

Exercises

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Surname, First name

Uitwerkingen Giuseppe

WB1641 Werktuigkundig Ontwerpproject

1 EXAM

T1 - Projecttentamen - hertentamen

11 Jan, 2024, 18:30-21:30

1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
0	0	0	0	0	0	0

- Vul hierboven je naam en studentnummer in. Het studentnummer schrijf je uit in de zeven vakjes boven de tabel rechtsboven, en je kruist het bijbehorende hokje aan.
- Maximaal 100 punten te behalen.
- Bij de open vragen dient zowel de uitwerking als het antwoord in het daarvoor bestemde kader gegeven te worden.
- Werk jouw antwoorden eerst uit op kladpapier, neem het dan pas over op dit antwoordformulier.
- Wil je een antwoord aanpassen? Vraag dan de surveillanten om een sticker die het oude antwoord bedekt. Op de sticker kan je jouw nieuwe antwoord geven. Voor grote correcties, zie de laatste pagina van dit document. Voor kleine correcties kan ook Tipp-Ex gebruikt worden.
- Zorg voor een goede leesbaarheid na het scannen. Gebruik bij voorkeur pennen of stiften.
- Toegestane hulpmiddelen:
 - Kladpapier
 - (Grafische) rekenmachine
 - Geodriehoek/liniaal

Dit tentamen is gemaakt door:

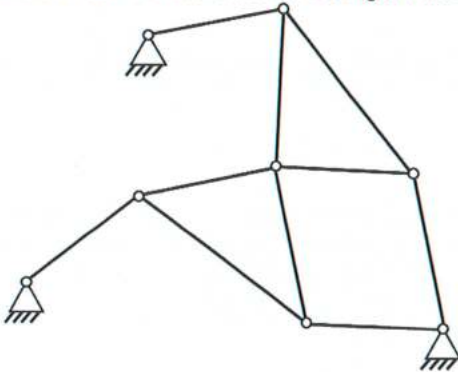
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaand stangenmechanisme in 2D.



$$N = 11$$

$$q = 15$$

$$V = (11 - 1) \cdot 3 - 2 \cdot q = 0$$

- 4p **1a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het systeem? Kruis het juiste antwoord aan. Bij eventuele correcties kleur je het juiste bolletje in.



0



1



2

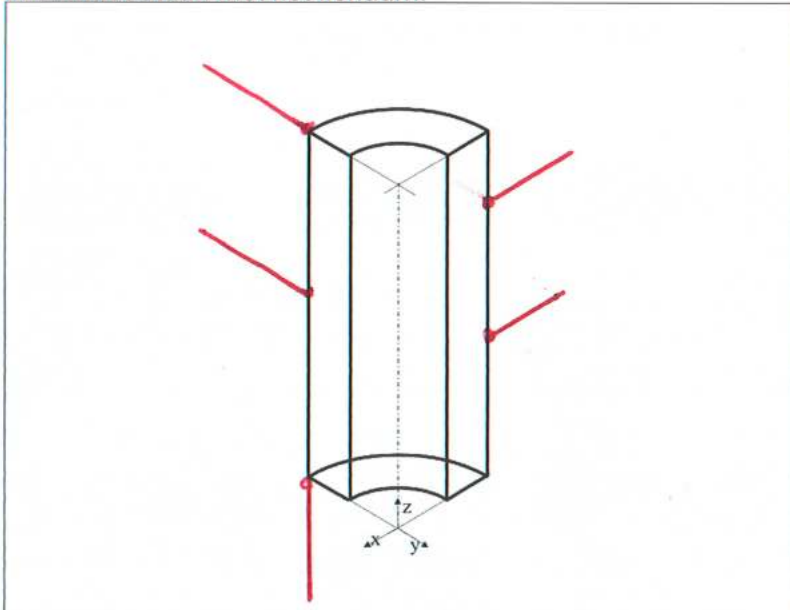


3



4

- 4p **1b** Onderstaand star lichaam moet in 3D worden beperkt door middel van sprieten zodat alleen de rotatie om de hartlijn (stippellijn) nog mogelijk is. De sprieten mogen niet aangrijpen op het cilindrisch gevormde oppervlak aan de binnenkant (inclusief randen). Teken het minimale aantal sprieten om dit doel te bereiken. Teken de sprieten als rechte lijnen met een stip op de plek waar ze in contact staan met het lichaam.



Ontwerpmethoden

3p **2a** Welke typen criteria zijn dit? Kruis steeds het juiste type aan.

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Voor het systeem moet zo min mogelijk investering nodig zijn.				X
De controle-elektronica moeten in een doos van 10x4x2cm passen.		X		
De ventilator moet meer dan 2 liter/seconde lucht verplaatsen.	X			
De wielbasis van het voertuig wordt 2m30.			X	
De boorhamer moet een slagenergie leveren van minimaal 2 Joule.	X			
Het ontwerp moet voor minder dan € 50,- te produceren zijn.		X		

2p **2b** Zijn onderstaande criteria toetsbaar geformuleerd, of niet?

	Wel	Niet
De v-car moet makkelijk te produceren zijn.		X
De v-car moet zo goedkoop mogelijk zijn.	X	
De v-car moet zo simpel mogelijk zijn.		X
De v-car moet minder dan 30cm lang zijn.	X	

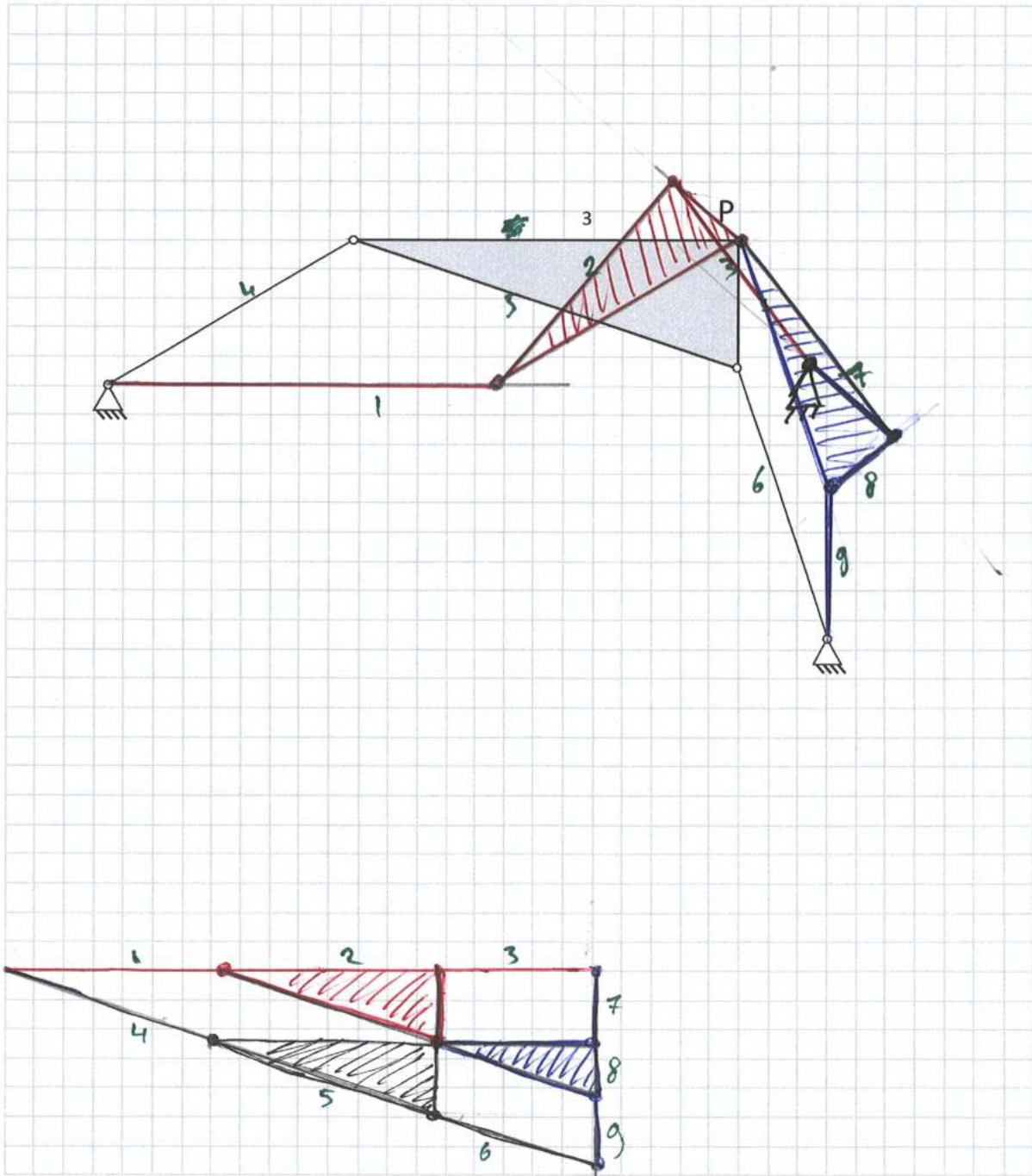
- 5p 2c Een projectgroep heeft twee concepten ontwikkeld: de 'ster' en de 'doos'. Deze worden beoordeeld op 'complexiteit' (weegfactor 25%), 'veiligheid' (weegfactor 30%) en 'herbruikbaarheid' (weegfactor 45%). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een scoretabel te maken zoals voorgeschreven in de 'gewogen criteria methode' uit de Reader Ontwerpmethoden.

De scores van de concepten op deze criteria zou je in een echt project baseren op de voorspelde prestatiewaarden van de concepten. Maar voor deze tentamenvraag mag je de scores zelf bepalen.

Criterium	weegfactor	 "Ster"	 "Doos"
Herbruikbaarheid	45%	1	3
Veiligheid	30%	4	5
Complexiteit	25%	3	2
Totaal	100%	2,4	3,4

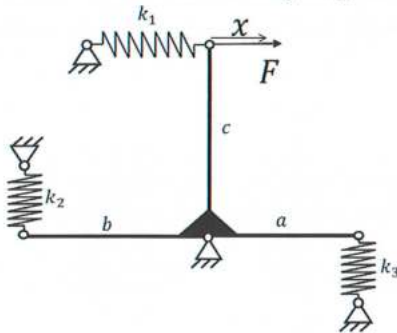
Stangenmechanisme

- 10p 3 Hieronder is een vierstangenmechanisme weergegeven, waarvan de koppelstang een rechthoekige driehoek is. Punt P is het koppelpunt. De afmetingen van de stangen staan aangegeven in de tekening. Construeer twee andere vierstangenmechanismen waarvan het koppelpunt dezelfde baan beschrijft als punt P, de zogenaamde *cognates*. Maak in de tekening duidelijk onderscheid tussen de drie mechanismen, bijvoorbeeld met behulp van kleur of door stangen een naam te geven. Maak ook als hulpmiddel (verplicht) een schets van het *Cayley diagram* (de mechanismen in uitgerekte toestand).

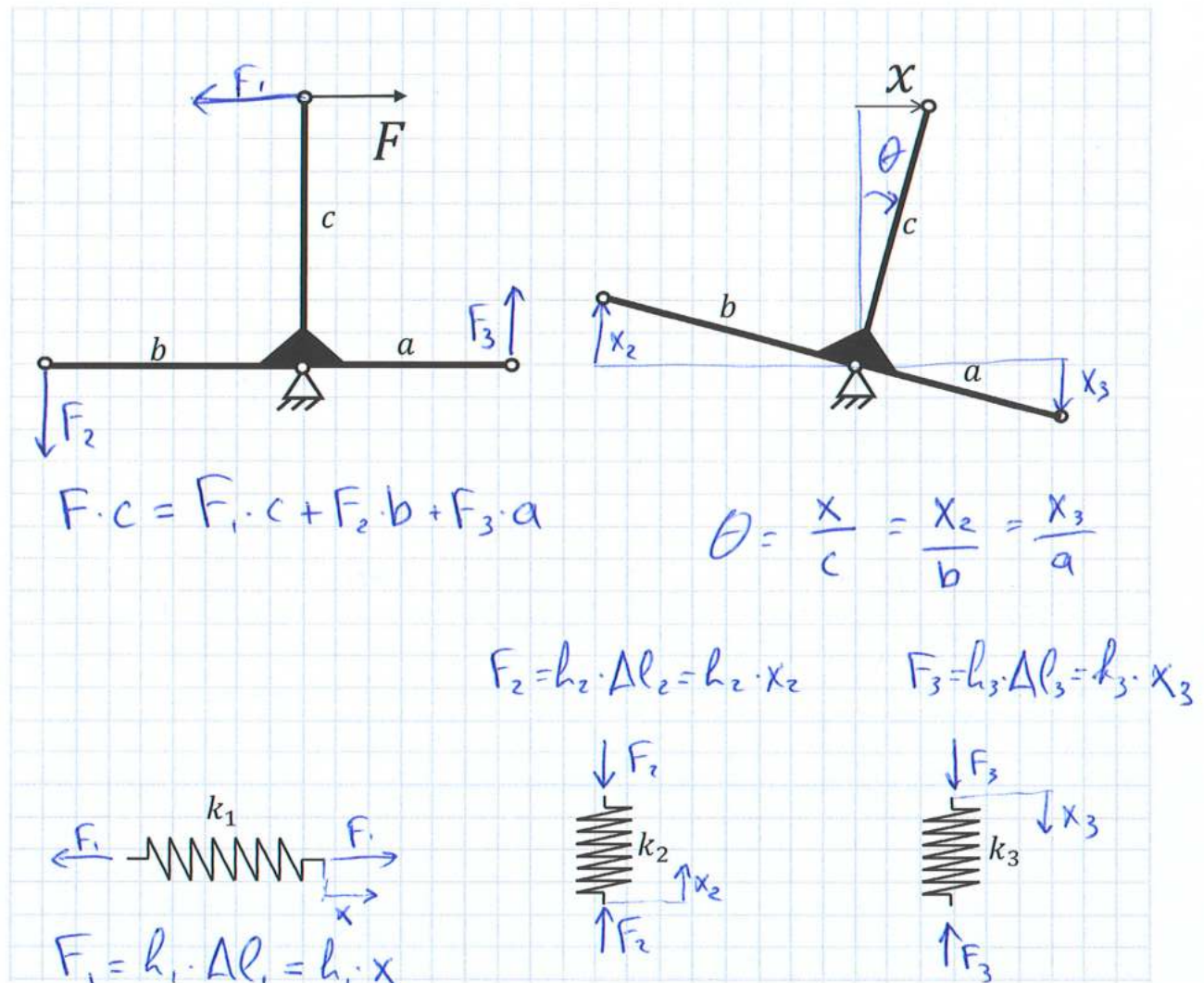


Blokschema's en veren

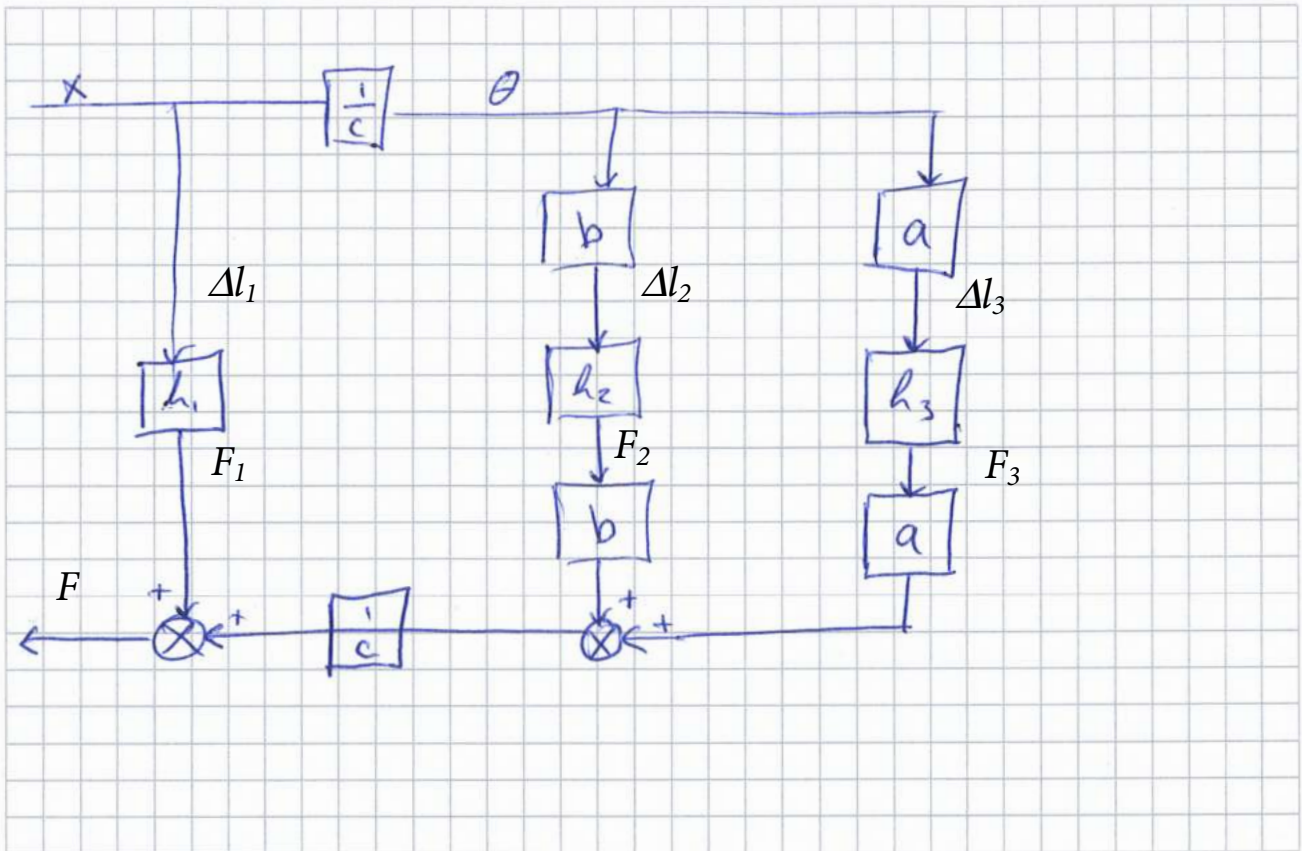
Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit één star lichaam en drie veren. In deze opgave verwaarlozen we de effecten van wrijving en van zwaartekracht.



- 3p **4a** Maak gebruik van onderstaande schematische tekeningen om de af te spreken positieve bewegings- en krachtrichtingen aan te duiden. Geef elke gebruikte grootheid een naam. Geef verder de formules die nodig zijn om een blokschema op te stellen (evenwicht, kinematica en veerkracht).



- 8p **4b** Teken een blokschema van het systeem. Gebruik de verplaatsing x als ingangssignaal en de kracht F als uitgangssignaal. Dus het bovenste gedeelte van het blokschema geeft de bewegingsketen weer en het onderste gedeelte de krachtketen.



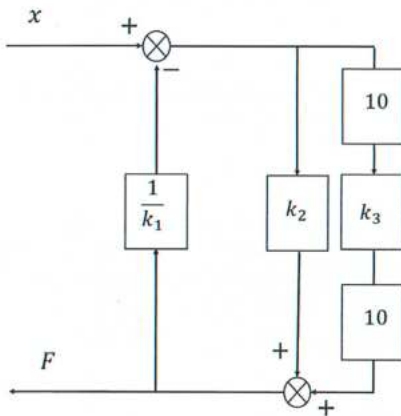
- 3p **4c** Is hier sprake van
 - een seriële schakeling van alledrie de veren,
 - een parallele schakeling van alledrie de veren of
 - een combinatie van seriële en parallele schakelingen?

Geef een onderbouwing van jouw antwoord en als je het derde geval kiest, geef dan aan tussen welke veren een parallele schakeling geldt en tussen welke een seriële schakeling geldt.

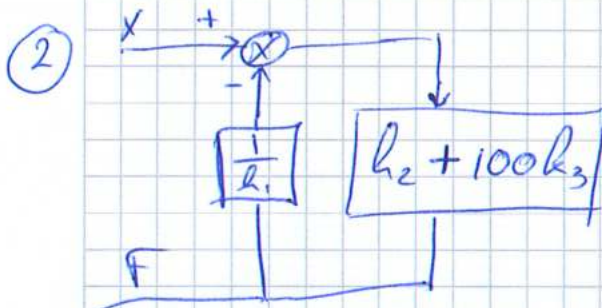
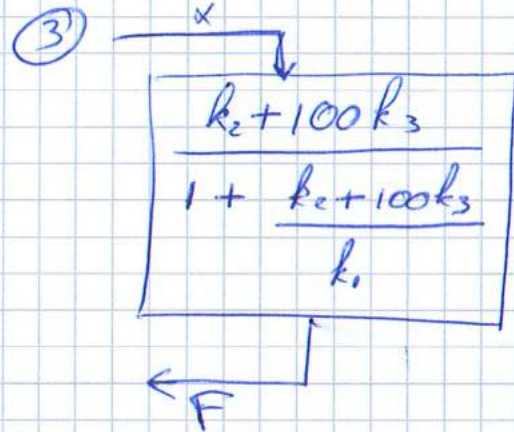
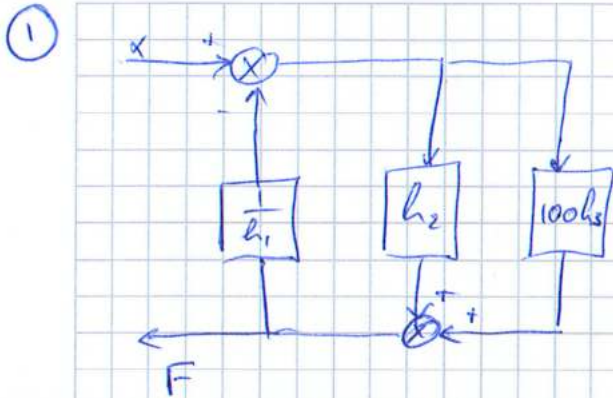
Parallelschakeling van alledrie de veren.

Met de ~~indrukking~~ verplaatsing x is direct de indrukking/uitreiking van elke veer te bepalen (x, x_2 en x_3) zonder de stijfheid van de veren te kennen/gebruiken.

Van een ANDER systeem is een blokschema gegeven, zie hieronder.



- 6p 4d Bepaal uit het gegeven blokschema de vervangende veerstijfheid $k' = \frac{F}{x}$ van het systeem. Voer daarvoor eerst enkele versimpelingen van het blokschema door.



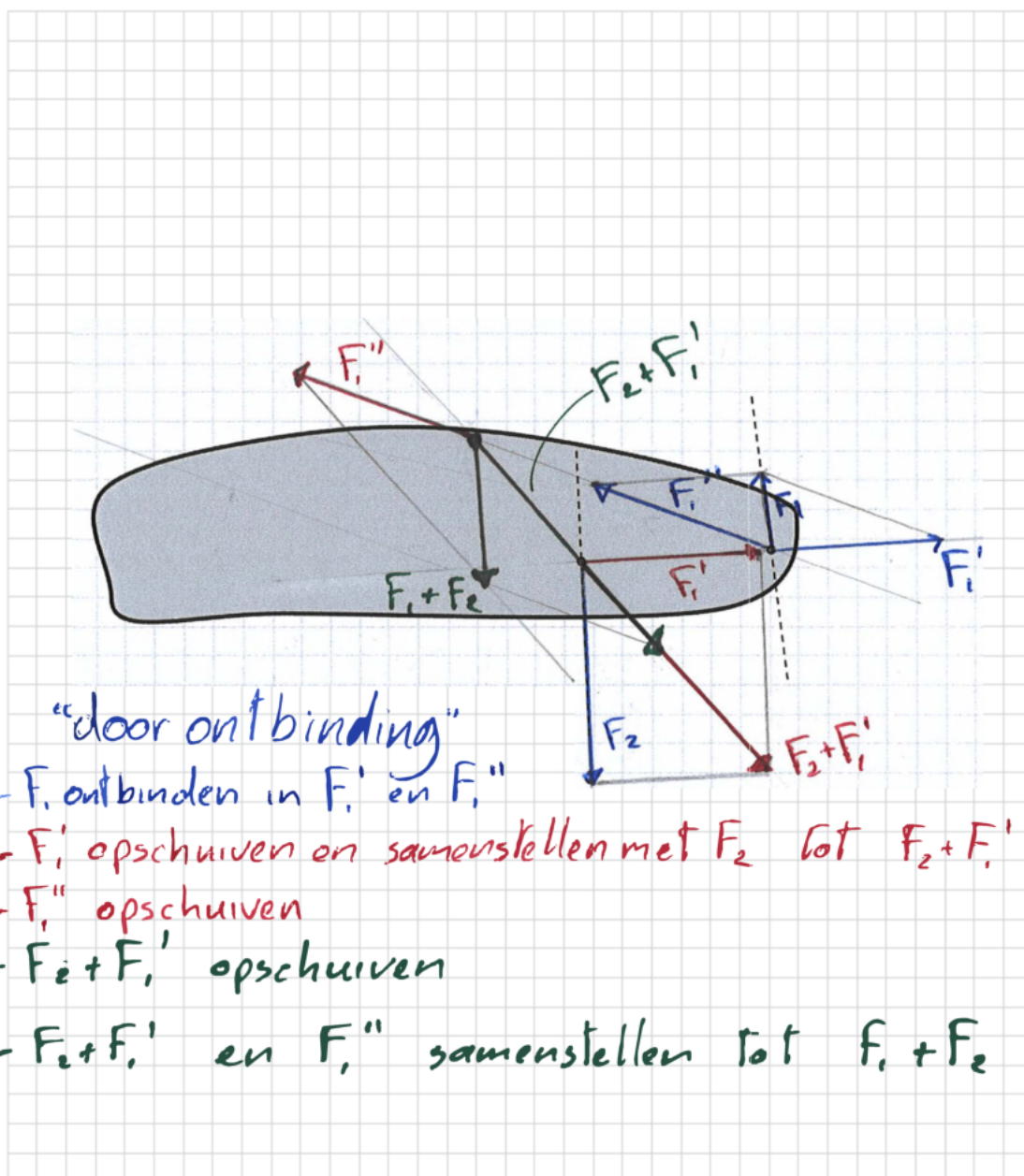
$$k' = \frac{k_2 + 100k_3}{1 + \frac{k_2 + 100k_3}{k_1}}$$

Krachten samenstellen

Aan een star lichaam wordt getrokken door twee veren, één met een stijfheid $3k$ en de ander met een stijfheid k . De veren rekken evenveel uit. Het lichaam komt te staan in de stand zoals hieronder weergegeven. Andere krachten op het lichaam, zoals de zwaartekracht, zijn onbekend.

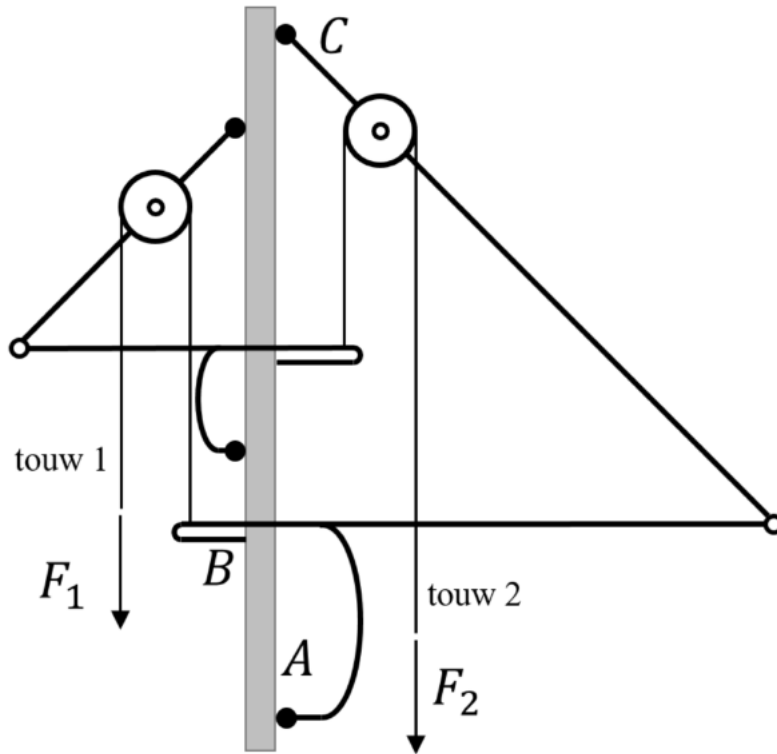


- 8p 5 Construeer de werklijn en de grootte van de resultante kracht van de twee veren. Gebruik hiervoor de methode "door ontbinding". Kies zelf de eenheidslengte van de krachten.



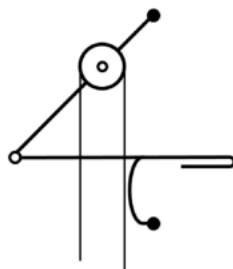
Grafisch evenwicht

Een student van een prestigieuze universiteit kreeg als opdracht om een apparaat te ontwikkelen dat door het trekken aan touwen zich in de tegenovergestelde richting zou voortbewegen over een balk. Hieronder staat een schematische weergave van wat de student heeft bedacht. Het systeem bestaat uit twee soortgelijke deelsystemen die om en om moeten klemmen terwijl het andere deelsysteem vooruit schuift. De projectdocent vertrouwt het niet helemaal en wil graag onderbouwing zien.

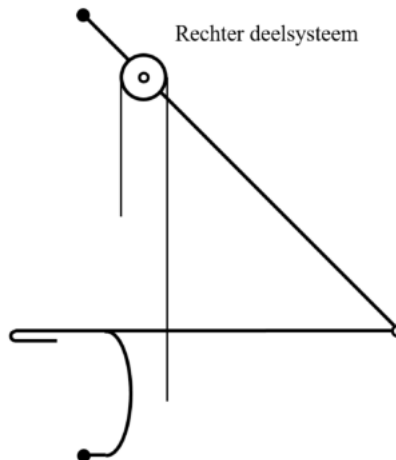


Beschouw het rechter deelsysteem. Het systeem bestaat uit twee met elkaar scharnierende stangen, en een katrol waar het touw voor de aandrijving aan trekt. De horizontale stang heeft twee contactpunten met de balk, A en B. Het bovenste contactpunt (B) kan ook wrijving genereren maar het onderste contactpunt (A) is wrijvingsloos. De schuine stang heeft ook een wrijvingsloos contactpunt (C) met de balk. Verder zijn de scharnieren en de katrol wrijvingsloos. In de hele opgave wordt zwaartekracht buiten beschouwing gelaten.

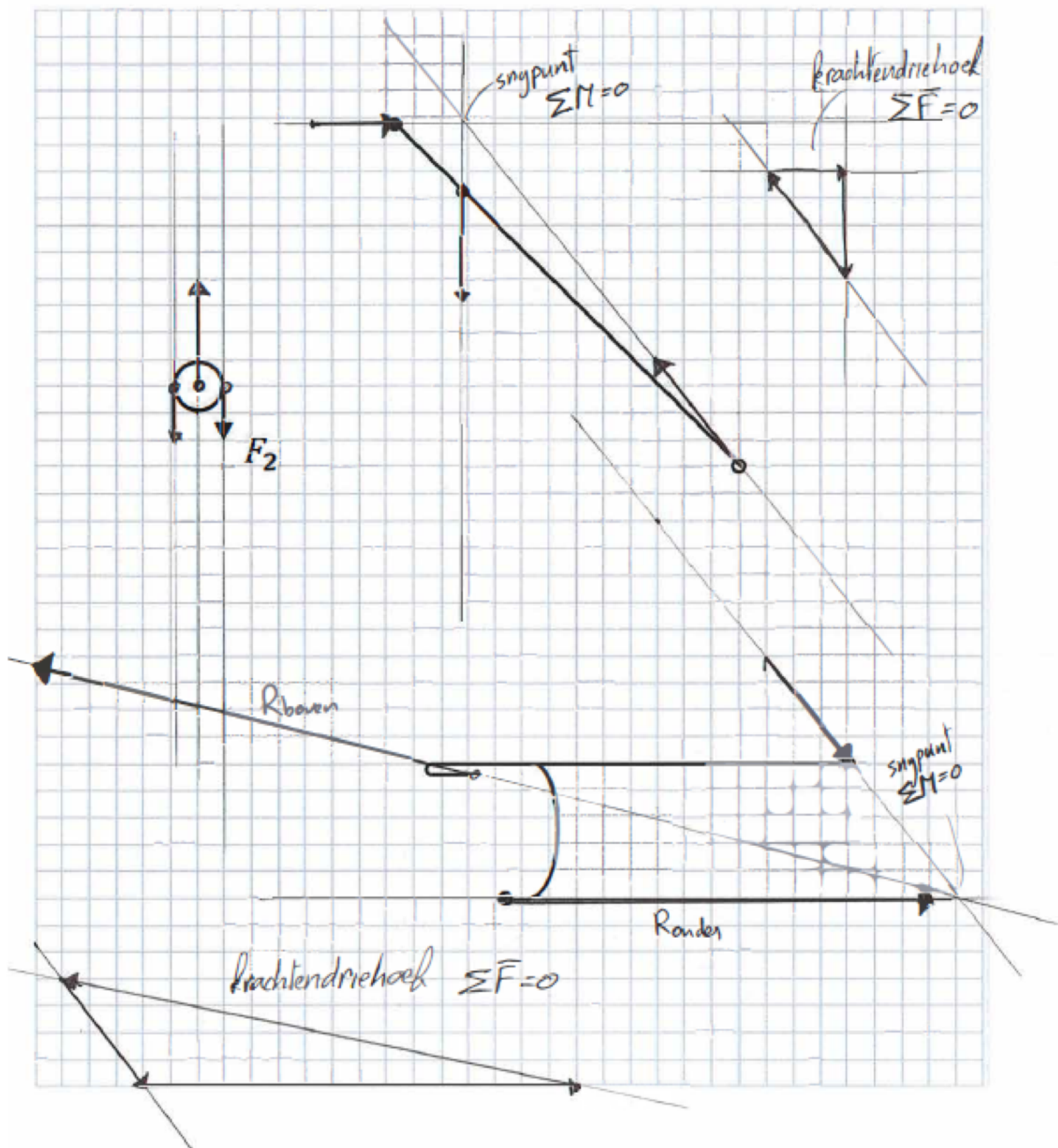
Linker deelsysteem



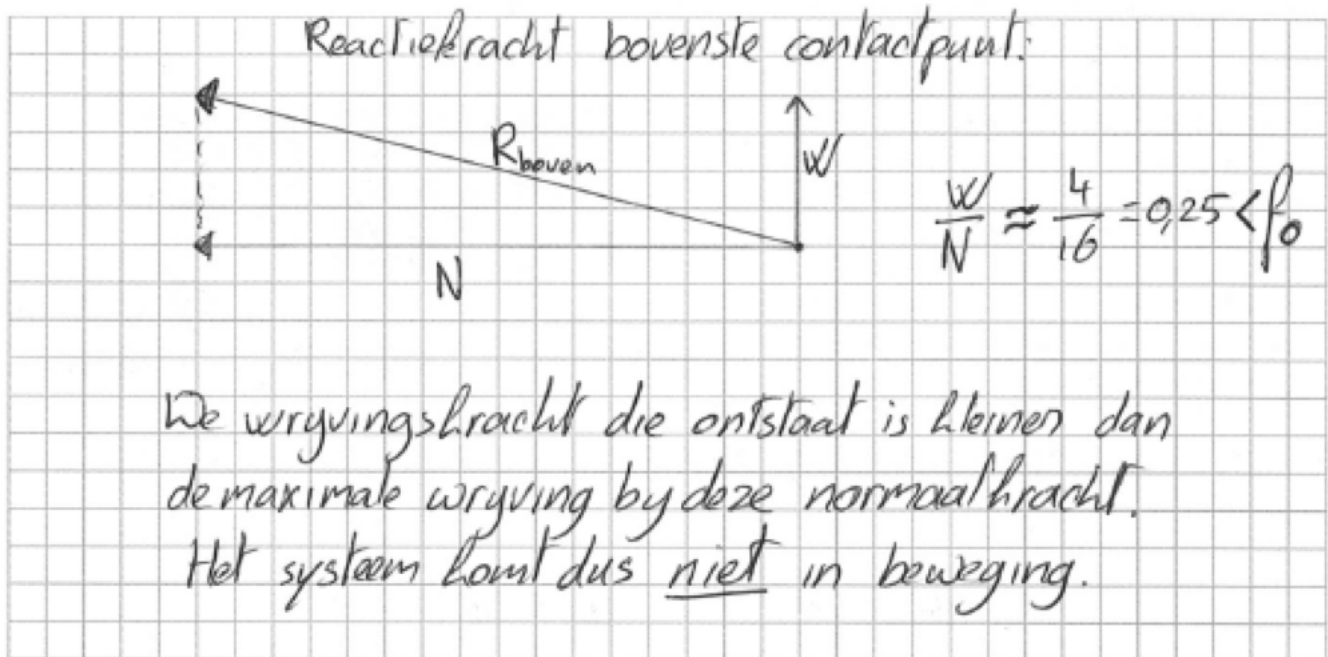
Rechter deelsysteem



- 12p **6a** Touw 1 hangt slap ($F_1 = 0$) en er wordt getrokken aan touw 2 met een kracht F_2 . Voer een grafische evenwichtsanalyse uit, dat houdt in: Teken alle krachten die aangrijpen op de getekende vrijlichaamsdiagrammen van de katrol, de schuine stang en de horizontale stang. Neem hierbij aan dat er evenwicht heerst. Teken voor elke kracht het aangrijpingspunt, de werklijn en de lengtes van de krachten in een juiste onderlinge verhouding.

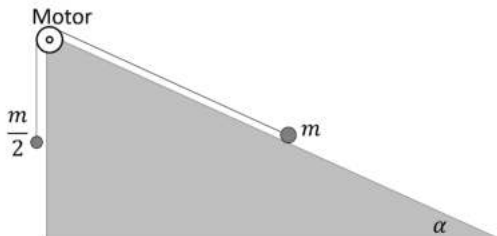


- 4p **6b** In de contactpunten met wrijving is de statische wrijvingscoëfficiënt gelijk aan $f_0 = 0,3$. Toon aan of door het trekken aan touw 2 het rechter deelsysteem in beweging komt.



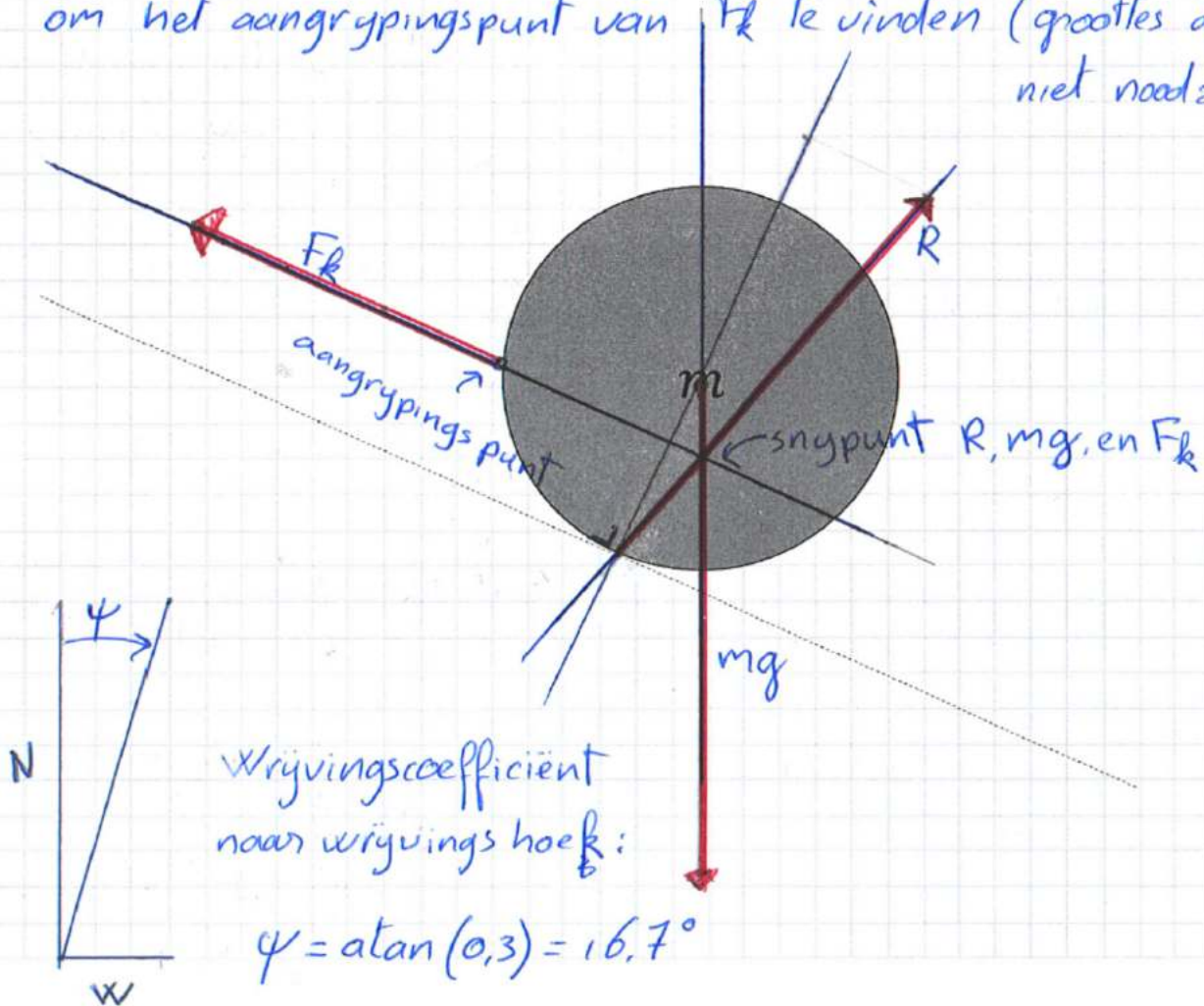
Aandrijving

Twee kogels met massa m en $m/2$, zijn verbonden via een kabel. De zwaardere kogel ligt op een helling $\alpha = 25^\circ$ en de lichtere hangt aan het andere uiteinde van de kabel. Een elektromotor drijft via een katrol met radius R de kabel aan die de kogel langs de helling omhoog trekt. De kogel op de helling ondervindt een snelheidsonafhankelijke dynamische wrijving, met een wrijvingscoëfficiënt van $f = 0,3$.



- 4p **7a** Als de kogel op de helling met een constante snelheid omhoog beweegt, dan kantelt de kogel een beetje. Toon in het vrijlichaamsdiagram aan waar het aangrijpingspunt van de kabel in deze situatie komt te staan. Neem aan dat de kabel bij benadering parallel blijft aan de helling.

Het is voldoende om de werklijnen van de krachten te tekenen om het aangrijpingspunt van F_k te vinden (groottes dus niet noodzakelijk).



- 4p **7b** Bepaal de formule voor de lastkarakteristiek $M_{last}(\omega)$ in termen van m , α , f en R .

Kracht in de kabel links van de motor : $F_{k,links} = \frac{mg}{2}$

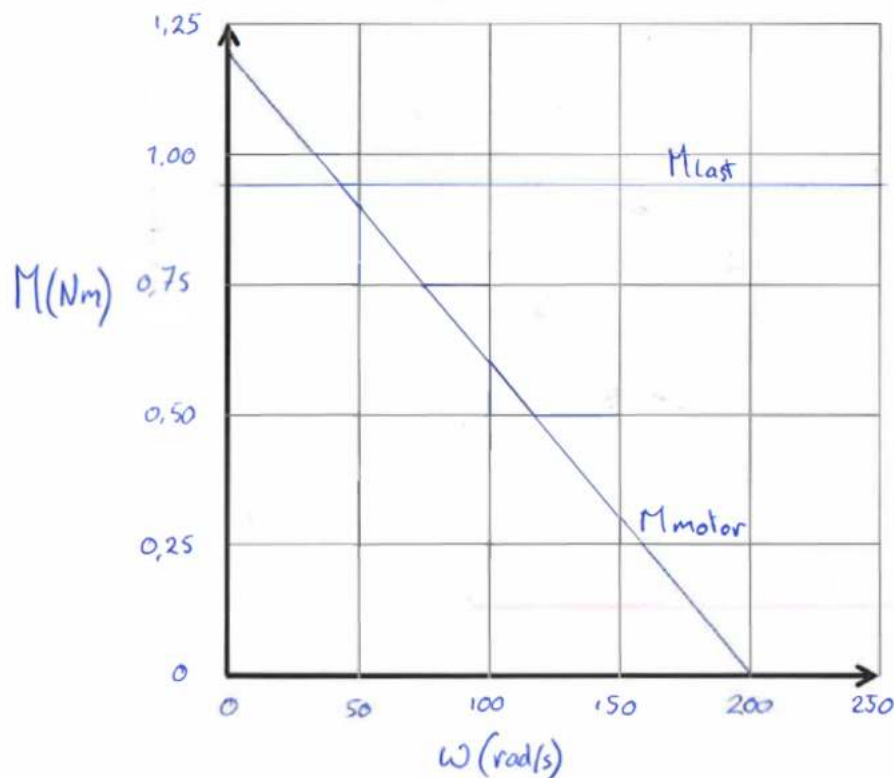
" rechts van de motor :

$$F_{k,rechts} = \underbrace{mg \cdot \sin(\alpha)}_{\text{door gewicht}} + \underbrace{mg \cdot \cos(\alpha) \cdot f}_{\text{door wrijving}}$$

$$M_{last}(\omega) = (F_{k,links} - F_{k,rechts}) \cdot R$$

$$= \left(\frac{1}{2} - \sin(\alpha) - \cos(\alpha) \cdot f \right) mg \cdot R = -0,954 \text{ Nm}$$

- 3p **7c** De gebruikte motor heeft een karakteristiek die beschreven wordt door de formule $M_{motor} = 1,2 - 0,006\omega$ in Nm . Verder is gegeven dat $m = 5kg$ en $R = 0,1m$. Teken zowel de lastkarakteristiek als de motorkarakteristiek in het assenstelsel hieronder. Voorzie de assen van grootte, schaal en eenheid.



- 4p 7d Bepaal de rotatiesnelheid van de katrol in rad/s door middel van de formules (dus niet door middel van de grafieken, mag wel als check gebruikt worden).

$$M_{\text{last}}(\omega) = M_{\text{motor}}(\omega)$$

$$1,2 \text{ Nm} - 0,006 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega = 0,954 \text{ Nm}$$

oplossen voor ω geeft $\omega = 41 \text{ rad/s}$

- 6p 7e In het gegeven systeem wordt het maximale motorvermogen niet benut. Bepaal bij welke straal van de katrol wel het maximale motorvermogen benut zou worden. Wat is nu de rotatiesnelheid van de katrol?

Motorvermogen: $P_{\text{motor}}(\omega) = M_{\text{motor}}(\omega) \cdot \omega = 1,2 \text{ Nm} \omega - 0,006 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega^2$

Het maximale vermogen treedt op wanneer $\frac{dP}{d\omega} = 0$

dus $\frac{dP_{\text{motor}}}{d\omega} = 1,2 \text{ Nm} - 0,012 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega = 0$

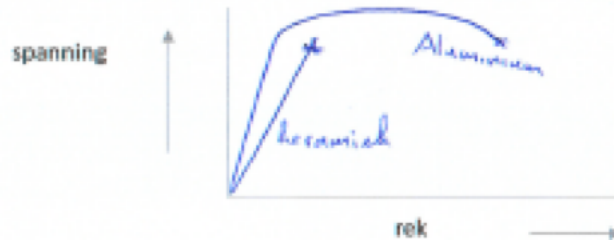
$$\omega_{\text{Pmax}} = 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

De straal van de katrol waarbij deze snelheid het werkpunt zou zijn: $-\left(\frac{1}{2} - \sin(\alpha) - \cos(\alpha)f\right) \cdot mg \cdot R$ $\downarrow$ $(M_{\text{last}} = M_{\text{motor}})$
 $\approx 1,2 - 0,006 \cdot \omega_{\text{Pmax}}$

oplossen voor R geeft $R = 0,063 \text{ m}$

Materiaalkunde

- 2p **8a** Schets in onderstaand figuur een typische trek-rek curve weergegeven voor een taaie aluminium legering en een keramiek. Het gaat hierbij om de vorm van de curves, niet om de groottes.



- 3p **8b** Een trekstang met een diameter van 10 mm wordt belast met een kracht van 20 kN. De stang mag maximaal 0,1% rekken. Welke van onderstaande materialen komen hiervoor in aanmerking. Geef aan hoe je tot de keuze gekomen bent, eventueel met een berekening.

	Staal	Aluminium legering	Koper
Elasticiteitsmodulus in N/mm ²	210000	70000	115000
vloeigrens, rekgrens in N/mm ²	300	505	60
treksterkte in N/mm ²	450	572	220

Oppervlakte $A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
 kracht $F = 20.000 \text{ N}$
 spanning $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{20.000 \text{ N}}{7,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = 255 \text{ MPa}$
 Benodigde (minimale) E-modulus $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{255 \text{ MPa}}{0,001} = 255 \text{ GPa}$

Koper vervormd plastisch, aluminium rekt te veel, staal rekt ook te veel. Geen van de drie komt in aanmerking.

- 2p **8c** Waarop is de binding tussen metaalatomen gebaseerd? Is dit een sterke of zwakke binding?

Alle atomen bezitten alle elektronen in de buitenste schil gemeenschappelijk, sterke binding.

Lea

- 9

This page is left blank intentionally