Exercises

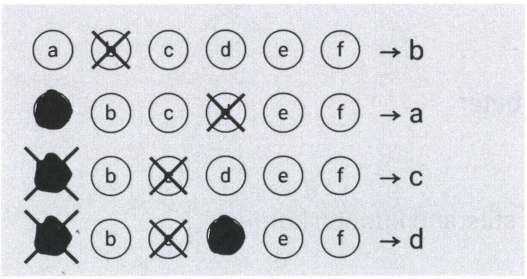
1	2	3	4	5	6	7	8

Surname, First name

Nahyl model G. Radaelli

Werktuigkundig Ontwerpproject 1 EXAM (WB1641)
T1 - Projecttentamen - hertentamen
7 Jan, 2026, 18:30-21:30

1	1	1	1	1	1	1
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.

- 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 <u>typen</u> criteria zijn dit? Kruis steeds het juiste type aan.

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

0.5p **1a** Het koord waarmee het paslood getakeld wordt is 2,7 m lang.

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

0.5p **1b** De massa van de rijdende takelaar moet zo laag mogelijk zijn.

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

0.5p **1c** De takelaar mag maximaal 30 volumeprocent aan 3D-geprinte onderdelen bevatten.

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

0.5p **1d** De takelaar mag tijdens het takelen en rijden niet van het profiel afvallen.

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

0.5p **1e** Hoe sneller de rijdende takelaar te assembleren is, hoe beter

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

0.5p **1f** De takelaar moet zonder extern toegevoegde kracht tot stilstand kunnen komen

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

Zijn onderstaande criteria <u>toetsbaar</u> geformuleerd, of niet?

0.5p **1g** Er moeten zo veel mogelijk goed te recyclen materialen gebruikt worden in de takelaar.

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1h** De takelaar moet 2 seconden kunnen stilstaan op het eindpunt.

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1i** De veer in de takelaar moet eenvoudig op te spannen zijn.

(a) Wel (b) Niet

0.5p **1j** De takelaar moet minimaal 2 meter rijden nadat de veerenergie is vrijgegeven.

(a) Wel (b) Niet

6p **1k** Een ingenieursbureau heeft twee concepten voor een rijdende takelaar ontwikkeld: de 'ladder' en de 'trein'. Deze worden beoordeeld op prestatiecriteria ten aanzien van 'snelheid (m/s)' (weegfactor 20%), 'rendement (%)' (weegfactor 50%) en 'takelhoogte' (weegfactor 30%). Vergelijk deze concepten op deze criteria door een gecombineerde scoretabel te maken zoals voorgeschreven in de 'gewogen criteria methode' uit de Reader Ontwerpmethoden.

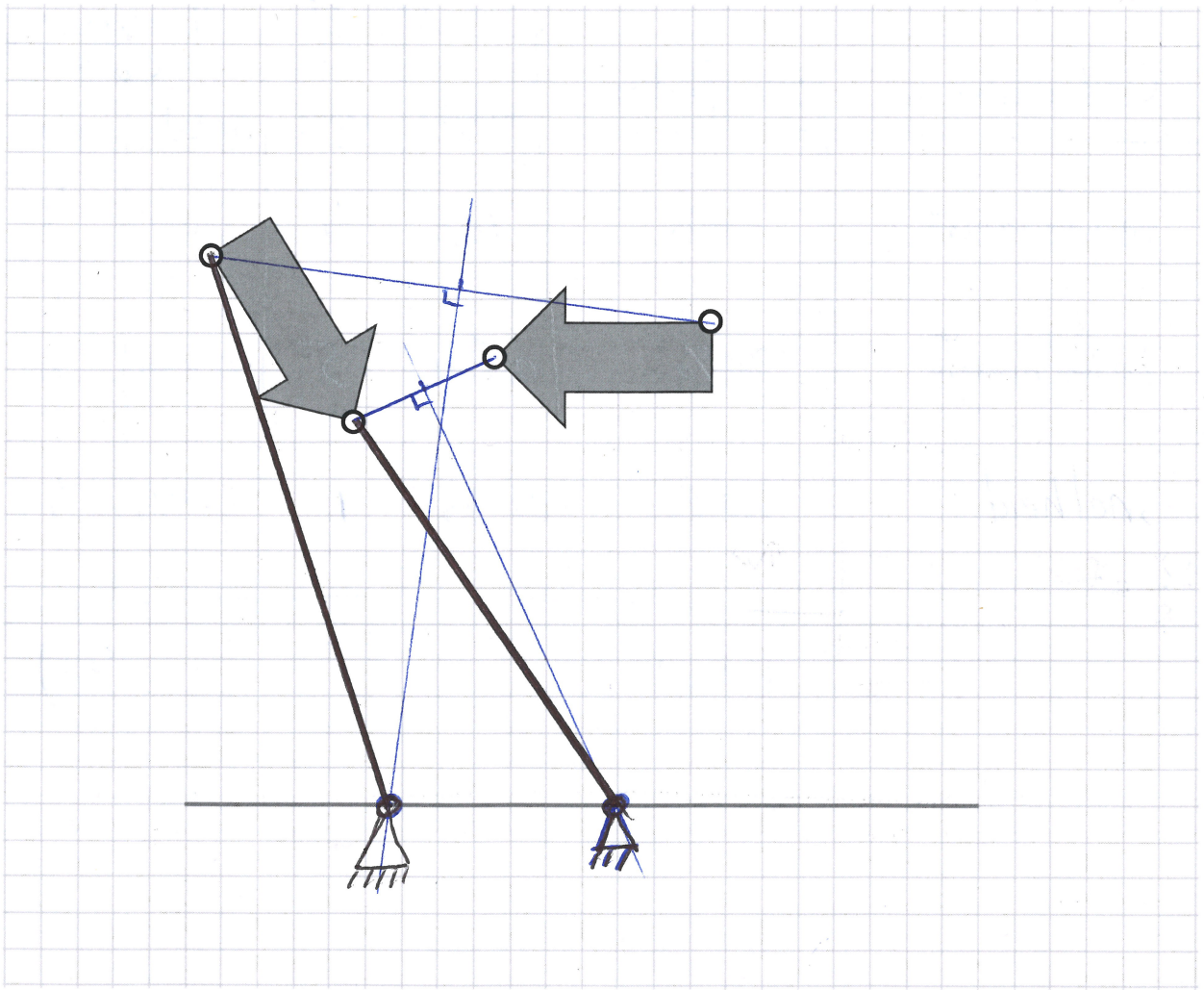
De voorspelde prestaties zijn:
Ladder: 0,1m/s; 70%; 0,7m
Trein: 0,5m/s; 60%; 0,2m

Je mag zelf scores bij de voorspelde prestaties bepalen.

		Ladder		Trein	
Criterium	Weegfactor	prestatie	score	prestatie	score
rendement	50%	70%	4	60%	3
takelhoogte	30%	0,7m	5	0,2m	2
snelheid	20%	0,1m/s	1	0,5m/s	4
Totaal			3,7		2,9

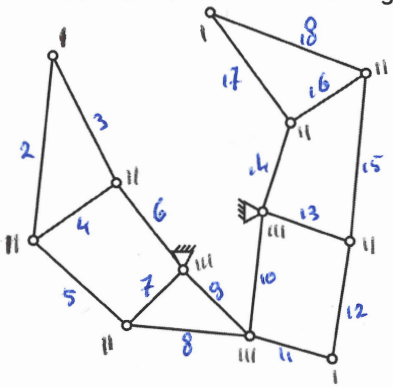
Stangenmechanisme

12p **2** Hieronder worden twee gewenste standen van een koppelstang getoond, waarvoor een vierstangenmechanisme geconstrueerd moet worden. De basisscharnierpunten van het stangenmechanisme moeten zich bevinden op de getekende horizontale lijn. De locatie van de scharnieren op de koppelstang is aangegeven met een cirkel.
Construeer een vierstangenmechanisme waarvan de koppelstang in de twee gegeven 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 twee standen, en laat de gebruikte hulplijnen zien. Maak duidelijk onderscheid tussen stangen en hulplijnen.



Vrijheidsgraden

Beschouw onderstaand stangenmechanisme in 2D.

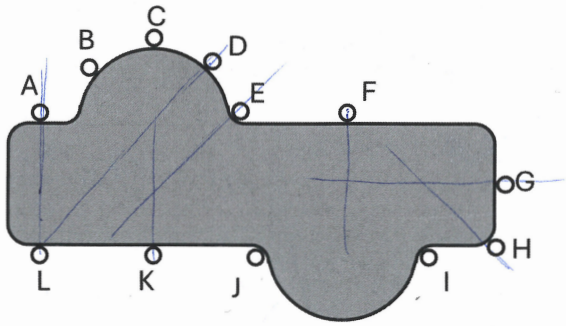


$F = (18-1)\cdot 3 - 24\cdot 2 = 3$

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 het lichaam volledig beperkt, maar zonder meer punten te gebruiken dan strikt noodzakelijk (niet overconstrainen). Het kan zijn dat er meer dan één correcte combinatie is, maar kies daar alleen één uit. Meer dan één combinatie kiezen kan leiden tot een mindering in punten.

(a) IJ (b) FIJ (c) FGH of (d) AKE (e) LKF (f) ALG (g) AELK

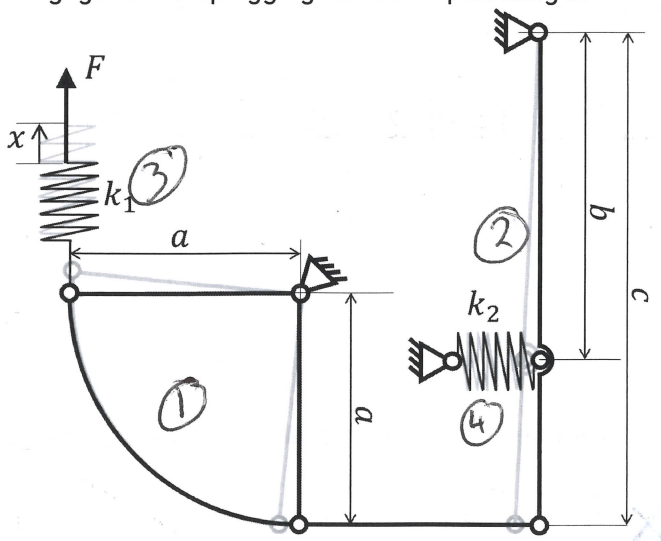
3p **3c** Kies een combinatie van contactpunten die alléén een rotatie toelaat om een punt dat zich bevindt op het contactpunt bij L. Het kan zijn dat er meer dan één correcte combinatie is, maar kies daar alleen één uit. Meer dan één combinatie kiezen kan leiden tot een mindering in punten.

(a) AL (b) AD (c) DE (d) ALD (e) CDE (f) LKA (g) ADLG

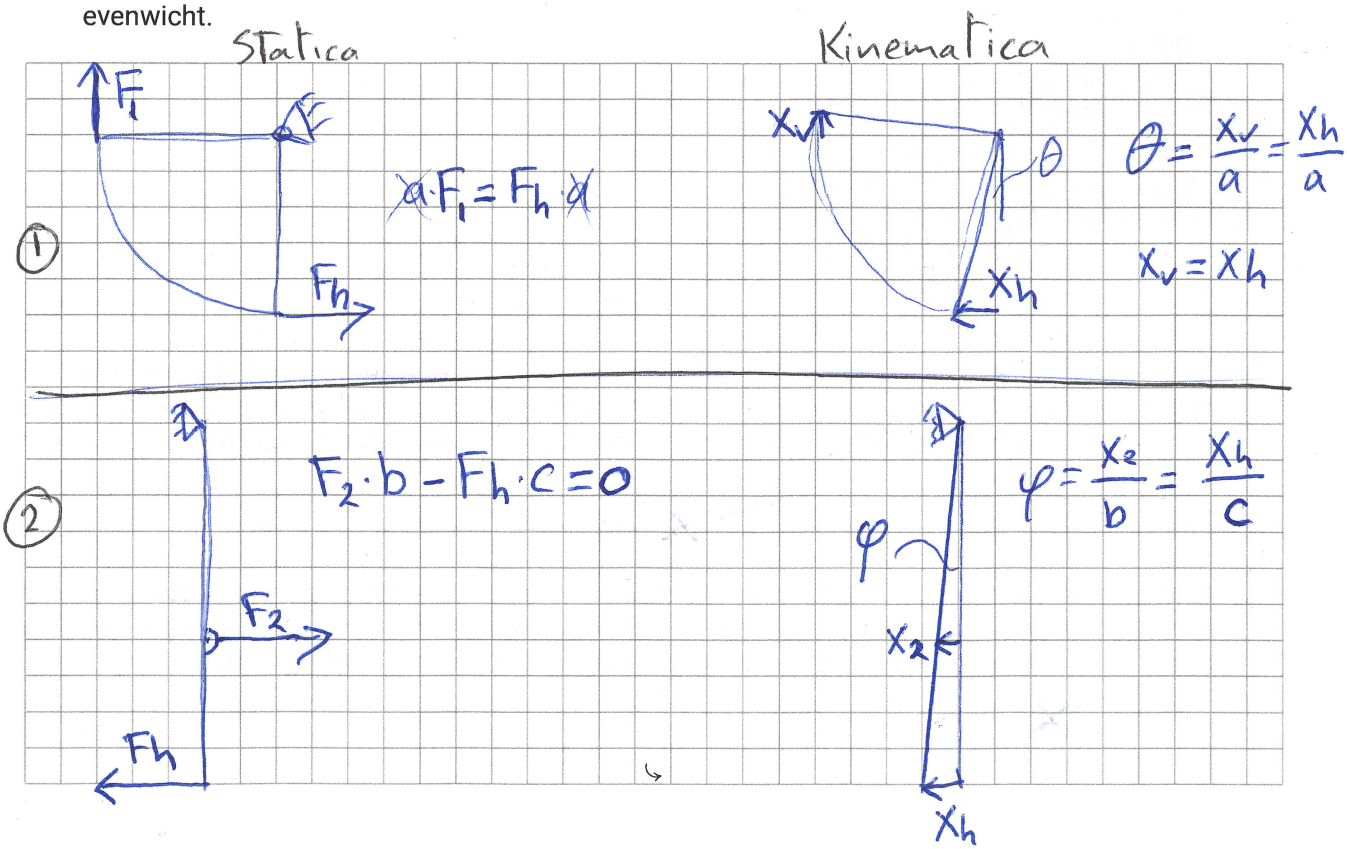
ALD is ook een optie, hoewel overconstrained. Omdat de vraag daar niet expliciet over is, is deze optie ook goedgekeurd.

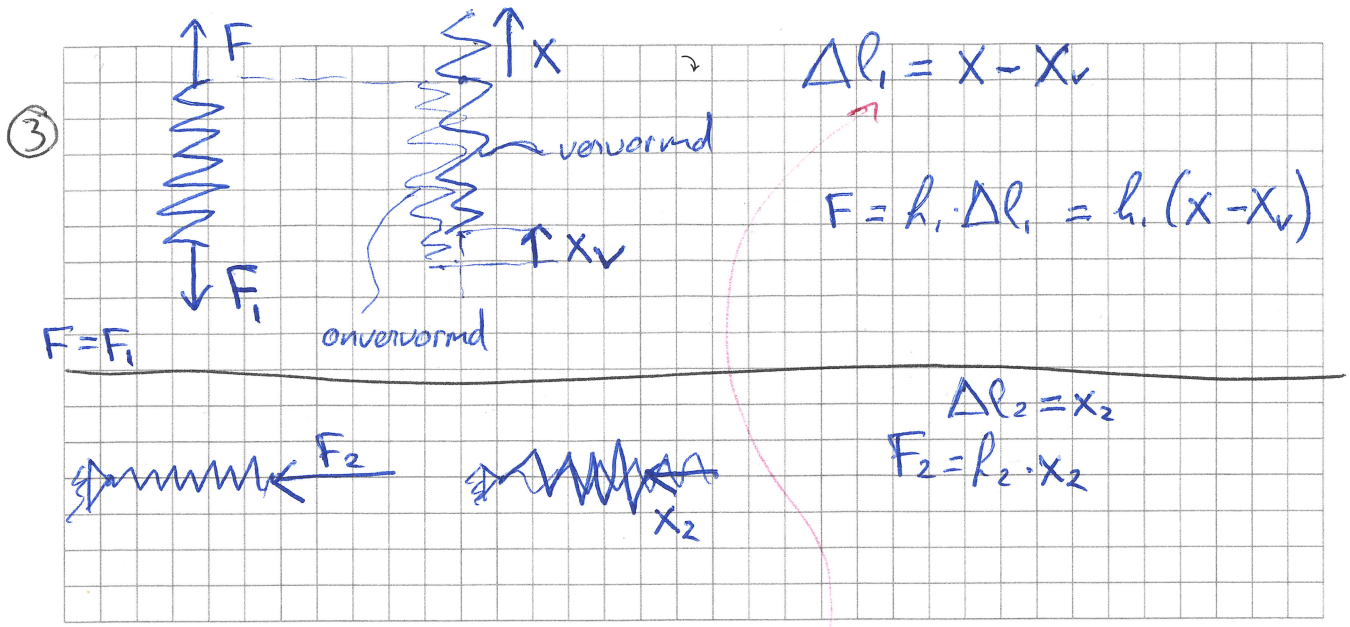
Blokschema's en veren

Beschouw het systeem hieronder, bestaande uit drie starre lichamen en twee veren. 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.

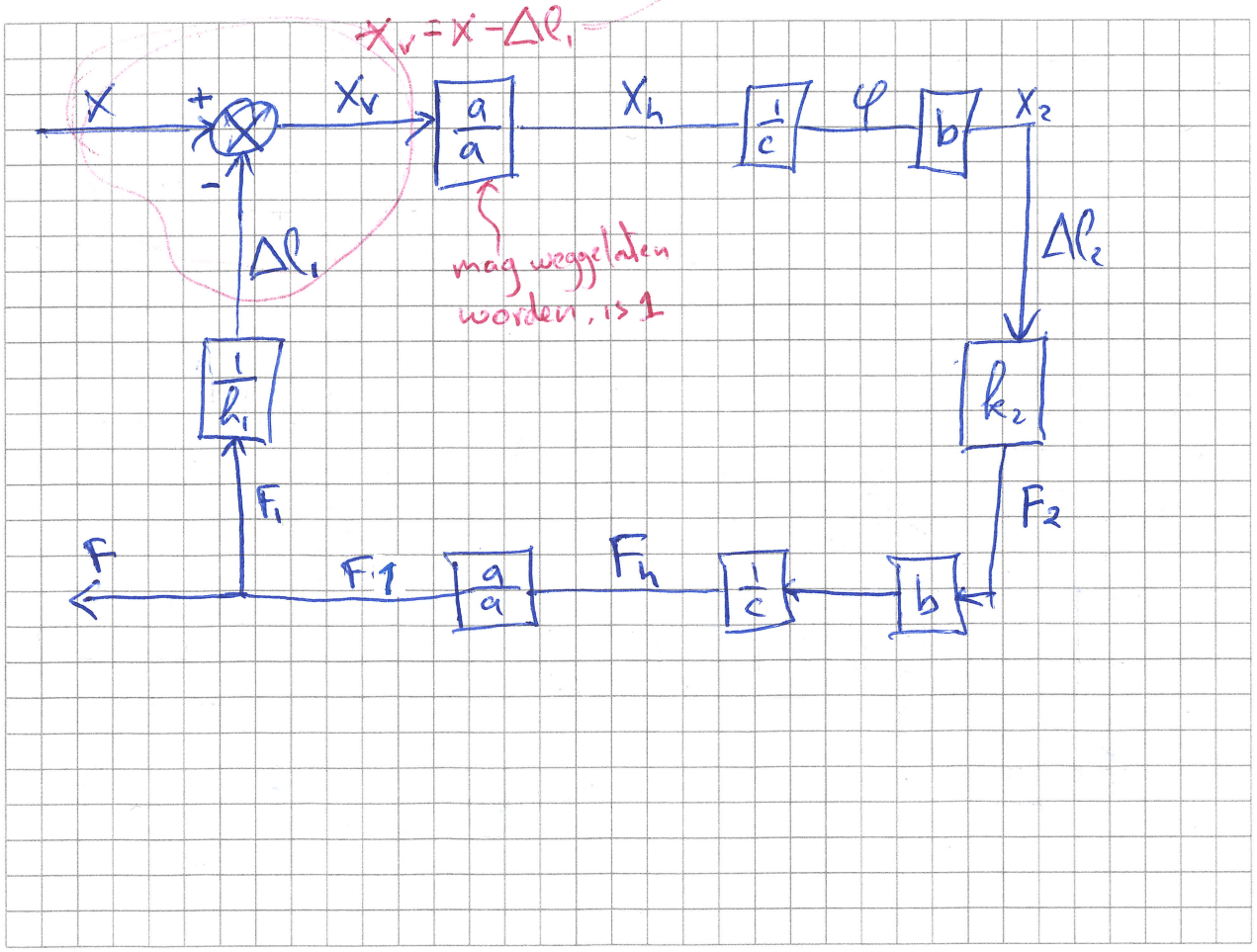


6p **4a** Maak voor elk lichaam en elke veer twee schematische tekeningen, één voor de kinematica en één voor de statica, waarin je de krachten, momenten en bewegingsvariabelen benoemt en hun positieve richting aanduidt. De horizontale rechte stang aan de onderkant mag voor het gemak weggelaten worden. Geef bij elke tekening de daarbij horende formule(s), zij het van de kinematica of van het evenwicht.





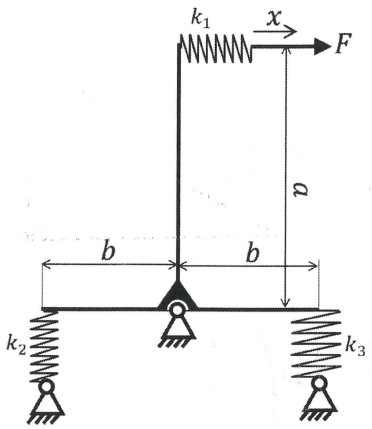
9p **4b** Teken een blokschema van het systeem. Gebruik de verplaatsing x als ingangssignaal en de kracht F als uitgangssignaal. Dus het bovenste gedeelte van het blokschema geeft de bewegingsketen weer en het onderste gedeelte de krachtketen.

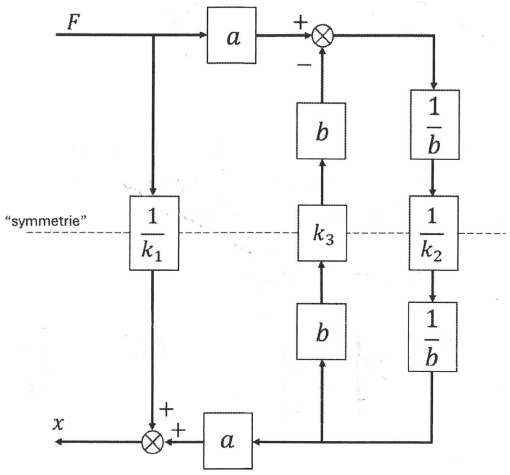


3p **4c** Zijn de twee veren in dit systeem serie- of parallel geschakeld? Geef een onderbouwing voor jouw antwoord.

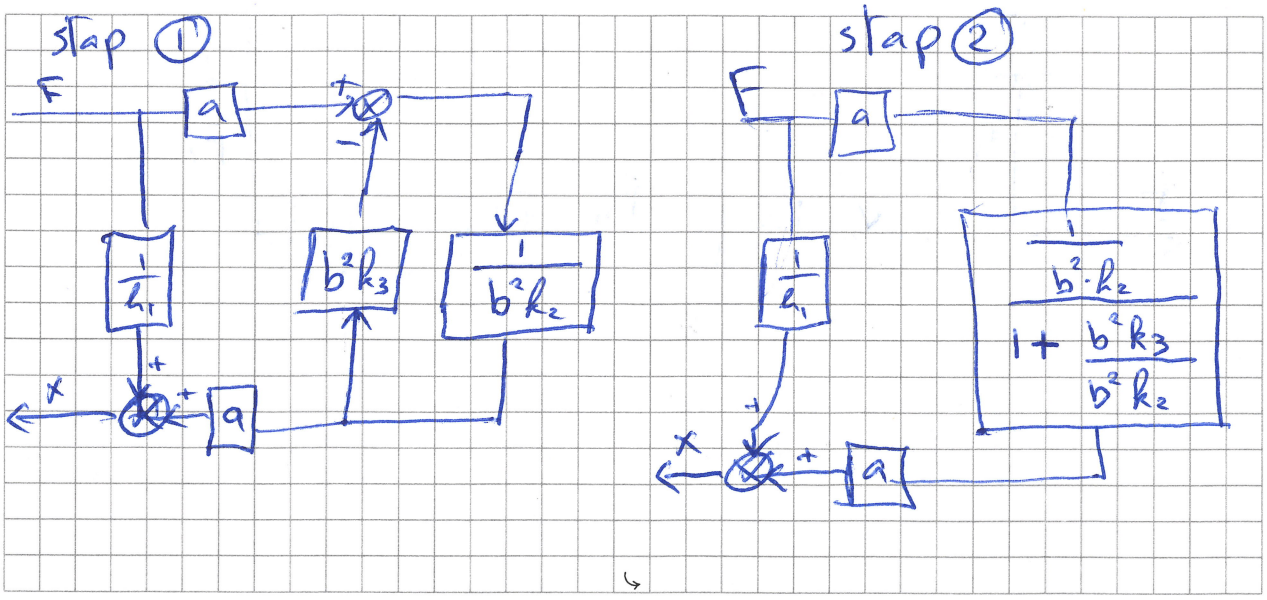
In serie. Gegeven een inputkracht F kan men de twee veerkrachten F_1 en F_2 weten zonder de stijfheden k_1 en k_2 te kennen.

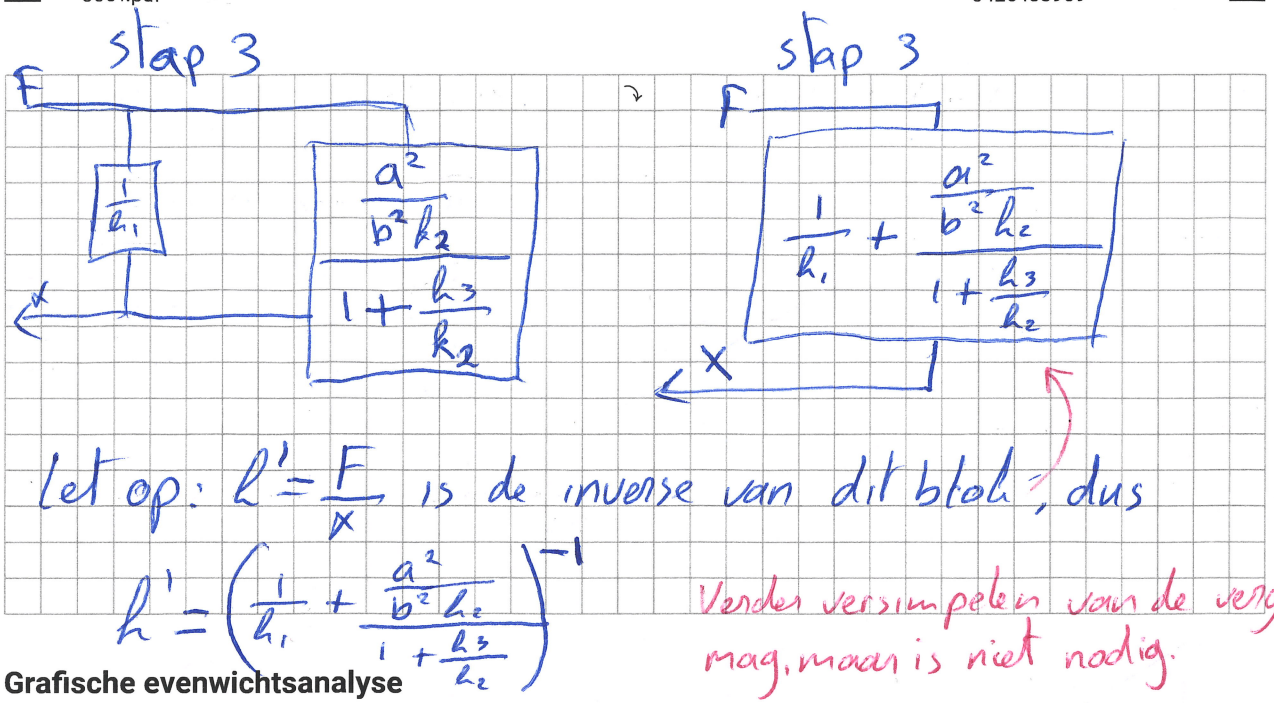
Van het systeem hieronder is ook een blokschema gegeven.





5p **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.





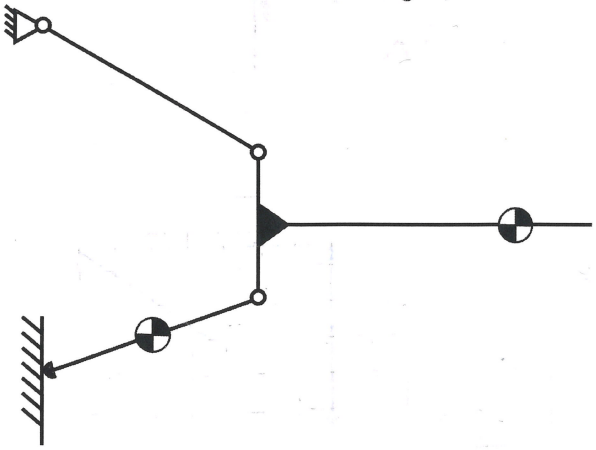
Let op: $k' = \frac{F}{X}$ is de inverse van dit blok, dus

$$k' = \left(\frac{1}{k_1} + \frac{\frac{a^2}{b^2 k_2}}{1+\frac{k_3}{k_2}} \right)^{-1}$$

Verder versimpelen van de vergelijking mag, maar is niet nodig.

Grafische evenwichtsanalyse

Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit drie starre lichamen, met wrijvingsloze scharnieren aan elkaar en aan de basis bevestigd. De diagonale stang linksboven is gewichtsloos te beschouwen. De diagonale stang linksonder heeft een onbekend gewicht. De positie van zijn zwaartepunt is aangegeven met de zwart-witte bol. De stang maakt contact met de wand. In dat contact kan wrijving aanwezig zijn, waarvoor geldt dat de statische wrijvingshoek gelijk is aan $\Psi_0 = 30°$. Het gewicht van het lichaam aan de rechterkant is wel bekend, en ook dat zwaartepunt is aangegeven met de zwart-witte bol. De richting van de zwaartekracht is recht omlaag.

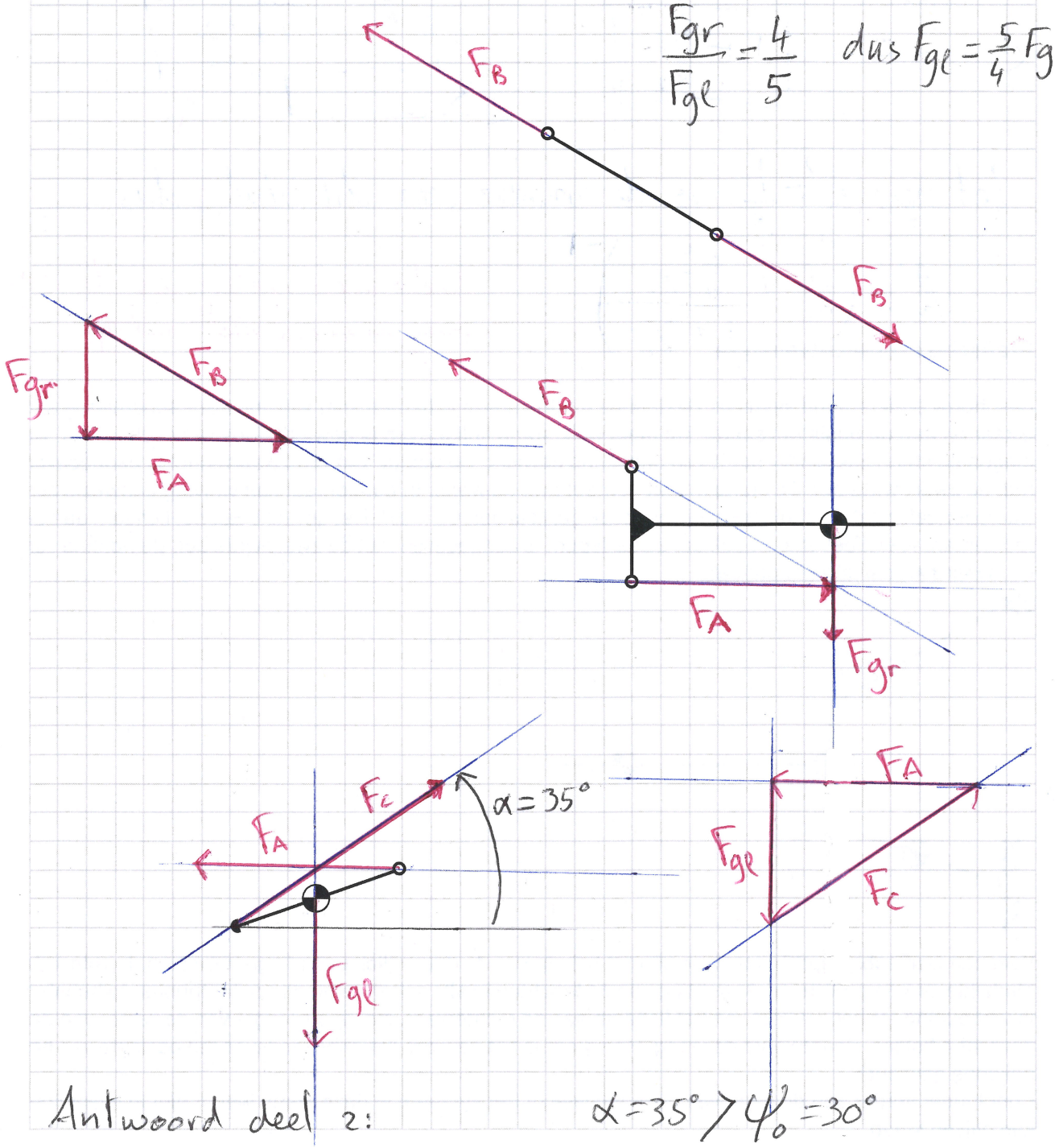


Voer een **grafische krachtenanalyse** uit met behulp van de drie vrijlichaamsdiagrammen op de volgende bladzijde, om de grootte en de richting van de krachten in alle scharnieren en contactpunten te bepalen, in verhouding tot het gewicht van het lichaam aan de rechterkant. Neem als lengte van de vector van dat gewicht 4 hokjes. Beantwoord de vraag: Hoe groot is het gewicht dat onbekend was ten opzichte van het bekende gewicht?
Concludeer verder 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

Antwoord deel 1:

$\frac{F_{gr}}{F_{gl}} = \frac{4}{5}$ dus $F_{gl} = \frac{5}{4} F_{gr}$



Antwoord deel 2:

$\alpha = 35° > \varphi_0 = 30°$

Hoek α van de contactkracht F_c is groter dan de toelaatbare wrijvingshoek φ_0, dus er treedt slip op.

Dit evenwicht is niet mogelijk.

Materiaalkunde

Een stalen trekstaaf (AISI 1040) met een diameter van 10mm wordt belast op trek met een kracht van 50 kN. De mechanische eigenschappen van dit staal zijn gegeven in onderstaande tabel.

Legering	Elasticiteitsmodulus (GPa)	Vloeigrens/ 0.2% Rekgrens (MPa)	Treksterkte (MPa)	Breekrek (%)
AISI 1040	200	600	750	17

5p **6a** Bereken wat de elastische rek is waarmee de trekstaaf terugveert nadat de trekbelasting is verwijderd.

Berekenen eerst de spanning op de staaf

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{50000\,N}{\pi(0{,}005\,m)^2} = 637\,MPa$$

Deze spanning ligt boven de vloeigrens, het materiaal is versterkt. Het elastisch herstel kan met de wet van Hooke berekend worden:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{637\,MPa}{200\,GPa} = 3{,}18 \cdot 10^{-3}$$

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

1p **6b** Bij lagere temperaturen hebben materialen een lagere rek tot breuk.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6c** Fijnkorrelige metalen hebben meer korrelgrenzen en zijn daardoor minder sterk.

(a) Waar

(b) Niet waar

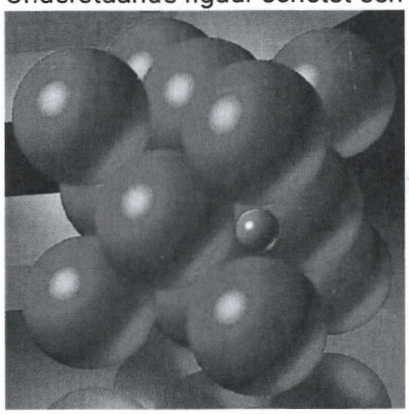
1p **6d** Thermoharders (thermosetters) zijn polymeren die smelten bij verhoging van de temperatuur.

(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6e**

Onderstaande figuur schetst een kubisch vlakken gecentreerd metaalrooster.



(a) Waar

(b) Niet waar

1p **6f** Na plastische deformatie is een metaal sterker.

(a) Waar

(b) Niet waar

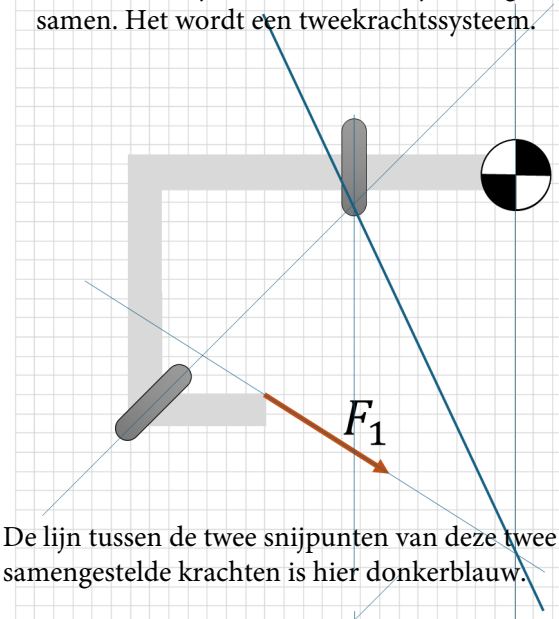
Grafisch evenwicht vier krachten

Het achteraanzicht van een karretje (takelaar) dat kan rijden over een rail (uit het vlak) wordt in deze opdracht beschouwd. Zie de vrijlichaamsdiagrammen op de volgende pagina. Alleen het evenwicht in het getekende vlak is hier van belang. Het systeem heeft twee contactpunten met de rail, namelijk bij de wielen (donkergrijs). Deze wielen kunnen geen zijwaartse wrijving genereren zonder te slippen. Het zwaartepunt van het systeem bevindt zich helemaal aan de rechterkant, aangegeven met een zwart-witte bol. De richting van de zwaartekracht is recht omlaag, maar de grootte is onbekend. Er hangt verder een paslood aan een kabel die aangrijpt op het systeem, die resulteert in een bekende kracht F_1.

Bepaal of dit systeem kan stilstaan in de gegeven positie. 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. Het is niet noodzakelijk dat de krachten in elke tussenstap in evenwicht zijn. Dat is wel noodzakelijk in de laatste stap.

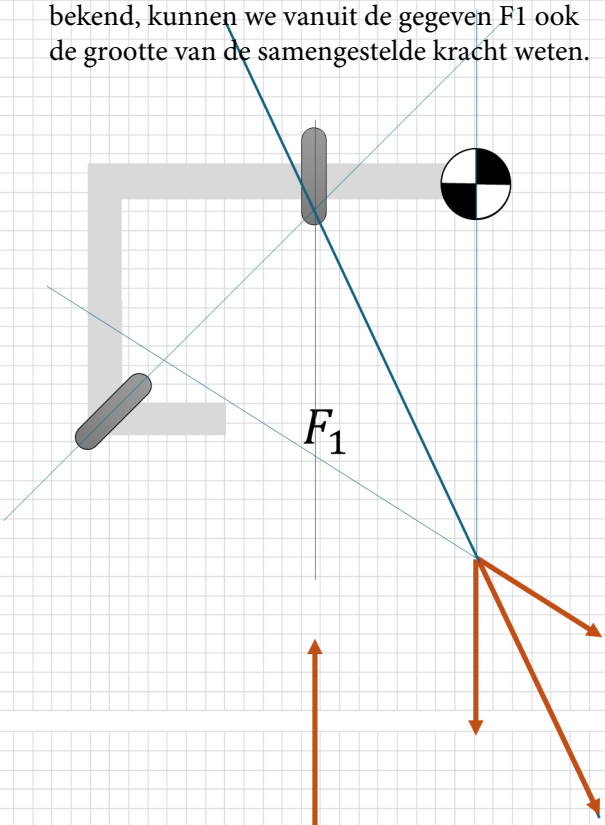
16p **7** Antwoordkaders "Grafisch evenwicht vier krachten"

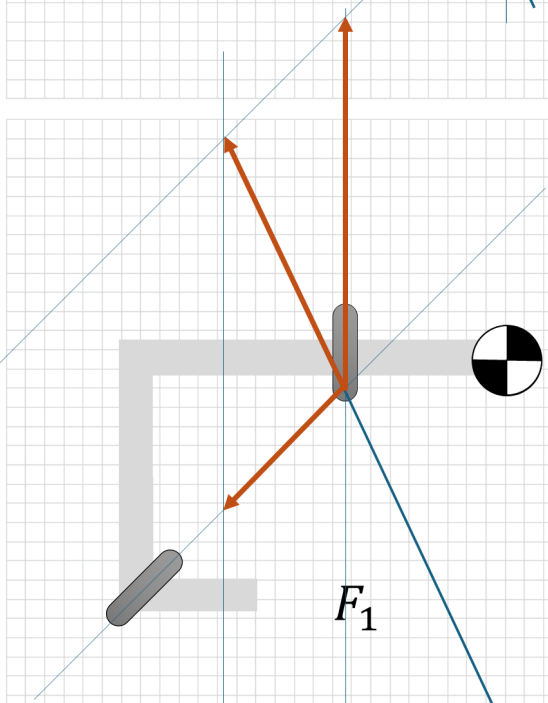
Optie 1: In deze optie nemen we de krachten van de twee wielen bij elkaar, en anderzijds het gewicht met F1 samen. Het wordt een tweekrachtssysteem.



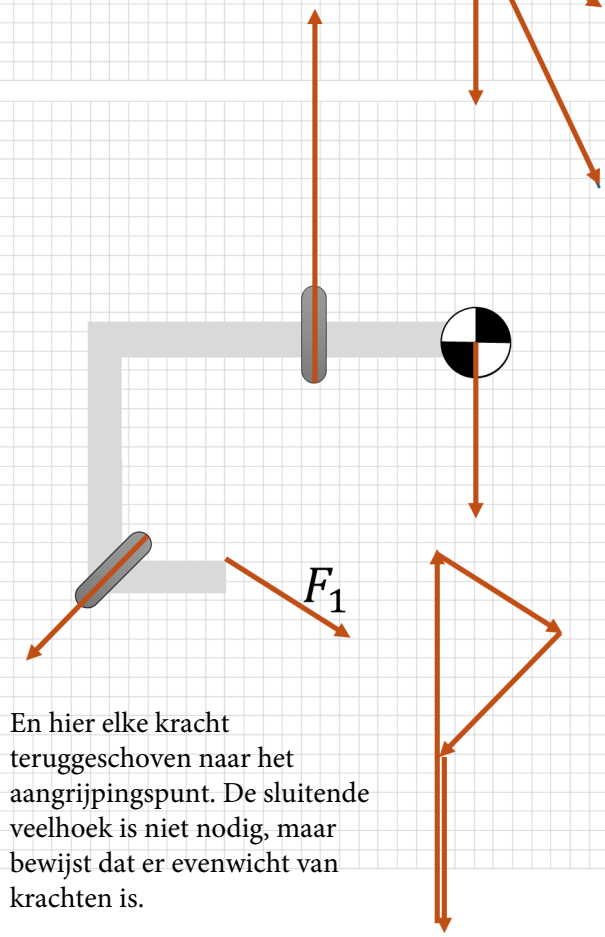
De lijn tussen de twee snijpunten van deze twee samengestelde krachten is hier donkerblauw.

Met de werklijn van de samengestelde kracht bekend, kunnen we vanuit de gegeven F1 ook de grootte van de samengestelde kracht weten.





De andere samengestelde kracht is gelijk en omgekeerd t.o.v. de eerdere. Deze kunnen we vervolgens opsplitsen in de twee wielkrachten.

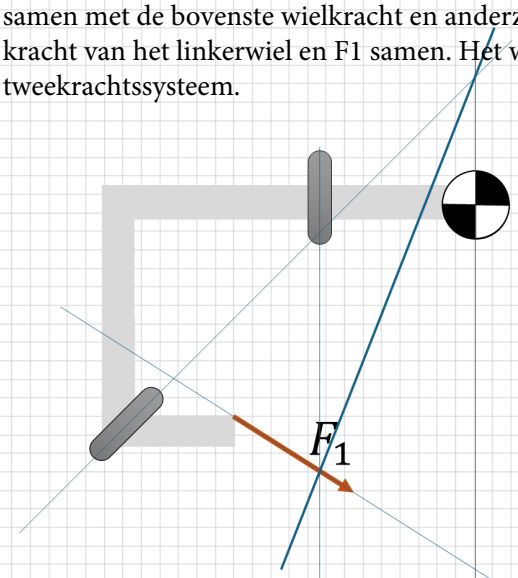


En hier elke kracht teruggeschoven naar het aangrijpingspunt. De sluitende veelhoek is niet nodig, maar bewijst dat er evenwicht van krachten is.

Gevonden krachtrichtingen zijn mogelijk, het systeem kan in deze positie stilstaan

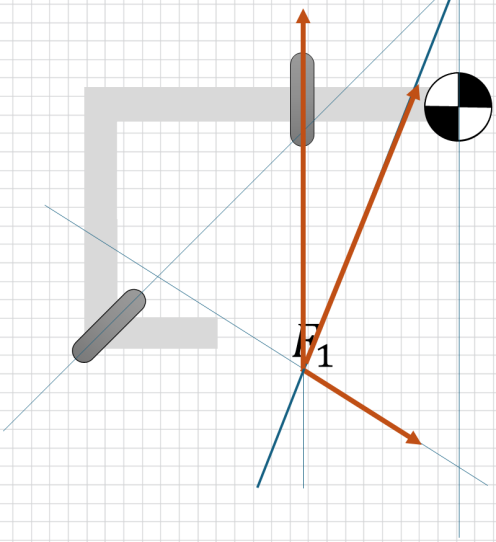
16p **7** Antwoordkaders "Grafisch evenwicht vier krachten"

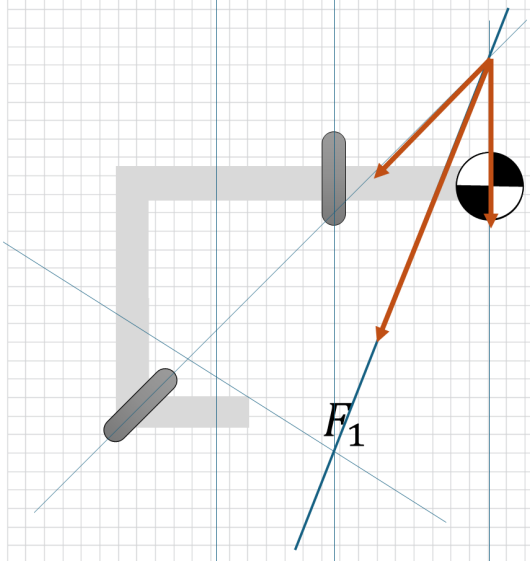
Optie 2: In deze optie nemen we enerzijds het gewicht samen met de bovenste wielkracht en anderzijds de kracht van het linkerwiel en F1 samen. Het wordt een tweekrachtssysteem.



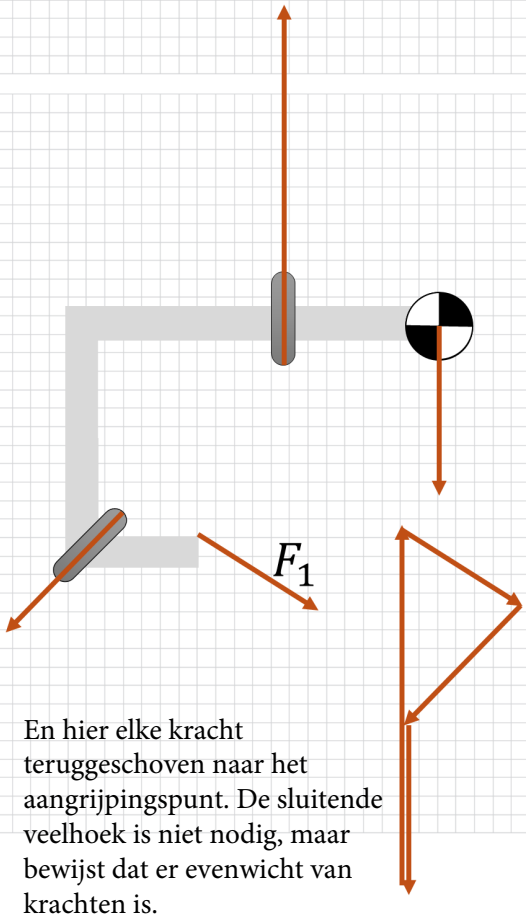
De lijn tussen de twee snijpunten van deze twee samengestelde krachten is hier donkerblauw.

Met de werklijn van de samengestelde kracht bekend, kunnen we vanuit de gegeven F1 ook de grootte van de samengestelde kracht weten.





De andere samengestelde kracht is gelijk en omgekeerd t.o.v. de eerdere. Deze kunnen we vervolgens opsplitsen in de twee wielkrachten.

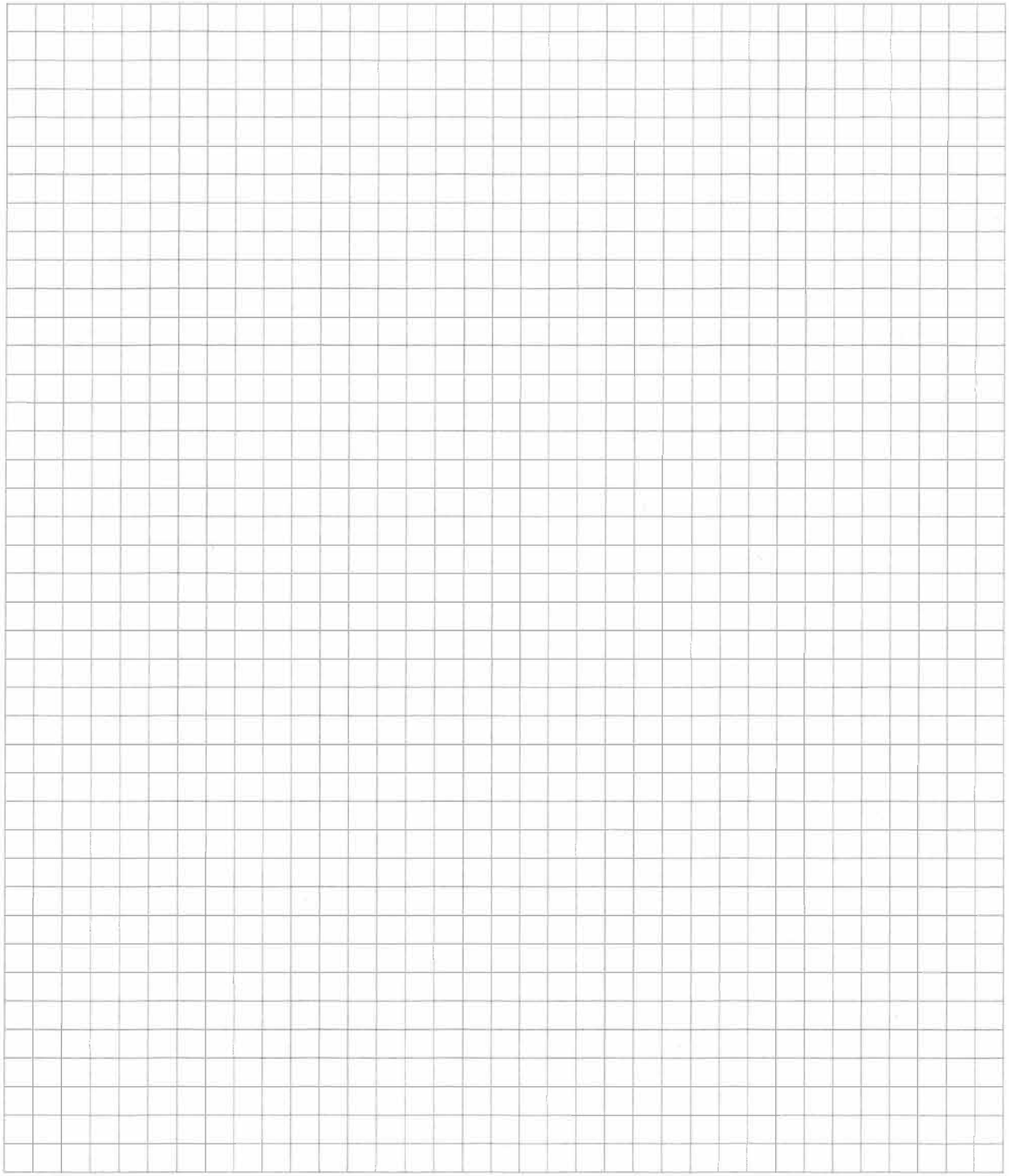


En hier elke kracht teruggeschoven naar het aangrijpingspunt. De sluitende veelhoek is niet nodig, maar bewijst dat er evenwicht van krachten is.

Gevonden krachtrichtingen zijn mogelijk, het systeem kan in deze positie stilstaan

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