

Exercises

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

Surname, First name

Radaelli, Giuseppe

WB1641 Werktuigkundig Ontwerpproject

1 (WB1641-q1)

T1 - Projecttentamen - hertentamen

1	2	3	4	5	6	7
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

13 januari 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:

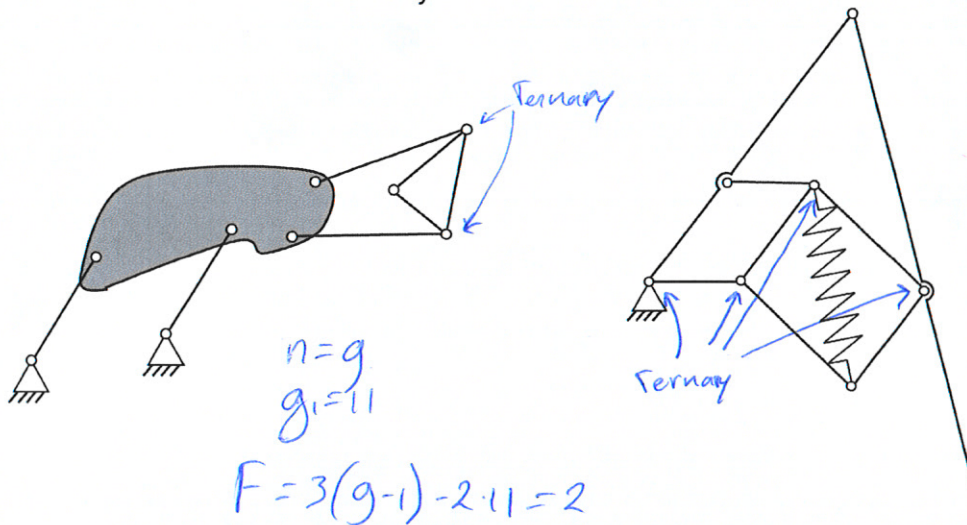
Dr. ir. G. Radaelli, ir. B. van Vliet en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door

Dr. ir. R.W. Vroom

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaande twee systemen in 2D.



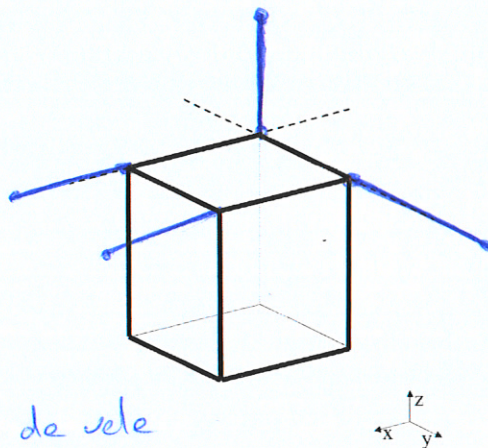
2p **1a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het linker systeem?

- (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 stippelijnen nog VRIJ blijven. 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 de vele goede opties. Zie de rubric voor de criteria waaraan het moet voldoen.

Ontwerpmethoden

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

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Het wagentje mag maximaal 30cm lang zijn.		X		
De molen moet zo lang mogelijk zonder onderhoud kunnen draaien.				X
De pers moet minimaal 60 kN leveren.	X			
Het frame wordt met M10 bouten op de bodemplaat gemonteerd.			X	
De productiekosten mogen maximaal € 30.000,- zijn.		X		
Het hitteschild moet de telescoop onder 50 graden Kelvin houden.	X			

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

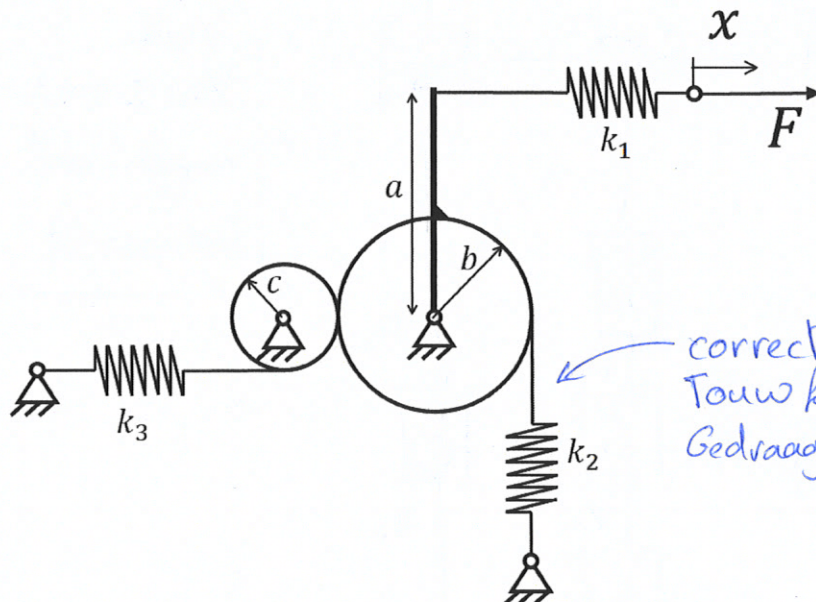
	Wel	Niet
Het onderstel moet goed blijven staan.		X
Het ontwerp moet zo min mogelijk onderdelen bevatten.	X	
Het systeem moet zo goed mogelijk te onderhouden zijn.		X
Het gereedschap moet makkelijker te gebruiken zijn dan het oude model.		X

- 5p **2c** In een ontwerpproject zijn twee concepten ontwikkeld voor een lanceermechanisme, de 'schans' en de 'veer'. Deze worden beoordeeld op 'productietijd' (weegfactor 35%), op 'betrouwbaarheid' (weegfactor 45%) en op 'materiaalgebruik' (weegfactor 20%). 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.

		veer	schans
Betrouwbaarheid	45 %	7	8
Productie tijd	35 %	6	7
Materiaalgebruik	20 %	8	5
	100 %	6,9	7,1

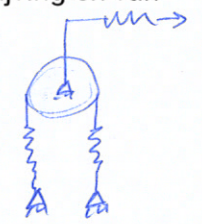
Blokschema's

Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie veren twee tandwielen en een starre hefboom die verbonden is aan het rechter tandwiel. In deze opgave verwaarlozen we de effecten van wrijving en van zwaartekracht.



Equivalent:

want het kleine tandwiel heeft geen invloed.



correctie:

Touw kan hier ook duwen!

Gedraagt zich dus als een stang + drukveer

- 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).

$\theta = \frac{x_1}{a} = \frac{x_2}{b} = \frac{x_T}{b}$

$x_3 = x_T$

KINEMATICA

$F_1 a = F_2 b + F_T b$

$F_2 b = F_1 a - F_T b$

$F_3 = F_T$

STATICA/EVENWICHT

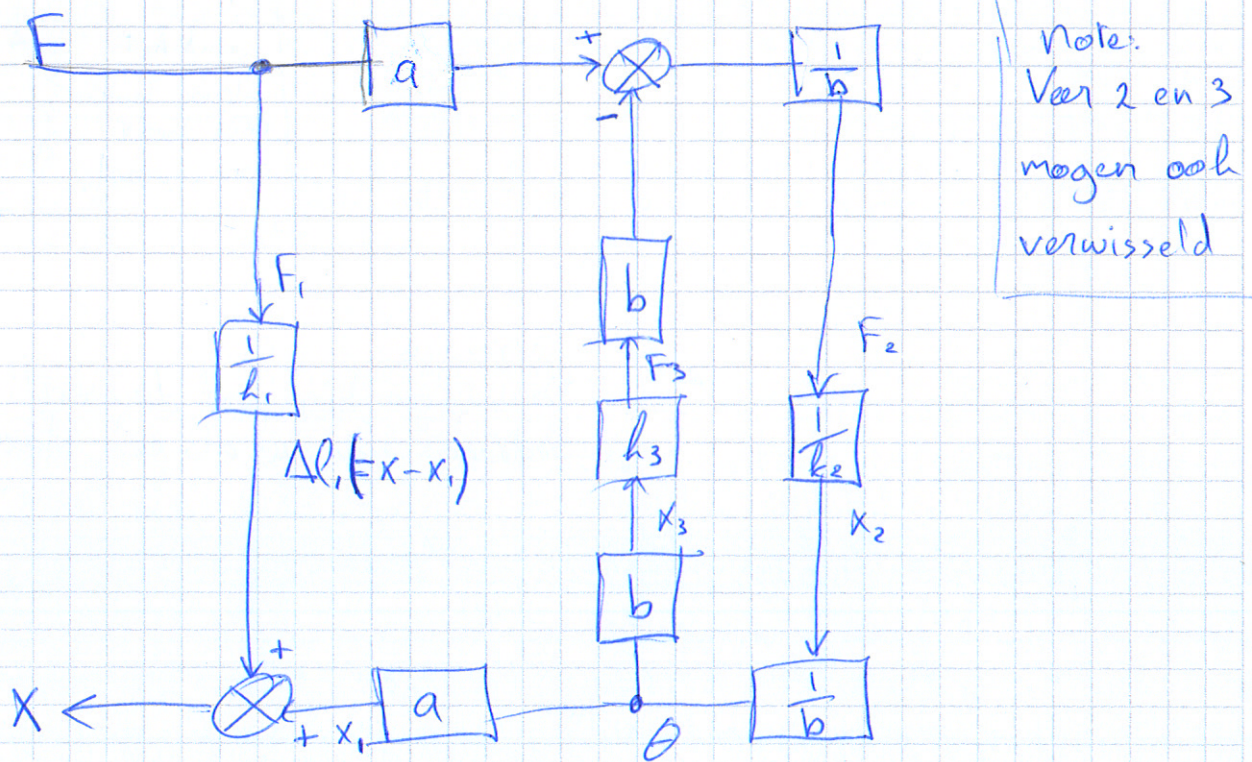
VEEREN

Veer 1
 $F = F_1 = k_1 (x - x_1)$

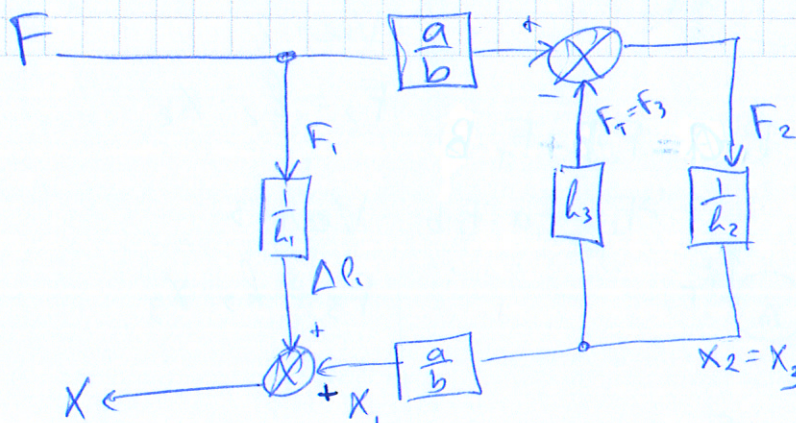
Veer 2
 $F_2 = k_2 \cdot x_2$

Veer 3
 $F_3 = k_3 \cdot x_3$

- 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.



Alternatief, als $F_2 b = F_1 a - F_T b$ wordt omgeschreven
naar $F_2 = F_1 \cdot \frac{a}{b} - F_T \cdot \frac{b}{b}$

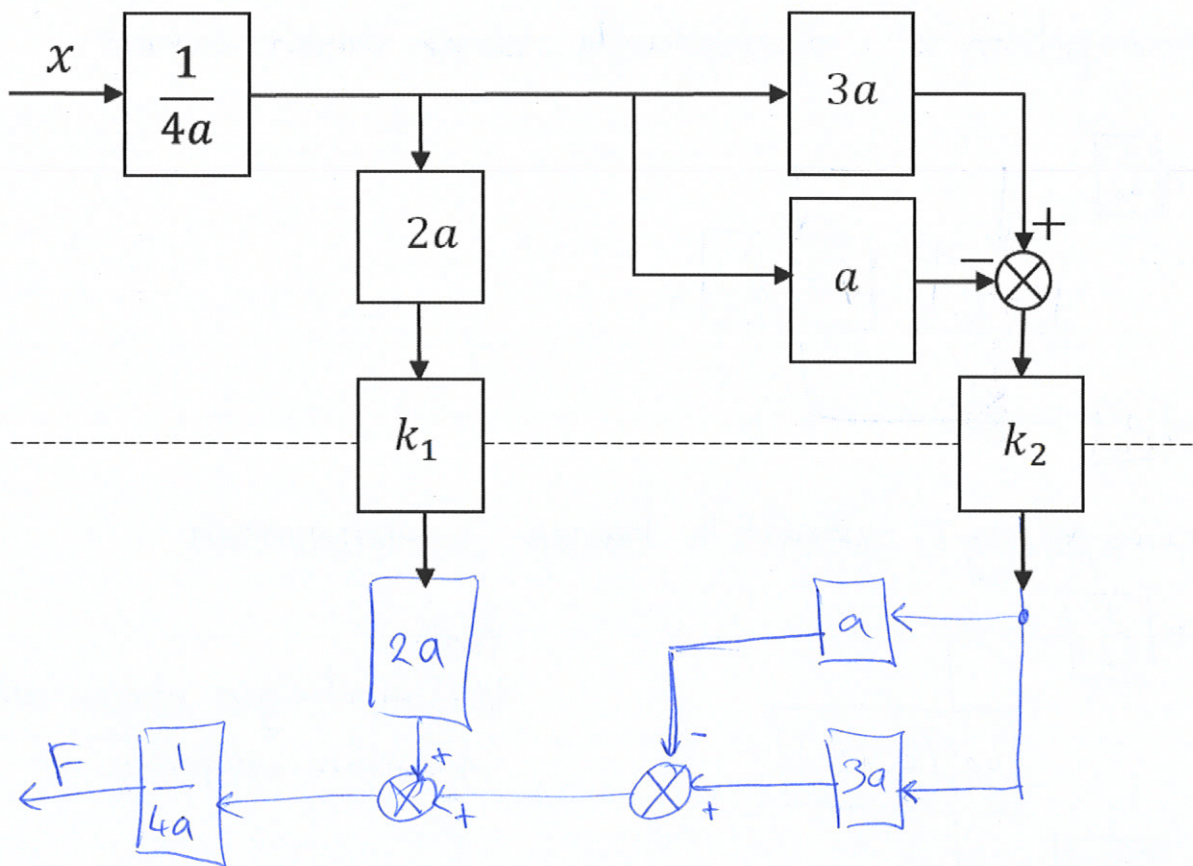


- 3p **3c** Is hier sprake van
- een seriële schakeling van alledrie de veren,
 - een parallelle schakeling van alledrie de veren of
 - een combinatie van seriële en parallelle schakelingen?

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

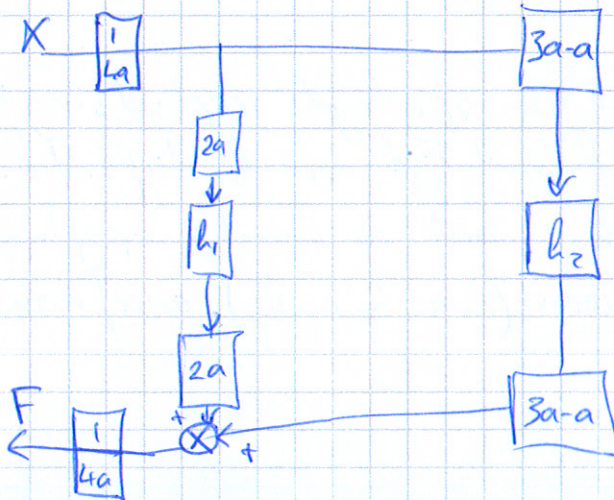
h_2 en h_3 staan parallel want hun opgelegde verplaatsing is direct gerelateerd, en niet afhankelijk van de stijfheden.
 h_1 staat in serie met h_2 en h_3 want de kracht opgelegd aan h_1 , werkt door in het systeem (naar h_2 en h_3), onafhankelijk van zijn stijfheid h_1 .

Van een ANDER systeem, dit keer met twee veren, is EEN DEEL van een blokschema gegeven, namelijk alleen de bewegingsketen:

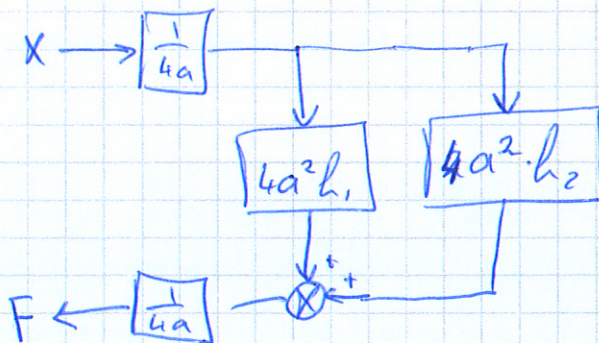


- 6p 3d Maak het blokschema hierboven af (mag in de tekening hierboven), voer eventueel versimpelingen door, en bepaal vervolgens de vervangende veerstijfheid $k' = \frac{F}{x}$ van het systeem.

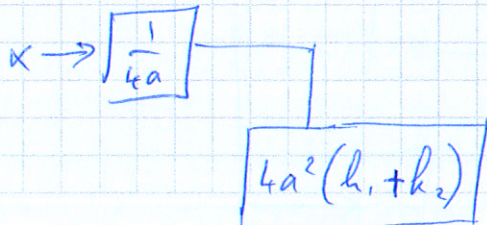
Versimpeling 1: optelpunt samen nemen



Versimpeling 2: doorgaande banen samen nemen

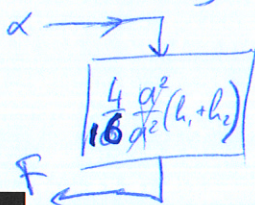


Versimpeling 3: parallelle banen samennemen



Note:
Versimpelingen mogen ook in andere volgorde.

Versimpeling 4: hele baan samenstellen,



geeft $k' = \frac{F}{x} = \frac{1}{4}(h_1 + h_2)$

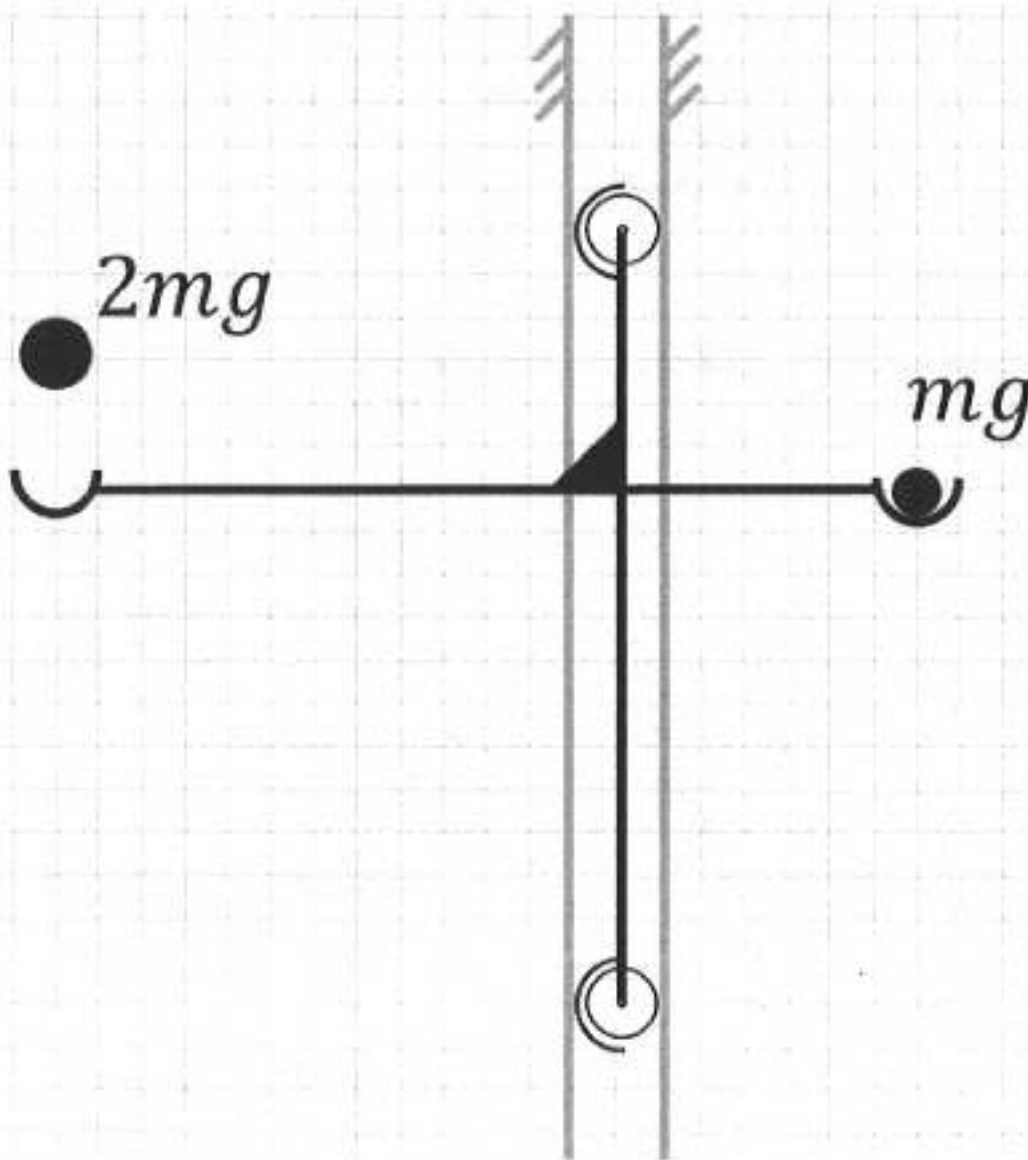
Grafisch evenwicht

Beschouw onderstaand systeem bestaande uit een kruisvormig star lichaam dat door de twee wielen verticaal kan bewegen tussen twee wanden. De wielen rollen wrijvingsloos. Aan de andere kant van elk wiel kan de wielbehuizing contact maken met de linkerwand. In dit contact heerst een statische wrijvingscoëfficiënt $f_0 = 0,4$. Er is een kleine hoeveelheid speling aanwezig waardoor ofwel het wiel óf de behuizing contact maakt met de wanden, maar niet allebei tegelijkertijd.

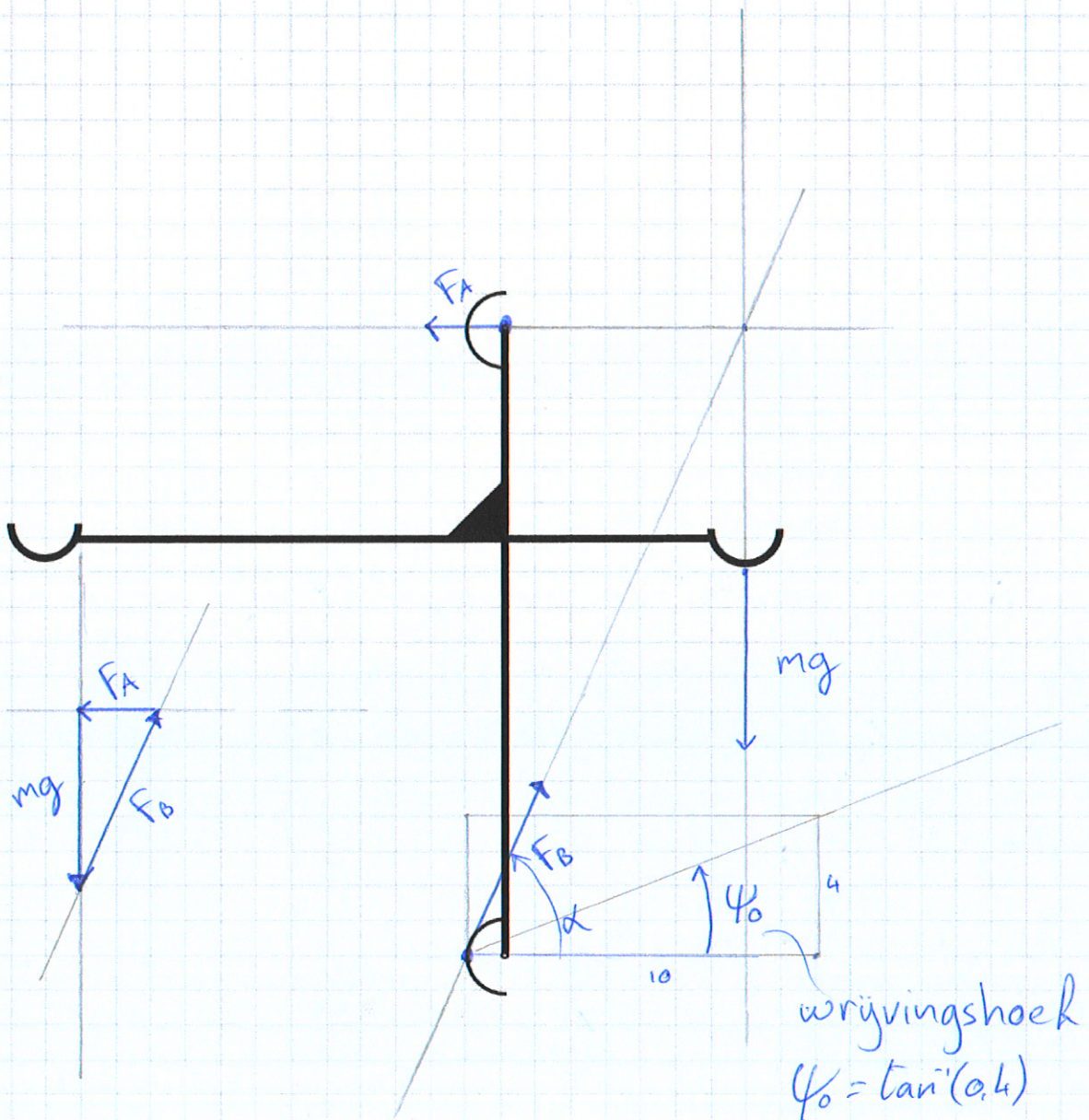
Aan de linker- en rechterkant van het kruisvormig lichaam kunnen knikkers in een kom gelegd worden. Er wordt gebruik gemaakt van een knikker met een gewicht $2mg$ aan de linkerkant en een knikker met gewicht mg aan de rechterkant. In eerste instantie ligt alleen de rechterknikker in de kom.

Het gewicht van alle onderdelen mag buiten beschouwing worden gelaten, behalve dat van de knikkers.

Het is de bedoeling van de ontwerper dat het lichaam in beweging komt met alleen de rechterknikker, maar klemt bij het toevoegen van de linkerknikker. Of dit klopt moet middels een grafische evenwichtsanalyse uitgezocht worden.

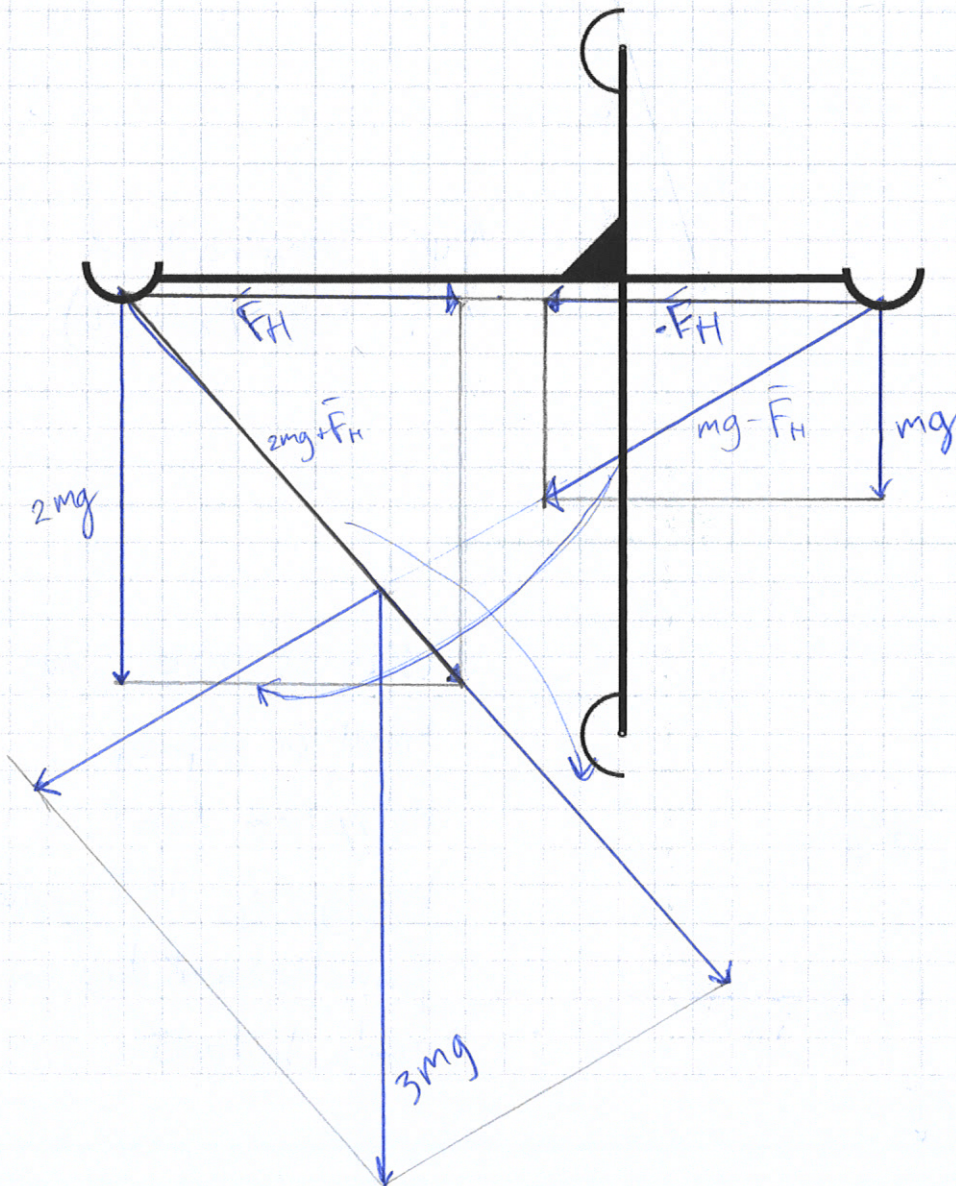


- 7p **4a** Werk het statisch evenwicht op het gegeven vrijlichaamsdiagram GRAFISCH uit. Alleen de rechterknikker ligt in de kom, de linkerknikker is nog NIET aanwezig. Bepaal of het systeem in beweging komt of klemt. Gebruik voor de lengte van de vector mg 5 hokjes.



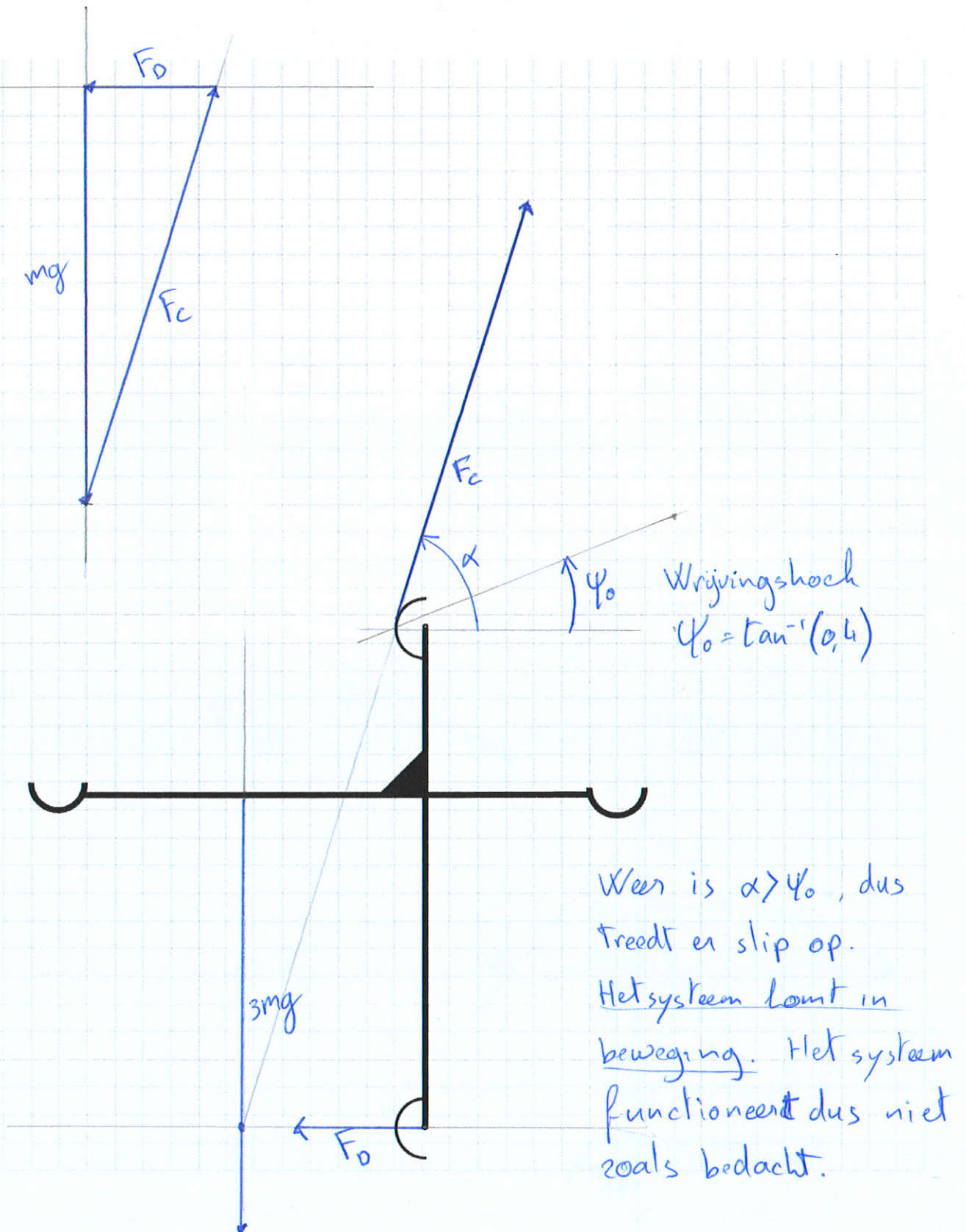
$\alpha > \psi_0$ dus er treedt slip op
 Systeem is niet in evenwicht

- 8p **4b** Nu wordt ook de linkerknikker in de kom gelegd. Omdat het systeem nu een vierkrachtssysteem is geworden, moet het worden teruggebracht naar een driekrachtssysteem om het evenwicht makkelijker te kunnen analyseren. Hiervoor gaan we eerst het gewicht van de twee knikkers samenstellen. Doe dat hieronder door gebruik te maken van de methode "met hulpkrachten". Bepaal de richting, de werklijn en de grootte van het samengesteld gewicht.



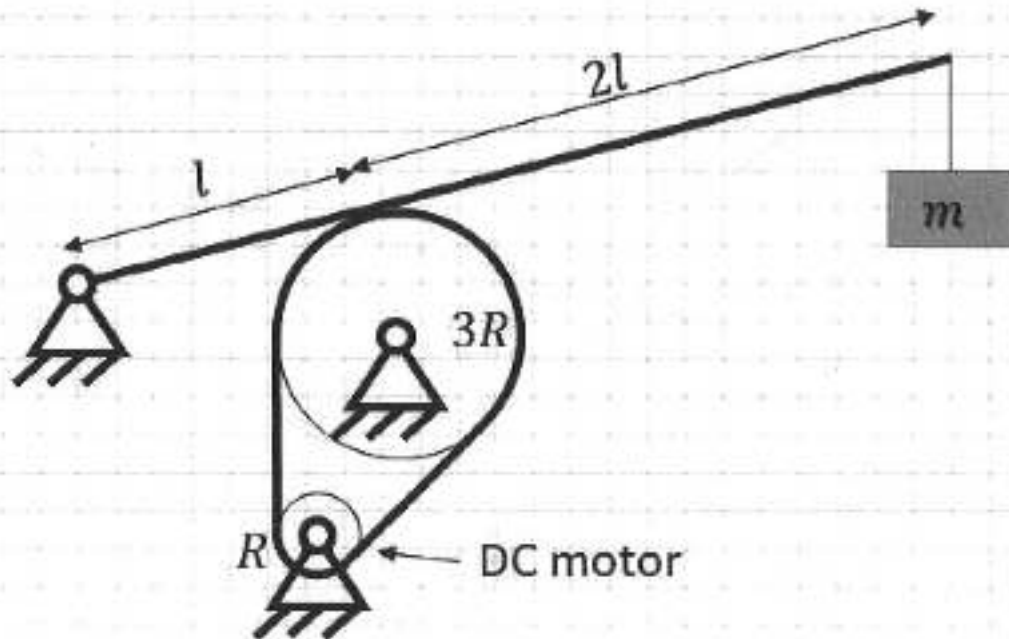
7p

4c Werk het statisch evenwicht van het systeem met de twee knikers nu uit. Gebruik de gevonden samengestelde kracht. Als je de samengestelde kracht niet hebt kunnen bepalen in b, gebruik dan alleen het gewicht van de linkerknikker. Bepaal of het systeem in beweging komt of klemt.



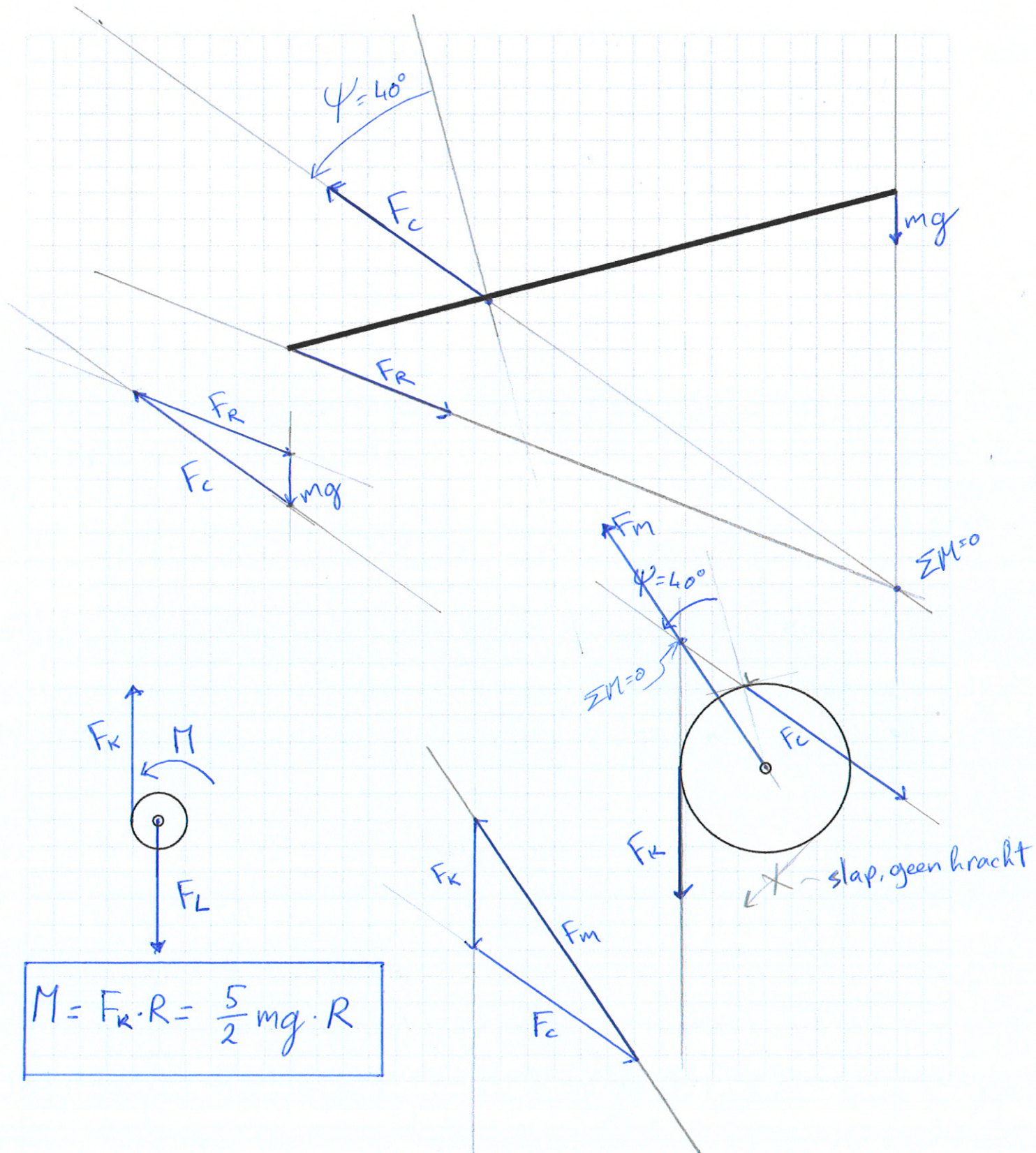
Aandrijving

Beschouw het systeem hieronder. Een massa m hangt aan het uiteinde van een starre hefboom die drukt op een wiel met straal $3R$. Dit wiel wordt door middel van een riemoverbrenging aangedreven door een kleiner wiel met straal R . Alleen de trekkende kant van de riem staat op spanning, de andere kant hangt slap. Aan het kleine wiel is een DC motor gekoppeld die tegen de klok in draait. Tussen de riem langs het grote wiel en de hefboom treedt er slip op met een dynamische wrijvingshoek ψ van 40° . In de rest van het systeem kan wrijving worden verwaarloosd.

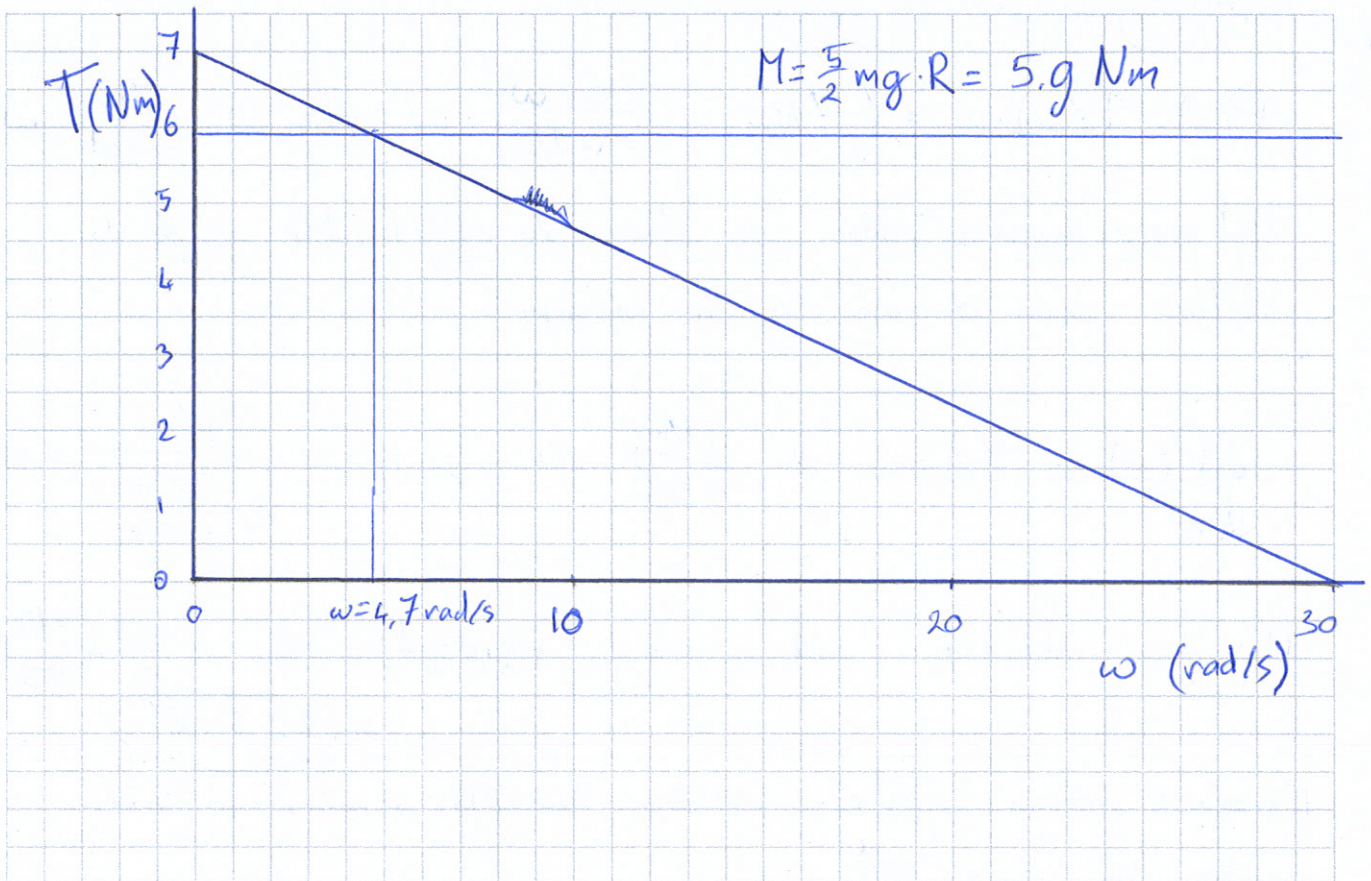


9p

5a Werk het evenwicht van dit systeem **grafisch** uit voor het geval dat de motor een constante snelheid bereikt. Bepaal uit de evenwichtsanalyse de formule voor de lastkarakteristiek M uitgedrukt in termen van het gewicht mg . Gebruik voor de lengte van de vector mg twee hokjes.



- 8p **5b** Van de DC motor is gegeven dat de "no load speed" 287rpm is en de "stall torque" 7Nm. Er hangt een massa van 2kg aan de hefboom en de straal van het kleine wiel is $R = 0.12\text{m}$. Teken hieronder een assenstelsel en verwerk daarin de moment-hoeksnelheidsgrafieken van de lastkarakteristiek en van de motorkarakteristiek. Voorzie de assen van grootte, schaal en eenheid.



- 3p **5c** Hoe snel draait de motor bij het gegeven gewicht?

Snijpunt afgelezen in 5b of formules last- en motorkarakteristiek gelykgesteld en opgelost:

Motor: $T(\omega) = 7\text{ Nm} - \frac{7\text{ Nm}}{30\text{ rad/s}} \omega$

Last: $M = 5.9\text{ Nm}$

Gelykstellen: $7\text{ Nm} - \frac{7\text{ Nm}}{30\text{ rad/s}} \omega = 5.9\text{ Nm}$

Oplossen: $\omega = \frac{7\text{ Nm} - 5.9\text{ Nm}}{\frac{7\text{ Nm}}{30\text{ rad/s}}} = \underline{\underline{4.7\text{ rad/s}}}$

6p

- 5d Bepaal het maximale vermogen dat de motor kan leveren en bepaal welke massa aan de hefboom moet hangen zodat het maximale vermogen geleverd wordt.

Vermogen motor gegeven door:

$$P(\omega) = T(\omega) \cdot \omega = \left(7 \text{ Nm} - \frac{7 \text{ Nm}}{30 \text{ rad/s}} \omega \right) \cdot \omega = 7 \text{ Nm} \cdot \omega - \frac{7 \text{ Nm}}{30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} \cdot \omega^2$$

Het maximum vinden we door de afgeleide gelijk te stellen aan 0 en op te lossen:

$$\frac{dP(\omega)}{d\omega} = 7 \text{ Nm} - 2 \cdot \frac{7 \text{ Nm}}{30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} \cdot \omega \rightarrow \omega = \frac{7 \text{ Nm}}{2 \cdot \frac{7 \text{ Nm}}{30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}} = 15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

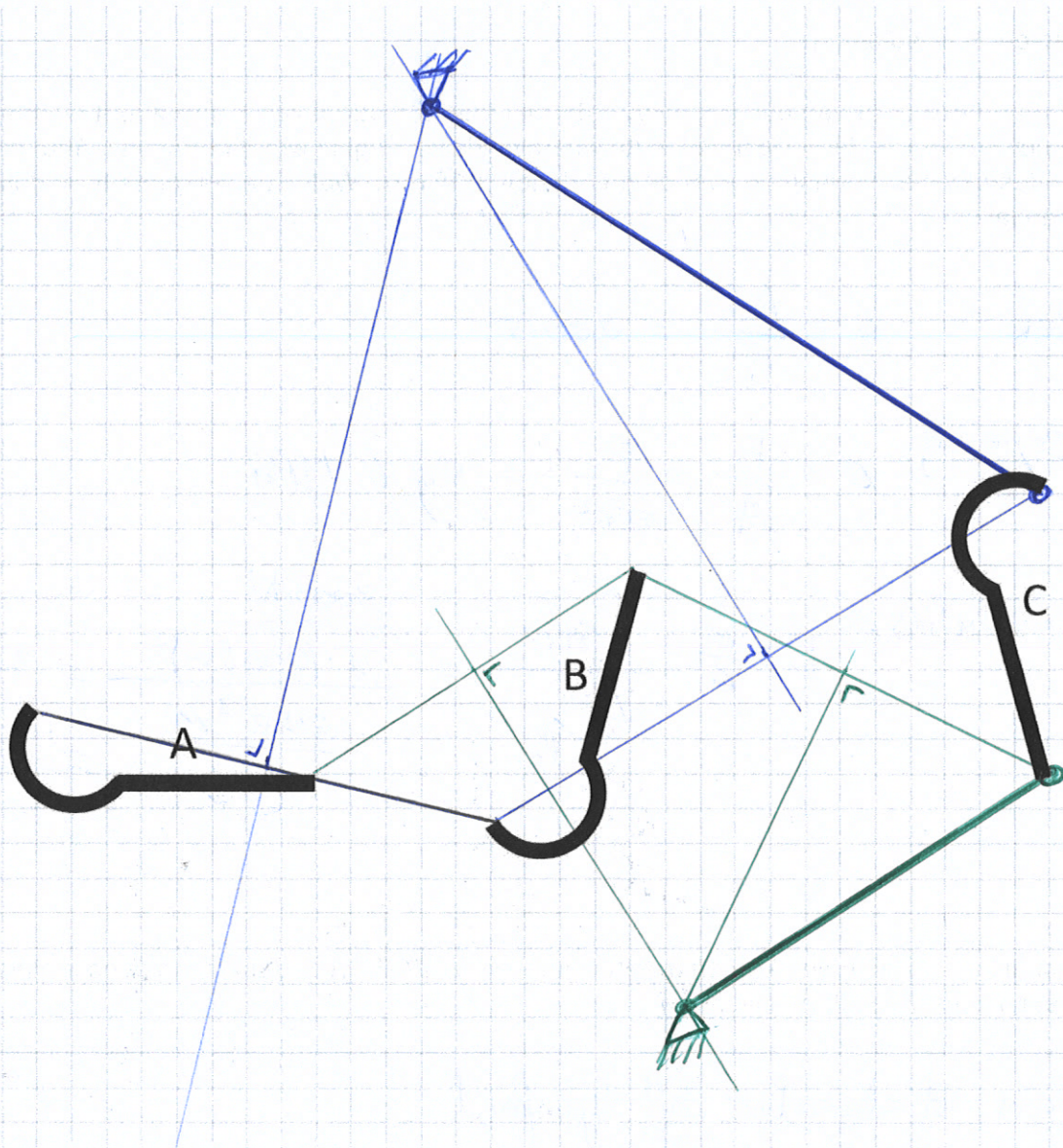
By die snelheid is het vermogen $P(15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}) = 7 \text{ Nm} \cdot 15 \frac{\text{rad}}{\text{s}} - \frac{7 \text{ Nm}}{30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} (15 \frac{\text{rad}}{\text{s}})^2$
 $= 52,5 \text{ W}$

Nieuwe massa bepalen we door karakteristieken te laten snijden bij $\omega = 15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$:

$$\frac{5}{2} m g \cdot R = T\left(\omega = 15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right), \text{ dus } m = \frac{T\left(\omega = 15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)}{\frac{5}{2} \cdot g \cdot R} = 1,2 \text{ kg}$$

Synthese vierstangenmechanismen

- 8p 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 C en laat de gebruikte hulplijnen zien.



Materiaalkunde

2p **7a** Welke van onderstaande bindingstypen kunnen voorkomen in polymeren?

- ☐ a metaalbinding
- ☒ b covalente binding
- ☐ c Ion binding
- ☒ d van der Waalsbinding

2p **7b** Een ronde trekstaaf van een bepaald materiaal met een straal van 4 mm wordt elastisch belast met een kracht van 3 kN. De meetlengte waarover de verlenging wordt gemeten is 100 mm en door de belasting is de verlenging over de meetlengte 0,15 mm. Wat is de elasticiteitsmodulus van dit materiaal?

Rek : $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = 0,0015$

Spanning: $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2} = 59,6 \text{ MPa}$

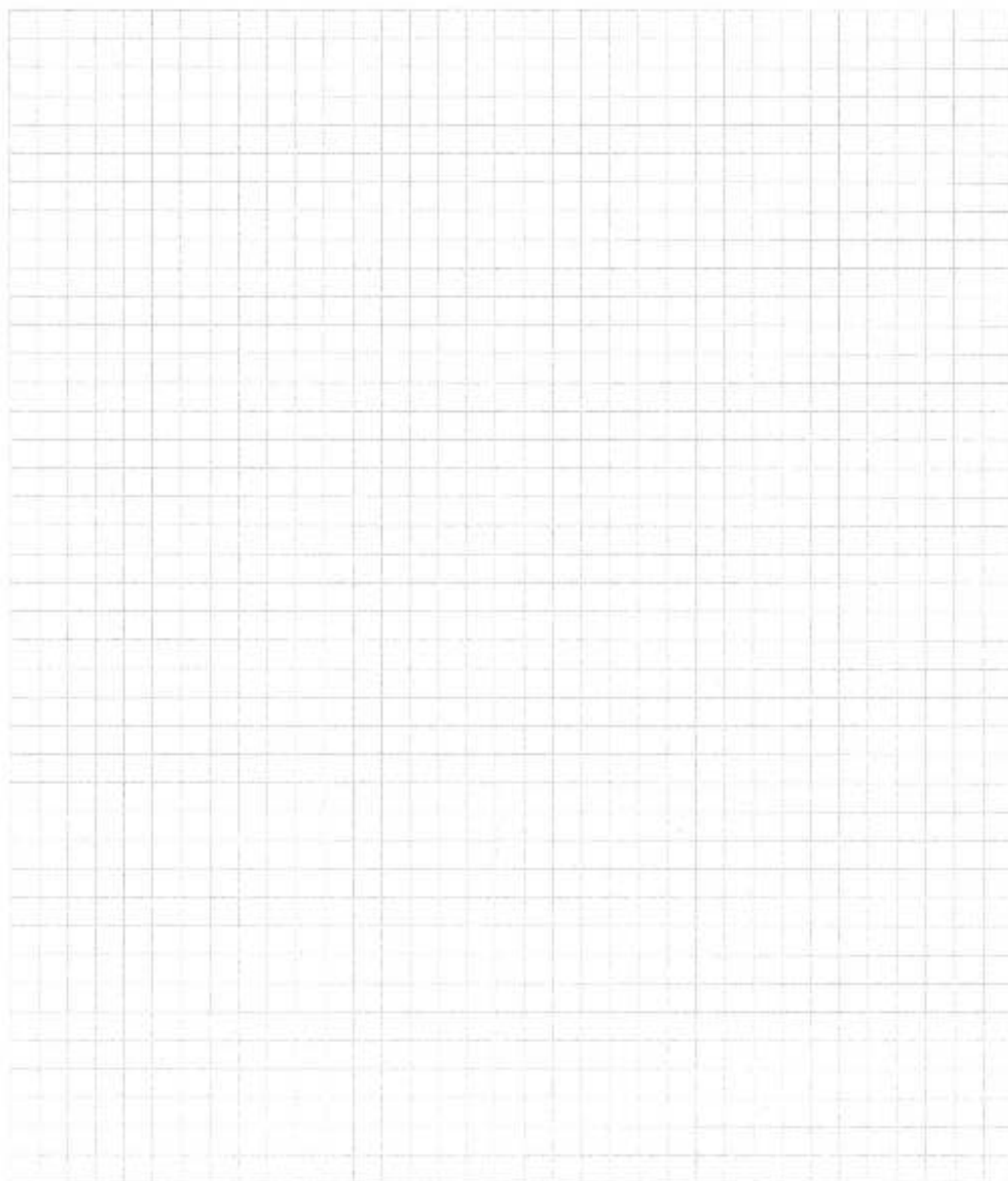
E-modulus: $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{F}{\pi r^2}}{\frac{\Delta l}{l_0}} = \frac{\frac{3000 \text{ N}}{\pi \cdot (0,004 \text{ m})^2}}{\frac{0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0,1 \text{ m}}} = 3,98 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \approx 40 \text{ GPa}$

2p **7c** In metallische materialen komen roosterfouten voor. Welk type roosterfout is essentieel om een metaal plastisch te laten vervormen?

Een dislocatie of lijnfout

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.



This page is left blank intentionally