Instituto de Engenharia Nuclear
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES

Exame de Seleção

Mestrado em Engenharia de Reatores Nucleares - Turma 2011

Nome do Candidato:	Assinatura:

Resultado do Exame (para uso do Comitê de Avaliação)	
Etapa	Nota
Prova de Conhecimentos de Física e Matemática	
Prova de Inglês	
Análise de Currículum e Histórico Escolar	
Entrevista	

Obs: Na prova de conhecimentos de Física e Matemática, o candidato deverá escolher 4 questões das 5 apresentadas.

Prova de Conhecimentos de Física e Matemática

Questão 1 (2,5 pontos)

Resolva a equação diferencial,

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) = \frac{Q}{k}$$

onde Q e κ são constantes dadas. Considere as seguintes condições de contorno: $T(r_1) = T_1$ e $T(r_2) = T_2$.

Solução:

A equação pode ser reescrita na forma:

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) = \frac{Q}{k}\mathrm{r}$$

Integrando em r:

$$r\frac{\partial T}{\partial r} = \int \frac{Q}{k}\mathrm{rdr} = \frac{Qr^2}{2k} + \mathrm{c}_1$$

Integrando novamente em r resulta:

$$\boxed{\mathrm{T} = \int \left(\frac{Qr}{2k} + \frac{\mathrm{c}_1}{\mathrm{r}}\right)\mathrm{dr} = \frac{Qr^2}{4k} + \mathrm{c}_1\mathrm{lnr} + \mathrm{c}_2}$$

Aplicando as condições de contorno:

$$\mathrm{T}|_{\mathrm{r}=\mathrm{r}_1} = \mathrm{T}_1 = \frac{Qr_1^2}{4k} + \mathrm{c}_1\mathrm{lnr}_1 + \mathrm{c}_2$$

$$\mathrm{T}|_{\mathrm{r}=\mathrm{r}_2} = \mathrm{T}_2 = \frac{Qr_2^2}{4k} + \mathrm{c}_1\mathrm{lnr}_2 + \mathrm{c}_2$$

Subtraindo da primeira equação a segunda:

$$\mathrm{T}_1 - \mathrm{T}_2 = \frac{Q(r_1^2 - r_2^2)}{4k} + \mathrm{c}_1(\mathrm{lnr}_1 - \mathrm{lnr}_2)$$

De onde tiramos a constante c1:

$$\boxed{c_1 = \frac{(T_1 - T_2) + \frac{Q(r_1^2 - r_2^2)}{4k}}{\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}}$$

Somando as equações 1 e 2 resulta:

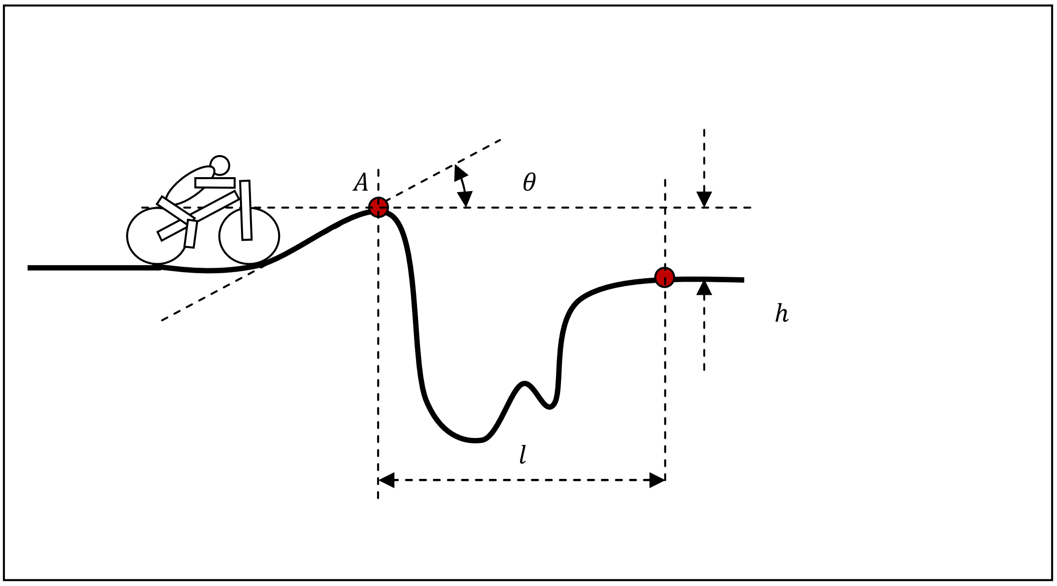
$$T_1 + T_2 = \frac{Q(r_1^2 + r_2^2)}{4k} + c_1(\ln r_1 + \ln r_2) + 2c_2$$

De onde tiramos c2 em função de c1:

$$\boxed{c_2 = \frac{(T_1 + T_2)}{2} - \frac{Q(r_1^2 + r_2^2)}{8k} - c_1\frac{(\ln r_1 + \ln r_2)}{2}}$$

Questão 2 (2,5 pontos)

Calcule a velocidade escalar mínima com a qual um corredor de motocicleta deve abandonar uma rampa inclinada cujo ângulo com a horizontal é θ, em A, de modo a atravessar o fosso.



Deslocamento na direção:
horizontal:

$$s_x = s_{0x} + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

vertical:

$$s_y = s_{0y} + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

Utilizando o fato que o fosso tem uma largura l, um desnível h e uma inclinação θ tem-se:

$$s_x = l$$
$$s_{0x} = 0$$
$$v_{0x} = vcos\theta$$
$$a_x = 0$$

$$s_y = h$$
$$s_{0y} = 0$$
$$v_{0y} = vsin\theta$$
$$a_y = g$$

Que substituídos nas equações acima resulta:

$$l = vcos\theta t$$

$$h = vsin\theta t + \frac{1}{2}gt^2$$

Da equação 1 obtemos o tempo para vencer o fosso:

$$t = \frac{l}{vcos\theta}$$

Substituindo este tempo na equação 2 resulta:

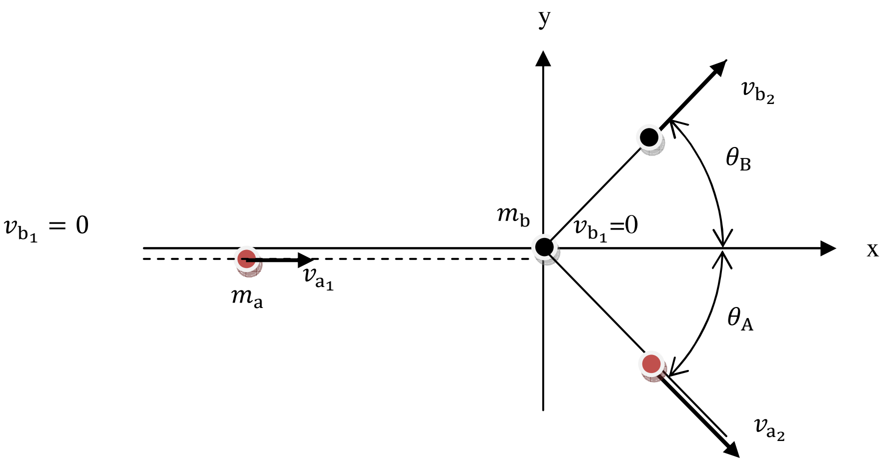
$$h = vsin\theta \frac{l}{vcos\theta} + \frac{1}{2}g\left(\frac{l}{vcos\theta}\right)^2$$

Colocando em evidencia o termo da velocidade resulta:

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{l^2 g}{2(h - ltan\theta)cos^2\theta}}}$$

Questão 3 (2,5 pontos)

Uma bola de bilhar A, com uma velocidade horizontal v_{a_1} , choca-se elasticamente contra outra bola de bilhar B de mesma massa, inicialmente em repouso. Depois do choque a trajetória da bola de bilhar A forma um ângulo θ_A com a direção do seu movimento inicial. Determinar as velocidades v_{a_2} e v_{b_2} das bolas de bilhar A e B respectivamente depois do choque e o ângulo θ_B que a trajetória da bola de bilhar B faz com a direção do movimento incidente:



Solução:

Da conservação da quantidade de movimento:

$$m_a\vec{v}_{a_1} + m_b\vec{v}_{b_1} = m_a\vec{v}_{a_2} + m_b\vec{v}_{b_2} \quad (1)$$

Da conservação da energia cinética:

$$\frac{1}{2}m_a v_{a_1}^2 + \frac{1}{2}m_b v_{b_1}^2 = \frac{1}{2}m_a v_{a_2}^2 + \frac{1}{2}m_b v_{b_2}^2 \quad (2)$$

Do enunciado temos:

$$m_a = m_b$$
$$v_{b_1} = 0$$

Da projeção da equação (1) na direção x e y resulta:

$$v_{a_1} = v_{a_2}cos\theta_A + v_{b_2}cos\theta_B \quad (3)$$

$$v_{a_2}sin\theta_A = v_{b_2}sin\theta_B \quad (4)$$

Elevando ao quadrado as duas equações acima resulta:

$$\left(v_{a_1} - v_{a_2}cos\theta_A\right)^2 = \left(v_{b_2}cos\theta_B\right)^2$$

$$v_{a_1}^2 + v_{a_2}^2cos^2\theta_A - 2v_{a_1}v_{a_2}cos\theta_A = v_{b_2}^2cos^2\theta_B$$

$$v_{a_2}^2sin^2\theta_A = v_{b_2}^2sin^2\theta_B$$

Somando as duas últimas equações:

$$v_{a_1}^2 + v_{a_2}^2 - 2v_{a_1}v_{a_2}cos\theta_A = v_{b_2}^2 \tag{5}$$

Da equação (2) resulta:

$$v_{a_1}^2 = v_{a_2}^2 + v_{b_2}^2 \tag{6}$$

Substituindo a equação (6) em (5):

$$2v_{a_2}^2 - 2v_{a_1}v_{a_2}cos\theta_A = 0$$

$$\boxed{v_{a_2} = v_{a_1}cos\theta_A} \tag{7}$$

Da equação (6):

$$v_{b_2} = \sqrt{v_{a_1}^2 - v_{a_2}^2}$$

Utilizando a equação (7):

$$v_{b_2} = \sqrt{v_{a_1}^2 - v_{a_1}^2cos^2\theta_A}$$

$$\boxed{v_{b_2} = v_{a_1}sin\theta_A} \tag{6}$$

Da equação (4):

$$v_{b_2} = v_{a_2}\frac{sin\theta_A}{sin\theta_B}$$

$$sin\theta_B = \frac{v_{a_2}}{v_{b_2}}sin\theta_A$$

Portanto:

$$\boxed{\theta_B = arcsin\left(\frac{v_{a_2}}{v_{b_2}}sin\theta_A\right)}$$

Questão 4 (2,5 pontos)

Um cilindro contém oxigênio com estado gasoso à temperatura de 20°C e sob pressão de 15 atm, num volume de 100 litros. Por meio de um embolo adaptado ao cilindro reduz-se o volume do gás a 80 litros, observando-se uma elevação da temperatura para 25°C. Qual será a nova pressão do gás?

Solução:

Da equação dos gases tem-se:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1 T_2 V_1}{T_1 V_2}$$

Dados do problema:

$$p_1 = 15\ [atm]$$

$$T_1 = 20 + 273{,}15 = 293{,}15\ [°C]$$

$$T_2 = 25 + 273{,}15 = 298{,}15\ [°C]$$

$$V_1 = 100\ [l]$$

Resultando:

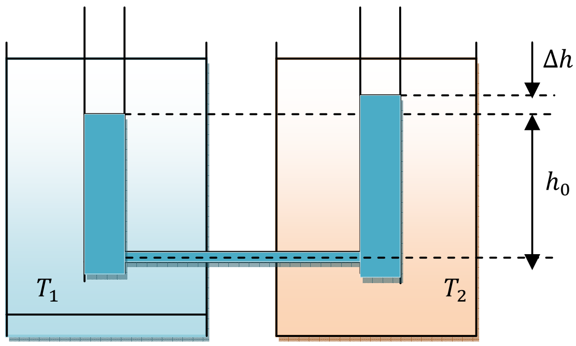
$$p_2 = \frac{p_1 T_2 V_1}{T_1 V_2} = \frac{15 \times 298{,}15 \times 100}{293{,}15 \times 80} = 19{,}069\ [atm]$$

$$p_2 = 19{,}069 \times 10^5\ [Pa]$$

Questão 5 (2,5 pontos)

Em 1816, Dulong e Petit, mediram o coeficiente de dilatação volumétrica real $\beta = \frac{\Delta V}{V \Delta T} [°C]^{-1}$ de um líquido através de um experimento constituido de dois tubos verticais ligados na sua parte inferior por um tubo capilar horizontal e preenchidos pelo líquido que se quer medir a dilatação. Um dos tubos é colocado em um recipiente onde há gelo em equilíbrio com sua água de fusão ($T_1 = 0[°C]$) e, o outro, num recipiente com água quente ($T_2[°C]$). A diferença dos níveis do líquido nos tubos é $\Delta h\ [cm]$, sendo $h_0\ [cm]$ a altura da coluna a 0 [°C]. Pede-se:

- Dada a densidade $\boldsymbol{\rho_1 = 1.[\frac{g}{cm^3}]}$ a temperatura $\boldsymbol{T_1}$, a densidade $\boldsymbol{\rho_2 = 0.95[\frac{g}{cm^3}]}$ a temperatura $\boldsymbol{T_2 = 100\ [°C]}$ do fluido e a altura da coluna $\boldsymbol{h_0 = 126\ [cm]}$, calcular a diferença de altura $\boldsymbol{\Delta h}$.
- Calcule a dilatação volumétrica do líquido para $\boldsymbol{T_1}$ e $\boldsymbol{T_2}$ definidos anteriormente.



Da equação de Bernouilli:

$$p_1 + \rho_1 g h_1 = p_2 + \rho_2 g h_2$$

Como

$$T_1 = 0\ [°C]$$
$$\rho_1 = 1.0\ [{}^{g}/_{cm^3}]$$
$$T_2 = 100\ [°C]$$
$$\rho_2 = 0.95\ [{}^{g}/_{cm^3}]$$
$$h_1 = h_0 = 126\ [cm]$$

Usando os dados do problema acima e o fato que $p_1 = p_2$ resulta:

$$h_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} h_2 = 0.95 h_2$$

$$h_2 = \frac{h_1}{0.95} = 132{,}63\ [cm]$$

Diferenças de altura:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 132{,}63 - 126 = 6{,}63\ [cm]$$

Dilatação volumétrica do líquido:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V \Delta T} = \frac{\Delta h A_T}{h_0 A_T \Delta T} = \frac{6{,}63}{126 \times 100} = 5.1 \times 10^{-4}\ [°\mathrm{C}^{-1}]$$

Instituto de Engenharia Nuclear
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES

Prova de Inglês

Questão Única (10,0 pontos)

Traduza para o Português o seguinte texto:

Hydrogen production from nuclear power

Nuclear power is relevant to road transport and motor vehicles in three respects: (1) hybrid vehicles potentially use off-peak power from the grid for recharging; (2) Nuclear heat can be used for production of liquid hydrocarbon fuels from coal; and (3) hydrogen for oil refining and for fuel cell vehicles may be made electrolytically, and, in the future, thermochemically using high-temperature nuclear reactors.

Hybrid vehicles are powered by batteries and an internal combustion engine. Higher capital cost is offset by lower running costs and lower emissions. Better batteries will allow greater use of electricity in driving, and mean that charging them can be done from mains power, as well as from the motor and regenerative braking. These plug-in electric hybrid vehicles (PHEV) are on the verge of being practical and economic today.

Widespread use of PHEVs that get much of their energy from the electricity grid overnight, at off-peak rates, would increase electricity demand and mean that a greater proportion of a country's electricity could be generated by base-load plants and hence at lower cost. Where the plant is nuclear, it will also be emission-free.

While thermochemical production of hydrogen is a long-term objective, it will require dedicated nuclear plants running at high temperatures. Electrolytic hydrogen production however can use off-peak capacity of conventional nuclear reactors.

Extracted from http://www.eoearth.org/article/Hydrogen_production_from_nuclear_power

Instituto de Engenharia Nuclear
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES

Folha de Resposta

Produção de hidrogênio a partir da energia nuclear

A energia nuclear é importante para transporte rodoviário e veículos motorizados em três aspectos: (1) os veículos híbridos utilizam potencialmente energia ociosa (fora de pico de consumo) da rede para recarga. (2) o calor de origem nuclear pode ser usado na produção de combustíveis de hidrocarbonetos líquidos do carvão, e (3) o hidrogênio destinado ao refinamento (destilação) do óleo e as células combustíveis de veículos pode ser produzido de forma eletrolítica, e, no futuro, de maneira termoquímica, usando as altas temperaturas dos reatores nucleares.

Os veículos híbridos são acionados por baterias e um motor de combustão interna. O investimento financeiro mais elevado é compensado por custos operacionais mais reduzidos e por baixas emissões (de gases). Melhores baterias permitirão maior uso da eletricidade na movimentação de veículos, e significará que a carga delas pode ser realizada por fontes de energias primárias, assim como produzida por motor de combustão e freio regenerativo. Estes veículos híbridos elétricos acoplados (PHEV) estão hoje na iminência de se tornarem práticos e econômicas.

O uso intensivo de PHEVS (veículos), que obtém muito de sua energia da rede elétrica noturna, com taxas de períodos fora de pico, deverá aumentar a demanda de eletricidade e isto significa que a maior proporção do uso da eletricidade em um país deverá ser gerada por usinas de carga de base, e consequentemente a um custo menor. Nesta situação a utilização de usinas nucleares será também livre de emissão de gases.

Uma vez que a produção termoquímica de hidrogênio é um objetivo de longo prazo, ela exigirá usinas nucleares exclusivas, operando em altas temperaturas. A produção eletrolítica de hidrogênio pode entretanto fazer uso da capacidade ociosa dos reatores nucleares convencionais.