

Exercises

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

Surname, First name

Radaelli, Giuseppe

WB1641 Werktuigkundig Ontwerpproject

1

T1 - Projecttentamen

1	2	1	2	1	2	1
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
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.
- 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:

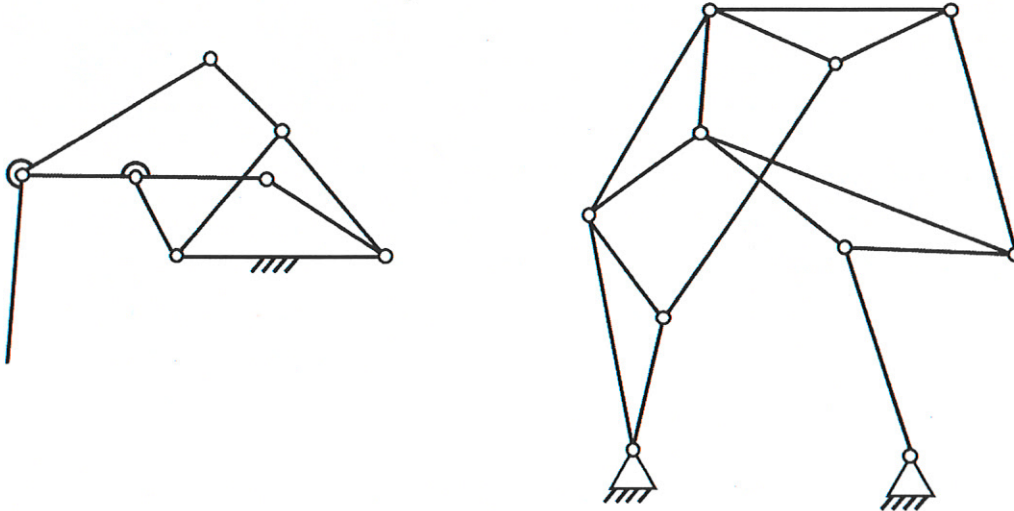
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom en dr. ir. A. van Beek

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaande twee systemen in 2D.



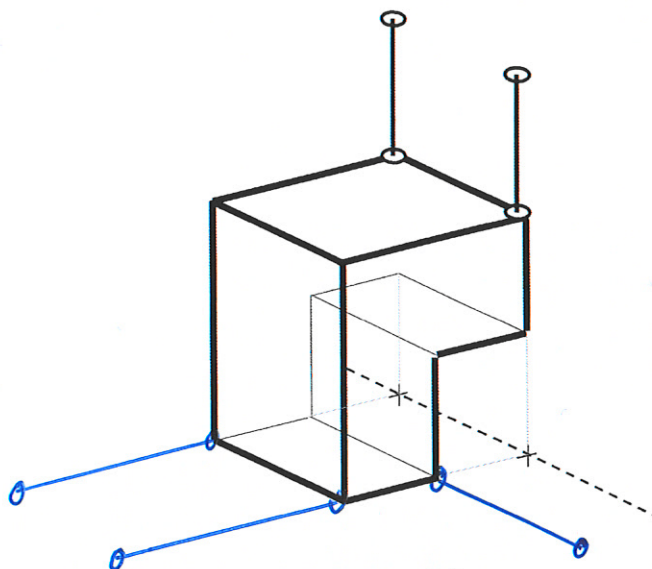
2p **1a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het linker systeem?

- (a) 0 (b) 1 (c) 2 (d) 3 (e) 4

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

- (a) 0 (b) 1 (c) 2 (d) 3 (e) 4

4p **1c** Onderstaand star lichaam moet in 3D worden beperkt door middel van sprieten zodat alléén de rotatie om de stippellijn nog VRIJ blijft. Voeg het minimale aantal sprieten toe om dit doel te bereiken. Laat de sprieten alleen aangrijpen op de zichtbare vlakken van de geometrie.



*bijvoorbeeld.
Meerdere mogelijkheden.*

Ontwerpmethoden

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

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Het reservoir moet van glas gemaakt zijn.			X	
De hendel moet met zo min mogelijk kracht bediend kunnen worden.				X
Het filter moet minstens 95% van de CO2 verwijderen.	X			
Het frame moet zo veel mogelijk gewicht kunnen dragen.				X
De printer moet minstens 100 pagina's per minuut kunnen afdrukken.	X			
De boor mag maximaal 600g wegen.		X		

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

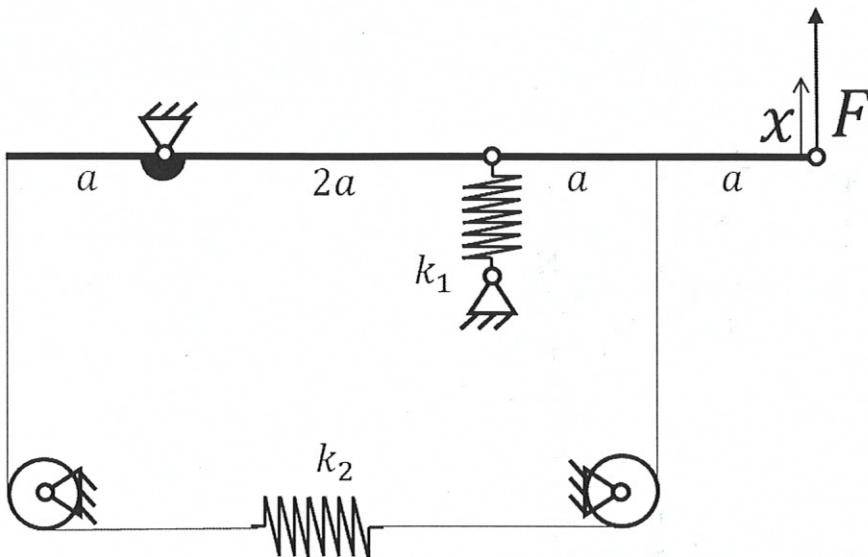
	Wel	Niet
Het onderstel moet zo veel mogelijk gewicht kunnen dragen.	X	
Het onderstel moet beter blijven staan dan de vorige versie.		X
De moertjes moeten goed te assembleren zijn.		X
Het ontwerp moet zo min mogelijk bouten en moeren gebruiken.	X	

- 5p **2c** In een ontwerpproject voor een nieuw verpakkingsproduct zijn twee concepten ontwikkeld, de 'kubus' en de 'cilinder'. Deze worden beoordeeld op 'productiekosten' (weegfactor 45%), 'stijfheid' (weegfactor 25%) en 'materiaalgebruik' (weegfactor 30%). 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 de criteria mag je zelf bepalen.

Criterium	Weging		
		kubus	cilinder
productie kosten	45%	6	9
materiaal gebruik	30%	7	8
stijfheid	25%	5	8
		6,0	8,5

Blokschema's

Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit een starre hefboom scharnierend met de grond, twee veren, twee katrollen en touw. In deze opgave verwaarlozen we de effecten van wrijving en van zwaartekracht.



- 3p 3a Maak schematische tekeningen van de (zelf te kiezen) subsystemen waarin gebruikte symbolen en de richtingsafspraken voor positieve krachten en verplaatsingen duidelijk gemaakt worden. Geef ook de formules die nodig zijn om een blokschema op te stellen (evenwicht, kinematica, veerkracht).

kinematica:

$$\theta = \frac{x}{4a} = \frac{x_1}{3a} = \frac{x_2}{2a} = \frac{x_3}{a}$$

Veren:

$$\Delta l_1 = x_2$$

$$\Delta l_2 = x_1 - x_3$$

$$F_2 = x_2 \cdot k_1$$

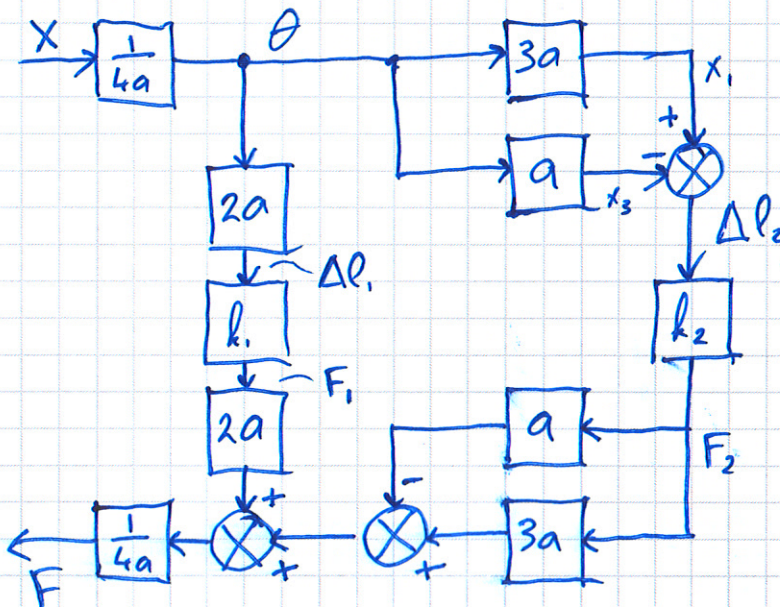
$$F_2 = k_2 (x_1 - x_3)$$

(momenten)evenwicht:

$$F \cdot 4a + F_2 \cdot a = F_2 \cdot 3a + F_1 \cdot 2a$$

dus: $F \cdot 4a = \frac{F_2 (3a - a) + F_1 \cdot 2a}{4a}$

- 8p **3b** Teken een blokschema van het systeem. Gebruik de verplaatsing x als onafhankelijke ingangssignaal en de kracht F als uitgangssignaal. Dus het bovenste gedeelte van het blokschema geeft de bewegingsketen weer en het onderste gedeelte de krachtketen.

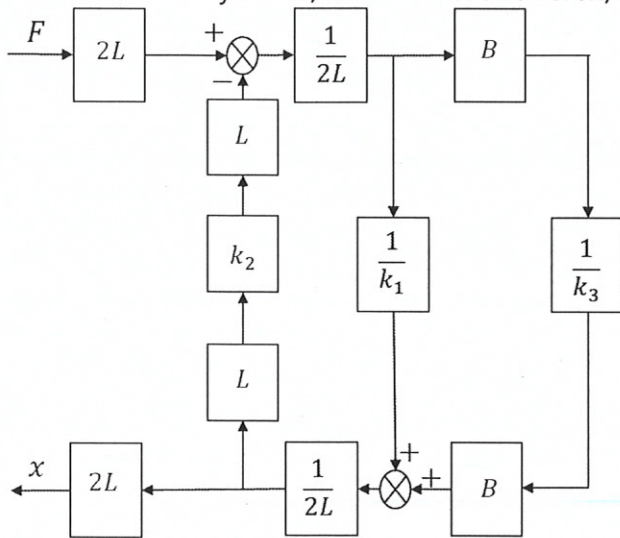


- 3p **3c** Is hier sprake van een seriële schakeling van de veren, een parallelle schakeling of een combinatie daarvan? Leg uit.

Parallel schakeling. Mogelijke argumenten:

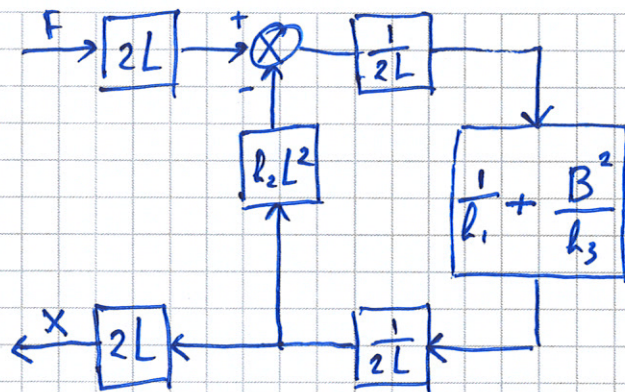
- parallelle paden in blokschema met x in en F uit (Fig. 1.5)
- bij doorknippen van één veer is stijfheid behouden
- verplaatsingen onafhankelijk opgelegd, krachten volgen daaruit.

Van een ANDER systeem, dit keer met drie veren, is het volgende blokschema gegeven:

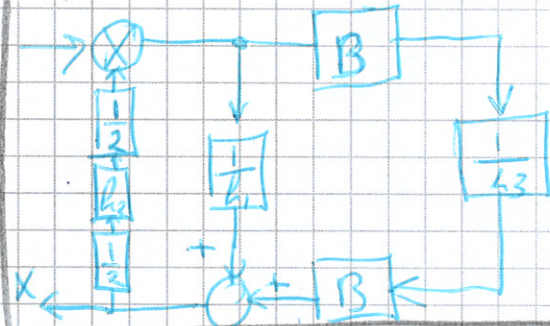


- 6p 3d Bepaal uit het gegeven blokschema de vervangende veerstijfheid $k' = \frac{F}{x}$ van het systeem. Voer daarvoor eerst enkele versimpelingen van het blokschema door.

①



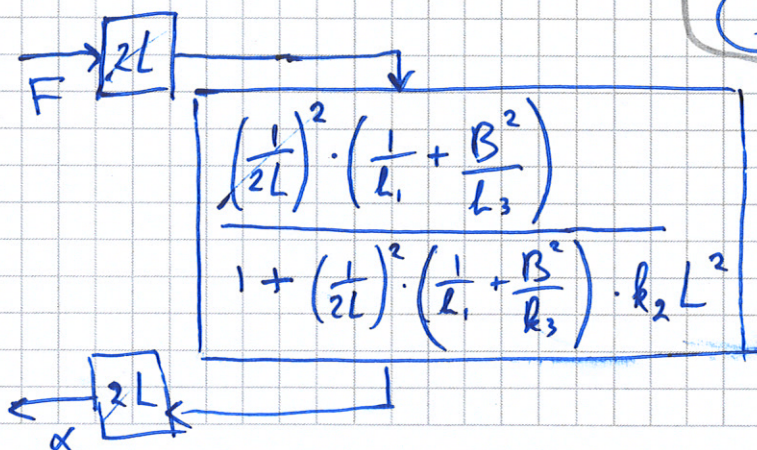
Alternatieve stap:



③ $X = H \cdot F$ waarbij H is:

$$H = \frac{\left(\frac{1}{l_1} + \frac{B^2}{l_3}\right)}{1 + \left(\frac{1}{l_1} + \frac{B^2}{l_3}\right) \cdot \frac{l_2}{4}}$$

②

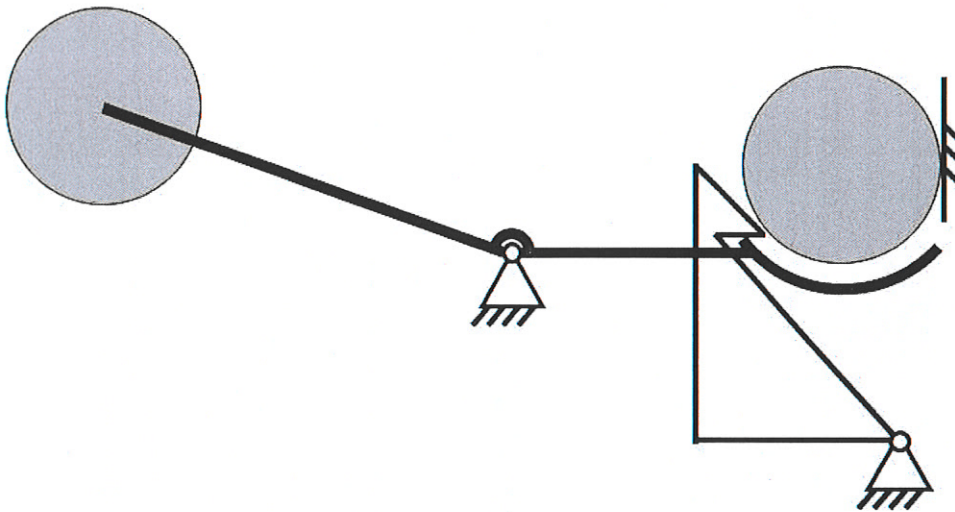


$$k' = \frac{F}{x} = H^{-1}$$

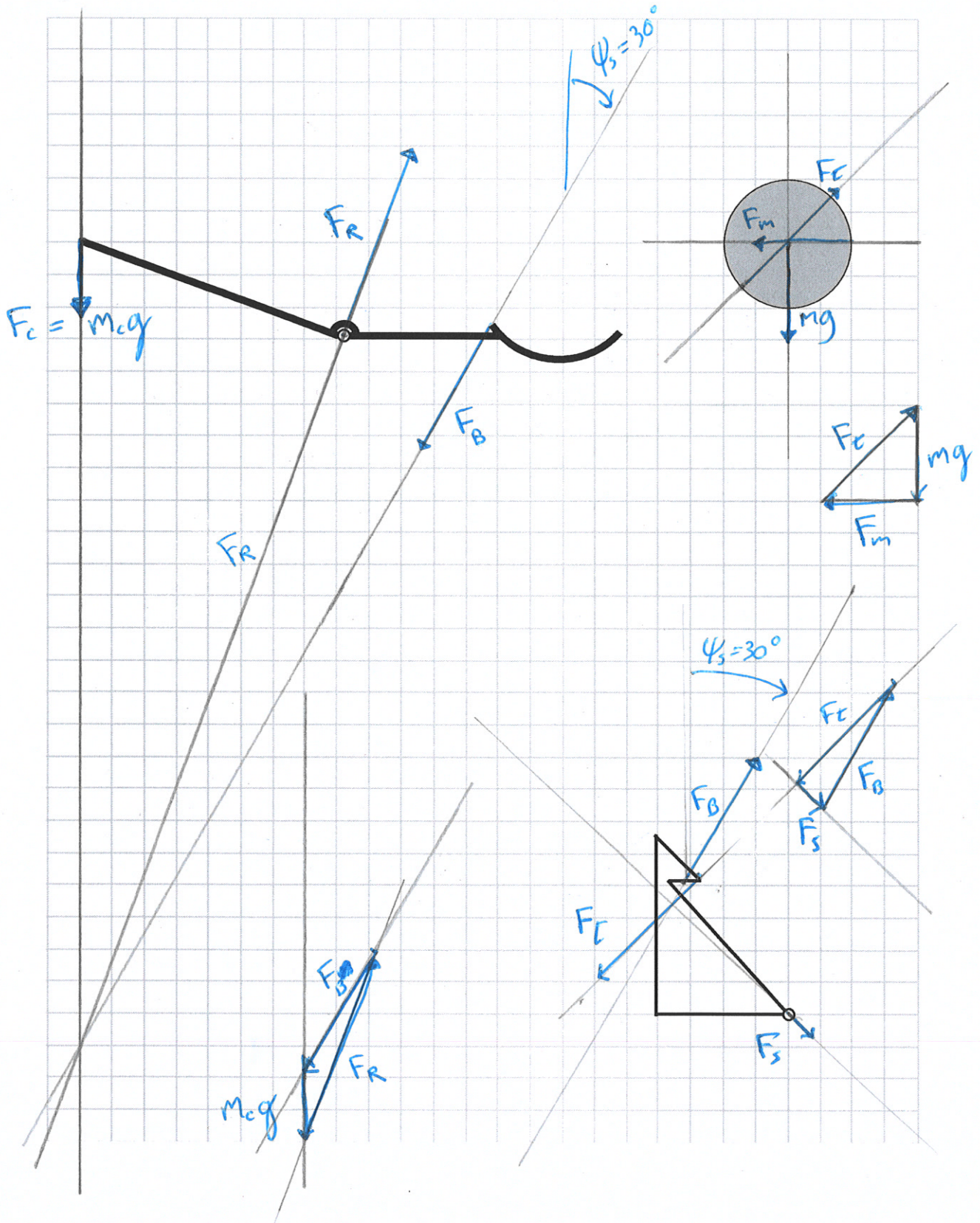
Knikkermachine

Voor een ontwerpproject op een WB opleiding stelt een student het volgende ontwerp voor. Een knikker wordt aan de rechterkant in het systeem gelegd. Omdat het eerst een trigger raakt en opzij duwt, komt de hefboom los te zitten. De knikker komt dan in de "lepel" van de hefboom te liggen. Omdat er aan de andere kant van het scharnier een contragewicht zit, kantelt de hefboom linksom en de knikker rolt eroverheen naar links.

De werking van dit concept wordt geanalyseerd door een statische evenwichtsanalyse uit te voeren. De aanname wordt gemaakt dat er geen wrijving heerst tussen de knikker en de trigger of rechterwand. Wel heerst er wrijving op het punt waar de trigger haakt aan de hefboom. Hier geldt een statische wrijvingshoek van $\Psi_s = 30^\circ$. Verder zijn de scharnieren ook wrijvingsloos. Alleen het gewicht van de knikker en van het contragewicht zijn significant, de rest kan worden verwaarloosd.

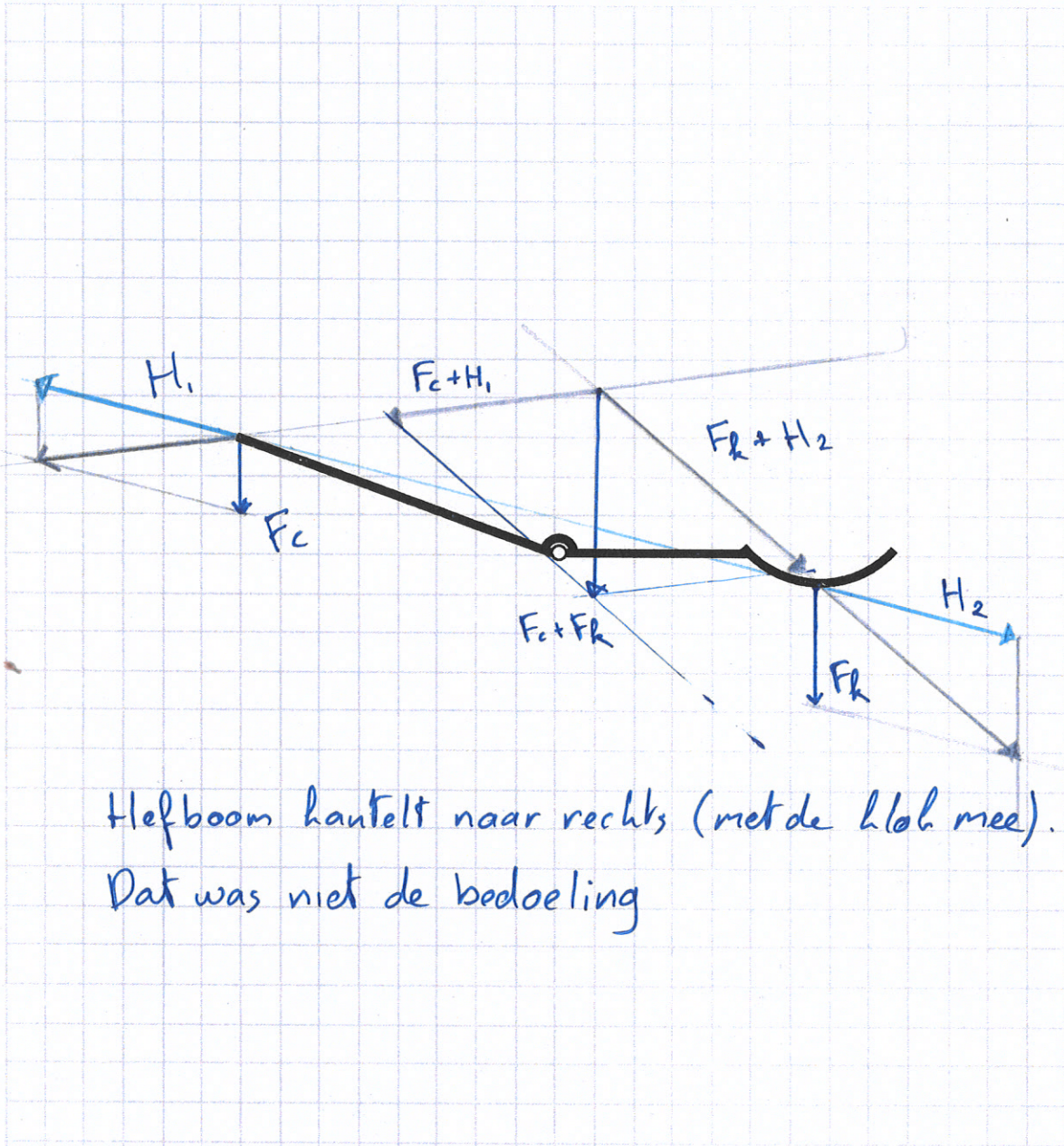


- 12p 4a Werk het statisch evenwicht op de gegeven drie subsystemen GRAFISCH uit. Bepaal hoe groot het contragewicht minimaal moet zijn zodat de trigger bij het (rustig) inleggen van de knikker net wel in beweging komt. Druk het contragewicht uit in termen van het gegeven gewicht van de knikker mg . Gebruik voor de lengte van de vector mg drie hokjes.

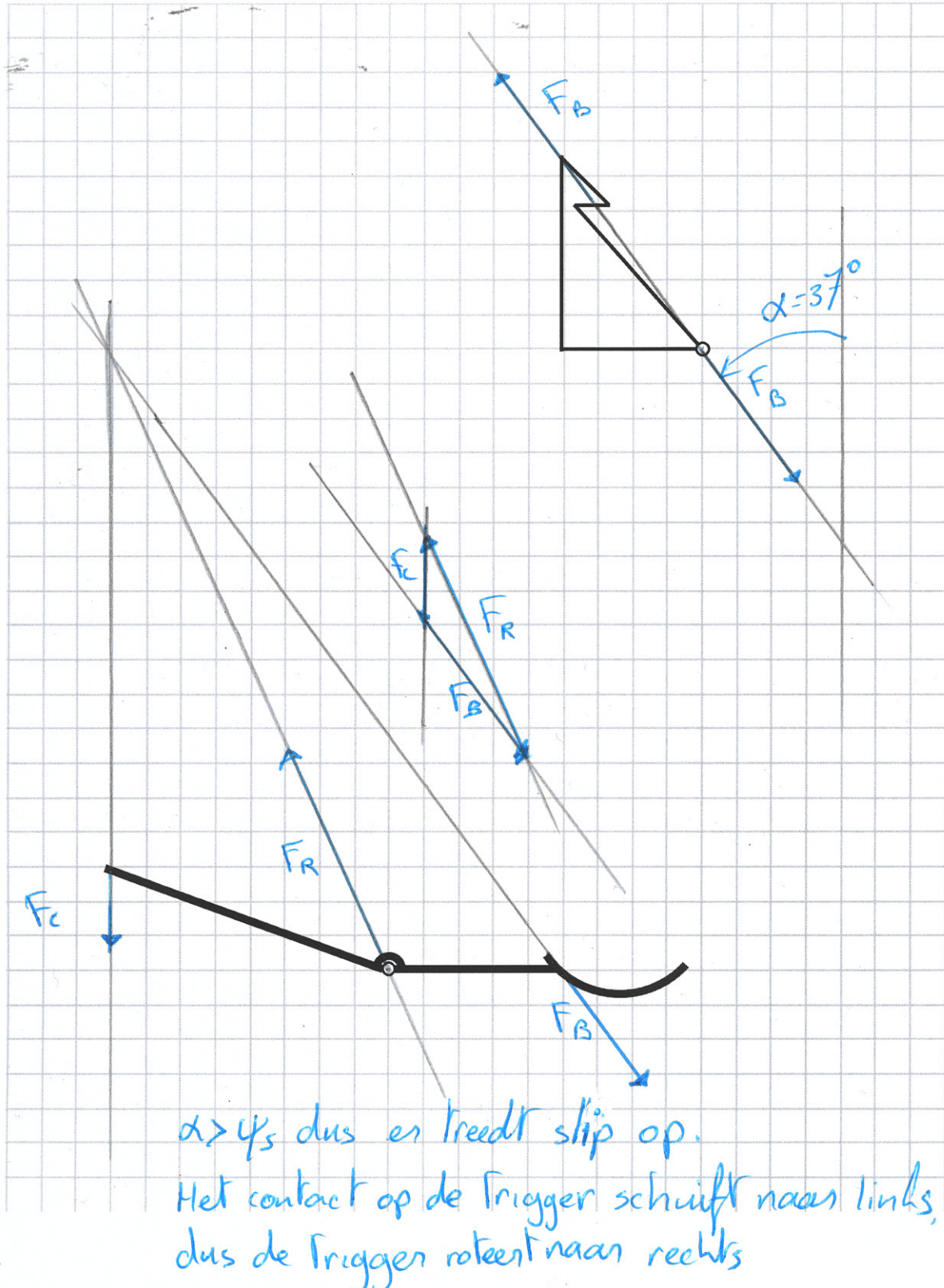


- 8p **4b** Nu komt de knikker op de "lepel" van de hefboom te liggen. De trigger hangt los. Bepaal de resultante kracht van het gewicht van de knikker en het contragewicht samen. Doe dit door gebruik te maken van de methode "met hulpmachten".

Als je de grootte van het contragewicht in vraag a niet kon bepalen, gebruik dan een lengte van 5 hokjes. Kantelt de hefboom de juiste kant op, dus tegen de klok in?



- 7p **4c** Nu wordt de situatie beschouwd vóórdat de knikker in het systeem wordt gelegd. Werk het statisch evenwicht op de gegeven twee subsystemen GRAFISCH uit. Gebruik weer voor het contragewicht de lengte van 5 hokjes als je het contragewicht niet hebt kunnen bepalen in vraag a. Treedt er slip op in het contactpunt tussen hefboom en trigger? Zo ja, welke kant op?

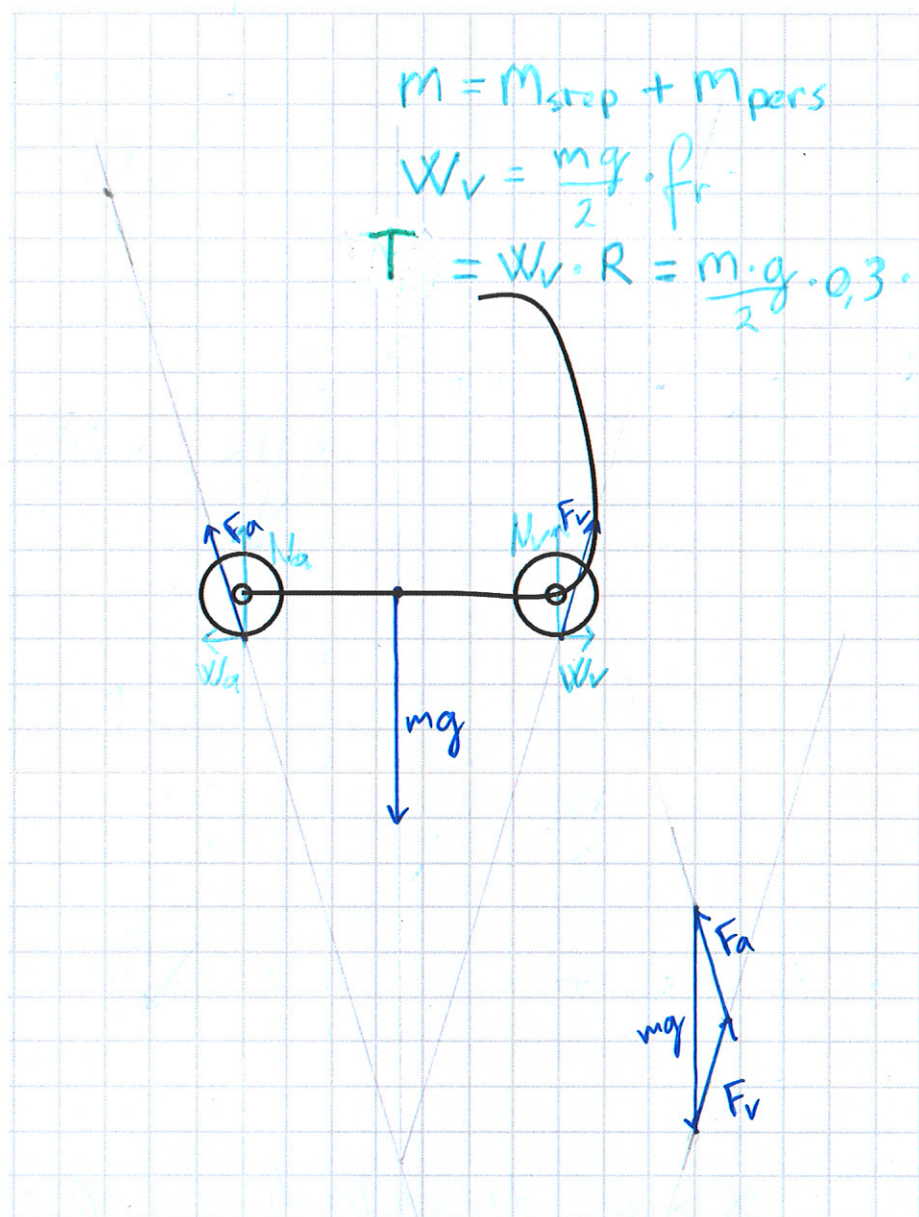


Aandrijving

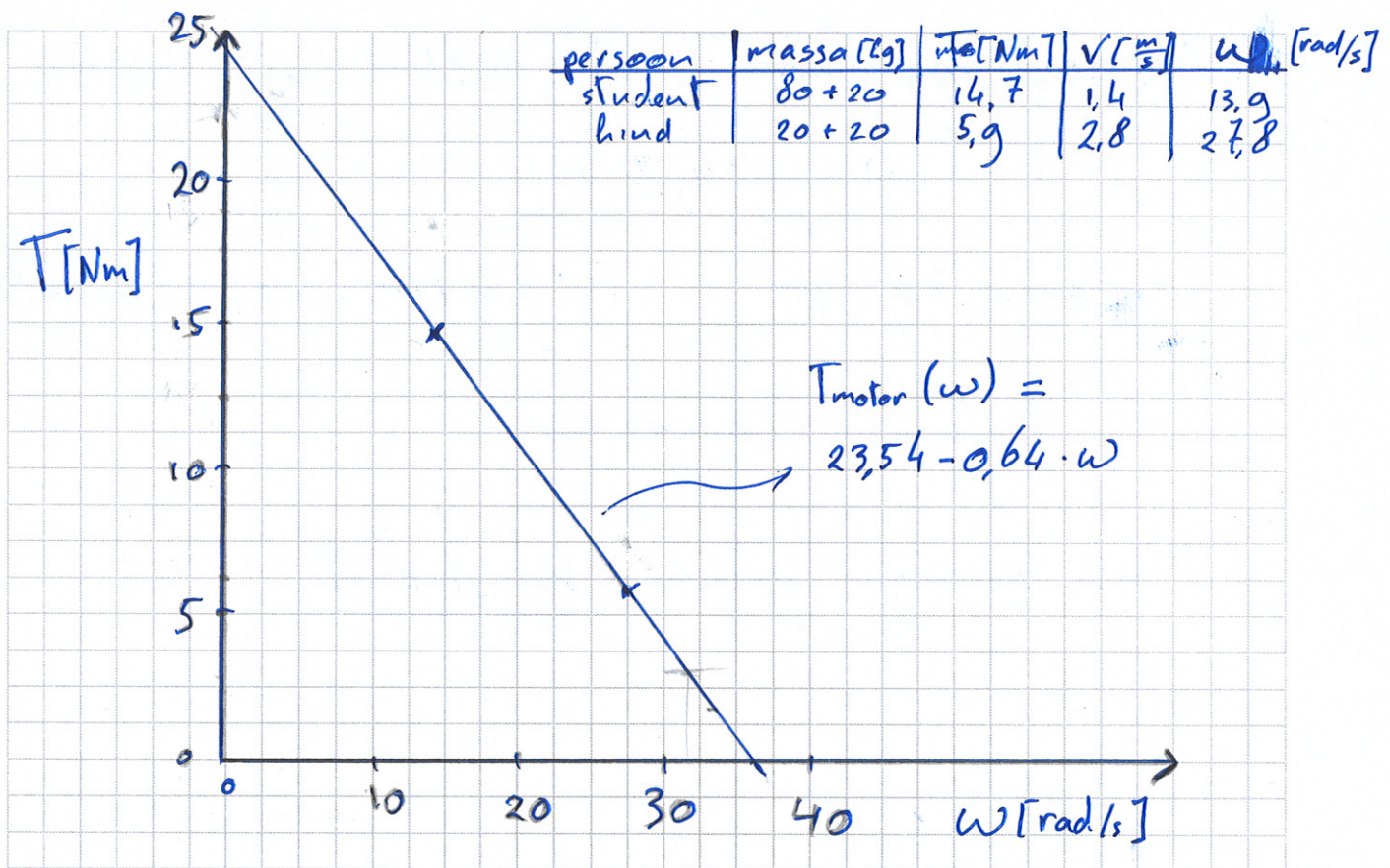
Een student heeft een elektrische step aangeschaft die wordt aangedreven door een DC-motor direct aan het voorwiel gekoppeld. Hij bedenkt een experiment om meer van deze motor te weten te komen. De achterband laat hij gedeeltelijk leeglopen zodat het zachter wordt, met een rolweerstandscoefficiënt van $f_r = 0.3$. De voorband is nog goed gevuld en heeft een rolweerstandscoefficiënt van $f_r = 0.02$, die we vooralsnog verwaarlozen.

Hij gaat zelf (80kg zwaar) in het midden tussen de twee wielen staan en rijdt "vol gas". Hij bereikt een snelheid van 5 km/h. Vervolgens laat hij zijn broertje (20 kg zwaar) hetzelfde doen. Hij komt op een snelheid uit van 10 km/h. De massa van de step zelf is 20 kg en het massamiddelpunt is ook ongeveer in het midden tussen de twee wielen. De straal van de wielen is 0.10 m.

- 4p **5a** Werk het evenwicht grafisch uit om te bepalen wat de belasting op de motor is. Bepaal daaruit de lastkarakteristiek uitgedrukt als functie van het gewicht mg .



- 8p 5b Teken hieronder een assenstelsel en verwerk daarin de moment-hoeksnelheidsgrafieken van de motorkarakteristiek die afgeleid kan worden uit de meetgegevens. Voorzie de assen van grootte, schaal en eenheid.



- 3p 5c Hoe snel zou de step rijden als er niemand op zou staan?

Als $m = 20 \text{ kg}$, dan is $T = 2,94 \text{ Nm}$

De hoeksnelheid die daarbij hoort is 32 rad/s

Dus de voorwaartse snelheid is

$$V = \omega \cdot R = 03,2 \text{ m/s} \quad (= 11,5 \text{ km/h})$$

- 3p 5d Levert de motor meer vermogen als de student erop staat of als zijn broertje erop staat? Toon het aan met een berekening.

Vermogen bij student: $T = 14,7 \text{ Nm}$ $\omega = 13,9 \text{ rad/s}$

$$P = T \cdot \omega = \underline{204,3 \text{ W}}$$

Vermogen bij kind: $T = 5,9 \text{ Nm}$ $\omega = 27,8 \text{ rad/s}$

$$P = T \omega = 164,0 \text{ W}$$

Meer vermogen geleverd bij student.

- 3p 5e Nu het experiment voorbij is pompt de student het achterwiel weer op. Ook het achterwiel heeft nu een rolweerstandscoefficiënt van $f_r = 0.02$. Als we de rolweerstand van beide wielen nu niet verwaarlozen. Wat is de snelheid die de student op de step bereikt?

De nieuwe last karakteristiek wordt

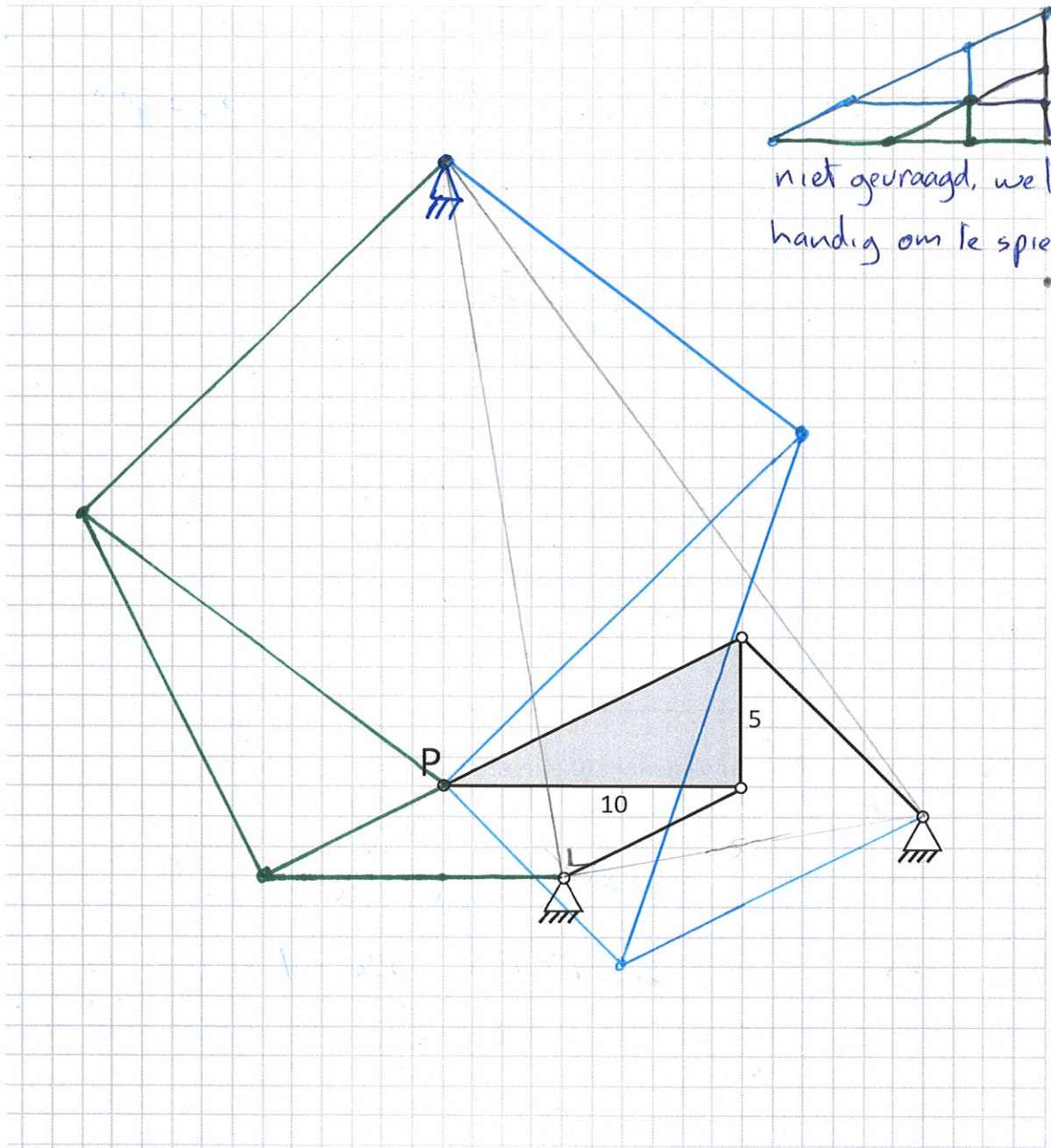
$$T = \frac{mg}{2} \cdot 2 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 1,96 \text{ Nm.}$$

Het snijpunt met de motor karakteristiek geeft

$$\omega = 33 \text{ rad/s} \quad \text{dus} \quad v = 3,3 \text{ m/s} \quad (= 11,9 \text{ km/h})$$

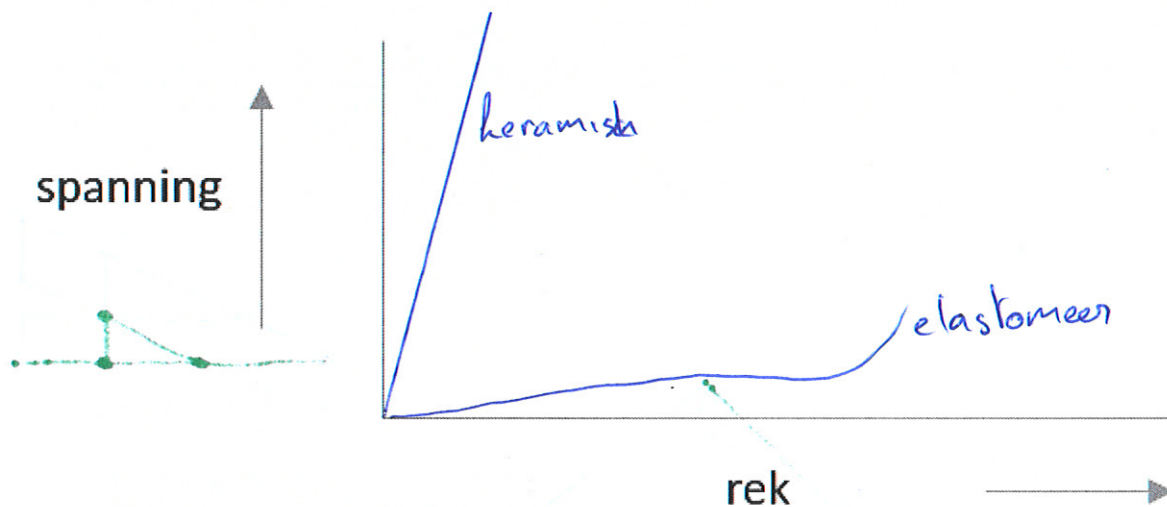
Synthese vierstangenmechanismen

- 8p 6 Hieronder is een vierstangenmechanisme weergegeven, waarvan de koppelstang een rechthoekige driehoek is met een lengteverhouding van de zijdes van 1:2. Punt P is het koppelpunt. Er bestaan twee andere vierstangenmechanismen waarvan het koppelpunt dezelfde baan beschrijft als punt P. Construeer deze twee alternatieve mechanismen. Maak in de tekening duidelijk onderscheid tussen de drie mechanismen, bijvoorbeeld met behulp van kleur of door stangen een naam te geven.



Materiaalkunde

- 1p 7a Schets in onderstaand figuur de trek-rek curve voor een keramisch materiaal en een elastomeer.



- 1p 7b Waarom is er een verschil in elasticiteitsmodulus E tussen een keramisch materiaal en een elastomeer?

Ion- en covalente bindingen zijn sterke bindingen. Bij elastomeren is de binding tussen de lange ketens veel zwakker. De ketens kunnen makkelijk langs elkaar schuiven.

Een rond staafje van de aluminiumlegering 2024 met een doorsnede van 5 mm en een lengte van 100 mm wordt elastisch belast met een spanning van 300 MPa. De elasticiteitsmodulus van dit materiaal is 70 GPa.

- 1p 7c Wat is de uitgeoefende kracht?

$$F = \sigma \cdot A$$

$$\sigma = 300 \text{ MPa} = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2 = 1,96 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^2$$

$$F = 5890 \text{ N}$$

- 1p 7d Bereken de verlenging van het belaste staafje.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{300 \text{ MPa}}{70\,000 \text{ MPa}} = 4,29 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{dus} \quad \Delta l = \varepsilon \cdot l_0 = 4,29 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \text{ mm} = 0,429 \text{ mm}$$

- 2p 7e Noem twee manieren waarop een metaal sterker gemaakt kan worden. Waarom resulteren deze manieren in een sterkteverhoging?

Legeren

Plastisch deformeren, verstevigen

Uitscheidingen of precipitaten

Korrelgrenzen.

Al deze manieren belemmeren de dislocatiebewegingen.

Leeg vel voor CORRECTIES

- 8 Gebruik dit vel voor eventuele grote correcties. Geef op de plek van de originele vraag aan dat jouw uitwerking hier staat.

