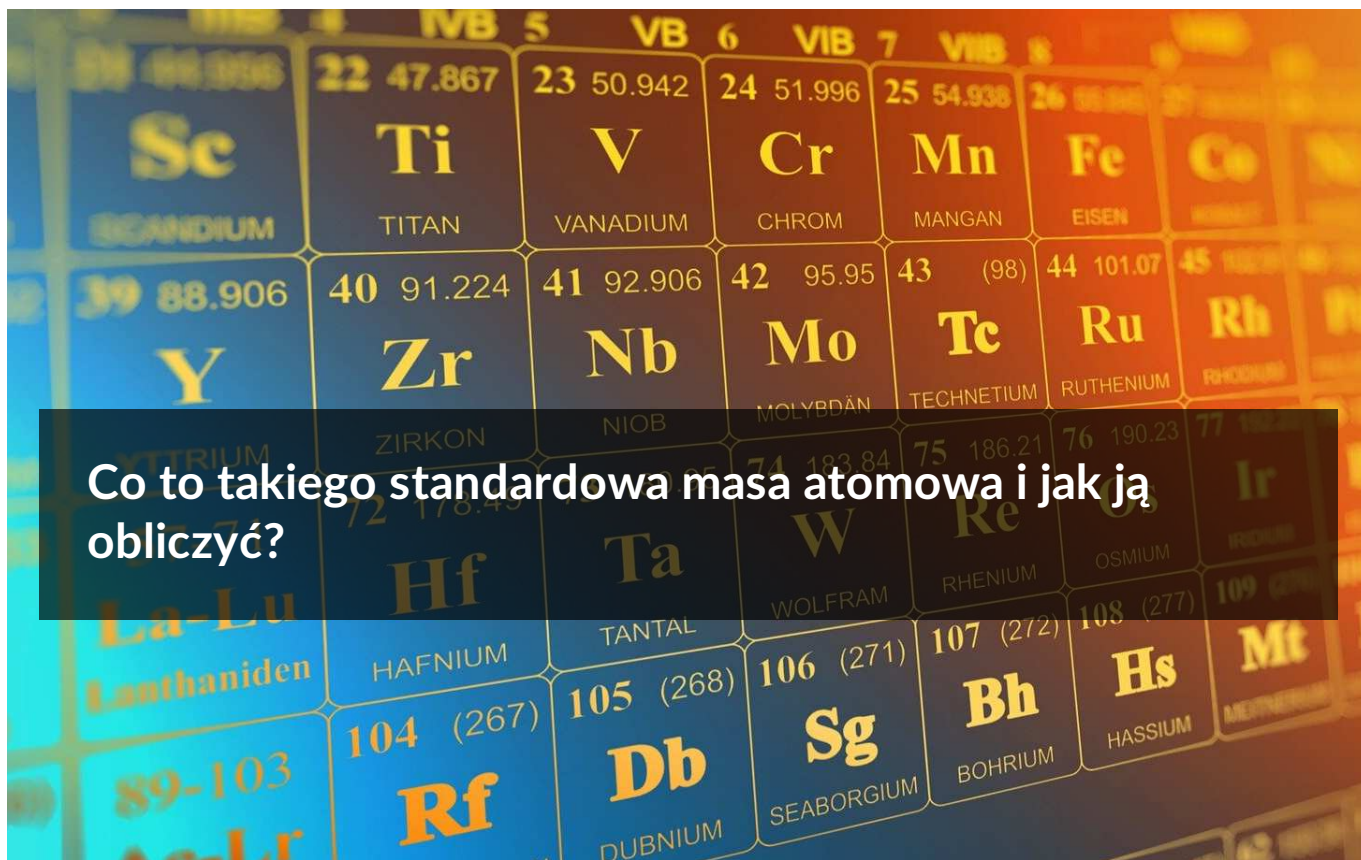


		IVB	VB	VB	VIB	VIB	VIB	VIB	VIB
20 40.078	21 44.956	22 47.867	23 50.942	24 51.996	25 54.938	26 55.845	27 58.933	28 58.933	29 58.933
Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
SCANDIUM	TITAN	VANADIUM	CHROM	MANGAN	EISEN	KOBALT	NICKEL	KUPFER	ZINK
39 88.906	40 91.224	41 92.906	42 95.95	43 (98)	44 101.07	45 102.905	46 101.07	47 102.905	48 102.905
Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag
STRONTIUM	YTTRIUM	ZIRKON	NIOB	MOLYBDAN	TECHNETIUM	RUTHENIUM	RHODIUM	PALLADIUM	ARGENTUM
57-71	72 178.49	73 180.95	74 183.84	75 186.21	76 190.23	77 192.22	78 192.22	79 192.22	80 192.22
Ba	La-Lu Lanthaniden	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au
BARIUM		HAFNIUM	TANTAL	WOLFRAM	RHENIUM	OSMIUM	IRIDIUM	PLATINUM	GOLD
89-103	104 (267)	105 (268)	106 (271)	107 (272)	108 (277)	109 (278)	110 (277)	111 (278)	112 (277)
Ac-Lr Actiniden	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn
	RUTHERFORDIUM	DUBNIUM	SEABORGIUM	BOHRNIUM	HASSIUM	METATHESIUM	DARMSTADTIUM	ROENTGENIUM	COCKFIELDIUM
	140.12	140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 (145)	63 (145)	64 (145)	65 (145)
			Nd	Pm	Sm	Eu	Gd		
			NEODYMIUM	PRASEODYMIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM		

Co to takiego standardowa masa atomowa i jak ją obliczyć?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Gra edukacyjna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Co to takiego standardowa masa atomowa i jak ją obliczyć?

Czy wiesz, w jaki sposób zostały określone standardowe masy atomowe pierwiastków w układzie okresowym?

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Atomy są niewiarygodnie małe. Gdyby ludzie byli wielkości atomów węgla, populacja świata zmieściłaby się w pudełku o średnicy mniejszej niż tysięczna milimetra. Jak wyznaczyć masę atomu, skoro jest on tak małych rozmiarów? Jak myślisz, co to jest standardowa masa atomowa? Do czego służy przyrząd zwany spektrometrem mas? Dlaczego masy atomowe większości pierwiastków układu okresowego nie są liczbami całkowitymi?

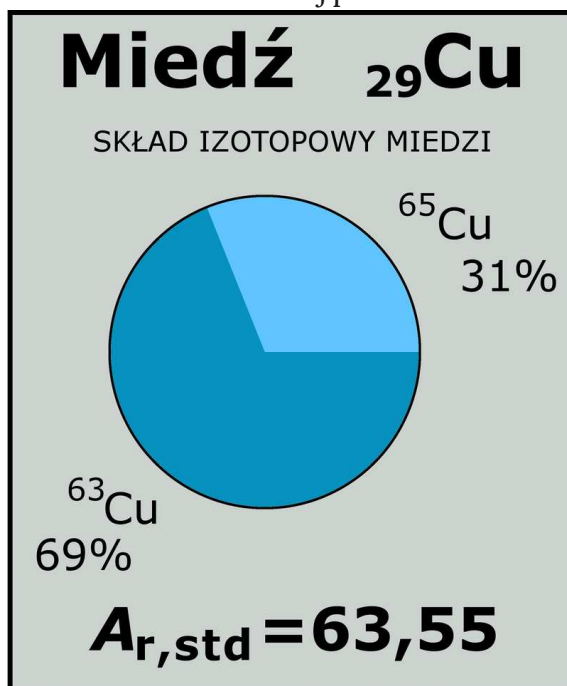
Twoje cele

- Obliczysz standardowe masy atomowe pierwiastków.
- Wyznaczysz standardową masę atomową na podstawie danych pochodzących z widma mas.
- Uzasadnisz potrzebę obliczania standardowej masy atomowej.
- Przedstawisz zasady działania spektrometru mas.

Przeczytaj

Standardowa masa atomowa i jej obliczanie

Standardowe masy atomowe pierwiastków były kiedyś uważane jako niezmiennie i stałe wartości, umieszczane w układzie okresowym. Aktualnie te wartości określone są przez Komisję IUPAC ds. Masy Atomowej i Zawartości Izotopowych (CIAAW). Próbki izotopów pochodzą z wielu źródeł Ziemi, tak aby wartość ta mogła być szeroko stosowana jako „masa atomowa” dla rzeczywistych substancji – np. w farmaceutykach i badaniach naukowych. Standardowa masa atomowa ($A_{r(\text{standard})}$) zależy również od ilości stabilnych izotopów pierwiastka. Czyli im więcej danego izotopu, tym bardziej wpływa on na standardową masę atomową. Jednak zawartość izotopu może się również różnić w zależności od miejsca na Ziemi, co prowadzi do różnic w masie atomowej pierwiastka.



Skład izotopowy miedzi

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: www.id.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

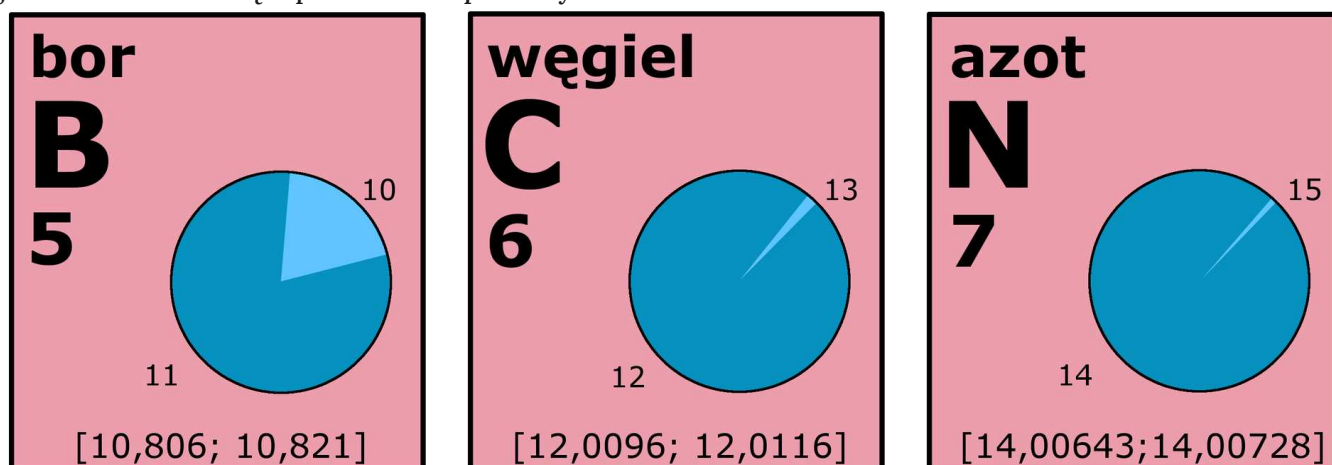
Miedź i jej zawartość na Ziemi

W środowisku obecne są dwa izotopy: miedź-63 (o masie 62,9 u) i miedź-65 (o masie 64,9 u) o zawartości kolejno 69% i 31%. Standardowa masa atomowa ($A_{r(\text{standard})}$) dla miedzi jest średnią z uwzględnieniem zawartości izotopów. Standardowa masa atomowa jest wielkością bezwymiarową.

$$A_{r \text{ standard}} = \frac{(\text{masa pierwszego izotopu} \cdot \text{zawartość}\% + \text{masa n-tego izotopu} \cdot \text{zawartość}\%)}{\text{suma zawartości}\% \text{ wszystkich izotopów}}$$

$$A_{r \text{ standard}} = \frac{(69\% \cdot 62,9) + (31\% \cdot 64,9)}{100\%} = 63,52$$

Spośród 118 znanych pierwiastków chemicznych, 84 są **stabilne**. Wartość standardowej masy atomowej odzwierciedla zawartość pierwiastków w środowisku Ziemi. Dla dwunastu pierwiastków, próbki z różnych miejsc różnią się zawartością, ponieważ ich źródła miały inną historię. Na przykład tal (Tl) w skałach osadowych ma inny skład izotopowy niż w skałach magmowych i gazach wulkanicznych. Dla tych pierwiastków standardowa masa atomowa jest oznaczana jako przedział: $A_{r(\text{standard})(\text{Tl})} = [204,38; 204,39]$, co oznacza, że jest ona wartością z przedziału podanych liczb.



Standardowa masa atomowa wybranych pierwiastków

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: www.iupac.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Weźmy pod uwagę dane z układu okresowego IUPAC, przedstawiającego notację przedziałową standardowych mas atomowych boru, węgla i azotu. Podając przykład: wykres kołowy dla boru pokazuje, że składa się z około 20% ^{10}B i 80% ^{11}B . Ta mieszanina izotopów powoduje, że masa atomowa zwykłych ziemskich próbek boru powinna mieścić się w przedziale od 10,806 do 10,821, a z kolei ten przedział jest standardową masą atomową. Próbki boru z nietypowych źródeł, szczególnie tych nieładowych, mogą mieć masy atomowe, które wykraczają poza ten zakres. Metodą, która pozwala określić zawartości pierwiastków oraz ich izotopów w źródłach różnego pochodzenia, jest **spektrometria mas** – przyrząd, służący do dokonywania pomiaru, to analogicznie spektrometr mas.

Obliczanie standardowej masy atomowej na podstawie danych z widma masowego

Standardową masę atomową możemy obliczyć na podstawie **widma masowego**. Potrzebny będzie współczynnik $\frac{m}{z}$ każdego jonu (czyli stosunek masy do ładunku) oraz ich zawartość procentowa. Współczynnik $\frac{m}{z}$ jest odczytywany z widma masowego.

$\frac{m}{z}$	24	25	26
zawartość %	79	10	11

$$A_r\text{Mg} = \frac{(24 \cdot 79) + (25 \cdot 10) + (26 \cdot 11)}{79 + 10 + 11}$$

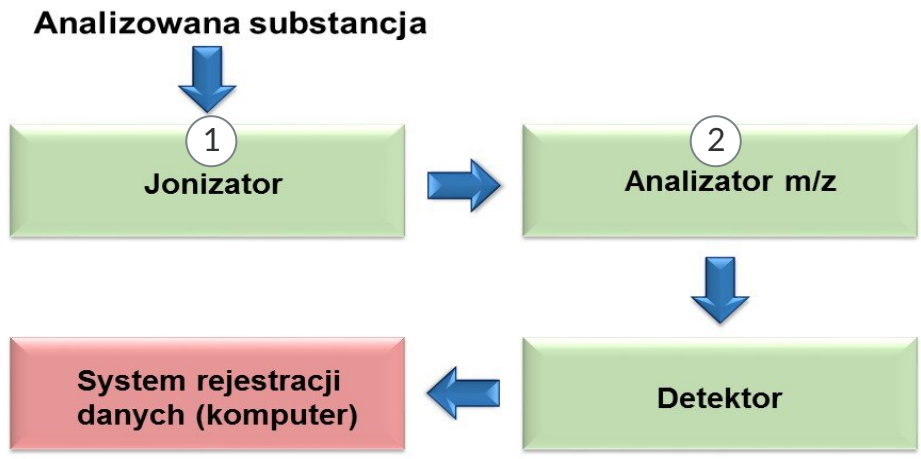
$$A_r\text{Mg} = \frac{1896 + 250 + 286}{100} = \frac{2432}{100} = 24,32$$

Można zauważyć, że A_r jest bliskie wartości 24. Dzieje się tak, ponieważ ^{24}Mg ma znacznie większą zawartość (w porównaniu do dwóch pozostałych izotopów).

Spektrometr mas

Spektrometry masowe mogą wykrywać śladowe zanieczyszczenia w atmosferze, dostarczać informacji o składzie dużych cząsteczek i pomagać w określeniu wieku najstarszych skał Ziemi. Również spektrometry masowe mogą znaleźć standardową zawartość każdego izotopu pierwiastka.

W 1912 r. J. J. Thompson po raz pierwszy wykrył ^{20}Ne i ^{22}Ne w próbce neonu, który był w stanie gazowym. Posłużył się do tego polem magnetycznym, by oddzielić izotopy. Współczesne spektrometry masowe również wykorzystują pole magnetyczne do rozdzielania izotopów pierwiastka. Ponieważ pole magnetyczne może wpływać tylko na cząstki posiadające ładunek elektryczny, atomy muszą najpierw zostać „zjonizowane”. Następnie pole magnetyczne odchyła jony o tym samym ładunku, ale o różnych masach. Jony kierowane są do detektora, który zamienia w sposób ilościowy sygnał w postaci prądu jonowego na sygnał elektryczny. Jest on następnie rejestrowany przez komputer w postaci widma stosunku masy do ładunku elektrycznego (nazywanego często widmem masowym).



1

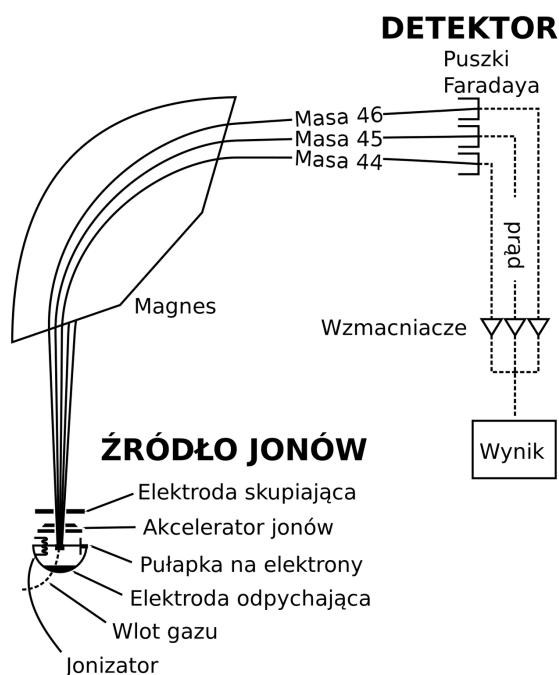
Jonizacja badanej substancji

2

Rozdział jonów o różnym stosunku masy do ładunku ($\frac{m}{z}$)

Schemat działania spektrometru masowego przedstawia kolejne elementy, przez które przechodzi próbka.

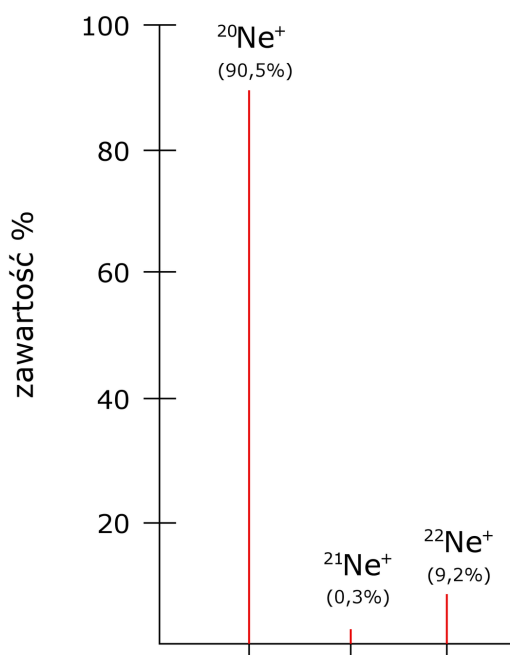
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Schemat Spektrometru mas z analizatorem typu sektor magnetyczny i źródłem jonów typu EI

Schemat ideowy zasady działania spektrometru mas

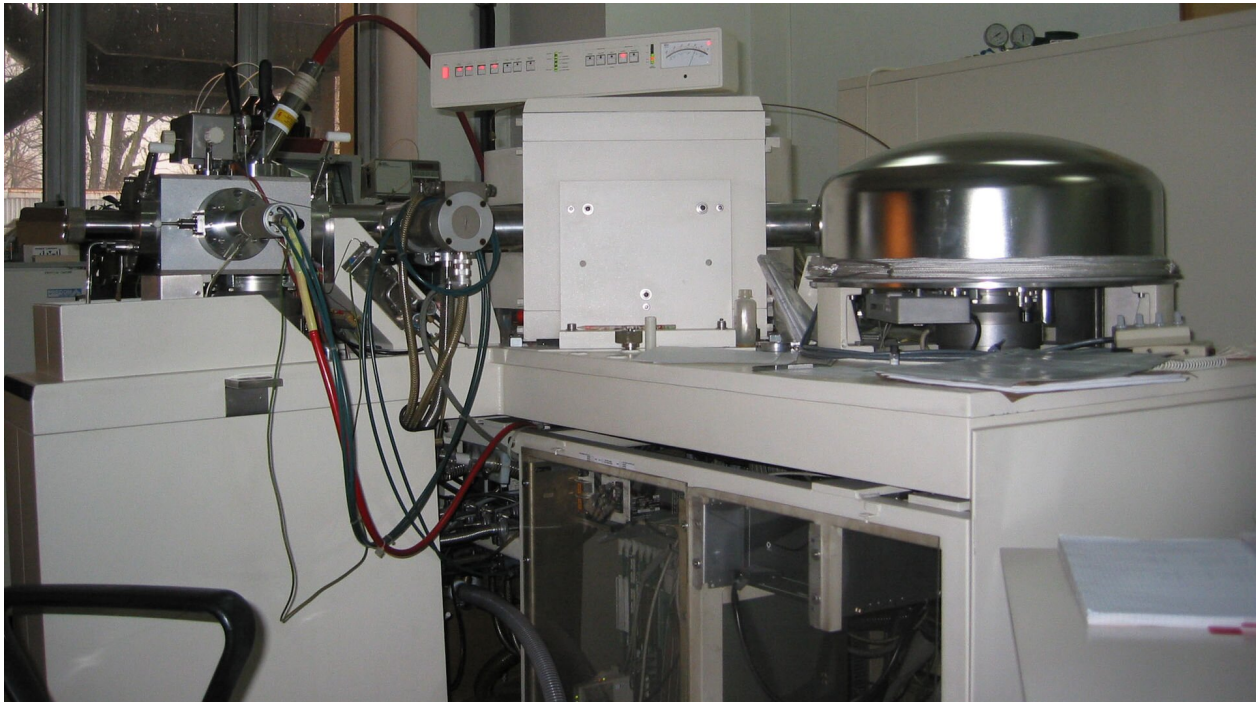
Poniżej przedstawione zostało widmo masowe, które przedstawia względną zawartość izotopów neonu.



Wynik uzyskany z widma masowego, przedstawiający procentową zawartość izotopów neonu w próbce.

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

Widmo masowe na osi poziomej przedstawia stosunek $\frac{m}{z}$ każdego jonu, czyli stosunek masy do ładunku. To bardzo przydatna informacja, ponieważ oznacza, że spektrometr mas może pokazać, które izotopy znajdują się w określonej próbce. Na osi pionowej pokazuje względną zawartość każdego jonu, podawaną zazwyczaj w procentach. Jest to proporcja każdego jonu w próbce. Na podstawie tych danych można wyznaczyć standardową masę atomową pierwiastka w próbce.



Wysokorozdzielczy spektrometr mas Finnigan MAT 95 ze źródłem jonów EI/CI/FAB i analizatorem magnetycznym i elektrycznym

Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

standardowa masa atomowa (A_r , standard)

najczęściej stosowana i praktyczna masa atomowa; obliczona na podstawie wielu źródeł (próbek) pochodzących z Ziemi; wartości te określone są przez Komisję IUPAC ds. Masy Atomowej i Zawartości Izotopowych (CIAAW)

masa atomowa

m_a , masa atomu izotopu lub średnia masa atomu pierwiastka chemicznego (dla naturalnego składu izotopowego)

izotopy

(gr. *isos* „równy”, *tópos* „miejsce”) nuklidy o tej samej liczbie atomowej Z i różnych liczbach masowych A (tj. o tej samej liczbie protonów i różnych liczbach neutronów w jądrze atomu)

izotopy stabilne

izotopy superciężkich pierwiastków chemicznych, których jądra atomowe wykazują znacznie wyższą trwałość

spektrometria mas

technika służąca do badania struktury i identyfikacji związków chemicznych oraz oznaczeń ilościowych (pierwiastków, związków chemicznych), na podstawie analizy

wartości stosunku masy do ładunku ($\frac{m}{z}$) wiązki jonów wprowadzonych do spektrometru mas

widmo masowe

widmo powstałe przez rozdzielenie w spektrometrze mas strumienia jonów, wg stosunku ich masy do ładunku elektrycznego jonu, w którym poszczególne linie odpowiadają różnym masom

Bibliografia

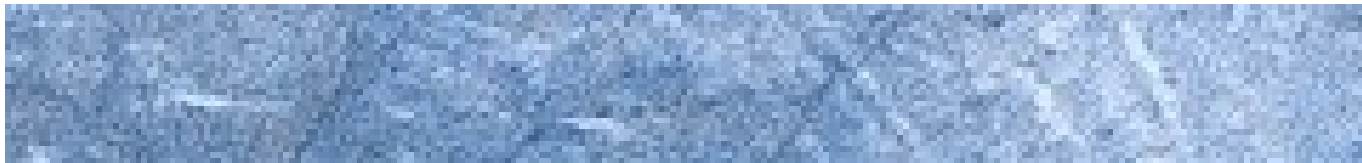
Encyklopedia PWN

Meija J., Coplen T. B., Berglund M., Brand W. A., De Bièvre P., Gröning M., Holden N. E., Irrgeher J., Loss R. D., Walczyk T., Prohaska T., *Atomic weights of the elements 2013*, „Pure and Applied Chemistry” 2016, 3, t. 88.

Saunders N., Saunders A., *AS Chemistry*, Oxford 2007.

Wieser M. E., *Atomic weights of the Elements 2005*, „Pure and Applied Chemistry” 2006, 11, t. 78, s. 2051-2066.

Gra edukacyjna



Test

Standardowa masa atomowa

Czy wiesz co to takiego standardowa masa atomowa i jak ją obliczyć? Rozwiąż quiz sprawdzający. Gra składa się z trzech poziomów z limitem czasowym. Aby przejść do następnego etapu, najpierw musisz rozwiązać poprzedni. Powodzenia!

Poziom trudności:

łatwy

Limit czasu:

4 min

Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wśród podanych poniżej zdań, zaznacz te prawdziwe.

Standardowa masa atomowa zależy od ilości stabilnych izotopów danego pierwiastka.

Jednostką standardowej masy atomowej jest unit.

Narzędziem pomocnym przy wyznaczaniu standardowej masy atomowej jest spektrometr masowy.

Ćwiczenie 2



Wybierz poprawny opis standardowej masy atomowej.

Standardowa masa atomowa określana jest na podstawie wielu reprezentatywnych źródeł (próbek) z Ziemi. Jest wielkością bezwymiarową. Jest określona przez Komisję IUPAC ds. Masy Atomowej i Zawartości Izotopowych (CIAAW).

Wartości standardowej masy atomowej określone przez Komisję IUPAC ds. Masy Atomowej i Zawartości Izotopowych (CIAAW) na podstawie jednej próbki z jednego miejsca na Ziemi.

Wartości standardowej masy atomowej są niezmiennie od wielu lat.

Standardowa masa atomowa określana jest na podstawie wielu reprezentatywnych źródeł (próbek) z Ziemi. Jednostką standardowej masy atomowej jest gram.

Ćwiczenie 3



Oblicz, jaka jest standardowa masa atomowa talu, która składa się z 30% talu-203 i 70% talu-205.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4



Wodór ma trzy izotopy, które powstają naturalnie ^1H , ^2H oraz ^3H . Stwierdzono, że procent każdego z nich wynosi: ^1H 99,986%, ^2H 0,014% i ^3H 0,0001%. Oblicz standardową masę atomową wodoru.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Tlen posiada trzy stabilne izotopy ^{16}O , ^{17}O oraz ^{18}O o zawartości odpowiednio 99,76%, 0,04% i 0,20%. Oblicz standardową masę atomową tlenu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Oblicz standardową masę atomową galu, biorąc pod uwagę, że zawartość jego dwóch izotopów wynosi: 60,5% Ga-69 i 39,5% Ga-71.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Pierwiastek ren posiada dwa izotopy. ^{185}Re to stabilny izotop, zawierający 110 neutronów. Drugi to ^{187}Re – jest nietrwały, a jego okres półtrwania wynosi ponad miliard lat. Ich stosunek wynosi 2 : 3. Oblicz standardową masę atomową renu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Pewien pierwiastek posiada trzy izotopy. Biorąc pod uwagę procentową zawartość oraz stosunek $\frac{m}{z}$, oblicz standardową masę atomową oraz wskaż, korzystając z układu okresowego pierwiastków, który to jest pierwiastek. W poniższej tabeli przedstawiono wyniki z widma masowego dla opisanej próbki.

$\frac{m}{z}$	234	235	238
zawartość %	0,005	0,720	99,275

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Patrycja Męcik, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Co to takiego standardowa masa atomowa i jak ją obliczyć?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego - kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

3) oblicza masę atomową pierwiastka na podstawie jego składu izotopowego i mas atomowych izotopów; ustala skład izotopowy pierwiastka na podstawie jego masy atomowej i mas atomowych izotopów (dla pierwiastków występujących w przyrodzie w postaci mieszaniny dwóch naturalnych izotopów).

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- 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:

- oblicza standardową masę atomową;
- interpretuje widmo masowe do wyznaczania standardowej masy atomowej;
- uzasadnia potrzebę obliczania standardowej masy atomowej;
- przedstawia zasady działania spektrometru mas.

Strategie nauczania:

- asosjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- gra edukacyjna;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica;
- pisak/kreda.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: „jak wyznaczyć tę masę skoro atom jest tak małych rozmiarów? Jak myślicie, co to jest standardowa masa atomowa? Do czego służy przyrząd zwany spektrometrem mas”?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia standardowej masy atomowej.

Faza realizacyjna:

1. Samodzielna analiza tekstu źródłowego z wykorzystaniem e-materiału i wyszukanie odpowiedzi na pytania: co to jest standardowa masa atomowa i w jaki sposób można ją obliczyć.
2. Chętni lub wskazani uczniowie odpowiadają na forum klasy na podane wcześniej pytania. Nauczyciel ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie i uzupełnia brakujące informacje.

3. Podział uczniów na cztery grupy. Każda z grup otrzymuje inne zadanie do rozwiązania, związane z obliczaniem standardowej masy atomowej. Zadania pochodzą z e-materiału z działu „Sprawdź się” (zadania 4-7). Nauczyciel daje uczniom kilka minut na wykonanie zadań. Następnie prosi jedną osobę z każdej grupy do tablicy i wykonanie oraz wyjaśnienie rozwiązania zadania na forum klasy. Uczniowie weryfikują, czy jest poprawnie wykonane, następnie nauczyciel sprawdza i wyjaśnia niezgodności.
4. Uczniowie samodzielnie analizują medium bazowe (gra edukacyjna) i sprawdzają swoją wiedzę, odpowiadając na pytania zawarte w grze edukacyjnej.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie zajęć nauczyciel zadaje uczniom pytania:

- Jak rozumiesz pojęcie standardowej masy atomowej?
- Jak wyznaczyć standardową masę atomową?
- Jak rozumiesz pojęcie standardowej masy atomowej?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie mogą zgromadzić w swoim portfolio:

- Przypomniałem/łam sobie, że...
- Co było łatwe ...
- Czego się nauczyłam/łem ...
- Co sprawiało mi trudności ...

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie pozostałych ćwiczeń w e-materiale (1-3 i 8). Dodatkowo uczniowie mają wyszukać, ile trwałych izotopów posiada ołów, jaka jest ich zawartość oraz obliczyć standardową masę atomową, na podstawie wyszukanych samodzielnie danych.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Gra edukacyjna może zostać wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub sprawdzianu wiedzy.

Materiały pomocnicze:

Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jak rozumiesz pojęcie standardowej masy atomowej?
- Jak wyznaczyć standardową masę atomową?
- Jak rozumiesz pojęcie standardowej masy atomowej?