

# WISKUNDE VOOR HET LABORATORIUMONDERWIJS

Grafisch ontwerp   uwontwerp.nl Eindhoven  
Didactisch concept Vervoort Boeken  
Versie 2018

ISBN 9789464180084  
© 2018 Vervoort Boeken

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

## Verantwoording wiskunde voor het laboratoriumonderwijs

In het deel Basiswiskunde is veel aandacht besteed aan rekenvaardigheid, nauwkeurigheid van het antwoord, het omzetten en gebruiken van de juiste eenheden en het omvormen van eenvoudige formules.

In dit deel wordt de rekenvaardigheid uitgebreid met machten, wortels en logaritme, het gebruik van de wetenschappelijke notatie en lineaire en exponentiële verbanden.

Formules worden complexer door gebruik te maken van wortels, allerlei soorten exponenten en logaritmen. Gebruik van logaritmische schaalverdelingen, werken met een spreadsheetprogramma en interpoleren bij tabel en grafiek zijn belangrijke basisvaardigheden. Grootheden als geluidsniveau ( $L$ ), zuurgraad ( $pH$ ) en extinctie ( $E$ ) zijn wiskundig gezien exponenten. Lastige wiskundige begrippen krijgen door de vele beroepscontexten in dit boek veel meer betekenis, waardoor je een beter inzicht krijgt in de praktische toepassing.

Er wordt ook een begin gemaakt met het mathematiseren, het vertalen van een fysisch proces zoals verdunnen, mengen of dichtheidsmeting in een wiskundige formule.






De site [www.vervoortboeken.nl](http://www.vervoortboeken.nl) is een belangrijke ondersteuning. Hier zijn hulpmiddelen te vinden zoals voorbeeldtoetsen, links naar internetsites, filmpjes, powerpointtools en exceltools.

Tot slot wil ik Claartje Eggermont, docent exacte vakken aan het Summacollege, bedanken voor al haar kritische en opbouwende opmerkingen.

**Succes!**

Jos Vervoort

**Gebruikte iconen :**

 1.1	<b>Oefenen en toetsen op internet</b>
 1.2	<b>Reflectievragen</b>
 3.2	<b>Samenvatting voor aantekenschrift</b>
 1.1	<b>Zonder zakrekenmachine</b>
 1.1	<b>Internetverwijzing op <a href="http://www.vervoortboeken.nl">http://www.vervoortboeken.nl</a></b>

# Inhoudsopgave

## 1.Rekenen met grote en kleine getallen.

### Onderwerpen

- 1.1 Machten.
- 1.2 Negatieve machten.
- 1.3 Voorvoegsels en wetenschappelijke notatie.
- 1.4 Druk en kracht
- 1.5 Luchtdruk.
- 1.6 Druk van een vloeistofkolom.
- 1.7 Kleine en grote getallen bij gassen.
- 1.8 Kernfysica.
- 1.9 Kleine en grote getallen in het bloed.
- 1.10 Nanotechnologie.

### Contexten

- Molrekenen.
- Massa, kracht en druk.
- Luchtdruk en vacuum.
- Drukmeting
- Gaswet en Gasconstante, berekening van massa
- Massa omzetten in energie.
- Hb en Ht -gehalte
- Grafeen.

## 2.Machten, wortels en logaritmen.

### Onderwerpen

- 2.1 Macht en wortel.
- 2.2 Hogere macht en hogere machtswortel.
- 2.3 Oneigenlijke machten.
- 2.4 Logaritmen met grondtal 10.
- 2.5 Logaritme en geluid.
- 2.6 Geluid en afstand.
- 2.7 Logaritme en chemie.
- 2.8 Regels voor logaritmes
- 2.9 Logaritme en spectrofotometrie.

### Contexten

- Berekeningen aan oppervlaktes.
- Berekeningen aan inhoud vaveel voorkomende 3D- figuren, zoals kubus, balk, cilinder en bol.
- Geluidsniveau  $L$  in dB als exponent van de geluidsintensiteit.
- Kwadratenwet.
- pH en pOH
- $E$  als exponent van  $T$ .

## 3.Logaritmische grafieken en exponentiële verbanden.

### Onderwerpen

- 3.1 Exponentiële groei en afname.
- 3.2 Exponentiële groei en afname.
- 3.3 Exponentieel verloop radioactiviteit.
- 3.4 Exponentieel verloop bij afkoeling.
- 3.5 Exponentieel stralingsabsorptie.
- 3.6 Exponentiële groei bij bacteriën.

### Contexten

- Halfwaardetijd en isotopedatering.
- Temperatuurverloop.
- Halfwaardedikte.
- Logaritmische fase van het groeiproces.

## 4.Mathematiseren.

### Onderwerpen en contexten

- 4.1 Vergelijking opstellen bij verdunnen en verdampen.
- 4.2 Vergelijking opstellen bij mengen van oplossingen.
- 4.3 Vergelijking opstellen bij contractie bij mengen van vloeistoffen
- 4.4 Verhoudingsgetallen bij interpoleren om samenstelling te bepalen.
- 4.5 Vergelijking opstellen bij warmteuitwisseling.
- 4.6 Twee vergelijkingen met twee onbekenden en opstellen bij mengproces.
- 4.7 Vergelijking opstellen bij dichtheidsmetingen met opwaartse kracht.

## 5.Lineaire verbanden.

### Onderwerpen

- 5.1 Recht evenredig verband
- 5.2 Lineaire verbanden

### Contexten

- Betekenis hellinggetal bij praktische toepassingen.
- Kalibratiegrafiek fotospectrometer.
- Extinctie als functie van concentratie
- Geleidbaarheid als functie van concentratie

## 6.Grafieken met Excel.

- 6.1 Grafieken volgens functievoorschrift.
- 6.2 Grafieken van meetgegevens.

# 1. Rekenen met grote en kleine getallen.

## 1.1 Machten.

Een macht bestaat uit een grondtal en een exponent.

$$a^5 = a \times a \times a \times a \times a$$

*a is het grondtal en 5 is de exponent.*

Een macht is een herhaalde vermenigvuldiging.

Om goed te kunnen rekenen met machten en om een goede controle te hebben op de antwoorden is het belangrijk dat je de regels van machten kunt toepassen.

De regels bij rekenen met machten:

1. Vermenigvuldigen met hetzelfde grondtal.

$$a^5 \times a^3 = a \times a \times a \times a \times a \times a \times a \times a = a^8$$

2. Vermenigvuldigen met verschillende grondtallen.

$$a^5 \times a^2 \cdot b^3 = a^7 \cdot b^3$$

3. Delen met hetzelfde grondtal.

$$\frac{a^5}{a^3} = \frac{a \times a \times a \times a \times a}{a \times a \times a} = a \times a = a^2$$

4. Macht van een macht.

$$(a^2)^3 = a \times a \times a \times a \times a \times a = a^6$$

Voorbeelden:

Voorbeeld 1:

$$2a^6 \times 3b^3 \cdot a^4 \times 3c^8 a^2 b^3 = 18 \cdot a^{12} \cdot b^6 \cdot c^8$$

Voorbeeld 2:

$$2 \cdot 10^6 \times -2 \cdot 10^4 \times 5^2 \cdot 10^2 = -100 \cdot 10^{12} = -10^{14}$$

**Voorbeeld 3**

$$\frac{a^4}{a^2} \times a^8 = a^{10}$$

**Voorbeeld 4**

$$\frac{a^5 \cdot b^3 \times ab^3}{b^4 \times a^2} = a^4 \cdot b^2$$

**Voorbeeld 5**

$$\frac{2 \cdot 10^4 \times 6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^2} = \frac{2 \times 6}{3} \cdot 10^5 = 4 \cdot 10^5$$

**Voorbeeld 6**

$$\frac{(a^3)^4 \times 5a^2}{(a^2)^3} = \frac{5a^{12}a^2}{a^6} = 5a^8$$

**Voorbeeld 7**

$$\frac{(2 \cdot 10^2)^3 \times 5 \cdot 10^2}{(10^2)^3} = \frac{8 \cdot 10^6 \times 5 \cdot 10^2}{10^6} = 40 \cdot 10^2 = 4 \cdot 10^3$$

**Voorbeeld 8**

$$\frac{(-2 \cdot 10^2)^3 \times a \cdot 10^2}{(10^2)^3} = \frac{-8 \cdot 10^6 \times a \cdot 10^2}{10^6} = -8a \cdot 10^2$$

**Opgave 1.1****Schrijf de volgende notatie zo kort mogelijk**

**a**  $\frac{(10^2)^5 \times 2 \cdot 10^2}{(10^2)^3} =$

**b**  $\frac{(b^2)^3 \times 2a \cdot 10^2}{(10^3)^2} =$

**c**  $\frac{(-a^3 \times a^3)}{2(10^2)^3} =$

**d**  $a^2 + 3a^2 =$

**e**  $a^2 + a^3 =$

**f**  $(-3a^2)^3 =$

**g**  $\left(\frac{a^2}{b}\right)^3 =$



1.1

- R1 Opgave e kun je niet korter schrijven omdat  $a^2$  en  $a^3$  verschillende termen zijn. Geef nog enkele voorbeelden.  
Geldt dat ook voor  $10^2$  en  $10^3$ ?
- R2 Reken  $(-2)^3$  uit op je rekenmachine. Is je antwoord -8?  
Wat heb je fout gedaan?
- R3 Reken op je rekenmachine uit  $2 \cdot (10^5)^2$  en  $(2 \cdot 10^5)^2$ .  
Verklaar het verschil.
- R4  $(a+b)^2 \neq a^2 + b^2$  Waarom?  
Laat ook zien door voor a en b eenvoudige getallen in te vullen.



1.1

*WIMS Kies voor machttuitrekenen III*

1.2

*Oefenen met wetenschappelijke notatie.*

1.3

*Oefenen met vermenigvuldigen SCI-getallen.*

1.4

*Oefenen met delen SCI-getallen.*

1.5

*Oefenen met toepassen SCI-getallen.***1.2 Negatieve machten.**

$$\frac{1}{a^3} = \frac{1}{a \times a \times a} = a^{-3}$$

*a is het grondtal en -3 is de exponent.*

Je kunt  $\frac{1}{a^3}$  schrijven als  $a^{-3}$ .

*"-3 omdat er boven de deelstreep 3 tekort zijn"*

We kennen de negatieve exponent ook al bij de wetenschappelijke notatie.

$$0,0056 = 5,6 \cdot 10^{-3}$$

Hier wordt de exponent van -3 gezien als de plaats achter de komma van het eerste cijfer (*5 is het derde cijfer achter de komma*)

$5,6 \cdot 10^{-3}$  is ook  $\frac{5,6}{10^3}$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} \quad \text{en} \quad \frac{1}{10^{-3}} = 10^3$$



De rekenregels gelden uiteraard ook voor negatieve exponenten.

$$(10^{-3})^3 = 10^{-9} \text{ en}$$
$$\frac{10^6}{10^{-2}} = 10^{(6-(-2))} = 10^8$$

Voorbeelden:

Voorbeeld 1:

$$\frac{10^3}{10^{-3}} = 10^{(3-(-3))} = 10^6$$

Voorbeeld 2:

$$\frac{a^3}{a^3} = a^{(3-3)} = a^0 = 1$$

Voorbeeld 3

$$\frac{a^4 \cdot b^4}{b^9} = a^4 \cdot b^{-5}$$

Voorbeeld 4

$$\frac{(a^5 \cdot b^{-2})^2 \times ab^3}{b^3 \times a^{-7}} = a^{10} \cdot a \cdot b^{-4} \cdot b^3 \cdot b^{-3} \cdot a^7 = a^{18} \cdot b^{-4}$$

Voorbeeld 5

$$\frac{2 \cdot 10^{-4} \times 6 \cdot 10^3}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{2 \times 6}{9} \cdot 10^{(-4+3-(-4))} = \frac{12}{9} \cdot 10^3 = 1,33 \cdot 10^3$$

Voorbeeld 6

$$\frac{kg}{m^3} = kg \cdot m^{-3}$$

.

Voorbeeld 7

Schrijf de volgende expressie als  $2^{\dots} \times 3^{\dots}$

$$\frac{24^3}{2^{-3}} = \frac{(2^3 \cdot 3)^3}{2^{-3}} = 2^9 \cdot 2^3 \cdot 3^3 = 2^{12} \cdot 3^3$$

## Opgave 1.2

Schrijf als macht of getal in SCI-mode.

a  $\frac{2 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{23}} =$

- b**  $\frac{(x^5)^3 \cdot y^{-3}}{(y^{-2})^4} =$   
**c**  $1^{-319} =$   
**d**  $23^0 =$   
**e**  $(a+b)^0 =$   
**f**  $5^2 \times 5 \cdot 10^2 =$   
**g**  $1^{-319} =$   
**h**  $(-1)^{399} =$   
**i**  $(-1)^{400} =$   
**j**  $(5 \cdot 10^2)^{-2} =$   
**k**  $(0,1)^4 =$   
**l**  $(5 \cdot 10^2)^{-2} \times 6 \cdot 10^8 =$

### Opgave 1.3

Vul de ontbrekende exponent in.

- a**  $3^3 \times 3^4 = 3^{\dots\dots\dots}$   
**b**  $12^3 \times 2^3 = 2^{\dots\dots\dots} \times 3^{\dots\dots\dots}$   
**c**  $\frac{24^2}{6^{-3}} = 2^{\dots\dots\dots} \times 3^{\dots\dots\dots}$   
**d**  $\frac{16^0}{(6^3)^{-2}} = 2^{\dots\dots\dots} \times 3^{\dots\dots\dots}$   
**e**  $\frac{8^2}{16^2} = 2^{\dots\dots\dots} \times 3^{\dots\dots\dots}$   
**f**  $\frac{3^2}{15^4} = 3^{\dots\dots\dots} \times 5^{\dots\dots\dots}$   
**g**  $\frac{10^2}{5^4} = 2^{\dots\dots\dots} \times 5^{\dots\dots\dots}$   
**h**  $\frac{10^2}{10^2} = a^{\dots\dots\dots}$   
**h**  $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} = J^{\dots\dots\dots} \cdot kg^{\dots\dots\dots} \cdot ^\circ C^{\dots\dots\dots}$



1.2

**R5** iets<sup>0</sup> = 1 Bewijs!

**R6** Wetenschappelijke notatie is bijzonder geschikt om een getal op de juiste manier af te ronden. Laat zien aan de hand van een voorbeeld.

### Opgave 1.4

#### Oefenen met vermenigvuldiging van machten.

Maak eerst een schatting en controleer vervolgens met je rekenmachine.

a  $(10^2)^{3,1} \approx 10^6$  met rekenmachine  $(10^2)^{3,1} = 1,58 \cdot 10^6$  !

b  $\frac{(2,1 \cdot 10^2)^3}{4 \cdot 10^{-11}} \approx$

c  $\frac{(1,1 \cdot 10^{-6})^3}{999} \approx$

d  $1 + 10^{-5} \approx$

e  $\frac{(0,011)^3}{12} \approx$

f  $\frac{(2 \cdot 10)^3 \times 2 \cdot 10^3}{4,2 \cdot 10^{-8}} \approx$

g  $\frac{1,02}{4 \cdot 10^6} \approx$

h  $\frac{(2,110^2)^0}{4 \cdot 10^0} \approx$

i  $\frac{3,0 \cdot 10^4}{2,21 \cdot 10^3} \approx$

j  $\frac{4,16 \cdot 10^4}{2,21 \cdot 10^1} \approx$

k  $\frac{200 \times 5,04 \cdot 10^3}{1200} \approx$

l  $2 \times \frac{2230}{210} \approx$

m  $\frac{300000}{400 \times 300} \approx$

### Opgave 1.5

#### Welk getal is groter.

Maak eerst een schatting en controleer vervolgens met je rekenmachine.

a  $6^{-3}$  of  $6 \cdot 10^{-3}$

b  $(2 \cdot 10^{-2})^2$  of  $0,004$

c  $225 \cdot 10^3$  of  $2,25 \cdot 10^4$

d  $(4)^{-2}$  of  $(2)^{-2}$

e  $(0,5)^{-2}$  of  $(2)^{-2}$



1.3

**R8** Wat is het voordeel van het goed in kunnen schatten?

Bij exponenten kan een kleine verwaarlozing een behoorlijk verschil geven. Geef voorbeeld.

**R9** Bij  $(10^6 + 1)$  mag je het getal '1' verwaarlozen en bij  $(10^{-6} + 1)$  juist niet. Leg uit

---

### 1.3 Voorvoegsels en wetenschappelijke notatie.

In plaats van de wetenschappelijke notatie kun je ook voorvoegsels gebruiken. Bij de berekening is het aan te bevelen om de SCI-notatie te gebruiken. In de praktijk kom je ze beiden tegen en is het belangrijk dat er mee kunt rekenen.

Voorbeeld 1:

Een dvd heeft een geheugencapaciteit van 4,5 GB ofwel  $4,5 \cdot 10^9$  B (byte). In plaats van G kun je dus ook  $10^9$  invullen.

Voorbeeld 2:

Lucht heeft bij een bepaalde temperatuur en druk een dichtheid van 1,29 g/L.

Bereken deze dichtheid in  $\mu\text{g/ml}$ .

$$1,29 \text{ g} = 1,29 \cdot 10^6 \mu\text{g}$$

$$1 \text{ L} = 10^3 \text{ mL}$$

$$\text{Dus } 1,29 \text{ g/L} = 1,29 \cdot 10^6 \mu\text{g}/10^3 \text{ mL} = 1,29 \cdot 10^3 \mu\text{g/mL}$$

Voorbeeld 3:

Bereken het volume van een bolletje dat een diameter heeft van 120  $\mu\text{m}$ .

$$V = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \rightarrow V = \frac{\pi}{6} \cdot (120 \cdot 10^{-6})^3 = 9,05 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$$

$$V = 0,905 \cdot 10^{-13} \times 10^{12} \text{ nL} = 0,0905 \text{ nL}$$

of

$$V = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \rightarrow V = \frac{\pi}{6} \cdot (120)^3 = 9,05 \cdot 10^5 \mu\text{m}^3$$

$$\text{Let op: } 1 \mu\text{m}^3 = 1 (\mu\text{m})^3 = 10^{-18} \text{ m}^3 = 10^{-15} \text{ L} = 1 \text{ fL}$$

Voorbeeld 4:

1 mol is  $6,022 \cdot 10^{23}$  deeltjes

**Getal van Avogadro**  $N_A = (6.0221415 \pm 0.0000010) \times 10^{23}$

1 kmol is  $6,022 \cdot 10^{26}$  deeltjes

1 mmol is  $6,022 \cdot 10^{20}$  deeltjes

1 mol koolstof weegt 12,0 g

$$1 \text{ atoom koolstof weegt } \frac{12 \text{ g}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,99 \cdot 10^{-23} \text{ g} = 1,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

---

### Opgave 1.6

#### Gebruik van voorvoegsels.

In de natuurkunde en techniek werkt men met grootheden, eenheden en voorvoegsels.

Zet de volgende eenheden om en geeft het antwoord in SCI-mode.

**a**  $4,78 \text{ Mg} = \dots\dots\dots\text{mg}$

**b**  $4,12 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \dots\dots\dots\text{mm}$

- c  $200 \text{ L} = \dots\dots\dots \text{hL}$ .
- d  $0,0032 \text{ mL} = \dots\dots\dots \text{nL}$
- e  $23,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = \dots\dots\dots \mu\text{g}$
- f  $525000 \text{ N} = \dots\dots\dots \text{kN}$
- g  $2 \cdot 10^3 \text{ g} = \dots\dots\dots \text{kg}$

**Opgave 1.7**

**Schrijf zonder voorvoegsel en bij voorkeur in SCI-mode.**

- a  $2 \cdot 10^3 \text{ kg} = 2 \cdot 10^3 \times 10^3 \text{ g} = 2 \cdot 10^6 \text{ g}$
- b  $2 \cdot 10^{-3} \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{m}$
- c  $23,5 \text{ mL} = \dots\dots\dots \text{L}$
- d  $1,89 \cdot 10^2 \mu\text{L} = \dots\dots\dots \text{L}$
- e  $2300 \text{ km} = \dots\dots\dots \text{m}$
- f  $23,5 \text{ ms} = \dots\dots\dots \text{s}$
- g  $2,1 \text{ MA} = \dots\dots\dots \text{A}$
- h  $700 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{m}$
- i  $23,5 \text{ GJ} = \dots\dots\dots \text{J}$
- j  $2,1 \text{ ns} = \dots\dots\dots \text{s}$
- k  $340 \text{ mm}^2 = \dots\dots\dots \text{m}^2$
- l  $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^2 = \dots\dots\dots \text{m}^2$
- m  $2,1 \text{ mm}^3 = \dots\dots\dots \text{m}^2$



**1.4**

- 
- R10** Welke notatie heeft jouw voorkeur en waarom?  
 $2,1 \cdot 10^3 \text{ g}$  ,  $2,1 \text{ kg}$  of  $2100 \text{ g}$   
 $6,022 \cdot 10^{23}$  atomen of  $602.200.000.000.000.000.000.000$   
 $26 \mu\text{g}$  ,  $2,6 \cdot 10^{-5} \text{ g}$  of  $0,000026 \text{ g}$
- 

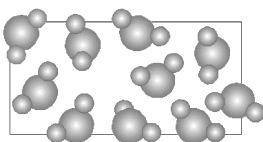
**Opgave 1.9**

**Eenheden converteren(omzetten) .**

- a  $3,12 \cdot 10^{-3} \text{ m/min} = 3,12 \dots\dots\dots \text{mm/s}$
- b  $60 \mu\text{m}^3 = \dots\dots\dots \text{m}^3$
- c  $2,45 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{m}$
- d  $2,78 \cdot 10^{-6} \text{ L/min} = \dots\dots\dots \text{cm}^3/\text{s}$
- e  $0,003 \text{ L} = \dots\dots\dots \text{nm}^3$
- f  $3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = \dots\dots\dots \mu\text{L}$
- g  $60 \text{ ms} = \dots\dots\dots \text{s}$
- h  $340 \text{ GJ} = \dots\dots\dots \text{J}$
- i  $0,998 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = \dots\dots\dots \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

**Opgave 1.10**

**Rekenen met mol 1 .**



1 mol water( $\text{H}_2\text{O}$ ) weegt 18,015 g.  
 $\rho$  (water) =  $1,000 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  bij  $4 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\rho$  (ijs) =  $0,920 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  bij  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 Bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  en een relatieve vochtigheid van 60% is luchtvochtigheid  $10,4 \text{ g/m}^3$ .

- a Bereken het aantal watermoleculen in 1 mL water van 4 °C.
- b Bereken het aantal watermoleculen in 1 mL ijs van 0 °C.
- c Bereken het aantal waterstofatomen in 1 liter lucht bij 20 °C en een relatieve vochtigheid van 60%.
- d Bereken de massa van 1 watermolecuul.

### Opgave 1.11

#### Rekenen met mol 2 .

1 mol protonen weegt 1,008 g.

1 proton weegt 2000 × zo zwaar als een elektron.

Een waterstofatoom bestaat uit 1 proton in de kern en 1 elektron dat er omheen beweegt.

- a Bereken de massa van een proton
- b Bereken de massa van een elektron.
- c Bereken de massa van 1 mol waterstofatomen.

### Opgave 1.12

#### Rekenen aan bolletjes

Kleine glazen bolletjes hebben een diameter van 10,0 μm.

Glas heeft een dichtheid van 2500 kg/m<sup>3</sup>.

- a Bereken het volume van een glazen bolletje in μL.
- b Bereken de massa van een glazen bolletje in μg.



1.5

**R11** Waarom bevat 1 gram water evenveel moleculen dan 1 gram ijs?

**R12**  $10 \mu\text{m}^3 = 10^{-18} \text{m}^3 = 10^{-9} \mu\text{L}$  Leg uit waarom dat zo is.



1.1

#### 1.4 Druk en kracht.

Iedere massa wordt aangetrokken door de aarde en deze kracht noemt men de zwaartekracht ( $F_z$ ).

De kracht op een massa van 1 kg bedraagt in Nederland 9,81 N (Newton).

Op de evenaar is dat iets minder, namelijk 9,78 N. Dat komt voornamelijk doordat de draaisnelheid van de aarde op de evenaar iets groter is. Op de polen is geen draaisnelheid en is de kracht op 1 kg 9,83 N.

De zwaartekracht wordt meestal tegengewerkt. Bijvoorbeeld door een vlak of bij een vallend voorwerp door wrijving.

Bij een vlak kun je de zwaartekracht voelen door je hand onder een voorwerp te leggen. Je kunt de kracht meten via een weegschaal of een veerbalans.

Als je een massa laat vallen en is geen wrijving dan valt een voorwerp in Nederland met een versnelling van 9,81 m/s per seconde ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Na 2 seconde is de snelheid dan al 19,62 m/s.

Bij grote snelheden neemt de luchtwrijving sterk toe en bij **vrij** vallende parachutisten is deze maximaal ongeveer 300 km/h.

Bij 300 km/h is de wrijvingskracht gelijk aan de zwaartekracht.

Met geopende parachute zal deze snelheid ongeveer 30 km/h bedragen.