

Natuurkunde compendium

R. Rood

Inhoud:

<u>Hoofdstuk</u>	<u>bladzijde</u>
1. Mechanica	1
grootheden, eenheden, symbolen	5
constanten, coëfficiënten	5
2. Trillingen en golven	6
grootheden, eenheden, symbolen	9
constanten, coëfficiënten	9
3. Optica	10
grootheden, eenheden, symbolen	11
4. Vloeistoffen, gassen en warmte	12
grootheden, eenheden, symbolen	14
constanten, coëfficiënten	14
5. Elektriciteit en magnetisme	15
grootheden, eenheden, symbolen	20
constanten, coëfficiënten	20
6. Fysische informatica	22
7. Atoomfysica	26
grootheden, eenheden, symbolen	28
constanten, coëfficiënten	28
8. Kernfysica	29
grootheden, eenheden, symbolen	31
constanten, coëfficiënten	31
9. Biofysica	32
grootheden, eenheden, symbolen	33
10. Hemellichamen en satellieten	34
grootheden, eenheden, symbolen	35
constanten, coëfficiënten	35

1. Mechanica

verplaatsing

$$\Delta x = s(t) = x(t) - x(0)$$

gemiddelde snelheid

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad v(t) = \frac{dx}{dt}$$

gemiddelde versnelling

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad a(t) = \frac{dv}{dt}$$

afgelegde weg eenparig
rechtlijnige beweging

$$x(t) = x(0) + vt$$

afgelegde weg eenparig
versnelde beweging

$$x(t) = x(0) + v(0)t + \frac{1}{2}at^2$$

snelheidsfunctie

$$v(t) = v(0) + at$$

afgelegde baan eenparige
cirkelbeweging

$$s(t) = \varphi(t)r \text{ (}\varphi \text{ in rad)}$$

afgelegde hoek eenparige
cirkelbeweging

$$\varphi(t) = \omega t, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

baansnelheid eenparige
cirkelbeweging

$$v = \omega r$$

middelpuntzoekende
versnelling eenparige
cirkelbeweging

$$a_{\text{mpz}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

middelpuntzoekende kracht
eenparige cirkelbeweging

$$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

tweede wet van Newton

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

impuls van een massa
(hoeveelheid beweging)

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

krachtstoot

$$\vec{F}\Delta t = m\overline{\Delta v}$$

wet van arbeid en kinetische energie

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

arbeid

$$W = F s \cos \alpha$$

arbeid (algemeen)

$$W = \int \vec{F}_s ds$$

vermogen

$$P = \frac{W}{t}$$

kinetische energie

$$U_k = \frac{1}{2}mv^2$$

zwaarte energie

$$U_z = mgh$$

zwaartekracht

$$F_z = mg$$

krachtmoment

$$M = Fr$$

hefboomwet

$$M_1 + M_2 = 0$$

grootheden en eenheden en hun symbolen bij mechanica

<u>grootheid</u>	<u>sym- bool</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
afgelegde hoek	ϕ	radialen	rad
afgelegde weg	$\Delta x, s$	meter	m
arbeid	W	joule	$J = N \cdot m$
energie	U, E	joule	$J = N \cdot m$
hoeksnelheid	ω	radialen per seconde	$rad \cdot s^{-1}$
impuls	p	kilogram meter per seconde	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$
kracht	F	newton	$N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$
massa	m	kilogram	kg
moment	M	newton meter	$N \cdot m$
snelheid	v	meter per seconde	$m \cdot s^{-1}$
straal	r	meter	m
tijd	t	seconde	s
vermogen	P	watt	$W = J \cdot s^{-1}$
versnelling	a	meter per secondekwadraat	$m \cdot s^{-2}$

constanten en coëfficiënten bij mechanica

<u>sym- bool</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
g	valversnelling	$9,81 \cdot m \cdot s^{-2}$

2. Trillingen en golven

frequentie

$$f = \frac{1}{T}$$

uitwijking harmonische trilling

$$u(t) = r \sin(2\pi f t)$$

snelheid harmonische trilling

$$v(t) = 2\pi f r \cos(2\pi f t)$$

versnelling harmonische trilling

$$a(t) = -4\pi^2 f^2 r \sin(2\pi f t)$$

fase

$$\phi = \frac{t}{T}$$

*op $t = 0$: voorwerp
in positieve richting
door de evenwichtstand*

kracht uitgerekte veer

$$\vec{F}_{\text{veer}} = -c u$$

energie uitgerekte veer

$$U_{\text{veer}} = \frac{1}{2} c u^2$$

trillingstijd
massa-veersysteem

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$$

trillingstijd mathematische
slinger

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

voorwaarde staande golf
twee vaste uiteinden

$$l = n \frac{1}{2} \lambda \quad (n \in \mathbf{N})$$

voorwaarde staande golf
één uiteinde gesloten

$$l = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda \quad (n \in \mathbf{N})$$

golflengte

$$\lambda = vT$$

faseverschil

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

breking volgens Huygens

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n_2 \sim 1$$

dopplereffect

$$f_w = \frac{v}{v - v_b} f_b$$

grootheden, eenheden en symbolen bij trillingen en golven

<u>grootheid</u>	<u>sym- bool</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
amplitude	r	meter	m
energie	U, E	joule	J = N m
fase	φ		
faseverschil	$\Delta\varphi$		
frequentie	f	Hertz	Hz = s ⁻¹
golflengte	λ	meter	m
invalshoek	i	graden	°
kracht	F	newton	N
lengte	l	meter	m
massa	m	kilogram	kg
periode	T	seconde	s
refractiehoek	r	graden	°
snelheid	v	meter per seconde	m s ⁻¹
uitwijking	u	meter	m
veerconstante	c	newton per meter	n m ⁻¹
versnelling	a	meter per secondekwadraat	m s ⁻²

constanten en coëfficiënten bij trillingen en golven

<u>sym- bool</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
g	valversnelling	9,81 m s ⁻²

3. Optica

terugkaatsingswet

$$\angle i = \angle t$$

brekingswet volgens Snellius

$$n_{1-2} = \frac{\sin i}{\sin t}$$

lenzenformule

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

vergroting

$$N = \left| \frac{b}{v} \right|$$

grenshoek

$$\sin g = \frac{1}{n}$$

maxima tralie

$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{d}$$

grootheden en eenheden en hun symbolen bij optica

<u>grootheid</u>	<u>sym- bool</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
beeldsafstand	b	meter	m
brandpuntsaf- stand	f	meter	m
brekingsindex	n		
golflengte	λ	meter	m
invalshoek	$\angle i$	graden	°
refractiehoek	$\angle t,$ $\angle r$	graden	°
traliecon- stante	d	per meter	m ⁻¹
vergroting	N		
voorwerpsaf- stand	v	meter	m

4. Vloeistoffen, gassen en warmte

dichtheid

$$\rho = \frac{m}{V}$$

druk

$$p = \frac{F}{A}$$

kelvintemperatuur

$$T = t + 273 \text{ (t in } ^\circ\text{C)}$$

algemene gaswet

$$\frac{pV}{T} = nR$$

rendement

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

soortelijke warmte

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

warmtecapaciteit

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

**grootheden, eenheden en hun symbolen bij
vloeistoffen gassen en warmte**

<u>grootheid</u>	<u>sym- bool</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg m^{-3}
druk	p	pascal	$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$
kracht	F	newton	N
massa	m	kilogram	kg
molaire massa	n	mol	mol
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2
rendement	η		
soortelijke warmte	c	joule per kilogram per kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
temperatuur	T	kelvin	K
vermogen	P	watt	$\text{W} = \text{J s}^{-1}$
volume	V	kubieke meter	m^3
warmte	Q	joule	J
warmte- capaciteit	C	joule per kelvin	J K^{-1}

**constanten en coëfficiënten bij
vloeistoffen, gassen en warmte**

<u>sym- bool</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
R	gasconstante	$8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

5. Electriciteit en magnetisme

wet van Coulomb

$$F = f \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (f = 9,0 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$$

potentiaal van een puntlading
of bol met $r \geq r_{bol}$

$$V = f \frac{Q}{r}$$

veldsterkte

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

veldsterkte

$$E = -\frac{dv}{dx}, \quad E = \frac{\Delta V}{\Delta x}$$

arbeid verricht door een veld

$$W_{\text{veld}_{A \rightarrow B}} = q(V_A - V_B)$$

lading

$$Q(t) = It$$

spanning

$$V = IR$$

vermogen

$$P = I^2 R$$

energie elektrische stroom

$$U = Pt$$

stroomsterkte
parallelschakeling

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

vervangingsweerstand
serieschakeling

$$R_v = R_1 + R_2 + \dots$$

vervangingsweerstand
parallelschakeling

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

weerstand homogene draad

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

lorentzkracht op
stroomvoerende geleider

$$F_1 = BIl \sin \alpha$$

lorentzkracht op bewegend
deeltje

$$F_1 = Bqv$$

wisselspanning

$$V(t) = V_{\max} \sin(2\pi f t)$$

wisselstroom

$$I(t) = I_{\max} \sin(2\pi f t)$$

effectieve spanning

$$V_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{\max}$$

effectieve stroomsterkte

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$$

magnetische flux

$$\Phi = B_{\perp} A$$

inductiespanning

$$V_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

transformator

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

vermogen bij ideale
transformator

$$P_P = P_S$$

magnetische inductie spoel

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l}$$

capaciteit condensator

$$C = \frac{Q}{V}$$

RC tijd

$$\tau = RC$$

opladen condensator

$$I(t) = I(0) e^{-\frac{t}{RC}}$$

**grootheden, eenheden en hun symbolen bij
elektriciteit en magnetisme**

<u>grootheid</u>	<u>sym- bool</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
aantal windingen	N		
afstand	x	meter	m
arbeid	W	joule	$J = N \text{ m}$
capaciteit	C	farad	$F = C \text{ V}^{-1}$
elektrische veldsterkte	E	newton per coulomb	$N \text{ C}^{-1} = V \text{ m}^{-1}$
energie	U, E	joule	$J = N \text{ m}$
frequentie	f	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
kracht	F	newton	N
lading	Q, q	coulomb	C
lengte	l	meter	m
magnetische inductie	B	tesla	$T = \text{Wb m}^{-2}$ $= N \text{ A}^{-1} \text{ m}^{-1}$
magnetische flux	ϕ	weber	$\text{Wb} = V \text{ s}$
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2
RC-tijd	τ	seconde	s
snelheid	v	meter per seconde	m s^{-1}
soortelijke weerstand	ρ	ohm meter	$\Omega \text{ m}$
spanning	V	volt	V
straal	r	meter	m
stroomsterkte	I	ampère	A
tijd	t	seconde	s
vermogen	P	watt	$W = J \text{ s}^{-1}$
weerstand	R	ohm	$\Omega = V \text{ A}^{-1}$

constanten en coëfficiënten bij elektriciteit en magnetisme

<u>sym-</u> <u>bool</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
f	$1 / 4\pi\epsilon_0$	$8,98755 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van het vacuüm	$1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$

6. Fysische informatica

Het *blokschema* geeft de belangrijkste functies van informatieverwerkende systemen weer.

De belangrijkste stappen in het informatieverwerkende systeem zijn:

- de *invoer*, het waarnemen via *sensoren*;
- de *verwerking*, de signaalwaarden van de sensoren worden geïnterpreteerd door *verwerkers*;
- de *uitvoer*, als gevolg van de beoordeling van de signalen worden *actuatoren* aangestuurd.

De verschillende *informatieverwerkende systemen*:

Een *meetsysteem* verwerft informatie over eigenschappen en verschijnselen uit de ons omringende wereld. Het is belangrijk een meetsysteem van te voren goed te ijken, om de juiste gegevens te verkrijgen uit de meting. De lineairiteit geeft aan in welke mate de afgegeven spanning evenredig is met de gemeten grootte. De *gevoeligheid* van de sensor geeft aan hoe groot de spanningsverandering is per eenheidsverandering van de te meten grootte. Het *meetbereik* van de sensor is het gebied waarin de sensor metingen kan verrichten. Voorbeelden van meetsystemen zijn de thermometer en de weegschaal.

Een *stuursysteem* is een systeem dat op basis van verwerking van het sensorsignaal een actie laat volgen. Voorbeelden van stuursystemen zijn een beregeningsinstallatie en automatische straatverlichting. De *actuator* is het apparaat dat de actie uitvoert, in de voorbeelden dus de sproeiers en de lantaarnpalen.

Een *regelsysteem* zorgt er steeds voor dat het verschil tussen de gewenste waarde van een grootte en de gemeten waarde zo klein mogelijk is. Een belangrijk aspect van dit soort systemen is de zogenaamde *terugkoppeling*. Dit wil zeggen dat een eventueel resultaat beoordeeld wordt en op grond van die beoordeling de nieuwe actie wordt bijgesteld. Een voorbeeld hiervan is de centrale verwarming, de grootte die bijgehouden wordt is dan de temperatuur.

Verschillende *sensoren*:

De *temperatuursensor* geeft een spanning af die gerelateerd is aan de temperatuur. Naarmate de temperatuur hoger wordt wordt de spanning die afgegeven wordt hoger.

De *lichtsensor* geeft een spanning af die afhankelijk is van

de hoeveelheid invallend licht. Hoe meer licht er op de sensor valt des te hoger is de spanning die afgegeven wordt.

Een *geluidssensor* geeft een hoog signaal af zodra de geluidsintensiteit boven een bepaalde waarde komt.

De *reedsensor* schakeld als er een bepaald magnetisch veld bij de sensor aanwezig is. De sensor geeft een tweewaardig signaal af. Het uitgangssignaal is hoog zolang het magnetisch veld in de buurt van de sensor is, anders is het uitgangssignaal laag.

Verschillende verwerkers:

De *transistorschakelaar* is een schakelaar zonder bewegende delen. Deze schakelaar geeft, afhankelijk van de waarde van het ingangssignaal een *tweewaardig uitgangssignaal*. Het uitgangssignaal is 'wel spanning' of 'geen spanning'. Het uitgangssignaal is hoog als de ingangsspanning onder de referentiespanning ligt. De transistor is vervaardigd van halfgeleidermateriaal. Het is afhankelijk van het soort materiaal bij welke spanning er geschakeld wordt. Transistoren van het halfgeleidermateriaal germanium schakelen bij een ingangsspanning van 0,3V, die van silicium bij 0,7V. De transistor vormt de basis van de elektronische gegevensverwerking. Van deze schakeling komen er miljoenen voor in de computer. De transistor is als schakelaar zo populair vanwege zijn grote schakelsnelheid en kleine afmetingen.

De *comparator* wordt net als de transistor gebruikt. Een belangrijk verschil tussen deze twee is dat bij de comparator de schakelspanning ingesteld kan worden. Het uitgangssignaal gaat van laag naar hoog als de spanning op de ingang boven de *referentiespanning* komt. De comparator kan een *continu signaal* omzetten in een tweewaardig (uitgangs) signaal. Dit is van belang, omdat de alle andere (hier genoemde) verwerkers, met uitzondering van de transistor, slechts tweewaardige signalen kunnen verwerken.

Om tijden te meten maken we gebruik van een *pulsgenerator* en een *pulsenteller*. De pulsgenerator geeft *spanningspulsen* op de uitgang. Een spanningspuls is een signaal dat even hoog is en daarna weer laag. Het aantal pulsen dat de pulsgenerator per seconde afgeeft is instelbaar. De pulsenteller telt het aantal malen dat een tweewaardig signaal van laag naar hoog gaat. De teller heeft drie ingangen:

- tel pulsen: Op deze ingang wordt het signaal aangesloten dat geteld moet worden. Door de 'tel pulsen'-ingang te verbinden met het signaal van een pulsgenerator kunnen ook tijden gemeten worden.
- tellen aan/uit: Door een laag signaal op deze ingang te zetten stopt het tellen, zolang het signaal laag is.
- reset: Door een hoog signaal op deze ingang wordt de tellerstand nul gemaakt, zolang het signaal hoog is.

De *geheugencel* is een verwerker die signaalwaarden kan onthouden. Een hoog ingangssignaal op de 'set'-ingang geeft een hoog uitgangssignaal en houdt dat uitgangssignaal hoog,

ook als het oorspronkelijke ingangssignaal weer laag wordt. Het uitgangssignaal wordt pas weer laag als de 'reset'-ingang hoog wordt. Het uitgangssignaal blijft dan laag totdat de 'set'-ingang weer hoog wordt. Als beide ingangen hoog zijn is het uitgangssignaal ook hoog.

De *EN-poort* behoort tot de familie van de *logische poorten*. Hiertoe behoren ook de hierna te bespreken *OF-poort* en *inverter*. De *EN-poort* heeft twee ingangen en één uitgang. Alleen als de twee ingangen hoog zijn is het uitgangssignaal hoog. In alle andere gevallen is de uitgang laag. De *OF-poort* heeft evenals de *EN-poort* twee ingangen. Als één van de twee of beide signalen hoog is is de uitgang hoog. Zijn beide ingangen laag, dan is ook de uitgang laag.

De *inverter* maakt van een hoog ingangssignaal een laag uitgangssignaal en omgekeerd. De *inverter* kan uitsluitend tweewaardige signalen verwerken.

Verschillende *actuatoren*:

Een belangrijk *uitvoerblok* is het *relais*. Het relais is een schakelaar dat met behulp van een tweewaardig elektrisch ingangssignaal en een spoel schakeld. Het voordeel van het relais is, dat er slechts een kleine stroom nodig is om de elektromagneet te bekrachtigen, terwijl in het circuit waarin de schakelaar ingebouwd is een grote stroom kan lopen.

Er zijn talloze actuatoren. Het type actuator dat gebruikt verschilt steeds per toepassing.

7. Atoomfysica

lorentzkracht op bewegend
deeltje

$$\vec{F}_l = Bq\vec{v}$$

energie van een foton

$$U = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

spectraallijn

$$U_m - U_n = hf$$

uittree-arbeid

$$W_u = hf_g$$

fotoelektrisch effect

$$U_k \leq hf - W_u$$

de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v}$$

onzekerheidsrelatie van
Heisenberg

$$\Delta x \Delta p_x = \frac{h}{4\pi}$$

energie waterstofatoom

$$U_n = - \frac{2\pi^2 f^2 m e^4}{n^2 h^2}$$

**grootheden, eenheden en hun symbolen bij
atoomfysica**

<u>grootheid</u>	<u>symbo ol</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
afgelegde weg	x	meter	m
arbeid	W	joule	J = N m
baannummer van aatom	n		
energie	U, E	joule	J = N m
frequentie	f	hertz	Hz = s ⁻¹
golflengte	λ	meter	m
impuls	p	kilogram meter per seconde	kg m s ⁻¹
kracht	F	newton	N = kg m s ⁻²
lading	Q, q	coulomb	C = A s
magnetische inductie	B	tesla	T = Wb m ⁻²
massa	m	kilogram	kg
snelheid	v	meter per seconde	m s ⁻¹

constanten en coëfficiënten bij atoomfysica

<u>symbo ol</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
c	lichtsnelheid	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
ϵ_0	electrische permittiviteit van het vacuüm	$8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
f	$1 / 4\pi\epsilon_0$	$8,98755 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$
h	constante van Planck	$6,62608 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

8. Kernfysica

aantal nucleonen in kern

$$A = N + Z$$

Einstein

$$U = mc^2$$

halveringstijd =
halfwaardetijd

$$\tau = t_{\frac{1}{2}}$$

vervalconstante

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \ln 2$$

radioactief verval

$$\begin{aligned} N(t) &= N(0) e^{-\lambda t} \\ &= N(0) \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

halveringsdikte

$$d_{\frac{1}{2}}$$

verzwakkingscoëfficiënt

$$\mu = \frac{\ln 2}{d_{\frac{1}{2}}}$$

verzwakking γ -straling

$$\begin{aligned} I(x) &= I(0) e^{-\mu x} \\ &= I(0) \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}} \end{aligned}$$

stralingsdosis

$$D = \frac{U_{\text{opgeling}}}{m}$$

dosisequivalent

$$H = D \times f_{\text{opgeling}}$$

grootheden, eenheden en hun symbolen bij kernfysica

<u>grootheid</u>	<u>symbo</u> <u>ol</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
aantal protonen	Z		
aantal radioactieve kernen	N		
aantal nucleonen	A		
aantal neutronen	N		
activiteit	A	bequerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
dosis- equivalent	H	sievert	$\text{Sv} = \text{J kg}^{-1}$
energie	U, E	joule	$\text{J} = \text{N m}$
halfwaardetij d	$t_{1/2}$	seconde	s
massa	m	kilogram	kg
stralingsdosi s	D	gray	$\text{Gy} = \text{J kg}^{-1}$
tijd	t	seconde	s

constanten en coëfficiënten bij kernfysica

<u>symbo</u> <u>ol</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
c	lichtsnelheid	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

9. Biofysica

hoekvergroting loep met
ongeaccommodeerd oog

$$N_{hoek} = \frac{n}{f}$$

n = afstand nabijheidspunt

sterkte lens

$$S = \frac{1}{f}$$

geluids (druk) niveau

$$L_p = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ in dB (A)}$$

intensiteit volgens
kwadratenwet

$$I = \frac{P_{bron}}{4\pi r^2}$$

grootheden, eenheden en hun symbolen bij biofysica

<u>grootheid</u>	<u>symbo</u> <u>ol</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
afstand nabij heidspunt	n	meter	m
brandpuntaf stand	f	meter	m
geluids (druk) - niveau	L_p	decibel	dB
hoekvergroting	N_{hoek}		
intensiteit	I	watt per vierkante meter	$W \text{ m}^{-2}$
sterkte van brekend oppervlak	S	dioptrie	dpt = m^{-1}
straal	r	meter	m
vermogen	P	watt	$W = J \text{ s}^{-1}$

10. Hemellichamen en satellieten

gravitatiekracht

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

gravitatie-energie

$$U_g = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

verschuivingswet van Wien

$$\lambda_{\max} T = k_W$$

**grootheden, eenheden en hun symbolen bij
hemellichamen en satellieten**

<u>grootheid</u>	<u>symbo</u> <u>ol</u>	<u>eenheid</u>	<u>symbool</u>
kracht	F	newton	$N = \text{kg m s}^{-1}$
massa	m	kilogram	kg
straal	r	meter	m
energie	U, E	joule	$J = N \text{ m}$
golflengte	λ	meter	m
temperatuur	T	kelvin	K

constanten en coëfficiënten bij hemellichamen en satellieten

<u>symbo</u> <u>ol</u>	<u>naam</u>	<u>waarde</u>
G	gravitatieconstante	$6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
k_w	constante van Wien	$2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$