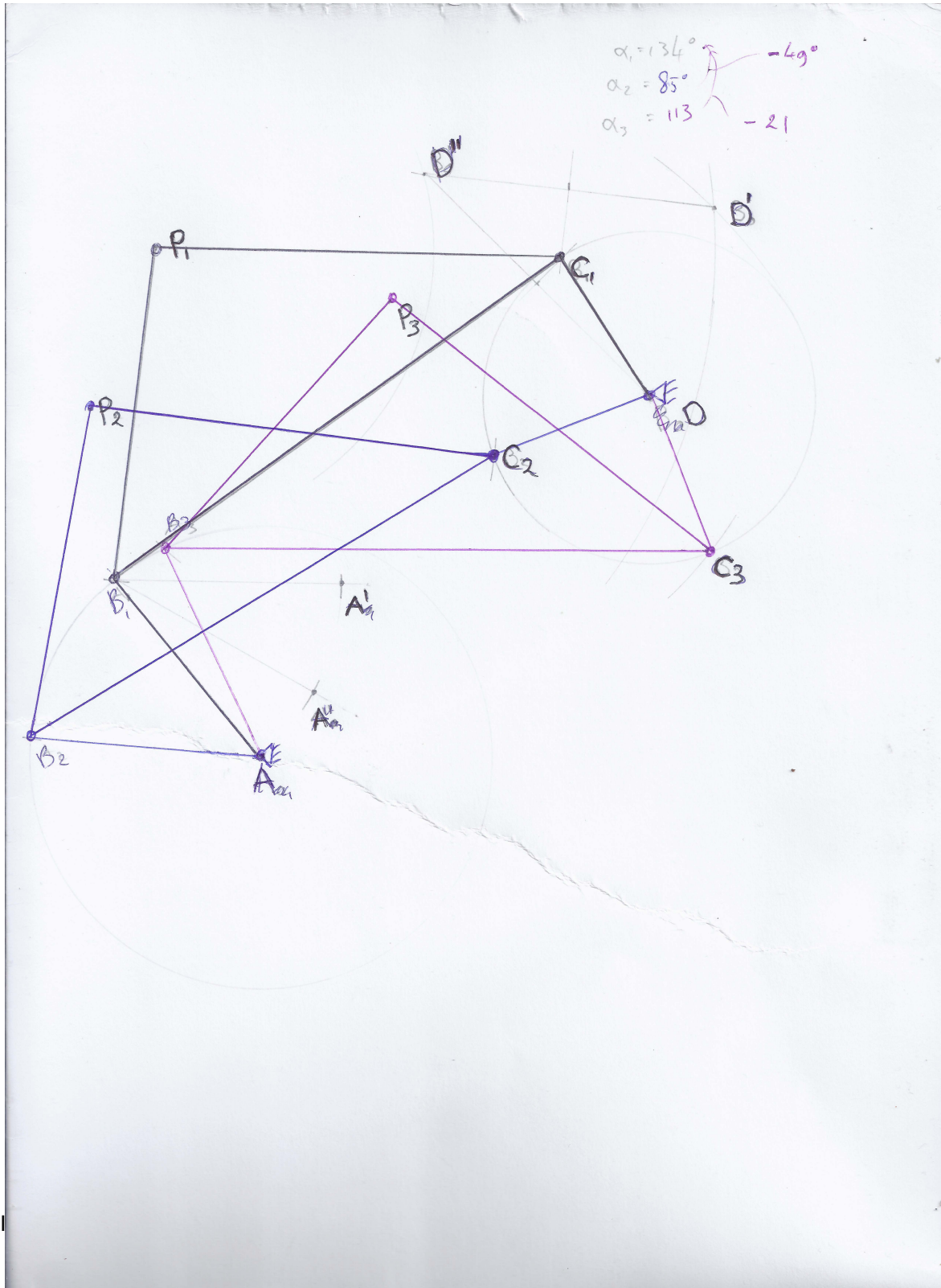
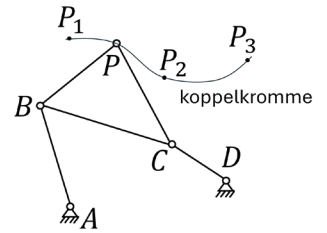


1.1

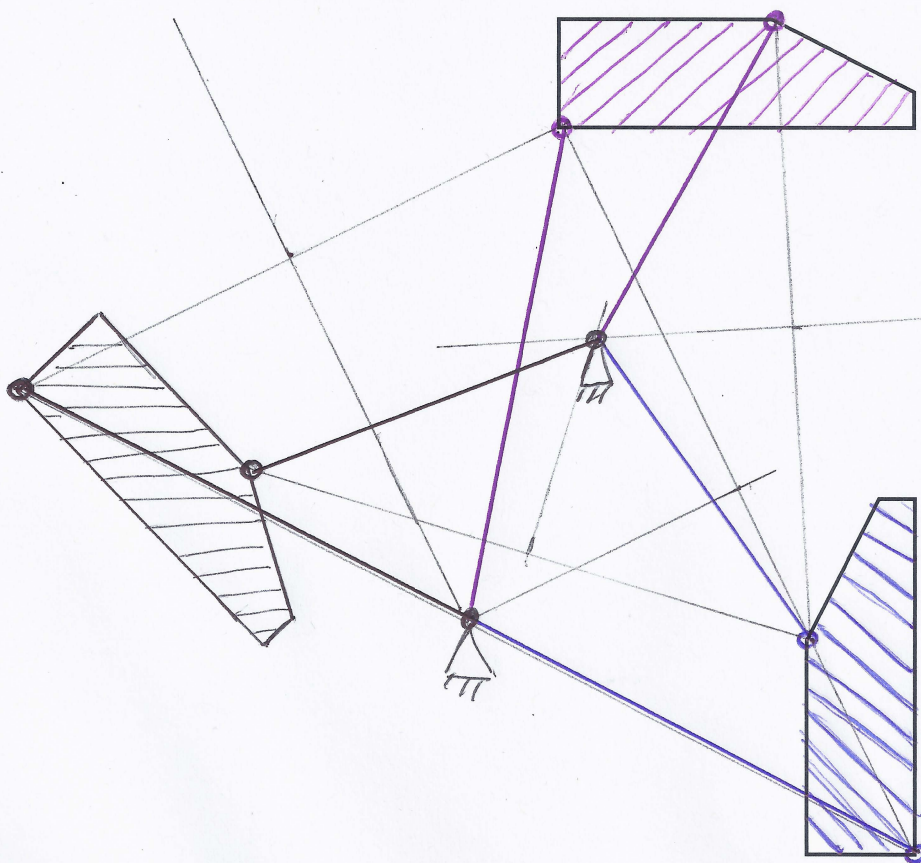
Construeer (bepaal d.m.v. een grafisch stappenplan) een vierstangenmechanisme $ABCD$ met zelfgekozen **basispunten**, en waarvan het **koppelpunt** P langs drie zelfgekozen punten (P_1, P_2, P_3) beweegt op de **koppelkromme**. De **koppelstang/koppellichaam** bestaat uit de drie punten BPC , die star met elkaar zijn verbonden. Volg het stappenplan dat wordt beschreven in Brightspace bij de Individuele Opgave 1. Laat alle hulplijnen staan zodat de totstandkoming van het resultaat zichtbaar blijft. Teken het geconstrueerde stangenmechanisme in drie standen in drie verschillende kleuren. Tip: Voer de opdracht eerst uit op een kladpapier om te zien of alles op dit antwoordformulier past.



Voornaam: _____ Achternaam: _____ Projectgroep: _____

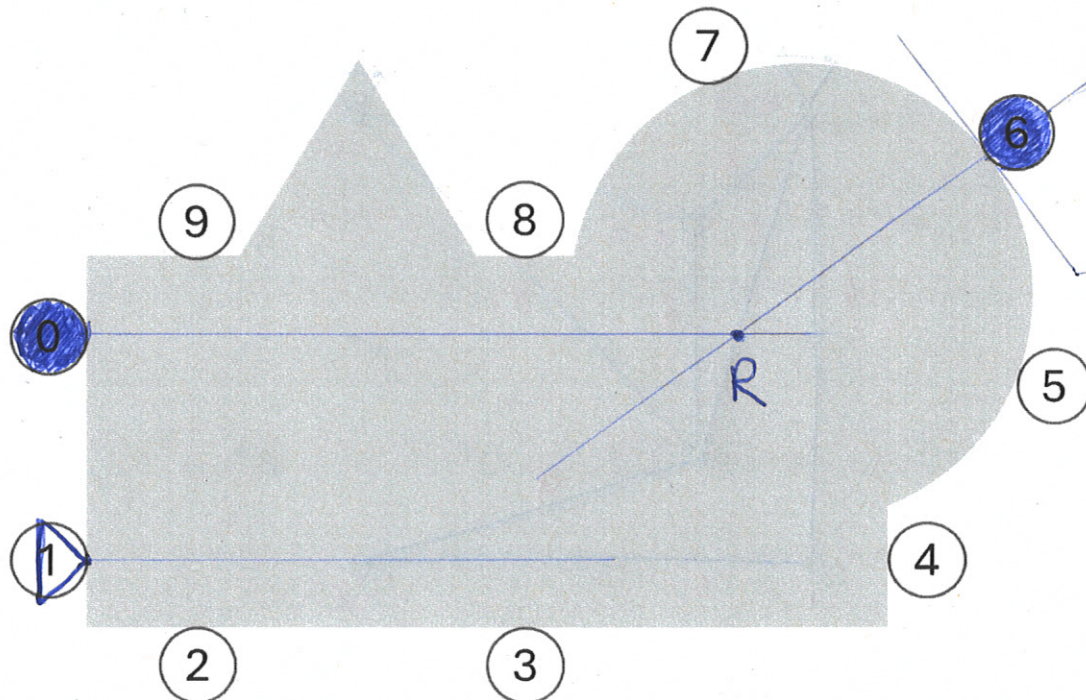
1.2

Construeer (bepaal d.m.v. een grafisch stappenplan) een vierstangenmechanisme $ABCD$ die onderstaande vijfhoekvormig object in de twee getoonde standen kan positioneren, plus een derde stand naar eigen keuze. Punt B en C zijn vrij te kiezen op of in de vijfhoek. Laat alle hulplijnen staan en teken de geconstrueerde stangenmechanisme in drie standen in drie verschillende kleuren.



2.1

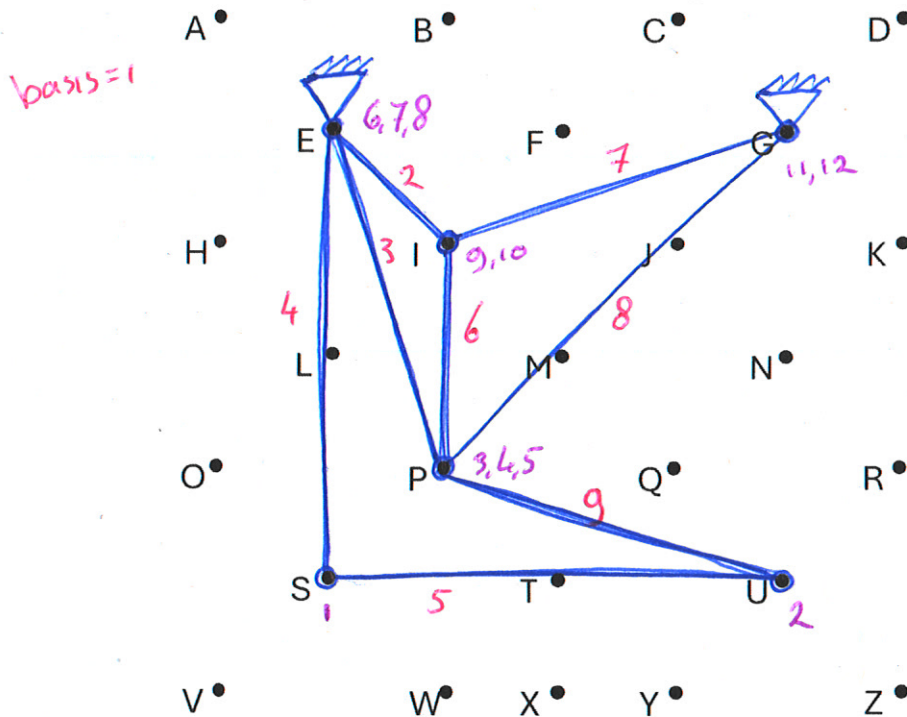
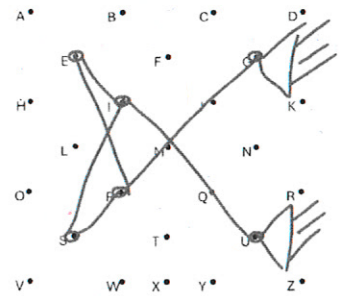
a) Kleur in de figuur hieronder de bolletjes in die de laatste twee cijfers bevatten van je studentnummer (bij gelijke cijfers kleur je maar één bolletje in). De ingekleurde bolletjes stellen contacten voor tussen de omgeving en het starre lichaam. Het contact is wrijvingsloos, maar wordt te allen tijde behouden, ook bij trekkrachten (bijvoorbeeld magnetisch). b) Geef aan welke vrijheidsgraden het lichaam heeft. Translaties geef je aan met pijlen en rotaties met een duidelijke stip met de letter R ernaast. c) Voeg net zoveel contactpunten toe als nodig om alle vrijheidsgraden te beperken. Geef deze aan met driehoek. d) Is het lichaam nu overconstrained?



3 vrijheidsgraden
3 beperkingen (contacten)
⇓
niet overconstrained

2.2

a) Omcirkel in de figuur hieronder de punten bij de letters die voorkomen in jouw voornaam (als je een korte voornaam hebt voeg daar ook je achternaam aan toe). Dit zijn scharnierpunten van een stangenmechanisme. b) Teken willekeurig lijnen tussen de scharnieren zodat er geen scharnier meer is die vrij zweeft (hoeveel en welke verbindingen je maakt staat vrij). De lijnen zijn stangen. c) Kies twee willekeurige scharnieren die je markeert als basis-scharnieren (symbool: driehoek met diagonale lijnen). Zie het voorbeeld hiernaast met de naam Giuseppe. d) Bepaal aan de hand van Gr bler hoeveel vrijheidsgraden dit mechanisme heeft. e) Bouw het mechanisme (materiaal naar keuze) en controleer het aantal bepaalde vrijheidsgraden. Klopt het? Zo nee, waarom?



Antwoord d:

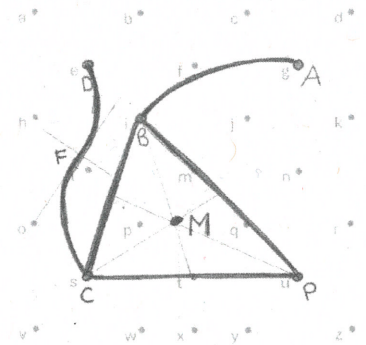
$$n=9; g=12 \quad F=3(n-1)-2g=3(9-1)-2 \cdot 12=0$$

Antwoord e:

Klopt niet. Fourbar ESUP heeft een vrijheidsgraad, de rest is star.
Stang IP zou er tussen uit kunnen zonder de vrijheid te veranderen.
Is dus overconstrained

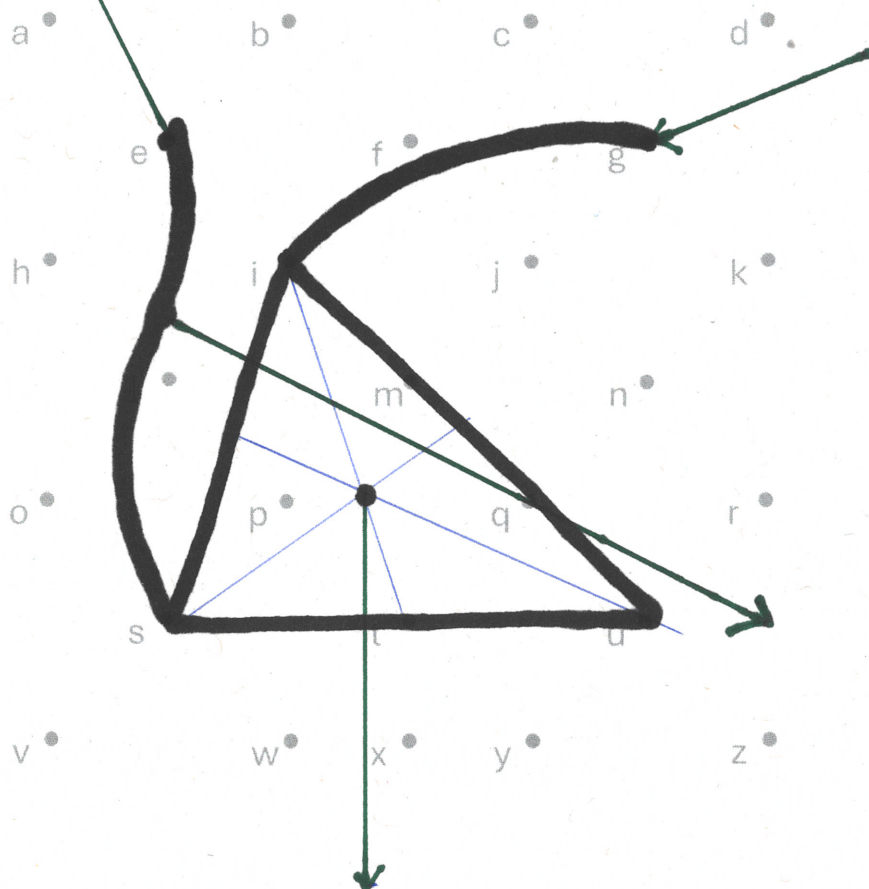
3

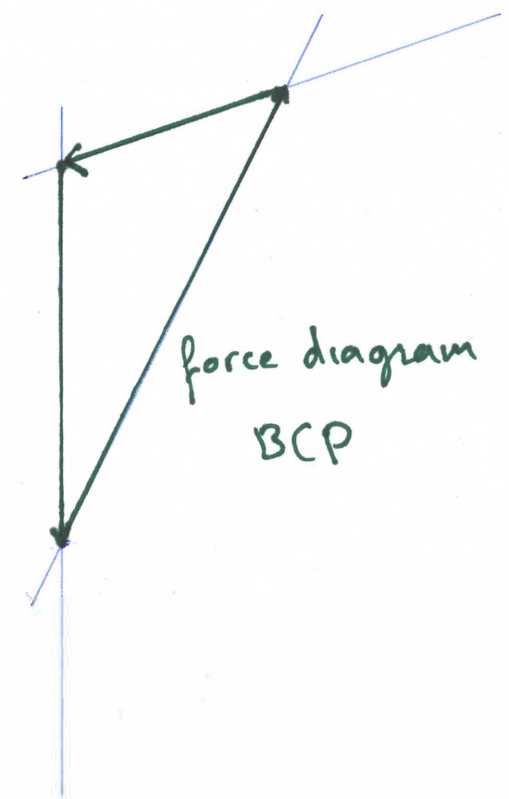
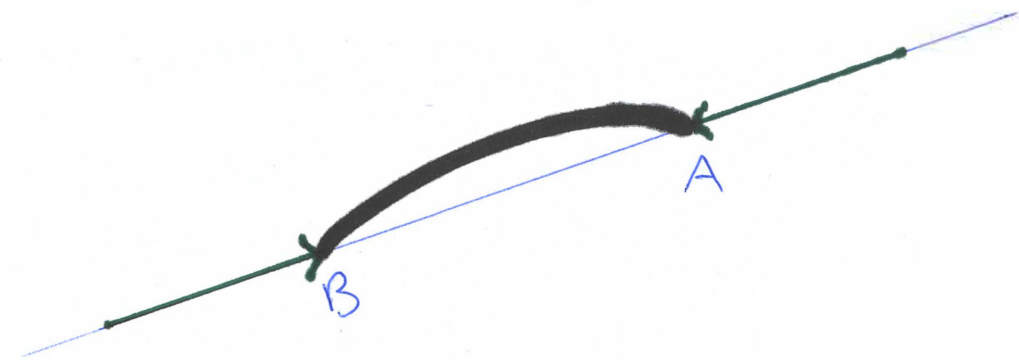
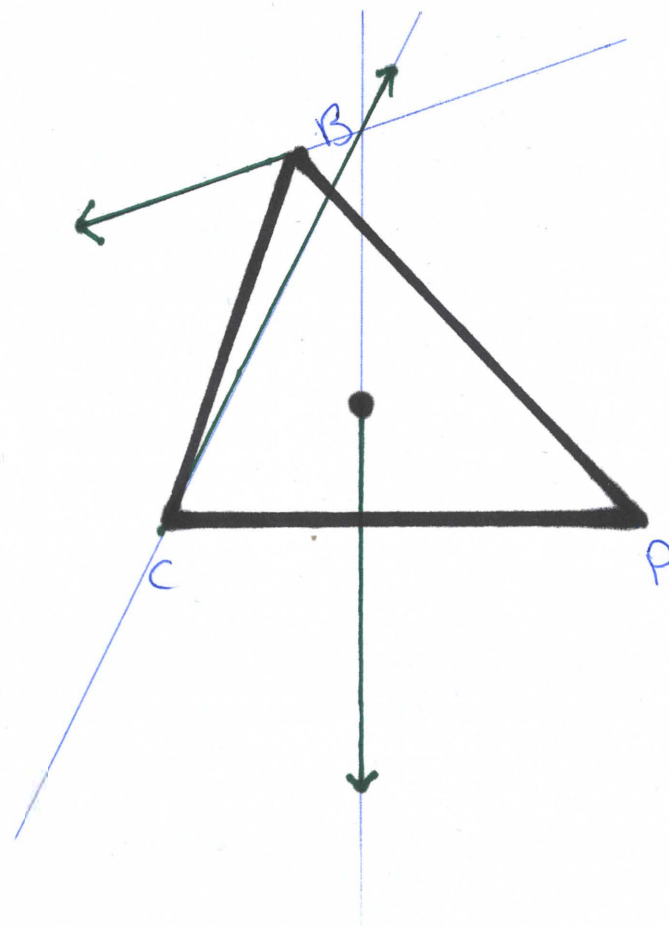
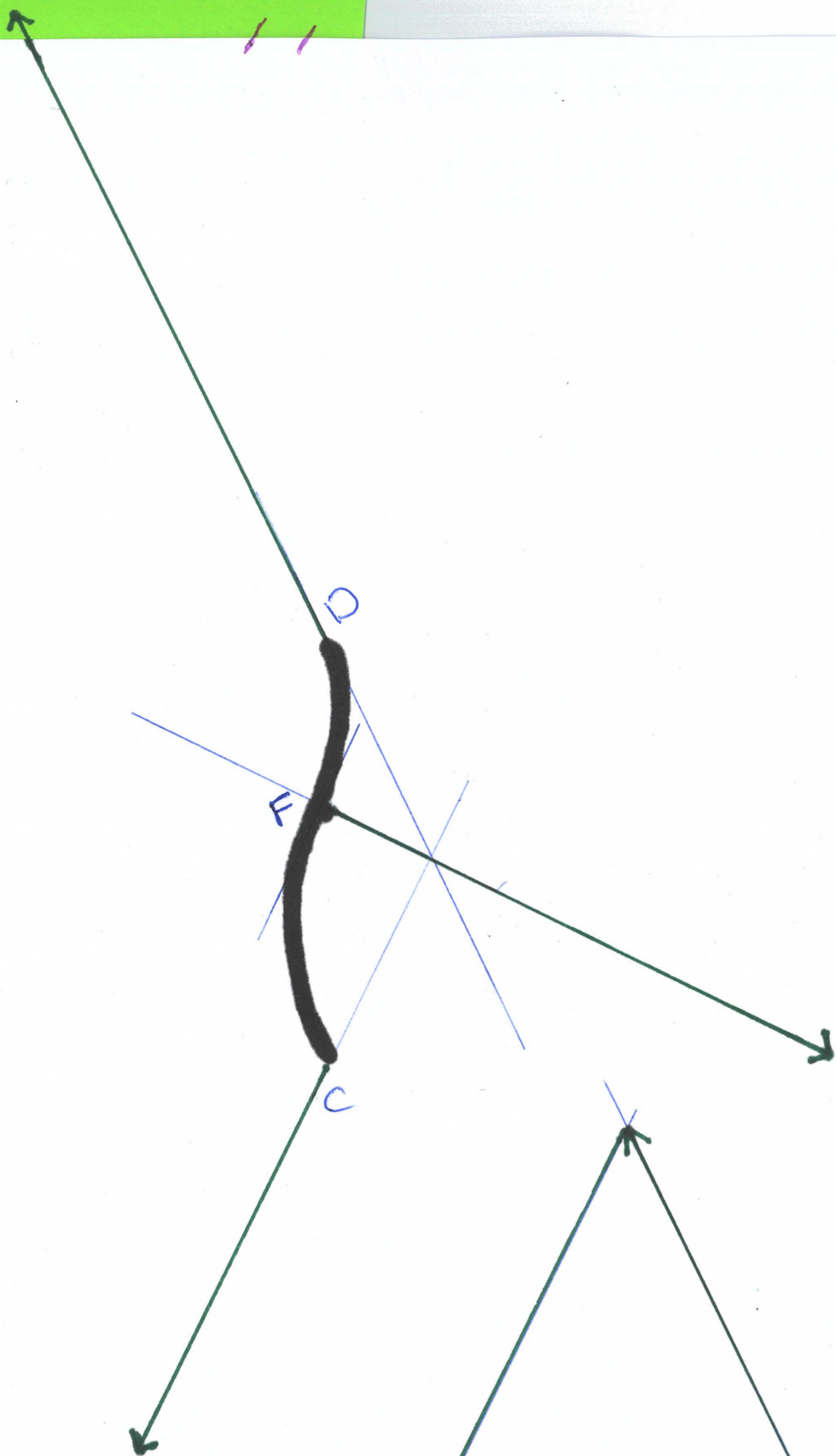
a) Teken een uniek vierstangenmechanisme door 1) de eerste vijf unieke letters van je voor- en achternaam te omcirkelen, zie het voorbeeld hiernaast met de naam Giuseppe Radaelli. 2) Label deze cirkels (scharnieren) op volgorde met A, B, P, C, D . 3) Teken de ingangsstang AB als een kromme boog, de koppelstang BPC als een driehoek, en de uitgangsstang CD als een S-vormige stang. Teken GEEN basis-scharnieren (bij A en D). 4) Schat het meetkundige zwaartepunt van de koppelstang in, noem dat punt M . Op dat punt grijpt de zwaartekracht $\vec{mg}$ aan. De rest van het mechanisme heeft een verwaarloosbare massa. 5) Het mechanisme wordt stilgehouden door een wrijvingsloos contact met de vaste wereld op het buigpunt (inflexion point) van de S-vormige stang. Noem dat het punt F



b) Bepaal alle externe krachten op het systeem door middel van een *grafische krachtenanalyse*. Doe dit door eerst of gelijktijdig het evenwicht van alle deelsystemen op te lossen. Kies zelf een geschikte lengte voor de vector $\vec{mg}$. Neem voldoende ruimte op papier door extra lege vellen te gebruiken.

c) Aan welke kant van de S-vormige stang staat het contact? Teken het contact als een halve cirkel met de bolling aan de kant waar het contact maakt.

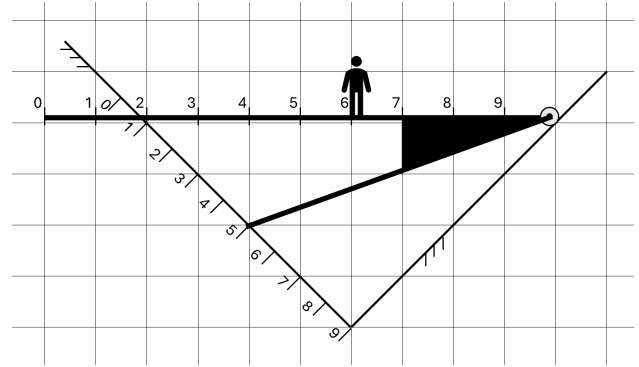




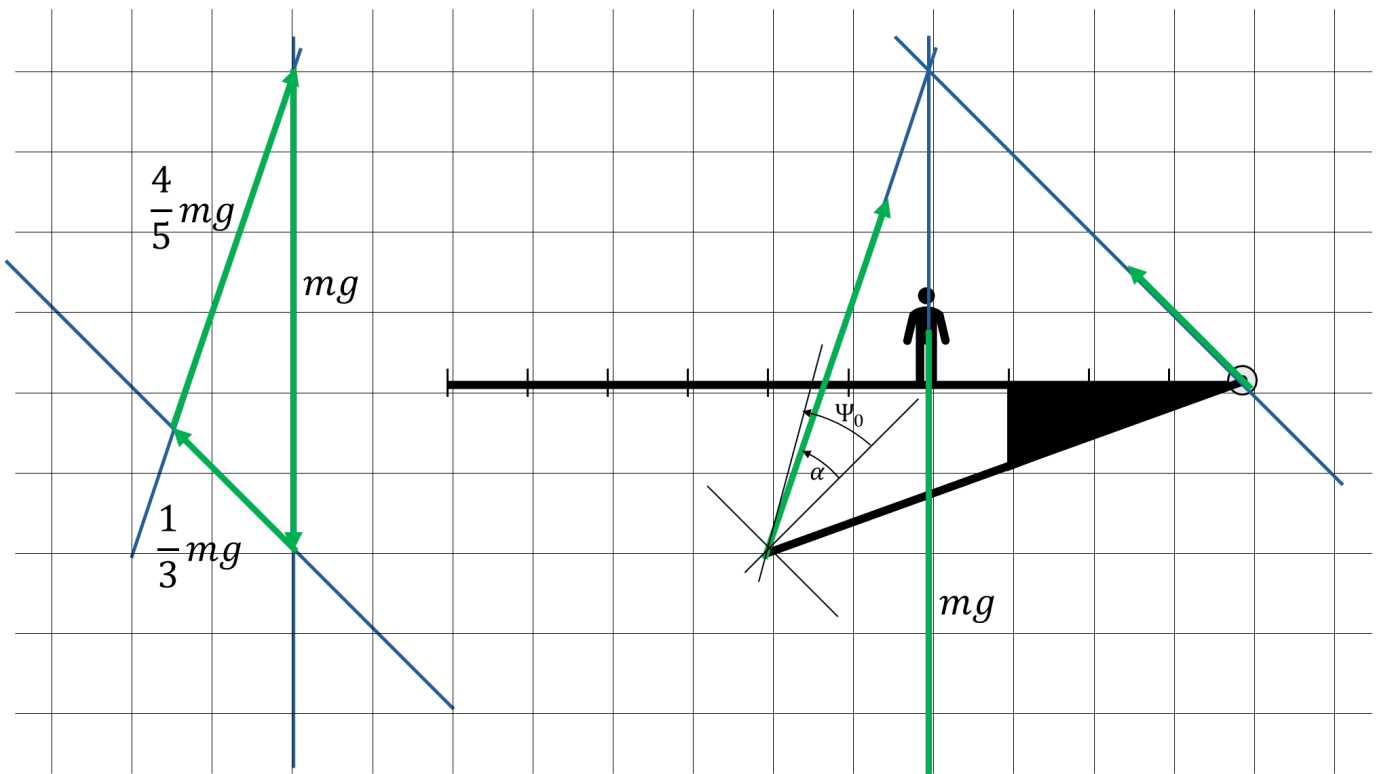
force diagram
DFC

4.1

Het systeem hiernaast bestaat uit één enkel star lichaam die op twee punten in een V-vormige kuil steunt. Het systeem bestaat uit een horizontale plank waarop een persoon van 80kg staat (bij het 4^e cijfer van jouw studentnummer, hier 6), die steunt aan de rechterkant met een wrijvingsloos wiel tegen de wand, en aan de linkerkant met een contactpunt met een statische wrijvingshoek $\Psi_0 = 30^\circ$. Het linker contactpunt is ter hoogte van het 5^e cijfer van jouw studentnummer, hier 5. Pas in jouw FBD zelf de hoek van de diagonale lijn hierop aan. Het starre lichaam beschouwen we als gewichtsluus.



Bepaal aan de hand van een grafische krachtenanalyse of het systeem zal blijven staan, zal kantelen om het linker contactpunt, of zal schuiven in het contactpunt. In het geval van schuiven, geef ook aan in welke richting het contactpunt schuift.



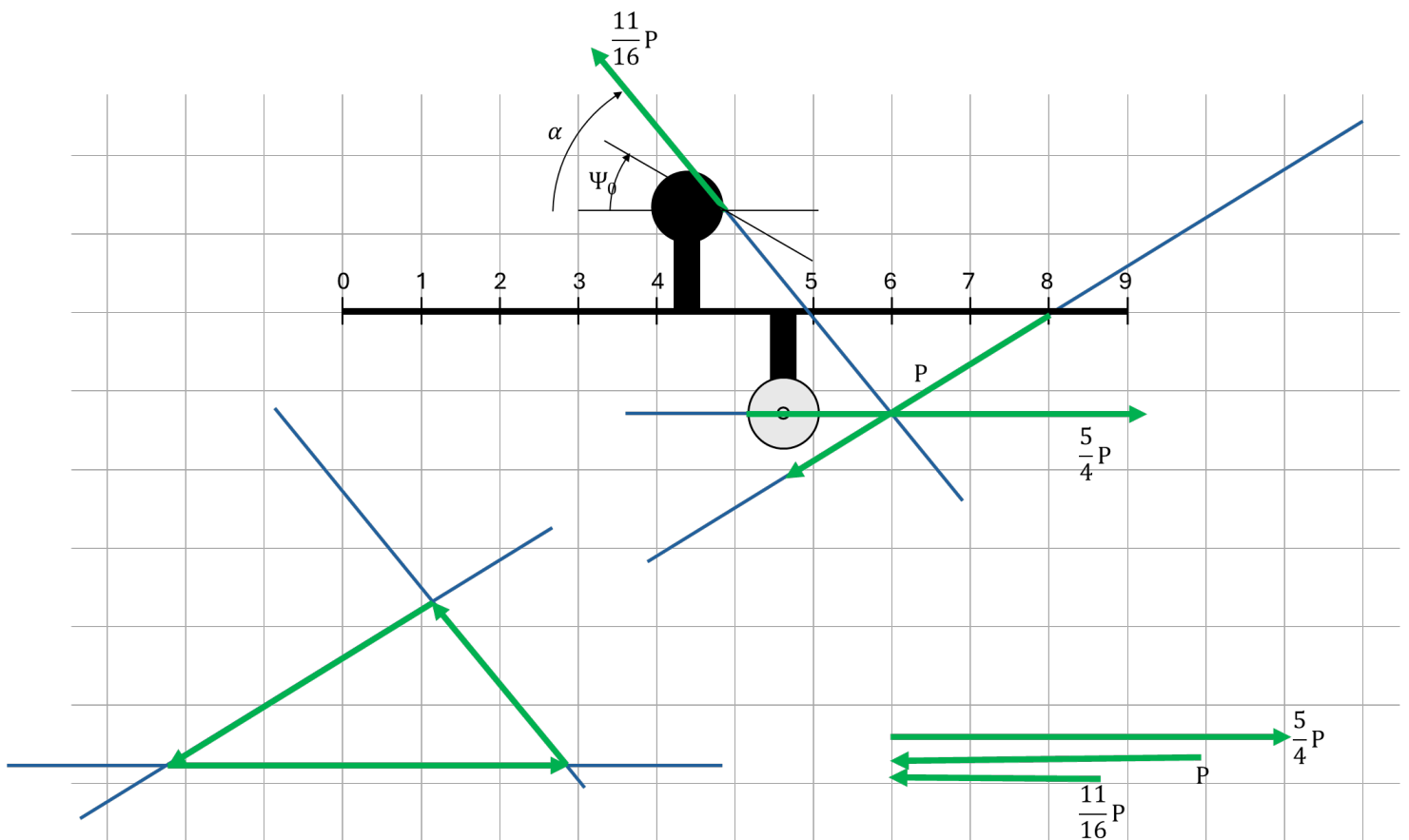
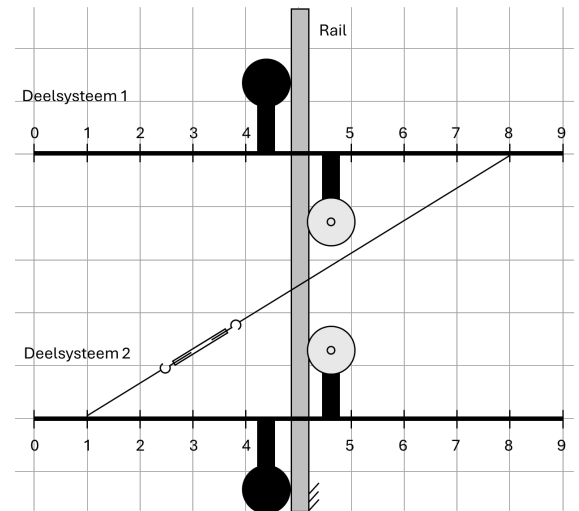
In de contacten zijn drukkrachten, geen trekkrachten. Dus het systeem kantelt niet.

De hoek van de reactiekracht α is (net) kleiner dan de wrijvingshoek Ψ_0 (maximale toegelaten hoek), dus het contact slipt niet. Het systeem zal blijven staan.

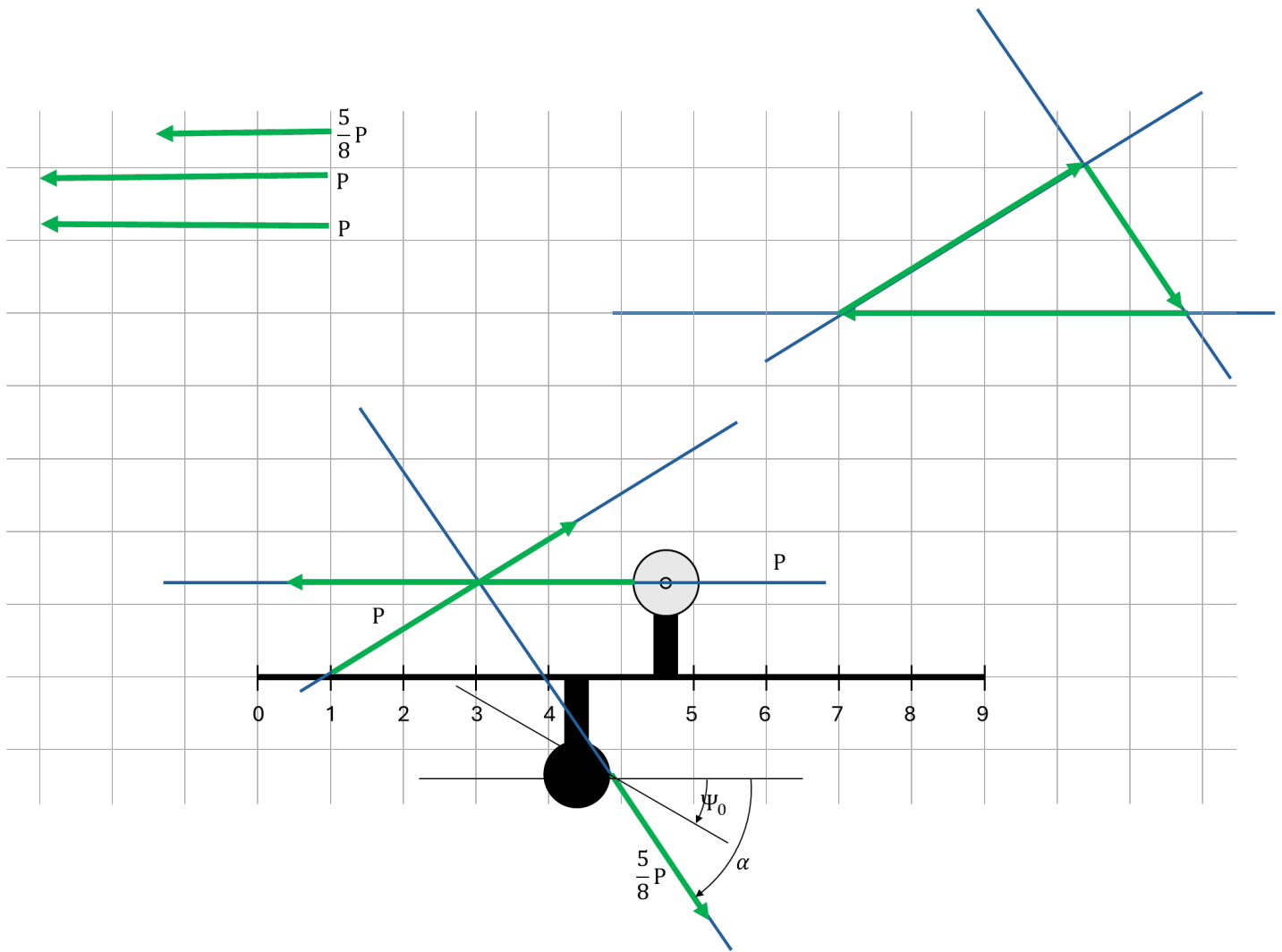
4.2

Het systeem hiernaast bestaat uit twee identieke, gespiegelde systemen die kunnen rijden over een rail. Tussen de twee systemen wordt een kabel gespannen (met bijv. een kabelspanner) die aangrijpt ter hoogte van het 6^e en 7^e cijfer van jouw studentnummer. Elk deelsysteem heeft een vast wiel (zwart) en een wrijvingsloos draaiend wiel (grijs). In de contactpunten tussen de wielen en de rail heerst een statische wrijvingshoek van $\Psi_0 = 30^\circ$. Zwaartekracht speelt in deze opgave geen rol.

Voer een grafische krachtenanalyse uit op beide deelsystemen om de externe krachten op de deelsystemen volledig te bepalen als functie van de spankracht P in de kabel. Ga hierbij in eerste instantie vanuit DAT er statisch evenwicht heerst. Ga vervolgens na of dit evenwicht mogelijk is. Neem voldoende ruimte op papier door extra lege vellen te gebruiken. Bepaal voor elk deelsysteem of het 1) stilstaat, 2) schuift of 3) losdraait.



In de contacten zijn drukkrachten, geen trekkrachten. Dus het systeem kantelt niet. De hoek van de reactiekracht α is groter dan de wrijvingshoek Ψ_0 (maximale toegelaten hoek), dus het contact slijpt. Het systeem schuift omlaag.

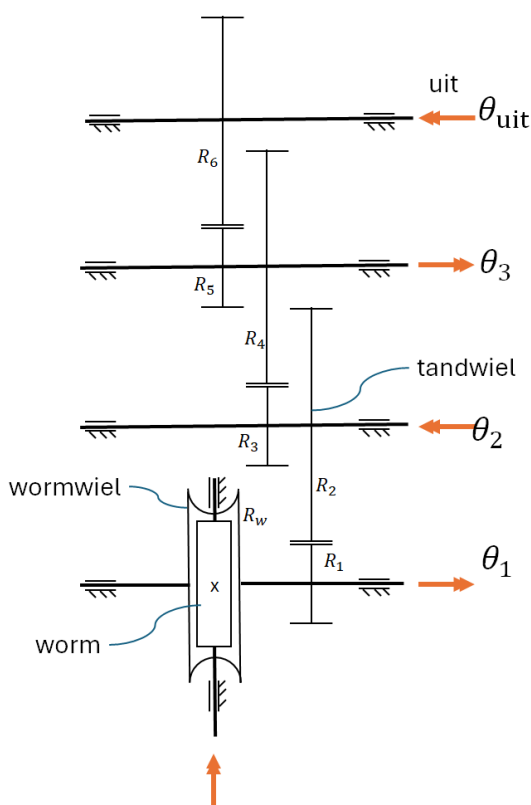
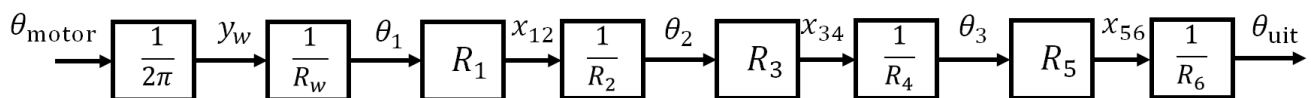


In de contacten zijn trekkrachten aanwezig, dat betekent dat het systeem zal kantelen (losraken van de rail).
 EXTRA: Als het kantelen niet zou gebeuren, dan zou het systeem omhoog schuiven omdat de hoek van de reactiekracht α groter is dan de wrijvingshoek Ψ_0 (maximale toegelaten hoek).

5.1

De motorreductor¹ die in de foto hiernaast weergegeven is bestaat uit een aaneenschakeling van een wormwieloverbrenging en drie tandwiel-paren. Van de

tandwielen die zich op dezelfde as bevinden mag worden uitgegaan dat deze star verbonden zijn aan elkaar, en dus dezelfde rotaties ondergaan. De tandafstand (speed, Engels: pitch) op de worm is 1mm en de straal van het wormwiel is R_w . De stralen van de zes tandwielen worden aangegeven met R_1 t/m R_6 . Bij deze opgave in BrightSpace vind je een schematische weergave van dit tandwielstelsel. A) Maak een blokschema van dit systeem waarvan het ingangssignaal de motor-as-rotatie is en het uitgangssignaal de rotatie van de uitgangs-as, beide gemeten in radialen. B) Maak een inschatting van de stralen van de tandwielen op basis van de informatie op de website in de voetnoot). C) Bereken de overbrengingsverhouding van deze reductor.



- Verplaatsingen zijn in mm
- Hoeken zijn in rad
- x_{12} is de lengte van de afgerolde weg tussen tandwiel 1 en 2, hetzelfde geldt voor x_{34} en x_{56}
- Geschatte stralen:

R_w	3mm
R_1	2mm
R_2	3mm
R_3	2mm
R_4	2mm
R_5	3mm
R_6	4mm

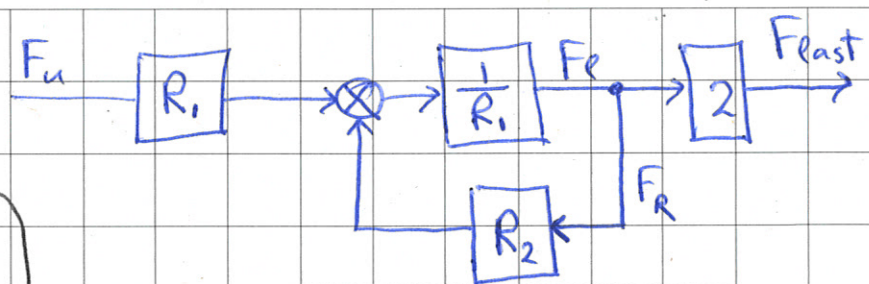
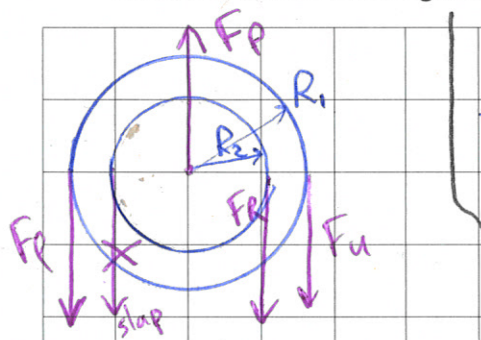
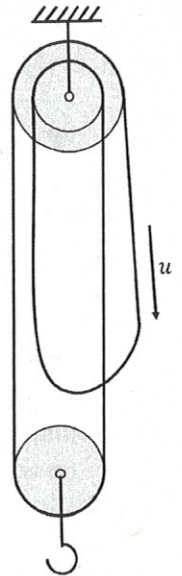
- Overbrengingsverhouding:

$$H = \frac{R_1 R_3 R_5}{2\pi R_w R_2 R_4 R_6} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3}{2\pi \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4} = \frac{1}{38}$$

1) Van AliExpress: [1218-n20 Zelfsluitende Wormwiel Miniatuur Dc Reductie Tandwielmotor 12V Lage Snelheid Enkele As Dual As Motor - AliExpress 13](#)

5.2

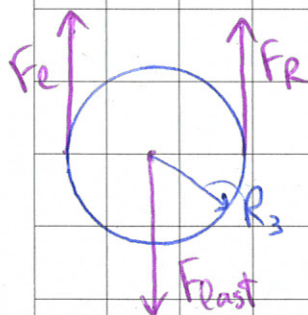
Een differentiaaltakel (ook wel Westontakel) is een bijzonder katrollensysteem waarmee grote krachtversterking gerealiseerd kan worden. Het bestaat uit een kettingwiel-set hangend aan het plafond, waarbij de wielen star aan elkaar verbonden zijn, en een vrij draaiend kettingwiel waar een haak aan zit om de last aan de hangen. Zie de schematische weergave hiernaast. De ketting wordt door de gebruiker met een afstand u naar beneden getrokken, waarbij de bovenste wiel-set rechtersom draait. Deze draaiing veroorzaakt dat de onderste katrol omhoog getild, maar tegelijkertijd geeft de ketting aan de rechterkant mee, wat juist een zakking veroorzaakt van de last. De ketting en de katrollen kunnen als gewichtsluos worden beschouwd. Dit betekent ook dat het slappe deel van de ketting geen kracht uitoefent op de tandwielen. Het systeem is in een hoge stand getekend, maar je mag ervan uitgaan dat de ketting heel lang is en de afstand tussen de twee deelsystemen heel groot. A) Teken twee vrijlichaamsdiagrammen waarbij je de krachten in de verschillende delen van de ketting een naam geeft, zo ook voor de krachten in de ophanging en de haak. B) Maak een blokschema van dit systeem waarbij de ingangskracht de kracht van de gebruiker is en de uitgangskracht de last. Benoem en illustreer zelf de benodigde systeemp parameters en signalen. C) Kies een aantal verschillende waarden voor de wioldiameters en bepaal de daarbij horende krachtversterkingsfactor (je mag het best spannend maken).



Overdrachtsfunctie (hier: kracht versterkingsfactor)

$$F_u \cdot R_1 + F_R \cdot R_2 = F_p \cdot R_1$$

$$H = \frac{R_1 \cdot \frac{1}{R_1} \cdot 2}{1 - R_2 \cdot \frac{1}{R_1}} = \frac{2}{1 - \frac{R_2}{R_1}}$$



Als $R_1 = 0,1 \text{ m}$ en $R_2 = 0,1 \text{ m}$: $H = \infty$

"

$R_2 = 0$: $H = 2$

"

$R_2 = 0,09 \text{ m}$: $H = 20$

$R_2 = 0,11 \text{ m}$: $H = -20$

$R_2 = -0,2 \text{ m}$: $H = 0,66$

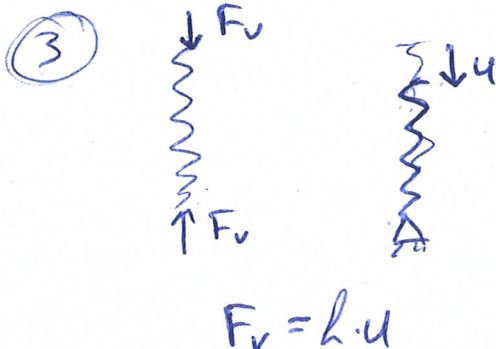
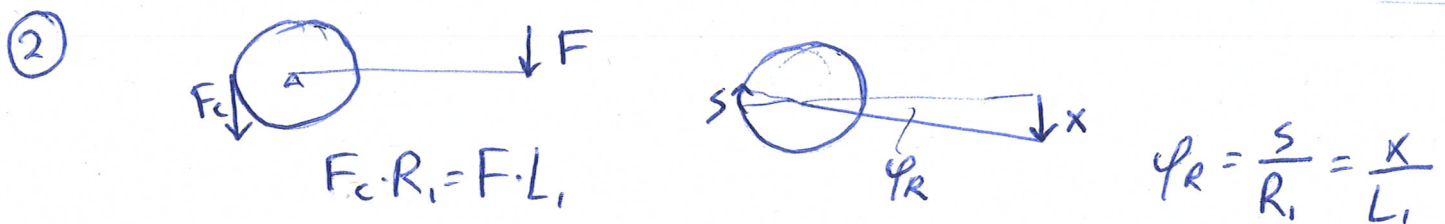
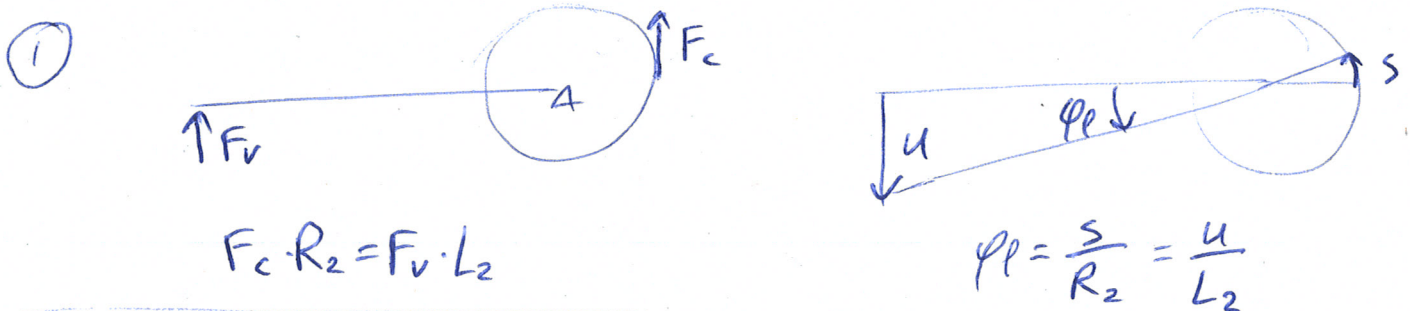
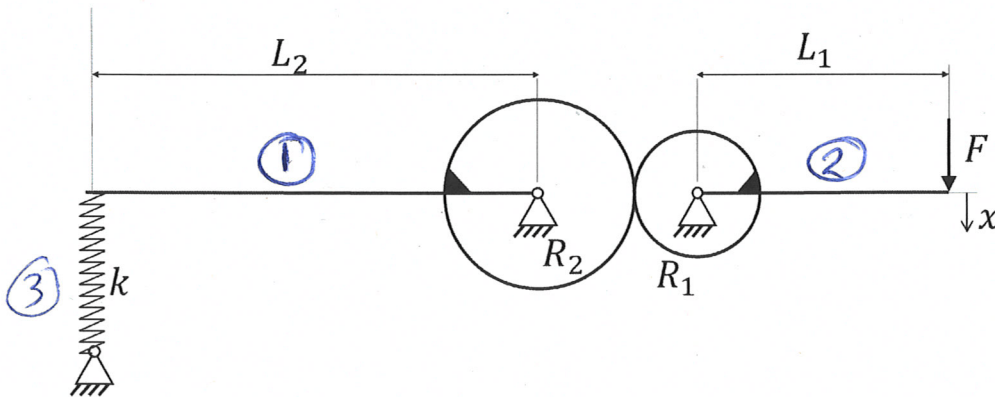
$$F_e \cdot R_3 = F_R \cdot R_3$$

$$F_{\text{east}} = 2 \cdot F_e$$

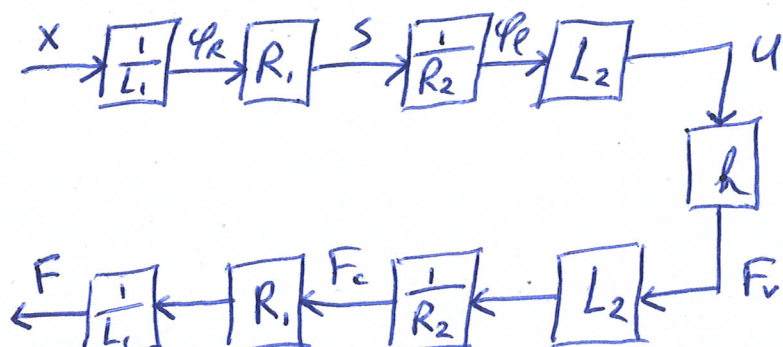
6.1

Beschouw onderstaand systeem, bestaande uit twee tandwielen, elk met een starre stang eraan verbonden. De rechter hefboom wordt naar beneden gedruwd met kracht F terwijl de linker hefboom weerstand ondervindt van de veer die wordt ingedrukt.

Beschouw alleen kleine verplaatsingen. Maak een blokschema met als ingang de indrukking x , en als uitgang de daarbij horende kracht F . Dat betekent dat de bovenste keten de bewegingsketen is, en de onderste keten, in tegengestelde richting, de krachtketen. De twee ketens zijn verbonden middels het veer-blok. Pak de opgave aan door eerst van elk lichaam schematische tekeningen te maken met daarin de krachten en de verplaatsingen, en hun benamingen. Stel vervolgens per lichaam de relevante statica en kinematica formules op. Stel dan pas het blokschema op.



Blokschema



7

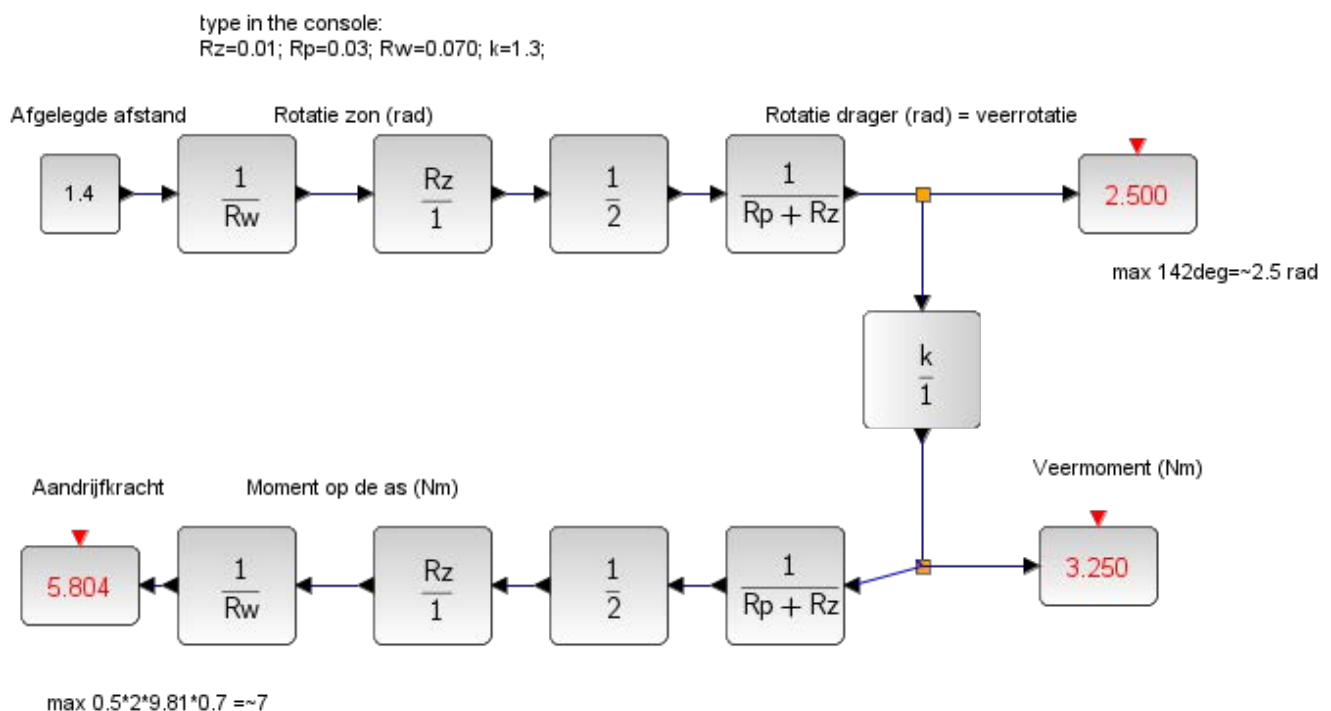
Voor het ontwerp van een veer-aangedreven kar wordt het volgende concept in beschouwing genomen. Een torsieveer (van Alcomex, model [TOR2070R](#)) wordt direct gekoppeld aan een [planeetwielmechanisme](#), die op zijn beurt gekoppeld is aan de as van de voorwielen. De totale massa van de kar schatten we in op 2kg, en we nemen aan dat de normaalkracht op de voorwielen de helft van het gewicht is. De wielen hebben een straal van 70 mm, en zijn van hard rubber. Er wordt gereden op glad beton.

Een planeetwielmechanisme kan op zes manieren gebruikt worden, zie de beschrijving onder deze opdracht in Brightspace.

a) Kies een gebruikersmodus. b) Stel een blokschema op van de hele aandrijflijn van de kar (tip: gebruik [Scilab – Xcos](#)). c) Bepaal hoe lang de afgelegde weg is vanaf het moment dat de veer volledig opgespannen is totdat de veer volledig ontspannen is. d) Hoe groot is de aandrijfkracht wanneer de veer volledig opgespannen is? e) Slippen de voorwielen?

a) Uitwerking voor modus 1. Voor de overige modi, zie de blokschemas op de volgende pagina en in het Scilab-Xcos bestand in brightspace.

b)



c) De afgelegde weg is 1.4 m. Bij die afstand is de torsieveer 2.5 rad (142 graden) verdraait. Dat is het maximum wat deze veer kan verdraaien volgens de datasheets.

d) De daarbijhorende aandrijfkracht is 5.8N.

e) Bij het gegeven gewicht, en een ingeschatte wrijvingscoëfficiënt van 0.7, geldt een maximale aandrijfkracht van 7N. Bij de huidige opzet van het ontwerp wordt deze dus NIET overschreden. Het wiel zal NIET slippen. Let op: dit geldt niet voor alle modi.

type in the console:
Rz=0.01; Rp=0.03; Rw=0.070; k=1.3;

