

Questions

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

Student ID

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

Name student

Antwoordmodel G. Radaelli

Werktuigkundig Ontwerpproject 1 WB1641 18/19 (Q1)

T1 - projecttentamen - Herkansing

10 January 2019 18:30 - 21:30

- Vul hierboven je naam en studentnummer in. Het studentnummer schrijf je uit in de zeven vakjes onder **Student ID**, en je kruist het bijbehorende hokje aan.
- Maximaal 100 punten te behalen.
- Bij de meerkeuzevragen altijd maar 1 antwoord aankruisen.
- Bij de open vragen dient zowel de uitwerking als het antwoord in het daarvoor bestemde ruitjeskader 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.
- De antwoorden moeten met pen ingevuld worden.
- Toegestane hulpmiddelen:
 - Boek en vraagstukkenbundel "Werktuigkundige systemen" van J.C. Cool, onbeschreven
 - Kladpapier
 - (Grafische) rekenmachine
 - Geodriehoek/liniaal

Dit tentamen is gemaakt door:

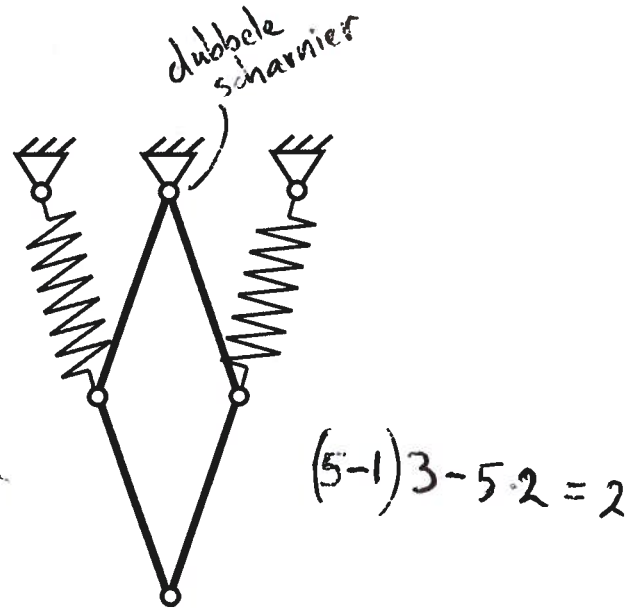
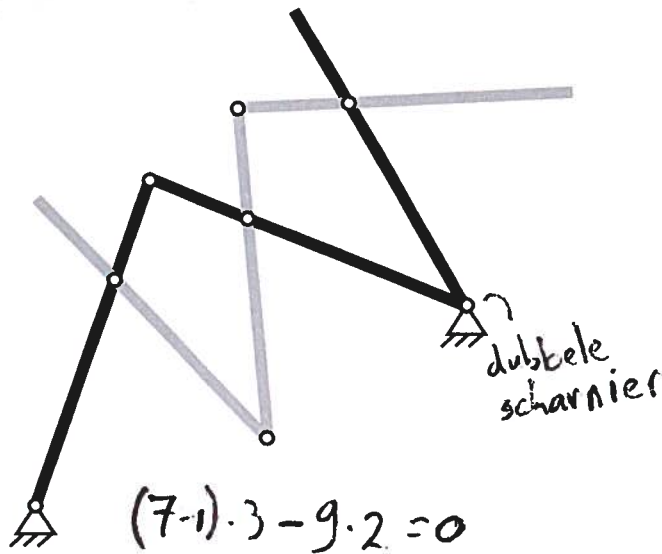
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en prof. dr. ir. J.M.C. Mol

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom en ir. B. van Vliet

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaande twee systemen in 2D.



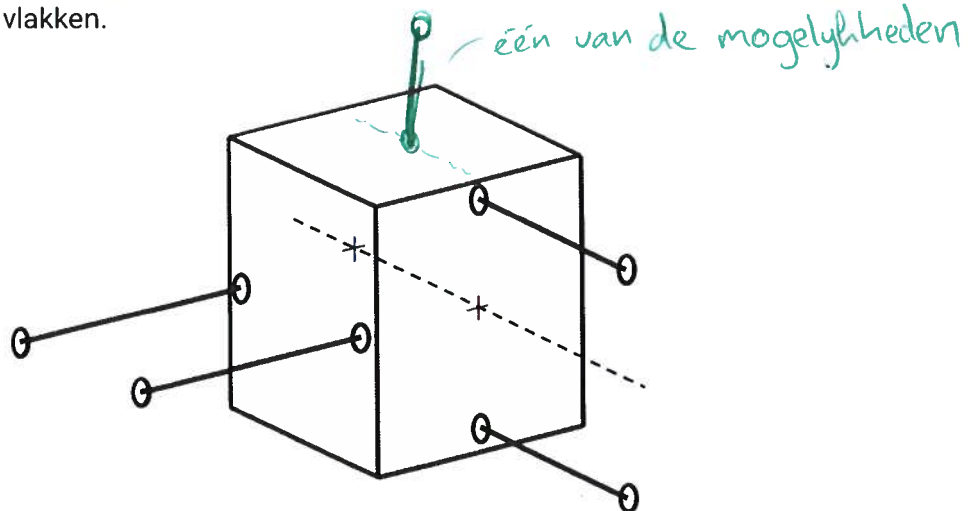
2p 1a Hoeveel graden van vrijheid heeft het linker systeem?

- ☒ 0
 ☐ 1
 ☐ 2
 ☐ 3
 ☐ 4

2p 1b Hoeveel graden van vrijheid heeft het rechter systeem?

- ☐ 0
 ☐ 1
 ☒ 2
 ☐ 3
 ☐ 4

4p 1c Beperk de bewegingsvrijheid van onderstaand lichaam door één spriet toe te voegen (tekenen) op zo'n manier dat alleen de rotatie om de stippellijn nog mogelijk is. Laat de spriet aangrijpen op een van de drie zichtbare vlakken.



Ontwerpmethoden

- 2p **2a** Kruis aan welke van de onderstaande criteria zijn geformuleerd als *functionele eisen* en welke als *prestatiecriteria*.

	Functionele Eis	Prestatie criterium
Het mechanisme moet door een opening van 50x50mm passen	✓	
Het systeem moet zo licht mogelijk zijn		✓
Het doel is om het aantal ventilatiegaten in de behuizing groter dan 10mm diameter te maximaliseren		✓
De maatafwijking in de breedte van de bevestigingssleuf mag niet groter worden ten opzichte van het oude ontwerp	✓	

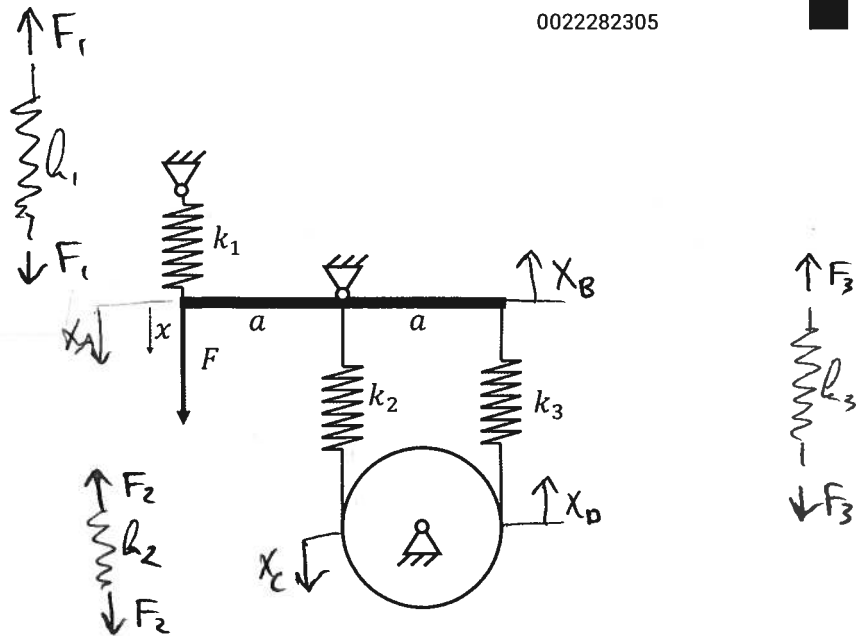
- 4p **2b** Kruis aan welke van de onderstaande criteria zijn *geoperationaliseerd*, en welke niet.

	Wel	Niet
Het systeem moet <u>handig</u> op te bergen zijn		✓
De speaker moet <u>beter geluid</u> geven dan anderen met een vergelijkbare prijs		✓
Het vervoersmiddel moet <u>duurzaam</u> zijn		✓
Assemblage moet een zo laag mogelijk <u>aantal handelingen</u> kosten	✓	
De verpakking moet <u>milieuvriendelijker</u> zijn dan bestaande oplossingen		✓
De verbinding met de handvaten moet <u>sterker</u> zijn dan in het huidige ontwerp	✓	
De onderdelen moeten <u>zo veel mogelijk met een lasersnijder</u> te maken zijn	✓	
De dop moet <u>makkelijk open te draaien</u> zijn		✓

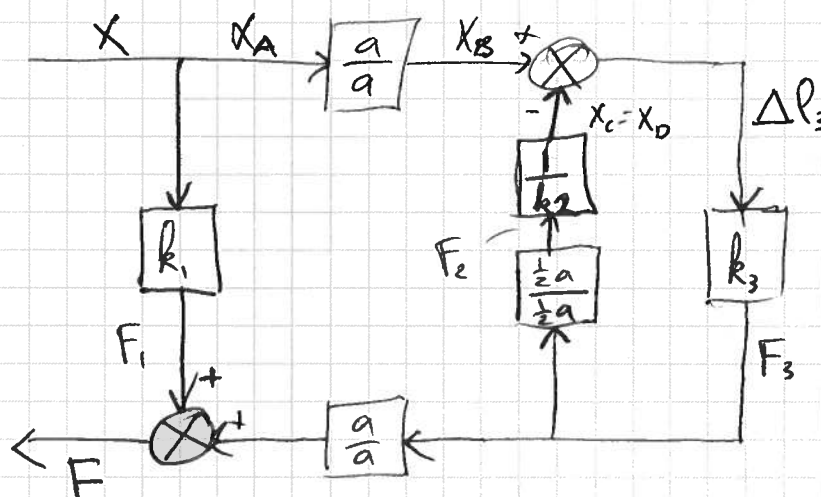
- 4p 2c In een ontwerpproject voor een nieuw verpakkingsproduct zijn 2 concepten ontwikkeld: de 'Kist' en de 'Koker'. Deze worden beoordeeld op 3 criteria: 'Efficiënt ruimtegebruik' (wegingsfactor 2), 'Kosten productie' (wegingsfactor 5), en 'Sterkte' (wegingsfactor 3). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een scoretabel te maken zoals voorgeschreven in de relevante stap van de gewogen criteria methode.

					
criteria factor		Kist		Koker	
Kosten	5	3	15	5	25
sterkte	3	2	6	4	12
Ruimte	2	5	10	2	20
		31		57	

Beschouw het systeem hiernaast, bestaande uit een stang, drie veren en een katrol. Het systeem kent geen verliezen en zwaartekracht wordt niet beschouwd.



- 10p



$$F_1 = k_1 \cdot x$$
$$F_3 = (x_B - x_D) k_3$$
$$x_D = x_C$$
$$x_C = \frac{F_2}{k_2}$$

- 6p **3b** Geef de vervangende veerstijfheid ($k_v = F/x$) in termen van a , k_1 , k_2 en k_3 .

Uit blokschema:

$$F = F_1 + F_3$$

$$= k_1 x + \cancel{k_3} k_3 \left(\frac{k_3}{1 + \frac{k_3}{k_2}} \right) x$$

$$k_v = \frac{F}{x} = k_1 + \frac{k_3}{1 + \frac{k_3}{k_2}}$$

overdrachtsfunctie by
terugkoppeling:

$$H = \frac{\tilde{F}}{1 + \tilde{H}}$$

(cool H2)

Uit parallel en serieschakeling:

$$k_v = k_1 + \underbrace{\frac{1}{\frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}}}_{\text{serie}}$$

parallel

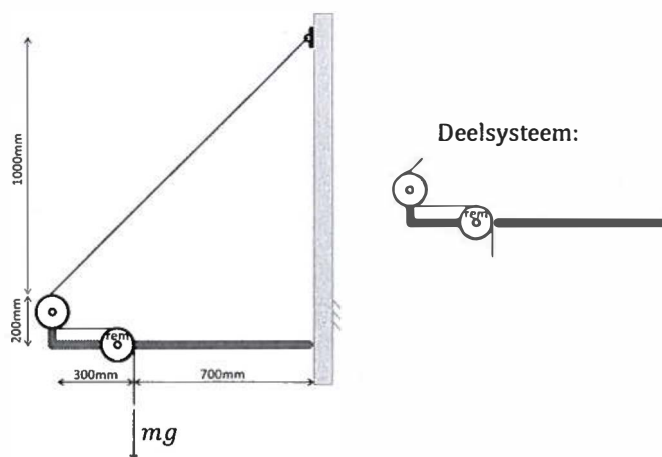


- 2p **3c** De torsieveer hierboven afgebeeld wordt ingeklemd aan de zijanten en belast met een moment in het middengedeelte. Zijn het linker en rechter deel van de veer parallel of serieel aan elkaar geschakeld?

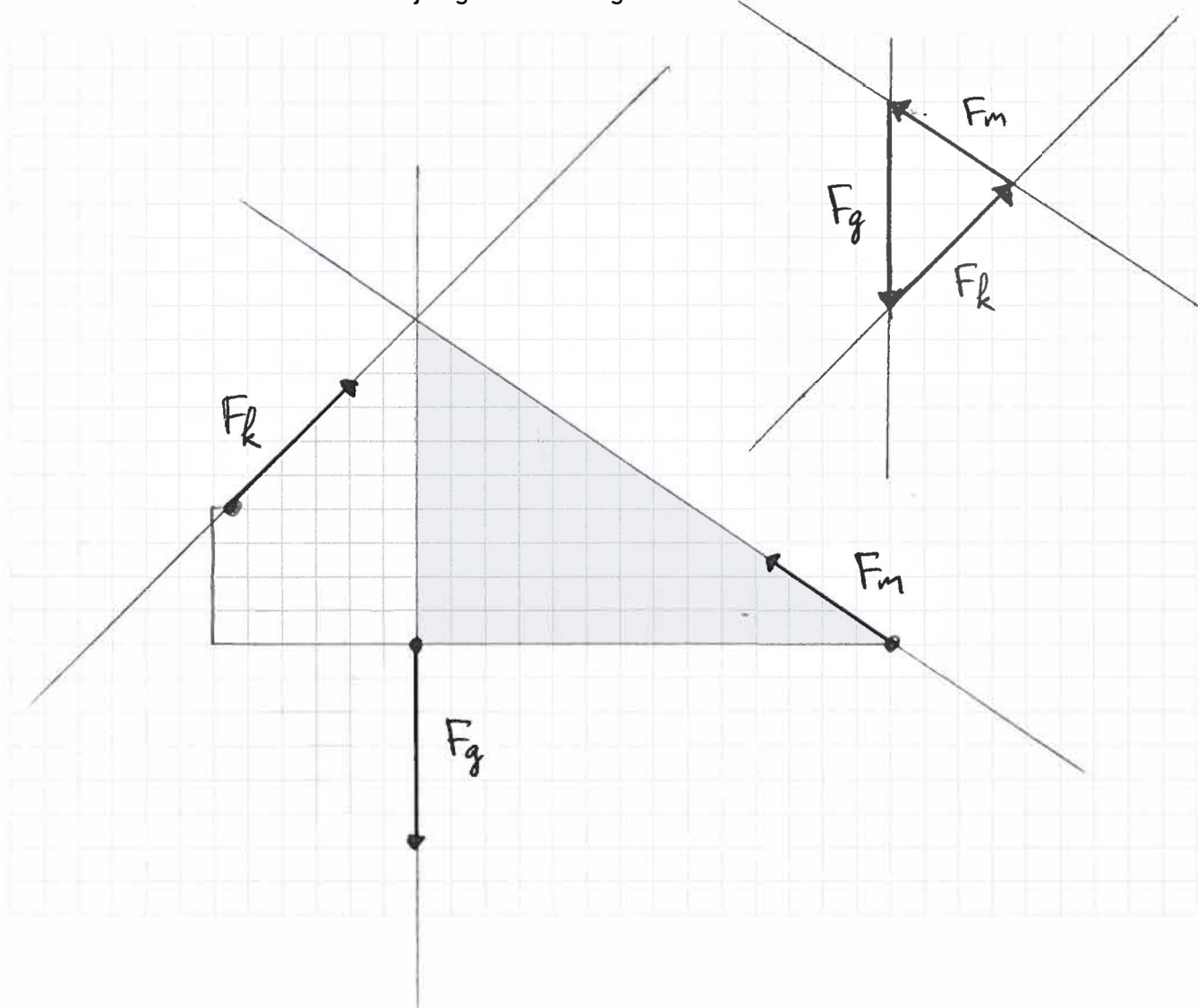
- ☒ Parallel
☐ Serieel

Evenwicht en wrijving

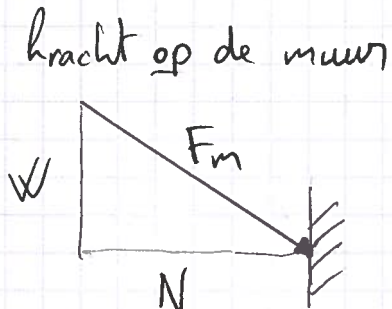
Beschouw het systeem hiernaast. Er wordt met een kracht gelijk aan mg getrokken aan een ketting. De ketting gaat langs twee kettingwielen zonder te slippen en is bovenin bevestigd aan de wand. Het rechter kettingwiel wordt stilgehouden door een rem. De rem oefent een moment uit in het midden van het wiel. De stang steunt met wrijving tegen de wand.



- 7p **4a** Beschouw het deelsysteem zoals weergegeven in het rechter plaatje. Teken het vrijlichaamsdiagram van dit subsysteem met al de externe krachten. Teken voor elke kracht het aangrijpingspunt, de werklijn en de lengtes van de krachten in een juiste onderlinge verhouding. Neem hierbij aan dat er evenwicht heerst en dat de wrijving tussen stang en muur voldoende is.



- 5p **4b** In het contactpunt tussen stang en muur is de statische wrijvingscoëfficiënt gelijk aan $f_0 = 0,3$. Toon aan of door de kracht op de ketting het systeem in evenwicht kan blijven staan.



conditie voor evenwicht

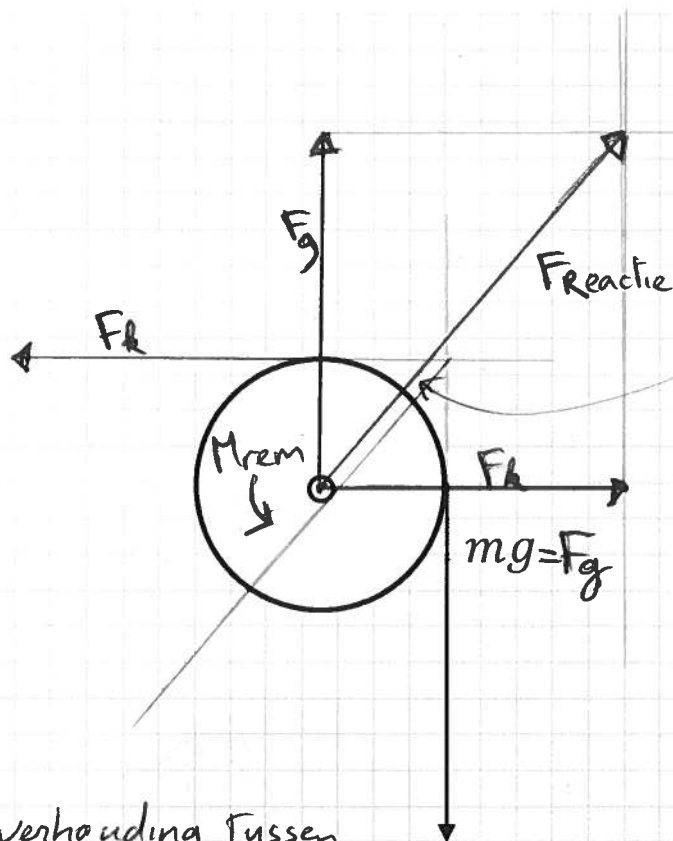
$$N \cdot f_0 \geq W$$

$$f_0 \geq \frac{W}{N} = \frac{4 \text{ hokjes}}{6 \text{ hokjes}}$$

$$0,3 < \frac{4}{6}$$

dus geen evenwicht

- 6p **4c** Ga er weer vanuit dat de wrijving tussen stang en muur WEL voldoende is. Beschouw nu als subsysteem alleen het geremde kettingwiel. Teken in onderstaand vrijlichaamsdiagram alle externe belastingen op het systeem. Teken voor elke kracht de werklijn en het aangrijpingspunt, en de lengte van de krachten naar juiste onderlinge verhouding, uitgaande van de gegeven lengte voor mg (10 hokjes).



door de afstand
tussen de werklijnen
ontstaat een koppel.

M_{rem} is dus nodig
voor evenwicht.

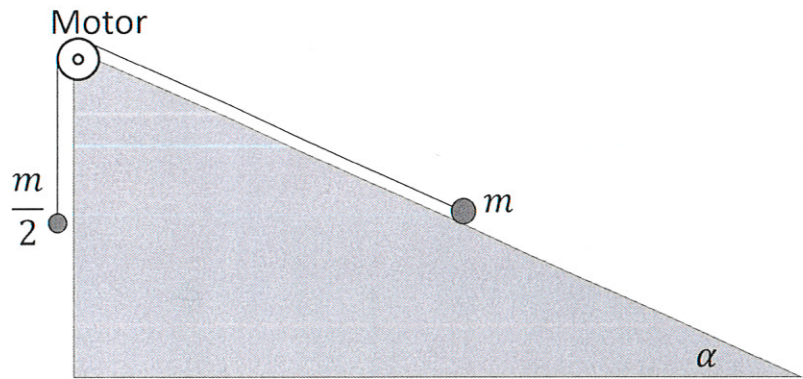
Uit 4a, de verhouding tussen
 F_g en F_k :

$$F_g : F_k = 3 : 2,6 \Rightarrow 4,7 \text{ cm} : 4 \text{ cm}$$

↓
lengte F_k

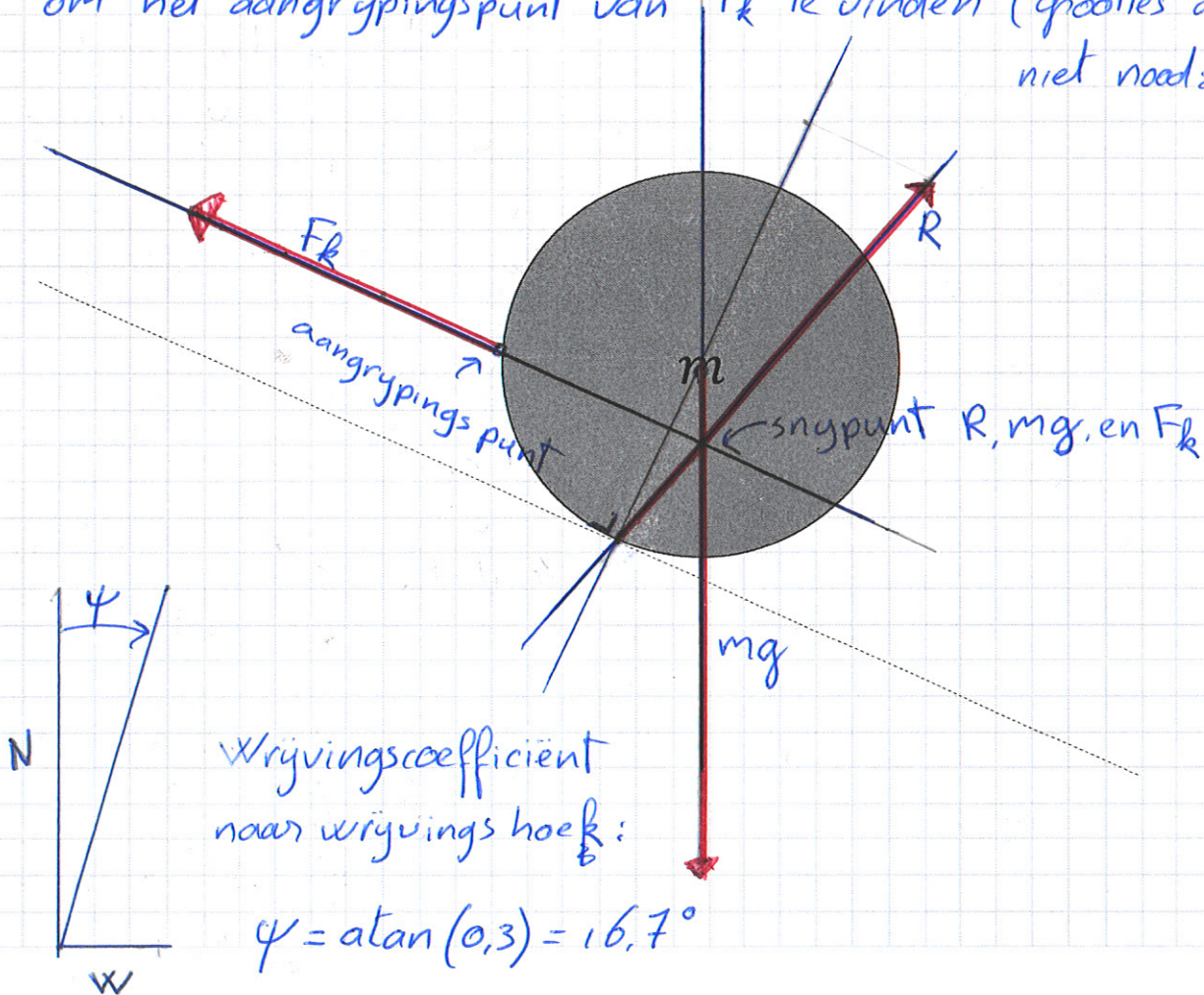
Aandrijving

Twee kogels met massa m en $\frac{m}{2}$, 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 snelheidsafhankelijke dynamische wrijving, met een wrijvingscoëfficiënt van $f = 0,3$.



- 4p 5a 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 5b Bepaal de formule voor de lastkarakteristiek $M_{last}(\omega)$ in termen van m , α , R en f .

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

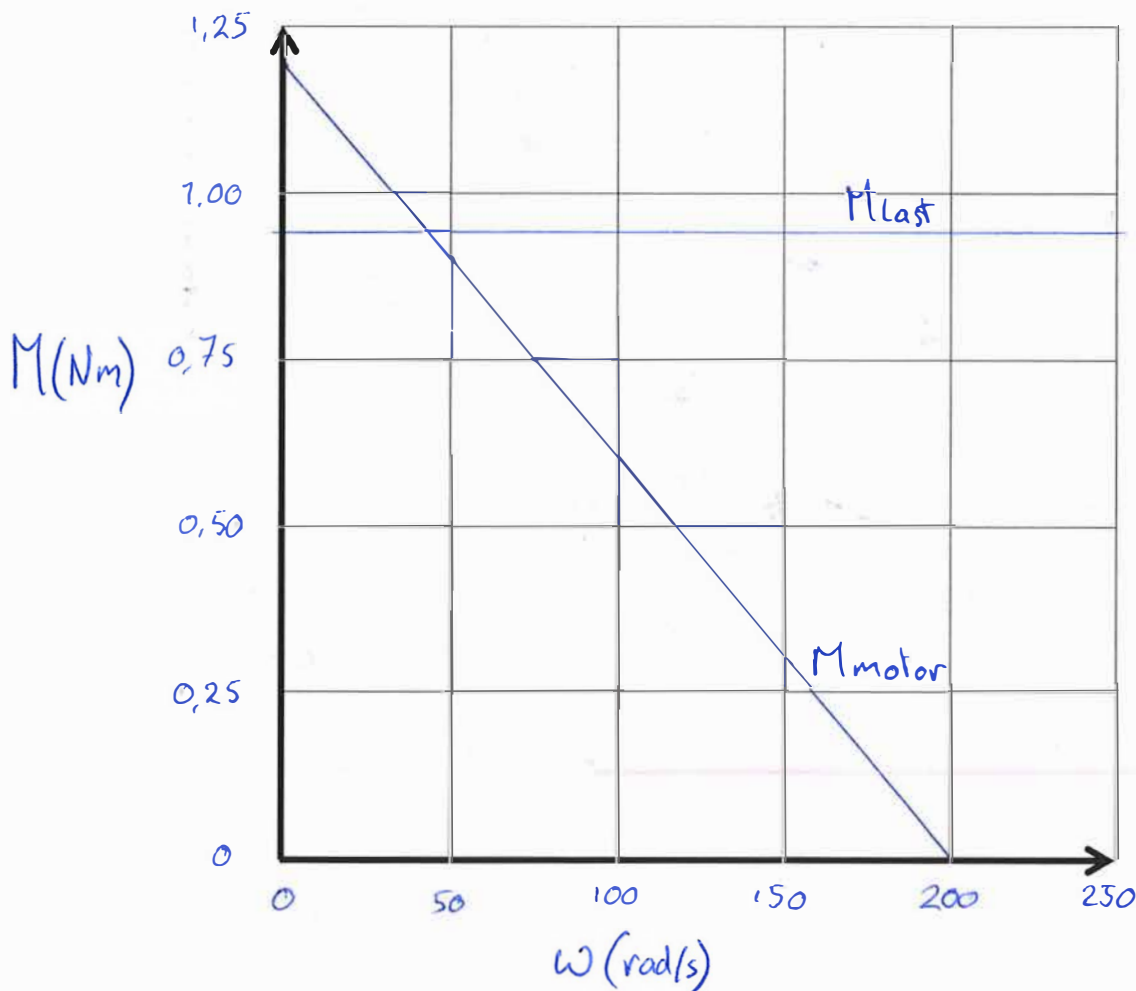
" rechts van de motor :

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

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

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

- 4p 5c De gebruikte motor heeft een karakteristiek die beschreven wordt door de formule $M_{motor}(\omega) = 1,20 \text{ Nm} - 0,006 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega$. Verder is gegeven dat $m = 5 \text{ kg}$ en $R = 0,1 \text{ m}$. Teken zowel de lastkarakteristiek als de motorkarakteristiek in het assenstelsel hieronder. Voorzie de assen van grootte, schaal en eenheid.



4p **5d** Bepaal de rotatiesnelheid van de katrol in rad/s .

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

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

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

6p **5e** 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 $\frac{dP_{\text{motor}}}{d\omega} = 1,2 \text{ Nm} - 0,012 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega = 0$

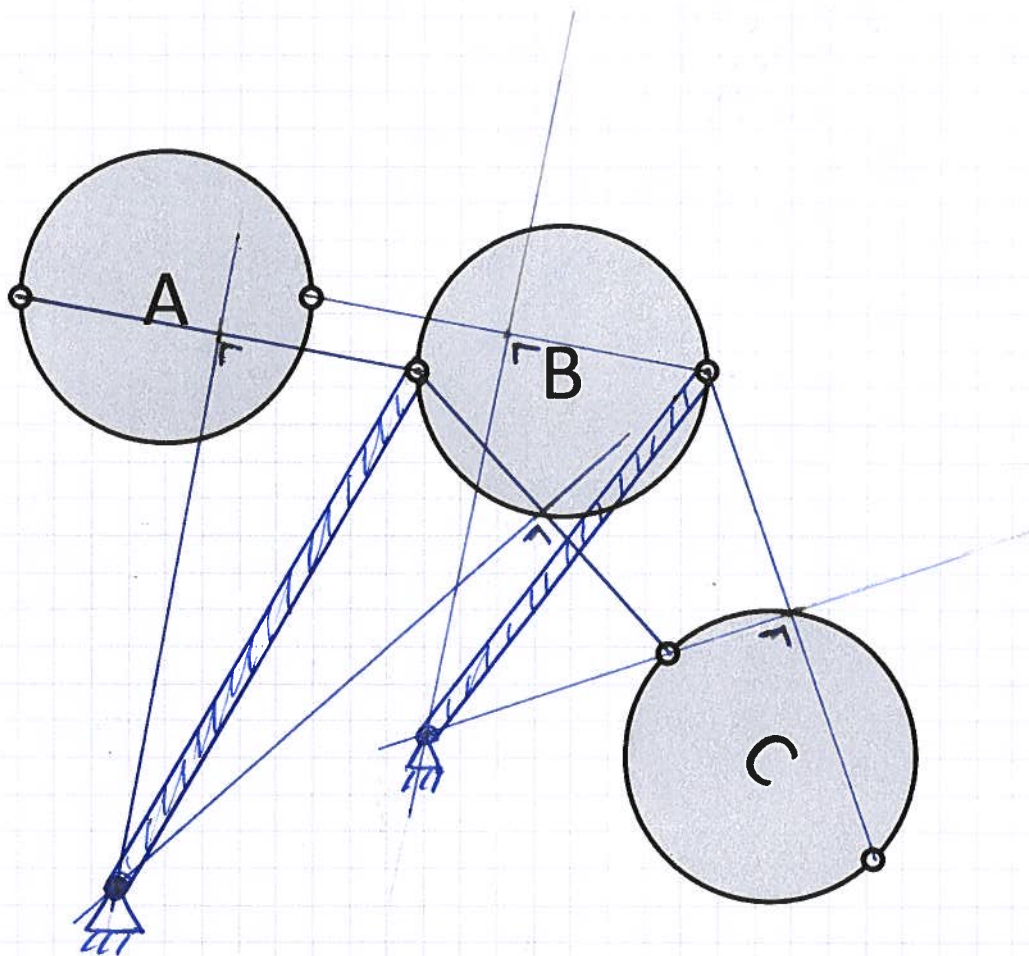
$$\omega_{P_{\text{max}}} = 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

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

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

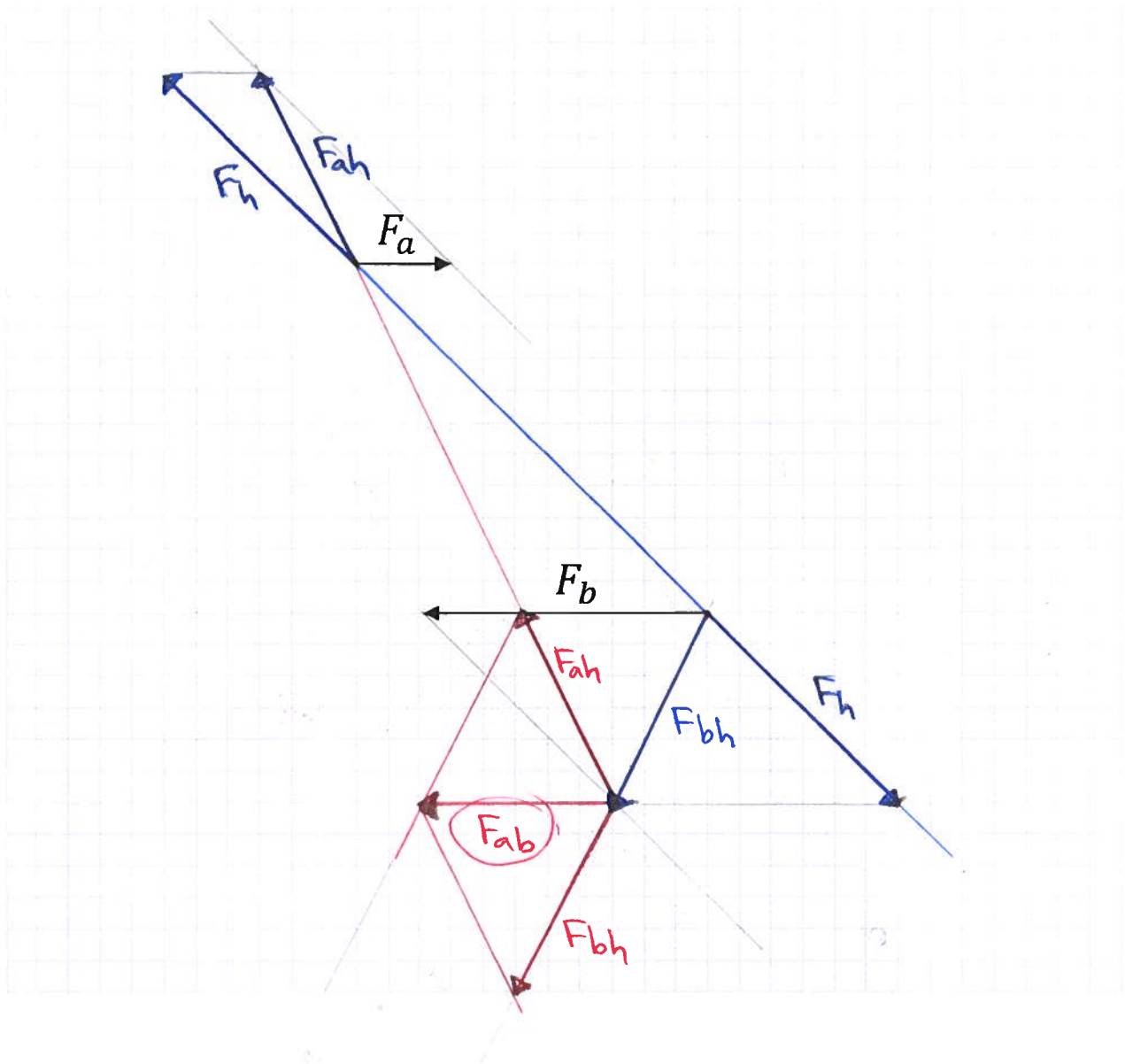
Synthese vierstangenmechanisme

- 10p 6 Een vierstangenmechanisme wordt toegepast om een object te verplaatsen van stand A naar B en dan naar C. Construeer het stangenmechanisme dat deze beweging realiseert aan de hand van de *instantaneous center method*. Teken de stangen van het gevonden mechanisme in stand B en laat de gebruikte hulplijnen zien.

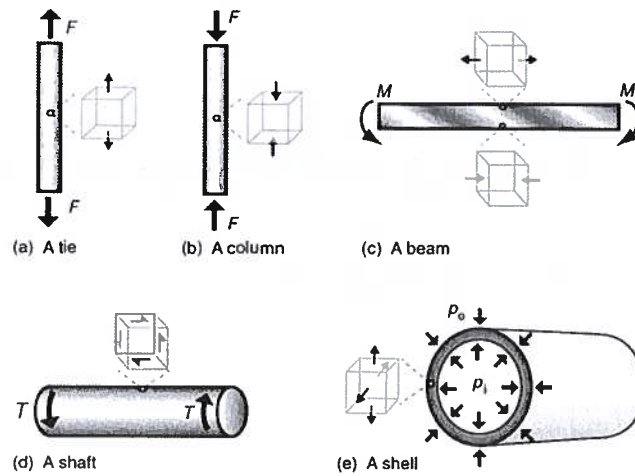


Samenstellen van krachten

- 6p 7 Stel onderstaande krachten F_a en F_b samen tot de samengestelde kracht F_{ab} door gebruik te maken van *hulpkrachten* (zie boek *werktuigkundige systemen*). Laat alle gebruikte hulplijnen en krachten zien (mag met verschillende kleuren), en geef deze een duidelijke benaming.



Materiaalkunde



- 2p **8a** Een constructie of product kan op vele verschillende manieren belast worden: trek, compressie, buiging, afschuiving/torsie en hydrostatische druk (of een combinatie hiervan). Geef voor de volgende technische systemen de dominante belastingmodus:

- hijskabel : Trek
- windturbinebladen : buiging
- bladveer : buiging
- brugdek : buiging
- airbag : hydrostatische druk

- 3p **8b** Een aluminium rondmassieve trekstaaf heeft een dwarsdoorsnede (A) van 1500mm^2 en een staaf lengte (L) van 2.0m in onbelaste toestand. De drukstaaf wordt gebruikt om een last (m) te dragen van 8000kg . Gebruik als waarde voor de gravitatieversnelling (g) 9.81m/s^2 . Bereken de trekspanning (σ) in de staaf bij volledige belasting. Geef zowel de formule als de waarde in MPa.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = m \cdot g = 8000 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A = 1500 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 52,32 \text{ MPa}$$

- 3p **8c** Welke van de aluminiumlegeringen in onderstaande tabel komt/komen in aanmerking voor de hijslast gegeven in vraag b zonder dat er blijvende vervorming mag optreden. Licht het antwoord kort toe.

Aluminium 5083 en Aluminium 7075 ,
omdat de yield-strength (σ_y), de spanning waarbij
plastische vervorming zou optreden, ~~groter~~ groter is
dan de aanwezige spanning ($\sigma = 52,32 \text{ MPa}$).

	σ_y (MPa) *1	σ_{TS} (MPa) *2	E (GPa) *3
Aluminium 1100	35	90	70
Aluminium 5083	120	270	70
Aluminium 7075	505	572	70

*1 vloeigrens, rekgrens

*2 treksterkte

*3 elasticiteitsmodulus