

Het Getal van Avogadro, een zéér groot getal.

Leon Lenders, Bree

In het vierde leerjaar maken de meeste leerlingen in het vak chemie kennis met het “Getal van Avogadro” ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$). Dit getal geeft aan hoeveel deeltjes (atomen, moleculen of ionen) er aanwezig zijn in één mol van een zuivere stof. De “mol” is de eenheid van hoeveelheid omdat in één mol van gelijk welke zuivere stof evenveel deeltjes zitten. Eén mol van een zuivere stof heeft een massa (in gram) die gelijk is aan de atoom-, molecule- of ionmassa van die stof. Zo heeft 1 mol water (H_2O) een massa van 18 gram, de massa van 1 mol ijzer (Fe) is gelijk aan ongeveer 56 gram en 1 mol dizuurstof (O_2) heeft een massa van 32 gram. Dit wil dus zeggen dat in 18 gram water, in 56 gram ijzer en in 32 gram dizuurstof precies evenveel deeltjes zitten, namelijk $6 \cdot 10^{23}$ deeltjes. Dit is een zeer groot getal (een 6 met daarachter 23 nullen).

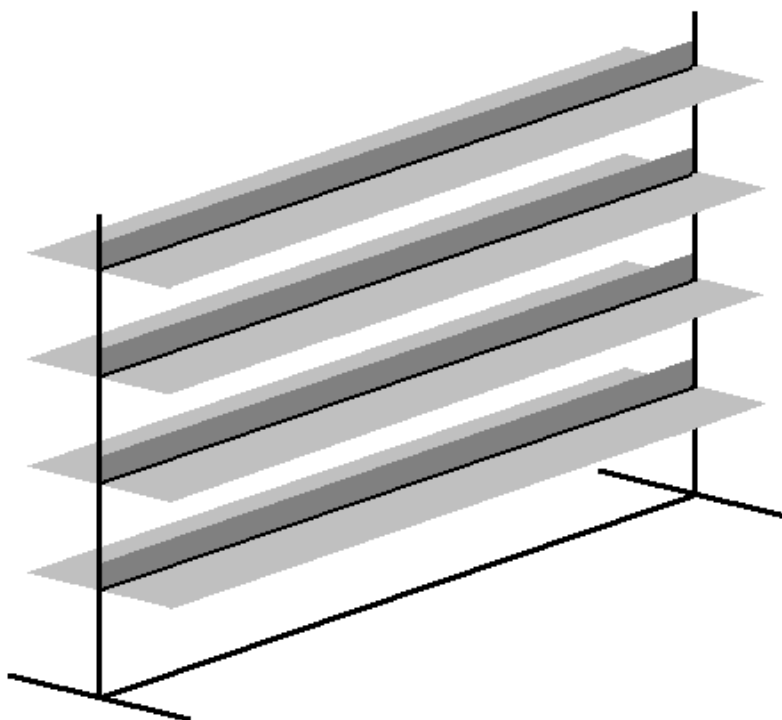
In de volgende werktekst, waarin gerekend wordt met zowel zeer grote als zeer kleine getallen en waarin een aantal oppervlakte- en inhoudsformules aan bod komen, zal getracht worden een beeld te vormen van de grootte van dit reusachtig getal en van de enorm kleine afmetingen van een atoom of molecule.

Stel je een bibliotheek voor die bestaat uit 100 zalen. In iedere zaal staan 10 boekenrekken. Op iedere boekenrek staan 1000 boeken. Ieder boek bevat 500 bladzijden, waarop telkens 2000 letters staan.

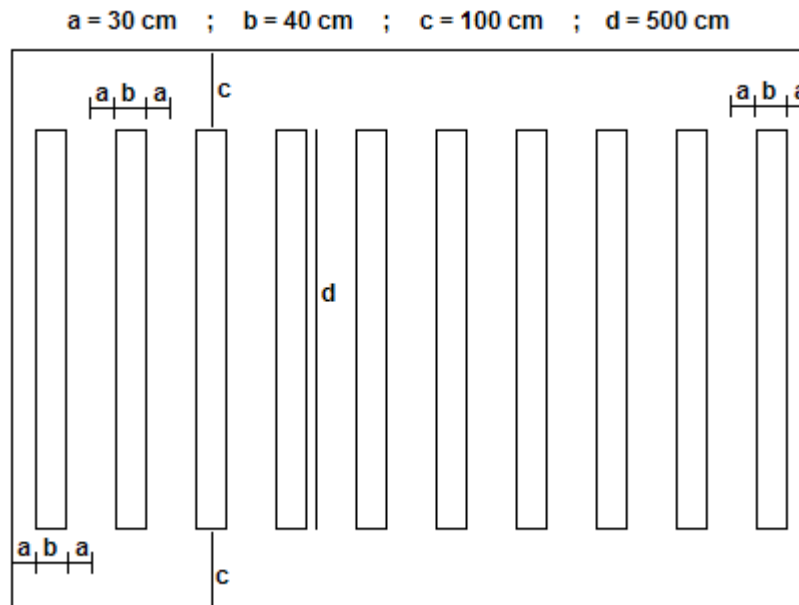
Voor een boek van 500 bladzijden met daarop telkens 2000 letters nemen de volgende afmetingen aan : een breedte van 15 cm bij een hoogte van 25 cm en een dikte van 4 cm .

Iedere rek, waarop dus boeken 1000 staan, bestaat uit 4 dubbele lagen (zie tekening). Bepaal de lengte van een rek.

(40 m verdeeld over 8 lagen, dus 5 m)

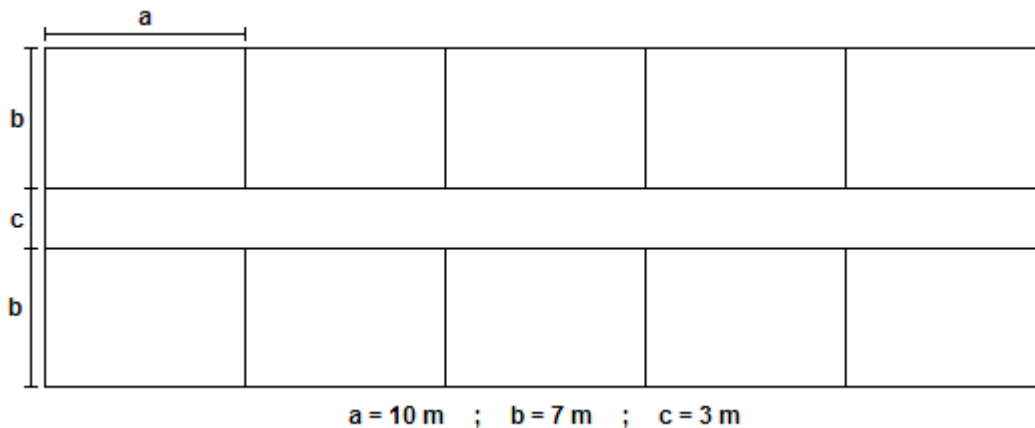


In iedere zaal staan de 10 rekken in de lengterichting evenwijdig met elkaar (zie schets). In de lengterichting laten we aan weerszijde 1 m doorgang (c) en aan weerszijde van iedere rek (b) met een breedte van 40 cm (2 x 20 cm) laten we 30 cm tussenruimte (a). De afstand tussen 2 rekken bedraagt dus 60 cm. Bepaal de afmetingen van een zaal.



(10 rekken met een lengte van 7 m en een breedte van 1 m : 7 m x 10 m)

De bibliotheek telt 10 verdiepingen. Op iedere verdieping bevinden zich dus 10 zalen. Aan weerszijde van een gang van 3 m breedte (c) liggen 5 zalen met de langste zijde grenzend aan de gang (zie schets). Bepaal de grondoppervlakte van de bibliotheek.



$$((5 \times 10 \text{ m}) \times (7 + 3 + 7) \text{ m} = 850 \text{ m}^2)$$

De bibliotheek is dus een gebouw met een lengte van 50 m, een breedte van 17 m en een hoogte van ongeveer 25 m. Dit komt overeen met een appartementsgebouw met ongeveer 80 ruimte appartementen.)

Hoeveel letters bevinden er zich in deze bibliotheek?

$$(100 \times 10 \times 1000 \times 500 \times 2000 = 10^{12} \text{ letters})$$

Er leven momenteel ca. zes miljard mensen op aarde. Stel dat iedere bewoner op onze aarde zo'n reusachtige bibliotheek zou bezitten, hoeveel letters bevinden er zich dan op onze aarde?
($6 \cdot 10^9 \times 10^{12} = 6 \cdot 10^{21}$ letters)

Over hoeveel van deze bibliotheken zou ieder bewoner op onze aarde moeten beschikken opdat er zich op aarde $6 \cdot 10^{23}$ (het getal van Avogadro) letters zouden bevinden?
(100 bibliotheken)

In één mol water, hetgeen overeenkomt met 18 ml water (een normaal glas, dat voor minder dan één tiende is gevuld) zitten dus evenveel moleculen als er letters op aarde zouden zijn als iedere aardbewoner over 100 bibliotheken zou beschikken, zoals hierboven beschreven.

Stel dat iedere aardbewoner over 100 van deze bibliotheken zou beschikken. Welke oppervlakte zouden al deze bibliotheken dan innemen?
($100 \times 6 \cdot 10^9 \times 850 \text{ m}^2 = 5,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$)

De straal van de aarde bedraagt 6371 km. Hoe groot is de oppervlakte van de aarde?
($5,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$)

Als we onze aarde volledig zouden vol bouwen (volledig met inbegrip van oceanen, woestijnen, poolgebieden, enz.) met bibliotheken van 10 verdiepingen hoog, zouden er zich op onze aarde evenveel letters bevinden als er moleculen zitten in 18 ml water.

Hoeveel boeken bevinden er zich dan op de aarde?
($6 \cdot 10^{17}$ boeken)

Welke oppervlakte neemt een boek in als we het rechtop zetten?
(60 cm^2)

Hoeveel boeken zijn er nodig om het ganse aardoppervlak te bedekken met tegen elkaar gestapelde rechtopstaande boeken?
($8,5 \cdot 10^{16}$ boeken)

Stel dat we al de boeken uit de bovenvermelde bibliotheken rechtop tegen elkaar tasten op onze aardbol, dus zonder ruimte tussen de boeken. Hoeveel boeken (afgerond) moeten we dan boven elkaar tasten over de gehele aardbol?
(7 boeken)

Welke oppervlakte neemt een boek in als we het horizontaal (plat) neerleggen?
(375 cm^2)

Hoeveel boeken zijn er dan nodig om het ganse aardoppervlak te bedekken?
($1,36 \cdot 10^{16}$ boeken)

Stel dat we al de boeken uit de bovenvermelde bibliotheken horizontaal (plat) naast elkaar neerleggen op onze aardbol, zonder ruimte tussen de boeken. Hoeveel boeken (afgerond) moeten we dan boven elkaar tasten over de gehele aardbol?
(44 boeken)

Bereken voor beide gevallen (rechtop en plat) de hoogte van de stapel boeken.
(1,75 m)

Als we onze aarde volledig, zonder tussenruimte, zouden vol tasten (volledig met inbegrip van oceanen, woestijnen, poolgebieden, enz.) met boeken tot een hoogte van 1,75 m, zouden er zich op onze aarde evenveel letters bevinden als er moleculen zitten in 18 ml water.

Eén mol water heeft dus een volume van 18 ml. We nemen aan dat een molecule de vorm heeft van een bol en dat door de bolstapeling de moleculen 75% van het totale volume innemen. Hoe groot is dan het volume, de straal en de diameter van één molecule water?
($2,25 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$; $1,75 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; $3,50 \cdot 10^{-10} \text{ m}$)

In werkelijkheid zijn de moleculen kleiner, omdat de moleculen water elkaar niet raken, maar met elkaar verbonden zijn door waterstofbruggen.

Men neemt aan dat de diameter van een atoom ongeveer gelijk is aan 100 picometer (1 pm = 10^{-12} m) of 10^{-10} m (1 Ångström). De atoomkern, waarin de protonen en neutronen zitten en dus nagenoeg de gehele atoommassa zit, is nog eens 100.000 maal kleiner. De elektronen die dus op een relatief grote afstand rond de kern draaien zijn nog eens ongeveer 1000 maal kleiner dan de atoomkern en dus 10^8 maal kleiner van het gehele atoom.

Stel dat de atoomkern een diameter van 0,1 mm (het kleinste stipje dat voor ons oog zichtbaar is) zou hebben, hoe groot moeten we ons dan de diameter van het gehele atoom voorstellen?
(10 m)

Als we de elektronen vergroten tot een diameter van 0,1 mm, hoe groot moeten we ons dan de atoomkern en het gehele atoom voorstellen?
(diameter kern = 10 cm ; diameter atoom = 10 km)

We moeten ons dus een atoom op schaal voorstellen als volgt : de atoomkern heeft een diameter van 10 cm, en op een afstand van 5 km draaien daarrond de elektronen die zelf de grootte hebben van het kleinste stipje dat voor ons oog zichtbaar is.

Om het atoombeeld af te sluiten, nog dit. De elektronen draaien met een zeer grote snelheid rond hun atoomkern. Het aantal omwentelingen per seconde is gelijk aan 10^{12} Hz . Dit wil zeggen dat in een tijd van 1 miljoenste van een seconde het elektron 1 miljoen maal rond de atoomkern draait. Dit heeft voor gevolg dat de schil(len) of beter het “schild” rond de kern ondoordringbaar is en de atoomkern nagenoeg onbereikbaar is.