



**DCTA** – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

CONCURSO PÚBLICO

## **036. PROVA OBJETIVA**

PESQUISADOR

**ASSISTENTE DE PESQUISA (PROPULSÃO HIPERSÔNICA)**

CÓD. 048

- ◆ Você recebeu sua folha de respostas e este caderno contendo 80 questões objetivas.
- ◆ Confira seu nome e número de inscrição impressos na capa deste caderno e na folha de respostas.
- ◆ Quando for permitido abrir o caderno, verifique se está completo ou se apresenta imperfeições. Caso haja algum problema, informe ao fiscal da sala.
- ◆ Leia cuidadosamente todas as questões e escolha a resposta que você considera correta.
- ◆ Marque, na folha de respostas, com caneta de tinta azul ou preta, a letra correspondente à alternativa que você escolheu.
- ◆ A duração da prova é de 4 horas e 30 minutos, já incluído o tempo para o preenchimento da folha de respostas.
- ◆ Só será permitida a saída definitiva da sala e do prédio após transcorrida a metade do tempo de duração da prova, entregando ao fiscal a folha de respostas, este caderno e o rascunho do gabarito de sua carteira.
- ◆ Após transcorridos 75% do tempo de duração da prova ou ao seu final, você entregará ao fiscal a folha de respostas e este caderno, e poderá, neste caso, levar o rascunho do gabarito localizado em sua carteira.
- ◆ Até que você saia do prédio, todas as proibições e orientações continuam válidas.

**AGUARDE A ORDEM DO FISCAL PARA ABRIR ESTE CADERNO DE QUESTÕES.**

## CONHECIMENTOS GERAIS

### LÍNGUA PORTUGUESA

Leia o texto para responder às questões de números **01** a **10**.

O humor deve visar à crítica, não à graça, ensinou Chico Anysio, o humorista popular. E disse isso quando lhe solicitaram considerar o estado atual do riso brasileiro. Nos últimos anos de vida, o escritor contribuía para o cômico apenas em sua porção de ator, impedido pela televisão brasileira de produzir textos. E o que ele dizia sobre a risada ajuda a entender a acomodação de muitos humoristas contemporâneos. Porque, quando eles humilham aqueles julgados inferiores, os pobres, os analfabetos, os negros, os nordestinos, todos os oprimidos que parece fácil espezinhar, não funcionam bem como humoristas. O humor deve ser o oposto disto, uma restauração do que é justo, para a qual desancar aqueles em condições piores do que as suas não vale. Rimos, isso sim, do superior, do arrogante, daquele que rouba nosso lugar social.

O curioso é perceber como o Brasil de muito tempo atrás sabia disso, e o ensinava por meio de uma imprensa ocupada em ferir a brutal desigualdade entre os seres e as classes. Ao percorrer o extenso volume da *História da Caricatura Brasileira* (Gala Edições), compreendemos que tal humor primitivo não praticava um rosário de ofensas pessoais. Naqueles dias, humor parecia ser apenas, e necessariamente, a virulência em relação aos modos opressivos do poder.

A amplitude dessa obra é inédita. Saem da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas a produzir arte naquele Brasil, Angelo Agostini. Corcundas magros, corcundas gordos, corcovas com cabeça de burro, todos esses seres compostos em aspecto polimórfico, com expressivo valor gráfico, eram os responsáveis por ilustrar a subserviência a estender-se pela Corte Imperial. Contra a escravidão, o comodismo dos bem-postos e dos covardes imperialistas, esses artistas operavam seu espírito crítico em jornais de todos os cantos do País.

(*Carta Capital*.13.02.2013. Adaptado)

**01.** De acordo com o texto, o humorista Chico Anysio

- (A) desistiu de promover o riso no Brasil porque o público deixou de se divertir com o tipo de humor que ele praticava.
- (B) insistiu em dedicar-se à interpretação, contrariando as determinações dos proprietários da televisão brasileira.
- (C) concebeu um tipo de humor endereçado, que realçava as particularidades das pessoas com as quais se incompatibilizava.
- (D) abriu possibilidades aos humoristas mais jovens, que exploraram os temas que ele selecionava para produzir o riso.
- (E) criou um estilo de provocar o humor, segundo o qual o riso deveria cumprir, antes de tudo, uma função contestatória.

**02.** De acordo com o texto, é correto afirmar que os humoristas contemporâneos

- (A) desvirtuam o sentido do humor, quando se dedicam a criticar os traços das classes subalternas.
- (B) defendem um tipo de humor voltado para a ênfase no desequilíbrio entre os segmentos sociais.
- (C) manifestam uma tendência em ressaltar os tipos sociais que transgridem as regras da boa convivência.
- (D) criticam, indiscriminadamente, todos os que compõem a estrutura da sociedade e tornam-se, por isso, transgressores.
- (E) transformam-se em artistas quando concebem um tipo de humor refinado, com finalidades estéticas.

**03.** Lendo-se a frase – O humor deve ser uma restauração do que é justo, para a qual desancar aqueles em condições piores do que as suas não vale. –, conclui-se que o humor

- (A) disputa com outras formas artísticas a possibilidade de promover uma redenção dos males sociais.
- (B) deve primar por um senso de justiça e por isso não se recomenda atingir os menos favorecidos.
- (C) busca amenizar os momentos de agrura por que passam as pessoas, sobretudo as mais humildes.
- (D) aguça nas pessoas a capacidade de superar todos os tipos de crítica com que normalmente têm de conviver.
- (E) defende o modo como se organizam as classes sociais, de acordo com o lugar que ocupam na sociedade.

**04.** O humor primitivo na época do Brasil Imperial

- (A) procurava retratar, sem distinção, os costumes e o estilo de vida dos brasileiros.
- (B) caracterizava-se por apontar o conformismo dos que apoiavam o poder.
- (C) centrava-se na crítica às pessoas com o intuito de corrigir falhas de caráter.
- (D) colocava as finalidades humorísticas a serviço da ordem estabelecida.
- (E) reinventava-se sempre que tivesse de camuflar a ação da censura.

05. Segundo o texto, corcundas magros e gordos, corcovas com cabeça de burro
- (A) adquiriram valor moral e defendiam a preservação do regime imperial.
  - (B) levantavam protestos por parte dos caricaturistas espalhados pelo País.
  - (C) eram criações expressivas e denunciavam o imobilismo da classe dominante.
  - (D) ilustravam as dificuldades na concepção das caricaturas no Brasil Imperial.
  - (E) mostravam uma afinidade entre o momento histórico e a criação artística.
06. No trecho – E o que ele dizia **sobre a** risada ajuda a entender a acomodação de muitos humoristas contemporâneos. Porque, quando eles humilham aqueles julgados inferiores, **que** parece fácil espezinhar, não funcionam bem como humoristas. – as expressões em destaque, estão correta e respectivamente substituídas, por
- (A) em relação à ... os quais
  - (B) referente a ... dos quais
  - (C) em matéria de ... nos quais
  - (D) de acordo com ... pelos quais
  - (E) em respeito a ... dos quais
07. Assinale a alternativa que reescreve corretamente, de acordo com a modalidade-padrão, a frase – O humor deve visar à crítica, não à graça e deve ser o oposto da chacota.
- (A) O humor deve aspirar a crítica, não a graça e deve se opor a chacota.
  - (B) O humor deve pretender à crítica, não à graça e deve se opor na chacota.
  - (C) O humor deve atingir à crítica, não a graça e deve se opor a chacota.
  - (D) O humor deve alcançar à crítica, não à graça e deve se opor à chacota.
  - (E) O humor deve almejar a crítica, não a graça e deve se opor à chacota.
08. Assinale a alternativa que reescreve, de acordo com a concordância e a pontuação, a frase – Saem da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas a produzir arte naquele Brasil, Angelo Agostini.
- (A) Desponta da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas que produzia arte naquele Brasil – Angelo Agostini.
  - (B) Aparece da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas que produziu arte naquele Brasil, Angelo Agostini.
  - (C) Surgem da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas que produziram arte naquele Brasil: Angelo Agostini.
  - (D) Irrompe da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas que produziram arte naquele Brasil, Angelo Agostini.
  - (E) Emergem da obscuridade os nomes que sucederam ao mais aclamado dos artistas que produzira arte naquele Brasil, Angelo Agostini.
09. Na frase – ... compreendemos que tal humor primitivo não praticava um rosário de ofensas pessoais. –, observa-se emprego de expressão com sentido figurado, o que ocorre também em:
- (A) O livro sobre a história da caricatura estabelece marcos inaugurais em relação a essa arte.
  - (B) O trabalho do caricaturista pareceu tão importante a seus contemporâneos que recebeu o nome de “nova invenção artística.”
  - (C) Manoel de Araújo Porto-Alegre foi o primeiro profissional dessa arte e o primeiro a produzir caricaturas no Brasil.
  - (D) O jornal alternativo em 1834 zunia às orelhas de todos e atacava esta ou aquela personagem da Corte.
  - (E) O livro sobre a arte caricatural respeita cronologicamente os acontecimentos da história brasileira, suas temáticas políticas e sociais.
10. A frase – O humor deve ser uma restauração da justiça e desancar os inferiores não vale. – está corretamente reescrita, de acordo com o sentido, em
- (A) O humor deve ser um restabelecimento da justiça e des-tratar os inferiores não é lícito.
  - (B) O humor deve ser uma simulação da justiça e contrariar os inferiores não é inconcebível.
  - (C) O humor deve ser um subterfúgio da justiça e caçoar dos inferiores não é impraticável.
  - (D) O humor deve ser uma sustentação da justiça e enganar os inferiores não é inoportuno.
  - (E) O humor deve ser uma submissão da justiça e subestimar os inferiores não é inconveniente.

Observe a figura.



(www.google.com.br)

11. Sobre a caricatura, criada por Aurélio Figueiredo, para a revista *A Comédia Social*, em 1870, e intitulada “Carro do progresso nacional”, é correto afirmar que ela
- (A) apresenta uma dúvida quanto ao momento histórico do império brasileiro.
  - (B) levanta uma questão sobre a validade ou não do progresso a qualquer preço.
  - (C) propõe um diálogo entre os que defendem e os que contestam o progresso.
  - (D) confirma a ideia de que os velhos, no Império, eram indiferentes ao progresso.
  - (E) formula uma crítica à ordem estabelecida e não a indivíduos.

Leia trecho da canção *Samba de Orly*, de Vinicius de Moraes, para responder às questões de números 12 a 15.

Vai, meu irmão  
Pega esse avião  
Você tem razão de correr assim  
Desse frio, mas beija  
O meu Rio de Janeiro  
**Antes que** um aventureiro  
Lance mão  
  
Pede perdão  
Pela duração dessa temporada  
**Mas** não diga nada  
Que me viu chorando  
E pros da pesada  
Diz que vou levando  
Vê como é que anda  
Aquela vida à-toa  
E **se** puder me manda  
Uma notícia boa

12. De acordo com a canção,
- (A) o eu lírico, atormentado pela culpa, pede perdão ao amigo.
  - (B) o Rio de Janeiro está à mercê de um aventureiro inescrupuloso.
  - (C) o avião é o meio pelo qual chega ao Rio a demonstração de saudade do poeta.
  - (D) as pessoas, no Rio, defendem um estilo de vida produtiva.
  - (E) as lágrimas do poeta impedem que ele se volte para a poesia.

13. Considerando-se o emprego do pronome **você**, as formas verbais em – Vai, meu irmão/Pega esse avião – estariam em conformidade com a modalidade-padrão em

- (A) Vá/Pegue
- (B) Vão/Peguem
- (C) Vá/Pegam
- (D) Vão/Pegue
- (E) Vão/Pegam

14. As expressões **Antes que/Mas** e **se**, em destaque no trecho da canção, indicam, respectivamente, no contexto, ideia de

- (A) tempo, modo, condição.
- (B) lugar, adversidade, modo.
- (C) causa, tempo, fim.
- (D) modo, adversidade, causa.
- (E) tempo, adversidade, condição.

15. Os versos do poema reescritos assumem versão correta quanto à colocação pronominal em:

- (A) Aos da pesada, não diga-lhes que lamentamo-nos./ Me envie uma notícia boa.
- (B) Aos da pesada, não diga-lhes que nos lamentamos./ Me envie uma notícia boa.
- (C) Aos da pesada, não lhes diga que lamentamo-nos./ Envie-me uma notícia boa.
- (D) Aos da pesada, não lhes diga que nos lamentamos./ Envie-me uma notícia boa.
- (E) Aos da pesada, não lhes diga que nos lamentamos./ Me envie uma notícia boa.

Leia o texto para responder às questões de números 16 a 25.

### Brazil's Average Unemployment Rate Falls to Record Low in 2012

By Dow Jones Business News

January 31, 2013

Brazil's unemployment rate for 2012 fell to 5.5%, down from the previous record low of 6.0% recorded last year, the Brazilian Institute of Geography and Statistics, or IBGE, said Thursday. In December, unemployment fell to 4.6% compared with 4.9% in November, besting the previous record monthly low of 4.7% registered in December 2011, the IBGE said.

The 2012 average unemployment rate was in line with the 5.5% median estimate of economists polled by the local Estado news agency. Analysts had also pegged December's unemployment rate at 4.4%.

Brazil's unemployment rate remains at historically low levels despite sluggish economic activity. Salaries have also been on the upswing in an ominous sign for inflation – a key area of concern for the Brazilian Central Bank after a series of interest rate cuts brought local interest rates to record lows last year. Inflation ended 2012 at 5.84%.

The average monthly Brazilian salary retreated slightly to 1,805.00 Brazilian reais (\$908.45) in December, down from the record high BRL1,809.60 registered in November, the IBGE said. Wages trended higher in 2012 as employee groups called on Brazilian companies and the government to increase wages and benefits to counter higher local prices. Companies were also forced to pay more to hire and retain workers because of the country's low unemployment.

The IBGE measures unemployment in six of Brazil's largest metropolitan areas, including São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte, Recife and Porto Alegre. Brazil's unemployment rate, however, is not fully comparable to jobless rates in developed countries as a large portion of the population is either underemployed or works informally without paying taxes. In addition, workers not actively seeking a job in the month before the survey don't count as unemployed under the IBGE's methodology. The survey also doesn't take into account farm workers.

(www.nasdaq.com. Adaptado)

16. Segundo o texto, o índice de desemprego no Brasil

- (A) teve uma leve alta em dezembro de 2012, quando comparado ao ano anterior.
- (B) apresentou uma queda recorde em 2011 e baixou mais ainda em 2012.
- (C) confirmou a estimativa dos especialistas para dezembro de 2012.
- (D) é considerado mediano pelos economistas que trabalham para o Estado.
- (E) abrange trabalhadores urbanos que não têm benefícios como aposentadoria.

17. Segundo o texto, a atividade econômica no Brasil

- (A) reflete o pleno emprego.
- (B) é controlada pelo Banco Central.
- (C) seria melhor se a taxa de juros fosse mais alta.
- (D) está lenta, mesmo com o baixo índice de desemprego.
- (E) é uma consequência da inflação baixa.

18. De acordo com o texto, em 2012, os salários

- (A) chegaram a aumentar cerca de R\$ 900,00.
- (B) mal cobriram a inflação de 5,84%.
- (C) aumentaram mais para os ingressantes no mercado de trabalho.
- (D) pareceram mais altos, pois incluíam os benefícios.
- (E) mantiveram uma tendência de alta.

19. De acordo com o texto, a metodologia do IBGE para o cálculo do índice de desemprego

- (A) exclui os trabalhadores rurais.
- (B) abrange as capitais dos estados.
- (C) inclui o subemprego sem carteira de trabalho.
- (D) é a mesma usada nos países desenvolvidos.
- (E) categoriza o trabalho informal como sazonal.

20. O trecho do terceiro parágrafo – *a key area of concern* – refere-se, no texto, a

- (A) inflation.
- (B) salaries.
- (C) Brazilian Central Bank.
- (D) interest rates.
- (E) unemployment rate.

21. No trecho do terceiro parágrafo – *Brazil's unemployment rate remains at historically low levels despite sluggish economic activity.* – a palavra *despite* equivale, em português a

- (A) tal como.
- (B) devido a.
- (C) apesar de.
- (D) causado por.
- (E) como se.

22. No trecho do quarto parágrafo – *Companies were also forced to pay more to hire and retain workers because of the country's low unemployment. – because* introduz uma
- (A) consequência.
  - (B) razão.
  - (C) crítica.
  - (D) comparação.
  - (E) ênfase.
23. No trecho do quinto parágrafo – *Brazil's unemployment rate, however, is not fully comparable to jobless rates in developed countries as a large portion of the population is either underemployed or works informally* – a palavra *as* pode ser substituída, sem alteração de sentido, por
- (A) but.
  - (B) nor.
  - (C) such.
  - (D) likely.
  - (E) since.
24. O trecho do quinto parágrafo – *workers not actively seeking a job* – pode ser reescrito, sem alteração de sentido, como
- (A) employers that aren't actively pursuing a job.
  - (B) workers whose job wasn't active.
  - (C) workers which found an active employment.
  - (D) workers who weren't actively looking for a job.
  - (E) active employees that have just found work.
25. No trecho do último parágrafo – *In addition, workers not actively seeking a job* – a expressão *in addition* pode ser substituída, sem alteração de sentido, por
- (A) Otherwise.
  - (B) Nevertheless.
  - (C) However.
  - (D) Furthermore.
  - (E) Therefore.
26. Assinale a alternativa correta a respeito do “provimento” previsto na Lei n.º 8.112/90.
- (A) Um requisito básico para investidura em cargo público é a idade mínima de 21 anos de idade.
  - (B) Às pessoas portadoras de deficiência serão reservadas até 10% das vagas oferecidas no respectivo concurso público.
  - (C) As universidades e instituições de pesquisa científica e tecnológica federais não poderão contratar professores ou cientistas estrangeiros.
  - (D) A investidura em cargo público ocorrerá com a nomeação no Diário Oficial para o respectivo cargo.
  - (E) Não se abrirá novo concurso enquanto houver candidato aprovado em concurso anterior com prazo de validade não expirado.
27. Considerando as disposições da Lei n.º 8.112/90 sobre as responsabilidades dos servidores públicos civis da União, das autarquias e das fundações públicas federais, é correto afirmar que
- (A) a responsabilidade civil decorre de ato omissivo ou comissivo, doloso ou culposo, ainda que não resulte em prejuízo ao erário ou a terceiros.
  - (B) tratando-se de dano causado a terceiros, responderá o servidor diretamente perante o prejudicado, e a Fazenda Pública responderá, subsidiariamente, em ação regressiva.
  - (C) a obrigação de reparar o dano estende-se aos sucessores e contra eles será executada, independentemente do valor da herança recebida.
  - (D) a responsabilidade administrativa do servidor será afastada no caso de absolvição criminal que negue a existência do fato ou sua autoria.
  - (E) a responsabilidade civil-administrativa resulta de ato omissivo ou comissivo praticado no exercício do cargo público ou, ainda, fora dele se o servidor estiver em férias regulamentares ou afastado por motivos de licença.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

28. Cícero Romano, servidor público submetido pelo regime jurídico da Lei n.º 8.112/90, revelou segredo do qual se apropriou em razão do seu cargo público. Nessa hipótese, Cícero estará sujeito à seguinte penalidade:

- (A) advertência.
- (B) repressão.
- (C) suspensão.
- (D) demissão.
- (E) disponibilidade.

29. Prosérpina Sila, ocupante de cargo público em comissão regido pela Lei n.º 8.112/90, valeu-se do cargo para lograr proveito pessoal, em detrimento da dignidade da sua função pública. Por isso, Prosérpina foi destituída do respectivo cargo. Nessa situação, se pretender assumir novo cargo público, a Lei n.º 8.112/90 dispõe que Prosérpina

- (A) estará impedida de assumir novo cargo público, federal, estadual e municipal pelo prazo de 3 (três) anos.
- (B) poderá assumir outro cargo público em qualquer ente da Federação, não podendo a punição que recebeu prejudicá-la em sua nova pretensão.
- (C) ficará impedida de assumir novo cargo público federal pelo prazo de 5 (cinco) anos.
- (D) estará impedida de assumir novo cargo público pelo prazo de 10 (dez) anos.
- (E) somente poderá assumir novo cargo público, a qualquer tempo, se o cargo pretendido for de provimento efetivo a ser preenchido por concurso público.

30. Nos termos do que, expressamente, dispõe a Lei n.º 8.112/90, na hipótese de o servidor público não satisfazer as condições do estágio probatório para cargo efetivo, dar-se-á sua:

- (A) demissão.
- (B) demissão a bem do serviço público.
- (C) exoneração a pedido.
- (D) dispensa legal.
- (E) exoneração de ofício.

31. Considere as seguintes equações diferenciais que descrevem o princípio de conservação de massa para um fluido em um meio contínuo.

$$\text{I. } \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0$$

$$\text{II. } \frac{D\rho}{Dt} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0$$

$$\text{III. } \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial x_i} = 0$$

Nestas equações,  $t$  representa o tempo,  $\rho$ , a massa específica,  $\mathbf{V}$ , o vetor velocidade, e o índice  $i$  varia de 1 a 3.

Sobre as equações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

32. Examine as seguintes equações diferenciais que descrevem o princípio de conservação do *momentum* linear para um fluido em um meio contínuo.

$$\text{I. } \rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) = \frac{\partial \Pi_{ki}}{\partial x_k} + f_i$$

$$\text{II. } \rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla v_i \right) = \frac{\partial \Pi_{ki}}{\partial x_i} + f_i$$

$$\text{III. } \rho \left( \frac{\partial v_k}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \right) = \frac{\partial \Pi_{ki}}{\partial x_k} + f_k$$

Nestas equações, os índices  $i$  e  $k$  variam de 1 a 3,  $t$  representa o tempo,  $\rho$ , a massa específica,  $f_i$  o vetor força de corpo,  $\mathbf{V}$ , o vetor velocidade e, finalmente, o tensor tensão  $\Pi_{ki} = -p\delta_{ki} + \tau_{ki}$  onde  $p$  é a pressão termodinâmica e  $\tau_{ki}$  representa as tensões viscosas.

Sobre as equações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

33. A equação diferencial que descreve o princípio de conservação de energia (1.ª lei da termodinâmica), em qualquer ponto em um escoamento compressível, transiente, tridimensional, é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\rho(e + \frac{1}{2}v^2)] + \underbrace{\nabla \cdot [\rho \mathbf{V}(e + \frac{1}{2}v^2)]}_{[I]} =$$

$$= - \underbrace{\nabla \cdot \mathbf{q}}_{[II]} + \underbrace{\nabla \cdot (\Pi \cdot \mathbf{V})}_{[III]} + \underbrace{\rho \mathbf{V} \cdot \mathbf{F}}_{[IV]}$$

Nesta expressão  $t$ ,  $\rho$ , e  $e$  são, respectivamente, o tempo, a massa específica e a energia interna.  $\mathbf{V}$  é o vetor velocidade,  $\mathbf{F}$  representa o vetor força de corpo.  $\mathbf{q}$  é o vetor fluxo de calor,  $\mathbf{q} = -k\nabla T$ , onde  $T$  é a temperatura. Finalmente, o tensor tensão  $\Pi$  é dado por  $\Pi_{ij} = -p\delta_{ij} + \tau_{ij}$ , onde  $p$  é a pressão termodinâmica e  $\tau_{ij}$  representa as tensões viscosas.

Com relação aos termos [I], [II], [III] e [IV], pode-se afirmar que:

- (A) [I] representa um termo difusivo e [II] representa um termo dissipativo.
- (B) [I] representa um termo dissipativo e [III] representa um termo difusivo.
- (C) [II] representa um termo difusivo e [III] representa um termo dissipativo.
- (D) [II] representa um termo dissipativo e [III] representa um termo difusivo.
- (E) [III] representa um termo dissipativo e [IV] representa um termo difusivo.
34. Considere um escoamento não viscoso unidimensional através de um duto, de comprimento  $L$  e área constante  $A$ , com adição de energia. Se a velocidade na entrada do duto for subsônica, então pode-se afirmar que:
- I. a temperatura de estagnação na seção de saída será maior do que a temperatura de estagnação na seção de entrada.
  - II. a pressão de estagnação na seção de saída será menor do que a pressão de estagnação na seção de entrada.
  - III. dependendo do comprimento  $L$  do duto, a velocidade na seção de saída poderá ser supersônica.
- Sobre as afirmações pode-se dizer que está correto o contido em:
- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.



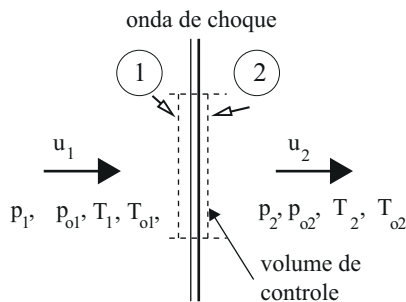
35. Considere um escoamento não viscoso unidimensional através de um duto, de comprimento  $L$  e área constante  $A$ , com adição de energia. Se a velocidade na entrada do duto for supersônica, então pode-se afirmar que:

- I. a temperatura de estagnação na seção de saída será maior do que a temperatura de estagnação na seção de entrada.
- II. a pressão de estagnação na seção de saída será menor do que a pressão de estagnação na seção de entrada.
- III. dependendo do comprimento  $L$  do duto, a velocidade na seção de saída poderá ser subsônica.

Sobre as afirmações pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

36. Considere uma onda de choque normal estacionária conforme ilustrado na figura a seguir.



Baseado na figura,  $u$  representa a velocidade,  $p$  e  $p_o$ , as pressões estática e de estagnação,  $T$  e  $T_o$ , as temperaturas estática e de estagnação, respectivamente.

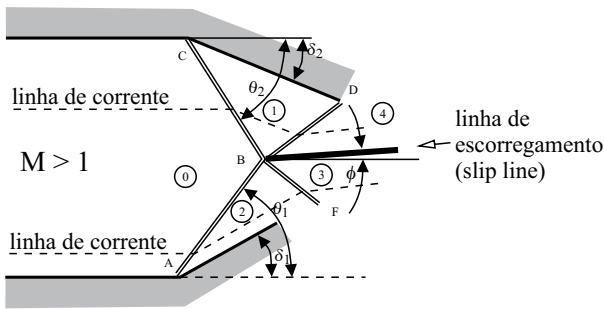
Pode-se afirmar que:

- I. o processo entre as seções 1 e 2 é adiabático.
- II. fenômenos de transporte estão presentes no interior da onda de choque.
- III. a temperatura de estagnação e a pressão de estagnação na seção 1 são respectivamente iguais àquelas na seção 2.

Sobre as afirmações pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

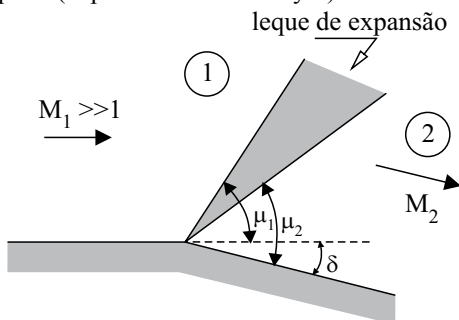
37. Considere um escoamento não viscoso (da esquerda para a direita) conforme ilustrado na figura a seguir.



Devido às deflexões  $\delta_1$  e  $\delta_2$  ( $\delta_1 \neq \delta_2$ ) das superfícies (inferior e superior), as ondas de choque formadas nos pontos A e C se interceptam no ponto B. Devido às condições, surge uma superfície (uma linha no plano mostrado, definida como slip line, vortex sheet etc) definindo duas regiões distintas, regiões 3 e 4. Com relação às propriedades (vetor velocidade  $\vec{V}$ , pressão estática  $p$ , temperatura estática  $T$  e entropia  $s$ ) da região 4 em relação à região 3, pode-se afirmar que:

- (A)  $|\vec{V}_4| \neq |\vec{V}_3|, p_4 \neq p_3, T_4 \neq T_3, s_4 \neq s_3$
- (B)  $\vec{V}_4 = \vec{V}_3, p_4 = p_3, T_4 = T_3, s_4 = s_3$
- (C)  $|\vec{V}_4| \neq |\vec{V}_3|, p_4 = p_3, T_4 \neq T_3, s_4 = s_3$
- (D)  $|\vec{V}_4| \neq |\vec{V}_3|, p_4 = p_3, T_4 \neq T_3, s_4 \neq s_3$
- (E)  $\vec{V}_4 = \vec{V}_3, p_4 = p_3, T_4 \neq T_3, s_4 \neq s_3$

38. A figura a seguir ilustra um escoamento não viscoso sobre uma quina (expansão Prandtl-Meyer).



Baseado nessa figura,  $\delta$  corresponde ao ângulo de deflexão da superfície,  $\mu_1$  e  $\mu_2$  definem os ângulos que formam o leque de expansão.

Se a velocidade do escoamento no lado 1,  $M_1 \gg 1$  (hipersônico), for reduzida para  $M'_1 > 1$  (supersônico), pode-se afirmar que para a nova condição ( $\mu'_1, \mu'_2, M'_2$ ) tem-se:

- (A)  $\mu'_1 > \mu_1, \mu'_2 > \mu_2, M'_2 > M_2$
- (B)  $\mu'_1 > \mu_1, \mu'_2 < \mu_2, M'_2 < M_2$
- (C)  $\mu'_1 < \mu_1, \mu'_2 > \mu_2, M'_2 > M_2$
- (D)  $\mu'_1 > \mu_1, \mu'_2 > \mu_2, M'_2 < M_2$
- (E)  $\mu'_1 < \mu_1, \mu'_2 < \mu_2, M'_2 < M_2$

39. Em 1687, Newton publicou (*Principia*, Propositions 34 and 35) sua famosa expressão,  $C_p = \sin^2 \theta$ , para o coeficiente de pressão, onde  $\theta$  é o ângulo de inclinação da superfície de um corpo em relação ao escoamento incidindo sobre o corpo. Séculos mais tarde, esta expressão tornou-se bastante empregada no cálculo da distribuição de pressão na superfície de veículos hipersônicos. Na obtenção da referida expressão, Newton admitiu algumas hipóteses com relação ao fluido incidindo sobre a superfície inclinada.

Considere as seguintes afirmações sobre as hipóteses adotadas por Newton:

- I. Newton modelou o fluido como um fluxo de partículas ou moléculas que, ao colidir com a superfície do corpo, conservava a componente tangencial do *momentum* linear e perdia a componente normal do *momentum* linear.
- II. Newton modelou o fluido como um fluxo de partículas ou moléculas que, ao colidir com a superfície do corpo, conservava a componente normal do *momentum* linear e perdia a componente tangencial do *momentum* linear.
- III. Newton considerou o movimento direcionado e não o movimento aleatório das partículas ou moléculas do fluido.
- IV. Newton considerou o movimento aleatório e não o movimento direcionado das partículas ou moléculas do fluido.

Sobre as afirmações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e III, apenas.
- (C) I e IV, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) II e IV, apenas.

40. Existem importantes características físicas que fazem com que escoamentos hipersônicos sejam diferentes de escoamentos supersônicos.

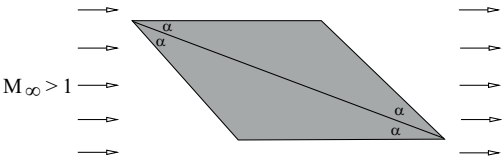
Examine as seguintes afirmações sobre essas características.

- I. A camada de choque é mais fina para um escoamento hipersônico do que para um escoamento supersônico.
- II. A camada-limite é mais espessa para um escoamento hipersônico do que para um escoamento supersônico.
- III. A interação viscosa é mais intensa para um escoamento hipersônico do que para um escoamento supersônico.

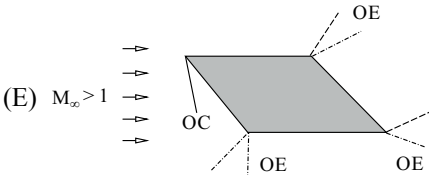
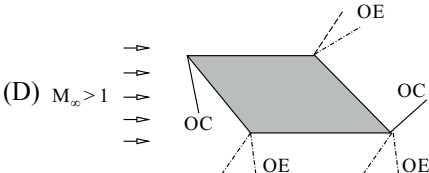
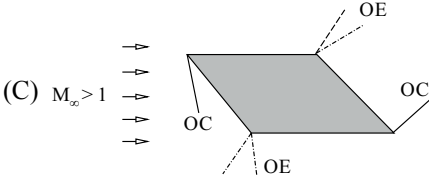
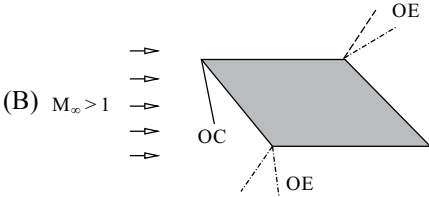
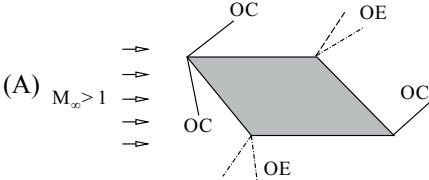
Sobre as afirmações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

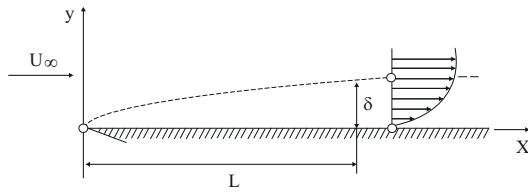
41. A figura a seguir apresenta um escoamento compressível, não viscoso, incidindo sobre o corpo mostrado.



Assinale a opção que representa, esquematicamente, as ondas de choque (OC) e/ou ondas de expansão (OE) (Prandtl-Meyer) que surgirão no corpo.



42. A figura a seguir ilustra um escoamento compressível viscoso laminar sobre uma placa plana.



Devido à ação viscosa, surgirá sobre essa placa uma camada-limite hidrodinâmica de espessura  $\delta$ . Dependendo das condições do escoamento, surgirão, também, uma camada-limite térmica,  $\delta_t$ , e uma camada-limite relacionada com as espécies,  $\delta_w$ . De acordo com a teoria da camada-limite laminar, a espessura dessa camada hidrodinâmica é definida por,  $\delta/L \propto 1/\sqrt{N_1}$ , onde  $N_1$  é um número adimensional, e  $L$  representa uma determinada seção sobre a placa plana. Todavia, a razão entre as camadas-limites hidrodinâmica e térmica é proporcional a um segundo número adimensional, ou seja,  $\delta/\delta_t \propto N_2$ . Na mesma esteira, segue a razão das camadas-limites das espécies e térmica, ou seja, proporcional a um terceiro número adimensional,  $\delta_w/\delta_t \propto N_3$ .

Neste contexto, pode-se afirmar que  $N_1$ ,  $N_2$ , e  $N_3$  são, respectivamente, definidos por:

- (A) Número de Reynolds,  $Re$ , número de Prandtl,  $Pr$ , e número de Lewis,  $Le$ .
- (B) Número de Reynolds,  $Re$ , número de Nusselt,  $Nu$ , e número de Lewis,  $Le$ .
- (C) Número de Reynolds,  $Re$ , número de Prandtl,  $Pr$ , e número de Damköhler,  $Da$ .
- (D) Número de Mach,  $M$ , número de Nusselt,  $Nu$ , e número de Damköhler,  $Da$ .
- (E) Número de Mach,  $M$ , número de Peclet,  $Pe$ , e número de Lewis,  $Le$ .
43. Examine as seguintes afirmações sobre uma camada-limite hipersônica laminar sobre uma placa plana.

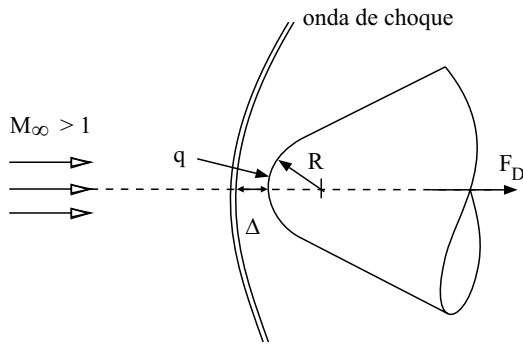
- I. Para escoamentos com altos valores do número de Mach, a hipótese de que a pressão seja constante na direção normal através da camada-limite não é sempre válida.
- II. A espessura da camada-limite varia linearmente com o número de Mach no escoamento livre.
- III. A espessura da camada-limite diminui com o efeito de “parede fria” (*cold wall*).

A condição de parede fria corresponde a  $T_w < T_{aw}$ , onde  $T_w$  é a temperatura da placa plana, e  $T_{aw}$  é, por definição, a temperatura da placa plana na condição de fluxo de calor nulo para a placa,  $q_w = 0$ .

Sobre as afirmações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

44. Considere um escoamento hipersônico incidindo sobre o nariz de uma cápsula, conforme ilustrado na figura a seguir. Nesta figura,  $R$  é o raio do nariz da cápsula,  $\Delta$ , o afastamento da onda de choque,  $F_D$ , a força de arrasto, e  $q$ , o fluxo de calor para a superfície.



Se o raio do nariz da cápsula diminuir, mantendo-se as mesmas condições do escoamento, pode-se afirmar que:

- (A) o fluxo de calor  $q$  para a superfície da cápsula aumentará, o afastamento da onda de choque  $\Delta$  diminuirá, e a força de arrasto  $F_D$  sobre a cápsula diminuirá.
- (B) o fluxo de calor  $q$  para a superfície da cápsula diminuirá, o afastamento da onda de choque  $\Delta$  diminuirá, e a força de arrasto  $F_D$  sobre a cápsula aumentará.
- (C) o fluxo de calor  $q$  para a superfície da cápsula aumentará, o afastamento da onda de choque  $\Delta$  aumentará, e a força de arrasto  $F_D$  sobre a cápsula diminuirá.
- (D) o fluxo de calor  $q$  para a superfície da cápsula aumentará, o afastamento da onda de choque  $\Delta$  diminuirá, e a força de arrasto  $F_D$  sobre a cápsula aumentará.
- (E) o fluxo de calor  $q$  para a superfície da cápsula diminuirá, o afastamento da onda de choque  $\Delta$  aumentará, e a força de arrasto  $F_D$  sobre a cápsula diminuirá.

45. Considere um escoamento hipersônico laminar sobre corpos rombudos. A partir de uma análise da camada-limite na região de estagnação de uma esfera e de um cilindro de raio  $R$ , obtêm-se as seguintes expressões para o fluxo de calor,  $q_w$ , no ponto de estagnação, esfera (escoamento axissimétrico):

$$q_w = 0.763Pr^{-0.6} \sqrt{\rho_e \mu_e} \sqrt{\frac{du_e}{dx}} (h_{aw} - h_w)$$

cilindro (escoamento bidimensional):

$$q_w = 0.57Pr^{-0.6} \sqrt{\rho_e \mu_e} \sqrt{\frac{du_e}{dx}} (h_{aw} - h_w)$$

onde  $\rho_e$ ,  $\mu_e$ , e  $u_e$  são, respectivamente, a massa específica, a viscosidade e a velocidade no bordo da camada-limite,  $Pr$  representa o número de Prandtl,  $h_w$ , a entalpia na parede, e  $h_{aw}$ , a entalpia considerando-se a parede adiabática. Comparando-se estas duas expressões, observa-se que o fluxo de calor para a esfera será maior do que aquele para o cilindro, considerando-se o mesmo valor para as variáveis, i.e., as mesmas condições.

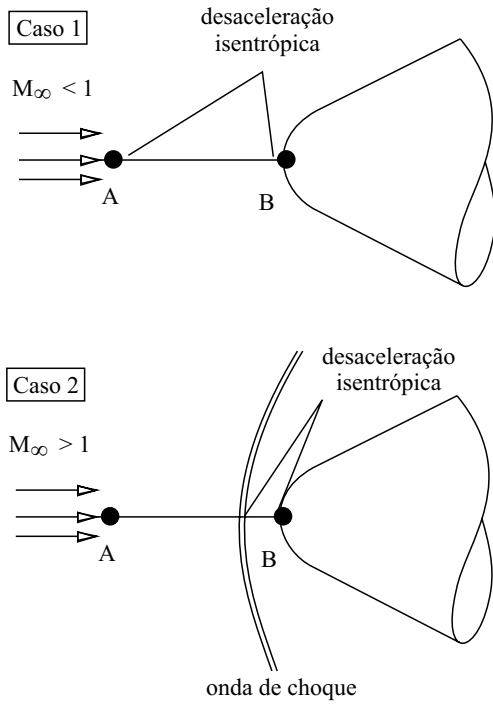
Analise as seguintes afirmações sobre o comportamento do fluxo de calor, ou seja,  $(q_w)_{esfera} > (q_w)_{cilindro}$ .

- I. Para o cilindro, escoamento bidimensional, o gás se move somente em duas direções quando ele colide com a superfície: na parte de cima e na parte de baixo. Para a esfera, escoamento axissimétrico, o gás se move em três direções, por cima, por baixo e pelos lados. Como resultado, essa “dimensão extra” contribui para um maior fluxo de calor.
- II. No ponto de estagnação, a espessura da camada-limite,  $\delta$ , para a esfera é menor do que para o cilindro. Como resultado, uma camada-limite mais fina contribui com um maior fluxo de calor para a parede.
- III. O gradiente de temperatura na parede,  $(\partial T/\partial y)_w$ , para a esfera é maior do que para o cilindro. Como resultado, um maior gradiente de temperatura contribui com um maior fluxo de calor para a parede.

Sobre as afirmações, pode-se dizer que está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

46. Considere os escoamentos mostrados nas figuras a seguir.



O caso 1 representa um escoamento subsônico incidindo sobre um corpo rombudo. O caso 2 representa um escoamento supersônico incidindo sobre o mesmo corpo. Nestes dois casos, A e B correspondem a dois elementos de fluidos sobre a linha de corrente mostrada.

Se as condições de estagnação são denotadas pelo subscrito “o”, então, associado ao ponto A, podem ser definidas (obtidas) as propriedades de estagnação  $[\rho_o, p_o, T_o, h_o, s_o \text{ etc.}]_A$ , onde  $\rho, p, T, h$  e  $s$  representam, respectivamente, a massa específica, a pressão, a temperatura, a entalpia e a entropia. De modo similar, associado ao ponto B, tem-se as propriedades de estagnação como  $[\rho_o, p_o, T_o, h_o, s_o \text{ etc.}]_B$ . Neste contexto, é correto afirmar que:

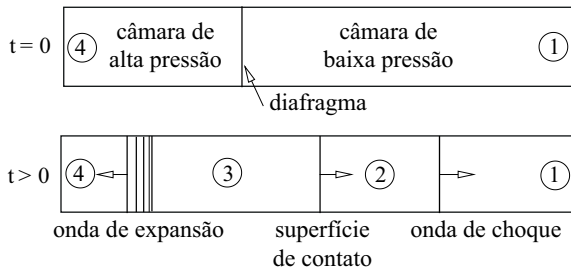
- (A)  $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A = [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 1  
 $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A = [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 2
- (B)  $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A \neq [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 1  
 $\{[\rho_o, p_o, s_o]_A \neq [\rho_o, p_o, s_o]_B\}$  caso 2
- (C)  $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A = [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 1  
 $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A \neq [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 2
- (D)  $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A \neq [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 1  
 $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A = [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 2
- (E)  $\{[\rho_o, p_o, T_o, s_o]_A = [\rho_o, p_o, T_o, s_o]_B\}$  caso 1  
 $\{[\rho_o, p_o, s_o]_A \neq [\rho_o, p_o, s_o]_B\}$  caso 2



O enunciado seguinte deve ser considerado para a resolução das questões de números 47, 48 e 49.

Um tubo de choque é um dispositivo experimental utilizado nas áreas de aerodinâmica, física e química, entre outras, com o propósito de se investigar, por exemplo, o comportamento de materiais e objetos sujeitos a condições extremas de pressão e temperatura.

Considere um tubo de choque conforme ilustrado na figura a seguir.



Com a ruptura do diafragma, no instante  $t = 0$ , surgem ondas de compressão que se aglutinam e formam um onda de choque normal que se move ao longo da câmara de baixa pressão. No mesmo instante, uma onda de rarefação é formada e se move ao longo da câmara de alta pressão, conforme mostrado na figura para o instante  $t > 0$ . A partir de uma análise unidimensional, e considerando-se gás caloricamente perfeito, obtêm-se expressões que relacionam a intensidade da onda de choque ( $p_2/p_1$ ) com as condições iniciais conhecidas ( $p_1, T_1, \gamma_1, p_4, T_4, \gamma_4$ ) como seguem:

$$\frac{p_4}{p_1} = \frac{p_2}{p_1} [1 - \Phi]^{-2\gamma_4/(\gamma_4-1)}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{2\gamma_1}{\gamma_1 + 1} (M_s^2 - 1)$$

onde  $\Phi$  é definido por,

$$\Phi = \frac{(\gamma_4 - 1) \left( \frac{a_1}{a_4} \right) \left( \frac{p_2}{p_1} - 1 \right)}{\sqrt{2\gamma_1} \sqrt{2\gamma_1 + (\gamma_1 + 1) \left( \frac{p_2}{p_1} - 1 \right)}}$$

e  $p, M_s$  e  $\gamma$  são, respectivamente, a pressão estática, o número de Mach da onda de choque e a razão de calor específico,  $c_p/c_v$ .  $a$  é a velocidade do som, definida por  $\sqrt{\gamma RT}$ ,  $R$ , a constante do gás, e  $T$ , a temperatura. Os subíndices 1 e 4 correspondem, respectivamente, aos estados iniciais na câmara de baixa e alta pressão.

47. Altas entalpias de estagnação estão associadas a ondas de choques com grandes intensidades ( $p_2/p_1$ ) e altos números de Mach ( $M_s$ ).

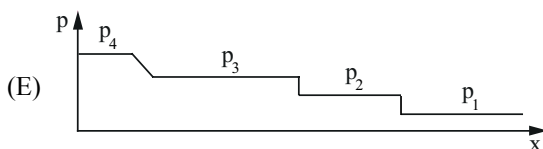
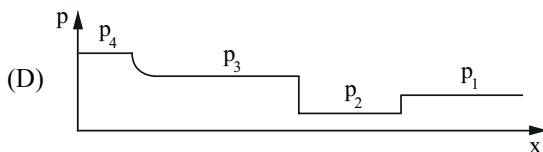
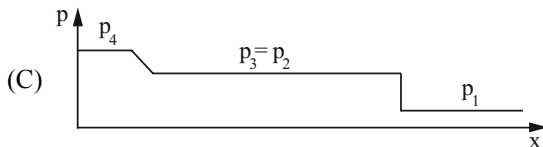
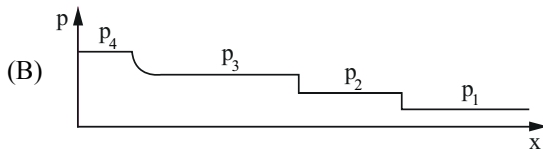
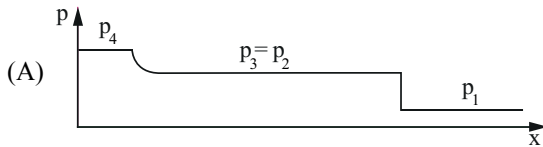
Ondas de choque com grandes intensidades no tubo de choque podem ser obtidas:

- I. aumentando-se a razão de pressões através do diafragma,  $p_4/p_1$ .
- II. utilizando-se um gás com baixo peso molecular na câmara de alta pressão.
- III. aumentando-se a temperatura do gás na câmara de alta pressão,  $T_4 > T_1$ .

Sobre estas afirmações, está correto o contido em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

48. Assinale a alternativa que representa a distribuição de pressão no tubo de choque para o caso  $t > 0$ .



49. Com relação às propriedades (velocidade,  $u$ , massa específica,  $\rho$ , temperatura estática,  $T$ , e entropia,  $s$ ) da região 2 em relação à região 3, pode-se afirmar que:

- (A)  $u_2 \neq u_3, \rho_2 \neq \rho_3, T_2 \neq T_3, s_2 \neq s_3$
- (B)  $u_2 = u_3, \rho_2 = \rho_3, T_2 = T_3, s_2 \neq s_3$
- (C)  $u_2 \neq u_3, \rho_2 \neq \rho_3, T_2 \neq T_3, s_2 = s_3$
- (D)  $u_2 = u_3, \rho_2 \neq \rho_3, T_2 \neq T_3, s_2 \neq s_3$
- (E)  $u_2 = u_3, \rho_2 \neq \rho_3, T_2 = T_3, s_2 \neq s_3$

50. Gases a alta temperatura estão presentes em várias aplicações de interesse prático. Por exemplo, no escoamento ao redor de veículos hipersônicos na reentrada atmosférica, em túnel de choque hipersônico, entre outros. Em tais exemplos, a temperatura dos gases pode atingir ao redor de 11 000 K em determinadas regiões do escoamento. Certamente, algumas características de fenômenos físicos presentes em gases a alta temperatura diferem daquelas em gases a baixa temperatura.

Considere as seguintes afirmações sobre algumas dessas características.

- I. As equações que descrevem os princípios de conservação (massa, *momentum* linear e energia) para escoamentos de gases a alta temperatura diferem daquelas para gases a baixa temperatura.
- II. Para gases a alta temperatura, o processo de transferência de calor por radiação se torna importante.
- III. As propriedades de transporte (viscosidade  $\mu$ , condutividade térmica  $k$ ), bem como a razão de calor específico  $\gamma$ , para gases a alta temperatura diferem daquelas para gases a baixa temperatura.

Sobre as afirmações, pode-se dizer que está correto o contido em

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

51. Considere uma simulação computacional das equações de Euler transientes e tridimensionais do escoamento hipersônico ao redor de um aerofólio. O escoamento livre que incide sobre esse aerofólio é unidirecional, e o domínio utilizado na simulação é finito e truncado. Logo, podemos definir contornos de entrada e saída normais a esta direção principal do escoamento. Em cada um desses contornos, existe um número finito de condições de contorno que precisam ser fornecidas pelo usuário, pois representam informações provenientes de fora do domínio simulado. O restante das condições de contorno necessárias para cada contorno devem ser calculadas utilizando informações provenientes de dentro do domínio simulado. Na simulação em questão, o número de condições de contorno que deve ser imposto pelo usuário nos contornos de entrada e saída, respectivamente, é:

- (A) 0 e 5.
- (B) 1 e 4.
- (C) 2 e 2.
- (D) 4 e 1.
- (E) 5 e 0.

52. O ar pode ser aproximadamente considerado um gás diatômico, uma vez que ele é composto em sua maior parte por  $N_2$  e  $O_2$ . O escoamento hipersônico de uma aeronave pelo ar pode fazer com que a temperatura ao redor de sua fuselagem chegue a ordem de 1000K. As energias cinética e potencial de moléculas diatômicas podem ter modos energéticos translacional, rotacional, vibracional e eletrônico. Quais deles são excitados, totalmente ou parcialmente, em moléculas diatômicas nessas temperaturas?

- (A) Translacional, Rotacional e Vibracional.
- (B) Translacional e Rotacional, apenas.
- (C) Translacional e Vibracional, apenas.
- (D) Translacional e Eletrônica, apenas.
- (E) Translacional, apenas.

53. Quando podemos assumir equilíbrio local em escoamentos hipersônicos, o fluxo de calor por radiação pode ser aproximado com uma relação difusiva semelhante à lei de Fourier. Contudo, nesse caso, o coeficiente de condutividade térmica radiativa possui uma dependência não linear com a temperatura. Essa dependência é proporcional a  $T^n$ , onde o expoente  $n$  é igual a

- (A) 1.
- (B) 2.
- (C) 3.
- (D) 4.
- (E) 5.

54. De acordo com o modelo padrão para a atmosfera terrestre, esta pode ser dividida em cinco camadas principais. Elas são conhecidas, em ordem crescente de altitude, como troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. Além dessas camadas, também é comum definir as regiões limítrofes entre duas camadas consecutivas. Por exemplo, temos a tropopausa entre a troposfera e a estratosfera, a estratopausa entre a estratosfera e a mesosfera, a mesopausa entre a mesosfera e a termosfera e, finalmente, a termopausa entre a termosfera e a exosfera.

Das opções de camadas e regiões limítrofes a seguir, a maior temperatura é encontrada na

- (A) Tropopausa.
- (B) Estratosfera.
- (C) Estratopausa.
- (D) Mesosfera.
- (E) Mesopausa.

55. A teoria de camada-limite para escoamentos hipersônicos permite a redução das equações de Navier-Stokes a um par de equações para a componente da velocidade na direção principal do escoamento e para a entalpia, escritas na forma das variáveis dependentes  $f(\xi, \eta)$  e  $g(\xi, \eta)$ , respectivamente. Neste caso,  $\xi$  e  $\eta$  são as variáveis independentes transformadas. Desprezando a dependência de  $f$  e  $g$  em  $\xi$ , é possível obter soluções similares das equações resultantes. Essas soluções geram uma evidência matemática para a necessidade de um nariz rombudo. Essa evidência é proveniente da dependência que o fluxo de calor no ponto de estagnação do nariz  $q_w$  tem com o raio de curvatura local do nariz  $R$ , que é dada por:
- (A)  $q_w \sim 1/R$
- (B)  $q_w \sim 1/\sqrt{R}$
- (C)  $q_w \sim 1/R^2$
- (D)  $q_w \sim 1/\sqrt[3]{R}$
- (E)  $q_w \sim 1/R^3$
56. No escoamento incompressível ao redor de uma placa plana, a solução de similaridade das equações de camada-limite geram um coeficiente de atrito na parede na forma  $c_f \approx 0.664/\sqrt{Re_x}$ , onde  $Re_x$  é o número de Reynolds que usa a coordenada  $x$  como comprimento característico. Esse mesmo coeficiente, para o caso compressível, pode ser escrito de maneira análoga como  $c_f \approx F/\sqrt{Re_x}$ . A constante  $F$  é independente do seguinte parâmetro adimensional:
- (A)  $M_e$ , o número de Mach do escoamento externo.
- (B)  $Pr$ , o número de Prandtl.
- (C)  $\gamma$ , a razão entre os calores específicos a pressão e temperatura constantes.
- (D)  $Re_x$ , o número de Reynolds.
- (E)  $T_w/T_e$ , a razão entre as temperaturas da parede e o escoamento externo.
57. Um dos principais parâmetros que controlam o comportamento de camadas-limite laminares e turbulentas é o número de Mach do escoamento hipersônico incidente  $M_e$ . Qual é o efeito que um aumento em  $M_e$  causa tanto na espessura  $\delta_x$  da camada-limite quanto na distância  $x_T$ , em relação ao bordo de ataque a partir da qual a transição para uma camada turbulenta se inicia?
- (A) Aumenta e aumenta, respectivamente.
- (B) Aumenta e diminui, respectivamente.
- (C) Diminui e aumenta, respectivamente.
- (D) Diminui e diminui, respectivamente.
- (E) Não causa um efeito significativo.
58. Os métodos de diferenças finitas (DF) e volumes finitos (VF) são os mais comumente usados para simulações computacionais em mecânica dos fluidos e transferência de calor, sejam estas incompressíveis ou compressíveis. A principal vantagem de VF em relação a DF é
- (A) o uso de um sistema de coordenadas generalizadas.
- (B) a alta ordem para discretização temporal.
- (C) a alta ordem para discretização espacial.
- (D) o tratamento conservativo das equações de governo.
- (E) o tratamento natural de domínios irregulares.
59. A simulação computacional de escoamentos hipersônicos pode utilizar a onda de choque como condição de contorno ou pode capturar a onda de choque dentro do domínio como parte da solução.
- Das técnicas a seguir, a mais precisa para resolução espacial de um domínio contendo ondas de choque é:
- (A) ENO, esquema essencialmente não oscilatório.
- (B) WENO, ponderação entre diferentes esquemas essencialmente não oscilatórios.
- (C) TVD, esquema com variação total decrescente.
- (D) Diferenças Parcialmente Atrasadas/Avançadas.
- (E) Diferenças Centradas.
60. Esquemas numéricos para marcha no tempo podem ser explícitos ou implícitos ou até mesmo explícitos/implícitos. Eles se dividem, essencialmente, entre dois tipos de esquemas: multipasso e multistágio. O primeiro representa uma família de esquemas que inclui os métodos de Adams e BDF. Já o segundo representa uma família de esquemas que inclui os métodos de Runge-Kutta. Ambos os tipos possuem diferentes propriedades de estabilidade numérica linear e não linear. Qual destas propriedades melhor captura as descontinuidades presentes em simulação transiente das equações de Navier-Stokes voltadas para escoamentos hipersônicos na presença de reações químicas e ondas de choque?
- (A) Estabilidade linear tipo A.
- (B) Estabilidade linear tipo L.
- (C) Estabilidade linear tipo S.
- (D) Forte preservação de estabilidade (SSP).
- (E) Variação total decrescente (TVD).

61. Um modelo clássico de ciclo termodinâmico fechado muito aplicado a motores de propulsão aspirada é conhecido como ciclo de Brayton. Uma das vantagens que ele possui é o fato de ele ser capaz de representar turbojets, ramjets e scramjets. Contudo, algumas condições precisam ser respeitadas para que este modelo seja considerado válido.

Qual das hipóteses mencionadas a seguir torna inválido o uso desse ciclo?

- (A) Um estado é definido com duas propriedades termodinâmicas independentes.
- (B) O fluido de trabalho está num estado de equilíbrio em qualquer instante.
- (C) O processo de combustão deve ser substituído por um processo que fornece calor sem variação de massa ou constituintes químicos.
- (D) O processo de combustão ocorre com um número de Mach constante.
- (E) O último processo do ciclo deve levar o fluido de trabalho ao seu estado inicial.

62. A eficiência líquida  $\eta_L$  de um motor de propulsão aspirada supersônico, seguindo o modelo de um ciclo fechado de Brayton, depende de dois parâmetros fundamentais: a eficiência térmica  $\eta_T$  e a capacidade de conversão da energia disponível na reação química em energia cinética  $\eta_C$ . Esta relação é dada pela seguinte fórmula:

- (A)  $\eta_L = 2(\sqrt{1+\eta_T} - 1)/\eta_C$
- (B)  $\eta_L = 2(\sqrt{1+\eta_T\eta_C} - 1)/\eta_C$
- (C)  $\eta_L = 2(\sqrt{1+\eta_C} - \eta_T)$
- (D)  $\eta_L = 2(\sqrt{1+\eta_T\eta_C} - \eta_T)/\eta_C$
- (E)  $\eta_L = 2(\sqrt{1+\eta_T} - 1)$

63. A primeira lei da termodinâmica pode ser escrita na forma  $\delta q = du + p dv$ , onde  $p$  é a pressão,  $q$  e  $u$  são o calor e a energia interna por unidade de massa e  $v$  é o volume específico. Já as definições de calor específico a volume e pressão constante são  $c_v = (du/dT)_v$  e  $c_p = (\delta q/dT)_p$ , respectivamente, onde  $T$  é a temperatura. Utilizando essas definições, é possível deduzir a relação generalizada de Mayers para uma substância pura. Sabendo-se que  $R$  é a constante do gás e  $\alpha_p = (dv/dT)_p/v$  é o coeficiente de expansão volumétrica, esta famosa relação entre  $c_p$  e  $c_v$  para gases reais pode ser obtida do diferencial total de  $u$  e tem a forma:

- (A)  $c_p - c_v = R$
- (B)  $c_p - c_v = R (T/P) (dP/dT)_v$
- (C)  $c_p - c_v = ((du/dv)T + p) (dv/dT)_p$
- (D)  $c_p - c_v = (dh/dv)T (dv/dT)_p$
- (E)  $c_p - c_v = v (dP/dT)_v$

64. Combinando diferentes relações termodinâmicas, é possível obter uma expressão para velocidade do som  $c$  de um gás arbitrário na forma  $c^2 = \gamma/(\rho\kappa_T)$ , onde  $\gamma = c_p/c_v$  é a razão entre os calores específicos a pressão  $c_p$  e volume  $c_v$ , constantes,  $\rho$  é a massa específica e  $\kappa_T$  é a compressibilidade isotérmica. A equação de estado de van der Waals para um gás real é dada por  $p = \rho RT/(1 - b\rho) - a\rho^2$ , onde  $p$  é a pressão,  $T$ , a temperatura,  $R$ , a constante dos gases,  $a$  e  $b$ , as constantes de van der Waals. Assumindo como válida esta equação de estado, a expressão para a velocidade do som ao quadrado pode ser reescrita como:

- (A)  $\gamma (RT - 2a\rho)$
- (B)  $\gamma R T/(b\rho - 1)^2$
- (C)  $\gamma (RT - 2a\rho(b\rho - 1))/(b\rho - 1)^2$
- (D)  $\gamma (RT - 2a\rho(b\rho - 1)^2)/(b\rho - 1)$
- (E)  $\gamma (RT - 2a\rho(b\rho - 1)^2)/(b\rho - 1)^2$

65. Um modelo simples para o ar considera que ele é composto por dois átomos  $N$  e  $O$  e três moléculas diatômicas  $N_2$ ,  $O_2$  e  $NO$ . Considere o ar fazendo parte de um escoamento supersônico no qual as temperaturas  $T$  atingidas sejam altas o suficiente para excitar modos energéticos translacional, rotacional e vibracional, distinguindo, é claro, os casos  $M$  monoatômicos e  $D$  diatômicos. Estamos considerando aqui um aquecimento que leva a excitação plena do modo energético vibracional. Sabendo que  $R_i$  é a constante do gás associado à espécie  $i$ , as energias internas  $u_g$  de cada grupo  $M$  e  $D$ , respectivamente, são dadas por:

- (A)  $u_M = \frac{3}{2} R_M T$  e  $u_D = \frac{7}{2} R_D T$
- (B)  $u_M = \frac{3}{2} R_M T$  e  $u_D = \frac{6}{2} R_D T$
- (C)  $u_M = \frac{3}{2} R_M T$  e  $u_D = \frac{5}{2} R_D T$
- (D)  $u_M = \frac{5}{2} R_M T$  e  $u_D = \frac{7}{2} R_D T$
- (E)  $u_M = \frac{5}{2} R_M T$  e  $u_D = \frac{6}{2} R_D T$

66. Escoamentos hipersônicos normalmente ocorrem em camadas da atmosfera onde a densidade do ar é extremamente baixa. Contudo, estas circunstâncias representam o limite de validade da hipótese do contínuo, que precisa ser satisfeita para permitir o uso das equações de Navier-Stokes na modelagem e simulação desses escoamentos. O parâmetro adimensional que regula essa transição é o número de Knudsen  $Kn$ , que representa a razão entre o caminho livre médio entre as moléculas e um comprimento característico do escoamento. As equações de Navier-Stokes podem ser utilizadas sem modificações até  $Kn < 0.001$ , aproximadamente. Acima deste valor, dentro da faixa de  $0.001 < Kn < 10$ , uma ou mais modificações devem ser feitas ao modelo de Navier-Stokes. Apesar de este intervalo ser aproximado, esta ou estas modificações devem
- (A) incluir condição de contorno de escorregamento + incluir termos de  $O(Kn^2)$  provenientes da expansão de Chapman-Enskog das equações de Boltzmann.
- (B) incluir condição de contorno de escorregamento + incluir termos de  $O(Kn)$  provenientes da expansão de Chapman-Enskog das equações de Boltzmann.
- (C) incluir condição de contorno de escorregamento + desprezar o tensor difusivo.
- (D) apenas desprezar o tensor difusivo.
- (E) incluir apenas a condição de contorno de escorregamento.
67. As temperaturas alcançadas em escoamentos hipersônicos chegam a milhares de Kelvin devido à dissipação viscosa gerada na interação entre o ar e a fuselagem da aeronave. Acima de  $2500\text{ K}$ , aproximadamente,  $O_2$  começa a se dissociar. Este processo está quase completo quando a temperatura  $T$  atinge  $4000\text{ K}$ , aproximadamente, que é quando  $N_2$  começa a se dissociar. Uma das maneiras mais comuns de simular esse processo é acoplar às equações de Navier-Stokes um modelo para estas reações químicas, onde as  $N$  espécies envolvidas são identificadas pelas suas respectivas frações de massa  $Y_i$ . Sabendo-se que  $\rho$  é a massa específica da mistura,  $k$  é a condutividade térmica,  $h_i$  é a entalpia termodinâmica por unidade de massa da espécie  $i$  e  $D_i$  é a difusividade efetiva da espécie  $i$  na mistura, o fluxo de difusão de energia  $\mathbf{q}_e = k \nabla T$ , que aparece nas equações de Navier-Stokes em sua forma conservativa, precisa incluir adicionalmente o seguinte termo:
- (A)  $\sum_{i=1}^N \rho_i h_i D_i \nabla Y_i$
- (B)  $\rho \sum_{i=1}^N h_i D_i \nabla Y_i$
- (C)  $h \sum_{i=1}^N \rho_i D_i \nabla Y_i$
- (D)  $D \sum_{i=1}^N \rho_i h_i \nabla Y_i$
- (E)  $\rho h \sum_{i=1}^N D_i \nabla Y_i$
68. O uso de hidrogênio como combustível no lugar de hidrocarbonetos para motores de propulsão aspirada aumenta a eficiência no uso de combustível para refrigerar as paredes da câmara de combustão. Essa troca de combustível também leva a um aumento significativo no impulso específico desses motores. Contudo, os números de Mach  $M$  mínimo e máximo alcançados por turbojets ( $0 \lesssim M \lesssim 4$ ) e ramjets ( $2 \lesssim M \lesssim 7$ ) não variam de maneira significativa com a troca de combustível. O mesmo não ocorre para scramjets. Apesar de o Mach mínimo não variar ( $M \sim 5$ ), seu valor máximo passa de  $M \sim 8$  com hidrocarbonetos para  $M \sim 15$  com hidrogênio. Mesmo esses limites sendo aproximados, o comportamento qualitativo discutido se mantém. As duas principais causas desse fenômeno podem ser explicadas com as seguintes características associadas ao uso de hidrogênio:
- (A) alto calor específico e baixa densidade.
- (B) baixa densidade e baixa temperatura de ebulição.
- (C) alto calor de combustão e baixa densidade.
- (D) alto calor de combustão e alto calor específico.
- (E) alto calor específico e baixa temperatura de ebulição.
69. Alguns scramjets possuem uma rampa essencialmente bidimensional em sua região de entrada. Além disso, essas rampas costumam ter pequenas inclinações  $\delta$ , medidas em relação à linha de corrente alinhada com o escoamento livre, que geram choques oblíquos. O escoamento atrás do choque pode ser subsônico ou supersônico, dependendo do ângulo  $\theta$  que o choque oblíquo forma com a mesma linha de corrente. Quando o número de Mach do escoamento livre é muito grande, o ângulo crítico  $\theta_c$  que separa esses dois tipos de escoamento atrás do choque depende de um único parâmetro, dado por:
- (A)  $Re$ , número de Reynolds.
- (B)  $M$ , número de Mach.
- (C)  $\gamma$  razão entre calores específicos.
- (D)  $\delta$ , ângulo da rampa de um scramjet.
- (E)  $Kn$ , número de Knudsen.
70. O projeto da região de entrada de um scramjet para compressão do escoamento livre pode ser de três tipos diferentes: externo, misto ou interno. Um dos objetivos que se deseja evitar nesse projeto é um excesso de compressão, uma vez que ele
- (A) dificulta o processo da combustão.
- (B) reduz a razão ar/combustível.
- (C) restringe o uso de geometrias variáveis.
- (D) impede o início da combustão.
- (E) gera efeitos de não equilíbrio termodinâmico.

71. Dois equipamentos laboratoriais muito utilizados para estudos experimentais de escoamentos hipersônicos são o tubo de choque e o túnel de choque. Quando utilizados para estudar o escoamento de ar ao redor de objetos rombudos, seus regimes de operação são distintos. Qual das afirmações a seguir é válida para esse experimentos em tubos de choque?
- (A) Altas pressões impedem o acesso ótico ao experimento.  
 (B) Tempo de teste é extremamente pequeno.  
 (C) Temperaturas de estagnação não são altas o suficiente para induzir ionização no  $NO$ .  
 (D) Temperaturas de estagnação não são altas o suficiente para induzir dissociação no  $O_2$ .  
 (E) Temperaturas de estagnação não são altas o suficiente para induzir dissociação no  $N_2$ .
72. Uma das principais limitações operacionais de um tubo de choque é o número de Mach do escoamento atrás da onda de choque formada. Seu número de Mach não permite que este escoamento seja
- (A) hipersônico.  
 (B) supersônico.  
 (C) sônico.  
 (D) subsônico porém ainda compressível.  
 (E) incompressível.
73. Túneis de vento hipersônicos utilizam bocais De-Laval para acelerar o ar do reservatório onde se encontra estacionário até a seção de testes, que fica logo após a seção divergente do bocal. Para que a temperatura na seção de testes seja mantida constante na medida em que o escoamento é acelerado para números de Mach hipersônicos, a temperatura do ar no reservatório também deve ser aumentada. Desta forma, o número de Mach máximo da seção de testes é limitado pela capacidade dos aquecedores utilizados de aumentar a temperatura do ar no reservatório.
- Qual fenômeno ocorre com esse ar, que é úmido, durante sua expansão na seção divergente do bocal, se ele não for aquecido devidamente no reservatório?
- (A) Aumento da pressão.  
 (B) Recombinação.  
 (C) Rarefação.  
 (D) Remoção da excitação vibracional.  
 (E) Liquefação.
74. Considere neste problema que  $T$  representa a temperatura,  $P$ , a pressão,  $v$ , o volume específico,  $R$ , a constante do gás, e os subscritos  $r, p, i, f$  e  $c$  indicam reagentes, produtos, inicial, final e chama adiabática, respectivamente. Assumindo que reagentes e produtos de combustão são substâncias puras, a temperatura de chama adiabática  $T_c$  para um motor de propulsão aspirada pode ser calculada pela expressão:
- (A)  $h_r(T_p, P_i) + v_i P_i = h_p(T_c, P_f) + v_f P_f$  com  $v_i = v_f$   
 (B)  $u_r(T_p, P_i) = u_p(T_c, P_f)$  com  $v_i = v_f$   
 (C)  $u_r(T_p, P_i) = u_p(T_c, P_f)$  com  $P_i = P_f$   
 (D)  $h_r(T_p, P_i) = h_p(T_c, P_f)$  com  $v_i = v_f$   
 (E)  $h_r(T_p, P_i) = h_p(T_c, P_f)$  com  $P_i = P_f$
75. Hidrogênio é um combustível muito utilizado em motores de propulsão aspirada hipersônicos devido ao elevado impulso específico que ele gera numa reação química com oxigênio, o que permite números de Mach em voo maiores do que os alcançados com o uso de hidrocarbonetos. Contudo, hidrocarbonetos, principalmente metano e seus derivados como a querosene, ainda são muito populares, principalmente devido à sua baixa densidade. Qual é a outra razão importante para essa popularidade?
- (A) Menor impulso específico de hidrocarbonetos.  
 (B) Maior energia por unidade de volume de hidrocarbonetos.  
 (C) Menor energia por unidade de massa de hidrocarbonetos.  
 (D) Menor calor específico de hidrocarbonetos.  
 (E) Alta temperatura de ebulição.
76. A teoria de colisões moleculares aplicada à reação química bimolecular  $A + B \rightarrow C + D$  diz que a taxa com que esta reação avança é dada pela equação  $\partial Y_A / \partial t = -k_{AB} Y_A Y_B$ , onde  $Y_i$  representa a fração de massa da espécie  $i$ ,  $t$  representa o tempo e  $k_{AB}$  é o coeficiente associado à taxa de avanço da reação. Esse coeficiente costuma ser escrito na forma de Arrhenius modificada  $k(T) = aT^b \exp(-cT/R)$ , onde  $a, b$  e  $c$  são coeficientes ajustados experimentalmente e  $R$  é a constante universal dos gases. O coeficiente  $c$  é mais conhecido como
- (A) Coeficiente de Arrhenius.  
 (B) Fator de frequência.  
 (C) Fator pré-exponencial.  
 (D) Energia de ativação.  
 (E) Complexo ativado.

77. Considere uma onda plana, harmônica, monocromática e linearmente polarizada incidente sobre uma superfície plana separando dois meios óticos semi-infinitos, uniformes e sem perdas, porém diferentes. Após contato da onda incidente com a superfície, haverá uma onda refletida e outra refratada. Assuma que estes meios não magnéticos 1 e 2 possuem índices de refração  $n_1 = \sqrt{\epsilon_1}$  e  $n_2 = \sqrt{\epsilon_2}$ , e permissividades elétricas  $\epsilon_1$  e  $\epsilon_2$ , respectivamente.
- Qual expressão a seguir representa a relação entre os ângulos de incidência  $\theta_1$  e refração  $\theta_2$ , relativos ao eixo normal à superfície de separação?
- (A)  $n_2 \sin(\theta_2) = n_1 \sin(\theta_1)$   
 (B)  $n_1 \sin(\theta_2) = n_2 \sin(\theta_1)$   
 (C)  $\theta_2 = \theta_1$   
 (D)  $n_1 \tan(\theta_2) = n_2 \sin(\theta_1)$   
 (E)  $\sin(\theta_2) = n_1 n_2 \sin(\theta_1)$
78. Para lentes finas de comprimento focal  $f$ , a equação básica das lentes dada por  $d_o^{-1} + d_i^{-1} = f^{-1}$ , onde  $d_o$  representa a distância relativa entre objeto e lente, e  $d_i$  representa a distância relativa entre lente e imagem. O aumento linear ou transversal  $M$  da lente pode ser descrito como:
- (A)  $M = d_o/d_i$   
 (B)  $M = (d_i - d_o)/d_o$   
 (C)  $M = -d_i/d_o$   
 (D)  $M = d_i/(f - d_o)$   
 (E)  $M = 1/(f - d_o)$
79. Suponha que a fonte  $S$  de uma onda eletromagnética possui frequência  $f$ , medida em uma escala estática. Essa fonte se move com velocidade  $v_s$  em relação ao meio de propagação na direção do objeto  $O$ , que se move na mesma direção com velocidade  $v_o$  em relação ao meio de propagação. No tratamento clássico do efeito Doppler, onde  $v_s$  e  $v_o$  são muito menores que a velocidade da luz  $c$ , a frequência da onda refletida é deslocada pelo objeto que se move de acordo com a expressão  $f_o = f_s \{(c - v_o)/(c - v_s)\}$ . Utilizando um laser de frequência  $30 \text{ THz}$  para medir a velocidade de uma partícula num escoamento, detecta-se uma mudança positiva de  $20 \text{ MHz}$  na frequência de retorno. A velocidade da partícula em relação ao solo é:
- (A)  $10 \text{ m/s}$ .  
 (B)  $50 \text{ m/s}$ .  
 (C)  $100 \text{ m/s}$ .  
 (D)  $200 \text{ m/s}$ .  
 (E)  $500 \text{ m/s}$ .
80. Considere uma cavidade ressonante de Fabry-Perot formada por dois espelhos planos e paralelos separados por um meio de distância  $d$  com índice de refração  $n$ . Assuma apenas ondas planas de comprimento de onda  $\lambda = \lambda_o/n$  propagando entre os espelhos, onde  $\lambda_o$  é o comprimento de onda no vácuo. A condição para ressonância construtiva ocorre quando a fase acumulada da onda depois de uma viagem de ida e volta entre os espelhos é um múltiplo de  $2\pi$ , ou seja,  $2dk = 2\pi q$ , onde  $k = 2\pi n/\lambda_o$  é o número de onda na cavidade e  $q$  é um inteiro. Considere uma cavidade composta de arsenieto de gálio (GaAs) com  $n = 3.6$  e,  $d = 20 \mu\text{m}$  e uma radiação dentro da porção visível do espectro, ou seja, entre  $380 \text{ nm}$  e  $740 \text{ nm}$ . O primeiro comprimento de onda da ressonância dentro da porção visível é
- (A)  $380,00 \text{ nm}$ .  
 (B)  $380,95 \text{ nm}$ .  
 (C)  $381,62 \text{ nm}$ .  
 (D)  $382,23 \text{ nm}$ .  
 (E)  $383,00 \text{ nm}$ .