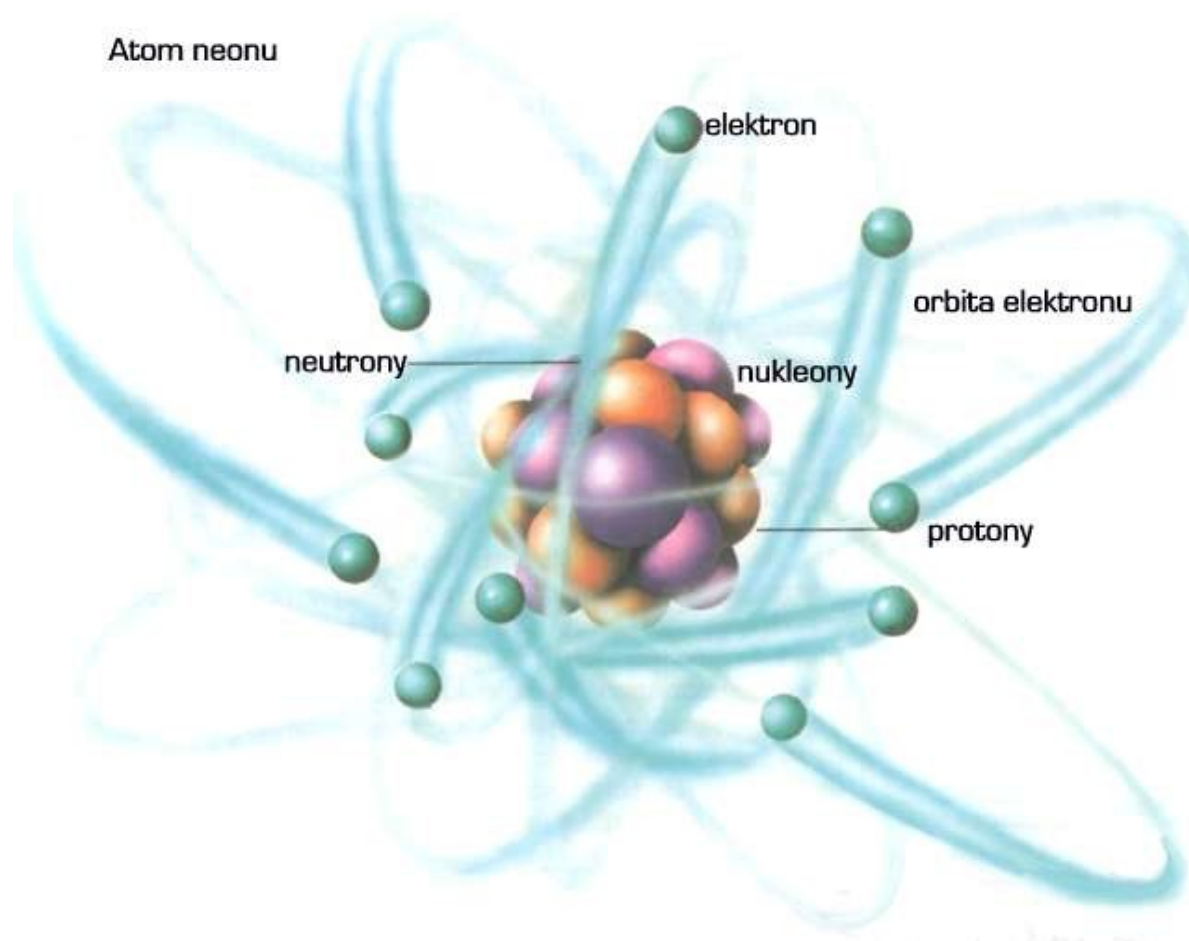


Atomy



Wstęp

Atomy są ważnymi składnikami tej materii, jaką mamy okazję obserwować wokół nas na Ziemi. Chciałoby się, więc powiedzieć, że ogólnie cała materia składa się z atomów. Jednak nie byłaby to prawda, ponieważ np. w gwiazdach, i w przestrzeni kosmicznej dominuje materia w „nieatomowej” postaci.

Sama nazwa „atom” pochodzi z języka greckiego i oznacza coś niepodzielnego. Nazwa wzięła się z przekonania greckich filozofów, że materia składa się właśnie z takich niepodzielnych cząstek.

Patrząc z perspektywy aktualnej wiedzy fizycznej, powiedzielibyśmy, że starożytni filozofowie tylko częściowo mieli rację. Bo faktycznie, dzieląc np. kawałek złota na coraz mniejsze kawałki, dochodzimy w końcu do etapu pojedynczych elementarnych cząstek złota, (czyli dzisiaj powiedzielibyśmy właśnie „atomów”). Jednak w rzeczywistości cząstki te nie są wcale niepodzielne, tylko niemożliwe do podzielenia **przy zachowaniu dotychczasowych właściwości**. Dalszy podział atomu na części spowoduje, że powstałe składniki nie będą już kawałkami złota, tylko obiektami nowego rodzaju. Więc zapewne sensownie jest mówić, że najmniejsza cząstka złota, żelaza, czy tlenu to „atom” tego pierwiastka, czyli najmniejsza cząstka materii **będąca jeszcze** złotem, żelazem, tlenem...

Poglądy starożytnych na budowę materii

Z dzisiejszej perspektywy patrząc, większość koncepcji atomistyki greckiej jest wyraźnie niezgodna z wiedzą fizyczną. Różnice są naprawdę duże – po pierwsze, (co już wyżej napisano) "współczesne atomy" nie są wcale niepodzielne, jak by to chcieli starożytni. Po drugie starożytny atomizm wiązał pojęcie atomu nie z pojęciem pierwiastka chemicznego (jak to przyjmuje aktualna nauka), a z koncepcją „żywiotu”.

Żywiołami starożytnych greków były: ogień, powietrze, woda i ziemia (niektórzy za dodatkowy żywioł uznawali także „eter”).

Np. atom ognia był ostry, kanciasty i miał kształt czworościanu foremego.

Atomy innych żywiołów miały mieć kształty: sześciianu, ośmiościanu, dwunastościanu.

Oczywiście atom wody musiał być bardziej "okrągły" niż atom ziemi.

Różne znane materiały miały mieć w sobie żywioły (a więc i ich atomy) w różnych proporcjach.



Ponieważ ogień jest "kłujący", więc wg starożytnych Greków atom ognia był kanciasty, z ostrymi rogami, zatem musiał mieć kształt czworościanu foremego...

Koncepcje te są wyraźnie niezgodne z dzisiejszymi poglądami, ponieważ współcześnie uważa się, że atomy różnią się nie tyle kształtami, co masą oraz właściwościami elektrycznymi, i magnetycznymi.

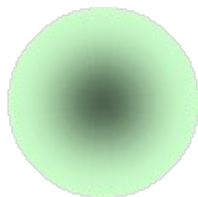
Dlatego pewnie co niektórym nauka starożytnych Greków może wydawać się „głupia”. Myślimy sobie: „ależ oni mało wiedzieli”. Jednak tego rodzaju pogląd jest krzywdzący. Prawdopodobnie prawie nikt z nas urodzony w tamtych czasach nie był by mądrzejszy. A wiele przemyśleń filozofów greckich do dzisiaj może służyć jako przykład pomysłowości i logicznego rozumowania. Bo trzeba też starożytnym Grekom, oddać sprawiedliwość, że nie wszystko, co sądzili na temat budowy materii było nieprawdziwe. Niewątpliwą zasługą tych filozofów było np. wprowadzenie pojęcia próżni. Grecy mawiali, że istnieją: atomy i próżnia. I tak właściwie jest, choć dzisiaj pewnie tę listę obiektów wzbogacilibyśmy jeszcze o pola sił i promieniowanie.

Zasługą Greków była też całkiem logiczna argumentacja uzasadniająca istnienie atomów – zauważyli oni, np. że objętość soli i wody oddzielnie jest większa niż soli rozpuszczonej w wodzie. Wnioskowali stąd, że gdzieś rozpuszczająca się sól musi się mieścić i między drobinami wody jest wolne miejsce (do zajęcia przez sól).

Warto o tym wspomnieć, bo pojecie próżni jest dość trudne i nawet do dzisiaj do końca jeszcze nie została określona jej natura.

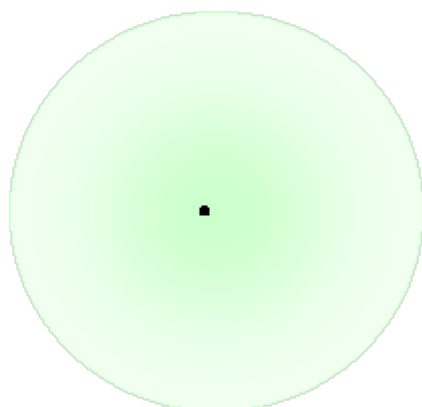
Budowa i kształt atomów według dzisiejszej fizyki

Prawdziwe atomy w pierwszym spojrzeniu można uważać za kulki. Jednak nie są to idealne twarde kulki, a raczej dość elastyczne „okrągłe baloniki”. Pod wpływem oddziaływań z zewnątrz atomy mogą się rozciągać, odkształcać, lub zmieniać inne swoje właściwości (np. elektryczne, magnetyczne). Atomy wyraźnie reagują na działania skierowane wobec nich przez siły zewnętrzne.

UWAGA!!!

Koncepcji atomu jako „balonika”, nie należy brać zbyt dosłownie, ponieważ znane nam balony mają wyraźną powłokę, tymczasem atom nie posiada ściślej powierzchni – jest ona rozmyta i trudno jest dokładnie powiedzieć gdzie się dany atom zaczyna.

Każdy atom składa się z **jądra** i **elektronów** (w przypadku najprostszym – atomu wodoru jest to tylko jeden elektron). Jądro znajduje się w środku atomu i zawiera w sobie prawie całą masę atomu. Elektrony otaczają jądro tworząc leciutką „chmurę” bardzo szybko poruszających się cząstek - trochę tak jak by stado os krążyło wokół gniazda. Jednak porównanie z osami nie jest do końca słuszne, bo istnieje tu dość wyraźna różnica proporcji – jądro jest w rzeczywistości bardzo małe w stosunku do rozmiarów całego atomu. Gdyby typowy atom powiększyć do rozmiarów stadionu sportowego (ok. 200 m średnicy), to jądro miałoby rozmiar zaledwie kilku milimetrów. I ten kilkumilimetrowy kawałek materii skupiałby prawie całą masę atomu (ponad 99,9%).



Na tym rysunku kropka symbolizująca jądro atomowe jest narysowana nieproporcjonalnie – jest o wiele za duża. W rzeczywistości powinna ona być ok. tysiąc razy mniejsza (ale wtedy nikt by jej na tym rysunku nie zauważył).

Gdyby atom powiększyć proporcjonalnie tak, że masa i rozmiar elektronów zrównałby się z masą i rozmiarem powietrza wypełniającego balonik o średnicy ok. 30 cm (mieści się tam ok. 30 g powietrza), to masa jądra w tej proporcji byłaby mniej więcej równa masie człowieka (ok. 60 kg), a skupiona byłaby ona w obszarze niedostrzegalnym przez ludzki wzrok – mniejszym niż setna część milimetra.

Wydawać by się mogło, że elektrony, które są tak lekkie w stosunku do jądra, powinny mieć bardzo niewielki wpływ na właściwości całego atomu. Jednak byłoby to myślenie błędne. Elektrony, choć tak małe i lekkie, niosą ze sobą duży ładunek elektryczny (równy co do wartości ładunkowi jądra, choć mający przeciwny znak) i bardzo silnie się „rozpychają”. Dlatego chmury elektronowe skutecznie (przynajmniej w ziemskich warunkach) oddzielają i ekranują jedne jądra od drugich.

Gdy zbliżymy do siebie i spróbujemy zetknąć dwa atomy, to zewnętrzne obszary chmur elektronowych nieco się odkształcą, co (w zależności od rodzaju atomów) spowoduje mniejszą lub większą ich tendencję do łączenia się.

Jeśli atomy zechcą się połączyć swoimi chmurami elektronowymi, to ostatecznie powstanie nowy obiekt – cząsteczka.

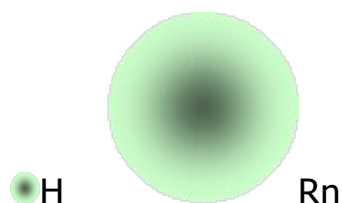
Rozmiary atomów

Atomy mają bardzo małe rozmiary – przeciętnie jest to około jednej dziesięciomiliardowej metra (tę jednostkę nazywa się często „angstresem” i oznacza literą A z kółeczkiem na górze - Å).

Np. atom wodoru ma rozmiary zbliżone do 0,37 Å. Atom tlenu jest większy - ma rozmiar ok. 0,60 Å. Duże atomy ma promieniotwórczy gaz Radon - ok. 2,4 Å.

Trudno sobie wyobrazić tak małe rozmiary. Dlatego niezbędne jest porównanie.

Weźmy np. atom żelaza - ma on rozmiar rzędu 1,24 Å. Gdybyśmy wszystkie rozmiary świata zwiększyli nagle 10 milionów razy. To atom ten byłby widoczny jako kropka o wielkości nieco ponad 1 mm (mniej więcej tyle co kółeczko nad literą A w oznaczeniu angstroma). Jednak wtedy to samo kółeczko "urośłoby nam" do wielkości 10 km!



Na rysunku przedstawione są rozmiary atomów wodoru i radonu w tej samej skali (powiększenie wynosi ok. 100 milionów razy)

Jak z powyższego wynika na 1 mm wzdłuż mieści się rzędu 10 milionów atomów. Na 1 mm kwadratowym mieści się już ok. 10^{14} (100 bilionów) atomów. A w milimetrze sześciennym (ziarenko piasku) upakowane jest rzędu 10^{21} atomów. Jest to liczba raczej niewyobrażalna dla przeciętnego człowieka i mało kto w ogóle nawet zna jej nazwę (ja też nie znam...)

Oczywiście, z faktu małych rozmiarów atomu wynika, że pojedynczy atom jest też niezwykle lekki. Ledwo dostrzegalne ziarenko piasku zawiera w sobie około miliardy miliardów atomów. A przecież z miliardów atomów zbudowane są znacznie mniejsze i lżejsze obiekty, część z nich jest zupełnie niedostrzegalnych nawet pod mikroskopem optycznym – np. wirusy. Zważyć takie obiekty jest niezwykle trudno. Jednak atomy zważono.

Masy atomów

Atomy są niezwykle lekkie. Jest to oczywiste, skoro w byle okruszku jest ich miliardy miliardów.

Jednostka masy atomowej - skąd się wzięła

Dlatego masy atomów najczęściej wyraża się nie w gramach czy kilogramach. W tych jednostkach masa pojedynczych atomów byłyby bardzo małymi ułamekami.

Znacznie wygodniejszym rozwiązaniem jest porównanie mas atomów do najmniejszego i najlżejszego z nich – atomu wodoru. Wprowadzona jednostka – tzw. atomowa jednostka masy AJM (nazywana też „jednostką masy atomowej” JMA), jest w przybliżeniu równa masie atomu wodoru.

Ktoś może zadać pytanie:, dlaczego równa tylko w przybliżeniu, a nie dokładnie? Czy nie można po prostu uznać masę wodoru dokładnie jako wzorzec?

- Otóż nie, (choć początkowo rzeczywiście wodór był wzorcem masy atomowej); sprawa z tą jednostką nie jest taka prosta. Wynika to z faktu istnienia **izotopów**.

Izotopy

Jak wykazały badania, atomy tego samego pierwiastka mają po kilka odmian różniących się wyraźnie masą. Nazywają się one właśnie **izotopami**. Atom wodoru występuje w postaci 3 izotopów, z których najcięższy jest prawie 3 razy bardziej masywny od najlżejszego (więcej na temat izotopów można przeczytać w rozdziale Atom - izotopy). A ponieważ różne próbki tego pierwiastka mogą zawierać izotopy w różnych proporcjach, to biorąc wodór jako wzorzec, otrzymalibyśmy różne masy wzorca w zależności od tego, jaki skład ma mieszanina. Dodatkowym problemem jest fakt (właściwie to jest tu ważniejszy element), że wodór w normalnych warunkach jest gazem, co powoduje, że jego atomy są w ciągłym ruchu i trudno jest je policzyć.

W efekcie naukowcy ustalili, że lepiej będzie, jeśli początkowo tak naturalnie wybrany wzorzec oparty o wodór, zostanie zastąpiony wzorcem węglowym.

Węglowy wzorzec masy atomowej

Węgiel też ma izotopy, więc problem składu mieszaniny pozostaje. Jednak pierwiastek ten inną bardzo ważną z punktu widzenia tworzenia wzorca masy atomowej zaletę - tworzy stabilne i łatwe do analizy struktury krystaliczne. Dzięki temu łatwo jest ustalić ilość atomów węgla znajdujących się w jakiejś próbce.

Ostatecznie wzorcem masy atomowej, jest 1/12 masy atomu izotopu węgla C^{12} .

Ile to jest w kila gramach?

- oczywiście niezwykle mało (liczba mniejsza od jedynki ok. miliard razy miliard razy miliard - krotnie, czyli liczba ułamkowa mająca cyfrę różną od zera dopiero na 27 miejscu po przecinku):

$$1 \text{ u (AJM, JMA)} = 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} / N_A = 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Masy atomów w jednostkach masy atomowej, liczba masowa

Masy atomów wyrażone w jednostkach masy atomowej (w przybliżeniu) to tzw. **liczba masowa** danego pierwiastka. Liczba masowa jest liczbą nukleonów w jądrze najczęściej spotykanego izotopu danego pierwiastka.

Liczby masowe (masy) znanych pierwiastków zawierają się w granicach:

- ∴ od 1 (masa dla atomu wodoru, to 1,00794 u - jest to oczywiście średnia dla wielu izotopów tego pierwiastka)
- ∴ do ponad 260 u dla najcięższych pierwiastków tzw. "transuranowców" (nie podaję dokładnej wartości, ponieważ transuranowce są bardzo nietrwałe i żyją tylko ułamki sekund, a ich kolejne, coraz cięższe wersje są aktualnie wytwarzane w laboratoriach)

Izotopy

Atomy tego samego pierwiastka występują w kilku odmianach zwanych **izotopami**. Wszystkie izotopy tego samego pierwiastka (np. wszystkie izotopy tlenu) mają identyczną liczbą **protonów** w jądrze, ale różnią się "dodatkiem" **neutronów**.

Np. izotop węgla ^{12}C jest wzorcem masy; z kolei ten sam pierwiastek w odmianie ^{14}C jest promieniotwórczy i służy naukowcom do określania wieku próbek.

- ∴ ^{12}C posiada w jądrze 6 protonów i **6** neutronów
- ∴ ^{14}C posiada w jądrze 6 protonów i **8** neutronów

Podobnie jest z innymi pierwiastkami - np. wodór posiada trzy izotopy:

- ∴ wodór zwykły (jest go w przyrodzie zdecydowanie najwięcej) - ^1H ma jądro składające się tylko z 1 protonu
- ∴ deuter (w przyrodzie jest go tylko ok. setnych części procenta) - ^2H ma jądro składające się tylko z 1 protonu i 1 neutronu
- ∴ tryt (w przyrodzie jest go jeszcze znacznie mniej niż deuteru) - ^3H ma jądro składające się tylko z 1 protonu i 2 neutronów

Izotopy tego samego pierwiastka nie różnią się (prawie, bo minimalne różnice się zdarzają) właściwościami chemicznymi i fizycznymi. Wyjątkiem od tej reguły jest jedna cecha - **promieniotwórczość**. Z zasady duża część izotopów jest promieniotwórcza, co oznacza, że izotopy te mają tendencję do samorzutnego rozpadania się i emitowanie przy tym cząstek promieniowania.

Zapisywanie symboliczne różnych izotopów polega na umieszczeniu przy symbolu danego pierwiastka odpowiedniej liczby masowej:

^ASp

Gdzie Sp - symbol pierwiastka - np. H (wodór) He (hel) itd...

A - liczba masowa danego izotopu

Np.

∴ ^{238}U - oznacza, że mamy do czynienia z izotopem uranu o liczbie masowej 238

∴ ^{235}U - oznacza, że mamy do czynienia z izotopem uranu o liczbie masowej 235

Każdy pierwiastek ma swoje izotopy, a duża część z nich jest promieniotwórcza. Jednak ponieważ większość izotopów promieniotwórczych dawno już uległa rozpadowi, to pozostałe są zazwyczaj stabilne i nie promieniują. Dlatego zwykła otaczająca nas materia bywa radioaktywna tylko w śladowych ilościach. Jednak w laboratoriach można odtworzyć również te izotopy, które nie występują normalnie w przyrodzie.