Exercises

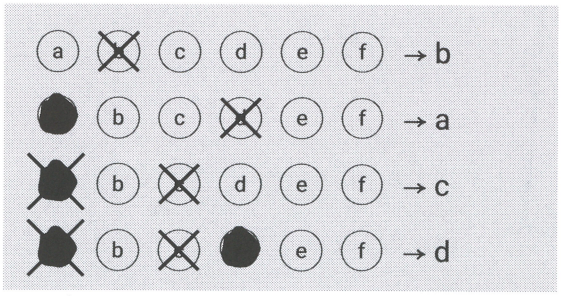
1	2	3	4	5	6	7	8

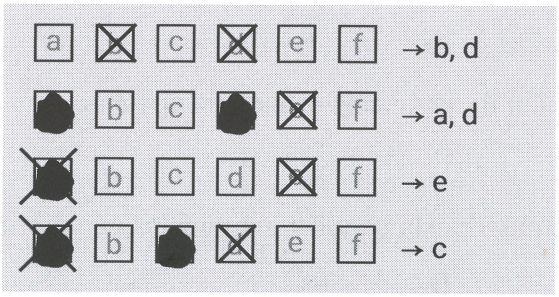
Surname, First name

Nakijkmodel

Werktuigkundig Ontwerpproject 1 EXAM (WB1641)
T1 - Projecttentamen
3 Nov, 2025, 09:00-12:00

6	7	6	7	6	7	6
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





Answer multiple-choice questions as shown in the example. Circular checkboxes have only one correct answer. Square checkboxes may have multiple correct answers.

- 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

Ontwerpmethoden

Welke typen criteria zijn dit? Kruis steeds het juiste type aan.

F: Functionele eis; R: Randvoorwaarde; S: specificatie; P: Prestatiecriterium

0.5p **1a** De te wisselen schijf heeft een diameter van 30mm en een dikte van 3mm.

(a) F (b) R (c) S (d) P

0.5p **1b** Hoe sneller na de invoer van de schijf de juiste schijf uit de machine komt, hoe beter het is.

(a) F (b) R (c) S (d) P

0.5p **1c** Het ontwerp moet zo weinig mogelijk materiaal bevatten.

(a) F (b) R (c) S (d) P

0.5p **1d** De wisselaar moet binnen 10 seconden een muntje teruggeven.

(a) F (b) R (c) S (d) P

0.5p **1e** De wisselaar moet 4 schijven kunnen opslaan.

(a) F (b) R (c) S (d) P

0.5p **1f** Het plaatmateriaal is populieren multiplex van 4mm dikte.

(a) F (b) R (c) S (d) P

Zijn onderstaande criteria toetsbaar geformuleerd, of niet?

0.5p **1g** Het apparaat moet niet te complex zijn waardoor het samenstellen te ingewikkeld wordt en de robuustheid achteruitgaat

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1h** Als een aluminium munt in de machine wordt ingevoerd, moet er een stalen munt in beweging gebracht worden, en andersom

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1i** De wisselaar moet eenvoudig in elkaar te zetten zijn

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1j** De wisselaar moet minimaal 20 cycli kunnen voltooien met maximaal 1 fout

(a) Wel (b) Niet

6p **1k** Een projectgroep heeft twee concepten voor een wisselaar ontwikkeld: de 'bolle kassa' en de 'platte wisselpas'. Deze worden beoordeeld op prestatiecriteria ten aanzien van 'tijd (benodigd om de schijf te wisselen)' (weegfactor 35%), 'betrouwbaarheid' (weegfactor 40%) en 'investeringskosten' (weegfactor 25%). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een scoretabel te maken zoals voorgeschreven in de 'gewogen criteria methode' uit de Reader Ontwerpmethoden.

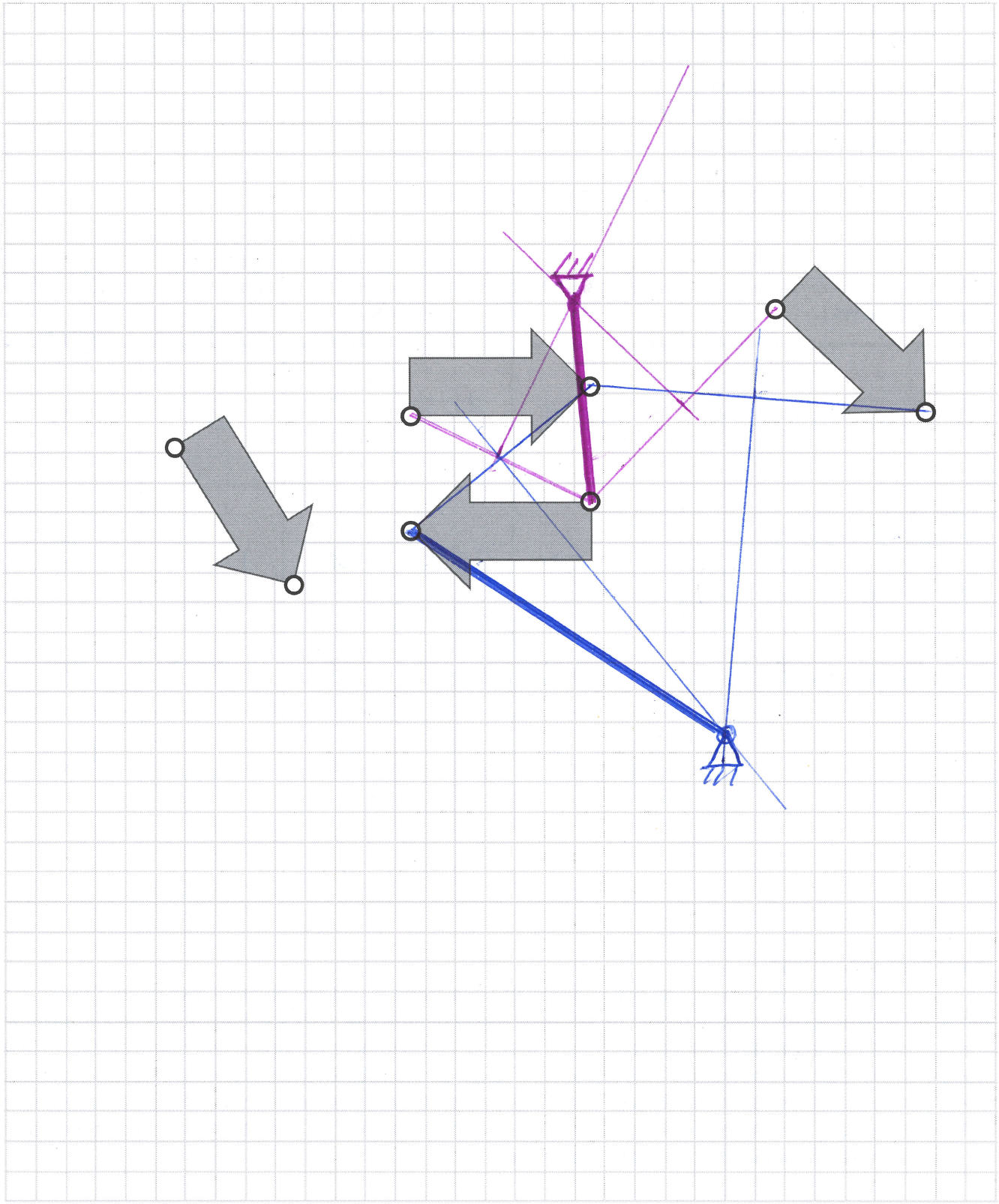
De voorspelde prestaties zijn:
Bolle kassa: 20s; 95%; 200 Euro
Wisselpas: 1s; 80%; 160 Euro

Je mag zelf scores bij de voorspelde prestaties bepalen.

Criterium	weegfactor	Bolle kassa prestatie	Bolle kassa score	Platte wisselpas prestatie	Platte wisselpas score
Betrouwbaarheid	40%	95%	4	80%	3
Tijd (benodigd om de schijf te wisselen)	35%	20 s	2	1 s	5
Investeringskosten	25%	200 €	3	160 €	4
Totaal			3,1		4,0

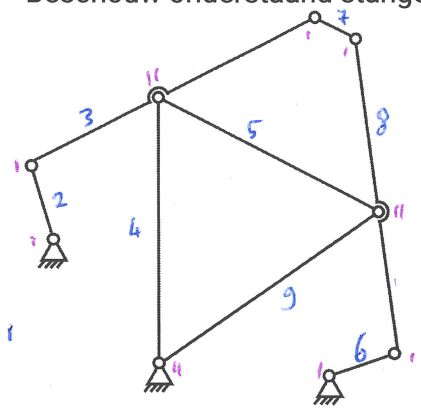
Stangenmechanisme
Kies uit de volgende vier standen van een koppelstang drie standen uit (zie volgende bladzijde). Construeer een vierstangenmechanisme waarvan de koppelstang in de drie gekozen standen geplaatst kan worden. Doe dat aan de hand van de *instantaneous center method*. Het is voor deze opgave 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. Zorg ervoor dat de keuze van de drie standen resulteert in een stangenmechanisme dat in die standen volledig binnen het antwoordkader past.

12p **2** Antwoordzijde stangenmechanisme:



Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaand stangenmechanisme in 2D.

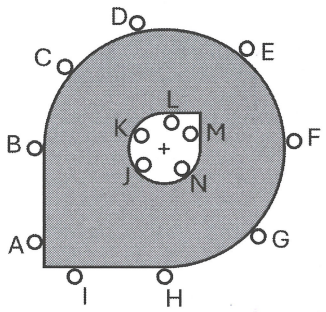


$F = 3(9-1) - 2 \cdot 12 = 0$

4p **3a** Hoeveel graden van vrijheid heeft het systeem? Kruis het juiste antwoord aan. Bij eventuele correcties kleur je het juiste bolletje in.

(a) 0 (b) 1 (c) 2 (d) 3 (e) 4 (f) 5

Onderstaand star lichaam kan in 2D worden beperkt (constrained) door middel van contactpunten. Deze contactpunten beschouwen we als ideaal: er is geen wrijving en het contact blijft altijd behouden d.m.v. bijvoorbeeld magneetkrachten.



3p **3b** Kies een combinatie van contactpunten die alléén een rotatie toelaat om een punt dat **niet** overeenkomt met het middelpunt (aangegeven met een +). Kies één combinatie. Het kan zijn dat er meer dan één combinatie mogelijk is.

← dit zijn de twee correcte mogelijkheden

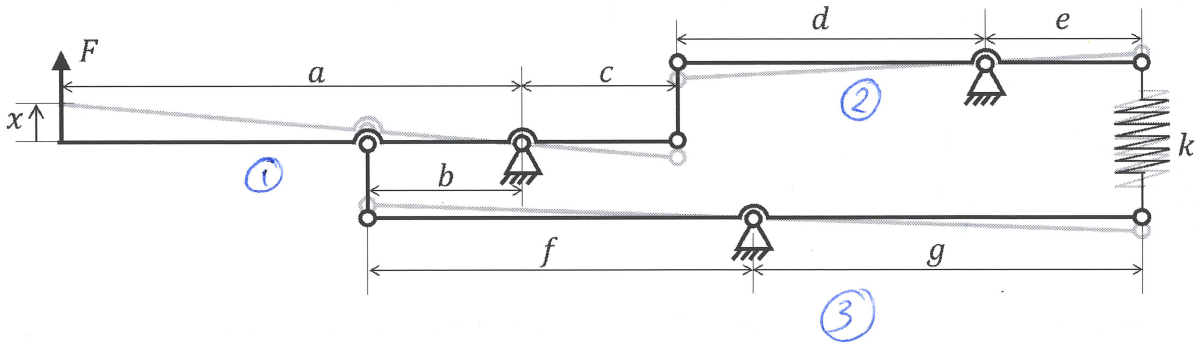
☒ AH ☐ EF ☐ KE ☒ KI ☐ AGE ☐ BCK ☐ FGHI

3p **3c** Kies een combinatie van contactpunten die het lichaam volledig beperkt, maar zonder meer punten te gebruiken dan strikt noodzakelijk (niet overconstrainen). Kies één combinatie. Het kan zijn dat er meer dan één combinatie mogelijk is.

☐ AH ☐ EF ☐ KI ☒ AGE ☐ BCK ☐ FGHI ☐ ABHI

Blokschema's en veren

Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie horizontale starre stangen en twee verticale starre verbindende stangen, en een veer met stijfheid k. Het systeem kent geen verliezen en zwaartekracht wordt niet beschouwd. In het lichtgrijs is de stand van het systeem weergegeven na oplegging van de verplaatsing x.

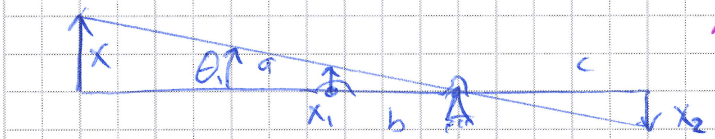


4p **4a** Maak zes schematische tekeningen, twee voor elk van de horizontale lichamen, één voor de kinematica en één voor de statica, waarin je de krachten, momenten en bewegingsvariabelen benoemt en hun positieve richting aanduidt. Geef bij elke tekening de daarbij horende formule(s), zij het van de kinematica of van het evenwicht.

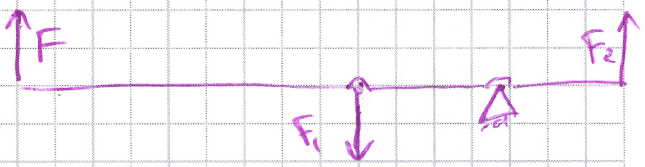
kinematica

evenwicht

1

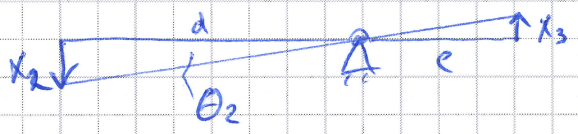


$$\theta_1 = \frac{x}{a} = \frac{x_2}{c} = \frac{x_1}{b}$$



$$F \cdot a = F_1 \cdot b + F_2 \cdot c$$

2



$$\theta_2 = \frac{x_2}{d} = \frac{x_3}{e}$$



$$F_2 \cdot d = F_3 \cdot e$$

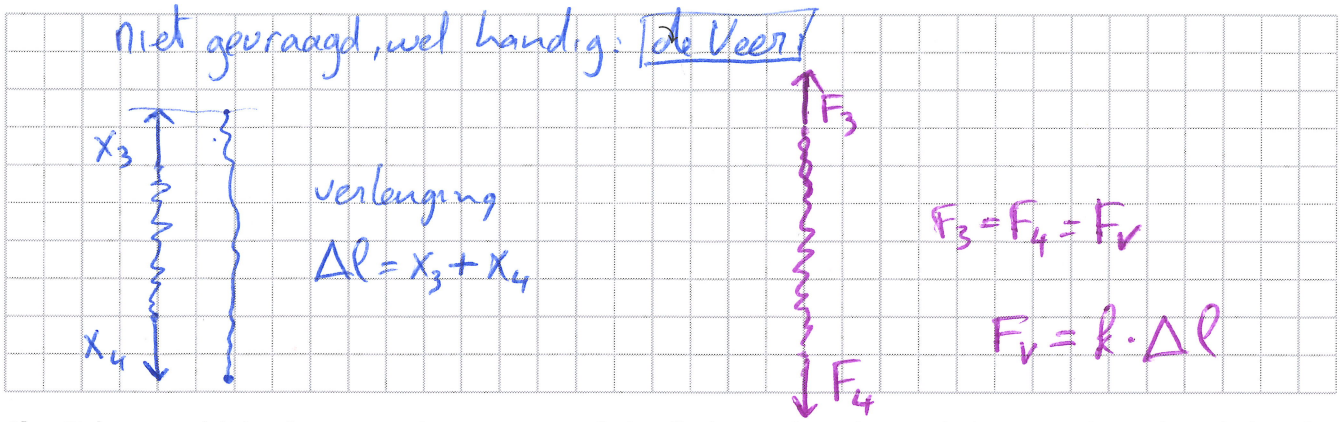


3

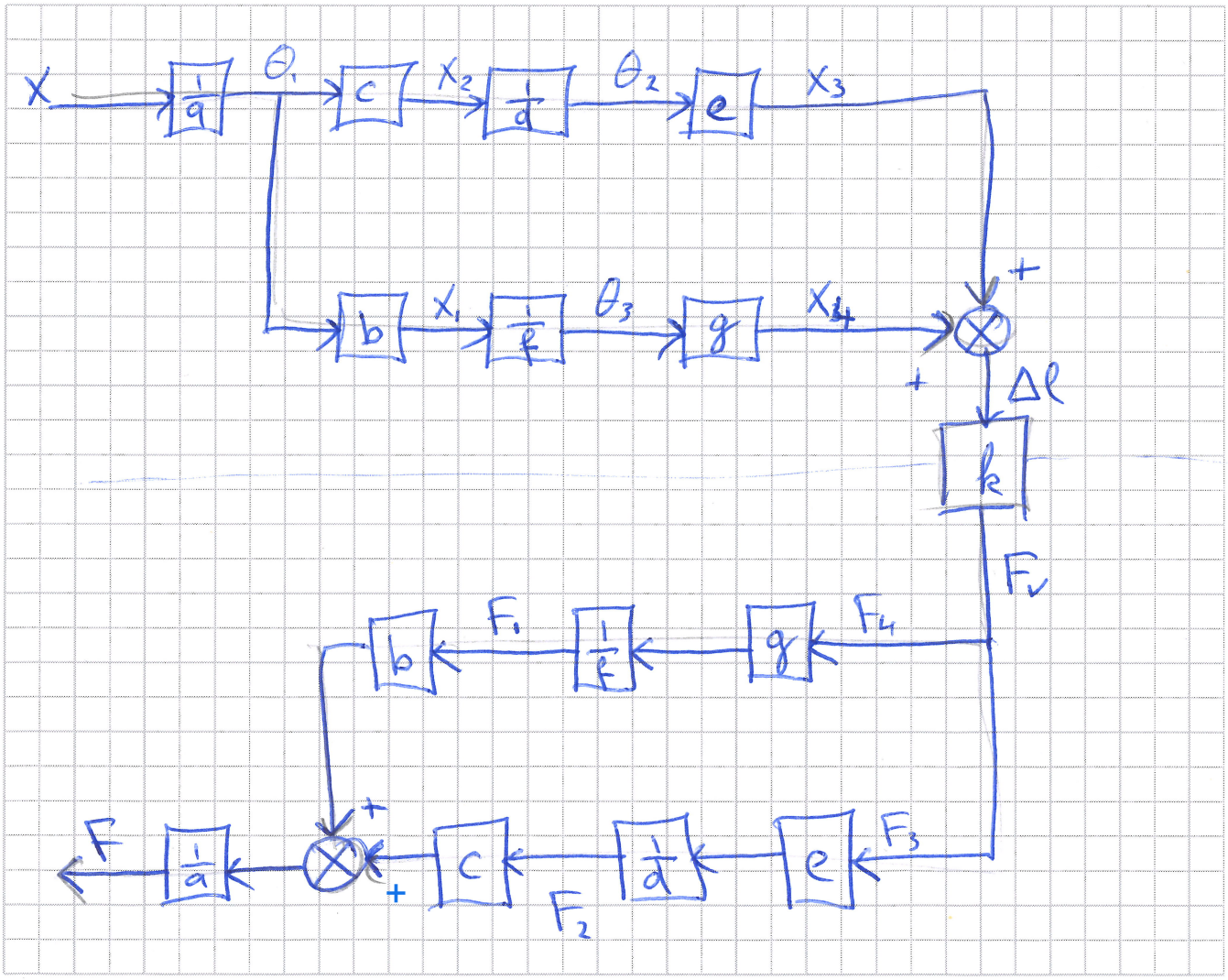


$$F_1 \cdot f = F_4 \cdot g$$

$$\theta_3 = \frac{x_1}{f} = \frac{x_4}{g}$$

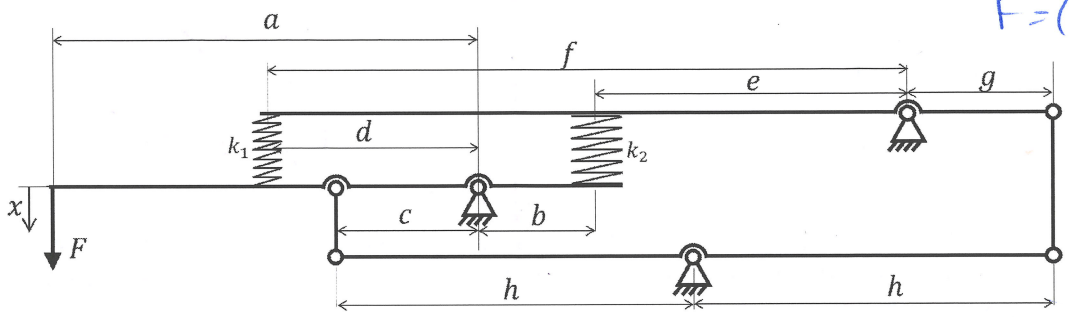


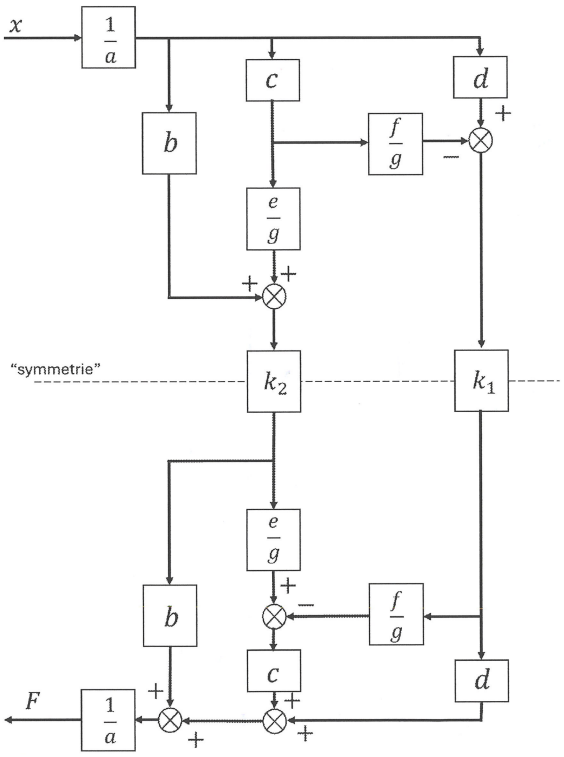
10p **4b** Teken een blokschema van het systeem. Gebruik de verplaatsing x als ingangssignaal en de kracht F als uitgangssignaal. Dus het bovenste gedeelte van het blokschema geeft de bewegingsketen weer en het onderste gedeelte de krachtketen.



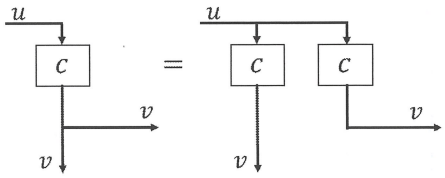
Van het systeem hieronder is ook een blokschema gegeven.

vrijheidsgraden
$F = (6-1)3 - 2 \cdot 7 = 1$





Tip: 1

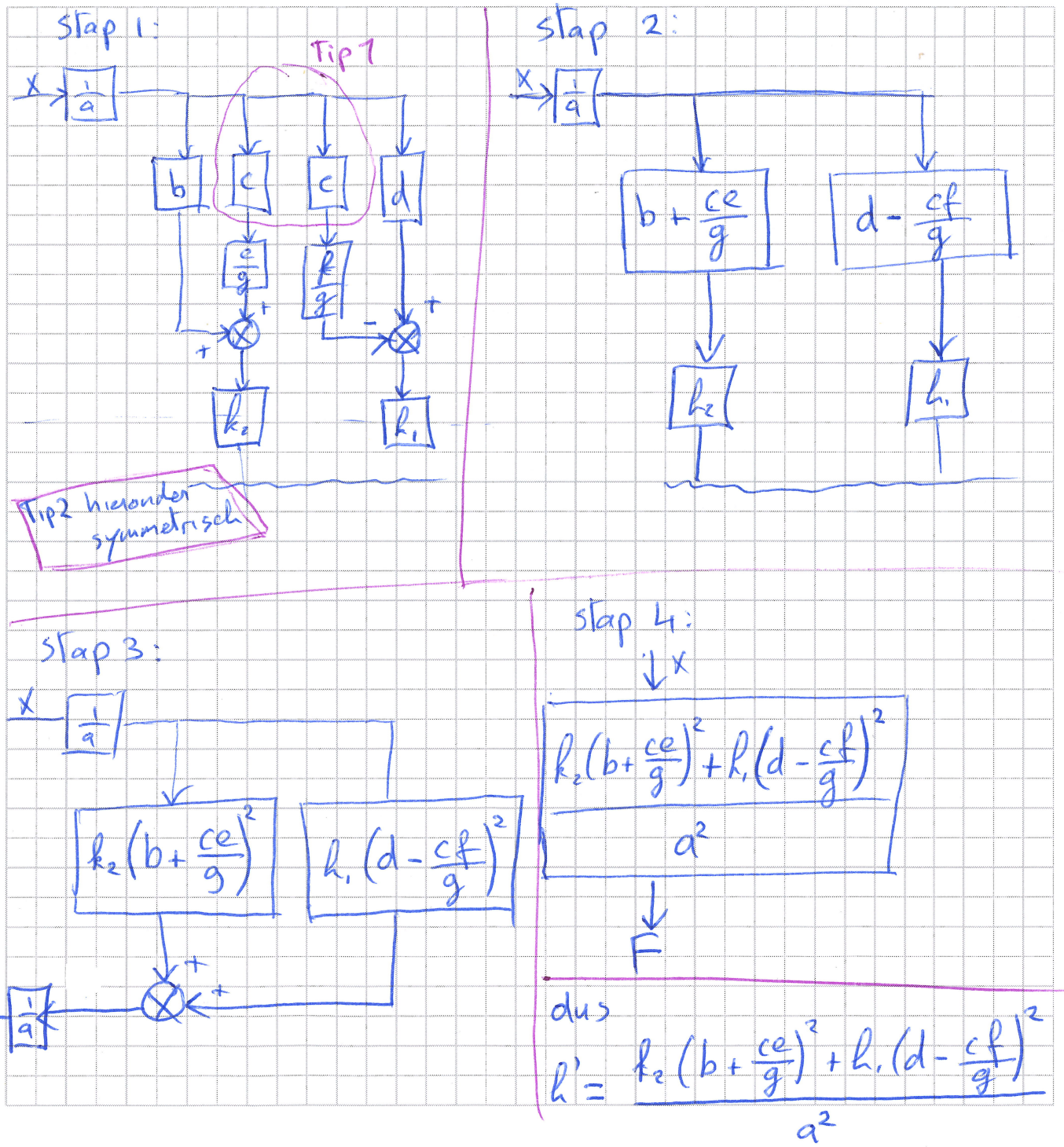


3p **4c** Zijn de twee veren in dit systeem serie- of parallel geschakeld? Geef een onderbouwing voor jouw antwoord.

Parallel. Het stangenmechanisme heeft één vrijheidsgraad. Bij het opleggen van de verplaatsing x is de verlenging van beide veren puur kinematisch te bepalen, onafhankelijk van de twee stijfheden.*

* Andere onderbouwingen zijn mogelijk

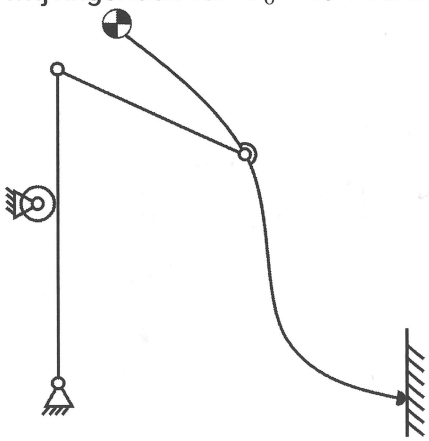
6p **4d** Bepaal uit het gegeven blokschema de vervangende veerstijfheid $k' = \frac{F}{x}$ van het systeem. Voer daarvoor eerst enkele versimpelingen van het blokschema door.
Tip: je mag ervan uit gaan dat de "symmetrie" van een blokschema ook behouden blijft na versimpelingen te hebben doorgevoerd.



Vele combinaties en volgorden van stappen zijn mogelijk.

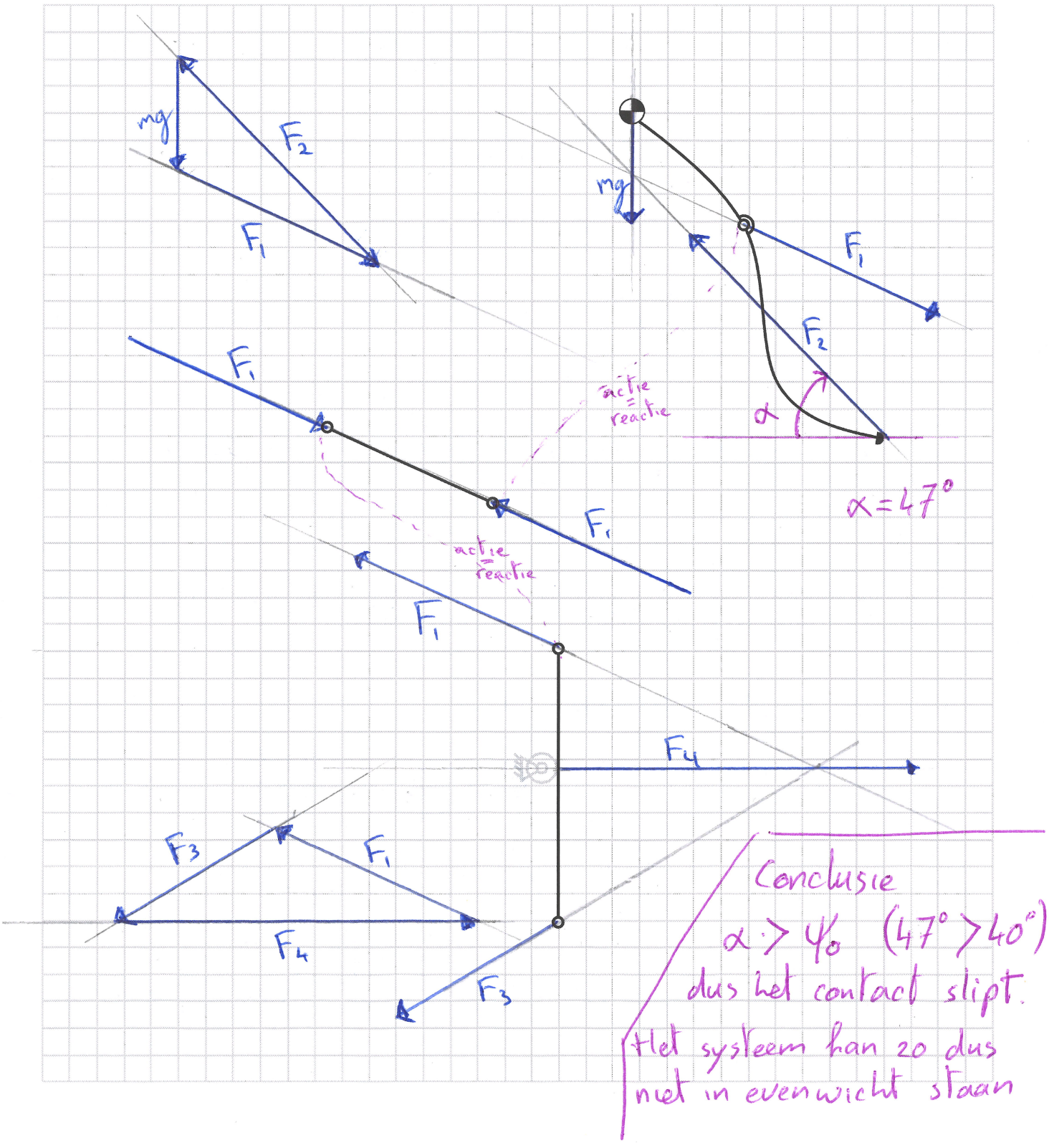
Grafische evenwichtsanalyse

Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit drie starre lichamen met verwaarloosbaar gewicht, met wrijvingsloze scharnieren aan elkaar en aan de basis bevestigd. Er is een gewicht op het hoogste punt van het kromme lichaam, aangegeven met de zwart-witte bol (zwaartekracht is recht omlaag). In het contactpunt dat dit lichaam heeft met de verticale wand aan de rechter kant heerst een statische wrijvingshoek van $\Psi_0 = 40^o$. Verder leunt het linker lichaam tegen een wrijvingsloos wiel.



Voer een **grafische krachtenanalyse** uit met behulp van de drie vrijlichaamsdiagrammen op de volgende bladzijde, om de grootte en de richting van de krachten in alle scharnieren en contactpunten te bepalen, in verhouding tot het gewicht dat op het kromme lichaam rust. Neem als lengte van de vector van het gewicht 4 hokjes.
Concludeer aan de hand van deze analyse of het systeem in deze stand wel of niet in evenwicht kan blijven staan.

18p **5** Antwoordkader grafische krachtenanalyse



Materiaalkunde

De mechanische eigenschappen van een messinglegering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Proportionaliteitsgrens (Elasticiteitsgrens, Vloeigrens)	435 MPa
Treksterkte	525 MPa
Elasticiteitsmodulus	110 GPA
Rek tot breuk	8%

2p **6a** Wat is de maximale belasting dat een proefstuk met een doorsnede van 130 mm^2 kan weerstaan zonder plastisch te deformeren?

Na de proportionaliteitsgrens/vloeigrens begint plastische deformatie:

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

dus $F = \sigma_v \cdot A = 435\ MPa \cdot 130\ mm^2 = 56550\ N$

3p **6b** De oorspronkelijke lengte van het proefstuk is 75 mm. Wat is de maximale lengte tot waar het proefstuk kan worden opgerekt zonder plastisch te deformeren?

De rek bij de vloeigrens is

$$\epsilon = \frac{\sigma_v}{E} = \frac{435\ MPa}{110\ GPa} = 3{,}95 \cdot 10^{-3}$$

De verlenging is dan $\Delta l = \epsilon \cdot l = 3{,}95 \cdot 10^{-3} \cdot 75\ mm = 0{,}30\ mm$

De maximale lengte is $l_{max} = l + \Delta l = l\left(1 + \frac{\sigma_v}{E}\right) = 75{,}30\ mm$

Geef aan of de volgende beweringen **Waar** of **Niet waar** zijn.

1p **6c** De dichtheid van Fe (ijzer) neemt af als het transformeert van een kubisch ruimtelijk gecentreerd rooster naar een kubisch vlakken gecentreerd rooster.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6d** De dislocatiedichtheid neemt toe tijdens plastische deformatie van een metaal.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6e** Versteviging van metalen maakt het materiaal brosser.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6f** Bij een trekproef gaat het proefstuk insnoeren na de rekgrens.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6g** Thermoplastische polymeren baseren hun sterkte aan cross-linking.

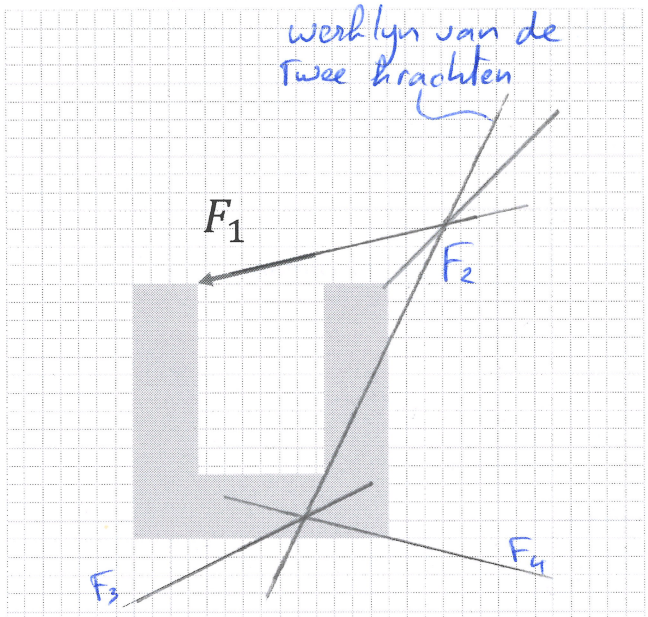
(a) Waar

(b) Niet waar

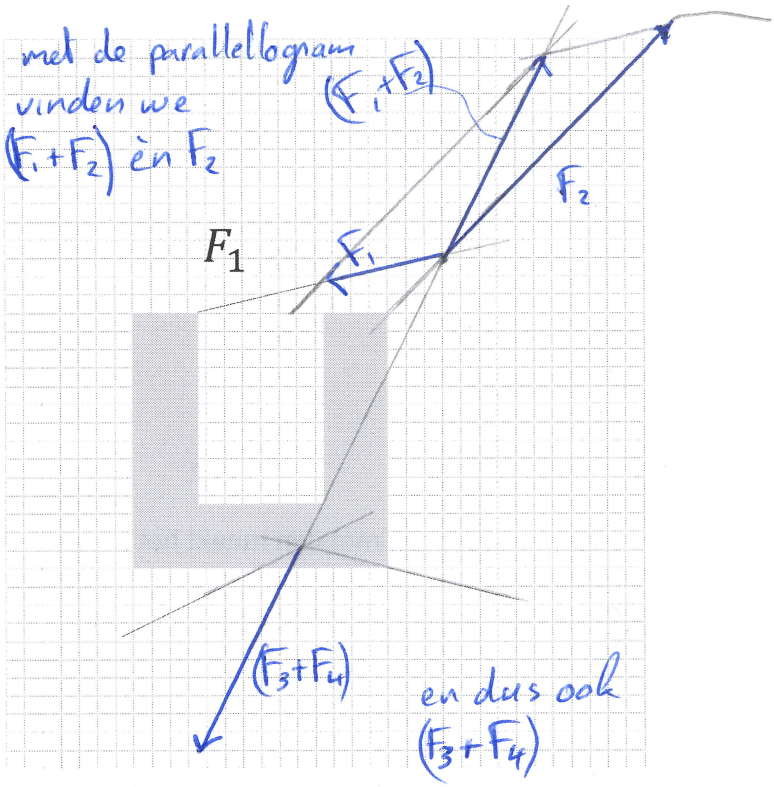
Grafisch evenwicht vier krachten

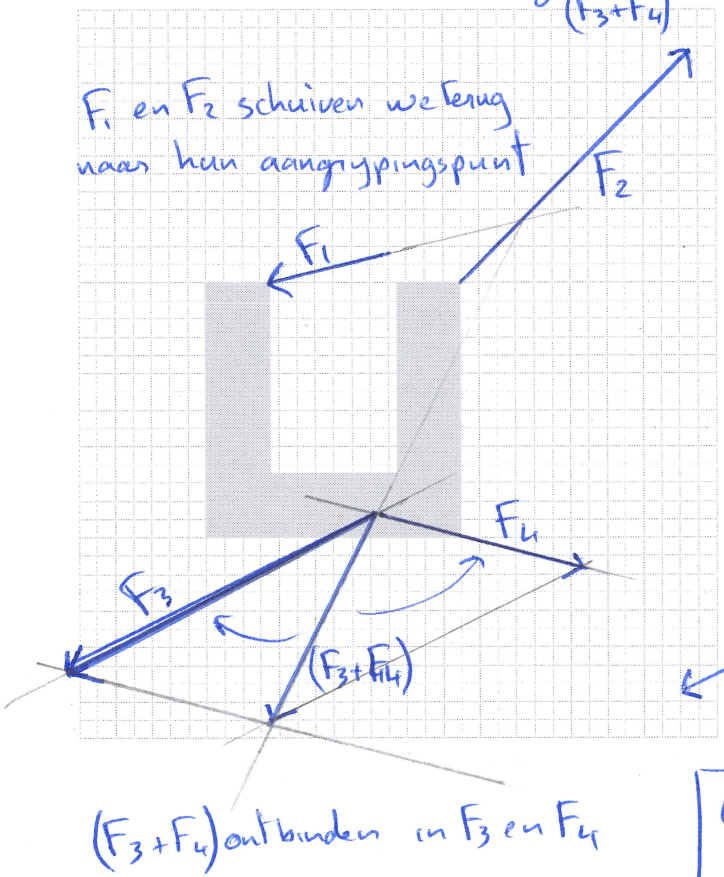
Een U-vormig star lichaam is opgehangen aan drie kabels die gespannen zijn in de richting zoals aangegeven in vrijlichaamsdiagrammen hieronder. Er wordt met externe kracht F_1 op het lichaam geduwd. Gewicht speelt geen rol in deze opgave. Ga na of alle drie de kabels op trek worden belast. Doe dit door het uitvoeren van een grafische krachtenanalyse waarin de grootte, werklijn en richting van alle krachten bekend worden. Je mag de verschillende vrijlichaamsdiagrammen gebruiken om de verschillende stappen in het proces toe te lichten. Ook het gebruik van kleur, labels en korte teksten helpen om de stappen die je neemt inzichtelijk te maken. Het is toegestaan om een klein beetje buiten de kaders te tekenen.

16p **7** Antwoordkaders "Grafisch evenwicht vier krachten"

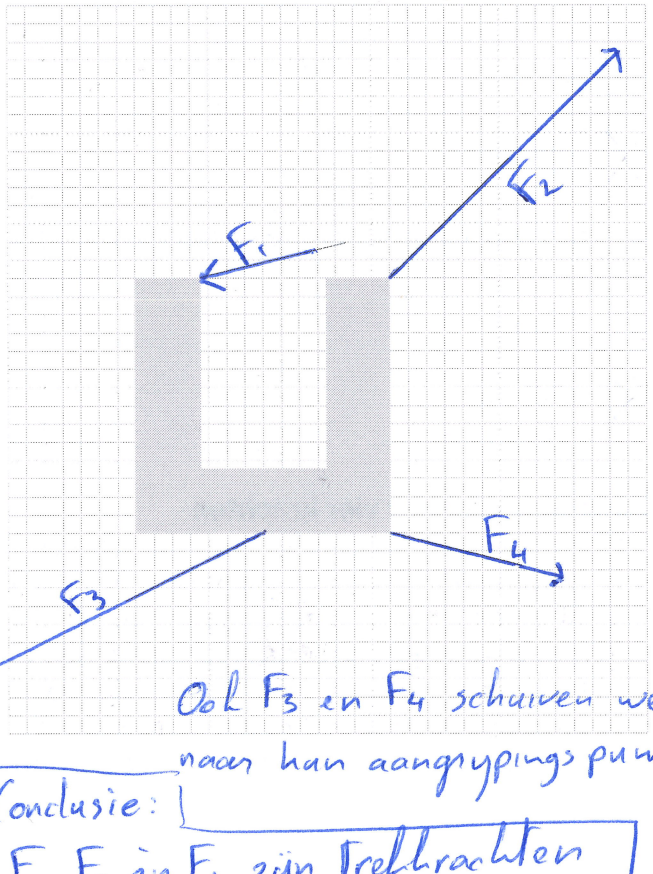


we gaan uit van evenwicht van een twee-krachtensysteem, namelijk (F_1+F_2) en (F_3+F_4)





(F_3+F_4) ontbinden in F_3 en F_4

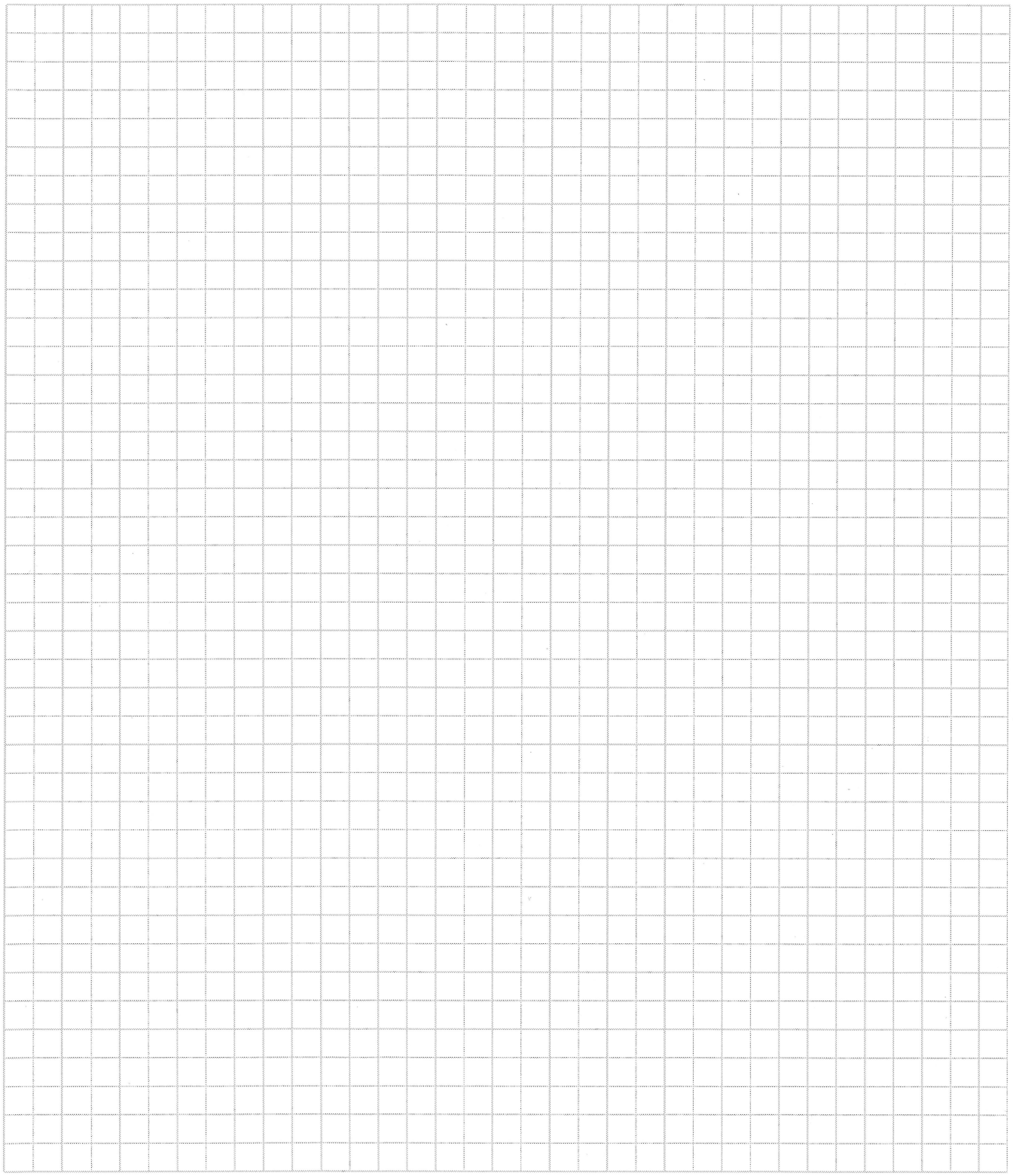


Ook F_3 en F_4 schuiven we naar hun aangrijpingspunt.

Conclusie:
F_2, F_3 en F_4 zijn Trekkrachten

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.



This page is left blank intentionally