

Exercises

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

Surname, First name

Radaelli, Giuseppe

WOP1 (WB1641)

T1- Projecttentamen - extra hertentamen

10 March 2022 18:30 - 21:30

1	2	3	4	3	2	1
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒
2	☒	2	2	2	☒	2
3	3	☒	3	☒	3	3
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

10 maart 2022

- 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:

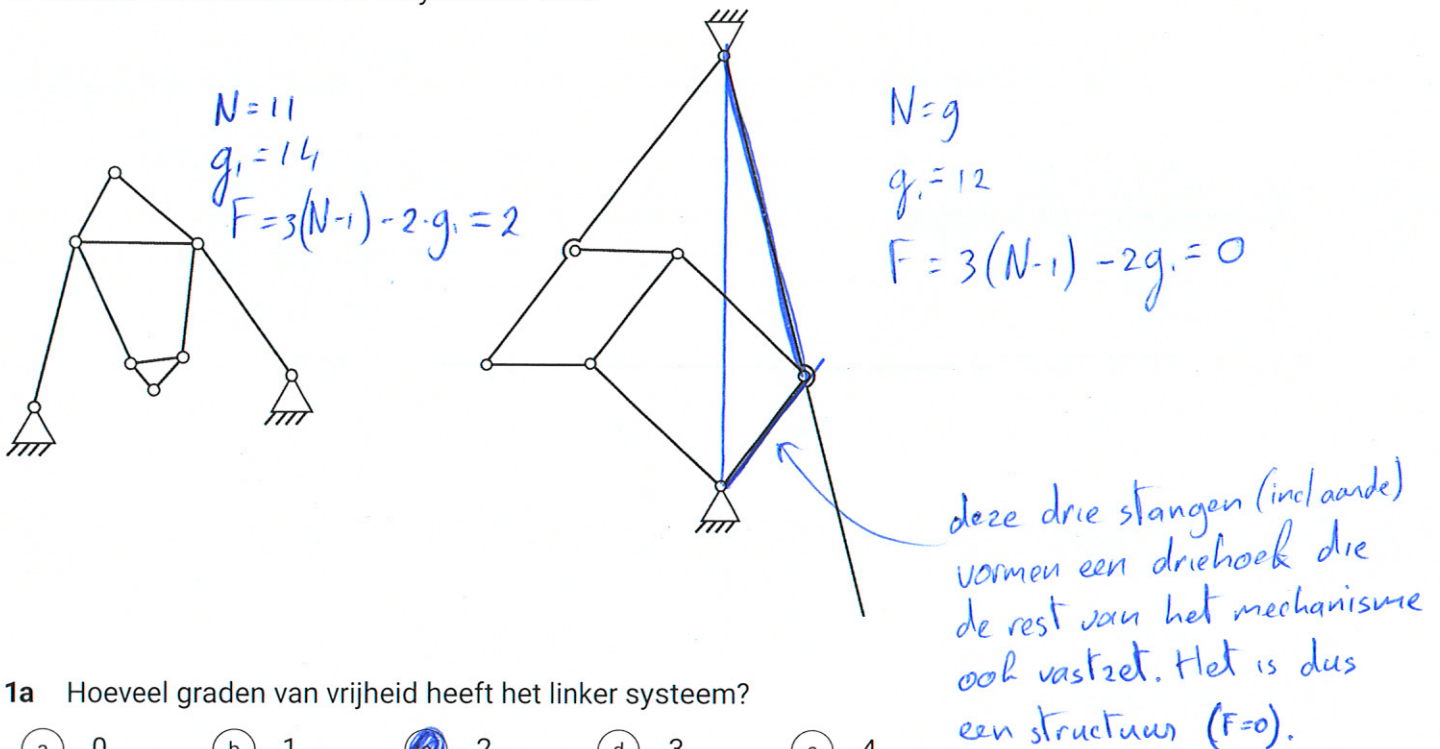
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom

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?

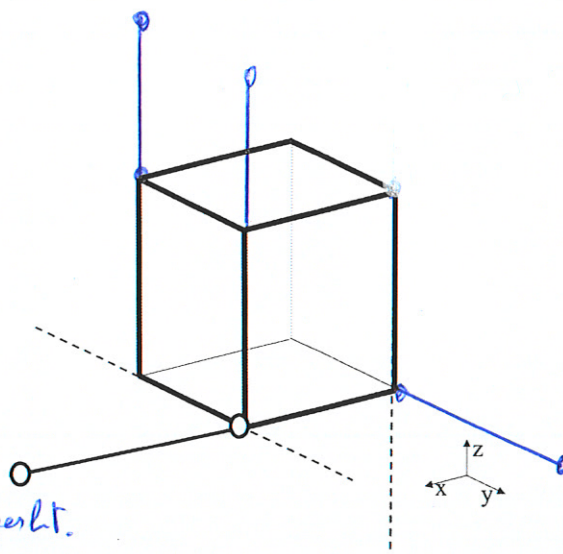
- (a) 0 (b) 1 (c) 2 (d) 3 (e) 4

4p 1c Onderstaand star lichaam moet in 3D worden beperkt door middel van sprieten zodat alléén de rotaties om de twee stippellijnen nog VRIJ blijven. Een spriet is al gegeven. Voeg het minimale aantal sprieten toe om dit doel te bereiken. Laat de sprieten alleen aangrijpen op de zichtbare vlakken van de geometrie.

Dit is één van meerdere mogelijke oplossingen.

De voorwaarden zijn:

- totaal viersprieten
- Elke spriet snijdt of is parallel aan allebei de stippellijnen
- x, y, z en θ_x zijn beperkt.



Ontwerpmethoden

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

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Het mechanisme moet een golfbeweging omzetten in rotatie-energie.	X			
De generator moet zo veel mogelijk energie uit de golfbeweging halen.				X
De opstelling moet binnen 5 IWS-momenten van 3 uur te maken zijn.		X		
Het vliegwiel moet minimaal 600 Joule aan energie kunnen opslaan.	X			
De energieaccumulator komt op de tafel te staan.			X	
Afwerking en veiligheid conform CE-markering.		X		

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

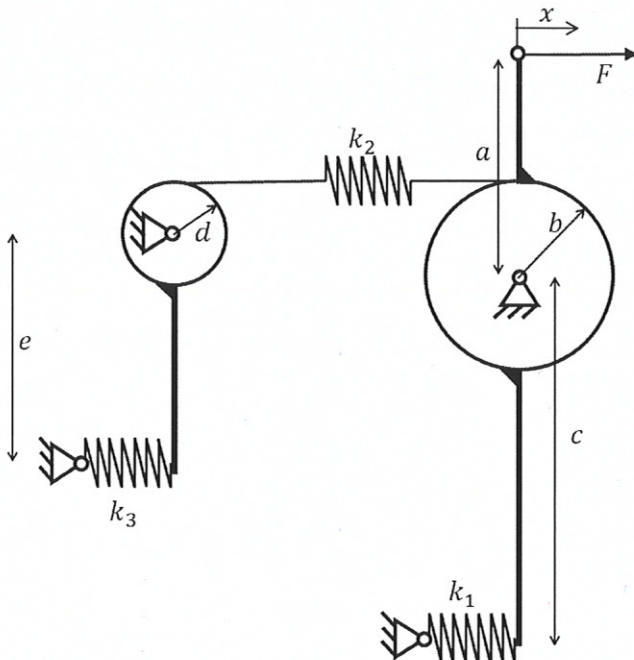
	Wel	Niet
Het systeem mag niet gevaarlijk zijn.		X
Het ontwerp moet beter te vervoeren zijn dan het huidige product.		X
Het mechanisme moet makkelijk in elkaar te zetten zijn.		X
Het product moet goedkoper zijn dan het systeem van de concurrent.	X	

- 5p 2c In een ontwerpproject zijn twee concepten ontwikkeld voor een nieuw type sensor, de 'spijker' en de 'vork'. Deze worden beoordeeld op 'nauwkeurigheid' (weegfactor 40%), 'prijs' (weegfactor 25%) en 'betrouwbaarheid' (weegfactor 35%). 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.

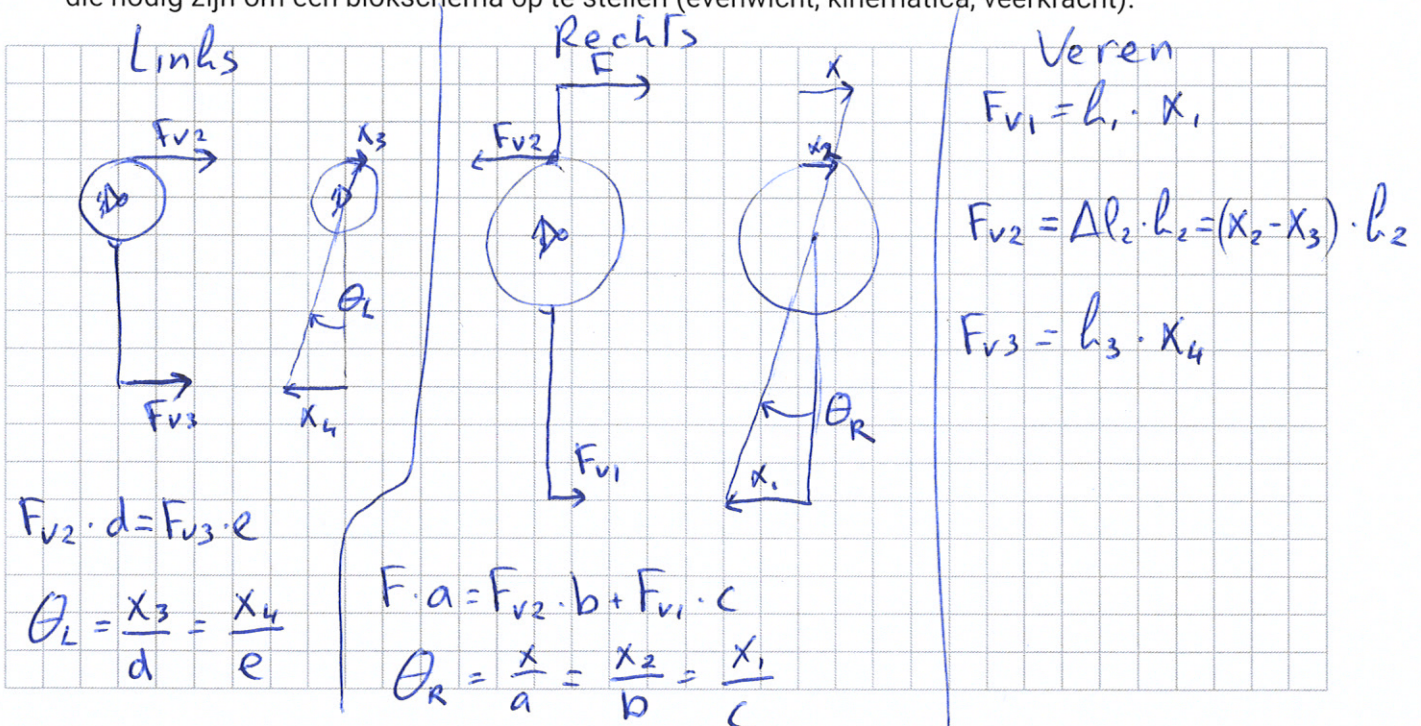
Criterium	Weging	Spyker ↗	Vork ↘
Nauwkeurigheid	40%	9	6
Betrouwbaarheid	35%	7	8
Prijs	25%	9	3
Totaal	100%	8,3	5,9

Blokschema's

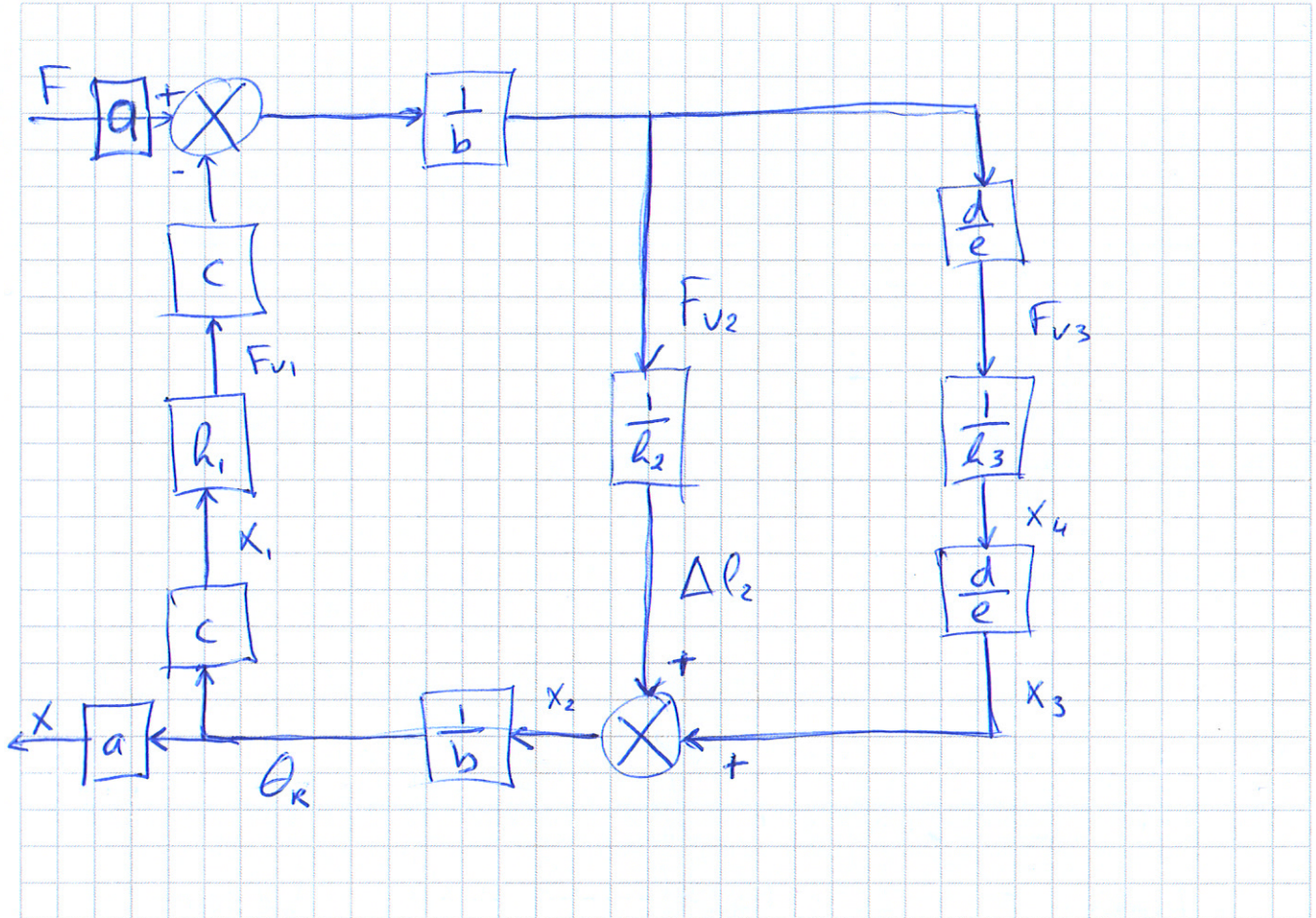
Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie veren en twee starre lichamen. De starre lichamen bestaan elk uit rechte hefboomen en een schijf waarlangs een kabel afgewikkeld wordt. Deze kabel verbindt het linker en het rechter deelsysteem door middel van veer 2. In deze opgave verwaarlozen we de effecten van wrijving en van zwaartekracht.



- 3p 3a Maak twee schematische tekeningen van elk van de twee subsystemen (de starre lichamen). Gebruik per subsysteem een schema voor de af te spreken positieve krachtrichtingen, en een voor de af te spreken positieve verplaatsingen. Geef elke gebruikte grootheid een naam. Geef ook de formules die nodig zijn om een blokschema op te stellen (evenwicht, kinematica, veerkracht).



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

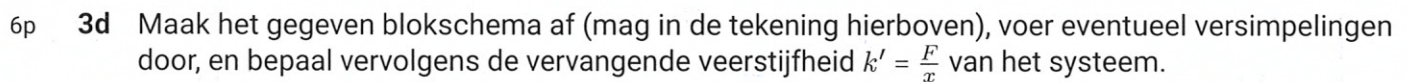


3p **3c** Geef per combinatie van veren aan of dit een seriële of parallelle schakeling is (dus veer 1 en 2, veer 2 en 3, en veer 1 en 3). Geef een onderbouwing voor jouw antwoord.

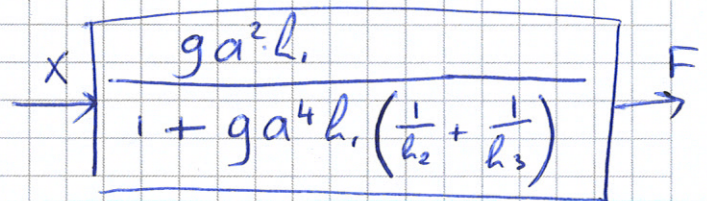
1-2 parallel Verplaatsingen proportioneel opgelegd
1-3 parallel Verplaatsingen proportioneel opgelegd
2-3 serie Krachten proportioneel opgelegd.

het Onderbouwing mag ook aan de hand van bijvoorbeeld de structuur van het blokschema, of een ezelsbrug.

Van een ANDER systeem is EEN DEEL van een blokschema gegeven, namelijk alleen de bewegingsketen:

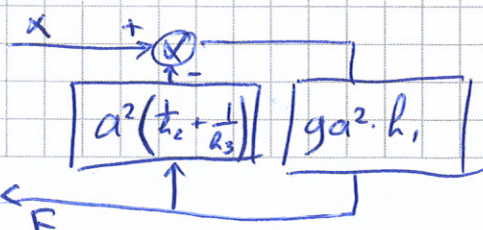


① k_2 en k_3 samennemen: / ③ Terug koppellen versimpelen



Veenstijfheid:

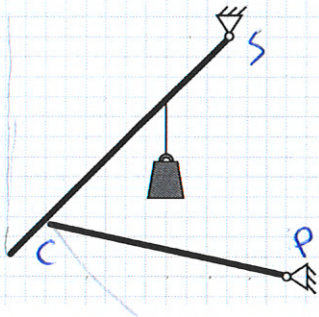
② Rechte bauen Samen Treiben:



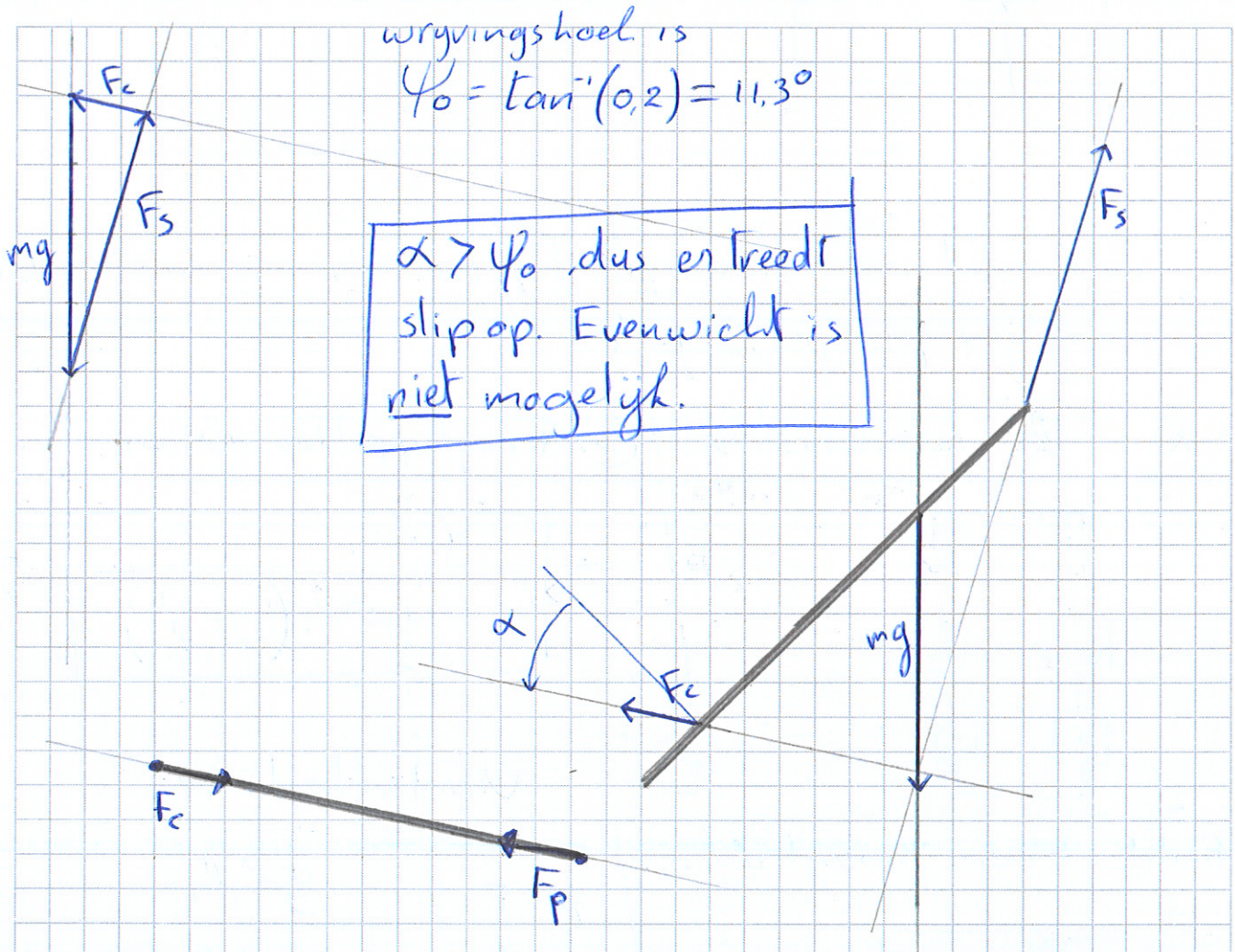
$$h' = \frac{F}{\kappa} = \frac{ga^2 h_1}{1 + ga^4 h_1 \left(\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_3} \right)}$$

Grafisch evenwicht

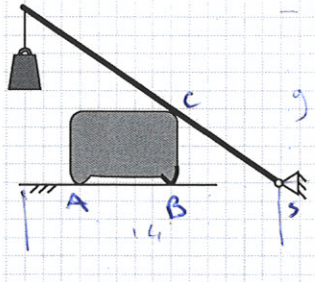
Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit twee starre, gewichtsloze stangen, en een gewicht die hangt aan de bovenste stang. In het contactpunt tussen de twee stangen heerst een statische wrijvingscoëfficiënt $f_0 = 0.2$.



- 8p 4a Teken een vrijlichaamsdiagram van elk van de twee balken, en voer een **grafische evenwichtsanalyse** uit. Bepaal of het systeem in de getekende stand in evenwicht kan zijn of niet. Neem voor de lengte van de vector mg de lengte van 8 hokjes.



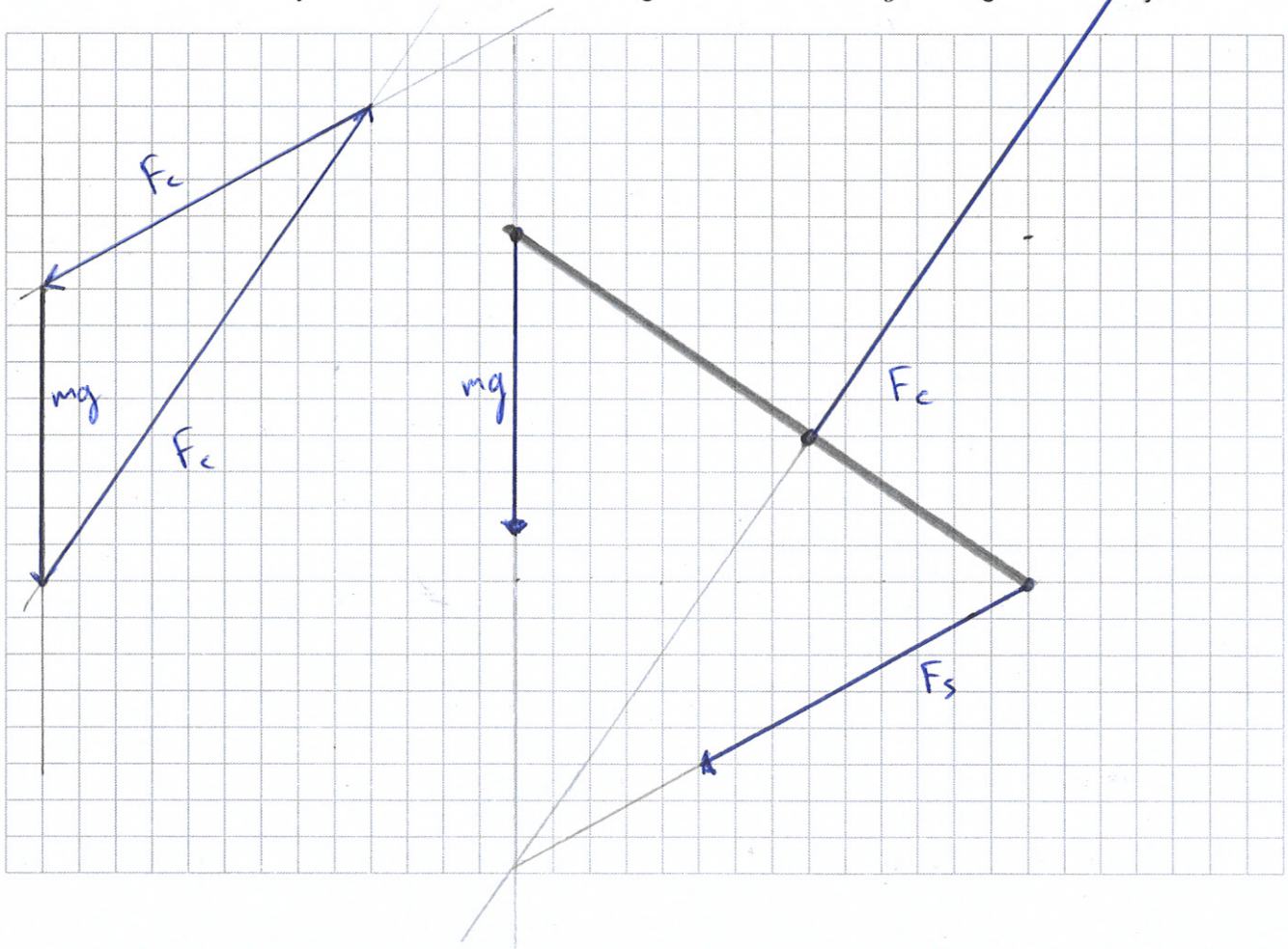
Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit een star lichaam die tegen de grond aan wordt gedrukt door een starre stang met aan het uiteinde een gewicht mg . Het gewicht van de stang en van het starre lichaam mag worden verwaarloosd. Van de drie contactpunten die het starre lichaam heeft met de grond en met de balk, heerst er alleen in de hoek rechtsonder wrijving, dus de andere twee contacten zijn wrijvingsloos.



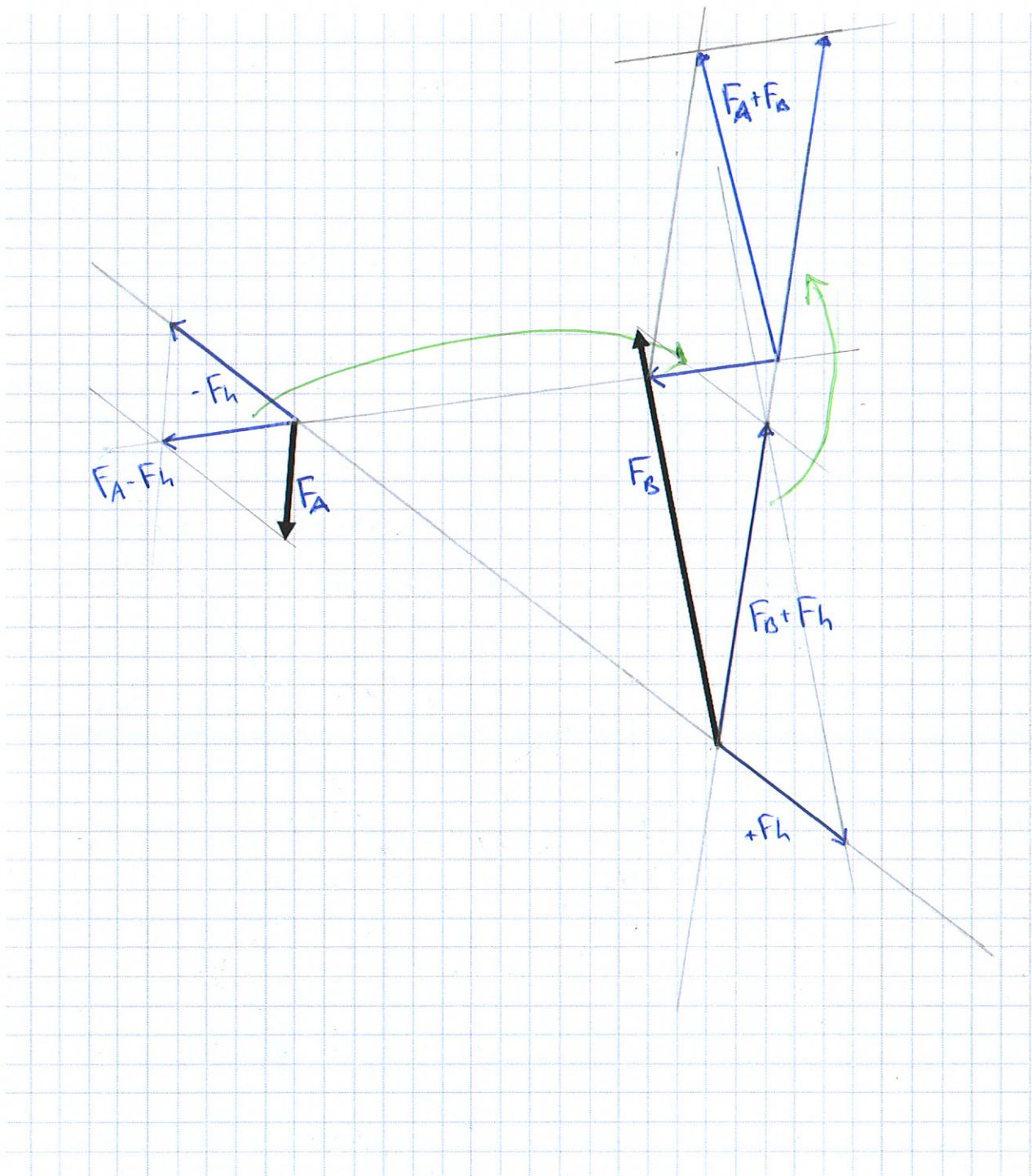
8p

- 4b Teken een vrijlichaamsdiagram van de balk (hieronder) en van het starre lichaam (op de volgende pagina) en voer een **grafische evenwichtsanalyse** uit. Bepaal of het systeem in de getekende stand in evenwicht kan zijn of niet. Neem voor de lengte van de vector mg de lengte van 8 hokjes.

pagina 16



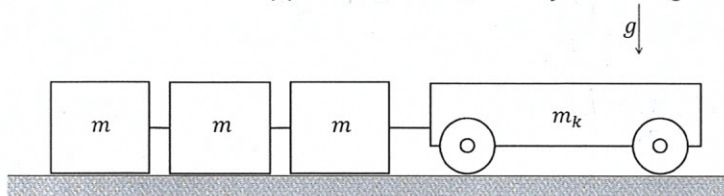
- 8p **4c** Gegeven zijn onderstaande twee krachten. Stel de twee krachten samen door gebruik te maken van de methode "met hulpkrachten". Laat de genomen stappen en manipulaties duidelijk zien.



Aandrijving

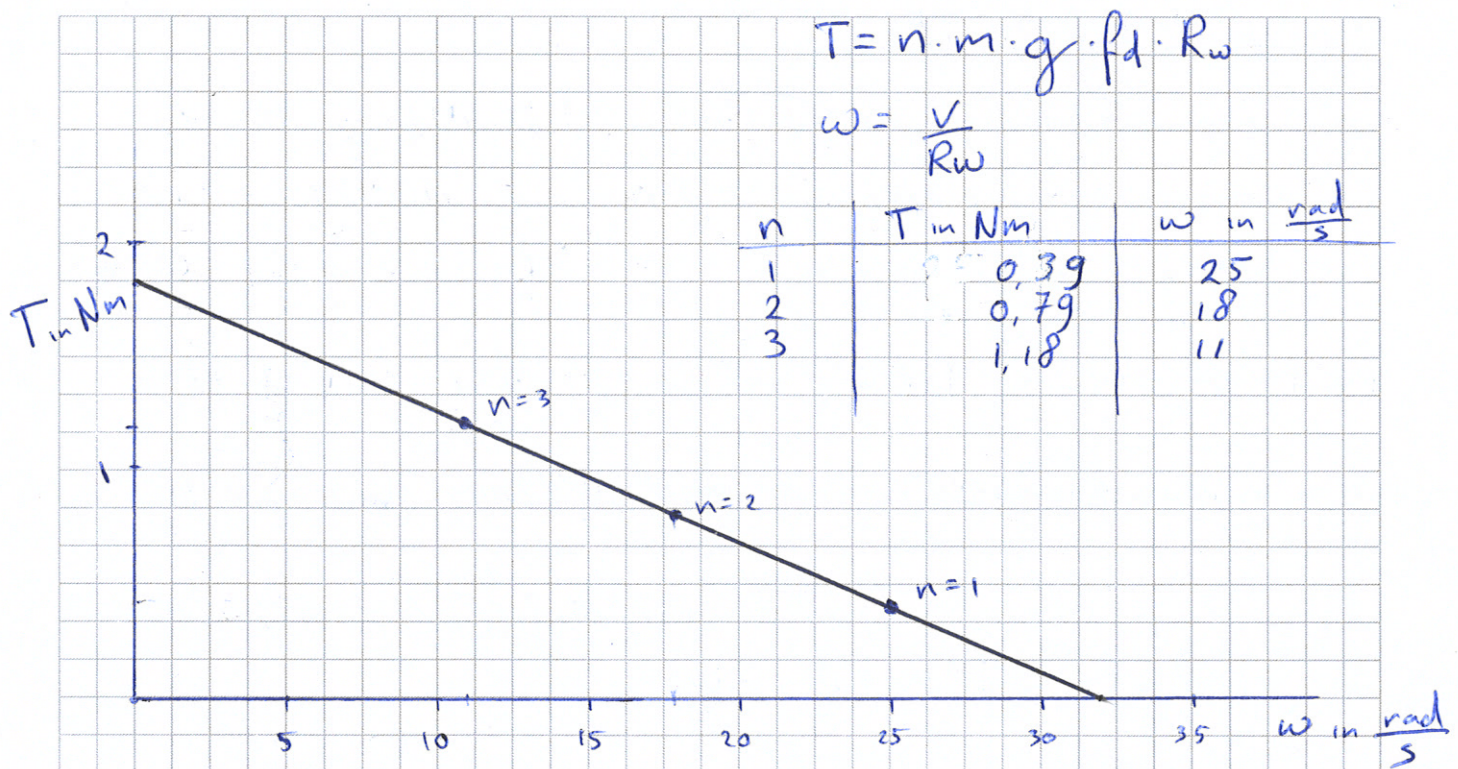
Een karretje wordt aangedreven door een DC-motor. Om de motorkarakteristiek te bepalen worden er aan het karretje wagonnen gekoppeld die zonder wielen over het wegdek gesleept worden. Als er een constante snelheid wordt bereikt, wordt deze opgemeten. Het karretje heeft een massa m_k van 2kg, de wagonnen hebben ook allemaal een massa m van 2kg en de dynamische wrijvingscoëfficiënt tussen de wagonnen en het wegdek is $fd = 0,25$. De snelheid die bereikt wordt is 2,00m/s met één wagon, 1,44m/s met twee wagonnen en 0,88m/s met drie wagonnen.

De straal van de wielen, waar de motor direct mee gekoppeld is, is $R_w = 0,08m$. Er wordt aangenomen dat de wielen niet slippen en dat het karretje verder geen verliezen kent.



n is het aantal wagonnen

- 6p 5a Teken hieronder een assenstelsel en verwerk daarin de motorkarakteristiek die wordt gevonden door de uitgevoerde metingen. Neem aan dat de karakteristiek lineair is. Voorzie de assen van grootte, schaal en eenheid.



- 3p 5b Geef de formule voor de gevonden motorkarakteristiek $T(\omega)$

$$T(\omega) = 1,8 \text{ Nm} - 0,056 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega$$

- 5p 5c Hoe groot zou de massa van de wagons moeten zijn om het maximale motorvermogen P_{max} te benutten, uitgaande van drie gelijke wagons?

Vermogen is $P(\omega) = T(\omega) \cdot \omega = (1,8 \text{ Nm} - 0,056 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega) \omega$
 Maximaal vermogen als $\frac{\partial P}{\partial \omega} = 0$, dus $1,8 \text{ Nm} - 2 \cdot 0,056 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega = 0$

dat is bij $\omega_{pmax} = \frac{1,8 \text{ Nm}}{2 \cdot 0,056 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}}} = 16,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

en $T(\omega_{pmax}) = 0,89 \text{ Nm}$

$$m = \frac{T(\omega_{pmax})}{n \cdot g \cdot f_d \cdot R_w} = 1,51 \text{ kg}$$

De massa's moeten dan gelijk zijn aan:

- 8p 5d Het karretje met twee van de wagons uit opdracht 5a, dus met een massa van 2kg elk, rijdt een helling op van $\alpha = 5^\circ$. Welke snelheid wordt er bereikt?

Er spelen drie krachten:

zwaarte krachtscomponent kar $F_k = m_k \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

zwaarte krachtscomponent wagons $F_w = n \cdot m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

~~zwaarte~~ wrijving wagons $F_f = n \cdot m \cdot g \cdot f_d \cdot \cos(\alpha)$

De totale last is $T_{\text{tot}} = (F_k + F_w + F_f) \cdot R_w = 1,19 \text{ Nm}$

Last en motor karakteristiek gelijkstellen: $T(\omega) = T_{\text{tot}}$

$$1,8 \text{ Nm} - 0,056 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \cdot \omega = 1,19 \text{ Nm}$$

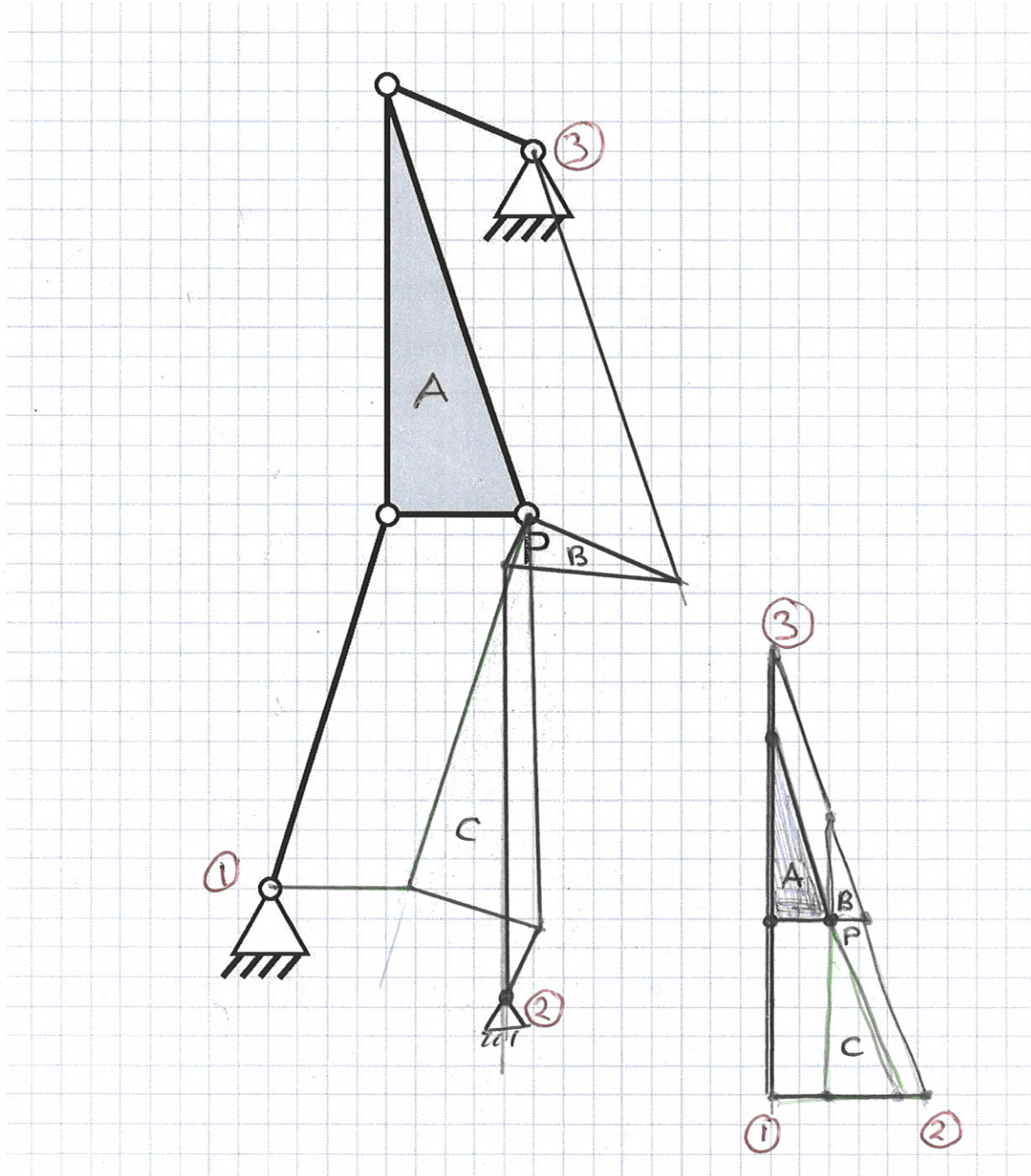
geeft $\omega = 10,89 \text{ rad/s}$

Paar heeft een voorwaartse snelheid bij van

$$v = \omega \cdot R_w = 0,87 \text{ m/s}$$

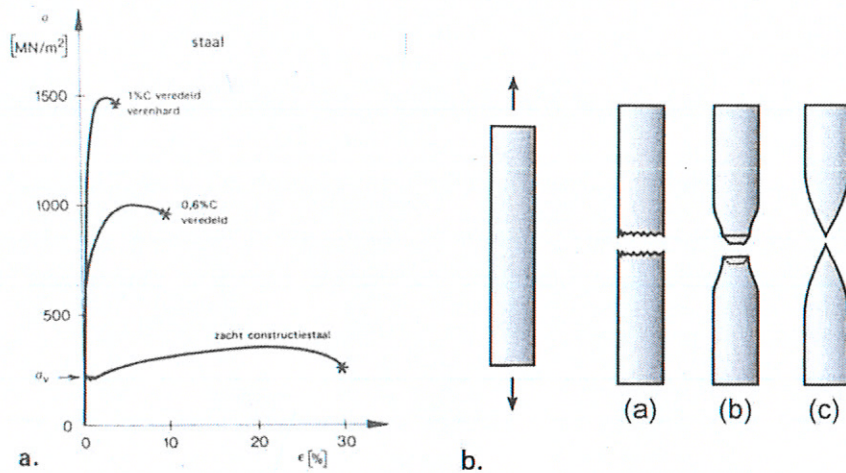
Cognates

- 10p 6 Hieronder is een vierstangenmechanisme weergegeven, waarvan de koppelstang een rechthoekige driehoek is met een lengteverhouding van de zijdes van 1:3. 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.



Metariaalkunde

Stalen proefstukken worden onderworpen aan een trekproef. De trekcurves staan weergegeven in figuur 1a. In figuur 1b worden schematisch, in zijaanzicht, de locaties van de breuk in het proefstuk getoond.



Figuur 1: a) trekcurves voor verschillende staalsoorten, b) zijaanzicht breuklocatie.

3p 7a Welk proefstuk hoort bij de trekcurve van het staalsoort met 1 gew.% koolstof? Motiveer je antwoord.

(a) Bij dit staalsoort treedt geen plastische deformatie op en zal daarom ook geen insnoering vertonen.

Een trekstang van 20 meter lengte moet een kracht doorleiden van 100 kN. De elastische verlenging mag niet meer bedragen dan 8 mm. De stang heeft een cirkelvormige dwarsdoorsnede. Er kan een keuze worden gemaakt tussen drie materiaalsoorten: staal, koper en aluminium, waarvan de elasticiteitsmoduli staan weergegeven in de onderstaande tabel. In deze tabel staan ook de dichtheden van de verschillende materialen.

	Staal	Aluminium	Koper
E-modulus (N/mm ²)	210000	70000	120000
dichtheid (kg/m ³)	7800	2700	8900

1p **7b** Wat is de benodigde diameter van de stang in de drie uitvoeringen?

rel ϵ is $\epsilon = \frac{8 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{20 \text{ m}} = 0,0004$

$F = 100000 \text{ N}$

$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{F}{E \cdot \epsilon}$

$d = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{E \cdot \epsilon \cdot \pi}}$

Staal $d = 38,9 \text{ mm}$

Aluminium $d = 67,5 \text{ mm}$

Koper $d = 51,5 \text{ mm}$

1p **7c** Welk materiaal zou leiden tot het laagste gewicht?

$m = \rho \cdot A \cdot L$

Staal $m = 185 \text{ kg}$

Alu $m = 193 \text{ kg}$

Koper $m = 370 \text{ kg}$

Staal heeft het laagste gewicht.

1p **7d** hoe groot is in elke uitvoering de spanning?

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

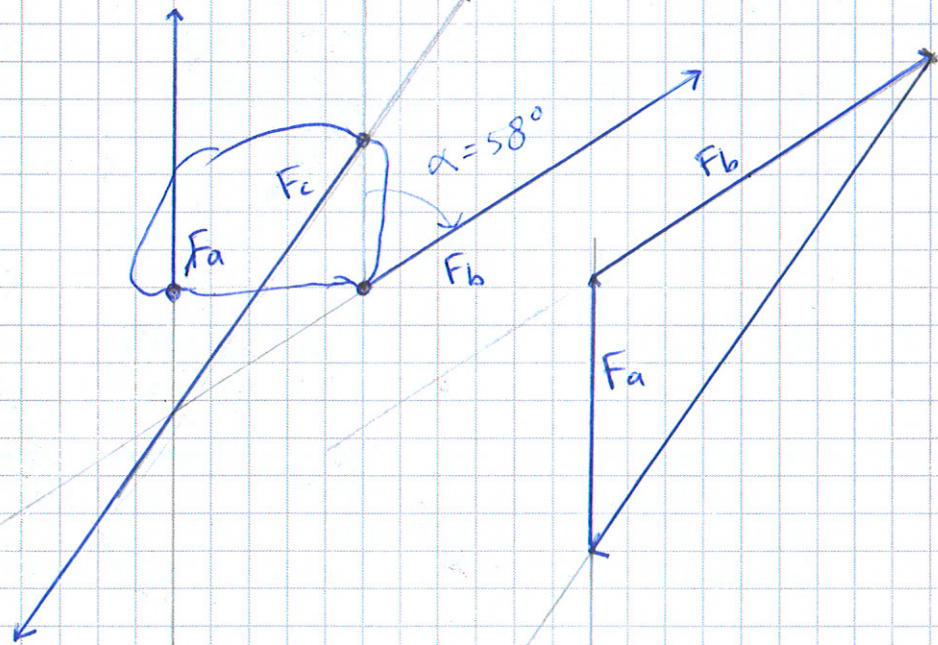
staal $\sigma = 84 \text{ N/mm}^2$

Alu $\sigma = 28 \text{ N/mm}^2$

Koper $\sigma = 48 \text{ N/mm}^2$

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.



kan in evenwicht zijn mits $\varphi_0 > 58^\circ$
waarbij φ_0 de wrijvingshoek is.