomy we Wszechświecie mające 14 protonów w jądrze nazywamy atomami krzemu i oznaczamy symbolem Si. Atomy tego samego pierwiastka różniące się między sobą liczbą neutronów w jądrze atomowym nazywamy **izotopami**. Aby ułatwić rozróżnianie pierwiastków i ich **izotopów** wprowadzono prosty i wygodny system oznaczeń. Najbardziej rozpowszechniony jest system zapisu w postaci



gdzie **X** oznacza symbol pierwiastka, a **A** to **liczba masowa**, czyli sumaryczna liczba protonów i neutronów w jądrze atomowym danego izotopu. Do opisu izotopów przydają się również liczby określające ilości protonów i neutronów w jądrze atomowym. Liczbę protonów nazywamy **liczbą atomową** i oznaczamy symbolem **Z**, natomiast **liczbę neutronów** oznaczamy symbolem **N**. Zgodnie z tym systemem oznaczeń izotop krzemu posiadający 16 neutronów w jądrze atomowym oznaczmy ^{30}Si , a jądro izotopu berylu ^9Be składa się z 5 neutronów i 4 protonów (Rys. 2.). Więcej na temat **liczb atomowej i masowej** i ich zastosowań w fizyce jądrowej możesz przeczytać w e-materiale “Liczba atomowa i liczba masowa, czyli jak opisać skład jądra atomu?”.



Rys. 2. Jądro izotopu ^9Be składa się z 4 protonów i 5 neutronów

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

Obecnie znamy 118 pierwiastków (stan na rok 2019), jednak atomy nie wszystkich z nich występują naturalnie na Ziemi. Najcięższym naturalnie występującym pierwiastkiem w znaczących ilościach jest uran, 92. pierwiastek. Kolejne dwa cięższe pierwiastki, neptun ($Z = 93$) i pluton ($Z = 94$), występują w śladowych ilościach w rudach uranu. W praktyce, atomy 26 pierwiastków cięższych od uranu są wytwarzane sztucznie, w warunkach laboratoryjnych. Z pierwiastków chemicznych występujących na Ziemi największy wkład w masę naszej planety mają: żelazo, tlen, krzem, magnez, siarka, nikiel, wapń i glin. Sumaryczna masa tych ośmiu pierwiastków odpowiada prawie 99% masy Ziemi!

Sprawa jest jednak jeszcze bardziej złożona, ponieważ tylko 80 pierwiastków lżejszych od uranu ma izotopy uważane za **stabilne**, czyli nieulegające samorzutnym przemianom promieniotwórczym na inne izotopy tego samego lub innego pierwiastka. Izotopy niestabilne, czyli ulegające przemianom promieniotwórczym, nazywamy **radioizotopami**. Średni czas, jaki upływa od momentu powstania radioizotopu do jego przemiany w inny obiekt, jest różny dla każdego radioizotopu i może wynosić od ułamków sekundy do wielu miliardów lat. Dla przykładu uran nie posiada ani jednego stabilnego izotopu, jednak jego radioizotopy charakteryzują się bardzo długim czasem życia. **Czas połowicznego zaniku**, czyli czas, po którym liczba nietrwałych obiektów maleje o połowę, dla najbardziej rozpowszechnionego w przyrodzie izotopu uranu, ^{238}U , jest porównywalny z wiekiem Ziemi i wynosi około 4,5 miliarda lat. Oznacza to, że w momencie formowania się skorupy ziemskiej było około dwa razy więcej jąder tego izotopu niż jest obecnie. Najcięższym pierwiastkiem posiadającym stabilne izotopy jest ołów ($Z = 82$). Wszystkie pierwiastki lżejsze od ołowiu, poza technetem ($Z = 43$) i prometem ($Z = 61$), posiadają co najmniej jeden

stabilny izotop. Naturalnie na Ziemi występuje około 340 izotopów i **radioizotopów** różnych pierwiastków, 252 z nich to stabilne izotopy, a 34 to tzw. długożyciowe radioizotopy mające czas połowicznego zaniku wynoszący ponad 100 milionów lat. Kolejne kilkadziesiąt radioizotopów występujących na Ziemi powstaje w wyniku naturalnie występujących procesów (np. przemian promieniotwórczych długożyciowych radioizotopów). Naukowcom udało się wytworzyć w laboratoriach wiele izotopów niewystępujących naturalnie na Ziemi. Mimo że wszystkie są nietrwałe, część z nich znalazła zastosowanie w przemyśle lub medycynie.

Pierwiastki występują naturalnie zazwyczaj jako mieszanina **izotopów**. Np. naturalny krzem składa się z trzech stabilnych izotopów: ^{28}Si , ^{29}Si oraz ^{30}Si . Najwięcej, bo aż 92,23% krzemu naturalnego stanowi ^{28}Si . Wkłady od ^{29}Si oraz ^{30}Si są porównywalne i wynoszą odpowiednio 4,67% i 3,10%. Poszczególne izotopy krzemu różnią się między sobą liczbami masowymi, a co za tym idzie masami. 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 $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Masę podaną w jednostkach u nazywamy **masą atomową lub masą względną**, natomiast masę podaną w kg (g lub MeV/c^2) nazywamy **masą bezwzględną**. W obliczeniach rachunkowych można przyjąć, że masa atomowa danego izotopu o liczbie masowej A wynosi Au . W większości przypadków tak obliczona masa różni się nieznacznie od rzeczywistej masy izotopu. Należy pamiętać, że masy atomowe pierwiastków podane np. w układzie okresowym pierwiastków to masy średnie uwzględniające skład izotopowy danego pierwiastka. Dla krzemu średnia masa atomowa wynosi $28u \cdot 92,23\% + 29u \cdot 4,67\% + 30u \cdot 3,10\% = 28,1u$ i właśnie ta masa widnieje jako masa atomowa naturalnego krzemu w tablicach chemicznych i fizycznych.

Niektóre radioizotopy najprawdopodobniej występowały na Ziemi, jednak z powodu niedostatecznie długiego czasu połowicznego zaniku zdążyły ulec przemianom promieniotwórczym, zmieniając tym samym pierwotny skład izotopowy pierwiastków na Ziemi. Obecnie składy izotopowe pierwiastków również ulegają drobnym zmianom w wyniku naturalnych procesów. W praktyce zmiany te są bardzo powolne i niezauważalne, głównie z racji długich, sięgających nawet miliardów lat, czasów życia radioizotopów obecnych w naturze. Przykładem wpływu człowieka na ilość danego izotopu w naturze mogą być naziemne próby jądrowe przeprowadzone w latach 60 XX wieku, w wyniku których ilość radioizotopu węgla ^{14}C w atmosferze na północnej półkuli uległa prawie podwojeniu. Obecnie stężenie ^{14}C w atmosferze wraca do stanu sprzed okresu prób jądrowych. Węgiel ^{14}C powstaje w wyniku bombardowania atmosfery Ziemskiej przez promieniowanie kosmiczne i występuje w śladowych ilościach (około 0,0000000001% naturalnie występującego węgla). Znalaziono jednak dla tego izotopu bardzo konkretne zastosowanie. Pomiar stężenia ^{14}C jest podstawą tzw. datowania radiowęglowego, dzięki któremu można określić wiek badanych próbek nawet do 40000 lat wstecz.

Słowniczek

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.

Atomowa jednostka masy u

Jednostka masy zdefiniowana jako 1/12 masy izotopu węgla ^{12}C , równa 931,494 MeV/c², co odpowiada $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

Izotopy

Atomy tego samego pierwiastka różniące się między sobą liczbą neutronów w jądrach atomowych.

Liczba atomowa

Liczba protonów w jądrze atomowym.

Liczba masowa

Sumaryczna liczba protonów i neutronów w jądrze atomowym.

Nukleony

Składniki jąder atomowych, wspólna nazwa dla protonów i neutronów.

Pierwiastek chemiczny

Zbiór wszystkich atomów o identycznej liczbie protonów w jądrze.

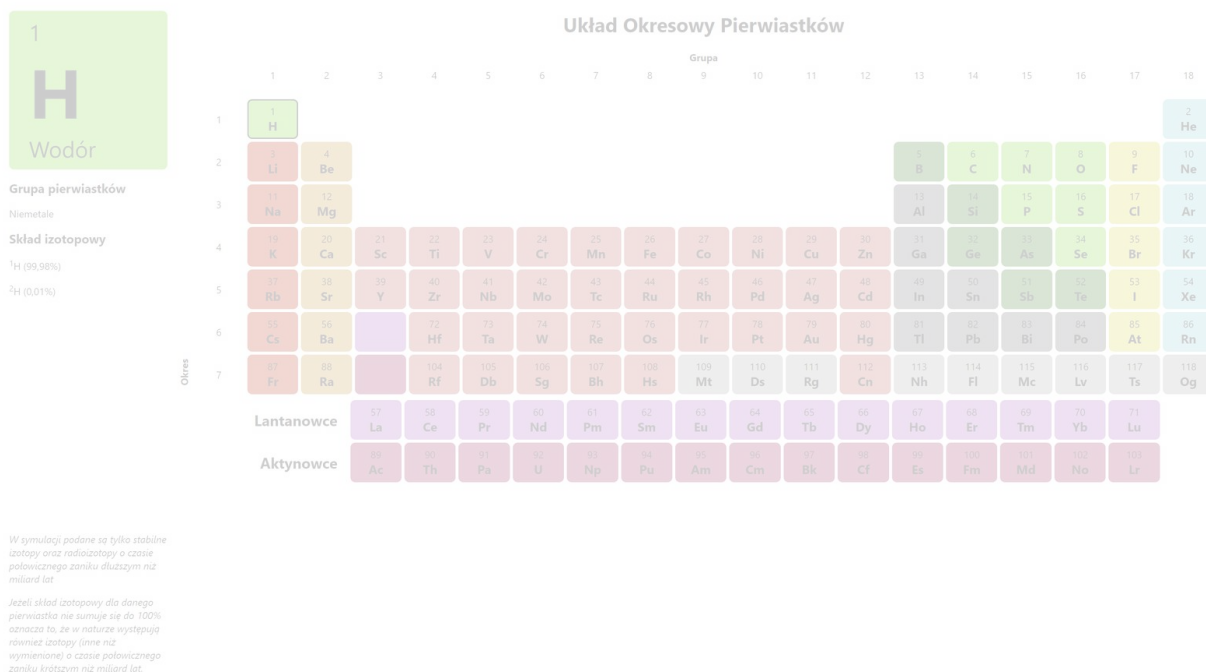
Radioizotop

Izotop ulegający przemianom promieniotwórczym.

Schemat (infografika)

Skład izotopowy pierwiastków

Zapoznaj się z interaktywnym układem okresowym pierwiastków, w którym znajdziesz informacje o składzie izotopowym każdego pierwiastka. Uwzględnione zostały tylko izotopy stabilne i długożyciowe (o czasie połowicznego zaniku dłuższym niż miliard lat). Układ okresowy najlepiej jest oglądać na pełnym ekranie.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D6VxLLOX2>

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

Polecenie 1

Który pierwiastek posiada najwięcej stabilnych izotopów?

Odp.: Pierwiastkiem posiadającym najwięcej izotopów jest o symbolu .

Polecenie 2

Ile niestabilnych, długożyciowych atomów renu przypada na jeden stabilny atom tego pierwiastka? Podaj wynik z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odp.: Na jeden stabilny atom renu przypada atomów niestabilnych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, czy zdanie jest prawdziwe, czy fałszywe.

Istnieją różne pierwiastki o tej samej liczbie atomowej. PRAWDA / FAŁSZ

Istnieją różne izotopy tego samego pierwiastka o tej samej liczbie masowej. PRAWDA / FAŁSZ

Istnieją izotopy różnych pierwiastków o tej samej liczbie masowej. PRAWDA / FAŁSZ

Istnieją izotopy różnych pierwiastków o tej samej liczbie neutronów. PRAWDA / FAŁSZ

Ćwiczenie 2



Przeczytaj poniższy tekst na temat irydu, a następnie zaznacz, które stwierdzenia są prawdziwe.

Iryd, 77 pierwiastek, jest twardym, kruchym srebrzystobiałym metalem. Należy do najgęstszych pierwiastków – jego gęstość wynosi około 22000 kg/m^3 . W naturze występują dwa stabilne izotopy irydu: ^{191}Ir , stanowiący 38,5% naturalnego irydu oraz ^{193}Ir , stanowiący 61,5% naturalnego irydu. Zawartość irydu w skorupie ziemskiej jest bardzo mała, jest to jednak pierwiastek często znajdujący w obiektach kosmicznych, np. takich jak meteoryty.

☐ Cięższy izotop irydu ma 114 neutronów i 77 protonów w jądrze atomowym.

☐ Lżejszy izotop irydu ma 114 neutronów.

☐ Iryd oznaczany jest symbolem Ir.

☐ Liczba masowa irydu wynosi 77.

Ćwiczenie 3



Tlen jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem na Ziemi. W naturze występują trzy stabilne izotopy tlenu: ^{16}O , stanowiący 99,759% tlenu naturalnego oraz izotopy ^{17}O i ^{18}O , stanowiące odpowiednio 0,037% i 0,204% tlenu naturalnego. Określ, ile atomów danego izotopu tlenu przypada na każde sto tysięcy atomów tlenu naturalnego.

Odpowiedź:

Na każde sto tysięcy atomów tlenu naturalnego przypada atomów izotopu ^{16}O , atomów izotopu ^{17}O oraz atomów izotopu ^{18}O .

Ćwiczenie 4



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 $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Masę podaną w jednostkach u nazywamy masą względną, natomiast masę podaną w kg (g lub MeV/c^2) nazywamy masą bezwzględną.

Przyjmij, że masa względna jednego atomu glinu wynosi $27u$. Podaj masę bezwzględną atomu glinu w kg (z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku) i w MeV/c^2 (w zaokrągleniu do liczb całkowitych).

Odpowiedź:

Masa bezwzględna jednego atomu glinu wynosi $\cdot 10^{-27} \text{ kg}$, co odpowiada MeV/c^2 .

Ćwiczenie 5



Sód posiada tylko jeden stabilny izotop ^{23}Na . Masa atomowa sodu wynosi 22,9898 u. Jaki błąd względny popełnia się zaokrąglając masę atomową sodu do 23 u?

1. Podaj wynik zaokrąglony do sześciu cyfr znaczących.
2. Trudne! Przedstaw argumenty przemawiające za zaokrągleniem wyniku do mniejszej liczby cyfr znaczących.

Ćwiczenie 6



Masą atomową pierwiastka nazywamy średnią masę atomową wynikającą z procentowej zawartości poszczególnych jego izotopów.

Oblicz masę atomową boru, wiedząc, że w naturze występują dwa stabilne izotopy boru: ^{10}B i ^{11}B w stosunku 1:4. Przyjmij, że masy atomowe izotopów ^{10}B i ^{11}B wynoszą kolejno 10u oraz 11u.

Odpowiedź:

Masa atomowa boru wynosi u.

Ćwiczenie 7



W naturze występują cztery stabilne izotopy ołowiu: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb oraz ^{208}Pb . W pomiarze składu izotopowego próbki ołowiu metodą spektrometrii mas zmierzono średnie stosunki izotopowe, czyli określono względne proporcje występowania izotopów. Poniżej podano, ile atomów izotopów ^{206}Pb , ^{207}Pb oraz ^{208}Pb przypada na jeden atom izotopu ^{204}Pb .

Średni stosunek izotopowy

$$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37$$

$$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15$$

$$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17$$

Na podstawie podanych danych określ procentowy skład izotopowy zbadanej próbki ołowiu. Uzupełnij tabelkę, wkład procentowy podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

izotop	wkład procentowy (%)
^{204}Pb	
^{206}Pb	
^{207}Pb	
^{208}Pb	

Ćwiczenie 8



Obecnie stosunek izotopowy dwóch najbardziej rozpowszechnionych izotopów uranu wynosi $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=140$, co oznacza, że na każdy atom ^{235}U przypada 140 atomów ^{238}U . Oba izotopy są nietrwałe i ulegają przemianom promieniotwórczym do innych pierwiastków, jednak z innym czasem zaniku. Przyjmij, że dla ^{238}U czas, po jakim połowa atomów ulega przemianie promieniotwórczej wynosi 4,5 miliarda lat, a dla ^{235}U czas ten wynosi 750 milionów lat.

Oblicz, jaki był stosunek izotopowy $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ w momencie uformowania się skorupy ziemskiej 4,5 miliarda lat temu. Podaj wynik z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Odpowiedź:

Stosunek izotopowy $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ w momencie uformowania się skorupy ziemskiej wynosił

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Cap
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Składy izotopowe pierwiastków
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności; 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem. 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: 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności; 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem. XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń: 5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej.
-----------------------------------	--

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się, • kompetencje cyfrowe.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. podaje definicję pierwiastka i izotopu; 2. wyjaśnia, czym jest skład izotopowy pierwiastków; 3. stosuje atomową jednostkę masy; 4. oblicza średnią masę atomową pierwiastka, znając jego skład izotopowy.
Strategie nauczania	IBSE
Metody nauczania	wykład informacyjny, rozwiązywanie zadań rachunkowych
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w parach
Środki dydaktyczne:	rzutnik lub ekran do wyświetlania multimedium
Materiały pomocnicze:	–
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel przypomina uczniom podstawowe pojęcia: pierwiastek, liczba atomowa, liczba neutronów, liczba masowa, izotop. Nauczyciel na kilku przykładach (np. ^{238}U, ^{235}U) pokazuje, jak określić liczbę atomową i masową.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel omawia występowanie pierwiastków chemicznych w przyrodzie (np. które pierwiastki chemiczne są naturalne, a które nie, których jest najwięcej, a których są tylko śladowe ilości). Nauczyciel wprowadza pojęcie atomowej jednostki masy i prosi uczniów o policzenie masy bezwzględnej glinu, którego masa atomowa wynosi $27u$ (zadanie 4 z zestawu ćwiczeń).

Uczniowie rozwiązują zadanie 4 z zestawu ćwiczeń.

Nauczyciel podaje dokładną masę atomową glinu i prosi uczniów o policzenie błędu względnego przybliżenia masy użytego podczas rozwiązywania zadania 4.

Uczniowie rozwiązują zadanie i dyskutują z nauczycielem zasadność użytego przybliżenia.

Nauczyciel wprowadza pojęcie składu izotopowego pierwiastków i używając multimediu pokazuje uczniom składy izotopowe różnych pierwiastków. Nauczyciel wprowadza pojęcia izotopu stabilnego i radioizotopu. Nauczyciel prosi uczniów, aby w parach wybrali jeden z pierwiastków o co najmniej 3 izotopach i obliczyli, ile atomów danego izotopu przypada na milion atomów wybranego pierwiastka.

Uczniowie rozwiązują zadanie i dyskutują wyniki.

Nauczyciel pokazuje uczniom, jak obliczyć średnią masę atomową pierwiastka na wybranym przykładzie. Następnie prosi uczniów, aby obliczyli średnie masy atomowe dla wybranych pierwiastków.

Uczniowie obliczają średnie masy atomowe dla wybranych pierwiastków.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel mówi uczniom, że skład izotopowy pierwiastków może zmieniać się w czasie i wyjaśnia dlaczego, następnie razem z uczniami rozwiązuje zadanie 8 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Zadanie 1, 2, 3, 5, 6, 7 z zestawu ćwiczeń.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimediu

Multimedia bazowe może być użyte jako materiał wprowadzający, gdy nauczyciel chciałby zastosować strategię odwróconej klasy.