

**werktuigkundige systemen  
vraagstukken en antwoorden**



**werktuigkundige systemen  
vraagstukken en antwoorden**

Jan C. Cool

Dick H. Plettenburg

© VSSD

Eerste druk 1990

Tweede druk 1993, 1999, 2000 en 2007 (ongewijzigd)

Uitgegeven door: de VSSD

Leeghwaterstraat 42, 2628 CA Delft, The Netherlands

tel. +31 15 27 82124, telefax +31 15 27 87585, e-mail: [hlf@vssd.nl](mailto:hlf@vssd.nl)

internet: <http://www.vssd.nl/hlf>

website over het theorieboek: <http://www.vssd.nl/hlf/werktuig.html>

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

*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, photo-copying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

Printed in The Netherlands.

ISBN-10 90 407 1290 5

ISBN-13 978 90 407 1290 6

# Voorwoord

Dit vraagstukkenboek behoort bij het 'Werktuigkundige systemen' van Jan C. Cool, tot eveneens bij de Delftse Uitgeversmaatschappij verschijnt. Het vraagstukkenboek bevat oefenopgaven die geselecteerd zijn uit oude tentamens. Niet van alle hoofdstukken uit het boek zijn oefenopgaven opgenomen. De selectie weerspiegelt het belang dat aan de stof van de verschillende hoofdstukken is toegekend bij de tentamina.

Bij de tweede druk is de verzameling opgaven van de verschillende hoofdstukken uitgebreid met recente tentamenvraagstukken. Bovendien is een hoofdstuk met gemengde opgaven toegevoegd, waarin tentamenopgaven in hun geheel, niet gesplitst naar hoofdstuk, zijn opgenomen.

november 1993

Jan C. Cool  
Dick H. Plettenburg

# Inhoud

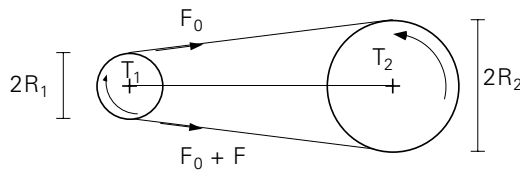
VOORWOORD	5
1. SYSTEMEN	7
2. MODELVORMING	15
3. EVENWICHTEN	23
4. STABILITEIT	32
5. MECHANISCHE VERSTERKERS	35
8. COMPAROLOGIE	36
9. WRIJVING EN WEERSTAND	42
10. VEREN	46
12. AANDRIJVING	51
14. DYNAMISCHE SYSTEMEN	57
A. GEMENGDE OPGAVEN	61
ANTWOORDEN	81

# 1

## Systemen

**1.1.** In figuur 1.13 van het bijbehorende theorieboek 'Werktuigkundige systemen' zijn de in- en uitwendige krachten van een riemoverbrenging gegeven. De overbrenging is in evenwicht als op de ondersteuningsconstructie een verschilkoppel  $T = T_2 - T_1$  wordt uitgeoefend. Dit is afgeleid onder de aanname dat alleen in het trekkende deel van de riem een trekkracht  $F$  aanwezig is; het andere deel is spanningsloos verondersteld.

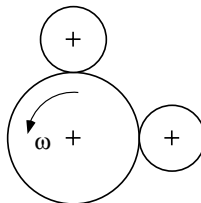
De situatie wijzigt als in beide riempartten een kracht heerst. Veronderstel dat in het bovenste part een kracht  $F_0$  en in het onderste part een kracht  $F_0 + F$  aanwezig is. Zie figuur 1.1.



Figuur 1.1.

Op de riemschijven werken de koppels  $T_1$  en  $T_2$ . Moet nu ook een verschil  $T = T_2 - T_1$  uitgeoefend worden op de ondersteuningsconstructie. Verklaar de grootte van het verschilkoppel.

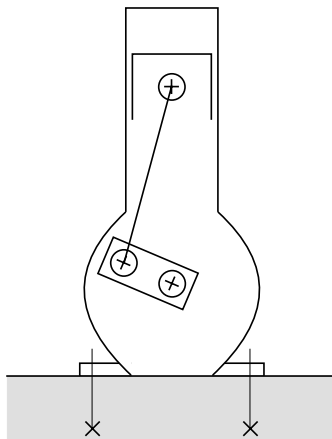
**1.2.** Een tandwiel drijft twee kleinere tandwielen aan. Zie figuur 1.2. Daardoor wordt het grote tandwiel met twee omtrekskrachten, elk ter grootte  $F$ , belast.



Figuur 1.2.

De draairichting van het grote tandwiel is als aangegeven. Geef de grootte en richting van de lagerkrachten (lager op tandwielas) van de drie tandwielen.

**1.3.** In figuur 1.3 is een doorsnede schets van een verbrandingsmotor gegeven. In de verbrandingskamer heerst een druk  $p$ ; het zuigeroppervlak bedraagt  $A$ .



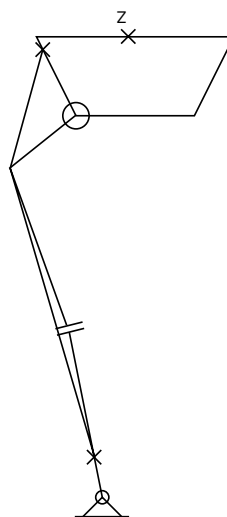
Figuur 1.3.

Teken de zuiger, de drijfstang, de krukas, het motorhuis en de fundatie afzonderlijk. Geef de krachten en momenten afzonderlijk aan die de verschillende onderdelen op elkaar uitoefenen. De bewegingen mogen wrijvingsloos verondersteld worden.

**1.4.** Een motor is samen met een tandwielvertragingskast en een pomp op een balk gemonteerd. De assen van motor en pomp liggen in elkaars verlengde. De draai-richting van de beide assen is dezelfde. Het motorkoppel bedraagt  $T$ ; de pomp draait een factor 10 langzamer dan de motor. De pompas wordt rechtsond aangedreven. Geef de grootte en richting van de koppels die op de fundatiebalk werken.

**1.5.** In figuur 1.4 zijn schematisch het bekken en de beenbotten van een mens getekend. De plaats van het zwaartepunt  $z$  is aangegeven. Daar grijpt een gewichtskracht  $G$  aan. De mens staat op een been. Het staan wordt vergemakkelijkt door de pees die tussen het bekken en onderbeen aanwezig is. Neem aan dat de aanwezige stabiliserende spierkrachten verwaarloosd kunnen worden. Beantwoord de volgende vragen.

- Waar bevindt zich het zwaartepunt  $z$ .
- Teken de deelsystemen bekken, bovenbeen, onderbeen en voet afzonderlijk. Geef de op deze deelsystemen werkende uitwendige krachten aan.



Figuur 1.4.



**1.6.** Een fietser ondervindt van de tegenwind een weerstandskracht  $L$ . Het gewicht van de fietser bedraagt  $G = 15L$ . Zowel  $G$  als  $L$  grijpen aan in het zwaartepunt  $z$  van de fietser dat 0,75 m boven het wegdek, en 0,25 m vóór de achteras ligt. Verder geldt:

$$\frac{\omega_{\text{achterwiel}}}{\omega_{\text{trapas}}} = 2$$

$$\frac{\text{wielstraal}}{\text{cranklengte}} = 2$$

$$\frac{F_{\text{ketting}}}{F_{\text{trapper}}} = 1,5$$

afstand vooras – achteras = 1 m.

De crank staat horizontaal.

Teken de krachten die op de deelsystemen frame, voorwiel, trapas + kettingwiel + crank, en achterwiel werken.

**1.7.** Een man roeit in een roeiboet. Laat de verticale krachten (gewicht, opwaartse krachten) buiten beschouwing. Bezie alleen de horizontale krachten die bij het voortbewegen van de boot optreden. Teken deze krachten op de roeier, op de roeispaan en op de roeiboet afzonderlijk. Noem de kracht waarmee de roeier aan de spaan trekt  $F$ . Van de roeispaan is  $\frac{1}{4}$  deel binnenboord en  $\frac{3}{4}$  deel buitenboord.

Bereken de grootte van de andere krachten.

**1.8.** Met een boormachine wordt een gat in een muur geboord. De boormachine (massa 1200 g) bevat een elektromotor die via een tandwiel vertraging de boorkop aandrijft. Het toerental van de elektromotor is  $2 \times z_0$  groot als het toerental van de boorkop. De elektromotor levert een koppel  $T_m$ .

- Met welk draaimoment moet het huis van de boormachine worden tegengehouden?
- Splits het systeem van de boormachine in de deelsystemen: de motor, de tandwielvertraging, de boorkop en boor en het huis. Geef voor elk deelsysteem de uitwendige draaimomenten aan, in de juiste richting. (N.B. de boor draait rechtsom.)

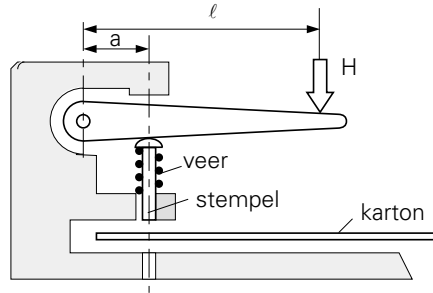
**1.9.** Bij het boren van een gat draait de boor in een handboormachine met een toerental  $n = 300$  omw/min. Het huis van de boormachine bevat een tandwielvertraging en een elektromotor. De elektromotor draait met  $n = 2700$  omw/min en geeft een mechanisch vermogen af  $P = 100$  Watt. De boormachine wordt met één hand vastgehouden en weegt 300 g.

Geef een schets van de werkende boormachine en geef daarin het zwaartepunt van de machine aan.

Welke krachten en momenten moet de hand op de boormachine uitoefenen tijdens het boren en welke vlak daarvoor.

Heeft u commentaar op de door u gekozen plaats van het zwaartepunt?

**1.10.** Figuur 1.5 toont een prinseschems van een perforator. Bij het bedienen van de perforator wordt op de hefboom een kracht  $H$  uitgeoefend. Voor het door karton drukken van de stempel is een kracht  $F$  benodigd.

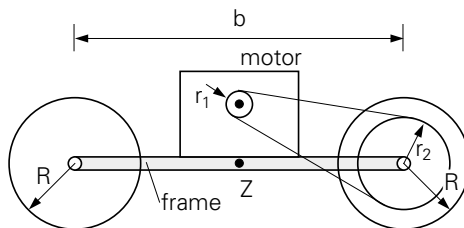


Figuur 1.5.

De veer wordt verondersteld een constante kracht  $V$  uit te oefenen.

- Teken alle onderdelen van de perforator afzonderlijk en geef de erop werkende krachten aan die tijdens het perforeren optreden. De eigen gewichten worden niet meebeschoofd.
- $V$  is kleiner dan  $0,1 F$  en wordt verwaarloosd.  
Druk  $H$  uit in  $F$ . Druk ook de overige krachten uit in  $F$ .  
De hefboomlengten zijn in de figuur 1.5 aangegeven.
- Welke invloeden moet de veerkracht  $V$  kunnen overwinnen?

**1.11.** De tekening 1.6 geeft schematisch de opbouw van een wagentje. De motoras is voorzien van een kettingwiel (straal  $r_1$ ). De ketting drijft via een op de achteras gemonteerd kettingwiel (straal  $r_2$ ) de achterwielen aan. Het zwaartepunt  $Z$  van motor + frame ligt op de aangegeven plaats midden tussen de wielen. Het gewicht van de motor + frame bedraagt  $G$ , de massa van de wielen is verwaarloosd. Bij het rijden ondervindt het samenstel motor + frame een luchtweerstandkracht  $L$ . Deze kracht  $L$  grijpt eveneens aan in  $Z$ . De luchtweerstand van de draaiende wielen is verwaarloosd. Er wordt geen rollende wrijving in rekening gebracht.



Figuur 1.6.

- Beschouw als systeem 1 het gehele rijdende wagentje (motor + kettingoverbrenging + assen + frame + wielen). Teken de op dit systeem werkende uitwen-

- dige krachten en momenten in de juiste richting. Geef de evenwichtsvoorwaarden.
- Beschouw als systeem 2: de motor + kettingoverbrenging + assen + frame. Teken de op systeem 2 werkende uitwendige krachten en momenten in de juiste richting.
  - Beschouw als systeem 3 de motor + assen + frame. Teken de op systeem 3 werkende uitwendige krachten en momenten in de juiste richting. Geef de evenwichtsvoorwaarden.
  - Toon aan dat de onder c gevonden evenwichtsvoorwaarden dezelfde zijn als bij a gevonden.

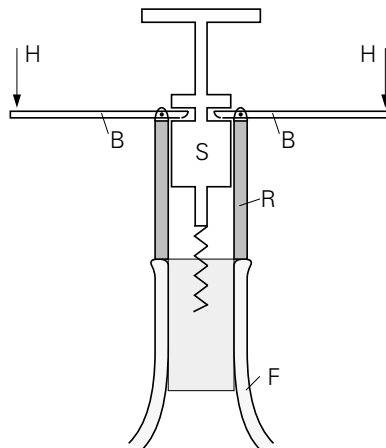
**1.12.** Figuur 1.7. toont een vereenvoudigd model van een kurketrekker. De schroefspindel S van de kurketrekker is reeds in de kurk gedraaid. In het volgende wordt alleen het uitrekken van de kurk uit de fles beschouwd.

In de opstelling zijn 5 onderdelen te onderscheiden:

- het samenstel van de spindel + kurk. Aangegeven met S.
- het frame R
- de twee bedieningshefbomen B
- de fles F, waarvan alleen de hals is getekend.

op elk van de bedieningshefbomen wordt een kracht H uitgeoefend.

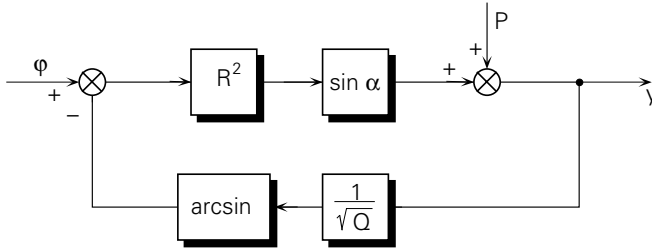
- Teken de 5 onderdelen afzonderlijk (de fles in zijn geheel). Op de verschillende onderdelen werken krachten en momenten. Geef deze in de juiste richting aan. Beperk u tot die krachten en momenten, die voor een goede werking essentieel zijn.



Figuur 1.7.

- De wrijvingskracht tussen kurk en flessehals bedraagt 100 N. De hefboomverhouding in de hefboomen B bedraagt 1:6. Hoe groot zijn de verschillende krachten?
- Welke benaderingen en vereenvoudigingen heeft u ingevoerd?

**1.13.** Het getekende blokschema van figuur 1.8 beschrijft een systeem.  $\varphi$  is het ingangssignaal,  $y$  is het uitgangssignaal. P, Q, R en  $\alpha$  zijn constanten. Is het een lineair systeem?

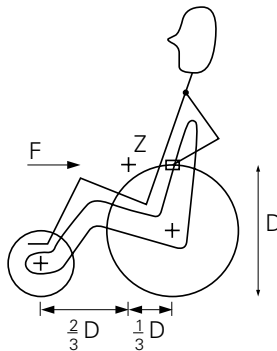


Figuur 1.8.

**1.14.** Een rolstoelrijder bevindt zich in de figuur 1.9. getekende situatie. Zijn zwaartepunt Z ligt de wieldiameter D boven het wegdek en op  $\frac{1}{3} D$  en  $\frac{2}{3} D$  van respectievelijk de achterwielas en de voorwielas. In het zwaartepunt grijpt de gewichtskracht G aan. Het gewicht van de rolstoel wordt verwaarloosd.

De combinatie rolstoel + rijder beweegt met een snelheid v. De totale rijweerstand kan in rekening gebracht worden door een kracht F, werkende op de rijder, aangrijpend in Z.

De hand van de rijder oefent een horizontale kracht  $F_h$  op het achterwiel uit.



Figuur 1.9.

- Teken alle krachten die op de verschillende elementen van het systeem rolstoel + rijder werken.
  - Druk  $F_h$  uit in F.
- De voor- en achterwielen van de rolstoel oefenen de krachten  $N_v$  respectievelijk  $N_a$  uit op het wegdek.
- Hoe groot zijn deze krachten.

**1.15.** De teruggaande beweging van de plunjer van een kitpistool wordt geblokkeerd door een schranker, zie figuur 1.10.