QUESTÃO 1 [2,0] - Pretende-se tornear externamente um eixo de aço de diâmetro inicial 104 mm. A usinagem foi realizada com uma ferramenta de metal duro, aplicando um profundidade de corte de a = 2 mm e um avanço de f = 0,1 mm/rotação. Para essa operação de usinagem foi usado um torno CNC com uma eficiência de 90%. Sabendo que o comprimento a ser torneado é de 200 mm, que a ferramenta de corte possui ângulo de posição de χ = 90°, ângulo de saída de γ= 6°, ângulo de inclinação de λ= 0° e ângulo de folga de α= 2°, determine:

a) **[0,5]** Sabendo que a velocidade de corte ótima é de 314 m/min determine a rotação em rpm para essa usinagem.
b) **[0,5]** Qual o tempo de corte dessa operação de torneamento?
c) **[0,5]** Sabendo que o torno foi instrumentalizado com um dinamômetro para medir a força de corte, a qual apresentou uma média de 600 N, determine a pressão específica de corte (K_s).
d) **[0,5]** Faça um desenho esquemático da cunha de corte com os seus respectivos ângulos e calcule o ângulo de cunha (β).

Obs.: Considere a constante π (pi) igual a 3,14 para efeito de cálculos.

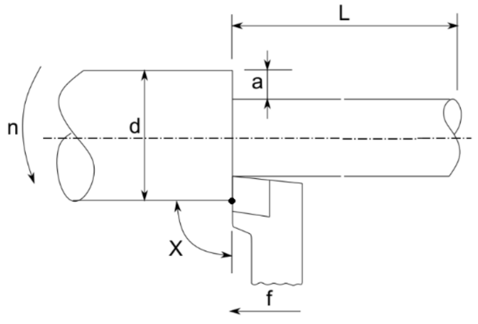
GABARITO:

a) Cálculo da rotação a partir da fórmula da velocidade de corte:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \; [m/min]$$

Então,

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \; [rpm]$$



Como,

$$d = 104 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 314\; m/min}{3{,}14 \cdot 104\; mm} = 962\; rpm$$

Resposta: $\boxed{n = 962 \text{ rpm}}$

Critério de correção:

- Considerou d=100 mm, e fez o restante corretamente: 0,5;
- Fórmula errada: 0,0;
- Montou a fórmula apenas, mas não calculou: 0,1;
- Montou a fórmula correta, mas errou o cálculo por pouco: 0,4;
- Raciocínio correto, mas aproximou grosseiramente o resultado final: 0,4;
- Fora da folha de resposata: 0,0;
- Fez corretamente, ma acrescentou informações erradas: 0,4;

b) Calculo do tempo de corte (t_c) no torneamento externo:

$$t_c = \frac{L}{V_f} = \frac{L}{\mathrm{f} \cdot n}$$

Substituindo os valores:

$$t_c = \frac{200\ mm}{0{,}1\ \mathrm{mm/rot.} \cdot 962\ rpm} = 2.08\ min$$

Resposta: $\boxed{t_c = 2.08 \text{ min}}$

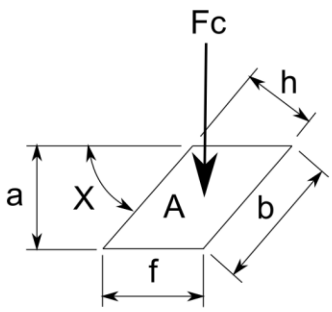
Critério de correção:

- Fórmula errada: 0,0;
- Montou a fórmula apenas, mas não calculou: 0,1;
- Montou a fórmula correta, mas errou o cálculo por pouco: 0,4;
- Raciocínio correto, mas aproximou grosseiramente o resultado final: 0,4;
- Fora da folha de resposata: 0,0;
- Fez corretamente, ma acrescentou informações erradas: 0,4;

c) Pressão específica de corte (K_s)

$$K_s = \frac{F_c}{A}\ [MPa]$$

A pressão específica de corte é calculada a partir da força de corte e da área de seção do corte. Quando χ = 90°, a = b e f = h.



$$A = \mathrm{a} \cdot \mathrm{f} = b \cdot h$$

Assim,

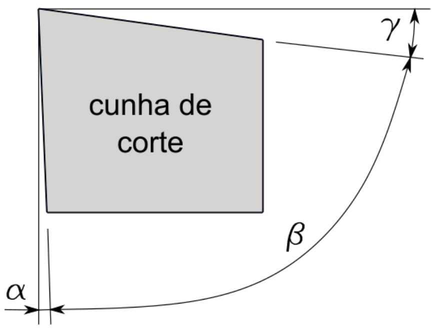
$$K_s = \frac{600\ N}{2\ mm \cdot 0{,}1\ mm} = 3000\ MPa$$

Resposta: $\boxed{K_s = 3000\ \text{MPa}}$

Critério de correção:

- Fórmula errada: 0,0;
- Montou a fórmula apenas, mas não calculou: 0,1;
- Montou a fórmula correta, mas errou o cálculo por pouco: 0,4;
- Raciocínio correto, mas aproximou grosseiramente o resultado final: 0,4;
- Fora da folha de resposata: 0,0;
- Fez corretamente, ma acrescentou informações erradas: 0,4;

d) Geometria da ferramenta de corte (cunha de corte):



Ângulo de cunha: $\beta = 90 - \alpha - \gamma$

$$\beta = 90° - 2° - 6° = 82°$$

Resposta: $\boxed{\beta = 82°}$

Critério de correção:

- Não fez o desenho corretamente e nem calculou o ângulo = 0,0;
- Errou conta: 0,3;

Gabarito da Questão 2

QUESTÃO 2 [2,0 pontos]: Seja uma viga em balanço de comprimento $4L$ metros. O engaste desta viga está localizado na coordenada $x = 0$ m. Aplicou-se a esta viga uma carga com distribuição uniforme q_1N/m que se inicia em $x = 2L$ m, e a partir de $x = 3L$ m essa carga distribuída passa a aumentar linearmente, chegando a um valor q_2N/m em $x = L$. Para essa viga, conforme mostrado na Figura 1, obtenha:

a) [1,0]: Os Esforços de Reação (Forças e Momentos de Forças) no engaste;

b) [0,5]: Uma expressão para o Esforço Cortante para todo o comprimento da viga, $V(x)$;

c) [0,5]: Uma expressão para o Momento Fletor para todo o comprimento da viga, $M(x)$;

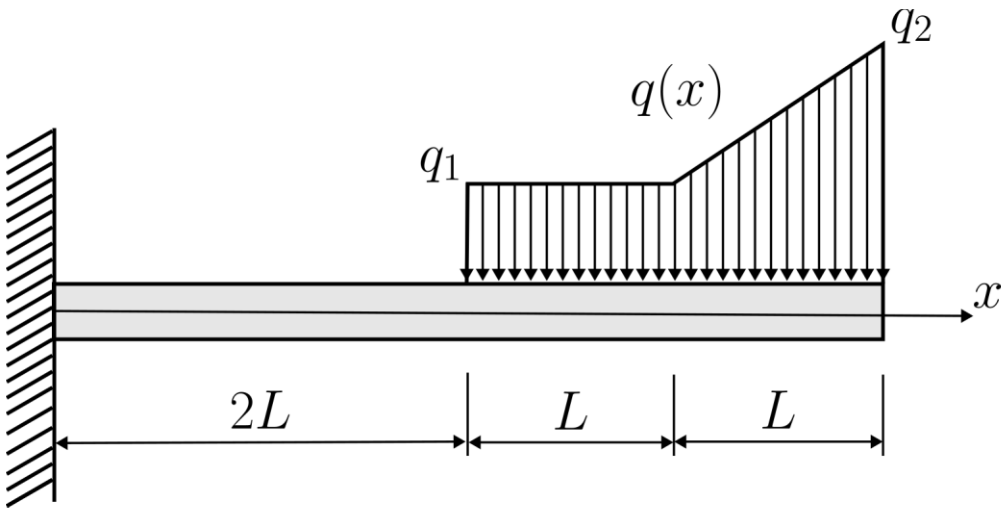


Figura 1: Distribuição de Carga em viga para a resolução da Questão 2

Resolução:

$$q(x) = M_0\langle x\rangle^{-2} + R_0\langle x\rangle^{-1} - q_1\langle x-2L\rangle^0 - \frac{(q_2-q_1)}{L}\langle x-3L\rangle^1$$

$$\frac{dV(x)}{dx} = q(x)$$

$$V(x) = M_0\langle x\rangle^{-1} + R_0\langle x\rangle^{0} - q_1\langle x-2L\rangle^1 - \frac{(q_2-q_1)}{2L}\langle x-3L\rangle^2$$

$$\frac{dM(x)}{dx} = V(x)$$

$$M(x) = M_0\langle x\rangle^{0} + R_0\langle x\rangle^{1} - \frac{q_1}{2}\langle x-2L\rangle^2 - \frac{(q_2-q_1)}{6L}\langle x-3L\rangle^3$$

Item a:

$$V(4L) = 0$$

$$V(4L) = R_0 - 2Lq_1 - \frac{(q_2 - q_1)}{2}L = 0$$

$$R_0 = \frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}$$

$$M(4L) = 0$$

$$M(4L) = R_0.4L + M_0 - \frac{q_1}{2}(2L)^2 - \frac{(q_2 - q_1)L^3}{6L} = 0$$

$$M_0 = -\frac{25L^2q_1}{6} - \frac{11L^2q_2}{6}$$

O sinal pode variar dependendo do referencial escolhido pelo candidato.

Critérios de correção:

- Acertar apenas a força de reação, ou apenas o momento de reação (0,5 pontos)
- Erro na força e momento de reação por não subtrair o $q_1$na carga triangular (0,5 pontos)
- Pequenos erros de cálculos (-0,1)
- Erros de cálculos consideráveis, porém acertando a teoria (-0,25)

Item b:

$$V(x) = -\left(\frac{25L^2q_1}{6} + \frac{11L^2q_2}{6}\right)\langle x\rangle^{-1} + \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right)\langle x\rangle^{0} - q_1\langle x - 2L\rangle^{1} - \frac{(q_2 - q_1)}{2L}\langle x - 3L\rangle^{2}$$

Ou:

$$V(x) = \begin{cases} \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right) \; para \; 0 < x < 2L \\ \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right) - q_1(x - 2L) \; para \; 2L < x < 3L \\ \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right) - q_1(x - 2L) - \frac{(q_2 - q_1)}{2L}(x - 3L)^2 \; para \; 3L < x < 4L \end{cases}$$

Critérios de correção:

- Acertar apenas a primeira seção (0,2)
- Acertar a primeira e a segunda seção (0,4)
- Pequenos erros de cálculos (-0,1)
- Erros de cálculos consideráveis, porém acertando a teoria (-0,25)

Item c:

$$M(x) = -\left(\frac{25L^2q_1}{6} + \frac{11L^2q_2}{6}\right)\langle x\rangle^0 + \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right)\langle x\rangle^1 - \frac{q_1}{2}\langle x-2L\rangle^2 - \frac{(q_2-q_1)}{6L}\langle x-3L\rangle^3$$

Ou:

$$M(x) = \begin{cases} -\left(\frac{25L^2q_1}{6} + \frac{11L^2q_2}{6}\right) + \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right)x \; para \; 0 < x < 2L \\ -\left(\frac{25L^2q_1}{6} + \frac{11L^2q_2}{6}\right) + \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right)x - \frac{q_1}{2}(x-2L)^2 \; para \; 2L < x < 3L \\ -\left(\frac{25L^2q_1}{6} + \frac{11L^2q_2}{6}\right) + \left(\frac{3q_1L}{2} + \frac{q_2L}{2}\right)x - \frac{q_1}{2}(x-2L)^2 - \frac{(q_2-q_1)}{6L}(x-3L)^3 \; para \; 3L < x < 4L \end{cases}$$

Critérios de correção:

- Acertar apenas a primeira seção (0,2)
- Acertar a primeira e a segunda seção (0,4)
- Pequenos erros de cálculos (-0,1)
- Erros de cálculos consideráveis, porém acertando a teoria (-0,25)

Observações:

1. Esta resolução foi elaborada utilizando o Método de Funções Descontínuas (CRAIG JR.; ROY, 2003)*, contido na bibliografia do concurso, no entanto, soluções corretas utilizando outros métodos também serão aceitas, considerando os critérios de correção.
2. Para esta resolução, adotou-se a convenção de sinais para $V(x)$ e $M(x)$ de acordo com Craig Jr. e Roy (2003, p.199)*, contido na bibliografia do concurso, no entanto, soluções corretas utilizando outras convenções de sinais também serão aceitas.

*CRAIG JR., ROY R., Mecânica dos Materiais, 2a edição, Rio de Janeiro: LTC, 2003.

Gabarito da Questão 3

QUESTÃO 3 [2,0 pontos]: Na Figura 2, é mostrado um mecanismo conhecido como Garfo Escocês (*Scotch Yoke*). Este dispositivo consiste em um disco (manivela) com um pino solidário a ele, de modo que o pino e o disco formam um único elo; o pino desliza acoplado à guia de um garfo (seguidor). Para este mecanismo, determine:

a)[0,5]: O número total de elos e a classificação de cada junta (par cinemático);

b) [0,5]: A mobilidade do mecanismo;

c)[1,0]: Esboce o mecanismo com a localização de todos os Centros Instantâneos de Velocidade.

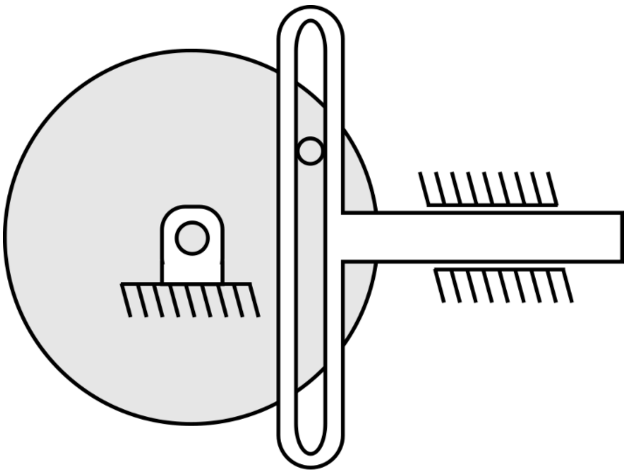
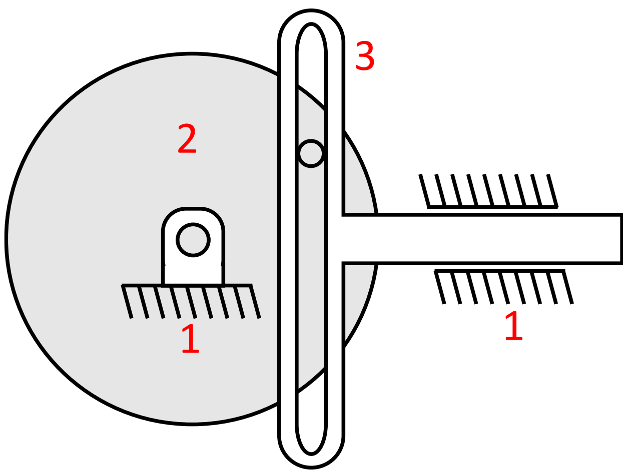


Figura 2: Mecanismo para resolução da Questão 3.

Resolução:



Item a:

Número de elos (L) igual a 3.

Também será considerado o número de elos igual a 4 (Equação de Grubler sem a modificação de Kutzbach).

Junta 1-2: Junta de revolução (junta completa, J_1)

Junta 2-3: Junta deslizante (meia junta, J_2)

Junta 1-3: Junta prismática (junta completa, J_1)

$L = 3$

$J_1 = 2$

$J_2 = 1$

Critérios de correção:

- Acertar apenas o número de elos (0,25);
- Acertar o número de elos e errar a caracterização de uma junta (0,4);
- Acertar o número de elos e errar a caracterização de duas juntas (0,3);

Item b:

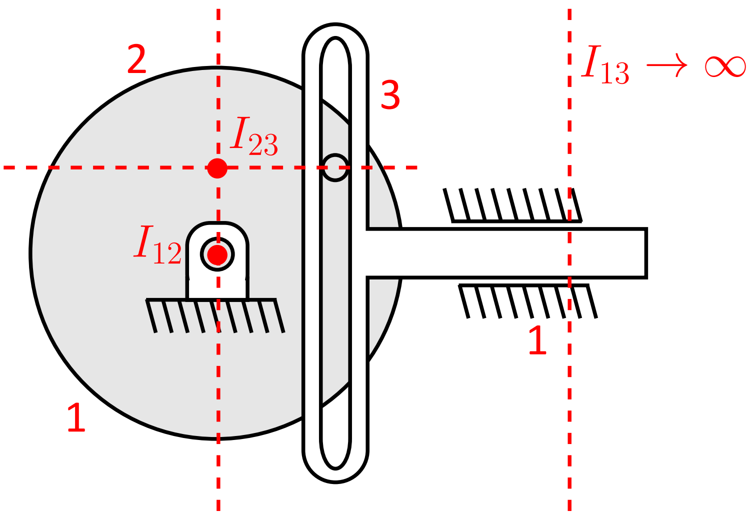
$M = 3(L - 1) - 2J_1 - 1J_2 = 1\ GDL$

Resposta: 1

Critérios de correção:

- Resposta correta (0,5 pontos);
- Resposta incorreta (0,0 pontos).

Item c:



Critérios de correção:

- Todos os 3 CIVs corretos (1,0 ponto);
- 2 CIVs corretos (0,67 pontos)
- 1 CIV correto (0,33 pontos)

GABARITO DA QUESTÃO 4)

a) (0,80 ponto) A equação geral de conservação da massa, dada no enunciado é

$$\frac{\partial}{\partial t}\left[\int_{\mathrm{VC}} \rho \, dV\right] + \int_{\mathrm{SC}} \rho(\vec{\mathrm{v}}\cdot\vec{n})\, dA = 0 \tag{1}$$

Simplificações:

I) Fluido incompressível ($\rho = \text{cte}$). Logo a integral no VC da Eq. (1) é dada por

$$\int_{\mathrm{VC}} \rho \, dV = \rho \int_{\mathrm{VC}} dV = \rho V \tag{2}$$

II) Entradas e saídas constantes: Há apenas uma entrada (1) e uma saída (2). Logo, a integral na superfície de controle da Eq. (1) pode ser simplificada para

$$\int_{\mathrm{SC}} \rho(\vec{\mathrm{v}}\cdot\vec{n})\, dA = \rho_2 \mathrm{v}_2 A_2 - \rho_1 \mathrm{v}_1 A_1 \tag{3}$$

Como o fluido é incompressível, a Eq. (3) resume-se a

$$\int_{\mathrm{SC}} \rho(\vec{\mathrm{v}}\cdot\vec{n})\, dA = \rho(\mathrm{v}_2 A_2 - \mathrm{v}_1 A_1) \tag{4}$$

Assim, a equação de conservação da massa, Eq. (1) é reescrita como

$$\frac{\partial}{\partial t}[\rho V] + \rho(\mathrm{v}_2 A_2 - \mathrm{v}_1 A_1) = 0 \tag{5}$$

Como o fluido é incompressível, tem-se que

$$\rho\frac{\partial V}{\partial t} + \rho(\mathrm{v}_2 A_2 - \mathrm{v}_1 A_1) = 0 \rightarrow \frac{\partial V}{\partial t} + \mathrm{v}_2 A_2 - \mathrm{v}_1 A_1 = 0 \tag{6}$$

Substituindo o volume do tanque cilíndrico e sabendo que h varia com o tempo e o diâmetro D do tanque é constante, obtém-se

$$\frac{\pi D^2}{4}\frac{dh}{dt} + \mathrm{v}_2 A_2 - \mathrm{v}_1 A_1 = 0 \rightarrow \frac{dh}{dt} = \frac{4(\mathrm{v}_1 A_1 - \mathrm{v}_2 A_2)}{\pi D^2} \tag{7}$$

Por fim, a taxa de variação *dh/dt*, em função apenas das variáveis do problema, é expressa como

$$\boldsymbol{\frac{dh}{dt} = \frac{4(\mathrm{v}_1 A_1 - Q_2)}{\pi D^2} = \frac{4(\mathrm{v}_1 A_1 - \mathrm{v}_2 A_2)}{\pi D^2}} \tag{8}$$

O nível de fluido no tanque se elevará quando $dh/dt > 0$. Assim, pela Eq. (8) tem-se que

$$\frac{dh}{dt} > 0 \rightarrow \frac{4(\mathrm{v}_1 A_1 - Q_2)}{\pi D^2} > 0 \rightarrow \mathrm{v}_1 A_1 - Q_2 > 0 \rightarrow \mathbf{v_1} > \boldsymbol{\frac{Q_2}{A_1}} \quad \textbf{ou} \quad \mathbf{v_1} > \boldsymbol{\frac{\mathrm{v}_2 A_2}{A_1}} \tag{9}$$

Respostas finais:

- **Expressão para a variação do nível de fluido no tanque ao longo do tempo:**

$$\boldsymbol{\frac{dh}{dt} = \frac{4(\mathrm{v}_1 A_1 - Q_2)}{\pi D^2}}$$

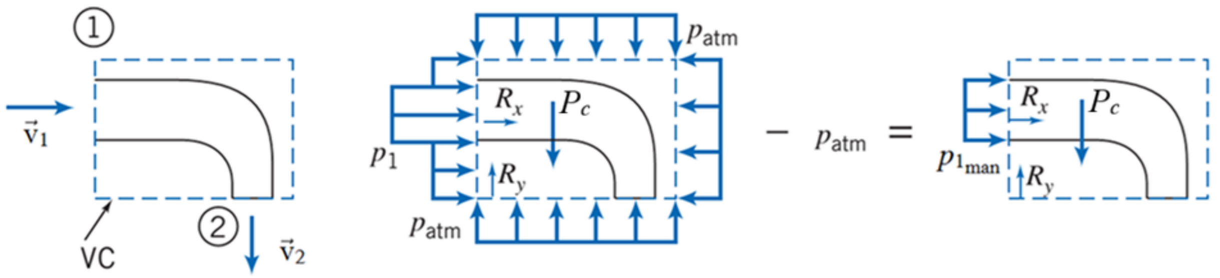
- **Condição de v_1 para o nível de fluido no tanque se aumentar:**

$$\boldsymbol{\mathrm{v}_1 > \frac{Q_2}{A_1}}$$

A pontuação (0,80 ponto) da questão é dividida da seguinte forma:

* **(0,20 ponto)** Escrita das simplificações utilizadas (cada uma 0,10).
* **(0,25 ponto)** Desenvolvimento pata obtenção de *dh/dt*.
* **(0,15 ponto)** Equação final correta para *dh/dt*.
* **(0,05 ponto)** Justificativa para aumento do nível de fluido no tanque, *dh/dt* > 0.
* **(0,15 ponto)** Expressão de v_1 para o nível do fluido no tanque aumentar.

b) (1,20 pontos) O volume de controle para análise do cotovelo Figura (a) é apresentado a seguir, com as forças (P, R_x e R_y) e indicações de pressões (p_1, p_{atm} e $p_{1_{man}}$) que agem sobre o cotovelo Figura (b), sendo a Figura (c) utilizada para os cálculos, já que o enunciado indicou para utilizar a pressão manométrica.



(a) **(b)** **(c)**

A equação geral de conservação de quantidade de movimento linear (*momentum)* é dada por

$$\overrightarrow{F_C} + \overrightarrow{F_S} = \frac{\partial}{\partial t}\left[\int_{VC} \vec{\mathrm{v}}\rho \, dV\right] + \int_{SC} \vec{\mathrm{v}}\rho(\vec{\mathrm{v}} \cdot \vec{\mathrm{n}}) \, dA = 0 \tag{10}$$

Os vetores velocidades na entrada e na saída, seguindo o eixo xy da figura, são:

$$\vec{\mathrm{v}}_1 = u_1 \, \hat{\imath} \qquad \& \qquad \vec{\mathrm{v}}_2 = -v_2 \, \hat{\jmath} \tag{11}$$

As equações de conservação da quantidade de movimento linear nas direções x e y, dadas no enunciado, são

$$F_{C_x} + F_{S_x} = \frac{d}{dt}\left[\int_{\mathrm{VC}} u\, \rho\, dV\right] + \int_{\mathrm{SC}} u\, \rho(\vec{\mathrm{v}} \cdot \vec{n})\, dA \tag{12}$$

e

$$F_{C_y} + F_{S_y} = \frac{d}{dt}\left[\int_{\mathrm{VC}} v\, \rho\, dV\right] + \int_{\mathrm{SC}} v\, \rho(\vec{\mathrm{v}} \cdot \vec{n})\, dA \tag{13}$$

Analisando cada direção:

→ **Direção x:**

Simplificações:

I) Escoamento em regime permanente logo a derivada temporal é nula, ou seja,

$$\frac{d}{dt}\left[\int_{\mathrm{VC}} u\, \rho\, dV\right] = 0 \tag{14}$$

II) Não há forças de campo na direção, logo.

$$F_{C_x} = 0 \tag{15}$$

III) Considerando apenas a pressão manométrica, já que a pressão atmosférica age em ambos os lados do cotovelo, a força de superfície é dada por

$$F_{S_x} = p_{1_{man}} A_1 + R_x \tag{16}$$

OBS.: R_x é positiva pois no VC ela foi considerada no sentido positivo de x.

IV) Há apenas uma entrada de massa na direção x, cuja velocidade é u_1, logo a integral na SC pode ser simplificada para

$$\int_{\mathrm{SC}} u\, \rho(\vec{\mathrm{v}} \cdot \vec{n})\, dA = -u_1 \rho_1 u_1 A_1 = -\rho_1 A_1 u_1^2 \tag{17}$$

Desse modo, a equação de conservação de *momentum* na direção x, Eq. (12), é escrita como:

$$p_{1_{man}} A_1 + R_x = -\rho_1 A_1 u_1^2 \tag{18}$$

Logo, a força de reação na direção x é dada por

$$\boldsymbol{R_x = -\rho_1 A_1 u_1^2 - p_{1_{man}} A_1} \tag{19}$$

→ **Direção y:**

* Escoamento em regime permanente logo a derivada temporal é nula, ou seja,

$$\frac{d}{dt}\left[\int_{\mathrm{VC}} u\,\rho\,dV\right] = 0 \tag{20}$$

* Há forças de campo, o peso do cotovelo é da água, representado por P na figura do volume de controle analisado, logo,

$$F_{C_y} = -P_c = -m_c g \tag{21}$$

* As forças de superfície devido à pressão atmosférica se cancelam. Logo, a única força de superfície é a de reação na direção y, ou seja,

$$F_{S_y} = R_y \tag{22}$$

* Há apenas saída na direção y, logo o termo do lado direito da equação de conservação de *momentum* é dado por

$$\int_{\mathrm{SC}} v\,\rho(\vec{\mathrm{v}}\cdot\vec{n})dA = -\mathrm{v}_2\rho_2\mathrm{v}_2A_2 = -\rho_2A_2v_2^2 \tag{23}$$

OBS.: O sinal negativo é devido ao sentido de a velocidade ser contrário ao sentido positivo considerado para o eixo y.

Desse modo, a equação de conservação de *momentum*, Eq. (13), é resumida à forma

$$-m_c g + R_y = -\rho_2A_2v_2^2 \tag{24}$$

Logo, a reação na direção y é calcualda por

$$\boldsymbol{R_y = m_c g - \rho_2A_2v_2^2} \tag{25}$$

Como o fluido é incompressível, $\rho_1 = \rho_2 = \rho$. Logo, a força de reação $\vec{R}$ necessária para manter o cotovelo estático é

$$\boldsymbol{\vec{R} = \left[-\rho A_1u_1^2 - p_{1_{man}}A_1\right]\hat{\imath} + \left[m_c g - \rho A_2v_2^2\right]\hat{\jmath}} \tag{26}$$

OBS.: O sentido negativo da componente na direção x e do segundo termo na componente na direção y foi devido ao sentido escolhido no VC (vide imagem no início da resolução). Caso o candidato considere outros sentidos, sua resposta terá sinais distintos, porém deve ser aceita. Por isso é crucial que ele faça a representação esquemática mostrando os sentidos escolhidos para as reações R_x e R_y.

Resposta final:

➢ **Equação que expresse a força de reação para manter o cotovelo estático:**

$$\vec{\boldsymbol{R}} = \left[-p_{1_{man}}A_1 - \rho u_1^2 A_1\right]\hat{\mathbf{i}} + \left[-m_c g - \rho v_2^2 A_2\right]\hat{\mathbf{j}}$$

A pontuação (1,20 ponto) da questão é dividida da seguinte forma:
* **(0,10 ponto)** Representação esquemática do VC, com todas as forças, e pressões.
* **(0,10 ponto)** Simplificações na equação de *momentum* para o cálculo da força na direção x.
* **(0,35 ponto)** Obtenção da equação para cálculo da força $\boldsymbol{R_x}$.
* **(0,10 ponto)** Simplificações na equação de *momentum* para o cálculo da força na direção y.
* **(0,35 ponto)** Obtenção da equação para cálculo da força $\boldsymbol{R_y}$.
* **(0,20 ponto)** Resposta final para a força vetorial $\vec{\boldsymbol{R}}$. (Deve estar coerente com a representação do VC em relação aos sinais das componentes).

Questão (5) de térmica

Um cilindro-pistão contém 10 kg de ar, inicialmente a 30 °C, que é submetido a um processo de expansão isobárica sob pressão de 1 atm. Durante o processo, o gás recebe energia de uma fonte térmica externa de forma que sua temperatura final atinja 130 °C em um intervalo de tempo de 1000 segundos.

Considerando o ar como um gás ideal com comportamento de calor específico constante, onde R_{ar} = 0,29 kJ/(kg·K) e c_v = 0,72 kJ/(kg·K), e desprezando variações de energia cinética e potencial, determine:

a) o trabalho realizado,
b) a variação da energia interna do processo
c) a taxa de transferência de calor necessária para o processo.

Gabarito

1ª Lei: $Q - W = \Delta U$; pressão constante p = 1 atm≈ 101,3 kPa.

O trabalho realizado pelo gás durante o processo de expansão/ Pressão constante é:

$W_{12} = \int p\, dV$
$W_{12} = p(V_2 - V_1)$

Mas:
$pv = RT \rightarrow V/m = RT/p \rightarrow V = mRT/p$
$v = V/m$
Assim:
$W_{12} = mR(T_2 - T_1)$.
$W_{12} = 10 \cdot 0{,}29 \cdot 10\hat{}3.\ (130 - 30)$ $\qquad Kg.\frac{J}{Kg.K}.K$
$W_{12} = 10 \cdot 290 \cdot (130 - 30)$
W_{12} = 290 kJ (a)

Potência:
$\dot{W}_{12} = W_{12}/\Delta t$
$\dot{W}_{12}$ = 290 kJ / 1000 s $\qquad \frac{J}{s} = W$

$\dot{W}_{12}$ = 290.10^3 J / 1000 s = 290 W

A variação da energia interna do gás é dada por:

$\Delta U = mC_v\Delta T$

$\Delta U = 10 \cdot 0.72.10\hat{}3 \cdot (130 - 30).$ $Kg.\frac{J}{Kg.K}.K$

$\Delta U = 10.\ 72000$ J

$\Delta U = 720{,}0$ kJ (b)

Assumindo taxa constante de transferência de energia:

$dU/dt = \Delta U/\Delta t$

$dU/dt = 720{,}0 \text{ kJ} / 1000 \text{ s} = 720{,}0 \text{ W}$

Assim, a taxa de transferência de calor é:

$\dot{Q} = \dot{W} + dU/dt$

$\dot{Q} = 290 + 720{,}0 = 1010$ W (c) -O sinal positivo indica que calor foi adicionado ao sistema.

Tabela de Critérios de Correção

Letras Avaliadas	**Pontuação Integral: 0,60 ponto**	**Pontuação Parcial: 0,30 ponto**
a	-Apresentação correta da fórmula de expansão isobárica $W = mR\Delta T$; -Substituição correta dos valores e unidade final correta em kilojoules (287kJ)	Demonstração do raciocínio e da integral da pressão com erro estritamente matemático ou omissão da unidade.
b	-Aplicação direta da relação de gás ideal ($\Delta U = m\ c_v\ \Delta T$); -Correlação correta de escalas térmicas e resultado exato em kilojoules (720,0 kJ)	Uso correto da fórmula com erro na conversão do calor específico ou falta de coerência nas unidades
c	-Primeira Lei da Termodinâmica em termos de **taxa** ($Q = W + dU/dt$); divisão correta pelo intervalo de tempo (1000 s) e resposta final em Watts (1007,0 W).	Soma correta do trabalho e energia interna sem dividi-los pela taxa temporal (calculando apenas calor total (Q em kJ) ou erro na unidade de potência.
a,b e c	**Pontuação Integral: 0,20 ponto** Uso correto da análise dimensional e representação correta das unidades de energia (kJ) e potência (W) ao longo de todo o desenvolvimento.	