

Exercises

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

Surname, First name

Nabye model G. Radaelli

WOP1 (WB1641-q1)

T1 - Projecttentamen - hertentamen

12 Jan, 2023, 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.
- 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:

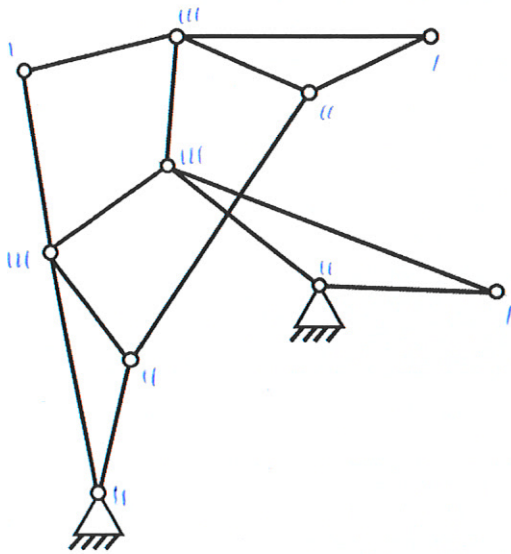
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaand stangenmechanisme in 2D.



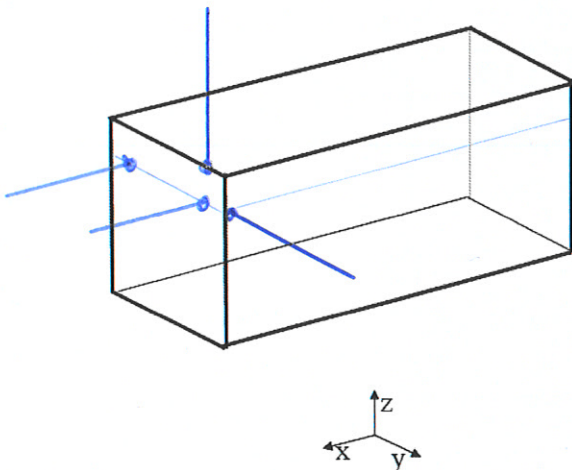
$$(15-1) \cdot 3 - 2 \cdot 20 = 42 - 40 = 2$$

4p **1a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het systeem?

- (a) 0 (b) 1 ☒ (c) 2 (d) 3 (e) 4

4p **1b** Onderstaand star lichaam moet in 3D worden beperkt door middel van sprieten zodat alle translaties én de rotatie om elke willekeurige verticale as (in z-richting) BEPERKT worden. Teken het minimale aantal sprieten om dit doel te bereiken. Laat de sprieten alleen aangrijpen op de zichtbare zijden van de geometrie. Teken de sprieten als rechte lijnen met een stip op de plek waar ze in contact staan met het lichaam.

*Er zijn veel mogelijke uitwerkingen.
Zie nabijcriteria.*



Ontwerpmethoden

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

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Het wagentje moet in beweging komen, stoppen, en terugrijden.	X			
De gereden afstand moet zo groot mogelijk zijn.				X
De hartafstand tussen de wielassen is maximaal 40 centimeter.		X		
Het ontwerp moet in twee keer drie uur te produceren zijn.		X		
Het frame wordt van metaal.			X	
Het wagentje moet zo recht mogelijk rijden.				X

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

	Wel	Niet
Het wagentje moet makkelijk te produceren zijn.		X
Het nieuwe wagentje moet makkelijker te produceren zijn dan de vorige versie.		X
De wielen moeten een zo groot mogelijke grip hebben.	X	
De wielen moeten goed rollen.		X

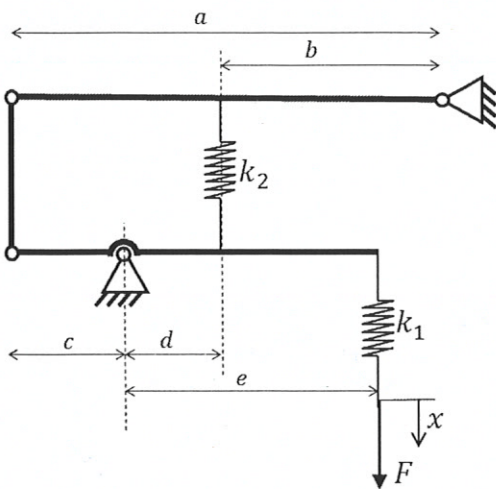
- 5p **2c** Een projectgroep heeft twee concepten ontwikkeld: de 'cilinder' en de 'piramide'. Deze worden beoordeeld op 'efficiëntie' (weegfactor 45%), 'kosten' (weegfactor 25%) en 'gewicht' (weegfactor 30%). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een scoretabel te maken zoals voorgeschreven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

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

Criterium	weging		
		cilinder	piramide
efficiëntie	45%	8,0	5,0
gewicht	30%	3,0	6,0
kosten	25%	9,0	6,0
Totaal	100%	6,8	5,6

Blokschema's

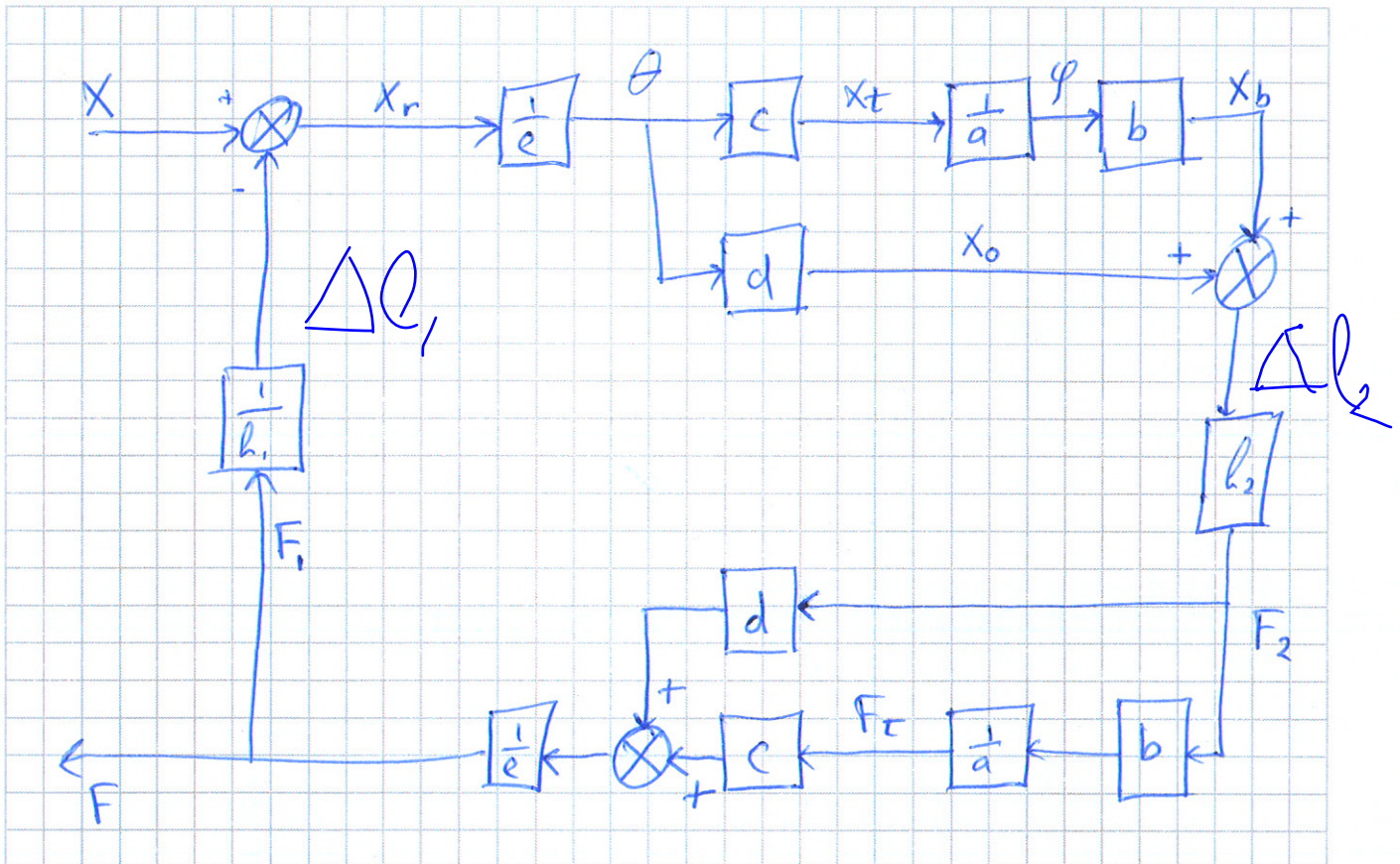
Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie starre stangen en twee veren. In deze opgave verwaarlozen we de effecten van wrijving en van zwaartekracht.



- 3p **3a** Maak voor elk van de twee horizontale stangen (hefbomen) twee schematische tekeningen (totaal vier): één voor de krachten en één voor de verplaatsingen. In de schema's voor de verplaatsingen geef je de richtingen van de verplaatsingen aan die jij als positief definieert, en in de schema's voor de krachten geef je de richtingen van de krachten aan die jij als positief definieert. Geef elke gebruikte grootheid een naam. Geef verder ook de formules die gelden voor de kinematica, voor het statisch evenwicht, en voor de veerkrachten.

Evenwicht	Kinematica
$F_2 \cdot b = F_1 \cdot a$	$\varphi = \frac{x_b}{b} = \frac{x_1}{a}$
$F_2 \cdot d + F_1 \cdot c = F \cdot e$	$\theta = \frac{x_0}{d} = \frac{x_r}{e} = \frac{x_1}{c}$
<u>Veerkrachten</u> $F_1 = k_1 \cdot \Delta l_1 = k_1 \cdot (x - x_r)$ $F_2 = k_2 \cdot \Delta l_2 = k_2 \cdot (x_b + x_0)$	$F_1 = F$

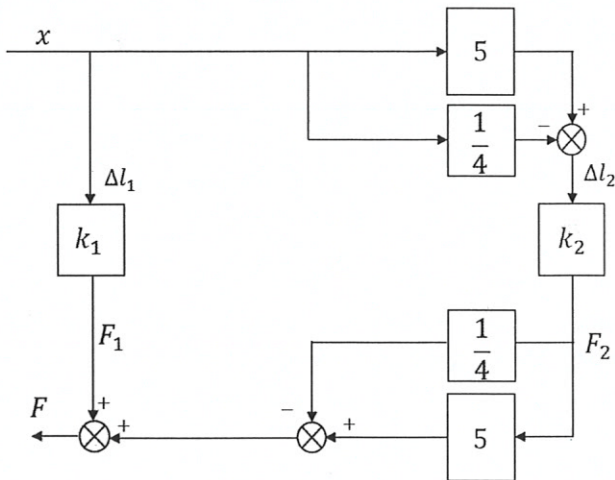
- 8p **3b** Teken een blokschema van het systeem. Gebruik de verplaatsing x als ingangssignaal en de kracht F als uitgangssignaal. Dus het bovenste gedeelte van het blokschema geeft de bewegingsketen weer en het onderste gedeelte de krachtketen.



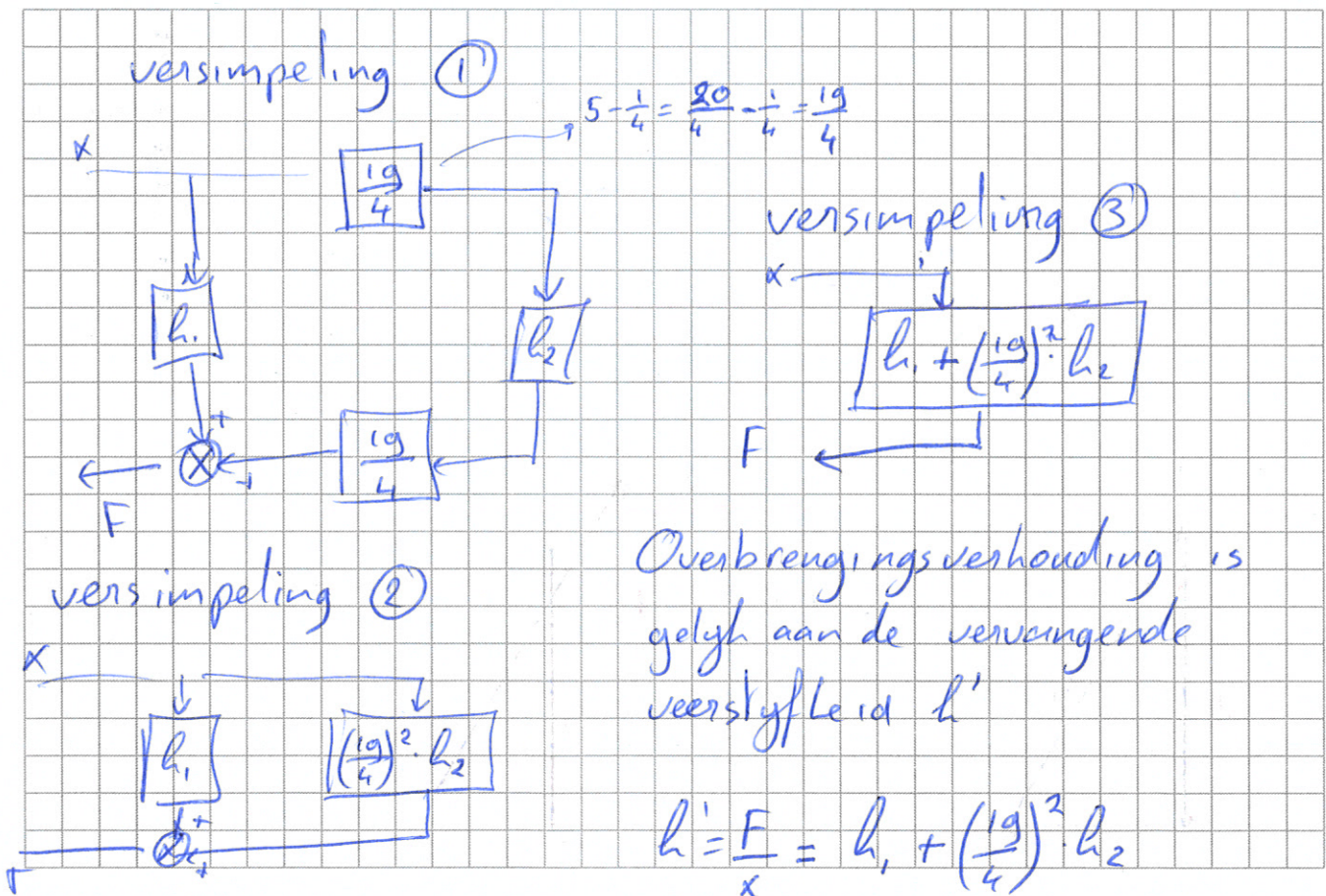
- 3p **3c** Zijn de twee veren in serie geschakeld of parallel geschakeld? Geef een onderbouwing voor jouw antwoord.

Serie, want de kracht in beide veren (als functie van F) kan bepaald worden zonder hun stijfheden te weten, alleen door de overbrengingsverhoudingen te gebruiken.

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

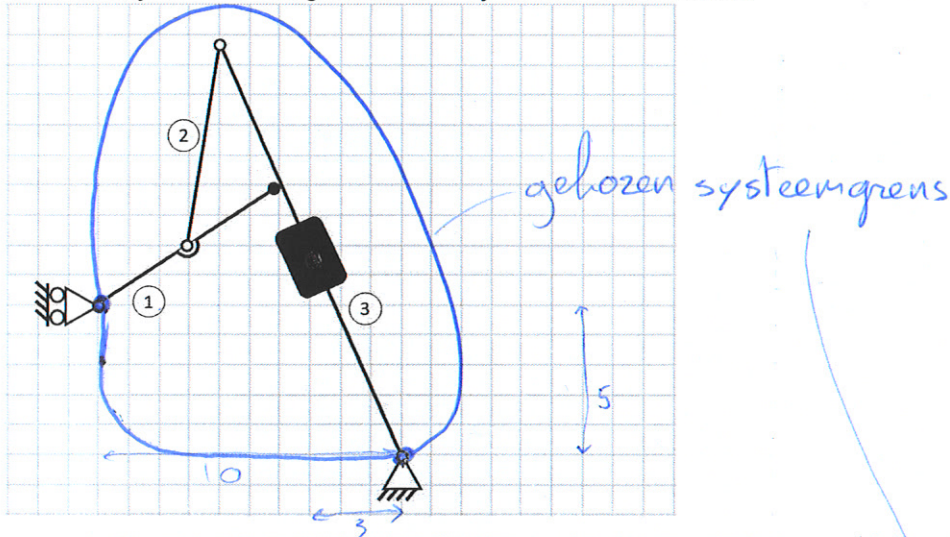


- 6p **3d** Bepaal uit het gegeven blokschema de vervangende veerstijfheid $k' = \frac{F}{x}$ van het systeem. Voer daarvoor eerst enkele versimpelingen van het blokschema door.

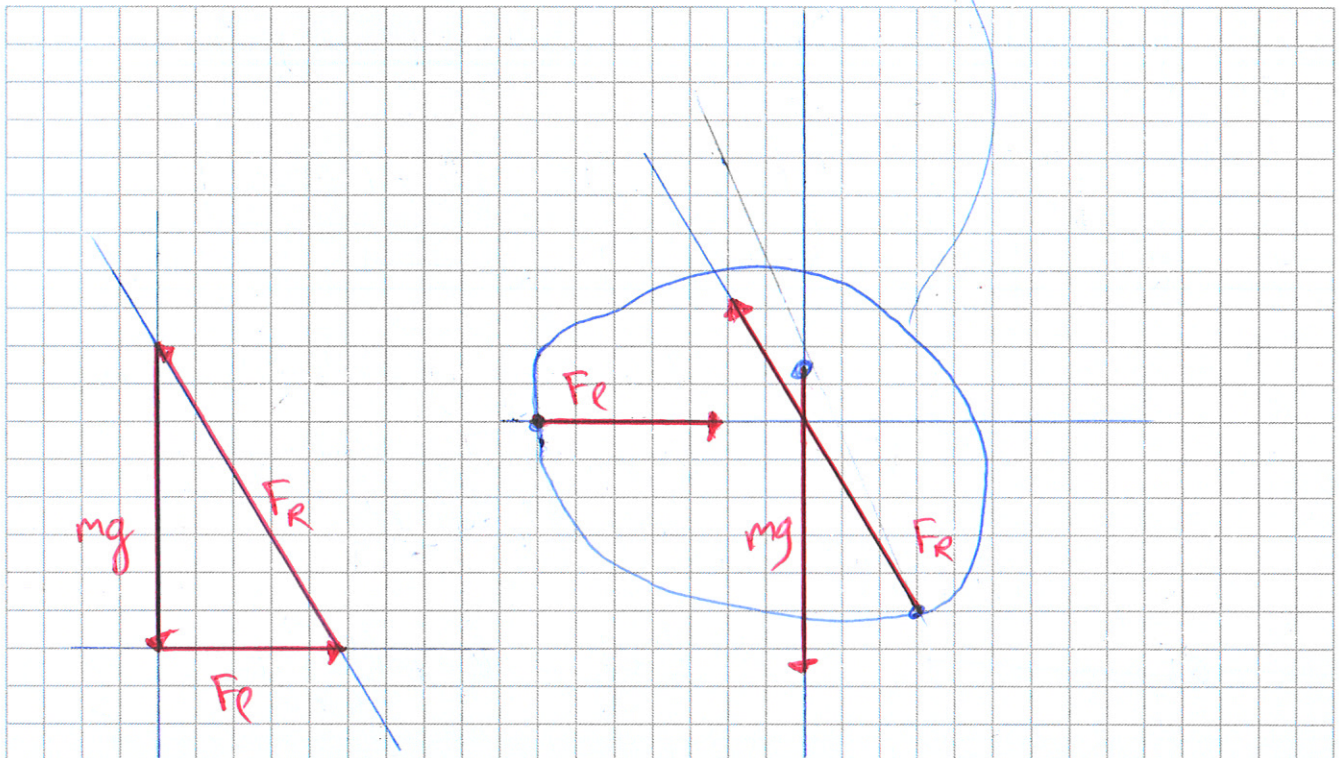


Grafisch evenwicht

Beschouw onderstaand systeem van drie starre stangen. De stangen (1)-(2) en (2)-(3) worden bij elkaar gehouden door twee reguliere scharnieren (holle cirkels) en tussen de stangen (1) en (3) is er een contactpunt met wrijving (volle cirkel). In het contactpunt heerst een statische wrijvingshoek van 10° . Het systeem leunt aan de linkerkant tegen een wand aan door middel van een wrijvingsloze rechtgeleiding. Op de lange stang (3) is een massa bevestigd (zwarte rechthoek) van 3 kg. De rest van het systeem kan als massaloos worden beschouwd. Gebruik de ruitjes op de achtergrond als referentie voor de maatvoering voor de vrijlichaamsdiagrammen die je hierna zal tekenen.

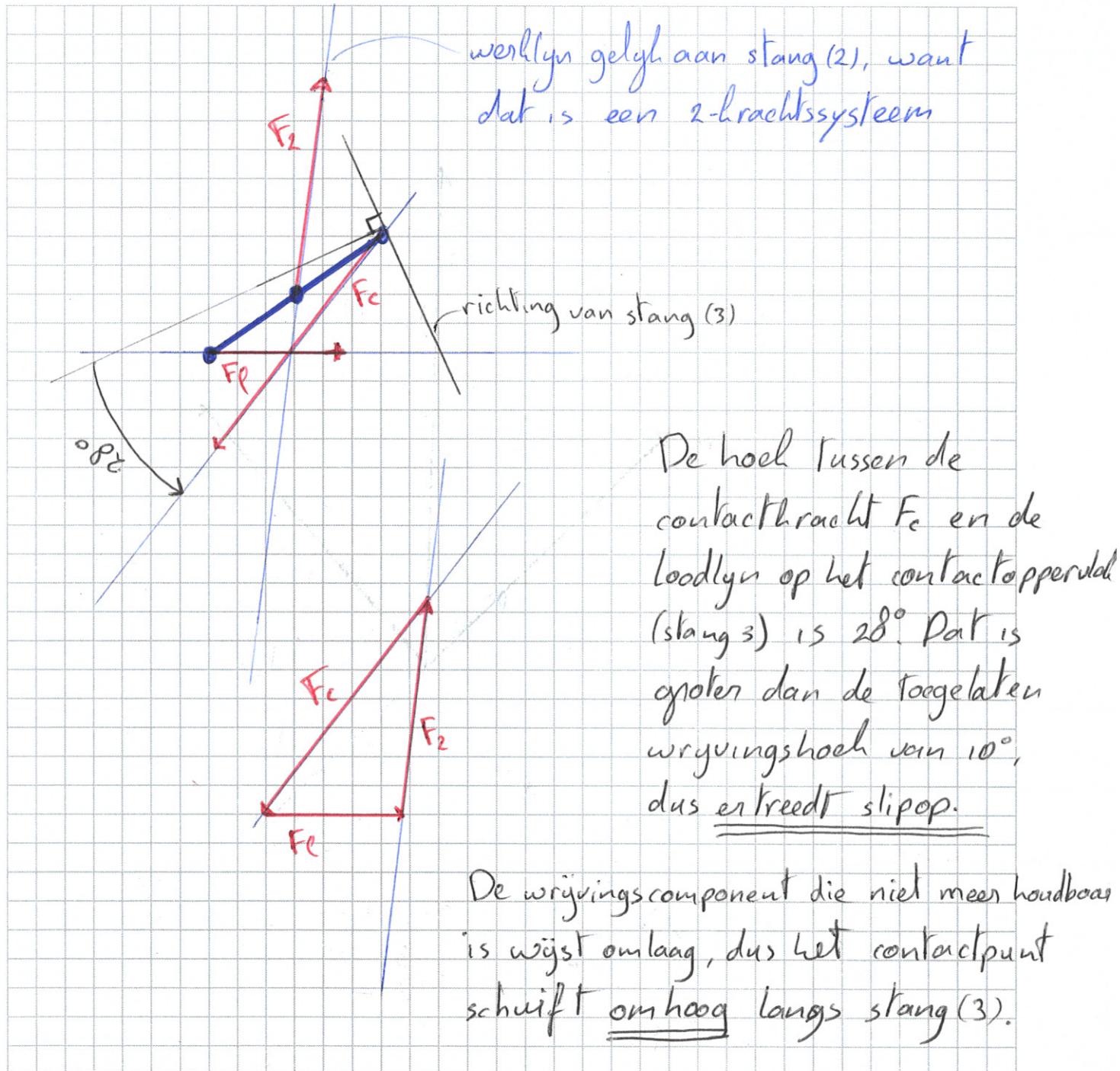


- 5p 4a Teken een *vrijlichaamsdiagram* van het hele systeem en voer een *grafische evenwichtsanalyse* uit om de grootte en richting van de reactiekrachten met de grond te bepalen.



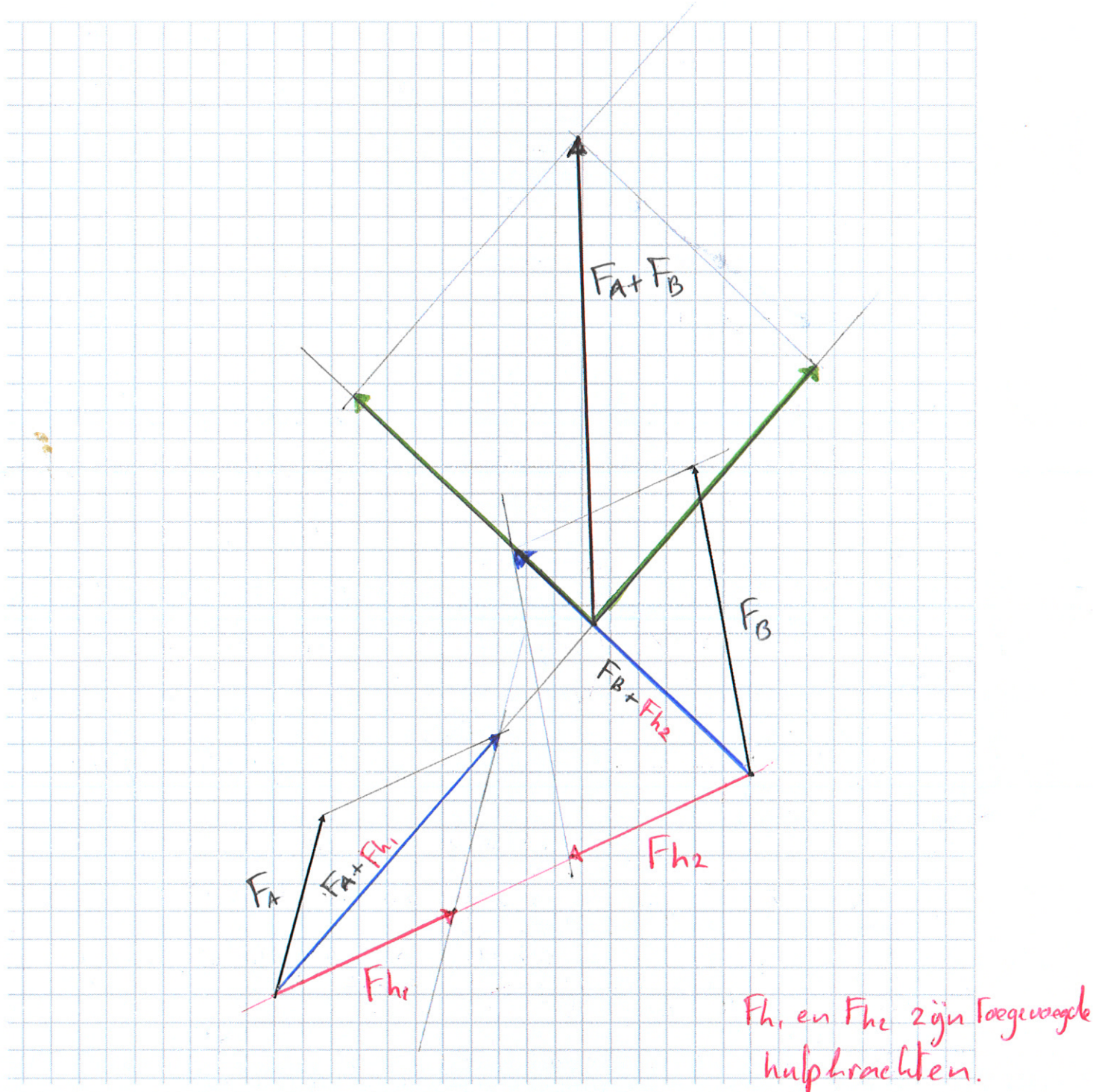
8p

- 4b Teken een vrijlichaamsdiagram van stang (1) om alle krachten op deze stang te bepalen. Treedt er wel of geen slip op in het contactpunt tussen stang (1) en stang (3)? Zo ja, beweegt het contactpunt omhoog of omlaag?



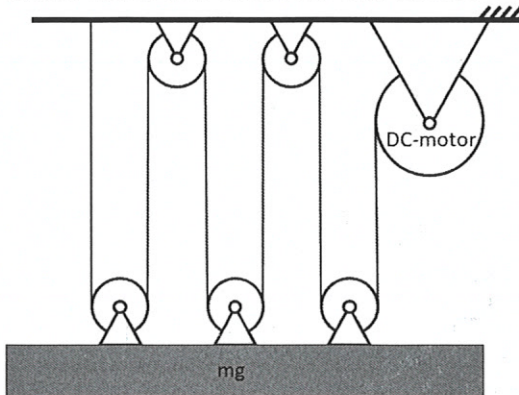
Krachten samenstellen

- 8p 5 Onderstaande twee krachten moeten worden samengesteld tot één resultante kracht. Doe dit door middel van de *methode met hulpkrachten*. Bepaal de grootte, richting en werklijn van de resultante kracht.



Aandrijving

Een gewicht mg van 100N wordt door een DC-motor omhoog getild, met behulp van een systeem van katrollen, zie de figuur hieronder. Het systeem is hier getekend in de hoogste stand. De katrol aan de motor heeft een diameter van 0,06m. De katrollen worden als wrijvingsloos beschouwd.



- 6p **6a** Bepaal het moment dat de motor moet leveren om het gewicht met een constante snelheid op te tillen. Laat in een vrijlichaamsdiagram zien hoe je de kracht in de kabel hebt bepaald.

evenwicht in y

$$F_T \cdot 6 = mg \rightarrow F_T = \frac{mg}{6}$$

Moment door de motor geleverd voor de last:

$$T_m = F_T \cdot r = \frac{mg}{6} \cdot \frac{d}{2}$$

$$= \frac{100\text{ N} \cdot 0,06\text{ m}}{6 \cdot 2} = 0,5\text{ Nm}$$

- 2p **6b** Het is de bedoeling dat de massa in maximaal 10 seconden 7m omhoog wordt getild, uitgaande van een constante snelheid. Bereken het vermogen dat benodigd is om deze taak uit te voeren.

$$P = F \cdot v = 100\text{ N} \cdot \frac{7\text{ m}}{10\text{ s}} = 70\text{ W}$$

- 4p **6c** Een DC-motor met de volgende karakteristiek wordt gekozen: $T_m = 0,9 - \frac{0,9}{480}\omega$, waarin T_m in Nm is en ω in rad/s. Bepaal het maximale vermogen die de motor kan leveren. Is dit voldoende voor de eis die in vraag 6b is gesteld?

Motor vermogen is $P = T_m \cdot \omega = 0,9\omega - \frac{0,9}{480}\omega^2$

Het max vermogen is als $P' = 0$: $P' = 0,9 - 2 \frac{0,9}{480}\omega = 0$

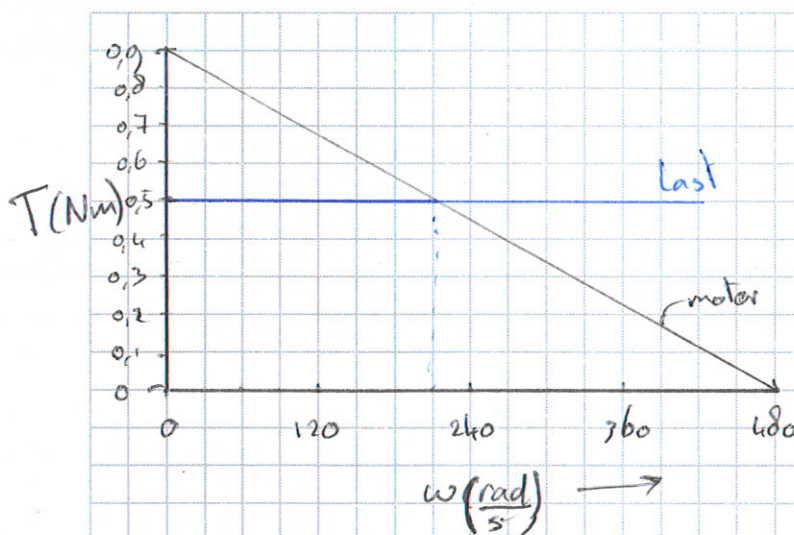
dat is bij $\omega = \frac{0,9}{2 \cdot \frac{0,9}{480}} = 240 \text{ rad/s}$

By deze hoeksnelheid is het vermogen:

$P_{\max} = P_{\text{max}}(\omega = 240 \frac{\text{rad}}{\text{s}}) = 0,9 \cdot 240 - \frac{0,9}{480} \cdot 240^2 = 108 \text{ W}$

$108 \text{ W} > 70 \text{ W}$, dus ja, het maximale vermogen is voldoende

- 6p **6d** Teken in een assenstelsel de motorkarakteristiek en de lastkarakteristiek en bepaal met de formules de snelheid waarmee de massa wordt opgetild.



Gelykstellen motor- en lastkarakteristiek

$0,9 - \frac{0,9}{480} \cdot \omega = 0,5 \text{ Nm}$

en volgt dat $\omega = 213,3 \text{ rad/s}$

De tilsnelheid is daarmee

$v_{\text{massa}} = \omega \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{6} = 1,067 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

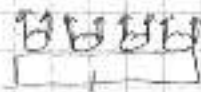
6p

- 6e De ontwerper overweegt om een extra set katrollen te gebruiken (op dezelfde manier als de andere katrollen, dus één aan het plafond en één aan het gewicht), om het vermogen (nog) beter te benutten. Hoeveel meer of hoeveel minder vermogen wordt er geleverd in dit geval?

~~De~~ Het geleverde vermogen was:

$$P = 0,5 \text{ Nm} \cdot 213,3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 106,67 \text{ W}$$

De overbringings verhouding van de katrollen gaat van 6 naar 8:



De lastkarakteristiek wordt daarmee $T_p = \frac{mg}{8} \cdot \frac{d}{2} = 0,375 \text{ Nm}$

Het werkpunt verschuift naar $0,9 - \frac{0,9}{480} \omega = 0,375 \text{ Nm}$

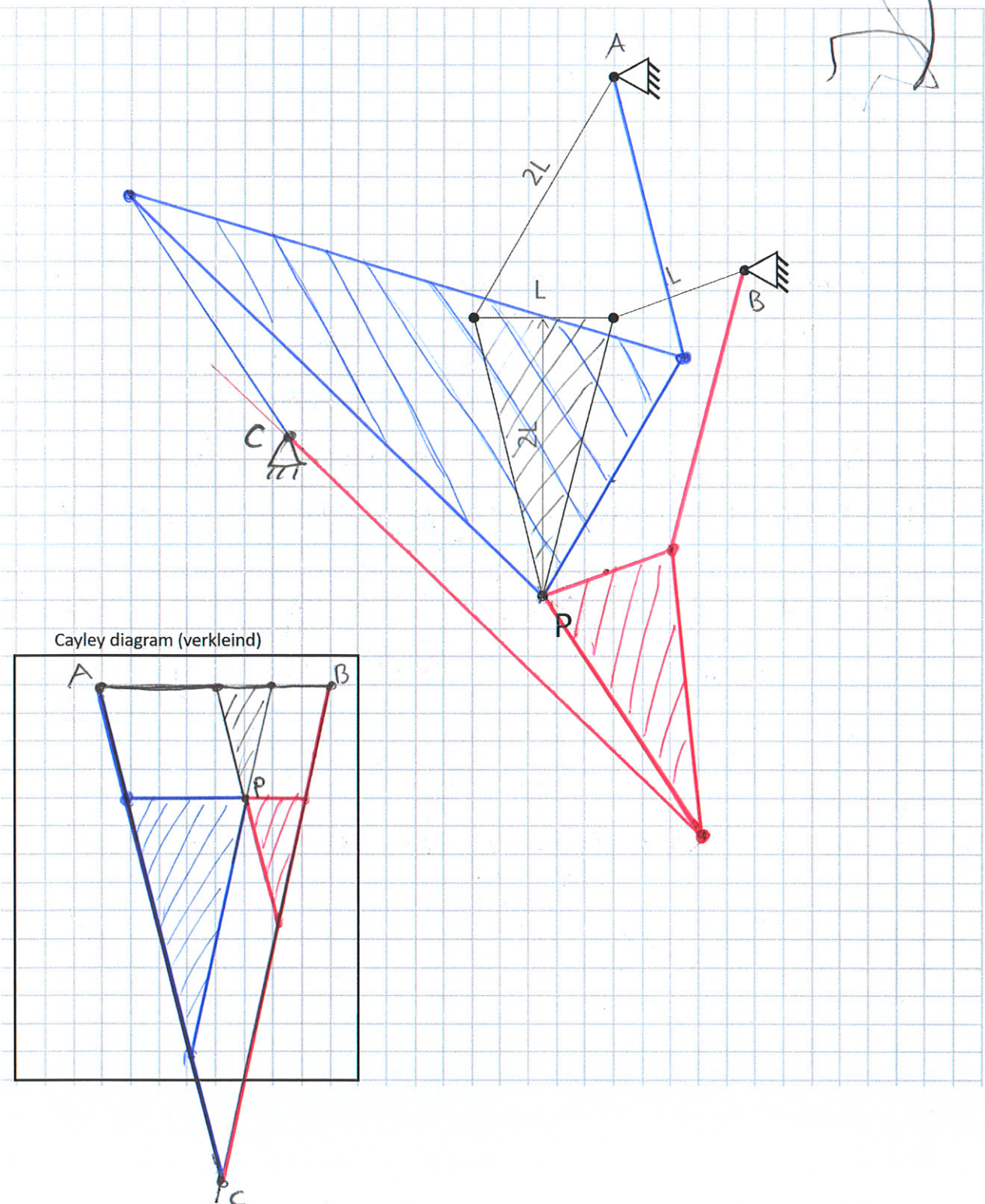
$$\rightarrow \omega = 280 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Het vermogen is nu $P = 0,375 \text{ Nm} \cdot 280 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 105 \text{ W}$

dat is 1,67 W minder (dat is een klein verschil naar verhouding)

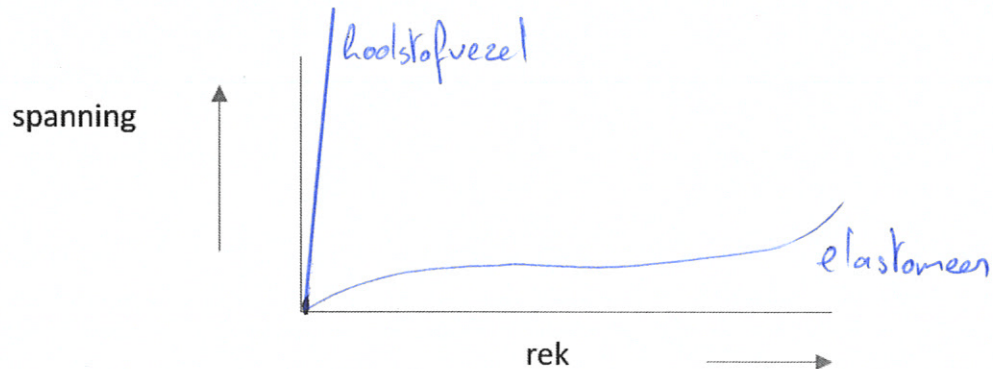
Cognates stangenmechanisme

- 10p 7 Hieronder is een vierstangenmechanisme weergegeven, waarvan de koppelstang een gelijkbenige 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 als hulpmiddel een schets van het *Cayley diagram* (de mechanismen in uitgerekte toestand). Maak in de tekening duidelijk onderscheid tussen de drie mechanismen, bijvoorbeeld met behulp van kleur of door stangen een naam te geven.



Materiaalkunde

- 2p **8a** Schets in onderstaand figuur een trek-rek curve weergegeven voor een elastomeer en een koolstofvezel.



- 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
E-modulus (N/mm ²) * ¹	210000	70000	115000
s _y (N/mm ²) * ²	300	505	60
s _{uts} (N/mm ²) * ³	450	572	220

*¹ Young's modulus, Elasticiteitsmodulus

*² yield strength, vloeigrens, rekgrens

*³ ultimate tensile strength, treksterkte

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.

leeg vel voor CORRECTIES

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

A large rectangular area filled with a light blue grid, intended for students to provide corrections or additional work. The grid consists of small squares, approximately 20 columns wide and 30 rows high.