

**UNIVERSIDADE DO MINHO**

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

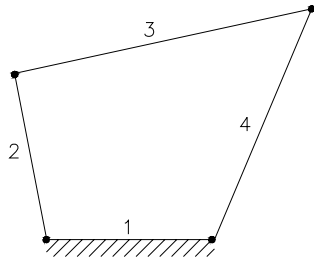
**MECÂNICA APLICADA**

*Problemas Propostos*

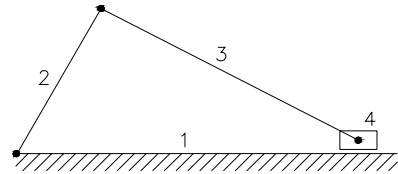
## PROBLEMA 1

1/10

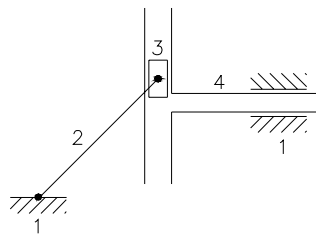
Classifique, quanto à forma, ao contacto e ao movimento, os pares cinemáticos presentes em cada um dos seguintes mecanismos.



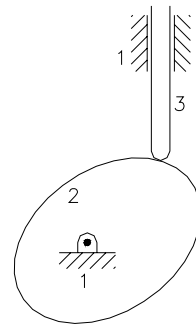
a) Mecanismo de 4 barras ou quadrilátero articulado.



b) Mecanismo biela-manivela.



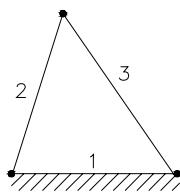
c) Mecanismo de Scotch-Yoke ou par senoidal.



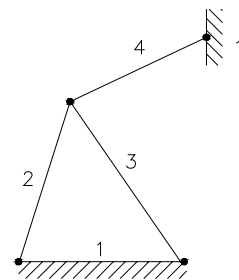
d) Mecanismo came-seguidor.

## PROBLEMA 2

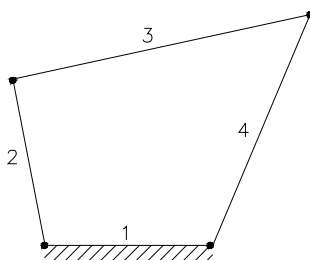
Determine o número de graus de liberdade (mobilidade) de cada um dos seguintes sistemas mecânicos. Diga ainda, se se trata de uma estrutura ou de um mecanismo.



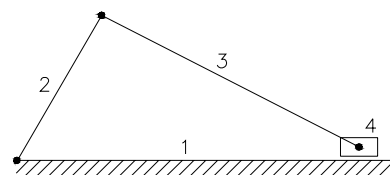
a) Sistema de 3 barras.



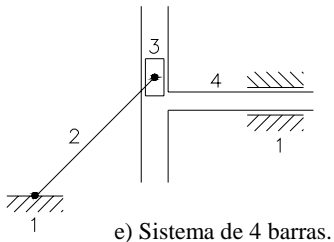
b) Sistema de 4 barras.



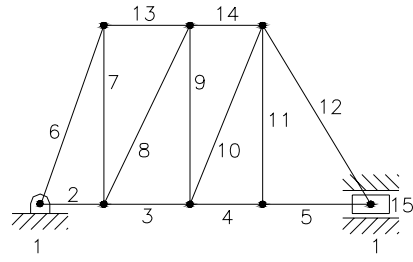
c) Sistema de 4 barras.



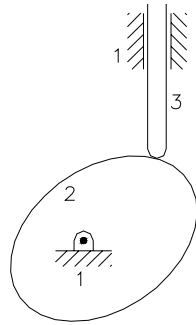
d) Sistema de 4 barras.



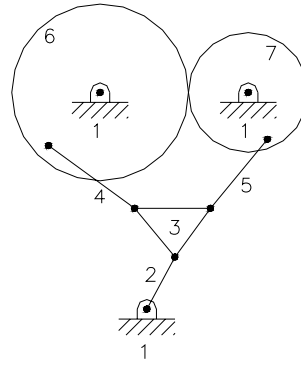
e) Sistema de 4 barras.



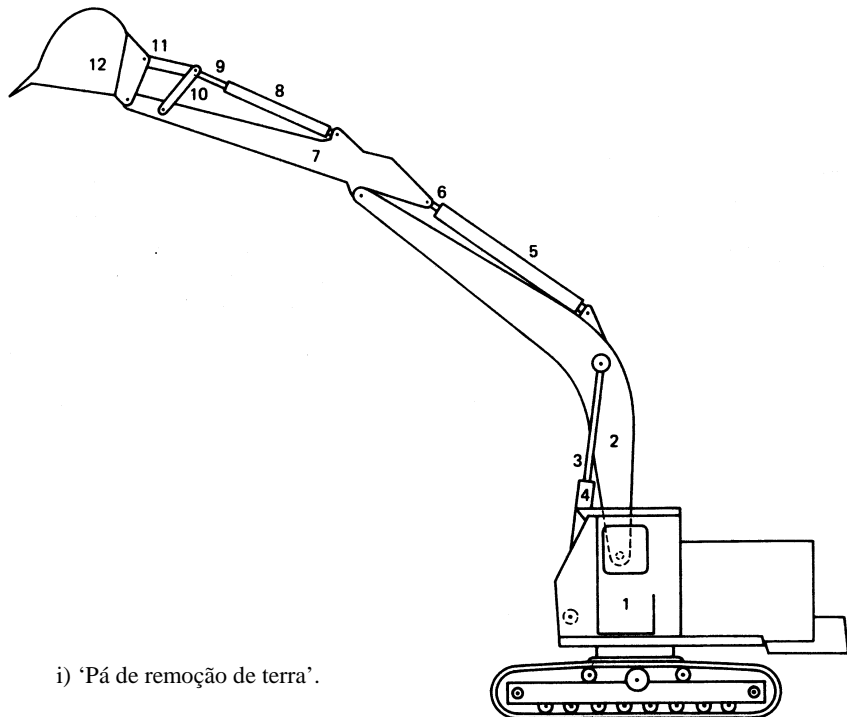
f) Sistema de 15 barras.



g) Sistema de 3 barras.



h) Sistema de 7 barras.



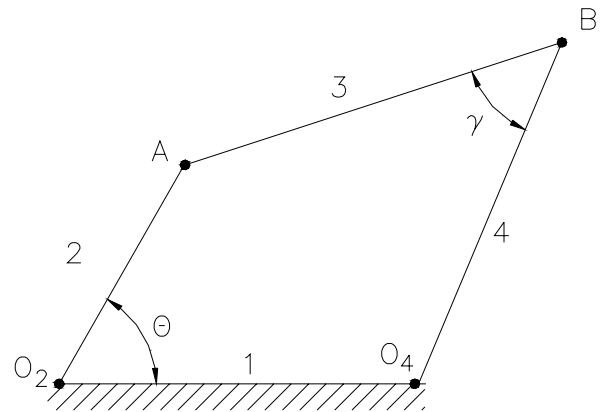
i) 'Pá de remoção de terra'.

### PROBLEMA 3

3/10

No quadrilátero articulado da figura do lado, a barra 2 roda uma rotação completa ( $360^\circ$ ), enquanto a barra 4 executa uma oscilação de  $75^\circ$ . As posições extremas da barra 4, que mede 114mm, equivalem às distâncias  $O_2B$  de 102mm e 229mm. A distância  $O_2O_4$  é de 154mm.

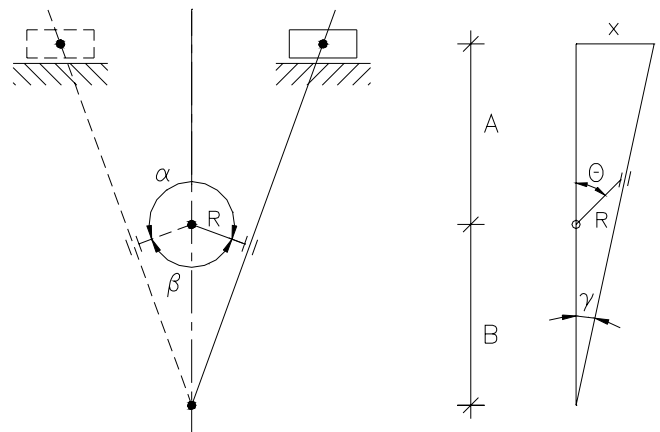
- Diga se este quadrilátero é um mecanismo de Grashof. Justifique a sua resposta.
- Determine o comprimento das barras 2 e 3.
- Determine o ângulo de transmissão ( $\gamma$ ) máximo e mínimo.



### PROBLEMA 4

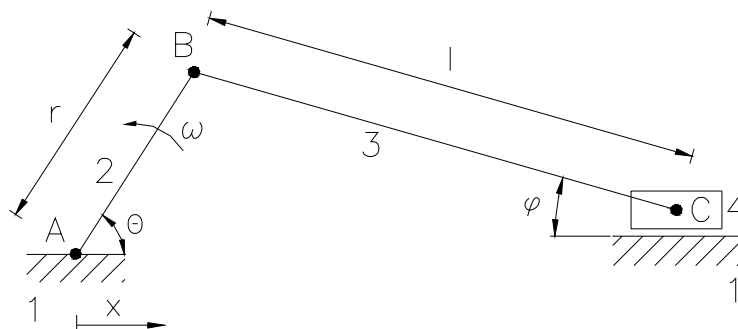
Considere o mecanismo (*e.g.* mecanismo de um limador) de retorno rápido representado na figura do lado.

- Supondo que a razão entre o avanço e o recuo é de 11/7, determine os ângulos de avanço e de recuo.
- Deduz uma expressão que relacione o avanço ( $x$ ) com o ângulo  $\theta$ .



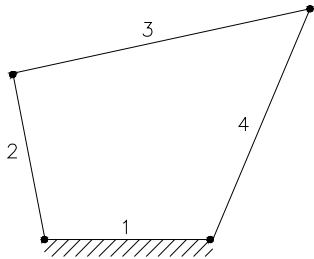
### PROBLEMA 5

Para o mecanismo biela-manivela da figura de baixo deduz uma expressão que traduza a posição do 'pistão' (ou corredeira) em função do ângulo  $\theta$ .

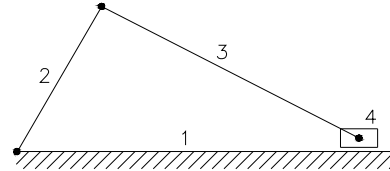


# PROBLEMA 6

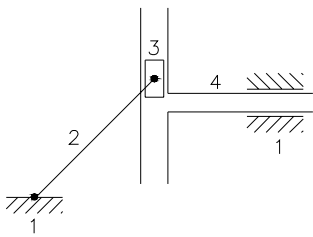
Para os mecanismos seguintes determine o número e a localização dos CIR's (Centros Instantâneos de Rotação).



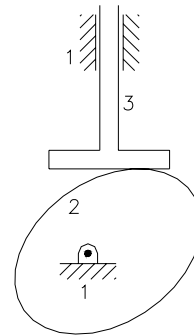
a) Mecanismo de 4 barras.



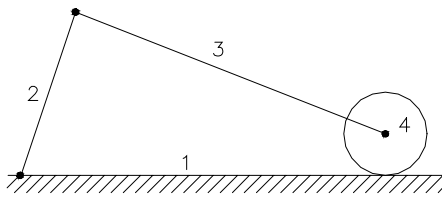
b) Mecanismo biela-manivela.



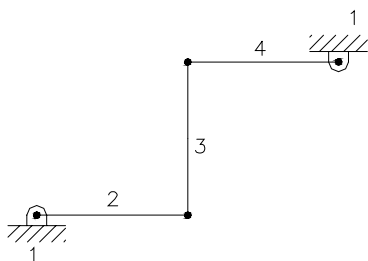
c) Mecanismo de Scotch-Yoke.



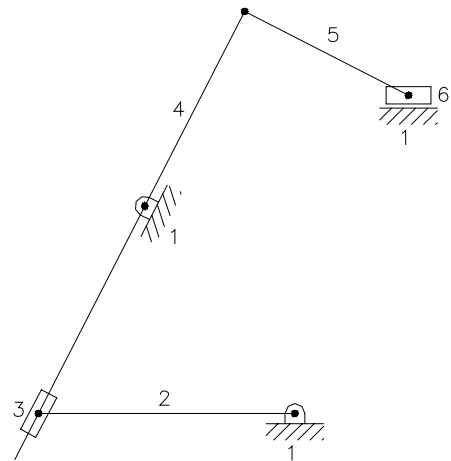
d) Mecanismo came-seguidor.



e) Mecanismo de 4 barras (sem escorregamento).



f) Quadrilátero articulado.



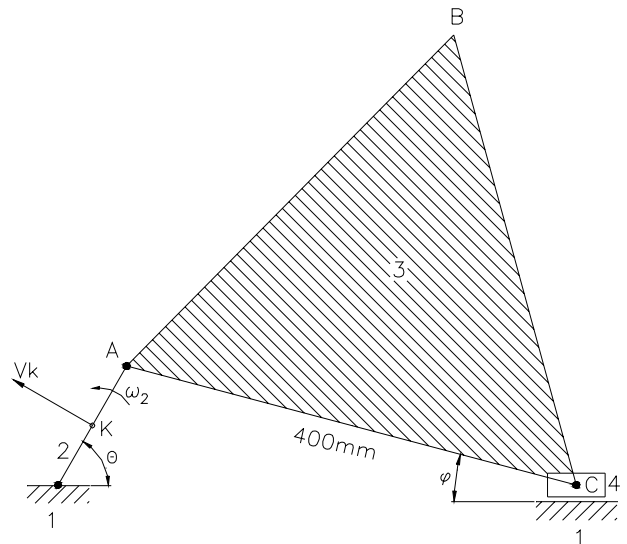
g) Mecanismo de 6 barras.

## PROBLEMA 7

5/10

Considere o mecanismo (biela-manivela) representado na figura do lado, em que o corpo 3 tem a forma de um triângulo equilátero com 400mm de lado. A velocidade do ponto K (ponto médio da barra 2) é  $V_K=2\text{m/s}$  e os valores dos ângulos  $\theta$  e  $\phi$  são, respectivamente,  $60^\circ$  e  $15^\circ$ .

- Qual a mobilidade do mecanismo. Justifique a sua resposta.
- Determine o número e a localização dos CIR's.
- Atendendo ao conceito de CIR determine:  $\omega_2$ ,  $\omega_3$ ,  $V_B$  e  $V_C$ .

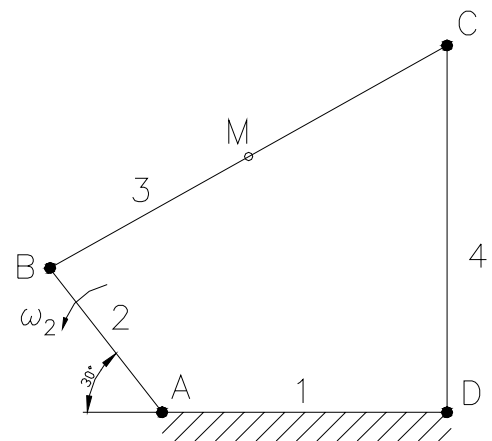


## PROBLEMA 8

Num determinado instante, um mecanismo articulado de 4 barras ocupa a posição indicada na figura.

As dimensões das barras são:  $AB=150\text{mm}$ ,  $CD=300\text{mm}$  e  $AD=350\text{mm}$ . O ponto M situa-se a  $BC/2$ .

Sabendo que a manivela AB roda com uma velocidade angular de 600 rpm, no sentido indicado na figura, determine a velocidade angular da barra 3 ( $\omega_3$ ) e da barra 4 ( $\omega_4$ ), bem como as velocidades lineares dos pontos B ( $V_B$ ), C ( $V_C$ ) e M ( $V_M$ ).

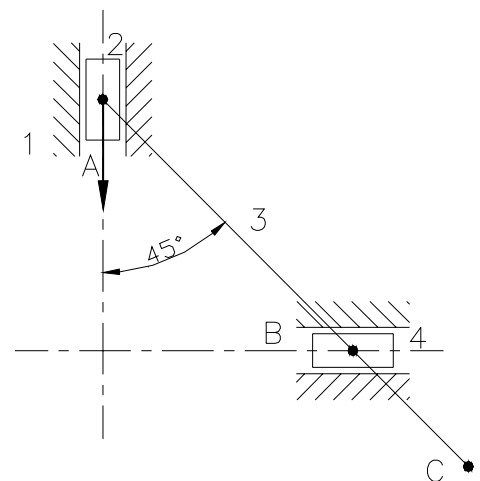


## PROBLEMA 9

Considere o mecanismo (compasso elíptico) representado na figura do lado, em que a ligação 2 se desloca no sentido descendente com uma velocidade de 6 m/s.

A barra 3 é constituída por dois troços  $AB=300\text{ mm}$  e  $BC=150\text{ mm}$ .

Tendo presente o conceito de CIR calcule a velocidade linear nos pontos B ( $V_B$ ) e C ( $V_C$ ).



## PROBLEMA 10

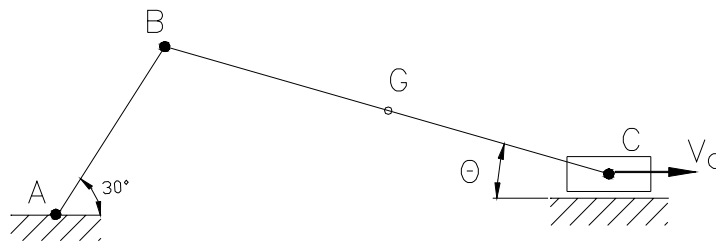
6/10

Resolva o problema anterior utilizando o método da decomposição do movimento.

## PROBLEMA 11

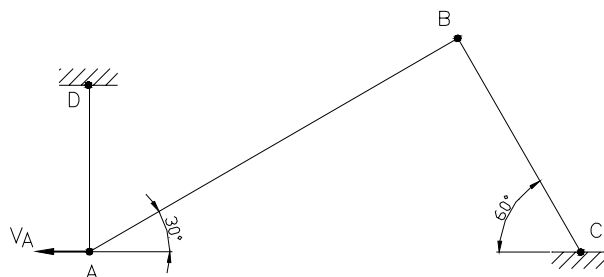
Considere o mecanismo biela-manivela ilustrado na figura de baixo. Sabendo que as barras AB e BC medem, respectivamente, 50 e 250mm e que  $V_C=7,5\text{m/s}$ , determine:

- A velocidade linear do ponto B ( $V_B$ ).
- A velocidade angular da manivela AB ( $\omega_{AB}$ ).
- A velocidade do ponto G. (Considere  $BG = 110\text{ mm}$ ).



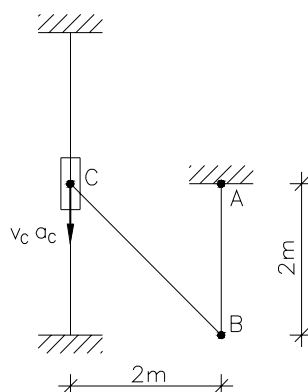
## PROBLEMA 12

Considere o mecanismo de 4 barras de figura seguinte, onde  $AD=300\text{mm}$ ,  $AB=1000\text{ mm}$  e  $BC=400\text{mm}$ . Sabendo que a velocidade em A é de  $36\text{m/s}$ , determine:  $\omega_{AD}$ ,  $V_B$  e  $\omega_{BC}$ .



## PROBLEMA 13

Utilizando o método da decomposição do movimento, determine a aceleração angular da barra AB ( $\alpha_{AB}$ ) do mecanismo representado na figura seguinte, sabendo que  $V_C = 12\text{m/s}$  e que  $a_C = 1\text{m/s}^2$ .

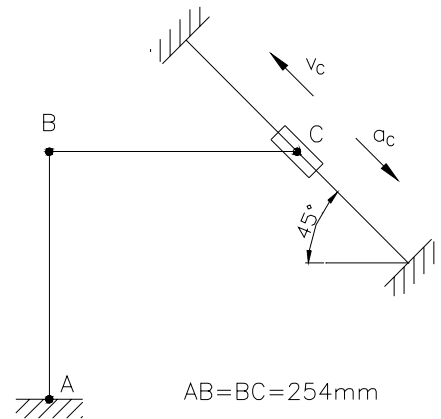


## PROBLEMA 14

7/10

A corredeira C do mecanismo ilustrado na figura do lado desloca-se com uma velocidade de  $0,91\text{m/s}$  e com uma aceleração de  $0,61\text{m/s}^2$ , nos sentidos indicados.

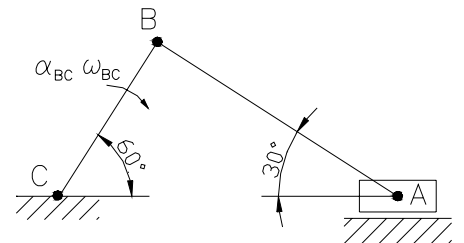
Assim, determine a aceleração angular da barra AB ( $\alpha_{AB}$ ) e da barra BC ( $\alpha_{BC}$ ).



## PROBLEMA 15

No sistema biela-manivela representado na figura do lado a barra BC gira com uma velocidade angular de  $3\text{rad/s}$  e com uma aceleração angular de  $2\text{rad/s}^2$ .

Sabendo que a trajetória circular descrita pelo ponto B tem  $0,8\text{m}$  de raio, determine a aceleração do ponto A no instante considerado.



## PROBLEMA 16

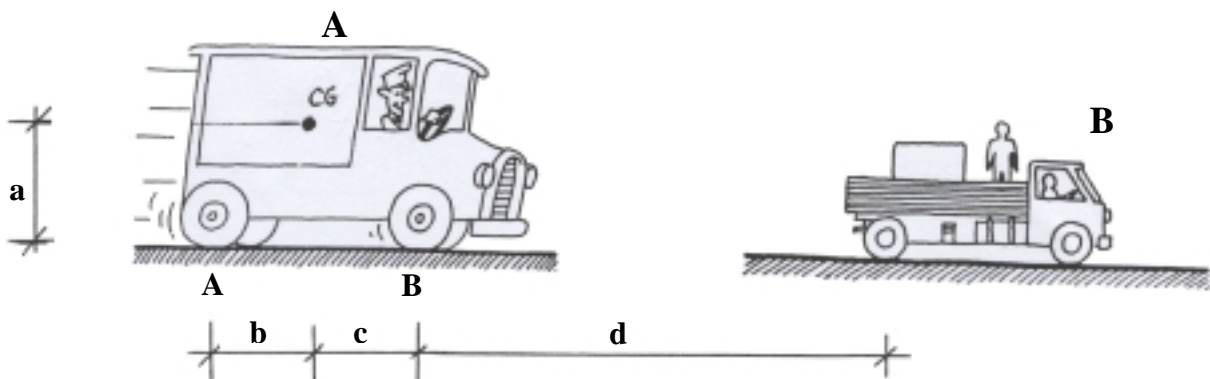
O veículo A representado da figura de baixo deslocava-se com uma velocidade de  $72\text{km/h}$  quando travou bruscamente (bloqueando as quatro rodas), derrapando durante  $5\text{s}$  antes de se imobilizar. A massa do veículo A é de  $1200\text{kg}$ .

Considere as seguintes distâncias:  $a=1,2\text{m}$ ,  $b=1,5\text{m}$ ,  $c=1,5\text{m}$  e  $d=30\text{m}$ .

a) Determine o módulo da reacção normal e da força de atrito em cada roda, enquanto o veículo derrapa.

b) Será que o veículo A embate contra o veículo B, encontrando-se este parado?

c) Qual o coeficiente de atrito ( $\mu_{\text{solo-pneu}}$ ) necessário para que o veículo A pare com segurança.



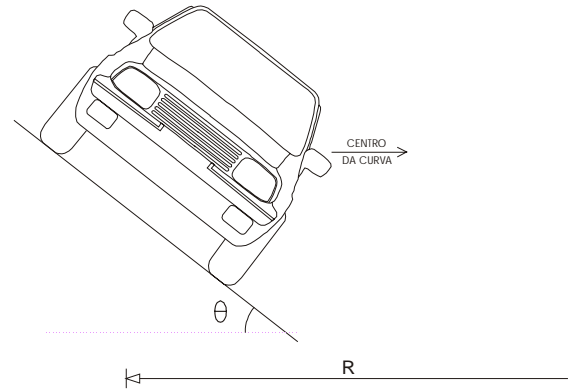


## PROBLEMA 17

8/10

Suponha que o veículo da figura do lado se descola com uma velocidade constante.

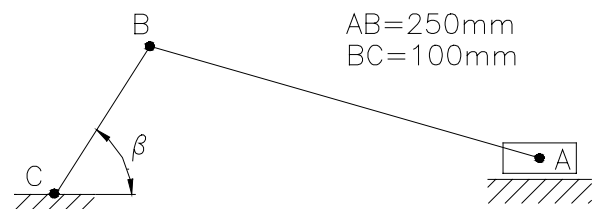
- Determine a velocidade limite de subida do veículo, para um coeficiente de atrito pneu-piso  $\mu$ .
- Idem* para a descida.
- Determine o ângulo ( $\theta$ ) ideal para uma determinada velocidade constante.



## PROBLEMA 18

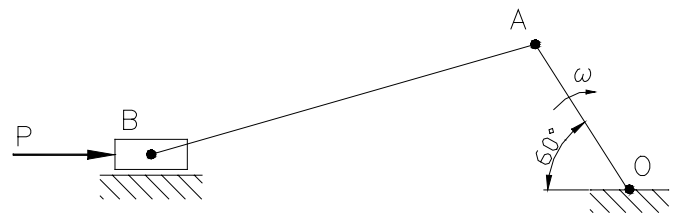
Um bloco deslizante de 1,8kg está ligado à manivela BC por intermédio de uma barra homogênea de 1,2kg.

Sabendo que a manivela tem velocidade angular constante de 600 rpm, determine os esforços que actuam nos pinos A e B quando  $\beta=180^\circ$ . Despreze o efeito de atrito.



## PROBLEMA 19

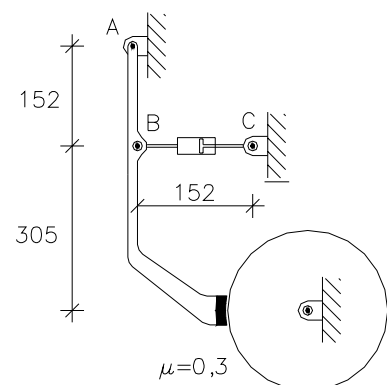
A figura do lado representa em esquema o mecanismo de um motor de combustão interna. Na posição considerada a explosão provoca uma força  $P=1000\text{N}$  no pistão. Sabendo que as barras AO e AB medem, respectivamente, 50 e 150mm, determine as forças que actuam na cavilha A para uma velocidade de rotação constante na manivela igual a 2000 rpm.



## PROBLEMA 20

O tambor de um freio tem 254mm de raio e está ligado a um volante não ilustrado na figura. O momento mássico de inércia total do tambor e do volante é de  $18,3\text{kg}\cdot\text{m}^2$ .

Sabendo que a velocidade de rotação inicial é de 180rpm (horária), determine a força que deve ser exercida pelo cilindro hidráulico para que o sistema se imobilize em 50 rotações.

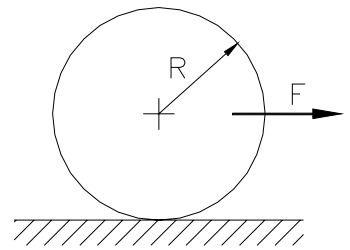


## PROBLEMA 21

9/10

Considere o disco da figura do lado que tem um raio de 0,4m e um peso de 600N. Sobre este disco é aplicada uma força de 100N.

Determine o coeficiente de atrito entre o disco e o plano para que haja rolamento puro (*i.e.* sem escorregamento).

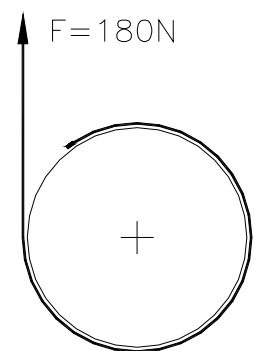


## PROBLEMA 22

Uma corda está enrolada num disco homogêneo de raio  $R=0,5\text{m}$  e de massa  $m=15\text{kg}$ .

Se a corda for puxada para cima com uma força  $F=180\text{N}$ , determine:

- A aceleração do centro de gravidade do disco.
- A aceleração angular do disco.



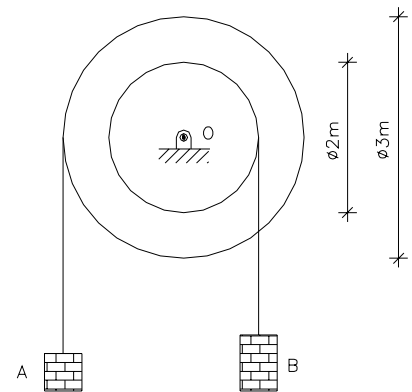
## PROBLEMA 23

Dois corpos de pesos  $P_A=100\text{N}$  e  $P_B=200\text{N}$  estão 'ligados' a uma polie de peso  $P=150\text{N}$  e raio de giração  $k_0=2\text{m}$ .

O momento mássico de inércia da polie é dado por  $I_{OP} = m \cdot k_0^2$ .

Atendendo à geometria da figura, determine:

- A aceleração dos corpos A ( $a_A$ ) e B ( $a_B$ ).
- Os esforços nos cabos  $F_A$  e  $F_B$ .
- A reacção no apoio da polie.



## PROBLEMA 24

Para o mecanismo biela-manivela (do problema 5) pretende determinar-se os seguintes esforços: momento transmitido à manivela devido à 'explosão' do motor e as forças a que os pinos A e B estão sujeitos. Considere  $r=76,2\text{mm}$ ,  $l=304,8\text{mm}$ ,  $\theta=40^\circ$ ,  $\omega=300\text{rpm}$  e  $P=9600\text{N}$ .

- Análise estática - Método da decomposição das forças.
- Análise dinâmica – Princípio de D'Alembert (equilíbrio dinâmico).

## Problema

## Solução

- 1 a) 12, 23, 34 e 14 – pares rotóides inferiores fechados.  
 1 b) 12, 23 e 34 – pares rotóides inferiores fechados; 14 – par deslizante inferior fechado.  
 1 c) 12 e 23 – pares rotóides inferiores fechados; 34 e 14 - pares deslizantes inferiores fechados.  
 1 d) 12 - par rotóide inferior fechado; 23 – par deslizante superior aberto; 13 par deslizante inferior fechado.  
 2 a) 0; é uma estrutura.  
 2 b) -1; é uma estrutura.  
 2 c) 1; é um mecanismo.  
 2 d) 1; é um mecanismo.  
 2 e) 1; é um mecanismo.  
 2 f) 0; é uma estrutura.  
 2 g) 1; é um mecanismo.  
 2 h) 1; é um mecanismo.  
 2 i) 3; é um mecanismo.  
 3 a) Sim, porque a barra mais curta (2) pode rodar 360°.  
 3 b)  $R_2 = 63,5\text{mm}$  e  $R_3 = 165,5\text{mm}$ .  
 3 c)  $\gamma_{\min} = 31,4^\circ$  e  $\gamma_{\max} = 100,6^\circ$ .  
 4 a)  $\alpha = 220^\circ$  e  $\beta = 140^\circ$ .  
 4 b) 
$$x = \frac{R \cdot \cos(90 - \theta)}{R \cdot \sin(90 - \theta) + B} \times (A + B)$$
  
 5 
$$x_C = r \cos \theta + \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \theta}$$
  
 6 a) 6.  
 6 b) 6.  
 6 c) 6.  
 6 d) 3.  
 6 e) 6.  
 6 f) 6.  
 6 g) 15.  
 7 a) 1.  
 7 b) 6.  
 7 c)  $\omega_2 = 33,5\text{rad/s}$ ;  $\omega_3 = 5,18\text{rad/s}$ ;  $V_B = 2,07\text{m/s}$  e  $V_C = 4\text{m/s}$ .  
 8  $\omega_3 = 17,0\text{rad/s}$ ;  $\omega_4 = 28,47\text{rad/s}$ ;  $V_B = 9,42\text{m/s}$  e  $V_C = 8,54\text{m/s}$ ;  $V_M = 7,79\text{m/s}$ .  
 9  $V_B = 6\text{m/s}$  e  $V_C = 9,5\text{m/s}$ .  
 10  $V_B = 6\text{m/s}$  e  $V_C = 9,5\text{m/s}$ .  
 11 a)  $V_B = 12,7\text{m/s}$ .  
 11 b)  $\omega_{AB} = 255\text{rad/s}$ .  
 11 c)  $V_G = 9,24\text{m/s}$ .  
 12  $\omega_{AD} = 120\text{rad/s}$ ;  $V_B = 31,2\text{m/s}$  e  $\omega_{BC} = 78\text{rad/s}$ .  
 13  $\alpha_{AB} = 35,5\text{rad/s}^2$ .  
 14  $\alpha_{AB} = 8,11\text{rad/s}^2$  e  $\alpha_{BC} = 4,70\text{rad/s}^2$ .  
 15  $a_A = 0,24\text{m/s}^2$ .  
 16 a)  $R_A = 3963,1\text{N}$ ;  $R_B = 7801,5\text{N}$ ;  $F_{aA} = 1616,9\text{N}$  e  $F_{aB} = 3183,0\text{N}$ .  
 16 b) Sim.  
 16 c)  $\mu = 0,68$ .  
 17 a) 
$$v^2 = \frac{\mu + \text{tg} \theta}{1 - \mu \cdot \text{tg} \theta} \cdot g \cdot R$$
  
 17 b) 
$$v^2 = \frac{\text{tg} \theta - \mu}{\mu \cdot \text{tg} \theta + 1} \cdot g \cdot R$$
  
 17 c) 
$$\text{tg} \theta = \frac{v^2}{g \cdot R}$$
  
 18  $F_A = 426,4\text{N}$  e  $F_B = 806,3\text{N}$ .  
 19 -  
 20  $F = 367,9\text{N}$ .  
 21  $\mu = 0,056$ .  
 22 a)  $a_{CG} = 2,19\text{m/s}^2$ .  
 22 b)  $\alpha = 48\text{rad/s}^2$ .  
 23 a)  $a_A = 0,717\text{m/s}^2$  e  $a_B = 0,478\text{m/s}^2$ .  
 23 b)  $F_A = 107,3\text{N}$  e  $F_B = 190,2\text{N}$ .  
 23 c)  $R = 447,5\text{N}$ .  
 24 a) -  
 24 b) -