

SERIE Basisvaardigheden

Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde voor het HO



Noordhoff Uitgevers

T. van den Broeck, J. Timmers, M. StuuT, B. Besselink

2^e druk

Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde voor het HO



Basis- vaardigheden Toegepaste Natuurkunde

voor het HO

Ton van den Broeck
Jacques Timmers
Martijn Stuu
Björn Besselink

Tweede druk

Noordhoff Uitgevers Groningen | Houten

Ontwerp en omslagillustratie: Rocket Industries

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

Met betrekking tot sommige teksten en/of illustratiemateriaal is het de uitgever, ondanks zorgvuldige inspanningen daartoe, niet gelukt eventuele rechthebbende(n) te achterhalen. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op teksten en/of illustratiemateriaal in deze uitgave dan verzoeken wij u contact op te nemen met de uitgever.

0 / 16



© 2016 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.reprorecht.nl). 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.stichting-pro.nl).

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) 978-90-01-87446-9

ISBN 978-90-01-87445-2

NUR 924

Voorwoord

Met *Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* breng je zelfstandig je natuurkunde op een peil dat nodig is om een hbo-opleiding te kunnen volgen. Veel opleidingen bieden cursussen aan om toelating te verkrijgen tot een bepaalde opleiding. Voor studenten met een mbo-vooropleiding of havisten zonder een exact profiel biedt dit boek een effectieve manier om de benodigde natuurkundekennis te verwerven. Ook kan het boek binnen opleidingen worden gebruikt om de benodigde natuurkundekennis op te halen.

De leerstof van deze uitgave dekt de toelatingseisen van de opleidingen. In 2015 is het eerste vernieuwde examenprogramma geïntroduceerd voor de havo. Dit boek speelt daarop in. Zo is een hoofdstuk toegevoegd over automatisering. Ook onderwerpen als cirkelbeweging, communicatie en medische beeldvorming zijn nieuw in het boek.

Op de website www.basisvaardighedentoegepastenatuurkunde.noordhoff.nl kun je je kennis interactief toetsen. Je ziet dan snel welke stof je nog niet voldoende beheerst.



In het boek staat de theorie beknopt uitgelegd. Na de theorie volgen direct opgaven, zodat je snel kunt testen of je de stof goed hebt begrepen. De antwoorden van de opgaven staan achter in het boek; de uitwerkingen staan op de website.

Bij het samenstellen van *Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde* hebben we dankbaar gebruikgemaakt van de verbetervoorstellen van de volgende hogeschooldocenten: Boris Boing van de opleiding Aviation van de HvA, Arjen de Ruijter van de opleiding Werktuigbouwkunde van de NHL en Luuk Bottema van de Hogeschool Inholland.

We wensen je veel plezier en vooral succes bij het werken met
Basisvaardigheden Toegepaste Natuurkunde.

De auteurs:

Ton van den Broeck

Jacques Timmers

Martijn Stuu

Björn Besselink

Inhoud

- 1 Meten en verwerken 10**
 - 1.1 Meten 10
 - 1.2 Verwerken meetresultaten 13
 - 1.3 Schatten en berekenen 15
 - 1.4 Temperatuur 17

- 2 Automatisering 19**
 - 2.1 Meten, sturen en regelen 19
 - 2.2 Signalen 23
 - 2.3 Sensoren 25
 - 2.4 Verwerkers 28
 - 2.5 Actuatoren 33
 - 2.6 Binair tellen 35

- 3 Krachten 39**
 - 3.1 Krachteigenschappen 39
 - 3.2 Zwaartekracht, normaalkracht en wrijvingskracht 41
 - 3.3 Resulterende kracht en ontbinden van een kracht 45
 - 3.4 Veerkracht en spankracht 49
 - 3.5 Momenten 52
 - 3.6 Momentenevenwicht en hefboom 55
 - 3.7 Druk 58

- 4 Energie 60**
 - 4.1 Zwaarte-energie 60
 - 4.2 Kinetische energie 62
 - 4.3 De wet van behoud van energie 63
 - 4.4 Arbeid en energie 65
 - 4.5 Vermogen en rendement 68

5	Snelheid en beweging	71
5.1	Snelheid en afgelegde weg	71
5.2	Eenparige versnelling en kracht	74
5.3	Eenparige versnelling, gemiddelde snelheid en afgelegde weg	78
5.4	Cirkelbeweging	81
6	Materie en stoffeigenschappen	84
6.1	Stoffeigenschappen	84
6.2	Dichtheid	86
6.3	Warmte en energie	88
6.4	Warmtetransport en inwendige energie	91
6.5	Trekspanning, rek en elasticiteitsmodulus	95
7	Elektriciteit	98
7.1	Spanning, stroom en weerstand	98
7.2	Onderdelen en meters	100
7.3	De serieschakeling	103
7.4	De parallelschakeling	105
7.5	Elektriciteit: verbruik en vermogen	108
7.6	Veiligheid en elektriciteit	111
8	Golven	113
8.1	Trillingen en geluid	113
8.2	Frequentie en trillingstijd	115
8.3	Trillingstijd van een veer	117
8.4	Lopende golven	119
8.5	Staande golven	121
8.6	Communicatie	123
9	Optica	125
9.1	Licht	125
9.2	Schaduw	127
9.3	Lichtstralen en reflectie	129
9.4	Breking	132
9.5	Grenshoek	134
9.6	Constructiestralen	136
9.7	Vergroting	138

- 10 Straling en atomen** 140
- 10.1 Atoombouw 140
 - 10.2 Isotopen, radioactief verval
en kernsplijting 142
 - 10.3 Ioniserende straling en halveringstijd 145
 - 10.4 Kernreactievergelijkingen 148
 - 10.5 Elektromagnetische straling 150
 - 10.6 Stralingsdosis 152

Antwoorden 155

Illustratieverantwoording 181

Register 182

1 Meten en verwerken

1.1 Meten

Meten is weten. Dat geldt ook voor het vakgebied natuurkunde. Om te meten gebruik je hulpmiddelen, zoals een stopwatch, liniaal, thermometer, voltmeter of een ampèremeter.

Grootheden/eenheden

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

Significantie

Binnen de natuurkunde zijn afspraken gemaakt over welke rol nauwkeurigheid 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.

Hoe nauwkeurig een getal is, zie je aan het aantal **significante cijfers**. Dit is het totaal aantal cijfers van een getal, waarbij nullen aan het begin niet meetellen, en machten van 10 ook niet. Heeft je minst nauwkeurige getal bijvoorbeeld twee significante cijfers, dan mag het antwoord ook niet meer dan twee significante cijfers bevatten.

Opmerking: bij optellen en aftrekken van getallen moet je naar het kleinste aantal cijfers achter de komma kijken in plaats van naar de significante cijfers.

Voorbeeld 1

1,01 s	bevat drie significante cijfers
2,0 s	bevat twee significante cijfers
0,0345 s	bevat drie significante cijfers
$3,45 \cdot 10^{-3}$ s	bevat drie significante cijfers

Meetfouten

Een **meetfout** is het verschil tussen een gemeten waarde en de werkelijke waarde. Meetfouten zijn niet te voorkomen! Ze ontstaan door het gebruik van apparatuur of door het maken van een schatting bij het aflezen. Ook reactietijd kan van invloed zijn, omdat je sneller of lang-

zamer reageert dan een ander. Het laatste cijfer dat je waarneemt, is daarom geschat. Zodoende beïnvloedt een meetfout de uitkomst en de conclusie.

Voorbeeld 2

Je meet met 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 (m) \ t (s)	0	10	20	30	40	50
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 drie, dus moet het antwoord in drie significante cijfers.'

- a Klopt deze uitspraak? Zo nee, wat zou het dan moeten zijn?
- b Deze waarnemingen zijn gedaan met behulp van een stopwatch. Marjo had ook digitale sensoren kunnen gebruiken. Zou het gebruik van digitale sensoren invloed hebben op de nauwkeurigheid van je meting? Verklaar je antwoord.

1 Meten en verwerken

- 3** Geef de volgende getallen weer in twee 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 cm³

Tip Gebruik hier de wetenschappelijke notatie. De komma komt dan na het eerste cijfer dat niet nul is: $1\,200 = 1,200 \cdot 10^3$

1.2 Verwerken meetresultaten

Meetresultaten zijn kwantitatieve waarnemingen van een natuurkundige grootte die tijdens een experiment is 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.

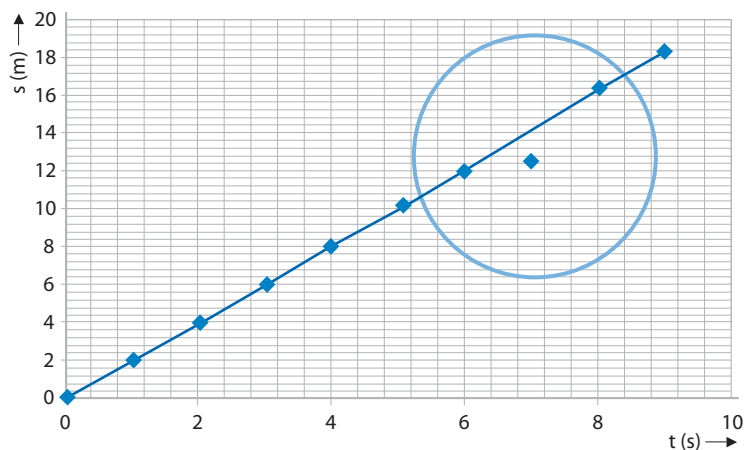
Voorbeeld 1

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). In dit geval heet de grafiek een s,t -grafiek. De afspraak is dat je de grootte op de y-as als eerste noemt.

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

Voorbeeld 2



1 Meten en verwerken

Opgaven

- 1 Tijdens een experiment is de temperatuur van een stof bij een faseovergang gemeten. Op het kladblok lees je 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

- a Verwerk deze gegevens in een goede tabel.
b Plaats deze gegevens in een grafiek.
c Bekijk de grafiek van vraag 1b. Wanneer zou de faseovergang zijn begonnen?
- 2 Marieke doet metingen aan drie wegrijdende auto's. Haar waarnemingen staan in de volgende tabel.

	$t = 0,0 \text{ s}$	$t = 2,0 \text{ s}$	$t = 4,0 \text{ s}$	$t = 6,0 \text{ s}$	$t = 8,0 \text{ s}$
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

- a Verwerk deze gegevens in een grafiek.
b Marieke heeft waarschijnlijk 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 een verwachting. Je hebt bijvoorbeeld een verwachting hoe groot, zwaar of lang een voorwerp zal zijn.

Een aantal vuistregels kan hierbij van pas komen:

- een fietser fietst ongeveer 20 km/h
- wandeltempo is ongeveer 4 km/h
- snelwandelen gaat met ongeveer 6 km/h
- een deur is ongeveer 2 m hoog
- de lengte van een man is ongeveer 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 en maak een schatting over de hoogte van het voertuig (top laadbak).



Een persoon past ongeveer twee keer in de hoogte van de banden. Als de lengte van een persoon ongeveer 1,8 m is, is de hoogte van een band $2 \times 1,8 = 3,6$ m. Het voertuig is ongeveer twee banden hoog: $2 \times 3,6 = 7,2$ m. De hoogte is dus ruim 7 m.

1 Meten en verwerken

Opgaven

- 1** Tijdens een flinke wandeling klaagt een van de wandelaars na anderhalf uur dat hij moe is. Hij zegt dat hij 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 hoelang deze eenheid hierover doet.
- 3** Tijdens een survival moeten de deelnemers diverse onderdelen doorlopen: een rit van 2,0 uur op de fiets, vervolgens een wandeling van 3,0 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 van de afstand die de groep die dag zal afleggen.
- 4** Bekijk de volgende afbeelding.



Een container is in het echt 2,6 m hoog.
Schat de hoogte van de waterspiegel tot het dek van dit containerschip.

1.4 Temperatuur

In het dagelijks leven meet je temperatuur (t) in graden Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

In de natuurkunde gebruik je de **absolute temperatuur** (T), met als eenheid kelvin (K). Bij het invullen van de temperatuur in een formule gebruik je altijd de eenheid kelvin (K).

- 0 K is het absolute nulpunt, de laagst mogelijke temperatuur.
- 0 K komt overeen met $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

In formulevorm:

$$T = t + 273,15$$

$$t = T - 273,15$$

Hierin is:

t = temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)

T = temperatuur (K)

Voorbeeld

$$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T = 0 + 273,15 = 273,15\text{ K}$$

en

$$T = 0\text{ K} \rightarrow t = 0 - 273,15 = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Opmerkingen

- De 'streepjes' op de Celsiusschaal staan even ver uit elkaar als op de Kelvinschaal: een temperatuurverandering van $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ is hetzelfde als een temperatuurverandering van 1 K.
- Als in een tekst de t wordt gebruikt om de tijd aan te duiden, wordt voor de temperatuur in $^{\circ}\text{C}$ het symbool θ (thèta) gebruikt.

Opgaven

- 1** Reken de volgende temperaturen om van °C naar K of van K naar °C.
 - a** 200 °C
 - b** 150 °C
 - c** 400 °C
 - d** 140 K
 - e** 500 K
 - f** 3 K

- 2** Bereken de temperatuurverandering door $T_{\text{eind}} - T_{\text{begin}}$ ($= \Delta T$) te berekenen in de volgende situaties.
 - a** Een glas water wordt verwarmd van 20 °C tot 80 °C.
 - b** Een glas water van $T = 293$ K wordt verwarmd tot $T = 328$ K.
 - c** Een bad koelt af van $t = 42$ °C tot $t = 21$ °C.