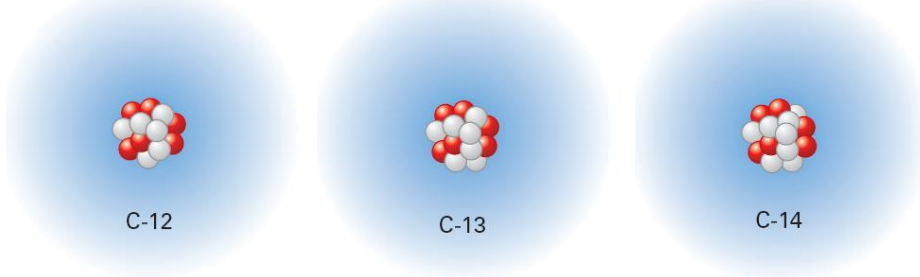


Alkuaineen suhteellinen atomimassa

Kertausta:

Isotoopin määritelmä: Saman alkuaineen eri atomien ytimissä on sama määrä protoneja (eli sama alkuaine), mutta neutronien määrä vaihtelee (eri eri massa).



Hiilen isotooppeja

Isotooppeja hyödynnetään esimerkiksi vanhojen (arkeologisten) esineiden iänmäärittämisessä → Hiili – 14. Myös lääketiede hyödyntää isotooppeja, esim. syöpätutkimukset tai ns. merkkimolekyylit (teknetium ja jodi). **Palovar.** **Radioisotoopiksi** sanotaan isotooppia, joka hajoaa itsestään ajan kuluessa.

Alkuaineita luokitellaan atomimassojen perusteella

1600-luvulta alkaen Boyle, sitten Proust 1700-luvulla ja myöhemmin Dalton tutkivat kaasuja ja niiden reaktioita. Näiden tutkimusten myötä opittiin määrittämään puhtaiden aineiden hiukkasten suhteellisia massoja. Esimerkiksi, kun hiili reagoi hapen kanssa, niin 1 g hiiltä sitoo joko 1,33 g tai 2,66 g happea. Näin ollen hiileen sitoutuneiden hapen massojen suhde on 1:2.



Näiden suhteellisten massojen avulla tapahtuneen luokittelun/ryhmittelyn myötä havaittiin tiettyä jaksollisuutta alkuaineiden ominaisuuksissa.

Miten alkuaineiden suhteellisiä massoja määritettiin?

Luokittelun/ryhmittelyn perustana käytettiin atomimassoja. Atomimassat saatiin selville vertaamalla eri alkuaineiden ja niiden yhdisteiden reaktioita sekä reaktioon osallistuvien aineiden massasuhteita. (Tämä on hieman hankala mieltää.)

Koska eri aineita on ja oli jo tuolloin paljon, niin kaikkien aineiden massojen vertailu osoittautui mahdottomaksi. Tästä syystä yritettiin löytää sopiva alkua-aine, *ns. vertailuaine*, jonka massa muiden alkuaineiden massoja sitten verrattaisiin.

Aiemmin vertailuaine oli happi, nykyään atomien suhteelliset massat on määritetty vertaamalla massoja hiilen isotooppiin C-12, jonka suhteelliseksi massaksi on sovittu tasan 12. Siis sovittu! (Tämä tapahtui 1960-luvulla.) Vertaa: Yksi kilogramma vastaa sellaista massaa, joka on yhtäsuuri kuin Ranskassa oleva kilon prototyypin massa.

Mistä tämä tulee?

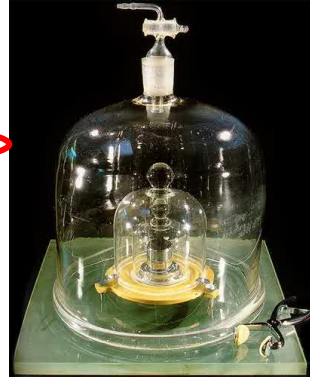
Määritelmä, atomimassayksikkö:

Atomimassayksikkö, merkitään 1 u on $1/12$ osa hiili-12:n massasta. $1\text{ u} \approx 1,66056 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$

Näin ollen yksi hiili C-12 atomin (6 protonia, 6 neutronia ja 6 elektronia) massa on tasan 12 u
→ MAOL fysiikan osio.

Vastaavasti protonin ja neutronin massat ovat:

$$m_n \approx 1,0086650\text{ u}, \quad m_p \approx 1,0078250\text{ u}$$



Mistä sitten ollaan saatu yhden hiili-12 atomin massa? No, kuten aiemmin mainittiin, niin on sovittu, että tasan 12 grammassa hiili-12 alkuainetta on yhden moolin verran atomeita.

Tämä on siis se sopimus: *yksi mooli ainetta sisältää aineen perushiukkasia yhtä monta kuin on tasan 12 grammassa hiili-12 atomeita*. Tällä hetkellä yksi mooli käsittää

$$6,02214129(27) \times 10^{23}$$

Tämä tarkentuu mittalaitteiden kehittyessä!

kappaletta rakenneyksiköitä (eli hiili-12 tapauksessa atomeita). Tuo kyseinen vakiohan on nimeltään *Avogadron vakio*, N_A .

Näin ollen, kun muutetaan grammat kiloiksi, niin yhden hiili-12 atomin massa on

Tämä tarkentuu mittalaitteiden kehittyessä!

$$\frac{0,012\text{ kg}}{6,02214129(27) \cdot 10^{23}} \approx 1,99264 \dots \cdot 10^{-26}\text{ kg}$$

josta edelleen saadaan atomimassayksikön massaksi

$$u = \frac{1,99264 \dots \cdot 10^{-26}\text{ kg}}{12} \approx 1,6605 \dots \cdot 10^{-27}\text{ kg}$$

Määritelmä, alkuaineen atomimassa:

Alkuaineen atomimassa on luonnossa esiintyvien isotooppiseosten keskimääräinen massa.

Esimerkki Hiilen atomimassa on 12,011 u. Miten se on laskettu/määritetty. Hiilen pysyvät isotoopit ovat C-12, C-13 ja radioaktiiviset isotoopit (C-11, C-14, C-15). Näiden massat atomimassayksikköinä ovat:

$$m_{C-12} \approx 12,000000 \text{ u}, \quad m_{C-13} \approx 13,003355 \text{ u},$$

$$m_{C-14} \approx 14,003241 \text{ u}.$$

Vastaavat suhteelliset runsaudet luonnossa ovat (miten mitattu?):

$$C - 12 \approx 98,89 \%, \quad C - 13 \approx 1,11 \%, \quad C - 14 \approx 0,00 \% (5730 a).$$

Näillä kertoimilla laskettu painotettu keskiarvo antaa hiilen atomimassaksi:

$$m_C = \frac{12 \text{ u} \cdot 0,9889 + 13,003355 \text{ u} \cdot 0,0111}{1} = 12,01113724 \text{ u}.$$

Tässä on siis huomioitu eri isotoopit. *Radioaktiivisia isotooppeja ei lasketa mukaan, vain pysyvät isotoopit.*

Esimerkki Laske kuparin, Cu, isotooppien ^{63}Cu ja ^{65}Cu suhteellinen yleisyys, kun niiden atomimassat ovat 62,93 u ja 64,93 u. Kuparin atomimassa on 63,55 u.

Merkitään ^{63}Cu osuutta luonnon kuparissa x :llä, jolloin ^{65}Cu osuus on $1 - x$, sillä kuparilla ei ole muita pysyviä isotooppeja (radioaktiivisia ovat ^{62}Cu , ^{64}Cu , ^{66}Cu ja ^{67}Cu). Näin ollen

$$62,93 \text{ u} \cdot x + 64,93 \text{ u} \cdot (1 - x) = 63,55 \cdot \text{u}$$

$$(62,93 - 64,93)x = 63,55 - 64,93 = -1,38$$

$$\Rightarrow x = \frac{-1,38}{-2} \approx 0,69$$

Vastaus Luonnon kuparissa on noin 69 % ^{63}Cu ja noin 31 % ^{65}Cu .

Määritelmä, alkuaineen ja yhdisteen suhteellinen atomimassa:

Alkuaineen suhteellinen atomimassa, symboli A_r , on alkuaineen atomimassa ilman yksikköä u. Yhdisteen suhteellinen massa, symboli M_r lasketaan siinä olevien alkuaineiden suhteellisten atomimassojen summana. Esim. veden suhteellinen massa: $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1,008 + 16 = 18,016$.

Nyt havaitaan, että lukuarvot ovat samoja kuin ko. alkuaineiden ja vastaavasti yhdisteiden moolimassoilla. *Kaikki suhteelliset asiat ovat yksiköttömiä, koska ne ovat suhteellisia eivät absoluuttisia.* Moolimassojen yksikkö on g/mol ja atomimassojen u.

Suhteelliset massat voidaan vielä jaotella niin, että

- molekyyliyhdisteillä puhutaan molekyylimassoista,
- ioniyhdisteillä kaavamassoista ja
- alkuaineilla suhteellisista atomimassoista.

Suhteellisuustarkastelua voidaan mallintaa jyvillä ja herneillä:

Otetaan riisin jyviä 0,945 grammaa ja lasketaan montako jyvää → 50 jyvää. Otetaan muita jyviä 50 kpl ja punnitaan ne → saadaan jotkut massat. → Saadaan muiden jyvien suhteelliset massat jakamalla punnitut massat riisin jyvien massalla.

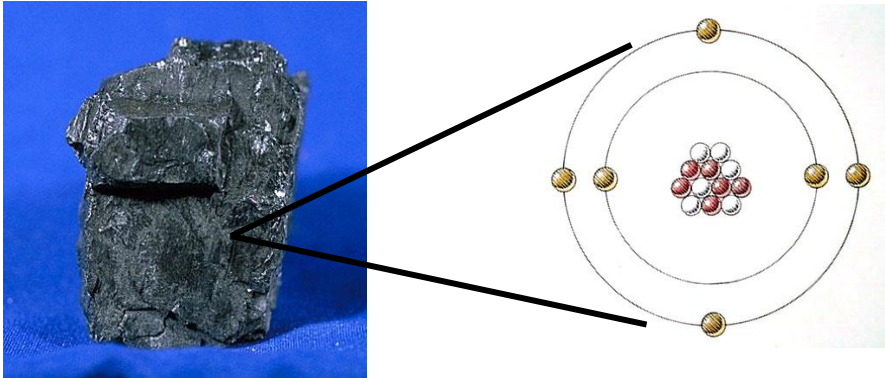


	m (g)	massojen suhteet	suhteellinen massa riisiyksikköinä
50 riisinjyvää	0,945	0,945 g : 0,945 g	1,000
50 auringonkukan siementä	2,767	2,767 g : 0,945 g	2,928
50 kuivattua hernettä	13,423	13,423 g : 0,945 g	14,204

Vertailuaineeksi on kemiassa valittu hiili-12. Luku 12 viittaa hiilen isotooppiin, jossa atomin ytimessä on 6 protonia ja 6 neutronia.

Vertailumassaksi on valittu 12 grammaa hiili-12:ta ja sen suhteelliseksi massaksi on sovittu tasan 12 eikä 1. Muiden alkuaineiden suhteelliset atomimassat määritetään tämän tiedon avulla. Kokeellisesti on määritetty, että 12 grammassa hiili-12:ta on atomeita noin

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl.}$$



Kun otetaan $6,022 \cdot 10^{23}$ kpl esimerkiksi rauta-atomeita, niiden massaksi saadaan 55,85 grammaa. Toisaalta $6,022 \cdot 10^{23}$ kpl:een vetyatomien massa on vain 1,008 grammaa. Mutta jos punnitsemme näitä aineita suhteessa 1,008 : 55,85 saadaan sama lukumäärä atomeita.

Jäikö mieleen? Luku 1.1

- Miten alkuaineen suhteellinen massa määritellään?
- Miten yhdisteen/alkuaineen atomimassa lasketaan?