



Vrije Universiteit Brussel

Faculteit Ingenieurswetenschappen

Formules Fysica

Egon Geerardyn

revisie 0.1 (28 oktober 2008)



Voorwoord

Referenties

1. PROF. R. WILLEM, *Chemie: Structuur en Transformaties van de materie*, Dienst Uitgaven VUB 2006.
2. PROF. M. BIESEMANS en PROF. R. WILLEM , *Chemie: Oefeningen*, Dienst Uitgaven VUB 2006.
3. BROWN, LEMAY en BURSTEN , *Chemistry: the Central Science (10th Edition)*, Pearson Education 2006.

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Golven | 3 |
| 1.1 | Staande Golven | 3 |
| 1.2 | Zwevingen | 3 |
| 2 | Geluid | 4 |
| 3 | Elektromagnetisme | 4 |
| 4 | Kernfysica | 7 |
| 5 | Quantumfysica | 8 |
| A | Het SI-stelsel | 9 |
| A.1 | SI-prefixen | 9 |
| B | Conversies | 10 |
| C | Constantes | 11 |
| D | Grootte-orde en referentiewaarden | 12 |

1 Golven

Golfbetrekking Vlakke monochromatisch golf

$$\frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial t^2} = 0$$

Vectorvorm

$$\Delta \Psi(\vec{r}, t) - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t^2} = 0$$

Algemene vorm van een golf:

$$\Psi(x, t) = \Psi_1(x - vt) + \Psi_2(x + vt)$$

Harmonische oscillator

$$H(x, t) = A \sin(\kappa x - \omega t + \phi_0)$$

$$\omega = \kappa \cdot v$$

$$v \triangleq \frac{\omega}{\kappa}$$

Bij mechanische lin. HO:

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{\kappa}{m}\right)}$$

1.1 Staande Golven

$$\text{Knoop} \quad x_K = 2n \frac{\lambda}{4}$$

$$\text{Buik} \quad x_B = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$$

Resonante staande golven (beide uiteinden vast)

$$\lambda_n = \frac{2l}{n}$$

Voor $n = 1$: grondtoon.

1.2 Zwevingen

$$\Psi_1 = A \sin(\kappa_1 x - \omega_1 t)$$

$$\Psi_2 = A \sin(\kappa_2 x - \omega_2 t)$$

$$\begin{cases} \kappa_1 = K + \delta\kappa \\ \kappa_2 = K - \delta\kappa \end{cases} \quad \begin{cases} \omega_1 = \Omega + \delta\omega \\ \omega_2 = \Omega - \delta\omega \end{cases}$$

$$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 = 2A \cos(\delta\kappa x - \delta\omega t) \sin(Kx - \Omega t)$$

Bij een transversale mechnisch golf:

$$v = k \sqrt{\frac{T}{\mu}} = k \sqrt{\frac{\text{terugroepingskracht}}{\text{inertiefactor}}}$$

2 Geluid

$$I =$$

$$\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad \text{met } I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$$

3 Elektromagnetisme

Samenvatting: 4 Maxwellbetrekkingen

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{\rho_{\text{alle}}}{\epsilon_0} && \text{Gauss} \\ c^2 \operatorname{rot} \vec{B} &= \frac{\vec{J}_{\text{alle}}}{\epsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} && \text{Ampère-Maxwell} \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} && \text{Faraday-Lenz} \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \end{aligned}$$

Coulomb

$$\vec{F}_{q(\text{tot})} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i (\vec{r} - \vec{r}_i)}{\|\vec{r} - \vec{r}_i\|^3}$$

Gauss/Maxwell 1

$$\begin{aligned} \Phi_E &= \oint_{\partial V} \vec{E}(\vec{r}) \cdot \vec{n}_u \, dS = \frac{Q_{\text{in}}}{\epsilon_0} \\ \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{\rho_{\text{elek}}}{\epsilon_0} \end{aligned}$$

Elektrostatistische potentiaal

$$\begin{aligned} U_{\text{elek}} &= E_{p(\text{elek})} = qV \\ \vec{E} &= -\operatorname{grad} V \\ \Delta V &= -\int_{\ell} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \end{aligned}$$

Dipoolmoment

$$\vec{\mu}_{el} = |q|\vec{\ell} \quad \text{met } \vec{\ell} \text{ gericht van negatief naar positief}$$

Bijhorende potentieële energie

$$U(\theta) = -\vec{\mu}_{el} \cdot \vec{E}$$

Stromen

$$I = \iint_S \vec{J}_{el} \cdot d\vec{S} = \iint_S \vec{J}_{el} \cdot \vec{n}_+ \, ds$$

Lorentzkracht

$$\vec{F}_{Lo} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$

Laplacekracht

$$\vec{F}_{La} = I \int_{\ell} d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Definitie magnetisch inductieveld

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_i \frac{q_i \vec{v}_i \times (\vec{r} - \vec{r}_i)}{\|\vec{r} - \vec{r}_i\|^3}$$

Biot en Savart

$$d\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}_{\Delta}}{\|\vec{r}_{\Delta}\|^3} \quad \text{met } \vec{r}_{\Delta} = \vec{r} - \vec{r}_i \text{ en } \ell \text{ de (boog)lengte van) geleider}$$

$$\vec{B}_{tot} = \frac{I\mu_0}{4\pi} \int_{\ell} \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}_{\Delta}}{\|\vec{r}_{\Delta}\|^3}$$

Cyclotron

$$f = \frac{qB}{2\pi m}$$

$$\omega_c = \frac{m}{qB}$$

Larmorstraal

$$r_L = \frac{v_{\perp}}{\omega_c} = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

Driftsnelheid

$$v_D = \frac{I}{Sn_e |q_e|} = \frac{I}{S\rho_{el}}$$

Potentiële energie in een magnetisch veld

$$U_{magn} = E_{p(magn)} = -\vec{\mu}_{magn} \cdot \vec{B}$$

Ampère2 (enkel bij een constante stroom!)

$$c^2 \operatorname{rot} \vec{B} = \frac{1}{\epsilon_0} \vec{J}_{alle}$$

$$c^2 \iint_S \operatorname{rot} \vec{B} \cdot \vec{n}_u dS = c^2 \oint_{\partial S} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \frac{1}{\epsilon_0} \iint_S \vec{J}_{alle} \cdot \vec{n}_u dS = \frac{I_{alle}}{\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$$

Ampère-Maxwell

$$c^2 \operatorname{rot} \vec{B} = \frac{1}{\epsilon_0} \vec{J}_{alle} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Faraday-Lenz

$$\frac{d}{dt} \iint_S \vec{E} \cdot \vec{n}_u \, dS = - \oint_{\partial S} \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = - \text{r\ddot{o}t } \vec{E}$$

Wet van Pouillet

$$R = \frac{\rho_R \ell}{A} \quad \text{met } \rho_R \text{ de resistiviteit}$$

Poynting

$$\vec{S} \triangleq \epsilon_0 c^2 (\vec{E} \times \vec{B})$$

$$\rho_{EM} = \frac{\epsilon_0}{2} \|\vec{E}\|^2 + \frac{\epsilon_0 c^2}{2} \|\vec{B}\|^2$$

Bilanvergelijking:

$$\frac{\partial \rho_{EM}}{\partial t} = - \text{div } \vec{S} - \vec{E} \cdot \vec{J}_{alle}$$

Irradiantie

$$I_{RR} = \|\vec{S}\|$$

$$\langle I_{RR} \rangle = \frac{\epsilon_0 c}{2} \|\vec{E}\|^2$$

$$\langle \rho_{EM} \rangle = \frac{\epsilon_0}{2} \|\vec{E}\|^2$$

4 Kernfysica

notaties

A_ZX

$$m({}^A_ZX) \quad \text{kernmassa}$$

$$M({}^A_ZX) \quad \text{atoommassa}$$

Massadefect

$$m_{\Delta} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n + Z \cdot m_e - M({}^A_ZX)$$

Bindingsenergie

$$E_b = m_{\Delta} c^2$$

Druppelmodel Formule van vonc Weiszäcker

$$m({}^A_ZX) = (Zm_p + (A - Z)m_n) - a_v A + a_s A^{2/3} + a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} + a_A \frac{(A - 2Z)^2}{A} + \Delta$$

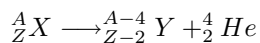
- $(Zm_p + (A - Z)m_n)$: massaterm
- $-a_v A$: volumeterm, interacties binnenin de kern
- $a_s A^{2/3}$: oppervlakteterm, interacties aan de rand
- $a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}}$: Coulombterm: afstoting tussen verschillende protonen
- $a_A \frac{(A - 2Z)^2}{A}$: correctieterm, stabiliteit bij $N = Z$, mindere invloed bij hogere A
- Δ : symmetrieterm:

| | | |
|--------|----------------------------------|---------------------------------|
| $N Z$ | even | oneven |
| even | $\Delta = -\frac{a_p}{\sqrt{A}}$ | $\Delta = 0$ |
| oneven | $\Delta = 0$ | $\Delta = \frac{a_p}{\sqrt{A}}$ |

Activiteit

$$A(t) = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

α -verval



β^- -verval



β^+ -verval



Elektronenvangst



γ -verval

5 Quantumfysica

$$X\hat{H}Y$$

1.

A Het SI-stelsel

A.1 SI-prefixen

| Decimale Prefix | | Waarde | Binaire Prefix | | Waarde |
|-----------------|-------|------------|----------------|----|----------|
| yotta | Y | 10^{24} | yobi | Yi | 2^{80} |
| zetta | Z | 10^{21} | zebi | Zi | 2^{70} |
| exa | E | 10^{18} | exbi | Ei | 2^{60} |
| peta | P | 10^{15} | pebi | Pi | 2^{50} |
| tera | T | 10^{12} | tebi | Ti | 2^{40} |
| giga | G | 10^9 | gibi | Gi | 2^{30} |
| mega | M | 10^6 | mebi | Mi | 2^{20} |
| kilo | k | 10^3 | kibi | Ki | 2^{10} |
| hecto | h | 10^2 | | | |
| deca | da | 10^1 | | | |
| deci | d | 10^{-1} | | | |
| centi | c | 10^{-2} | | | |
| milli | m | 10^{-3} | | | |
| micro | μ | 10^{-6} | | | |
| nano | n | 10^{-9} | | | |
| pico | p | 10^{-12} | | | |
| femto | f | 10^{-15} | | | |
| atto | a | 10^{-18} | | | |
| zepto | z | 10^{-21} | | | |
| yocto | y | 10^{-24} | | | |

Opmerking: Bij binaire eenheden worden vaak de decimale prefixen gebruikt met de waarde van hun binaire tegenhanger.

B Conversies

Energie

| Beschrijving | Eenheid | > omzetting > | Eenheid |
|--------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Elektronvolt | $x = [\text{eV}]$ | $y = x \cdot q_e $ | $y = [\text{J}]$ |

Temperatuur

| Beschrijving | Eenheid | > omzetting > | Eenheid |
|--------------|---------------------------|--|------------------|
| Celsius | $x = [^{\circ}\text{C}]$ | $y = x + 273,15$ | $y = [\text{K}]$ |
| Fahrenheit | $x = [^{\circ}\text{F}]$ | $y = (x + 459,67) \cdot \frac{5}{9}$ | $y = [\text{K}]$ |
| Réaumur | $x = [^{\circ}\text{Ré}]$ | $y = \frac{5}{4}x + 273,15$ | $y = [\text{K}]$ |
| Rømer | $x = [^{\circ}\text{Rø}]$ | $y = (x - 7,5) \frac{40}{21} + 273,15$ | $y = [\text{K}]$ |
| Rankine | $x = [^{\circ}\text{Ra}]$ | $y = \frac{5}{9}x$ | $y = [\text{K}]$ |

C Constantes

| Beschrijving | Symbool | Waarde | Eenheid |
|--|--------------|------------------------------------|---|
| Pi | π | 3,141592 | |
| Lichtsnelheid in het vacuüm | c | 299792458 | m s ⁻¹ |
| Permeabiliteit vacuüm | μ_0 | $4\pi \cdot 10^{-7} \approx \dots$ | N A ⁻² |
| Permittiviteit vacuüm | ϵ_0 | $8,85419 \cdot 10^{-12}$ | F m ⁻¹ |
| Gravitatieconstante | G | $6,67260 \cdot 10^{-11}$ | m ³ kg ⁻¹ s ⁻² |
| Valversnelling | g | 9,81 | m s ⁻² |
| Gasconstante | R | 8,31451 | J mol ⁻¹ K ⁻¹ |
| Constante van Avogadro | N_A | $6,0228 \cdot 10^{23}$ | mol ⁻¹ |
| Constante van Boltzman | k_B | $1,38 \cdot 10^{-23}$ | J K ⁻¹ |
| Constante van Planck | h | $6,6260693 \cdot 10^{-34}$ | J s |
| Gereduceerde constante van Planck | \hbar | $1,0545717 \cdot 10^{-34}$ | J s |
| Elementaire lading/Lading van het elektron | q_e | $-1,6021765 \cdot 10^{-19}$ | C |

$$\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$$

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

D Grootte-orde en referentiewaardes

Relatieve geluidsintensiteit

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|---------------------------------|---------|---------|
| Onhoorbaar voor de mens | 0 | dB |
| Fluisteren, ritselende bladeren | 10 – 20 | dB |
| Gesprek | 60 | dB |
| Negende van Beethoven | 100 | dB |
| Pop/Rock-festival | 110 | dB |
| Pijngrens | 130 | dB |

Voor de mens waarneembare spectra

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|------------------------------|------------|---------|
| Geluidsspectrum (frequentie) | 20 – 20000 | Hz |

Elektromagnetisch Spectrum

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|------------------------------|-----------|---------|
| Zichtbaar licht | 350 – 750 | nm |
| Zichtbaar licht (frequentie) | 450 – 750 | THz |
| Violet | 380 – 450 | nm |
| Blauw | 450 – 495 | nm |
| Groen | 495 – 570 | nm |
| Geel | 570 – 590 | nm |
| Oranje | 590 – 620 | nm |
| Rood | 620 – 750 | nm |

Bulkmodulus

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| Vaste stoffen en vloeistoffen | $\approx 10^{10}$ | N m^{-2} |
| Water | $0,21 \cdot 10^{10}$ | N m^{-2} |
| Lucht | $1,41 \cdot 10^5$ | N m^{-2} |

Massadichtheden

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|--------------|--------|--------------------|
| Water | 1000 | kg m^{-3} |
| Lucht | 1,21 | kg m^{-3} |

Stroom

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|-----------------------|-----------------------|---------|
| microchips | $10^{-12} - 10^{-16}$ | A |
| Cathod Ray Tube | 10^{-2} | A |
| gloeilamp | 10^0 | A |
| dodelijk voor de mens | 100 – 200 | mA |

Resistiviteit

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|----------------|---------------------|--------------------|
| metalen | 10^{-8} | $\Omega \text{ m}$ |
| supergeleiders | ≈ 0 | $\Omega \text{ m}$ |
| halfgeleiders | ≈ 640 | $\Omega \text{ m}$ |
| isolatoren | $10^{10} - 10^{14}$ | $\Omega \text{ m}$ |

Geluidssnelheden

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|
| v_s in lucht (20 ° C op zeeniveau) | ≈ 344 | m s^{-1} |
| v_s in lucht (15 ° C op zeeniveau) | ≈ 340 | m s^{-1} |
| v_s in lucht (0 ° C op zeeniveau) | ≈ 331 | m s^{-1} |
| v_s in water | ≈ 1551 | m s^{-1} |
| v_s in staal | ≈ 5100 | m s^{-1} |

Energie

| Beschrijving | Waarde | Eenheid |
|--|----------------|-------------------|
| bindingsenergie | 1 | eV |
| ionisatieenergie | 10 | eV |
| elektrostatistische afstotingsenergie i.e. atoom | 10^6 | eV |
| v_s in staal | ≈ 5100 | m s^{-1} |