



Voorprogramma natuurkunde

2025

w.j.vreeling@rug.nl

Inhoud

- Mol en getal van Avogadro
- Molmassa, AMU en molvolume
- Coulomb kracht
- Lading [coulomb] en $Q = I \cdot t$
- Stroomsterkte [A] en [coulomb/seconde]
- Spanning [Volt] en [Joule/coulomb] en ladingsdichtheidverschil
- Model waterleiding voor spanning en stroom
- Energie J en energie eV
- Versnellen van een elektron in een elektrisch veld
- Afbuigen van een elektron in een magnetisch veld
- Golflengte Frequentie Energie foton Lichtsnelheid en constante van Planck

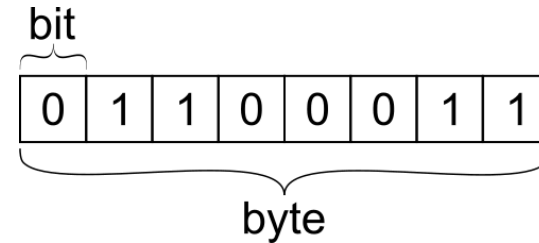
Optioneel

- Afronden en wetenschappelijke notatie
- Rekenen met machten van 10
- Logaritmische schaal aflezen en gebruiken
- Rekenen met eenheden – als hulp- en controle middel

Mol en het getal van Avogadro

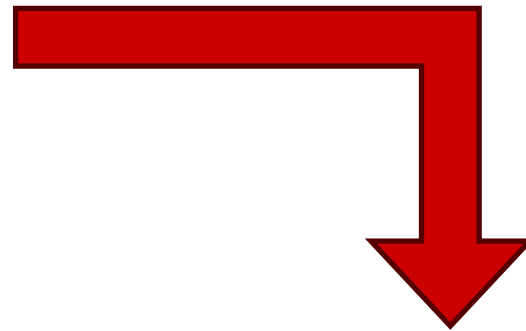
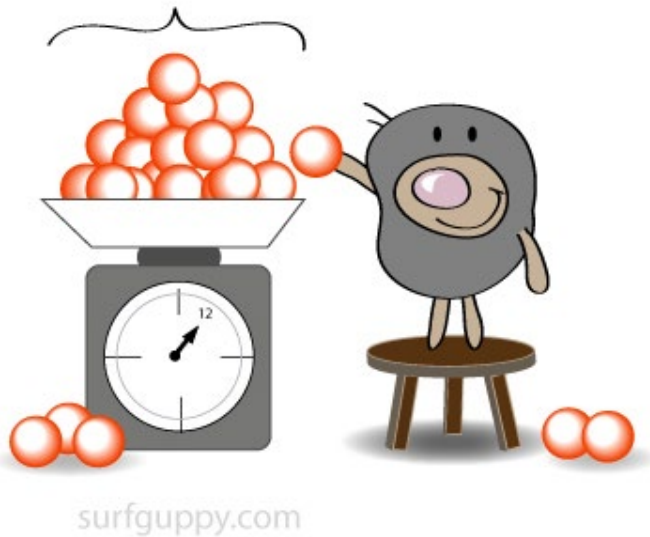


Dozijn = 12



Mol en het getal van Avogadro

$6,02214 \cdot 10^{23}$ koolstof atomen = 12 gram *tot 2019



$6,02214 \cdot 10^{23} = 1 \text{ mol}$
Is het getal van Avogadro N_A

Mol en het getal van Avogadro

- › Atomaire massa (u): Dit is de massa van een enkel atoom, uitgedrukt in eenheden gebaseerd op $1/12$ van de massa van een koolstof-12-atoom $^*/ N_A$.
- › Molaire massa (M in g/mol): Dit is de massa van 1 mol moleculen (of atomen) in gram. Voor atomen is het numeriek gelijk aan de atoommassa in u , maar met de eenheid g/mol .

Mol en het getal van Avogadro

Enkele atomen:

- › Waterstof (H): $1.008 \text{ u} \approx 1\text{u}$
- › Helium (He): $4.003 \text{ u} \approx 4\text{u}$
- › Koolstof (C): $12.011^* \text{ u} \approx 12\text{u}$
- › Stikstof (N): $14.007 \text{ u} \approx 14\text{u}$
- › Zuurstof (O): $15.999 \text{ u} \approx 16\text{u}$

*gemiddelde van koolstof-isotopen

Te vinden in: periodiek systeem van de elementen,
Binas, Wikipedia.

Apps: Isotope Browser IAEA, Periodic Table

Mol en het getal van Avogadro

Enkele moleculen:

> Water: H_2O

$$2 \times 1\text{u} + 16\text{u} = 18\text{u} = 18 \text{ gram/mol}$$

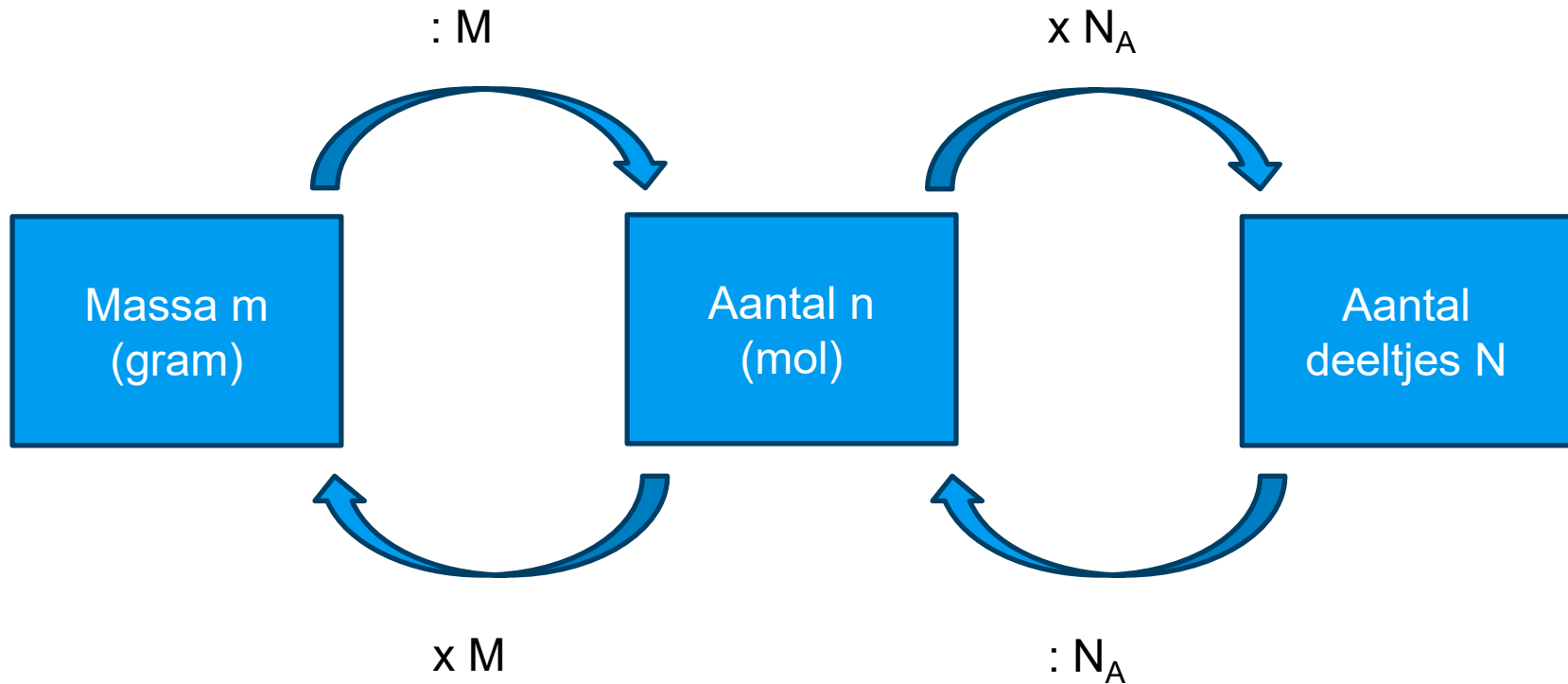
> Koolstofdioxide: CO_2

$$12\text{u} + 2 \times 16\text{u} = 44\text{u} = 44 \text{ gram/mol}$$

> Methaan: CH_4

$$12\text{u} + 4 \times 1\text{u} = 16\text{u} = 16 \text{ gram/mol}$$

Mol en het getal van Avogadro



Mol en het getal van Avogadro

Hoeveel moleculen in 1,0 gram water?

$$1,0 \text{ [gram]} / 18 \text{ [gram/mol]} = 0,056 \text{ [mol]}$$

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ [moleculen/mol]} \times 0,056 \text{ [mol]} = 3,3 \cdot 10^{22} \text{ [moleculen]}$$

Hoeveel gram wegen $2,62 \cdot 10^{11}$ atomen I^{131} ?

$$\frac{2,62 \cdot 10^{11} \text{ [atomen]}}{6,022 \cdot 10^{23} \left[\frac{\text{atomen}}{\text{mol}} \right]} \cdot 131 \left[\frac{\text{gram}}{\text{mol}} \right] = 5,70 \cdot 10^{-11} \text{ [gram]}$$

Opgave 3

<https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/edu/cd/cd-data-examen/ovcd-2018-1.pdf>

Mol en het getal van Avogadro

Hoeveel moleculen in 1,0 gram water?

$$1,0 \text{ [gram]} / 18 \text{ [gram/mol]} = 0,056 \text{ [mol]}$$

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ [moleculen/mol]} \times 0,056 \text{ [mol]} = 3,3 \cdot 10^{22} \text{ [moleculen]}$$

Hoeveel gram wegen $2,62 \cdot 10^{11}$ atomen I^{131} ?

$$\frac{2,62 \cdot 10^{11} \text{ [atomen]}}{6,022 \cdot 10^{23} \left[\frac{\text{atomen}}{\text{mol}} \right]} \cdot 131 \left[\frac{\text{gram}}{\text{mol}} \right] = 5,70 \cdot 10^{-11} \text{ [gram]}$$

Opgave 3

<https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/edu/cd/cd-data-examen/ovcd-2018-1.pdf>

Mol en het getal van Avogadro

Hoeveel moleculen in 20,0 gram ethanol?

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_6\text{O} = 2 \times 12 + 6 \times 1 + 1 \times 16 = 24 + 6 + 16 = 46 \text{ AMU /u}$$

$$20,0 \text{ [gram]} / 46 \text{ [gram/mol]} = 0,435 \text{ [mol]}$$

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ [moleculen/mol]} \times 0,435 \text{ [mol]} = 2,61 \cdot 10^{23} \text{ [moleculen]}$$

Hoeveel gram wegen $2,62 \cdot 10^{24}$ atomen Pb^{210} ?

$$\frac{2,62 \cdot 10^{24} \text{ [atomen]}}{6,022 \cdot 10^{23} \left[\frac{\text{atomen}}{\text{mol}} \right]} \cdot 210 \left[\frac{\text{gram}}{\text{mol}} \right] = 913 \text{ [gram]}$$

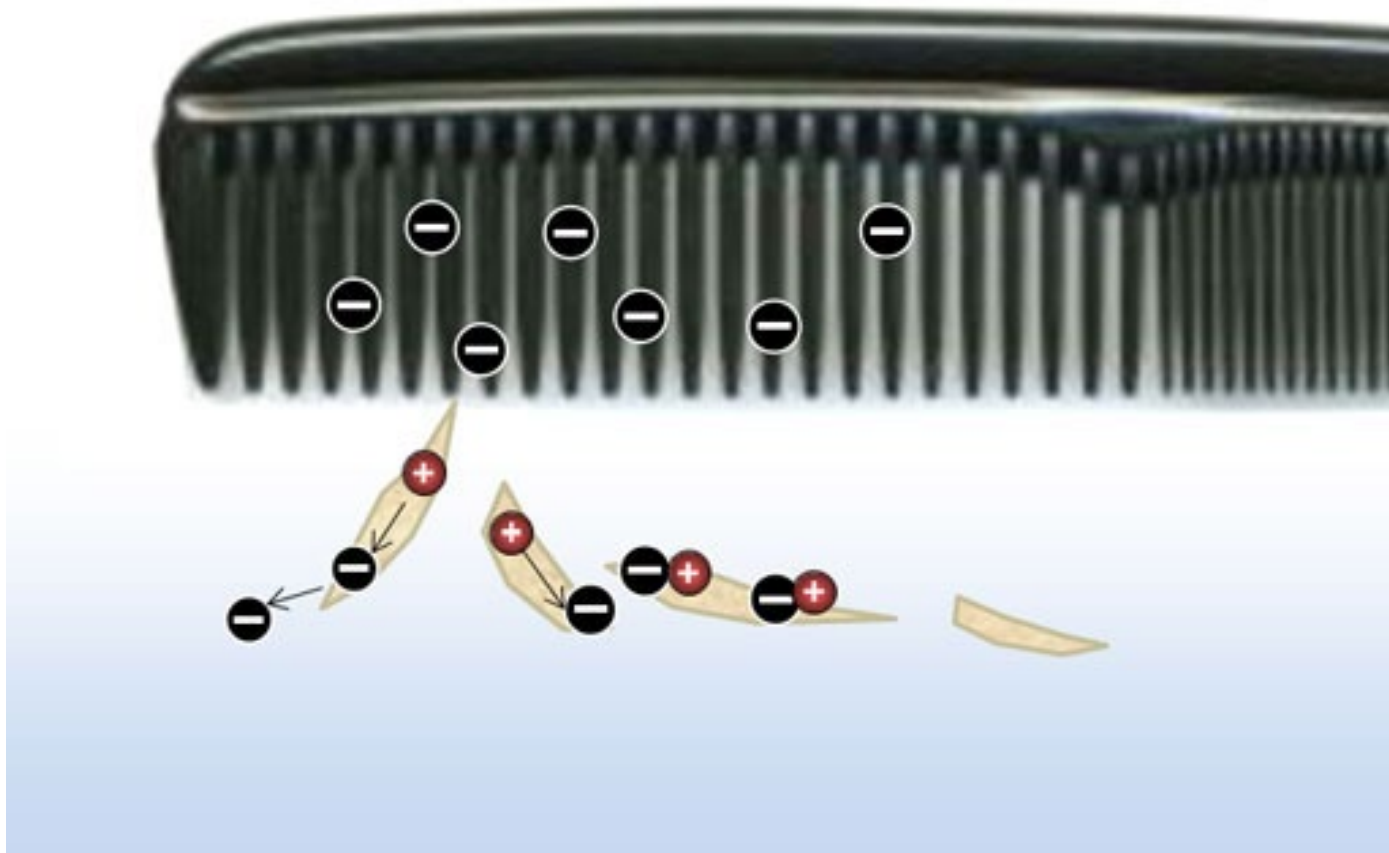
Opgave 3

<https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/edu/cd/cd-data-examen/ovcd-2018-1.pdf>

Lading - Coulomb

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html

Lading - Coulomb



Lading - Coulomb

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_all.html

Lading - Coulomb

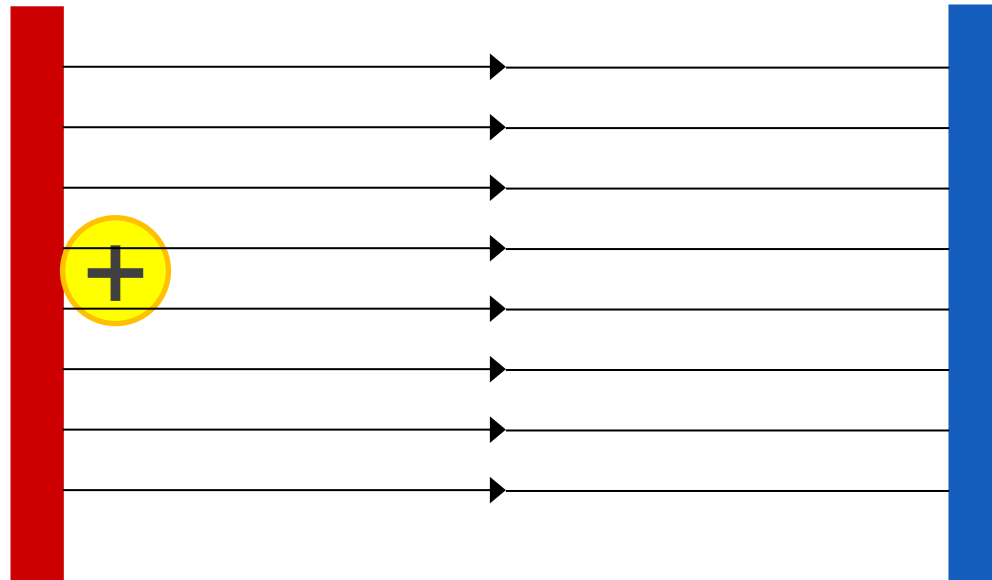
> 1 elektron $\rightarrow q = 1,6022 \cdot 10^{-19}$ Coulomb lading

Dus hoeveel elektronen in 1,00 Coulomb lading?

$$1,00 \text{ [coulomb]} / 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ [coulomb/elektron]} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ elektronen}$$

Spanning - Volt

Spanning [Volt] is de energie [Joule] die het kost (arbeid) of oplevert om een lading van 1 Coulomb te bewegen in een elektrisch veld.

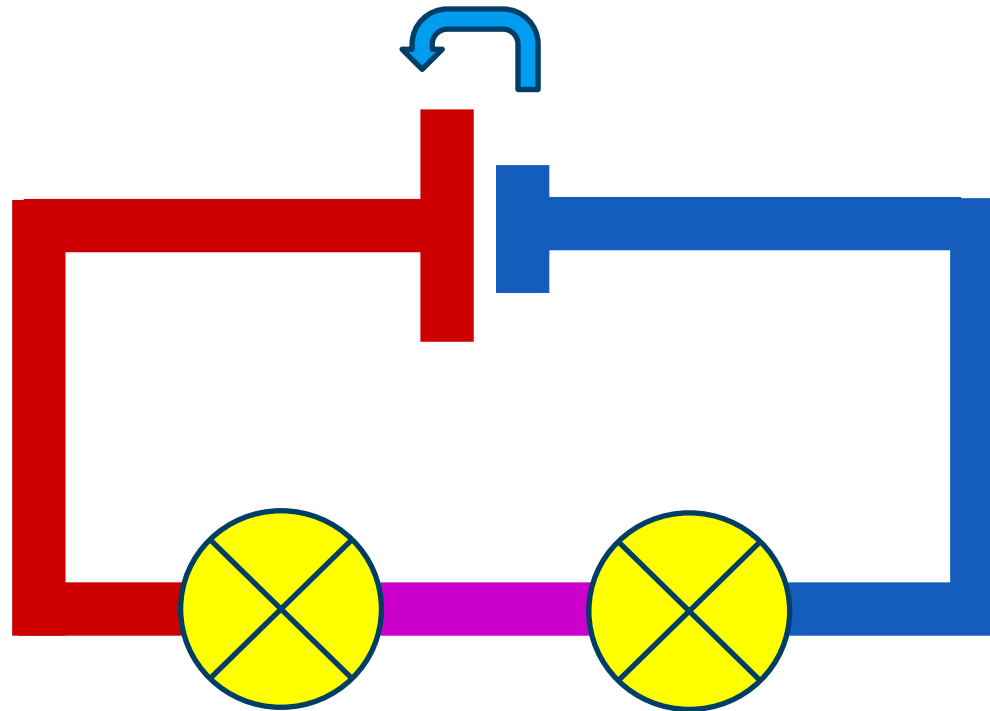


Spanning - Volt

Spanning is ook een soort ladingsdichtheid verschil.

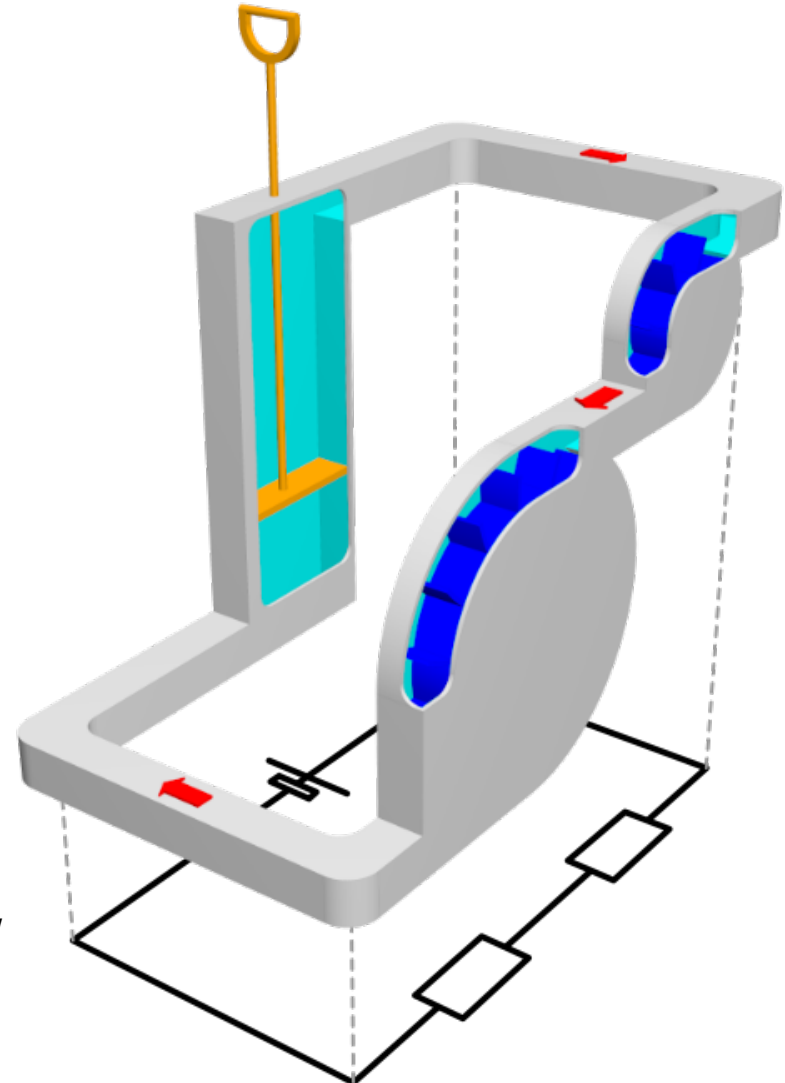
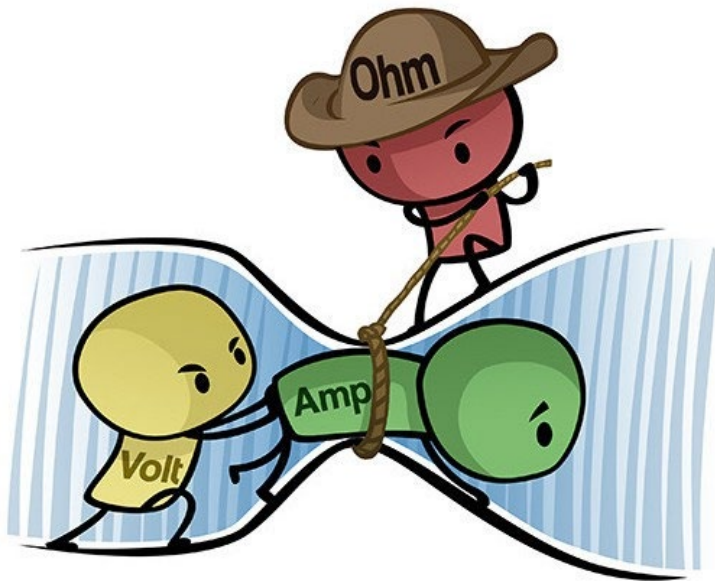
Bij de + pool hoge ladingsdichtheid

Bij de – pool lage ladingsdichtheid



Stroom – Spanning - Weerstand

Analogie



<https://www.build-electronic-circuits.com/basic-electronics/>

Von Georg Fuchs <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=88611497>

Stroom – Spanning - Weerstand

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool	Equiv.eenheid
Stroom	I	Ampère	A	coulomb/s
Spanning	V	Volt	V	joule/coulomb
Weerstand	R	Ohm	Ω	V/A
Vermogen	P	Watt	W	joule/s

$$V = I \times R \rightarrow I = V/R \rightarrow$$

$$P = V \times I$$

Bijvoorbeeld:

R = 250 Ohm, I = 20 mA

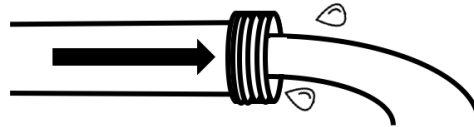
bereken V: 5 Volt

Stroom – Spanning - Energie

Electric Power vs Energy

Power

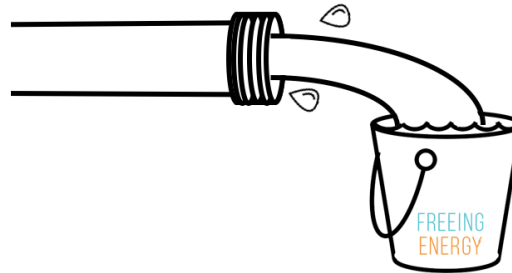
Watts or
kilowatts



...is like the flow
rate of the water

Energy

Watt-hours or
kilowatt hours



...is like the the
amount of water
that ends up in
the bucket

$$E = P \text{ [joule/s]} \times t \text{ [s]} = V \times I \times t$$

Stroom – Ampère

Stroomsterkte = lading die per seconde stroomt

1 Ampère = 1 Coulomb per seconde : $I = C/t$

Hoeveel elektronen treffen de anode in 10 minuten,
de stroomsterkte bedraagt 50 μA .

$$\frac{50 \cdot 10^{-6} [\text{coulomb/s}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{coulomb/elektron}]} \cdot 10 [\text{min}] \cdot 60 \left[\frac{s}{\text{min}} \right] =$$

$1,9 \cdot 10^{17}$ elektronen

Vraagstuk 2

<https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/edu/cd/cd-data-examen/ovcd-2021-1.pdf>

Stroom – Spanning - Energie

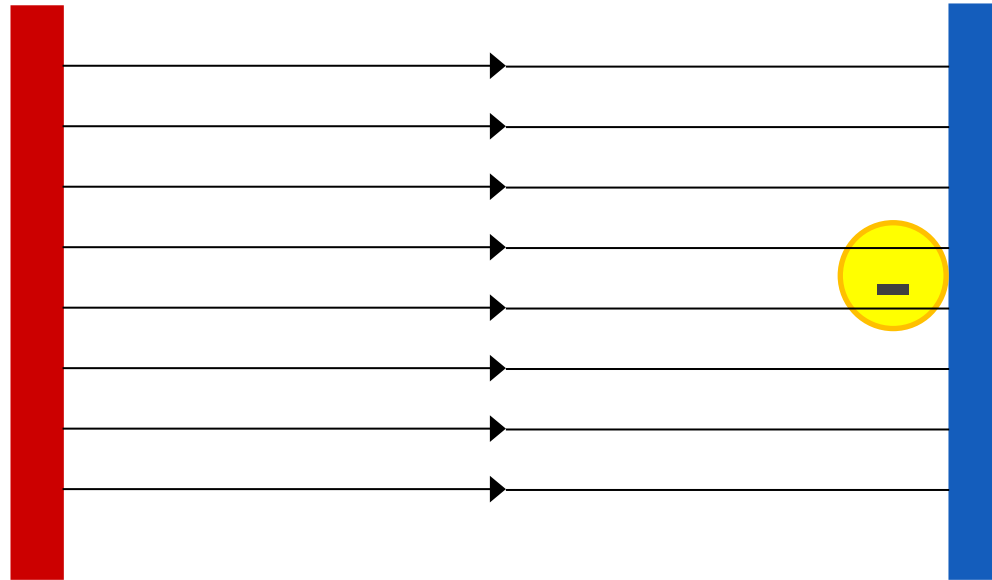
Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool	Equiv.eenheid
Stroom	I	Ampère	A	coulomb/s
Spanning	V	Volt	V	joule/coulomb
Weerstand	R	Ohm	Ω	V/A
Vermogen	P	Watt	W	joule/s
Energie	E	Joule	J	joule

$$E = P \text{ [joule/s]} \times t \text{ [s]} = V \times I \times t$$

Bijvoorbeeld: $230 \text{ [V]} \times 0,5 \text{ [A]} \times 2,0 \text{ [uur]} \times 3600 \text{ [s/uur]} = 8,3 \cdot 10^5 \text{ [Joule]}$

Energie van een elektron [eV]

1 elektron-volt [eV] is de energie dat een elektron krijgt als het versneld wordt door een spanningsverschil van 1 volt.

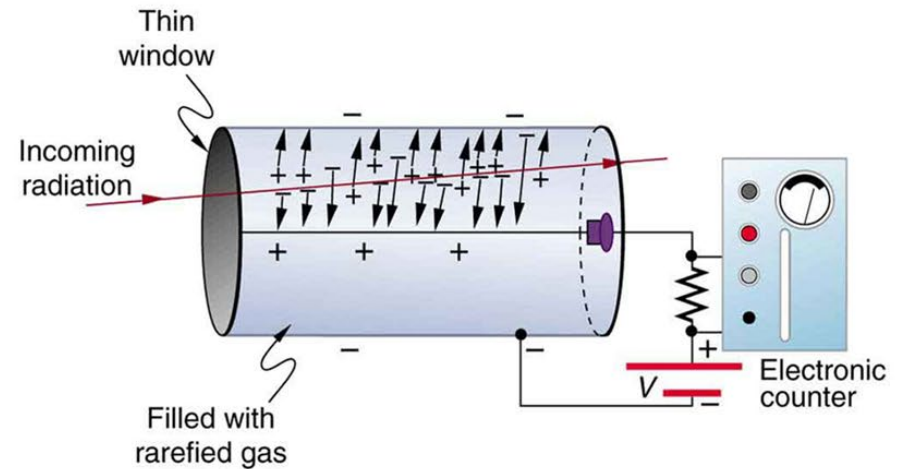


1 eV komt overeen met $1,6022 \cdot 10^{-19}$ Joule

Energie van een elektron [eV]

Een deeltje ioniserende straling creëert 4000 ionenparen in het gas in een geiger-müller telbuis terwijl het er doorheen gaat. Welke minimale energie is er afgezet, als er 30,0 eV nodig is om elk ionenpaar te maken? Zet de energie om in joule.

$$1,602\text{E-}19 \times 30 \times 4000 = 1,92\text{E-}14 \text{ J}$$



(b)

Lading in een magneetveld

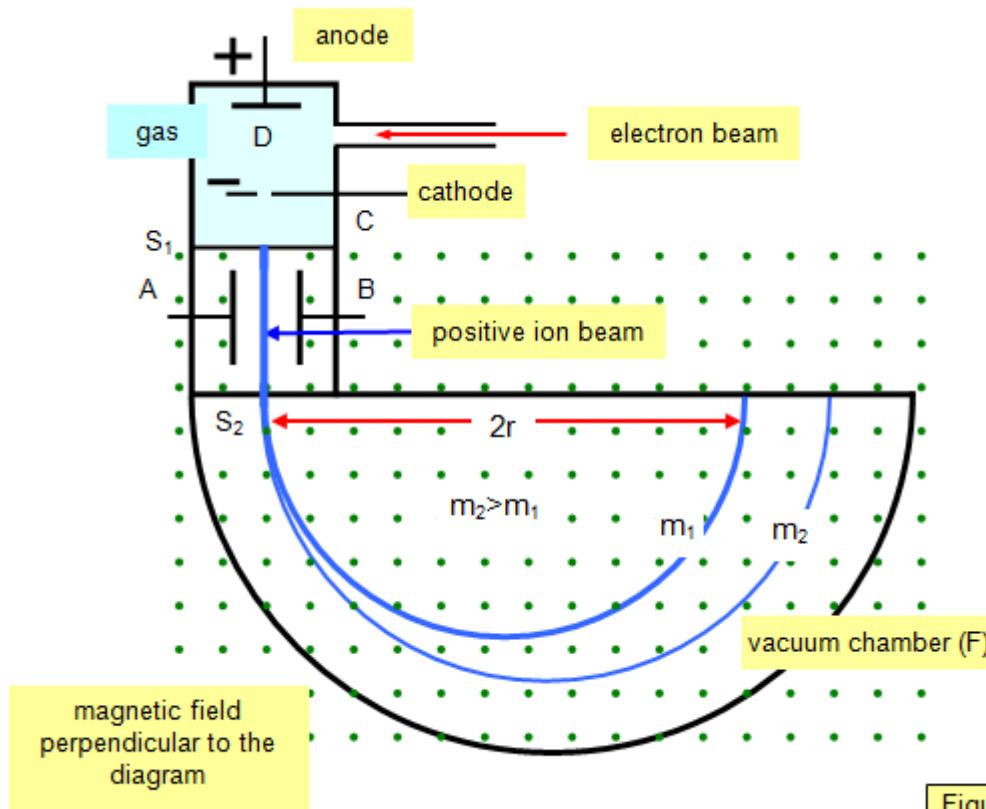


Figure 1

http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Atomic%20physics/Atomic%20structure%20and%20ions/text/Mass_spectrometer/images/1.png

Lading in een magneetveld

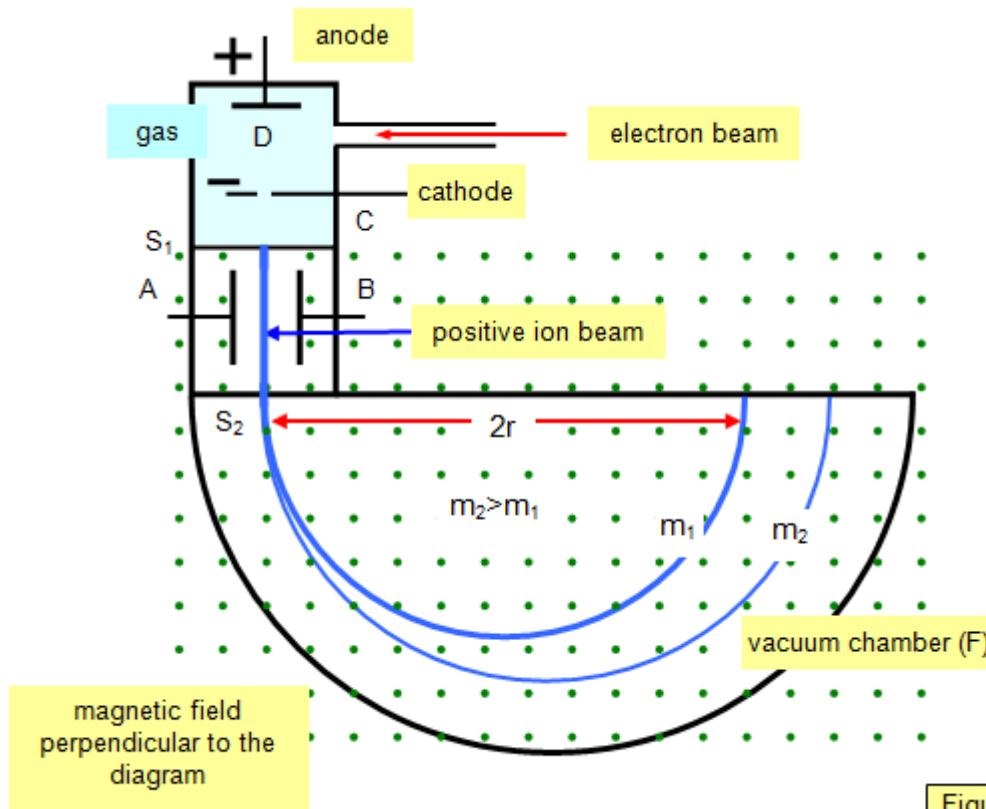


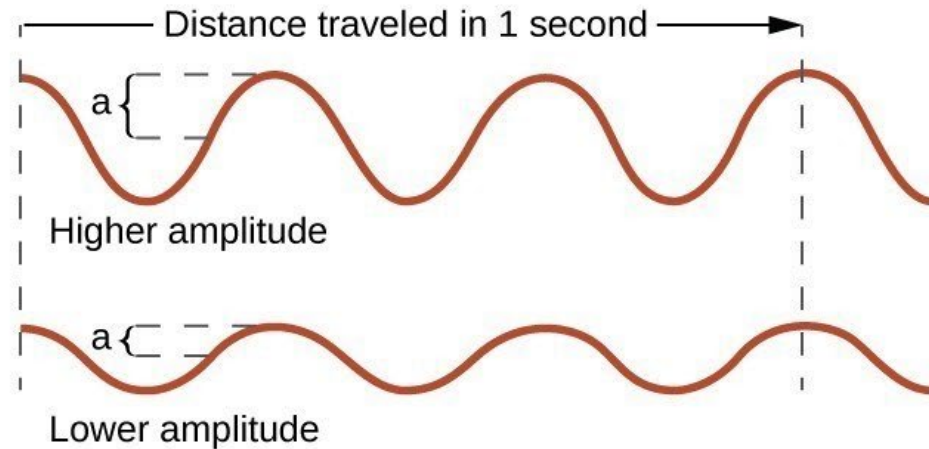
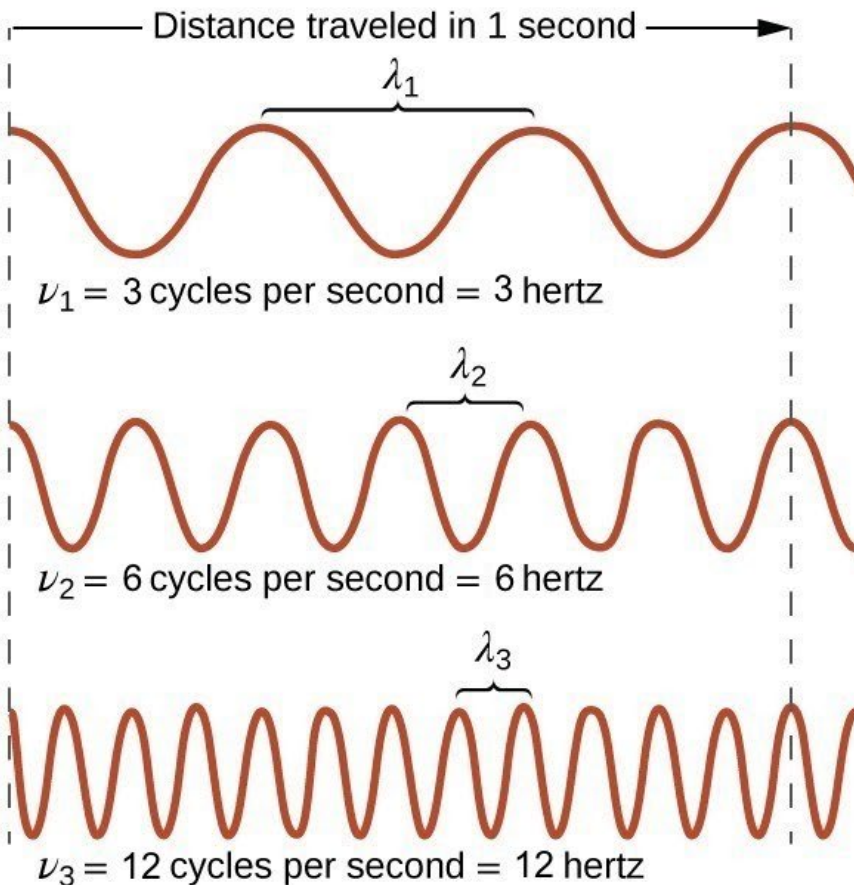
Figure 1

http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Atomic%20physics/Atomic%20structure%20and%20ions/text/Mass_spectrometer/images/1.png

Golven

$$\lambda[m] = v [m.s^{-1}] \cdot T[s]$$

$$\lambda[m] = v [m.s^{-1}] / f[s^{-1}]$$



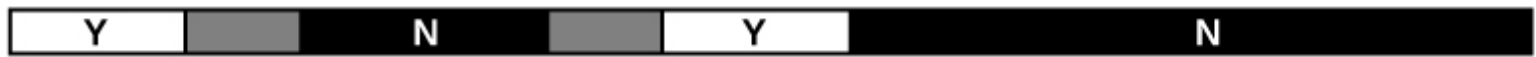
Frequentie f in [per seconde] of [Hz]
Het boek gebruikt symbool ν 'nu'
voor de frequentie. Gebruikelijk bij
EM-golven.

Golven - EM

$$\lambda[m] = c [m \cdot s^{-1}] / \nu [s^{-1}]$$

c is de lichtsnelheid: $3,00 \cdot 10^8$ m/s

Penetrates Earth's atmosphere?



Radiation type
Wavelength (m)

Radio
 10^3

Microwave
 10^{-2}

Infrared
 10^{-5}

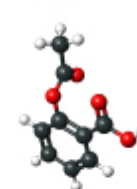
Visible
 0.5×10^{-6}

Ultraviolet
 10^{-8}

X-ray
 10^{-10}

Gamma ray
 10^{-12}

Approximate
scale



Buildings

Humans

Honey bee

Needle Point

Protozoans

Molecules

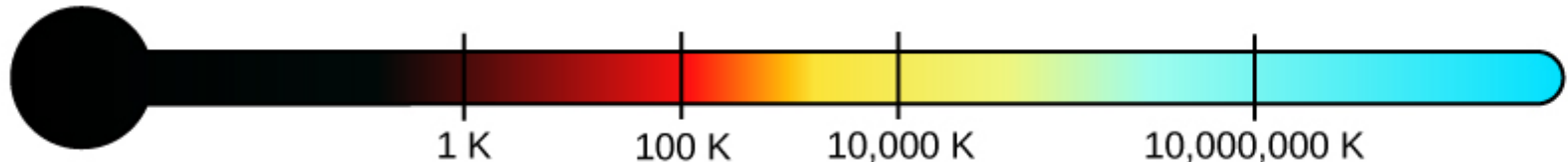
Atoms

Atomic Nucle

Frequency (Hz)



Temperature of
bodies emitting
the wavelength



Golven - EM

$$\lambda[m] = c [m \cdot s^{-1}] / \nu[s^{-1}]$$

c is de lichtsnelheid: $3,00 \cdot 10^8$ m/s

Radiogolf heeft een frequentie van 91,8 MHz
Bereken de golflengte:



Golven - EM

$$\lambda[m] = c [m.s^{-1}] / \nu[s^{-1}]$$

c is de lichtsnelheid: $3,00 \cdot 10^8$ m/s

Radiogolf heeft een frequentie van 91,8 MHz
Bereken de golflengte:

$$\lambda = c / \nu$$

$$\lambda = 3,00 \cdot 10^8 [m.s^{-1}] / 91,8 \cdot 10^6 [s^{-1}]$$

$$\lambda = 3,27 \text{ meter}$$

Kwart golflengte antenne: 82 cm

Golven - EM

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

h is de constante van Planck:
 $6,626 \cdot 10^{-34}$ [J.s]

Voorbeeld:

Bereken de energie van een foton met een golflengte van $1,91 \cdot 10^{-10}$ m

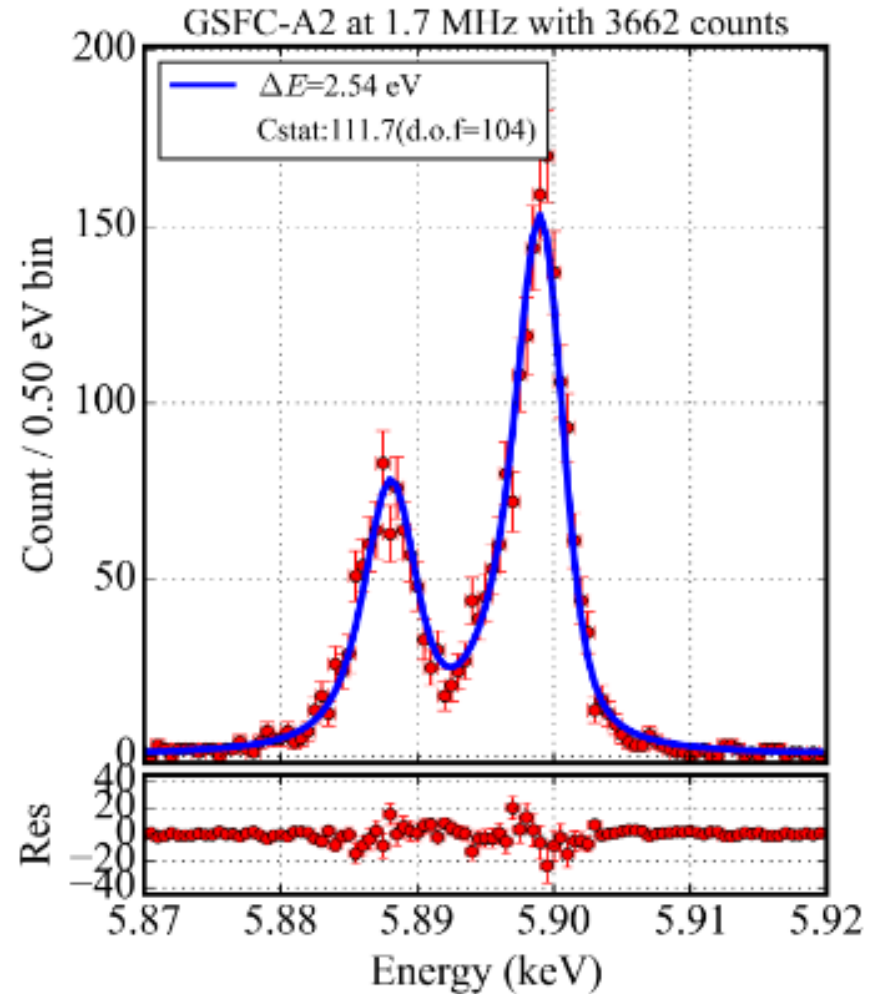
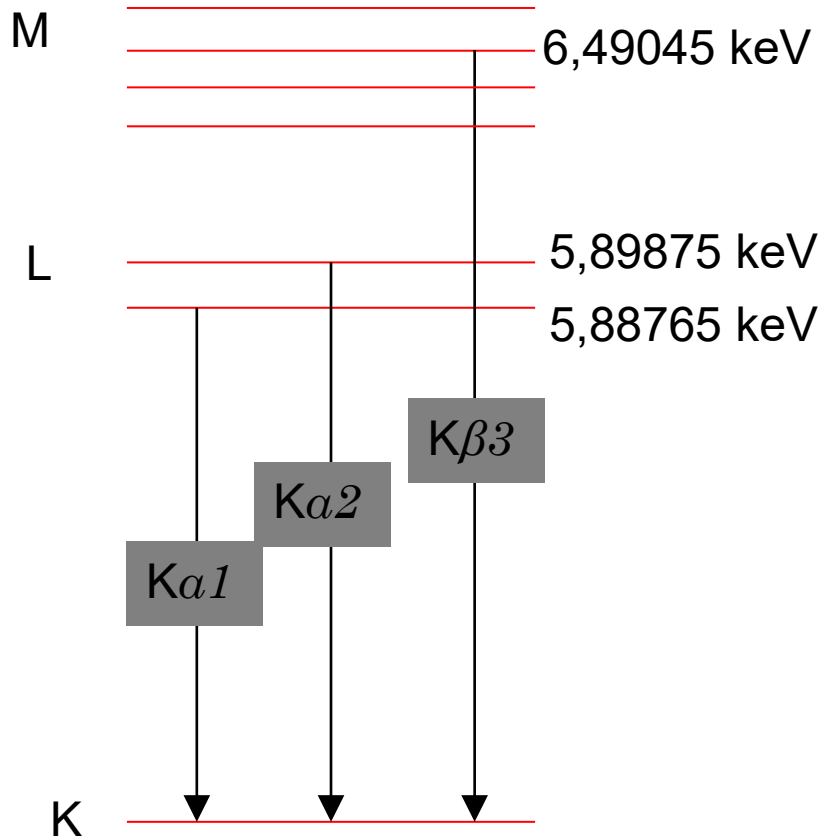
$$E = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ [J.s]} \times 3,00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]} / 1,91 \cdot 10^{-10} \text{ [m]} = 1,04 \cdot 10^{-15} \text{ Joule}$$

Omgerekend naar eV:

$$1,04 \cdot 10^{-15} \text{ [J]} / 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ [J/eV]} = 6,5 \cdot 10^3 \text{ eV} = 6,5 \text{ keV}$$

Frequentie f in [per seconde] of [Hz]
Het boek gebruikt symbool ν 'nu'
voor de frequentie. Gebruikelijk bij
EM-golven.

Kalibratiebron – ^{55}Fe

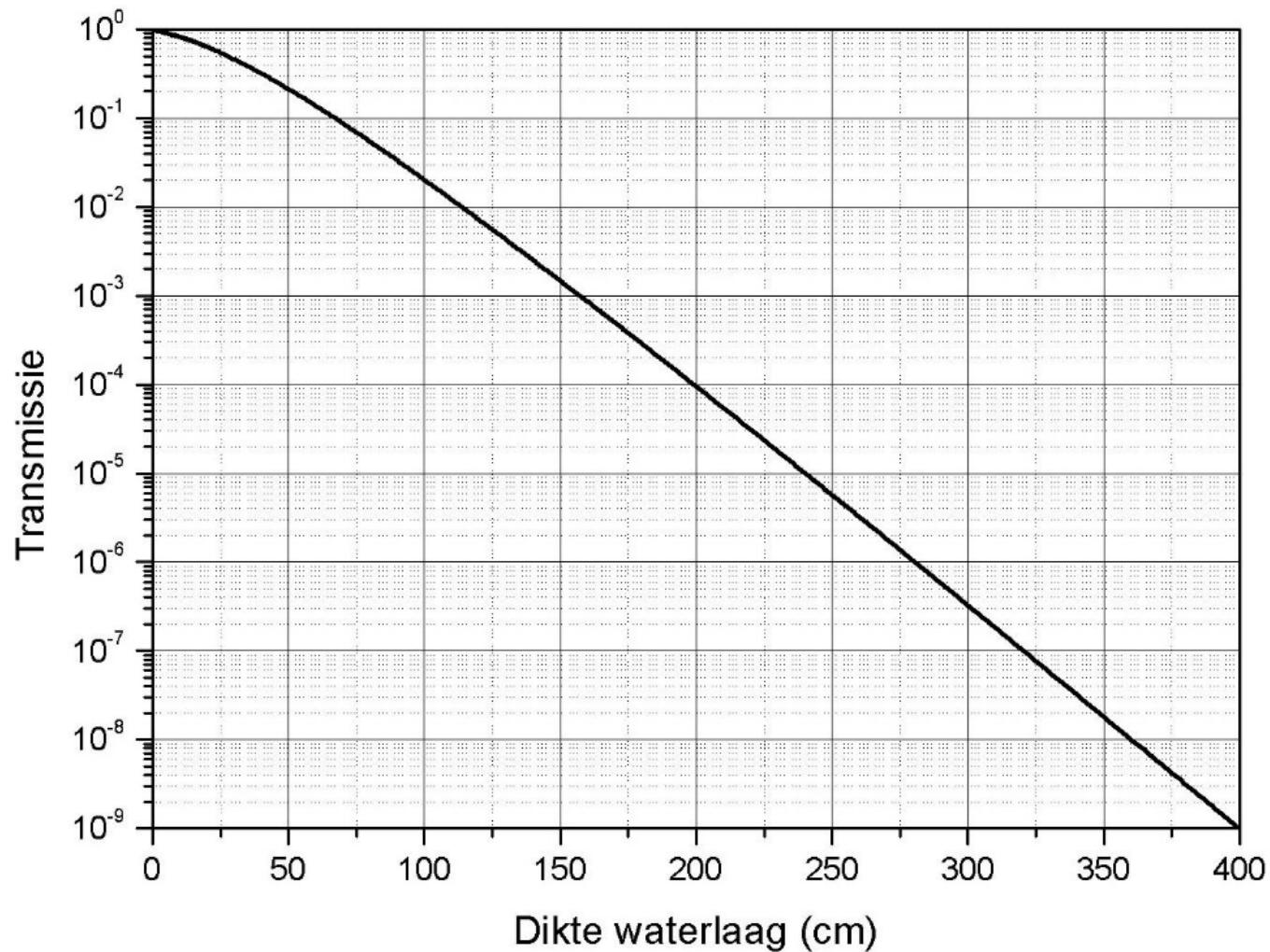


Bindingsenergie

Extra's

- › Logaritmes berekenen
- › Logaritmische schaal aflezen

Extra's



Figuur 1: Transmissie van een door ^{60}Co uitgezonden brede bundel γ -straling in water

Rekenmachine

- › <https://math4all.pragmapod.nl/resources/otherfiles/casio-fx82nl-basistechnieken.pdf>
- › Machten van 10 invoeren
- › X^y
- › Ans-toets
- › Afronden – wetenschappelijke notatie
- › Geheugen functie