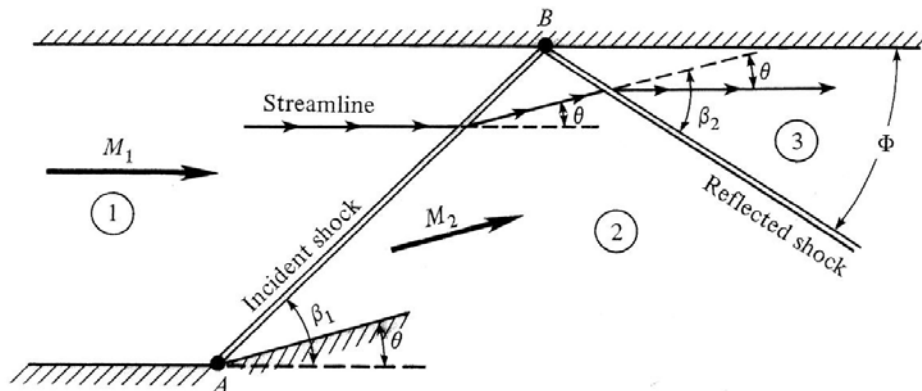


SEMESTRE 2019/2 (Segunda lista de exercícios)

**Observações:**

1. Os exercícios devem ser entregues individualmente.
2. Recomenda-se mostrar passo a passo a obtenção das soluções, explicando ao máximo os procedimentos adotados.
3. Data de entrega: até 06 de dezembro de 2019 (sexta-feira).

1. (valor: 20) Um escoamento supersônico horizontal entre placas passa sobre uma quina de compressão localizada em um ponto A, sofrendo um choque oblíquo. Tal choque se propaga até atingir a outra superfície no ponto B, de onde ela é refletida. Tem-se, assim, a formação de três regiões distintas: região 1, antes (a montante) do choque; região 2, atrás (a jusante) do choque; e região 3, atrás (a jusante) do choque refletido. Considere que na região 1, tenha-se um escoamento com Mach igual a 3,2, que o ângulo de deflexão ( $\theta$ ) seja de 15 graus, que o escoamento seja de ar ( $\gamma = 1,40$ ) e que a temperatura e a pressão estática sejam, respectivamente, de 300 K e 100 kPa. Determine o ângulo  $\Phi$  existente entre o choque refletido em relação à respectiva parede, bem como o número de Mach, a pressão e a temperatura atrás do choque refletido (região 3).



Se ao invés do conjunto de choques (choque oblíquo e choque refletido), houvesse apenas um choque normal, quais seriam os valores relativos ao número de Mach, à pressão e à temperatura na região atrás (a jusante) do choque?

2. (valor: 30) Considere um bocal convergente-divergente cuja relação de áreas de saída e da garganta seja igual a 4. Durante um experimento, a pressão e a temperatura do reservatório são

mantidas constante e iguais a 1 MPa e 500 K, respectivamente, enquanto a pressão ambiente é variada. Suponha que o experimento se dê em regime permanente e que o gás empregado seja o hélio ( $\gamma = 1,67$ ;  $R = 2078,5 \text{ J/kgK}$ ;  $c_p = 5180,7 \text{ J/kgK}$ ). Caracterize o escoamento (informando: o número de Mach na saída; a posição do choque normal, se tal fenômeno ocorrer; presença de choques oblíquos ou de ondas de expansão; o tipo de escoamento - totalmente subsônico, bloqueado, parcialmente supersônico; e a taxa de geração de entropia, se pertinente) para as seguintes pressões estáticas na saída: 995 kPa; 900 kPa; 500 kPa; 100 kPa; 5 kPa.

4. (valor: 15) Deseja-se projetar um túnel de vento supersônico, operando a ar ( $\gamma = 1,40$ ;  $c_p = 1004,5 \text{ J/kgK}$ ;  $R = 287 \text{ J/kgK}$ ) que produza um escoamento com Mach 2,8 na seção de testes e vazão mássica de 1 kg/s. Calcule a pressão e a temperatura necessárias no reservatório, bem como as áreas da garganta e da saída do bocal (A área da seção de testes é correspondente à área da saída do bocal). Considere que as condições ambientes sejam de 25°C e 1 atm.

5. (valor: 35) Um tubo de choque apresenta hélio ( $\gamma = 1,67$ ;  $R = 2078,5 \text{ J/kgK}$ ;  $c_p = 5180,7 \text{ J/kgK}$ ) como gases condutor (mantido a uma pressão de 500 kPa) e conduzido (mantido a 10 kPa). Inicialmente, a temperatura do hélio é mantida em 300 K em ambas as regiões do tubo. Quando o diafragma que separa as porções condutora e conduzida é rompido, uma onda de choque se propaga para a direita enquanto um leque de expansão se move para a esquerda. Sob tais condições, determine:

- (a) a velocidade de propagação do choque normal;
- (b) a velocidade induzida do hélio, após o choque normal;
- (c) a velocidade de propagação da superfície de contato;
- (d) a temperatura do hélio após a onda de choque;
- (e) a temperatura do hélio atrás da superfície de contato;
- (f) a velocidade do hélio no início e no final do leque de expansão;
- (g) considerando-se que a onda de choque atinja a parede do tubo de choque e seja refletida, avalie o número de Mach da onda refletida, a razão entre as pressões através da onda refletida e a temperatura do gás atrás do choque refletido.