

Een must  
voor iedere  
HO-student

HO

# BASISVAARDIGHEDEN

## Toegepaste Natuurkunde



1e druk



Noordhoff Uitgevers



**Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde**  
voor het HO



**Basis-  
vaardigheden  
Toegepaste  
Natuurkunde**  
voor het HO

Björn Besselink

Ton van den Broeck

Eerste druk

Noordhoff Uitgevers Groningen | Houten

*Ontwerp omslag:* Foelke Vos, AtweeA, Groningen

*Foto's binnenwerk:* Shutterstock

*Foto geluidsgolven pag. 88:* ARKA media BV

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan: Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13, 9700 VB Groningen, e-mail: info@noordhoff.nl

1 / 12

© 2010 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten, The Netherlands.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/reprorecht](http://www.cedar.nl/reprorecht)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/pro](http://www.cedar.nl/pro)).

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

ISBN (ebook) 978-90-01-85685-4

ISBN 978-90-01-77433-4

NUR 924

# Voorwoord

Met *Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* voor het hoger onderwijs kun je zelfstandig je vaardigheden natuurkunde op een peil brengen dat nodig is om een opleiding aan het hoger onderwijs met succes te starten en te volgen.

De leerstof van *Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* voor het hoger onderwijs begint op het niveau van de leerstof in de laatste studiejaar van het voortgezet onderwijs. Voor studenten met een vooropleiding waarin natuurkunde aan bod is gekomen, kan basisvaardigheden als een snelle opfriscursus natuurkunde gebruikt worden. Voor de studenten met een vooropleiding mbo of een vergelijkbare andere opleiding biedt dit boek een snelle en duidelijke manier om de nodige natuurkunde op te halen.

Je kunt beginnen met het maken van de instaptoets. Die vind je op de bijbehorende website: [www/basisvaardighedentoegepastenatuurkunde.noordhoff.nl](http://www/basisvaardighedentoegepastenatuurkunde.noordhoff.nl). Met deze instaptoets krijg je vooraf een beeld van je eigen kwaliteiten. De toets heeft dezelfde hoofdstukopbouw als het boek. Aan het eind van de toets krijg je per hoofdstuk een overzicht van je prestaties. Zo kun je snel zien welke onderdelen je in ieder geval goed moet bestuderen.

In dit boek vind je vervolgens op de linkerpagina steeds een korte introductie en uitleg over het betreffende onderdeel en op de rechterpagina de bijbehorende opgaven. De antwoorden van deze opgaven staan achter in het boek. Als je wilt controleren of je aanpak juist is geweest, dan kun je dit aan de hand van de uitwerkingen op de website controleren.

Je kunt nog verder oefenen met de extra opgaven op de website. Deze hebben dezelfde moeilijkheidsgraad als de opgaven in het boek, waardoor je direct te weten komt of je de opgave goed hebt gemaakt. Afhankelijk van de soort opgave krijg je advies over de manier waarop je de opgave het beste had kunnen aanpakken.

De speelse en afwisselende vormen van interactie maken het werken met de uitwerkingen en extra opdrachten op de website heel plezierig. Elk hoofdstuk eindigt met een korte diagnostische toets op de website. Hiermee kun je zelf nagaan of je het onderwerp voldoende beheerst.

Natuurkunde vormt een wezenlijk onderdeel van onze samenleving. Dat uit zich in de scala van opleidingen waarin natuurkunde een onderdeel vormt, zoals: Algemene Operationele Technologie, Aquatische Ecotechnologie, Elektrotechniek, Bouwkunde, Civiele Techniek, Chemie, Farmaceutische wetenschappen, Industrieel Ontwerpen, Kunstmatige intelligentie, Life Science and Technology, Maritieme Techniek, Milieu- en natuurwetenschappen, Scheikunde Technologie, Technische Aardwetenschappen Geografie, Technische Bestuurskunde, Technische Informatica, Technologie Management, Technische Natuurkunde, Technische Wiskunde en Werktuigbouwkunde.

Natuurkunde vormt ook een belangrijk onderdeel bij de lerarenopleidingen natuurkunde, scheikunde, biologie, techniek en wiskunde. En in de gezondheidszorg komt natuurkunde aan bod voor professionals die specialisten gaan assisteren, denk aan radiotherapeutisch opgeleide laboranten, operatieassistenten en functieonderzoek assistenten.

*Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* voor het hoger onderwijs is mede tot stand gekomen door de bijdrage van Marjo Stevens, onderwijskundige, Avans Hogeschool en Albert Moes, docent Hogeschool van Utrecht.

We wensen je veel plezier met het werken met *Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* voor het hoger onderwijs en veel succes met je verdere studie.

De auteurs  
Björn Besselink  
Ton van den Broeck



# Inhoud

## **1 Meten en verwerken**

- 1.1 Meten 10
- 1.2 Verwerken meetresultaten 12
- 1.3 Schatten en berekenen 14
- 1.4 Temperatuur 16

## **2 Krachten**

- 2.1 Krachteigenschappen 18
- 2.2 Zwaartekracht en nettokracht 20
- 2.3 Momenten 22
- 2.4 Hefboom 24
- 2.5 Optellen van vectoren (1) 26
- 2.6 Optellen van vectoren (2) 28
- 2.7 Spankracht 30
- 2.8 Druk 32

## **3 Energie**

- 3.1 Zwaarte-energie/potentiële energie 34
- 3.2 Kinetische energie 36
- 3.3 Arbeid en energie 38

## **4 Snelheid en beweging**

- 4.1 Snelheid en afstand 40
- 4.2 Versnelling/vertraging 42
- 4.3 Versnelling en afstand 44

## **5 Materie en stofeigenschappen**

- 5.1 Stofeigenschappen 46
- 5.2 Dichtheid 48
- 5.3 Warmte en energie 50
- 5.4 Warmtetransport en inwendige energie 52

## **6 Elektriciteit**

- 6.1 Spanning, stroom en weerstand 54
- 6.2 Onderdelen en meters in een schakeling 56

- 6.3 Elektrische schakelingen: serieschakeling 58
- 6.4 Elektrische schakelingen: parallelschakeling 60
- 6.5 Elektriciteit: verbruik en vermogen 62
- 6.6 Veiligheid en elektriciteit 64

## **7 Elektromagnetisme en inductie**

- 7.1 Elektromagneten 66
- 7.2 Magnetische inductie 68
- 7.3 Inductiespanning 70
- 7.4 De transformator 72
- 7.5 Transport van elektrische energie 74

## **8 Trillingen en golven**

- 8.1 Geluid 76
- 8.2 Frequentie en trillingstijd 78
- 8.3 Veer 80
- 8.4 Trillingstijd van een veer 82
- 8.5 Slingertijd 84
- 8.6 Golven en trillingen 86
- 8.7 Interferentie 88

## **9 Optica**

- 9.1 Licht 90
- 9.2 Schaduw 92
- 9.3 Lichtstralen en reflectie 94
- 9.4 Breking 96
- 9.5 Grenshoek 98
- 9.6 Lenzen 100
- 9.7 Constructiestralen 102
- 9.8 Vergroting 104

## **10 Straling en atomen**

- 10.1 Atoombouw 106
- 10.2 Isotopen en gemiddelde atoommassa 108
- 10.3 Straling/radioactief verval 110
- 10.4 Isotopen en radioactief verval 112
- 10.5 Detectoren 114





## 1.1 Meten

Meten is weten, dat geldt ook voor het vakgebied natuurkunde. Om te meten gebruik je hulpmiddelen, zoals timers, thermometers, linialen en sensoren.

### Grootheden/eenheden

Een grootheid is 'iets' wat je kunt meten. Voorbeelden van een grootheid zijn tijd, temperatuur, snelheid, lengte en massa. Elke grootheid heeft zijn eigen eenheid en in sommige gevallen eenheden. Voor elke grootheid en eenheid is een symbool. Deze kun je vinden in het SI-stelsel. Als we iets meten of berekenen noteren we *altijd de grootheid en eenheid*.

### Significantie

Binnen de natuurkunde zijn er afspraken gemaakt over welke rol nauwkeurigheid, dus significantie, in berekeningen speelt. Een vuistregel hierbij is dat het antwoord van de berekening net zo nauwkeurig is als het minst nauwkeurige getal dat gebruikt wordt voor de berekening. Anders gezegd: bestaat je minst nauwkeurige gegeven uit 2 significante cijfers, dan mag het antwoord niet meer dan 2 significante cijfers bevatten.

Hierbij geldt dat nullen aan het begin van het getal en machten van 10 niet meetellen bij het bepalen van het aantal significante cijfers.

#### Voorbeeld 1

1,01 s                      bevat 3 significante cijfers

2,0 s                        bevat 2 significante cijfers

0,0345 s                  bevat 3 significante cijfers

### Meetfouten

Een meetfout is het verschil tussen een gemeten waarde en de werkelijke waarde. Meetfouten zijn niet te voorkomen! Ze ontstaan door de het gebruik van apparatuur, of door simpelweg aflezen waarbij een schatting wordt gemaakt. Ook reactietijd kan van invloed zijn omdat je sneller of langzamer reageert dan een ander. Daarom is het laatste cijfer wat je waarneemt, geschat. Zodoende beïnvloedt een meetfout de uitkomst en conclusie.

#### Voorbeeld 2

Je meet in een maatcilinder een volume van 40,13 ml. Dit zou ook 40,12 of 40,14 ml kunnen zijn. Het laatste cijfer is dus geschat.

## Opgaven

- 1 Bepaal het aantal significante cijfers in de volgende gevallen:
- a 0,022
  - b 0,87
  - c 6 398
  - d 76
- 2 Marjo verwerkt tijdens een experiment de volgende waarnemingen in een tabel:

$S$ $t$ (s)	0 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Meting 1	0,00	3,62	6,81	9,11	12,31	15,61
Meting 2	0,00	3,55	7,12	10,15	14,00	17,81
Meting 3	0,00	4,12	8,56	12,62	16,80	20,12

Een van de opdrachten die bij dit experiment hoort, is het uitrekenen van de gemiddelde snelheid. Marjo doet hierover de volgende uitspraak: 'Het kleinste aantal significante cijfers van de tijdmetingen is 3, dus moet het antwoord in 3 significante cijfers.'

- a Klopt deze uitspraak? Zo nee, wat zou het dan moeten zijn?
  - b Deze waarnemingen zijn gemaakt met een stopwatch. Ze had ook digitale sensoren kunnen gebruiken. Zou het gebruik van digitale sensoren invloed hebben op de nauwkeurigheid van je meting? Verklaar je antwoord.
- 3 Geef de volgende getallen weer in 2 significante cijfers.
- a 120 km/h
  - b 62,5 kg
  - c 340 m/s
  - d 1 240 km/h
  - e 3 500 kg
  - f 12 000 cm<sup>3</sup>

**Tip** Gebruik hier de wetenschappelijke notatie!  $1\,200 = 1,2 \cdot 10^3$



## 1.2 Verwerken meetresultaten

Meetresultaten zijn kwantitatieve waarnemingen van een natuurkundige eigenschap die tijdens een experiment zijn gemeten.

Voor het weergeven van meetresultaten gebruik je een tabel. Boven in de kolommen noteer je het symbool van de natuurkundige grootte met het symbool van de eenheid tussen haakjes erachter. De rijen bevatten de gegevens, je meetresultaten.

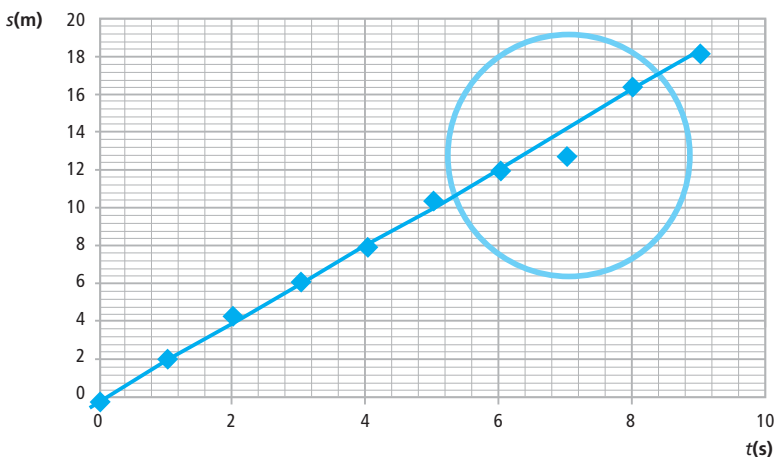
### Voorbeeld 1

$t$ (s)	$s$ (m)	$t$ (s)	$s$ (m)
0,0	0,0	5,0	10,2
1,0	2,1	6,0	11,8
2,0	4,3	7,0	12,5
3,0	6,1	8,0	16,1
4,0	7,9	9,0	17,8

Om een duidelijk beeld van de meetresultaten te krijgen, maak je een grafiek. Op de x-as noteer je de ene grootte (hier de tijd  $t$ ). Op de y-as noteer je de andere grootte (hier de afstand  $s$ ).

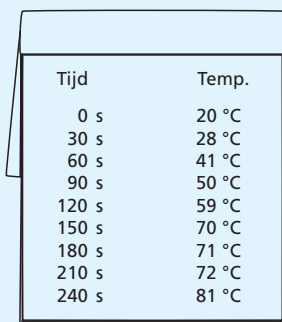
Voordeel van een grafiek is dat eventuele meetfouten snel zichtbaar zijn en een eventueel verband sneller te zien is.

### Voorbeeld 2



## Opgaven

- 1** Tijdens een experiment is de temperatuur van een stof bij een faseovergang gemeten. Hierna staat een kladpapier afgebeeld met daarop de resultaten.



Tijd	Temp.
0 s	20 °C
30 s	28 °C
60 s	41 °C
90 s	50 °C
120 s	59 °C
150 s	70 °C
180 s	71 °C
210 s	72 °C
240 s	81 °C

- Verwerk deze gegevens in een goede tabel.
- Plaats deze gegevens in een grafiek.
- Als je kijkt naar de grafiek van vraag 1b, wanneer zou dan de faseovergang zijn begonnen?

- 2** Marieke doet metingen aan drie weggrijdende auto's. Haar waarnemingen staan in de volgende tabel:

	$t =$ 0,0 s	$t =$ 2,0 s	$t =$ 4,0 s	$t =$ 6,0 s	$t =$ 8,0 s
$v$ (km/h) auto 1	0	21	42	62	80
$v$ (km/h) auto 2	0	25	48	50	86
$v$ (km/h) auto 3	0	28	55	78	90

- Verwerk deze gegevens in een grafiek.
- Marieke heeft een meetfout gemaakt. Hoe kun je dit zien in de grafiek?



## 1.3 Schatten en berekenen

In sommige gevallen ben je niet in staat om een meting te verrichten. Om dan toch gegevens te kunnen verzamelen, maak je een schatting. Een schatting is gebaseerd op een gemiddelde of op de verwachting hoe groot, zwaar of lang een voorwerp zal zijn. Er is een aantal vuistregels dat dan van pas kan komen:

- een fietser fietst gemiddeld 20 km/h
- wandeltempo is gemiddeld 4 km/h
- snelwandelen is gemiddeld 6 km/h
- een deur is gemiddeld 2 m hoog
- de gemiddelde lengte van een man is 1,8 m

Wil je dus een afstand van 15 km wandelend afleggen, dan zul je daar ongeveer vier uur over doen!

### *Voorbeeld*

Bekijk de afbeelding hierna en maak een schatting over de hoogte van de vrachtwagen (top laadbak).



De persoon past ongeveer 2,5 keer in de hoogte van de banden. Als de gemiddelde lengte 1,8 m is, is de hoogte  $1,8 \times 2,5 = 4,5$  meter.



## Opgaven

- 1** Tijdens een flinke wandeling klaagt een van de wandelaars na 1,5 uur dat hij moe is en inmiddels toch wel 10 km moet hebben gelopen. Laat met een berekening zien of dit juist is.
- 2** Een legereenheid moet 24 km afleggen in marstempo (dit is net zo snel als snelwandelen). Schat hoe lang deze eenheid hier over doet.
- 3** Tijdens een survival moeten de deelnemers diverse onderdelen doorlopen: een rit van 2 uur op de fiets, vervolgens een wandeling van 3 uur op ruig terrein en dan een stuk snelwandelen van 12 km.
  - a** Hoe lang doen ze waarschijnlijk over het laatste stuk?
  - b** Maak een schatting over de afstand die deze groep die dag zal afleggen.
- 4** Bekijk de volgende afbeelding. Een container is in het echt 2,6 meter hoog.



Schat de hoogte tot en met het dek van dit containerschip vanaf de waterspiegel.

## 1.4 Temperatuur

De relatieve temperatuur ( $t$ ) druk je uit in graden celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

In de natuurkunde gebruik je de absolute temperatuur ( $T$ ) met als eenheid kelvin (K).

Kelvin is qua toename hetzelfde als graden celsius. De 2 eenheden worden dan ook in de praktijk door elkaar heen gebruikt.

Bij het invullen van de temperatuur in een formule, gebruik je *altijd* de eenheid K.

0 K is het absolute nulpunt, dat wil zeggen dat de temperatuur nooit verder zal dalen dan 0 K.

0 K komt overeen met  $-273^{\circ}\text{C}$ , of in formulevorm:

$$T = t + 273 \text{ of}$$

$$t = T - 273$$

Dus:

$$0 \text{ K} = -273^{\circ}\text{C} \quad \text{of} \quad 273 \text{ K} = 0^{\circ}\text{C}$$

### Voorbeeld

	$T(\text{K})$	$t (^{\circ}\text{C})$	
+ 273	0	- 273	+ 273
+ 20	273	0	+ 20
+ 80	293	20	+ 80
	373	100	

Zoals je hier duidelijk kunt zien, blijft de toename in temperatuur gelijk voor beide eenheden. Wat er in de linkerkolom bij de temperatuur opkomt, komt er ook in de rechterkolom bij op.

## Opgaven

- 1** Reken de volgende temperaturen om:
- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>a</b> 200 °C | <b>d</b> 140 K |
| <b>b</b> 150 °C | <b>e</b> 500 K |
| <b>c</b> 400 °C | <b>f</b> 3 K   |
- 2** Een glas met water wordt verwarmd van 20 °C tot 80 °C. Bereken de temperatuurstijging door  $T_{\text{eind}} - T_{\text{begin}}$  ( $= \Delta T$ ) te berekenen.
- 3** Bereken  $\Delta T$  wanneer:
- a** Een glas water van  $T = 293$  K wordt verwarmd tot  $T = 328$  K.
  - b** Een bad afkoelt van  $t = 42$  °C tot  $t = 21$  °C.
- 4** Bekijk de volgende tabel en beantwoord de vragen:

Materiaal	Smeltpunt (K)	Kookpunt (K)
Aceton	178	329
Benzine	123	n.v.t.
Ether	157	308
Kwik	161	319
Spiritus	183	351

- a** Wat is de fase van aceton bij  $t = -30$  °C?
- b** Wat is de fase van ether  $t = -86$  °C?
- c** Wat is de fase van spiritus bij  $t = 90$  °C?