

Jak ustalić skład izotopowy pierwiastka?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Symulacja interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Historyczna próbka ciężkiej wody z fabryki Norsk Hydro w Oslo, Norwegia  
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Wszystkie atomy tego samego pierwiastka mają taką samą liczbę protonów, jednak istnieją takie, które mogą mieć różną liczbę neutronów. Na przykład wszystkie atomy węgla mają sześć protonów i większość ma również sześć neutronów. Niektóre atomy węgla mają siedem lub osiem neutronów. Czy to możliwe, że atomy tego samego pierwiastka mogą różnić się pewnymi elementami budowy? Znasz przykłady takich pierwiastków? Wiesz jakie właściwości i różnice wykazują prot, deuter i tryt, czyli izotopy wodoru? A może znasz pojęcie ciężkiej wody?

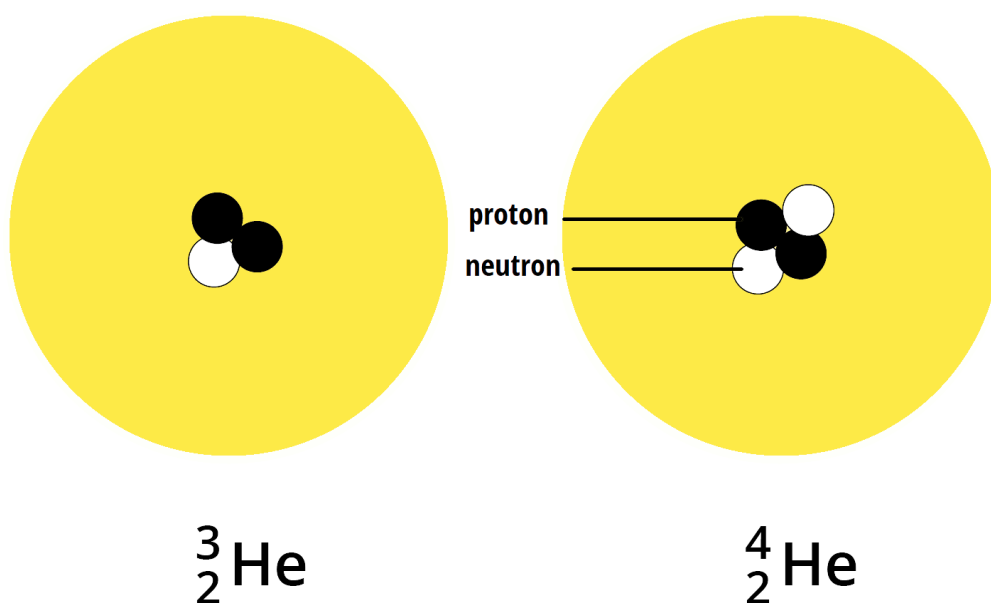
#### Twoje cele

- Wyjaśnisz pojęcie izotopu.
- Obliczysz procentowy skład izotopowy pierwiastków.
- Na podstawie składu procentowego izotopów oszacujesz masę atomową pierwiastka.

# Przeczytaj

---

Atomy tego samego pierwiastka mogą mieć różną liczbę neutronów w swoim jądrze. Na przykład istnieją stabilne atomy helu, które zawierają jeden lub dwa neutrony, ale oba atomy mają po dwa protony. Te różne typy atomów helu mają różne masy (trzy lub cztery jednostki masy atomowej) i nazywane są **izotopami**. Dla każdego danego izotopu suma liczb protonów i neutronów w jądrze nazywana jest liczbą masową.



W przyrodzie występują dwa trwałe izotopy:  ${}^3\text{He}$  i  ${}^4\text{He}$ , ale ich zawartość nie jest stała. Jest ona zależna od źródła pochodzenia. W mieszaninie jednak zawsze przeważa  ${}^4\text{He}$ . Zawartość  ${}^3\text{He}$  w mieszaninie otrzymanej z powietrza wynosi  $1,2 \cdot 10^{-7}\%$ , z gazów ziemnych  $(0,2-120) \cdot 10^{-7}\%$ .

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

## Izotop

Słowo „izotop” pochodzi od greckiego *isos* (co oznacza ‘takie samo’) i *topes* (co oznacza ‘miejsce’), ponieważ elementy mogą zajmować to samo miejsce w układzie okresowym, a jednocześnie różnić się budową. Izotopy mają identyczną liczbę

atomową, dlatego pozostają odmianami jednego pierwiastka. W niewielkim stopniu różnią się od siebie właściwościami fizykochemicznymi. Im większa jest różnica między masami atomowymi izotopów, tym bardziej mogą się one różnić właściwościami. Izotopy jednego pierwiastka mogą mieć odmienną temperaturę wrzenia, topnienia i sublimacji, a także inną gęstość. Izotopy naturalnie występujące w przyrodzie są w większości trwałe, rzadko kiedy biorą udział w przemianach promieniotwórczych. Występują one w postaci mieszaniny izotopów o stałym składzie izotopowym.

### Ważne!

Masa atomowa pierwiastka jest średnią masą atomową, która wynika z procentowej zawartości izotopów tworzących dany pierwiastek. Możemy ją obliczyć według wzoru:

$$m_a = \frac{\%m_1 \cdot A_1 + \%m_2 \cdot A_2 + \dots}{100\%}$$

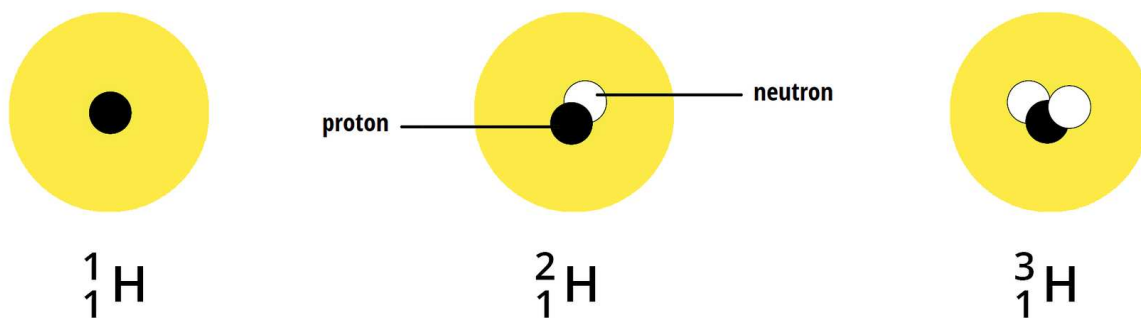
Gdzie:

- $m_a$  – masa atomowa pierwiastka;
- $A_1, A_2, \dots$  – masy atomowe poszczególnych izotopów;
- $\%m_1, \%m_2, \dots$  – procentowe zawartości poszczególnych izotopów.

## Obliczanie masy atomowej pierwiastka na podstawie jego składu izotopowego

### Polecenie 1

Oblicz masę atomową bromu naturalnego, wiedząc, że zawiera on 50,6% izotopu  $^{79}\text{Br}$  o masie atomowej 78,9183 u i 49,4% izotopu  $^{81}\text{Br}$  o masie atomowej 80,9163 u.



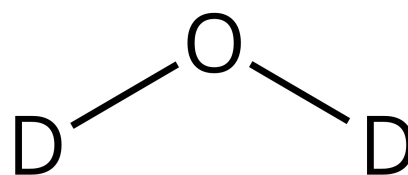
Izotopy wodoru: prot, deuter i tryt

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

${}^1\text{H}$  (**prot**) to ponad 99,98% wszystkich atomów wodoru. Jądro tego izotopu zawiera jedynie proton.  ${}^2\text{H}$  (**deuter**) to drugi stabilny izotop tego pierwiastka, który zawiera w jądrze proton i neutron. Na Ziemi jest go około 0,0026–0,0184%. Izotop ten nie jest radioaktywny ani toksyczny.  ${}^3\text{H}$  (**tryt**) ma w jądrze proton i dwa neutrony. Jest to radioaktywny izotop, który rozpada się na jądro helu-3, elektron oraz antyneutrino, przez przemianę beta minus. Na Ziemi występują niewielkie ilości trytu z powodu oddziaływania promieniowania kosmicznego z gazami atmosferycznymi.  ${}^3\text{H}$  jest również produktem reakcji nuklearnych.

## Ciężka woda

W przeciwieństwie do zwykłej „lekkiej” wody, zawierającej w swej cząsteczce dwa atomy protu, cząsteczka ciężkiej wody zawiera dwa atomy deuteru. Masa  $\text{D}_2\text{O}$  wynosi  $20 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , a  $\text{H}_2\text{O}$   $18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ . Różnica w masie nie jest bardzo duża, ponieważ około 89% masy cząsteczkowej wody



Wzór strukturalny ciężkiej wody

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

pochodzi z pojedynczego atomu tlenu, a nie z dwóch atomów wodoru. Ciężka woda ( $\text{D}_2\text{O}$ ) nie jest radioaktywna. W swojej czystej postaci ma gęstość o około 11% większą niż „lekka” woda, ale poza tym ma podobne właściwości fizyczne i chemiczne. Niemniej jednak różnice między deuterem (zwłaszcza wpływające na właściwości

biologiczne) a protem są większe, niż w jakichkolwiek innych powszechnie występujących izotopach. Deuter jest wyjątkowy wśród stabilnych izotopów, ponieważ jest dwukrotnie cięższy niż najlżejszy izotop. Ta różnica zwiększa siłę wiązań H—O wody, a to z kolei prowadzi do wystąpienia różnic ważnych dla niektórych reakcji biochemicznych. Ludzkie ciało naturalnie zawiera deuter w ilości odpowiadającej około pięciu gramom ciężkiej wody, która jest nieszkodliwa. Gdy duża część wody (> 50%) w organizmach zostaje zastąpiona przez ciężką wodę, wynikiem jest dysfunkcja komórek i śmierć.

## Obliczenia składu izotopowego pierwiastka

### Polecenie 2

Korzystając z powyższego wzoru, obliczymy zawartość procentową dwóch izotopów chloru. Wiemy, że chlor ma dwa izotopy:  $^{35}\text{Cl}$  i  $^{37}\text{Cl}$ . Znamy również masę atomową chloru, która wynosi 35,5 u. Masa ta bliższa jest wartości masy izotopu  $^{35}\text{Cl}$ . Przyczyną jest znacznie większy udział tego izotopu w naturalnym chlorze, wynoszący ok. 75%. Masa atomowa pierwiastka jest średnią ważoną mas atomowych jego izotopów oraz uwzględnia rozpowszechnienie izotopów pierwiastka. Załóż, że masa atomowa izotopów jest równa ich liczbie masowej. Czy wiesz, jak zapisać to równanie?

## Izotopy promieniotwórcze

Izotopy promieniotwórcze są nietrwałe oraz ulegają samorzutnej przemianie w inne izotopy, zazwyczaj innego pierwiastka. Znalazły one szerokie zastosowanie w nauce, technice oraz medycynie.

## Słownik

### izotopy

nuklidy o tej samej liczbie atomowej  $Z$  i różnych liczbach masowych  $A$  (tj. o tej samej liczbie protonów i różnych liczbach neutronów)

## defektoskopia

zespół metod nieniszczącego wykrywania wad materiałów (głównie metali i stopów), które dzięki temu mogą być stosowane w kontroli jakości półwyrobów lub wyrobów gotowych

## nuklid

atom, którego jądro ma określony stan fizyczny i określony skład, tj. określoną liczbę protonów i neutronów

## prot

najlżejszy izotop wodoru

## deuter

wodór ciężki, D,  $^2\text{H}$ , trwały izotop wodoru o liczbie masowej 2

## tryt

T lub  $^3\text{H}$ , izotop wodoru o liczbie masowej 3

## Bibliografia

Atkins P., Jones L., *Chemical Principles: The Quest for Insight*, 5th Edition, New York 2009.

Encyklopedia PWN

Kushner D. J., Baker A., Dunstall T. G., *Pharmacological uses and perspectives of heavy water and deuterated compounds*, „Can. J. Physiol. Pharmacol” 1999, t. 77, s. 79–88.

Kulawik J., Kulawik T., Litwin M., *Podręcznik do chemii dla klasy siódmej szkoły podstawowej*, Warszawa 2020.

Kulawik J., Kulawik T., Litwin M., *Podręcznik do chemii dla klasy ósmej szkoły podstawowej*, Warszawa 2020.

Łasiński D., Sporny Ł., Strutyńska D., Wróblewski P., *Podręcznik dla klasy siódmej szkoły podstawowej*; Mac edukacja 2020.

Miessler G. L., Tarr D. A., *Inorganic Chemistry*, Third Edition, New Jersey 2004.

# Symulacja interaktywna

---

## Symulacja 1

Przeanalizuj symulację dotyczącą atomów przykładowych pierwiastków i zastanów się, czym różnią się między sobą izotopy tego samego pierwiastka?



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

Symulacja interaktywna pt. „Skład izotopowy pierwiastków”.

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

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

Określ liczbę protonów, elektronów i neutronów dla izotopu  $^{48}\text{Ca}$ .

## Ćwiczenie 3

Tytan ( $^{48}\text{Ti}$ , łac. *titanium*) to pierwiastek chemiczny o liczbie atomowej 22. Za pomocą symulacji wskaż, ile izotopów posiada ten pierwiastek oraz podaj ich liczby masowe.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną odpowiedź.

Izotopy to inaczej:

- nuklidy o tej samej liczbie atomowej  $Z$  i takich samych liczbach masowych  $A$  (tj. o tej samej liczbie protonów i takich samych liczbach neutronów)
- nuklidy o różnej liczbie atomowej  $Z$  i takich samych liczbach masowych  $A$  (tj. o różnej liczbie protonów i takich samych liczbach neutronów)
- nuklidy o tej samej liczbie atomowej  $Z$  i różnych liczbach masowych  $A$  (tj. o tej samej liczbie protonów i różnych liczbach neutronów)

## Ćwiczenie 2



Połącz odpowiednio nazwy izotopów wodoru.

prot



deuter



tryt



### Ćwiczenie 3



Uzupełnij informacje o izotopach chloru.

Informacje o izotopie	$^{35}\text{Cl}$	$^{37}\text{Cl}$
liczba protonów	17	<input type="text"/>
liczba elektronów	<input type="text"/>	17
liczba neutronów	<input type="text"/>	<input type="text"/>

### Ćwiczenie 4



Uzupełnij informacje o izotopach cynku.

informacje o izotopach	$^{64}\text{Zn}$	$^{70}\text{Zn}$
liczba protonów	<input type="text"/>	30
liczba elektronów	30	<input type="text"/>
liczba neutronów	<input type="text"/>	<input type="text"/>

### Ćwiczenie 5



Uczeń miał za zadanie obliczyć skład procentowy węgla  $^{12}\text{C}$  i  $^{13}\text{C}$ . Obliczył, że skład wynosi kolejno 80,5%  $^{12}\text{C}$  i 19,5%  $^{13}\text{C}$ . Sprawdź, czy dobrze wykonał zadanie.

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



Magnez naturalny ma trzy izotopy: 79% izotopu  $^{24}\text{Mg}$ , 10% izotopu  $^{25}\text{Mg}$  i 11% izotopu  $^{26}\text{Mg}$ . Oblicz masę atomową tego pierwiastka. Załóż, że masy atomowe poszczególnych izotopów równe są ich liczbie masowej.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Oblicz skład izotopowy naturalnego boru. Pierwiastek ten składa się z dwóch izotopów, a ich liczby masowe różnią się o 1. Masa atomowa boru wynosi 10,8 u.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Średnia masa atomowa azotu naturalnego wynosi 14,01 u. Azot składa się z dwóch izotopów, a jego jądra atomowe zawierają 7 i 8 neutronów. Oblicz skład izotopowy azotu naturalnego.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 9



Lit naturalny składa się z dwóch izotopów:  ${}^6\text{Li}$  oraz  ${}^7\text{Li}$ , a jego masa atomowa wynosi 6,94 u. Zakładając, że masa atomowa izotopu  ${}^6\text{Li}$  wynosi 6 u, natomiast izotopu  ${}^7\text{Li}$  wynosi 7 u. Podaj izotopowy skład procentowy.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 10



Oblicz zawartość procentową izotopów  ${}^{20}\text{Ne}$  oraz  ${}^{22}\text{Ne}$  w naturalnym neonie. Masa atomowa neonu wynosi 20,2 u. Załóż, że masa atomowa  ${}^{20}\text{Ne}$  wynosi 20 u, natomiast masa  ${}^{22}\text{Ne}$  wynosi 22 u.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Jak ustalić skład izotopowy pierwiastków?

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony

## 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:

- definiuje pojęcie izotopu;
- oblicza skład izotopowy pierwiastka;
- uzasadnia, dlaczego masa atomowa pierwiastka jest średnią masą atomową;
- charakteryzuje izotopy najbliższego pierwiastka – wodoru;
- wyjaśnia, czym jest ciężka woda.

## Strategia nauczania:

- asocjacyjna.

## **Metody i techniki nauczania:**

- burza mózgów;
- dyskusja;
- gadająca ściana;
- praca z podręcznikiem;
- ćwiczenia przedmiotowe;
- zdania podsumowujące.

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w emateriale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- metodnik lub kartki zielone, żółte i czerwone;
- podręcznik.

## **Materiały pomocnicze:**

- arkusze papieru;
- mazaki;
- glutaki.

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Jak to możliwe, że atomy tego samego pierwiastka mogą różnić się pewnymi elementami budowy? A może znasz przykłady takich pierwiastków? Wiesz, jakie właściwości i różnice wykazują prot, deuter i tryt, czyli izotopy wodoru?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wstępnej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia atomu.

### **Faza realizacyjna**

1. Nauczyciel odwołuje uczniów do emateriału i prosi o wyszukanie informacji do następujących pytań:

- Co to jest izotop? Czy izotopy tego samego pierwiastka mają jednakowe liczby: atomową i masową? Jeśli nie, to która z tych liczb może być różna i dlaczego?
- Jakimi właściwościami fizykochemicznymi różnią się izotopy od siebie? Od czego mogą zależeć różnice we właściwościach między izotopami?
- Jakie pierwiastki nie mają izotopów i w jakiej postaci występują?
- Jak można obliczyć średnią masę atomową?

Uczniowie dyskutują.

2. Uczniowie zapoznają się z tekstem w emateriale dotyczącym izotopów wodoru i ciężkiej wody. Następnie nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej modele izotopów wodoru, a chętny lub wskazany uczeń, posiłkując się modelami, omawia budowę tych izotopów. Inny uczeń relacjonuje wiadomości dotyczące ciężkiej wody.
3. Uczestnicy zajęć, na podstawie dostępnych źródeł, w tym treści e-materiału analizują przykład w kontekście obliczania składu izotopowego pierwiastka.
4. Nauczyciel podaje uczniom przykłady do rozwiązania w zeszycie, np. obliczenie składu izotopowego potasu, miedzi, po czym chętni lub wskazani uczniowie podchodzą do tablicy i rozwiązują wskazane przykłady.
5. Uczniowie w parach analizują medium bazowe i wykorzystują symulację do zbadania izotopów pierwiastków.
6. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, rozdaje arkusze papieru i mazaki. Uczestnicy zajęć, na podstawie dostępnych źródeł, w tym treści e-materiału poszukują odpowiedzi na pytanie: „Jakie jest zastosowanie izotopów promieniotwórczych?”. Liderzy grup z zastosowaniem techniki gadająca ściana omawiają zaproponowane zastosowania izotopów promieniotwórczych.

### Faza podsumowująca

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimedium. Pyta:
  - Czym różnią się od siebie izotopy pierwiastka?
  - Jak się nazywa najlżejszy izotop wodoru?
  - W jakich gałęziach mają zastosowanie izotopy pierwiastków?
  - Jak się oblicza średnią masę atomową?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
  - Przypomniałem sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - Czego się nauczyłam/łem...
  - Co sprawiało mi trudność...

**Praca domowa:**

Oblicz skład izotopowy srebra, wiedząc że srebro składa się z dwóch izotopów:  $^{107}\text{Ag}$  i  $^{109}\text{Ag}$ .

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:**

Symulacja „Jak ocenić skład izotopowy pierwiastków” może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć.

**Materiały pomocnicze:**

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

- Czym różnią się od siebie izotopy pierwiastka?
- Jak się nazywa najlżejszy izotop wodoru?
- W jakich gałęziach mają zastosowanie izotopy pierwiastków?
- Jak się oblicza średnią masę atomową?