



EXAME DE TRANSFERÊNCIA 2005
SEGUNDA FASE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
12/09/2004

Nome Completo: _____

Documento de Identidade: _____

Assinatura: _____

INSTRUÇÕES:

1. **SOMENTE INICIAR A PROVA QUANDO FOR AUTORIZADO PELO FISCAL DA SALA.**
2. A prova tem **28 páginas**, incluindo a página de rosto. O espaço em branco que segue cada questão é para a resolução da questão. As páginas 26, 27 e 28 são para rascunho.
3. Verificar se a sua opção de curso está correta na etiqueta de identificação da prova.
4. Não esquecer de identificar a página de rosto da prova, colocando seu nome completo (sem abreviações), o número do seu documento de identidade e a sua assinatura nos locais indicados.
5. **NÃO É PERMITIDO O USO DE CALCULADORA NEM UTILIZAR O CELULAR DURANTE A PROVA.** QUALQUER USO INDEVIDO DESTES APARELHOS PODERÁ IMPLICAR NA DESCLASSIFICAÇÃO SUMÁRIA DO CANDIDATO.
6. Não é permitido o uso de outros materiais estranho à prova.
7. A prova é para ser resolvida à **caneta** (azul ou preta), com exceção dos desenhos técnicos.
8. Qualquer dúvida faz parte da interpretação da questão.
9. Duração da prova: **4 h**. Saída a partir das **14:00**.
10. Não é permitido fumar na sala.

Gabarito

1)

- a) Faça um esboço da curva da resultante das forças de interação atômica e da curva resultante da energia de interação atômica, ambas em função da distância interatômica, para uma dada temperatura, indicando a energia de ligação entre dois átomos e a distância interatômica mínima entre eles.
- b) Com base nestas curvas, como seria determinado o raio atômico de um metal puro?
- c) O raio atômico do Fe é 1,24 Å e o raio iônico do Fe²⁺ é 0,83 Å. Explique o motivo desta diferença.
- d) O que é número de coordenação de um átomo (ou íon)? O número de coordenação para sólidos iônicos pode ser calculado geometricamente pelo quociente mínimo entre os raios iônicos. Qual a relação mínima entre raios para um material com número de coordenação 6?

Dado: $\sqrt{2} = 1,414$

Resolução da Questão 1:

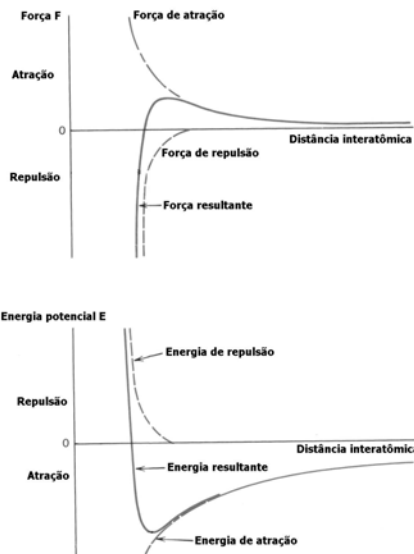
- a) Quando dois átomos (ou íons) são aproximados são geradas forças de atração e repulsão. Estas forças somadas produzem a força resultante (F_R) que dois átomos ou íons estão sujeitos, em uma dada temperatura.

$$F_R = F_{\text{atração}} + F_{\text{repulsão}}$$

A energia potencial entre dois átomos (E) pode ser calculada pelo produto entre a força e a distância interatômica (r):

$$E = \int (F_{\text{atração}} + F_{\text{repulsão}}) dr$$

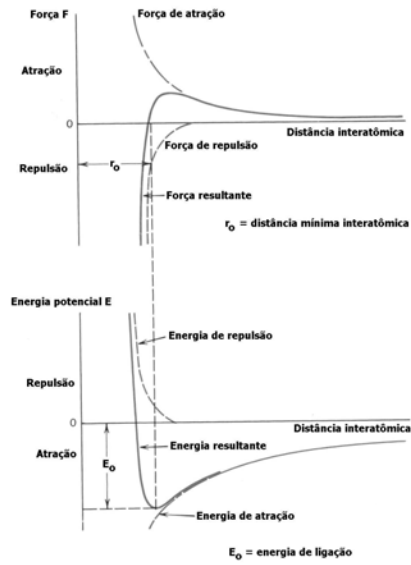
O esboço das duas curvas resultantes é mostrado na figura abaixo:



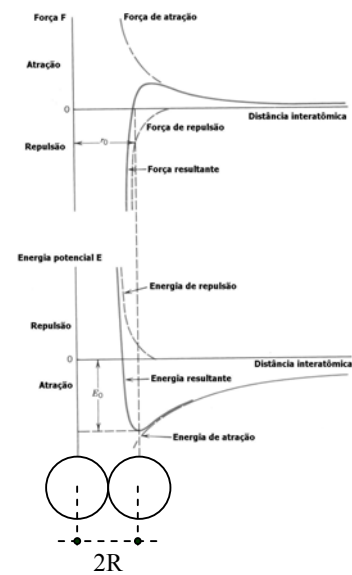
A energia de ligação (E_0) é calculada no ponto de mínimo da curva de energia de ligação:

$$\frac{dE}{dr} = 0$$

Neste ponto determina-se a distância interatômica mínima (r_0), conforme mostra a figura abaixo:

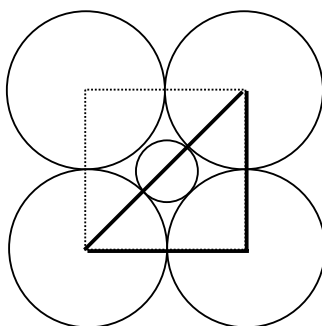


b) O raio atômico de um metal puro seria calculado, com base nas curvas de energia potencial versus distância interatômica, por:



- c) O raio iônico do Fe^{2+} é menor que o do Fe porquê foram removidos dois elétrons da camada de valência. Assim, os elétrons remanescentes são atraídos com força maior pelo núcleo, que possui a mesma carga positiva em ambos os casos.
- d) O número de coordenação representa o número de vizinhos mais próximos de um átomo ou íon.

Para calcular geometricamente a razão mínima entre raios quando o número de coordenação é seis utiliza-se o seguinte procedimento:



Aplicando-se o teorema de Pitágoras no triângulo retângulo indicado tem-se:

$$(2R)^2 + (2R)^2 = (R + r + r + R)^2$$

$$2(2R)^2 = (2R + 2r)^2$$

$$\sqrt{2} \cdot (2R) = 2R + 2r$$

$$\sqrt{2} \cdot R = R + r$$

$$\sqrt{2} \cdot R - R = r$$

$$\sqrt{2} - 1 = \frac{r}{R}$$

$$\frac{r}{R} = 1,414 - 1$$

$$\boxed{\frac{r}{R} = 0,414}$$

2) Foi elaborado um procedimento para fabricação por fundição de uma peça de uma liga Cu-Ni para um equipamento. No controle de qualidade desta peça é empregado inspeção por raios X, ensaio de microdureza e ensaio de tração. A inspeção por raios X não detectou nenhum defeito, mostrando que a peça estava totalmente compacta. Os resultados dos ensaios de microdureza e ensaio de tração mostram uma grande dispersão de valores, rejeitando o processo de fabricação da peça no quesito propriedade mecânica. Para tentar resolver o problema foi realizado um tratamento térmico no lote de peças fundidas em uma faixa de temperatura onde não ocorreu crescimento de grão. Algumas peças representativas do lote foram ensaiadas após este tratamento e a dispersão de valores das propriedades mecânicas estava dentro do especificado pelo controle de qualidade. Assim, após o tratamento térmico, as peças fundidas estavam aceitas para serem montadas no equipamento.

- a) Citar e explicar o(s) mecanismo(s) de endurecimento que estão presentes nesta liga.
- b) Qual o fenômeno metalúrgico que causou esta dispersão nos valores das propriedades mecânicas? Explicar como ele ocorre e como influenciou nos resultados dos ensaios mecânicos.
- c) Como o tratamento térmico reduziu a dispersão de valores? Explicar.

Dados:

Elemento	Raio atômico (nm)	Número de oxidação	Estrutura cristalina	Eletronegatividade	Densidade a 30°C (g/cm ³)	Ponto de fusão (°C)
Cu	0,128	+1	CFC	1,9	8,94	1084
Ni	0,125	+2	CFC	1,8	8,90	1453

Resolução da Questão 2:

- a) A inspeção por raios X mostrou que o material é compacto e não possui defeitos que possam alterar as propriedades da peça. Além disto, analisando-se os dados fornecidos, os elementos Cu e Ni geram um diagrama isomorfo, que é composto de uma única solução sólida em todo intervalo de composição química. Assim, os mecanismos de endurecimento presentes são: o endurecimento por solução sólida substitucional e o endurecimento por contorno de grão.

O endurecimento por solução sólida ocorre quando existe uma diferença nos raios atômicos do soluto e do solvente. Existem relações empíricas que relacionam este mecanismo de endurecimento com a concentração de soluto presente na liga.

O endurecimento por contorno de grão ocorre devido a dificuldade que uma discordância tem para ser gerada em um grão adjacente associado à mudança de orientação cristalina entre grãos. A relação de Hall-Petch sumariza este mecanismo:

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{k_y}{d^{1/2}}$$

onde:

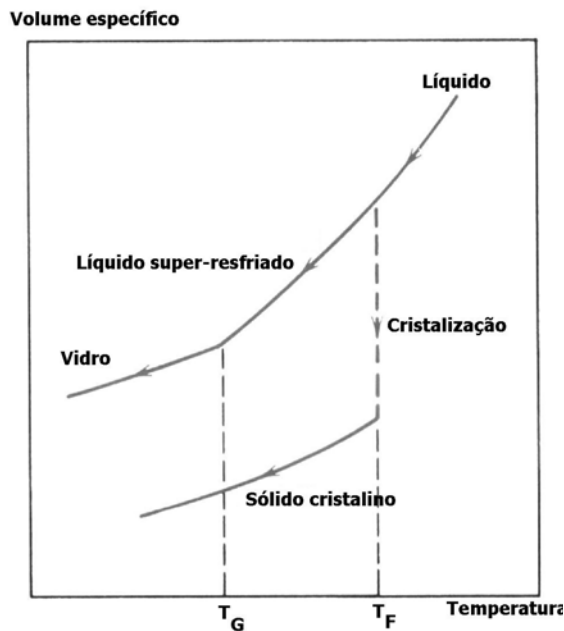
σ = limite de escoamento

σ_0 e k_y = constantes do material

d = tamanho de grão

- b) Como a peça foi obtida por fundição, sua solidificação foi realizada fora de equilíbrio, gerando a micro-segregação. Neste caso, durante a solidificação, existe uma diferença de composição química do centro para a periferia do grão, cujo fenômeno é chamado de zonamento. Como existe uma variação na concentração, existem regiões mais moles (menos ricas no soluto) e regiões mais duras (mais ricas em soluto) em um grão, causando a dispersão de resultados.
- c) Como o tratamento térmico não alterou o tamanho de grão, a redução da dispersão para valores aceitáveis foi devida a homogeneização parcial da composição química no interior dos grãos da peça. Esta homogeneização foi causada pela difusão de soluto da região mais enriquecida para a região mais empobrecida deste elemento no interior do grão.

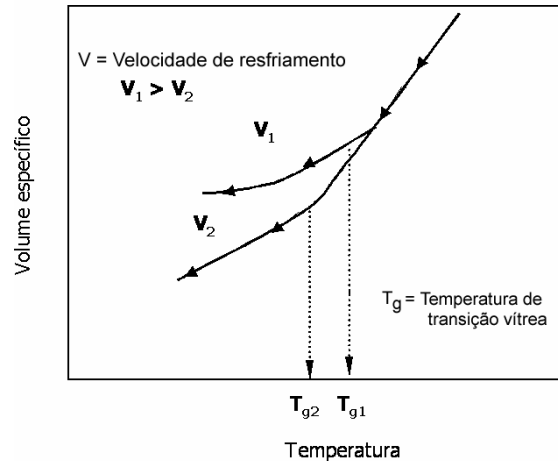
- 3) A figura abaixo mostra a variação de volume específico com a temperatura para um material amorfo (como um vidro) e um material cristalino (por exemplo, um metal). Os materiais cristalinos apresentam uma temperatura de fusão definida (T_F), onde ocorre uma redução brusca de volume específico. Já os materiais amorfos têm o comportamento de líquido em altas temperaturas. Quando estes materiais são super-resfriados ocorre um empacotamento mais eficiente da estrutura atômica, produzindo um aumento da viscosidade do material. Com a subsequente redução da temperatura atinge-se a temperatura T_G e, a partir desta temperatura, as contrações de volume específico são causadas por vibrações térmicas. Abaixo desta temperatura o material é considerado com tendo um comportamento de sólido rígido, como um vidro. A resistência a fratura de um vidro é melhorada quando se utiliza um processamento específico para produzir o vidro temperado. Este processamento consiste em aquecer o vidro em uma faixa de temperatura que permita o ajuste por movimentação atômica das tensões geradas no processamento. Em seguida as superfícies externas do vidro são resfriadas rapidamente por algum meio, como imersão em óleo ou jato de ar.



- Explique, com base na variação de velocidade de resfriamento, as variações dimensionais que ocorrem no volume específico do vidro, justificando cada etapa.
- Faça um esboço da distribuição de tensão residual na secção transversal do vidro temperado.
- Explicar, com base na teoria de Griffith da mecânica da fratura, a melhoria na resistência à fratura do vidro temperado.

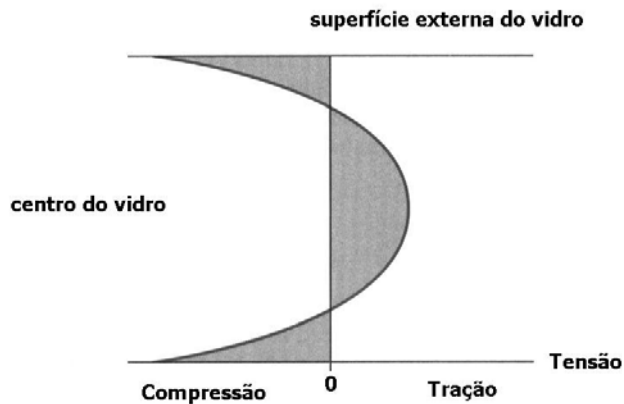
Resolução da Questão 3:

- a) T_G de um vidro é função da velocidade de resfriamento do mesmo. Velocidades maiores causam um aumento na T_G , conforme indicado na figura abaixo.



No processo de obtenção de vidro temperado, a superfície resfria com velocidade maior que o centro do vidro. Conseqüentemente o volume da superfície é maior e deforma por tração o interior do vidro, que assume um tamanho maior que o tamanho que teria na temperatura em questão. Quando o interior do vidro é contraído, ele produz uma tensão residual de compressão na superfície do vidro. O centro do vidro torna-se tracionado.

- b) O esboço das tensões residuais no vidro temperado está mostrado abaixo:



- c) Com base na mecânica da fratura e na teoria de Griffith tem-se que:

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_s}{\pi a} \right)^{1/2}$$

onde:

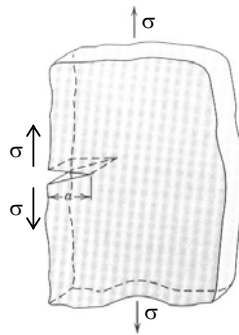
σ_c = tensão crítica para propagação da trinca

E = módulo de Young

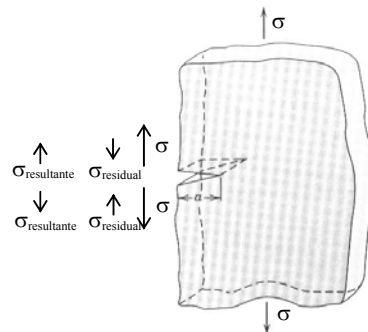
γ_s = energia de superfície específica

a = metade do comprimento de uma trinca interna

Admitindo o caso de um vidro processado sem a geração de nenhum tipo de tensão residual, quando se aplica um esforço no mesmo, e com a presença de uma trinca superficial, este esforço é transmitido à ponta da trinca e pode ocasionar a sua propagação, caso esta tensão na ponta da trinca seja maior que σ_c .



No caso do vidro temperado existe uma tensão de compressão na superfície do material, gerando uma tensão resultante menor que a tensão aplicada. Assim, para uma trinca propagar em um vidro temperado a tensão aplicada tem que ser maior que a tensão de um vidro como descrito acima. Neste caso tem-se:



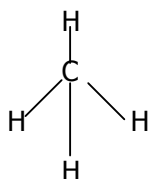
- 4) Observe os seguintes dados referentes à temperatura de ebulição de algumas substâncias:

SUBSTÂNCIA	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	SUBSTÂNCIA	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
CH ₄	-164	NH ₃	-33
SiH ₄	-112	PH ₃	-87
GeH ₄	-90	AsH ₃	-55
SnH ₄	-52	SbH ₃	-18

- a) Sabendo-se que o Carbono (C) apresenta número atômico 6 e configuração eletrônica $1s^2 2s^2 2p^2$, e o hidrogênio tem número atômico 1 e configuração eletrônica $1s^1$, faça um esquema da geometria da substância CH₄.
- b) Identifique o tipo de ligação envolvida entre os átomos de carbono (C) e hidrogênio (H).
- c) Justifique o tipo de geometria e o tipo de ligação entre o carbono e o hidrogênio.
- d) Observando os dois conjuntos de dados de ponto de ebulição, verifica-se que a amônia (NH₃) apresenta uma irregularidade quanto ao comportamento de seu ponto de ebulição, ou seja, deveria ser um valor inferior a -87 °C, conforme ocorre com a seqüência dos pontos de ebulição para a família do carbono. Explique esta irregularidade.

Resolução da Questão 4:

- a) (valor: 0,25 pontos)**



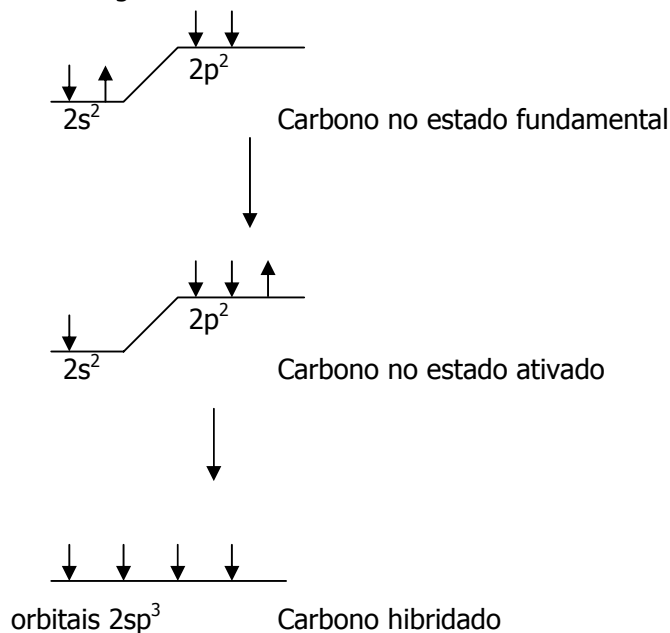
É uma molécula tetraédrica onde os comprimentos de ligação C-H são todos iguais e os ângulos de ligação são todos iguais a $109^{\circ} 30'$.

- b) (valor: 0,25 pontos)**

A ligação entre o carbono e o hidrogênio é do tipo covalente, onde ocorre o compartilhamento de elétrons entre o carbono e o hidrogênio.

c) (valor: 0,25 pontos)

O composto apresenta a geometria mostrada no item a em função da hibridação (ou hibridização) entre os orbitais atômicos do carbono. Verifica-se que, para que sejam formadas quatro ligações iguais, é preciso que o carbono apresente quatro elétrons desemparelhados para efetuarem ligação. Tal é conseguida conforme ilustra a figura a seguir:

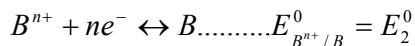
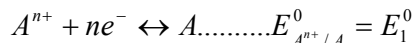


Com a formação dos orbitais sp^3 , tem-se quatro elétrons desemparelhados que podem ligar-se, cada um, a um hidrogênio, compondo ligações do tipo sigma $s-sp^3$

d) (valor: 0,25 pontos)

A amônia – NH_3 – apresenta irregularidade no comportamento do ponto de ebulição devido à formação de pontes de hidrogênio entre o nitrogênio de uma molécula e o hidrogênio de outra molécula de amônia. O fato de o nitrogênio ser bastante eletronegativo faz com que o par de elétrons da ligação N-H fique mais deslocado para o nitrogênio, deixando o hidrogênio deficiente de elétrons. Para compensar tal deficiência, o hidrogênio liga-se ao par de elétrons livres que o nitrogênio apresenta na amônia fazendo uma ligação fraca denominada ponte de hidrogênio que é responsável pelo aumento do ponto de ebulição da amônia comparado ao ponto de ebulição das outras substâncias da família da amônia.

- 5) Considere dois metais puros A e B. Tais substâncias apresentam as seguintes reações eletroquímicas:



onde E^0 indica o potencial de eletrodo padrão da substância nas condições padrão. A equação de Nernst que corrige o potencial padrão para as condições fora do padrão é:

Equação de Nernst:

$$E = E^0 + \frac{0,0591}{z} \log \frac{a_{oxidada}}{a_{reduzida}}$$

onde E é o potencial de equilíbrio fora das condições padrão; E^0 é o potencial de equilíbrio nas condições padrão; z é o número de moles de elétrons no sistema considerado; $a_{oxidada}$ representa as atividades das formas oxidadas do sistema; $a_{reduzida}$ representa as atividades das formas reduzidas do sistema; \log representa o logaritmo decimal.

As substâncias A e B foram colocadas, cada uma, numa solução contendo os seus próprios íons.

- Qual a relação entre E_1^0 e E_2^0 para que o potencial fora das condições padrão de A seja dez vezes o potencial fora das condições padrão de B, sendo que as concentrações de A^{n+} e B^{n+} são iguais a k ?
- Se a concentração de B^{n+} é igual a dez vezes a concentração de A^{n+} , qual deve ser a relação entre E_1^0 e E_2^0 para que a reação de A seja a catódica e a de B seja a anódica numa pilha?
- Se ocorrer um contato elétrico entre A e B e sendo a concentração de A^{n+} igual a $10^{-5}M$ e a concentração de B^{n+} igual a $10^{-6}M$, qual a relação entre E_1^0 e E_2^0 para que A seja mais corroído do que B?
- Se a reação para a espécie A representa o processo anódico de uma corrosão, a qual potencial a espécie A deve ser submetida para ficar protegida da corrosão? Justifique.

Resolução da Questão 5:

a) (valor: 0,25 pontos)

Tem que $E_A = 10E_B$. Pela equação de Nernst:

$$E_A^0 + (0,0591/n) \log[a_{A^{n+}}/a_A] = 10\{E_B^0 + (0,0591/n) \log[a_{B^{n+}}/a_B]\}$$

Como A e B são metais puros, suas atividades serão iguais a 1.

$$E_A^0 + (0,0591/n) \log[k/1] = 10\{E_B^0 + (0,0591/n) \log[k/1]\}$$

Rearranjando-se os termos:

$$E^{\circ}_A - 10 E^{\circ}_B = (0,0591/n) \times 9 \log(k)$$

Portanto,

$$E^{\circ}_A - 10 E^{\circ}_B = (0,5391/n) \log k$$

b) (valor: 0,25 pontos)

Tem-se que $a_{B^{n+}} = 10a_{A^{n+}}$

Para que A seja catodo e B seja anodo em uma pilha, a reação deve ser espontânea e a força eletromotriz deve ser positiva, ou seja:

$$E_A - E_B > 0$$

Pela equação de Nernst:

$$E^{\circ}_A + (0,0591/n) \log[a_{A^{n+}}/a_A] - E^{\circ}_B - (0,0591/n) \log[a_{B^{n+}}/a_B] > 0$$

$$E^{\circ}_A - E^{\circ}_B + (0,0591/n) \log[a_{A^{n+}}/a_{B^{n+}}] > 0$$

$$E^{\circ}_A - E^{\circ}_B + (0,0591/n) \log[1/10] > 0$$

Logo:

$$E^{\circ}_A - E^{\circ}_B > 0,0591/n$$

c) (valor: 0,25 pontos)

Tem-se que $a_{A^{n+}} = 10^{-5}M$ e $a_{B^{n+}} = 10^{-6}M$.

Para que A seja anodo do processo, o sistema deve funcionar como uma pilha e:

$$E_B - E_A > 0$$

Aplicando-se a equação de Nernst:

$$E^{\circ}_B + (0,0591/n) \log[a_{B^{n+}}/a_B] - E^{\circ}_A - (0,0591/n) \log[a_{A^{n+}}/a_A] > 0$$

$$E^{\circ}_B + (0,0591/n) \log[10^{-6}/1] - E^{\circ}_A - (0,0591/n) \log[10^{-5}/1] > 0$$

Ou seja:

$$E^{\circ}_B - E^{\circ}_A > 0,0591/n$$

d) (valor: 0,25 pontos)

Para que a espécie A fique protegida num processo corrosivo que represente o processo anódico, a espécie A deve ser submetida a um potencial inferior ao seu potencial de equilíbrio. Desta forma, não haverá um processo catódico que possa alimentar o processo corrosivo, já que a curva de polarização catódica do processo não interceptará a curva do processo anódico – curva para a espécie A.

6) Considere dois carvões com as seguintes composições em porcentagem em massa:

Substância	Carvão A	Carvão B
C	72	60
H ₂	14	16
O ₂	3,2	19,2
H ₂ O	7,2	3,6
S	3,2	0,8
Cinzas	0,4	0,4

Considere:

Composição do ar atmosférico: 21%O₂ e 79%N₂ (porcentagem molar ou volumétrica).

Massas atômicas: C=12; H=1; O=16; S=32.

Reações de combustão:



$$\text{PCI} = \text{PCS} - n_{\text{H}_2\text{O TOTAL}} \lambda$$

$$\text{PCS} = - \sum n_i \Delta H_i$$

onde: PCI = poder calorífico inferior; PCS = poder calorífico superior, λ = calor latente de vaporização da água; n = número de moles.

Pergunta-se:

- Qual carvão apresenta maior quantidade de água ligada e maior quantidade de hidrogênio livre? Justifique.
- Qual carvão apresenta menor quantidade de ar teórico necessária para uma combustão? Justifique.
- Qual carvão apresenta maior poder calorífico inferior (PCI)? Justifique.
- Para cada 1kg de cada carvão, qual apresenta maior quantidade de fumos (em número de moles), sendo que as condições de saída desses fumos são 50 °C e 1 atmosfera e a combustão completa é feita com ar teórico?

Resolução da Questão 6:

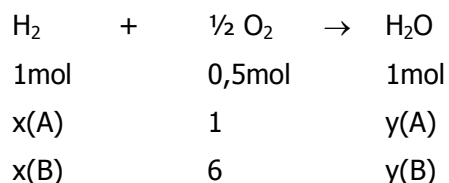
Inicialmente, para uma base de cálculo de 1kg de carvão:

Substância	Carvão A (% massa)	Carvão B (% massa)	Carvão A (massa, g)	Carvão B (massa, g)
C	72	60	720	600
H ₂	14	16	140	160
O ₂	3,2	19,2	32	192
H ₂ O	7,2	3,6	72	36
S	3,2	0,8	32	8
Cinzas	0,4	0,4	4	4

Substância	Carvão A (massa, g)	Carvão B (massa, g)	Carvão A (número de moles)	Carvão B (número de moles)
C	720	600	60	50
H ₂	140	160	70	80
O ₂	32	192	1	6
H ₂ O	72	36	4	2
S	32	8	1	0,25
Cinzas	4	4	---	---

a) (valor: 0,25 pontos)

Para determinar a quantidade de água ligada utiliza-se a hipótese de Dulong que diz que parte do hidrogênio existente no carvão já está ligada a todo o oxigênio presente no carvão, formando água ligada. A proporção é dada pela equação:



onde $x(\text{A})$ e $x(\text{B})$ indicam hidrogênio ligado nos carvões A e B, respectivamente e $y(\text{A})$ e $y(\text{B})$ indicam água ligada nos carvões A e B, respectivamente.

Pela estequiometria, determina-se:

$$x(\text{A}) = 2 \text{ moles e } y(\text{A}) = 2 \text{ moles}$$

$$x(\text{B}) = 12 \text{ moles e } y(\text{B}) = 12 \text{ moles}$$

Para o hidrogênio livre tem-se:

$$n(\text{hidrogênio livre}) = n(\text{total de hidrogênio}) - n(\text{hidrogênio ligado})$$

Para o carvão A:

$$n(\text{hidrogênio livre}) = 70 - 2 = 68 \text{ moles de hidrogênio livre.}$$

Para o carvão B:

$$n(\text{hidrogênio livre}) = 80 - 12 = 68 \text{ moles.}$$

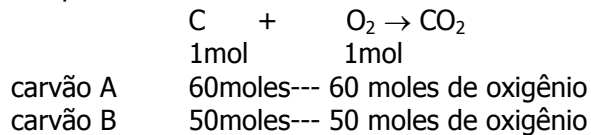
Portanto:

O carvão B apresenta maior quantidade de água ligada e ambos apresentam a mesma quantidade de hidrogênio livre.

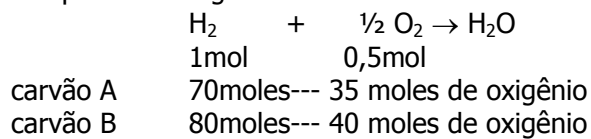
b) (valor: 0,25 pontos)

Cálculo do ar teórico:

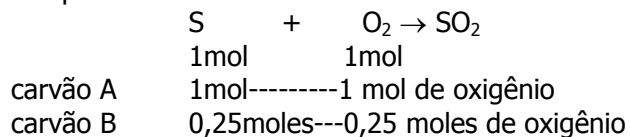
*para o carbono:



*para o hidrogênio:



*para enxofre:



Considera-se que:

$$n(\text{oxigênio teórico}) = n(\text{oxigênio para cada elemento}) - n(\text{oxigênio no combustível})$$

$$n(\text{O}_2 - \text{carvão A}) = 60 + 35 + 1 - 1 = 95 \text{ moles de oxigênio}$$

$$n(\text{O}_2 - \text{carvão B}) = 50 + 40 + 0,25 - 6 = 84,25 \text{ moles de oxigênio.}$$

Portanto, o carvão B necessita de menos oxigênio teórico em sua combustão

c) (valor: 0,25 pontos)

Pela definição de PCI:

$$\text{PCI} = \text{PCS} - n_{\text{H}_2\text{O}} \lambda$$

$$\text{PCS} = - \sum n_i \Delta H_i$$

Carvão A:

$$\text{PCS} = -[60x(-96,7) + 68x(-68,3) + 1x(-72)] = 10518,4 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{PCI} = 10518,4 - (70 + 4)x[(-57,8) - (-68,3)] = 9741,4 \text{ kcal/kg}$$

Carvão B:

$$\text{PCS} = -[50 \times (-96,7) + 68 \times (-68,3) + 0,25 \times (-72)] = 9497,4 \text{ kcal/kg}$$

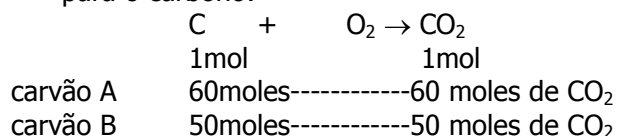
$$\text{PCI} = 9497,4 - (80 + 2) \times [(-57,8) - (-68,3)] = 8636,4 \text{ kcal/kg}$$

Observando-se os resultados obtidos, verifica-se que o carvão A apresenta o maior PCI (poder calorífico inferior).

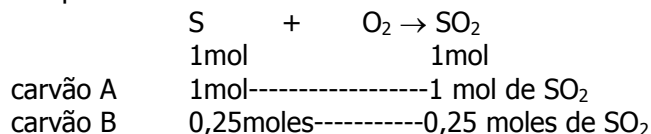
d) (valor: 0,25 pontos)

Para 1 kg de cada carvão, o número de moles de fumos a 50 °C e 1 atm de pressão será:

*para o carbono:



*para o enxofre:



Pelo fato de os fumos estarem a 50 °C e 1 atm, não haverá emissão de vapor d'água e os fumos serão secos.

*nitrogênio que acompanha o oxigênio teórico:

$$n(\text{nitrogênio}) = (79/21) n(\text{oxigênio})$$

Carvão A: oxigênio teórico = 95 moles

$$n(\text{nitrogênio}) = 95 \times 3,76 = 357,2 \text{ moles de nitrogênio.}$$

Carvão B: oxigênio teórico = 84,25 moles de nitrogênio

$$n(\text{nitrogênio}) = 84,25 \times 3,76 = 316,78 \text{ moles de nitrogênio}$$

Portanto, para cada carvão, o número de moles nos fumos para 1kg de carvão queimado:

$$\text{*carvão A: } 60 + 1 + 357,2 = 418,2 \text{ moles}$$

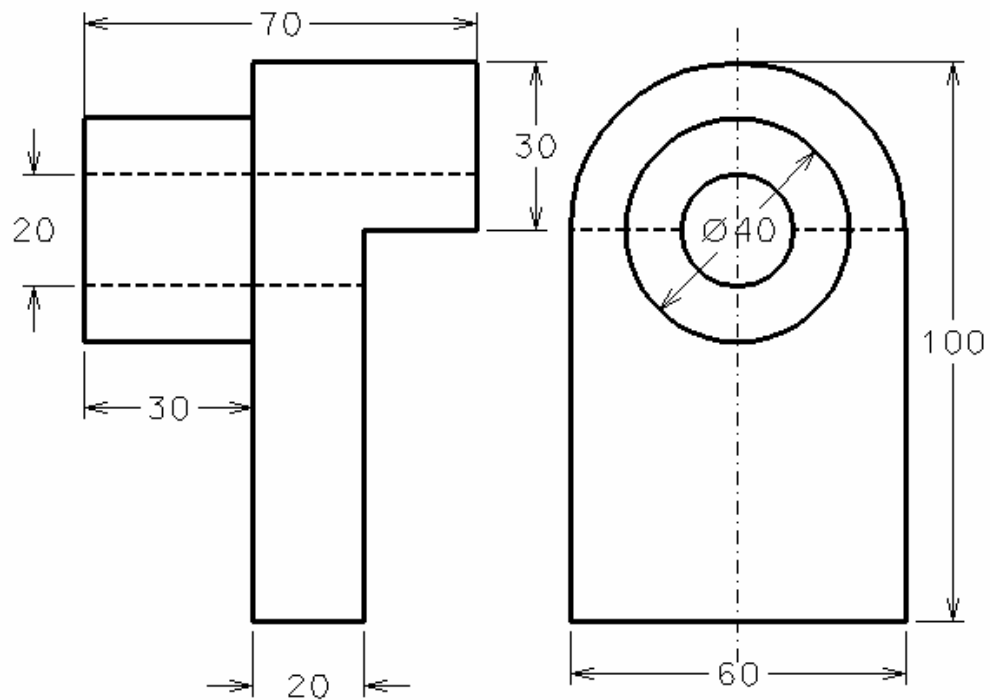
$$\text{*carvão B: } 50 + 0,25 + 316,78 = 367,03 \text{ moles}$$

Para cada quilograma de carvão queimado, o carvão A apresenta maior quantidade de fumos emitidos.

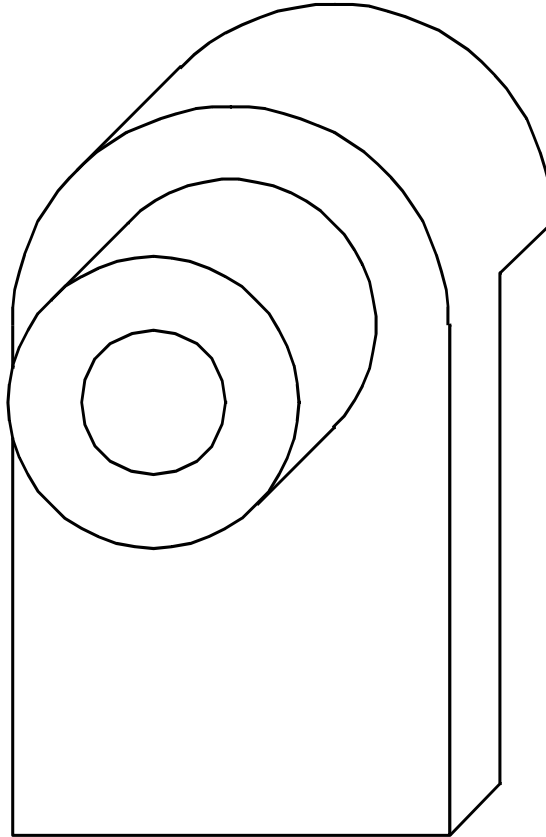
7) Desenhar a perspectiva CAVALEIRA da peça dada abaixo por suas vistas lateral direita e frontal, representadas no primeiro diedro.

Adotar: $\alpha=45^\circ$ no primeiro quadrante (ângulo das fugantes) e $k=1/2$.

Desenhar em escala natural. Medidas em milímetros.



Resolução da Questão 7:



Critério de correção:

Escala errada: -0.1

Fator k errado: -0.2

Quadrante errado: -0.1

Ângulo α errado: -0.2

Posição errada: -0.5

Medida errada: -0.1 (cada)

Peça errada: -0.2 (depende do erro)

Outra perspectiva (isométrica, cônica,...): -0.8

Circunferências mal-feitas/erradas: -0.2 (cada)

Aresta de silhueta errada ou faltando: -0.1 (cada)

Mostrar parte de dentro do furo: -0.1

8) Na página seguinte estão representadas as projeções cotadas de uma reta r e de um plano α dado pelos pontos A, B e C nele contidos. Unidade: metro. Escala: 1:50

Determine:

- a) A projeção cotada I_1 da intersecção da reta r com o plano α ;
- b) A cota deste ponto de intersecção (I), com uma casa decimal de precisão.

Em todos os itens, deixe claramente indicadas as construções gráficas e/ou cálculos efetuados.

Resolução da Questão 8:

Critério de correção:

Item a) valor: 0.7

graduou r : +0.1

graduou AB ou BC ou CA: +0.1

encontrou horizontais de β que contém r : +0.1

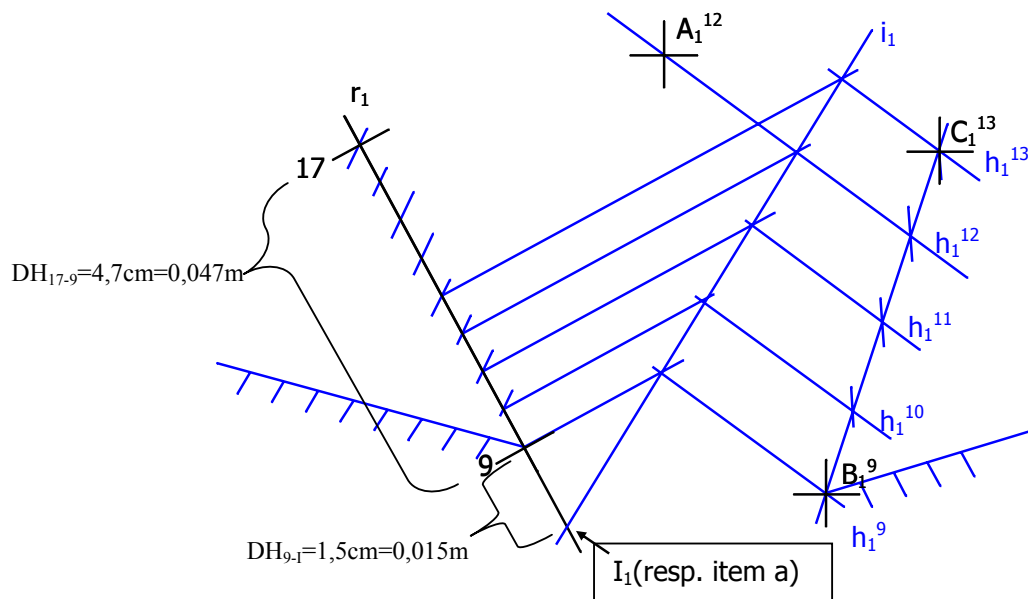
encontrou horizontais de α : +0.2

encontrou reta i (intersecção de α e β): +0.1

encontrou ponto I: +0.1

Item b) valor: 0.3

Certo, mas sem precisão: -0.1



Resposta item b)

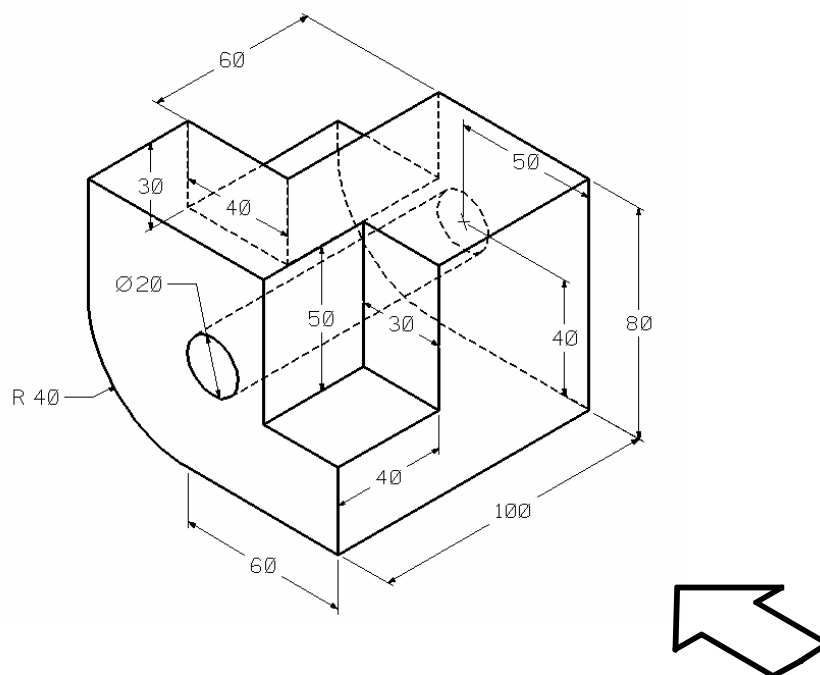
$$\frac{9-x}{DH_{9I}} = \frac{DV_{17-9}}{DH_{17-9}} \rightarrow \frac{9-x}{0,015\text{m}} = \frac{17-9=8\text{m}}{0,047\text{m}} \rightarrow x = 7,04\text{m}$$

$$\therefore \text{Cota } I \cong 7,0\text{m}$$

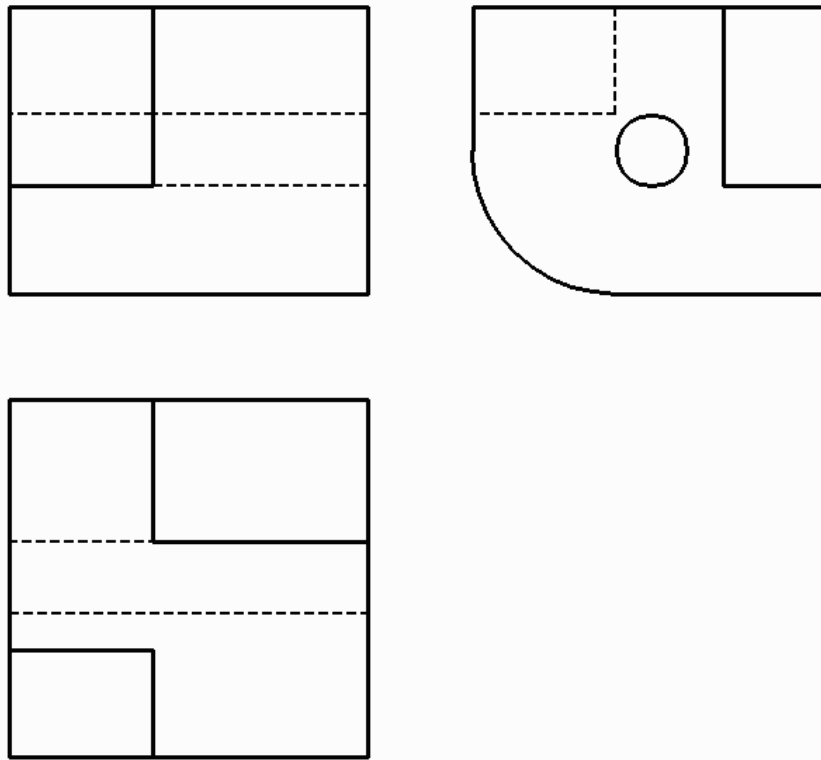
(não é necessário usar a escala nesta questão)

9) Desenhar, em escala 1:2, as vistas ortográficas frontal, superior e lateral esquerda da peça abaixo no primeiro diedro, adotando como frontal a face indicada pela seta.

Medidas em milímetros. Não é necessário cotar.



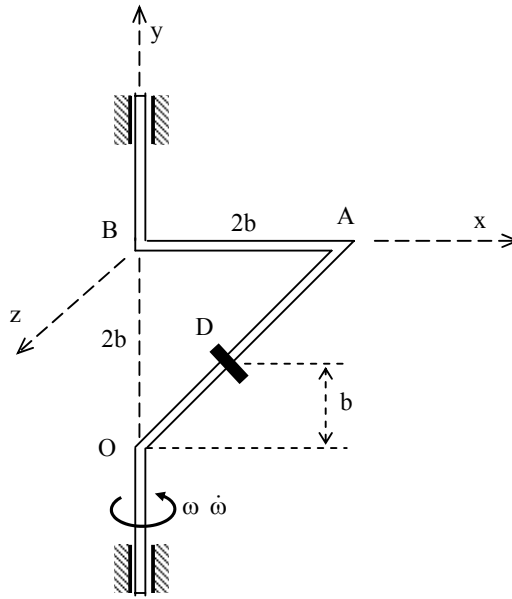
Resolução da Questão 9:



Critério de correção:

- Escala errada: -0.1
- Distâncias diferentes entre as vistas: -0.1
- Vistas em posições erradas: -0.2
- Alinhamento errado: -0.2
- Linha faltando/a mais: -0.1 cada
- Medida errada: -0.1 cada
- Vistas erradas (ex: lat. esquerda): -0.1 cada
- Diedro errado: -0.2
- Vista rotacionada: -0.2
- Desenho mal-feito: -0.2

- 10) A barra dobrada OAB gira em torno do eixo vertical OB com velocidade e acelerações angulares ω e $\dot{\omega}$, respectivamente, conforme indicado na figura. O anel D desloca-se ao longo da barra, com velocidade v e aceleração \dot{v} relativas à barra, no sentido de O para A. Determine para a posição do anel mostrada na figura:
- o vetor velocidade absoluta do anel;
 - o vetor aceleração absoluta do anel.



Resolução da Questão 10:

- a) Para o ponto D:

$$\begin{aligned}\vec{v}_{relativa} &= v \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{i} + v \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{j} \\ \vec{v}_{arrastamento} &= -\omega b \vec{k} \\ \vec{v}_{absoluta} &= \vec{v}_{relativa} + \vec{v}_{arrastamento} \\ \vec{v}_{absoluta} &= v \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{i} + v \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{j} - \omega b \vec{k}\end{aligned}$$

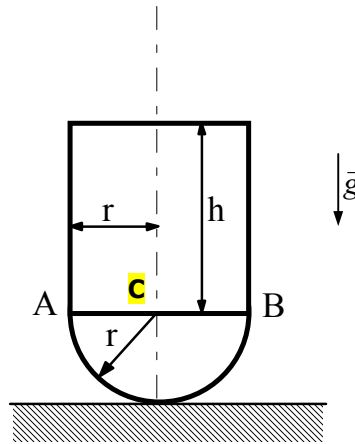
- b) Para o ponto D:

$$\begin{aligned}\vec{a}_{relativa} &= \dot{v} \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{i} + \dot{v} \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{j} \\ \vec{a}_{arrastamento} &= -\dot{\omega} b \vec{k} - \omega^2 b \vec{i} \\ \vec{a}_{Coriolis} &= 2\vec{\omega} \wedge \vec{v}_{relativa} = -\sqrt{2} \omega v \vec{k} \\ \vec{a}_{absoluta} &= \vec{a}_{relativa} + \vec{a}_{arrastamento} + \vec{a}_{Coriolis}\end{aligned}$$

11) O corpo apresentado na figura é constituído por um cilindro homogêneo de raio r e uma semi-esfera também homogênea de raio r . Os pesos específicos do cilindro e da esfera são iguais. O corpo se apoia sobre um plano horizontal liso conforme a figura. (Dado: a distância do centro de gravidade da semi-esfera homogênea à sua base é igual a $3r/8$).

Pede-se:

- determinar em função de h e r , a cota vertical do centro de massa (baricentro) do conjunto em relação ao plano horizontal;
- qual deve ser a posição do baricentro para que o corpo possa permanecer em equilíbrio independentemente da inclinação do eixo de simetria com a vertical.



Resolução da Questão 11:

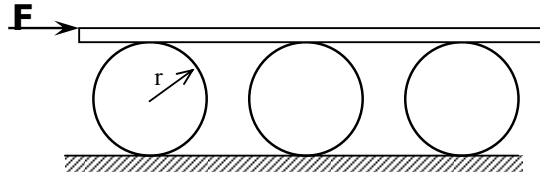
a)

$$Y_G = \frac{\frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi r^3 \left(r - \frac{3}{8} r \right) + h \pi r^2 \left(\frac{h}{2} + r \right)}{\frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi r^3 + h \pi r^2}$$

$$Y_G = \frac{\frac{5}{12} r^2 + \frac{h^2}{2} + hr}{\frac{2}{3} r + h}$$

b) O baricentro deve se localizar no centro da base da semi-esfera (ponto C de cota vertical r).

- 12) Uma barra de massa M apoia-se nos três cilindros de raio r e massa m . Uma força horizontal F atua na barra colocando o sistema em movimento. Não ocorre escorregamento em nenhum contato. Pedese determinar a aceleração da barra supondo que os cilindros sejam homogêneos com $J_G = mr^2/2$ (momento de inércia de um cilindro com relação ao eixo perpendicular ao plano do problema que passa pelo seu baricentro G).



Resolução da Questão 12:

A velocidade da barra é:

$$v_B = 2\omega r$$

A aceleração é:

$$a_B = 2\dot{\omega}r$$

Teorema da Energia Cinética:

$$\Delta T = \tau$$

$$\frac{1}{2} Mv_b + 3 \frac{1}{2} m(\omega r)^2 + 3 \frac{1}{2} J_G \omega^2 = Fx$$

$$\frac{8M + 9m}{4} \omega^2 r^2 = Fx$$

Derivando com relação ao tempo:

$$\frac{8M + 9m}{4} 2\omega \dot{\omega} r^2 = Fv_B$$

$$\frac{8M + 9m}{4} 2\omega \dot{\omega} r^2 = F2\omega r$$

$$\dot{\omega} = \frac{4F}{(8M + 9m)r}$$

A aceleração será:

$$a_B = \frac{8F}{8M + 9m}$$