

MARINHA DO BRASIL  
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2022)

**ENGENHARIA MECÂNICA DE AERONÁUTICA**

**INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de **05 horas** e o tempo não será prorrogado. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal sem retirar os grampos de nenhuma folha.
- 2- Responda às questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas de cada parte da prova.
- 3- Só comece a responder à prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo a sua execução no momento em que for determinado.
- 4- O candidato deverá preencher os campos:  
- NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV.
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar o seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.  
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada.
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão.
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos.
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará atribuição de nota zero.
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e as suas provas não serão levadas em consideração o candidato que:
  - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
  - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
  - c) desprezeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
  - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutra lugar que não o determinado para esse fim; e
  - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA E RÉGUA SIMPLES.

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

<b>RUBRICA DO PROFESSOR</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>			<b>USO DO SSPM</b>
		000	A	080	

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS

CONCURSO: CP-CEM/2022  
NOME DO CANDIDATO:

<b>Nº DA INSCRIÇÃO</b>		<b>DV</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>			<b>USO DO SSPM</b>
				000	A	080	

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Um ciclo diesel (ignição por compressão) padrão a ar tem uma taxa de compressão de 25, e o calor transferido para o fluido de trabalho por ciclo é igual a 2000 kJ/kg. No início do processo de compressão, a pressão é 0,1 MPa e a temperatura é 20 °C.

Dados: Propriedades do ar: razão de calores específicos,  $\gamma = 1,4$ ; calor específico a pressão constante,  $c_p = 1,004$  kJ/(kg·K); e constante de gás ideal,  $R = 0,287$  kJ/(kg·K).

As operações de exponenciações e logaritmos não precisam ser executadas.

Deve apenas escrever o equacionamento e substituir as variáveis pelos seus valores conhecidos.

Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a) Esboce um diagrama  $p-v$  (pressão - volume específico) ciclo. (2 pontos)
- b) Determine a pressão e temperatura em cada ponto do ciclo. (3 pontos)
- c) Calcule a eficiência térmica do ciclo. (2 pontos)
- d) Calcule a pressão efetiva média do ciclo. (1 ponto)

Formulário:

Equação de estado de gás ideal:  $p-v = RT$ ,  $R = C_p - C_v$

Relação entre pressão e volume específico

para gás ideal num processo isentrópico

$p-v = \text{constante}$

Continuação de 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação de 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

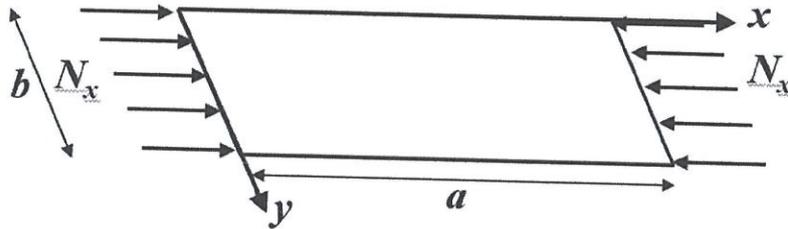
Continuação de 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

## 2ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere uma placa fina de espessura  $t$ , simplesmente apoiada, com razão de aspecto  $a/b = 2$ , sujeita a um carregamento compressivo na direção  $x$  igual a  $N_x$ , conforme mostra a figura abaixo. O material tem módulo de elasticidade  $E$  e quociente de Poisson  $\nu$ . Por questões de resistência, o valor máximo admissível para  $N_x$  é igual a  $N_{x, adm}$ .



Dados:

$$N_{x, crit} = \frac{\pi^2 D}{b^2} \left( \frac{mb}{a} + \frac{n^2 a}{mb} \right)^2$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, determine:

- o valor crítico de  $N_x$  para a flambagem em função de  $D$  e  $b$ ; e (6 pontos)
- o valor da rigidez à flexão  $D$  em função de  $b$  e  $N_{x, adm}$ , para que o valor crítico de flambagem seja igual a  $N_{x, adm}$ . (2 pontos)

Continuação de 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura abaixo:

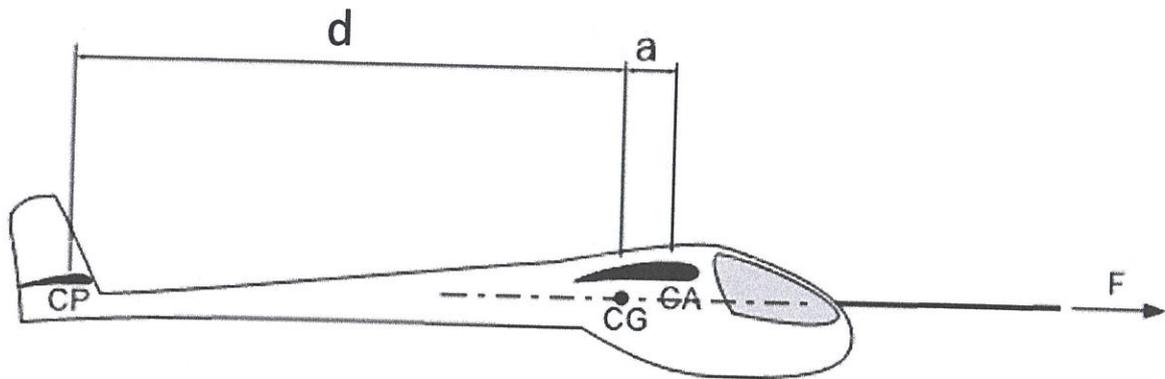


Figura 1 - Croqui do Planador

O planador apresentado na Figura 1, com peso de 250 kg, é rebocado na decolagem por um cabo que aplica uma força  $F$  na direção horizontal. As coordenadas do movimento do centro de massa do planador foram registradas e são apresentadas nos gráficos da Figura 2. A coordenada  $x$  mede a posição horizontal da aeronave, com origem no ponto em que o planador se descola do chão. A coordenada  $y$  mede a posição vertical da aeronave, com origem no chão. As componentes horizontal  $v_x(t)$  e vertical  $v_y(t)$  da velocidade do centro de massa, durante a decolagem, são mostradas na Figura 3. A pista fica ao nível do mar, onde a velocidade do som vale 340 m/s e a densidade do ar  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . As velocidades de *stall* em voo nivelado e equilibrado, de cruzeiro e de mergulho do planador, valem respectivamente  $V_A = 12 \text{ m/s}$ ,  $V_C = 40 \text{ m/s}$  e  $V_D = 50 \text{ m/s}$ . Na Figura 1, é apresentada a posição aproximada do centro de gravidade - CG, do centro aerodinâmico - CA da aeronave completa sem a cauda e do centro de pressão - CP da empennagem horizontal da aeronave.

Continuação de 3ª questão

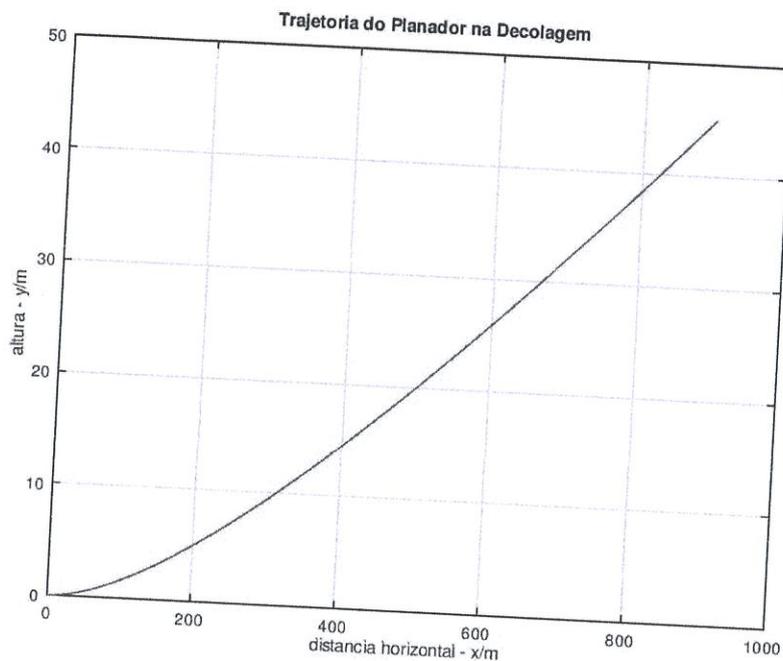


Figura 2 - Trajetória do Planador na Decolagem

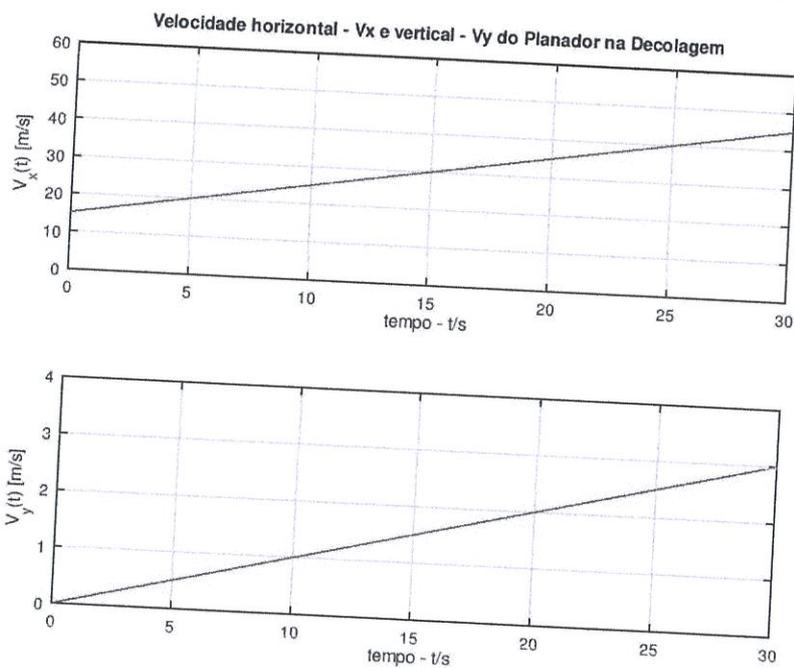


Figura 3 - Velocidade do Centro de Massa do Planador

### Continuação de 3ª questão

São conhecidos os seguintes dados da aeronave:

$$a = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 8,0 \text{ m}$$

Corda média da asa  $\bar{c} = 0,5 \text{ m}$

$$\frac{\partial C_L}{\partial \alpha} = 4,0 / \text{rad}$$

Envergadura  $b = 15,0 \text{ m}$

$$C_D = 0,01 + 0,05 \cdot C_L^2$$

Área da asa  $S = b \cdot \bar{c}$

$$C_{M,0} = -0,02$$

E considerando que a aeronave foi homologada pelo FAR 23, devendo atender ao seguinte requisito:

§ FAR 23.337

(a) The positive limit maneuvering load factor  $n$  may not be less than -

(3) 6.0 for acrobatic airplanes.

(b) The negative limit maneuvering load factor may not be less than -

(2) 0.5 times the positive load factor for the acrobatic category.

Sendo assim, de acordo com os dados, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Esboce o envelope de manobra da aeronave. (2 pontos)
- Calcule o fator de carga vertical  $n$  durante a decolagem. (2 ponto)
- Determine a sustentação da asa principal  $L$  e a sustentação da empenagem horizontal  $P$ , para manter o voo equilibrado. (2 pontos)
- Determine o arrasto  $D$  e força no cabo  $F$  na decolagem. (1 ponto)

**Continuação de 3ª questão**

e) Registre, no envelope de manobra, a condição de voo durante a decolagem. (1 ponto)

Formulário:

$$L = \frac{1}{2} \rho C_L S v^2$$

$$D = \frac{1}{2} \rho C_D S v^2$$

$$M_0 = \frac{1}{2} \rho C_{M,0} S \bar{c} v^2$$

Continuação de 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação de 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**4ª QUESTÃO (8 pontos)**

Considere uma asa de razão de aspecto igual 8. A seção de asa é um aerofólio simétrico com  $\frac{dC_L}{d\alpha} = 2\pi$ . A asa encontra-se em um ângulo de ataque que fornece  $C_L = 0,4$  e  $C_D = 0,015$ .

De acordo com os dados, e considerando os fatores de arrasto induzido ( $\delta$ ) e de inclinação da curva  $C_L \times \alpha$  ( $\tau$ ) iguais a 0,1, qual seria o  $C_L$  e o  $C_D$ , neste mesmo ângulo de ataque, se a razão de aspecto fosse 12? (8 pontos)

Formulário

$$C_{Di} = \frac{C_L^2}{\pi AR} (1 + \delta) \qquad \frac{dC_L}{d\alpha} = \frac{a_0}{1 + \frac{a_0}{\pi AR} (1 + \tau)}$$

$a_0$  é o coeficiente angular da curva  $C_L \times \alpha$  para placa plana infinita.

Continuação de 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

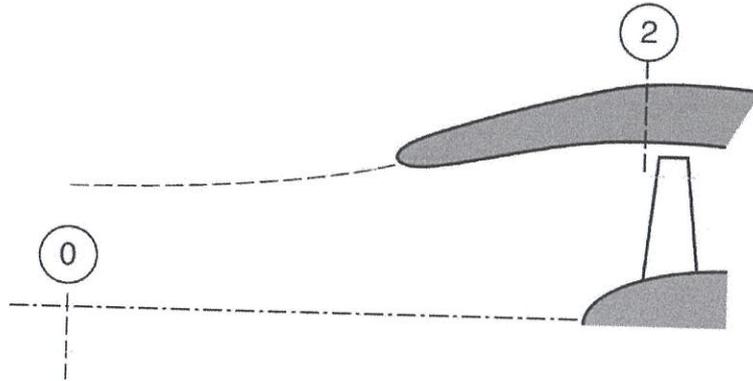
Continuação de 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

5ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo mostra uma admissão (inlet) subsônica (difusor) de um sistema de propulsão em condição de cruzeiro.



Considerando que o escoamento entre as seções 0 e 2 é adiabático e que o fluido escoando é um gás ideal de constante de gás  $R$  e razão de calores específicos  $\gamma$ , determine:

- a expressão do aumento de entropia específica entre as seções 0 e 2 em função das pressões totais nessas seções; e (3 pontos)
- a expressão da pressão total numa dada seção, em função da pressão estática e do número de Mach,  $M$ , na mesma seção. (5 pontos)

Formulário:

$$\Delta s = c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \quad a = \sqrt{\gamma RT} \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v} \quad R = c_p - c_v$$

$$M = \frac{v}{a} \quad pv = RT \quad \text{Processo isentrópico: } pv^\gamma = \text{constante}$$

$$h = c_p T \quad h_T = h + \frac{v^2}{2}$$

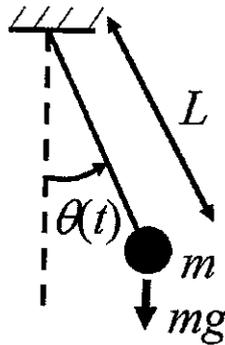
Continuação de 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**6ª QUESTÃO (8 pontos)**

Considere o pêndulo simples, sem atrito no vínculo, sujeito à força peso da massa  $m$ , sustentado por um fio inextensível de comprimento  $L$  e sem massa, conforme apresentado na figura abaixo.



De acordo com os dados apresentados, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Deduza a equação do movimento do sistema considerando pequenos ângulos de oscilação. (4 pontos)
- Para a condição inicial  $\theta(0) = \theta_0$  e velocidade angular inicial nula, calcule a solução da equação do movimento resultante. (4 pontos)

Continuação de 6ª questão

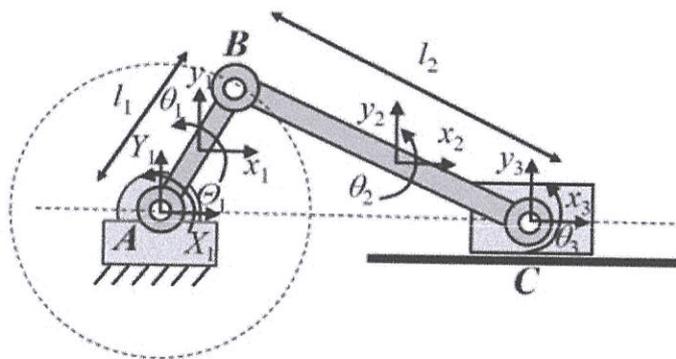
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**7ª QUESTÃO (8 pontos)**

Considere o mecanismo apresentado na figura abaixo, qual o elos são todos rígidos e têm comprimentos  $l_1$  e  $l_2$  como indicado. O comprimento do elo 3 não é necessário o centro de massa se localiza no centro geométrico de cada um, onde se localizam os respectivos sistemas de referência locais que têm a mesma orientação do sistema de referência inercial. Os deslocamentos dos elos em relação ao referencial inercial são  $(x_i, y_i, \theta_i)$  onde  $i = 1, 2, 3$  e o sistema de referência inercial está indicado por  $(X_i, Y_i, \Theta_i)$  na figura.

Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, responda o que se pede nos itens abaixo.



- Classifique as juntas  $A$ ,  $B$  e  $C$  do mecanismo e quantos graus de liberdade elas restringem. (2 pontos)
- quantos graus de liberdade tem o mecanismo? Justifique. (2 pontos)
- Liste as restrições de cada junta em termos das coordenadas da origem dos sistema de referência de cada elo  $(x_i, y_i, q_i)$ . (4 pontos)

Continuação de 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

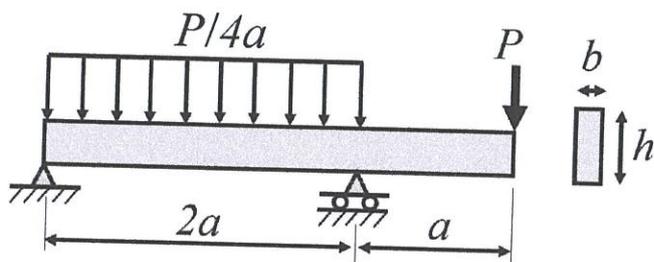
Continuação de 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**8ª QUESTÃO (8 pontos)**

Uma viga AC de madeira, com comprimento  $3a$ , com um vão AB de  $2a$ , deve ser projetada para suportar as forças distribuídas e concentradas e com as condições de apoio mostradas na figura abaixo.



Sabendo que será utilizada madeira com altura  $h$  e largura  $b$  e uma tensão admissível de  $\sigma_{max}$ , determine:

- as reações de apoio e o diagrama de momentos fletores; e  
(4 pontos)
- a altura  $h$  mínima necessária para que a viga não falhe viga.  
(4 pontos)

Continuação de 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**9ª QUESTÃO (8 pontos)**

Considere um aerofólio fino, com linha de câmbor dada por  $y=0,05x(x-b)(x-1)$ , e faça o que se pede nos itens a seguir.

Formulário

$$C_L = 2\pi \left( \alpha + A_0 + \frac{A_1}{2} \right) \quad C_{MLE} = \frac{-\pi}{2} \left( \alpha + A_0 + A_1 - \frac{A_2}{2} \right)$$

$$A_0 = \frac{-1}{\pi} \int_0^\pi \frac{dy}{dx} d\theta \quad A_n = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi \frac{dy}{dx} \cos(n\theta) d\theta$$

$$x = \frac{1}{2} (1 - \cos(\theta))$$

- a) Calcule  $b$  para que o aerofólio tenha  $C_L=0,5$  a  $2^\circ$  de ângulo de ataque. (5 pontos)
- b) Defina o que é centro de pressão e como ele pode ser calculado em função do coeficiente de sustentação ( $C_L$ ) e do coeficiente de momento em relação ao bordo de ataque do aerofólio ( $C_{MLE}$ ). (3 pontos)

Continuação de 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

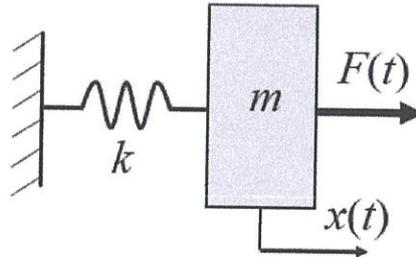
Continuação de 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022

**10ª QUESTÃO (8 pontos)**

Considere um sistema massa mola sujeito a uma carga  $F(t) = F_0 \cos(\Omega t)$  com posição e velocidade iniciais nulas, como mostra a figura. Sabendo-se que a constante elástica da mola é igual a  $k$  e a massa é igual a  $m$ .



Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, faça o que se pede.

- Deduza a equação de movimento do sistema; e (4 pontos)
- resolva a equação do movimento para as condições iniciais e força aplicada da massa. (4 pontos)

Continuação de 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECÂNICA AERONÁUTICA

Concurso: CP-CEM/2022









