

Izotopy pierwiastków

Izotopy pierwiastków

Pierwiastek chemiczny to zbiór atomów, które posiadają taką samą liczbę protonów w jądrze atomowym. Czy wiesz, że atomy tego samego pierwiastka mogą różnić się między sobą liczbą pewnych elementów budowy? Zapoznaj się z poniższym materiałem, a dowiesz się m.in. o jakie elementy budowy atomów chodzi.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- budowę atomów;
- cząstki wchodzące w skład jądra atomowego;
- symboliczny zapis atomu danego pierwiastka chemicznego (według notacji A_ZX);
- definicje liczby atomowej i liczby masowej.
- uporządkowanie pierwiastków w układzie okresowym;
- sposób odczytu podstawowych informacji o pierwiastkach (symbol, nazwa, liczba atomowa, masa atomowa, rodzaj pierwiastka – metal lub niemetal) z układu okresowego.

Nauczysz się

- wyjaśniać, co to są izotopy;
- opisywać izotopy za pomocą symboli;
- omawiać różnice w budowie atomów izotopów wodoru;
- obliczać masę izotopu;
- obliczać średnią masę atomową pierwiastka chemicznego.

1. W jaki sposób atomy tego samego pierwiastka chemicznego mogą się różnić między sobą?

Polecenie 1

Uzupełnij poniższy tekst, wybierając słowo i przeciągając je w odpowiednią lukę.

Atom zbudowany jest z naładowanego jądra atomowego i poruszających się wokół niego , z których każdy obdarzony jest jednostkowym ładunkiem . W skład jądra atomowego wchodzi , którymi są: (cząstki o jednostkowym ładunku) oraz (cząstki elektrycznie). Atom jest elektrycznie , ponieważ liczba protonów jest w danym atomie taka sama, jak liczba .

nukleonów elektrony dodatnim obojętne dodatni elektronów ujemny
ujemnym protony neutronów ujemnie nukleony elektronów neutrony
dodatnio obojętny

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

Atomy określonego [pierwiastka chemicznego](#) mają jednakowy ładunek jądra atomowego (identyczną liczbę protonów) oraz taką samą liczbę poruszających się wokół jądra atomowego elektronów. Jednak, jak się okazuje, atomy te mogą różnić się masą. Przyczyną tego zjawiska jest możliwość występowania w jądrach atomów określonego pierwiastka różnej liczby neutronów. Te atomy, które mają w jądrach atomowych więcej neutronów, mają większą masę.

Atomy danego pierwiastka chemicznego, które zawierają jednakową liczbę protonów, a różnią się liczbą neutronów w jądrze atomowym, to tzw. [izotopy](#) (gr. *izo* „taki sam”, *topos* „miejsce”).

Polecenie 2

Zastanów się i odpowiedz na pytanie, czy izotopy tego samego pierwiastka mają jednakowe liczby: atomową i masową. Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do definicji wskazanych liczb: atomowej i masowej.

Odpowiedź:

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

Azot ma ponad 16 izotopów. Przeanalizujemy dwa z nich. W jądrze atomowym jednego z izotopów azotu znajduje się siedem, a w jądrze atomowym drugiego – osiem neutronów. Każdy z tych izotopów ma taką samą liczbę protonów, którą można odczytać z układu okresowego.

	14	15	16	
	6 C	7 N	8 O	
	14	15	16	

Odczytana z układu okresowego liczba atomowa azotu to siedem

Źródło: Krzysztof Jaworski, Michał Szymczak, epodreczniki.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 3

Uzupełnij poniższą tabelę dotyczącą budowy atomów izotopów azotu. W tym celu w puste miejsca tabeli przeciągnij odpowiednie elementy.

Uwaga! Jako Izotop 1 ustaw ten izotop, który posiada mniejszą liczbę masową.

Izotop	Liczba atomowa	Liczba protonów	Liczba neutronów	Liczba masowa	Symboliczny opis atomu (A_ZX)
Izotop 1					
Izotop 2					

15

${}^{15}_7\text{N}$

${}^{14}_7\text{N}$

8

7

14

16

7

7

7

${}^{16}_8\text{N}$

${}^{15}_7\text{N}$

7

${}^{14}_7\text{N}$

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

W opisie izotopów poszczególnych pierwiastków chemicznych istotna jest informacja dotycząca liczby neutronów, które zawierają. Informację o liczbie neutronów można pozyskać, znając liczbę nukleonów, a więc liczbę masową (A) oraz liczbę protonów – liczbę atomową (Z). Jak już ustaliliśmy, izotopy danego pierwiastka różnią się liczbami masowymi, ale mają takie same liczby atomowe. Dlatego w opisie budowy atomu oraz w nazwach określonych izotopów wykorzystuje się głównie liczbę masową. Liczba atomowa w symbolicznym zapisie budowy izotopu oraz w jego nazwie najczęściej jest pomijana (można ją znaleźć w układzie okresowym).

Aby wskazać na to, jaki izotop rozpatrujemy, podajemy jego nazwę lub zapis symboliczny. Nazwę izotopu tworzymy z nazwy odpowiedniego pierwiastka chemicznego, dodając do niej łącznik „-” i liczbę masową interesującego nas izotopu:

np. **azot-14** lub **azot-15**.

W symbolicznym zapisie izotopu najczęściej podajemy symbol pierwiastka, a w lewym górnym rogu tego symbolu umieszczamy liczbę masową:

np. ^{14}N lub ^{15}N .

Czasem zdarza się jednak, że w symbolicznym zapisie izotopu uwzględnia się także liczbę atomową:

np. $^{14}_7\text{N}$ lub $^{15}_7\text{N}$.

2. Czy izotopy można znaleźć w przyrodzie?

Dany pierwiastek chemiczny może mieć nawet kilkadziesiąt izotopów. Jednak najczęściej nie wszystkie te izotopy są trwałe (stabilne) i nie wszystkie występują naturalnie na Ziemi. Część z nich to izotopy nietrwałe, czyli takie, które ulegają odpowiednim przemianom, określanym mianem [przemian promieniotwórczych](#). W ich wyniku mogą powstać izotopy tego samego bądź innego pierwiastka. Samym zaś przemianom towarzyszy emisja promieniowania. Izotopy nietrwałe nazywane są często izotopami promieniotwórczymi. Znane są pierwiastki chemiczne, które w ogóle nie mają izotopów trwałych (np. pluton).

Pierwiastki chemiczne występują w przyrodzie zazwyczaj jako mieszanina izotopów o określonym składzie procentowym. Skład ten jest stały i nie zależy ani od położenia geograficznego, ani od rodzaju minerału, z którego pozyskano określony pierwiastek chemiczny.

Znane są również pierwiastki, które występują w przyrodzie w postaci jednego izotopu (jednego rodzaju atomów). Sytuacja taka ma miejsce np. w przypadku sodu i fluoru.

Na Ziemi występują pierwiastki chemiczne o liczbie atomowej do 92 włącznie (oprócz technetu i prometu). Z kolei pierwiastki chemiczne o liczbie atomowej do 83 są trwałe. Z uwagi na brak w środowisku naturalnym technetu i prometu, na Ziemi istnieje 81 pierwiastków chemicznych o trwałych izotopach.

GRUPA OKRES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H wodor 1.0																	2 He hel 4.0
2	3 Li lit 6.9	4 Be beryl 9.0																
3	11 Na sód 23.0	12 Mg magnez 24.3																
4	19 K potas 39.1	20 Ca wapń 40.1	21 Sc skand 45.0	22 Ti tytan 47.9	23 V wanad 50.9	24 Cr chrom 52.0	25 Mn mangan 54.9	26 Fe żelazo 55.8	27 Co kobalt 58.9	28 Ni nikiel 58.7	29 Cu miedź 63.5	30 Zn cynk 65.4	31 Ga gal 69.7	32 Ge german 72.6	33 As arsen 74.9	34 Se selen 79.0	35 Br brom 79.9	36 Kr krypton 83.8
5	37 Rb rubid 85.5	38 Sr stront 87.6	39 Y itr 88.9	40 Zr cyrkon 91.2	41 Nb niob 92.9	42 Mo molibden 95.9	43 Tc technet 98.9	44 Ru ruten 101.1	45 Rh rod 102.9	46 Pd pallad 106.4	47 Ag srebro 107.9	48 Cd kadm 112.4	49 In ind 114.8	50 Sn cyna 118.7	51 Sb antymon 121.8	52 Te tellur 127.6	53 I jod 126.9	54 Xe ksenon 131.3
6	55 Cs cez 132.9	56 Ba bar 137.3	La-Lu lantanowce	72 Hf hafn 178.5	73 Ta tantal 180.9	74 W wolfram 183.9	75 Re ren 186.2	76 Os osm 190.2	77 Ir iryd 192.2	78 Pt platyna 195.1	79 Au złoto 197.0	80 Hg rtęć 200.6	81 Tl tal 204.4	82 Pb ołów 207.2	83 Bi bismut 209.0	84 Po polon 209.0	85 At astat 210.0	86 Rn radon 222.0
7	87 Fr frans 223.0	88 Ra rad 226.0	Ac-Lr aktynowce	104 Rf rutherford (261)	105 Db dubn (262)	106 Sg seaborg (263)	107 Bh bohr (262)	108 Hs has (265)	109 Mt meitner (266)	110 Ds darmstadt (273)	111 Rg roentgen (272)	112 Cn kopernik [285]	113 Nh nihilium brak danych	114 Fl flerow [289]	115 Mc mendelew brak danych	116 Lv liwermor [293]	117 Ts tenness brak danych	118 Og ogancow brak danych
	57 La lantan 138.9	58 Ce cer 140.1	59 Pr prazeodym 140.9	60 Nd neodym 144.2	61 Pm promet 146.9	62 Sm samar 150.4	63 Eu europ 152.0	64 Gd gadolin 157.3	65 Tb terb 158.9	66 Dy dysproz 162.5	67 Ho holm 164.9	68 Er erb 167.3	69 Tm tul 168.9	70 Yb iterb 173.0	71 Lu lutet 175.0			
	89 Ac aktyń 227.0	90 Th tor 232.0	91 Pa protaktyń 231.0	92 U uran 238.0	93 Np neptun 237.1	94 Pu pluton (244)	95 Am ameryk (243)	96 Cm kiur (247)	97 Bk berkel (247)	98 Cf kaliforn (251)	99 Es einstein (252)	100 Fm ferm (257)	101 Md mendelew (258)	102 No nobel (259)	103 Lr lorens (260)			

Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1XRWjgf9>

Legenda:

zielone pola – pierwiastki mające trwałe izotopy

czerwone ramki – pierwiastki występujące na Ziemi

Skład izotopowy pierwiastków chemicznych. Klikając na dany pierwiastek chemiczny występujący naturalnie, wyświetlisz informację o procentowej zawartości poszczególnych jego izotopów w przyrodzie

Źródło: Michał Szymczak, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 4

Przeanalizuj informacje zawarte na powyższym układzie okresowym i oceń poprawność poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Znane są pierwiastki chemiczne, które nie mają trwałych izotopów.	☐	☐
Magnez występuje w przyrodzie jako mieszanina trzech izotopów o znanym składzie procentowym.	☐	☐
Glin występuje w przyrodzie jako mieszanina dwóch izotopów o znanym składzie procentowym.	☐	☐
Znanych jest pięć naturalnie występujących izotopów cynku.	☐	☐

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

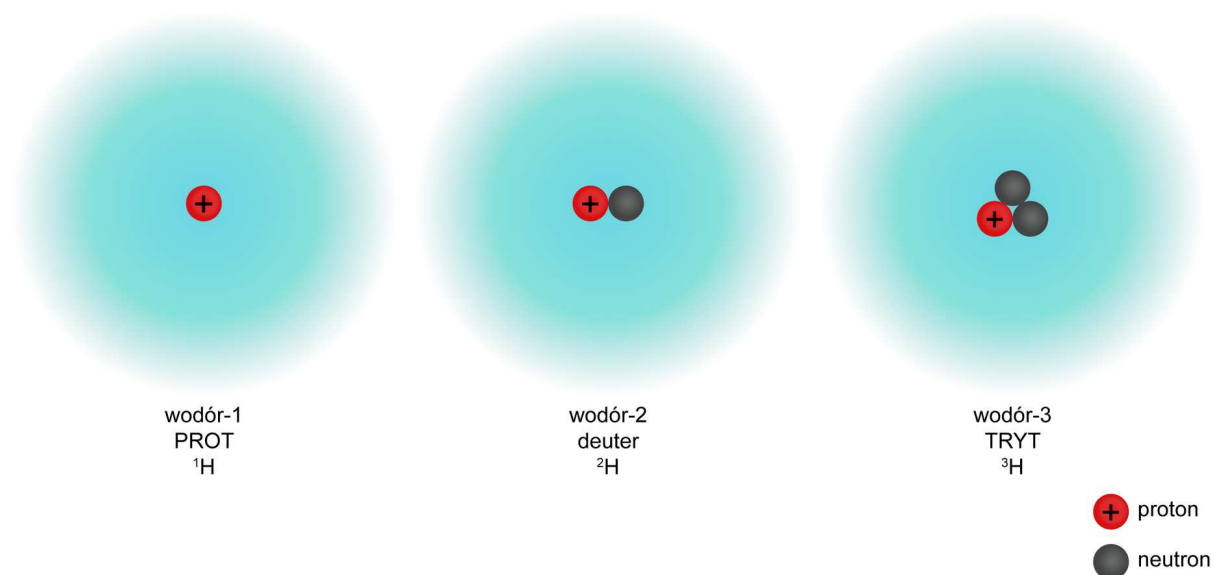
Ciekawostka

Procentowa zawartość danego izotopu w pierwiastku chemicznym, który występuje naturalnie w przyrodzie, określana jest często mianem abundancji. Przykładowo, abundancja izotopu siarki-32 jest równa 95 %.

3. Ile izotopów wodoru występuje w przyrodzie?

Wodór występujący w przyrodzie jest mieszaniną głównie dwóch trwałych izotopów: wodoru-1 (99,985 %) i wodoru-2 (0,015 %). Oznacza to, że na 100 000 atomów wodoru, aż 99 985 atomów to izotopy wodoru-1, a tylko 15 atomów to izotopy wodoru-2.

W górnych warstwach atmosfery, w śladowych ilościach może występować również nietrwały izotop wodoru – wodór-3. Wymienione izotopy wodoru jako jedyne w świecie izotopów pierwiastków chemicznych otrzymały swoje nazwy. Nazwy te to kolejno: prot, deuter, tryt.



Modele izotopów wodoru

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

Izotopy wodoru (tak jak izotopy innych pierwiastków chemicznych) różnią się liczbą nukleonów. Stąd istnieje między nimi duża różnica mas, np. atom deuteru ma masę dwukrotnie większą od masy atomu protu, a tryt aż trzykrotnie większą. Różnice w masach atomowych poszczególnych izotopów wodoru skutkują ich odmiennymi właściwościami fizycznymi. W poniższej tabeli zestawiono wybrane wielkości fizyczne, które opisują gazowy wodór. Jego cząsteczki zostały utworzone kolejno z atomów protu (H_2), deuteru (D_2) i trytu (T_2).

Porównanie wybranych właściwości fizycznych izotopów wodoru

Izotop	Symbol izotopu	Gęstość [g/dm ³]	Temperatura topnienia [K]	Temperatura wrzenia [K]
prot, H	H ₂	0,08233	13,83	20,27
deuter, D	D ₂	0,1645	18,73	23,67
tryt, T	T ₂	0,2464	20,62	25,04

Źródło: W. Mizerski, *Tablice Chemiczne*, Adamantan, 2004.

Polecenie 5

Na podstawie odpowiednich obliczeń porównaj objętość, jaką zajmuje 1 kg wodoru utworzonego wyłącznie z protu, z objętością, jaką zajmuje 1 kg wodoru utworzony wyłącznie z deuteru. Objętość obydwu próbek podaj w metrach sześciennych (m³), z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku. Skorzystaj z danych zawartych w powyższej tabeli.

Obliczenia i odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

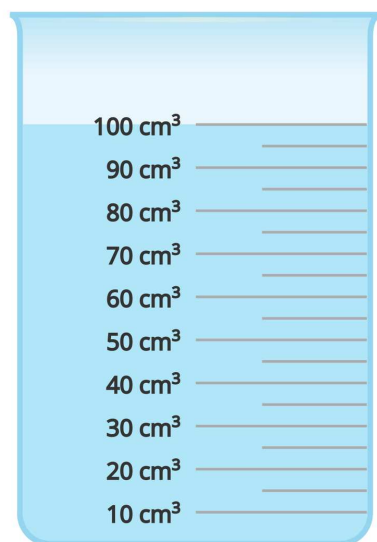
Źródło: Gromar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zawarty w cząsteczkach wody, poza tlenem, wodór ma charakterystyczny dla siebie skład izotopowy. Obok protu, w bardzo małych ilościach, występuje w wodzie także deuter. Możliwe jest uzyskanie próbek wody składającej się z tlenu i tylko jednego izotopu wodoru – deuteru. Taką wodę określa się mianem wody ciężkiej i opisuje często wzorem D_2O . Różni się ona pod względem właściwości fizycznych od „zwykłej” wody utworzonej z protu i tlenu (H_2O). Ciężka woda ma m.in. większą gęstość oraz wyższe temperatury wrzenia i topnienia niż woda „zwykła”.

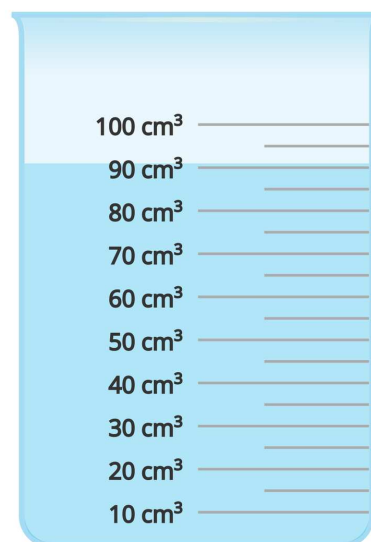
Porównanie wybranych właściwości fizycznych wody „zwykłej” (H_2O) i wody ciężkiej (D_2O)

Rodzaj wody	Gęstość w temperaturze 25 °C, [g/cm ³]	Temperatura topnienia [°C]	Temperatura wrzenia [°C]
woda „zwykła” (H_2O) – zbudowana z protu i tlenu; może zawierać śladowe ilości wody ciężkiej	0,998	0,00	99,974
woda ciężka (D_2O) – zbudowana z deuteru i tlenu	1,1044	3,81	101,42

Z uwagi na różną gęstość, ta sama masa wody ciężkiej i „zwykłej” ma inną objętość.



100 g wody "zwykłej"
 H_2O



100 g wody ciężkiej
 D_2O

Źródło: Krzysztof Jaworski, Dariusz Adryan, epodreczniki.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

4. Gdzie człowiek wykorzystuje izotopy?

Izotopy znalazły zastosowanie w różnych dziedzinach życia człowieka. Niektóre z nich wykorzystuje się w medycynie, badaniach naukowych, energetyce, przemyśle, a nawet w gospodarstwie domowym. Wybrane przykłady zastosowań izotopów omówiono na poniższej grafice interaktywnej. Zapoznaj się z nimi.



1

Detektory dymu

Wewnątrz izotopowego czujnika dymu zawarte są nietrwałe izotopy ^{241}Am lub ^{238}Pu . Ulegają one powolnemu rozpadowi, wydzielając tym samym promieniowanie alfa, które z kolei powoduje jonizację powietrza wewnątrz urządzenia. Ten typ czujników dymu zbudowany jest z dwóch komór jonizacyjnych: jednej szczelnie zamkniętej i drugiej, częściowo otwartej, aby do czujnika mógł dostać się dym. Zamknięta komora stanowi punkt odniesienia dla wskazań komory otwartej: jeżeli do wnętrza czujnika dostanie się dym, pochłania on promieniowanie alfa oraz zakłóca on przepływ jonów w komorze. Wykrycie różnic pomiędzy napięciami wyjściowymi pomiędzy komorą otwartą i zamkniętą skutkuje uruchomieniem alarmu.

2

Źródła energii

Człowiek inicjuje rozpad niektórych nietrwałych izotopów (np. uranu-235), aby wykorzystać energię, jaka towarzyszy temu procesowi, do produkcji energii elektrycznej. Przemiany te dokonywane są w specjalnie skonstruowanych instalacjach, które znajdują się w zakładach zwanych elektrowniami jądrowymi (czasem atomowymi).

3

Utrwalanie żywności

Promieniowanie wytwarzane przez nietrwałe izotopy wykorzystuje się do konserwacji żywności. Żywność utrwalana radiacyjnie oznaczona jest specjalną etykietą.

4

Oznaczanie wieku materiałów pochodzenia organicznego

W atmosferze ziemskiej występuje obok trwałych izotopów węgla także nietrwały ^{14}C , który ulega powolnemu rozpadowi. Wraz z trwałymi izotopami jest on asymilowany przez rośliny, a stamtąd przez zwierzęta trafia do organizmu ludzkiego. Procesy oddychania i odżywiania sprawiają, że skład izotopowy węgla w organizmach żywych jest stały. Na przestrzeni wieków skład węgla w przyrodzie ożywionej nie ulegał większym zmianom.

W przypadku obumarcia organizmu, stężenie ^{14}C maleje proporcjonalnie do upływu lat. Dzięki temu, na podstawie badania zawartości tego izotopu w materiale pochodzenia organicznego, można określić wiek danego obiektu.

5

Badania naukowe

Naukowcy, chcąc dowiedzieć się, jaki jest los pewnych substancji w organizmie, zastępują niektóre pierwiastki w tych substancjach konkretnymi izotopami tych pierwiastków.

Następnie po określonym czasie sprawdzają, do jakich narządów czy tkanek trafił dany izotop lub też z jakimi substancjami się związał. Chemicy wykorzystują izotopy do tego, aby zbadać, w jaki sposób jedne substancje przemieniają się w drugie oraz jak szybko zachodzą te przemiany.

6

Leczenie nowotworów

Promieniowanie wytwarzane przez nietrwałe izotopy wykorzystywane jest do niszczenia komórek nowotworowych.

7

Diagnostyka medyczna

Niektóre izotopy wprowadza się do krwioobiegu człowieka i śledzi poruszanie się ich w tkankach oraz narządach za pomocą odpowiednich przyrządów. Dzięki temu z wielką dokładnością lekarze potrafią wykryć zmiany w badanych organach.

Zastosowanie izotopów

Źródło: nn. (<http://commons.wikimedia.org>), Akira Ohgaki (<https://www.flickr.com>), Wikimages (<http://pixabay.com/>), Nephron (<http://commons.wikimedia.org>), Tennessee Valley Authority (<http://commons.wikimedia.org>), Tumi-1983 (<http://commons.wikimedia.org>), Nadina Wiórkiewicz (<http://commons.wikimedia.org>), Bożena Karawajczyk, Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 6

Korzystając z dostępnych źródeł informacji (np. encyklopedii, podręczników lub Internetu), sporządź notatkę, w której opiszesz krótko zastosowanie przynajmniej sześciu konkretnych izotopów wybranych pierwiastków chemicznych. Możesz ją przygotować w formie mapy pojęć, używając poniższego generatora. W tym celu kliknij przycisk „Edytuj” znajdujący się w prawym górnym rogu pola polecenia.



5. Jakie masy mają izotopy?

Atomy poszczególnych pierwiastków chemicznych oraz wchodzące w ich skład cząstki mają niewyobrażalnie małe rozmiary. Aby podać w miarę dokładną masę atomu (lub budującej go cząstki) w gramach lub kilogramach, musielibyśmy użyć bardzo dużej ilości cyfr. Przykładowo, wyrażona w gramach masa protonu byłaby równa ok.:

[illegible]

$$1 \text{ g} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

$$(1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g})$$

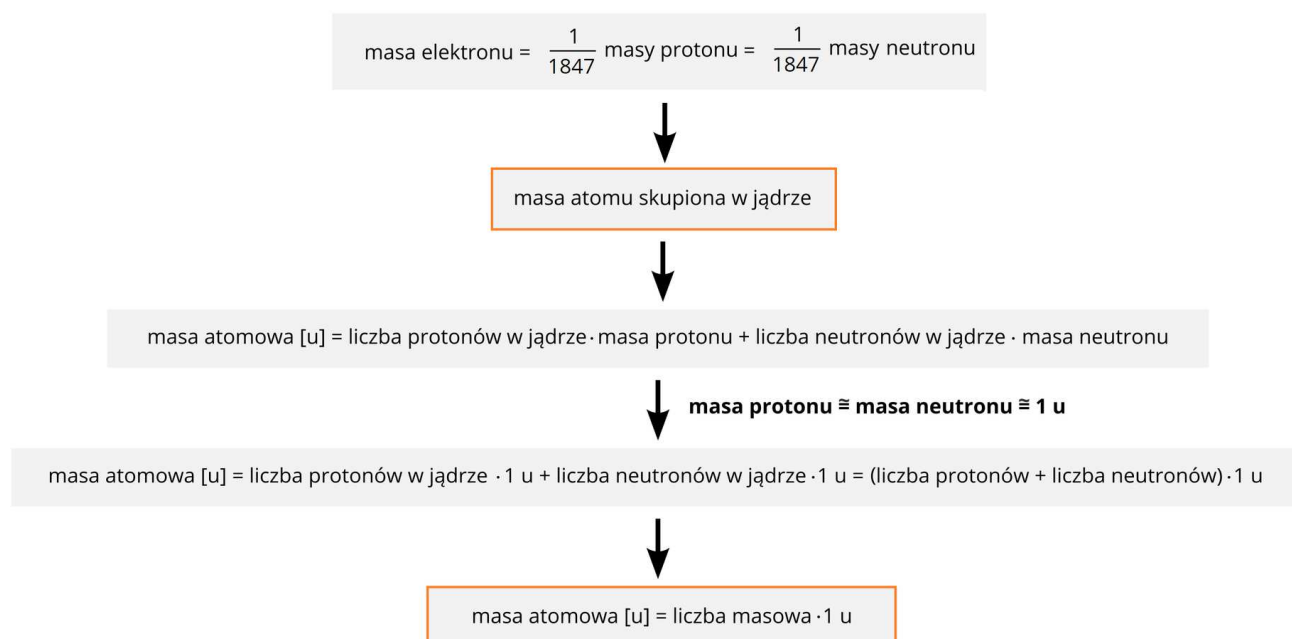
W poniższej tabeli zamieszczono masy cząstek budujących atomy, wyrażone w atomowych jednostkach masy.

Masa cząstek wchodzących w skład atomów

Nazwa cząstki	Symbol	Masa cząstki wyrażona w atomowych jednostkach masy [u]
elektron	e (e ⁻)	$\frac{1}{1847} \simeq 0,00054$
proton	p (p ⁺)	ok. 1
neutron	n (n ⁰)	1

Z uwagi na ogromne różnice między masą elektronu a masą nukleonów (protonu i neutronu), można stwierdzić, że o masie atomu decyduje przede wszystkim liczba obecnych w nim protonów i neutronów, a więc prawie cała masa atomu jest skupiona w jego jądrze.

Masy protonu i neutronu są w przybliżeniu takie same i wynoszą ok. 1 u (czyt. *jeden unit lub jedną jednostkę masy atomowej*). Z wystarczającą w naszych szkolnych obliczeniach dokładnością można zatem uznać, że masa danego izotopu, wyrażona w unitach (jednostkach masy atomowej), jest liczbowo równa sumie liczb protonów i neutronów w jądrze atomowym tego izotopu. Innymi słowy – liczba masowa danego izotopu jest liczbowo równa jego masie atomowej wyrażonej w atomowych jednostkach masy [u].



Schemat wyjaśniający zagadnienie masy atomowej

Źródło: Krzysztof Jaworski, Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Korzystając z powyższych informacji, łatwo można obliczyć, że masa atomowa protu (^1H) wynosi ok. 1 u, deuteru (^2H) ok. 2 u, natomiast trytu (^3H) – ok. 3 u.

Polecenie 7

Uzupełnij poniższą tabelę tak, aby znalazły się w niej prawidłowe informacje o budowie wymienionych izotopów. W puste miejsca tabeli przeciągnij odpowiednie dane.

Nazwa izotopu	Liczba atomowa	Liczba masowa	Liczba protonów	Liczba elektronów	Liczba neutronów
węgiel-12					
magnez-25					
gal-71					
cynk-64					

6	64 u	30	6	13	31	31	31	25	64	12	40	12 u	12
30	25 u	64	25	30	12	12	12	71 u	71	6	6	71	34

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

6. Średnia masa atomowa pierwiastków

Zwróć uwagę, że masa atomowa zapisana w układzie okresowym ma wartość ułamkową. Dla pierwiastków chemicznych, które występują w przyrodzie w postaci mieszaniny izotopów, masa atomowa podana w układzie okresowym jest bowiem średnią, obliczoną na podstawie mas i zawartości procentowych poszczególnych naturalnie występujących izotopów danego pierwiastka (tzw. abundancji). Jest to tzw. średnia ważona. Przy jej obliczaniu bierzemy pod uwagę fakt, że każdy izotop ma swój udział w masie atomowej danego pierwiastka.

Analogicznie jest w przypadku próby określenia średniej masy ciała uczniów w klasie na podstawie informacji, że 5 % z nich ma masę 40 kg, następne 15 % ma masę 60 kg,

a pozostali, czyli 80 % uczniów, mają masę po 50 kg. Wówczas średnia masa wszystkich uczniów wynosiłaby 51 kg.

$$\frac{5 \% \cdot 40 \text{ kg} + 15 \% \cdot 60 \text{ kg} + 80 \% \cdot 50 \text{ kg}}{100 \%} = 51 \text{ kg}$$

Wynik to 51 kg, mimo że nikt z uczniów nie ma takiej masy ciała.

Tak samo jest z pierwiastkami chemicznymi – do obliczania [średnich mas atomowych](#) pierwiastków można posłużyć się następującym wzorem:

$$\text{średnia masa atomowa pierwiastka} = \frac{\text{masa izotopu}_1 \cdot X_1 \% + \text{masa izotopu}_2 \cdot X_2}{100 \%}$$

lub używając skrótów:

$$m_{\text{at.}} = \frac{m_1 \cdot X_1 + m_2 \cdot X_2 + \dots + m_n \cdot X_n}{100 \%}$$

gdzie:

$m_1, m_2, \dots, m_n$ – masy poszczególnych izotopów pierwiastka, [u];

$X_1, X_2, \dots, X_n$ – zawartości procentowe poszczególnych izotopów pierwiastka, [%].

Polecenie 8

Naturalnie występujący wodór jest mieszaniną dwóch izotopów – protu i deuteru – których zawartość procentowa wynosi kolejno 99,985 % i 0,015 %. Oblicz średnią masę atomową wodoru. Wynik podaj w jednostkach masy atomowej (unitach), z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Obliczenia i odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

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

Polecenie 9

Wyznacz średnią masę atomową potasu, wiedząc, że jest mieszaniną trzech naturalnie występujących izotopów o liczbach masowych 39, 40 i 41. Zawartość procentowa tych izotopów wynosi kolejno: 93,2581 %, 0,0117 % i 6,7302 %. Wynik podaj w jednostkach masy atomowej (unitach), z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Obliczenia i odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

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

Dla zainteresowanych

Jeśli odszukasz (np. w tablicach chemicznych) dokładne masy poszczególnych izotopów danego pierwiastka chemicznego, to prawdopodobnie okaże się, że nie są one liczbami całkowitymi. Z naszych rozważań wynikałoby, że masa izotopu powinna być równa liczbowo sumie liczby zawartych w nim protonów i neutronów. Jest to jednak tylko pewne przybliżenie. Po pierwsze (jak już wspomnieliśmy) 1 u to przybliżona masa jednego protonu lub jednego neutronu.

Poza tym faktyczna masa izotopu jest mniejsza niż suma mas zawartych w nich nukleonów. Deficyt (ubytek) masy związany jest z energią niezbędną do utworzenia jądra atomowego z cząstek. W myśl wzoru Alberta Einsteina ($E = mc^2$) masa i energia są równoważne. W uproszczeniu możemy powiedzieć, że podczas tworzenia się jądra atomowego, część masy nukleonów, które wchodzi w jego skład, zostaje przetworzona na energię, niezbędną do utrzymania tego jądra.

Podsumowanie

- Izotopy są to atomy tego samego pierwiastka chemicznego, które mają jednakową liczbę protonów oraz różną liczbę neutronów.
- Większość pierwiastków chemicznych, które występują w przyrodzie, stanowi mieszaninę izotopów o stałym składzie.
- Izotopy wodoru to prot (^1H), deuter (^2H) i tryt (^3H). Różnią się właściwościami fizycznymi.
- Izotopy mają zastosowanie m.in. w medycynie (w obrazowaniu i leczeniu zmian nowotworowych), w przemyśle (do otrzymywania energii), w badaniach naukowych (do określania wieku materiałów pochodzenia organicznego oraz określania przebiegu przemian jednych substancji w drugie).
- Masa atomowa pierwiastka chemicznego jest średnią masą atomową obliczoną z uwzględnieniem jego składu izotopowego.
- Masa izotopu jest w przybliżeniu liczbowo równa jego liczbie masowej, ale wyraża się ją w jednostkach masy atomowej (unitach).

Praca domowa

Polecenie 10.1

Chlor występujący w przyrodzie jest mieszaniną dwóch izotopów. Jeden z nich zawiera w jądrze atomowym 18 neutronów, a drugi 20 neutronów. Zawartość procentowa izotopu chloru o mniejszej masie wynosi ok. 75,77 %. Oblicz średnią masę atomową chloru. Wynik podaj w jednostkach masy atomowej (unitach), z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Obliczenia i odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

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

Dla zainteresowanych

Polecenie 10.2

Korzystając z dostępnych źródeł informacji (np. encyklopedii lub Internetu), wyjaśnij, dlaczego nie można wykorzystać metody określania wieku materiałów pochodzenia organicznego, na podstawie zawartości nietrwałego izotopu węgla-14, do oceny wieku pokładów węgla kamiennego i ropy naftowej.

Odpowiedź:

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

Słownik

atomowa jednostka masy [u] (czyt. unit)

jednostka masy używana do wyrażania mas indywidualnych chemicznych (m.in. atomów, jonów, cząsteczek oraz cząstek, które je budują)

izotopy

(gr. *izo* „taki sam”, *topos* „miejsce”)

atomy tego samego pierwiastka, które mają jednakową liczbę atomową (liczbę protonów w jądrze atomowym) i różną liczbę masową, a dokładniej – różną liczbę neutronów w jądrze atomowym

pierwiastek chemiczny

zbiór atomów o takiej samej liczbie atomowej, a więc o takiej samej liczbie protonów w jądrach atomowych

przemiana promieniotwórcza

w uproszczeniu – samorzutna przemiana nietrwałych (niestabilnych) izotopów, w wyniku której powstają nowe izotopy, będące zwykle izotopami innego pierwiastka chemicznego; przemianie promieniotwórczej towarzyszy emisja odpowiedniego promieniowania

średnia masa atomowa pierwiastka chemicznego

średnia ważona, obliczona w oparciu o znajomość mas i zawartości procentowych poszczególnych izotopów, wchodzących w skład naturalnie występującego pierwiastka chemicznego; średnia masa atomowa wyrażana jest w atomowych jednostkach masy [u]

Ćwiczenia

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dokończ zdanie, zaznaczając właściwe wyrażenia z listy. Izotopy tego samego pierwiastka mają jednakową liczbę

☐ nukleonów.

☐ masową.

☐ protonów.

☐ neutronów.

☐ elektronów.

☐ elektronów walencyjnych.

☐ powłok elektronowych.

☐ atomową.

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Jeden z izotopów chloru zawiera w jądrze atomowym 20 neutronów. Zaznacz symboliczny zapis opisanego izotopu chloru.

☐ $^{35}_{17}\text{Cl}$

☐ $^{17}_{37}\text{Cl}$

☐ $^{17}_{35}\text{Cl}$

☐ $^{40}_{20}\text{Cl}$

☐ $^{37}_{17}\text{Cl}$

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 3



Jeden z izotopów kobaltu można symbolicznie opisać jako $^{59}_{27}\text{Co}$. Dokończ zdanie poniższe.

Przybliżona masa atomowa opisanego izotopu kobaltu wynosi

☐ 86 u.

☐ 27 u.

☐ 32 u.

☐ 59 u.

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Oblicz, jaką masę atomową ma izotop jodu, jeśli w jego jądrze znajdują się 74 neutrony. Zaznacz właściwą odpowiedź.

☐ 74 u

☐ 21 u

☐ 127 u

☐ 53 u

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Oceń, czy podane zdania są prawdziwe, czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Każdy z pierwiastków składa się z co najmniej dwóch izotopów.	☐	☐
Wszystkie izotopy danego pierwiastka mają jednakową masę.	☐	☐
Tryt zawiera trzy nukleony.	☐	☐
Masa prezentowana przy symbolu pierwiastka w układzie okresowym jest masą najpowszechniej występującego izotopu tego pierwiastka.	☐	☐
Masa atomowa izotopu jest równa liczbowo w przybliżeniu sumie jego protonów i neutronów.	☐	☐

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



Oblicz średnią masę atomową żelaza, wiedząc, że jego skład izotopowy jest następujący:

^{54}Fe : 5,8 %;

^{56}Fe : 91,72 %;

^{57}Fe : 2,1 %;

^{58}Fe : 0,28 %.

Zaznacz właściwą odpowiedź.

☐ 56,25 u

☐ 56,00 u

☐ 55,85 u

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Oblicz, jaką masę, wyrażoną w atomowych jednostkach masy, ma 10 000 atomów miedzi, jeśli skład izotopowy tego pierwiastka jest następujący: $^{63}_{29}\text{Cu} = 69,17\%$, $^{65}_{29}\text{Cu} = 30,83\%$.

Zaznacz właściwą odpowiedź.

☐ 630 000 u

☐ 65 000 u

☐ 63,616 u

☐ 29 u

☐ 10 000 u

☐ 636 166 u

Źródło: Bożena Karawajczyk, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 8



Uzupełnij poniższy tekst zapisany w języku angielskim.

Isotopes are atoms of the same chemical element ☐ / various chemical elements ☐ that differ in the number of neutrons in the atomic nucleus. The isotopes have the same mass ☐ / atomic ☐ number. Atom is electrically positive ☐ / neutral ☐ . The number of electrons in an atom is therefore the same as ☐ / different from ☐ the number of protons. Consequently, isotopes of the same chemical element differ in the number ☐ / have the same number ☐ of electrons.

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

Bibliografia

Encyklopedia PWN.

Kaznowski K., Pazdro K. M., *Chemia, Podręcznik do liceów i techników cz. 1*, Warszawa 2019.

Czaja M., Karawajczyk B., Kwiatkowski M., *Chemia, Podręcznik dla szkół ponadpodstawowych (zakres rozszerzony)*, Gdynia 2019.

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

Notatnik

