

Exercises

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

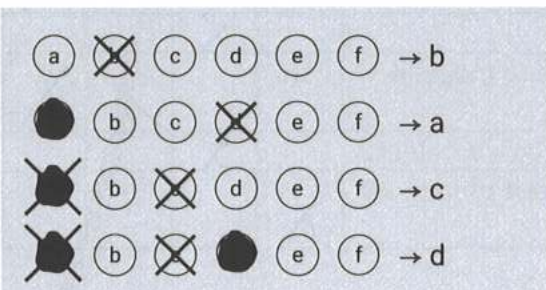
Surname, First name

Antwoordmodel G. Radaelli

Design Engineering Project 1 EXAM
(WB1641)

T1-projecttentamen-hertentamen

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



Answer multiple-choice questions as shown in the example.

- 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? Gebruik een gum, Tipp-Ex, een correctieroller of witte sticker (vraag eventueel aan de surveillanten). Voor grote correcties, zie de laatste pagina van dit document.
- Zorg voor een goed contrast voor betere leesbaarheid na het scannen. Gebruik bij voorkeur pennen of stiften.
- Toegestane hulpmiddelen:
 - Kladpapier
 - (Grafische) rekenmachine
 - Geodriehoek/liniaal
 - Demo-setje stangenmechanisme bestaande uit magneten en stalen strippen

Dit tentamen is gemaakt door:

Dr. ir. G. Radaelli, dr. ir. R.W. Vroom en dr. ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door:

Dr. ir. R.W. Vroom

Ontwerpmethoden

3p **1a** Welke typen criteria zijn dit? Kruis steeds het juiste type aan.

	Functionele Eis	Randvoorwaarde	Specificatie	Prestatiecriterium
Het plaatmateriaal van de kluisdeur moet mdf-plaat van 4 mm dikte zijn			X	
De kluisdeur moet zo snel mogelijk te openen zijn als beide sleutels worden gebruikt				X
De kluisdeur mag niet dieper (dikker) zijn dan 600 mm		X		
In gesloten toestand moet de kluisdeur onbevoegden zo lang mogelijk vertragen om bij de inhoud te komen				X
De kluisdeur moet in horizontale positie kunnen worden geassembleerd		X		
Bij het activeren van beide sleutels moet de kluisdeur vanzelf binnen 10 seconden van het slot af gaan	X			

2p **1b** Zijn onderstaande criteria toetsbaar geformuleerd, of niet?

	Wel	Niet
De kluisdeur moet zo goed mogelijk te onderhouden zijn		X
De kluisdeur moet minder dan 24 kg wegen	X	
De kluisdeur moet zonder gebruiksaanwijzing makkelijk te bevestigen zijn		X
De materiaalkosten van de kluisdeur moeten zo laag mogelijk zijn	X	

- 6p 1c Een projectgroep heeft twee concepten ontwikkeld: de 'band' en de 'bol'. Deze worden beoordeeld op 'massa' (weegfactor 20%), 'snelheid' (weegfactor 25%) en 'te behalen hoogte' (weegfactor 55%). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een gecombineerde vergelijkingstabel te maken met daarin zowel de voorspelde prestaties als de scores, zoals voorgeschreven in de 'gewogen criteria methode' uit de Reader Ontwerpmethoden.

De voorspelde prestaties zijn:

Band: 2 kg; 0,01 m/s; 2 m

Bol: 1 kg; 3 m/s; 0,2 m

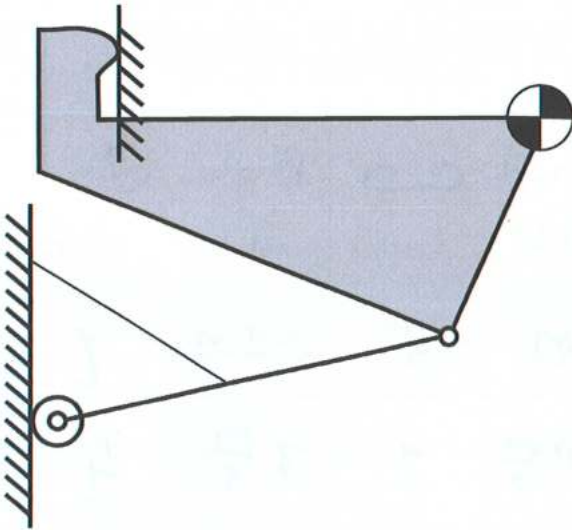
Je mag zelf scores bij de voorspelde prestaties bepalen.

Criterium	weegfactor	Band 		Bol 	
		prestatie	score	prestatie	score
Te behalen hoogte	55%	2 m	5	0,2 m	1
snelheid	25%	0,01 $\frac{m}{s}$	1	3 $\frac{m}{s}$	4
massa (laag is goed)	20%	2 kg	2	1 kg	3
Totaal	100%	3,4		2,15	

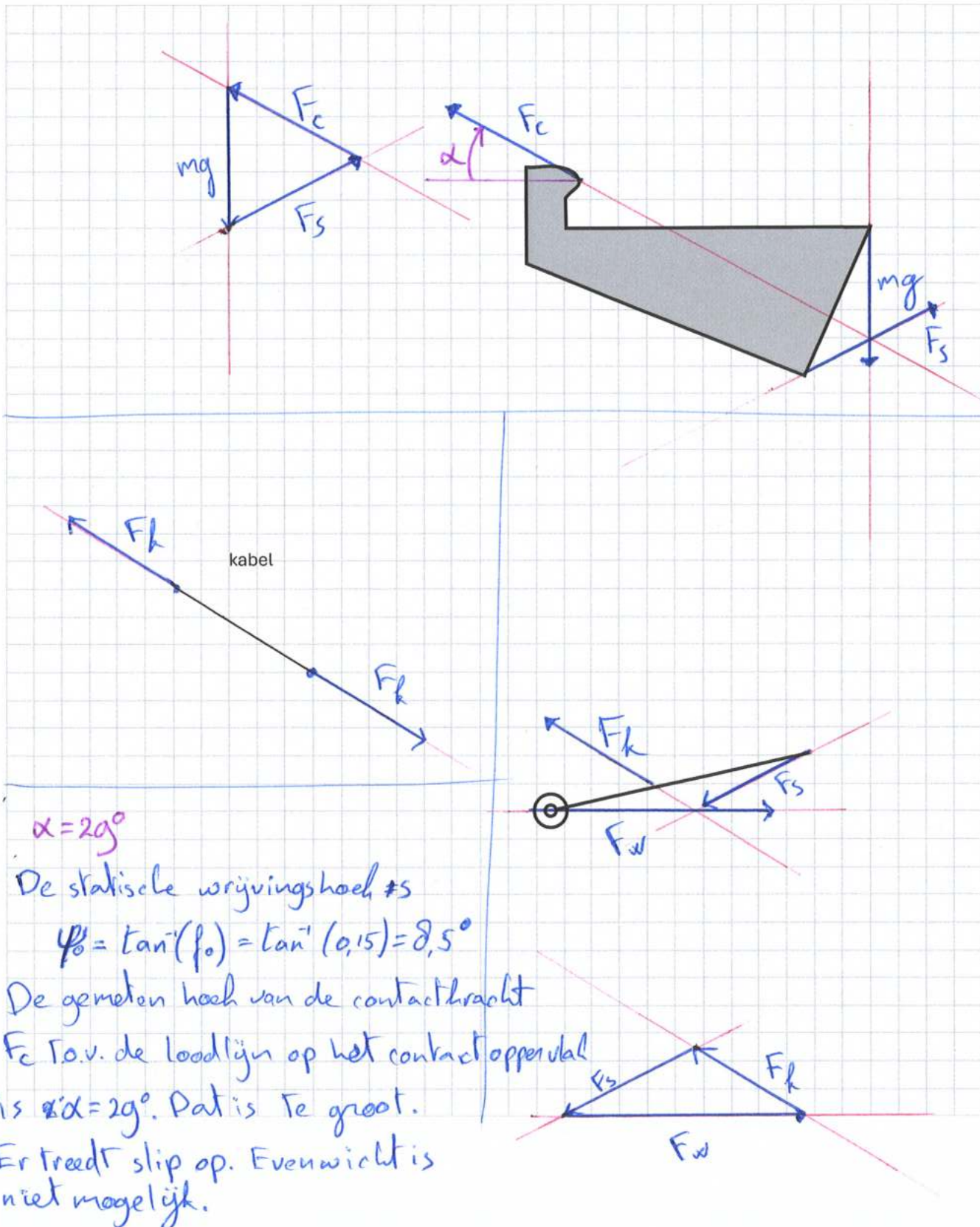
Grafische evenwichtsanalyse

Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit twee starre lichamen, met een wrijvingsloos scharnier aan elkaar bevestigd. Het onderste lichaam rolt met een wrijvingsloos wiel tegen de wand en hangt aan een kabel.

Het bovenste starre lichaam raakt een andere wand op een punt waar een statische wrijvingscoëfficiënt heerst van 0.15. Verder is dit het enige lichaam die een significant gewicht heeft, en het zwaartepunt bevindt zich in de hoek rechtsboven, zoals aangegeven.



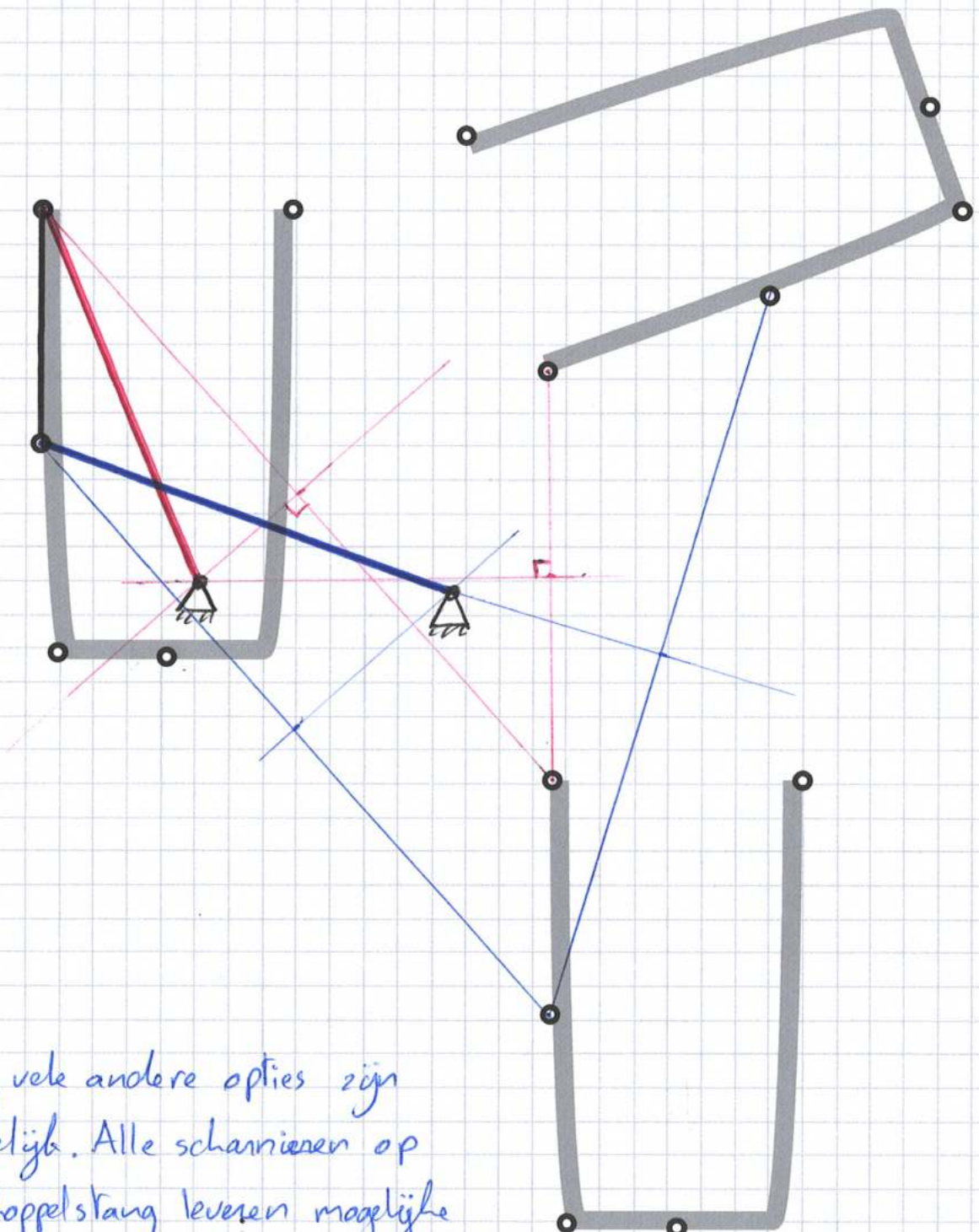
- 20p 2 Voer een **grafische krachtenanalyse** uit met behulp van de drie vrijlichaamsdiagrammen hieronder, om de grootte en de richting van alle externe krachten op deze lichamen te bepalen, waarbij de groottes bepaald moeten worden in verhouding tot het gewicht van het bovenste lichaam. Neem als lengte van de vector van het gewicht 5 hokjes.
- Toon aan met behulp van deze analyse of het systeem wel of niet in evenwicht kan blijven staan.



Stangenmechanisme

Construeer een vierstangenmechanisme waarvan de koppelstang in de drie gegeven standen geplaatst kan worden (zie volgende bladzijde). Doe dat aan de hand van de *instantaneous center method*. Het is voor deze opgave niet noodzakelijk dat alle standen in een continue beweging bereikbaar zijn. Teken de stangen en scharnieren van het mechanisme in één van de drie standen, en laat de gebruikte hulplijnen zien. Maak duidelijk onderscheid tussen stangen en hulplijnen. Kies zelf welke van de vijf scharnieren op de koppelstang je gebruikt. Het stangenmechanisme moet in de drie standen passen op het A4-vel (mag wel buiten het ruitjeskader).

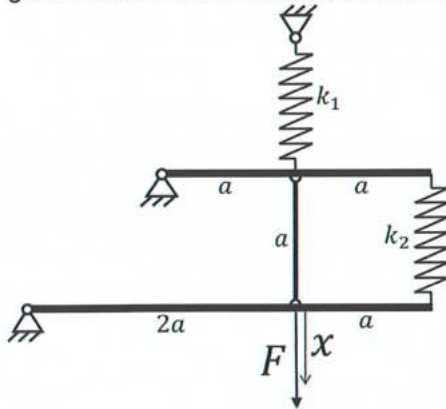
11p 3 Antwoordzijde stangenmechanisme:



Nog vele andere opties zijn mogelijk. Alle scharnieren op de koppelstang leveren mogelijke posities voor de basis-scharnieren.

Blokschema's en veren

Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie starre stangen en twee veren. Het systeem kent geen verliezen en zwaartekracht speelt geen rol.



- 4p 4a Maak schematische tekeningen, twee voor elk lichaam, één voor de kinematica en één voor de statica, waarin je de krachten, momenten en bewegingsvariabelen benoemt en hun positieve richting aangeeft. Geef bij elke tekening de daarbij horende formule, zij het van de kinematica of van het evenwicht.

bovenste stang

verticale stang

Onderste stang

Veruitrekkings

$\Delta v_1 = x$ Trek is positief

$\Delta v_2 = d_3 - d_2$ indrukking, druk is positief

Formules:

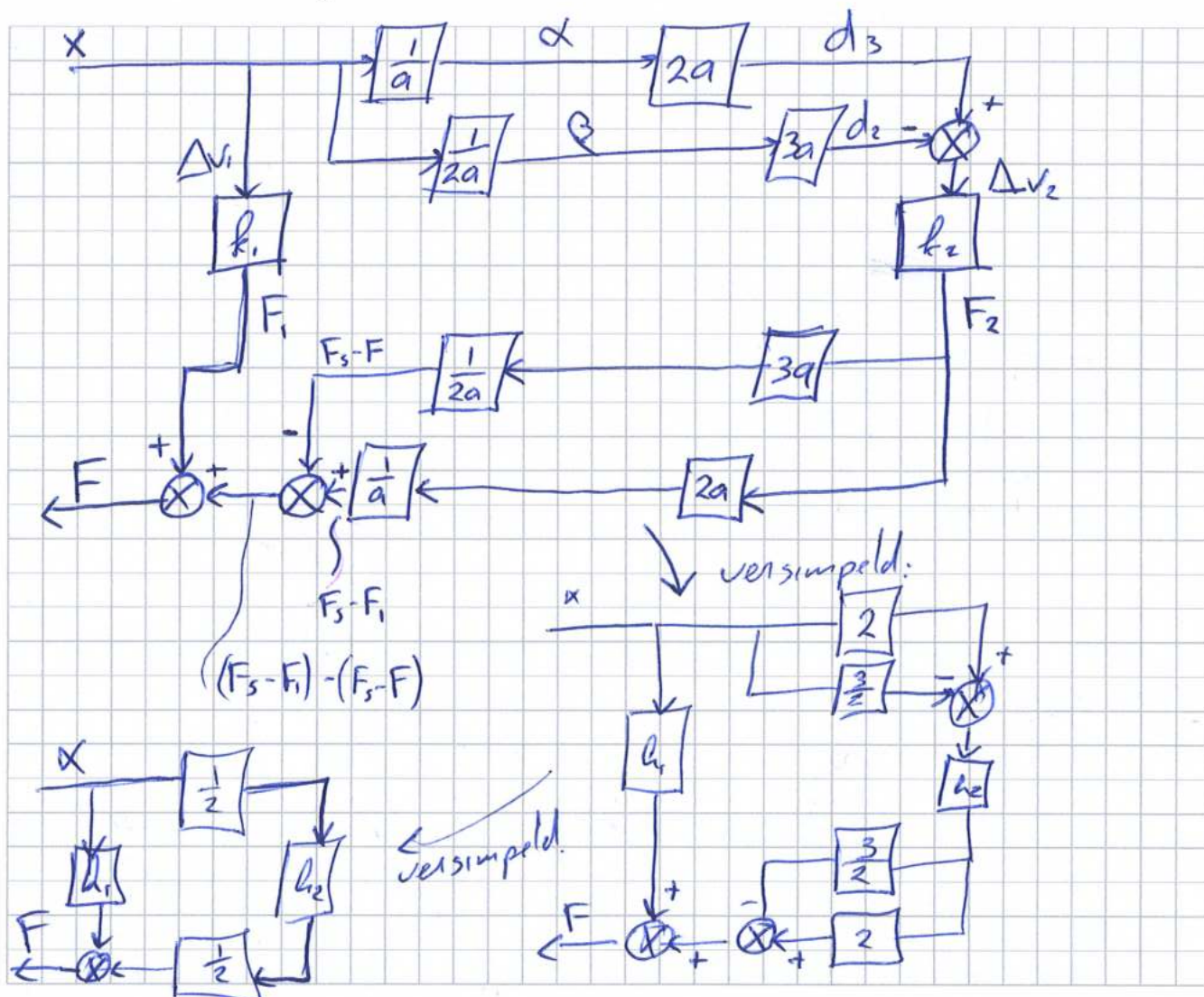
$$F_3 \cdot a = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$$

$$\alpha = \frac{x}{a} = \frac{d_3}{2a}$$

$$F_3 \cdot 2a = F \cdot 2a + F_2 \cdot 3a$$

$$\beta = \frac{x}{2a} = \frac{d_2}{3a}$$

- 10p **4b** 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 **4c** Zijn de twee veren in serie of in parallel geschakeld? Geef een onderbouwing voor jouw antwoord.

Parallel: bij een gegeven x kan de indrukking/uitrekking en dus de kracht van elke veer onafhankelijk van elkaar bepaald worden.

Er zijn ook andere berekeningen goed.

The diagram shows a control system with the following components and connections:

- Reference Input:** A signal x enters from the top left.
- Summing Junction 1:** A circle with a cross. It has a '+' sign for the reference input x and a '-' sign for the feedback signal. Its output goes to a block labeled a .
- Block a :** A rectangular block that receives the output of Summing Junction 1.
- Summing Junction 2:** A circle with a cross. It has '+' signs for both inputs: the output of block a and the output of block $\frac{1}{k_2}$.
- Block $\frac{1}{k_2}$:** A rectangular block that receives the output of Summing Junction 2.
- Block $\frac{1}{k_3}$:** A rectangular block that receives the output of Summing Junction 2.
- Block $3a$ (top):** A rectangular block that receives the output of Summing Junction 1 (before block a) and outputs to block k_1 .
- Block k_1 :** A rectangular block that receives the output of block $3a$ (top) and outputs to block $3a$ (bottom).
- Block $3a$ (bottom):** A rectangular block that receives the output of block k_1 and outputs to the feedback summing junction.
- Block a (bottom):** A rectangular block that receives the output of block $\frac{1}{k_3}$ and outputs to the feedback summing junction.
- Feedback Summing Junction:** A circle with a cross. It has '+' signs for both inputs: the output of block $3a$ (bottom) and the output of block a (bottom). Its output is the feedback signal, which is subtracted at Summing Junction 1.
- Disturbance Input:** A signal F enters from the bottom left, goes through a block labeled a , and then splits to enter both block $\frac{1}{k_2}$ and block $\frac{1}{k_3}$.

Diagram illustrating a rectangular block with forces and dimensions. The block is labeled with the equation:

$$\frac{ga^2 h_1}{1 + ga^4 \cdot h_1 \left(\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_3} \right)}$$

Forces and dimensions shown:

- Downward arrow labeled x (top center)
- Rightward arrow labeled H (top right corner)
- Leftward arrow labeled F (bottom left corner)

②

Vervangende veerstijfheid

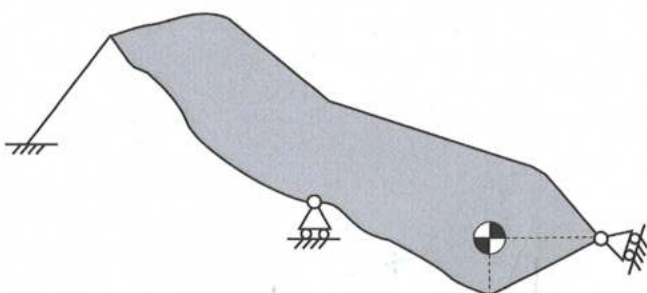
$$k' = H = \frac{ga^2 l_1}{1 + ga^4 l_1 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)}$$

- 2p 4e Bepaal hoeveel energie er wordt opgeslagen in veer 1 (met stijfheid k_1) als de totale indrukking van het systeem x gelijk is aan 0,01m, gegeven dat $a = 2$, $k_1 = 60\text{N/m}$ en $k_2 = k_3 = 85\text{N/m}$.

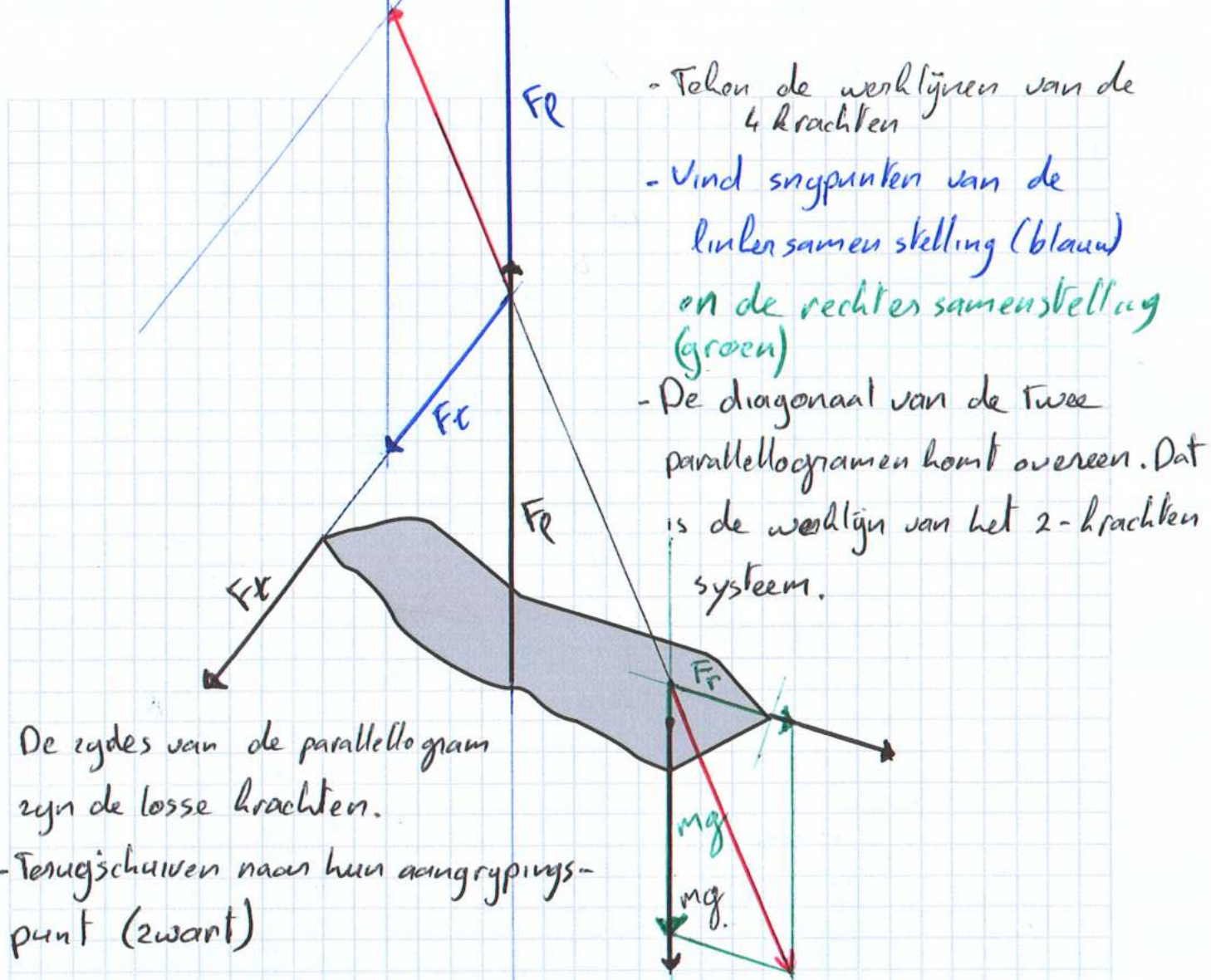
De energie in veer 1 is $E_1 = \frac{1}{2} F_1 \cdot x_1$. In het hele systeem $E = \frac{1}{2} F x$
 Met een gegeven x kunnen we F bepalen als $F = k' x$
 Vanuit F kunnen we in het blokschema terug werken naar F_1 en x_1 : $F_1 = \frac{F}{3a}$ en $x_1 = \frac{F}{3ak_1}$
 Dus $E_1 = \frac{1}{2} \frac{F}{3a} \cdot \frac{F}{3ak_1} = \frac{k'^2 \cdot x^2}{18a^2 k_1} = 2,59 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

Grafische evenwichtsanalyse 4-krachtensysteem

Het systeem hieronder bestaat uit een star lichaam, die op zijn plek wordt gehouden door middel van twee wrijvingsloze rolopleggingen en een kabel. Het massamiddelpunt is op de aangegeven plek. Het gewicht is 10 kg.



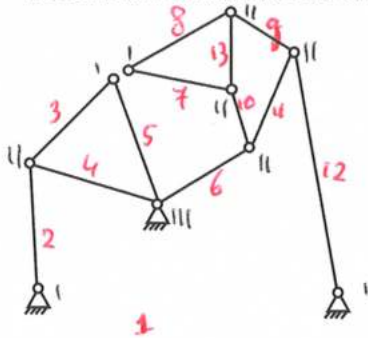
- 14p 5 Bepaal de grootte en richting van alle krachten op het star lichaam door een grafische krachtenanalyse uit te voeren. Ga hierbij uit van het evenwicht van een twee-krachtensysteem, waarbij de twee krachten de samenstellingen zijn van de kabelkracht met de linker-rolplegging enerzijds, en de zwaartekracht met de rechter-rolplegging anderzijds. Maak alleen gebruik van de toegestane grafische krachtenmanipulaties. Kies zelf een geschikte schaling voor de vector van het gewicht. Maak waar mogelijk gebruik van kleur en/of korte tekst om de stappen in het proces helder te maken. Druk de gevonden groottes van de krachten ook uit in numerieke waardes.



mg	40 mm	$10 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
F_r	20 mm	49,05 N
F_e	68 mm	28,85 N
F_k	31 mm	63,29 N

Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaand stangenmechanisme in 2D.



$$N = 13$$

$$g_1 = 7$$

$$V = (N-1) \cdot 3 - 2g_1 = 36 - 34 = 2$$

4p **6a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het systeem? Kruis het juiste antwoord aan. Bij eventuele correcties kleur je het juiste bolletje in, zie voorblad.

☐ a

0

☐ b

1

☒ c

2

☐ d

3

☐ e

4

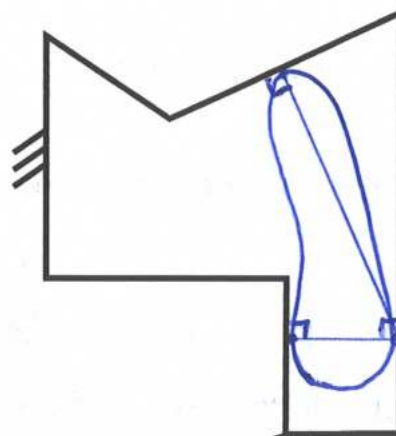
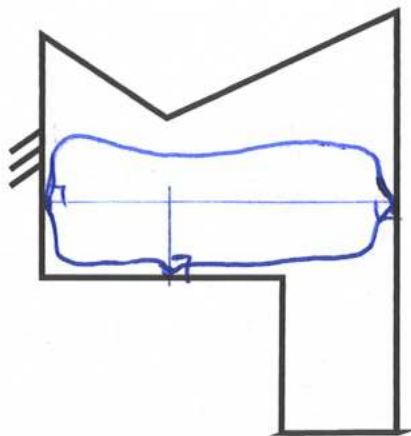
☐ f

5

5p **6b**

De contour die hieronder twee keer is weergegeven stelt de ruimte voor waarbinnen een lichaam geplaatst en geconstrained moet worden. Bepaal de vorm van dit lichaam op zo'n manier dat: 1) rotatie in het vlak (om een willekeurig punt) nog mogelijk is, en 2) het lichaam eenmalig overconstrained is.

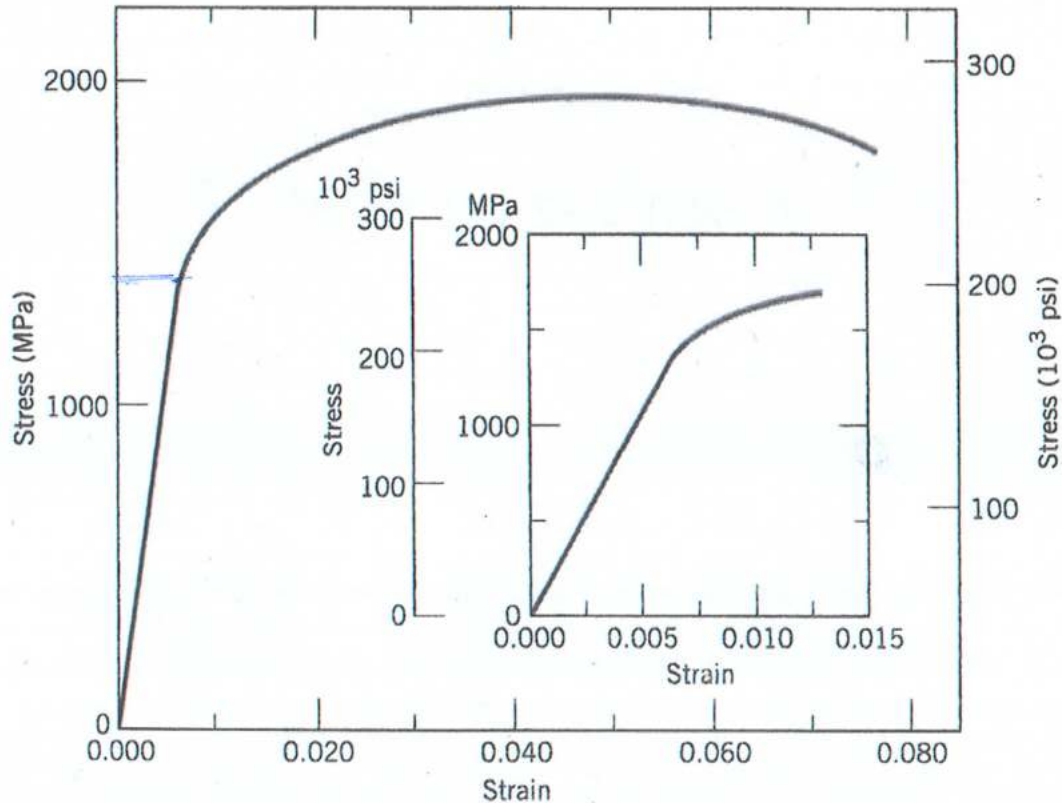
Laat in de twee tekeningen hieronder zien hoe dit gerealiseerd kan worden op twee verschillende manieren. Geef duidelijk de contactpunten tussen het lichaam en de contour aan. Deze contactpunten beschouwen we als ideaal: er is geen wrijving en het contact blijft altijd behouden d.m.v. bijvoorbeeld magneetkrachten.



- Alle lijnen gaan door één punt, dus rotatie is mogelijk
- Twee lijnen liggen over elkaar, dus dat is een overconstrain

Materiaalkunde

Een belasting van 150 kN wordt opgelegd aan een cilindrisch stalen proefstuk waarvan de trek-rek curve hieronder is weergegeven. Het proefstuk heeft een diameter van 10 mm.



4p 7a Zal het proefstuk elastisch en/of plastisch deformeren? Waarom is dit het geval?

Elastisch en plastisch.

$$\text{De spanning is gelijk aan } \sigma = \frac{F}{A} = \frac{150\,000 \text{ N}}{\pi \cdot \left(\frac{0,010 \text{ m}}{2}\right)^2} = 1910 \text{ MPa}$$

De spanning ligt boven de vloegrens (yield strength) van het staal (ca 1400 MPa), dus het gaat naast elastisch ook plastisch vervormen.

- 4p 7b Hoeveel zal het proefstuk onder deze belasting toenemen in lengte als de oorspronkelijke lengte 500 mm is?

Met behulp van de figuur kan worden afgelezen dat de rel bij deze spanning ca $\epsilon = 0,03$ is. Met een proefstaaf-lengte van $l = 500$ mm geeft dit een verlenging van

$$\Delta l = \epsilon \cdot l = 15 \text{ mm.}$$

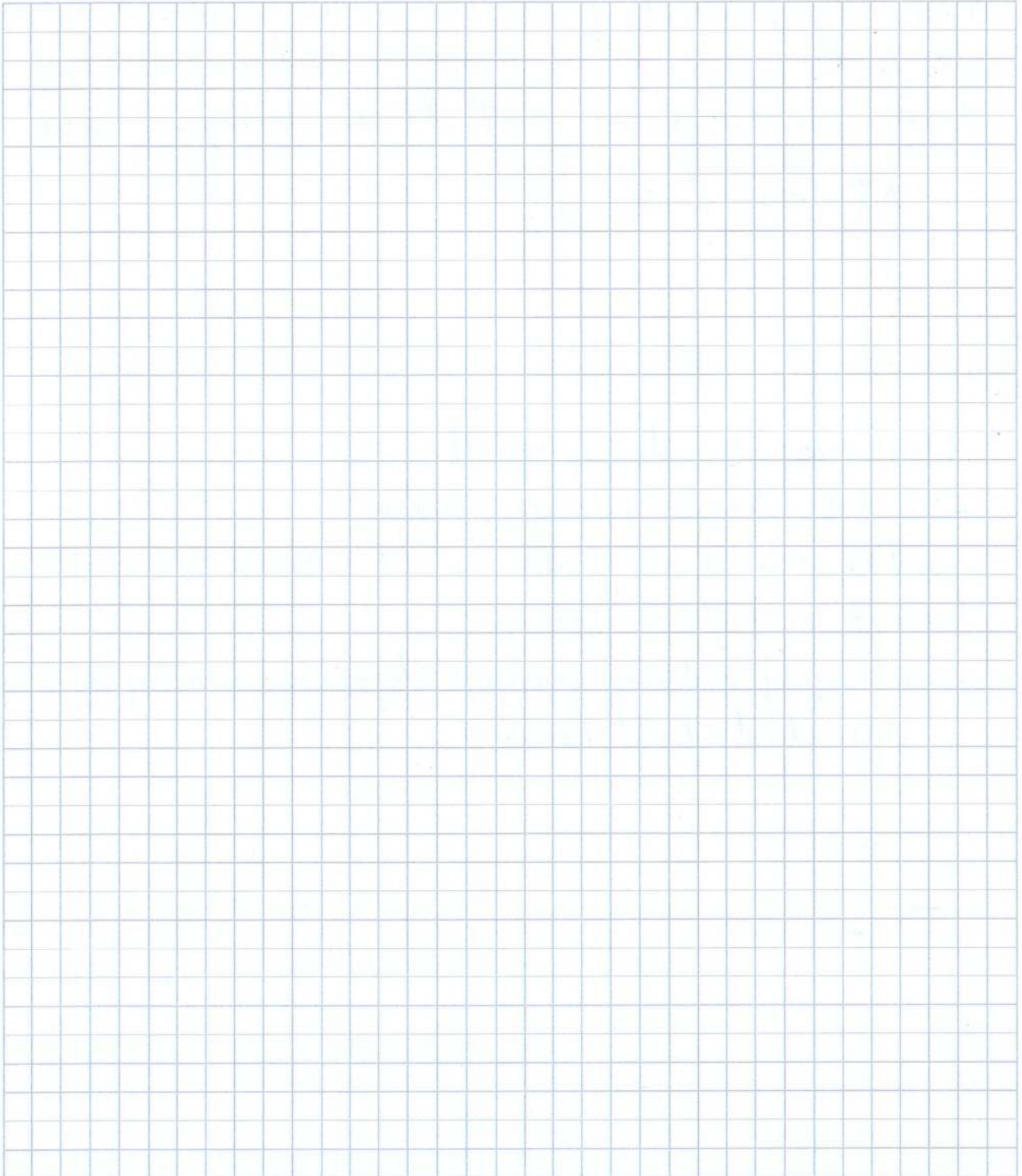
- 2p 7c Noem drie manieren om een metaal sterker te maken.

(hier meer dan drie genoemd)

- Vreemde atomen toevoegen, legeren
- Uitscheidingen, precipitaten in het materiaal bewerkstelligen
- Kleinen kristal/korrelgrootte
- Versteving, materiaal plastisch deformereren waarbij de dislocatiedichtheid toeneemt.

Leeg vel voor CORRECTIES

- 8 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, resembling graph paper. The grid consists of small squares, approximately 20 squares wide and 40 squares high, providing a space for writing corrections.