

**27**

Eina-e

# *Mecànica i teoria de mecanismes*

Cristina Urbina



# Mecànica i teoria de mecanismes

Cristina Urbina



Tarragona, 2019

PUBLICACIONS DE LA UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI  
Av. Catalunya, 35 - 43002 Tarragona  
Tel. 977 558 474 · publicacions@urv.cat  
www.publicacions.urv.cat



1a edició: febrer de 2016  
2a edició: 2019  
ISBN (paper): 978-84-8424-505-6  
ISBN (PDF): 978-84-8424-506-3

Dipòsit legal: T 1543-2016

Dibuixos de Marcos Sanchez Serrano i Alvaro Rodríguez Almaraz  
Edició revisada amb la col·laboració de Francesc Ferrando Piera



Cita el libro.



Consulta el libro en nuestra web.



Libro bajo una licencia Creative Commons BY-NC-SA.

➤ Publicacions de la Universitat Rovira i Virgili es miembro de la Unión de Editoriales Universitarias Españolas y de la Xarxa Vives, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.

# Índex

BLOC 1. EQUILIBRI DE MECANISMES. ....	7
Tema 1. Equilibri del sòlid rígid al pla i a l'espai. ....	9
Tema 2. Equilibri en màquines i mecanismes. ....	33
Tema 3. Adherència i frec en màquines i mecanismes. ....	57
BLOC 2. CINEMÀTICA DE MECANISMES PLANS ....	85
Tema 4. Graus de llibertat i anàlisi de la posició. ....	87
Tema 5. Velocitats ....	111
Tema 6. Acceleracions ....	145
BLOC 3. DINÀMICA. ....	163
Tema 7. Equilibri d'Alembert. Potències virtuals. ....	165
Tema 8. Reducció dinàmica de sistemes mecànics d'un grau de llibertat ....	197
BLOC 4. DISSENY DE LLEVES ....	225
Tema 9. Disseny de lleves ....	227



**BLOC 1**  
**EQUILIBRI DE MECANISMES**





# Tema 1

## Equilibri del sòlid rígid al pla i a l'espai



1. El pal elèctric representat a la figura ha de suportar les forces que hi exerceixen les línies elèctriques a sobre ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ). Per això, s'ha de calcular el moment respecte a la base (A) del pal per dimensionar adequadament el suport d'encastament que el mantindrà en equilibri.
  - a) Elaboreu un diagrama del sòlid lliure del pal, obviant les forces del suport A, i indiqueu-hi només els components de cadascuna.
  - b) Calculeu el mòdul del moment que exerceixen totes les forces respecte a la base A del pal. Indiqueu la direcció de cadascun dels components del moment MA resultant en un diagrama sobre els eixos coordinats, així com la direcció i el sentit del moment resultant.
  - c) Una anàlisi posterior indica la possibilitat que, a causa del vent o del gel, alguna de les línies elèctriques es trenqui. Determineu quina línia o línies 1, 2 o 3 han de ser eliminades en generar el màxim moment respecte de la base. Justifiqueu la resposta i representeu segons les direccions dels eixos coordinats el moment que exerceix cadascuna de les forces per separat.

$$F_1 = 300i + 120j + 400k \text{ N}$$

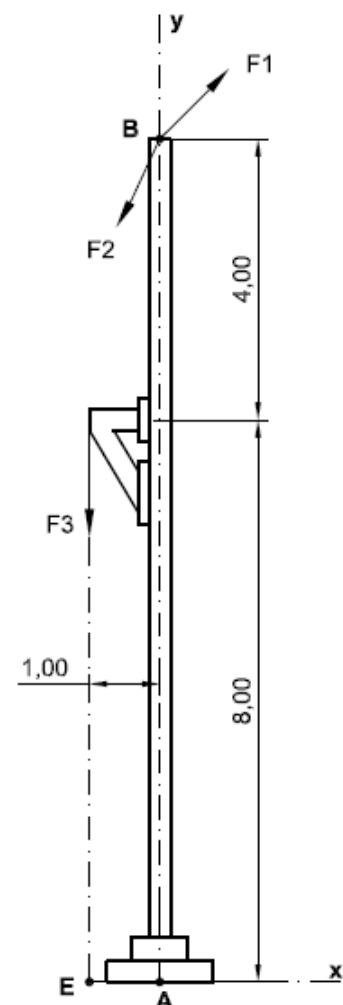
$$F_2 = -100i - 60j + 100k \text{ N}$$

$$F_3 = -500j \text{ N}$$

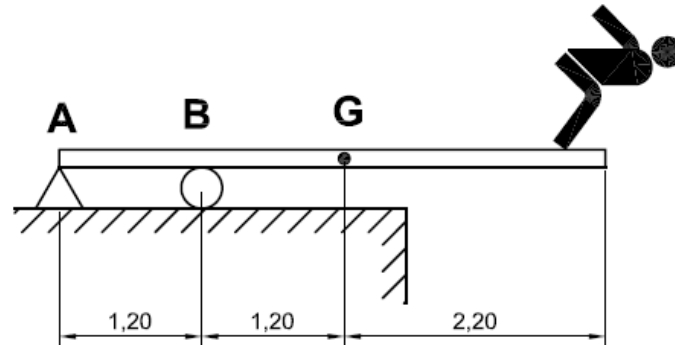
*Solució:*

$$b) MA = 6.000i - 1.900k \text{ Nm}$$

c) S'ha d'eliminar el cable  $F_1$ , ja que presenta el moment més gran



2. La massa del nedador és de 80 kg i la del trampolí és de 45 kg. Determineu ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ), unitats en m:
- DSL del trampolí.
  - Reaccions als suports A i B.

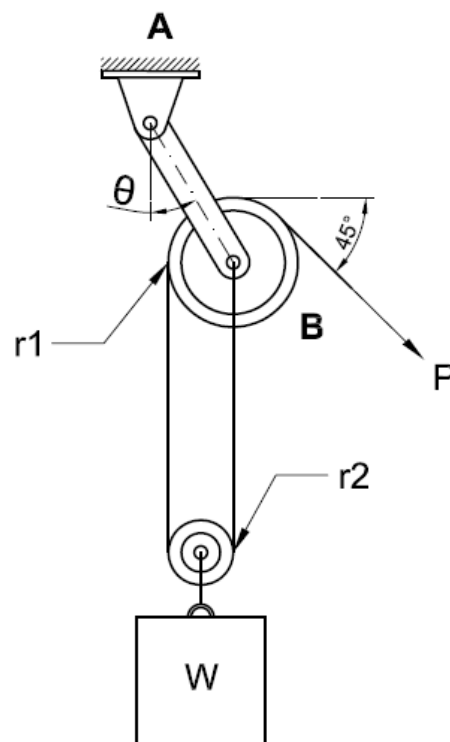


Solució: a)  $P=100N$  b)  $B = 3.967 N \uparrow$ ;  $A_x = 0$ ;  $A_y = 2.717 N \downarrow$

3. La massa de la figura, amb un pes de 200 N està suportada en equilibri per un sistema de politges. La corda està unida al passador B. Determineu, plantejant els diagrames del sòlid lliure necessaris:
- La força  $P$  que s'aplica a la corda per mantenir el sistema en equilibri.
  - L'angle  $\theta$  que la baula AB (que suporta la politja) forma amb la vertical.
  - La reacció que exerceix el passador A sobre la baula AB en mòdul, direcció i sentit.

Radi de la politja superior:  $r_1 = 20 \text{ cm}$ ;

Radi de la politja inferior:  $r_2 = 10 \text{ cm}$



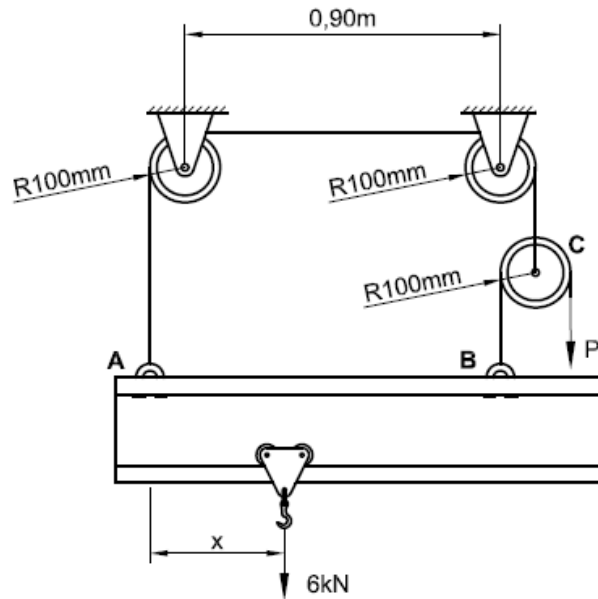
Solució:

$$\theta = 14,63^\circ$$

$A = 279,8 N$ , direcció de la barra AB

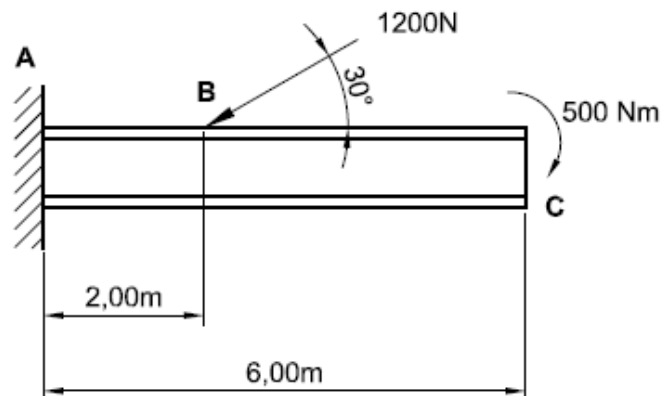
4. Es necessita mantenir l'equilibri del sistema de politges i la biga rígida que s'indica a la figura. La càrrega, que es manté suspesa pel ganxo, té un pes de 6.000 N. Determineu:
- El diagrama del sòlid lliure del sistema.
  - La força  $P$  necessària per mantenir l'equilibri del sistema.
  - La posició  $x$  respecte el punt A del ganxo que garanteix l'equilibri.

Obvieu el pes de la biga.



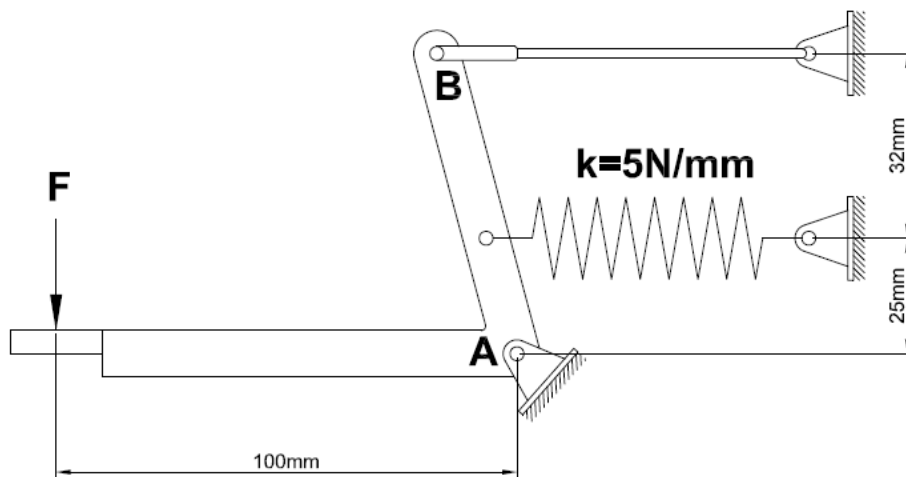
Solució:  $x = 0,33 \text{ m}$

5. De la biga rígida de la figura, elaboreu el diagrama del sòlid lliure i identifiqueu la naturalesa de cadascuna de les forces que intervenen en l'equilibri de la biga. Calculeu el valor de les reaccions en A en mòdul, direcció i sentit. La massa de la biga és de 100 kg. Obvieu l'alçària de la biga.



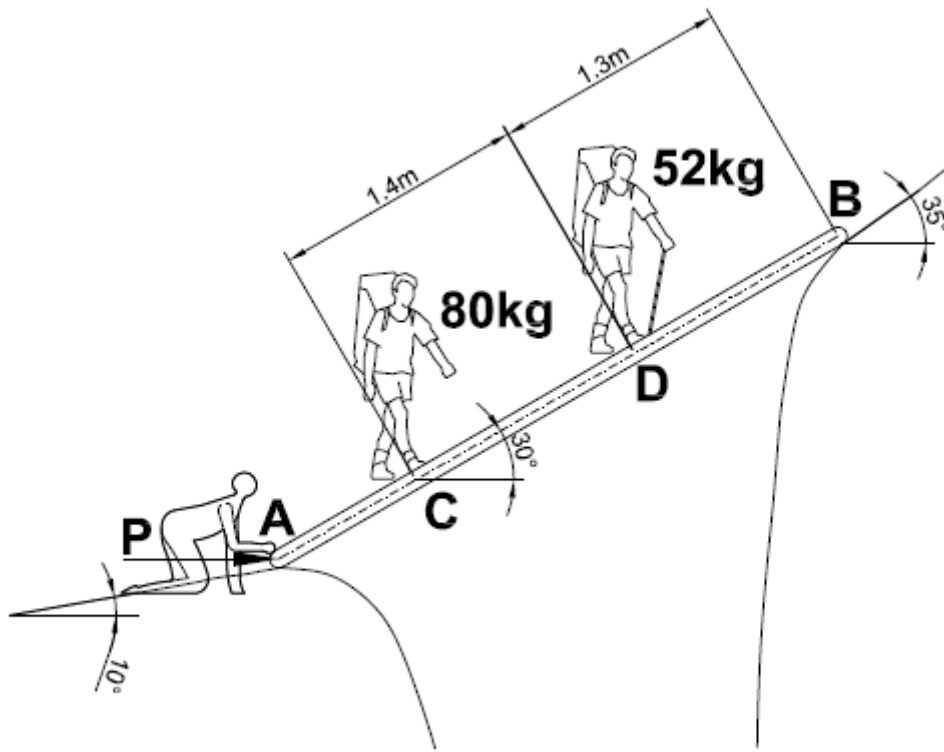
Solució:  $M_A = 4.643 \text{ Nm}$ ; antihorari

6. L'operador aplica una força vertical descendent al pedal que provoca l'equilibri del sistema. Amb aquesta situació, la molla s'estira 10 mm i **la força que s'oposa a aquest moviment a l'actuador B és de 40 N.**
- Dibuixeu el diagrama del sòlid lliure de la palanca indicada a la figura amb la situació descrita.
  - Calculeu la reacció al suport A en mòdul, direcció i sentit.
  - Calculeu la força  $F$  que exerceix l'operador. És factible que una persona exerceixi la  $F$  que aplica l'operador?



*Solució:  $F = 35,3 \text{ N}$*

7. Amb el propòsit de creuar l'esquerda d'una glacera, tres alpinistes utilitzen una escala de 3,5 m de llargada (vegeu figura). L'alpinista A ha d'exercir una força a l'extrem de l'escala perquè es mantingui en equilibri mentre els seus companys creuen, sense risc, l'esquerda a velocitat constant. Sense tenir en compte la fricció en A i B ni tampoc el pes de l'escala, per a aquesta posició calculeu:
- DSL de l'escala.
  - El valor de les reaccions en A i B (presteu atenció en el punt seleccionat per calcular moments).
  - La força  $P$  que ha de fer l'alpinista en A per mantenir l'escala amb equilibri ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

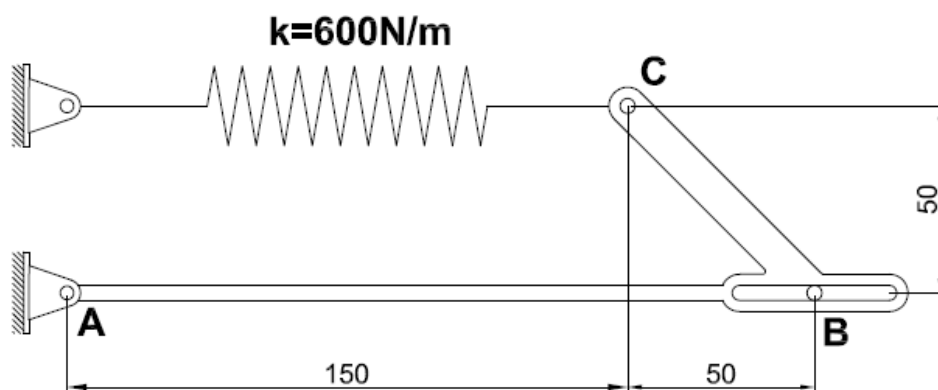


Solució:  $B = 443,6 \text{ N}$   $\nearrow 55^\circ$ ;  $A = 971 \text{ N}$   $\nearrow 80^\circ$ ,  $P = 423 \text{ N}$

8. Del bastidor de la figura, determineu:

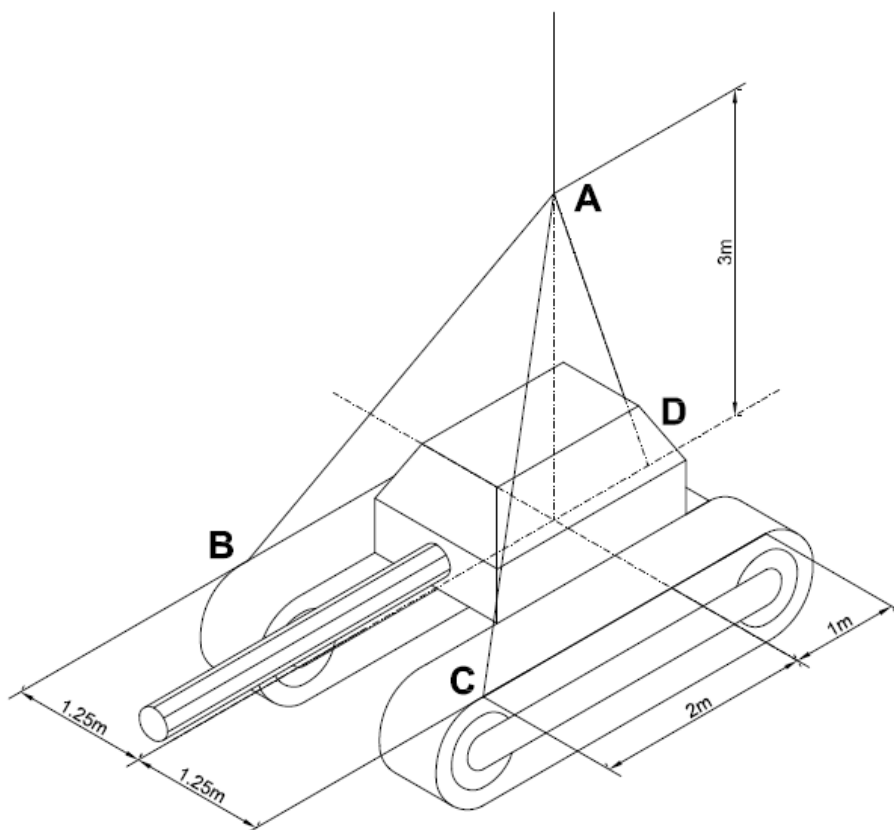
- DSL del bastidor ABC amb totes les forces aplicades i expliqueu la naturalesa de cadascuna.
- La força que provoca la molla a C.
- Les reaccions al suport fix A i a la guia B en mòdul, direcció i sentit.

Longitud inicial molla,  $L_i = 80 \text{ mm}$



Solució:  $A = 43,3 \text{ N}$   $\nearrow 14^\circ$ ;  $B = 10,5 \text{ N}$   $\downarrow$

9. Determineu la força necessària en cadascun dels tres cables per suportar el tanc de la figura, el qual té una massa de 8 Tn.

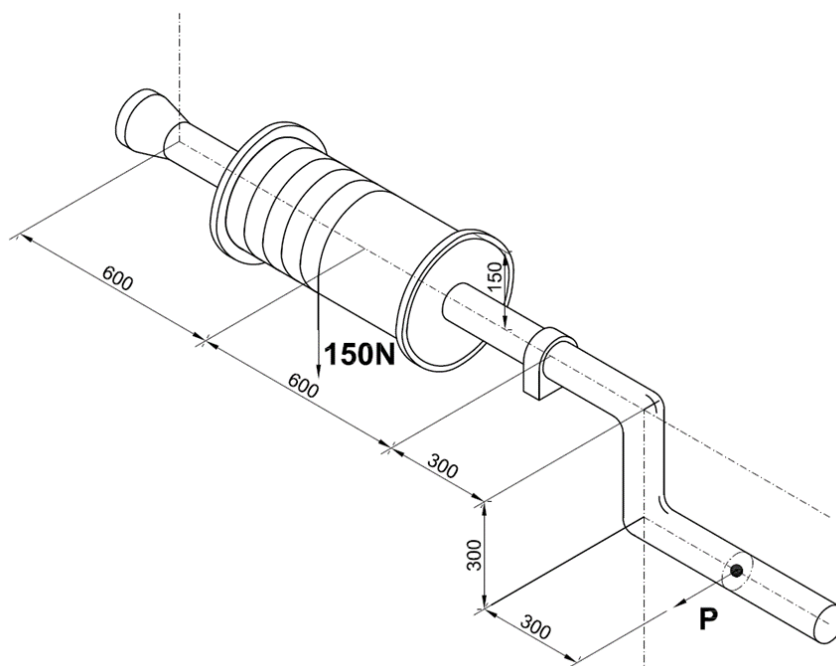


Solució:  $F_B = F_C = 17.213 \text{ N}$ ;  $F_D = 55.944 \text{ N}$

10. El mecanisme tambor de la figura està en equilibri amb els seus suports alineats i sotmès a una càrrega de 150 N i a una força  $P$ . Determineu:
- La força  $P$  per mantenir la manovella en la posició indicada.
  - Els components de la reacció a la ròtula A i el coixinet de càrrega radial B.
  - És un sistema indeterminat estàticament? Raoneu la resposta.
  - Representeu el diagrama del sòlid lliure del mecanisme amb totes les forces en verdader sentit i magnitud.

Mesures en mm. Indiqueu el conveni de signes utilitzat per als càlculs.





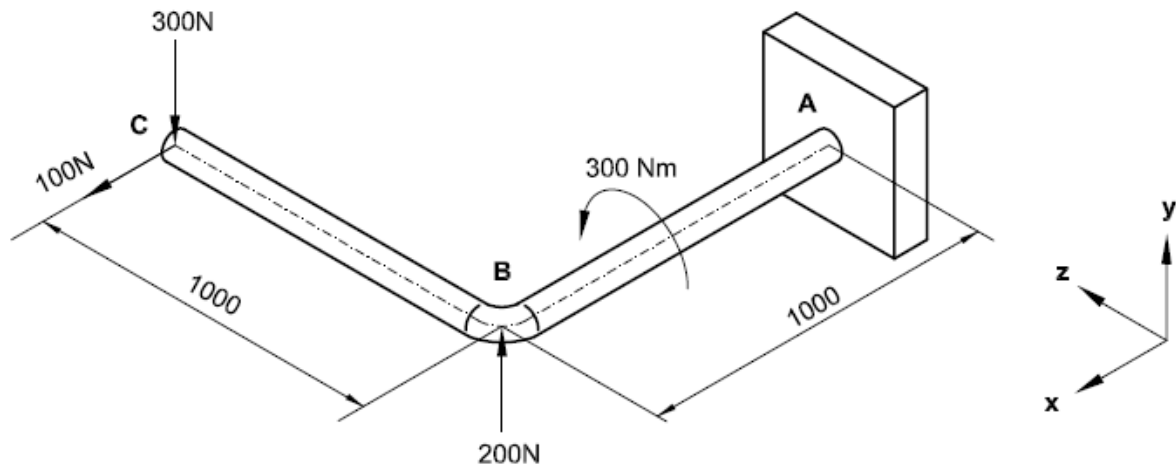
*Solució  $P = 75N$*

- 11.** El conducte de la figura consta de dos trams (AB i BC). Està encastada en A i en equilibri sota les càrregues i moments que es representen. El conducte té una massa per unitat de longitud de  $5 \text{ kg/m}$  i es considera homogènia. Calculeu:
- El pes propi de cada tram de conducte: AB, BC.
  - Plantegeu el diagrama del sòlid lliure considerant els dos trams de conducte com un únic sòlid lliure i indiqueu-ne totes les forces i reaccions.
  - Les reaccions i els moments d'encastament que impedeixen la translació i la rotació del conducte.

Mesures en mm.

No oblideu incloure el pes de cada tram de conducte.

Considereu  $g = 10 \text{ m/s}^2$



Solució:  $A_x = -100 \text{ N}$ ;  $A_y = 200 \text{ N}$ ;  $A_z = 0$ ;  $M_x = 625 \text{ Nm}$ ;  $M_y = 100 \text{ Nm}$ ;  $M_z = 175 \text{ Nm}$

12. Per regar les plantes, un jardiner uneix tres trams de tub AB, BC i CD adaptats amb ruixadors. El muntatge es manté en equilibri mitjançant una ròtula en A, un cable a F i un orifici que passa al mur del jardí a D (considereu que el suport no té fregament únicament en la direcció longitudinal del tub). Si el conducte té una massa per unitat de longitud de 2 kg/m:

- Calculeu el pes propi de cada tram de conducte: AB, BC, CD. Considereu les canonades homogènies.
- Plantegeu el diagrama del sòlid lliure considerant els tres trams de canonada com un únic sòlid lliure i indiqueu-ne totes les forces i reaccions.
- Plantegeu les 6 equacions de l'equilibri de la canonada, i indiqueu el conveni de signes per als sentits de les forces i dels moments. Recomanació: traslladeu l'origen de coordenades al punt A.

Canvi de condicions:

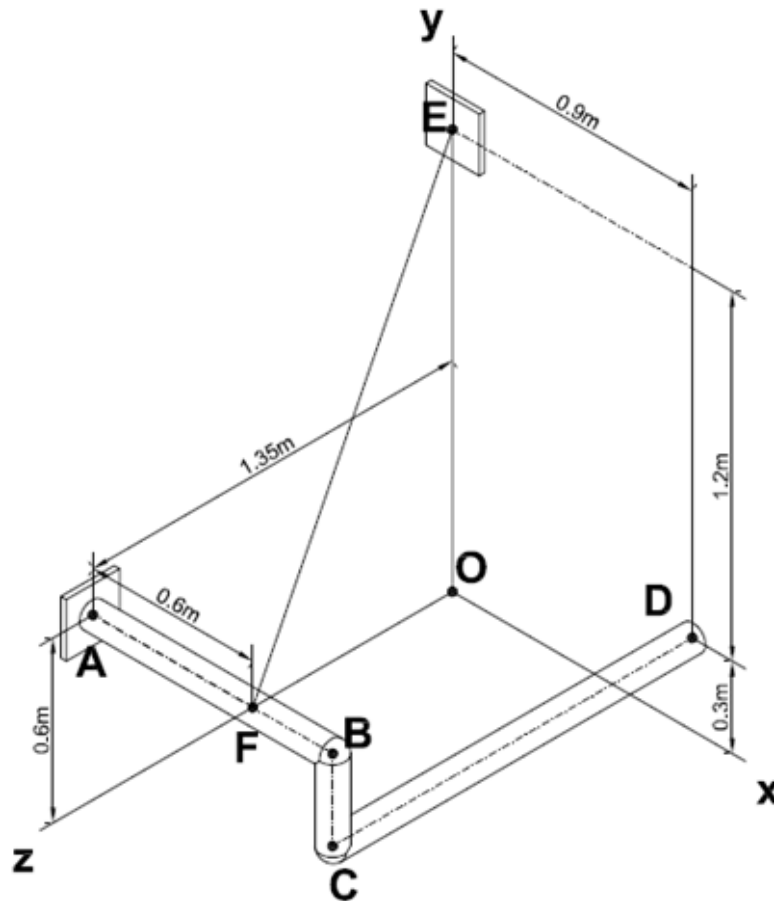
Si la màxima força  $F$  que pot exercir el cable sobre la canonada és de 60 N, amb components  $\vec{F} = -0.347.F + 0.518F - 0.78F$

Calculeu:

- Les components de la reacció D realitzades pel suport passant sobre el conducte en mòdul, direcció i sentit. Determineu també les components de la reacció efectuades per la ròtula A sobre la canonada en mòdul, direcció i sentit.

- e) Elaboreu el diagrama del sòlid lliure amb totes les forces i reaccions en verdader sentit i magnitud.

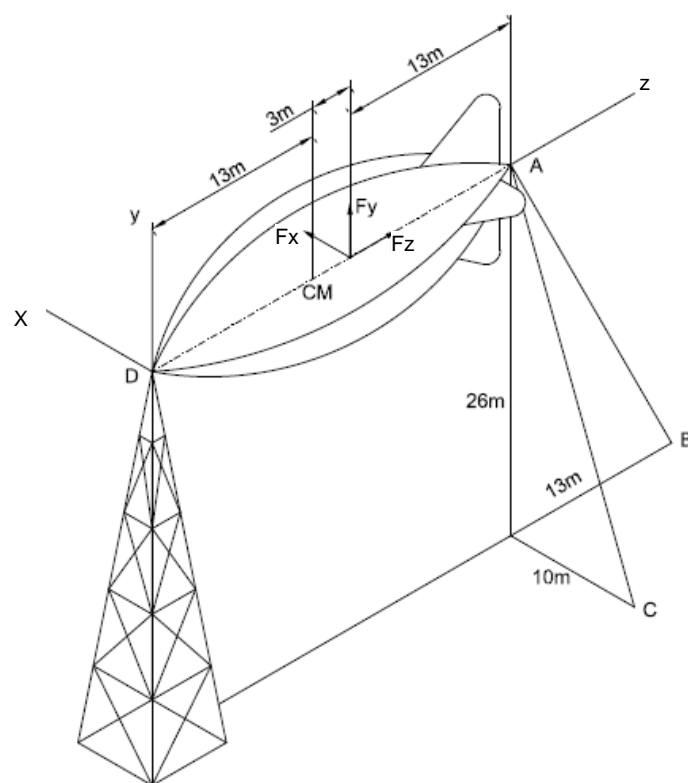
Considereu  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ; mesures en m.



Solució:  $A_z = 46,8 \text{ N}$ ;  $D_y = 13,24 \text{ N}$ ;  $A_y = 5,7 \text{ N}$ ;  $A_x = 0 \text{ N}$ ;  $D_x = 20,8 \text{ N}$

13. El dirigible de la figura pesa 1.500 kg. Està subjecte per dos cables d'acer en A. En D, subjecte per una connexió articulada (ròtula). El dirigible està sotmès a una força coneguda  $F$  resultant de la pressió de l'aire, incloent els efectes de la força del vent, aplicada tal com indica la figura. Calculeu les components de les reaccions a la ròtula D, així com les forces dels cables.

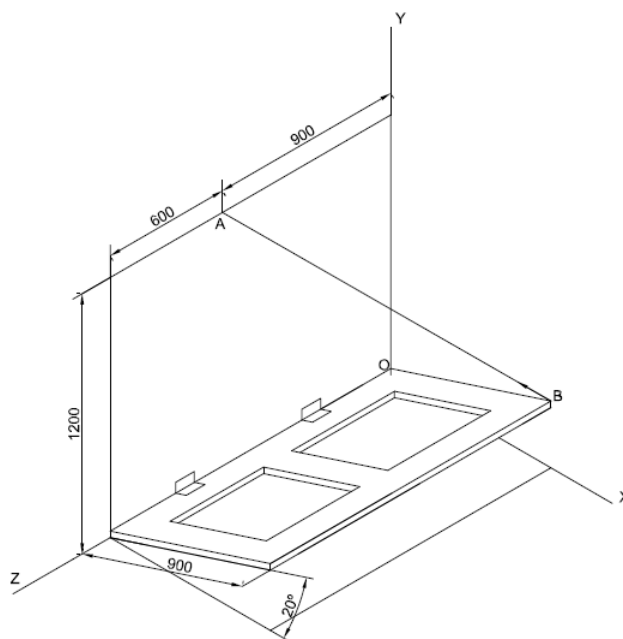
Dades:  $F = 1,5\mathbf{i} + 17,5\mathbf{j} + \mathbf{k} \text{ kN}$



Solució:  $T_B = 890 \text{ N}$  ↘ ;  $T_C = 2.300 \text{ N}$  ↘

14. La cadena AB exerceix una força de 100 N sobre la porta en B. Determineu la magnitud, direcció i sentit del moment que aquesta força fa al llarg de l'eix de moviment de forma **ESCALAR**.

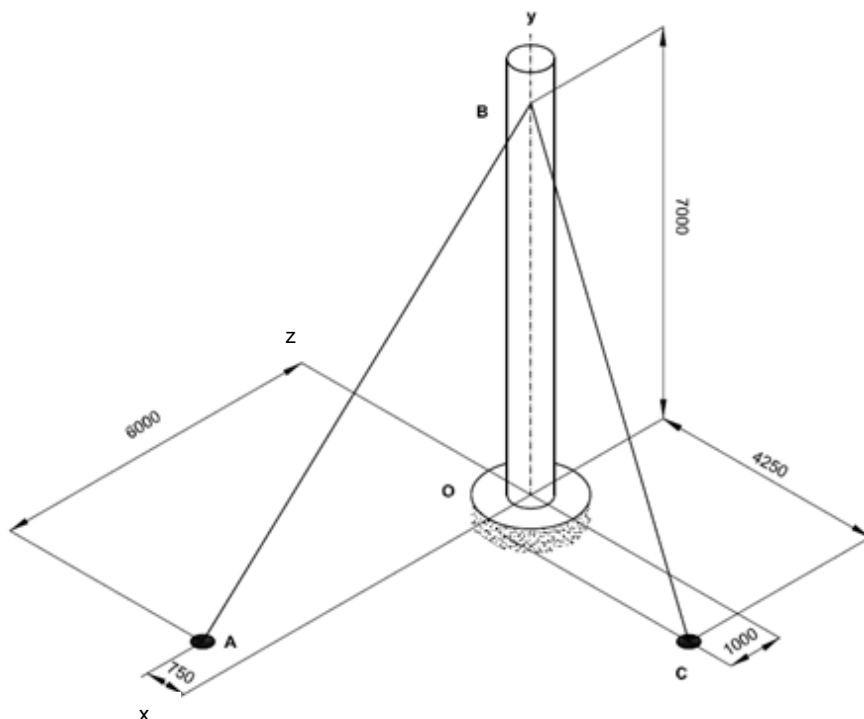
Mesures en mm.



Solució: 66,5 Nm en direcció positiva de les Z (component  $F_x$  i  $F_y$  realitzen moment)

15. Per tirar el tronc de l'arbre de la figura es fixen dos cables: AB i BC. Si les tensions que exerceixen aquests dos cables són respectivament 660 N i 555 N, trobeu el moment respecte O de forma **ESCALAR** de la força resultant que els cables exerceixen en B.

Mesures en mm.

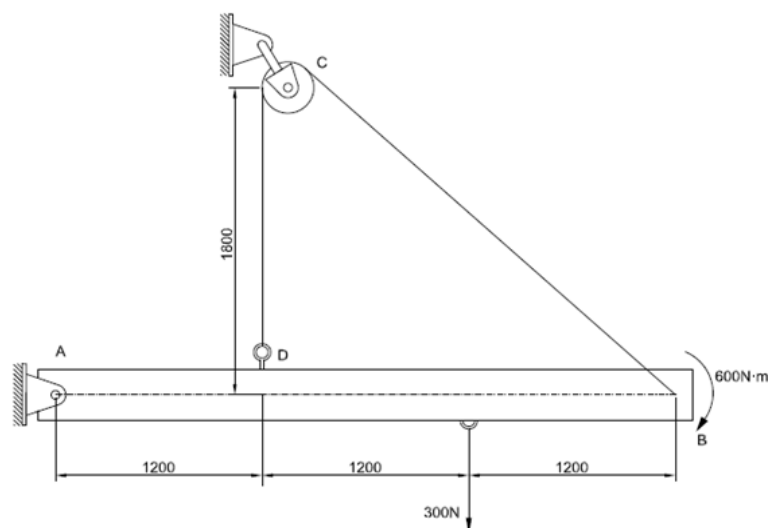


Solució:  $M_o = 3.830 \text{ Nm}$  (en mòdul)

16. La biga de la figura roman en equilibri sota les càrregues indicades. Calculeu:

- La força del cable en B.
- La reacció en mòdul, direcció i sentit que transmet l'articulació A.

Mesures en mm. Obvieu el pes de la biga.

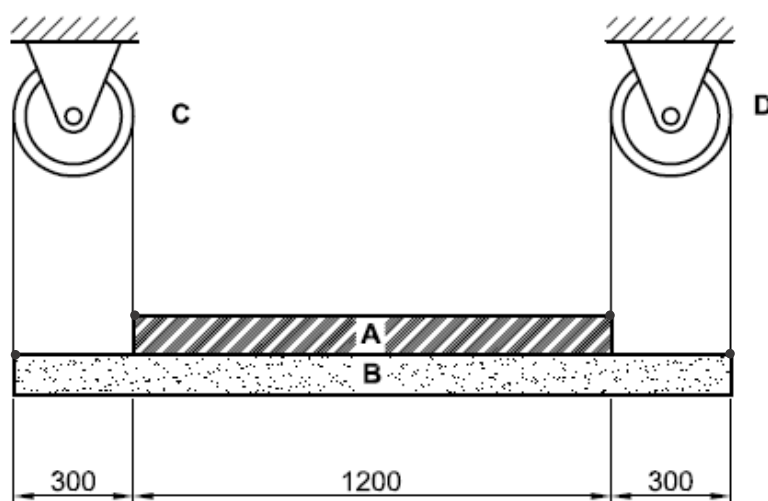


Solució:  $FB=394N$  ;  $A=456,5N$   $\searrow 46,3^\circ$

17. Les planxes rectangulars A i B de la figura estan en contacte de forma uniforme i, mitjançant les poltges C i D, romanen en equilibri. Les planxes són homogènies, amb centre de masses situat al centre geomètric de la planxa. Els pesos de les planxes són respectivament:  $A = 100\text{ N}$  i  $B = 30\text{ N}$ . Calculeu:

- Els valors de la força que du a terme cada cable per mantenir el conjunt en equilibri; en mòdul, direcció i sentit.
- El valor de la força de contacte que la placa B aplica sobre A; en mòdul, direcció i sentit.

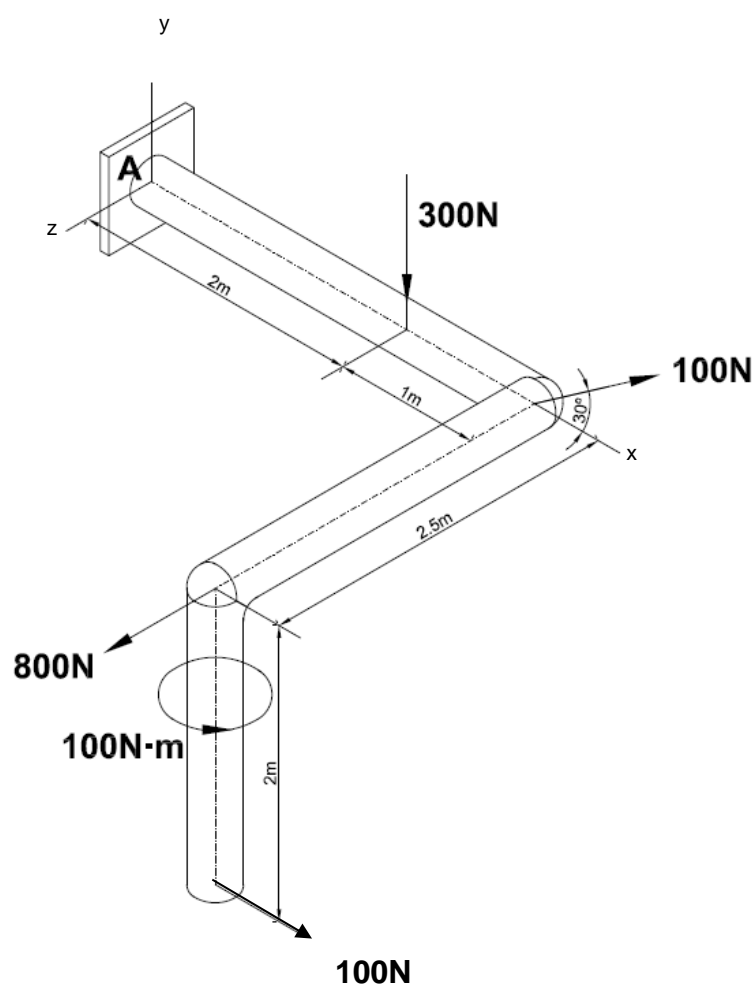
Mesures en mm.



Solució: Força dels cables,  $F=32,5N$ ; Força de contacte:  $35N$

18. La canonada de la figura està en equilibri sota les càrregues exteriors i suportada per un encastament en A. Determineu:

- El valor de les reaccions a l'encastament A en  $x$ ,  $y$ ,  $z$  que impedeixen la translació.
- El valor dels moments a l'encastament A en  $x$ ,  $y$ ,  $z$  que impedeixen la rotació de la canonada.
- El diagrama del sòlid lliure amb les forces i moment en verdader sentit i magnitud.



*Solució:*

- $M$  a l'encastament, direcció  $x=0$
- $M$  a l'encastament, direcció  $y=2050\text{Nm}$ , antihorari
- $M$  a l'encastament, direcció  $z=250\text{Nm}$  antihorari

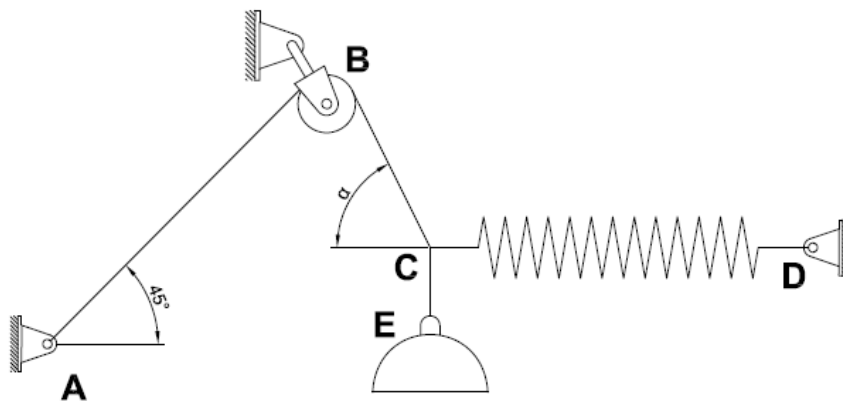
*És un sistema estàticament determinat: tots els graus de llibertat estan anul·lats per les reaccions introduïdes per l'encastament*

19. La zona d'estudi de la nostra habitació no té prou llum artificial; mirant el nou catàleg de Yqueay, hem trobat tres lluminàries que ens agraden, amb la massa corresponent: lluminària 1 ( $m_1 = 10$  kg), lluminària 2 ( $m_2 = 6$  kg) i lluminària 3 ( $m_3 = 3$  kg). El muntatge està definit per la disponibilitat de la instal·lació de la llum i segueix la disposició de la figura:

- Escolliu la partícula significativa del problema i justifiqueu-ne l'elecció.
- Si la molla pot experimentar una elongació màxima de  $x = 70$  mm i  $\alpha = 45^\circ$ , quina lluminària puc comprar? Quina és la força que exerceix la corda sobre A en mòdul, direcció i sentit?
- No obstant això, a la nostra mare li agrada més la lluminària 1. Proporcioneu una solució amb els càlculs justificatius i canvis que s'han de dur a terme per poder instal·lar la lluminària 1.

Elaboreu a cada apartat el diagrama de la partícula, i definiu correctament la direcció i el sentit de les forces. Preneu  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

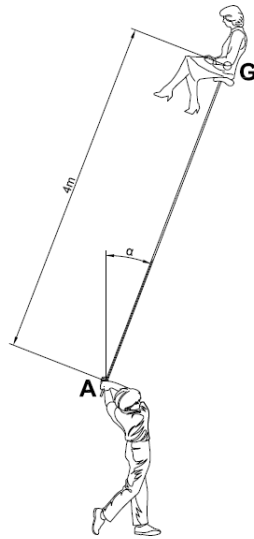
La constant de rigidesa de la molla es igual a  $k=500$ N/m



Solució: b)  $F_c = 49,5$ N c) una solució és complementària a  $\alpha, \beta = 19,3^\circ$

20. Com a part d'un acte acrobàtic, un trapezista aguanta la seva companya de repartiment, que pesa 52 kg, asseguda a la perxa. Si el centre de gravetat de la noia és G i el màxim moment antihorari que pot exercir el trapezista sobre la perxa és de 350 Nm, determineu l'angle màxim d'inclinació  $\alpha$  perquè la noia no caigui.

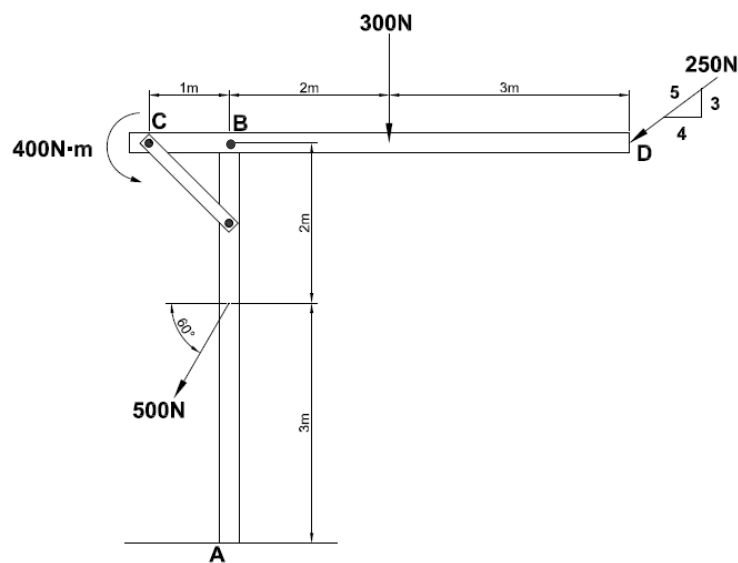




Solució:  $\alpha = 10^\circ$

21. L'estructura de la figura està calculada per suportar les càrregues indicades en l'equilibri. Està unida al terra mitjançant un encastament en A.

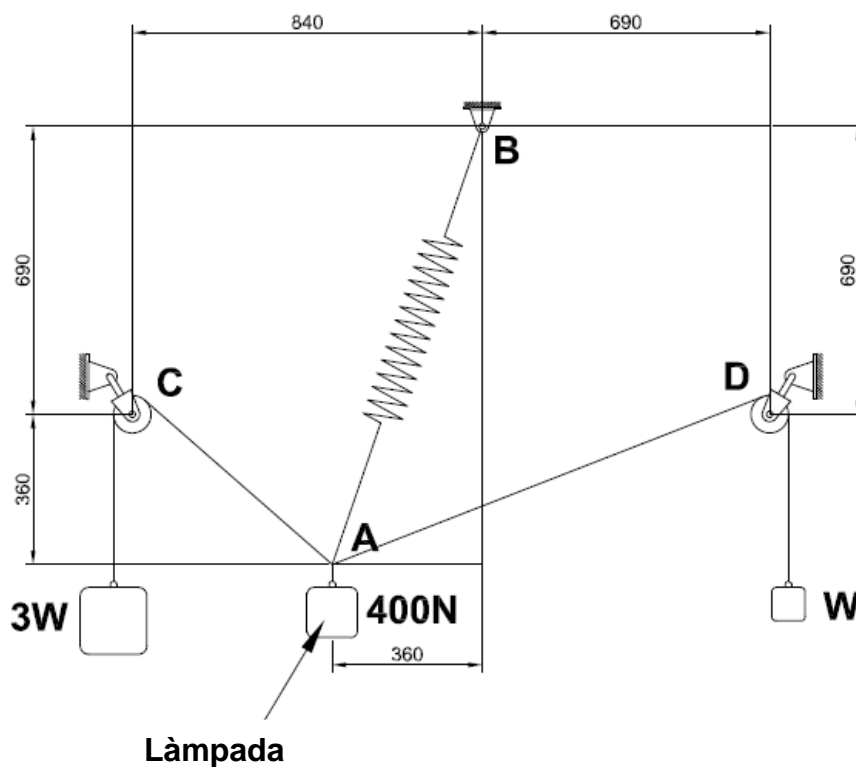
- Reduïu tot el sistema de forces i moment a una única força resultant  $R$ , aplicada a la barra CBD. Especifiqueu la posició de la seva línia d'acció respecte de C (elaboreu un esquema de la solució).
- Elaboreu un diagrama del sòlid lliure del pal de la força  $R$  i les reaccions de l'encastament A.
- Calculeu en mòdul, direcció i sentit les reaccions de l'encastament A.



Solució:  $R = 991\text{N}$   $\swarrow 63^\circ$  a  $x = 2,64\text{m}$  des de C; c)  $M_A = 800\text{Nm}$  horari

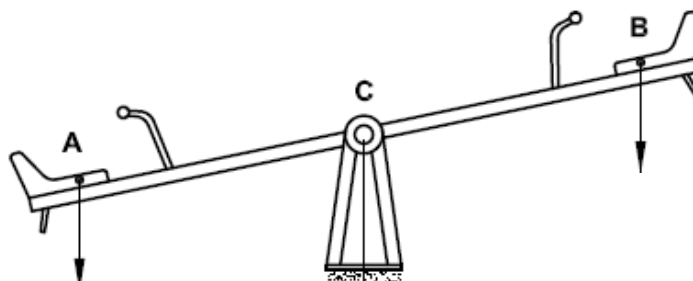
22. Per il·luminar el garatge s'ha dissenyat un sistema de suspensió de la lluminària com s'indica a la figura. La posició en què es desitja penjar la lluminària s'indica a la figura respecte del sostre i parets. Les dos politges C i D estan a la mateixa alçària. La constant de rigidesa de la molla és  $k = 800 \text{ N/m}$ . Calculeu:

- Els angles respecte a l'horitzontal de les cordes AC, AD i la molla AB.
- El diagrama de la partícula A i de cada contrapès, i relacioneu les forces existents.
- El valor de la massa  $m$  dels contrapesos si els dos blocs de què dispo al garatge són de pes  $W$  i  $3W$ .
- El mòdul, direcció i sentit de les forces que exerceixen la molla i les cordes AC, Ad perquè el sistema estigui en equilibri. Trobeu el valor de la longitud inicial de la molla  $L$  (abans de penjar la lluminària).



*Solució:  $W = 68,98 \text{ N}$ ;  $l = 725 \text{ mm}$*

23. Les masses dels nens que s'asseuen als extrems d'un balancí són de 30 kg i 45 kg respectivament en A i B. On s'hauria d'asseure un tercer nen perquè la resultant dels pesos dels tres nens passi per C si el tercer nen té una massa de 25 kg?  
Distància  $AC=CB = 2\text{m}$  projectats

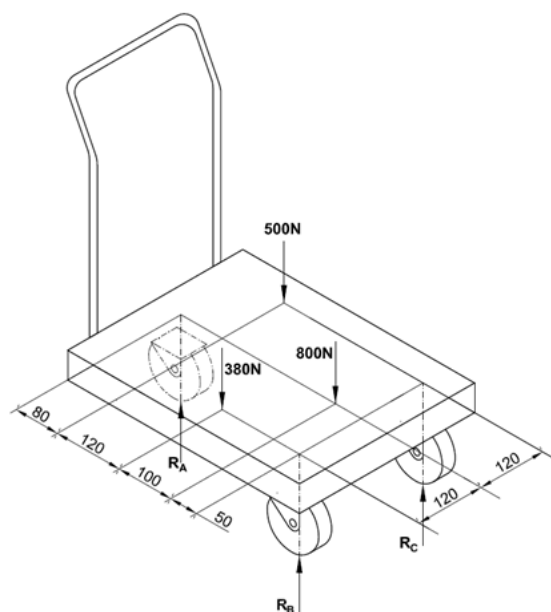


Solució  $x = 3,2 \text{ m}$  des de B projectats

24. El petit carro de càrrega domèstica suporta les tres càrregues indicades en equilibri. Determineu:  
a) El DSL del carro.  
b) Les reaccions sobre cadascuna de les rodes en mòdul, direcció i sentit.

Suposeu una superfície llisa.

Mesures en mm.



Solució:  $R_a = 662,8\text{N}$ ;  $R_b = 448,57\text{N}$ ;  $R_c = 568,5\text{N}$

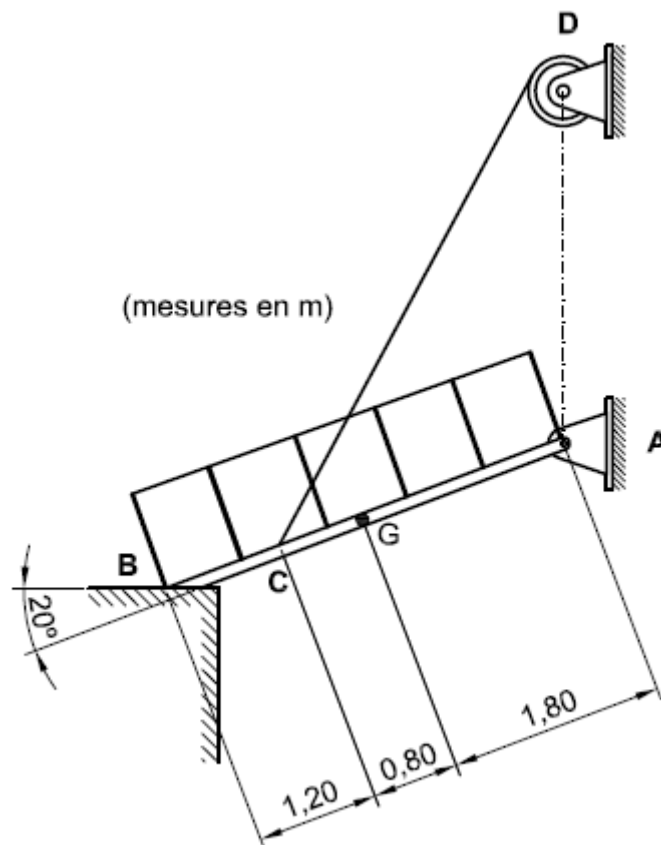
25. La rampa d'accés a un vaixell té una massa de 200 kg i el seu centre de gravetat està situat a G. Determineu:

- El diagrama del sòlid lliure de la rampa en la posició d'equilibri indicada. No considereu fregament a B.
- És un sistema estàticament determinat? Raoneu la resposta.
- La força del cable CD necessària per començar a aixecar la rampa.
- Les components de la força horitzontal i vertical del suport de passador A a la situació anterior, així com la resultant.
- Com han de ser les línies d'acció de les tres forces que actuen sobre l'escala? Justifiqueu adequadament la resposta.

Dades:

D, politja;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

L'angle del cable de la politja amb la vertical és de  $30^\circ$



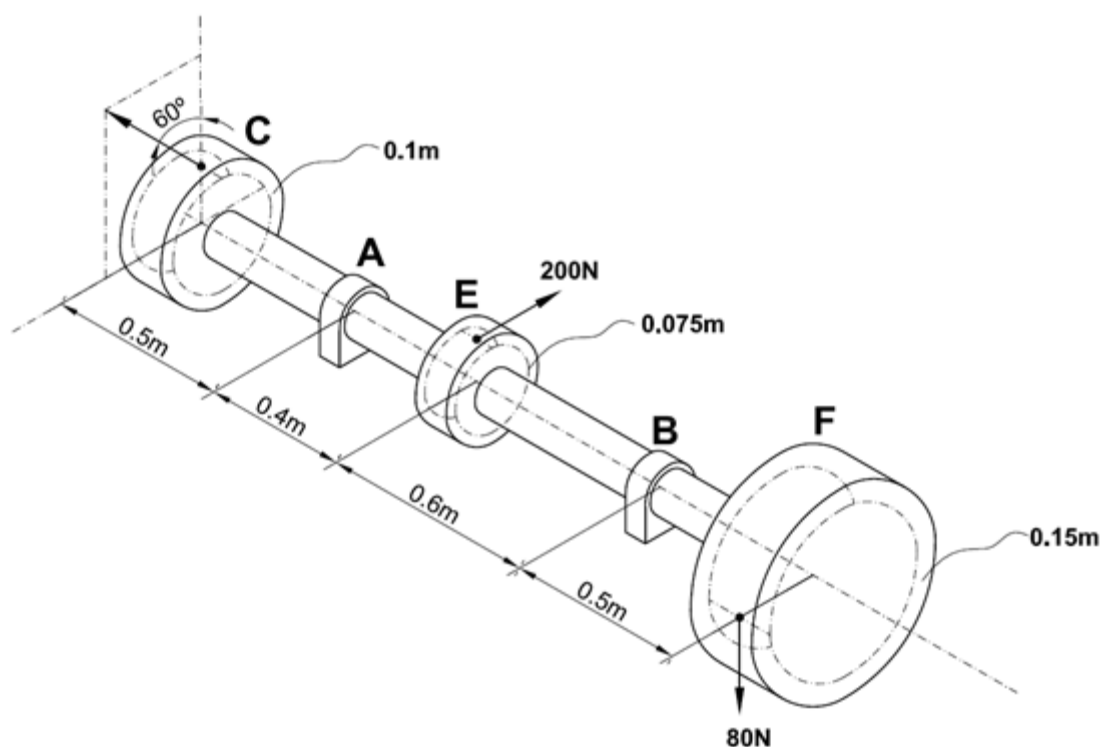
Solució:  $F_c = 1.997 \text{ N}$ ;  $A = 1.025 \text{ N}$   $\leftarrow 13,1^\circ$

Les forces de l'escala són concurrents

26. Sobre l'eix de transmissió representat a la figura s'han muntat tres rodes dentades. Tot el conjunt ha d'estar en equilibri sota les forces representades. El rodament A és radial i el B és capaç de suportar càrregues radials i axials. Els dos rodaments estan perfectament alineats.

Determineu:

- La força  $F$  que s'exerceix sobre la roda dentada a C perquè el sistema estigui en equilibri.
- Les reaccions als rodaments A i B.
- Justifiqueu si el mecanisme és o no un sistema estàticament determinat.
- Representeu el DSL del mecanisme amb totes les forces i reaccions en verdader sentit i magnitud.



Solució:  $A_x=75N$ ;  $A_y= 65,8N$ ,  $B_x=95N$ ;  $B_y= 128,6N$ ;  $F=34,64N$

És estàticament determinat amb enllaços redundants

27. El dipòsit de la figura té una massa de 400kg amb centre de masses a G. En aquest instant, s'eleva a velocitat constant gràcies al cable T. Determinar:

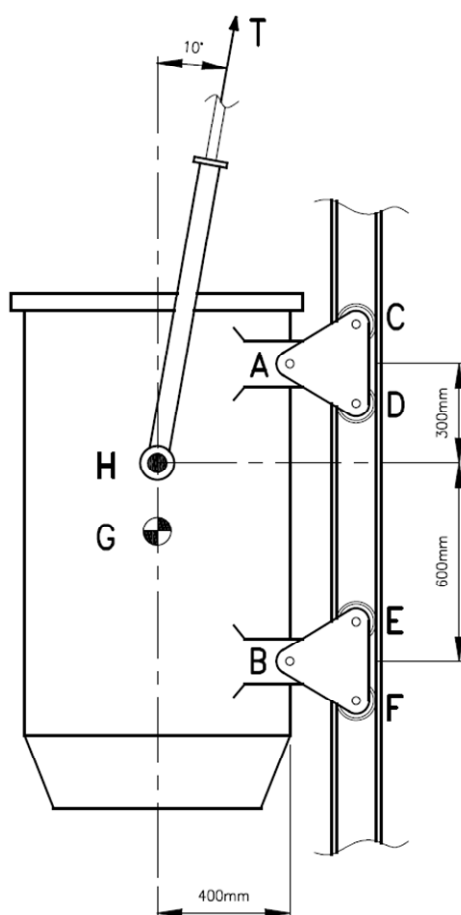
a) Identificar els tipus de forces aplicades sobre el dipòsit i quin tipus de suport hi ha a A i B.

b) Realitzar el DSL del dipòsit.

c) Calcular la força del cable T i el valor de les reaccions del suport A i B, en mòdul, direcció i sentit.

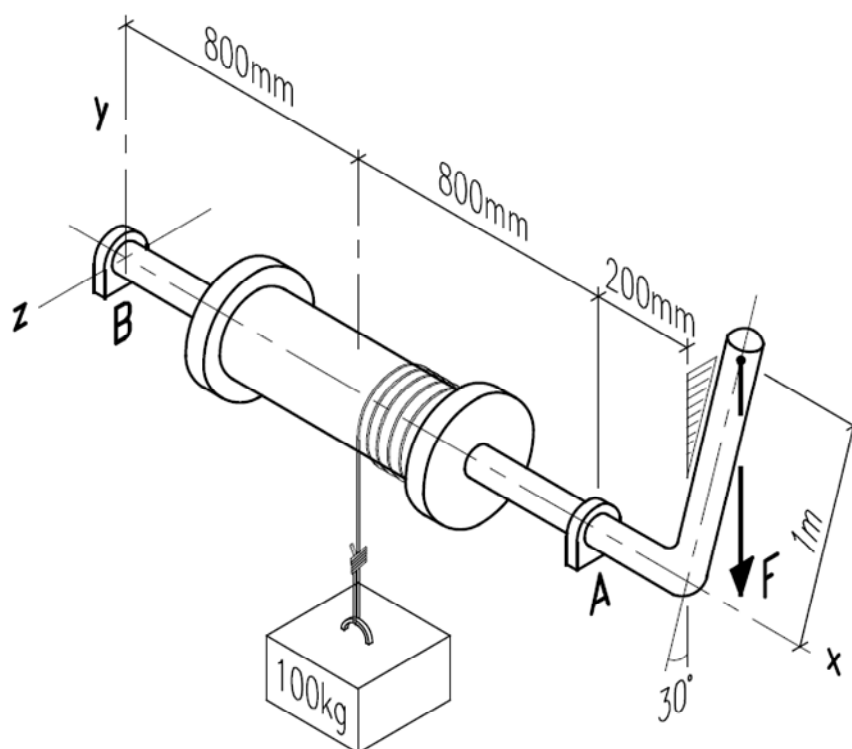
d) Per què la reacció en A és major que en B? Raonar la resposta.

Considerar  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



Solució:  $R_B = 235 \text{ N} \leftarrow$  ;  $R_A = 457 \text{ N} \leftarrow$  ,

28. L'eix de la figura està sotmès a les càrregues que es mostren (Força F i la massa de 100 kg) i es manté en equilibri. El diàmetre del tambor és de 400mm. El coixinet en B és radial i axial; i en A radial. Amb aquestes condicions, calcular:
- Realitzar el DSL del sistema i plantejar les sis equacions d'equilibri.
  - La força F a aplicar per tal de que el sistema romanguí en equilibri.
  - Les reaccions als coixinets A i B.
  - És un sistema estàticament determinat amb qualsevol situació de càrrega? Raonar les respostes.
  - DSL del sistema amb les forces i reaccions en veritable sentit i magnitud.



Solució:  $A_x=0N$ ;  $A_y= 932N$ ,  $B_x=0N$ ;  $B_y= 441N$ ;  $F=392.4N$





# Tema 2

## Equilibri en màquines i mecanismes



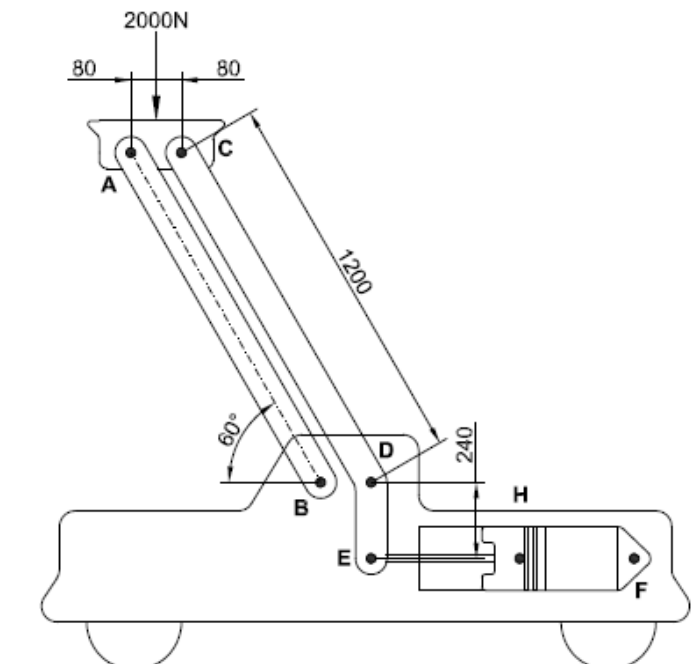
**Cal tenir en compte:**

**Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 2".**

1. La figura representa el mecanisme d'un gat hidràulic que s'utilitza per elevar peces en un taller. El gat es troba en equilibri sota una càrrega de 2.000 N. Totes les articulacions entre les baules del mecanisme estan identificades mitjançant lletres. Trobeu per a aquestes condicions de càrrega i posició:
  - a) Les reaccions de les articulacions A i C sobre la plataforma.
  - b) La reacció en mòdul, direcció i sentit de l'articulació D, que, juntament amb B, uneixen el mecanisme al cos del gat hidràulic.
  - c) La força que exerceix el pistó EH sobre el fluid.
  - d) Elaboreu el diagrama del sòlid lliure del conjunt del mecanisme i els DSL de cadascuna de les baules, amb pistó inclòs, amb les forces i reaccions en verdader sentit i magnitud.
  - e) Especifiqueu els elements de dos i tres forces.

Obvieu el pes de les baules i el fregament del pistó hidràulic amb la guia.

Mesures en mm.

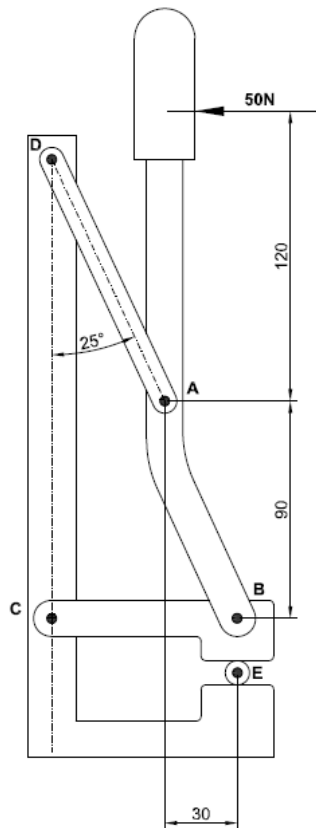


*Solució:  $A = 1.154,7N$   $\nearrow 30^\circ$ ;  $C_y = 1.000N$ ,  $E = 5.000N$*

2. Sobre la manovella s'efectua una força de  $F = 50 \text{ N}$ . Calculeu:
- El DSL de cadascun dels elements del mecanisme. Determineu quins són els elements de dos i tres forces. Expliqueu-ne l'equilibri (sense equacions).
  - La força  $E$  que exerceix sobre el pern E en mòdul, direcció i sentit.
  - L'avantatge mecànic que proporciona aquest mecanisme.

Mesures en mm.

Desestimeu el fregament i el pes dels elements.



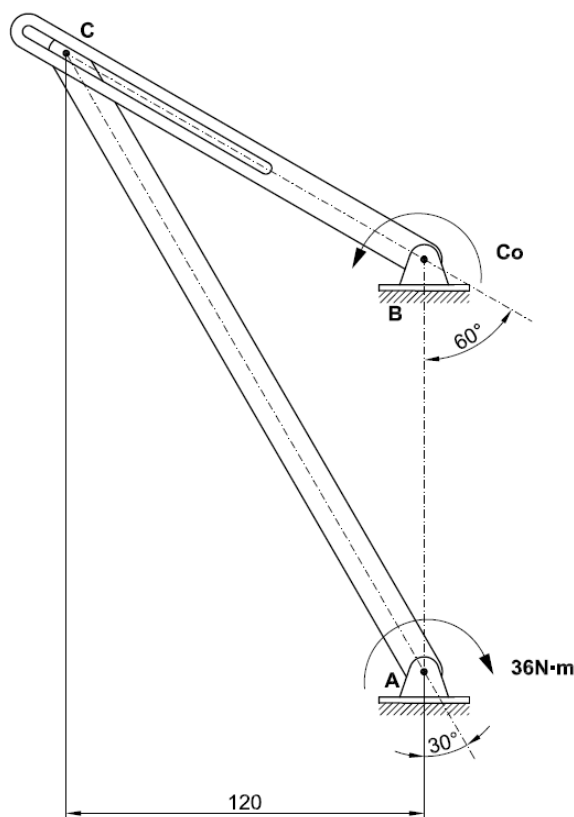
*Solució:*  $B_x = 358,98 \text{ N} \leftarrow$ ;  $E = 877,7 \text{ N}$

3. El mecanisme ha de romandre en equilibri sota l'acció del parell de  $36 \text{ Nm}$  aplicat a la barra AC. Per això, s'ha d'aplicar un parell ( $C_o$ ) a la barra BC, el qual, amb la unió botó-guia, transmetrà a la barra CA la força necessària per mantenir l'equilibri del mecanisme.

En aquesta posició i condicions calculeu:

- La reacció de la guia sobre el botó.
- El parell  $C_o$  necessari per mantenir l'equilibri del mecanisme.

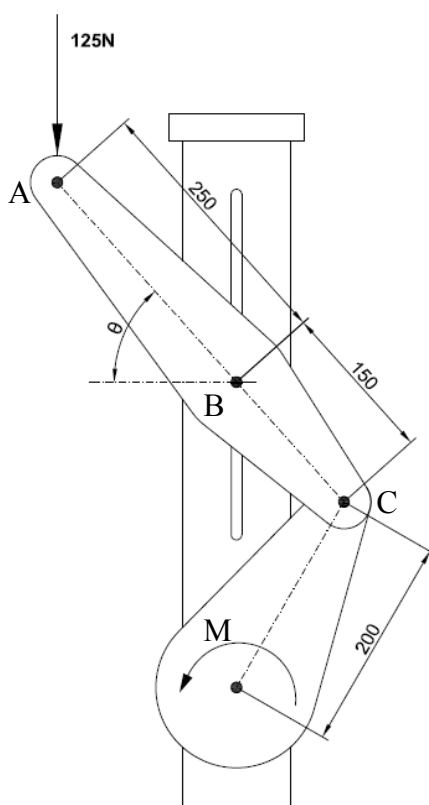
- c) El DSL del conjunt de mecanisme i de cada element, incloent el botó C.  
Desestimeu el fregament entre la guia i el botó, així com el pes de les baules.



Solució:  $C = 173,21\text{N}$ ;  $C_o = 24\text{Nm}$

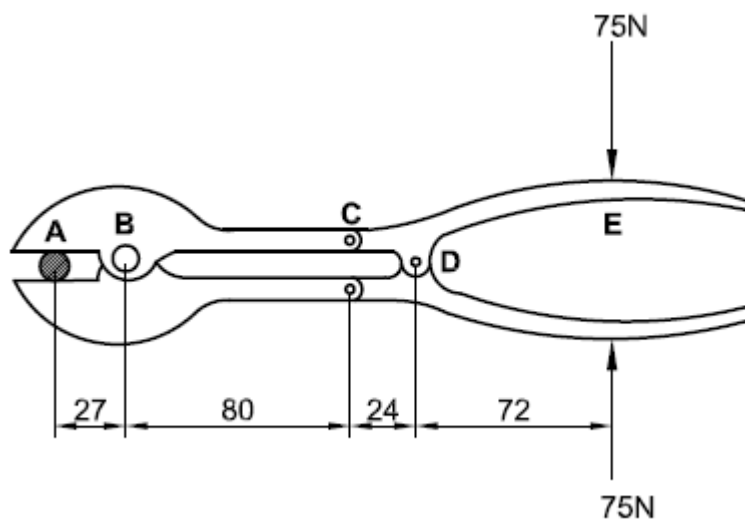
4. El mecanisme de la figura està en equilibri sota les càrregues exteriors que suporta en A, a causa del parell  $M$  que s'aplica a la manovella. Desestimant el fregament entre el passador B i la seva guia, calculeu:
- El valor del parell  $M$  si l'angle  $\theta$  és igual a  $30^\circ$ .
  - El valor de la reacció en B en mòdul, direcció i sentit.
  - El valor de la reacció al suport C en mòdul, direcció i sentit.
  - El DSL del mecanisme i de cadascuna de les seves baules amb la força i parells en verdadera magnitud i sentit.

Teniu en compte que la guia i l'articulació del suport estan a la mateixa vertical.

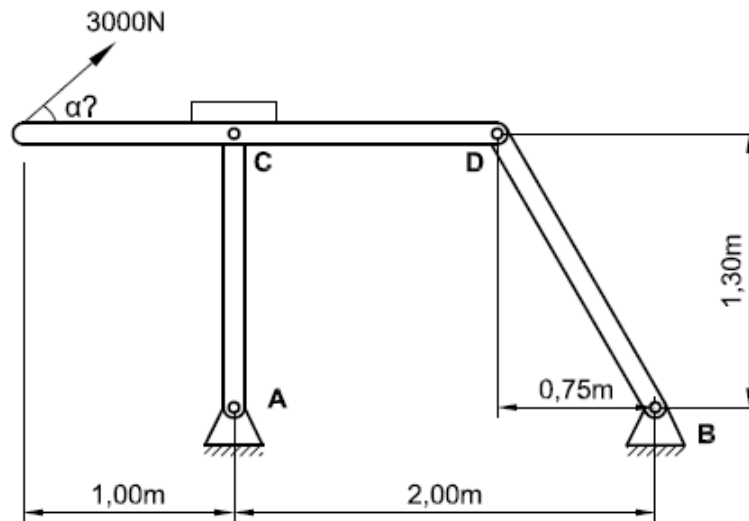


Solució:  $M = 104 \text{ Nm}$  antihorari

5. Les tenalles de la figura estan en equilibri sota les càrregues que s'indiquen. Plantegeu els diagrames del sòlid lliure de cadascun dels elements del mecanisme amb el mínim nombre de forces i reaccions possible sobre cadascun. Incloeu el pern.

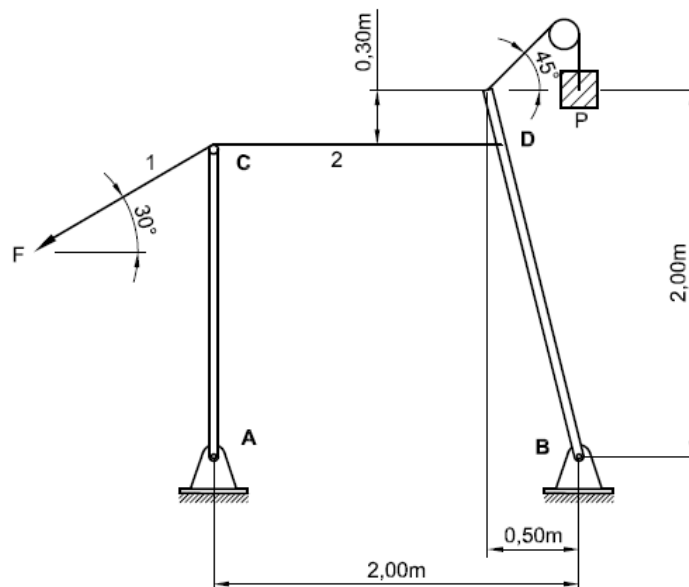


6. Trobeu les reaccions dels suports A, B i l'angle de la força  $F$  perquè el mecanisme de la figura estigui en equilibri.



Solució:  $\alpha = 65^\circ$ , inestable.

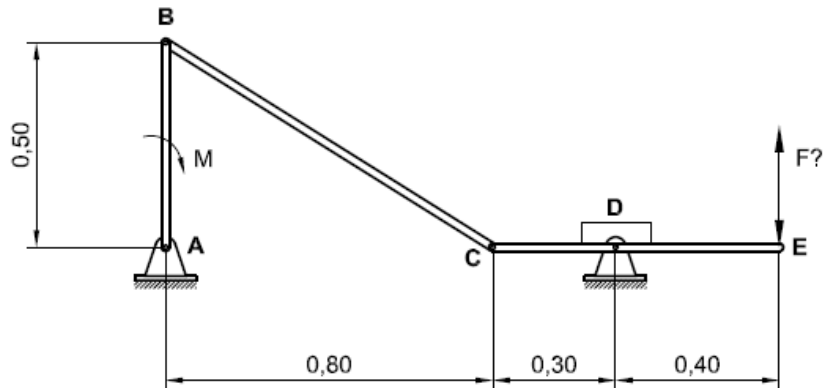
7. Si el sistema ha de conservar l'equilibri, determineu:
- La força que s'ha d'aplicar al cable 1 si el pes  $P$  és de 1.000 N.
  - El valor del mòdul i la direcció de les reaccions als suports A i B. El diagrama del sòlid lliure de tots els elements, amb les forces que intervien en verdader sentit.



Solució:  $F = 1.200 \text{ N}$ ;  $A_x = 0$ ;  $A_y = 600 \text{ N} \uparrow$ ;  $B_x = 333 \text{ N} \rightarrow$ ;  $B_y = 707 \text{ N} \downarrow$

8. Si s'aplica un moment  $M = 6.000 \text{ Nm}$  horari a la manovella, calculeu quina és la força  $F$ , en magnitud i sentit, que aplicada en E manté el mecanisme en equilibri?

Mesures en m.

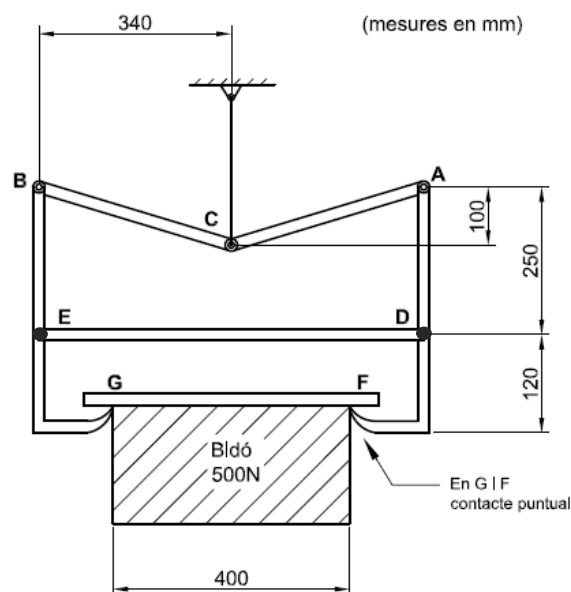


- *Vegeu simulació amb WinMecC: Problema 8 tema 2. Mec*

*Solució:  $F = 5.624 \text{ N}$  ↓*

9. El mecanisme de la figura s'utilitza per transportar bidons de  $500 \text{ N}$  de pes per l'interior d'una fàbrica. El contacte de les urpes del mecanisme amb el bidó que s'ha de transportar és puntual. Si el sistema ha de conservar l'equilibri, determineu:

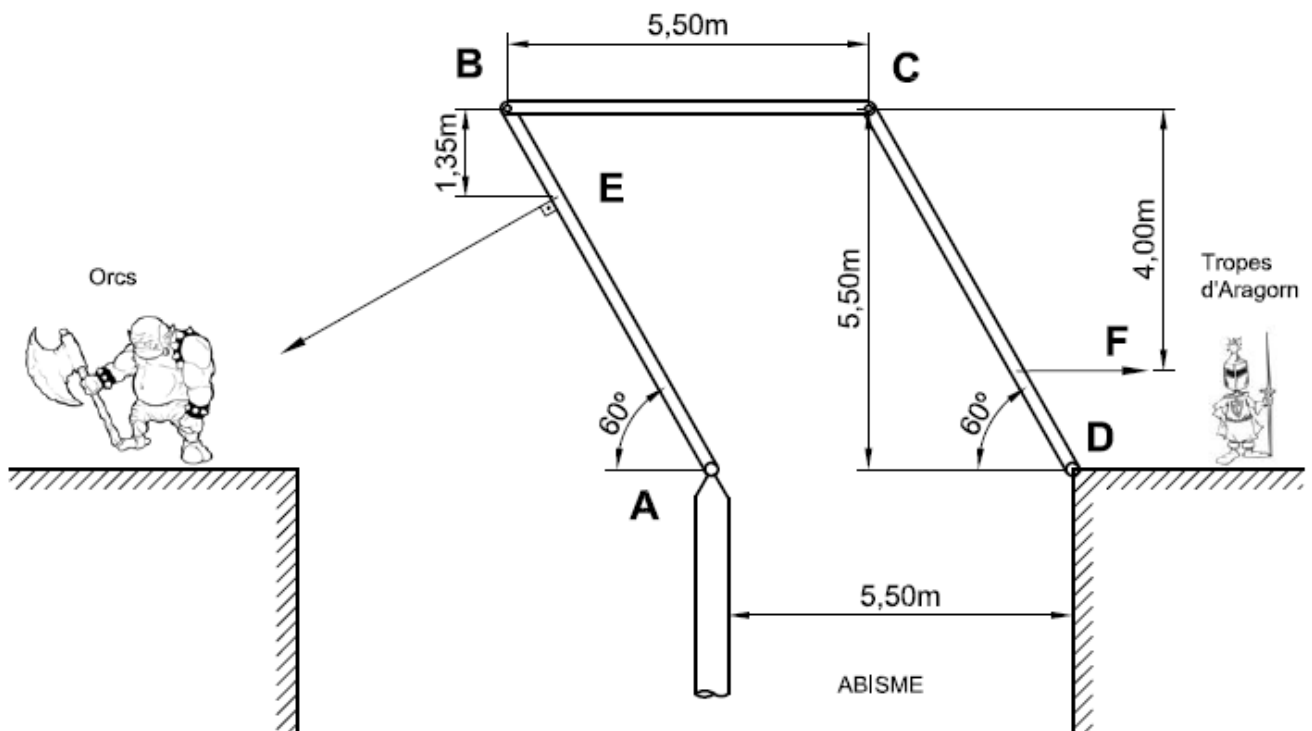
- La força que ha d'exercir el cable que uneix tot el mecanisme al sistema de trasllat.
- El valor del mòdul i la direcció de les forces que exerceix el mecanisme sobre el bidó als punts G i F.



*Solució:  $G = 1.500 \text{ N}$  a  $10^\circ$  sobre el bidó*

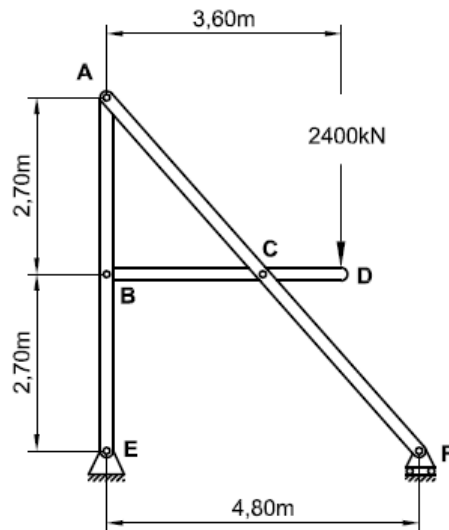


10. La ciutat de Gondor és atacada per orcs. En aquests moments l'equilibri de poder és crític. Davant de la ciutat, i gairebé sobre el pont llevadís que dona accés a la ciutat, hi ha diversos orcs estirant mitjançant una corda clavada per una fletxa a la base del pont (E) que s'aixeca. La força que exerceixen aquests orcs en E és equivalent a 2.500 N i és perpendicular a la barra AB. A l'altra part del pont hi ha l'exèrcit d'Aragorn intentant tancar el pont, mitjançant una força horitzontal  $F$ . Si un ésser humà és capaç de produir 400 N de força horitzontal, quants éssers humans es necessiten com a mínim per mantenir l'equilibri que s'indica a la figura?



*Solució: 20 humans*

11. Plantegeu el diagrama del sòlid rígid del conjunt, així com el diagrama de cadascun dels elements que componen el sistema. Plantegeu les equacions d'equilibri per a cadascun.

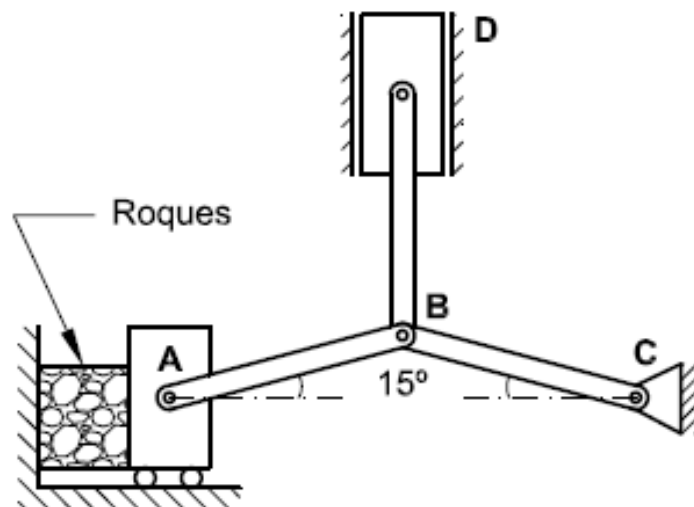


Solució:  $F = 1.800 \text{ kN} \uparrow$ ;  $E_y = 600 \text{ kN} \uparrow$ ;  $E_x = 0 \text{ N}$

12. La figura representa una trituradora de roques. Un pistó D està activat per una força de 1.100 N. Si obviem els pesos de les baules, quina és la força horitzontal transmesa per A a les roques?

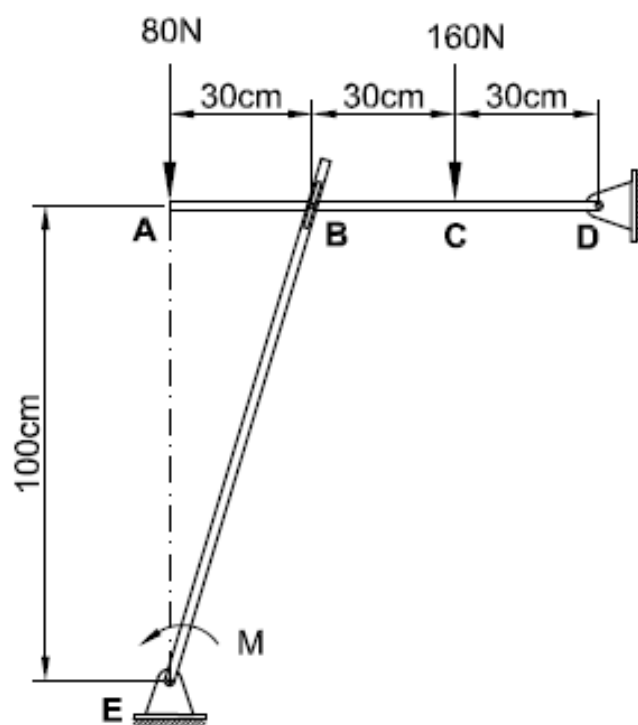
Longitud de les tres baules: 200 mm.

Desestimeu el fregament entre el pistó A i el terra.



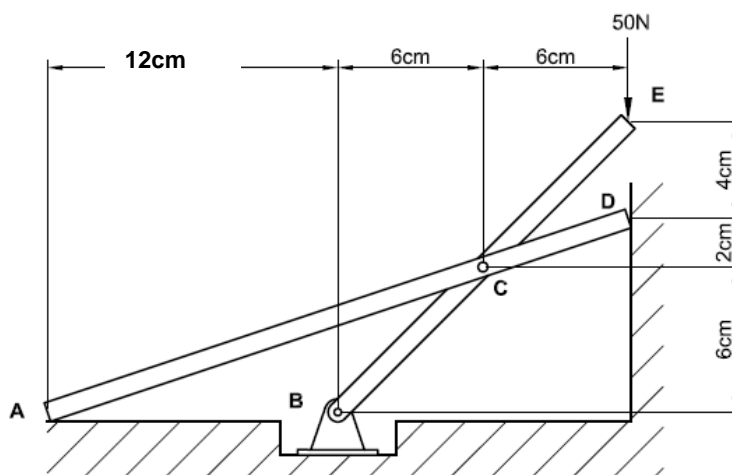
Solució:  $A_x = 2.052 \text{ N} \leftarrow$  sobre les roques

13. Calculeu el moment necessari perquè el bastidor estigui en equilibri. Es desestima el fregament entre la guia i el passador B.



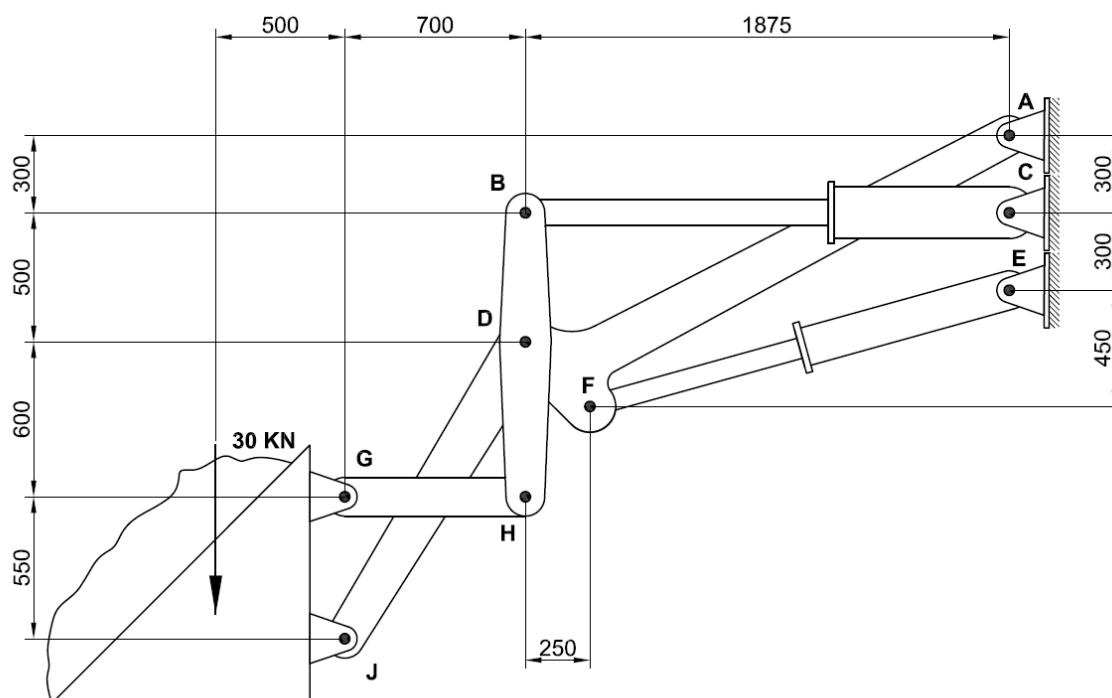
Solució:  $M = 71.416 \text{ N}\cdot\text{cm}$  antihorari

14. Determineu les forces que s'apliquen en A, C, D i la reacció en B.



Solució:  $C = 90,6\text{N}$ ;  $B = 98,5\text{N}$

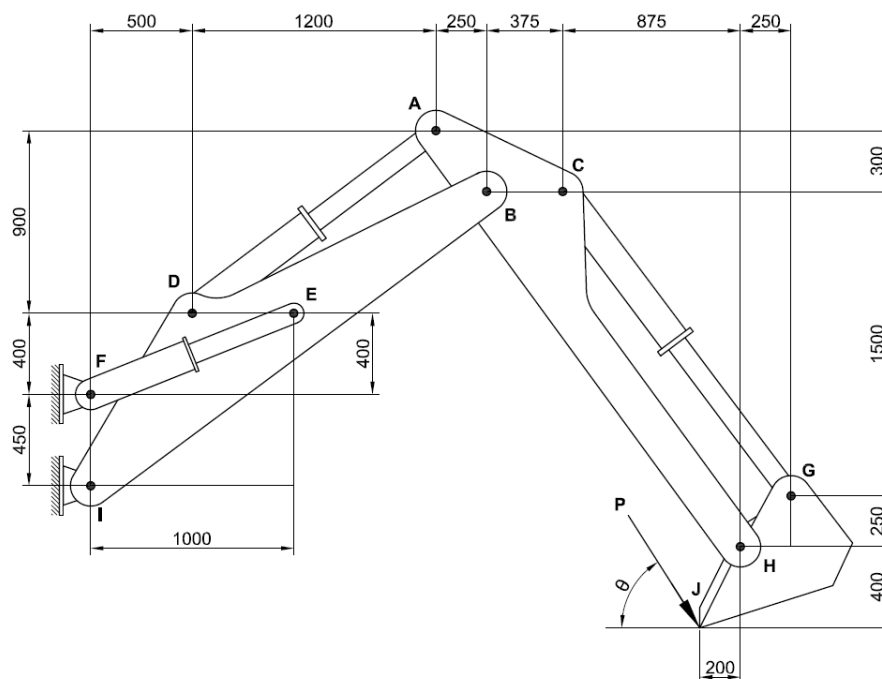
15. El moviment de la pala està controlat per dos braços paral·lels, un dels quals s'indica a la figura. Determineu la força exercida per la càrrega de 30.000 N pel cilindre BC i pel cilindre EF.



Solució:  $F_{EF} = 143 \text{ kN}$   $\blacktriangleleft$

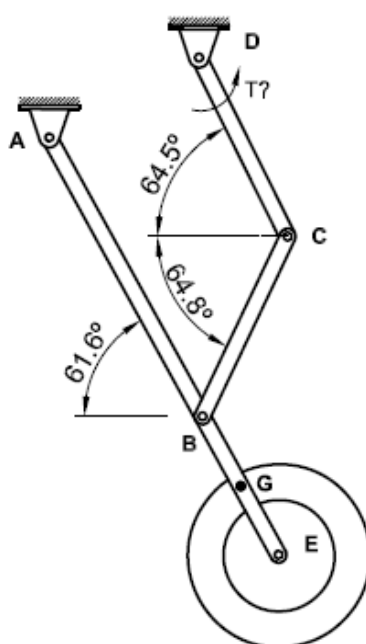
16. El moviment de la pala retroexcavadora està controlat pels cilindres hidràulics que s'indiquen a la figura. S'intenta arrancar una llosa, exercint una força  $P$  de 12.500 N. Si l'angle de la força  $P$  amb la horitzontal és de  $30^\circ$ , determineu la força que exerceix cada cilindre.





Solució:  $G = 15.944 \text{ N}$  (compresió del cilindre GC);  $A = 42.638 \text{ N}$  (compresió del cilindre AD)

17. El tren d'aterratge d'una avioneta està representat a la figura. La avioneta ja està enlairada i ha de recollir el tren d'aterratge aplicant un moment  $T$  a l'element DC. La massa del conjunt barra i la roda és de 100 kg, amb centre de gravetat a G. Per a la posició que s'indica a la figura,
- a) Calculeu el moment  $T$  que s'ha d'aplicar a l'element DC per elevar la roda.



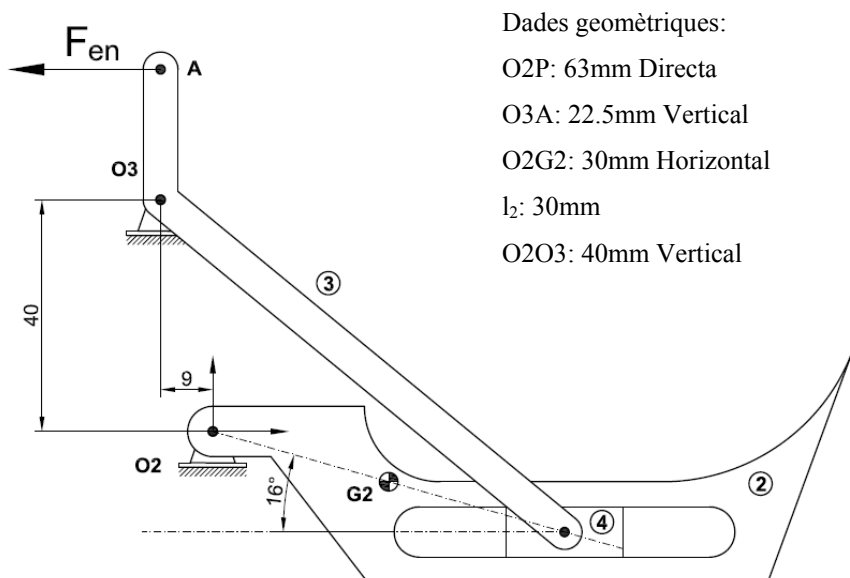
El punt B es troba en la vertical de D. Considereu la roda com part de la barra ABE.  $AB = 80 \text{ cm}$ ;  $DC = 50 \text{ cm}$ ;  $CB = 50 \text{ cm}$ ;  $BG = 20 \text{ cm}$ ; distància horitzontal entre suports =  $37.8 \text{ cm}$ ; distància  $ABG = 100 \text{ cm}$ .

- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC: problema 17 tema 2.mec**

Solució:  $T = 280 \text{ Nm}$  antihorari

**18.** A la figura s'indica un mecanisme d'elevació en equilibri, situat al pla vertical. Es desestimen els efectes del fregament entre la guia i la baula 4. Us demanem:

- El diagrama del sòlid lliure del conjunt i el diagrama del sòlid lliure de cada element que compon el mecanisme elevador.
- La reacció de la barra 3 sobre la baula 4.
- Calculeu la força d'entrada  $F_{en}$  necessària si només actua el pes del mecanisme localitzat a  $G_2$  de valor massa=50 kg per mantenir l'equilibri en aquesta posició.
- Calculeu la reacció al suport  $O_3$ .



- **Vegeu simulació del mecanisme en WinMecC: problema 18 tema 2.mec**

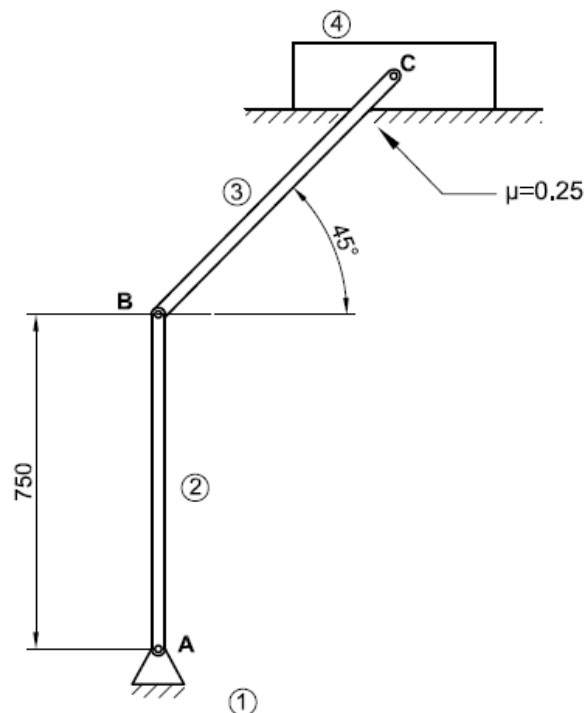
Solució: Reacció de la barra 3 sobre 4;  $T = 243 \text{ N}$ ;  $F_{en} = 751 \text{ N}$  ← ;  $O_2 = 247 \text{ N}$  ↑ ;  $O_3 = 789,5 \text{ N}$  18° ↗

19. El mecanisme de la figura està dissenyat per empènyer caixes de cartró buides cap a una cinta transportadora. Al mecanisme s'hi ha d'aplicar un moment  $M$  a la baula 2 de manera que el pistó 4 comenci a moure's cap a la dreta per començar l'operació. El mecanisme està dissenyat de manera que en òptimes condicions de funcionament la baula 4 només tingui contacte amb la superfície inferior de la seva guia. El pes del pistó 4 és de  $10\text{ N}$  i el seu coeficient de fregament estàtic amb la guia inferior és  $\mu_s = 0,25$ . Determineu:

- El diagrama del sòlid lliure de tot el conjunt.
- El diagrama del sòlid lliure de cada baula del mecanisme. Indiqueu els elements de dos i tres forces (si n'hi ha).
- El mòdul, direcció i sentit de la força de fregament màxima entre la guia i la baula 4.
- El mòdul, direcció i sentit del moment que s'ha d'aplicar a la baula 2 per iniciar el moviment del mecanisme.
- La reacció al suport A.
- El diagrama de cada baula amb les seves forces en verdader sentit i magnitud.

Mesures en mm.

Es desestimen el pes de les baules 2 i 3 i les dimensions de la baula 4.



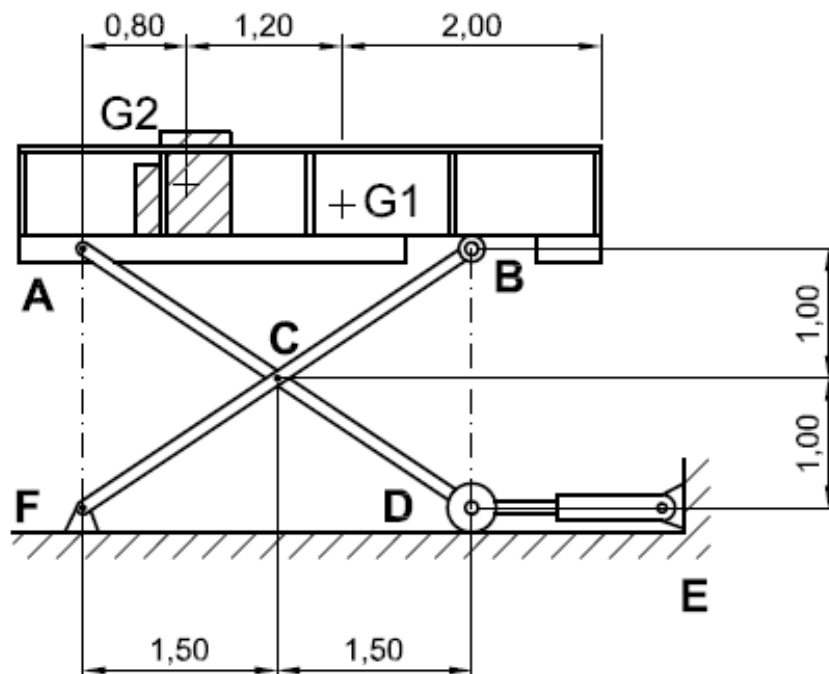
- **Vegeu simulació del mecanisme en WinMecC: problema 19 tema 2.mec**

*Solució:  $M = 1,5\text{ Nm horari}$*

20. El mecanisme elevador de la plataforma està format per dos mecanismes paral·lels i dos cilindres hidràulics, simètricament situats a cada costat de la plataforma, la qual resta en equilibri en la posició indicada. Té una massa uniforme de 60 kg amb centre de gravetat a G1. S'ha elevat una càrrega de 85 kg amb c.d.g a G2. No considereu fregament en cap cas i obvieu el pes de les baules del mecanisme elevador. Si el mecanisme resta en equilibri en aquesta posició, determineu:

- La força que du a terme cadascun dels cilindres hidràulics (ED) per mantenir l'equilibri.
- La reacció que exerceix el rodet B sobre la plataforma en mòdul, direcció i sentit.
- La reacció que exerceix l'articulació C sobre la barra ACD en mòdul, direcció i sentit.
- El diagrama del sòlid lliure del mecanisme elevador, de la plataforma i de cadascuna de les baules que conformen el mecanismes amb TOTES les forces en verdader sentit i magnitud.

Mesures en m.

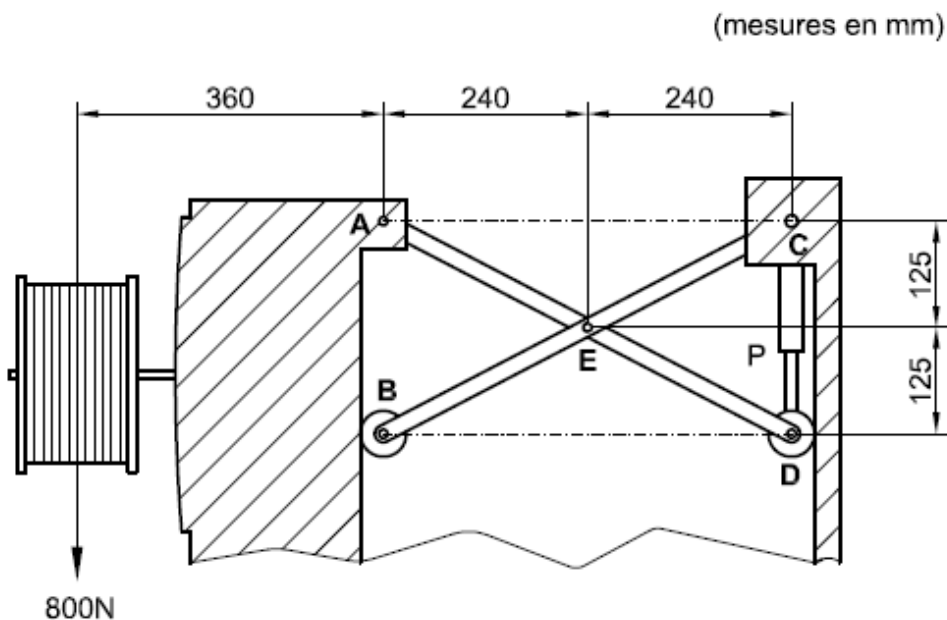


Solució:  $E = 2.175 \text{ N}$



21. La posició horitzontal del tambor del cable  $F$ , pertanyent a una petita grua de taller, es controla parcialment mitjançant dos mecanismes disposats paral·lelament i idèntics, dels quals només se n'indica un. El mecanisme utilitza la força al cilindre hidràulic  $P$  per ajustar la posició horitzontal del cable  $F$ . El mecanisme està compost per dues baules AED i CEB, unides per una articulació E. Si el sistema es troba en equilibri i la càrrega del tambor és de 800 N, calculeu:

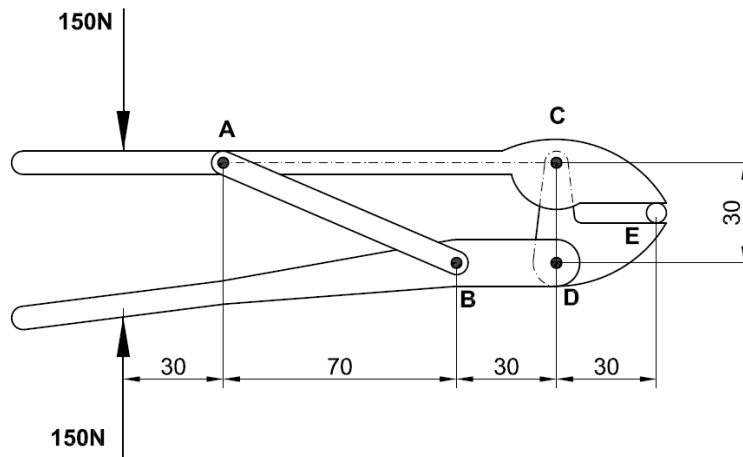
- El valor de la reacció deguda a l'articulació A en mòdul, direcció i sentit que actua sobre el mecanisme de plataforma i valor de la reacció deguda al rodet B en mòdul direcció i sentit que actua sobre la paret.
- El valor de la reacció D en mòdul, direcció i sentit que actua sobre la paret.
- El valor de la reacció deguda a l'articulació E en mòdul, direcció i sentit.
- El valor de la força que exerceix el pistó hidràulic  $P$  en aquesta posició sobre el mecanisme de la figura.
- El diagrama del sòlid lliure del mecanisme de plataforma i de les baules AED i BED amb el valor de les forces en verdader mòdul, direcció i sentit.
- Si el valor de la càrrega vertical en  $F$  s'incrementa, el valor de la força que exerceix el pistó hidràulic  $P$  varia? Justifiqueu i raoneu la resposta.



*Solució: la força del pistó  $P$  és nul·la.*

22. Amb les condicions de la figura, trobeu:

- Els diagrames del sòlid lliure de cadascuna de les baules de les tenalles.
- Quines forces s'exerceixen sobre el cargol E com a resultat de les forces de 150 N sobre les tenalles?
- Quin és l'avantatge mecànic obtingut?

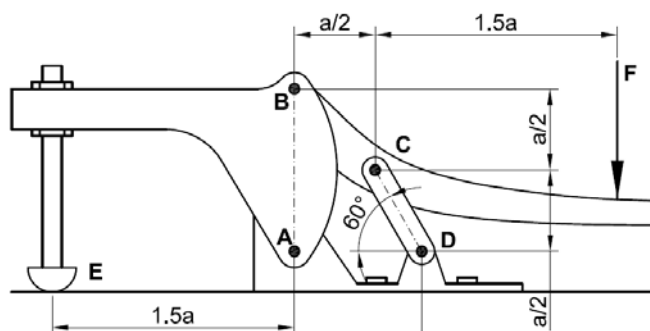


Solució:  $E = 1.516,5 \text{ N}$  sobre el cargol

23. La figura representa el mecanisme d'una premsa manual de taller. El mecanisme està sotmès a una força  $F$  al mànec de valor  $F = 200 \text{ N}$  i resta en equilibri en aquesta posició. Totes les articulacions entre baules del mecanismes s'identifiquen mitjançant lletres. Determineu per a aquestes condicions de càrrega i posició:

- La força de premsat en E si la força que s'aplica és igual a  $F = 200 \text{ N}$ . Calculeu l'avantatge mecànic que s'obté.
- La reacció en mòdul, direcció i sentit de les articulacions B, C i A.
- Elaboreu el diagrama del sòlid lliure del conjunt del mecanisme i de cadascuna de les baules en verdader sentit i magnitud.

Es desestima el pes de les baules.



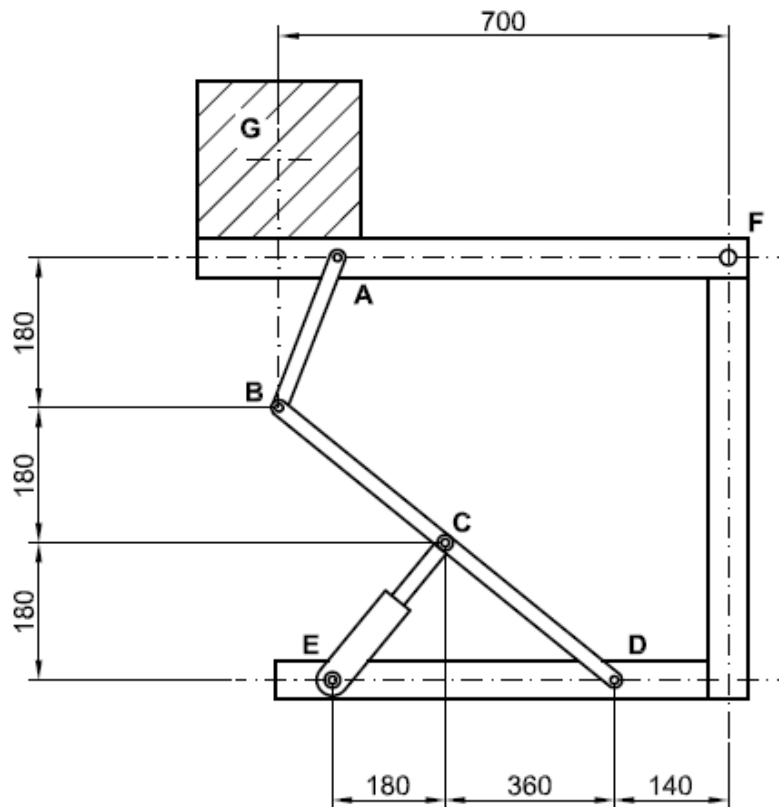
Solució:  $E = 728,33 \text{ N}$

24. La figura representa una plataforma ajustable utilitzada per carregar i descarregar contenidors de camions. Per accionar la plataforma hi ha un pistó hidràulic (element EC). Sobre la plataforma, hi ha un contenidor homogeni de 2.000 N de pes per descarregar. Per a aquesta posició, determineu:

- La força que ha d'exercir el pistó EC per iniciar l'elevació de la plataforma.
- Les reaccions a les articulacions A i D en mòdul, direcció i sentit.
- El diagrama del sòlid lliure de cadascun dels elements del mecanisme amb les seves forces en verdader sentit i magnitud.
- Justifiqui l'equilibri de cadascun dels elements del mecanisme. (sense equacions).

Mesures en mm.

Obvieu el pes dels elements del mecanisme.



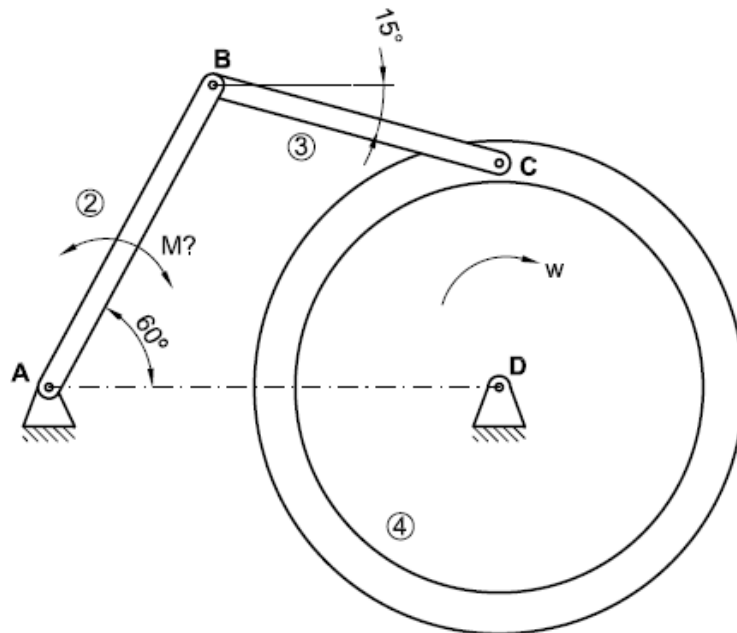
*Solució:  $A = 2.071 \text{ N}$ ;  $C = 3.237 \text{ N}$*

25. El mecanisme de 4 elements indicat a la figura resta en equilibri sota l'acció de dos parells de forces aplicats respectivament al disc (element 4, parell  $W$ ) i a l'element 2 (parell  $M$ ). Si el parell aplicat al disc és de  $W = 200 \text{ Nm}$  horaris, determineu:
- El parell  $M$  en mòdul i sentit necessari per mantenir el mecanisme amb equilibri en la posició representada.
  - El valor de la reacció  $C$  que actua sobre el disc.
  - Representeu el DSL de cada baula per separat amb les seves forces i reaccions en verdader sentit i magnitud. Justifiqueu-ne l'equilibri (sense equacions).

No considereu el pes de les baules.

Desestimeu l'efecte del fregament.

Distància  $DC$ : 300 mm. Longitud element 2: 500 mm.

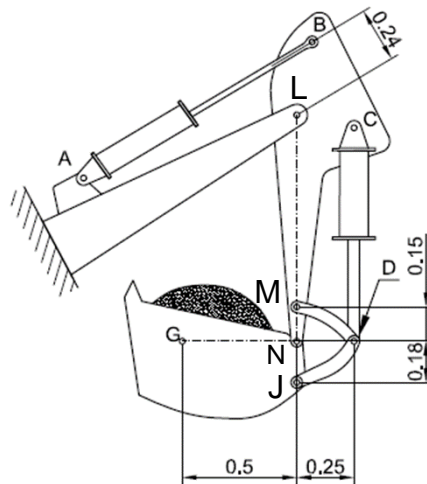


Solució:  $M = 333,33 \text{ N.m}$  antihorari

26. La càrrega de la pala excavadora és igual a 1.500 kN i està situada al seu centre de gravetat (G). Per a la posició que mostra la figura, determineu:
- El valor de la força als pistons hidràulics BA i DC en mòdul, direcció i sentit veridaders.
  - El mòdul, la direcció i el sentit de les reaccions a les articulacions M i J.
  - Indiqueu els elements de 2 o 3 forces i dibuixeu els seus DSL amb les forces en mòdul, direcció i sentit veridaders.

El pes de la resta dels elements és desestimable.

Mesures en metres.



Solució:  $P_{CD} = 5.5MN$ ;  $P_{BA} = 3.125MN$

27. El mecanisme de la figura, per tal de rebre ajustaments, ha de conservar l'equilibri en la posició que mostra la figura ( $\theta_2 = 0^\circ$ ). En aquesta posició, la baula 6 rep un parell de valor  $M_6 = 500 \text{ N.m}$  horari. No considerar fregament entre la lliscadora 3 i la seva guia. En aquestes condicions, calcular:

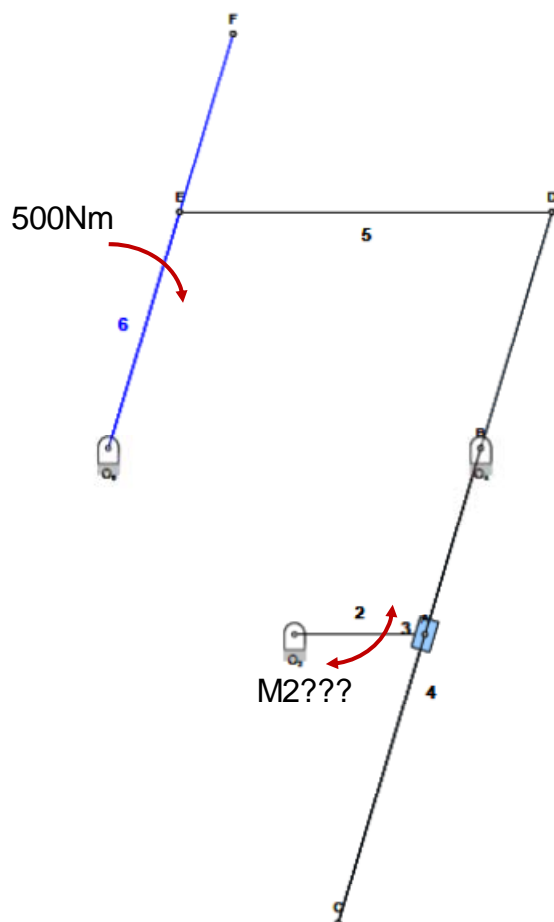
- Valor en mòdul, direcció i sentit del parell a aplicar a la baula 2 per tal de que el mecanisme romangui en equilibri en aquesta posició.
- Determinar en mòdul, direcció i sentit les reaccions als suports  $O_2$ ,  $O_4$ , i  $O_6$ , i, a l'articulació D.
- Determinar el valor de la reacció que realitza la guia 4 sobre la lliscadora 3, en mòdul, direcció i sentit.
- Determinar els DSL de CADA un dels elements del mecanisme amb les reaccions en verdader direcció i sentit, justificant el seu equilibri sense la necessitat d'equacions. Indicar quins elements són de 2 i de 3 forces.

Posició baula 2  $\theta_2 = 0^\circ$

Dades (en mm):

$L_2$ : 210;  $O_4C$ : 800;  $O_4D$ : 400;  $L_5$ : 600;  $O_6E$ : 400;  $O_4O_6 = 600$ ;  $O_6F = 700$ ;  $O_4A$ : 317

Menysprear la massa de les baules



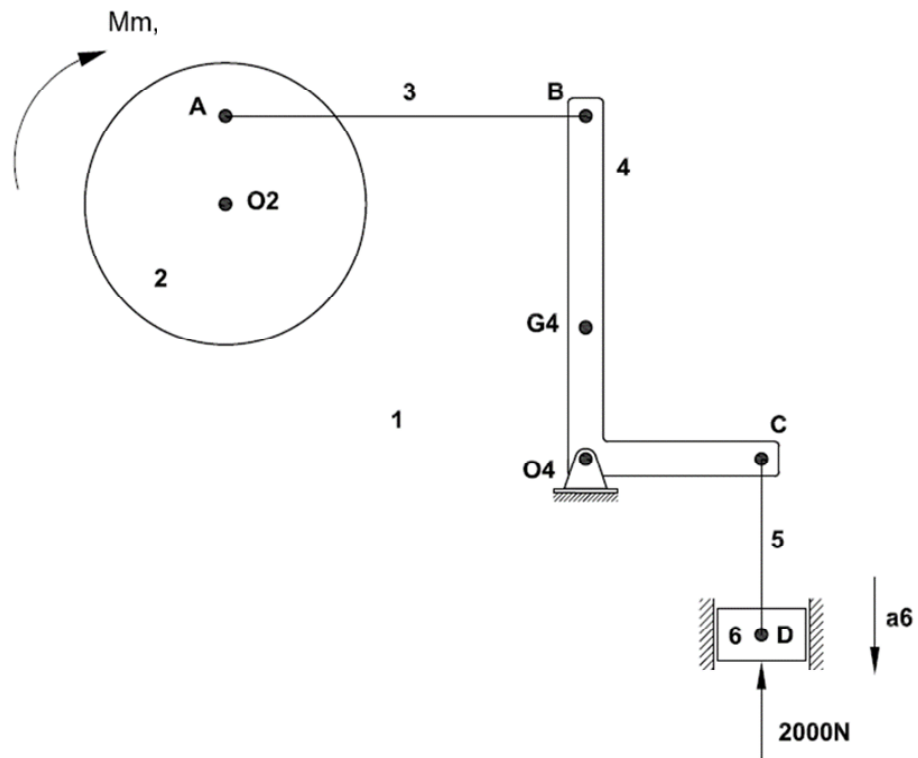
- Vegeu simulació del mecanisme en WinMecC: problema 27 tema 2.mec

*Solució:  $M_2 = 96.84 \text{ Nm horari}$*

28. La màquina estampadora representada a la figura 2, vol conservar l'equilibri (evitant que el pistó ascendeixi) sota l'acció d'una força opositora que té per mòdul  $F = 2000\text{N}$  i es aplicada a l'element 6 (anomenat pistó o actuator). Per això, s'ha d'aplicar un parell a la baula 2, que actua com a manovella o accionadora. No es considera fregament entre el pistó 6 i la guia. Determinar per aquesta posició:
- Valor en mòdul, direcció i sentit del parell  $M$  a aplicar a la baula 2 per tal de que el mecanisme conservi l'equilibri en aquesta posició.
  - Determinar en mòdul, direcció i sentit les reaccions als suports fixes  $O_2$ ,  $O_4$ , i a les articulacions A, B, C i D.
  - Determinar els DSL de CADA un dels elements del mecanisme, i, també per a tot el conjunt del mecanisme. Determinar quins elements estan sotmesos a dos i tres forces. Justificar.

Mesures en mm:

Baula 2:  $AO_2=500$  ;  $L_3= 2050$ ;  $O_4B=1950$ ;  $CO_4=1000$ ;  $L_5=1000$ ;



- Vegeu simulació del mecanisme en WinMecC: problema 28 tema 2.mec

*Solució:  $M_m = 512,8 \text{ Nm horari}$*





## Tema 3

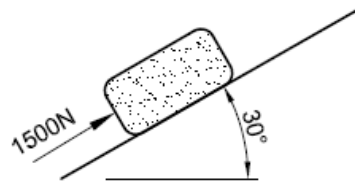
# Adherència i frec en màquines i mecanismes



**Cal tenir en compte:**

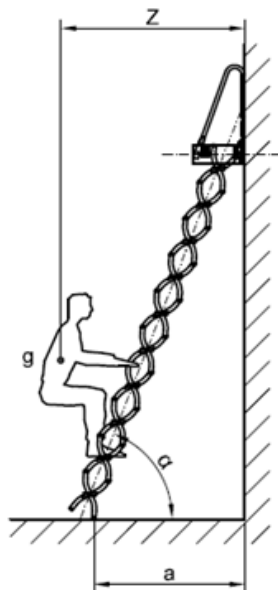
Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 3".

- Una força de 1.500 N actua sobre un bloc de 250 N de pes, el qual està col·locat sobre un pla inclinat. Els coeficients d'adherència entre el bloc i el pla són  $\mu_s = 0,3$ , i  $\mu_k = 0,15$ . Determineu:
  - Les forces de fregament perquè el bloc no perdi l'adherència.
  - La força de fregament màxima al límit d'adherència.
  - La força necessària per iniciar la fricció.



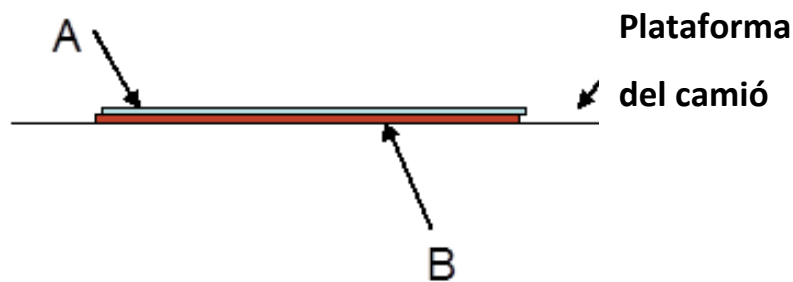
Solució: a)  $F_R: 1.375 \text{ N}$  ↙ ; b)  $F_{RMAX} = 65 \text{ N}$  ↙ ; c)  $F > 190 \text{ N}$  ↗

- Un senyor té 70 kg de massa i puja per una escala que esta recolzada sobre la paret. La massa de l'escala és de 20 kg i té una longitud de 5 m. El peu de l'escala està a 1 m de la paret. Els coeficients d'adherència són, amb el terra  $\mu_1 = 0,3$  amb la paret  $\mu_2 = 0,2$ . Determineu la distància  $z$  de la paret a la qual es troba aquesta persona quan l'escala comença a lliscar.



Solució:  $Z = -0,72 \text{ m}$  (no caurà)

3. Dos taulers de fusta contraplacada A i B estan situats sobre la plataforma del camió indicat. Ambdós tenen el mateix pes  $W$  i el coeficient de fricció estàtica entre els dos taulers de fusta i entre el tauler B i la plataforma del camió és  $\mu_s$ .
- Si s'aplica una força horitzontal al tauler A i cap força al tauler B, es pot fer lliscar el tauler A cap enfora del camió sense fer que es mogui el tauler B? Quina força es necessita perquè el tauler A comenci a lliscar?
  - Si s'impedeix que el tauler A es mogui exercint-hi una força horitzontal, quina força horitzontal sobre el tauler B es necessita perquè comenci a lliscar?

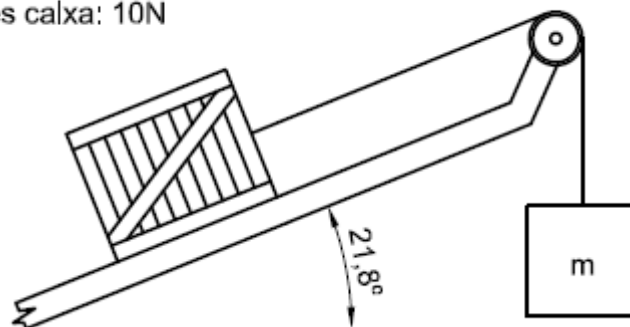


Solució: a)  $2.W.\mu_s > F > W.\mu_s$  ; b) es mourà sempre que  $F = 3.W.\mu_s$  i  $F_A = F_{freg}$  en A

4. Determineu el valor de la massa  $m$  si:
- El coeficient d'adherència entre la caixa i el pla és nul.
  - El coeficient d'adherència entre la caixa i el pla és 0,3.

**Dades:**

Pes caixa: 10N



Solució: a)  $m > 0,378$  kg la caixa puja;  $m < 0,378$  kg la caixa baixa  
 b)  $0,66$  kg  $< m$ , la caixa puja;  $m < 0,095$  kg, la caixa baixa.  
 $0,095 < m < 0,66$  equilibri del bloc

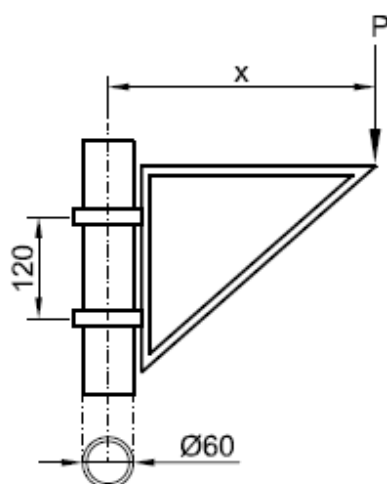
5. Un alpinista té una massa de 90 kg i i l'aguanten les forces normal i de fricció entre les seves botes i la muntanya, i entre l'esquena i la mateixa muntanya. El coeficient de fricció estàtica entre les botes i la paret és de 0,8, i entre la paret i l'esquena de 0,6. Quina és la força normal mínima que han d'exercir les seves botes?



Solució:  $N$  (una bota) = 287 N

6. Si es coneix el coeficient d'adherència entre el tub i l'esquadra  $\mu_s = 0,25$ , la qual es pot moure a qualsevol alçària, determineu la distància mínima  $x$  a la qual pot suportar-se la càrrega  $P$  mantenint l'adherència en l'actual posició.

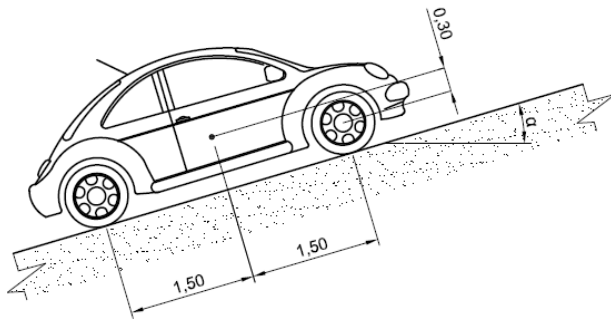
No considereu el pes del suport.



Solució:  $x = 240$  mm

7. Un automòbil circula sobre una carretera inclinada a velocitat constant. Els coeficients de fregament entre els pneumàtics i la carretera són, coeficient d'adherència: 0,6, coeficient de fricció: 0,5. Quina és la màxima inclinació  $\alpha_{\max}$  amb què l'automòbil pot pujar a velocitat constant? L'automòbil té tracció posterior i la seva massa és de 1.000 kg.

Les rodes no derrapen. Mesures en metres.

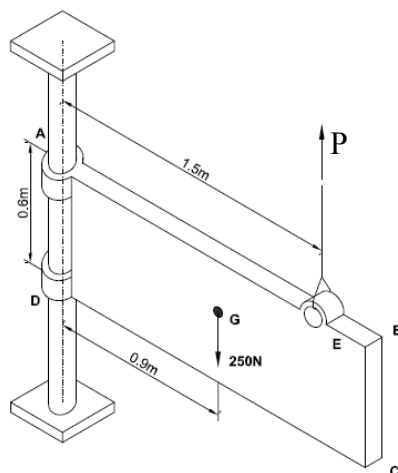


Solució:  $\alpha_{\max} = 17,7^\circ$

8. El cartell anunciador de la figura pesa 250 N i està unit en A i D als seus respectius collarins, els quals poden lliscar pel tub vertical. Sabent que el coeficient d'adherència entre ambdós collarins i el tub és igual a  $\mu = 0,40$ , determineu si el cartell està en equilibri en la posició representada i en els casos següents:

- Si el mòdul de la força vertical aplicada en E és  $P = 0$
- Si el mòdul de la força vertical aplicada en E és  $P = 100$  N

En ambdós casos, proporcioneu també el resultat numèric. Raoneu adequadament la resposta.

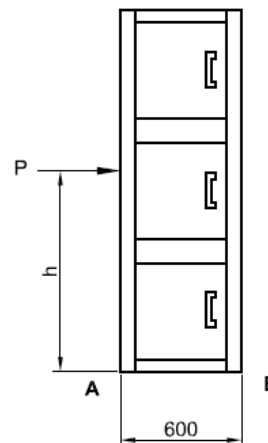


Solució: a) adherència; b) fricció

9. Un armari de 80 kg de massa està muntat sobre unes rodes que poden bloquejar-se per impedir que rodi. Entre el terra i cada roda el coeficient d'adherència estàtic és de 0,3. Si  $h = 1$  m, determineu el mòdul de la força  $P$  necessària per moure el moble:
- Si totes les rodes estan bloquejades.
  - Si les rodes B estan bloquejades i les A poden girar.
  - Si les rodes A estan bloquejades i les B poden girar.

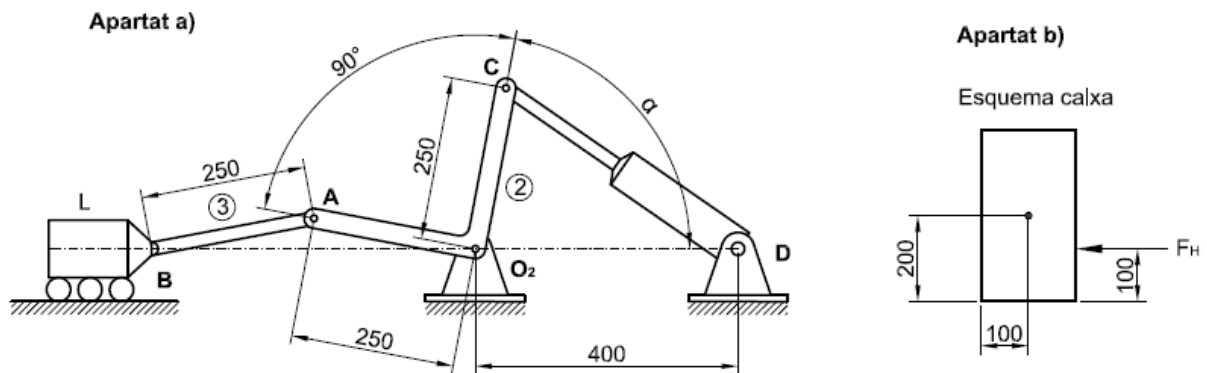
No considereu la profunditat de l'armari.

Altura fins el c.d.g = 0,6 m



Solució: a) i b)  $P = 240$  N;  $B = 800$  N;  $A = 0$ . Per tant, a punt de bolcar; c)  $P = 80$  N

10. Es vol utilitzar la premsa de la figura per desplaçar caixes. Si s'aplica una força d'empenta a l'element 2 mitjançant el cilindre hidràulic DC de valor  $F_{DC} = 800$  N i amb un angle  $\alpha = 80^\circ$ , calculeu:
- La força horitzontal  $F_H$  que s'aplica sobre la caixa per efecte d'aquest accionament hidràulic DC. Entre l'element accionador L i el terra es considera el fregament menyspreable.
  - Suposem que la força horitzontal  $F_H$  que s'aplica sobre la caixa té un valor de 2.090 N. El coeficient d'adherència de la caixa amb la superfície és  $\mu = 0,6$ . Demostreu numèricament el comportament de la caixa. Bolcarà, es desplaçarà o romandrà en equilibri? El pes de la caixa és de 300 N.

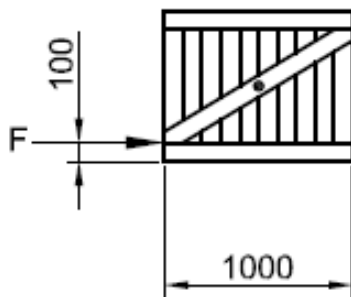
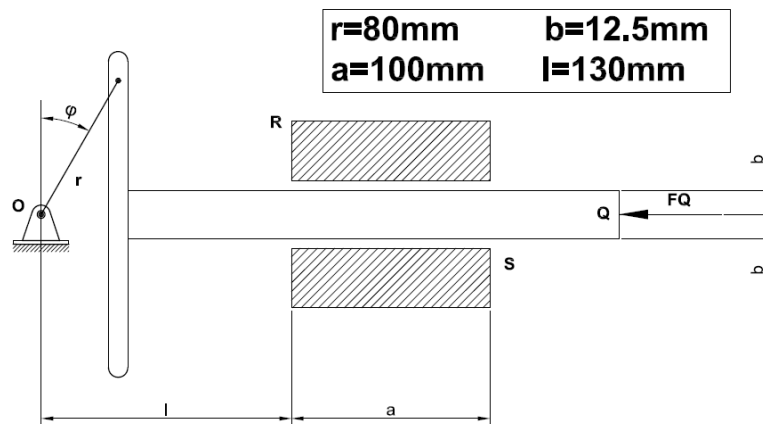


Solució: a)  $F = 2.112 \text{ N}$  ← ; b) la caixa bolca

11. A la figura s'indica un mecanisme de jou escocès. El fregament entre la baula 3 i la baula 4 es desestima. El coeficient d'adherència entre la guia-bancada i el seguidor (baula 4) és  $\mu = 0,3$ . Per a la posició amb la qual el mecanisme es troba a  $45^\circ$  (vegeu figura) es vol aplicar sobre la manovella (baula 2, longitud  $r$ ) el parell  $M$  mínim necessari per iniciar el moviment si sobre el seguidor actua una força  $F_Q = 500 \text{ N}$ . Tenint present que el contacte es produeix als punts R i S, determineu:

- El valor de la força d'adherència màxima que es du a terme entre la guia-bancada i el seguidor,  $F_{r\max}$ .
- El valor del parell  $M$  aplicat a la manovella necessari per iniciar el moviment si sobre el seguidor actua una força  $F_Q = 500 \text{ N}$ .
- El valor de la reacció a l'articulació A que exerceix la baula 3 sobre el seguidor, i la reacció al suport  $O_2$  en mòdul, direcció i sentit.
- El diagrama del sòlid lliure del conjunt i de cada baula del mecanisme amb les forces en verdader sentit i magnitud.
- El mecanisme, en funcionar, ha de desplaçar caixes de pes  $P = 100 \text{ N}$  sobre una cinta transportadora de tal forma que aquestes caixes en rebre l'impacte del seguidor no bolquin. Per això, s'estableix que el seguidor apliqui una força  $F = 500 \text{ N}$ , tal com s'esquematitza a la figura. Justifiqueu numèricament què li passarà a la caixa en impactar aquesta força: es mantindrà en equilibri? Lliscarà? Bolcarà? Raoneu si la força  $F$  és correcta.



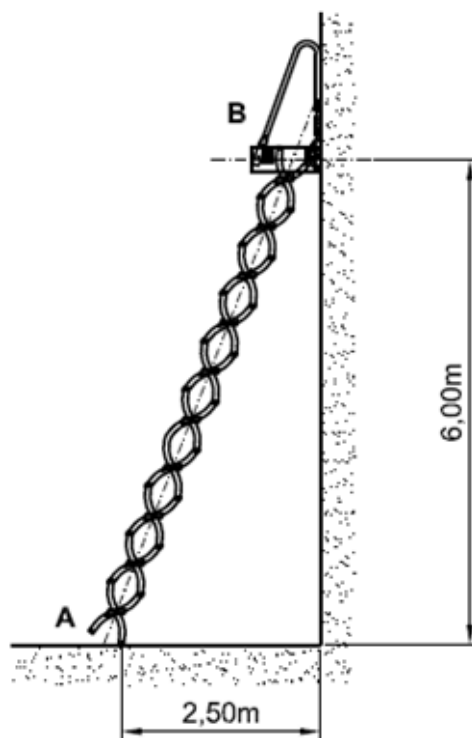


La caixa és homogènia.

El coeficient d'adherència entre la caixa i la cinta és de 0,6.

Solució:  $R = 427,5\text{N}$  ↓ ;  $M_2 = 42,8 \text{ Nm horari}$

12. Una escala de 6,5 m de longitud recolza contra un mur en B i al terra en A. Suposant que el coeficient d'adherència és  $\mu_s$  i la massa de l'escala 18 kg, determineu:
- Si el coeficient  $\mu_s$  és nul al mur B, trobeu el menor valor de  $\mu_s$  perquè l'escala estigui en equilibri sense lliscar.
  - Si el coeficient d'adherència és igual a  $\mu_s$ , en ambdues superfícies (mur i terra), calculeu l'interval de valors de  $\mu_s$  per als quals l'escala es manté en equilibri.
  - Si per l'escala puja un operari de 80 kg de massa, quina és l'alçària màxima a la qual pot arribar sense que l'escala perdi l'adherència? Considereu  $\mu_s = 0,15$  a ambdues superfícies. És operativa aquesta escala sobre aquesta superfície?



Solució: a)  $\mu_s = 0,208$ ; b)  $\mu_s = 0,215$ ; c)  $X = 0,86$  m, escassament operativa

- 13.** Quina és la resistència de rodament  $F_{tr}$  d'un vagó de mercaderies de 900 kN de pes en què les seves rodes tenen 760 mm de diàmetre? Compareu els resultats amb un tractor del mateix pes i rodes de diàmetre 1,2 m.

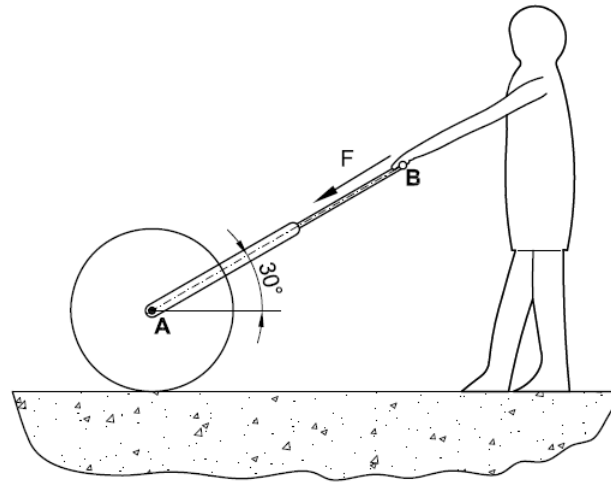
$\delta_R$  entre via i rodes del vagó: 0,25 mm

$\delta_R$  entre carretera i roda del tractor 0,64 mm

Solució:  $F_{tr}$  vagó: 592 N;  $F_{tr}$  tractor: 960 N

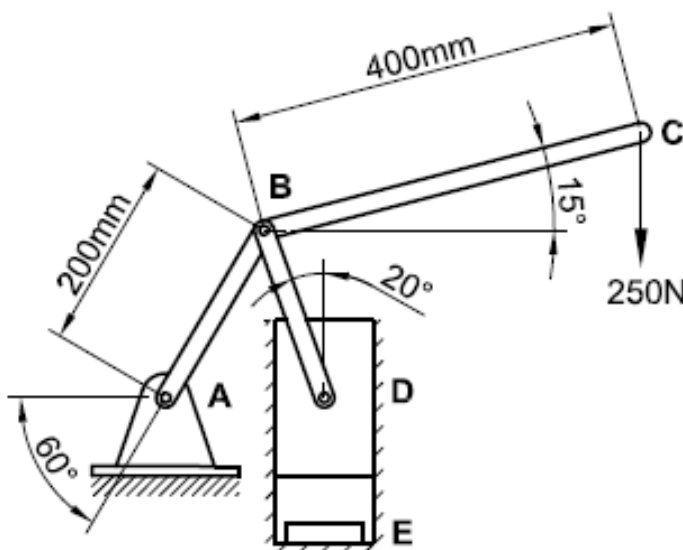
- 14.** El rodet podador de la figura pesa 150 N. Si la barra BA la manté el jardiner a un angle de  $30^\circ$  amb l'horitzontal i el coeficient de resistència al rodolament entre el rodet i la gespa és de 50 mm, determineu la força  $F$  necessària perquè el jardiner pugui empènyer la talladora de gespa a velocitat constant. Suposeu rodament sense fricció.

Radi del rodet podador: 230 mm



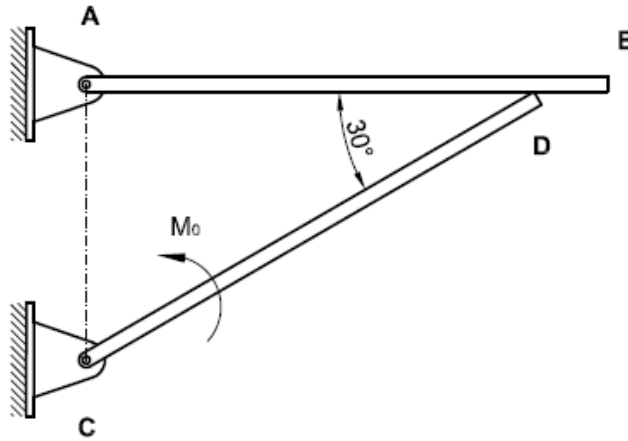
Solució:  $F = 43 \text{ N}$

15. La premsa de la figura s'utilitza per punxonar xapes de botella, per a la qual cosa cal una força de 250 N en la direcció i el sentit que s'indiquen a la figura. Si el coeficient d'adherència entre la guia vertical i la punxonadora D és  $\mu_s = 0,3$  i s'efectua només en una de les parets de la guia:
- Elaboreu el diagrama del sòlid lliure de la màquina.
  - Calculeu la força que s'exerceix sobre la xapa E.
  - Calculeu la força límit d'adherència entre la punxonadora D i la guia vertical.
  - Trobeu la resultant de les reaccions en A i B en mòdul i direcció.
  - Elaboreu el diagrama de cadascuna de les baules (ABC i BD) i de la punxonadora D amb les forces en verdader mòdul i sentit.



Solució:  $E = 664,5 \text{ N} \downarrow$

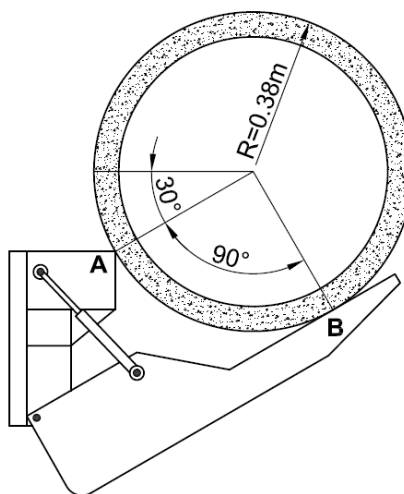
16. Dues baules uniformes de pes  $W$  i longitud  $L$  cadascuna es mantenen mitjançant un moment  $M_0$  aplicat a la barra  $CD$  amb la posició indicada a la figura. Si el coeficient d'adherència entre les baules és de 0,40, determineu:
- a) L'interval de valors de  $M_0$  pels quals l'equilibri es manté.



Solució:  $0,818 W \cdot L \leq M \leq 1,048 W \cdot L$

17. El tub de formigó de 400 N de pes es baixa a velocitat constant de la plataforma del camió en la posició que s'indica a la figura. El coeficient d'adherència als punts A i B, on es recolza el tub de formigó, és de  $\mu_s = 0,4$ . Determineu:

- a) El diagrama del sòlid lliure del tub de formigó.
- b) On comença a lliscar primer el tub? En A? En B? En A i B a la vegada?  
Per què?



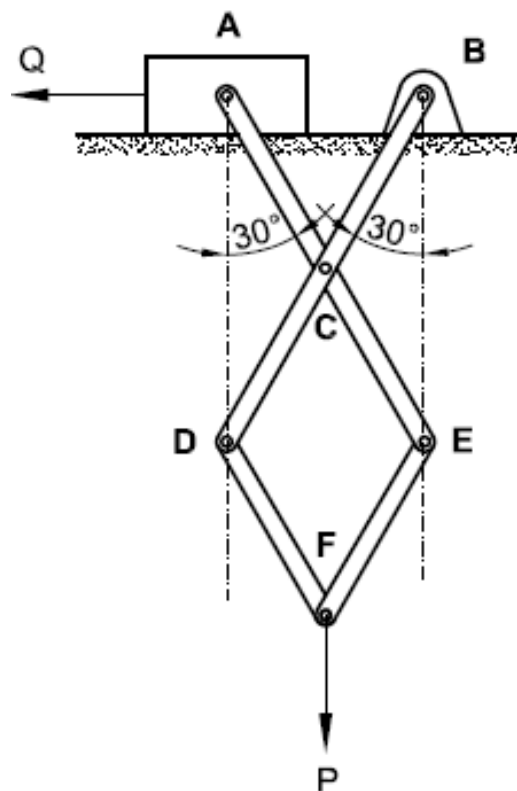
Solució: comença a lliscar en A, la força de fregament màxima en A és menor en A que en B

18. El mecanisme indicat a la figura està sotmès a l'acció de la força  $P$ . L'objectiu de l'exercici és determinar l'interval de força  $Q$  que provoca que el mecanisme resti amb equilibri. El coeficient d'adherència estàtic entre el pistó A i la bancada és  $\mu = 0,15$ . Per això, determineu per a cada una de les hipòtesis de moviment:
- El diagrama del sòlid lliure de TOT el conjunt i plantegeu les equacions d'equilibri pertanyents a aquest DSL.
  - El valor de la força de fregament màxima, de manera que l'adherència entre el pistó A i la bancada no es perdi.
  - El valor de la reacció en B en mòdul, direcció i sentit.
  - L'interval de la força  $Q$  que, aplicada al pistó A, provoca l'equilibri del mecanisme.

$P=160\text{ N}$

Distàncies:  $ACE=BCD=400\text{ mm}$ ;  $AC=BC=CE=DF=FE=200\text{ mm}$

Indicar totes les hipòtesis que realitzis.

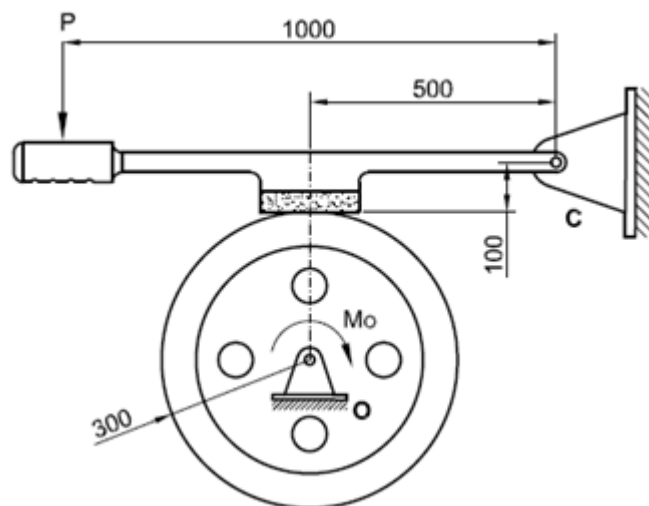


*Solució:  $F_r \text{ max}=12\text{ N}$ ;  $B_y=80\text{ N}$ ;  $B_x=138,5\text{ N}$ ; Interval:  $126,5 < Q < 150,56\text{ N}$  equilibri*

19. El fre de sabata s'utilitza per impedir que la roda giri quan se sotmet la roda a un parell de forces  $M_o = 50 \text{ Nm}$  horari. Si el coeficient d'adherència entre el fre i la roda és de  $\mu_s = 0,6$ :
- Determineu la mínima força  $P$  necessària que ha de ser aplicada per impedir que la roda comenci a girar.
  - Calculeu la resultant de la reacció al suport C en mòdul, la direcció i el sentit.
  - Elaboreu el DSL de la barra i de la roda per separat amb TOTES les forces en verdader sentit i magnitud.

Mesures en mm.

Enuncieu totes les hipòtesis utilitzades per resoldre el problema.



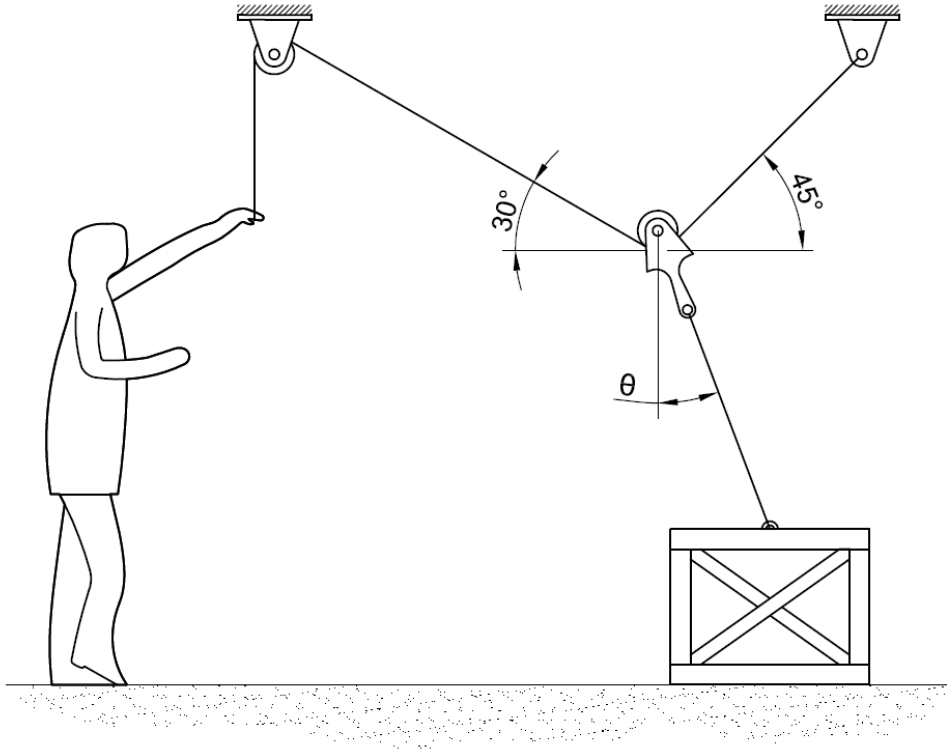
Solució:  $P = 122 \text{ N}$ ;  $C = 228 \text{ N}$

20. La missió de l'operari de la figura és fer lliscar la caixa pel terra sense aixecarla. Resoleu els apartats següents:
- En l'instant en què la caixa estigui a punt de lliscar pel terra, quin és el valor de l'angle  $\vartheta$ ? Justifiqueu la resposta correctament i feu els càlculs necessaris. Indiqueu les hipòtesis realitzades per solucionar el problema. Sense la deguda justificació aquest apartat no és vàlid.
  - Si  $\vartheta = 26,5$ , la màxima força d'adherència ( $F_r \text{ max}$ ) entre la caixa i el terra.
  - La mínima força necessària que ha d'aplicar l'operari a la corda de la politja perquè la caixa comenci a moure's.

- d) El diagrama del sòlid lliure de la caixa amb totes les forces aplicades en verdader sentit i magnitud.

Coefficient d'adherència entre la caixa i el terra  $\mu = 0,5$ .

La massa de la caixa és de 100 kg.



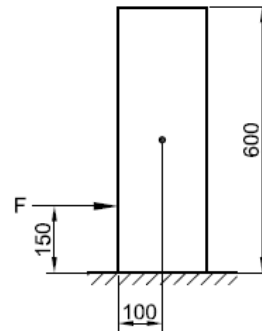
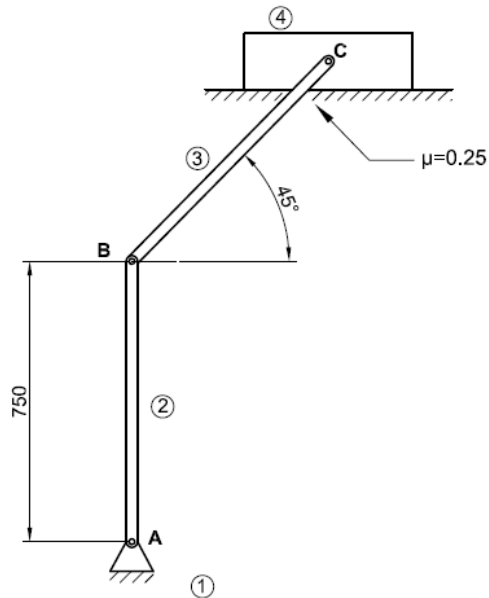
*Solució:  $F=558,76N$  direcció de la corda; Força mínima de l'operari =  $547,5N$*

21. El mecanisme de la figura està dissenyat per empènyer caixes de cartró buides (pes = 20 N) cap a una cinta transportadora. S'ha d'aplicar a la baula 2 un moment  $M$ , de tal forma que el pistó 4 comenci a moure's cap a la dreta per començar a dur a terme l'operació d'empenta de caixer de cartró. El mecanisme està dissenyat de forma que en òptimes condicions de funcionament la baula 4 només tingui contacte amb la superfície inferior de la seva guia. El pes del pistó 4 és de 10 N i el seu coeficient d'adherència amb la guia inferior és  $\mu_s = 0,25$ .

Determineu (mesures en mm):

- El mòdul, direcció i sentit de la força de fregament màxima entre la guia i la baula 4.
- El valor del moment que s'ha d'aplicar a la baula 2 per iniciar el moviment del mecanisme amb la posició indicada.

- c) El mòdul, direcció i sentit de la reacció al suport A.
- d) El diagrama del sòlid lliure de cada baula del mecanisme amb les forces i moment calculats en verdader sentit i magnitud.
- e) El pistó 4 aplica una força  $F = 20\text{N}$  a la caixa de cartró buida tal com indica la figura. Si el coeficient d'adherència entre la caixa de cartró i el terra és de 0,25, determineu numèricament si la caixa lliscarà o bolcarà en aplicar-hi la força  $F$ . Indiqueu les hipòtesis plantejades.



Solució:  $M=1,5\text{Nm}$  horari. La caixa s'aboca.

22. El mecanisme representat a la figura, doble pistó-biela-manovella, ha de restar en equilibri sota les càrregues indicades ( $P_4$ ,  $P_6$  i  $M$ ). Calculeu:
- a) L'INTERVAL de la magnitud del moment  $M$  que s'ha d'aplicar a la manovella 2 per mantenir l'equilibri del mecanisme. Indiqueu direcció i sentit del moment trobat per a cada hipòtesi de direcció de moviment del mecanisme.
- b) La màxima força d'adherència  $F_{\text{rmax}}$  que es genera entre el pistó 4 i la seva guia en mòdul, direcció i sentit. La màxima força d'adherència  $F_{\text{rmax}}$  que es genera entre el pistó 6 i la seva guia en mòdul, direcció i sentit. Raoneu els resultats obtinguts.



- c) El diagrama del sòlid lliure de cada element del mecanisme en cada cas plantejat de càlcul, amb les forces i moments en verdader sentit i magnitud.

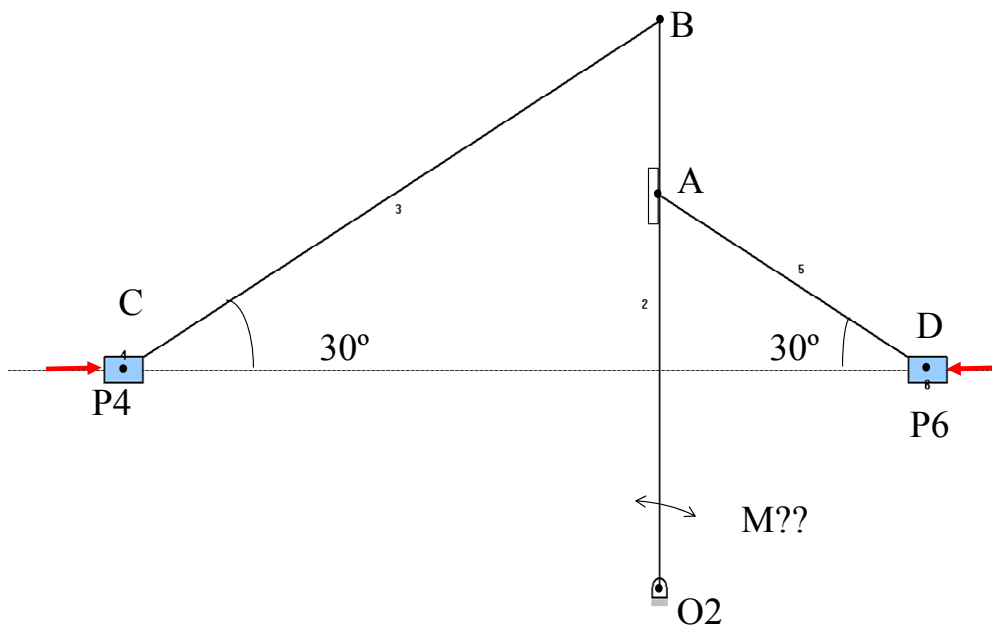
Coefficient d'adherència entre les baules 4 i 6 amb les respectives guies:  $\mu = 0,15$ .

Els pistons 4 i 6 estan a la mateixa alçària. No considereu les masses de les baules.

Longitud manovella 2: 0,65 m; longitud biela 5: 0,40 m; longitud biela 3: 0,80 m

$P = 360 \text{ N}$

$\mu = 0,15$



- **Vegeu simulació amb WinMecC a l'arxiu: problema 22 tema 3. mec**

*El mòdul del parell a aplicar ha de trobar-se entre:  $107,9 \text{ Nm} > M > 38 \text{ Nm}$  antihorari per a que el mecanisme estigui amb equilibri.*

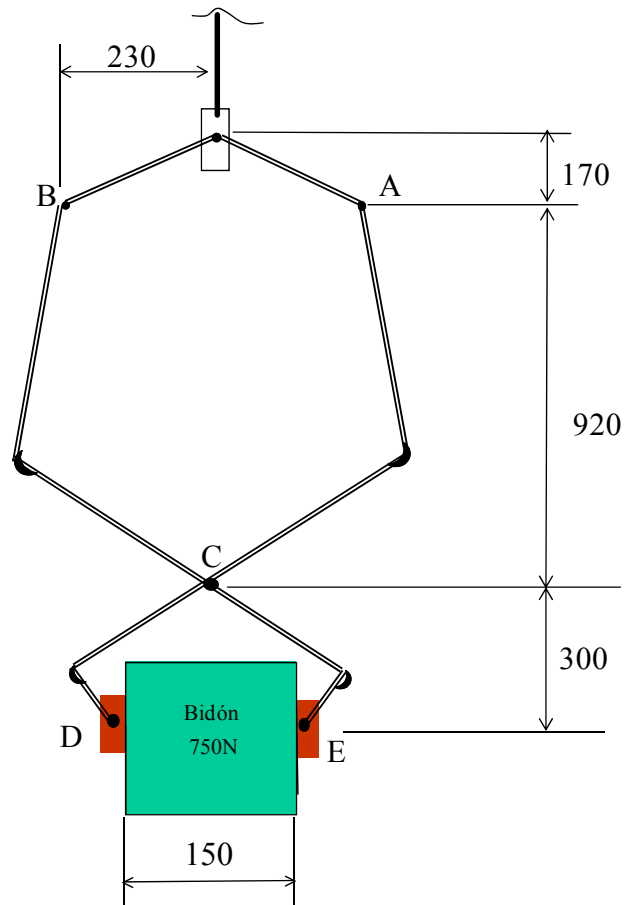
- 23.** El mecanisme de la figura representa un mecanisme de tenalles que s'utilitza per aixecar bidons de 750 N de pes mitjançant unes sabates. Les baules són: FB, FA, BCE i ACD, les quals són igual dos a dos. Determineu:
- La reacció que s'exerceix a l'articulació B sobre la barra BF en mòdul, direcció i sentit.
  - La reacció que exerceix l'articulació C sobre la barra BCE en mòdul, direcció i sentit.

- c) El valor mínim permisible del coeficient d'adherència  $\mu$  perquè el bidó pugui ser elevat sense que perdi l'adherència.
- d) El valor de la força normal que exerceix la sabata sobre el bidó en mòdul, direcció i sentit.
- e) Elaboreu el DSL de cadascuna de les baules amb les forces en verdader sentit i mòdul, incloent les sabates i el bidó. Comproveu que la barra BCE està en equilibri.

Les articulacions F i C estan alineades.

No considereu el pes de les baules.

Indiqueu TOTES les hipòtesis que us plantegeu durant l'exercici. Desestimeu les dimensions de les sabates.



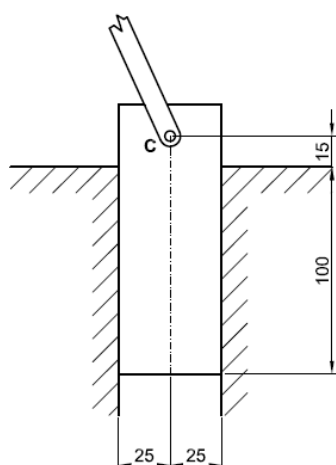
*Solució:  $\mu > 0,194$  per mantenir l'adherència*

24. L'esquema del mecanisme (consulteu el mecanisme a **WinMecC**) és de doble articulació i correspon a una màquina punxonadora. Les baules 2 i 3 tenen una longitud de 600 mm cadascuna i les baules 4 i 5, de 480 mm. El mecanisme ha de mantenir-se en equilibri en aquesta posició mentre el punxó resisteix una força de 500 N. El coeficient d'adherència entre les dues parets de la guia i el punxó és de  $\mu = 0,25$ . La unió de la guia amb el punxó s'indica a la figura per detallar les dimensions i els contactes. Calculeu:

- La relació de magnitud entre les dues forces de contacte de la guia i el punxó en els dos casos possibles de tendència de moviment.
- La força màxima d'adherència. Especifiqueu on i quan es dona aquest valor màxim.
- La reacció a l'articulació A i la reacció al suport O4, en mòdul direcció i sentit amb els casos possibles de tendència del moviment del punxó.
- L'INTERVAL del parell (M) que s'ha d'aplicar a la baula 2 en mòdul, direcció i sentit perquè el punxó es mantingui en equilibri amb la posició de la figura.
- El diagrama del sòlid lliure de cada element en el cas de mínima força d'adherència.

Es menysprea el pes de les baules.

Indicar TOTES les hipòtesis que es realitzin durant l'exercici. Les mesures s'obtidran a partir del mecanisme simulat a WinMecC.



- **Vegeu mecanisme complet i simulació del mecanisme amb WinMecC: problema 24 tema 3.mec**

*Solució: interval d'equilibri,  $318 > M > 309,5$  Nm horari*

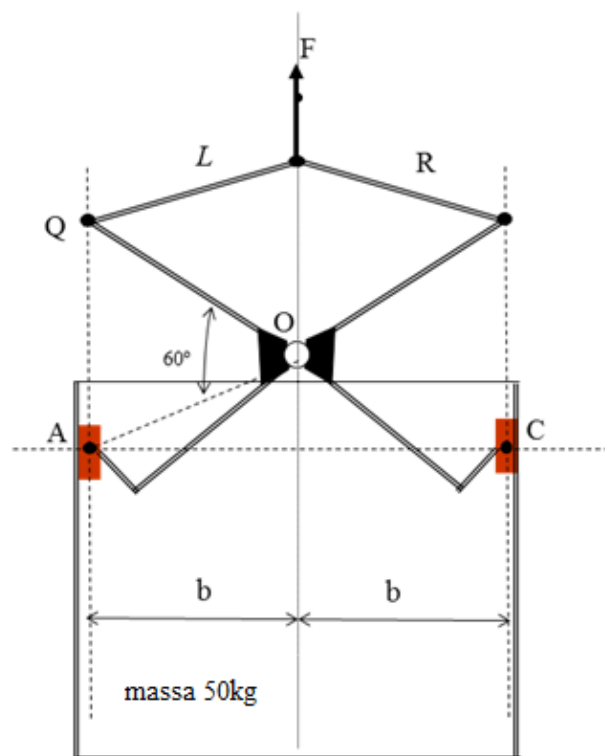
25. El mecanisme de grapa simètric en forma de tenalla està dissenyat per elevar tubs de tal forma que les sabates A i C s'adhereixen a l'interior del tub per poder elevar-lo. Si la massa del tub que s'ha d'elevat és de  $m = 50$  kg, determineu:

- El coeficient d'adherència mínim entre l'interior del tub i les sabates per poder elevar-lo, de massa 50 kg, amb seguretat.
- La força de contacte que s'exerceix entre la sabata A i la paret del tub que s'ha d'elevat.
- La força que aplica la barra QL.
- La reacció a l'articulació O en mòdul, direcció i sentit.
- El diagrama del sòlid lliure del conjunt i de cadascuna de les baules que forma el mecanisme de grapa, incloses les sabates. Comproveu que totes les baules estiguin en equilibri. Raoneu-ho.

Desestimeu el pes de les baules del mecanisme. Indiqueu qualsevol hipòtesi que us plantegeu per solucionar l'exercici. QOA formen una única barra.

Considerem  $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$\begin{aligned} L = R &= 220 \text{ mm} \\ b &= 125 \cdot (3)^{1/2} \\ OQ = OA &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$



Solució:  $\mu = 0,18$ ; força de contacte a la sabata  $N_A = 1.418 \text{ N}$ ;  $O = 2.858 \text{ N}$

26. El mecanisme indicat a la figura, pistó-biela-manovella, tindrà com a missió aplanar llaunes d'alumini. S'està dissenyant el tipus de material de la guia del pistó, ja que cal que, durant el funcionament del mecanisme, el pistó **NO perdi l'adherència** amb la seva guia. A causa d'això, si el moment aplicat a la manovella és de 30 Nm, antihorari, us demanem que:
- Calculeu el mínim coeficient d'adherència  $\mu_s$  entre la guia i el pistó que garanteix en tot moment l'adherència.
  - Calculeu en mòdul, direcció i sentit la reacció a l'articulació A.
  - Elaboreu el diagrama del sòlid lliure del conjunt del mecanisme amb les forces en verdader sentit i magnitud. Diagrama del sòlid lliure de cadascun dels elements del mecanisme amb les forces en verdader sentit i magnitud.

#### Canvi de condicions

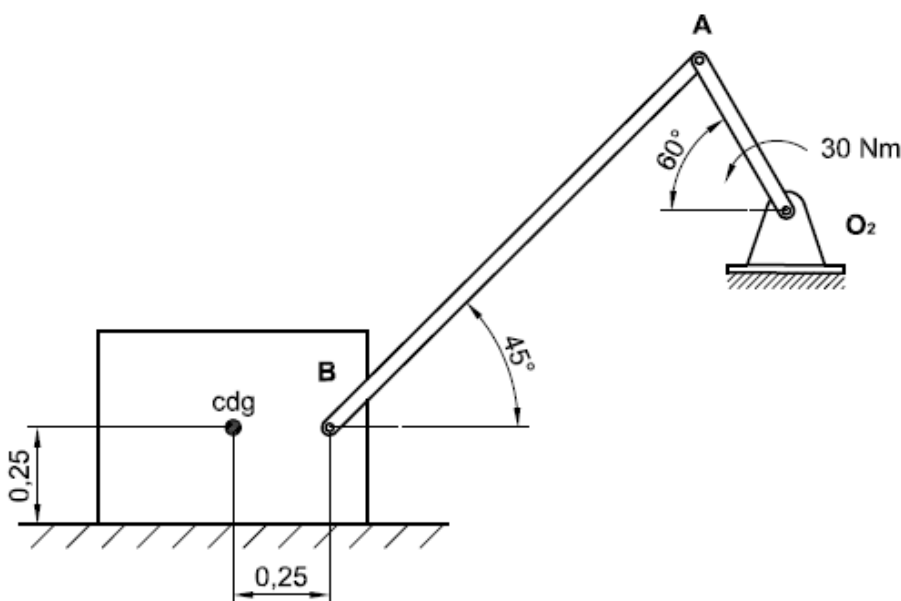
Només s'ha trobat un material per a la guia que assegura un coeficient d'adherència entre la guia i el pistó de  $\mu = 0,12$ . Calculeu:

- El nou moment que s'ha d'aplicar a la baula 2 per mantenir l'adherència entre el pistó i la seva guia.

Massa del pistó 25kg. Menysprear la massa de la resta de baules.

Longitud manovella: 0,45m. Longitud biela: 1,35m

Indicar totes les hipòtesis realitzades (intenteu que aquestes es decantin per la simplicitat).

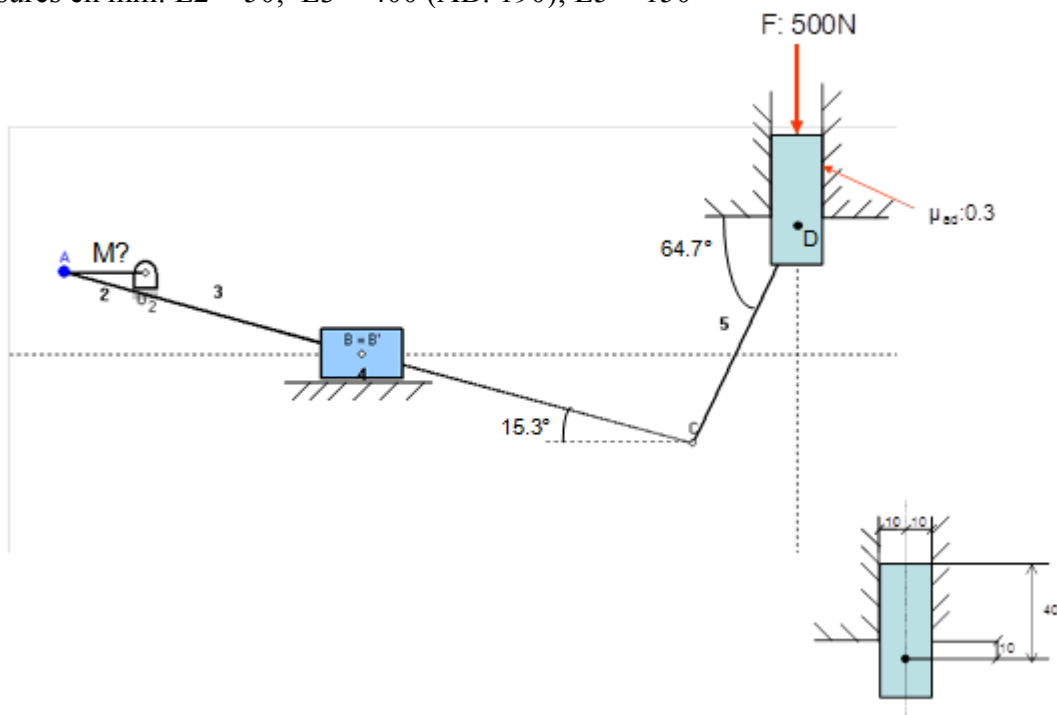


Solució: b)  $A = 69,1 \text{ N}$ ; d)  $\mu = 0,164$

27. El mecanisme de la figura indica l'esquema cinemàtic d'un mecanisme d'estampació (element estampador, baula 6). Amb la posició indicada, el mecanisme ha de mantenir-se en equilibri sota la força aplicada a l'estampador ( $F = 500 \text{ N}$ ). Entre el pistó 4 i la bancada es desestima el fregament, mentre que entre l'element 6 i la seva guia es considera un coeficient de  $\mu_{ad}: 0,3$ . La finalitat és calcular el valor del moment  $M$  que s'ha d'aplicar sobre la baula 2 per mantenir l'equilibri en aquesta posició de forma que la **baula 6 no descendeixi**. Desestimeu el pes de les baules.

- Aplicant la hipòtesi de joc, calculeu l'adherència que es genera entre la guia i l'estampador ( $F_{r1}, F_{r2}$ ).
- Determineu la reacció de l'articulació D sobre l'estampador en mòdul, direcció i sentit. Determineu el valor de la reacció de l'articulació B sobre el pistó 4 en mòdul, direcció i sentit.
- Calculeu el valor del moment  $M$  que s'ha d'aplicar sobre la baula 2 per mantenir l'equilibri en aquesta posició (la baula 6 no descendeixi), en mòdul, direcció i sentit.
- Elaboreu el DSL de cadascun dels elements amb les forces i reaccions en verdadera magnitud i sentit.

Mesures en mm:  $L_2 = 50$ ;  $L_3 = 400$  (AB: 190);  $L_5 = 150$



- **Vegeu mecanisme complet i simulat amb WinMecC: problema 27 tema 3.mec**

*Solució:  $M = 27,32 \text{ N.m}$  antihorari*

28. El mecanisme simètric en forma de tenalla està dissenyat per elevar tubs de forma que les sabates F i H s'adhereixin al tub per poder elevar-lo. Si la massa del tub que s'ha d'elevar és de 100 kg, determineu:
- El coeficient d'adherència mínim entre el tub i les sabates, de manera que el tub de 100 kg pugui elevar-se amb seguretat. **Per elevar el tub, les sabates han d'anar per l'interior o l'exterior del tub?**
  - La força de contacte que es genera entre la sabata F i la paret del tub que s'ha d'elevar.
  - La reacció a l'articulació D en mòdul, direcció i sentit.
  - El diagrama del sòlid lliure del conjunt i de **cadascuna de les baules** que formen el mecanisme, incloses les sabates. Raoneu l'equilibri de cadascuna de les baules.

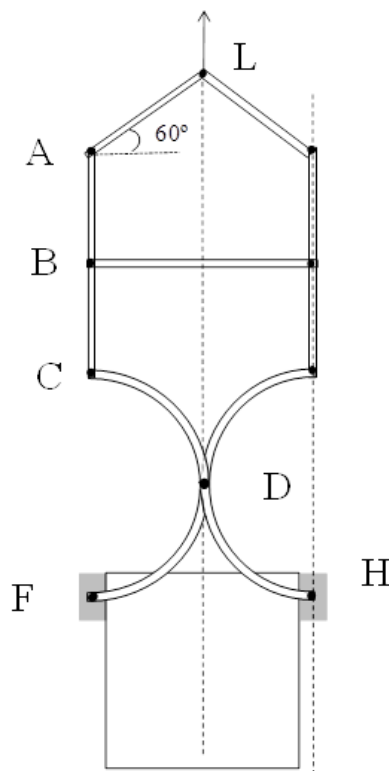
Mesures en mm.

$AL=500$ ;  $AB = BC = 300$ ;  $CF = 500$ ; **CDH formen una única barra**. A, B, C i F estan alineats.

Suposeu contenidor homogeni. Desestimeu el pes de les baules del mecanisme.

Indiqueu qualsevol hipòtesi plantejada per solucionar l'exercici.

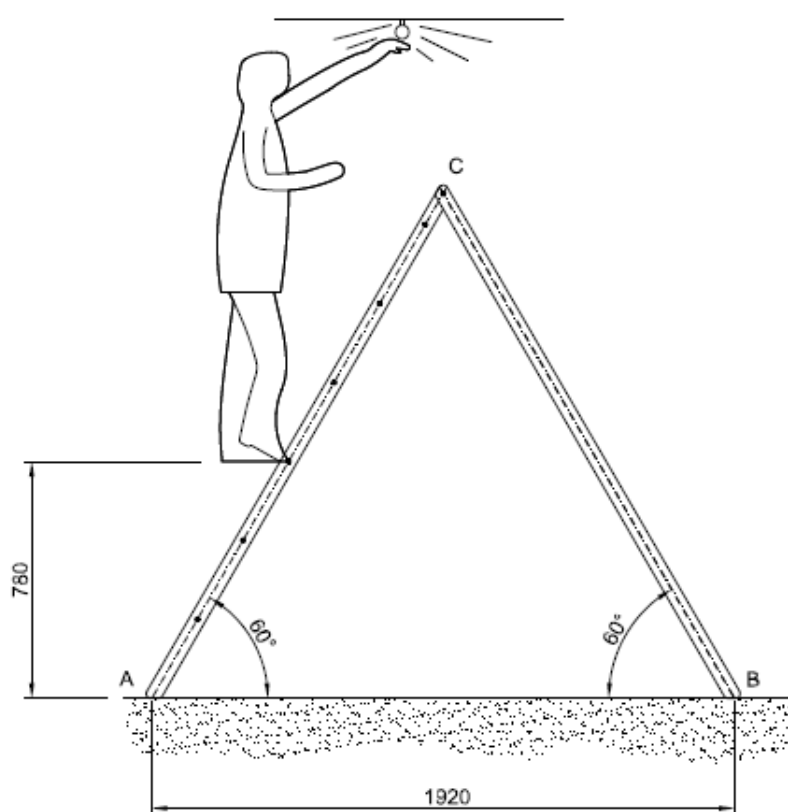
Considereu  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



*Solució:  $\eta > 0,7$  per mantenir l'adherència*

29. Per canviar còmodament una bombeta d'una habitació, un operari de manteniment ha de pujar a l'escala de doble fulla, unida en C mitjançant una articulació a la fulla CB. La fulla CA té un pes de 70 N i la fulla CB té un pes de 45 N. Considerem ambdues fulles uniformes i homogènies. El coeficient d'adherència entre el sòl i A o B és igual a  $\mu_{ad} = 0,48$ . Considerem que el senyor que puja a l'escala té un pes de 780 N.

- Segons les mesures de l'escala representades i, havent indicat totes les hipòtesis de càlcul necessàries, podríem canviar la bombeta a l'alçària indicada? Justifiqueu-ho numèricament.
- Si la posició de l'operari provoca el lliscament del sistema, l'escala començaria a lliscar, en A, en B, o en els dos punts alhora? Calculeu la reacció en C.
- Elaboreu el DSL del conjunt de l'escala i de cada fulla per separat amb totes les reaccions en verders mòdul i sentit.



*Solució: a)  $A = 660,94$  N; no pot pujar, comença a lliscar en B.*



30. El mecanisme de la figura realitza una operació d'estampació mitjançant l'últim element 6 (element seguidor). El pistó 6, que és l'element que estampa, és accionat mitjançant el parell que s'aplica a la manovella (baula 2) i per estampar, ha de vèncer una força  $F$ , igual a  $F= 500\text{N}$ . El coeficient d'adherència entre la guia i el pistó (element 6) és de  $\mu_{ad}=0,25$ .

- Quin és el moment  $M$  en mòdul i sentit, a aplicar a la baula 2 (motora), per tal que l'element 6 pugui vèncer la força  $F$  i estampar?
- Establir el DSL final de cada un dels elements amb les forces i reaccions en veritable sentit i magnitud.

Atenció:

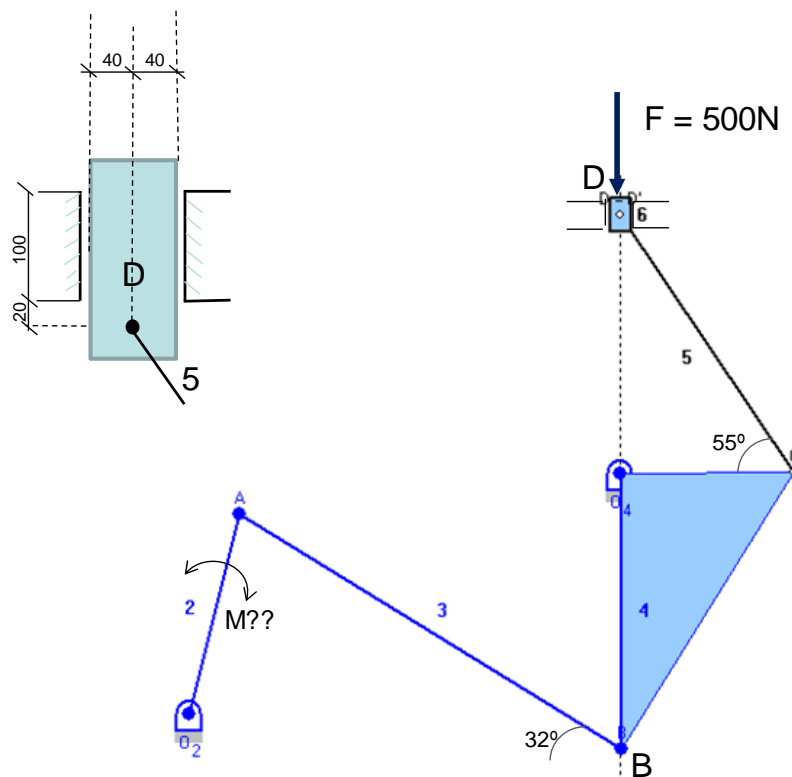
Establir totes les hipòtesis necessàries de forma clara i concisa.

Dimensions pistó, veure ampliació!

Menysprear el pes de les baules.

Angle de la manovella amb l'horitzontal de  $76^\circ$

Mesures en cm:  $L_2=30$ ;  $L_3=65$ ;  $BO_4=41$ ;  $O_4C=25$ ;  $BC=48$ ;  $L_5=45$ ;  $O_4(8, 3.5)$ ;  $O_2(1.75, 0)$



- **Vegeu mecanisme complet i simulat amb WinMecC: problema 30 tema 3.mec**

*Solució:  $M \geq 129 \text{ Nm}$  horari per iniciar el moviment*

**31.** El mecanisme de la figura es l'esquematzació d'una aixafadora de llaunes. El pistó 4 (que es l'element que aixafa les llaunes) és accionat mitjançant el parell que s'aplica a la manovella (baula 2), de valor  $M=100\text{Nm}$ . El coeficient d'adherència entre la guia i el pistó (element 4) és de  $\mu_{ad}=0,15$ . Les llaunes necessiten una força de  $250\text{N}$  per ser aixafades, però no coneixem quina es la força màxima que pot desenvolupar el pistó 4 en aquesta posició per poder-les aixafar.

**Establint les hipòtesis pertinents, calcular:**

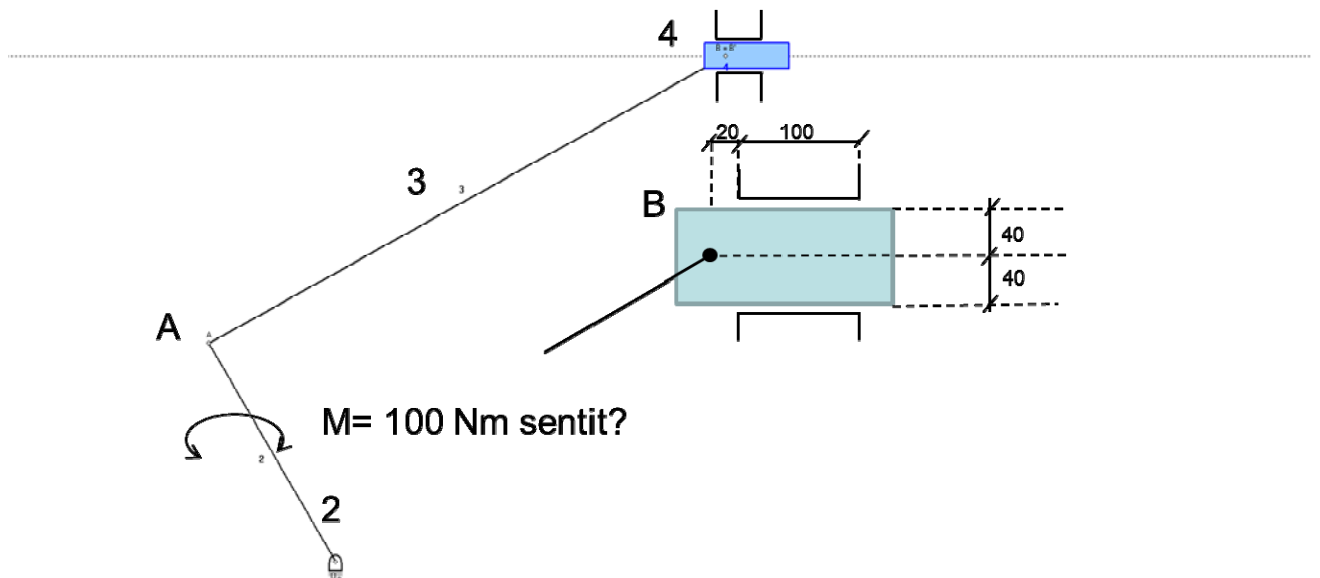
- Quina és la força que realitzaria el pistó 4 sobre les llaunes a aixafar en aquesta posició amb un parell aplicat tal com es mostra a la figura?
- Segons els resultats obtinguts a l'apartat a) el mecanisme podrà iniciar el moviment amb el parell de  $100\text{Nm}$ ?
- Realitzar els DSL de cada element amb les forces en verdader mòdul, direcció i sentit.

Establir totes les hipòtesis necessàries de forma clara i concisa.

Mesures en mm:  $L_2 = 300$  i; angle amb l'horitzontal,  $120^\circ$ ;  $L_3 = 700\text{mm}$ ; angle amb l'horitzontal,  $30^\circ$

Dimensions pistó, veure ampliació!

Menysprear el pes de les baules.



- **Vegeu mecanisme complet i simulat amb WinMecC: problema 31 tema 3.mec**

*Solució: El pistó genera una  $F = 257\text{N}$ . Si pot aixafar la llauna.*

**BLOC 2**  
**CINEMÀTICA DE MECANISMES PLANS**



## Tema 4

# Graus de llibertat i anàlisi de la posició



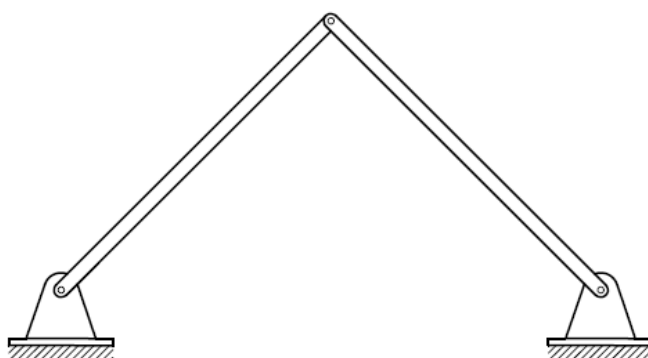
**Cal tenir en compte:**

**Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 4":**

### **PRIMERA PART: GRAUS DE LLIBERTAT I ESQUEMATITZACIÓ**

**1.** Determineu els graus de llibertat  $G$  dels següents mecanismes, mitjançant l'equació de Kutzbach.

a)



*Solució  $G = 0$*

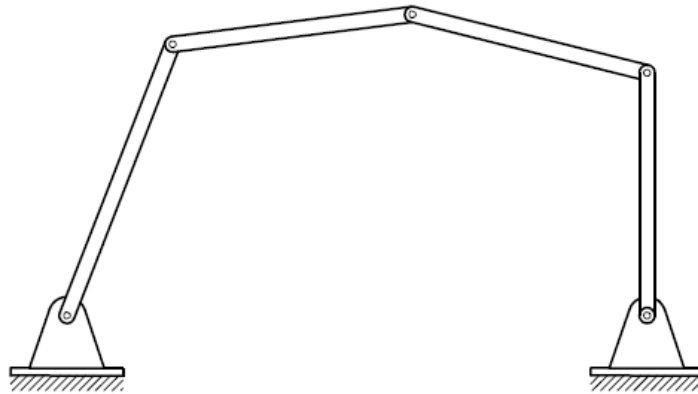
b)



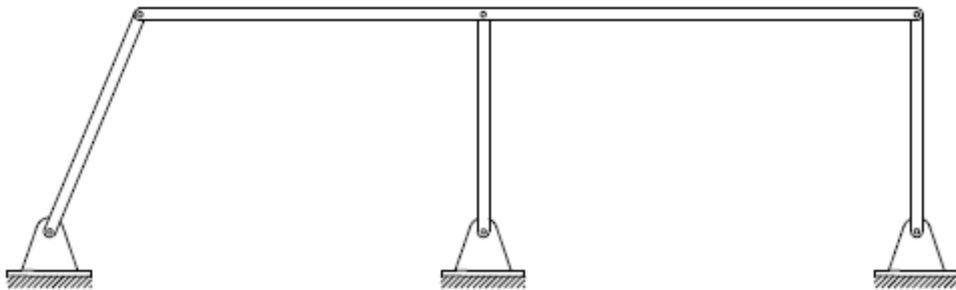
- **Vegeu simulació a simulacions WinMecC tema 4: problema 1b tema 4. mec**

*Solució  $G = 1$*

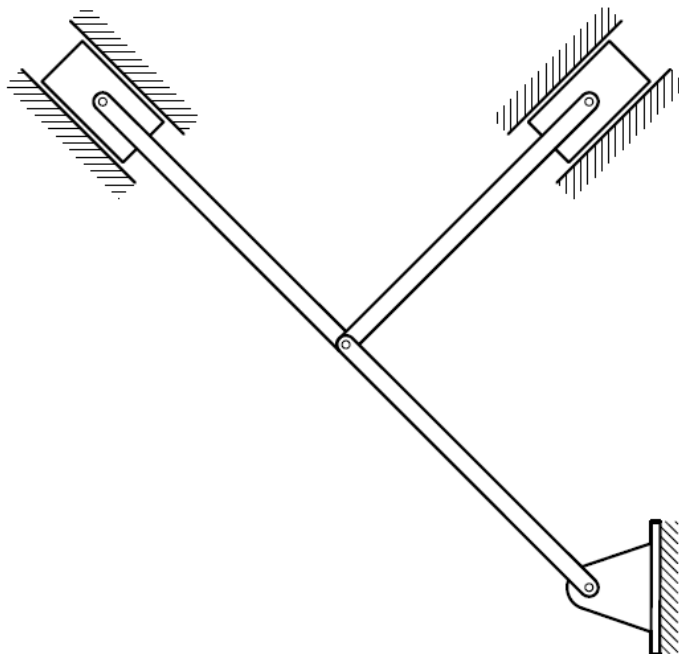
c)

*Solució  $G = 2$* 

d)

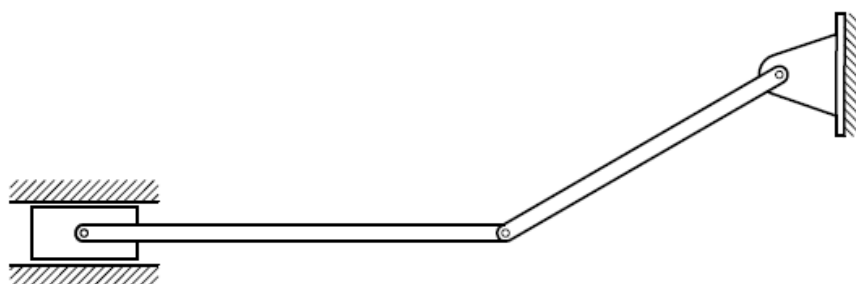
*Solució  $G = 0$* 

e)

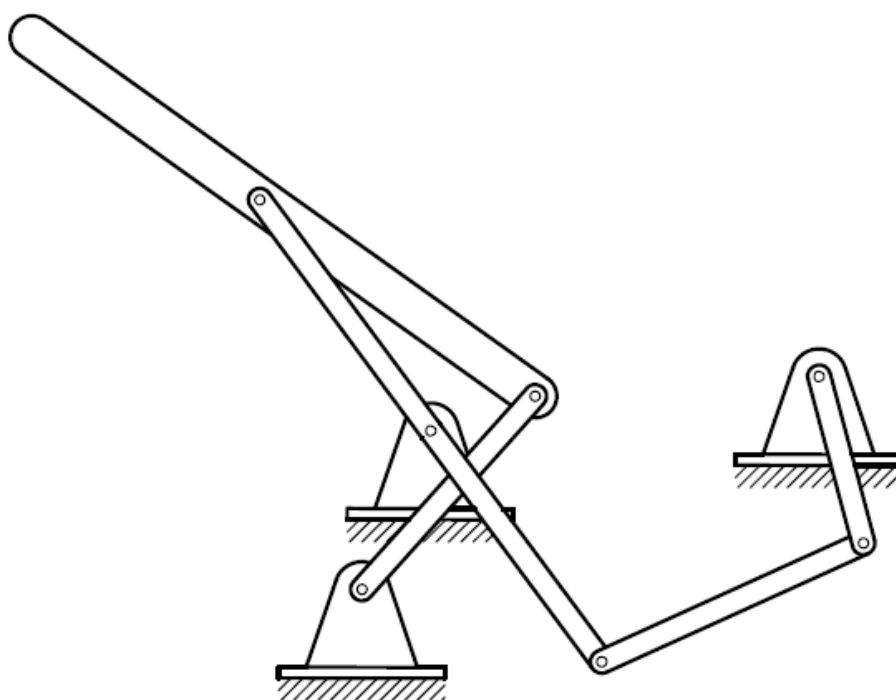
*Solució  $G = 1$*



f)

*Solució  $G = 1$* 

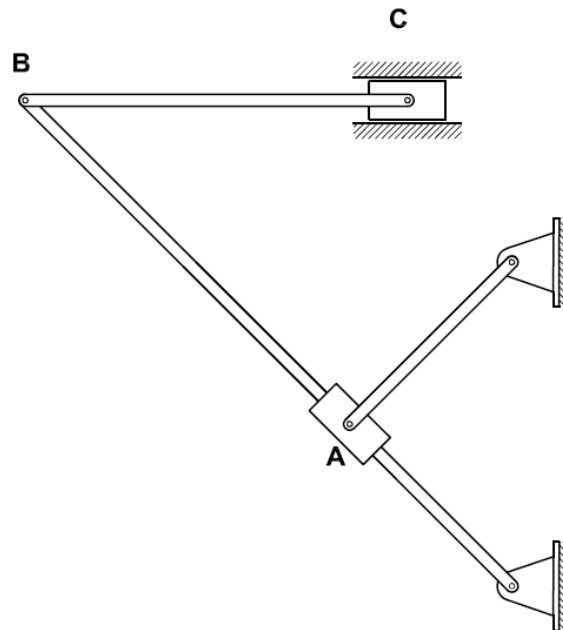
g) Esquema d'un mecanisme de pinça:

*Solució  $G = 1$* 

2. Dissenyeu gràficament un quadrilàter articulat pla de tal forma que compleixi la llei de Grashof; podeu triar qualsevol de les inversions possibles del mecanisme.

- Vegeu exemples de quadrilàters amb simulacions WinMecC tema 4:
  - Quadrilàter doble manovella vertical.mec
  - Quadrilàter long tots igual.mec

3. El mecanisme de la figura és un mecanisme de llimadora. Enumereu el mecanisme, calculeu els G i especifiqueu el tipus de moviment de cada baula del mecanisme (manovella, rotació...)

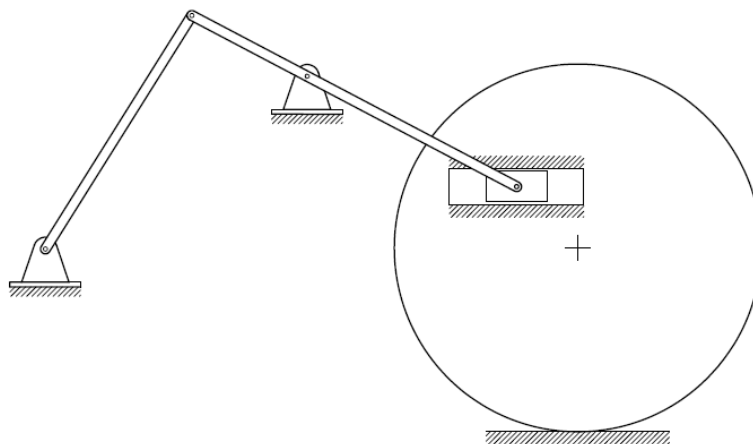


- Vegeu simulació a simulacions WinMecC tema 4: problema 3 tema 4.mec

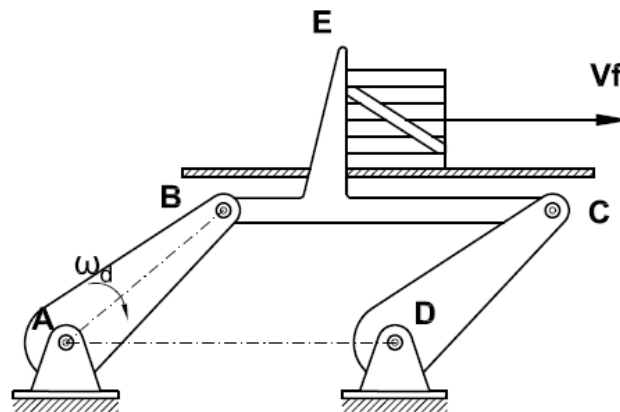
Solució:  $G = 1$ ;  $n = 6$

4. Esquematitzeu, enumereu i anomeu les baules i articulacions dels següents mecanismes. Identifiqueu i classifiqueu els parells cinemàtics. Calculeu els G dels mecanismes amb la posició indicada.

- a) Considereu: fregament i no fregament de l'element roda amb la bancada.



b) Mecanisme per empènyer caixes:



- Vegeu simulació a simulacions WinMecC tema 4: problema 4b tema 4. mec

5. Quants graus de llibertat tenen les següents articulacions humanes? Raoneu-ho.

- Genoll
- Turmell
- Espatlla
- Artells
- Unió crani – columna vertebral
- Colze
- Unió fèmur - maluc

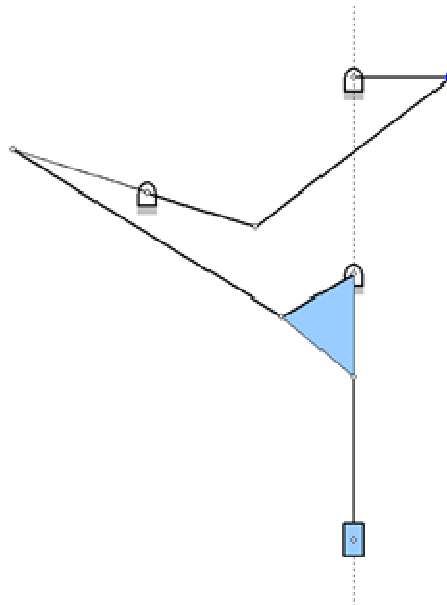
## 6. Frontissa

Esquemetitzeu el mecanisme de frontissa i calculeu els seus G.



## 7. Del mecanisme de la figura:

- Enumerareu les baules, anomeu les articulacions i completeu l'esquema cinemàtic. Falta algun símbol perquè l'esquema sigui correcte?
- Quina és la baula impulsora i quin n'és el seguidor?
- Identifiqueu els parells cinemàtics del mecanisme i classifiqueu-los. Calculeu mitjançant el criteri de Kutzbach els graus de llibertat del mecanisme.
- Identifiqueu el mecanisme principal i les dos díades mitjançant l'enumeració donada al mecanisme. Quin tipus de mecanismes són?
- El mecanisme principal compleix la llei de Grashof? Justifiqueu-ho numèricament.
- Definiu el moviment de cada baula del mecanisme.
- Podeu donar una possible aplicació del mecanisme?



- **Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: simulació problema 7 tema**

**4.mec**

*Solució:*

*a) Vegeu simulació a WinMecC.*

*b) La baula 2, manovella i el pistó 8, respectivament.*

*c)  $G = 1$ , desmodrònic. 1-2R; 2-3R; 3-4R; 4-5R; 4-1R; 5-6R; 6-7R; 7-8R; 1-6R; 8-1P;*

*d) Mec principal: 1-2-3-4: quadrilàter articulat. Díada: 1-5-6, baula binària més terciària.*

*Díada. 1-7-8 baula binària més un pistó.*

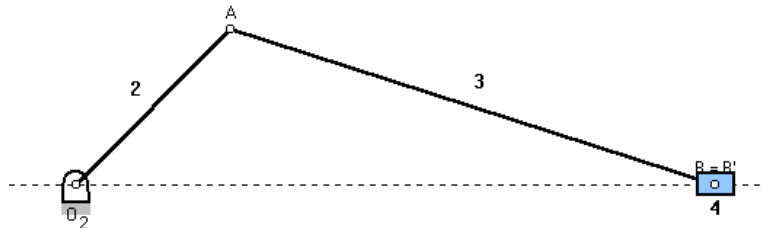
*e) Sí. La suma de la barra 2 més la barra 3 és menor que la suma de la longitud O4B (barra 4 que pertany al mecanisme principal) més O2O4 (bancada).*

*f) 2- manovella, 3- biela, 4- balancí, 5- biela, 6- balancí, 7- biela, 8 pistó. g) Mecanisme de palanca.*

## SEGONA PART: CINEMÀTICA DE MECANISMES. POSICIONS

8. Dibuixeu el diagrama cinemàtic del mecanisme següent:

Mecanisme de pistó-biela-manovella. Elaboreu el diagrama de la posició de B (pistó) en funció de la posició A per a tot el cicle de treball.

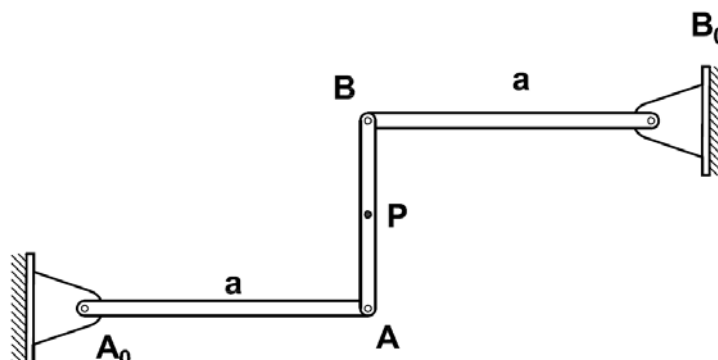


- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 8 tema 4.mec

9. Posició i trajectòria d'un quadrilàter articulat.

- Dissenyu gràficament un quadrilàter articulat pla, de forma que compleixi la llei de Grashof. Podeu triar qualsevol de les inversions possibles del mecanisme.
- Determineu gràficament les posicions singulars del mecanisme.
- Dibuixeu la trajectòria que fa cadascuna de les baules amb el moviment conjunt de tot el mecanisme.

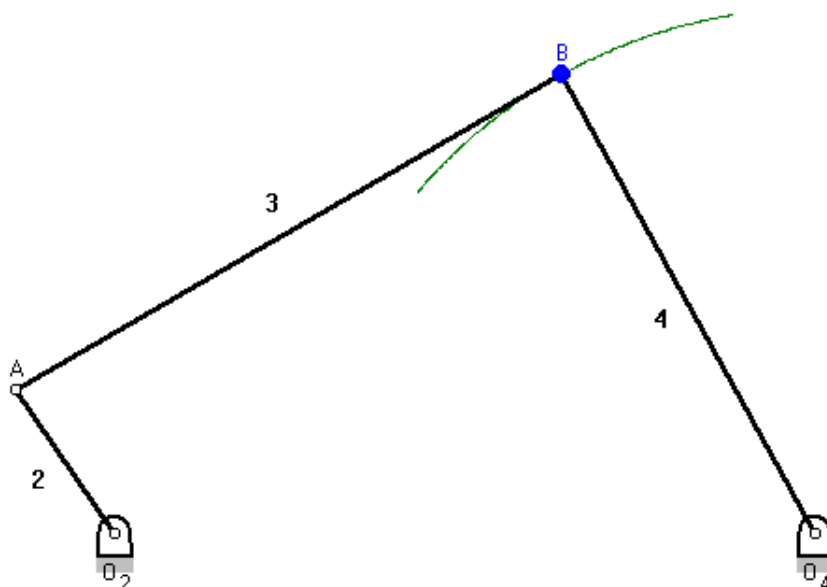
10. Genereu la trajectòria del punt P al mecanisme de Watt, donant una longitud real al paràmetre  $a$  (decidiu mesures de  $a$ , longitud).



Mesures:  $BB_0 = AA_0 = a$ ;  $PA = PB$ ;  $AB = 0,62a$ ;  $A_0B_0 = 2a$

- Vegeu exemple de mecanisme de Watt a simulacions WinMecC tema 4: problema 10 tema 4. mec

11. Tenim un mecanisme de manovella-balancí pla de 4 baules en què la bancada té una longitud de 100 mm, la manovella de 25 mm, l'acoblador de 75 mm i un balancí de 75 mm. Dibuixeu el mecanisme i trobeu els valors màxim i mínim de l'angle de transmissió. Localitzeu també gràficament les posicions de trabucament. Indiqueu els angles de la manovella respecte a l'horitzontal per a totes les posicions.



- **Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: posicions problema 11 tema 4.mec**

*Solució: Posició de trabucament  $\beta = 0^\circ$ , angle manovella  $227^\circ$ ; posició de trabucament  $\beta = 180^\circ$ , la manovella està a  $44^\circ$ . El valor màxim de l'angle de transmissió es dona quan la manovella està a  $180^\circ$ , i el mínim quan està a  $0^\circ$  la manovella amb l'horitzontal*

12. Tenim un quadrilàter articulat de doble manovella en què les dues manovelles per una banda i la biela i la bancada per una altra es mantenen paral·leles per a qualsevol posició, ja que tenen la mateixa longitud. Demostreu que la velocitat angular de la barra 3 és sempre 0 i que la velocitat d'entrada és igual a la de sortida. Utilitzeu el concepte d'avantatge mecànic. Empreu qualsevol mesura.

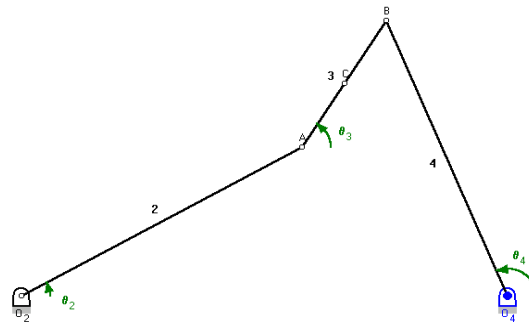
- **Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 12 tema 4.**

13. Donat el quadrilàter articulat de la figura, denominat quadrilàter transicional amb dos punts morts simultanis, trieu-ne un amb les dimensions de les baules:  $l_2 = l_4 = 2s$ ;  $l_3 = s$ ; distància recolzaments:  $3s$ .

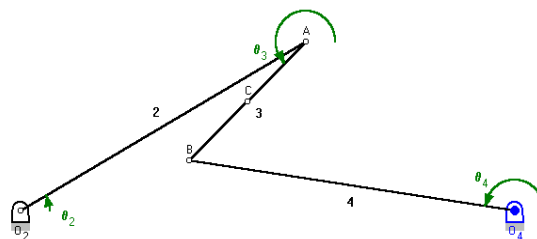
Determineu:

- Graus de llibertat. Compleix la llei de Grashof? Demostreu-ho. En cas afirmatiu, indiqueu quina és la baula que fa voltes completes.
- Determineu gràficament la trajectòria completa del punt C, corresponent al punt mitjà de l'acoblador. Cal dibuixar diverses posicions del mecanisme (mínim 8).
- Determineu (si n'hi ha) la posició de trabucament del mecanisme i especifiqueu per a cadascuna el valor de l'angle  $\theta_2$  de la manovella.
- Determineu les posicions per al valor màxim i mínim de l'angle de transmissió i especifiqueu per a cadascuna el valor de l'angle  $\theta_2$ .

Quadrilàter doble balanç amb configuració oberta. Es representa la posició  $\theta_2 = 30^\circ$



Mateix mecanisme amb posició creuada. Es representa la posició  $\theta_2 = 30^\circ$



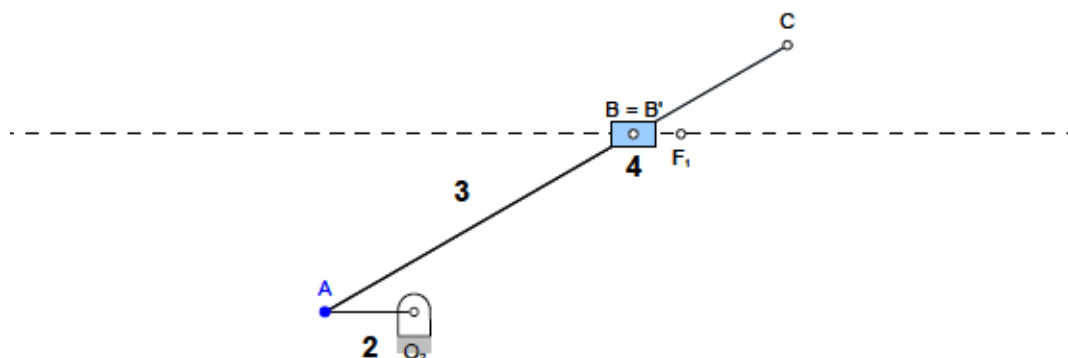
- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 13 tema 4.mec

#### 14. Quadrilàter de lliscadora descentrada:

- a) Determineu la trajectòria del punt P gràficament, on el seu resultat s'indica al mecanisme.

Mesures:

$l_2 = 1$ ;  $l_3 = 4$ ,  $BC = 2$ ; distància recolzament fix vertical: 2



- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 14 tema 4.mec

#### 15. El mecanisme de la figura s'utilitza per fer avançar de manera intermitent la cinta, fent girar la manovella en sentit antihorari. Es consideren desestimades les inèrcies.

Mesures en mm:

$l_2 = 5$ ;  $l_3 = 110$ ; alçària  $O_2 = 100$

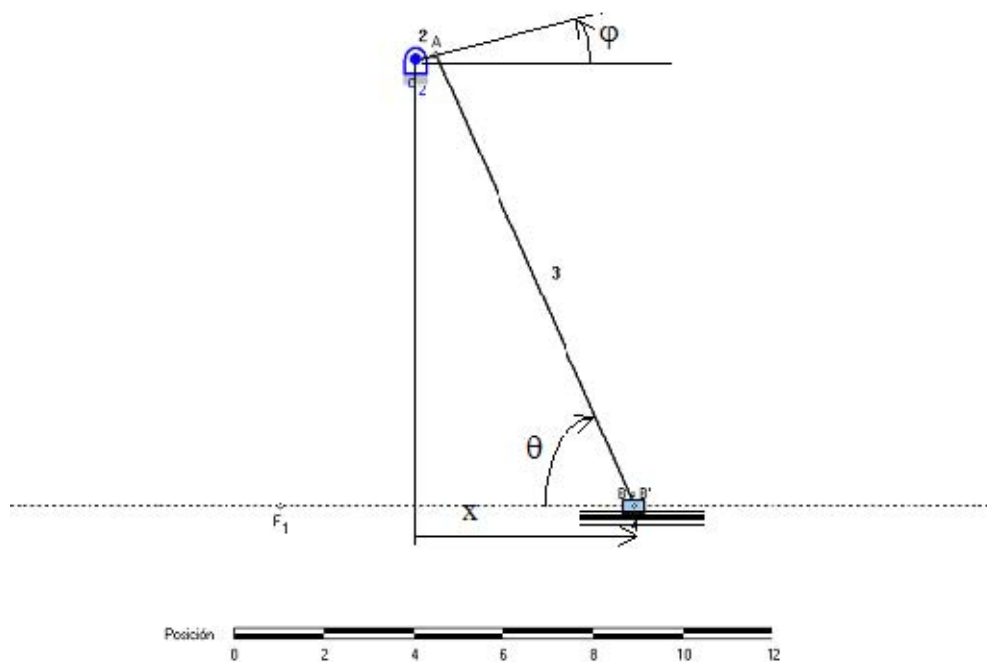
A partir de les mesures donades, calculeu gràficament:

- Enumereu les bales i anomeu les articulacions. Definiu el moviment de cada baula del mecanisme.
- Identifiqueu els parells cinemàtics del mecanisme i classifiqueu-los. Calculeu mitjançant el criteri de Kutzbach els graus de llibertat del mecanisme.
- Determineu gràficament les posicions de punt mort del mecanisme proporcionant el valor de la coordenada  $x$  (posició del pistó respecte del recolzament  $O_2$ ) i els valors dels angles  $j$  i  $q$  per a aquestes configuracions de punt mort. Elaboreu una representació gràfica de cada posició.
- El mecanisme és de retorn ràpid? Indiqueu la trajectòria completa d'aquest pistó en mm.



Amb el moviment d'avanç, la sabata no llisca respecte de la cinta. Amb aquestes condicions determineu:

- El diagrama del sòlid lliure de la sabata.
- L'expressió del coeficient de fregament mínim entre la sabata i la cinta que separa el lliscament del bloqueig, en funció de la coordenada que defineix la posició de la biela.



- Vegeu el mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 15 tema 4.mec

*Solució:  $\mu_{\text{Limit}} = (1/\tan \theta)$ , per als valors de la posició de la biela de  $60^\circ < \theta < 72^\circ$ .*

*Si el coeficient de fregament és  $\mu > 0,584$ , el pistó s'enganxa a la cinta. En cas contrari, no hi ha adherència i el pistó llisca sobre la cinta.*

- 16.** El mecanisme representat fa la funció d'inserir i col·locar els traus a les veles. Com que la naviliera MENVAIGPERAVALL, SL de Cambrils ha adquirit aquest mecanisme procedent de la maquinària excedent de la companyia de components electrònics NOTINCVERGONYA, no té coneixements sobre el funcionament; per tant, necessita els vostres.

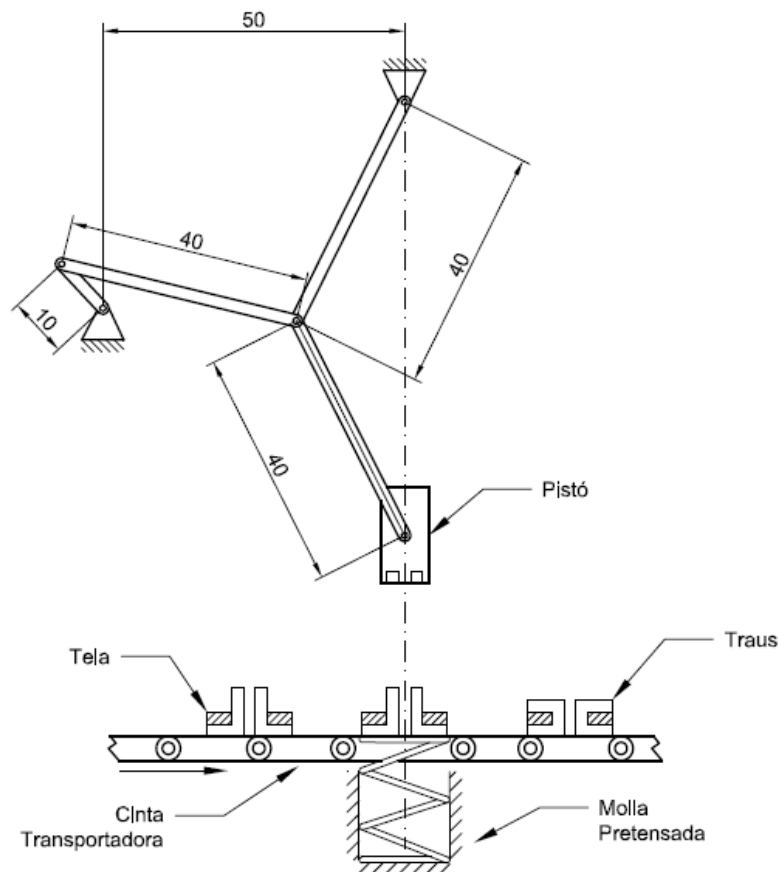
a) Volen conèixer els punts morts del mecanisme (posició gràfica) i graus de llibertat  $G$ .

b) És un mecanisme de retorn ràpid? Demostreu-ho.

Molla pretensada: evita l'enfonsament de la cinta pel pes del pistó sobre l'element i assegura la correcta introducció del trauc. Motor de velocitat constant.

Longitud manovella: 10 cm.

Resta de dades geomètriques en cm.

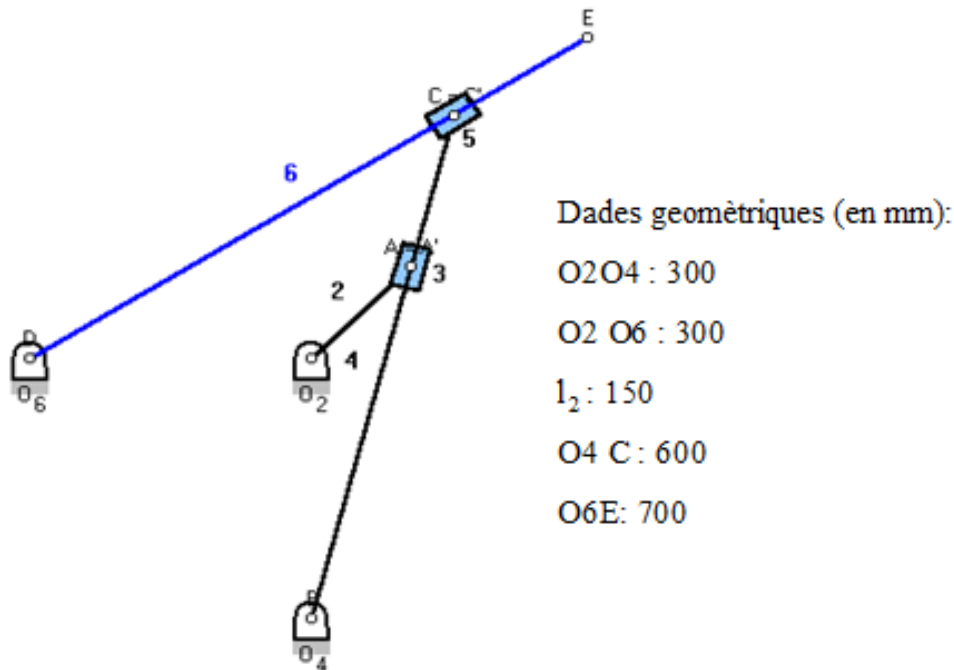


- **Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 16 tema 4.mec**

*Solució: és un mecanisme de retorn ràpid,  $Q \approx 1.1$*

17. L'empresa d'impressió Mancha necessita un mecanisme d'impressió de línies corbes, de manera que ha comprat a baix preu un mecanisme traçador com el que es representa a la figura en forma d'esquema cinemàtic. Se'n desconeixen les característiques cinemàtiques. Demaneu ajuda, si cal, als coneixedors més reputats de la matèria per resoldre els apartats següents:

- Expliqueu el funcionament del mecanisme, especificant el moviment de cadascun dels elements. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme.
- Dibuixeu el mecanisme a escala i traceu la trajectòria completa del punt traçador E. Quina figura fa aquesta trajectòria? Quants graus inclou?
- Trobeu gràficament les posicions extremes de l'element 5. És un mecanisme de retorn ràpid? Demostreu-ho numèricament.

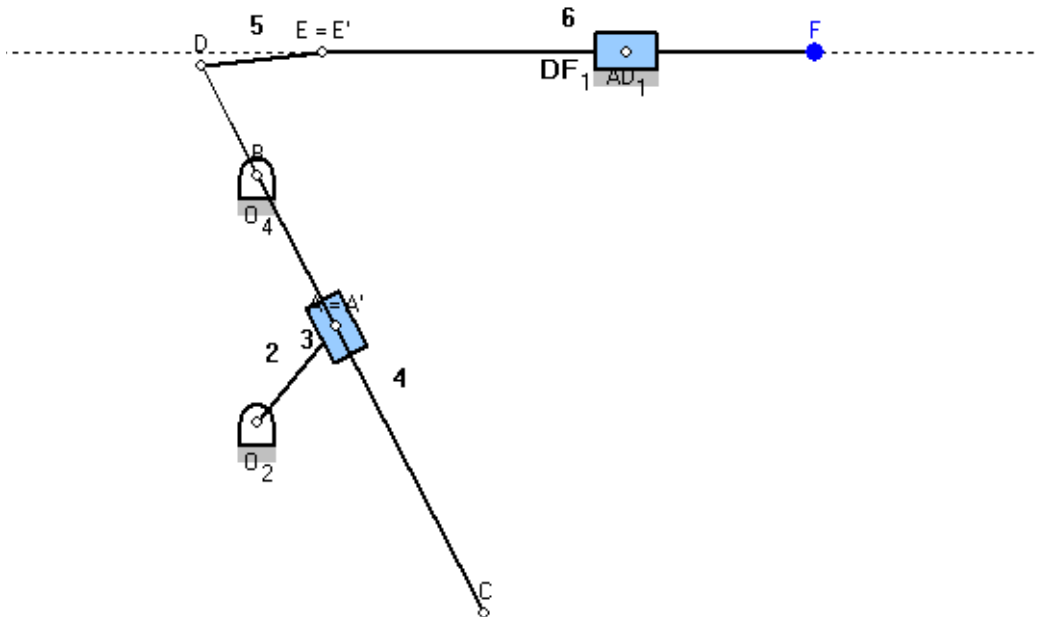


- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 17 tema 4.mec

**18.** El mecanisme de la figura, recentment adquirit per l'empresa de decoració IQUEAY, fa estampacions d'adornament de xapes fines d'alumini, que després s'utilitzen com a pantalles de lluminàries. La baula 6 impacta amb la xapa i provoca un allotjament semiesfèric a la xapa. El recolzament  $O_6$  serveix de guia per a la baula 6. Com que a l'empresa no hi ha especialistes en cinemàtica, cal que resolgueu aquestes qüestions:

- Expliqueu el funcionament del mecanisme i especifiqueu el moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i descriviu el tipus de cada parell cinemàtic del mecanisme.

- b) Dibuixeu el mecanisme a escala i trobeu gràficament les posicions extremes del punt F. Proporcioneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. Quina velocitat té el punt F a les posicions extremes? Justifiqueu la resposta.
- c) És un mecanisme de retorn ràpid? Demostreu-ho numèricament.



- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 18 tema 4.mec

**19.** El mecanisme de la figura fa una operació d'estampació mitjançant l'últim element (element seguidor). Per a la seva correcta ubicació i muntatge a fàbrica s'ha de conèixer:

- a) Funcionament del mecanisme, especificant el moviment i funció de cada element. Graus de llibertat del mecanisme. Identifiqueu el mecanisme principal i la díada. Compleix la llei de Grashof el mecanisme principal?

Determineu gràficament:

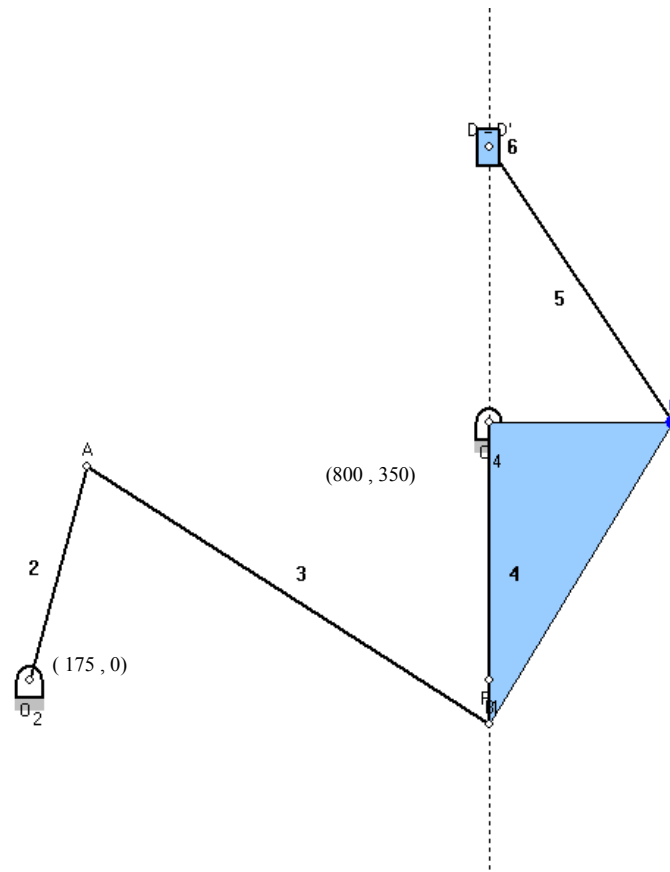
- b) Posicions de trabucament del mecanisme.
- c) Posicions extremes del pistó 6 (punt mort superior i punt mort inferior). Recorregut del pistó.

- d) Les configuracions del mecanisme que proporcionin les posicions extremes de l'element 6. A quines posicions singulars corresponen del quadrilàter? Raoneu i justifiqueu la resposta.

**Important:** per a totes les posicions anteriors, proporcioneu l'angle de la manovella.

Mesures en mm:

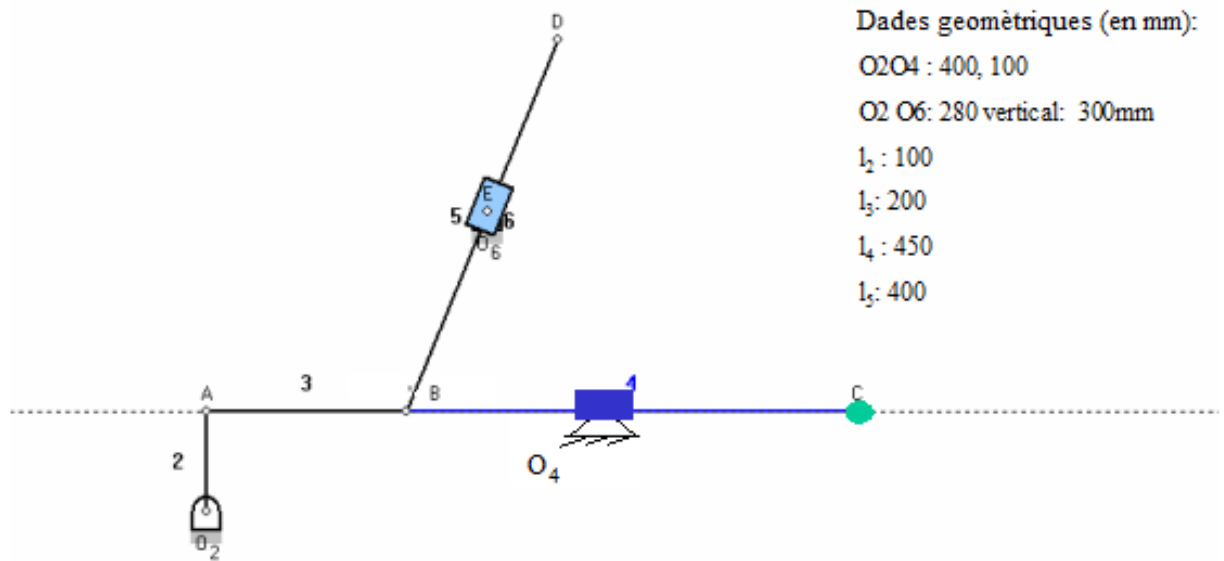
$$l_2 = 300; l_3 = 650; l_4 = 410; l_5 = 450; C O_4 = 250; BC = 480$$



- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 19 tema 4.mec

20. Del mecanisme de la figura:

- Expliqueu el seu funcionament i especifiqueu el moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i descriviu-ne el tipus de cada parell cinemàtic.
- Dibuixeu-lo a escala i trobeu gràficament les posicions extremes del punt C. Proporcioneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. Quines posicions singulars són?
- És un mecanisme de retorn ràpid?
- Dibuixeu la trajectòria completa del punt D.



- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 20 tema 4.mec

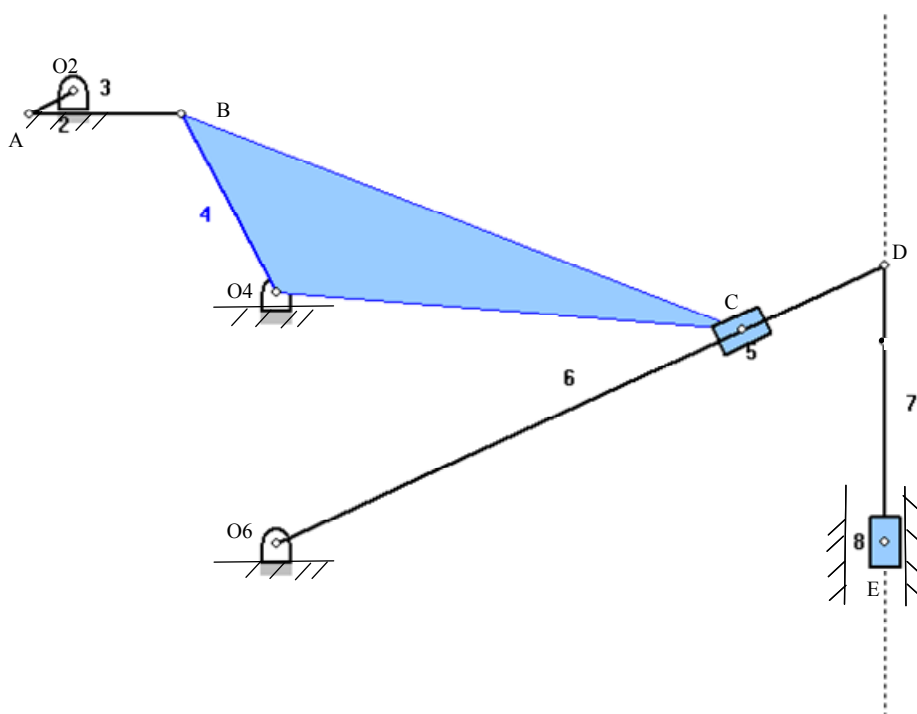
21. El mecanisme de la figura representa l'esquematzació d'una bomba dosificadora.

La companyia d'aigües Osifar ha adquirit la bomba i necessita posar-la en funcionament com més aviat millor, amb una *velocitat angular d'entrada*  $w_2 = 3 \text{ rad/s}$ , *antihorària*, per la qual cosa us demana:

- La descripció del funcionament del mecanisme. Existeix alguna baula que faci voltes senceres? Justifiqueu-ho numèricament.
- El càlcul dels graus de llibertat del mecanisme i la justificació dels tipus de parells cinemàtics existents.
- Que trobeu gràficament les posicions singulars (extremes) de la baula 8 i de la baula 4. Calculeu el recorregut de la baula 8. Descriuiu cadascuna de les posicions trobades i detalleu quin és l'angle de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions, la denominació que reben i per què? A les posicions extremes del mecanisme anteriorment trobades, justifiqueu i expliqueu quin és el valor de la velocitat de les baules 4 i 8 ( $w_4$ ,  $V_8$ ).

Mesures en m:

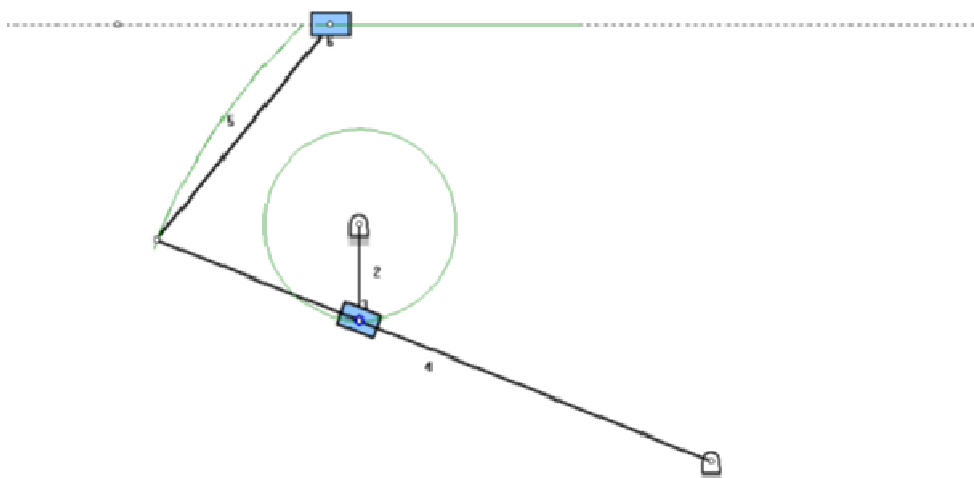
$l_2 = 0,5$ ;  $O_2(0,0)$ ;  $O_4(2, -2)$ ;  $O_6(2, -4,5)$ ;  $l_3 = 1,5$ ;  $l_6 = 6,6$ ;  $l_4(O_4B) = 2$ ;  $l_7 = 2,75$ ;  
 $O_4C = 4,6$ ; situació guia-pistó (8, -2,5)



- Vegeu mecanisme simulat a simulacions WinMecC tema 4: problema 21 tema 4.mec

22. Mecanisme de retorn ràpid: mecanisme llimadora. Determineu:

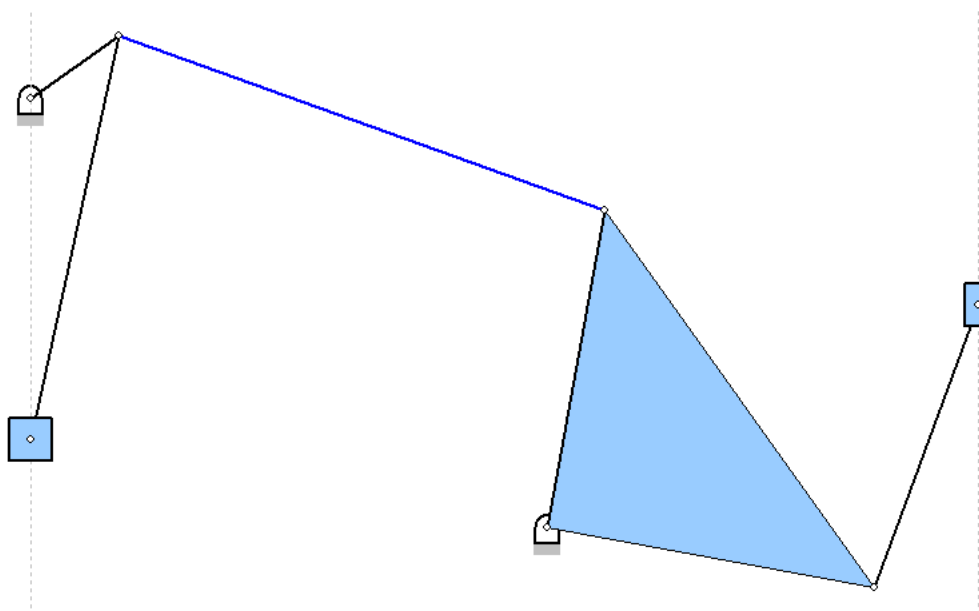
- El funcionament del mecanisme i especifiqueu el moviment de cadascuna de les baules i funció. Graus de llibertat.
- Trobeu gràficament les posicions extremes d'aquest mecanisme. És un mecanisme de retorn ràpid? Justifiqueu-ho mitjançant la construcció del diagrama cinemàtic i mitjançant les posicions extremes.



- Vegeu simulació del mecanisme a simulacions WinMecC tema 4: problema 22 tema 4.mec

23. Del mecanisme de la figura:

- Enumereu les baules, anomeneu les articulacions i completeu l'esquema cinemàtic.
- Definiu el moviment de cada baula del mecanisme.
- Quina és la baula impulsora i quin o quins els seguidors?
- Identifiqueu els parells cinemàtics del mecanisme i classifiqueu-los. Calculeu mitjançant el criteri de Kutzbach els graus de llibertat del mecanisme.
- Identifiqueu el mecanisme principal i les dues díades mitjançant l'enumeració donada al mecanisme. Quin tipus de mecanismes són?
- El mecanisme principal compleix la llei de Grashof? Justifiqueu-ho numèricament.
- Trobeu les posicions singulars del mecanisme principal. Anomeneu aquestes posicions singulars. Aquestes posicions singulars defineixen les posicions extremes d'alguna de les dues díades del mecanisme? Expliqueu-ho adequadament.
- Respecte a la díada formada per la biela i el pistó (quadrat), aquest mecanisme és de retorn ràpid? Justifiqueu-ho adequadament.

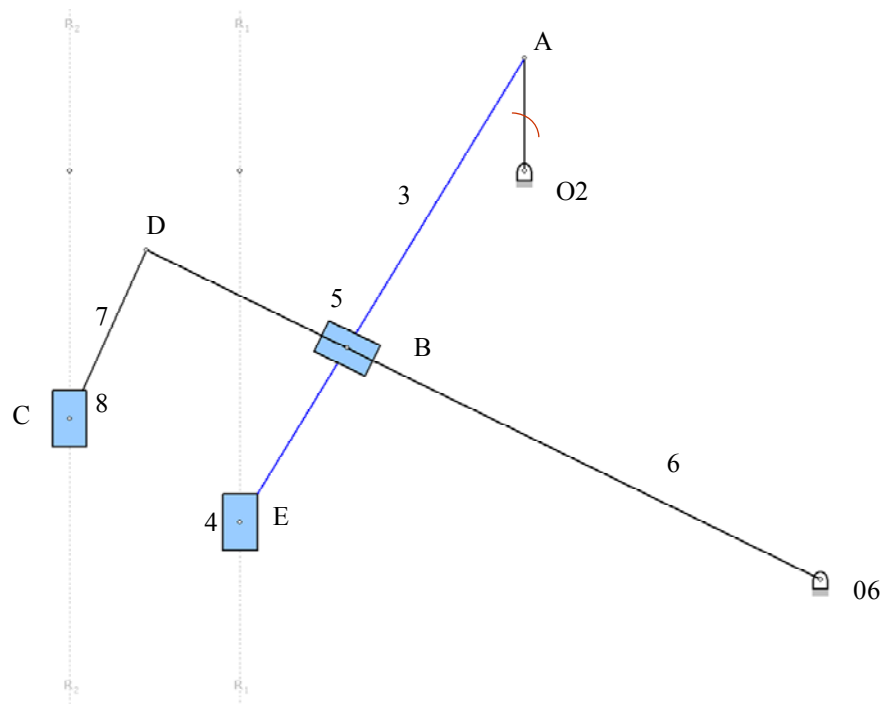


- Vegeu simulació del mecanisme a simulacions WinMecC tema 4: problema 23 tema 4.mec



24. El mecanisme de la figura representa l'esquematització d'un mecanisme de doble pistó. Si al mecanisme s'hi aplica una *velocitat angular d'entrada a la baula 2 de  $w_2 = 10 \text{ rad/s}$  antihorari, constant*, resol·leu els apartats següents:

- Elaboreu una descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu el tipus de parell cinemàtic existent.
- Trobeu gràficament les posicions extremes dels pistons. Doneu la posició de la maneta per a cadascuna d'aquestes posicions. Expliqueu-ne les particularitats.



- [Vegeu simulació del mecanisme a simulacions WinMecC tema 4: problema 24 tema 4.mec](#)

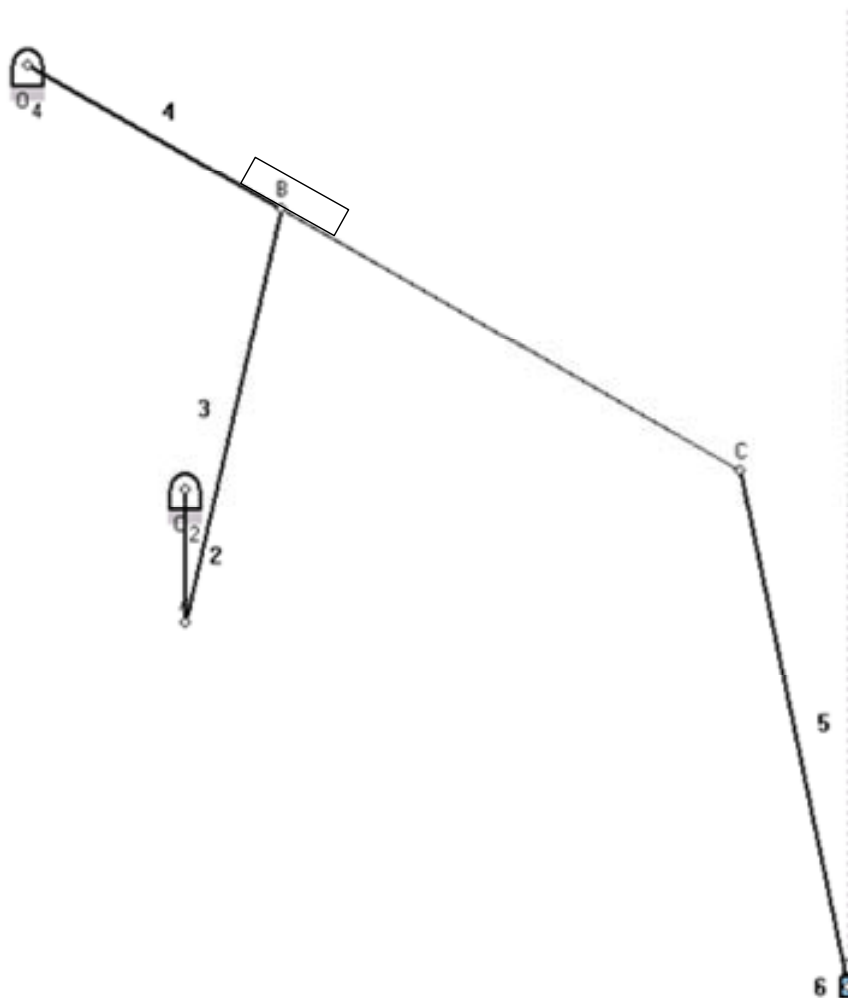
25. El mecanisme de la figura, correspon a una instal·lació de bombeig d'aigua per a reg de jardí. La posició de la maneta és  $\theta_2 = 270^\circ$  respecte l'horitzontal. La maneta té una velocitat angular en sentit horari de  $10 \text{ rad/s}$ , constant. En aquestes condicions, determinar:

- Funcionament del mecanisme, especificant el moviment de cada una de les baules i la seva funció. Quina inversió cinemàtica del mecanisme és?
- Graus de llibertat del mecanisme especificant el tipus de cada parell cinemàtic que té el mecanisme.

- c) Quin és el mecanisme principal? I la diada? Hi ha algun element que dona voltes complertes? Justificar les respostes.
- d) Determinar gràficament les 4 posicions singulars del mecanisme principal. Especificar quin és el comportament diferenciat de cada una d'aquestes posicions.
- e) És un mecanisme de retorn ràpid? Justificar la resposta adequadament.
- f) Determinar gràficament el recorregut del pistó 6.
- g) Determinar l'avantatge mecànica del mecanisme principal en la posició de la figura (maneta és a  $\theta_2 = 270^\circ$  respecte l'horitzontal)

Dades:

$AB = 102$  cm,  $BC = CD = 127$  cm,  $O_2A = 32$  cm,  $O_4B = 70$  cm,  $O_2O_4 = (38, 102)$  cm, distància  $O_2$ - guia pistó = 159cm



- **Vegeu simulació del mecanisme a simulacions WinMecC tema 4: problema 25 tema 4.mec**  
*Solució: és un mecanisme de retorn ràpid,  $Q \approx 1,056$ , recorregut pistó: 180,18 mm; avantatge mecànica = 9.3*

**26. Mecanismes per a moviments rectilinis. Solucionar la trajectòria dels elements generadors de línies rectes següents:**

a) Mecanisme de Watt:

En la figura 1 es mostra (rectangle ressaltat) el mecanisme de Watt aplicat a una màquina real. De fet, Watt va ser tan enginyós que, amb un sol mecanisme, governava el moviment de dos èmbols a l'hora. L'esquema cinemàtic d'aquest mecanisme és el de la figura 2.

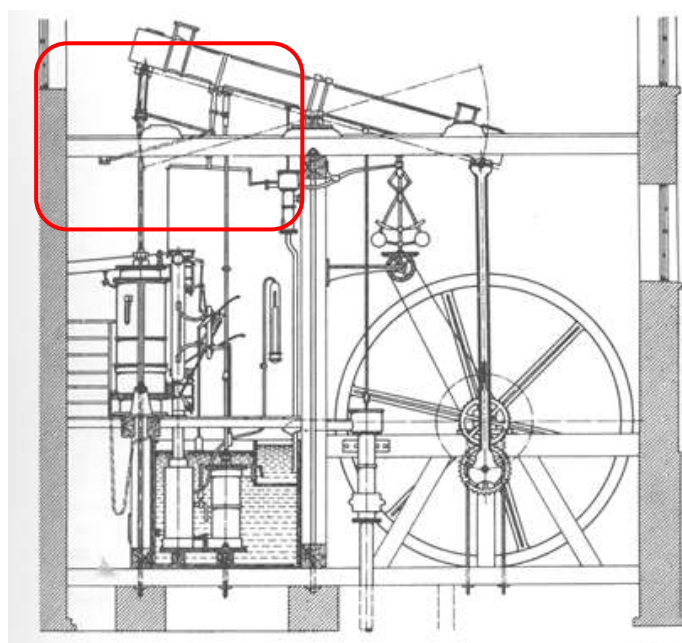


Figura 1: Màquina de vapor de James Watt.

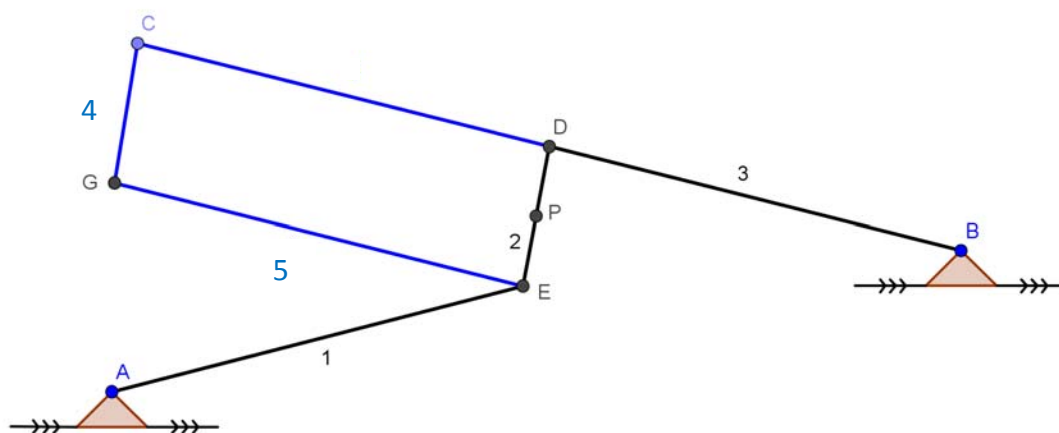


Figura 2: Esquema del mecanisme de línia recta de la màquina de vapor de James Watt.

Es demana simular, mitjançant el programa WinMecC, la trajectòria dels punts P i G del mecanisme de Watt.

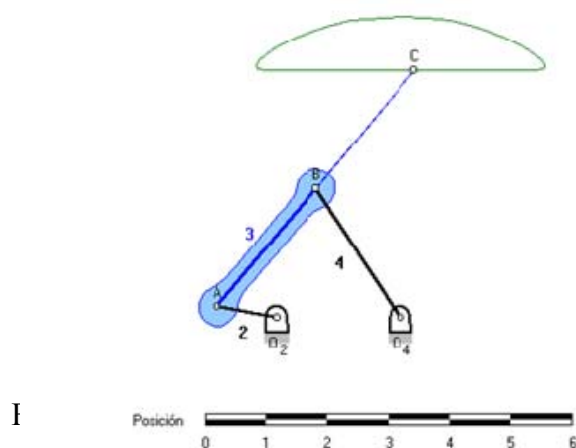
Dades geomètriques:  $AE=BD=DC=EG= 6\text{m}$ ;  $ED=CG=2\text{m}$

Coordenades de B respecte a A: (12, 2)

b) Mecanisme de Hoeken

Simular, mitjançant el programa, el mecanisme de Hoeken (figura 3) i obtindre la trajectòria del punt que traça la línia recta.

Dades geomètriques:  $L1=2$ ;  $L2= 1$ ;  $L3=2.5$ ;  $L4=2.5$ ;  $AC=5$



c) Mecanisme de Roberts

Simular, mitjançant el programa, el mecanisme de Roberts (figura 4) i obtindre la trajectòria del punt que realitza la línia recta.

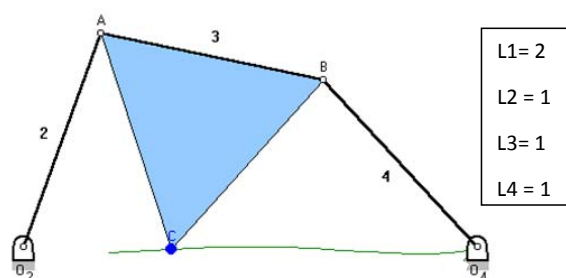


Figura 4. Mecanisme de Roberts

## d) Mecanisme de Chebyshev

Simular, mitjançant el programa, el mecanisme de Chebyshev (figura 5) i obtindre la trajectòria del punt que realitza la línia recta.

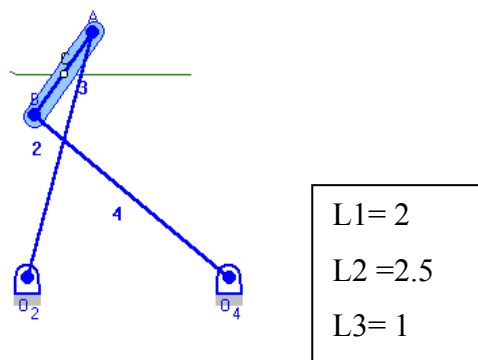


Figura 5: Mecanisme de Chebyshev

**Respondre, comparant tots els mecanismes de línia recta:**

Les diferències /similituds de la cinemàtica de cada mecanisme (si es pot) i comparar-lo amb els altres mecanismes. Recordar incloure a la resposta:

- graus de llibertat
- forma de les trajectòries rectilínies, per què són així?
- si les trajectòries es fan a velocitat constant, o acceleració constant, o com?...
- posicions singulars dels mecanismes
- llei de Grashof si s'escau



# Tema 5

## Velocitats



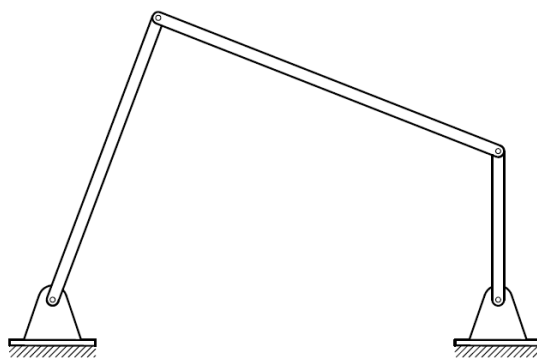


**Cal tenir en compte:**

**Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 5":**

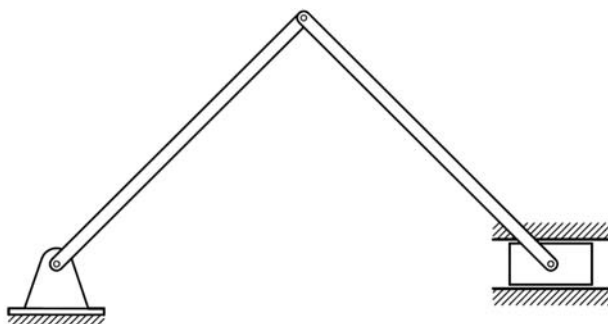
**1. Trobeu els centres instantanis de rotació dels mecanismes següents:**

a)



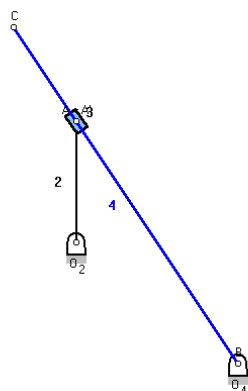
- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 1\_a tema 5.mec

b)



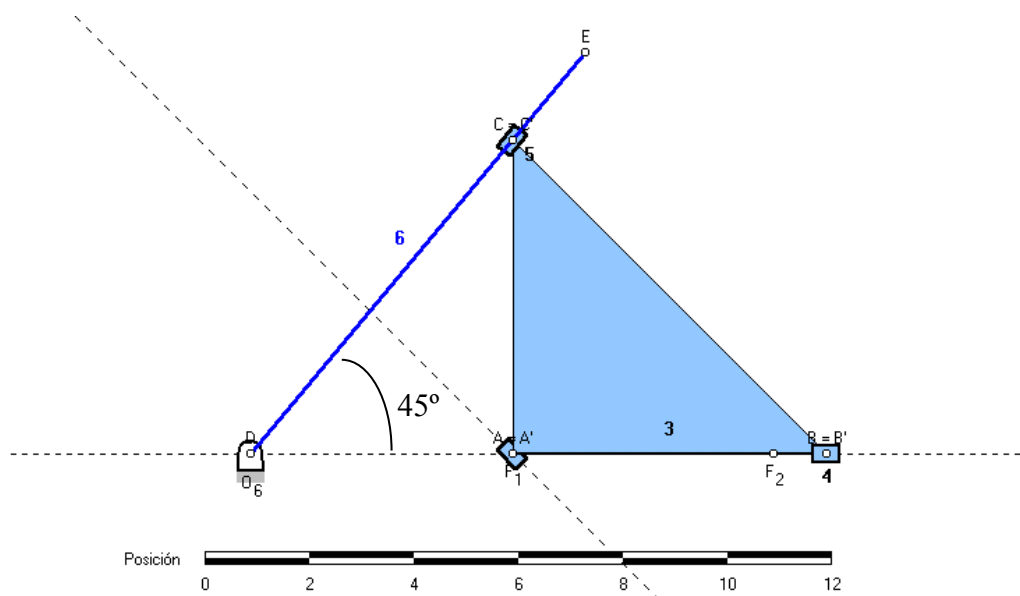
- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 1\_b tema 5.mec

c)



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 1\_c tema 5.mec

d)



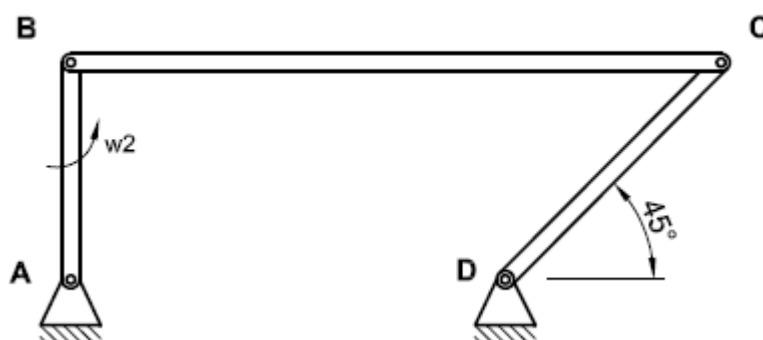
2. Del mecanisme quadrilàter de la figura, calculeu:

a) CIR absoluts i relatius.

b) La velocitat lineal de totes les articulacions a partir de la velocitat de l'articulació A i de la velocitat angular indicada a la manovella  $w_2$ .

Mesures en m:

$AB = 0,5$  m;  $BC = 1,5$  m;  $w_2 = 4$  rad/s



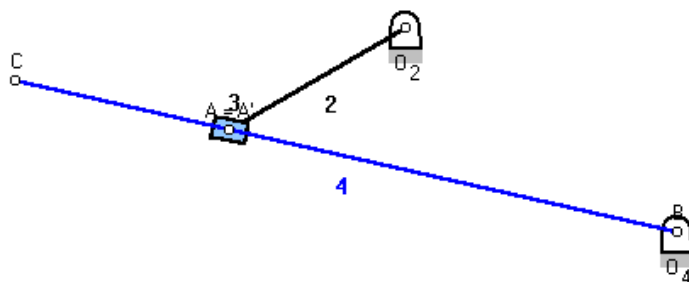
- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 2 tema 5.mec

*Solució:  $V_c = 2,82$  m/s;  $w_4 = 4$  rad/s antihorari*

3. Segons la posició de  $210^\circ$  amb l'horitzontal de la barra 2 del mecanisme de la figura, calculeu les velocitats de totes les articulacions i baules, així com la velocitat de lliscament de l'element 3 respecte a la seva guia (baula 4) si la velocitat angular de la baula d'entrada 2 és de 10 rad/s horària.

Mesures en cm:

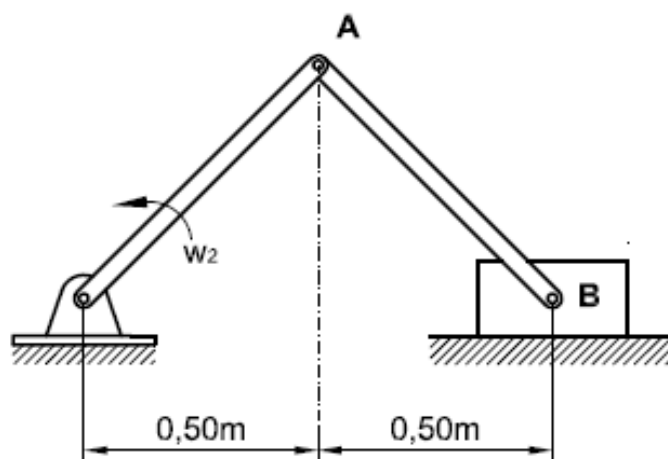
$$l_2 = 30; l_4 = 100; O_2O_4 = (40, 30)$$



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 3 tema 5.mec

*Solució:  $V_{A3/A4} = 2 \text{ m/s}$*

4. Trobeu els CIR,  $V_A$ ,  $V_B$  i les velocitats angulars de totes les baules a partir de la velocitat angular de la barra 2, igual a 4 rad/s.



- Vegeu simulació del mecanisme a WinMecC a: problema 4 tema 5.mec

*Solució:  $V_B = 4 \text{ m/s}$*

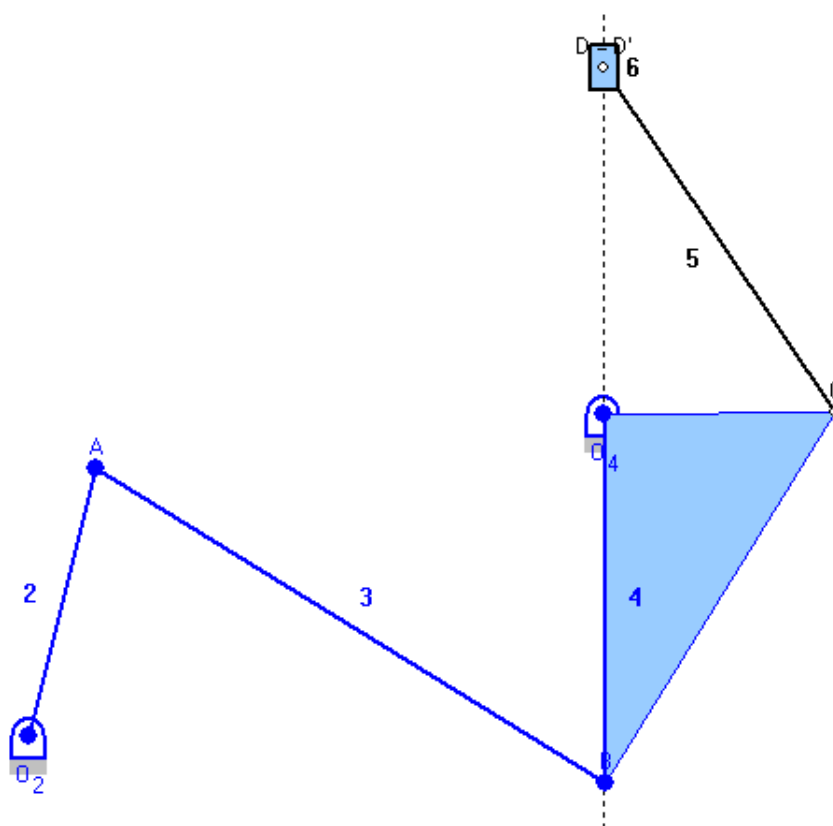
### 5. Mecanisme estampador (vegeu primera part a tema 4 problema 19).

El mecanisme de la figura du a terme una operació d'estampat mitjançant l'últim element. Per al seu correcte funcionament, cal calcular:

- Els centres instantanis de rotació absoluts per la posició indicada a la figura.
- Les velocitats de totes les articulacions i totes les baules del mecanisme en la posició indicada (angle de la manovella amb l'horitzontal de  $76^\circ$ ), si la velocitat de la baula 2 és de 10 rad/s horari.

Mesures en cm:

$l_2 = 30$ ;  $l_3 = 65$ ;  $l_4 = 41$ ;  $O_4C = 25$ ;  $BC = 48$ ;  $l_5 = 45$ ;  $O_4 = (8, 3,5)$ ;  $O_2 = (1,75, 0)$



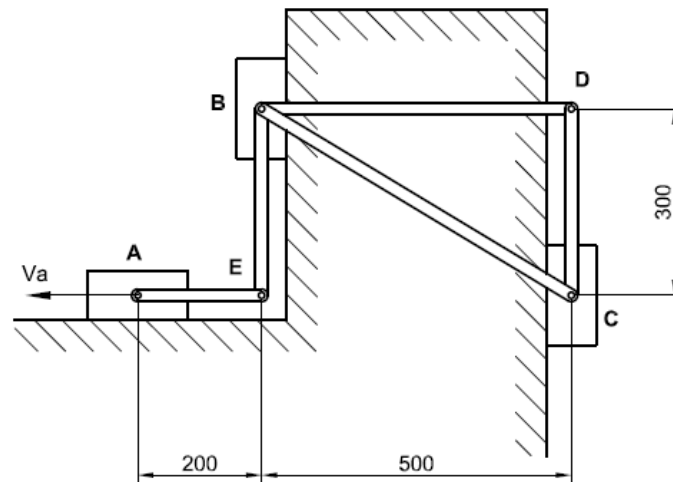
- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 5 tema 5.mec

*Solució: velocitat angular de la biela CD,  $w_5 = 0$*

6. Trobeu totes les velocitats de les articulacions i de les bauls del mecanisme de la figura si  $V_A$  és igual a 5 m/s.

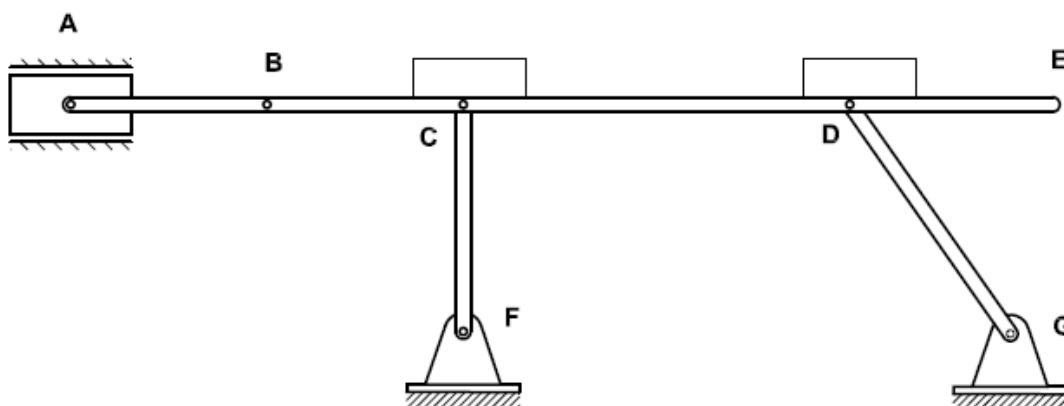
Dades:

ABE és una sola baula; BDC és una sola baula



Solució:  $V_C = V_B = 3,33 \text{ m/s}$

7. Enumereu el mecanisme, G, CIR absoluts i relatius, velocitats de tots els punts i bauls a partir de  $V_A$ . Indiqueu-les gràficament. Doneu la relació de  $V_A$  amb la velocitat de la baula GD.



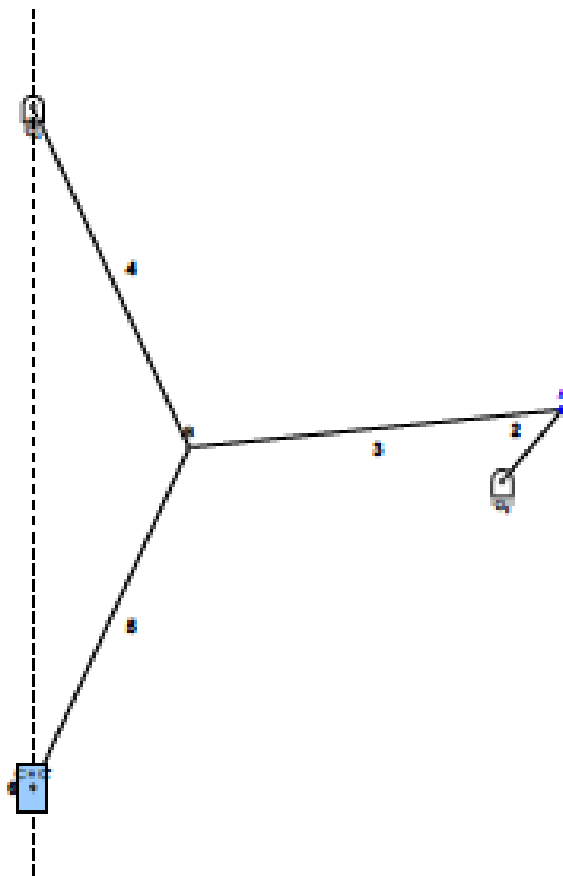
Solució :  $w_{DG} = (V_A \cdot BI_{1AB} \cdot DI_{1BD}) / (DI_{1DG} \cdot AI_{1AB} \cdot BI_{1BD})$

8. El mecanisme representat fa la funció d'inserir i col·locar traus a les veles. Com que la naviliera MENVAIGPERAVALL, SL de Cambrils ha adquirit aquest mecanisme procedent de la maquinària excedent de la companyia de components electrònics NOTINCVERGONYA, no té coneixements sobre el funcionament; per tant, necessita els vostres.

Consulteu la primera part de l'exercici al tema 4, exercici 16 (posicions).

Volen conèixer:

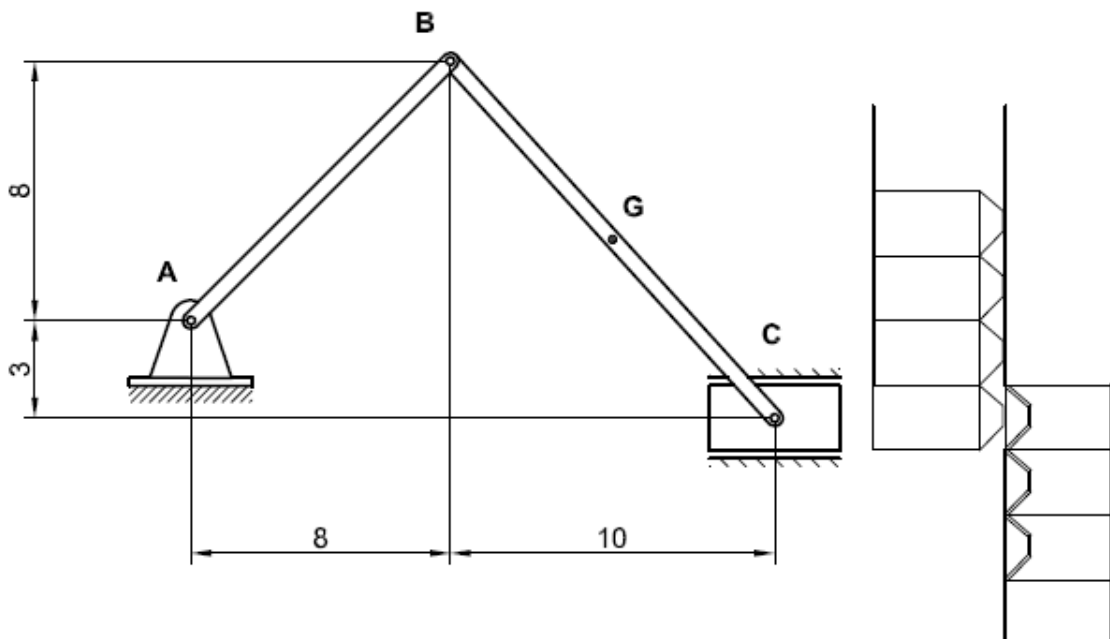
- Quina és la velocitat idònia per definir la resta de les velocitats del mecanisme.
- És un mecanisme de retorn ràpid? Demostreu-ho.
- Si la velocitat que heu triat com a idònia és de 5 (rad/s o m/s), quina velocitat té el pistó en aquesta posició (manovella a  $50^\circ$  amb l'horitzontal)?



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 8 tema 5.mec

9. El mecanisme de la figura forma part d'una cadena de muntatge automàtica dedicada a l'assemblatge de dos components mecànics. La velocitat de la barra AB es manté constant durant tot el cicle de treball i és de 6 rad/s en sentit horari.
- Trobeu els graus de llibertat d'aquest mecanisme i els centres instantanis de rotació tant absoluts com relatius.
  - Esmenteu el tipus de mecanisme i el tipus de moviment que pot dur a terme cada element del mecanisme. Demostreu-ho numèricament on es pugui.
  - Determineu la velocitat angular de la barra BC, la velocitat del punt G i C.
  - Indiqueu gràficament la direcció i el sentit dels vectors de velocitats dels punts del mecanisme: B, G i C així com la barra BC.
  - Si la velocitat de producció és constant, i a cada avanç de l'element C s'assembla una peça, quantes peces es produeixen en una hora de treball?

Mesures en centímetres.



10. Chi-li és una nena de dotze anys que treballa il·legalment a la seva ciutat natal del sud-est de la Xina en una multinacional de components electrònics (NOTINCVERGONYA, SL), soldant xips en circuits impresos. Sis mesos enrere, una ONG va visitar d'incògnit la fàbrica per inspeccionar les condicions de treball. El resultat va ser desolador, ja que van comprovar que Chi-li i les seves companyes feien soldadura aguantant els circuits entre els genolls, recolzades al terra.

NOTINCVERGONYA, SL, sota l'amenaça real d'una denúncia pública que afectaria la seva imatge mundial, ha disposat per a cadascuna de les treballadores un mecanisme de mordassa com el de la figura. El mecanisme treballa de la següent manera:

*Introduint el circuit entre les dues mordaces, el treballador aplica manualment una força (ergonòmica) en A. Aquesta força provoca un desplaçament de C que comprimeix la molla i assegura la mordassa i el circuit al seu lloc, mantenint el mecanisme bloquejat i fix en aquesta posició, fins que la treballadora aplica una força en sentit contrari per reiniciar el procés.*

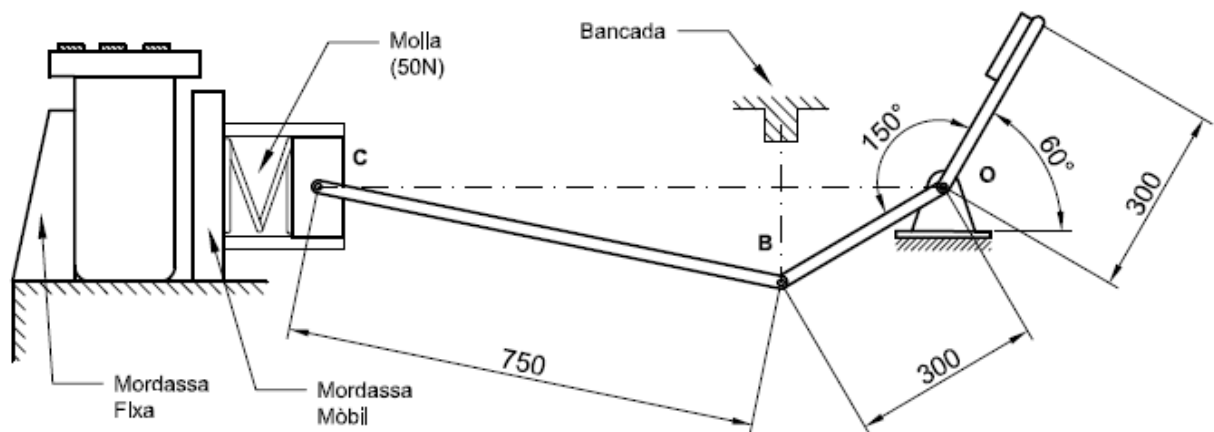
El mecanisme, per tant, es manté en dues posicions límit. Posició inicial, indicada a la figura, i posició final (s'ha de buscar). Amb la posició inicial, cal considerar l'element C, la mordassa i la molla capaços de desplaçar-se com un sol element fins a subjectar el circuit. Amb la posició de bloqueig, cal considerar que només l'element C és part del mecanisme.

*Chi-li, per experiència, no se'n fia de l'artefacte i us demana (per enviar un informe secret a la ONG):*

- Els graus de llibertat del mecanisme en una posició intermèdia.
- Els CIR de tots els elements amb la posició inicial.
- Que posicioneu les velocitats de cada articulació i de cada barra gràficament.
- Que trobeu la posició de bloqueig del mecanisme. Graus de llibertat del mecanisme a posició inicial i final. Interpreteu-ho.

Mesures en centímetres.

*Mecanisme NOTINCVERGONYA, SL. Posició inicial de càlcul*



*Solució: G en posició inicial = 1; G en posició final 0*

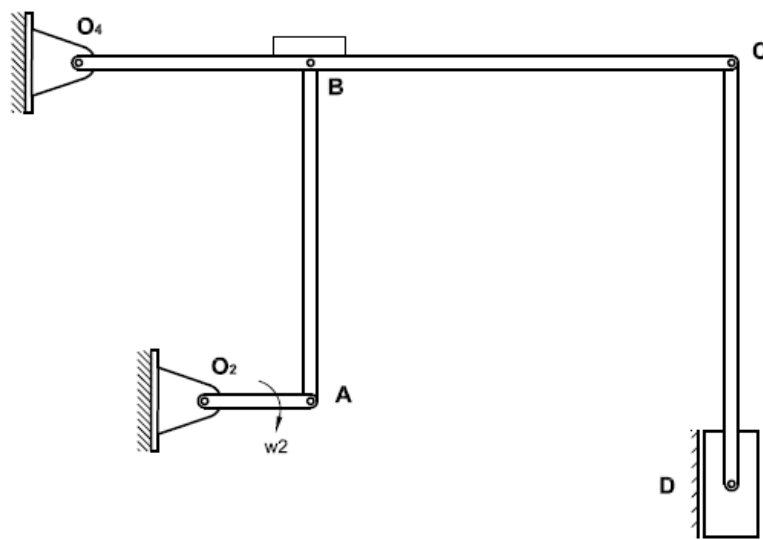


11. El mecanisme de la figura correspon a una instal·lació de bombeig d'aigua per a reg de jardí.

- Estudieu els CIR en la posició indicada. Calculeu les velocitats de tots els punts i baules en aquesta posició si la velocitat d'entrada és 10 rad/s constant, horària.
- Trobeu la configuració anterior a punt mort per saber la velocitat a la qual arribarà el patí al punt d'opressió.

Mesures en cm:

AB = 102; BC = CD 127; O<sub>2</sub>A = 32; O<sub>4</sub>B = 70



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 11 tema 5.mec

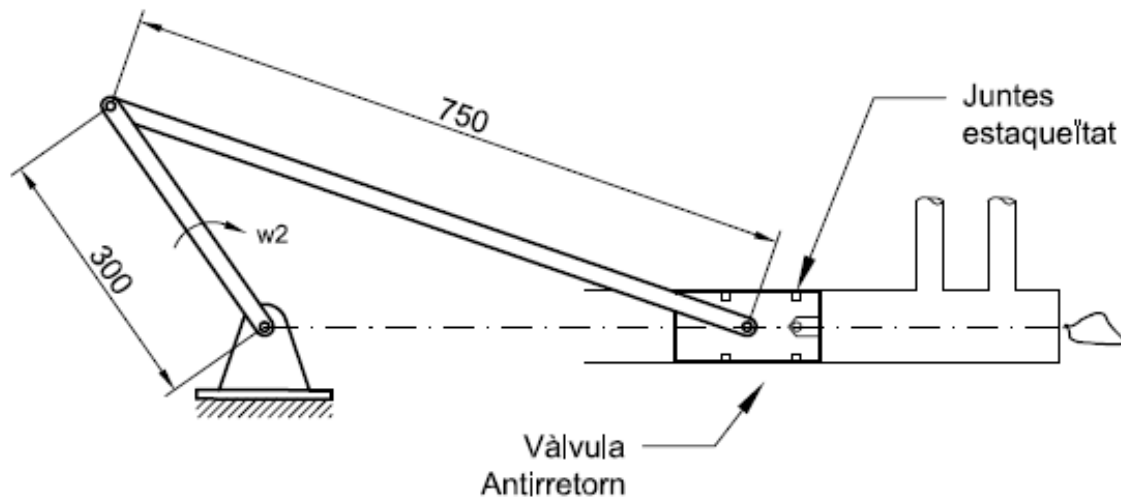
Solució:  $V_D = 900,29 \text{ cm/s}$  ↓

12. L'empresa familiar VERGEDELPUNY, SL es dedica a inflar globus per a festes infantils i altres esdeveniments. Amb l'arribada de les noves tecnologies, ha decidit dur a terme aquest treball automàticament. Com que és una inversió en maquinària important, primer ha decidit estudiar la viabilitat de la màquina en qüestió. La màquina es pot sintetitzar amb el mecanisme de la figura. Us demana:

- Que expliqueu el funcionament del mecanisme i el perquè de la forma de l'element 4.
- Quants globus pot inflar en 8 hores de treball, si la velocitat que imprimeix el motor al mecanisme és de 2 rad/s constants horaris?
- Els graus de llibertat del mecanisme a les posicions extremes del mecanisme.

- d) Que trobeu gràficament les posicions extremes del mecanisme.
- e) Que trobeu els CIR de tots els elements amb la posició del mecanisme, determinada per l'element 2, ja que és a  $30^\circ$  de la vertical.
- f) En l'anterior posició, que trobeu la velocitat lineal de totes les articulacions i elements, així com l'angular de tots els elements.

Posició intermèdia:



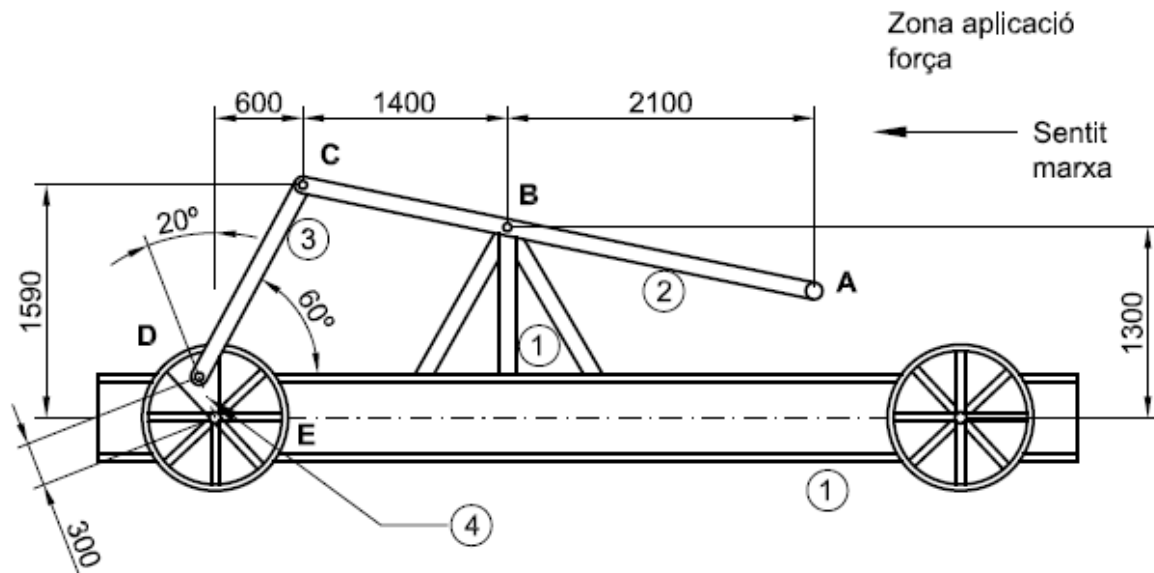
Solució: 9.167 ampolles;  $G = 1$ ;  $V_{pistó} = 0,63 \text{ m/s}$

**13.** A causa de la vaga de transports ferroviaris, l'empresa NOTINCVERGONYA, SL ha proposat com a transport alternatiu la utilització d'un carretó d'accionament manual com l'indicat a la figura. El transportista, situat sobre la plataforma, acciona el mecanisme imprimint un moviment de rotació alternativa al punt A.

- a) Esquematitzeu el mecanisme 1-2-3-4 (sense tenir en compte el contacte sobre la via de la roda), segons la norma UNE i considerant l'element 1 com a bancada.
- b) Quin tipus de moviment fa cadascun dels elements? Raoneu-ho breument.
- c) Determineu els graus de llibertat del mecanisme anteriorment esquematitzat.
- d) Establiu els centres instantanis de rotació absoluts i relatius, considerant l'element 1 com a bancada.
- e) Si la velocitat angular de la roda (4) és de  $25 \text{ rad/s}$ , calculeu la velocitat de tots els elements i articulacions del mecanisme A-B-C-D-E respecte a la bancada. Indiqueu gràficament la direcció d'aquestes velocitats.

Distància D-E = 0,3 m; radi roda = 500 mm.

Mesures en mm.



Solució:  $G = 1$ ;  $V_A = 10,22 \text{ m/s}$

14. La carrosseria de l'automòbil dissenyat per l'empresa PocFutur, SL ha de construir-se amb el menor cost possible. Per això, ha reciclat aquest mecanisme de soldadura per punts d'un altra empresa. PocFutur vol comprovar si el mecanisme de la figura és apte per fer soldadures per punts a la xapa del cotxe. La soldadura per punts consisteix a fer passar una corrent alterna per mitjà de l'element soldador F (pol +) i un element base (pol -). En interposar dues xapes metàl·liques entre aquests dos elements, la corrent, en travessar la xapa, fon el material i té lloc la unió de les dues xapes mitjançant un punt de soldadura.

Pel que fa a aquest mecanisme:

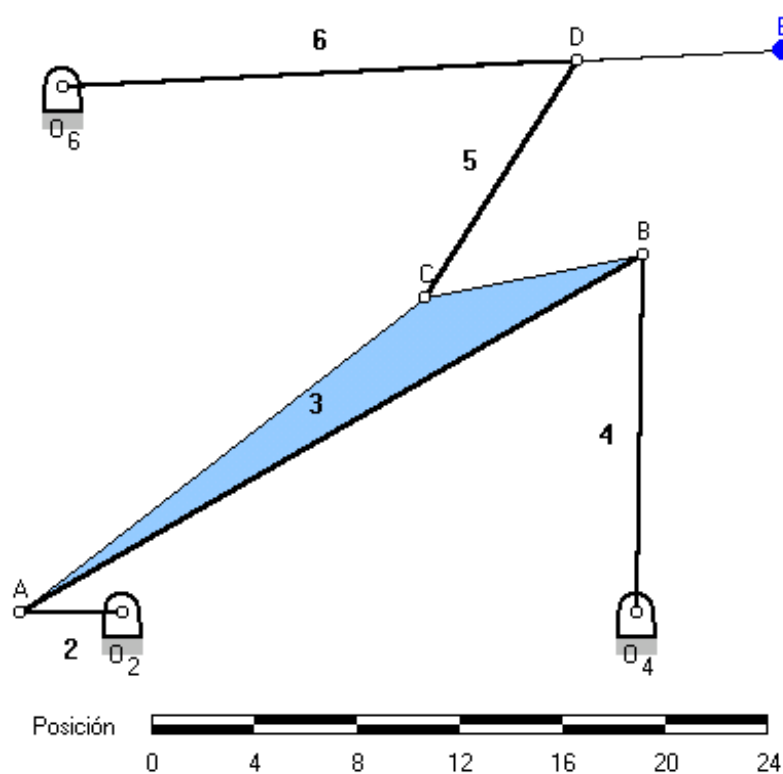
- Cal conèixer-ne el funcionament i especificar la missió i el moviment de cada barra prèviament enumerada.
- Si cada volta de l'impulsor del mecanisme representa una soldadura, quantes soldadures es duen a terme en una hora si la velocitat d'entrada és de 3 rad/s antihorari?
- Cal determinar-ne els graus de llibertat del mecanisme en la posició indicada.

- d) Indiqueu gràficament i a escala sobre el dibuix annex, les posicions de l'element soldador per a les posicions extremes del seguidor.
- e) Definiu les singularitats d'aquestes posicions. Funció de l'element seguidor.
- f) De la posició en què l'element soldador fa la soldadura, trobeu la posició dels centres instantanis de rotació absoluts.
- g) Si la velocitat angular de l'impulsor és de 3 rad/s, calculeu la velocitat de tots els elements i articulacions del mecanisme en la posició en què heu trobat els CIR.
- h) Indiqueu gràficament la direcció d'aquestes velocitats lineals i angulars.

**Nota:** l'element soldant i la barra que el suporta es consideren un únic element.

Mesures en mm:

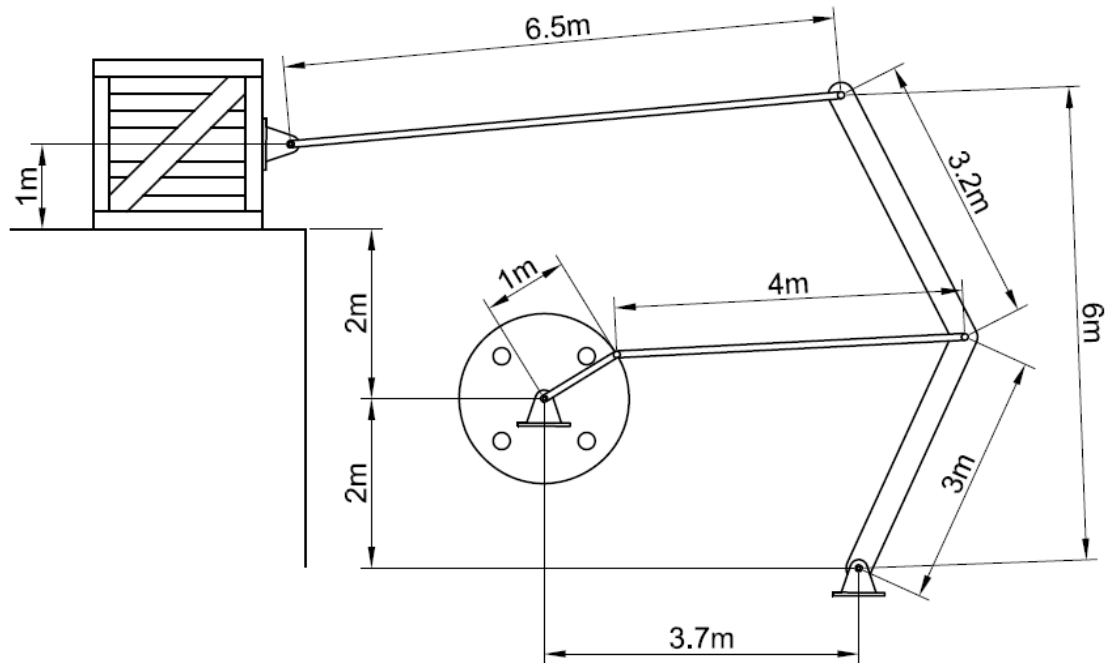
$AC = 200$ ;  $CD = 200$ ;  $l_2 = 40$ ;  $AB = 280$ ;  $CD = 110$ ;  $DE = 80$



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 14 tema 5.mec

Solució: 1.718 soldadures / hora;  $V_E = 4,5 \text{ cm/s}$  ↓

15. Aquest mecanisme té com a missió empènyer caixes de 80 kg des d'una cinta transportadora a un altra. El motor connectat al mecanisme fa girar la manovella a 40 rpm constants i en sentit horari.



Trobeu:

- L'esquema cinemàtic del mecanisme.
- La descripció del moviment i missió de cada baula.
- Els graus de llibertat.
- Les posicions extremes del mecanisme en funció de l'angle de la manovella.
- És un mecanisme de retorn ràpid? Demostreu-ho.
- Trobeu els CIR absoluts per a la posició de la manovella a  $350^\circ$ .
- Per a l'anterior, trobeu la posició les velocitats de cada baula i indiqueu-les gràficament en el mecanisme.

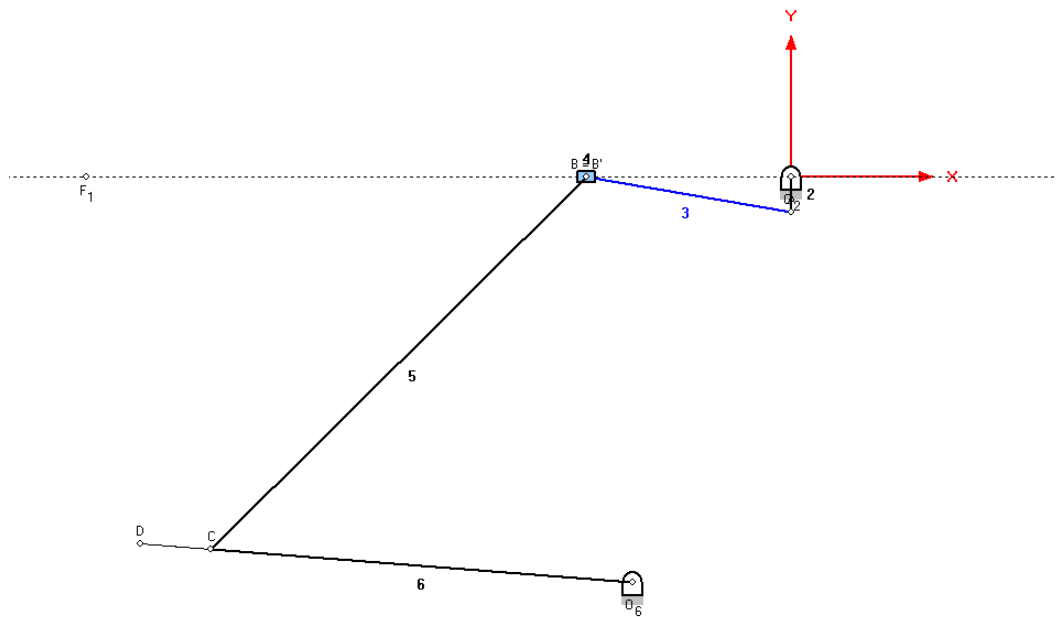
- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 15 tema 5.mec**

Solució:  $V_{\text{pistó}} \text{ és } 3,95 \text{ m/s}$



16. El mecanisme de la figura representa l'esquema cinemàtic d'un interruptor automàtic. La rotació de la baula 2 permet el moviment del contacte elèctric (D).

$l_2 = 1 \text{ mm}$ ;  $l_3 = 5,9 \text{ mm}$ ;  $l_5 = 15 \text{ mm}$ ;  $l_6 = 12 \text{ mm}$ ; posició  $O_6 = (-4,5, -11,5)$



Trobeu:

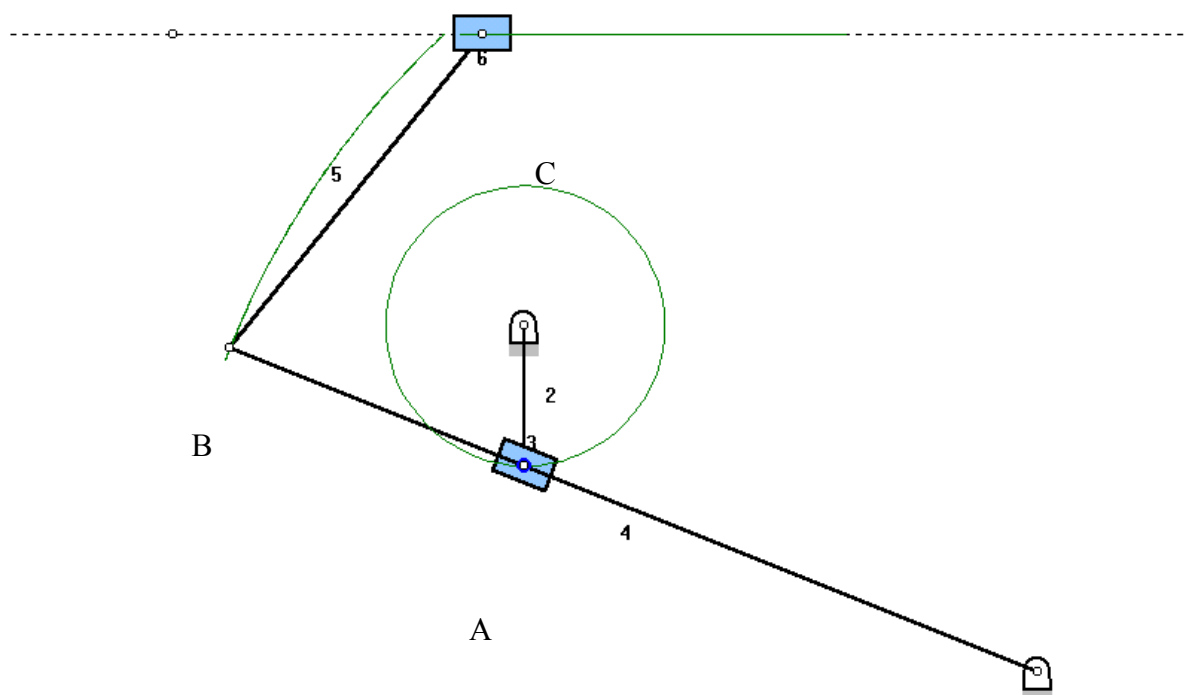
- Els graus de llibertat del mecanisme i feu la descripció del moviment que du a terme cadascuna de les baules. Quin n'és el mecanisme principal? Quines són les baules que componen la díada?
- Trobeu gràficament les posicions extremes del punt D. Quina relació existeix entre les posicions extremes del punt D i les posicions extremes del pistó 4? Proporcioneu la descripció completa d'aquestes posicions: angle de la manovella, recorregut del pistó i del punt D.
- Per a la posició de la manovella a  $270^\circ$  (vegeu figura):
  - Situeu tots els *centres instantanis de rotació absoluts*. Per això, situeu primer els immediats i apliqueu, posteriorment, el teorema dels tres centres.
  - Què significa que  $I_{13}$  està situat a l'infinit? Raoneu-ho.

- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 16 tema 5.mec

17. Del mecanisme de la figura, calculeu (vegeu primera part de l'exercici, tema 4, exercici 22):

Mesures en m:

$l_2 = 0,125$ ;  $l_4 = 0,780$ ;  $l_5 = 0,360$ ;  $O_2 (3,15, -2,6)$ ;  $O_4 (7,5, -5,7)$



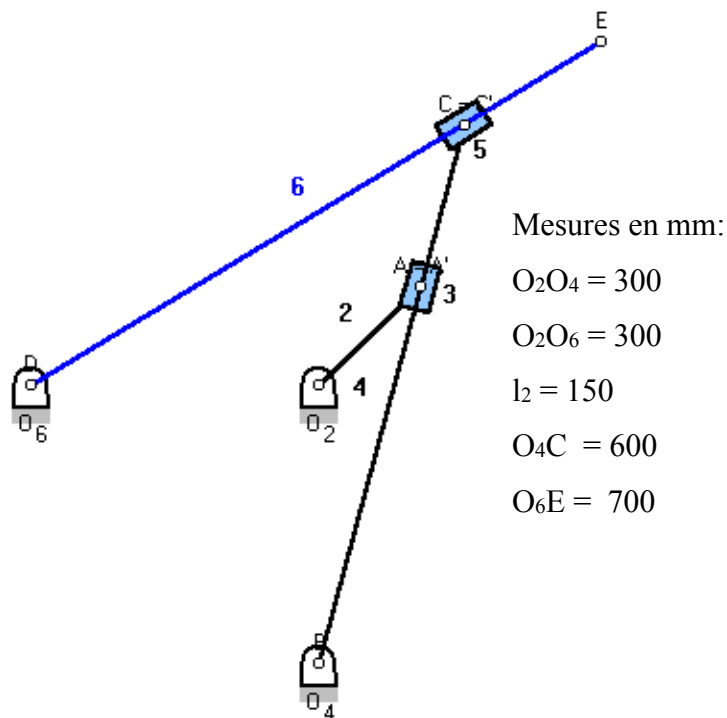
- Per a la posició de la manovella de  $270^\circ$  (figura) respecte a l'horitzontal, trobeu tots els centres instantanis de rotació ABSOLUTS.
- Si la velocitat d'entrada és  $\omega_2 = 20$  rad/s, horaris, trobeu les velocitats angulars de totes les baules i la velocitat lineal del pistó 6.
- Trobeu la velocitat relativa de l'element 3 respecte de la baula 4.
- Posicioneu totes les velocitats gràficament sobre el mecanisme.

- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 17 tema 5.mec

Solució:  $V_{A3}/V_{A4} = 2,3$  m/s  $\leftarrow$

18. L'empresa d'impressió MANCHA necessita un mecanisme d'impressió de línies corbes. Per aquest motiu, ha comprat a baix preu un mecanisme traçador com el que es representa en forma d'esquema cinemàtic a la figura, del qual se'n desconeixen les característiques cinemàtiques. Amb l'ajuda dels coneixedors de la matèria més reputats, si convé, cal que resolgueu els aspectes següents:

- Per a la posició en què l'element 2 està a  $45^\circ$  amb l'horitzontal (figura), trobeu tots els centres instantanis de rotació absoluts.
- Trobeu la velocitat angular de la baula 4 i de la baula 6 si la velocitat angular d'entrada és de 10 rad/s antihorari, aplicada a l'element 2. Indiqueu el sentit de totes les velocitats gràficament sobre el mecanisme.
- Trobeu la velocitat relativa de l'element 5 respecte a la seva guia 6 en mòdul, direcció i sentit per a la posició anteriorment descrita.

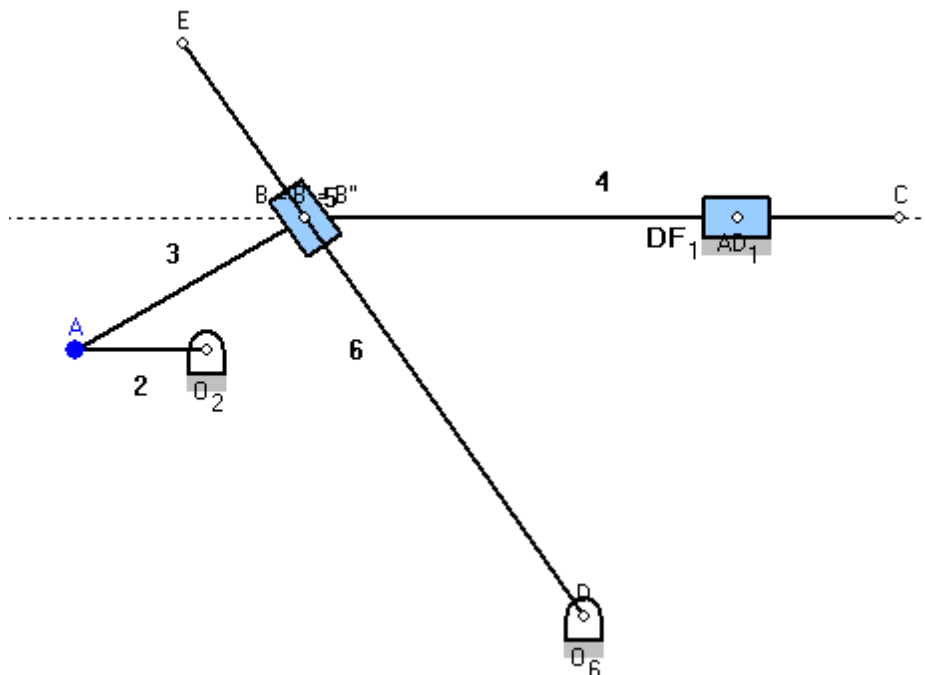


- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 18 tema 5.mec

Solució:  $V_{A3}/V_{A4} = 0.76 \text{ m/s}$  ↑;  $V_{C5}/V_{C6} = 1,3 \text{ m/s}$  ↙



19. Del mecanisme de la figura, amb una velocitat angular aplicada a la baula 2 de  $\omega_2 = 5 \text{ rad/s}$ , horaris, us demanem que:
- Expliqueu el funcionament del mecanisme i especifiqueu el moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i descriviu el tipus de cada parell cinemàtic.
  - Dibuixeu el mecanisme a escala i trobeu gràficament les posicions extremes del punt C. Proporcioneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. Quines posicions singulars són? Dibuixeu la trajectòria completa del punt D.
  - Per a la posició en què l'element 2 està a  $180^\circ$  amb l'horitzontal (figura), trobeu tots els centres instantanis de rotació absoluts.
  - Mitjançant l'ús dels centres instantanis de rotació, calculeu la velocitat angular de la baula 6 i la velocitat del punt C si la velocitat angular d'entrada és de  $5 \text{ rad/s}$  horaris, aplicats a l'element 2 per a la posició en què heu determinat els CIR.
  - Indiqueu el sentit de totes les velocitats gràficament sobre el mecanisme.
  - Trobeu la velocitat del punt E i de l'element 5 respecte a la seva guia 6 en mòdul, direcció i sentit per a la posició anteriorment descrita. Justifiqueu-ne el càlcul.



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 19 tema 5.mec

- Solució:  $V_{B5}/V_{B6} = 0.166 \text{ m/s}$  ↘

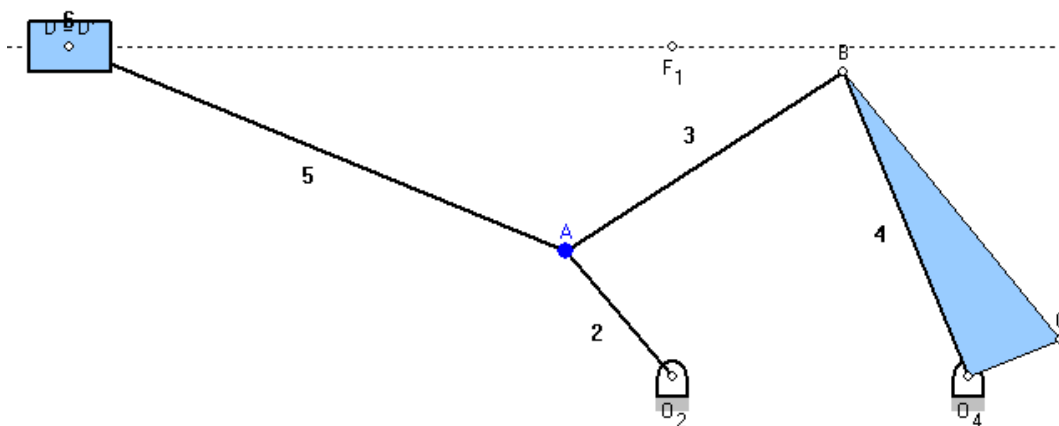
20. La indústria vinatera del Priorat XEREC, SI ha incorporat un mecanisme d'etiquetatge i taponament de botelles de vinagre, que produeix amb l'excendent de vi que no aconsegueix vendre (gairebé tot). L'empresa vol comprovar si el mecanisme de la figura és apte per dur a terme aquesta funció. La baula 6 ha de fer l'etiquetatge i la baula 4, el taponament. Ambdues accions NO han de ser simultànies. Per això, cal que:

- Calculeu els graus de llibertat. Definiu el moviment de cada baula.
- Trobeu el centres instantanis de rotació absoluts per a la posició indicada a la figura ( $130^\circ$  amb l'horitzontal).
- El quadrilàter articulat compleix la llei de Grashof?
- Trobeu les posicions de punt mort per al quadrilàter principal (balanci) i per a la díada (pistó). Referiu l'angle de la baula 2 respecte a l'horitzontal per a cadascuna d'aquestes posicions. Expliqueu les singularitats de cadascuna d'aquestes posicions de punt mort.
- Trobeu el valor de l'angle de transmissió màxim i mínim gràficament.
- Demostreu si és un mecanisme de retorn ràpid.
- Calculeu les velocitats de totes les articulacions i totes les baules del mecanisme en la posició indicada, si la velocitat de la baula 2 és de 20 rad/s amb sentit antihorari.

Mesures en cm:

$l_2 = 10$ ;  $l_3 = 20$ ;  $l_4 = 20$ ;  $O_4C = 6$  amb un angle de  $270^\circ$ ;  $l_5 = 32,5$ ;  $O_4 = (0, 18)$ ;

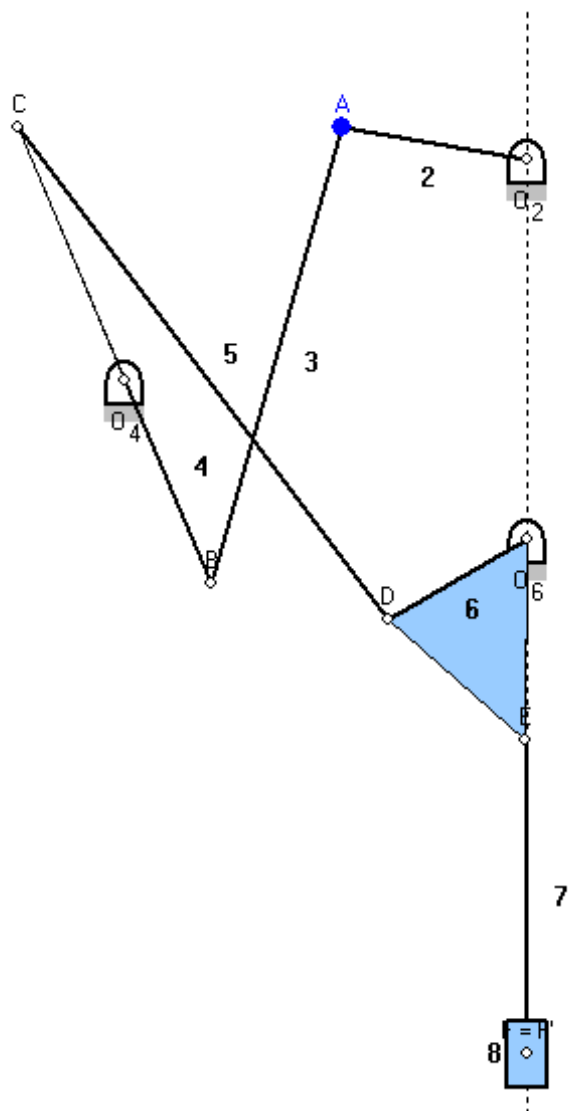
$O_2 = (0, 0)$ ; Guia  $(0, 2)$



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 20 tema 5.mec

21. L'empresa d'impressió ATE necessita un mecanisme que efectui gravats. Per aquest motiu, ha comprat a baix preu un mecanisme com el que es representa en forma d'esquema cinemàtic a la figura, del qual se'n desconeix les característiques cinemàtiques. Amb l'ajut dels coneixedors de la matèria més reputats, cal que resolgueu els apartats següents:

- Per a la posició en què l'element 2 està a  $170^\circ$  amb l'horitzontal (figura), trobeu tots els centres instantanis de rotació absoluts.
- Trobeu la velocitat angular de totes les baules si la velocitat angular aplicada a la baula 2 és de 5 rad/s antihoraris. Trobeu les velocitats de totes les articulacions. Indiqueu el sentit de totes les velocitats gràficament sobre el mecanisme.

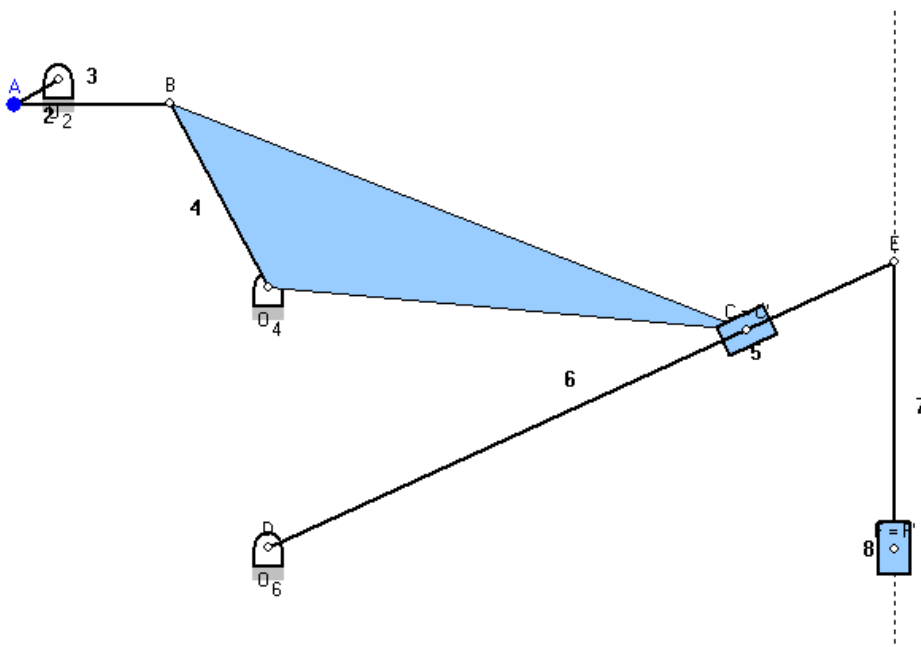


- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 21 tema 5. mec

22. El mecanisme de la figura representa l'esquematzació d'una bomba dosificadora. La companyia d'aigües OSIFAR ha adquirit la bomba i necessita posar-la en funcionament com més aviat millor, amb una *velocitat angular d'entrada de  $w_2 = 3 \text{ rad/s}$  antihorari*, per la qual cosa, cal que resolgueu els apartats següents:
- Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $210^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts.
  - Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $210^\circ$ ), calculeu mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació les velocitats angulars de les baules 4 i 6 ( $w_4$  i  $w_6$ ), la velocitat relativa de la baula 5 respecte a la seva guia ( $V_{C5}/V_{C6}$ ) i la velocitat de la baula 8 ( $V_8$ ), totes en mòdul, direcció i sentit. *Velocitat angular d'entrada  $w_2 = 3 \text{ rad/s}$  antihoraris.*
  - Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de totes les baules gràficament sobre el mecanisme i per a la posició en què heu calculat les velocitats.

Mesures en m:

$l_2 = 0,5$ ;  $O_2 = (0,0)$ ;  $O_4 = (2, -2)$ ;  $O_6 = (2, -4,5)$ ;  $l_3 = 1,5$ ;  $l_6 = 6,6$ ;  $l_4 (O_4B) = 2$ ;  $l_7 = 2,75$ ;  
 $O_4C = 4,6$ ; situació guia-pistó  $(8, -2,5)$

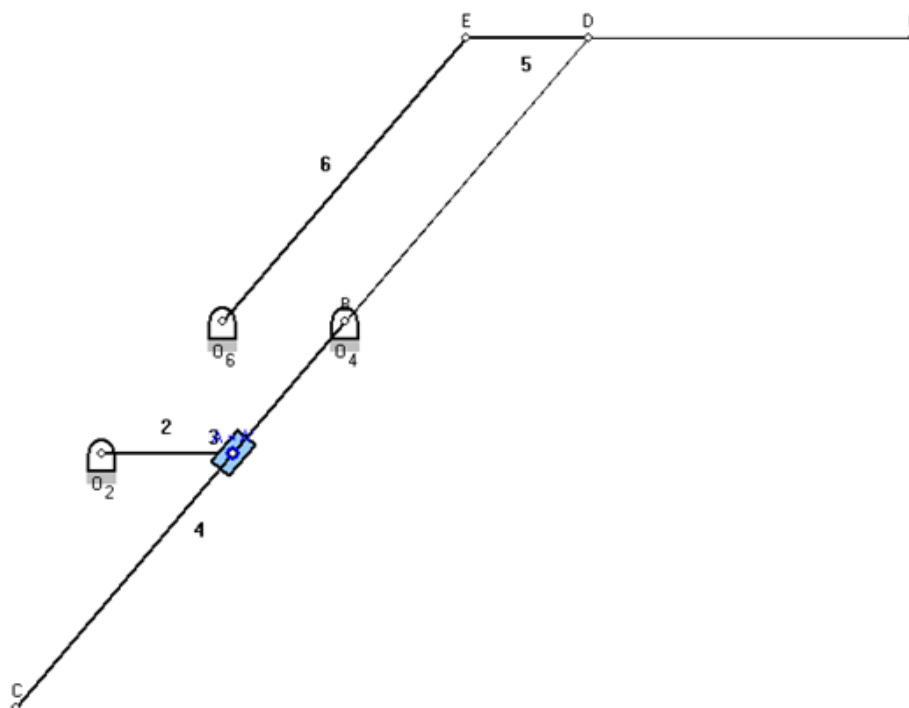


- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 22 tema 5.mec

23. El mecanisme de la figura (en una posició que pertany al seu cicle de treball) representa l'esquematzació d'un mecanisme elevador continu. La seva missió és elevar petites caixes de cartró per dipositar-les a la cinta d'una cadena de muntatge. La baula 2 presenta una velocitat de 10 rad/s antihorari constant.
- Feu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu el tipus de parells cinemàtics existents.
  - Dibuixeu a escala la **posició del mecanisme 0°** i situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats.
  - Calculeu les velocitats angulars de totes les baules del mecanisme i la velocitat lineal de cada articulació.
  - Calculeu la velocitat relativa de la baula 3 respecte a la baula 4.
  - Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de TOTES les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició en què heu calculat les velocitats.

Mesures en mm:

$$l_2 = 162; O_4D = EO_6 = 460; O_4C = 625; l_6 = 460; ED = 150; DF = 400$$



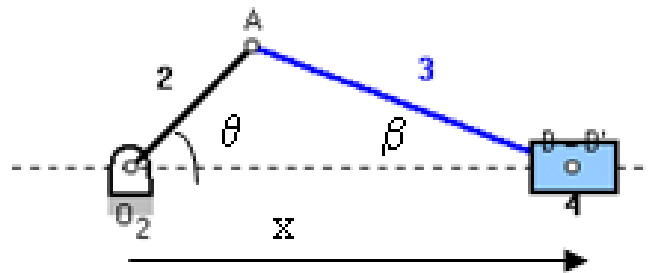
- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 23 tema 5.mec

24. Del mecanisme pistó-biela-manovella de la figura utilitzeu el conjunt de coordenades generalitzades ( $\theta$ ,  $\beta$ ,  $x$ ) per trobar:

- El conjunt d'equacions d'enllaç cinemàtiques mitjançant les equacions d'enllaç cinemàtiques adequades.
- Per als valors de la coordenada independent  $\theta$ :  $0^\circ$  i  $\theta$ :  $90^\circ$ ; i per  $\theta'$  (velocitat) = 1 rad/s, y  $\theta''$  (acceleració) = 0, determineu el valor de les altres dues coordenades generalitzades utilitzades:
  - Per a la posició de  $\theta$ :  $0^\circ$ , calculeu  $\beta$ ,  $x$ ,  $\beta'$ ,  $x'$ ,  $\beta''$ ,  $x''$
  - Per a la posició de  $\theta$ :  $90^\circ$ , calculeu  $\beta$ ,  $x$ ,  $\beta'$ ,  $x'$ ,  $\beta''$ ,  $x''$

Mesures en mm:

$$l_2 = 100; l_3 = 200$$



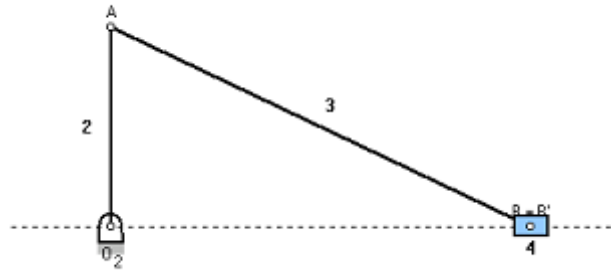
- **Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 24 tema 5.mec**

*Solució: posició  $0^\circ$ :  $x = 300$  mm;  $x' = 0$ ;  $x'' = 0,15$  m/s<sup>2</sup>;  $w_3 = \beta' = 0,5$  rad/s;  $\beta'' = 0$  rad/s<sup>2</sup>*

25. La figura representa un mecanisme pistó-biela-manovella. La manovella té una longitud de 15 mm i la longitud de la biela és de 62 mm. La velocitat de la baula 2 és de 6.000 rpm, constant horària. Us demanem:

- Mitjançant el conjunt de coordenades generalitzades i les equacions d'enllaç cinemàtica trobades a l'exercici 1, que calculeu l'acceleració del pistó al punt mort superior i al punt mort inferior.

- **Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 25 tema 5.mec**



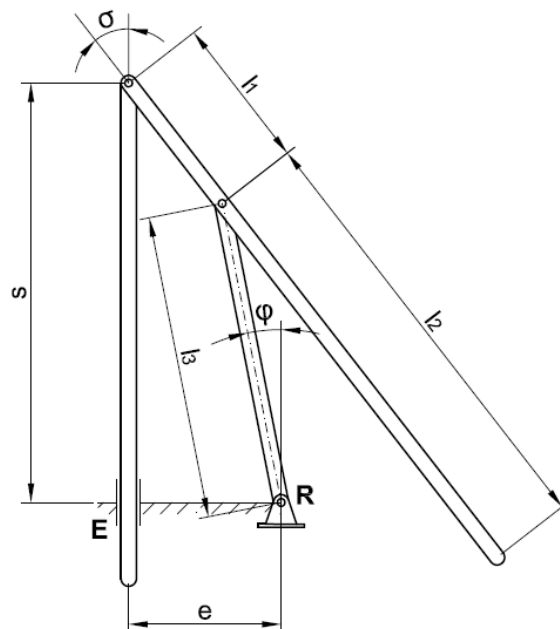
Solució: PMS = acceleració pistó:  $7.354 \text{ m/s}^2$ ; PMI = acceleració pistó =  $4.489 \text{ m/s}^2$

26. El mecanisme de la figura representa una bomba d'aigua d'accionament manual:

- Representeu el mecanisme quan la barra BD és horitzontal.
- Si s'agafa un vector de coordenades generalitzades  $q = \{\theta, \varphi, s\}^T$ , determineu el sistema d'equacions d'enllaç per a la posició i trobeu el valor de "s" per a la posició trobada a l'apartat a).
- Determineu les velocitats de totes les baules si  $\theta' = 1 \text{ rad/s}$ .

Mesures en m:

$e = 0,1 \text{ m}$ ;  $l_1 = 0,1 \text{ m}$ ;  $l_2 = 0,3 \text{ m}$ ;  $l_3 = 0,2 \text{ m}$



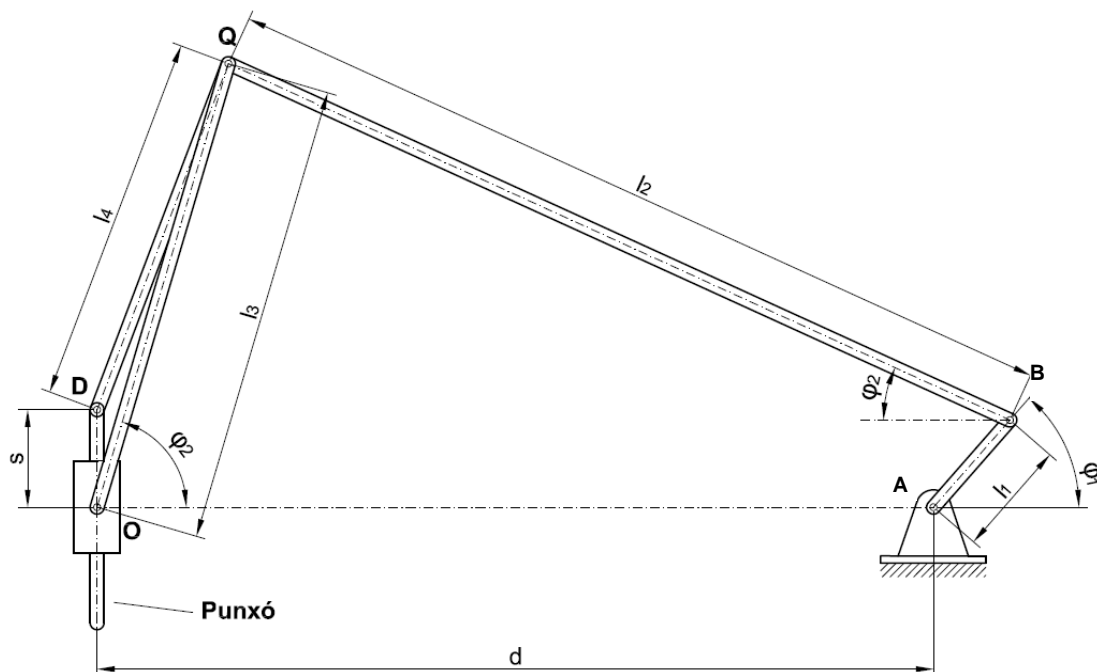
- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 26 tema 5.mec

Solució: posició:  $s = l_3$

27. A la figura es mostren el dibuix i l'esquema d'una punxonadora accionada per un motor acoblat a la manovella AB. Per al seu estudi, s'utilitza el conjunt de coordenades generalitzades de l'esquema del mecanisme. Determineu:
- Els graus de llibertat i el funcionament del mecanisme.
  - Què defineixen cadascuna de les 4 coordenades generalitzades?
  - Les **3 equacions** d'enllaç cinemàtiques.
  - Quina és la configuració del mecanisme que proporciona els punts morts de la coordenada  $\varphi_3$ ? Obtingueu mitjançant les equacions el valor d'aquesta coordenada per a cadascun dels punts morts.
  - El valor màxim i mínim de la posició  $s$  del punxó i calculeu el valor de la seva carrera.
  - Per a la posició en què la coordenada  $\varphi_1$  és igual a  $0^\circ$ ,  $\varphi'_1 = 5$  rad/s antihorari a velocitat constant, calculeu quins són els valors de cadascuna de les coordenades generalitzades  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ,  $s$  així com les seves corresponents primera i segona derivada temporal.

Mesures en mm:

$$l_1 = 50; l_2 = 370; l_3 = 200; l_4 = 160; d = 360\text{mm}$$



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 27 tema 5.mec



28. A la figura es pot observar el mecanisme d'un gos de joguet que, en ser arrossegat, mou les potes. El sistema de referència absolut és fix al cos del gos. Per estudiar el moviment de la pota relativa al cos, s'utilitza el vector de coordenades generalitzades que s'observa a l'esquema adjunt del mecanisme. Determineu inicialment:

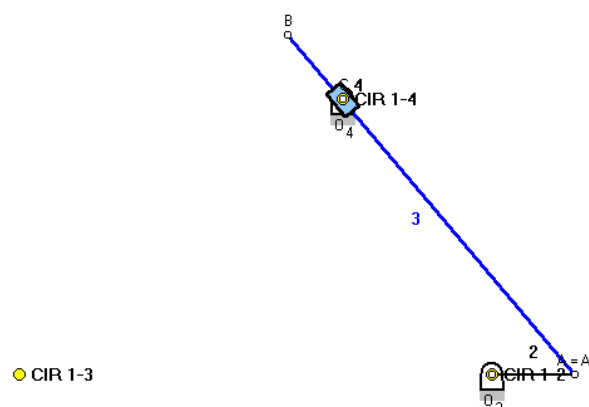
- Les coordenades generalitzades que cal utilitzar.
- Les equacions d'enllaç de posició, velocitat i acceleració.
- Els valors de les coordenades generalitzades per als casos particulars que defineixen les configuracions corresponents als punts morts de la coordenada  $x$ .

Per al valor de la manovella igual a  $0^\circ$  i la seva derivada respecte al temps igual a  $5 \text{ rad/s}$  constants, determineu:

- La velocitat de lliscament del parell guia-barra.



Preneu les mesures del mecanisme directament de l'arxiu WinmecC

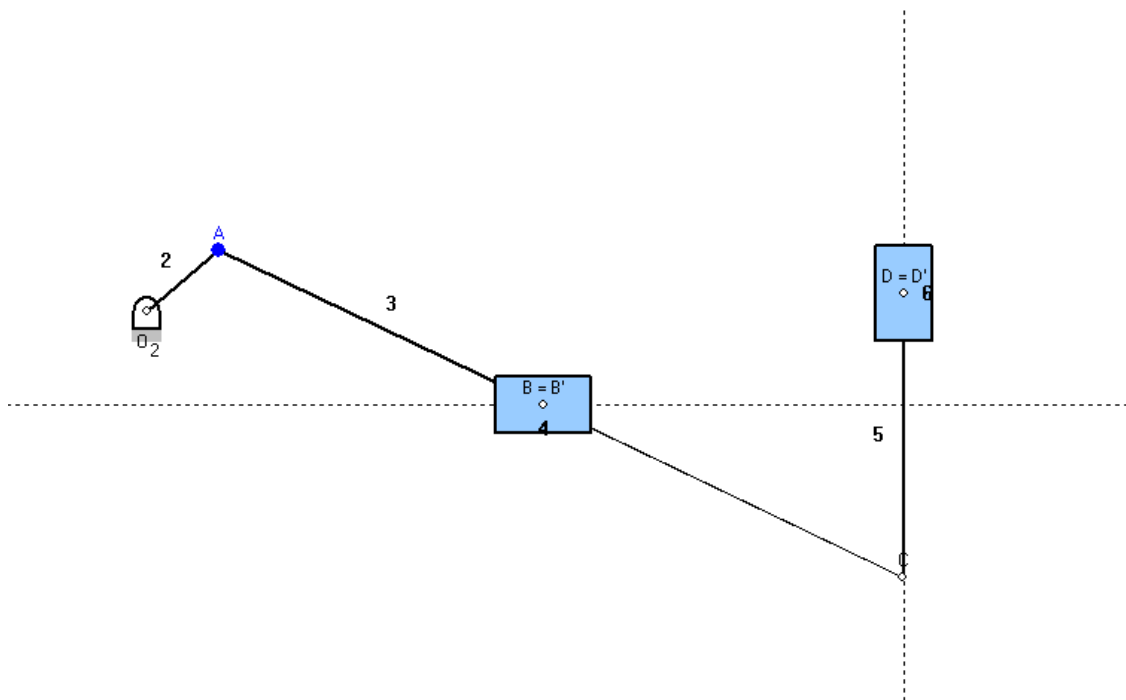


- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 28 tema 5.mec

29. El mecanisme de la figura representa l'esquema cinemàtic d'un mecanisme d'estampació (element estampador, baula 6). Si al mecanisme s'aplica una *velocitat angular d'entrada a la baula 2 de  $w_2 = 10 \text{ rad/s}$  antihorari, constant*, determineu:
- La descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules, i el càlcul dels graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu el tipus de parells cinemàtics existents.
  - Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\theta = 40^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats.
  - Per la posició indicada a l'esquema, calculeu mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació les velocitats angular de les baules  $w_3$  i  $w_5$ , i la velocitat de les baules 4 i 6 ( $V_4$  i  $V_6$ ). Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de TOTES les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició amb la qual heu calculat les velocitats.

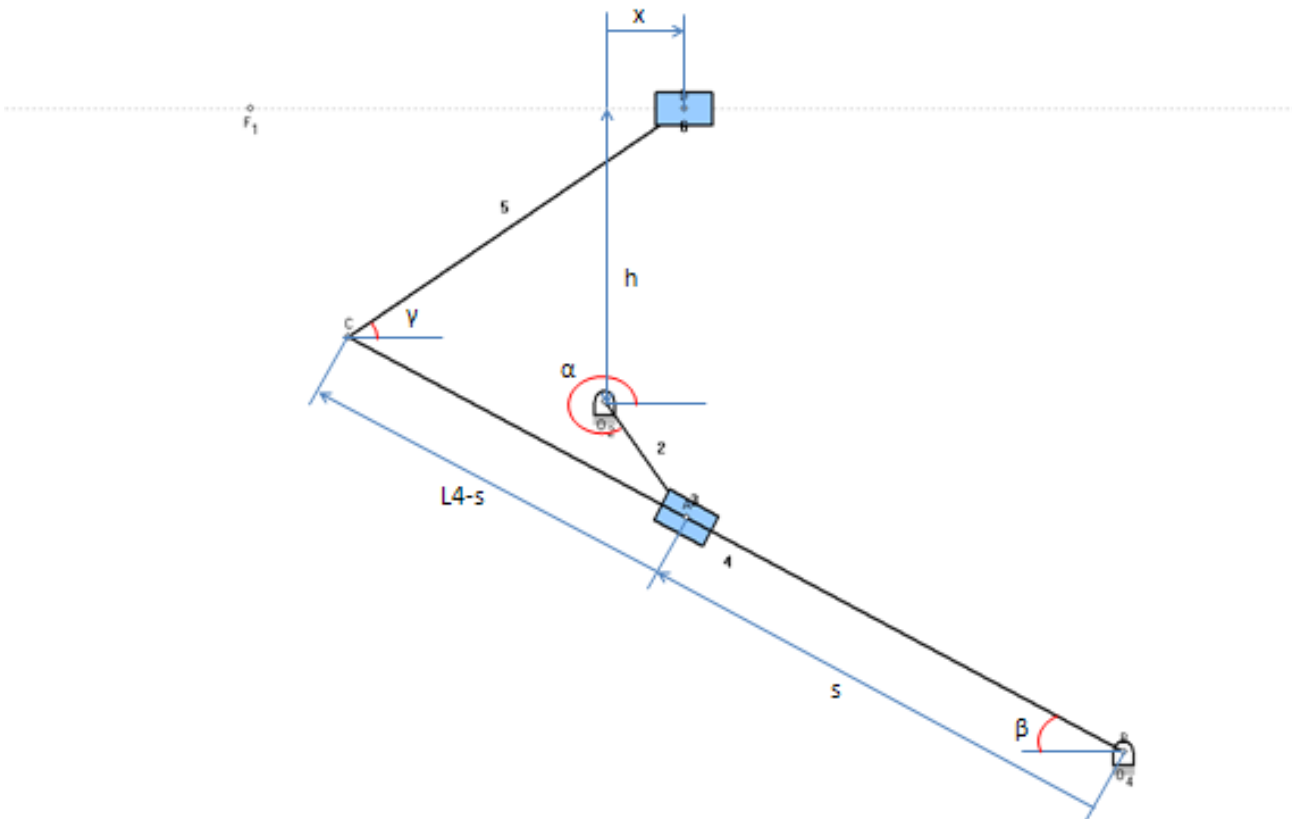
Mesures en mm:

$l_2 = 50$ ;  $l_3 = 400$  ( $AB = 190$ );  $l_5 = 150$



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 29 tema 5.mec

30. La manovella del mecanisme de la llimadora gira a  $n = 100$  rpm en sentit horari accionada per un motor. Per estudiar les posicions i velocitats, s'utilitza el vector de coordenades generalitzades  $q = \{\alpha, \beta, \gamma, s, x\}$



Us demanem:

- En termes de funcionament del mecanisme, que descriu què determina cadascuna de les coordenades generalitzades indicades.
- Trobeu les equacions d'enllaç geomètriques que determinen la posició del mecanisme. Per a la posició de càlcul de la manovella assignada, determineu la posició de la resta de baules del mecanisme. Compareu resultats amb els obtinguts amb WinMecC.
- Obtingueu les equacions que determinen la velocitat del mecanisme. Per a la posició de càlcul de la manovella assignada, determineu la velocitat de la resta de baules del mecanisme. Compareu resultats amb els obtinguts amb WinMecC.
- Per a la posició de càlcul de la manovella assignada, determineu la velocitat de la resta de baules del mecanisme mitjançant el mètode gràfic de CIR. Compareu els resultats amb els obtinguts amb el mètode analític i WinMecC.

- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 17 tema 5.mec

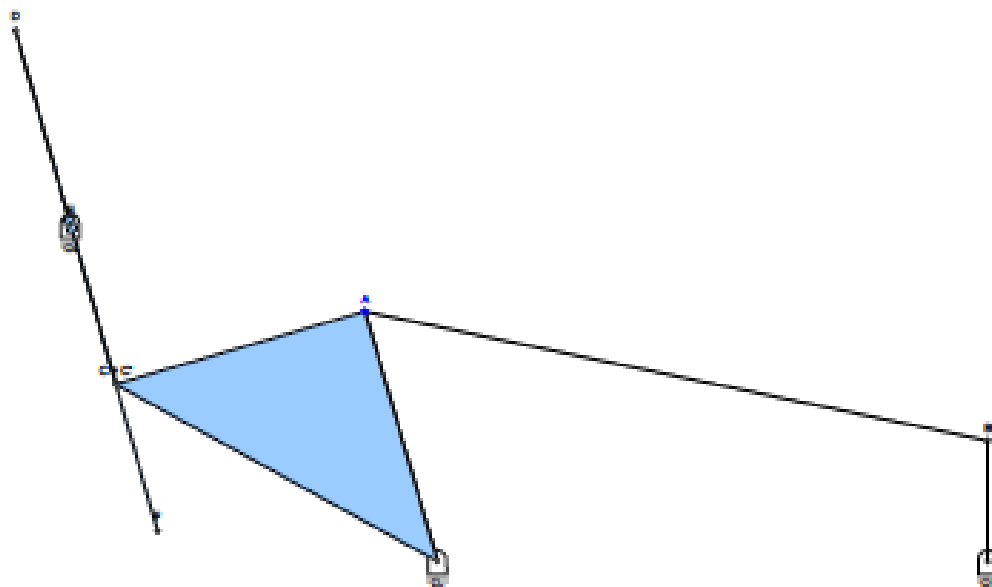
- 31.** El mecanisme quadrilàter de la figura guia la baula 5 entre dues posicions, en una la baula 5 és horitzontal, i, en l'altra, la baula 5 és vertical. La missió del mecanisme és la següent: una vegada recollida la tinta (posició horitzontal), s'aplica un segell sobre un paper (posició vertical). El mecanisme és accionat per un motor que fa girar la manovella 2. El pistó 6 està articulat en el recolzament O6. Si al mecanisme s'hi aplica una velocitat angular de entrada a la baula 2 de  $w_2 = 5$  rad/s horàri, constant, seguiu les indicacions següents:
- Elaboreu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cada una de les baules. Indiqueu el mecanisme principal i si hi ha algun element que fa un moviment de rotació complerta. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme justificant els tipus de parells cinemàtics existents.
  - Trobeu gràficament les posicions extremes de la baula 5. Doneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. **Expliqueu** què succeeix en aquestes posicions, què les fa **diferents** de qualsevol altra posició del mecanisme.
  - Per a la posició mostrada en l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta = 90^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats. Indiqueu la direcció de la situació dels CIR que queden fora del paper.
  - Per a la posició que es mostra en l'esquema (angle de la manovella amb la horitzontal  $\vartheta = 90^\circ$ ), calculeu mitjançant **el mètode dels centres instantanis de rotació** les velocitats angulars de les baules  $w_3$ ,  $w_4$ ,  $w_5$  i  $w_6$ . Calculeu la velocitat de les articulacions B, A, C, D, H en mòdul, direcció i sentit. Calculeu la velocitat del punt central de l'estampador de segells ( $V_G$ ).
  - Determineu la velocitat relativa de la baula 5 respecte de la seva guia 6 ( $V_{H5}/V_{H6}$ ) en mòdul, direcció i sentit.
  - Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de TOTES les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició en la qual heu calculat les velocitats.
  - Quines són les coordenades generalitzades que utilitzaríeu? Justifiqueu l'elecció i indiqueu la funció de cada coordenada, direcció i sentit.

Mesures en mm:

$l_2 = 39,38$ ;  $O_2O_6$  vertical = 120;  $O_4O_6$  horitzontal = 110;  $l_3 = 208$ ;  $l_4 = 84,85$ ;  $O_2O_4 = 180$

Distàncies als CIR en mm.

$BI_{13} = 656$ ;  $AI_{13} = 727$ ;  $CI_{15} = 77$ ;  $GI_{15} = 118$ ;  $HI_{15} = 56$ ;  $DI_{15} = 85$



- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 31 tema 5.mec**

*Solució:  $w_6 = w_5 = 3,99 \text{ rad/s}$ ;  $V_{H5}/V_{H6} = 0,2196 \text{ m/s}$ ; amb 4 coordenades generalitzades n'hi ha prou*

**32.** El mecanisme de la figura correspon a una instal·lació de bombeig d'aigua per a reg de jardí (vegeu problema 11 tema 5). L'objectiu és estudiar el mecanisme en qualsevol posició. Determineu:

- Un conjunt de coordenades generalitzades mínim i suficient per estudiar la posició del mecanisme. Descriviu la funció de cada una de les coordenades que es defineixin.
- Les equacions cinemàtiques que defineixen la posició del mecanisme de bombeig. Indiqueu la coordenada independent.

Dades: vegeu problema 11 del tema 5

- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 11 tema 5.mec**

*Solució: amb 5 coordenades generalitzades n'hi ha prou*

- 33.** El mecanisme de l'arxiu WinMecC (problema 33 del tema 5) representa l'esquematització d'un mecanisme traçador. La companyia d'estampació de camisetes i roba en general Estampacions Tarragona, SA l'ha adquirit i necessita posar el mecanisme en funcionament al més aviat possible amb una *velocitat angular d'entrada*,  $w_2 = 5 \text{ rad/s antihorària, constant}$ , per la qual cosa us demanem l'estudi cinemàtic del mecanisme. Seguiu les indicacions següents:
- Elaboreu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cada una de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu els tipus de parells cinemàtics existents. Justifiqueu que la barra 2 té un moviment de rotació completa.
  - Trobeu gràficament les posicions extremes del mecanisme. Doneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. Expliqueu què succeeix en aquestes posicions amb les que faci diferents de qualsevol posició del mecanisme.
  - És un mecanisme de retorn ràpid? Justifiqueu la vostra resposta amb el càlcul de l'índex Q.
  - Per a la posició mostrada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta_2 = 0^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats. Indiqueu la direcció de la situació dels CIR que quedin fora del paper.
  - Per a la posició mostrada en l'esquema (angle de la manovella amb la horitzontal  $\Theta = 90^\circ$ ), calculeu mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació les velocitats angulars de les baules 4, 5 i 6 ( $w_4, w_5, w_6$ ), la velocitat de l'extrem del traçador,  $V_C$ , la velocitat de l'articulació B, la velocitat relativa de la baula 3 respecte de la seva guia ( $V_{A3/A4}$ ) i la velocitat relativa de la baula 6 respecte a la seva guia 5 ( $V_{E6/E5}$ ), totes en mòdul, direcció i sentit. *Velocitat angular d'entrada*,  $w_2 = 5 \text{ rad/s, antihorària}$ .
  - Situeu les velocitats lineals de totes les articulacions i les velocitats angulars de totes les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició en la qual s'han calculat les velocitats.

Mesures en m:

$$l_2 = 0,075; \quad o_2 = (0,0); \quad o_5 = (0,18, 0,155); \quad l_4 = 0,3; \quad l_5 = 0,4; \quad o_4 = (0, 0,15)$$

- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 33 tema 5.mec**

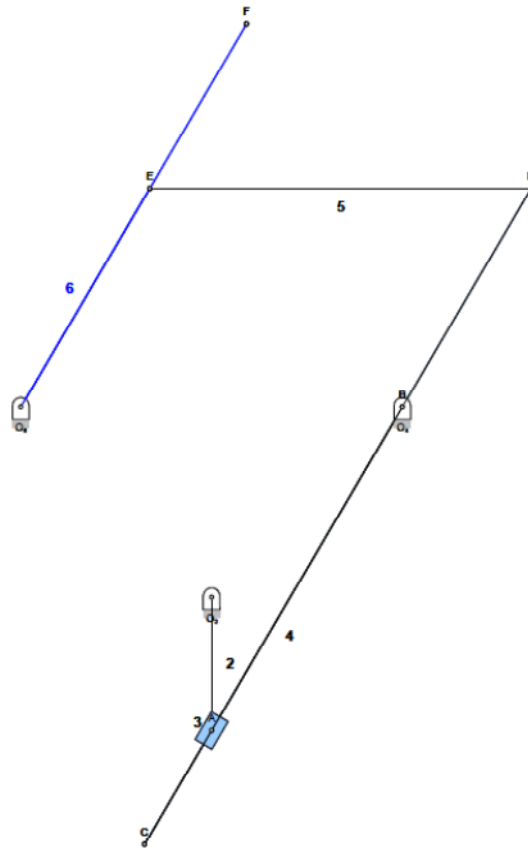
**34.** L'esquema de la figura representa un mecanisme de tancament i d'obertura de dos vàlvules automàtiques (punts C i F). El mecanisme està funcionant tal que la baula 2 té una velocitat angular constant de  $\omega_2 = 10 \text{ rad/s}$ , antihorari, de manera que el mecanisme pugui passar de la vàlvula tancada (posició inferior de C i posició superior de F) a vàlvula oberta (posició superior de C i posició inferior de F). La posició que es mostra NO és extrema. En aquestes condicions calcular:

- Determinar el Mecanisme Principal. Funcionament del mecanisme, especificant el moviment de cada una de les baules i la seva funció. Hi ha alguna baula que doni voltes complertes? Graus de llibertat del mecanisme especificant de quin tipus és cada un dels parells cinemàtics especificats.
- Dibuixar les posicions extremes dels accionadors (punts C i F), especificant quina és la posició de la baula 2 respecte l'horitzontal per a cada una d'aquestes posicions. Dibuixar les trajectòries dels punts C i F, i calcular els graus escombrats de cada una d'aquestes trajectòries. Descriure i justificar les SINGULARITATS de cada posició trobada (punts morts, velocitats...).
- És un mecanisme de retorn ràpid?
- Per a la posició de la baula 2 mostrada a la figura, situar tots els centres instantanis de rotació ABSOLUTS e IMMEDIATS.
- Determinar les velocitats angulars de les baules 3, 4, 5 i 6, així com les velocitats lineal de totes les articulacions del mecanisme mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació, inclòs els punts F i C.
- Quin és el motiu cinemàtic per a que les baules 4 i 6 sempre tinguin la mateixa velocitat angular? Justifiqueu adequadament la resposta.
- Determinar la velocitat relativa de la lliscadora 3 respecte la seva guia 4 ( $V_{A3/A4}$ ).
- Situar les velocitats gràficament al mecanisme.

Posició baula motora  $\theta_2 = 270^\circ$

Mesures en mm:

$l_2 = 210$ ;  $O_4C = 800$ ;  $O_4D = 400$ ;  $l_5 = 600$ ;  $O_6E = 400$ ;  $O_4O_6 = 600$ ;  $O_6F = 700$



- **Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 34 tema 5.mec**  
*Solució: és de retorn ràpid,  $Q = 2$ ;  $V_{A3/A4} = 1.05\text{m/s}$  direcció baula 4, sentit descendent*



# Tema 6

## Acceleracions en mecanismes plans



**Cal tenir en compte:**

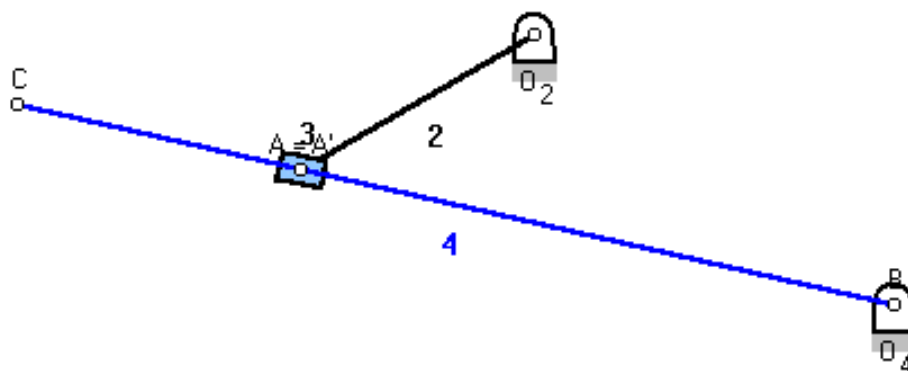
Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinmecC tema 6".

A més, cada un dels exercicis conté la solució gràfica del polígon d'acceleracions a la carpeta "polígon d'acceleracions tema 6".

1. Per a la posició de  $210^\circ$  amb la horitzontal de la barra 2, calculeu les acceleracions de totes les articulacions i baules, així com l'acceleració de l'element 3 respecte de la seva guia (baula 4), si la velocitat angular de la baula d'entrada 2 és de  $10\text{rad/s}$  constant, antihorària.

Mesures en cm:

$$l_2 = 30; l_4 = 100; O_2O_4 = (40, 30)$$



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 1 tema 6.mec
  - Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 1 tema 6.dwg

Solució:  $a_{A2} = 30 \text{ m/s}^2 = a_{A3}$ ;  $a_{coriolis_{A3/A4}} = 13 \text{ m/s}^2$ ;  $a_{A4/A3} = 14 \text{ m/s}^2$ ;  $a_{A4} = 9,6 \text{ m/s}^2$

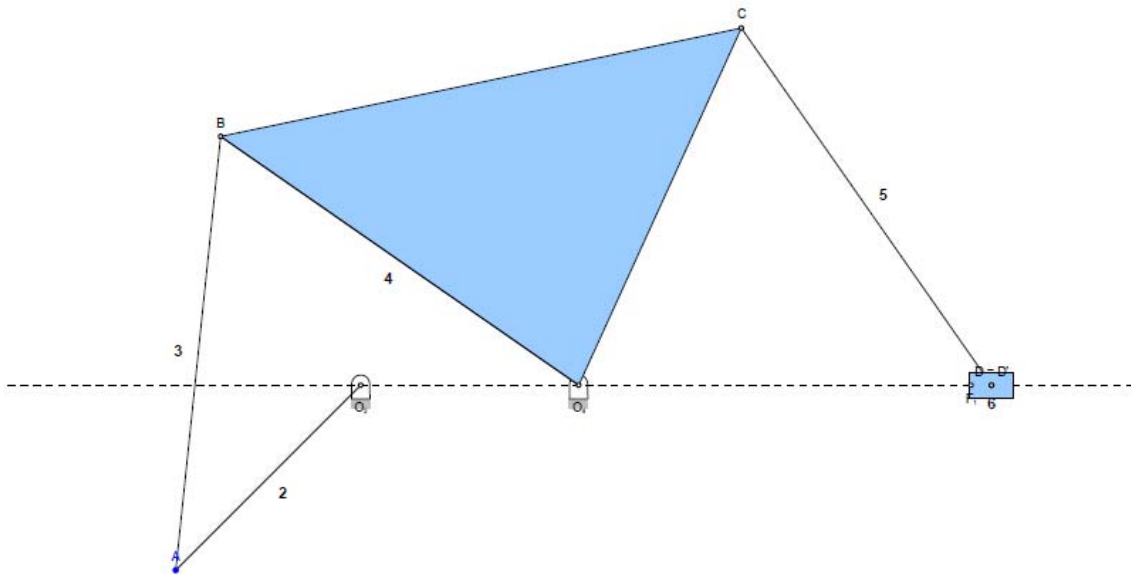
2. La figura representa un mecanisme de contramanovella.

Mesures en mm:

$O_2O_4 = 25$ ;  $O_2A = 30$ ;  $AB = 50$ ;  $O_4B = 50$ ;  $O_4C = 45$ ;  $CD = 50$ ;  $BC = 61,2$

Calculeu:

- La velocitat del pistó per a la posició  $225^\circ$  de la manovella, si presenta una velocitat angular de 80 rpm horària, constant.
- Obtingueu l'acceleració del pistó per a aquesta posició.



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 2 tema 6.mec
- Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 2 tema 6.dwg

Solució:  $V_6 = 0,24 \text{ m/s}$ ;  $a_{\text{pistó}} = 0,59 \text{ m/s}^2$

3. La figura representa un mecanisme de retrocés ràpid utilitzat amb màquines llimadores. La carrera d'avanç és més lenta que la carrera de retorn. Us demanem que compareu les velocitats i acceleracions del carro portaeines (baula 6):

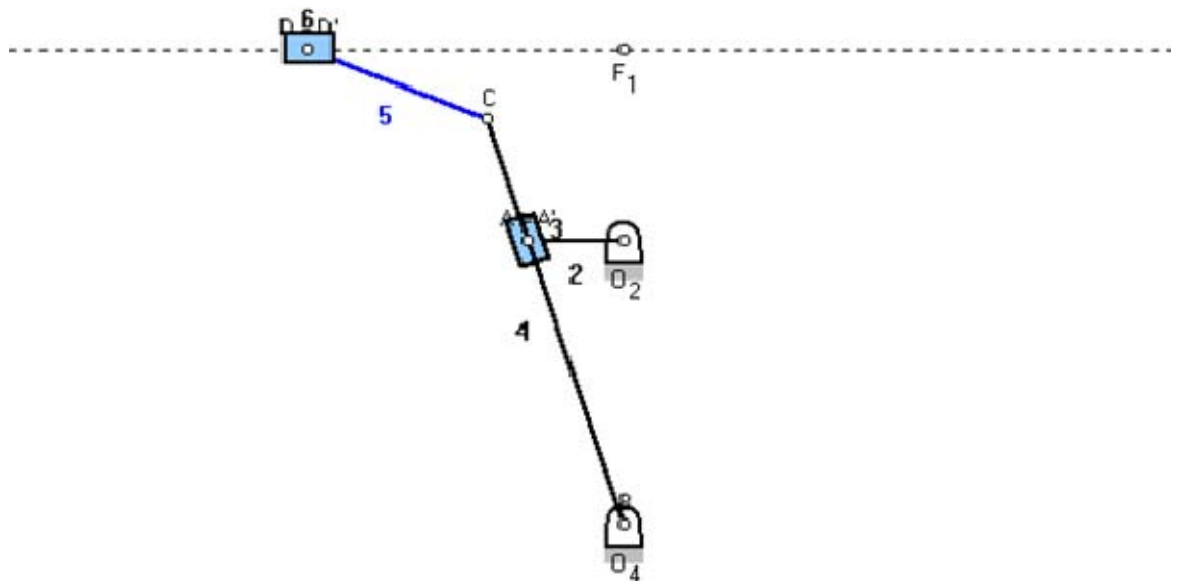
- A la carrera d'anada, en la posició en què els punts  $O_4$ ,  $O_2$  i A estan alineats.
- A la carrera de retorn, en la posició en què els punts  $O_4$ ,  $O_2$  i A estan alineats.

Distància línia de treball de la llimadora de  $O_4 = 480 \text{ mm}$

Velocitat angular  $\omega_2 = 10 \text{ rad/s}$  antihorària i constant

Mesures en mm:

$$O_4O_2 = 300; l_2 = 100; l_4 = 450; l_5 = 200;$$



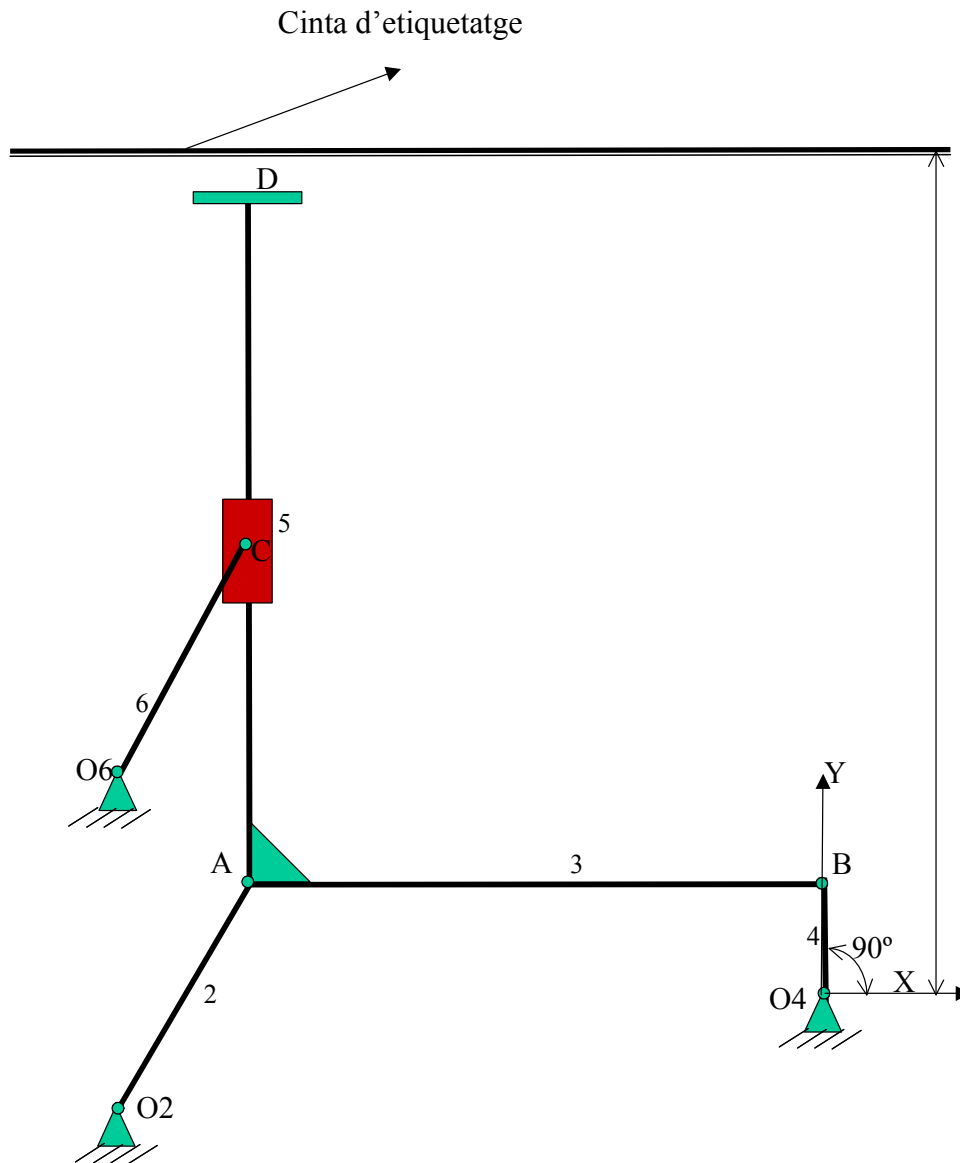
*Solució: Velocitat del carro amb la primera posició: 11,25 mm/s frenant;  
 Acceleració del carro a la primera posició: 4,3 mm/s<sup>2</sup>; Velocitat del carro a la segona posició:  
 22,5 mm/s; Acceleració del carro a la segona posició: 17,5 mm/s<sup>2</sup> accelerant*

4. L'empresa làctia Llet Vostra està instal·lant la cadena d'etiquetatge del seu producte Bífidus Inactivo. Per això, disposa d'un mecanisme com el de la figura per dur a terme el treball. Els instal·ladors volen saber:
- Si la velocitat d'entrada és  $\omega_4$ : 10 rad/s, antihorària, trobeu les velocitats angulars de les bales 3, 5 i 6, així com les velocitats lineals de les articulacions A, B, C i D.
  - Trobeu la velocitat relativa de l'element 5 respecte de la baula 3.
  - Trobeu l'acceleració de l'element 5 respecte de la baula 3.
  - Les acceleracions angular de les bales 2 i 6.

Mesures en mm:

$$l_2 = l_6 = 480; l_3 = 1050; l_4 = 200; CA = 620$$

$$\text{Posició baula 2 i baula 6} = 60^\circ$$



- **Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 4 tema 6.dwg**

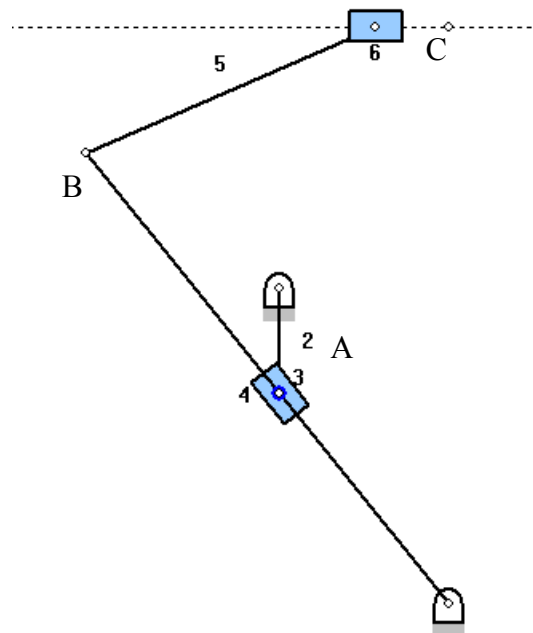
*Solució:  $a_{c5}/a_{c3} = 7,6 \text{ m/s}^2 \uparrow$ ;  $\alpha_2 = 17,1 \text{ rad/s}^2$ ;  $\alpha_6 = 13,3 \text{ rad/s}^2$ , ambdues horàries*

5. El mecanisme de la figura està format per un disc d'entrada ( $l_2 = 100 \text{ mm}$ ) al qual s'acobra la primera lliscadora 3. La lliscadora governa el moviment de la baula 4, ( $l_4 = 550 \text{ mm}$ ), el qual s'acobra a la biela 5 ( $l_5 = 300 \text{ mm}$ ), que transmet el moviment al pistó 6. La guia del pistó està situada a una alçària de 550 mm.

La baula motor presenta una velocitat angular constant de 10 rad/s horària i la sortida del mecanisme proporciona un moviment lineal alternatiu. Seguiu les indicacions següents:

- Per a la posició de la figura, mitjançant els CIR, disposeu gràficament sobre el mecanisme, la direcció i sentit de totes les velocitats de les articulacions i les velocitats angulars de les baules.
- Calculeu la velocitat relativa de l'element 3 (primera lliscadora) respecte a la seva guia (baula 4).
- Calculeu l'acceleració relativa de la baula 3 respecte al pistó 4 i l'acceleració del pistó 6.

Distància  $O_2O_4 = (-160, 300)$  mm

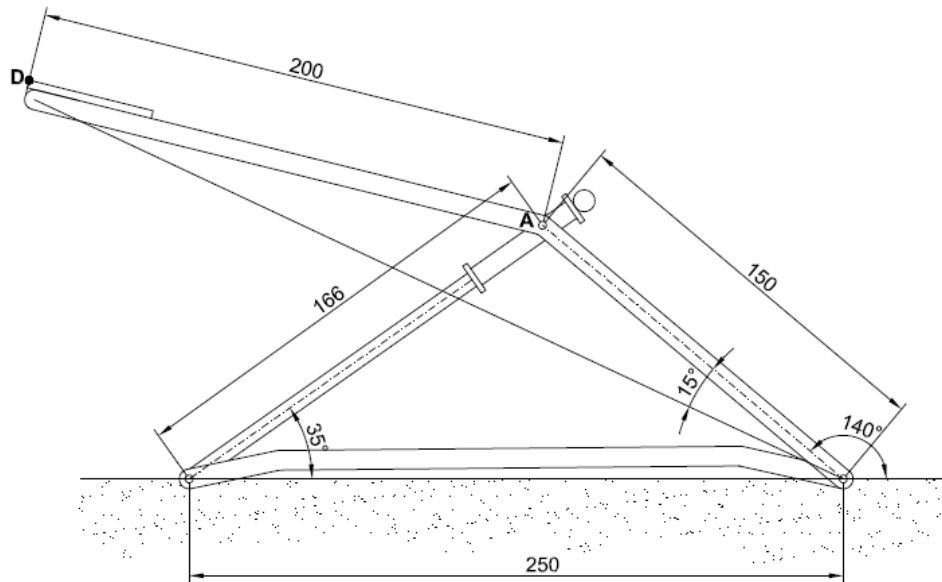


- **Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 5 tema 6.mec**
  - **Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema5 tema 6.dwg**  
*Solució: acceleració baula 6:  $19,2 \text{ m/s}^2$  frenant ;  $a_{A3/A4} = 10 \text{ m/s}^2$*

- El mecanisme de la figura correspon a una bomba d'aire de bicicleta (manxa). En aquest instant i en aquesta posició es pressiona el pedal (punt D), amb el qual la baula adquireix una velocitat angular de  $0.1 \text{ rad/s}$  i una acceleració angular de  $0.3 \text{ rad/s}^2$ . Us demanem que:
  - Dibuixeu l'esquema cinemàtic.
  - Determineu les velocitats de totes les articulacions i baules.

- c) Establiu mitjançant el polígon d'acceleracions, l'acceleració del pedal ( $a_D$ ), l'acceleració relativa del pistó respecte a la seva guia ( $a_{A3/A4}$ ) i l'acceleració angular de la baula guia  $\alpha_4$ .

Mesures en mm.



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 6 tema 6.mec
  - Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 6 tema 6.dwg  
Solució:  $a_{A4}/a_{A3} = 40,31 \text{ mm/s}^2$

7. L'empresa d'impressió Mancha necessita un mecanisme d'impressió de línies corbes. Per això, s'ha comprat a baix preu un mecanisme traçador com el de l'esquema cinemàtic de la figura, del qual se'n desconeixen les característiques cinemàtiques. La posició de la manovella és de  $45^\circ$  amb l'horitzontal. Amb l'ajut dels coneixedors de la matèria amb més reputació si cal:

- Trobeu la velocitat angular de la baula 4 i 6 si la velocitat angular d'entrada és de  $10 \text{ rad/s}$  antihorària, amb una acceleració angular  $\alpha_2 = 2 \text{ rad/s}^2$  aplicada a l'element 2 també antihorària. Indiqueu el sentit de totes les velocitats gràficament sobre el mecanisme.
- Trobeu la velocitat i acceleració relativa de la baula 5 respecte a la baula 6, en mòdul, direcció i sentit.

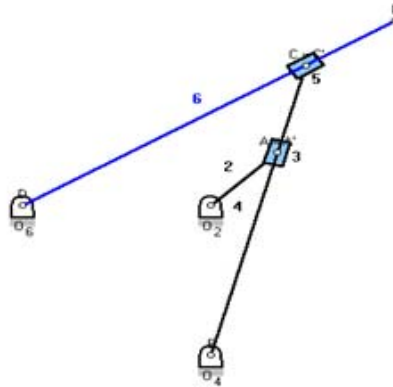
Mesures en cm:

$O_2O_4 = 30$ ;  $O_2O_6 = 30$ ;  $l_2 = 15$ ;  $O_4C = 60$ ;  $O_6E = 70$ ;  $A_4O_4 = 42$ ;  $O_6C_6 = 53$ ;



Dades cinemàtiques:

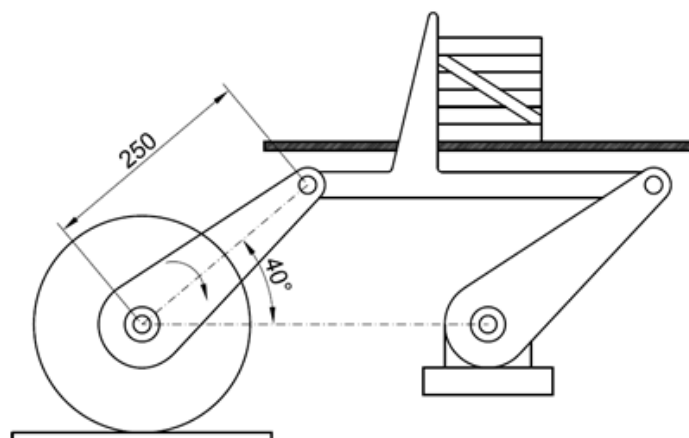
$$V_{C5}/V_{C6} = 1,3 \text{ m/s}; V_{A3}/V_{A4} = 0,76 \text{ m/s}$$



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 7 tema 6.mec
  - Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 7 tema 6.dwg  
Solució:  $a_{c5}/a_{c6} = 3,86 \text{ m/s}^2$  ↙, accelerant.

8. El mecanisme següent s'utilitza en una planta distribuïdora per empènyer caixes al llarg d'una plataforma aèria de càrrega. La baula motor es condueix mitjançant un motor elèctric, el qual, a l' instant i posició indicats, té una velocitat de 25 rad/s i una acceleració de  $500 \text{ rad/s}^2$ , ambdues horàries. Si la longitud de la baula motor és de 250 mm, determineu l'acceleració lineal de l'articulació de la baula motor.

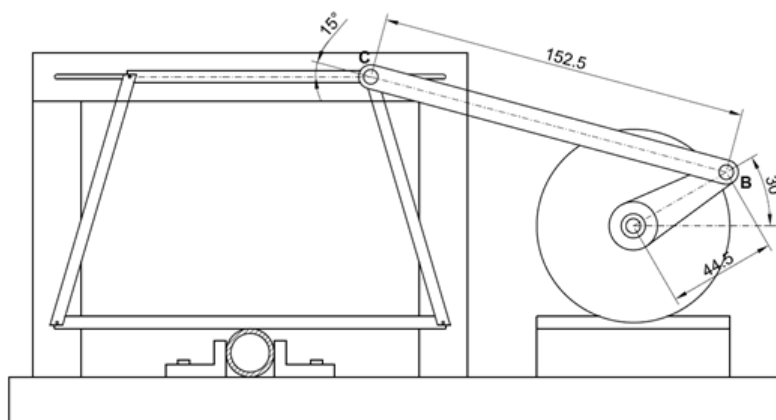
Mesures en mm.



- Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 8 tema 6.dwg  
Solució:  $a^n = 156,25 \text{ m/s}^2$ ;  $a^t = 125 \text{ m/s}^2$ ;  $a = 200,1 \text{ m/s}^2$

9. La figura reflecteix una serra per tallar metalls. En aquest instant, el motor gira en sentit antihorari i condueix el punt B a 305 mm/s de velocitat. La manovella té, en aquest instant i en aquesta posició, una acceleració angular de 37 rad/s<sup>2</sup> antihorària. El punt C es mou cap a l'esquerra amb una velocitat de 249 mm/s i una acceleració  $a_c = 2.083 \text{ mm/s}^2$ . Determineu:
- L'acceleració tangencial del punt B,  $a_B^t$ .
  - L'acceleració normal del punt B,  $a_B^n$ .
  - L'acceleració angular de la baula 3,  $\alpha_3$ .
  - Construïu el polígon d'acceleracions per trobar l'acceleració relativa a  $C/B$ .

Mesures en mm.



- **Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 9 tema 6.dwg**

*Solució:*  $a_{C/B} = 663 \text{ mm/s}^2$ ;  $\alpha_2 = 3,18 \text{ rad/s}^2$ ; *accelerant.*  $a_C = 0,5 \text{ m/s}^2$

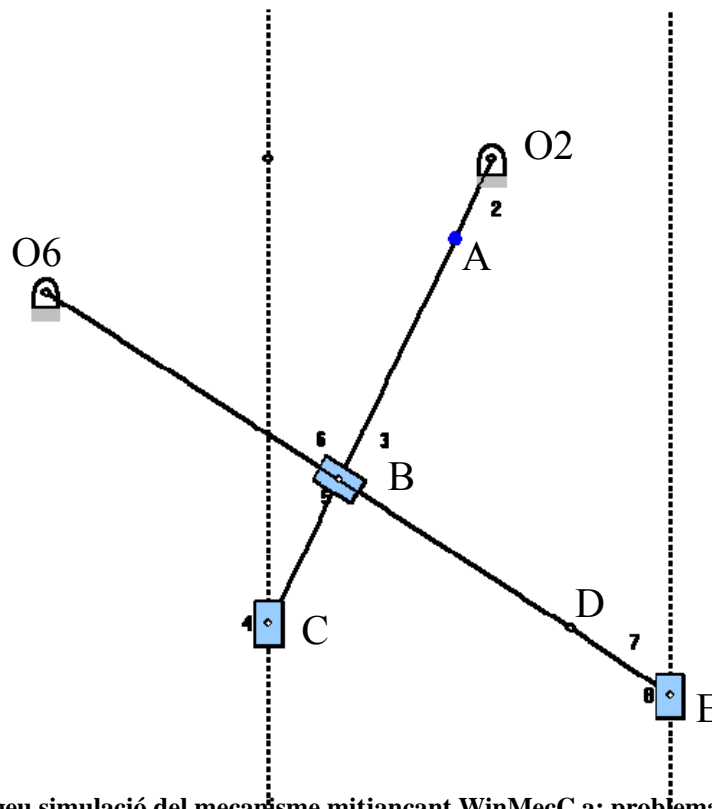
10. El mecanisme de la figura representa l'esquematzació d'un mecanisme de doble seguidor en què la seva missió és adherir segells sobre dues línies de cartolines a diferents alçades. Si al mecanisme s'hi aplica una velocitat angular d'entrada a la baula 2 de  $w_2 = 30 \text{ rad/s}$  horària, constant, resoleu els apartats següents:
- Elaboreu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu el tipus de parells cinemàtics existents.
  - Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta = 245^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats. La situació d' $I_{15}$  queda fora del paper; per tant, indiqueu la direcció en què es trobaria aquest CIR.

- c) Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta_2 = 245^\circ$ ), calculeu mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació les velocitats angular de les baules  $w_3, w_6, w_7$ , i la velocitat de les baules 4 i 8, ( $V_4, V_8$ ).
- d) Trobeu la velocitat relativa de la baula 5 respecte a la seva guia 6 ( $V_{B5}/V_{B6}$ ). Totes en mòdul, direcció i sentit. Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de TOTES les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició en què heu calculat les velocitats.
- e) Raoneu adequadament segons la terminologia de la cinemàtica de mecanismes, els valors trobats per a les velocitats de les baules 4 i 8 en l'apartat c. Relacioneu aquests valors amb possibles configuracions singulars del mecanisme.
- f) Trobeu l'acceleració relativa de la baula 5 respecte a la seva guia 6 ( $a_{B5/B6}$ ) i les acceleracions dels pistons 4 i 8 ( $a_C, a_E$ ). Indiqueu si, en aquest moment, les baules s'acceleren o frenen. Situeu les acceleracions sobre el mecanisme.

Mesures en mm:

$l_2 = 100; O_2 = (0,0); l_3 = 480; l_6 = 700; l_7 = 135; O_6 = (500, 150)$

Distància  $BI_{15} = 2,7 \text{ m}$

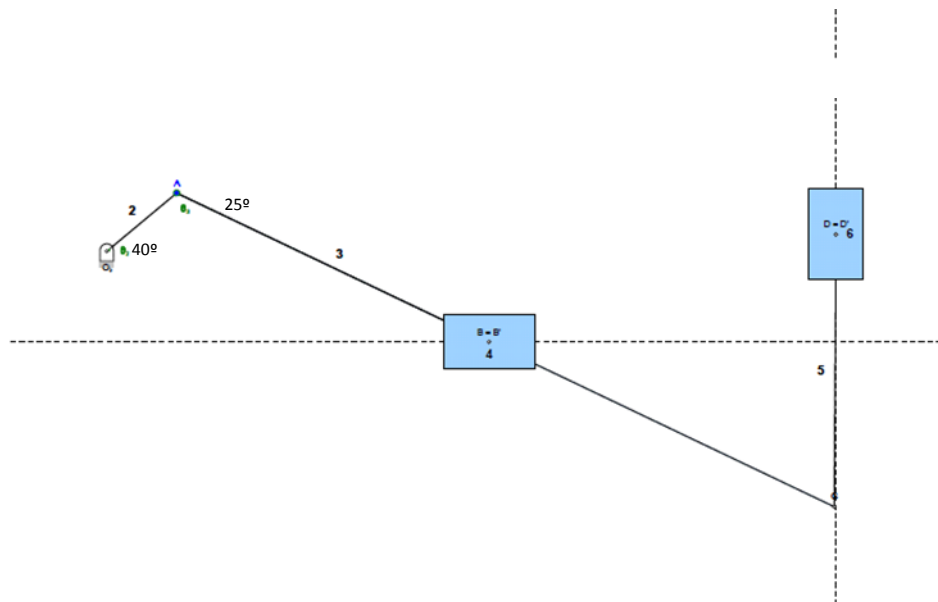


- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 10 tema 6.mec
- Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 10 tema 6.dwg

11. El mecanisme de la figura representa l'esquema cinemàtic d'un mecanisme d'estampació (element estampador, baula 6). Si al mecanisme s'aplica una *velocitat angular d'entrada a la baula 2 de  $w_2 = 10 \text{ rad/s}$  antihorària, constant*, resolcu els apartats següents:

- Elaboreu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu els tipus de parells cinemàtics existents.
- Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta_2 = 40^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats.
- Calculeu, mitjançant el **mètode dels centres instantanis de rotació**, les velocitats angular de les baules  $w_3$  i  $w_5$  i la velocitat de les baules 4 i 6 ( $V_4, V_6$ ). Situeu les velocitats lineals i les velocitats angulars gràficament sobre el mecanisme.
- Trobeu l'acceleració angular de les baules 3 i 5 ( $\alpha_3, \alpha_5$ ) i les acceleracions dels pistons 4 i 6 ( $a_4, a_6$ ) mitjançant el polígon d'acceleracions. Situeu totes les acceleracions sobre el mecanisme i determineu si en aquest moment aquestes baules s'acceleren o frenen.

Mesures en mm:  $l_2 = 50$ ;  $l_3 = 400$  (AB: 190);  $l_5 = 150$

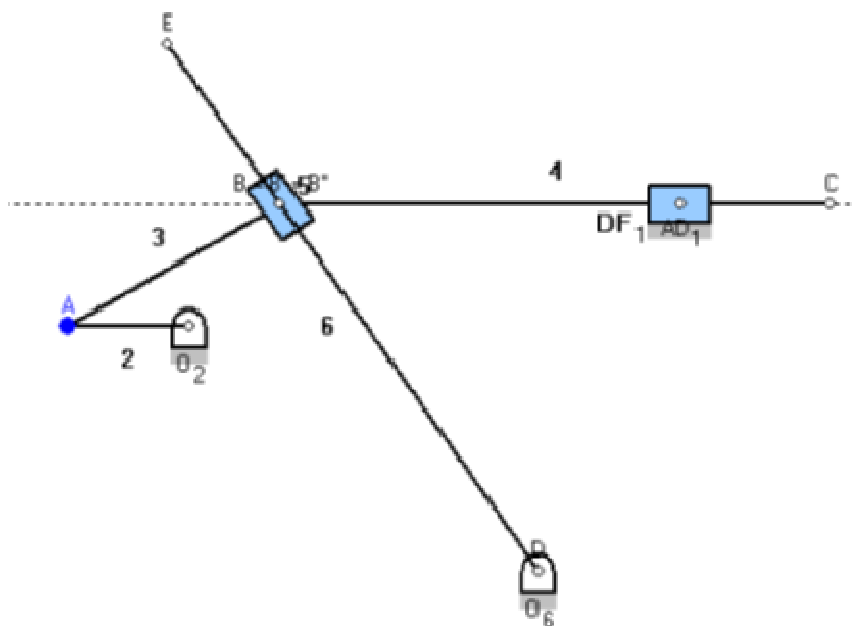


- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 11 tema 6.mec
- Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 11 tema 6.dwg

Solució:  $a_D = 0,2 \text{ m/s}^2$

12. Del mecanisme de la figura, amb una velocitat angular aplicada a la baula 2 de  $w_2 = 5 \text{ rad/s}$ , horària constant, us demanem que:

- a) Trobeu l'acceleració angular de les baules 3 i 6 ( $\alpha_3, \alpha_6$ ) i les acceleracions dels elements 5 i 4 ( $a_5, a_4$ ) mitjançant el polígon d'acceleracions. Situeu totes aquestes acceleracions sobre el mecanisme i determineu si en aquest moment aquestes baules s'acceleren o frenen.



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 12 tema 6.mec

13. La manovella del mecanisme de la llimadora (vegeu simulació WinMecC) gira a  $n = 100 \text{ rpm}$ , constant i en sentit horari accionada per un motor. Calculeu per a tot el cicle del mecanisme amb l'ajuda del WinMecc:

- L'acceleració relativa de la baula 3 respecte de la seva guia ( $a_{A3/A4}$ ).
- L'acceleració del centre de masses del balanci,  $a_{E4}$ .
- L'acceleració del pistó 6,  $a_D$ .
- Definiu si les baules s'acceleren o es desacceleren.
- Quines són les posicions d'acceleració màxima del pistó 6? Raoneu la resposta.
- Quines són les posicions d'acceleració nul·la del pistó 6? Raoneu la resposta.

Mesures en mm:

$$l_2 = 125; l_4 = 780; l_5 = 360; O_2O_4 = (460, 310)$$

- Vegeu simulació del mecanisme a WinMecC a: problema 13 tema 6.mec
  - Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 13 tema 6.dwg

**14.** El mecanisme de l'arxiu WinMecC (en una posició que pertany al seu cicle de treball) representa l'esquematització d'un mecanisme elevador continu. La seva missió és elevar petites caixes de cartró per dipositar-les a la cintra d'una cadena de muntatge. La baula 2 presenta una velocitat de 10 rad/s antihorari, constant. Calculeu:

- L'acceleració de Coriolis de la baula 3 respecte a la seva guia.
- L'acceleració relativa de la baula 3 respecte a la seva guia 4 ( $a_{A3/A4}$ ).
- Les acceleracions angular de les baules 3, 4, 5 i 6 ( $\alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ ).
- Les acceleracions dels punts D, E i F de la barra 5 per imatges.

Mesures en mm:

$$l_2 = 162; O_4D = EO_6 = 460; O_4C = 625; l_6 = 460; ED = 150; DF = 400$$

- **Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 14 i 15 tema 6.mec**

**15.** Si el mecanisme d'aquest exercici 14 arranca amb la mateixa posició descrita a l'exercici 14 (parteix del repòs), però amb una acceleració angular  $\alpha_2 = 5 \text{ rad/s}^2$  antihorària, calculeu:

- Quin és el valor de les velocitats angular en el cas d'arrancada del mecanisme?
- L'acceleració de Coriolis de la baula 3 respecte de 4.
- L'acceleració relativa de la baula 3 respecte de la seva guia 4 ( $a_{A3/A4}$ ).
- Les acceleracions angular de les baules 3, 4, 5 i 6 ( $\alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ ).
- Les acceleracions dels punts D, E i F de la barra 5 per imatges.

- **Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 14 i 15 tema 6.mec**

**16.** El mecanisme de la figura representa l'esquematització d'un mecanisme de doble seguidor. Si el mecanisme **arranca** amb una acceleració angular a la baula 2 de  $\alpha_2 = 5 \text{ rad/s}^2$  horària, *determinar mitjançant el mètode del polígon d'acceleracions:*

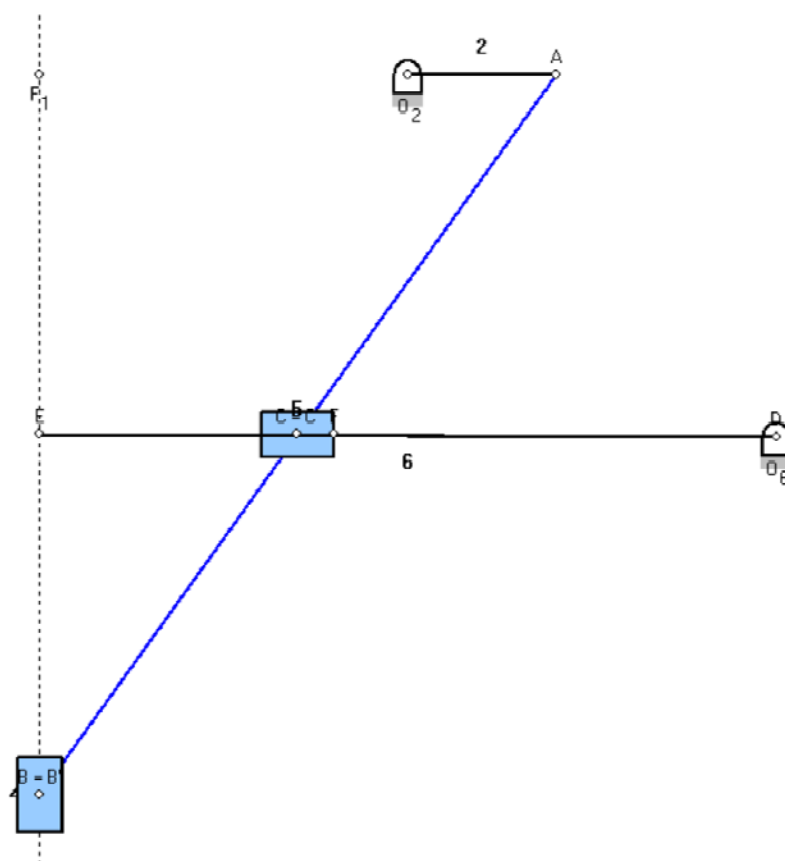
- Quin és el valor de les velocitats angulars de cada una de les baules del mecanisme en l'instant d'arrancada? Raonar la resposta. En conseqüència, quin és el valor de les acceleracions normals de cada un dels punts de cada baula del mecanisme en aquest instant? Raonar la resposta.

- b) L'acceleració del punt B del pistó 4 ( $a_{B4}$ ), en mòdul direcció i sentit. Justificar els resultats obtinguts, tal que lligueu el valor de l'acceleració obtinguda amb el tipus de moviment amb el qual arrancarà la baula.
- c) Les acceleracions angulars de les baules 3 (biela), 5 (lliscadora) i 6 (balancí) ( $\alpha_3$ ,  $\alpha_5$ ,  $\alpha_6$ ) en mòdul i sentit. Justificar els resultats obtinguts, tal que lligueu el valor de l'acceleració obtinguda amb el tipus de moviment amb el qual arrancarà la baula.
- d) L'acceleració relativa de la lliscadora respecte el balancí 6 ( $a_{c5/a_{c6}}$ ), en mòdul, direcció i sentit. El valor del mòdul de l'acceleració de Coriolis de la lliscadora 5 respecte la seva guia, 6. Justificar adequadament el valor calculat.
- e) L'acceleració del centre de masses de la baula 6 ( $a_{g6}$ ), l'acceleració del punt E de la baula 6 ( $a_{E6}$ ), totes en mòdul, direcció i sentit per imatges.

Mesures en m:

$l_2 = 0.1$ ;  $O_2(0,0)$ ;  $O_6(0.25, -0.285)$ ;  $O_6C = 0.325$ ;  $l_3 = 0.6$ ;  $l_6 = 0.5$ ; posició guia-4 (-0.25)

Considerar la baula 6 homogènia.



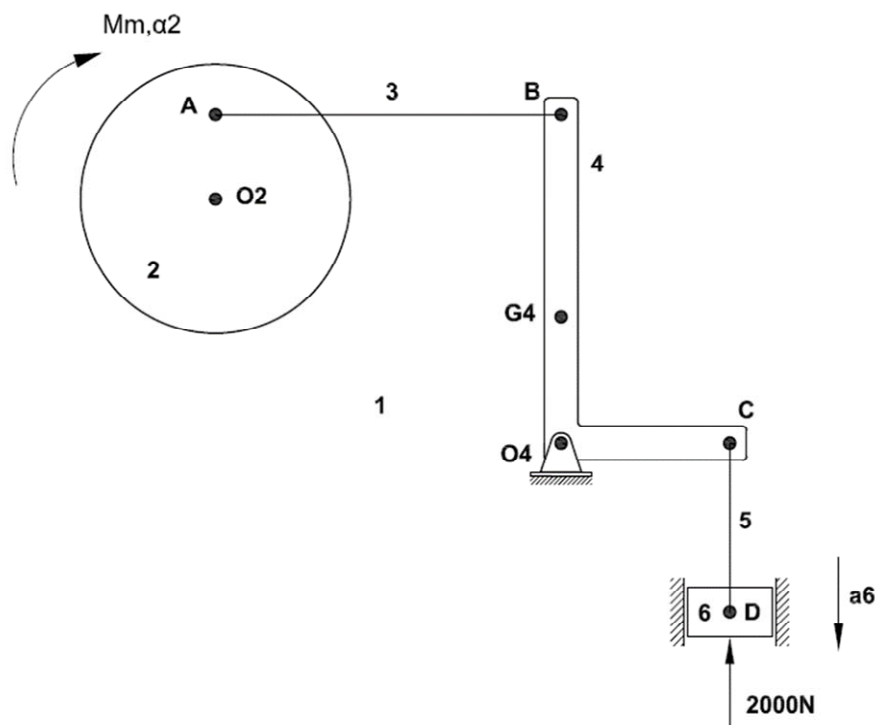
- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 16 tema 6.mec
  - Vegeu polígon d'acceleracions a: polígon problema 16 tema 6.pdf

17. La màquina estampadora representada a la figura 2, funciona a una velocitat constant del volant 2,  $w_2 = 10 \text{ rad/s}$ , horari, etc. Determinar per aquesta posició:

- Les velocitats de totes les articulacions i totes les baules del mecanisme en mòdul, direcció i sentit.
- Les acceleracions absolutes de totes les articulacions i les acceleracions angulars de totes les baules en mòdul, direcció i sentit mitjançant el polígon d'acceleracions
- En una taula, determinar quines baules acceleren i quines frenen, i acompanyeu aquesta taula amb un esquema de cada baula.
- Justificar adequadament els resultats de l'acceleració angular de la baula 3, la de la baula 4 i de la baula 5 amb l'ajuda del polígon d'acceleracions.
- Explicar els passos de càlcul que heu donat per tal de determinar si el pistó accelera o frena en aquesta posició.

Mesures en mm:

Baula 2:  $AO_2=500$  ;  $l_3= 2050$ ;  $O_4B=1950$ ;  $CO_4=1000$ ;  $l_5=1000$ ;



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 17 tema 6.mec



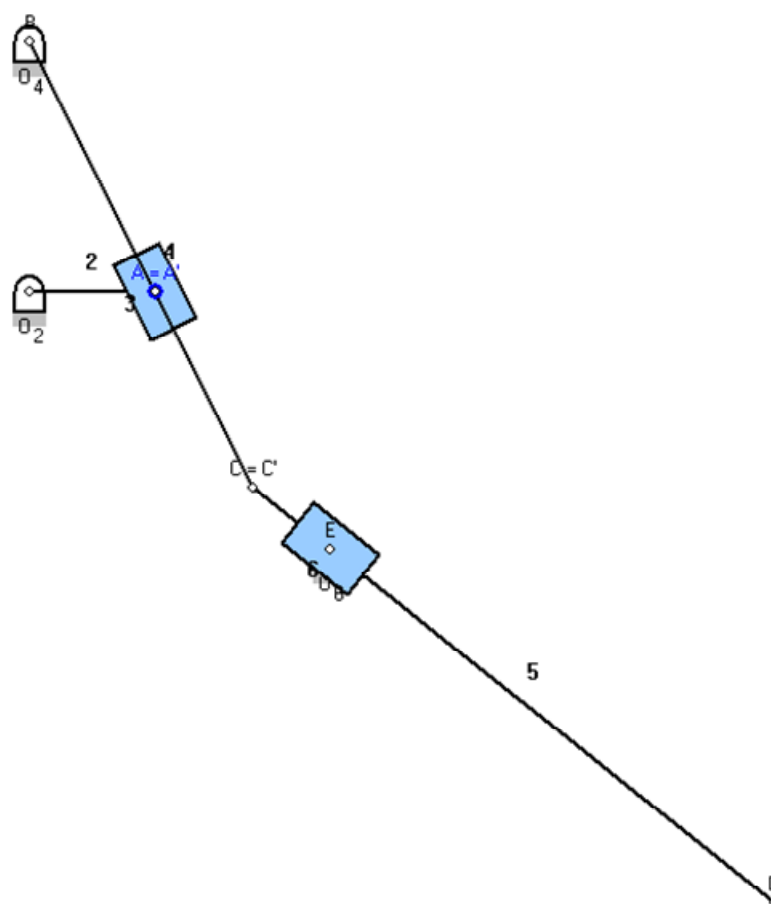
18. El mecanisme de la figura representa l'esquematització d'un mecanisme traçador.

La companyia d'estampació de camisetes IMPERIO ho ha adquirit i necessita posar el mecanisme en funcionament lo abans possible amb una velocitat angular de entrada,  $\omega_2 = 5 \text{ rad/s}$  antihoraria, constant, per el que se us demana:

- Calcular gràficament les acceleracions angulars de totes las baules del mecanisme, ( $\alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ ), l'acceleració del extrem del traçador,  $a_D$ , l'acceleració relativa de la baula 3 respecta a la seva guia 4 ( $a_{A3/A4}$ ), i l'acceleració relativa de la baula 6 respecta a la seva guia 5 ( $a_{E6/E5}$ ). Totes en mòdul, direcció i sentit.
- Determinar les baules que estan frenant o accelerant.

Mesures en m:

$l_2 = 0.075$ ;  $O_2 (0,0)$ ;  $O_5$  posició  $(0.18, 0.155)$ ;  $l_4 = 0.3$ ;  $l_5 = 0.4$ ;  $O_4 (0, 0.15)$



- Vegeu simulació del mecanisme mitjançant WinMecC a: problema 18 tema 6.mec



**BLOC 3**  
**DINÀMICA**



## Tema 7

# Equilibri d'Alembert. Potències virtuals

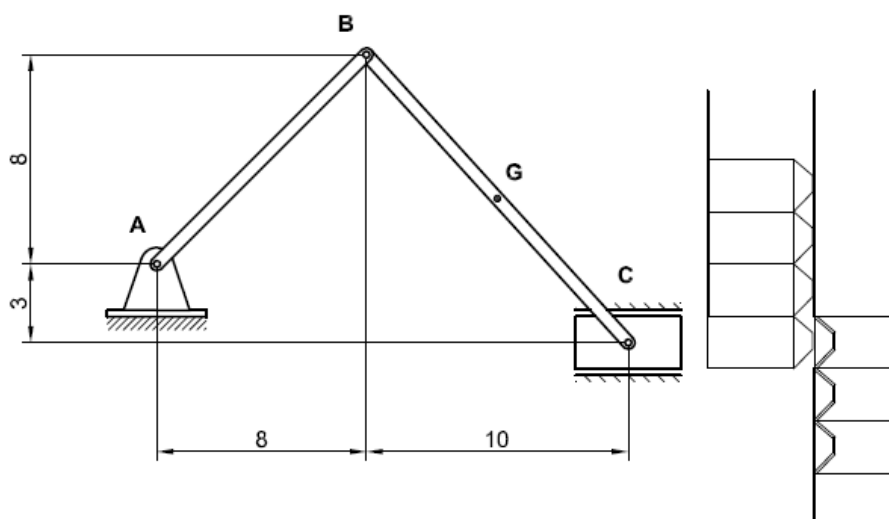


**Cal tenir en compte:**

Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 7".

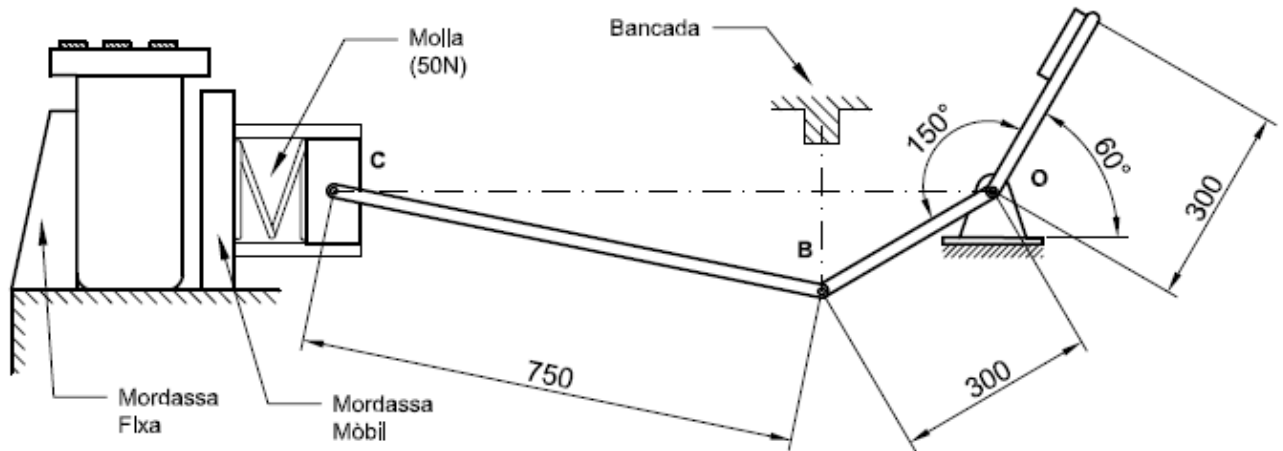
**PART 1: EQUILIBRI DEL MECANISME MITJANÇANT POTÈNCIES VIRTUALS**

- El mecanisme de la figura forma part d'una cadena de muntatge automàtica dedicada a l'assemblatge de dos components mecànics. La velocitat de la barra AB es manté constant durant tot el cicle de treball i és de 6 rad/s en direcció horària. La força necessària per dur a terme l'assemblatge de les dues peces és de 100 N. Determineu:
  - El moment necessari per equilibrar la força de 100 N. Indiqueu gràficament la direcció i el sentit del moment i on s'hauria d'aplicar.



- Chi-li és una nena de dotze anys que treballa il·legalment a la seva ciutat natal del sud-oest de la Xina a una multinacional de components electrònics (NOTINCVERGOYA, SI), soldant xips en circuits impresos. Us demanem:
  - Quina força ha de fer Chi-li en iniciar el bloqueig si la molla ofereix una resistència de 50 N?

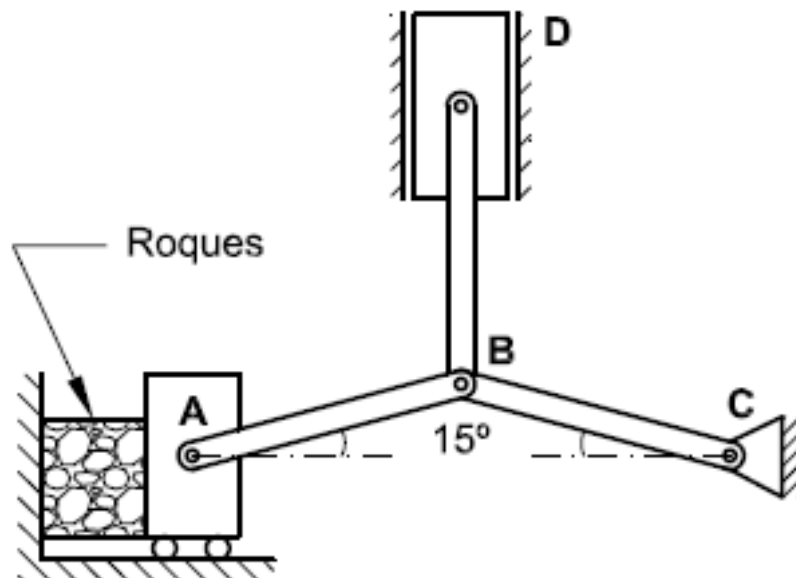
Mecanisme NOTINVERGONYA S.I. Posició inicial de càlcul



Solució: 34,5N

3. La figura representa una trituradora de roques. Un pistó D que té un diàmetre de 200 mm està activat per una força de 1.100 N. Si desestimem els pesos de les baules, quina és la força horitzontal transmesa per A a les roques?

La longitud de les tres baules és de 200 mm.



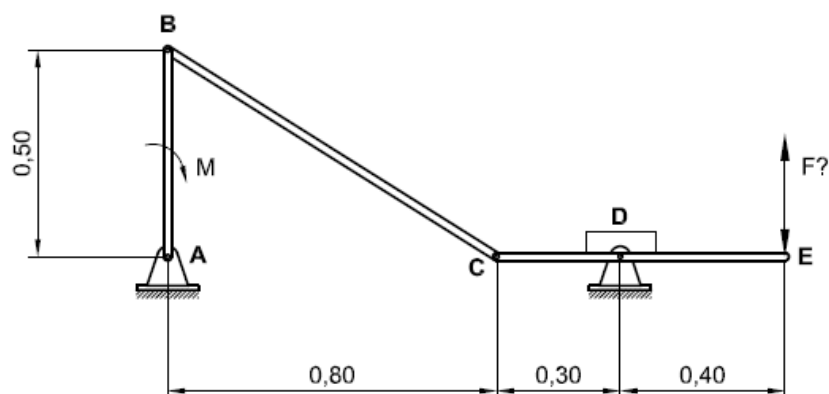
Solució:  $A_x = 2.052 \text{ N}$   $\rightarrow$



4. Si s'aplica un moment  $M = 6.000 \text{ Nm}$ :

- a) Quina és la força, en magnitud i sentit, que, aplicada en E, manté el mecanisme amb equilibri?

Mesures en m.



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 8 tema 2.mec

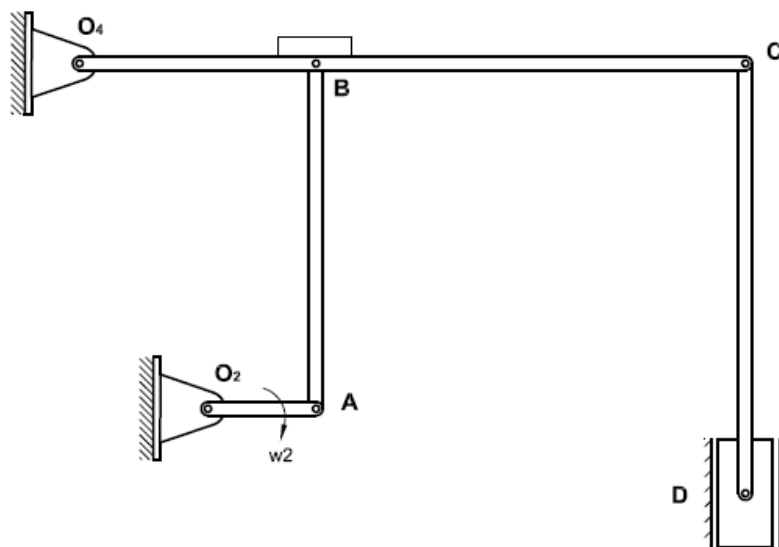
Solució:  $F = 5.624 \text{ N}$  ↓

5. El mecanisme de la figura correspon a una instal·lació de bombeig d'aigua per a reg de jardí.

- a) Amb quina força podré oprimir la sortida de l'aigua si aplico un moment  $M_2$  de  $300 \text{ N.cm}$ ?

Mesures en cm:

$AB = 102$ ;  $BC = CD = 127$ ;  $O_2A = 32$ ;  $O_4B = 70$

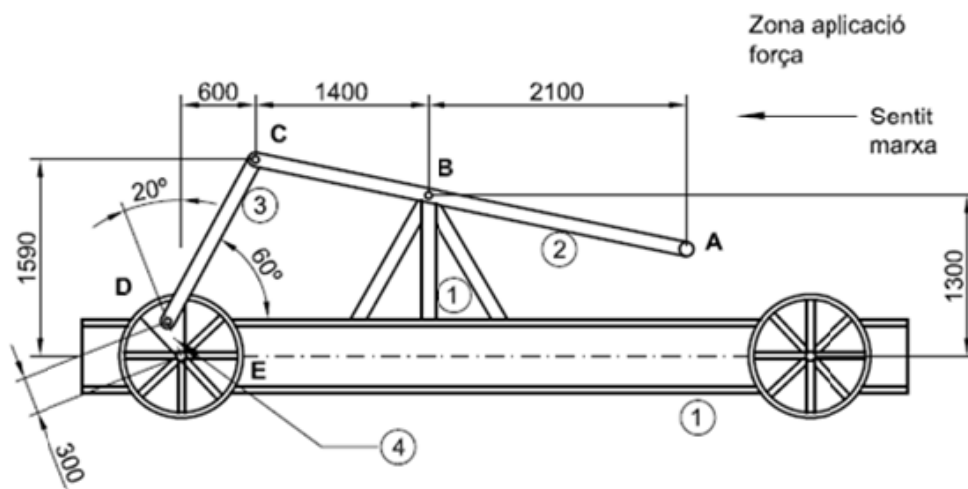


- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 11 tema 6.mec

Solució:  $F = 333 \text{ N}$

6. A causa de la vaga de transports ferroviaris, l'empresa NOTINCVERGONYA, SI ha proposat com a transport alternatiu la utilització d'un carretó d'accionament manual com la que s'indica a la figura. El transportista, situat sobre la plataforma, acciona el mecanisme i imprimeix un moviment alternatiu al punt A.
- a) Quina força ha de fer el treballador si la considerem aplicada en direcció perpendicular al punt A? Considereu un moment resistent constant aplicat a la roda (4) de 50 Nm en direcció horària.

Mesures en mm. Distància DE = 0,3 m,  $l_2 = 3,5$ m



Solució:  $F = 121,8$  N

7. L'empresa vinatera del Priorat Xerec vol incorporar un procés automàtic de tancament d'ampolles. Per això, vol comprovar el funcionament del mecanisme que li han proposat els seus col·laboradors. El funcionament del mecanisme és el següent:

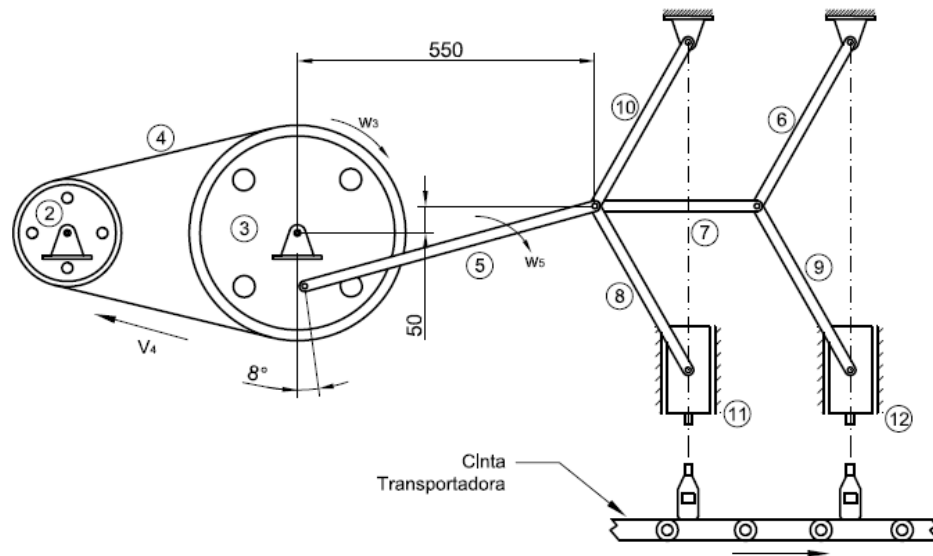
Tenim un motor elèctric que transmet potència al mecanisme per mitjà de la políja incorporada a l'eix del motor. A la políja de diàmetre més gran li han incorporat la manovella mitjançant una unió articulada (A); aquesta manovella transmet el moviment a la resta de mecanisme. La sortida del mecanisme es divideix en dos pistons, en què la seva funció és introduir en dos temps el tap a la botella. Les ampolles es van desplaçant sobre una cinta transportadora. Bancada comú per a tot el mecanisme. Calculeu:

- a) Els graus de llibertat del mecanisme. Trobeu els CIR absoluts del mecanisme DE BAULES en la posició indicada. Quin moviment du a terme la barra 7 durant tot el procés?
- b) La velocitat angular de la barra 5 si la políja d'entrada té una velocitat angular de 150 rad/s. Velocitat de cada pistó.

- c) En la posició indicada, els pistons exerceixen una força de 50 N cadascun sobre els taps.  
 Determineu el valor del moment que ha d'aplicar el motor.

Mesures en mm:

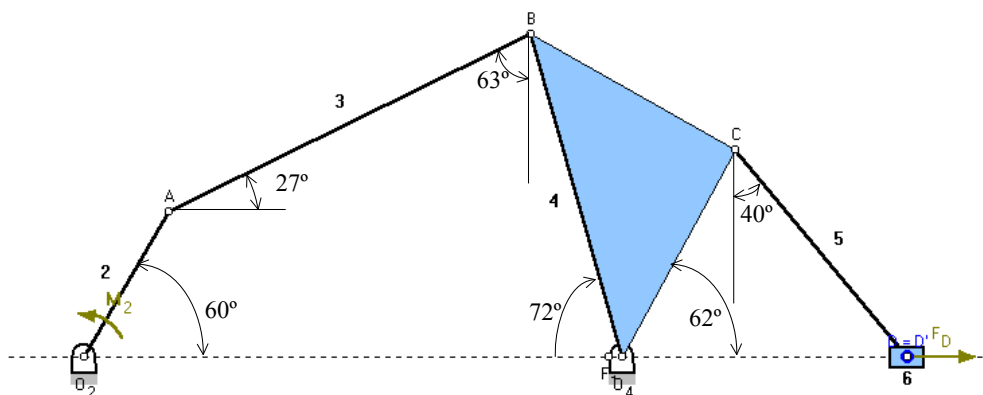
Politja 2, radi = 100; politja 3, radi = 200;  $l_5 = 550$ ;  $l_6 = l_{10} = l_8 = l_9 = 350$ ; distància del centre de la politja 3 a A = 100



### 8. Mecanisme de contramanovella

Trobeu les reaccions de les baules i el parell  $M_2$  que manté al mecanisme amb equilibri si la força externa que s'aplica al patí té un valor de 100 N.

Mesures en cm:  $l_2 = 25$ ;  $l_3 = 60$ ;  $l_4 = 50$ ;  $l_5 = 40$ ;  $BC = 35$ ;  $CO_4 = 35$ ;  $O_2O_4 = 80$ ;  $O_4D = 50$



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 8 tema 7.mec

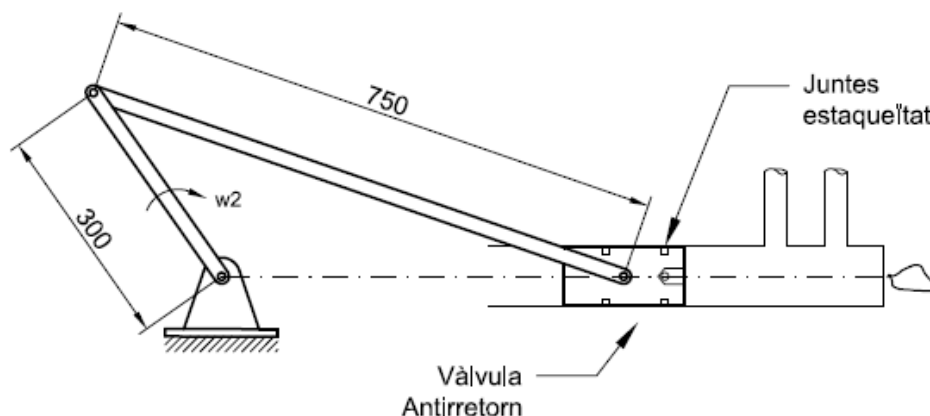
Solució:  $M_2 = 14 \text{ Nm}$ , antihorari

9. L'empresa familiar VERGEDELPUNY, SL es dedica a inflar globus per a festes infantils i altres esdeveniments. Amb l'arribada de les noves tecnologies, ha decidit dur a terme aquest treball automàticament. Com que és una inversió en maquinària important, primer ha decidit estudiar la viabilitat de la màquina en qüestió. La màquina es pot sintetitzar amb el mecanisme de la figura. Us demana si la velocitat que imprimeix el motor al mecanisme és de 2 rad/s constants i horaris:

- a) El gas exerceix una força d'oposició al moviment de l'element 4 de valor 100 N. Quin és el valor del moment que ha d'aplicar a la baula 2 per vèncer aquesta oposició i fer l'operació sense dificultat?

Mesures en mm.

Posició intermèdia Vergedelpuny mecanisme:



Solució:  $M_2$  ha de ser més gran que 31,5 Nm, horari

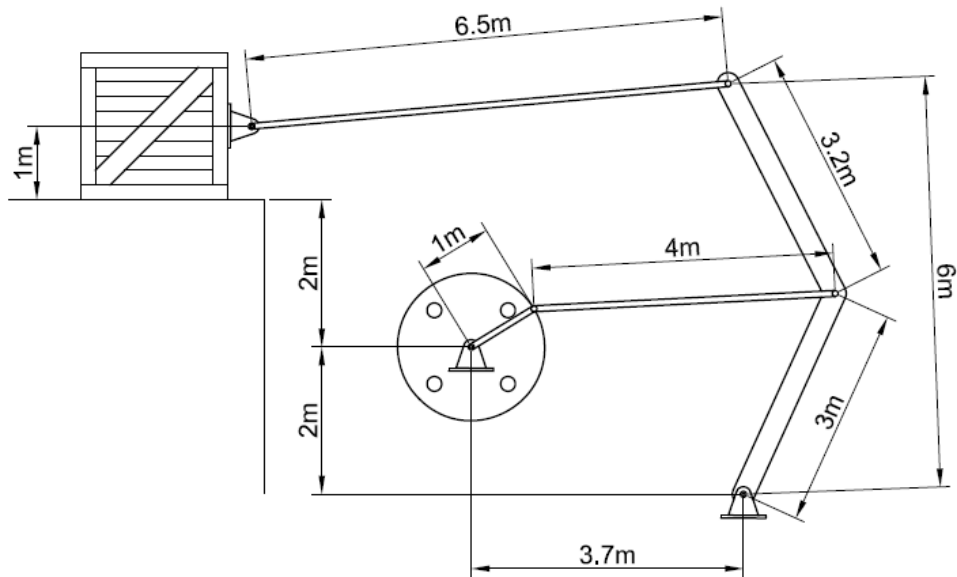
### 10. Mecanisme de transport (Agafeu les dades de l'exercici 15 del tema 5)

Aquest mecanisme té com a missió empènyer caixes de 80 kg des d'una cinta transportadora a un altra. El motor connectat al mecanisme fa girar la manovella a 40 rpm, constants i en sentit horari.

Determineu:

- a) Quin és el moment en mòdul i sentit que s'ha d'aplicar a la manovella si el mecanisme ha de vèncer l'oposició del pes de la caixa? No considereu forces de fregament.

Posició de càlcul, manovella a 350°:



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 15 tema 5.mec

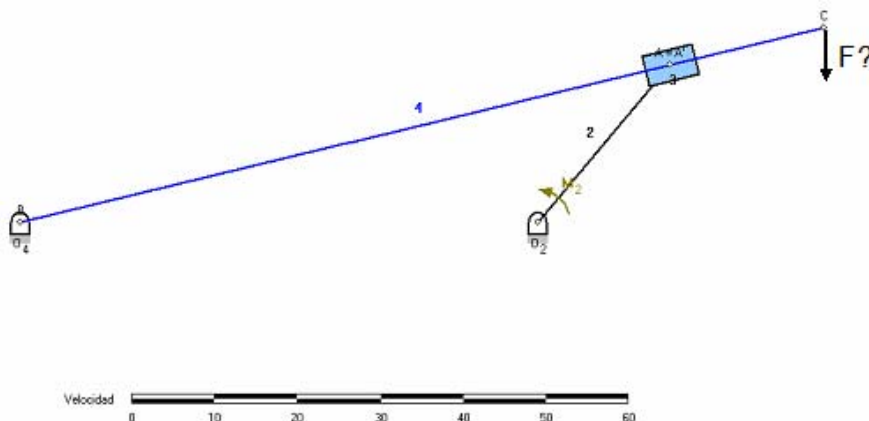
*Solució:  $M = 216,8 \text{ Nm}$ , horari*

11. Donat el diagrama cinemàtic de la figura, el qual es troba a un pla vertical i en equilibri, calculeu:

- Mitjançant potències virtuals, calculeu el valor de la força  $F$  necessària per equilibrar el sistema, en mòdul, direcció i sentit, considerant totes les forces que intervinguin en l'equilibri. S'aplica un parell de  $M_2 = 3.500 \text{ Nm}$  antihorari.

Mesures en mm i dades màsiques:  $m_2 = 5 \text{ kg}$ ;  $m_3 = 1 \text{ kg}$ ;  $m_4 = 20 \text{ kg}$ ;  $O_2O_4 = 500$ ;  $O_2A = 200$ ;  $O_4C = 800$ ;

Posició manovella:  $45^\circ$ ; el centre de gravetat de les baules està al seu centre geomètric. Considereu totes les baules homogènies.



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 11 tema 7.mec

*Solució:  $F = 17.377 \text{ N}$*

## 12. Estudi d'un mecanisme amb situació de punt mort i altre posició de treball

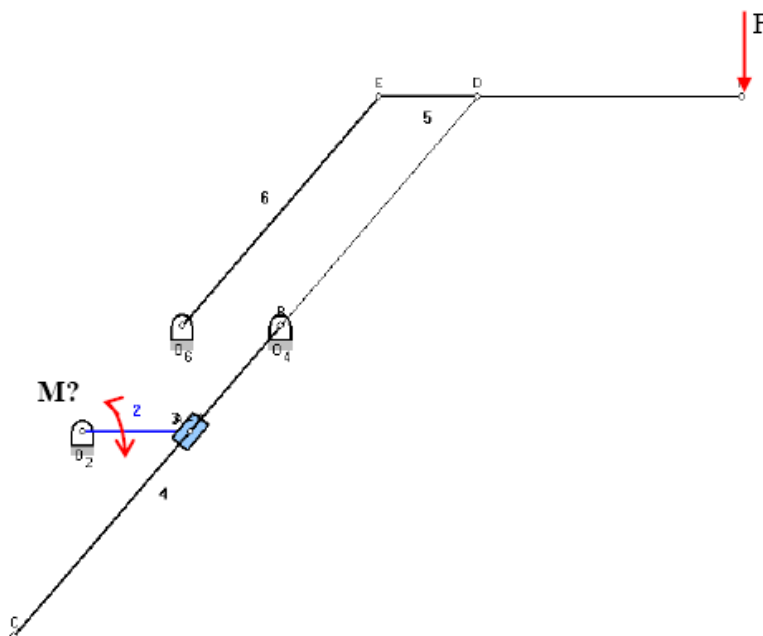
El mecanisme de la figura (en una posició que pertany al seu cicle de treball) representa l'esquematització d'un mecanisme elevador continu. La seva funció és elevar petites caixes de cartró per dipositar-les sobre una cinta d'una cadena de muntatge. La baula 2 té una velocitat de 10 rad/s antihorari constant.

El mecanisme està en equilibri sota l'acció del pes de la caixa que ha d'elevat i el moment aplicat sobre la baula motor (2). Recordeu que la funció del mecanisme és elevar caixes de cartró amb un pes igual a 500 N. Es representa l'acció d'aquesta força sobre el mecanisme com una força puntual  $F$  aplicada en l'extrem de la barra 5. En la posició de punt mort inferior i altre qualsevol, calculeu:

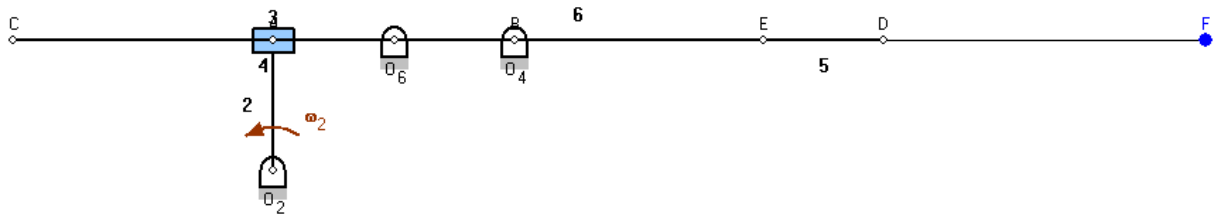
- El moment  $M$  que s'ha d'aplicar sobre la baula 2 per mantenir l'equilibri mitjançant potències virtuals.
- Les reaccions en mòdul, direcció i sentit de TOTES les articulacions del mecanisme.
- Elaboreu el DSL de cada una de les baules i del conjunt del mecanisme i indiqueu les forces en sentit i mòdul.

Mesures en mm:

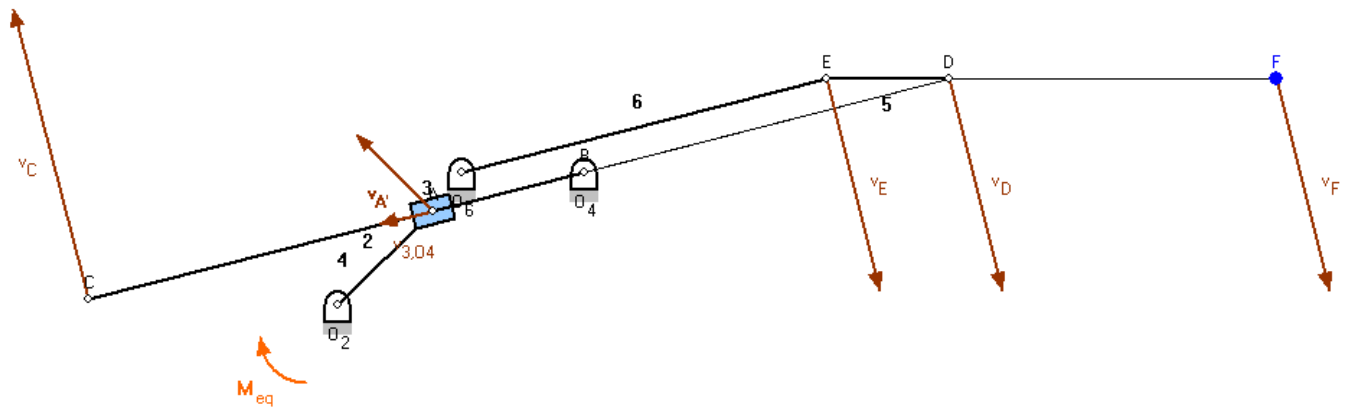
$$l_2 = 162; O_4D = EO_6 = 460; O_4C = 625; L_6 = 460; ED = 150; DF = 400$$



*Solució per a  $90^\circ$ :  $M = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ . S'ha de recordar que  $90^\circ$  era una posició singular del mecanisme, en concret el punt mort inferior:*



Solució per a  $45^\circ$ :  $M = 163,73 \text{ Nm horari}$ :



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 12 tema 7.mec

13. El mecanisme de la figura representa l'esquematzació d'un mecanisme de doble punxonat. Si al mecanisme s'hi aplica una *velocitat angular d'entrada a la baula 2 de  $w_2 = 10 \text{ rad/s}$  antihorari constant*:

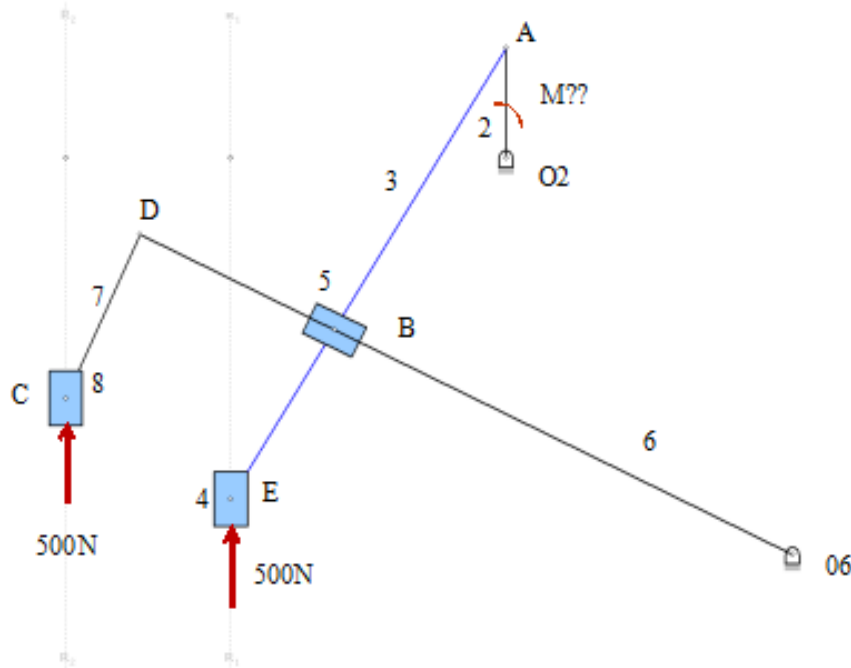
- Elaboreu la descripció del funcionament del mecanisme i del moviment de cadascuna de les baules. Calculeu els graus de llibertat del mecanisme i justifiqueu el tipus de parells cinemàtics existents.
- Determineu gràficament les posicions extremes dels pistons. Doneu la posició de la manovella per a cadascuna d'aquestes posicions. Expliqueu-ne les particularitats.
- Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $90^\circ$ ), situeu tots els centres instantanis de rotació absoluts i immediats.

- d) Per a la posició indicada a l'esquema (angle de la manovella amb l'horitzontal  $90^\circ$ ), calculeu mitjançant el mètode dels centres instantanis de rotació les velocitats angulars de les baules  $w_3$ ,  $w_6$ ,  $w_7$  i la velocitat de les baules 4 i 8 ( $V_4$  i  $V_8$ ), totes en mòdul, direcció i sentit. Situeu les velocitats lineals de TOTES les articulacions i les velocitats angulars de TOTES les baules gràficament sobre el mecanisme per a la posició en què s'han calculat les velocitats.
- e) Determineu la velocitat relativa de la baula 5 respecte a la seva guia 6 ( $V_{B5}/V_{B6}$ ) en mòdul, direcció i sentit.
- f) Si s'aplica una força vertical de 500 N sobre cada pistó (vegeu figura) en la posició en què l'angle de la manovella amb l'horitzontal és de  $90^\circ$ , quin és el valor i sentit del moment  $M$  que equilibra el mecanisme? Calculeu  $M$  mitjançant el mètode de les potències virtuals.

Mesures en mm:

$$l_2 = 100; O_2 = (0,0); O_6 = (260, -360); l_3 = 480; l_6 = 660; l_7 = 163$$

**Figura per realitzar apartats b) i f)**

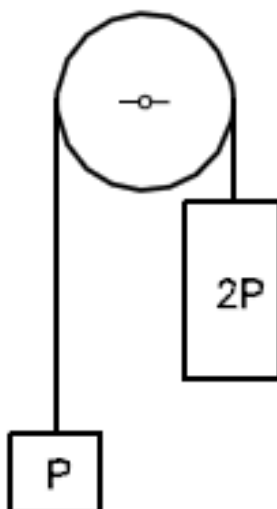


- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 13 tema 7.mec



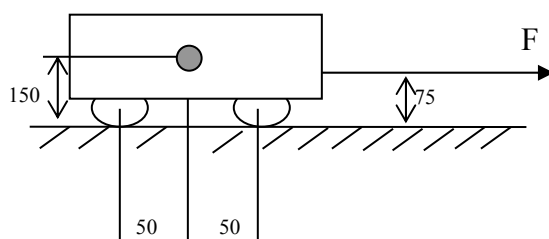
## PART 2: PRINCIPI D'ALEMBERT APLICAT A SÒLIDS RÍGIDS

14. Si no es considera el moment d'inèrcia  $I$  de la polijja, quin és el valor de l'acceleració dels blocs?



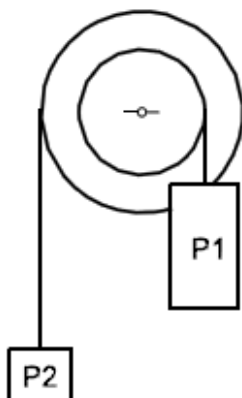
*Solució:  $a = g/3$ ;  $F = (4 mg)/3$*

15. S'aplica una força de 1.200 N a una vagoneta de 8.000 N de pes. Desestimant el fregament entre les rodes de la vagoneta i els rails, calculeu les reaccions de la via sobre cada roda i l'acceleració que adquireix la vagoneta. Mesures en mm.



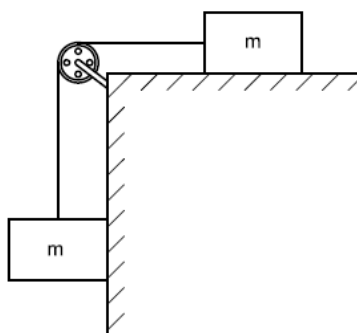
*Solució:  $a = 1,47 \text{ m/s}^2$*

16. Segons la figura, calculeu l'acceleració i la força que suporta cada tram de la corda si els pesos dels blocs són respectivament  $P_1: 1.500 \text{ N}$  i  $P_2: 500 \text{ N}$ . El pes del grup de politges és de  $294 \text{ N}$  i els seus radis són  $R_a: 0,3 \text{ m}$  i  $R_b: 0,6 \text{ m}$ . El radi de gir del conjunt de politges és  $k = 0,5 \text{ m}$ .



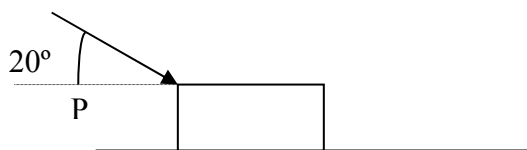
Solució:  $a_1: 1,15 \text{ m/s}^2$ ;  $a_2: 2,30 \text{ m/s}^2$ ;  $F_1: 1.327 \text{ N}$ ;  $F_2: 615 \text{ N}$

17. El sistema parteix del repòs. Si no considerem fregament entre els blocs i les parets, quina és la força que exerceix el cable?



Solució:  $F = (mg)/2$

18. Un bloc de pes  $1.000 \text{ N}$  descansa sobre un pla horitzontal. Trobeu el mòdul de la força  $P$  per imprimir al bloc una acceleració de  $5 \text{ m/s}^2$  cap a la dreta. El coeficient d'adherència entre el bloc i el pla és  $\mu_s = 0,25$ .

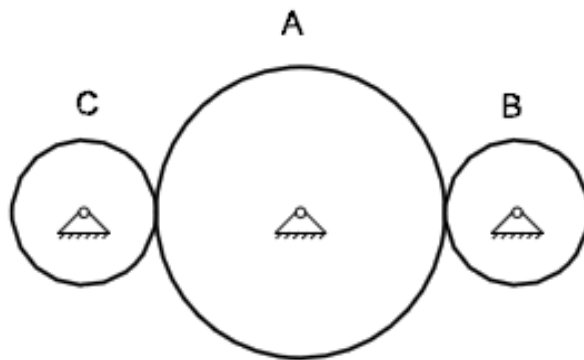


Solució:  $P = 878 \text{ N}$

19. La figura representa l'esquema d'un banc per provar rodes en què el volant A obliga a girar simultàniament les rodes B i C. La massa del volant és de 200 kg, amb un 1m de diàmetre, i se'l pot considerar com un cilindre massís. Cada roda pesa 12 kg, amb un diàmetre de 48 cm i un radi de gir de 18 cm. Una vegada arrancat, i després que el volant hagi fet 30 voltes, les dues rodes arriben a una velocitat de 120 km/h. Quant val el par motor aplicat sobre el volant?

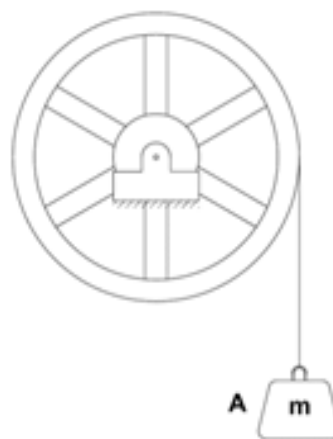
Considereu rodadura pura.

**Consell:** *solucioneu el problema mitjançant energies.*



*Solució:  $M = 335 \text{ N.m}$*

20. La figura representa un volant de radi 500 mm, una massa de 120 kg i un radi de gir  $k$ : 375 mm. El bloc té una massa de 15 kg i està unit a un cable que al mateix temps s'enrotlla al volant. El sistema se solta del repòs. Si es desestima el fregament entre el cable i el volant, aplicant el principi d'Alembert, trobeu:
- DSL de cada element del sistema. El moment d'inèrcia  $I$  respecte al c.d.g. del volant
  - L'acceleració angular  $\alpha$  del volant i l'acceleració ( $a$ ) del bloc.
  - La força del cable i la reacció del suport del volant.

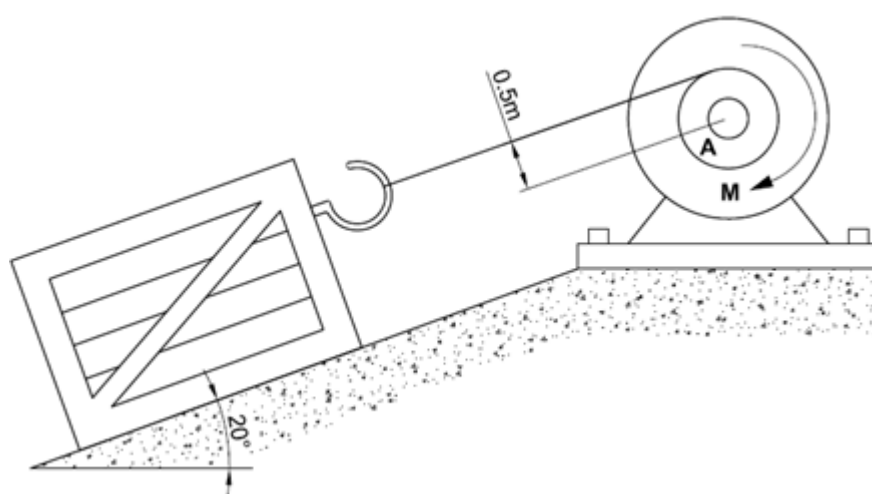


*Solució: reacció suport volant:  $120,5 \text{ N}$  ↑; acceleració angular  $\alpha = 3,56 \text{ rad/s}^2$*

21. La caixa de 100 kg de la figura es mou per la superfície inclinada. El coeficient de fregament entre la caixa i el pla es desestima. Si el motor exerceix un par de  $M = 80 \text{ N}\cdot\text{m}$  en sentit horari sobre el tambor, determineu:

- L'acceleració de la caixa en mòdul, direcció i sentit i l'acceleració angular del tambor.
- N'hi ha prou amb el par motor per pujar la caixa?
- La força que fa la corda en mòdul, direcció i sentit.
- La reacció al suport del tambor en mòdul, direcció i sentit.

El moment d'inèrcia del tambor és  $I_A = 0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . Pes del tambor: 150 N.



*Solució:  $a = 1,73 \text{ m/s}^2$ ;  $F = 162,5 \text{ N}$*

*Conclusió: no n'hi ha prou amb el parell motor aplicat per poder fer pujar la caixa.*

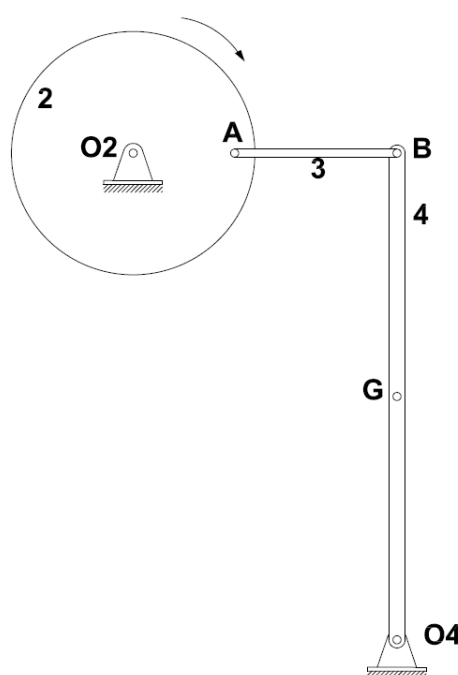
### PART 3: EQUILIBRI DINÀMIC EN MECANISMES D'UN GRAU DE LLIBERTAT

22. Del mecanisme de la figura, calculeu:

- L'acceleració angular de la barra 4 si la velocitat angular d'entrada aplicada al element motor 2 és de  $\omega_2 = 1 \text{ rad/s}$ , constant, horària.
- La força d'inèrcia d'Alembert i el moment d'inèrcia d'Alembert de la baula 4.
- El par motor  $M$  en la posició indicada. Justifiqueu el valor trobat.

Mesures en cm:

$l_4 = 60$ ; radi de la roda = 15;  $l_3 = 20$ ; distància  $O_2A = 12,5$



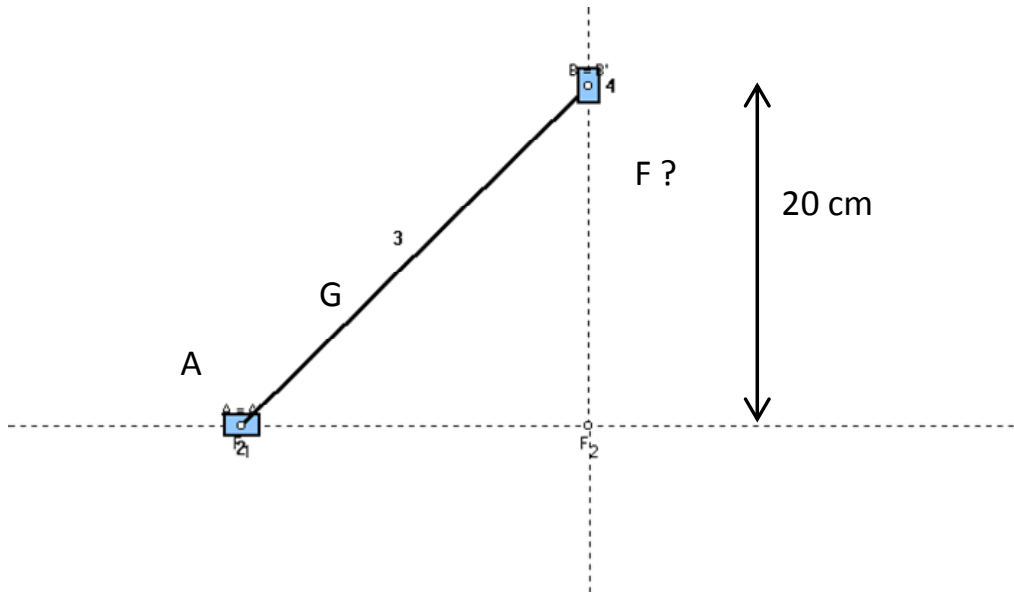
- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 22 tema 7.mec

*Solució:  $M = 0$*

23. Per al mecanisme de la figura, calculeu la força  $F$  necessària per mantenir una velocitat constant al pistó B de 5 m/s. Desestimeu el fregament, la massa i les inèrcies dels pistons. El mecanisme actua en un pla horitzontal.

Mesures:

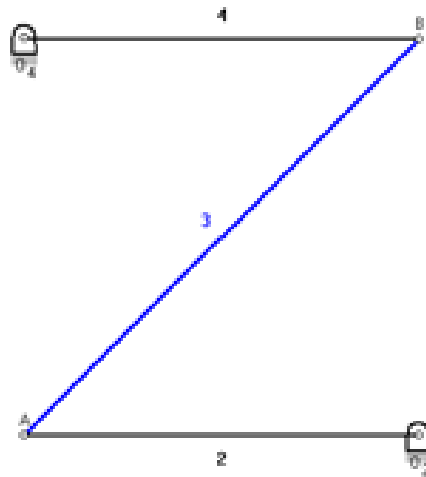
$m_3 = 4.5 \text{ kg}$ ;  $I_{G3} = 0.012 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; baula 3 homogènia



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 23 tema 7.mec**

*Solució:  $F = 318,75 \text{ N}$*

- 24.** El mecanisme de la figura és un quadrilàter articulat en què les baules 2 i 4 tenen una mida de 40 cm i la biela està a  $45^\circ$  amb l'horitzontal. La massa de totes les baules és de 10 kg. Trobeu la resultant de les forces d'inèrcia a cada baula. Velocitat angular d'entrada: 10 rad/s constant. El mecanisme actua en un pla vertical.



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 24 tema 7.mec**

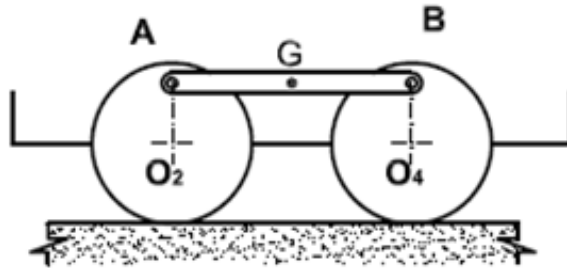
*Solució:  $F_{i2} = 200 \text{ N}$  ;  $F_{i3} = 400 \text{ N}$  ;  $F_{i4} = 450 \text{ N}$  ;  $M_{i2} = 0$  ;  $M_{i3} = 53,33 \text{ N.m horari}$  ;*

*$M_{i4} = 26,6 \text{ N.m horari}$*

25. Dues rodes de locomotora de radi 0,8 m estan enllaçades per una biela de longitud  $l_3 = 2,4$  m i de massa  $m = 80$  kg que està articulada a una distància del centre de les rodes de  $r = 0,6$  m. Calculeu:

- a) Les forces d'inèrcia d'Alembert en mòdul, direcció i sentit que actuen sobre la biela quan la locomotora va a 108 km/h.

Considereu la biela com una barra homogènia.



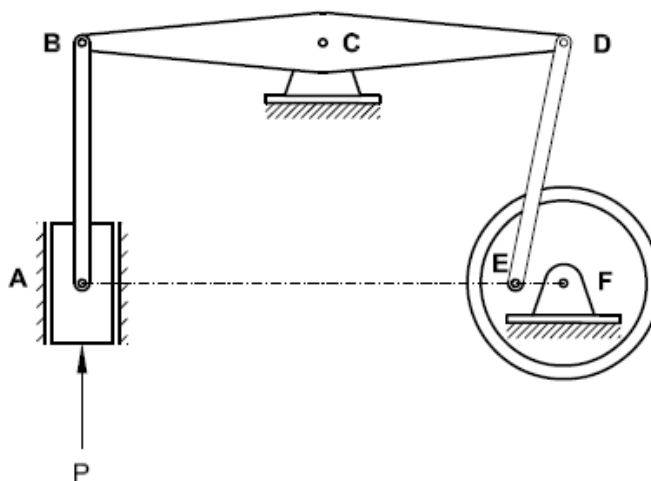
Solució:  $F_i = 67.500$  N

26. A la figura tenim una màquina de vapor de balancí. El volant gira amb una velocitat constant de 100 rpm antihorari. La força del vapor és de  $P = 5000$  N. Les úniques masses **no** desestimables són les del balancí i la del volant. Determineu:

- a) Les càrregues sobre les articulacions A, B, C, D, E i F a l'instant representat i el parell resistent  $M_r$  al volant.

Mesures:

Balancí:  $m = 800$  kg;  $I_c = 1.000$  kg.m<sup>2</sup>; Volant:  $m = 500$  kg;  $I_f = 200$  kg.m<sup>2</sup>;  $EF = 0,4$ m;  $CD = BC = 2$  m;  $FD = BA = 1,2$  m

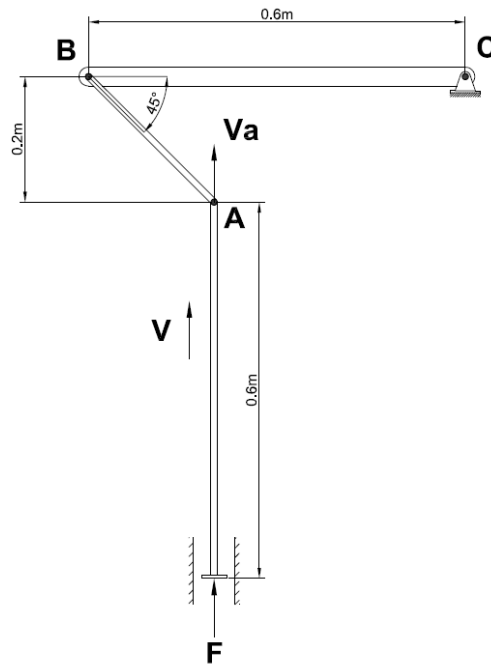


- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 26 tema 7.mec

Solució:  $M_{resistent} = 3.754$  N.m horari

27. El mecanisme de la figura presenta la massa de 10 kg, de la barra CB, com a única apreciable. La velocitat del punt A és constant i de valor 0,2 m/s. Us demanem:

- Que calculeu les forces i moments d'inèrcia d'Alembert del mecanisme.
- La  $F$  necessària per mantenir el moviment.



Solució: a)  $F_i = 0,47 \text{ N}$  ↙,  $a_{G2} = 0,046 \text{ m/s}^2$ ;  $\alpha_2 = 0,11 \text{ rad/s}^2$ ;  $M_{i2} = 0,033 \text{ Nm}$ ; b)  $F = 50,2 \text{ N}$  ↑

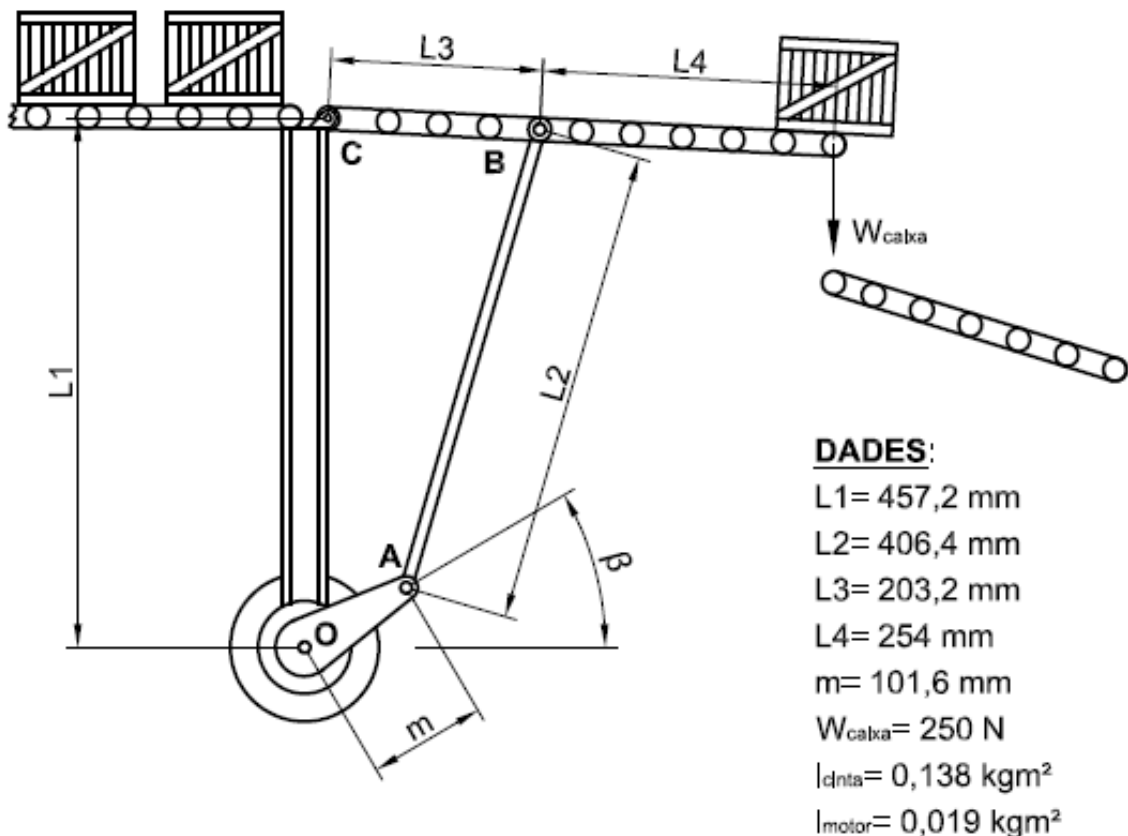
28. La figura indica un mecanisme de cinta transportadora que permet canviar d'alçada en un procés de manutenció industrial en què es transporten caixes de 250 N. La manovella gira a una velocitat constant de 25 rpm en sentit contrari a les agulles del rellotge. El pes de l'acoblador és desestimable. No obstant això, el pes de la cinta transportadora s'ha de considerar i és de 12,70 kg amb el centre de gravetat situat al centre geomètric de la cinta. La inèrcia que representa la cinta transportadora és de  $I_{\text{cinta}} = 0,138 \text{ kgm}^2$ .

S'instal·la a l'eix de la manovella (punt O) un motor elèctric trifàsic de 2 pols amb rotor de gàbia d'esquirol. El centre de masses està situat al mateix eix i presenta una inèrcia de  $I_{\text{motor}} = 0,019 \text{ kgm}^2$ . Seguiu les indicacions següents:

- Feu la simulació del mecanisme amb WinMecC (es recomana que utilitzeu el metre com a unitat de longitud). Determineu el DSL en equilibri dinàmic de cada element del mecanisme.



- b) Determineu amb el WinMecC quines són les posicions de la manovella ( $\beta$ ) en què les forces d'inèrcia i moments d'inèrcia d'Alembert a la cinta transportadora són màximes i mínimes. Representeu els gràfics d'evolució en què es relaciona la posició de la manovella amb els valors de les forces d'inèrcia i moments d'inèrcia d'Alembert. Justifiqueu adequadament tots els gràfics comentant l'evolució dels parells i les forces d'inèrcia d'Alembert i si aquesta evolució és lògica, segueix pautes, etc.
- c) El parell motor que s'ha d'aplicar en un cicle és constant o variable? Justifiqueu-ho teòricament. Si és variable, quines són les posicions ( $\beta$ ) per les quals es necessitaria un valor més gran de parell motor per continuar? Justifiqueu-ho amb l'ajuda dels gràfics obtinguts a l'apartat b. D'altra banda, quines són les posicions ( $\beta$ ) en les quals el parell motor és nul? Justifiqueu-ho.
- d) Si la velocitat angular de la manovella fos el doble, mantenint-se constant, quins paràmetres dinàmics canviarien? Justifiqueu la resposta teòricament.



- Vegeu simulació del mecanisme amb WinMecC a: problema 28 tema 7.mec

29. A la figura s'esquematitza un mecanisme elevator de paquets. La màquina representada es troba en repòs i en posició inicial. La força opositora que exerceixen els paquets es representa com una força puntual, de valor  $F = 500 \text{ N}$  aplicada al punt C. L'acceleració  $\alpha_2$  d'arrencada de la baula 2, que és la baula motor, a l'instant inicial ha de ser de  $\alpha_2 = 25 \text{ rad/s}^2$ , antihorària. Per a les posicions de  $270^\circ$ ,  $130^\circ$  i  $60^\circ$ , calculeu:

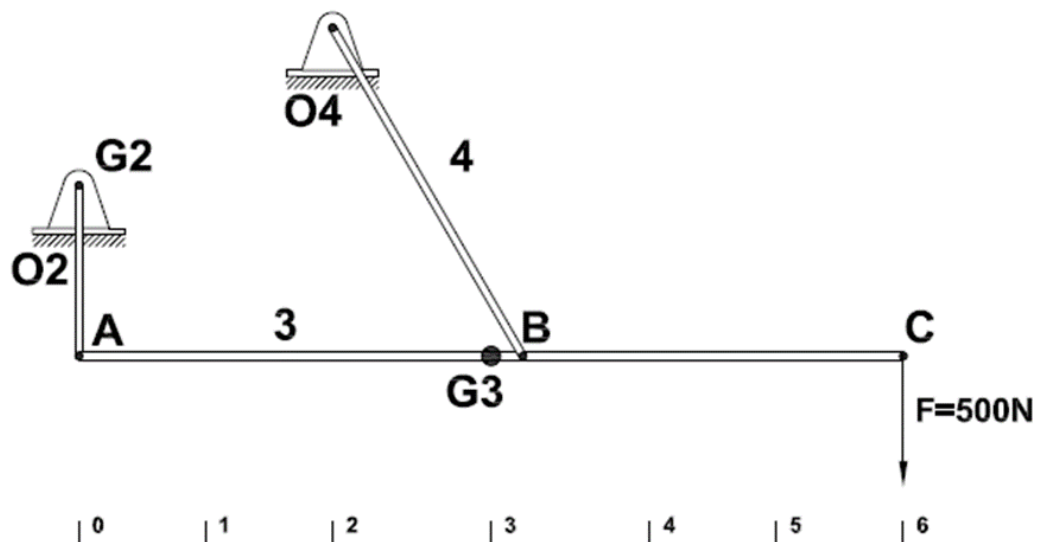
- Les acceleracions angulars de las baules 3 i 4,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ , i les acceleracions dels punts C ( $a_C$ ) i  $G_3$  ( $a_{G_3}$ ), en mòdul, direcció i sentit.
- Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa del mecanisme en mòdul, direcció i sentit, i indiqueu-les al mecanisme gràficament per a cada posició.
- Determineu en mòdul, direcció i sentit el parell motor  $M_m$  del volant en l'instant d'arrencada per a cada posició.
- Les reaccions en les articulacions A i B (força que realitza la bancada) per a cada posició.
- Taula comparativa.

Mesures en mm i dades màssiques:

Baula 2:  $l_2 = 135$ ; centre de masses a  $O_2$ ; massa: 5kg;  $I_2 = 0,045 \text{ kg.m}^2$

Baula 3:  $AG_3 = 325$ ;  $BC = 300$ ;  $AB = 350$ ; massa: 10 kg, homogènia

Baula 4:  $l_4 = 300$ ; massa desestimable



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 29 tema 7.mec

30. La màquina estampadora representada a la figura es troba en repòs. La força opositora és de  $F = 5.000 \text{ N}$ . Per a aquest instant inicial i per a aquesta posició:
- Calculeu l'acceleració angular de les baules 3, 4, i 5 ( $\alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ ), l'acceleració del centre de masses de la baula 4 ( $a_{G4}$ ) i de la baula 6 ( $a_{G6}$ ) si l'acceleració d'arrancada del volant  $\alpha_2$  ha de ser de  $20 \text{ rad/s}^2$  horària. Feu els càlculs mitjançant el polígon d'acceleracions. Raoneu els resultats.
  - Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert en mòdul, direcció i sentit. Indiqueu-ho al mecanisme.
  - Calculeu el par motor  $M_m$  necessari que s'ha d'aplicar al volant per arrancar en aquesta posició per potències virtuals.
  - Determineu en mòdul, direcció i sentit les reaccions als suports  $O_2, O_4$ , i a les articulacions A, B, C i D.
  - Elaboreu el diagrama del sòlid lliure del conjunt del mecanisme amb les forces i moments trobats en verdader sentit i magnitud.

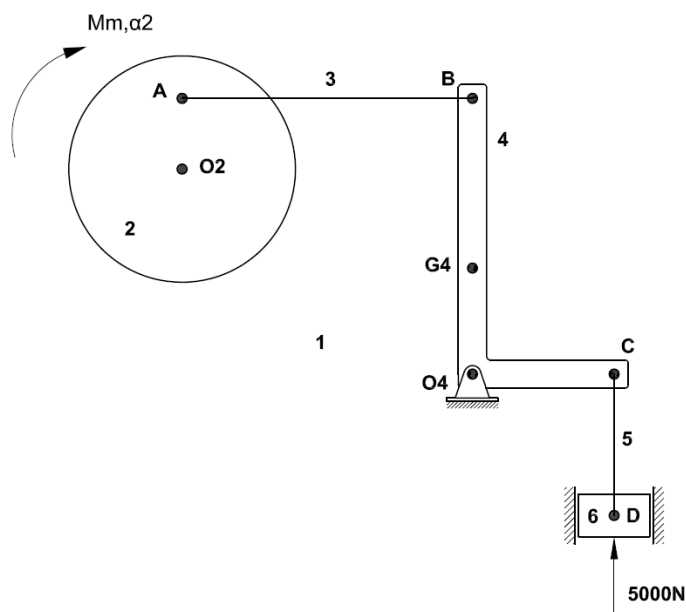
Mesures en mm i dades màssiques:

Volant (2): radi = 800;  $AO_2 = 500$ ; massa = 25 kg; el centre de masses  $G_2$  es troba a  $O_2$ .

Biela (3):  $l_3 = 2.050$ ; sense massa

Balancí (4):  $O_4B = 1950$ ;  $CO_4 = 1000$ ;  $G_4O_4 = 750$ ; massa = 100kg;  $I_{G4} = 25\text{kg}\cdot\text{m}^2$

Biela (5) :  $l_5 = 1000$ ; sense massa; Pistó (6) : massa = 300kg



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 30 tema 7.mec**

*Solució:  $M_m = 1.188 \text{ Nm horari}$*

31. El mecanisme de la figura està dissenyat per provar molles d'acer a compressió. Treballa en un pla vertical i parteix del repòs en la posició que es mostra ( $90^\circ$ ). A aquesta posició i instant la molla exerceix una força sobre el mecanisme de  $F = 2.000 \text{ N}$ . L'acceleració  $\alpha_2$  d'arrancada de la baula 2, baula motora, a aquest instant inicial i per a aquesta posició ha de ser de  $\alpha_2 = 12,5 \text{ rad/s}^2$ , horària. Calculeu:
- Les acceleracions dels centres de masses de les baules 3 i 6, ( $a_{G3}$ ,  $a_{G6}$ ) i l'acceleració angular de les baules 3, 4, 5 ( $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ ,  $\alpha_5$ ). Totes en mòdul, direcció i sentit.
  - La força d'inèrcia d'Alembert i el moment d'inèrcia d'Alembert de totes les baules amb massa, i indiqueu la direcció i el sentit d'ambdues **al mecanisme**.
  - Par motor  $M_2$  necessari en mòdul i sentit, per arrancar a aquesta posició, en aplicar a la baula 2 una acceleració  $\alpha_2 = 12,5 \text{ rad/s}^2$  horària.
  - Les reaccions a les articulacions C i  $O_4$  en mòdul, direcció i sentit.

Mesures en mm i dades màssiques:

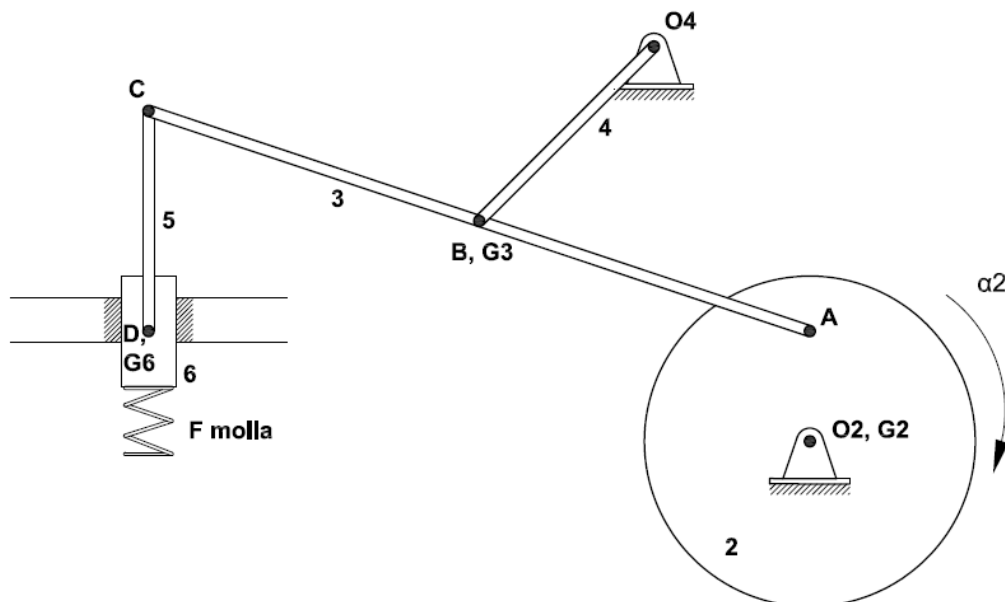
Volant (2):  $O_2A = 100$ ; centre de masses a  $O_2$ ;  $m_2 = 200 \text{ kg}$ ;  $I_2 = 0,166 \text{ kg.m}^2$

Biela (3):  $l_3 = 632$ ; homogènia, centre de masses a B;  $m_3 = 90 \text{ kg}$ ;  $AB = 316$

Balancí (4):  $l_4 = 224$ ; massa desestimable

Biela (5):  $l_5 = 200$ ; massa desestimable

Pistó (6): centre de masses a D;  $m_6 = 100 \text{ kg}$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 31 tema 7.mec**

*Solució:  $Mm = 76,7 \text{ N.m}$  horari;  $\alpha_4 = 5,35 \text{ rad/s}^2$  antihorari*

32. L'esquema cinemàtic representa un mecanisme elevador que es troba en repòs i en la posició inicial. La càrrega que ha d'elevador es quantifica amb una força puntual de 100 N aplicada a l'extrem C de l'elevador 4 i en un par resistent de valor 50 N.m horari, aplicat també a l'elevador 4. La baula motora, en aquest instant inicial, es troba amb posició de  $90^\circ$  respecte de l'horitzontal. Per assegurar que l'elevador 4 arranqui amb una acceleració antihorària de  $\alpha_4 = 3 \text{ rad/s}^2$ :

- Determineu en mòdul, direcció i sentit el par motor  $M_m$  que s'ha d'aplicar a la baula 2 (volant) en aquest instant perquè el mecanisme arranqui amb l'acceleració i el sentit de moviment requerits mitjançant el mètode de potències virtuals.
- Trobeu les reaccions del suport de la bancada  $O_4$  i de la reacció a l'articulació B en mòdul, direcció i sentit. Plantegeu els diagrames del sòlid lliure amb equilibri dinàmic amb les forces i moments en verdader sentit i magnitud per a cadascun dels elements del mecanisme.

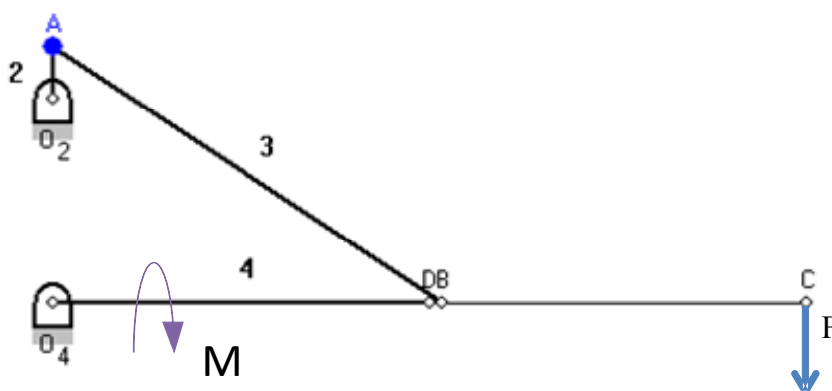
Mesures en mm i dades massiques:

Volant (2):  $l_2 = 100$ ; centre de masses a  $O_2$ ;  $m_2 = 50 \text{ kg}$ ,  $I_2 = 5 \text{ kg.m}^2$

Biela (3):  $l_3 = 900$ ; sense massa

Balancí (4):  $O_4B = 748$ ;  $BC = 700$ ; barra homogènia, D centre de masses;  $m_4 = 150 \text{ kg}$

Distància  $O_2O_4 = 400$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 32 tema 7.mec**

*Solució:  $M_m = 390 \text{ Nm}$  antihorari*

33. La manovella del mecanisme de la llimadora gira a  $n = 100$  rpm, constant i en sentit horari accionada per un motor. Calculeu amb l'ajuda del WinMecC i per a totes les posicions:
- Les forces i moments d'inèrcia d'Alembert per a totes les baules en massa.
  - El valor i sentit del parell motor que cal aplicar a la baula motora perquè el mecanisme continuï girant a la velocitat requerida, calculat mitjançant potències virtuals.
  - Quines són les posicions amb forces d'inèrcia màximes mínimes? Raoneu la resposta.
  - Quines són les posicions amb moments d'inèrcia màxims i mínims? Raoneu la resposta.
  - Quines són les posicions amb el parell motor màxim i mínim? Raoneu la resposta.

Mesures en mm:

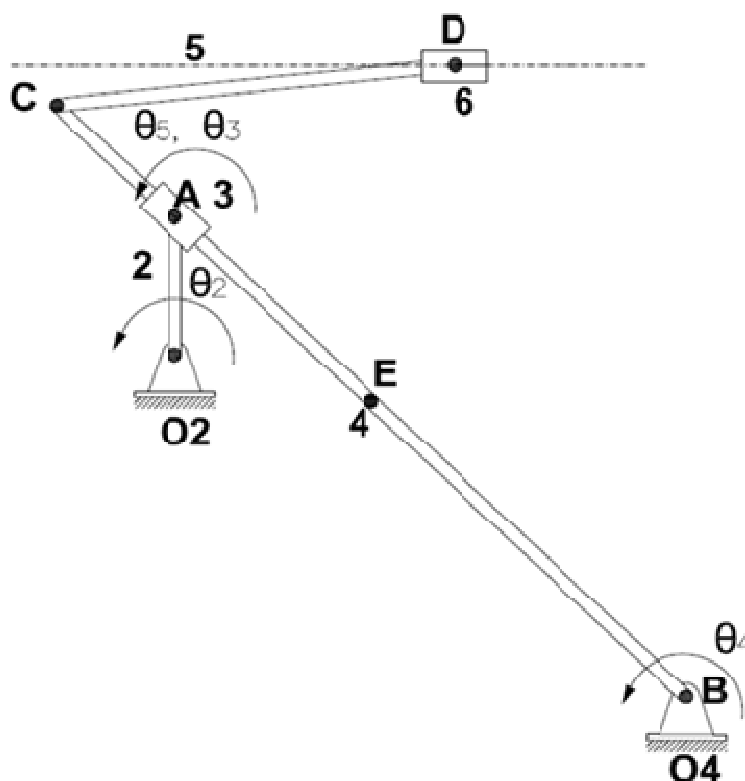
$$l_2 = 125; l_4 = 780; l_5 = 360; O_2O_4 = (460, 310)$$

Dades màssiques:

$$m_2 = 50 \text{ kg}; I_{O_2} = 4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2;$$

$$m_4 = 10 \text{ kg}; \text{homogènia, centre de gravetat a E}$$

$$m_6 = 10 \text{ kg}.$$



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 33 tema 7.mec

- 34.** El mecanisme de la figura té per missió empènyer caixes de grans dimensions d'una cinta transportadora a una altra. La posició que es mostra a la figura correspon a la posició des de la qual el mecanisme es vol arrancar, i en la qual l'actuador empeny la caixa amb una acceleració igual a  $4 \text{ m/s}^2$  a l'esquerra. Es considera que l'actuador empeny la caixa amb una força igual a  $F = 400 \text{ N}$ . La posició de la manovella del motor és de  $30^\circ$  respecte de l'horitzontal. Els fregaments els considerem negligibles. Calculeu per a la posició de la figura:
- El valor del parell motor que cal aplicar al motor ( $M_2$ ) de manera que l'actuador agafi una acceleració de  $4 \text{ m/s}^2$  mitjançant el mètode de les potències virtuals.
  - Les reaccions en els suports del motor ( $O_2$ ), del balancí ( $O_4$ ) i el valor de la reacció del terra sobre l'actuador ( $N$ ) en mòdul, direcció i sentit.
  - Elaboreu els diagrames del sòlid lliure de cada element del mecanisme en equilibri dinàmic.
  - Si cal que l'acceleració de l'actuador sigui la meitat, quins paràmetres dinàmics es veuran afectats per aquesta nova mesura?
  - Aquest problema es podria resoldre mitjançant un altre mètode de resolució dinàmic? En cas afirmatiu, expliqueu per què.

Distàncies CIR en m:

$$CI_{15} = 49,25; G_6I_{15} = 47,9; AI_{13} = 5,92; BI_{13} = 2,92.$$

La baula 3 s'uneix a la baula 4 per l'articulació B ( $G_4$ ).

Dades màssiques:

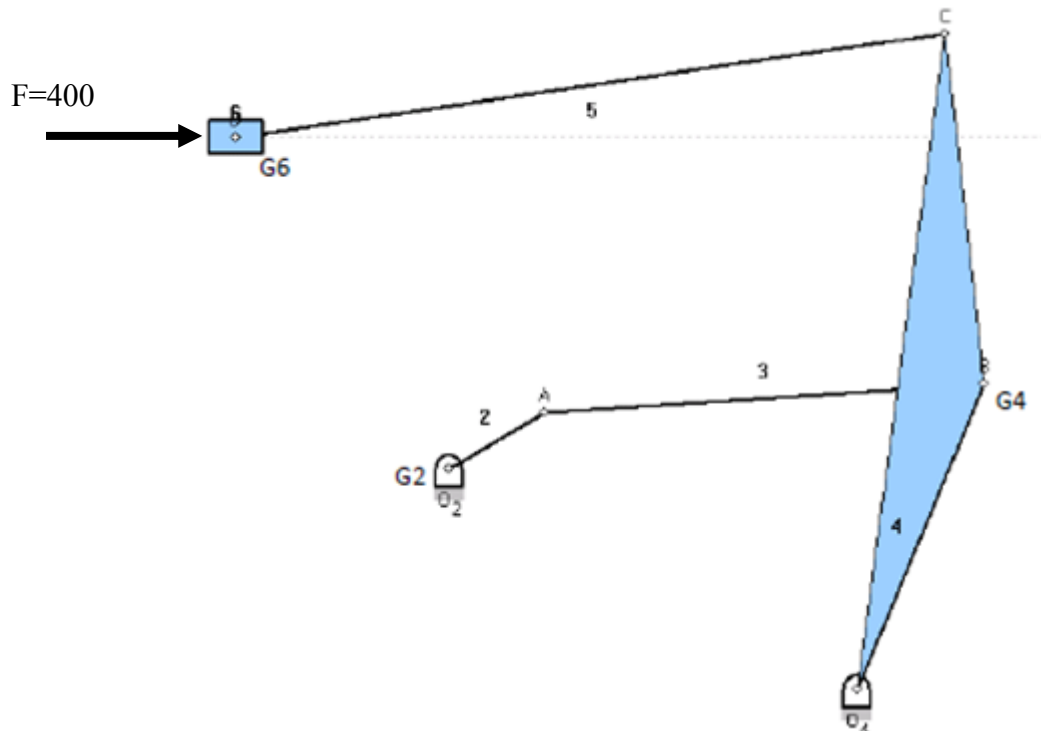
Motor (2): centre de masses al suport  $O_2$ ;  $I_2 = 10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ,  $m_2 = 25 \text{ kg}$

Balancí (4): centre de masses a B,  $m_4 = 20 \text{ kg}$ ;  $I_4 = 75 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Actuador (6):  $m_6 = 40 \text{ kg}$

Resta de baules amb massa desestimable.

Considereu  $g = 10 \text{ m/s}^2$



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 34 tema 7.mec

35. L'esquema de la figura representa un mecanisme d'obertura i tancament de dos vàlvules automàtiques (punts C i F). El mecanisme està en repòs tal que el volant 2 arranqui amb una acceleració angular de  $\alpha_2 = 10 \text{ rad/s}^2$ , antihoraria, de manera que el mecanisme pugui passar de la vàlvula tancada (posició inferior de C i posició superior de F) a vàlvula oberta (posició superior de C i posició inferior de F). En aquesta posició, la baula 6 rep un parell de valor  $M_6=500 \text{ N.m}$  antihorari. No considerar fregament entre la lliscadora 3 i la seva guia. En aquestes condicions determinar el parell motor a aplicar a la baula motora 2 ( $M_2$ ) per tal de que el mecanisme arranqui en les condicions especificades, mitjançant:

- Determinar les acceleracions angulars de les baules 3, 4, 5 i 6, així com les acceleracions dels centres de masses de les baules 2, 4 i 6 en mòdul, direcció i sentit.
- Hi ha algun element del mecanisme que té en aquest instant o en un altre acceleració de Coriolis? Justifiqueu la resposta adequadament.
- Les forces i moments d'inèrcia d'Alembert en mòdul, direcció i sentit. Indicar-les al mecanisme.
- El parell motor a aplicar a la baula motora 2 ( $M_2$ ) per tal de que el mecanisme arranqui en les condicions especificades aplicant el mètode de les potències virtuals. Realitzar un



esquema del mecanisme indicant totes les forces i parells que es consideren en aquest càlcul.

e) Determinar en mòdul, direcció i sentit les reaccions als suports  $O_4$ , i  $O_6$ , la reacció que realitza la guia 4 sobre la lliscadora 3.

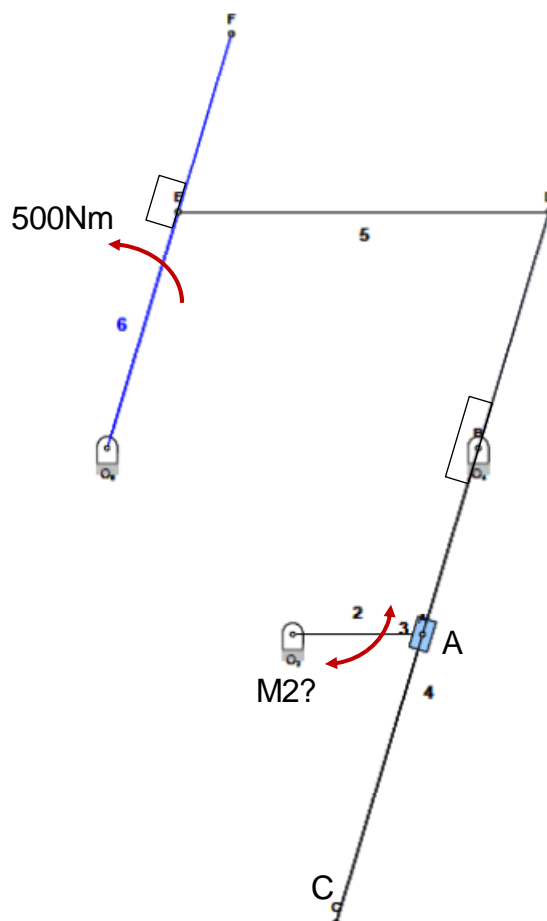
f) Determinar els DSL en equilibri dinàmic del conjunt del mecanisme. Com podem comprovar que, efectivament, està en equilibri dinàmic?

Dades i mesures en mm:

Posició baula motora  $\theta_2 = 0^\circ$ ;  $l_2$ : 210;  $O_4C$ : 800;  $O_4D$ : 400;  $l_5$ : 600;  $O_6E$ : 400;  $O_4O_6 = 600$ ;  $O_6F = 700$

Dades massiques:

Volant 2: massa 20kg; centre de masses a  $O_2$ ;  $I_{G2} = 100\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ; Baula 3 i baula 5: massa menyspreable; Baula 4: massa : 50kg; Homogènia; Baula 6: massa : 25 kg; Homogènia  
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 35 tema 7.mec**

*Solució:  $M_2 = 1.101\text{Nm}$  antihorari*

**36.** El mecanisme de la figura representa l'esquema cinemàtic d'un mecanisme que introdueix claus de cap quadrat dintre de xapa lleugera d'acer mitjançant la baula 6. Es consideren negligibles els fregaments en tot el mecanisme, i, per tant, tenim contacte ideal entre el pistó 4 i la bancada i, el pistó 6 (igual als dos costats de la bancada) i la bancada. Si el mecanisme, que està en repòs, vol arrancar en la posició angle de la manovella amb l'horitzontal  $J=40^\circ$ , per tal que el pistó 6 es comenci a aixecar amb una acceleració igual a  $0.2 \text{ m/s}^2$ , i pugui vèncer l'oposició d'una força  $F=100\text{N}$ , calcular :

- El valor i el sentit del parell motor a aplicar a la baula 2 ( $M_2$ ) tal que el pistó 6 es comenci a aixecar amb una acceleració igual a  $0.2 \text{ m/s}^2$  i pugui vèncer l'oposició de la força  $F=100\text{N}$  pel mètode de les Potències Virtuals. Justificar el per què es pot aplicar aquest mètode.
- Per resoldre aquest punt, establiu un esquema de TOTES les forces i parells que actuen sobre el mecanisme, i indicar quines s'han de considerar per calcular el parell motor per aquest mètode. Si l'esquema no es realitza, no es contarà l'apartat. No oblideu de calcular les Forces i Moments d'inèrcia d'Alembert corresponents, i, situar-los correctament en cada una de les baules del mecanisme amb massa en mòdul, direcció i sentit correctes.
- La reacció en el suport  $O_2$ , la reacció del pistó 4 sobre la seva guia ( $N_4$ ), les reaccions a les articulacions A, B i D en mòdul, direcció i sentit. Establir els diagrames de cada element del mecanisme en equilibri dinàmic.
- Aquest problema, es dinàmica directa o inversa? Justificar

Dades i mesures en mm:

Volant 2:  $l_2:50$ ;  $I_2=10 \text{ kg.m}^2$ : massa  $2,5\text{kg}$ ; centre de masses a  $O_2$

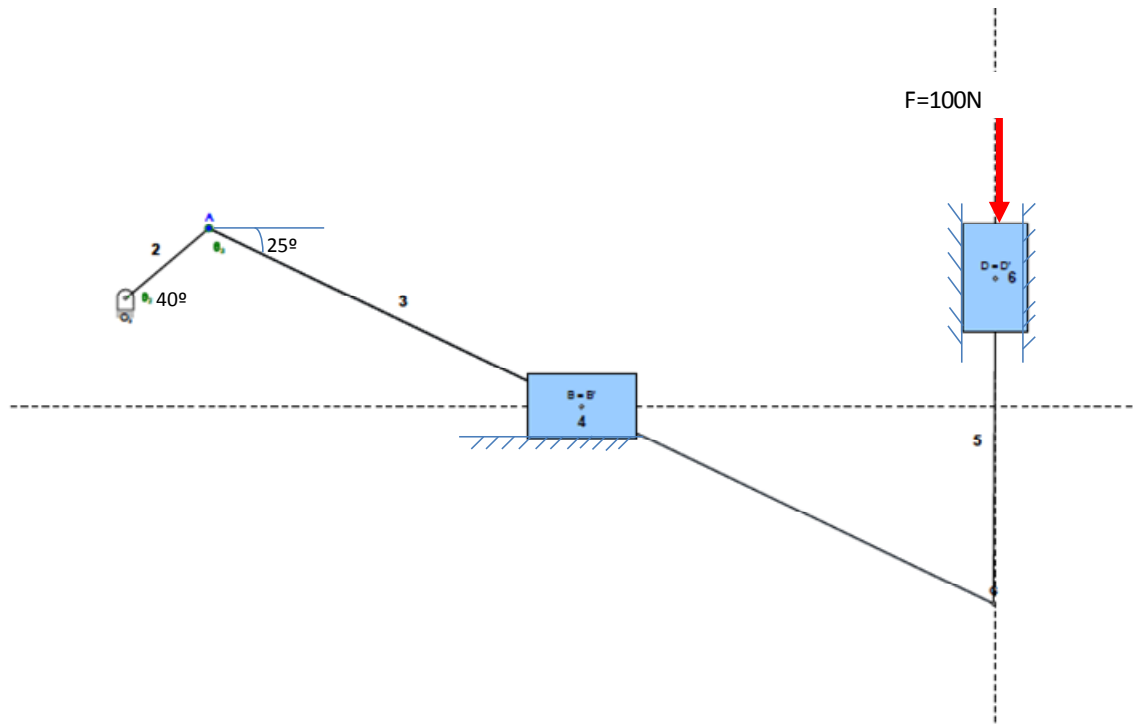
Barra 3: Longitud AC: 400; AB : 190; no considerar la massa.

Pistó 4: massa 10 kg.

Barra 5:  $l_5: 150$ ; no considerar la massa;

Pistó 6: massa = 20 kg

Distàncies en m:  $AI_{13} = 0.22$ ;  $BI_{13} = 0.23$ ;  $CI_{13} = 0.368$ ;  $CI_{15} = 0.174$ ;  $DI_{15} = 0.09$



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 36 tema 7.mec

*Solució:  $M_2 = 59,2\text{Nm horari}$*



## Tema 8

# Reducció dinàmica de sistemes d'un grau de llibertat



**Cal tenir en compte:**

Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan simulats mitjançant WinMecC i es troben a la carpeta anomenada "simulacions WinMecC tema 8".

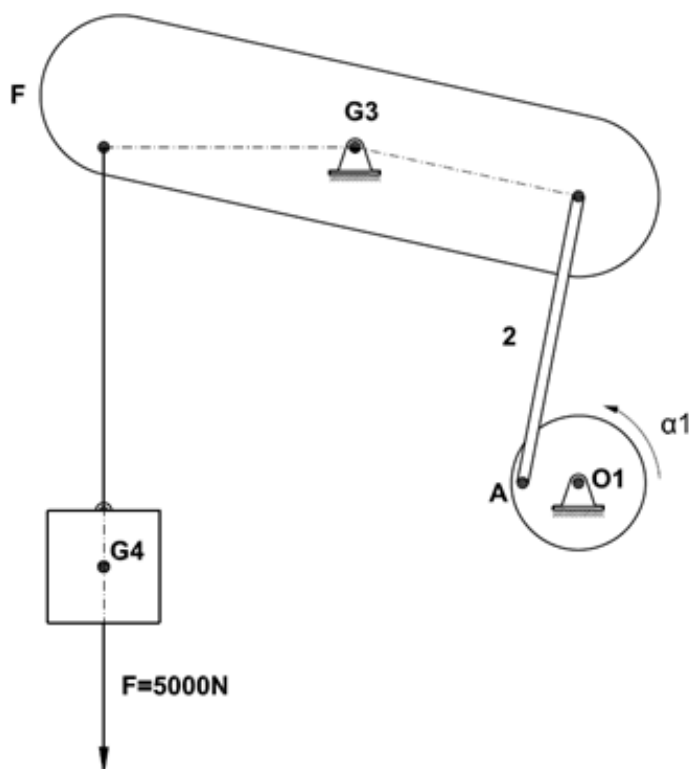
1. Dels exercicis de la col·lecció de problemes del tema 7, justifiqueu i raoneu degudament (sense càlculs) si es pot o no aplicar el principi de reducció dinàmica per solucionar el problema. En cas afirmatiu, especifiqueu en quin punt o eix reduiríeu el mecanisme.
2. El mecanisme de la figura funciona en un pla vertical. Us demanem el valor del parell motor  $M_m$  necessari per arrancar en aquesta posició amb una acceleració angular  $\alpha_1 = 5 \text{ rad/s}^2$ . El motor està situat a l'eix 1.

Mesures en m:

$l_2 = 2,61$ ;  $BG_3 = 2,32$ ;  $FG_3 = 2,25$ ;  $FG_4 = 3,75$ ;  $O_1G_3 (2, 3)$ ;  $AO_1 = 0,5 \text{ m}$

Dades massiques:

$m_1 = 400 \text{ kg}$ ;  $I_1 = 80 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ;  $m_3 = 1.000 \text{ kg}$ ;  $I_3 = 1.500 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$   $m_4 = 600 \text{ kg}$ ; resta de baules amb massa desestimable



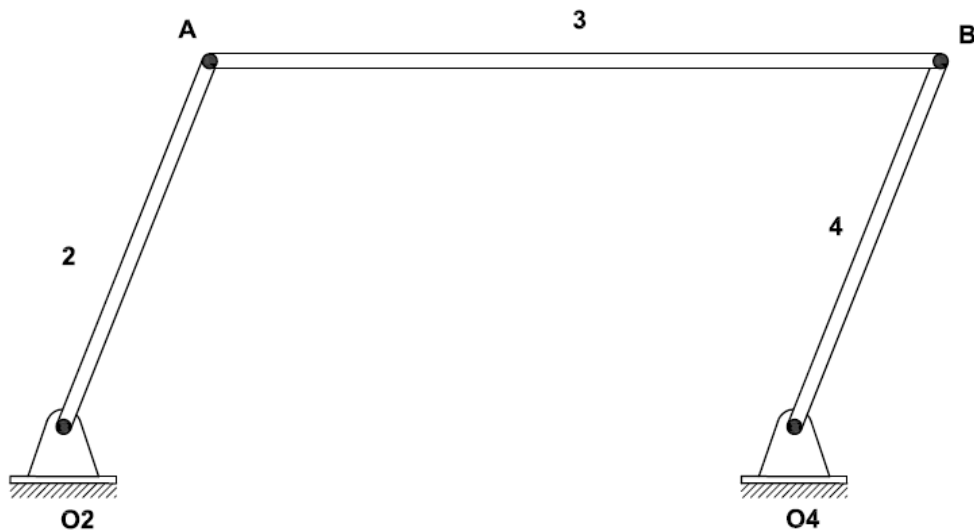
*Solució: parell motor = 6.538,68 Nm*

3. El mecanisme quadrilàter de la figura, situat al pla vertical, s'acciona mitjançant un parell  $M_2$ , aplicat en sentit horari sobre la baula 2. A la baula seguidora, 4, el parell resistent  $M_4$  s'oposa al moviment del mecanisme, amb un valor de 75 N.m. Si el mecanisme parteix del repòs i amb una posició de partida  $\theta_2 = 90^\circ$ , determineu:
- El parell motor  $M_2$  per arrancar el mecanisme amb una acceleració angular  $\alpha_2 = 10 \text{ rad/s}^2$  aplicada a la baula 2.
  - Les forces d'inèrcia d'Alembert de totes les baules, així com els moments d'inèrcia d'Alembert i situeu-los a les baules amb les seves direccions i sentits correctes.
  - Reaccions als suports  $O_2$  i  $O_4$ .

Mesures en m i dades massiques:

$$l_2 = l_4 = 0.5\text{m}; l_3 = l_1 = 1\text{m}$$

$m_2 = m_4 = 2\text{kg}$  ;  $m_3 = 4\text{kg}$ ; totes les baules són homogènies.



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 3 tema 8.mec**

*Solució:  $M_2 = 163,33\text{Nm horari}$*

4. A la figura tenim una màquina de vapor de balancí a l'instant inicial. Per superar la força del vapor de  $P = 5.000 \text{ N}$ , el pistó A ha d'arrancar amb una acceleració  $a_A = 5 \text{ m/s}^2$  descendent. Les úniques masses NO desestimables són les del balancí i la del volant. Determineu:
- Mitjançant el mètode de reducció, el parell motor  $M_m$  que cal aplicar al volant en aquest instant perquè el pistó arranqui amb l'acceleració i el sentit de moviment requerits.
  -

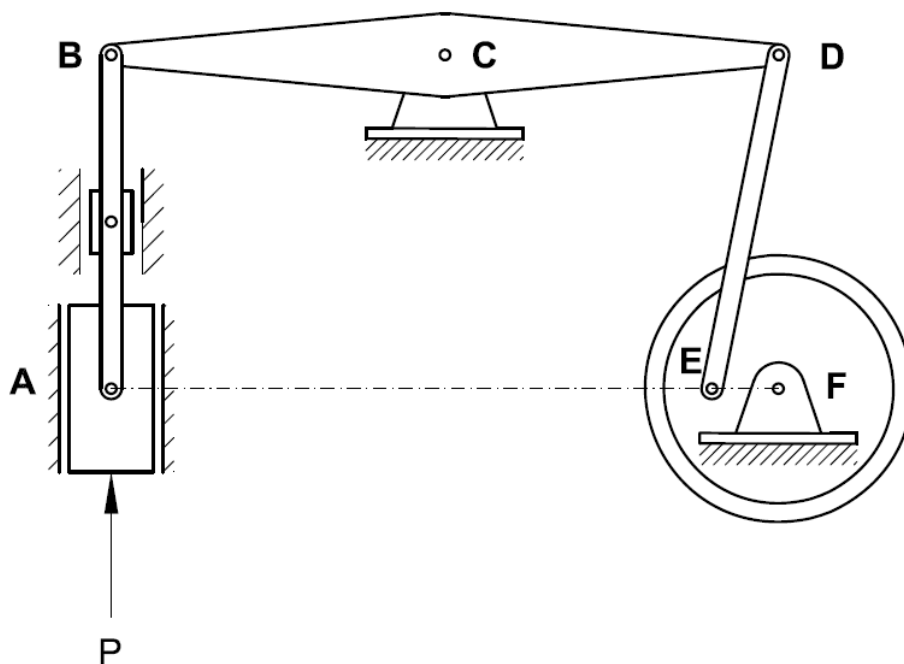


- c) Quina és l'acceleració requerida per la baula motor ( $\alpha_{\text{volant}}$ ) en aquestes condicions? Calculeu les acceleracions angulars de la biela i del balancí ( $\alpha_{\text{biela}}$ ,  $\alpha_{\text{balanci}}$ ) en mòdul, direcció i sentit mitjançant el polígon d'acceleracions.
- d) Resoleu l'apartat 1 mitjançant el mètode de potències virtuals.
- e) Trobeu les reaccions dels suports C i F, així com les reaccions a les articulacions B, D i E. *Plantegeu tots els diagrames del sòlid lliure en **equilibri dinàmic** de cada baula en verdader valor i sentit.*

Dades màssiques:

Balanci (BCD):  $m = 800$  kg;  $I_{\text{balanci}} = 1.000$  kg.m<sup>2</sup>, centre de masses a C

Volant (EF):  $m = 500$  kg;  $I_{\text{volant}} = 200$  kg.m<sup>2</sup>; centre de masses a F



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 26 tema 7.mec**

*Solució:  $M_{\text{motor}} = 5.000$  N.m horari*

5. El mecanisme de la figura correspon al tren d'aterratge d'una avioneta. L'avioneta en qüestió acaba d'enlairar-se i ha de començar la recollida del tren d'aterratge. Per això, s'aplica un moment  $M_2 = 250$  N.m a la baula 2 mitjançant un motor. Considerant aquesta situació i posició de càlcul com instant inicial, determineu:
- El moment d'inèrcia reduït  $I_R$  a l'eix d'entrada 2.
  - El parell reduït a l'eix d'entrada 2,  $M_R$ .
  - L'acceleració angular de la baula 2,  $\alpha_2$ , i l'acceleració angular de la baula 4,  $\alpha_4$ , amb direcció, mòdul i sentit.

- d) Força d'inèrcia d'Alembert i moment d'inèrcia d'Alembert de les baules 2 i 4 en mòdul, direcció i sentit.
- e) La reacció a l'articulació B i al suport  $O_4$  en mòdul, direcció i sentit.
- f)

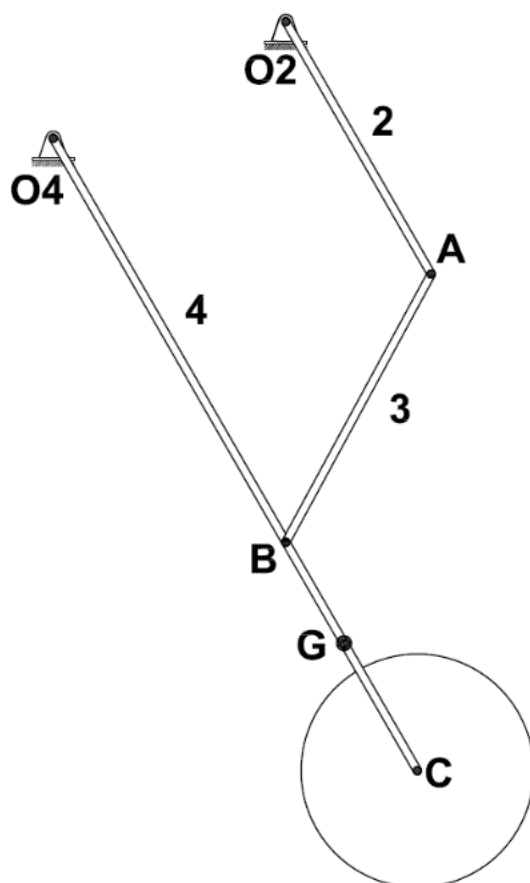
Dades massiques i mesures en cm:

Baula 2:  $m_2 = 50$  kg; centre de masses situat a  $O_2$ ;  $I_{O_2} = 0,417$  kg.m<sup>2</sup>;  $l_2 = 50$ ; 300° amb l'horitzontal

Baula 3:  $l_3 = 50$  cm; es considera de massa desestimable; articulació B alineada amb  $O_2$  a la mateixa vertical

Baula 4:  $O_4B = 80$ ;  $BG = 20$ ; centre de masses a G; massa = 50 kg;  $I_{G_4} = 25$  kg.m<sup>2</sup>; es considera paral·lela a la barra 2.

$O_2O_4 = (40, 20)$



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 5 tema 8.mec

*Solució:  $M_R = 96,7$  N.m;  $\alpha_2 = 3,25$  rad/s<sup>2</sup> antihorari*

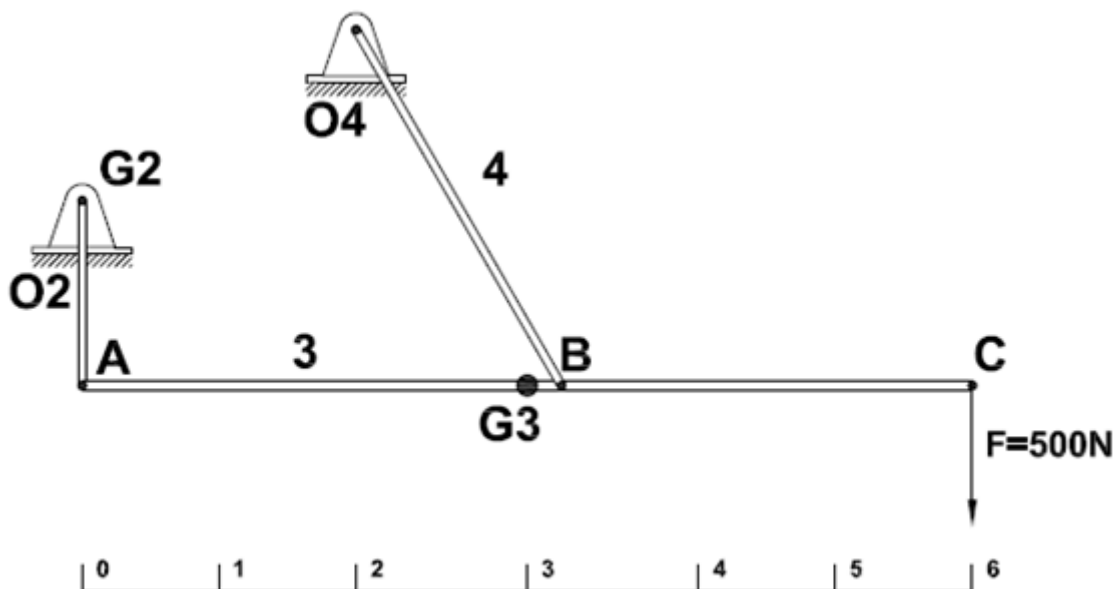
6. A la figura s'esquematitza un mecanisme elevator de paquets. La màquina representada es troba en repòs i en la posició inicial. La força opositora que fan els paquets es representa com una força puntual, de valor  $F = 500 \text{ N}$  i aplicada al punt C. L'acceleració  $\alpha_2$  d'arrancada de la baula 2, la qual és la baula motora, per a aquest instant inicial i en aquesta posició, és de  $\alpha_2 = 25 \text{ rad/s}^2$ , antihorari. Calculeu per a la posició de la manovella igual a  $270^\circ$ :
- Les acceleracions angular de les baules 3 i 4,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  i les acceleracions dels punts C ( $a_C$ ) i  $G_3$  ( $a_{G_3}$ ), en mòdul, direcció i sentit.
  - Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa d'aquest mecanisme en mòdul, direcció i sentit. Indicar-ho al mecanisme gràficament.
  - Determineu en mòdul, direcció i sentit el parell motor  $M_m$  del volant en aquest instant, utilitzant els següents mètodes: la reducció dinàmica a un eix, i, per Potències virtuals.
  - Les reaccions a les articulacions A i B.

Mesures en mm i dades màssiques:

Baula 2:  $l_2 = 135$ ; centre de masses a  $O_2$ ;  $m_2 = 5 \text{ kg}$ ;  $I_2 = 0,045 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Baula 3:  $AG_3 = 325$ ;  $BC = 300$ ;  $AB = 350$ ; homogènia,  $m_3 = 10 \text{ kg}$

Baula 4:  $l_4 = 300$  massa desestimable

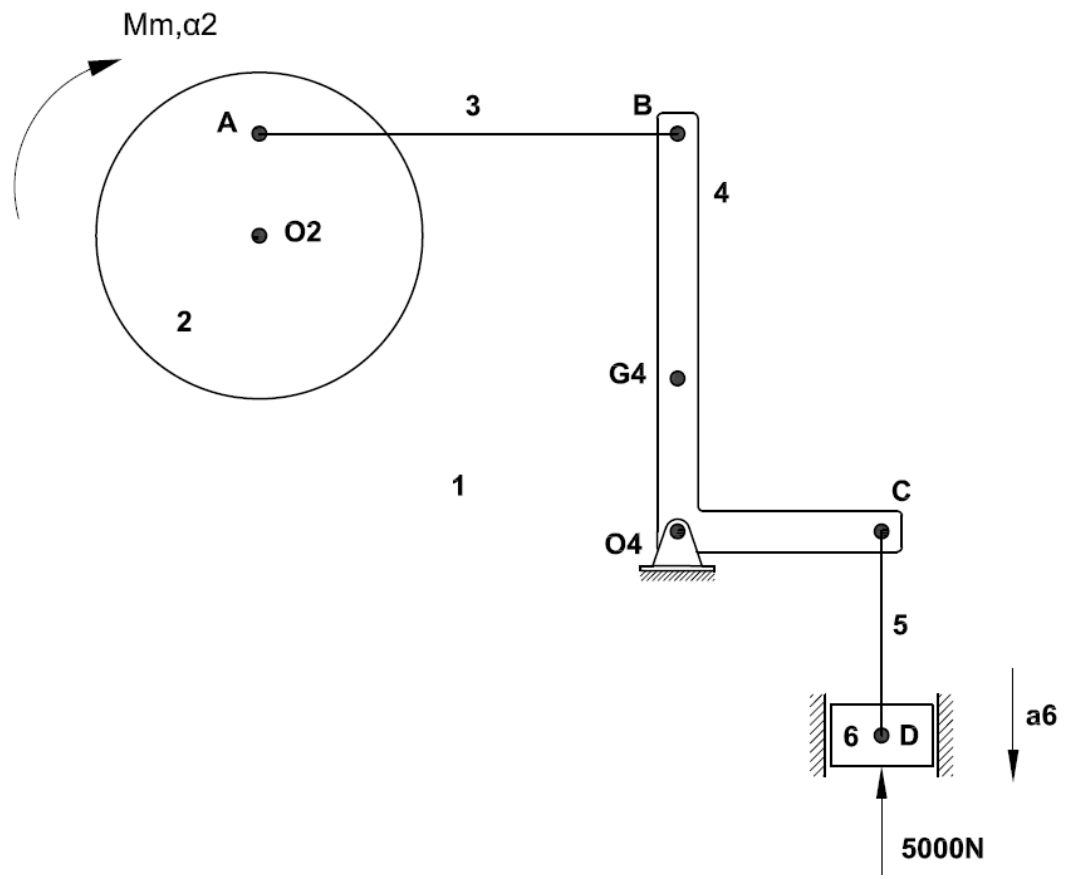


- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 6 tema 8.mec**

*Solució:  $M_M = 79 \text{ Nm}$ ;  $O_2 = 650 \text{ N}$ ;  $O_4 = 1.170 \text{ N}$*

7. La màquina estampadora representada a la figura es troba en repòs. La força opositora té per mòdul  $F = 5.000 \text{ N}$ . Calculeu el parell motor i l'acceleració  $\alpha_2$  d'arrancada del volant 2 en aquest instant inicial i per a aquesta posició, seguint la següent pauta de càlculs:
- Determineu els graus de llibertat del mecanisme.
  - Determineu el moment d'inèrcia reduït a l'eix del volant  $I_R$ .
  - Trobeu l'acceleració angular d'arrancada del volant  $\alpha_2$  si la baula 6 ha d'arrancar amb una acceleració de  $a_6 = 5 \text{ m/s}^2$ .
  - Calculeu el parell motor  $M_m$  del volant a aquest instant.
  - Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa d'aquest mecanisme en mòdul, direcció i sentit. Indiqueu-ho al mecanisme gràficament.
  - Determineu en mòdul, direcció i sentit les reaccions als suports fixos  $O_2$ ,  $O_4$ , i a les articulacions A, B, C i D.

Dades i simulació: exercici 30 tema 7



Solució:  $M_m = 403 \text{ N.m horari}$ ;  $A = 493,7 \text{ N}$ ,  $C = 556 \text{ N}$

8. El mecanisme de la figura representa l'esquematzació d'un traçador. El mecanisme arranca amb la posició indicada (baula 2, a  $45^\circ$  amb la horitzontal) i es vol que l'acceleració d'arrancada tingui un valor de  $\alpha = 10 \text{ rad/s}^2$  *antihorària*. El mecanisme ha de superar una força de 100 N vertical descendent aplicada a l'extrem de la baula 4. Calculeu:
- Les acceleracions dels centres de massa de les baules 2 i 3 ( $a_{G2}$ ,  $a_{G3}$ ), l'acceleració angular de les baules 3 i 4 ( $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ ), l'acceleració de Coriolis de la baula 3 respecte de 4 i l'acceleració relativa de la baula 3 respecte a la seva guia 4 ( $a_{A3/A4}$ ), totes amb mòdul, direcció i sentit. **Raoneu les respostes.**
  - Parell motor  $M_2$  necessari en mòdul i sentit que cal aplicar a la baula 2 per arrancar en aquesta posició i en les condicions abans descrites.
  - La força d'inèrcia d'Alembert i el moment d'inèrcia d'Alembert de totes les baules amb massa, i indiqueu-ne la direcció i el sentit **al mecanisme.**

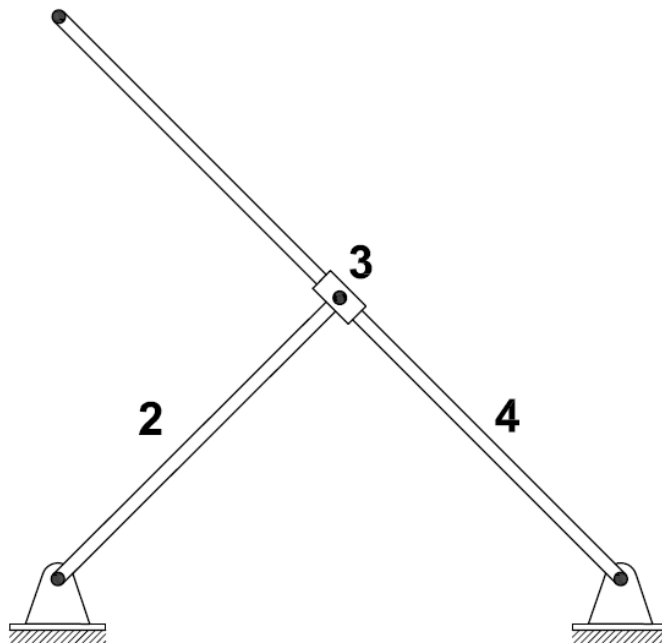
Mesures en m i dades màssiques:

$$O_2 = (0,0); O_4 = (0, 0.425)$$

Baula 2:  $l_2 = 0,3$ ; homogènia,  $m_2 = 10 \text{ kg}$

Baula 4:  $l_4 = 0,6$ ; homogènia,  $m_4 = 10 \text{ kg}$

Lliscadora 3:  $m_3 = 5 \text{ kg}$

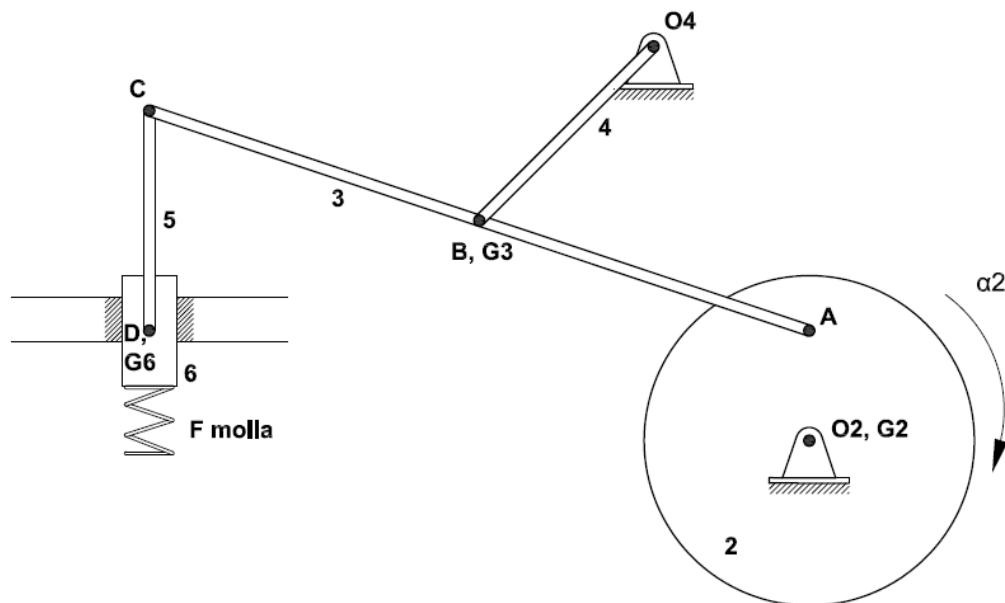


- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 8 tema 8.mec**

*Solució:  $M_m = 30 \text{ N.m}$ , antihorari*

9. El mecanisme de la figura està dissenyat per provar molles d'acer a compressió. Treballa en un pla vertical i parteix del repòs en la posició que s'indica ( $90^\circ$ ). En aquesta posició i instant, la molla exerceix una força sobre el mecanisme de  $F = 2.000 \text{ N}$ . L'acceleració  $\alpha_2$  d'arrancada de la baula 2, baula motora, en aquest instant inicial i per aquesta situació ha de ser de  $\alpha_2 = 12,5 \text{ rad/s}^2$ , horària. Calculeu:
- El parell motor  $M_2$  necessari en mòdul i sentit per arrancar en aquesta posició en aplicar a la baula 2 una acceleració de  $\alpha_2 = 12,5 \text{ rad/s}^2$  horària.
  - Les acceleracions dels centres de masses de les baules 3 i 6, ( $a_{G3}$ ,  $a_{G6}$ ) i l'acceleració angular de les baules 3, 4, 5 ( $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ ,  $\alpha_5$ ), totes en mòdul, direcció i sentit.
  - La força d'inèrcia d'Alembert i el moment d'inèrcia d'Alembert de totes les baules amb massa i indiqueu-ne la direcció i el sentit al mecanisme.
  - Les reaccions a les articulacions C i  $O_4$  en mòdul, direcció i sentit.

Dades: problema 31 tema 7



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 9 tema 8.mec**  
Solució:  $M_m = 76,7 \text{ N.m}$  horari;  $\alpha_4 = 5,35 \text{ rad/s}^2$  antihorari

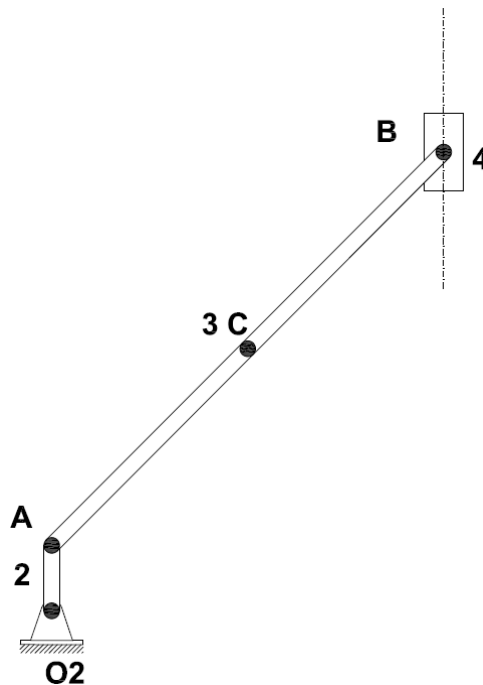
10. El mecanisme de la figura està dissenyat per fer estampacions mitjançant el pistó C. Treballa en el pla vertical i parteix del repòs a la posició que s'indica ( $90^\circ$ ). L'acceleració  $\alpha_2$  d'arrancada de la baula 2, baula motora, en aquest instant inicial i per a aquesta posició és de  $\alpha_2 = 15 \text{ rad/s}^2$ , horària. Calculeu:
- El parell motor  $M_2$  necessari en mòdul i sentit, per arrancar en aquesta posició, en aplicar a la baula 2 una acceleració  $\alpha_2 = 15 \text{ rad/s}^2$  horària.
  - Les acceleracions dels centres de masses de les baules 2, 3, i 4 i l'acceleració angular de la baula 3, en mòdul direcció i sentit, amb el *polígon d'acceleracions*.
  - La força d'inèrcia d'Alembert i el moment d'inèrcia d'Alembert de totes les baules, i indiqueu-ne la direcció i el sentit **al mecanisme**.
  - Les reaccions a les articulacions A, B,  $O_2$  i la reacció de la guia C (suposem que només té contacte a la part dreta de la guia durant el seu funcionament i desestimem les forces de fregament), en mòdul, direcció i sentit.

Mesures en mm i dades màssiques:

Baula 2:  $l_2 = 50$ ; centre de masses a  $O_2$ ,  $m_2 = 54 \text{ kg}$ ;  $I_2 = 0,045 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Barra 3:  $l_3 = 425$ ; homogènia,  $m_3 = 3 \text{ kg}$

Pistó 4:  $m_4 = 50 \text{ kg}$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 10 tema 8.mec**

Solució:  $M_m = 44 \text{ N}\cdot\text{m}$  horari;  $\alpha_3 = 3,25 \text{ rad/s}^2$  antihorària;  $A_x = 866,5 \text{ N}$

**11.** El mecanisme de la figura està dissenyat per fer estampacions mitjançant l'esfera C. Treballa al pla vertical i parteix del repòs en la posició que s'indica ( $90^\circ$ ). *El parell cinemàtic entre la baula 4 i la seva guia presenta una oposició a l'arrancada en forma de fregament.* El coeficient d'adherència és de  $\mu = 0,5$ . Calculeu:

- El parell motor  $M_2$  necessari per arrancar en aquesta posició, en aplicar a la baula 2 una acceleració de  $\alpha_2 = 4 \text{ rad/s}^2$  antihorària, mitjançant el mètode de reducció dinàmica.
- L'acceleració del centre de masses de la barra 4, l'acceleració del punt C i les acceleracions angulars de les baules 3 i 4 ( $\alpha_3, \alpha_4$ ). Demostreu mitjançant el polígon d'acceleracions els valors obtinguts per les acceleracions calculades.
- L'apartat a) mitjançant el mètode de les potències virtuals.
- El valor de les reaccions en mòdul, direcció i sentit del suport  $O_2, O_4$  i de les articulacions A i B. És imprescindible elaborar els DSL plantejant correctament l'equilibri dinàmic de cadascuna de les baules del mecanisme.

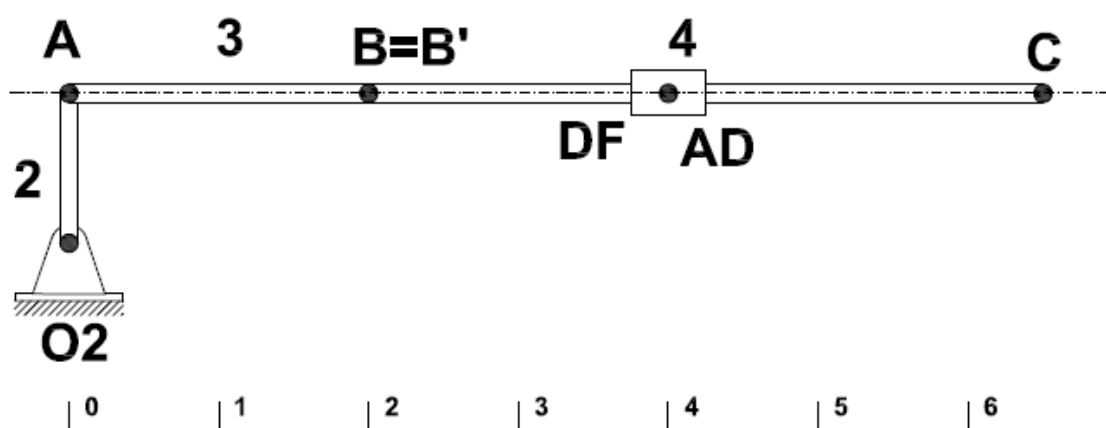
Mesures en mm i dades massiques:

$$O_2O_4 = (4.000, 1.000)$$

Baula 2:  $l_2 = 1.000$ ; centre de masses en  $O_2$ ;  $I_{O_2} = 5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ,  $m_2 = 15 \text{ kg}$

Baula 3:  $l_3 = 2.000$ ; sense massa

Baula 4 :  $l_4 = 4.500$ ;  $m_4 = 50 \text{ kg}$ ; homogènia



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 11 tema 8.mec**

*Solució:  $M_m = 465,25 \text{ Nm}$  antihorari*



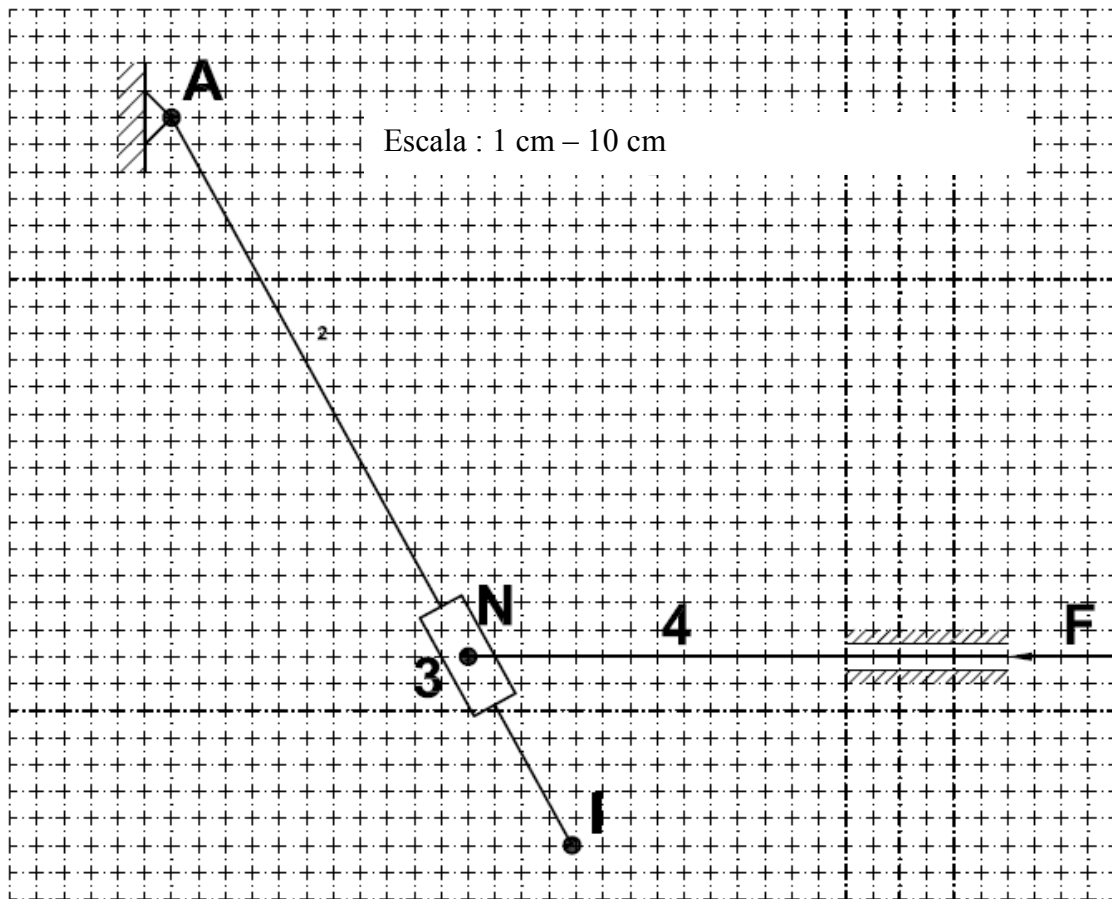
12. El mecanisme de la figura esquematitza el comandament d'un timó anomenat Rapson en què la canya del timó (2) està accionat per una lliscadora (3) que rep el moviment de la barra (4). La barra (4), tal com s'indica a la figura, presenta una velocitat constant de 10 cm/s amb la mateixa direcció i sentit que s'indica, i rep una  $F$  exterior de 200 N. Per a aquesta posició i per a l'instant que es representa a la figura, us demanem que:
- Determineu la velocitat de la lliscadora respecte de la canya del timó.
  - Determineu l'acceleració relativa de la lliscadora respecte de la canya del timó mitjançant el polígon d'acceleracions.
  - Establiu les acceleracions angular del timó i de la lliscadora mitjançant el polígon d'acceleracions.
  - Per una avaria inesperada, el mecanisme s'ha vist obligat a fer una parada. Afortunadament, el problema ja ha estat resolt i s'ha d'arrancar de nou el mecanisme del timó. L'acceleració d'arrancada de la barra (4) ha de ser de  $a_4 = 2 \text{ m/s}^2$  per posar en marxa el mecanisme. Calculeu, mitjançant reducció, el moment  $M_2$  que cal aplicar al timó perquè el mecanisme arranqui amb aquesta acceleració. No considereu la força de 200 N.
  - Determineu les forces i parells d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa.
  - Elaboreu els DSL amb equilibri dinàmic per a cadascun dels elements del mecanisme i per al conjunt, i indiqueu les forces i parells d'inèrcia d'Alembert.

Dades màssiques apartats d, e i f:

Baula 2:  $m_2 = 25 \text{ kg}$  homogènia

Baula 3: sense massa

Baula 4:  $m_4 = 150 \text{ kg}$ ; homogènia.



Solució:  $a_{n3/n2} = 9,68 \text{ mm/s}^2$ ;  $M_m = 231,9 \text{ Nm horari}$

13. Les dades corresponen a un prototip de grueta de port, fet a escala de proves. S'ha d'incorporar un motor adequat per dur a terme les proves d'elevació i descens de càrrega. Per això, es considera que el motor ha de proporcionar una acceleració angular d'arrancada a la baula 2 de  $\alpha_2 = 10 \text{ rad/s}^2$  antihorari. Es considera que a l'extrem P hi ha una càrrega de 100 N. Posició de la manovella:  $96^\circ$ . Resoleu els apartats següents:
- Esquematitzeu el mecanisme a escala.
  - Determineu en mòdul, direcció i sentit el parell motor  $M_m$  que cal aplicar a la baula 2 en aquest instant perquè el mecanisme arranqui amb l'acceleració i el sentit de moviment requerits, mitjançant el mètode de les potències virtuals.
  - Determineu en mòdul, direcció i sentit el par motor  $M_m$  que cal aplicar a la baula 2 en aquest instant perquè el mecanisme arranqui amb l'acceleració i el sentit de moviment requerits, mitjançant el mètode de reducció dinàmica.
  - Trobeu la reacció de l'articulació B en mòdul, direcció i sentit. Plantegeu els diagrames del sòlid lliure en equilibri dinàmic amb les forces i els moments en verdader sentit per a cadascun dels elements del mecanisme.

Mesures en m i dades màssiques:

Baula 2:  $l_2 = 0,785$ ; homogènia,  $m_2 = 10$  kg

Baula 3:  $AB = 0,356$ ;  $AP = 1,09$ ; homogènia,  $m_3 = 8$  kg

Baula 4:  $l_4 = 0,950$ ; homogènia,  $m_4 = 15$  kg

$O_2O_4 = 0,544$

Distàncies CIR:  $AI_{13} = 1,72$ ;  $BI_{13} = 1,68$ ;  $GI_{13} = 1,65$ ;  $PI_{13} = 1,79$

- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 13 tema 8.mec**

*Solució:  $M_2 = 20,6$  N.m antihorari*

**14.** L'esquema cinemàtic representa un mecanisme en què la baula seguidor (6) fa un treball de perforació per pous d'aigua. Per assegurar que en la posició de treball, aquesta baula pugui impactar amb la força requerida, la baula 6 ha d'arrancar amb una acceleració en **sentit ascendent de  $5 \text{ m/s}^2$** . El mecanisme consta de 6 baules. La biela és guiada per la baula 4, la qual està unida a bancada i pot rotar-hi. La màquina representada es troba en repòs i en la posició inicial ( $90^\circ$  respecte de la horitzontal). Considereu fregament nul. Resoleu els apartats següents:

- Determineu en mòdul, direcció i sentit el parell motor  $M_m$  que cal aplicar a la baula 2 en aquest instant perquè la baula 6 arranqui amb acceleració i sentit de moviment requerits.
- Quina és l'acceleració requerida a la baula motor ( $\alpha_2$ ) en aquestes condicions en mòdul, direcció i sentit?
- Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa d'aquest mecanisme en mòdul, direcció i sentit. Indiqueu-ho al mecanisme gràficament.
- Plantegeu els diagrames del sòlid lliure en equilibri dinàmic de cada baula i del conjunt del mecanisme. Trobeu la reacció que rep el pistó (6) en mòdul, direcció i sentit.

Mesures en mm i dades màssiques:

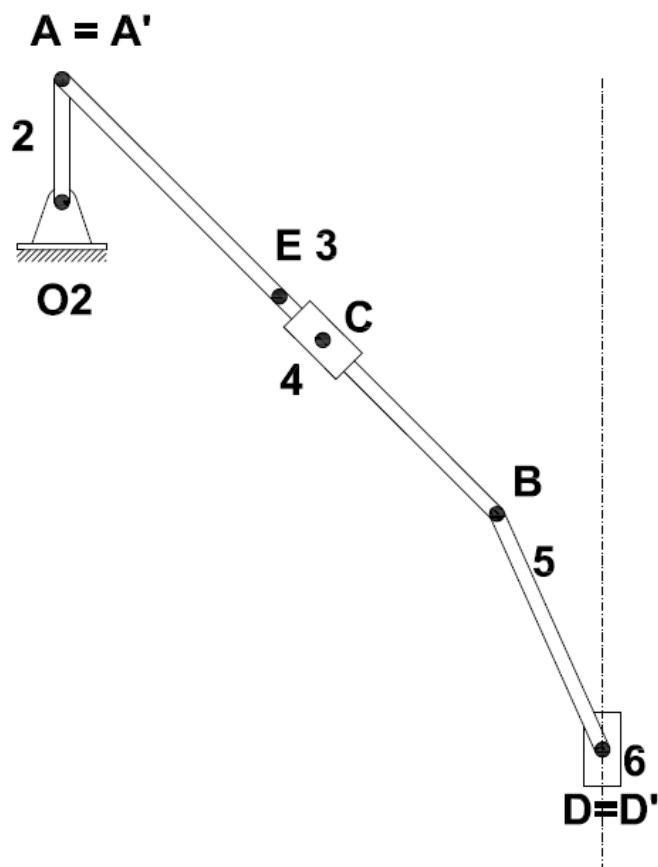
Baula 2:  $l_2 = 1.000$ ;  $I_2 = 300 \text{ kg.m}^2$ ; centre de masses a  $O_2$

Baula 3:  $l_3 = 5.000$ ;  $m_3 = 400$  kg; homogènia

Baula 4: sense massa

Baula 5:  $l_5 = 2.100$ ; massa desestimable

Pistó 6:  $m_6 = 500$  kg



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 14 tema 8.mec

Solució:  $M_m = 11.939 \text{ N.m}$  antihorari;  $\alpha_2 = 5 \text{ m/s}^2 \text{ rad/s}^2$  antihorari

15. L'objectiu del problema és calcular el moment motor necessari per arrancar depenent de la posició del mecanisme. La manovella del mecanisme de la llimadora ha d'arrancar amb una acceleració angular  $\alpha_2 = 10 \text{ rad/s}^2$  i en sentit horari. A més, una força de 500 N s'aplica a l'actuador (pistó 6) per representar l'oposició de les forces externes. Aquesta força té una direcció horitzontal i sempre s'ha de considerar que actua en contra de la direcció del moviment del pistó independentment de la posició de càlcul. Calculeu:

- El moment motor  $M_2$  necessari per arrancar el mecanisme en la posició assignada. El càlcul s'ha de fer mitjançant el mètode de reducció.
- Les forces i moments d'inèrcia d'Alembert per a totes les baules amb massa.

Mesures en mm i dades màssiques:

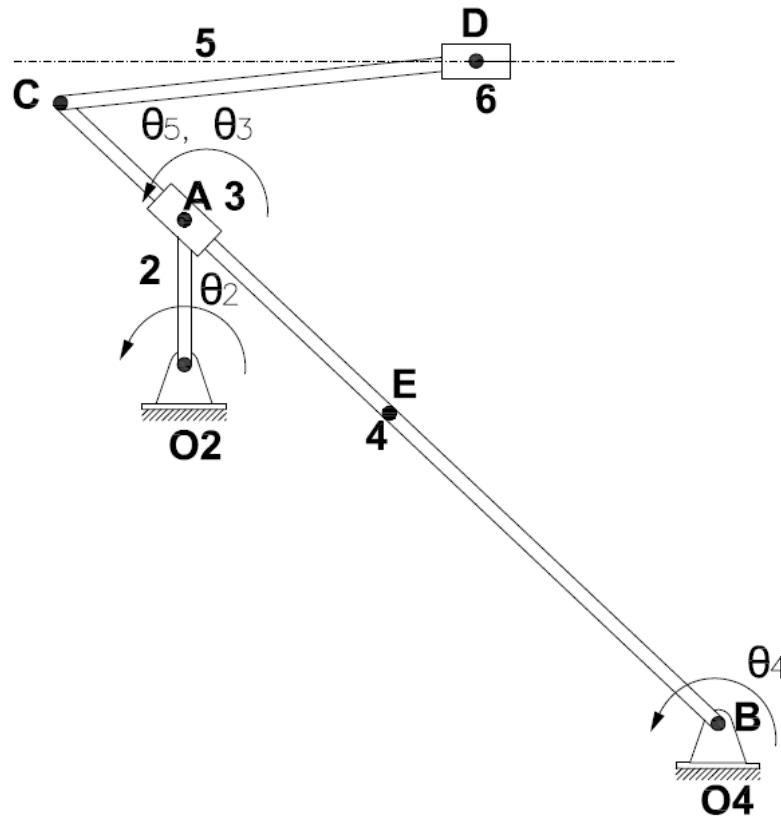
Baula 2:  $l_2 = 125$ ;  $m_2 = 50$  kg;  $I_{O_2} = 4$  kg.m<sup>2</sup>

Baula 4:  $l_4 = 780$ ;  $m_4 = 10$  kg; homogènia, centre de gravetat a E

Baula 5:  $l_5 = 360$ ; massa menyspreable

Pistó 6:  $m_6 = 10$  kg

$O_2O_4 = (460, 310)$



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 15 tema 8.mec

**16.** L'esquema de la figura representa un mecanisme de tancament i d'obertura d'una vàlvula automàtica. Mitjançant el balancí 4 es produeix el tancament i l'obertura del sistema. S'ha d'arrancar el mecanisme amb una acceleració angular aplicada al volant (baula 2) igual a  $\alpha_2 = 2 \text{ rad/s}^2$ , horària, de manera que el mecanisme pugui passar de la posició representada (mecanisme obert) a la posició de tancament. Sobre la baula 6 (balancí de sortida) s'aplica un par de valor  $M_6 = 200 \text{ N.m}$  antihorari. Amb aquestes condicions s'ha de calcular:

- El valor del moment motor que cal aplicar al volant (baula 2) per arrancar en l'acceleració indicada mitjançant reducció. Justifiqueu adequadament el perquè es pot aplicar el mètode de reducció per trobar el moment.
- Les forces d'inèrcia i els moments d'inèrcia d'Alembert de cadascuna de les baules del mecanisme.
- El moment motor mitjançant el mètode de potències virtuals.
- Trobeu l'acceleració relativa de la lliscadora 3 respecte de la seva guia ( $a_{E3/E4}$ ), l'acceleració angular de la baula 5 ( $\alpha_5$ ) i l'acceleració del centre de masses de la baula 6 ( $a_{G6}$ ), en mòdul, direcció i sentit mitjançant el polígon d'acceleracions.
- Trobeu la reacció de la guia 4 sobre la lliscadora 3 (E) en mòdul, direcció i sentit.
- Trobeu les reaccions dels suports del volant C (baula 2) i del balancí A, (baula 6) en mòdul, direcció i sentit.
- Dibuixeu el DSL de l'equilibri dinàmic de cada element del mecanisme i del conjunt.

Dades màssiques:

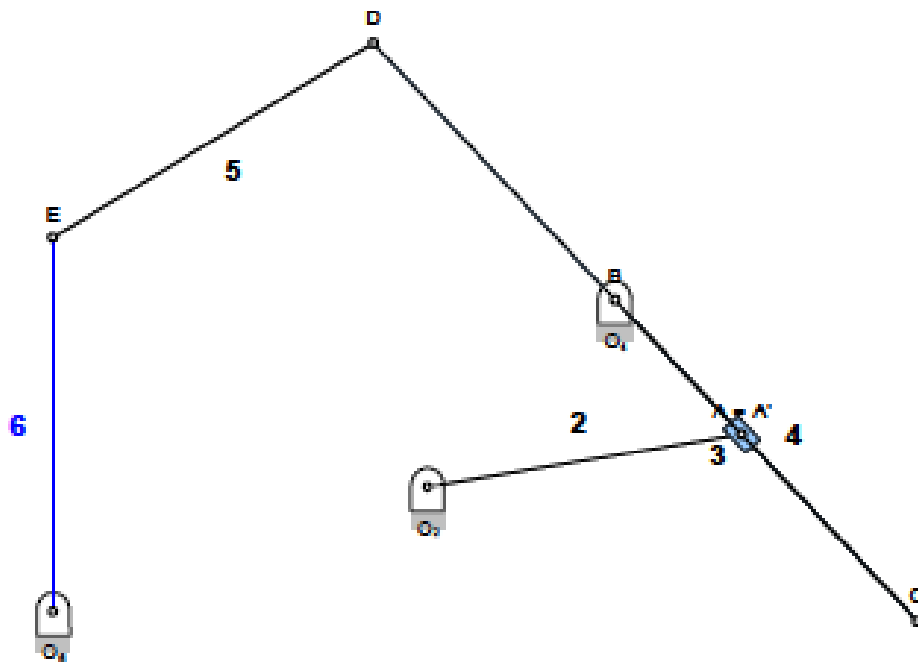
Volant 2: centre de masses a C;  $I_c = 50 \text{ kg.m}^2$ ;  $m_2 = 80 \text{ kg}$

Lliscadora 3: sense massa.

Balancí 4: centre de masses a  $G_4$ ;  $I_{G_4} = 150 \text{ kg.m}^2$ ;  $m_4 = 100 \text{ kg}$

Biela 5: sense massa

Balancí 6: homogènia;  $m_6 = 20 \text{ kg}$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 16 tema 8.mec**

*Solució:  $M_m: 525,7 \text{ Nm}$*

**17.** El mecanisme de la figura correspon a una barrera articulada, el qual s'utilitza quan es disposa d'una alçada limitada per aixecar la barrera. El mecanisme està format per dos braços iguals en longitud que formen part del mecanisme esquematitzat.

La posició de càlcul és al de  $0^\circ$  amb l'horitzontal. Els fregaments els considerem negligibles. Calculeu per a la posició de la figura (vegeu classificació):

- El valor del parell motor que cal aplicar a la baula 2 ( $M_2$ ) de manera que la baula 2 es comenci a aixecar amb una acceleració igual a  $1,15 \text{ rad/s}^2$ .
- Calculeu el valor de l'acceleració angular de la baula 4 i de la baula 3 per al polígon d'acceleracions en mòdul, direcció i sentit.
- Determineu les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules del mecanisme i indiqueu-ne el mòdul, direcció i sentit.
- Les reaccions en els suports  $O_2$  i  $O_4$  del mecanisme i el valor de la reacció a l'articulació A en mòdul, direcció i sentit. Elaboreu els diagrames de cada element del mecanisme en equilibri dinàmic.
- Per calcular el moment motor  $M_2$  a la meitat del recorregut de la barrera ( $45^\circ$ ), quin o quins mètodes de resolució es podrien utilitzar? Justifiqueu adequadament la resposta d'acord amb la teoria.

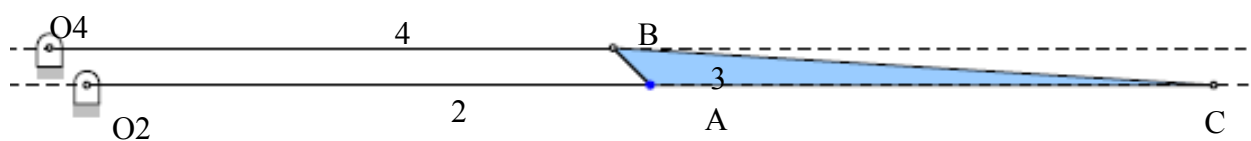
Mesures en mm i dades màssiques:

Baula 2:  $l_2 = 1.500$ ; homogènia (a  $l_2/2$ );  $m_2 = 6$  kg

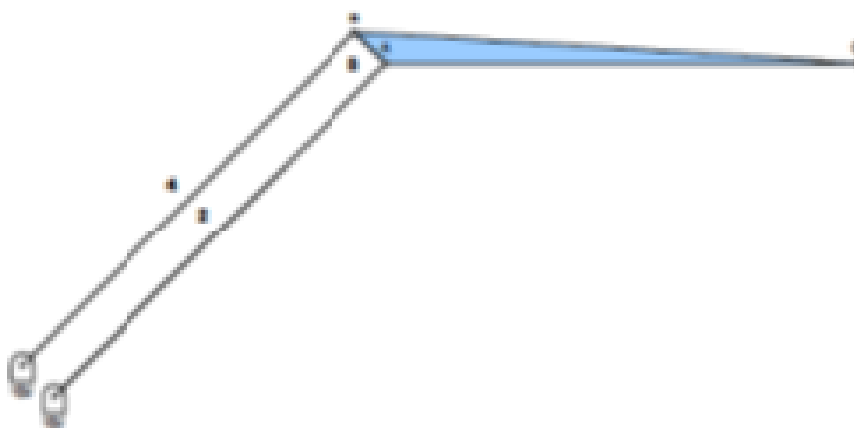
Baula 3:  $AB = 140$  mm;  $AC = 1500$ ;  $m_3 = 6$  kg; homogènia (centre de masses a  $AC/2$ ); Baula 4:  $l_4 = 1.500$ ; no considereu massa

$g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>

Posició de càlcul, apartats a, b, c, i d:



Posició de càlcul, apartat e:



- Vegeu simulació del mecanisme a: problema 17 tema 8.mec

*Solució:  $M_{motor} = 156$  Nm;  $\alpha_4 = \alpha_2 = 1,16$  rad/s<sup>2</sup>*

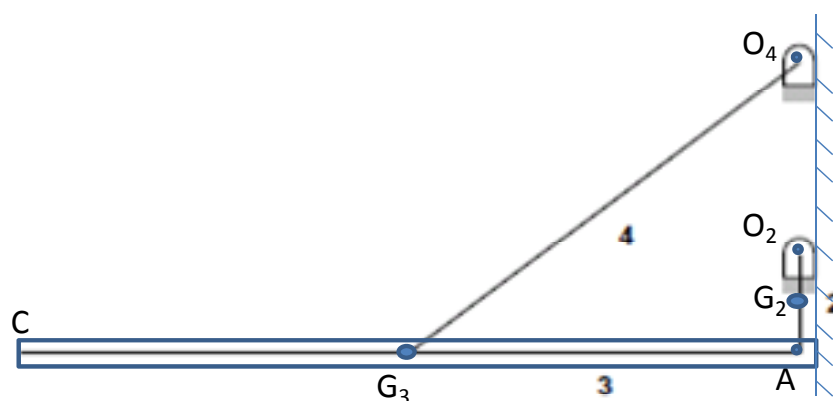


18. El mecanisme de la figura representa una taula plegable automàtica que pot passar de la posició vertical arrambada a la paret (baula 2,  $90^\circ$ ) en la posició horitzontal (baula 2,  $270^\circ$ ). En aquesta posició, la cantonada de la taula es recolza contra la paret. Els fregaments els considerem negligibles. Calculeu:

- El valor del parell motor que cal aplicar a la baula 2 ( $M_2$ ) perquè la taula (baula 3) es comenci a plegar amb una acceleració igual a  $1 \text{ rad/s}^2$  mitjançant el mètode de reducció.
- Les forces d'inèrcia d'Alembert i els moments d'inèrcia d'Alembert de les baules del mecanisme i indiqueu-ne el mòdul, direcció i sentit.
- El valor del parell motor que cal aplicar a la baula 2 ( $M_2$ ) de manera que la taula (baula 3) es comenci a plegar amb una acceleració igual a  $1 \text{ rad/s}^2$  mitjançant el mètode de les potències virtuals. Per què es poden utilitzar els dos mètodes per solucionar aquest problema?
- Les reaccions en els suports  $O_2$  i  $O_4$  del mecanisme i el valor de la reacció de la paret sobre la taula ( $N$ ) en mòdul, direcció i sentit. Elaboreu els diagrames de cada element del mecanisme en equilibri dinàmic.
- Si cal que l'acceleració d'elevació de la taula sigui la meitat (baula 3), quins paràmetres dinàmics es veuran afectats per aquesta mesura?

Mesures en mm i dades massiques:

Baula 2:  $l_2 = 70$ ; centre de masses en  $G_2$  (a  $L_2/2$ );  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ;  $I_2 = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; Baula 3:  $AG_3 = G_3C = 280$ ; homogènia,  $m_3 = 10 \text{ kg}$ ; Baula 4:  $l_4 = 350$ ; no considereu massa,  $O_2O_4 = (0, 140)$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 18 tema 8.mec**

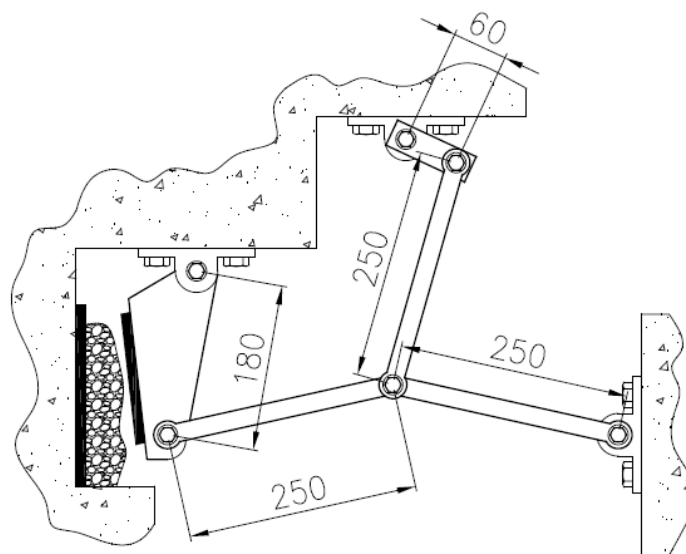
*Solució:  $Mm = 12,73 \text{ Nm horari}$ ;  $a_{g2} = 0,105 \text{ m/s}^2$*

19. El mecanisme de la figura representa l'esquema d'un mecanisme per esmicolar pedres. Es consideren negligibles els fregaments a tot el mecanisme. Si el mecanisme, **que està en repòs**, vol arrancar amb la posició angle de la manovella amb l'horitzontal  $\vartheta=25^\circ$ , **per tal que el balancí 6** comenci a rotar amb una acceleració igual a  $3 \text{ rad/s}^2$ , i pugui vèncer l'oposició de les roques quantificada en  $F=500\text{N}$ , calcular :

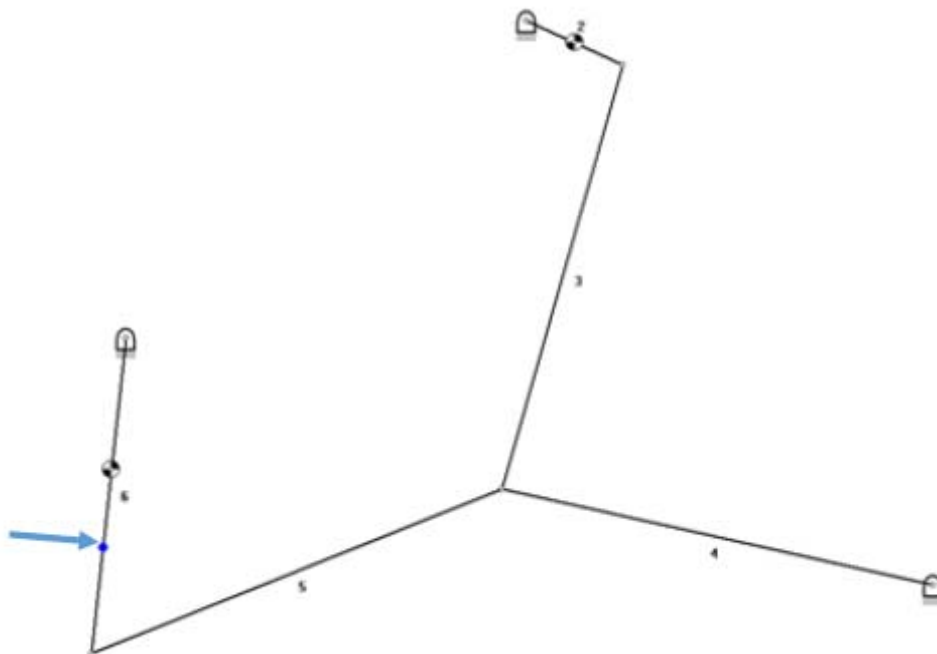
- El valor i el sentit del parell motor a aplicar a la baula 2 ( $M_2$ ) tal que el balancí 6 compleixi les condicions de l'enunciat per reducció dinàmica. Justificar per què es pot aplicar aquest mètode.
- El valor de l'acceleració angular de la baula 2 i el valor de les acceleracions dels centres de masses de les baules 2 i 6, en **mòdul, direcció i sentit**.
- Les reaccions en el suport  $O_4$ , i a les articulacions A i C en mòdul, direcció i sentit. **Establir els diagrames de cada element del mecanisme en equilibri dinàmic en verdader sentit.**
- Si el mecanisme estigues en règim permanent, justificar quins mètodes dinàmics es podrien utilitzar per calcular l'apartat a. Aquest problema, es dinàmica directa o inversa? Justificar adequadament.

Dades:

Baula 2:  $l_2 = 60 \text{ mm}$ ;  $I_{G2}=6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  ; massa = 2 kg, homogènia; Baula 3:  $l_3= 250 \text{ mm}$ ; no considerar la massa; Baula 4:  $l_4= 250 \text{ mm}$ ; no considerar la massa; Baula 5:  $l_5= 250 \text{ mm}$ ; no considerar la massa; Baula 6:  $l_6 = 180 \text{ mm}$ ;  $O_6G_6=60 \text{ mm}$ ; distància  $O_6$  punt aplicació força  $F$  :  $115 \text{ mm}$ ; massa = 10 kg,  $I_{G6} = 20 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$



(DIBUIX ESQUEMÀTIC DEL MECANISME)  
-NO UTILITZAR PER CàLCUL-



*Solució:  $M\dot{m} = 110 \text{ Nm horari}$ ;  $A = 414 \text{ N a } 17^\circ$*

20. L'esquema cinemàtic modelitza la plataforma d'un transport de vehicles com el de la fotografia inferior. Per aquesta posició, el pistó inferior del mecanisme ha d'aplicar una força tal que la plataforma on descansa el cotxe comenci a elevar-se amb una acceleració igual a  $0,5 \text{ rad/s}^2$ . La massa del cotxe és igual a  $m=1650 \text{ kg}$ . No considerar el fregament en cap cas. Es demana:

- Càlcul de la força a aplicar per el Pistó per tal de que la plataforma s'elevi en les condicions establertes a l'enunciat mitjançant el mètode de reducció.
- Determinar les acceleracions angulars de les baules 2 i 3, així com les acceleracions del centres de masses de les baules 3 i 6 en mòdul, direcció i sentit.
- Hi ha algun element que tingui o pugui tenir en algun moment acceleració de Coriolis? Si hi ha, calcular i justificar el valor que obtingueu de l'acceleració de Coriolis per la posició de l'enunciat.
- Determinar el mòdul, direcció i sentit les forces i moments d'inèrcia d'Alembert de les baules amb massa.

f) Determinar el valor de les reaccions a les articulacions A, C i Q en mòdul, direcció i sentit. Realitzar tots els DSL de l'equilibri dinàmic de cada un dels elements i del mecanisme en el seu conjunt.

g) Si l'acceleració de la plataforma es duplica en mòdul, quins paràmetres dinàmics s'incrementaran o disminuiran en mòdul? Afectarà al valor de les reaccions dels suports? Justifiqueu en quin mode canvien i perquè.

Dades:

Baula 2: centre de masses a A,  $I_2 = 100 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

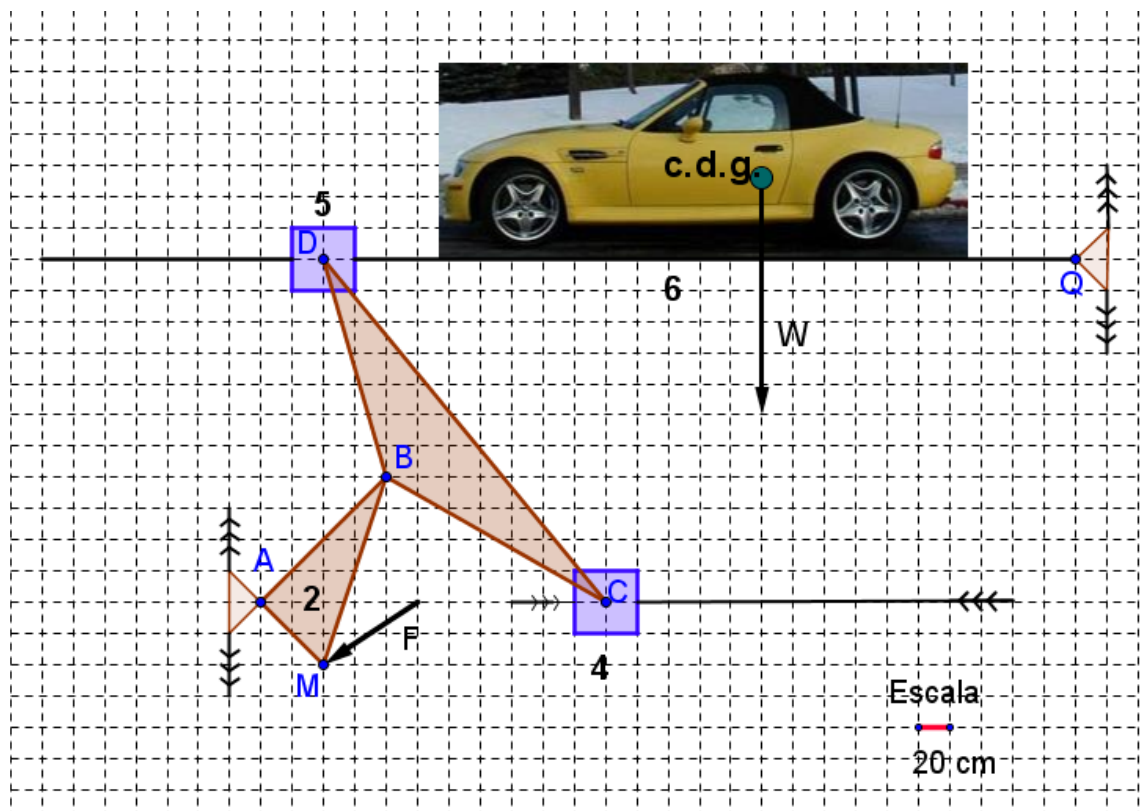
Baula 3: centre de masses indicat a la figura (H),  $I_3 = 50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ,  $m_3 = 25 \text{ kg}$

Baules 4 i 5 sense massa.

Baula 6, plataforma, massa: 50kg, homogènia.

Considerar el cotxe com una força externa i no com una part del mecanisme.

Utilitzar  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



Solució:  $F = 13.828 \text{ N}$  amb sentit contrari a l'indicat a la figura;  $A_x = 11.539 \text{ N}$  ←

21. L'esquema cinemàtic representa un prototip de grua de port a escala per a proves. S'ha d'incorporar un motor adequat para realitzar las proves de pujada i baixada de càrrega. Per això, es considera que el motor ha de proporcionar una acceleració angular d'arrancada a la baula 2 de  $a_2 = 10 \text{ rad/s}^2$  horària. Es considera que a l'extrem C hi ha una càrrega de 100N. Posició de la manovella (baula 2):  $148^\circ$ . Calcular:

- Determinar en mòdul, direcció i sentit el parell motor  $M_m$  a aplicar a la baula 2 en aquest instant per a que el mecanisme arranqui amb l'acceleració i sentit de moviment requerit pel sentit de l'acceleració mitjançant el mètode de Reducció Dinàmica. Explicar com s'ha resolt el problema amb aquest mètode (bases teòriques).
- Calcular les reaccions a les articulacions A i B, i, determinar els diagrames del sòlid lliure en equilibri dinàmic amb les forces i moments per a cada un dels elements del mecanisme.
- Si l'acceleració es duplica, quins paràmetres dinàmics canvien en la resolució del problema? Justificar adequadament.

Dades (mesures en m):

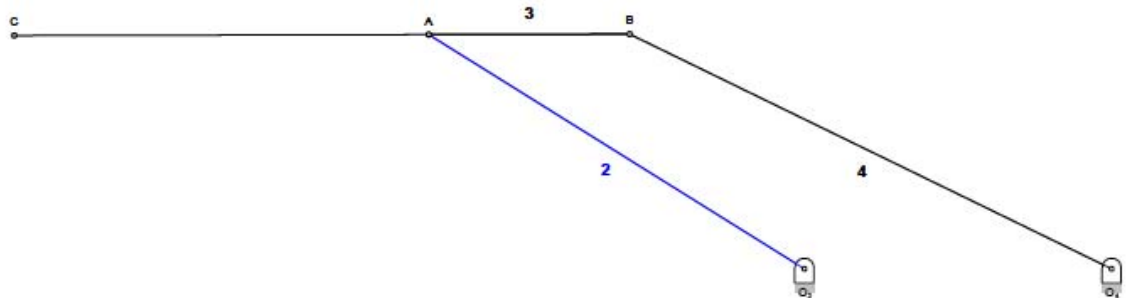
Baula 2: longitud = 0.785, homogènia, massa: 10 kg;

Baula 3: longitud = 1.09 (AB = 0.356) homogènia, massa: 8 kg.

Baula 4: longitud: 0.950, homogènia, massa: 15 kg

Distància  $O_2O_4 = 0.544 \text{ m}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$



- **Vegeu simulació del mecanisme a: problema 13 tema 8.mec**

*Solució:  $M_2 = 285 \text{ Nm}$  horari; compareu el resultat amb els del problema 13 i identifiqueu la influència de la posició en l'arranc d'un mecanisme o màquina.*

**22.** L'Empresa de fruits secs, "Norjes", està instal·lant el seu nou tancador de bosses d'avellanes hermètic. Per això compta amb un mecanisme com el de la figura per realitzar el treball. No obstant això, els instal·ladors no saben quin parell han d'aplicar a la baula 2 per tal de arrancar el mecanisme amb una acceleració de  $\alpha_2$ : 20 rad/s<sup>2</sup> antihorària. En aquesta posició, ha de vèncer una força aplicada a la petita plataforma D de  $F=10\text{N}$ , que es la força a aplicar sobre la bossa d'avellanes. Determinar:

- El mòdul del parell motor  $M_2$  a aplicar a la baula 2 per reducció dinàmica. Justificar adequadament per què es pot aplicar aquest mètode de càlcul.
- El mòdul del parell motor  $M_2$  a aplicar a la baula 2 per potències virtuals. Justificar adequadament per què es pot aplicar aquest mètode de càlcul.
- Determinar el valor de la reacció de la lliscadora 5 respecte la seva guia, del suport  $O_6$  i de l'articulació A, totes en mòdul direcció i sentit. Plantejar els DSL en equilibri dinàmic per resoldre aquest apartat.
- Realitzar el DSL en equilibri dinàmic del conjunt del mecanisme i de la lliscadora 5 amb les reaccions amb verdader sentit i direcció.
- Es un problema de dinàmica directa o inversa? Si dupliquem l'acceleració d'arrancada del mecanisme, com afectarà al parell motor calculat i a les reaccions? Justificar sense l'ajuda de càlculs numèrics.

Dades:

Posició de la maneta  $\theta_2 = 90^\circ$  respecte l'horitzontal

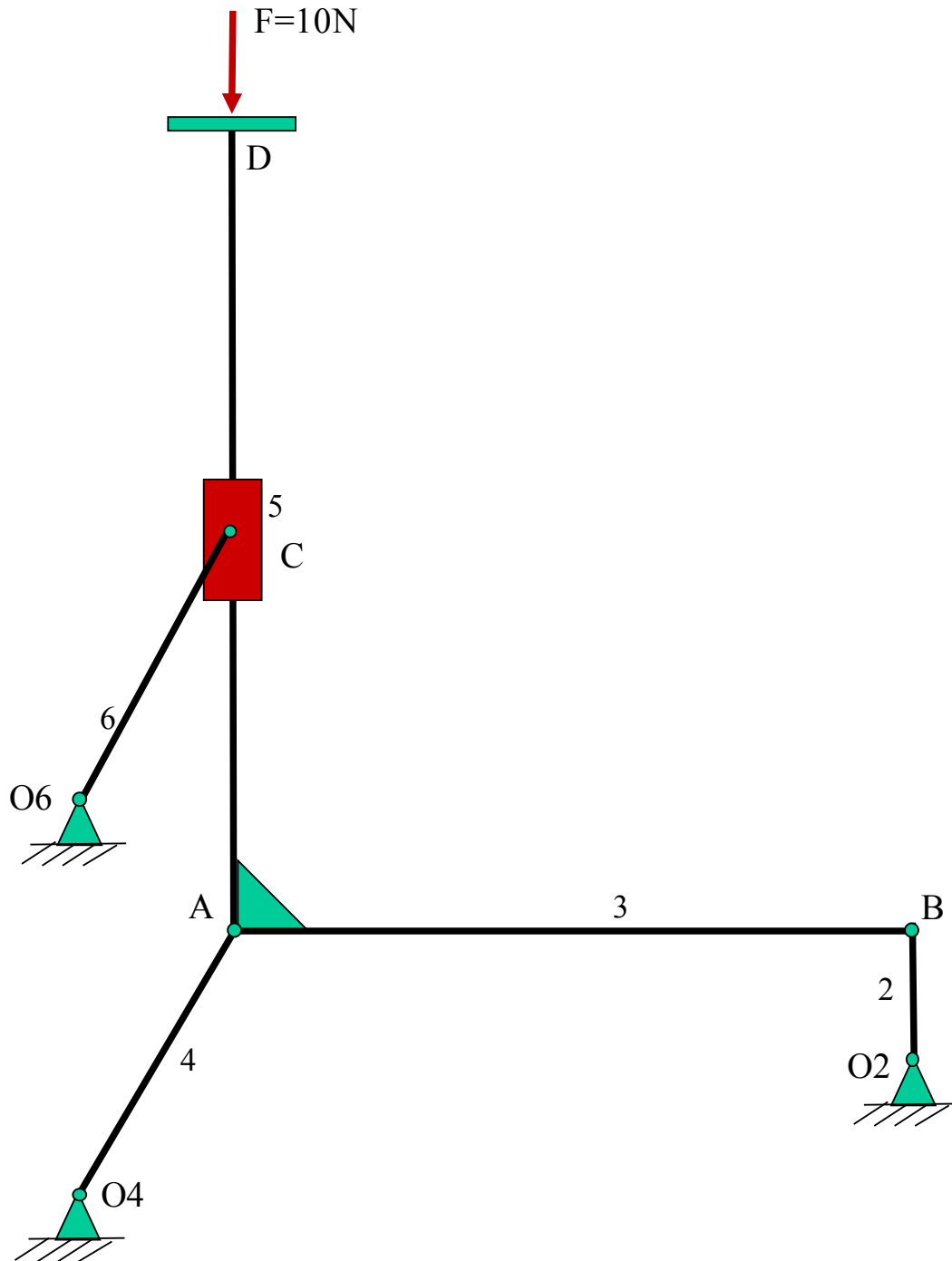
Baula 2: longitud 20cm; centre de masses al centre geomètric de la baula; massa = 3kg

Baula 3: longitud AB: 105cm; CA: 62cm; massa menyspreable

Baula 4: longitud 47cm; centre de masses al centre geomètric de la baula; massa = 7kg

Baula 5: massa menyspreable

Baula 6: longitud 47cm; centre de masses al centre geomètric de la baula; massa = 7kg



Solució:  $M_2 = 12\text{Nm}$  antihorari;  $A_x = 28,6\text{ N}$  ←





**BLOC 4**  
**DISSENY DE LLEVES**



# Tema 9

## Disseny de lleves

**Cal tenir en compte:**

**Diversos problemes d'aquesta col·lecció estan solucionats mitjançant fulls de càlcul.**

1. Es requereix d'un mecanisme lleva de disc amb seguidor per traslladar caixes verticalment des de una plataforma inferior a una altra superior. L'esquema del mecanisme a utilitzar està representat a la figura adjunta. El moviment del seguidor durant un cicle de treball ha de ser:

Pujada de 2 cm en un temps  $t_1 = 1.2s$

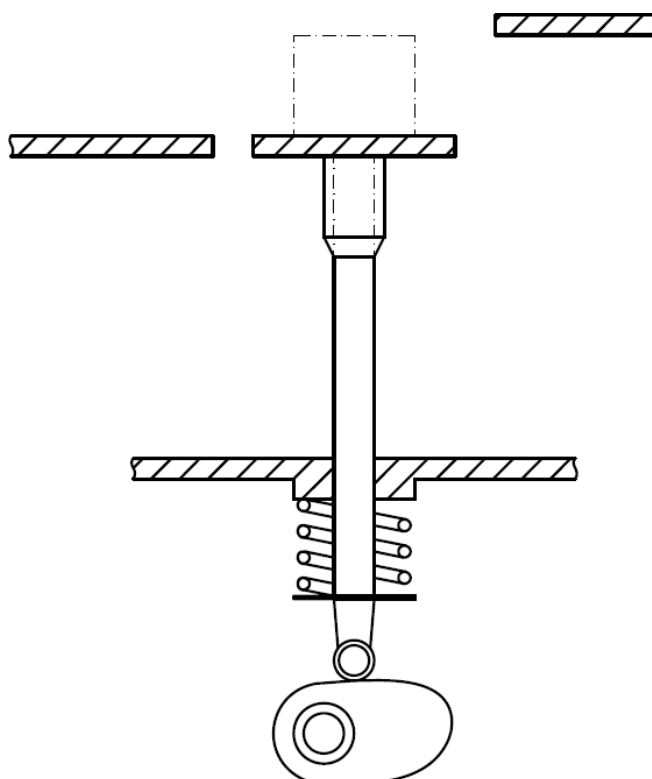
Aturada a  $t_2=0.3s$

Retorn de 1 cm a  $t_3=0.9s$

Manteniment a  $t_4=0.6s$

Retorn de 1 cm a  $t_5=0.9s$  Calcular:

- Quin és el temps  $T$  total per a un cicle de treball?
- Quina ha de ser la velocitat de rotació de la lleva,  $w$ ?
- Determinar la rotació de la lleva ( $\theta$ ) per a cadascun dels 5 intervals de moviment del seguidor.
- Determinar el diagrama de desplaçaments del seguidor respecte la posició de la lleva.



2. S'ha de dissenyar una lleva que accioni les vàlvules d'un motor de cotxe. Aquesta ha d'aixecar la vàlvula a la pujada, mantenint-se la vàlvula oberta i permetre l'admissió, per tancar-la immediatament després. Es manté tancada mentre tenen lloc la compressió i la combustió.

Especificacions:

Pujada:  $L = 25 \text{ mm}$  de  $0^\circ$  a  $90^\circ$

Baixada:  $L = 25 \text{ mm}$  de  $90^\circ$  a  $180^\circ$

Aturada:  $180^\circ$  en deteniment baix

Velocitat de la lleva,  $w = 15 \text{ rad/s}$ , cte.

Trobar:

- Per a una llei de desplaçament a velocitat constant, trobar les equacions que defineixin el moviment, la velocitat i l'acceleració del seguidor. Representar els diagrames de desplaçament, velocitat i acceleració de la lleva. Trobar el perfil més idoni.
- Per a una llei de desplaçament cicloïdal, trobar les equacions que defineixin el moviment, velocitat i acceleració del seguidor. Representar els diagrames de desplaçament, velocitat i acceleració del seguidor. Trobar el perfil més idoni.
- Comparar ambdues solucions i justificar el perfil més idoni.

- *Veure el disseny complet a la carpeta de Problemes lleves solució Excel: Carpeta problema 2 tema 9*

3. Una lleva de doble aturada impulsa una estació alimentadora de peces a una màquina de producció que fabrica pasta dental. El seguidor de la lleva contacta amb un tub de pasta de dents durant tot el deteniment baix. Posteriorment, mou el tub a l'estació de càrrega durant la pujada i, amb deteniment alt, el manté immòbil mentre s'emplena el tub amb la pasta. Finalment, retreu el tub per portar-lo a la posició inicial.

Especificacions del moviment del seguidor:

Deteniment baix de  $0^\circ$  a  $90^\circ$

Pujada de  $90^\circ$  a  $180^\circ$

Deteniment alt de  $180^\circ$  a  $270^\circ$

Baixada de  $270^\circ$  a  $360^\circ$

Desplaçament màxim del seguidor de translació:  $L = 25 \text{ mm}$

Velocitat angular de la lleva:  $1 \text{ rev/s}$ , constant

Determinar:

- Diagrames de desplaçament, velocitat, acceleració i sobre acceleració del seguidor respecte a la posició de la lleva.
- Perfil de la lleva, considerant diversos radis primitius.
- Calcular l'evolució de l'angle de pressió per a una excentricitat nul·la.
- Desenvolupar l'angle de pressió per aquest perfil de lleva.

Atenció: Realitzar l'exercici per les diferents lleis de moviment del seguidor vistes a la teoria.

- *Veure el disseny complet a la carpeta de Problemes lleves solució Excel: Carpeta problema 3 tema 9*

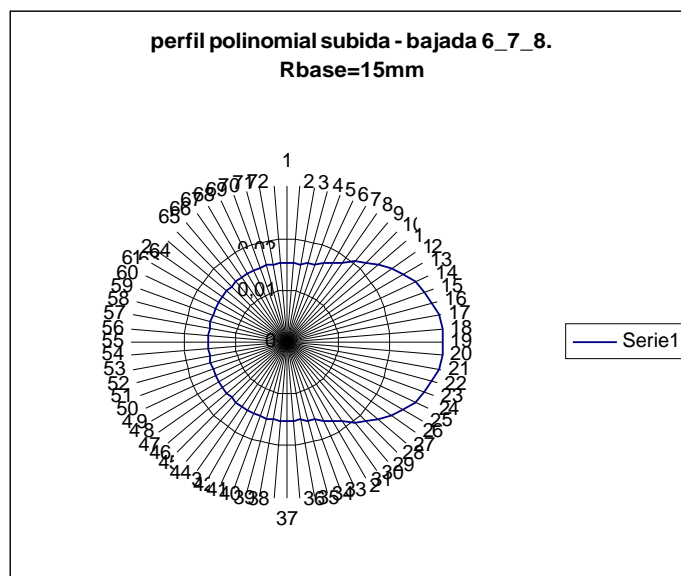
4. S'ha de realitzar el disseny d'una lleva on el seguidor amb moviment de translació té per missió aixecar, mitjançant un dispositiu acoblat, les solapes de sobres de paper fins una posició extrema per tal de generar contacte entre la solapa i el rodet que aplica el pegament. Aquest moviment es realitza sense deteniment (en posició elevada) i, una vegada aixecat, el seguidor torna a la seva posició inicial i es manté en deteniment baix fins el següent cicle. A partir de les dades de la taula següent, obtenir:

- Gràfiques de desplaçament del seguidor ( $y$ ), velocitat ( $y'$ ), acceleració ( $y''$ ) i sobre acceleració ( $y'''$ ) en funció de l'angle de lleva  $\vartheta$ .
- Es decideix que el perfil de lleva es realitzi amb un radi primitiu de 15mm, sense excentricitat. Completar la següent taula realitzant el càlculs necessaris.
- Indicar sobre el perfil de la lleva obtingut els punts crítics, el motiu d'aquests punts crítics i com es podrien solucionar.

	Màxima elevació L, valor en mm i posició/ne respecte la lleva $\vartheta$	Velocitat màxima, valor en m/s i posició/ns respecte a la lleva $\vartheta$	Acceleració Màxima, valor en m/s <sup>2</sup> i posició/nes respecte a la lleva $\vartheta$	Sobre acceleració màxima valor en m/s <sup>3</sup> i posició/ns respecte a la lleva $\vartheta$	Angle de pressió màxim $\beta$ , valor en graus i posició/ns respecte a la lleva $\vartheta$
Polinomial 6_7_8					

Leva polinomial detenimiento simple					
w leva = 15 rad/s constante					
grados fita	radianes fita	desplazamiento y m	velocidad y'	aceleración y''	sobreaceleración y'''
0	0,000	0,00000	0	0	0,142092498
5	0,08716385	0,00002	0,000531099	0,011995813	0,129178789
10	0,17432770	0,00012	0,002031998	0,021984131	0,097763304
15	0,26149155	0,00039	0,004269883	0,028772664	0,0571222
20	0,34865540	0,00088	0,006940511	0,031884022	0,014418338
25	0,43581925	0,00160	0,009722761	0,031380763	-0,025086473
30	0,52298310	0,00257	0,01231875	0,027708944	-0,057819238
35	0,61014695	0,00374	0,01448111	0,021560162	-0,081683543
40	0,69731080	0,00507	0,016029051	0,013752104	-0,095847311
45	0,78447465	0,00651	0,016854818	0,005127587	-0,100530565
50	0,87163850	0,00799	0,016922152	-0,003527892	-0,096793192
55	0,95880235	0,00944	0,016258372	-0,011550117	-0,086322703
60	1,04596620	0,01081	0,014941689	-0,018441605	-0,071221994
65	1,13313005	0,01203	0,013085367	-0,023898564	-0,053797112
70	1,22029390	0,01307	0,010820329	-0,027819355	-0,03634501
75	1,30745775	0,01391	0,008277847	-0,030294442	-0,020941315
80	1,39462160	0,01451	0,005573907	-0,031577857	-0,009228086
85	1,48178545	0,01488	0,002796861	-0,032040155	-0,002201577
90	1,56894930	0,01500	0	-0,032102876	0
95	1,65611315	0,01488	-0,002796861	-0,032040155	0,002201577
100	1,74327700	0,01451	-0,005573907	-0,031577856	0,009228086
105	1,83044085	0,01391	-0,008277847	-0,030294439	0,020941315
110	1,91760470	0,01307	-0,010820329	-0,027819348	0,03634501
115	2,00476855	0,01203	-0,013085367	-0,023898551	0,053797112
120	2,09193240	0,01081	-0,014941689	-0,018441582	0,071221994
125	2,17909625	0,00944	-0,016258372	-0,011550081	0,086322703
130	2,26626010	0,00799	-0,016922152	-0,003527839	0,096793192
135	2,35342395	0,00651	-0,016854818	0,005127663	0,100530565
140	2,44058780	0,00508	-0,016029051	0,013752208	0,095847311
145	2,52775165	0,00374	-0,01448111	0,021560301	0,081683543
150	2,61491550	0,00257	-0,01231875	0,027709124	0,057819238
155	2,70207935	0,00162	-0,009722761	0,031380992	0,025086473
160	2,78924320	0,00090	-0,006940511	0,031884308	-0,014418338
165	2,87640705	0,00042	-0,004269883	0,028773017	-0,0571222
170	2,96357090	0,00016	-0,002031998	0,021984559	-0,097763304
175	3,05073475	0,00007	-0,000531099	0,011996326	-0,129178789
180	3,14159265	0,00000	0	0	-0,142092498

El punt 1 del gràfic correspon a 0°



5. L'objectiu és dissenyar una lleva amb seguidor de pujada-baixada asimètrica, deteniment simple, a partir de les especificacions següents. El seguidor és de rodet amb moviment de translació alternativa vertical:

$$L = 8 \text{ mm}$$

0°-45° pujada

45°-180° baixada

180°-360° deteniment baix

Velocitat de la lleva (n) 100 rpm, constant.

Excentricitat inicial nul·la.

Determinar:

a) Donar un perfil de lleva realitzat amb les següents funcions de desplaçaments del seguidor:

- v constant
- cicloïdal
- polinomial

**• Veure el disseny complet a carpeta problemes lleves solució Excel: carpeta problema 5 tema 9**

6. Un mecanisme de lleva seguidor s'utilitza incorporat a una màquina automàtica de netejar sabates. El seguidor ha de realitzar la següent seqüència de moviments:

Elevació de 5 mm, temps  $t_1=0.7\text{s}$

Deteniment alt,  $t_2= 0.2\text{s}$

Baixada de 2.5 mm,  $t_3=0.5\text{s}$

Deteniment ,  $t_4=0.2\text{s}$

Baixada de 2.5 mm,  $t_5=0.5 \text{ s}$

***I es repeteix de nou la seqüència sencera per completar un cicle de treball.***

Calcular:

a) Quina és la velocitat angular  $w$  (constant) requerida per la lleva?



- b) Determinar l'angle de rotació  $\beta_i$  de la lleva per a cada interval.
- c) Representar el diagrama de desplaçaments del seguidor respecte la rotació de la lleva per a una **lei de desplaçaments cicloïdal** del moviment del seguidor.
- d) Calcular la màxima velocitat temporal del seguidor i indicar a quina posició respecte la rotació de la lleva succeeix. Calcular l'elevació ( $y$ ) del seguidor a aquest instant.
- e) Calcular l'angle de pressió per a aquesta posició, per a un radi primitiu de  $R_p=20$  mm i justificar si aquesta solució és adequada (segons l'anàlisi realitzat fins ara)

7. Un mecanisme lleva-seguidor s'utilitza incorporat a una màquina per temporitzar els temps de subministrament d'oli al motor. La velocitat de la lleva és constant amb valor de  $n=200$ rpm. El seguidor ha de realitzar la següent seqüència de moviments:

Elevació de 10 mm, associat a un angle girat per la lleva de  $\beta=90^\circ$

Deteniment alt,  $\beta=20^\circ$

Baixada de 5 mm,  $\beta=110^\circ$ ,

Deteniment,  $\beta=30^\circ$

Ídem tram 3

Calcular:

- a) Determinar el temps de cada interval de moviment del seguidor ( $t_i$ ) i el temps total de cicle de treball ( $T$ ).
- b) Representar el diagrama de desplaçaments del seguidor respecte la rotació de la lleva per a una lei de desplaçaments cicloïdal del moviment del seguidor.
- c) Calcular la màxima velocitat temporal del seguidor i indicar a quina posició i interval de moviment respecte la rotació de la lleva succeeix (si succeeix al tram de pujada o baixada).
- d) Calcular l'elevació ( $y$ ) del seguidor a l'instant de velocitat màxima temporal.
- e) Calcular l'angle de pressió per a aquesta posició, per a un radi primari de  $R_p=10$ mm i una excentricitat igual a 3.5mm. Justificar si aquesta solució és adequada (segons l'anàlisi realitzat fins ara) i en cas de que no ho sigui, proposar una solució.

**8.** Un mecanisme lleva-seguidor amb moviment de translació s'utilitza per aixecar una càrrega a una línia d'alimentació automàtica de components. S'ha reajustat el moviment del seguidor degut a un canvi amb els materials a aixecar pel que es precisa un nou estudi del mecanisme. La seqüència de moviments requerida per al seguidor de rodets amb translació és:

Elevació de 50mm a velocitat constant amb temps  $t_1 = 1.5s$

Baixada de 50mm amb moviment cicloïdal amb temps  $t_2 = 2s$

Deteniment baix durant  $t_3 = 0.75s$ .

Fi del cicle de treball.

Trobar:

- El temps  $T$  total per a un cicle de treball.
- La velocitat de rotació de la lleva,  $w$  (rad/s).
- Determinar la rotació de la lleva ( $\beta$ ) para a cadascun dels 3 intervals de moviment del seguidor.
- Dibuixar el diagrama de desplaçaments del seguidor respecte la posició de la lleva.
- Trobar a quin tram ( $\beta_i$ ) es produeix la màxima velocitat del seguidor. Calcular el valor temporal d'aquesta velocitat (mm/s).

**9.** Un mecanisme lleva seguidor traslladant s'utilitza per plegar caixes a una línia d'alimentació automàtica de components. S'ha reajustat el moviment del seguidor degut a un canvi de producció, pel que es precisa un nou estudi del mecanisme. La seqüència de moviments requerida pel seguidor traslladant de rodets és:

Elevació de 15mm per a una rotació de lleva igual a  $\beta = 45^\circ$

Deteniment alt per a una rotació de lleva igual a  $\beta = 150^\circ$

Baixada de 15mm per a una rotació de lleva igual a  $\beta = 90^\circ$

Deteniment baix per a una rotació de lleva igual a  $\beta = 75^\circ$

El temps  $T$  total per a 1 cicle de treball es  $T = 6s$ .

Determinar:

- Calcular la velocitat de rotació de la lleva,  $w$  (rad/s).
- Dibuixar el diagrama de desplaçament i de velocitat del seguidor respecte la posició de la lleva escollint una funció tal que minimitzi les velocitats del

seguidor (la funció escollida ha de proporcionar la velocitat mínima possible).

Justificar.

c) Calcular el valor de la velocitat per a cada tram segons la llei que heu escollit. Calcular el valor temporal (mm/s).

d) Si el radi primitiu de la lleva es igual a 3cm, calcular el valor del màxim angle de pressió que es genera.

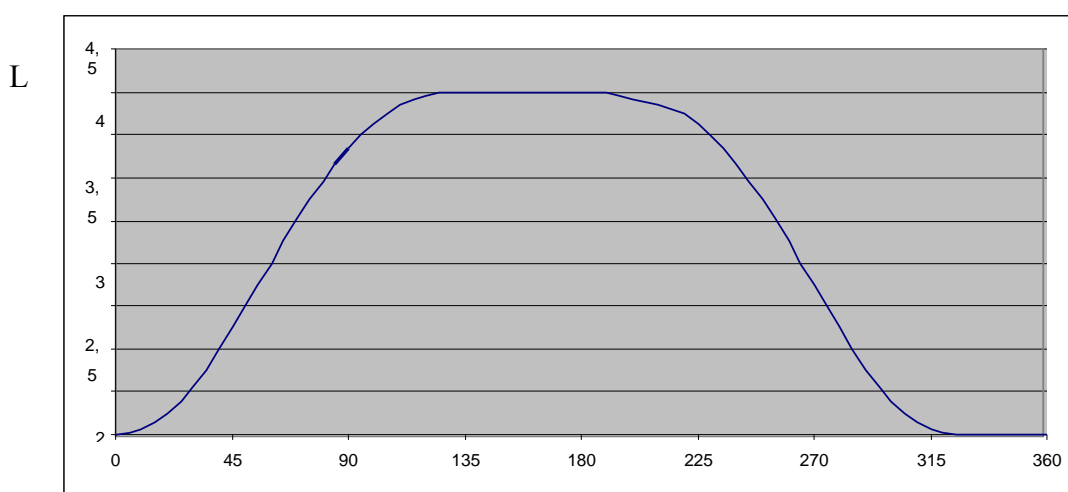
**10.** El gràfic adjunt representa el diagrama de desplaçament d'un seguidor de rodet (L en cm) respecte l'angle girat de la lleva ( $\theta$ ). Es demana:

a) Especificació de cada etapa del moviment del seguidor segons els graus de gir de la lleva ( $\beta$ ), a partir del diagrama de desplaçament.

b) Quina llei de desplaçaments realitza el seguidor a cada tram? Raonar.

c) Situar al gràfic els punts amb els quals el seguidor posseeix velocitat i acceleració màxima d'acord amb la llei que s'hagi especificat a l'apartat b.

Justificar adequadament sense ajuda d'equacions.



**11.** Es desitja dissenyar un mecanisme lleva-seguidor de corró traslladant amb deteniment simple. El moviment del seguidor és:

Elevació: 0 a 20mm per a una rotació de la lleva igual a  $\beta = 60^\circ$

Baixada: 20 a 0mm a per a una rotació de la lleva igual a  $\beta = 90^\circ$

Deteniment baix la resta del moviment de la lleva fins a  $360^\circ$

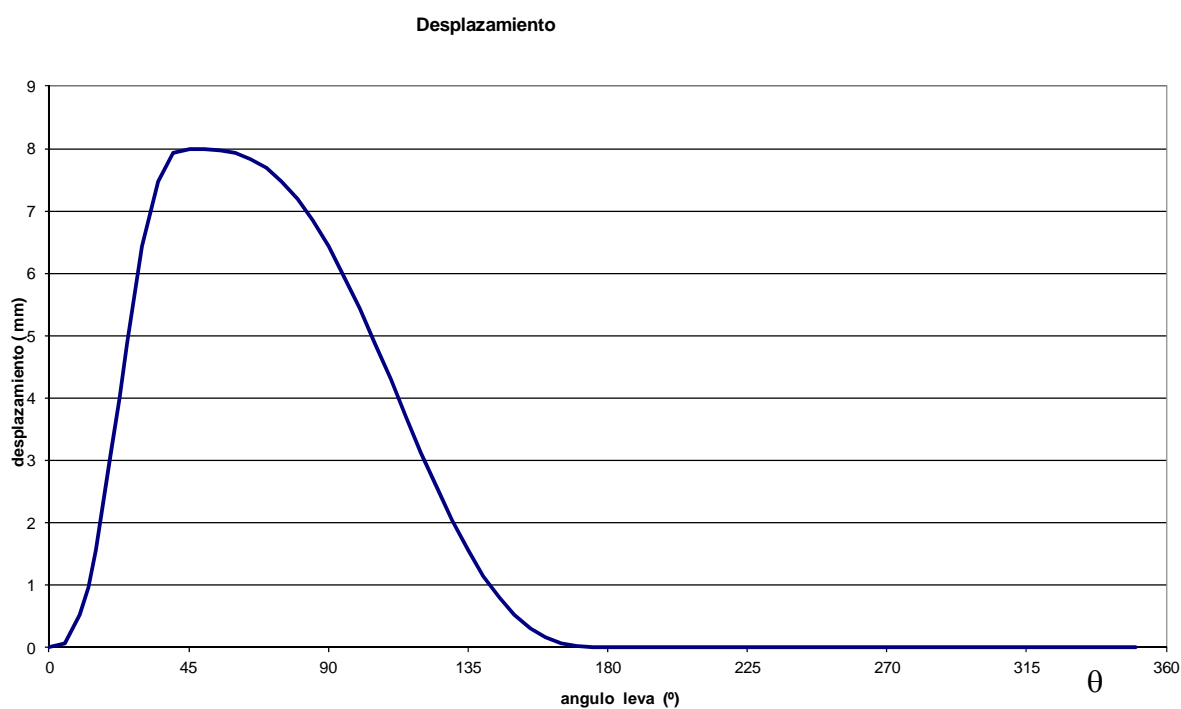
Temps total del cicle: 2s.

Calcular:

- La velocitat de rotació de la lleva.
- Diagrama de desplaçament i velocitat del seguidor respecte a la rotació de la lleva d'acord amb una funció que **minimitzi les acceleracions**. Justificar l'elecció de funció (no calen les equacions per a aquest apartat).
- En quin tram i punt del tram es produirà el màxim angle de pressió? Justificar sense l'ajuda de càlculs.

**12.** El gràfic adjunt representa el diagrama de desplaçament d'un seguidor de rodets ( $L$  en mm) respecte a l'angle girat de la lleva ( $\theta$ ). Es demana:

- Especificació de cada etapa del moviment del seguidor segons els graus de gir de la lleva ( $\beta$ ), a partir del diagrama de desplaçament.
- Quina llei de desplaçament realitza el seguidor en cada tram? Raonar.
- Situar en el gràfic els punts en els quals el seguidor té velocitat i acceleració màxima d'acord amb la llei que hagueu especificat a l'apartat b. Justificar adequadament sense l'ajuda d'equacions.



## Fe d'errates \_ Mecànica i teoria de mecanismes (segona edició)

### Tema 2

- Problema 24: la mesura de 180mm horitzontal ha de ser de 214mm

### Tema 3

- Problema 25: la reacció  $N_a = 1385\text{N}$ .

### Tema 5

- Problema 20: la mesura  $O_4$  ha de ser: (18, 0), i la de la guia: (0, 20)

### Tema 7

- Problema 34:  $A = B = 1327\text{N}$ ;  $O_2y = 180.5\text{N}$ ;  $O_2x = 1327\text{N}$ ;  $O_4x = 729\text{N}$ ;  $O_4y = 67.6\text{N}$
- Problema 36:  $D = 300,2\text{ N}$ ;  $O_2Y = 309\text{N}$ ;  $B_x = F_{i4} = 2,42\text{ N}$ ;  $B_y = 633,8\text{N}$ ;  $A_y = 333\text{ N}$ ;  $A_x = 2,42\text{ N}$ ;  $N_4 = 732\text{ N}$ ;  $O_2Y = 309\text{N}$ ,  $O_2x = 2,42\text{ N}$

### Tema 8

- Problema 3: el parell aplicat a la baula 4 és de  $M_4 = 150\text{Nm}$
- Problema 7: força exterior aplicada és de  $F = 2000\text{N}$
- Problema 15: veure la solució a l'apartat de problemes del tema 8 solucionats al Campus virtual de l'assignatura.

Estàtica, Cinemàtica i Dinàmica de Màquines i Mecanismes són part fonamental del coneixement de l'Enginyer Industrial. Sovint, aquestes matèries no es troben recopilades en un sol volum, encara que se solen impartir juntes. En aquesta recopilació d'exercicis fonamentals de Mecànica i teoria de Mecanismes, l'alumne d'Enginyeria podrà trobar 207 exercicis, dels quals, i com a principal novetat, 93 estan solucionats mitjançant el programa de simulació de Mecanismes d'un grau de llibertat WinMecCR.