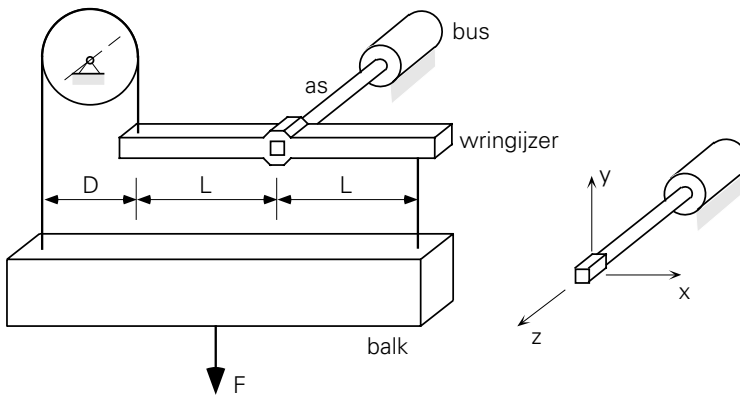


A

Gemengde opgaven

A.1. Een dunne as is ingelijmd in een cilindrische bus. De as en de lijmverbinding worden op torsie getest. Op het vierkante uiteinde van de as is een wringijzer geplaatst, waaraan twee koorden zijn bevestigd. De koorden worden belast door een uitwendige kracht F op de wijze zoals in figuur A.1 is aangegeven. Het wringijzer en de as worden massaloos verondersteld.



Figuur A.1.

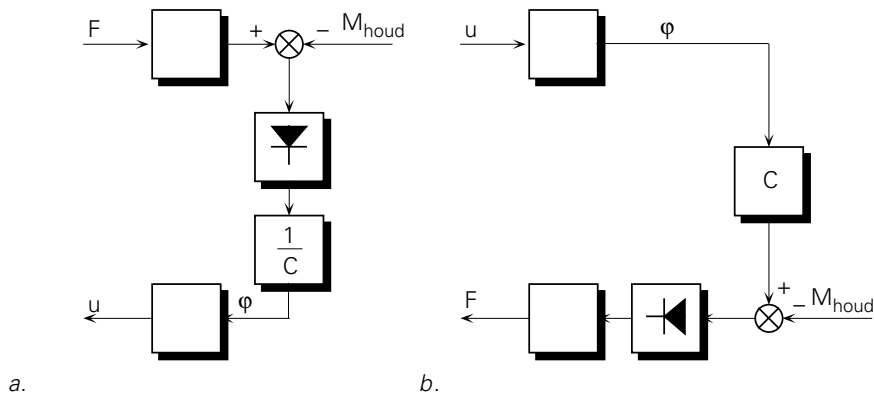
- Beschouw het totale testsysteem, zoals getekend. Teken in de figuur alle uitwendige krachten en momenten die op dit systeem werken, in de juiste richting. Geef hun grootte aan.
- Het wringijzer belast de as in het vierkante einde. Geef alle krachten en momenten in x , y en z -richting die daar op de as worden uitgeoefend. (F_x is een krachtvector langs de x -as; M_x is een momentvector langs de x -as). Druk de krachten en momenten uit in F , L en D .

In figuur A.2 is de werking van de installatie op twee manieren in een blokschema weergegeven. M_{houd} is het maximale inklemmoment; c = veerstijfheid as; φ = torsiehoek; u = verticale verplaatsing balk.

- Geef aan met welke uitspraak u het eens bent:

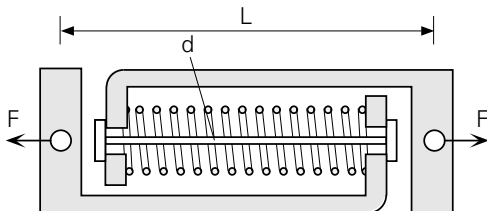
- a is goed; b is fout
- a is fout; b is goed
- a en b zijn beide goed
- a en b zijn beide fout

Indien u denkt dat een schema fout is, teken dan het juiste schema.



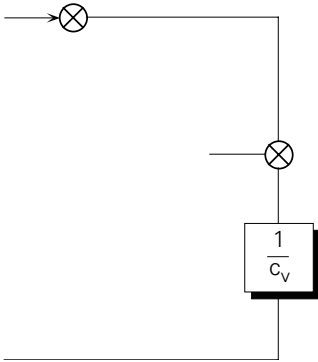
Figuur A.2.

A.2. In een ketting is het in figuur A.3 getekende apparaat opgenomen. Het apparaat beveiligt de ketting tegen overbelasting. In onbelaste toestand ($F = 0$) houdt de voorgespannen veer (voorspankracht F_0 , veerstijfheid C_v) de in zijn hartlijn liggende draad d gespannen. De afstand tussen de bevestigingsogen bedraagt dan L_0 . Bij toenemende belasting F blijft de verbinding zoals getekend, totdat bij een kracht $F = F_{max}$ de draad los komt te liggen. Vanaf dat moment ($F > F_{max}$) bepaalt uitsluitend de veerstijfheid c_v de onderlinge afstand L van de bevestigingsogen. De draad d heeft een veerstijfheid $c_d = 10c_v$. De rest van het apparaat wordt onvervormbaar verondersteld.

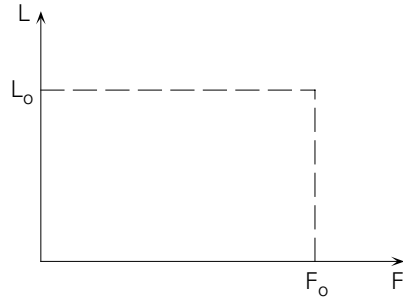


Figuur A.3.

- Maak het in figuur A.4 getekende blokschema volledig. Plaats pijlen die de signaalrichting aangeven. Benoem alle signaalbanen en blokken. Plaats tekens bij de optelpunten.
- Verander het blokschema zodanig, dat de lengte L daaruit afgelezen kan worden.
- Bereken de waarde van F_{max} .
- Indien $F = F_{max}$, hoe groot is dan de lengte L ?
- Geef in figuur A.5 aan hoe de lengte L wijzigt met de belastingskracht F . Geef de F - en de L -waarden van karakteristieke punten in de grafiek.



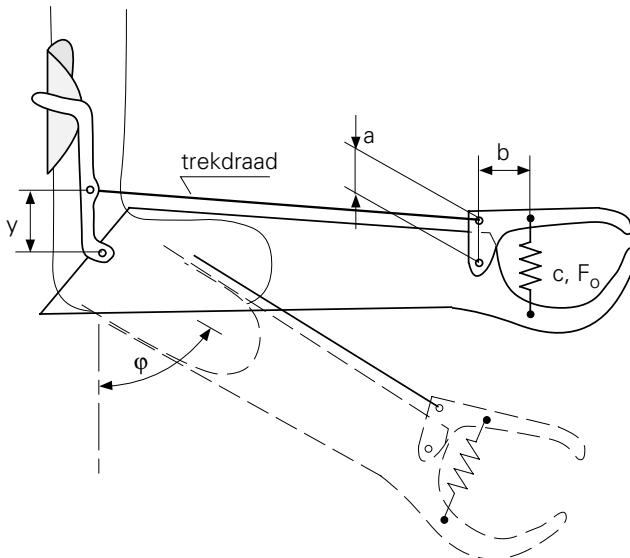
Figuur A.4.



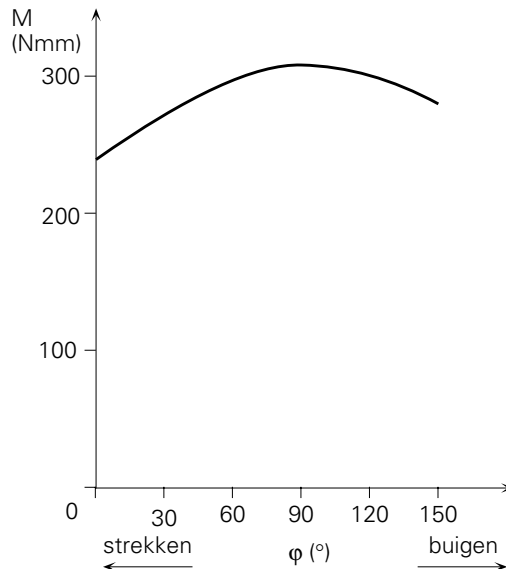
Figuur A.5.

A.3. In figuur A.6 is een ellebooggestuurde handprothese, sterk vereenvoudigd, weergegeven. Een dergelijke handprothese kan worden geopend door de elleboog te strekken. De hand is gemodelleerd als getekend, waarbij de veer een voorspanning F_0 en een veerstijfheid c bezit. De veer sluit de hand als de elleboog wordt gebogen. Het strekmoment dat de spieren van de arm rondom de ellebooggewrichtsas kunnen uitoefenen is weergegeven in figuur A.7 en te karakteriseren door:

$$M = 240 + 40\sqrt{3} \sin \varphi \quad (0 \leq \varphi \leq 150^\circ)$$



Figuur A.6.



Figuur A.7.

Het bedieningstraject van de hand is zo gekozen dat de handprothese juist begint met openen bij een ellebooghoek $\varphi = 90^\circ$ en volledig is geopend bij een hoek $\varphi = 60^\circ$.

Let op: φ is op de genormaliseerde wijze opgegeven vanuit de gestrekte armpositie.

De volgende aannamen worden gedaan:

- wrijving is verwaarloosbaar
- dynamische effecten spelen geen rol
- de trekdraad blijft horizontaal bij het doorlopen van het bedieningstraject
- de werklijn van de veer blijft verticaal en op een afstand b van het duimdraaipunt.
- de afstand a tussen trekdraad en duimdraaipunt is constant bij het doorlopen van het bedieningstraject
- $\pi = 3$

a. De werking van de veer die de hand sluit wordt teruggerekend op de bedieningshefboom. Schets de vorm van het gereduceerde veermoment als lastkarakteristiek in de figuur. De juiste ligging van deze karakteristiek wordt bepaald door de nu nog onbekende veervoorspanning F_0 .

De trekdraad is bevestigd op een afstand $y = 10$ mm van de ellebooggewrichtsas.

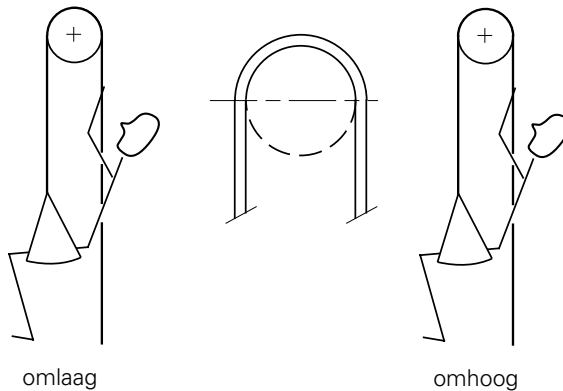
b. Hoe groot mag de voorspanning F_0 van de veer zijn opdat de hand nog juist geheel geopend kan worden? Gegeven: $c = 12$ N/mm en $a/b = 2$.

c. Met de bij b. berekende veervoorspanning is de juiste plaats van de lastkarakteristiek van het gereduceerde veermoment bekend. Teken deze lastkarakteristiek in de figuur.

A.4. Een boomchirurg (massa m) laat zich zakken uit een boom. Daartoe zit hij in een zitband, die is bevestigd aan een touw dat om een boomtak is geslagen. De beide

touwparten hangen verticaal. In de middenfiguur is de omgeving van de tak vergroot getekend. Op het touw werken drie krachten: de krachten F_{hand} en F_{zitband} in de afhangende parten en de kracht F_{tak} die de tak op het touw uitoefent. Tussen touw en tak is wrijving. De wrijvingscoëfficiënt bedraagt $f = 0,5 = \tan \psi \approx \sin \psi$ ($\psi =$ wrijvingshoek). Er is geen verschil tussen de wrijvingscoëfficiënt bij rust en bij beweging. De massa's van zitband en touw mogen worden verwaarloosd. Versnelingskrachten worden niet meegerekend.

- a. Teken in de middenfiguur van figuur A.8 de krachten die op het touw werken. Geef hun aangrijpingspunten, werklijnen en richting duidelijk aan.

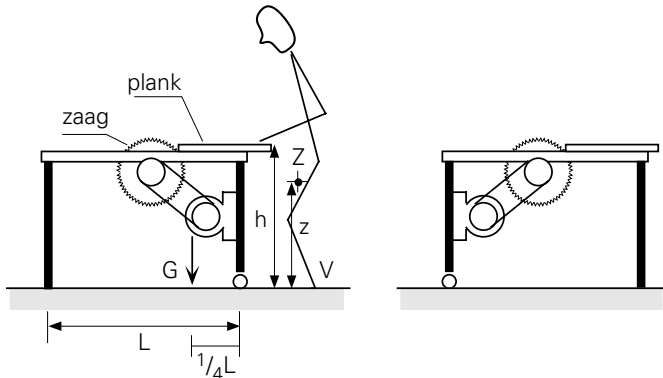


Figuur A.8.

- b. Beschouw de onbekende krachten F_{tak} , F_{zitband} en F_{hand} . Geef de drie vergelijkingen waaruit u deze drie krachten kunt bepalen.
- c. Bereken de krachten.
- d. Geef in de linker figuur (uitsluitend) de uitwendige krachten aan die op het totale systeem boomchirurg + zitband + touw werken. Geef duidelijk de werklijnen en de krachtrichtingen aan.
- e. De boomchirurg is te ver gedaald. Hij wil iets omhoog. Bij het veranderen van dalen naar optrekken is de boomchirurg niet gaan verzitten. De rechter figuur, die het optrekken aangeeft, is identiek aan de linker figuur. Dat is onjuist. Geef in de figuur duidelijk aan hoe de figuur gecorrigeerd moet worden.
- f. Welke kracht F_{hand} moet de boomchirurg bij optrekken op het touw uitoefenen?

A.5. In figuur A.9 is een man getekend die een plank doorzaagt met behulp van een zaagtafel.

De zaag van de zaagtafel wordt aangedreven door een aan de tafel bevestigde motor. De afstand tussen de poten bedraagt L . Om de tafel transportabel te maken zijn wielen geplaatst onder de twee zwaar belaste poten.



Figuur A.9.

De gewichtskracht G van de totale tafel grijpt aan op een afstand $\frac{1}{4}L$ van de 'rolpoten' (zie figuur).

De man heeft een massa $m = 80$ kg. Zijn zwaartepunt Z ligt op een afstand z boven de vloer. Zijn voeten V zijn puntvormig verondersteld. Zijn handen bevinden zich op een hoogte h boven de vloer.

De man drukt de plank met een horizontale kracht F door de zaag. De massa van de plank wordt verwaarloosd.

A. Beschouw het systeem man.

a. Teken in de figuur de werklijnen van de uitwendige krachten die op dit systeem werken.

Controleer het evenwicht van het systeem man.

b. Teken de krachtenveelhoek van de uitwendige krachten op het systeem man.

c. $F = 40$ N; $h = 100$ cm; $z = 80$ cm. Hoeveel bedraagt de horizontale afstand $\overline{ZV}_{\text{horizontaal}}$ tussen het zwaartepunt van de man en de plaats van zijn voeten?

B. Beschouw het systeem zaagtafel + plank.

d. Teken in de figuur de horizontale en verticale componenten van de krachten die de vloer op de tafelpoten uitoefent. Doe alsof de zaagtafel slechts de twee getekende poten bezit.

e. Geef de evenwichtsvergelijkingen voor het systeem zaagtafel + plank.

f. $F = 40$ N; $G = 400$ N; $L = 120$ cm. Bereken de grootte van de bij d. genoemde krachtcomponenten $F_{\text{verticaal, rechter poot}}$, $F_{\text{horizontaal, rechter poot}}$, $F_{\text{verticaal, linker poot}}$, $F_{\text{horizontaal, linker poot}}$.

g. Teken in de figuur de werklijnen van de uitwendige krachten die op het systeem zaagtafel + plank werken. Voor een duidelijke tekening kunt u beter de krachten niet op schaal tekenen. Controleer ook het evenwicht van de krachten.

h. Teken de krachtveelhoek van de uitwendige krachten op het systeem zaagtafel + plank.

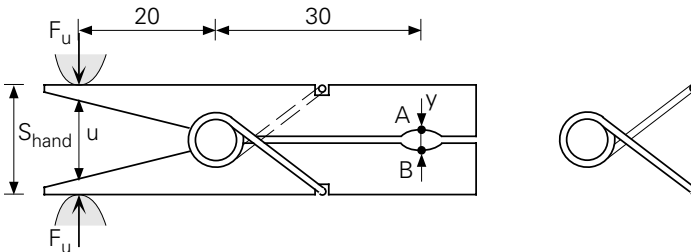
i. Hoe groot moet de wrijvingscoëfficiënt f tussen vloer en poot zijn opdat de tafel

niet gaat schuiven.

- j. Het is ook mogelijk de tafel iets anders op te bouwen, als geschetst in het rechter deel van de figuur.

Verschuift een zaagtafel met deze opbouw gemakkelijker of moeilijker? Motiveer uw antwoord.

A.6. De figuur A.10 toont een wasknijper in de gesloten toestand. Een torsieveer is aangebracht om de sluitkracht te leveren en dient tevens als draaipunt. Om de knijper te openen wordt de afstand tussen de vingertoppen s_{hand} verkleind. De beweging van de knijper wordt gekarakteriseerd door de afstand u .



Figuur A.10.

Als de knijper opent, verdraaien de knijperhelften om het centrum van de torsieveer. Deze beweging wordt wrijvingsloos verondersteld. De hoek tussen de knijperhelften wordt φ genoemd. Bij gesloten knijper is $\varphi = 0$.

Dezelfde hoek φ wordt gebruikt voor het beschrijven van het veermoment M_v van de torsieveer:

$$M_v = M_0 + c\varphi \quad (\varphi \text{ in rad})$$

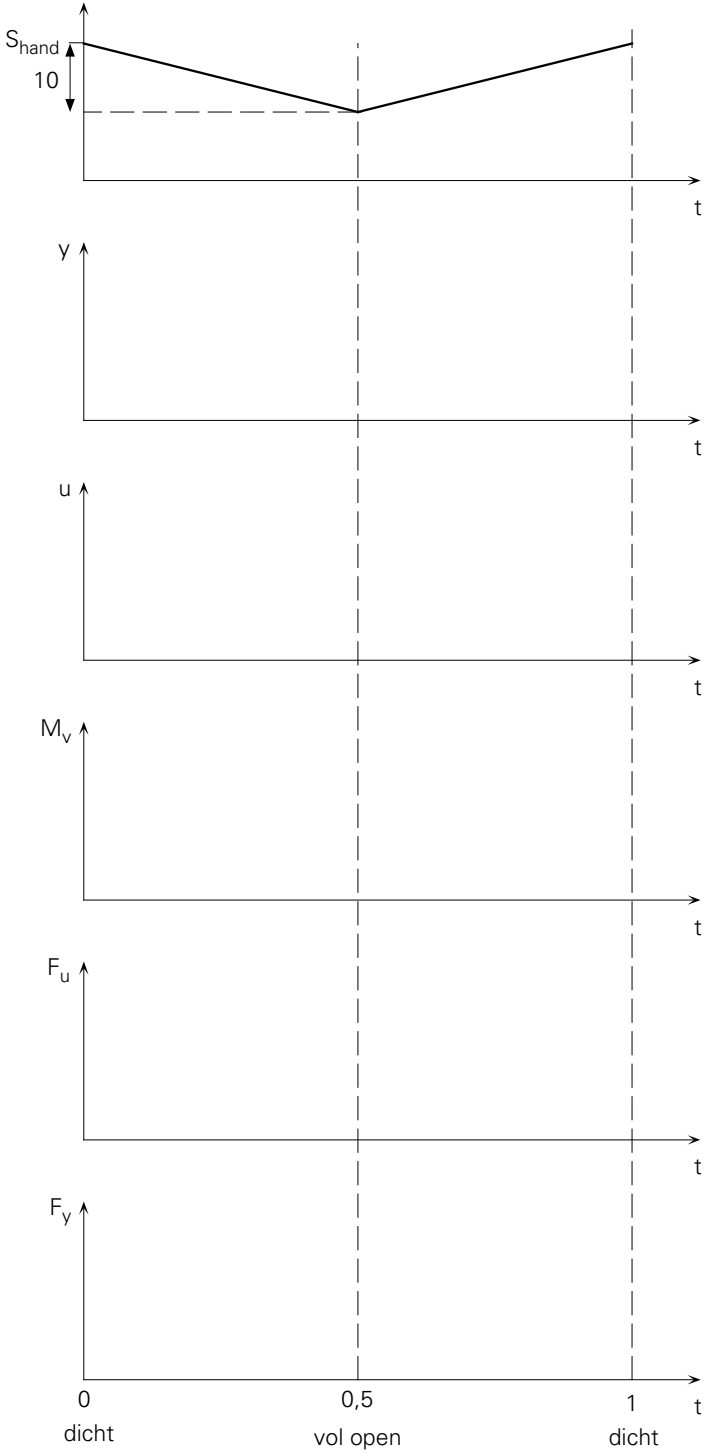
Hierin is $M_0 = 180 \text{ Nmm}$ het voorspanmoment en $c = 480 \text{ Nmm/rad}$ de veerstijfheid.

De knijper wordt vanuit de gesloten positie ($s_{hand} = s_{hand \text{ max}}$; $u = 10 \text{ mm}$; $y = 5 \text{ mm}$) opgedrukt. Bij vol geopende knijper ($u = 0$) wordt een rond voorwerp met een diameter $d = 10 \text{ mm}$ in de grijpholte gebracht. Daarna wordt de torsieveer toegestaan de knijper te sluiten. Als de bekken van de knijper zich sluiten rond het voorwerp, laat de hand los van de knijper. Het voorwerp bevindt zich dan tussen de punten A en B. Het verloop van s_{hand} tegen de tijd is in de grafiek van figuur A.11 weergegeven. Maak deze grafiek compleet door het tekenen van het verloop tegen de tijd van:

N.B. In de figuur zijn de afstanden in mm opgegeven.

- de afstand tussen de punten A en B (in mm)
- de afstand u (in mm)
- het veermoment M_v (in Nmm)

N.B. Bij volle opening bedraagt $\varphi \approx \frac{10}{20} = 0,5 \text{ rad}$.

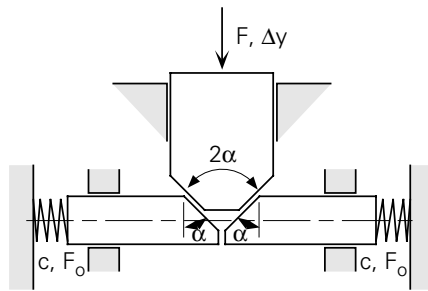


Figuur A.11.

- d. de kracht F_u tussen de vingertoppen (in N)
 - e. de kracht F_y die op het voorwerp wordt uitgeoefend (in N).
- Teken uw grafieken duidelijk en op schaal. Geef in elk geval getalwaarden bij alle karakteristieke punten (beginwaarden, knikpunten, eindwaarden).
- In het rechter deel van de figuur staat de knijperveer nogmaals getekend in voorgespannen toestand.
- f. Geef aan (ongeveer op schaal) hoe de ongespannen veer er uitziet.

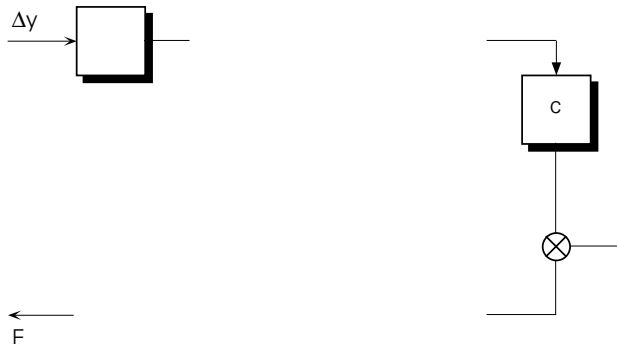
A.7. Een mechanisme is opgebouwd als geschetst in figuur A.12. Een pen met een V-vormig uiteinde, tophoek 2α , rust op twee assen. De assen zijn beide, in hun contactvlak met de pen, voorzien van een afgeschuinde zijde. Elk der assen is belast met een veer, veerstijfheid c , veervoorspanning F_0 . De wrijvingscoëfficiënt tussen assen en pen bedraagt f . De wrijving in de geleidingen van de pen en de assen is verwaarloosbaar.

Op de pen wordt een uitwendige, axiale kracht F uitgeoefend, waardoor de assen uit elkaar gedrukt worden.



Figuur A.12.

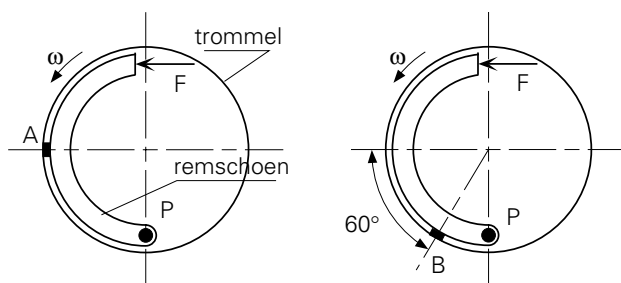
- a. Aan welke voorwaarde(n) moet α voldoen opdat de pen en de assen terugkeren in hun uitgangspositie als de uitwendige kracht F op de pen wordt weggenomen?



Figuur A.13.

- b. Het blokschema van figuur A.13 beschrijft de samenhang tussen de verplaatsing Δy van de pen en de kracht F op de pen, voor toenemende F . Maak het schema af. Benoem alle blokken en signalen. Zet tekens bij de optelpunten.

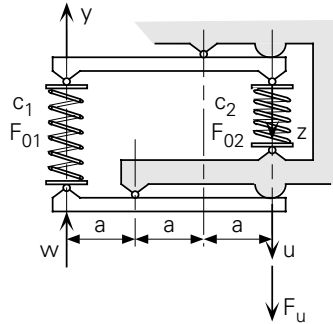
A.8. Zie figuur A.14. Van een trommelrem wordt alleen de getekende remschoen beschouwd. De remschoen is draaibaar om een vast punt P en wordt aangedrukt door de kracht F . Het contactpunt tussen de remschoen en de draaiende trommel (zie pijlrichting) wordt in A (linker figuur) verondersteld. De aldaar optredende wrijving is gekarakteriseerd door een wrijvingshoek $\psi = 30^\circ$.



Figuur A.14.

- Teken de werklijnen van de uitwendige krachten op de remschoen. Geef de krachtendriehoek weer.
- Als $F = 100$ N, bepaal dan door opmeten uit de krachtendriehoek de grootte van de in A werkende reactiekracht F_A . De gevonden waarde is uiteraard niet nauwkeurig.
- Hoe groot is de in A werkende wrijvingskracht W_A ? Aanwijzing: maak gebruik van de verhouding tussen F_A en W_A . Hoe groot is het remkoppel M dat op de trommel werkt? De remschijf heeft een diameter $D = 20$ cm.
- In de rechter figuur is het contactpunt tussen schoen en trommel in B aangenomen. Verder is de opstelling identiek en zijn de gegevens hetzelfde. Ga op overeenkomstige wijze te werk.
Teken de krachtendriehoek en geef de corresponderende antwoorden.
- Zou het kunnen zijn dan $F_A = F_B$ en dus ook $M_{\text{links}} = M_{\text{rechts}}$?

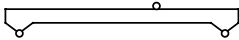
A.9. Zie figuur A.15. Een mechanisme bestaat uit twee scharnierend opgestelde hefboomen. De hefboomen zijn verbonden door middel van een drukveer met stijfheid c_1 en voorspanning F_{01} . Op de bovenste hefboom werkt een tweede drukveer met stijfheid c_2 en voorspanning F_{02} .



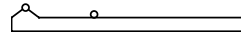
Figuur A.15.

In de getekende rustsituatie, $u = 0$, $F_u = 0$, maken beide hefboomen contact met een aanslag. De opgelegde verplaatsingen u zijn klein; de beide hefboomen verdraaien slechts over kleine hoeken. Er mag verondersteld worden dat de veerkrachten verticaal blijven en dat hun werklijnen steeds op dezelfde afstanden (a of $2a$) van de draaipunten liggen. De hefboomen en de veren zijn massaloos verondersteld; de wrijving in de diverse draaipunten is verwaarloosbaar klein.

- Teken in figuur A.16 de krachten die op de bovenste hefboom werken in de rustsituatie.
- Welke verhouding dienen de voorspankrachten F_{01} en F_{02} van de beide drukveren tenminste te hebben opdat in de rustsituatie de bovenste hefboom daadwerkelijk tegen de aanslag gedrukt wordt.

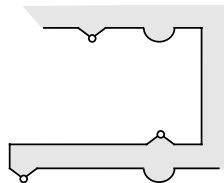


Figuur A.16.



Figuur A.17.

- Teken in figuur A.17 de krachten die op de onderste hefboom werken in de rustsituatie. Druk de kracht in de onderste aanslag uit in F_{01} . Het mechanisme bevindt zich nog steeds in de rustsituatie.
- In de opstelling is $F_{02} = 3F_{01}$. Teken in figuur A.18 alle krachten die op de vaste wereld werken in de rustsituatie. Teken de krachten in de juiste richting en druk hun grootte uit in F_{01} .

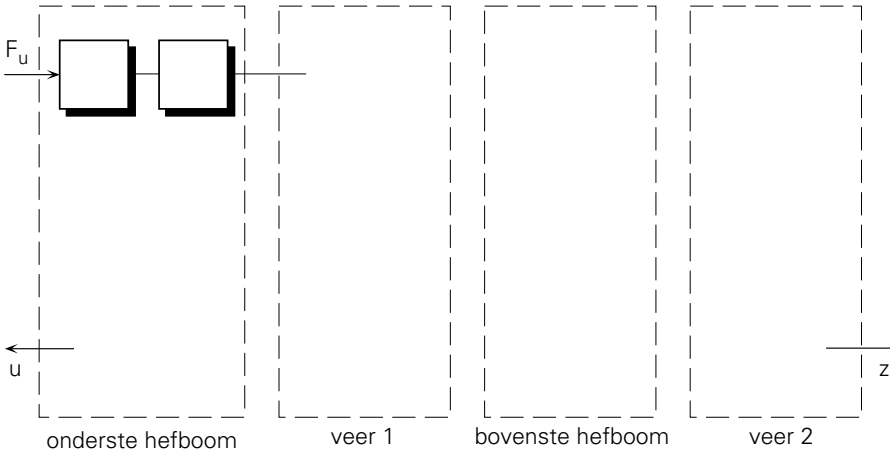


Figuur A.18.

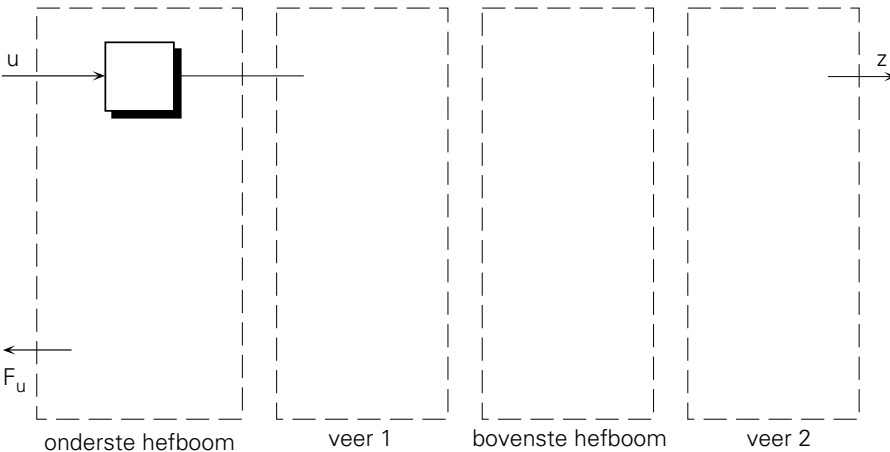
- Is de vaste wereld in evenwicht? Indien u oordeelt dat geen evenwicht aanwezig is, geef dan in figuur A.18 aan welke kracht en/of koppel moet worden toegevoegd

om wel evenwicht te verkrijgen.

- f. Op de onderste hefboom wordt een kracht F_u uitgeoefend. Hoe groot moet F_u tenminste zijn opdat de onderste hefboom loskomt van zijn aanslag.
- g. Hoe groot moet F_u tenminste zijn opdat ook de bovenste hefboom juist loskomt van zijn aanslag. Hoe groot is dan u ?
- h. Indien F_u groter is dan de bij g. berekende waarde, zijn beide hefbomen los van hun aanslag. Maak voor deze situatie het blokschema in figuur A.19 af. Zorg dat alle elementen binnen de juiste kaders worden aangegeven. Plaats de optelpunten en voorzie ze van de juiste tekens.



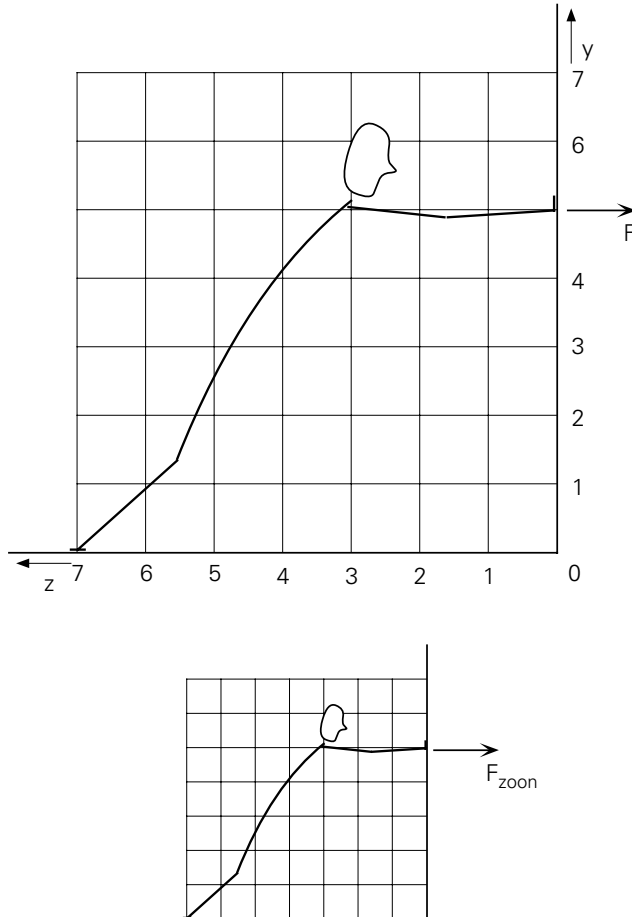
Figuur A.19.



Figuur A.20.

- i. Teken in figuur A.20 het blokschema met u als onafhankelijke ingangsvariabele. Breng tevens vereenvoudigingen aan.
- j. Bereken de verplaatsing Δy die optreedt tengevolge van een verplaatsing Δu .

A.10. In figuur A.21 is een raster aangegeven ter verduidelijking van de geometrie. Een man drukt in de getekende houding tegen een muur. Hij oefent op de muur een horizontaal gerichte kracht F uit. Zijn massa bedraagt $m = 80$ kg; zijn zwaartepunt heeft de positie $x = 5$; $y = 3$.



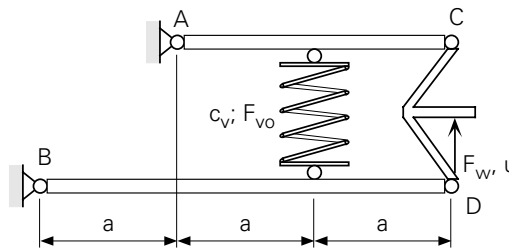
Figuur A.21.

Beantwoord de volgende vragen:

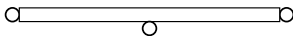
- Geef de aangrijpingspunten van de uitwendige krachten aan met een cirkeltje.
- Teken in de figuur de werklijnen van de uitwendige krachten op de man.
- Teken de krachtendriehoek van de uitwendige krachten.
- Bereken de grootte van kracht F .
- Welke waarde moet de wrijvingscoëfficiënt f tussen voet en vloer tenminste hebben, opdat de berekende kracht kan worden uitgeoefend.
- De man houdt zijn handen en voeten in de getekende positie. Kan hij een grotere kracht F op de muur uitoefenen? Zo nee, waarom niet; zo ja, hoe dan?

- g. Het zontje van de man, dat geometrisch gelijkvormig met hem is, imiteert de man. Geef in de kleine figuur nauwkeurig aan waar het zwaartepunt van de zoon ligt.
- h. Welke kracht F_{zoon} oefent het zontje op de muur uit, indien de schaalfactor $s_l = \frac{1}{2}$?
- i. Volgens de schaalwet geldt $s_\sigma = s_l$. Komt deze uitspraak overeen met uw antwoord? Geef een korte verklaring.
- j. Ook als de zoon tegen de muur drukt, dient een wrijvingscoëfficiënt tussen voet en vloer aanwezig te zijn. Geef de minimale waarde.

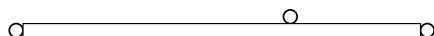
A.11. In figuur A.22 is, sterk vereenvoudigd, de wielophanging van een automobiel weergegeven. De getekende situatie wordt als rusttoestand beschouwd. De tussen de bovenste draagarm AC en de onderste draagarm BD geplaatste drukveer met stijfheid c_v heeft in de rusttoestand een voorspanning F_{v0} . In de rusttoestand geldt $u = 0$ en $F_w = F_{w0}$. De scharnieren A, B, C en D zijn wrijvingsloos.



Figuur A.22.



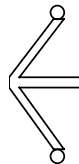
a.



b.

Figuur A.23.

- a. Teken in figuur A.23.a de krachten en/of momenten die in de rusttoestand op de bovenste draagarm AC werken in de positieve richting.
- b. Teken in figuur A.23.b de krachten en/of momenten die in de rusttoestand op de stang BD werken in de positieve richting.
- c. Teken in figuur A.24 de krachten en/of momenten die in de rusttoestand op de onderste draagarm BD werken in de positieve richting.

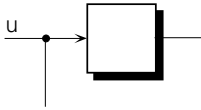


Figuur A.24.

d. Druk de grootte van de onder a , b en c getekende krachten en/of momenten uit in F_{w0} .

Vanuit de rusttoestand ondergaat het wiel een verticaal naar boven gerichte verplaatsing $u = \Delta u$. De daarvoor benodigde kracht $F_w = F_{w0} + \Delta F_w$.

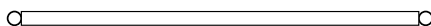
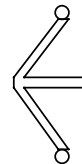
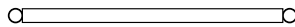
e. Maak het blokschema in figuur A.25 af. Plaats de optelpunten en voorziet ze van de juiste tekens.



Figuur A.25.

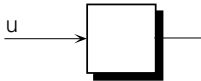
f. Bereken de totale overdracht $H = \frac{F_w}{u}$.

Iemand vervangt de drukveer door een spiraalveer. Eén uiteinde van de veer is vast verbonden met de bovenste draagarm AC in punt A; het andere uiteinde van de veer is verbonden met de vaste wereld. Bij verdraaiing van de bovenste draagarm AC rond punt A vervormt de spiraalveer. Het hiervoor benodigde moment bedraagt $M_s = M_{s0} + c_s \Delta \varphi$. In de rusttoestand, $\Delta \varphi = 0$, geldt dus $M_s = M_{s0}$.



Figuur A.26.

- g. Teken in figuur A.26 de krachten en/of momenten die in de rusttoestand op de deelsystemen bovenste draagarm AC, stang CD en onderste draagarm BD werken in de positieve richting.
- h. Druk de grootte van de onder g getekende krachten en/of momenten uit in F_{w0} . Vanuit de rusttoestand ondergaat het wiel een verticaal naar boven gerichte verplaatsing $u = \Delta u$. De daarvoor benodigde kracht $F_w = F_{w0} + \Delta F_w$.
- i. Maak het blokschema in figuur A.27 af. Plaats de optelpunten en voorzie ze van de juiste tekens.



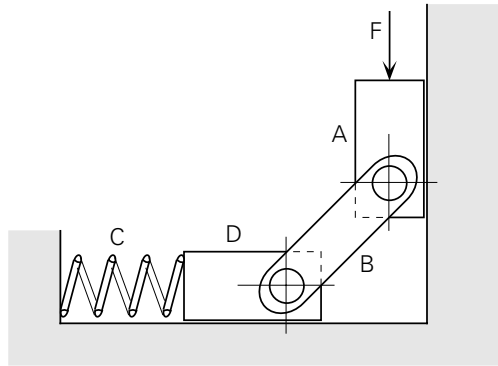
Figuur A.27.

- j. Welke stijfheid c_s dient de spiraalveer te hebben, uitgedrukt in c_v , opdat het wiel dezelfde F_w - u -karakteristiek heeft als in de ophanging met de drukveer?

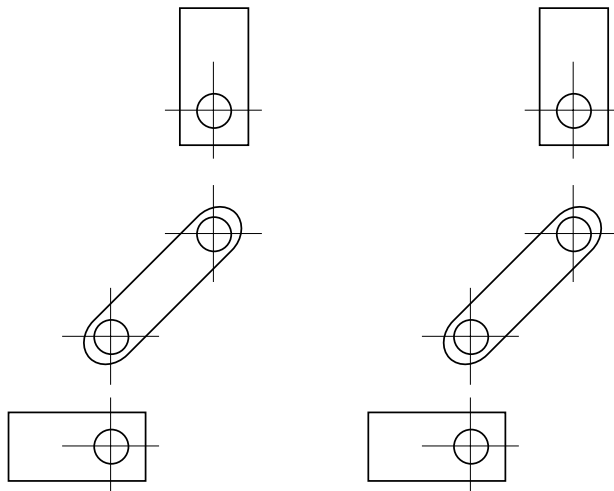
A.12. In figuur A.28 is een deel van een mechanisme getekend. Bij het aanbrengen van een kracht F op blok A schuift dat blok omlaag. De koppelstang B brengt de beweging over op blok D, waardoor de veer met veerstijfheid c wordt ingedrukt. In de beschouwde stand maakt de koppelstang een hoek α met de horizontaal. De blokken A en D zijn voorzien van pennen; de koppelstang B heeft gaten.

Beschouw het gehele systeem wrijvingsloos voor de vragen a, b, c en d.

- a. Teken in figuur A.29 op alle onderdelen de werklijnen van de uitwendige krachten die erop worden uitgeoefend.
- b. Teken de uitwendige krachtvectoren in dezelfde figuur in de juiste richting. Geef de aangrijpingspunten van de krachtvectoren aan met een klein cirkeltje.
- c. Teken de krachtendriehoeken van de blokken A en D.
- d. In de beschouwde stand bedraagt $F_{veer} = 10$ N. Hoe groot is de bedieningskracht F ?



Figuur A.28.



Figuur A.29. Zonder wrijving.

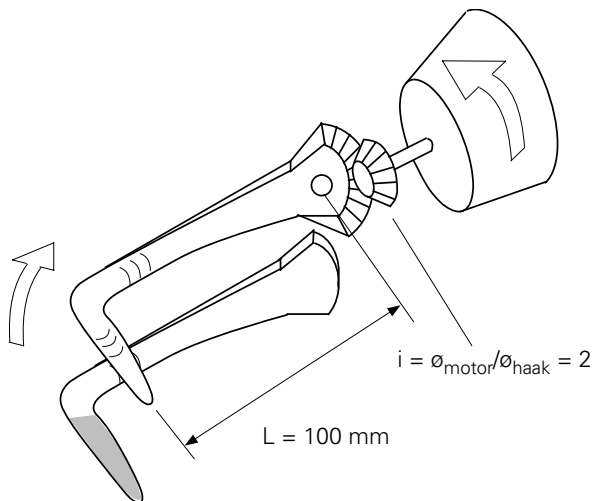
Figuur A.30. Met wrijving.

Beschouw hetzelfde systeem in dezelfde stand. Er heerst zowel tussen blokken en geleidingen als tussen koppelstang en blokken wrijving. De wrijving wordt gekarakteriseerd door een wrijvingshoek ψ . Overall geldt $\psi = 30^\circ$.

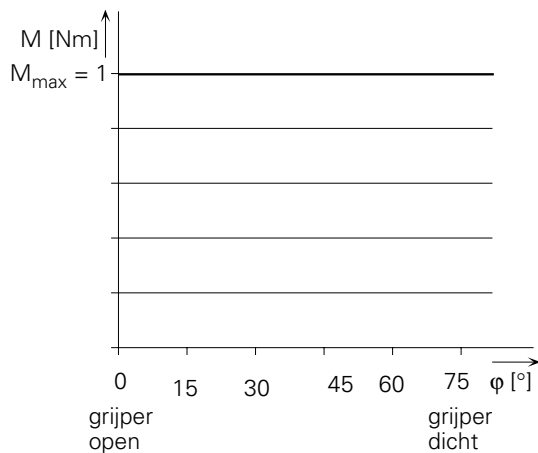
e. Schets de werklijnen van de uitwendige krachten zoals die op de verschillende onderdelen worden uitgeoefend. Doe dit op de onderdelen in figuur A.30. Geef de wrijvingshoek aan in de figuur. Er is op vier plaatsen wrijving, dus vier wrijvingshoeken aangeven! Teken de uitwendige krachtvectoren in dezelfde figuur in de juiste richting. Geef de aangrijpingspunten van de krachtvectoren aan met een klein cirkeltje.

A.13. In een publicatie is een onderarmprothese, uitgerust met een tweevingerig grijpmechanisme beschreven, zie figuur A.31. Draaibewegingen van de onderarm worden via een om de onderarm nauwsluitende mof overgebracht op het grijpmecha-

nisme. Daartoe is op het uiteinde van de mof een konische tandwieloverbrenging aangebracht. De grijper bestaat uit twee vingers. Een ervan is vast verbonden met het frame. De ander kan via de tandwieloverbrenging worden bewogen.



Figuur A.31.



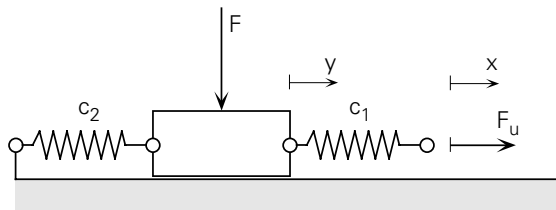
Figuur A.32.

De spieren die de draaibeweging van de onderarm verzorgen fungeren als motor voor de grijper. Het door deze motor geleverde moment M is in grootte afhankelijk van de mate van spierspanning en varieert tussen $M = 0$ en $M = M_{max}$. De motorkarakteristiek is gegeven in figuur A.32.

- Hoe groot is de maximale knijpkracht die met de grijper kan worden uitgeoefend?
- Met de grijper wordt een voorwerp met een dikte van 30 mm beetgepakt. Hoe groot is de hoek φ van de onderarm als de vingers van de grijper juist aanliggen op dit voorwerp? Stel $\tan \varphi = \varphi$ en $1\text{ rad} = 60^\circ$.

- c. Het voorwerp uit deelvraag *b* heeft een stijfheid $c_v = 4 \text{ N/mm}$. Hoe groot is ϕ bij maximaal knijpen?
- d. Schets het verloop van M_{motor} in de figuur van de motorkarakteristiek.
- e. Stel het blokschema op voor het geval dat een voorwerp met stijfheid c_v in de grijper wordt beetgepakt. Kies ϕ_{motor} als onafhankelijke ingang. Benoem de signalen; zet tekens bij de optelpunten.
- f. Als een voorwerp met stijfheid c_v zich tussen de vingers van de grijper bevindt, hoe groot is dan de vervangende veerstijfheid van de motorlast?
- g. Controleer de dimensie van de berekende stijfheid onder *f*. Klopt de berekende stijfheid met de onder *d* getekende karakteristiek?
- h. Een ontwerper plaatst andere tandwielen in de prothese. Hij plaatst nu een rondsel met 15 tanden en een wiel met 45 tanden. Hoe groot is de nieuwe i ?
- i. Met het nieuwe tandwielstelsel uit deelvraag *h* wordt een blokje schuimrubber van 30 mm dikte en een stijfheid van 1 N/mm vastgepakt. Teken de getransformeerde lastkarakteristiek in de figuur van de motorkarakteristiek.
- j. Hoe groot is de maximale knijpkracht bij het vastpakken van het schuimrubber?

A.14. Een onderdeel van een machine werkt niet goed. Na analyse kan die werking worden beschreven met het in figuur A.33 getekende model.



Figuur A.33.

Een blok schuift langs een lijbaan door de actiekrachten van twee veren met veerstijfheden c_1 en c_2 . Het blok wordt tegen de lijbaan gedrukt met een constante kracht F . De getekende stand is de rustsituatie, waarin beide trekveren c_1 en c_2 ongespannen zijn. Dan is het ingangssignaal $u = 0$ en het uitgangssignaal $y = 0$. Daarna wordt een uiteinde van de veer c_1 bewogen (verplaatsing u ; benodigde kracht F_u).

Voor de vragen *a* t/m *e* wordt het systeem wrijvingsloos verondersteld.

- a. Teken alle krachten die op het blok werken bij een ingangsverplaatsing u . Benoem de veerkrachten F_{c1} en F_{c2} .
- b. Druk de grootte van de krachten F_{c1} en F_{c2} uit in de optredende verplaatsingen en de veerstijfheden.
- c. Teken het blokschema van het totale systeem. Kies u als onafhankelijk ingangssignaal; F_u als afhankelijk ingangssignaal. Benoem de signalen, plaats tekens bij optelpunten en geef de functiewaarden van de blokken.

- d. Bereken de overbrengingsverhouding $H = y/u$.
- e. Teken de grafiek van het uitgangssignaal tegen het ingangssignaal. Karakteriseer de grafiek door, voor zover van toepassing, nulpunten, helling, maxima en minima en buigpunten.

Voor de vragen *f*/*m*/*j* wordt verondersteld dat bij glijden van het blok langs de lijbaan wrijving ontstaat. De wrijvingscoëfficiënt bedraagt f .

- f. Hoe groot is de wrijvingskracht W die op het blok werkt?
- g. Teken een nieuw blokschema van het totale systeem waarin de wrijvingskracht op de juiste plaats is opgenomen. Geef aan waardoor het teken waarmee W is ingevoerd, wordt bepaald.
- h. Teken de grafiek van het uitgangssignaal als u vanuit de ruststand naar rechts tot $u = u_{\max}$ beweegt. Geef de karakteristieke waarden van de grafiek.
- i. Voeg in de figuur van vraag *h*. toe hoe het uitgangssignaal verloopt als u na het bereiken van u_{\max} naar links beweegt totdat de uitgangssituatie $u = 0$ bereikt is. Geef de karakteristieke waarden.
- j. Teken de grafiek van het ingangssignaal tegen het uitgangssignaal als u sinusvormig tussen de uiterste waarden 0 en u_{\max} varieert. Geef de karakteristieke waarden.