

# Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI)

*The International System of Units (SI)*

Vervangt NEN 950 en NEN 1224 m. 1224

**NEN 999**

1e druk, november 1977

**N E D E R L A N D S   N O R M A L I S A T I E - I N S T I T U U T**

Voorbeeld  
Preview

---

Normcommissie 300 02 „Invoering van het SI”

---

Niets uit deze norm mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NNI.

---

**Nederlands Normalistie-instituut**  
Polakweg 5, Rijswijk (ZH), telefoon (070) 90 68 00\*, telex 32123, postrekening 25301

---

## Inhoud

	blz.
Inleiding	5
1 Onderwerp	7
2 Toepassingsgebied	7
3 Algemene gegevens van het SI	7
3.1 Grondslagen van het SI	7
3.2 Grootheden en eenheden	7
3.3 Basisgrootheden en grondeenheden	8
3.4 Aanvullende grootheden en eenheden	9
3.5 Afgeleide grootheden en eenheden	10
3.6 Dimensies	11
3.7 SI-voorvoegsels	12
3.8 Toelichtingen	13
3.8.1 Orde van een stelsel	13
3.8.2 Van natuurwetten tot SI	13
3.8.3 Vlakke hoek	14
4 Grootheden, SI-eenheden en hun symbolen	15
Bijlage A: Alfabetische lijst van symbolen voor grootheden	31
Bijlage B: Alfabetische lijst van symbolen voor eenheden en decimale voorvoegsels	35
Lijst van de tabellen:	
Tabel 1 – Basisgrootheden en grondeenheden	9
Tabel 2 – Aanvullende grootheden en eenheden	9
Tabel 3 – Afgeleide eenheden met een eigen naam	10
Tabel 4 – Voorbeelden van afgeleide grootheden en hun dimensies	11
Tabel 5 – SI-voorvoegsels	12
Tabel 6 – Ruimte en tijd	15
Tabel 7 – Periodieke en exponentiële verschijnselen	16
Tabel 8 – Mechanica	17
Tabel 9 – Vaste-stofmechanica	18
Tabel 10 – Gas- en vloeistofmechanica (stromingsleer)	19
Tabel 11 – Elektriciteit en magnetisme	19
Tabel 12 – Warmte	22
Tabel 13 – (Chemische) stof en materie	23
Tabel 14 – Elektromagnetische straling	25
Tabel 15 – Licht	26
Tabel 16 – Geluid	26
Tabel 17 – Atomaire en moleculaire verschijnselen	27
Tabel 18 – Kengrootheden, dimensieloze parameters	28
Tabel 19 – Natuurconstanten	29

Voorbeeld  
Preview

## Inleiding

Deze norm is opgesteld door de normcommissie 300 02 „Invoering van het SI” in samenwerking met de normcommissie NEC 25 „Grootheden, eenheden en lettersymbolen” (in de elektrotechniek).

De norm omvat de stof die was opgenomen in de vroegere normen NEN 950 en NEN 1221 t.m. NEN 1224. Bovendien bevat hij een selectie uit de normen NEN 1225 en NEN 1226.

Van al deze normen verscheen de eerste druk in september 1953. De tweede druk van NEN 950 verscheen in september 1969, de tweede druk van NEN 1221 en van NEN 1222 in januari 1968 en die van NEN 1223 en van NEN 1224 in december 1968.

Gezien de snelle invoering van de SI-eenheden in Nederland en daarbuiten is het thans zinvol om in een norm op het gebied van namen en symbolen van fysische grootheden en eenheden uitsluitend de SI-eenheden op te nemen.

Daarnaast zijn er afzonderlijke normen gepubliceerd voor het gebruik (al of niet tijdelijk) van niet-SI-eenheden en voor de herleiding van oude eenheden naar SI-eenheden.

Deze norm geeft informatie over het SI voor vrijwel alle toepassingen. De niet-SI-eenheden die nog in gebruik blijven (sommige tijdelijk) zijn opgenomen in NEN 1000. De herleidingsfactoren van oude eenheden naar SI-eenheden zijn gegeven in NEN 3049. NEN 3069 geeft regels voor de wijze waarop grootheden, eenheden en getallen moeten worden geschreven en gedrukt.

Deze norm is in overeenstemming met de verschillende delen van de internationale norm ISO 31 van de International Organization for Standardization (ISO) en met IEC-publikatie 27-1 van de Electrotechnical Commission (IEC), evenals met de besluiten van de Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

Titels van de vermelde normen en normontwerpen:

NEN 1000		Regels voor het hanteren van het Internationale Stelsel van Eenheden (SI);
NEN 1225		Grootheden, SI-eenheden en hun symbolen. Elektromagnetische straling;
NEN 1226		idem. Atomaire en moleculaire verschijnselen;
NEN 2955		Gegevensverwerking. Aanduiding van SI- en andere eenheden voor toepassing in apparatuur met een beperkt aantal tekens;
NEN 3049		Herleiding van eenheden tot SI-eenheden;
NEN 3069		Grootheden, eenheden en getallen. Schrijf- en zetwijzen;
NEN 20 131		Grootheden en eenheden waarin de fysische en de subjectieve sterkte van geluiden worden uitgedrukt;
NEN 20 226		Normale isofonen voor enkelvoudige tonen en normale gehoordrempel voor vrijeveld omstandigheden;
NEN 20 454		Verband tussen de geluiddrukkniveaus voor gelijke luidheid van smalle bandenruis in een diffuus veld en in een frontaal invallend vrij veld;
ISO 31/0	- 1974	General introduction to ISO 31 - General principles concerning quantities, units and symbols;
ISO/DIS 31/I	- 1975	Quantities and units of space and time;
ISO/DIS 31/II	- 1975	Quantities and units of periodic and related phenomena;
ISO/DIS 31/III	- 1975	Quantities and units of mechanics;
ISO/DIS 31/IV	- 1975	Quantities and units of heat;
ISO/DIS 31/V	- 1975	Quantities and units of electricity and magnetism;
ISO 31/VI	- 1973	Quantities and units of light and related electromagnetic radiations;
ISO/DIS 31/VII	- 1975	Quantities and units of acoustics;
ISO 31/VIII	- 1973	Quantities and units of physical chemistry and molecular physics;
ISO 31/IX	- 1973	Quantities and units of atomic and nuclear physics;
ISO 31/X	- 1973	Quantities and units of nuclear reactions and ionizing radiations;
ISO/DIS 31/XI	- 1975	Mathematical signs and symbols used in physical sciences and technology;
ISO 31/XII	- 1975	Dimensionless parameters;
IEC-publikatie 27-1	- 1971	Letter symbols to be used in electrical technology Part 1: General;
IEC-publikatie 179	- 1973	Precision sound level meters (NEN 10 179).

Andere publikaties:

Bureau International des Poids et Mesures:  
Le Système International d'Unités (SI), 3ème éd. 1977,  
Offilib, 48, Rue Gay-Lussac, F75 - Paris 5e;

Comptes Rendues des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures, Gauthier-Villars, Paris;

Richtlijn van de Raad van 18 oktober 1971 inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen der Lid-Staten op het gebied van de eenheden (71/354/EEG), zie het Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen nr. L 243/1971, pp. 29-37 en nr. L 73/1972, pp. 119 en 120;

Richtlijn van de Raad van 27 juli 1976 tot wijziging van de richtlijn 71/354/EEG inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen der Lid-Staten op het gebied van de meeteenheden (76/770/EEG), zie het Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen nr. L 262/1976, pp. 204-216;

IJkwet 1937, Stb. 627

Wet van den 22sten april 1937, tot nieuwe regeling betreffende de maten, gewichten, meet- en weegwerktuigen;

Eenhedenbesluit, 1968, Stb. 673

Besluit, houdende uitvoering van de artikelen 1, eerste lid, onder b, en vierde lid, en 4, derde en vierde lid, van de IJkwet 1937;

Besluit ter uitvoering van de EEG-richtlijn, 1974, Stb. 108

Besluit, houdende wijziging van het Eenhedenbesluit (Stb. 1968, 673) ter uitvoering van de richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 18 oktober 1971 inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen der Lid-Staten op het gebied van de meeteenheden, no. 71/354 EEG (Pb. EG L 243);

Standaardenbesluit, 1968, Stb. 674

Besluit, houdende uitvoering van artikel 2 van de IJkwet 1937.

Orb  
Preview  
EEN

## 1 Onderwerp

Deze norm geeft de grondslagen van het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), de grootheden die met deze eenheden worden gemeten en de vergelijkingen waarin de betrekkingen tussen deze grootheden zijn vastgelegd. In de norm zijn tevens de namen en symbolen van de grootheden en van de bijbehorende SI-eenheden gegeven.

## 2 Toepassingsgebied

De norm is algemeen van toepassing bij het gebruik van fysische grootheden en eenheden.

## 3 Algemene gegevens van het SI

### 3.1 Grondslagen van het SI

- 3.1.1 Het Internationale Stelsel van Eenheden (Système International d'Unités) is vastgesteld bij besluit (resolutie 12) van de 11e Algemene Conferentie voor Maten en Gewichten (CGPM) in 1960, en is in de daarop volgende jaren aangevuld tot zijn huidige vorm, laatstelijk in de 15e CGPM die is gehouden in mei/juni 1975. Het SI is door de ISO, met uitsluiting van elk ander stelsel, aanvaard. In alle talen is SI de verkorte aanduiding van dit stelsel. Het SI is een uitbreiding van het MKSA-stelsel dat in 1935 van de IEC de naam Giorgistelsel kreeg.

#### Opmerking

De EEG heeft in 1971 inzake het SI een richtlijn gepubliceerd (zie hiervoor NEN 1000). Het Eenhedenbesluit behorende bij de (merziene) IJkwet 1937 is in 1974 met deze richtlijn in overeenstemming gebracht. De ontwerp-aanbeveling van de OIML, de internationale organisatie voor wettelijke metrologie, berust eveneens op het SI.

- 3.1.2 Het SI omvat:

- zeven grondeenheden (zie 3.3);
- twee aanvullende eenheden (zie 3.4);
- en vele afgeleide eenheden (zie 3.5).

- 3.1.3 De onder 3.1.2 genoemde eenheden vormen te zamen een *coherent stelsel* (zie 3.2.4) met betrekking tot de vergelijkingen die aan het stelsel ten grondslag liggen. Dit zijn in hoofdzaak:

- a. de vergelijkingen van de meetkunde en de kinematica,
- b. de vergelijkingen van de mechanica,
- c. de gerationaliseerde vergelijkingen van de elektriciteitsleer,
- d. de vergelijkingen van de warmteleer (mechanisch warmte-equivalent = 1),
- e. de vergelijkingen van de fysische chemie en van de moleculaire fysica,
- f. de vergelijkingen van de fotometrie, waarvan de grootheden via de internationale ooggevoelheidskromme samenhangen met de corresponderende energiegrootheden.

- 3.1.4 De besluiten van de CGPM voorzien verder in een aantal SI-voorvoegsels (zie 3.7), waarmee naar behoefte decimale veelvoud en delen van eenheden van het stelsel kunnen worden gevormd. De op deze wijze gevormde eenheden worden eveneens tot het SI gerekend, maar ze behoren niet tot het coherente stelsel van SI-eenheden.

## 3.2 Grootheden en eenheden

- 3.2.1 Begrippen, die in de natuurwetenschappen en in de techniek worden gehanteerd, zoals „lengte”, „tijd”, „snelheid”, „massa”, „energie”, enz. worden *groothedensoorten* genoemd. Een lengte, een tijd, enz., is een *grootheid*.

#### Opmerking

Het woord „grootheid” wordt vaak kortheidshalve daar gebezigd waar het woord „groothedensoort” juister zou zijn. Een bepaalde lengte, b.v. tien meter, is een grootheid behorende tot de groothedensoort „lengte”.

- 3.2.2 Grootheden van dezelfde soort zijn met elkaar vergelijkbaar in die zin dat men door *meting* hun verhouding kan bepalen.

Is  $\{X\}$  de verhouding tussen de grootheid  $X$  en een andere grootheid van dezelfde soort, dan kan men deze laatste kiezen als *eenheid*, en voorstellen als  $[X]$ . Dan heet  $\{X\}$  de *getalwaarde* van  $X$ , uitgedrukt in de eenheid  $[X]$ . Algemeen geldt:

$$\text{grootheid} = \text{getalwaarde} \times \text{eenheid}$$

$$X = \{X\} \cdot [X] \quad (1)$$

#### Opmerking

Ofschoon men „getalwaarde” bij uitbreiding soms als algemeen complex getal of als tensor mag opvatten, wordt het vector- of tensor karakter van grootheden buiten beschouwing gelaten. Dit komt onder meer tot uiting in het feit dat verschillende groothedensoorten dezelfde SI-eenheid kunnen hebben, b.v. de groothedensoorten „energie” en „moment van een kracht” beide de eenheid  $\text{N} \cdot \text{m}$  (zie 3.5.2 en 3.5.3).

- 3.2.3 Men kan gelijksoortige grootheden bij elkaar optellen. Dit optellen kan geheel verschillende betekenissen hebben. In vele gevallen laat de formele bewerking van het optellen een eenvoudige fysische interpretatie toe:
- achter elkaar plaatsen, serieschakeling; voorbeelden: lengtes, elektrische spanningen, elektrische weerstanden,
  - naast elkaar plaatsen, parallelschakeling; voorbeelden: stromen, capaciteiten, elektrische geleidingen,
  - samenvoegen; voorbeelden: oppervlaktes, volumina, massa's, elektrische ladingen.

In andere gevallen is er geen direct voor de hand liggende interpretatie; voorbeelden: temperatuur, viscositeit.

Op analoge wijze kan men de aftrekking van grootheden beschouwen.

- 3.2.4 Het produkt van grootheden of van positieve of negatieve machten van grootheden is weer een grootheid:

$$X = f \cdot A^a \cdot B^b \cdot \dots \quad (2)$$

Deze betrekking kan men opvatten als een *groothedenvergelijking*, waardoor een nieuwe grootheid  $X$  wordt ingevoerd, naast reeds bekende grootheden  $A$ ,  $B$ , enz. Natuurlijk kiest men in de praktijk alleen zinnige combinaties, b.v. in verband met een natuurwet of eigenschap. In (2) zijn  $a$ ,  $b$ , ... meestal positief of negatief geheel gedacht.

Verder is  $f$  een getalfactor die niet gelijk aan 1 hoeft te zijn, b.v.

$$A_{\text{cirkel}} = \pi r^2 \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Met gebruikmaking van vergelijking (1) kan vergelijking (2) worden gesplitst in een *getalwaardenvergelijking*

$$\{X\} = f_1 \cdot \{A\}^a \cdot \{B\}^b \cdot \dots \quad (3a)$$

en een *eenhedenvergelijking*

$$[X] = f_2 \cdot [A]^a \cdot [B]^b \cdot \dots \quad (3b)$$

Door  $f_2$  nu steeds gelijk aan 1 te stellen wordt een stelsel van eenheden verkregen, dat *coherent* is ten opzichte van de vergelijkingen (2). Daar

$$f = f_1 \cdot f_2$$

is dan

$$f_1 = f,$$

zie 3.8.2.

Dientengevolge is (3a) gelijklopend met (2). Men noemt eenheden die aan (3b) voldoen met  $f_2 = 1$  coherent met betrekking tot (2).

De fysische betekenis van de eenheid  $[X]$  in (3b) volgt uit de overweging dat  $X = [X]$  als  $\{X\} = 1$ . Als representatie van deze eenheid kan dus iedere situatie dienen (zie 3.5.4) waarvoor

$$f \cdot \{A\}^a \cdot \{B\}^b \cdot \dots = 1 \quad (4)$$

#### Opmerking

In de fysische en technische literatuur is het niet gebruikelijk de getalwaarden aan te duiden met het grootheidsymbool tussen accolades. Men kan fysische formules daarom lezen als groothedenvergelijkingen of als getalwaardenvergelijkingen waaraan coherente eenheden ten grondslag liggen. De voorkeur gaat uit naar groothedenvergelijkingen.

- 3.2.5 Uit het feit dat men op grootheden de operaties van optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen kan toepassen volgt dat men op grootheden de operaties *differentiëren* en *integreren* kan toepassen. Eenheden die coherent zijn met betrekking tot een groothedenvergelijking zijn daarom ook coherent met betrekking tot alle groothedenvergelijkingen die door integratie uit de eerste kunnen worden afgeleid.

### 3.3 Basisgrootheden en grondeenheden

- 3.3.1 Een bepaald gebied van wetenschap kan worden beschreven door  $n$  groothedensoorten, waartussen vele betrekkingen kunnen bestaan, waarvan er  $m$  onafhankelijk worden gekozen. Daarbij is steeds  $n - m = g$  positief. Men noemt  $g$  wel de orde of de graad van de beschouwde groep groothedensoorten. De orde geeft het aantal te kiezen *basisgrootheden* aan (zie 3.8.1). De overige grootheden heten *afgeleide grootheden*.
- 3.3.2 De eenheden van de basisgrootheden heten *grondeenheden*. Zij zijn door een definitie gebonden aan een natuurlijke of kunstmatige *standaard* of aan een *model* (zie 3.3.4).
- 3.3.3 De grondeenheden van het SI en de bijbehorende basisgrootheden zijn vermeld in tabel 1.



Tabel 1 – Basisgrootheden en grondeenheden

basisgrootheid		grondeenheid	
naam	symbool	naam	symbool
lengte	$l$	meter	m
massa	$m$	kilogram	kg
tijd	$t$	seconde	s
elektrische stroom	$I$	ampère	A
thermodynamische temperatuur	$T$	kelvin	K
hoeveelheid stof	$n$	mol	mol
lichtsterkte	$I$	candela <sup>1)</sup>	cd

<sup>1)</sup> Uitspraak: kandeela

### 3.3.4 Definities van de grondeenheden

#### 3.3.4.1 De meter

De meter is de lengte gelijk aan 1 650 763,73 golflengten in het luchtledige van de straling overeenkomend met de overgang tussen de niveaus  $2p_{10}$  en  $5d_5$  van het atoom krypton 86 (11e CGPM, 1960).

#### 3.3.4.2 Het kilogram

Het kilogram is de eenheid van massa; het is gelijk aan de massa van het internationale prototype van het kilogram (3e CGPM, 1901).

##### Opmerking

Het internationale prototype van het kilogram is vervaardigd van platina-iridium en wordt bewaard in het Internationale Bureau voor Massen en Gewichten (BIPM) te Sèvres bij Parijs.

#### 3.3.4.3 De seconde

De seconde is de tijdsduur van 9 192 631 770 perioden van de straling overeenkomend met de overgang tussen de twee hyperfijn-niveaus van de grondtoestand van het atoom cesium 133 (13e CGPM, 1967).

#### 3.3.4.4 De ampère

De ampère is de constante stroom die, indien hij wordt onderhouden in twee evenwijdige, rechtlijnige en oneindig lange geleiders van te verwaarlozen cirkelvormige doorsnede, welke geplaatst zijn in het luchtledige op een onderlinge afstand van 1 meter, tussen deze twee geleiders een kracht veroorzaakt gelijk aan  $2 \times 10^{-7}$  newton voor iedere meter lengte (CIPM, 1946).

#### 3.3.4.5 De kelvin

De kelvin, eenheid van thermodynamische temperatuur, is het 1/273,16 gedeelte van de thermodynamische temperatuur van het tripelpunt van water (13e CGPM, 1967).

#### 3.3.4.6 De mol

De mol is de hoeveelheid stof van een systeem dat evenveel elementaire entiteiten bevat als er atomen zijn in 0,012 kilogram koolstof 12 (14e CGPM, 1971).

##### Opmerking

Bij gebruikmaking van de mol moeten de elementaire entiteiten worden gespecificeerd, deze kunnen atomen, moleculen, ionen, elektronen, andere deeltjes of bepaalde groepingen van dergelijke deeltjes zijn.

#### 3.3.4.7 De candela

De candela is de lichtsterkte, in loodrechte richting, van een oppervlakte van 1/600 000 vierkante meter van een zwart lichaam bij de stollingstemperatuur van platina onder een druk van 101 325 newton per vierkante meter (13e CGPM, 1967).

### 3.4 Aanvullende grootheden en eenheden

3.4.1 De aanvullende eenheden van het SI en de bijbehorende grootheden zijn vermeld in tabel 2 (zie ook 3.6.3.2 en 3.8.3).

Tabel 2 – Aanvullende grootheden en eenheden

aanvullende grootheid		aanvullende eenheid	
naam	symbool	naam	symbool
(vlakke) hoek	$\alpha$	radiaal	rad
ruimtehoek	$\Omega$	steradiaal <sup>1)</sup>	sr

<sup>1)</sup> Uitspraak: steeradiaal

# ALTIJD DE ACTUELE NORM IN UW BEZIT HEBBEN?

Nooit meer zoeken in de systemen en uzelf de vraag stellen:  
'Is NEN 999:1977 nl de laatste versie?'

Via het digitale platform NEN Connect heeft u altijd toegang tot de meest actuele versie van deze norm. Vervallen versies blijven ook beschikbaar. **U en uw collega's** kunnen de norm via NEN Connect makkelijk raadplagen, online en offline.

Kies voor slimmer werken en bekijk onze mogelijkheden op [www.nenconnect.nl](http://www.nenconnect.nl).

## Heeft u vragen?

Onze Klantenservice is bereikbaar maandag tot en met vrijdag, van 8.30 tot 17.00 uur.

Telefoon: 015 2 690 391

E-mail: [klantenservice@nen.nl](mailto:klantenservice@nen.nl)

