



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

CONCURSO PÚBLICO

## **037. PROVA OBJETIVA**

PESQUISADOR

ASSISTENTE DE PESQUISA (SISTEMAS TÉRMICOS)

CÓD. 049

- ◆ 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 destituir 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. Uma nave transporta um equipamento eletrônico sensível a variações de temperatura. Na reentrada da nave na atmosfera, o equipamento deve ser revestido externamente de forma a protegê-lo do transitório térmico. O material selecionado deve apresentar

- (A) baixa condutividade térmica.
- (B) baixa massa específica.
- (C) baixa difusividade térmica.
- (D) baixo calor específico.
- (E) baixo coeficiente de dilatação térmica.

32. A velocidade do som,  $c$ , em um fluido pode ser calculada

pela expressão  $c = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s}$ , em que  $p$  é a pressão local e  $\rho$  a

massa específica do fluido. O índice  $s$  indica que a derivada parcial deve ser calculada mantendo-se a entropia constante. Considere um gás ideal em repouso com calores específicos a pressão e a volume constantes dados por  $c_p$  e  $c_v$ , respectivamente. A velocidade do som em função da temperatura,  $T$ , do gás é dada por

(A)  $c = \sqrt{(c_p - c_v)T}$

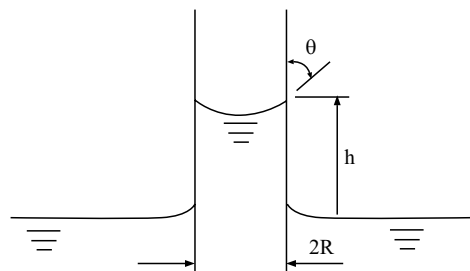
(B)  $c = \sqrt{c_p T}$

(C)  $c = \sqrt{c_v T}$

(D)  $c = \sqrt{\left(\frac{c_p^2}{c_v} - c_p\right)T}$

(E)  $c = \sqrt{\left(\frac{c_p^2}{c_v}\right)T}$

33. No tubo capilar da figura o líquido “molha” o tubo, ascendendo  $h$  no seu interior.



O tubo capilar tem raio  $R = 1$  mm. O ângulo  $\theta$  representado na figura é igual a  $1^\circ$ . A tensão superficial do líquido é igual a  $0,05$  N/m, e sua massa específica,  $1\,000$  kg/m<sup>3</sup>. Considere a aceleração da gravidade igual a  $10$  m/s<sup>2</sup>.

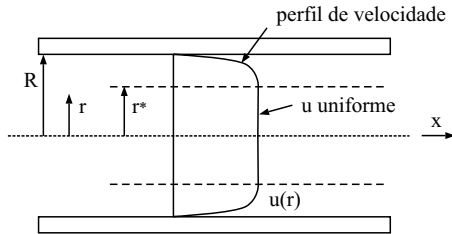
Para os dados do problema, a altura  $h$  é igual a

- (A) 1 mm.
- (B) 2 mm.
- (C) 5 mm.
- (D) 10 mm.
- (E) 15 mm.



34. Um plástico de Bingham é um tipo de fluido que não escoou enquanto a tensão de cisalhamento for inferior a  $\tau_0$ . Quando esse valor é ultrapassado, a relação entre tensão de cisalhamento,  $\tau$ , e deformação,  $du/dy$ , é praticamente linear, de acordo com a relação  $\tau = \tau_0 + K \frac{du}{dy}$ , em que  $K$  é uma cons-

tante. Quando um plástico de Bingham escoou no interior de um tubo de raio  $R$ , formam-se duas regiões características. Uma região central em que o fluido move-se com velocidade uniforme, como se fosse um plugue (“plug flow”), e uma região anular, onde ocorre a variação de velocidade, de acordo com a figura.



Na região central, a tensão de cisalhamento é menor que  $\tau_0$ . Para o escoamento laminar no interior de um tubo de raio  $R$ , o perfil de velocidade na direção longitudinal,  $u(r)$ , é dado por  $u = \frac{1}{K} (R - r) \left[ \frac{\tau_p}{2} \left( 1 + \frac{r}{R} \right) - \tau_0 \right]$ , em que  $\tau_p$  é a tensão de cisalhamento na parede e  $r$  é a coordenada radial. O valor do raio da superfície,  $r^*$ , que separa as duas regiões é igual a

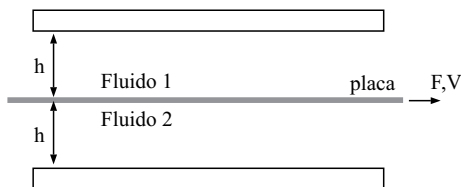
- (A)  $\frac{\tau_0}{\tau_p} R$
- (B)  $\left( \frac{\tau_0}{\tau_p} \right)^2 R$
- (C)  $\left( \frac{\tau_p - \tau_0}{\tau_p} \right) R$
- (D)  $\left( \frac{\tau_p + \tau_0}{2\tau_p} \right) R$
- (E)  $\left( \frac{\tau_p + \tau_0}{2\tau_p} \right)^2 R$

35. Um tubo capilar pode ser usado para determinar a viscosidade de um fluido por meio da medição da vazão volumétrica,  $Q$ , e da queda de pressão,  $\Delta p$ , entre a entrada e a saída do tubo. Sabendo-se que o escoamento é laminar, o fator de atrito,  $f$ , é determinado pela expressão  $f = 64/Re_D$ , sendo  $Re_D$  o número de Reynolds definido em função da velocidade média,  $u_m$ , do escoamento e do diâmetro do tubo,  $D$ . O fator de atrito é definido como  $f = \frac{-(dp/dx)D}{\rho u_m^2 / 2}$ , sendo  $\rho$  a massa

específica do fluido e  $x$  a coordenada orientada no sentido do escoamento. Foi realizada apenas uma medição com um tubo capilar de comprimento  $L = 1$  m e  $D = 1$  mm, obtendo-se uma vazão volumétrica  $Q = 3,14$  mL/s e um queda de pressão  $\Delta p = 256$  kPa.

Qual é o valor da viscosidade dinâmica do fluido?

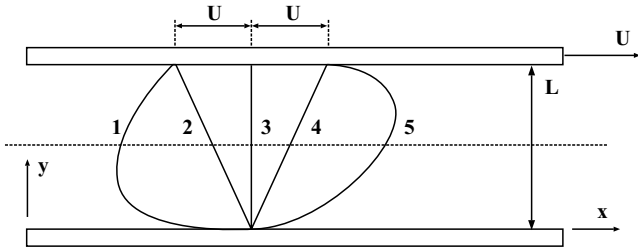
- (A) 0,001 Pa.s.  
 (B) 0,002 Pa.s.  
 (C) 0,004 Pa.s.  
 (D) 0,005 Pa.s.  
 (E) 0,006 Pa.s.
36. A placa representada na figura move-se para a direita com velocidade  $V = 4$  m/s, deslizando no interior do canal de espessura  $2h = 2$  mm. A área da placa em contato com cada fluido é igual a  $1$  m<sup>2</sup>. O canal é formado por duas placas fixas. No interior do canal há dois fluidos. O fluido 1 apresenta viscosidade cinemática igual a  $1,0$  cSt e massa específica igual a  $1000$  kg/m<sup>3</sup>. O fluido 2 apresenta viscosidade cinemática igual a  $0,15$  cSt e massa específica igual a  $10000$  kg/m<sup>3</sup>. Note que  $1$  St =  $1$  cm<sup>2</sup>/s.



Assumindo perfis lineares de velocidade no interior dos fluidos, a força,  $F$ , necessária para manter a placa em movimento é de

- (A) 1 N.  
 (B) 2 N.  
 (C) 10 N.  
 (D) 20 N.  
 (E) 25 N.

37. Considere um fluido Newtoniano escoando entre duas placas planas infinitas paralelas e horizontais. A placa superior move-se com velocidade  $U$  para a direita, enquanto a inferior permanece fixa, de acordo com a figura.



O gradiente de pressão na direção  $x$  é negativo ( $\partial p / \partial x < 0$ ). As equações do movimento nas direções  $x$  e  $y$  para um fluido Newtoniano são dadas, respectivamente, por:

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \rho g_x$$

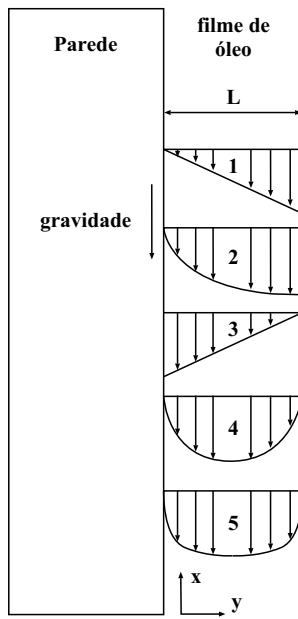
$$\rho \left( u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \rho g_y$$

Sendo  $\rho$  a massa específica do fluido,  $u$  e  $v$  os componentes do vetor velocidade nas direções  $x$  e  $y$ , respectivamente;  $p$  a pressão,  $\mu$  a viscosidade dinâmica do fluido, e  $g_x$  e  $g_y$  os componentes do vetor aceleração da gravidade nas direções  $x$  e  $y$ , respectivamente.

Simplifique as equações do movimento e assinale a alternativa que apresenta o perfil de velocidade  $u(y)$  no fluido.

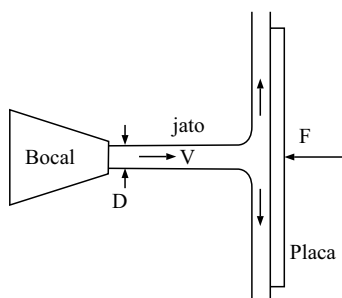
- (A) Perfil 1.
- (B) Perfil 2.
- (C) Perfil 3.
- (D) Perfil 4.
- (E) Perfil 5.

38. Óleo escorre sobre uma superfície vertical, formando um filme de espessura uniforme  $L$ , de acordo com a figura.



Sabendo que a velocidade na direção  $x$  depende apenas de  $y$ , assinale a alternativa que apresenta o perfil de velocidade formado.

- (A) Perfil 1.  
 (B) Perfil 2.  
 (C) Perfil 3.  
 (D) Perfil 4.  
 (E) Perfil 5.
39. Um jato de água deixa o bocal representado na figura com velocidade média  $V = 10$  m/s e atinge a placa na direção normal. O jato apresenta diâmetro  $D = 20$  mm. A massa específica da água é  $1000$  kg/m<sup>3</sup>. A força de atrito e a gravidade podem ser desprezadas.

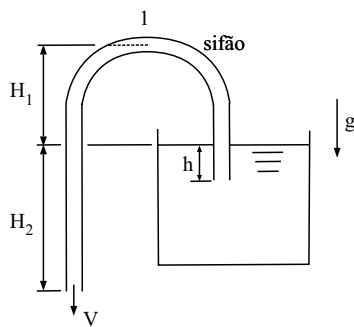


A força necessária para manter a placa em repouso é igual

- (A)  $2\pi$  N.  
 (B)  $4\pi$  N.  
 (C)  $6\pi$  N.  
 (D)  $8\pi$  N.  
 (E)  $10\pi$  N.

40. Em uma bomba horizontal recalçando água, a pressão do fluido na entrada é 100 kPa e na saída é 500 kPa. Os diâmetros da entrada e da saída são iguais. Sabendo-se que a vazão volumétrica é igual a 20 L/s, a potência hidráulica é igual a
- (A) 8 kW.  
 (B) 16 kW.  
 (C) 20 kW.  
 (D) 22 kW.  
 (E) 24 kW.

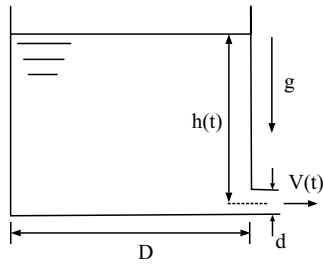
41. Um líquido de massa específica  $\rho$  escoava com velocidade média  $V$  através do sifão completamente cheio, representado na figura. O nível do tanque pode ser considerado constante. A aceleração da gravidade é  $g$ .



Desprezando-se as perdas de carga na linha, a pressão manométrica no ponto 1 é igual a

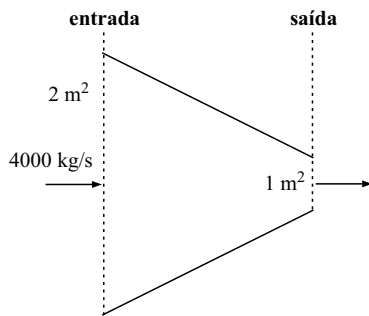
- (A)  $-\rho g H_1$   
 (B)  $\rho g H_1$   
 (C)  $-\rho g (H_1 + h)$   
 (D)  $\rho g (H_1 + h)$   
 (E)  $-\rho g (H_1 + H_2)$

42. Na figura é representado um tanque cilíndrico de diâmetro  $D$  e profundidade inicial  $h_0$ . Através de uma pequena abertura circular de diâmetro  $d$ , água deixa o tanque com velocidade média variável igual a  $V(t) = \sqrt{2gh}$ , sendo  $g$  a aceleração da gravidade e  $h$  o nível de líquido no tanque no instante  $t$ .



O tempo necessário para que o tanque esvazie completamente é aproximadamente igual a

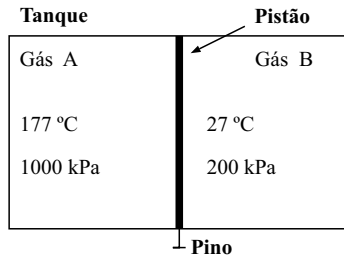
- (A)  $\sqrt{\frac{h_0}{2}} \left(\frac{D}{d}\right)$   
 (B)  $\sqrt{\frac{h_0}{2g}} \left(\frac{1}{d}\right)^2$   
 (C)  $\sqrt{\frac{2h_0}{g}} \left(\frac{D}{d}\right)^2$   
 (D)  $\frac{4h_0}{3g} \left(\frac{D}{d}\right)^2$   
 (E)  $\frac{4h_0}{g} \left(\frac{D}{d}\right)^2$
43. Água líquida, com vazão mássica igual a  $4000 \text{ kg/s}$  e massa específica de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , atravessa uma seção cônica horizontal de um tubo, de acordo com a figura.



A pressão na seção de entrada é igual a  $200 \text{ kPa}$ . As áreas na seção de entrada e saída são iguais a  $2 \text{ m}^2$  e  $1 \text{ m}^2$ , respectivamente. Admita escoamento turbulento. O módulo da força horizontal necessária para manter a seção cônica em repouso é igual a

- (A)  $0 \text{ kN}$ .  
 (B)  $102 \text{ kN}$ .  
 (C)  $198 \text{ kN}$ .  
 (D)  $236 \text{ kN}$ .  
 (E)  $400 \text{ kN}$ .

44. Um tanque isolado termicamente do ambiente está dividido em duas partes por um pistão feito de material com elevada condutividade térmica e capacidade calorífica desprezível. Uma das partes contém 1 kg do gás *A* a 177 °C e 1 000 kPa. A outra parte contém 1 kg do gás *B* a 27 °C e 200 kPa. Ambos os gases comportam-se como gases ideais com calores específicos a volume constante iguais a  $c_{vA} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kgK})$  e  $c_{vB} = 1,5 \text{ kJ}/(\text{kgK})$ . No início, o pistão está travado por um pino. O pino é então removido e espera-se o equilíbrio ser atingido.



As temperaturas do gás *A* e do gás *B* na nova condição de equilíbrio são, respectivamente, iguais a

- (A) 350 K e 350 K.  
 (B) 360 K e 360 K.  
 (C) 400 K e 400 K.  
 (D) 400 K e 350 K.  
 (E) 410 K e 340 K.
45. O campo de velocidade,  $\vec{V} = \vec{V}(x, y, z)$ , em um fluido é dado por  $\vec{V} = \frac{xy}{\text{ms}} \vec{i} - A(y^2 + z^2) \vec{j} - \frac{y^3}{\text{m}^2\text{s}} \vec{k}$ , em que *A* é uma constante, *x*, *y* e *z* são as coordenadas espaciais.

Qual é o valor de *A* no Sistema Internacional para que o escoamento seja incompressível?

- (A)  $0 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$   
 (B)  $0,1 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$   
 (C)  $0,3 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$   
 (D)  $0,5 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$   
 (E)  $1,0 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$

46. A equação da energia aplicável à determinação do perfil de temperatura,  $T(x,y)$ , em regime permanente no interior da camada-limite térmica sobre uma placa plana aquecida de

comprimento  $L$  é dada por  $u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$ . A velo-

cidade do fluido longe da placa,  $u_\infty$ , é uniforme e paralela à placa. Nessa equação,  $\alpha$  é a difusividade térmica do fluido,  $u$  e  $v$  são os componentes do vetor velocidade nas direções  $x$  e  $y$ , respectivamente. Fazendo as seguintes mudanças de variáveis  $x^* = x/L$ ,  $y^* = y/L$ ,  $u^* = u/u_\infty$ ,  $v^* = v/u_\infty$ , surgem os seguintes números adimensionais na equação da energia

- (A) Reynolds ( $Re_L$ ) e Nusselt ( $Nu_L$ ).
- (B) Nusselt ( $Nu_L$ ) e Prandtl (Pr).
- (C) Reynolds ( $Re_L$ ) e Biot (Bi).
- (D) Nusselt ( $Nu_L$ ) e Biot (Bi).
- (E) Reynolds ( $Re_L$ ) e Prandtl (Pr).
47. Deseja-se analisar a viabilidade de cinco ciclos de potência apresentados nas alternativas de (a) a (e). Cada um dos motores transfere calor com os mesmos dois reservatórios térmicos, o reservatório a alta temperatura, cuja temperatura é  $T_H = 327^\circ\text{C}$ , e o reservatório a baixa temperatura, cuja temperatura é  $T_L = 27^\circ\text{C}$ . Sendo  $Q_H$  o calor transferido do primeiro reservatório para um motor,  $Q_L$  o calor transferido de um motor para o reservatório a baixa temperatura e  $W$  o trabalho realizado por um motor sobre a vizinhança, assinale a alternativa que apresenta um ciclo motor que satisfaz a 1.ª e a 2.ª leis da termodinâmica.
- (A)  $Q_H = 100 \text{ kJ}$ ;  $Q_L = 0$ ;  $W = 100 \text{ kJ}$ .
- (B)  $Q_H = 100 \text{ kJ}$ ;  $Q_L = 30 \text{ kJ}$ ;  $W = 70 \text{ kJ}$ .
- (C)  $Q_H = 100 \text{ kJ}$ ;  $Q_L = 40 \text{ kJ}$ ;  $W = 70 \text{ kJ}$ .
- (D)  $Q_H = 100 \text{ kJ}$ ;  $Q_L = 60 \text{ kJ}$ ;  $W = 40 \text{ kJ}$ .
- (E)  $Q_H = 100 \text{ kJ}$ ;  $Q_L = 70 \text{ kJ}$ ;  $W = 40 \text{ kJ}$ .

48. Considere dois motores de mesmo rendimento térmico que operam segundo um ciclo de Carnot. O primeiro recebe energia por transferência de calor de um reservatório térmico a alta temperatura ( $T_H = 927^\circ\text{C}$ ) e rejeita energia também por transferência de calor para um reservatório auxiliar, cuja temperatura  $T_a$  obedece à relação  $T_H > T_a > T_L$ . O segundo motor recebe energia por transferência de calor do reservatório auxiliar e rejeita energia por transferência de calor para um reservatório a baixa temperatura ( $T_L = 27^\circ\text{C}$ ).

A temperatura do reservatório auxiliar,  $T_a$ , é igual a

- (A) 450 K.
- (B) 600 K.
- (C) 750 K.
- (D) 900 K.
- (E) 1 050 K.



49. Considere um ciclo de potência composto por quatro processos associados à passagem do fluido de trabalho pela bomba (processo 1-2), caldeira (processo 2-3), turbina (processo 3-4) e condensador (processo 4-1), nessa ordem. A turbina pode ser considerada adiabática e apresenta uma determinada eficiência isentrópica. É correto afirmar que, quando essa eficiência isentrópica tende a zero, o processo 3-4
- (A) tende a ser um processo isentrópico.
  - (B) tende a ser um processo isocórico.
  - (C) tende a ser um processo isentálpico.
  - (D) tende a ser um processo isobárico.
  - (E) tende a ser um processo reversível.
50. Em um ciclo de ar-padrão ideal Brayton, a temperatura na entrada do compressor é 300 K. A relação de compressão do compressor é 8, e a vazão volumétrica no ciclo é  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para simplificação dos cálculos, a relação entre o calor específico a pressão constante e a volume constante do ar pode ser considerada constante e igual a 1,5. O rendimento térmico do ciclo é igual a
- (A) 0,1.
  - (B) 0,2.
  - (C) 0,3.
  - (D) 0,4.
  - (E) 0,5.
51. Deseja-se comparar o trabalho de compressão entre dois ciclos ar-padrão Brayton. No primeiro ciclo existe apenas um compressor isentrópico, com relação de compressão de 10. A temperatura de saída do ar é de 579 K. No segundo ciclo existe um compressor com dois estágios, o primeiro e o segundo, ambos isentrópicos, e com relação de compressão de 4 e 2,5, respectivamente. Entre os dois estágios existe um resfriador intermediário. O ar deixa o primeiro estágio a 446 K, entrando no resfriador nessa temperatura e deixando-o a 300 K, que é a temperatura de entrada do segundo estágio. O ar deixa o segundo estágio a 390 K. Em ambos os compressores o ar entra a 300 K e 100 kPa. O calor específico do ar a pressão constante é igual a  $1 \text{ kJ}/(\text{kgK})$ .
- Qual é a diferença entre o módulo do trabalho específico realizado sobre o primeiro compressor e o módulo do trabalho realizado sobre o segundo?
- (A) 43 kJ/kg
  - (B) 79 kJ/kg
  - (C) 89 kJ/kg
  - (D) 143 kJ/kg
  - (E) 189 kJ/kg

52. O ciclo Ericsson é um caso-limite do ciclo Brayton regenerativo com infinitos estágios de reaquecimento e inter-resfriamento, sem irreversibilidades. Dessa forma, o fornecimento de energia ao ciclo se dá a temperatura constante igual a  $T_H$ , a temperatura do reservatório a alta temperatura. A rejeição de calor se dá a temperatura constante igual a  $T_L$ , a temperatura do reservatório a baixa temperatura. O ciclo Ericsson é composto por dois processos isotérmicos e dois isobáricos, enquanto que o ciclo de Carnot é composto por dois processos adiabáticos e dois isotérmicos, todos reversíveis.

Considerando um ciclo de Carnot e outro Ericsson, ambos operando entre os mesmos reservatórios térmicos, é correto afirmar que

- (A) o ciclo de Carnot é o que apresenta a maior eficiência térmica.
- (B) o ciclo Ericsson é o que apresenta a maior eficiência térmica.
- (C) ambos os ciclos apresentam a mesma eficiência térmica.
- (D) o trabalho específico realizado pelo ciclo de Carnot é maior.
- (E) o trabalho específico realizado pelo ciclo Ericsson é maior.

53. Um motor turbojato é composto por um difusor, um compressor, uma câmara de combustão, uma turbina e um bocal. A potência da turbina é suficiente apenas para acionar o compressor. Os gases de combustão deixam a turbina com pressão e temperatura elevadas e se expandem através do bocal, deixando o turbojato a alta velocidade e produzindo empuxo. Em regime permanente, a pressão e a temperatura na entrada do bocal são iguais a 600 kPa e 1027 °C, respectivamente, enquanto que a temperatura em sua saída é igual a 527 °C.

Considere que o fluido de trabalho é o ar modelado como gás perfeito, com calor específico a pressão constante igual a 1 kJ/(kgK).

A velocidade dos gases na saída do bocal é igual a

- (A) 300 m/s.
- (B) 600 m/s.
- (C) 1 000 m/s.
- (D) 1 200 m/s.
- (E) 1 800 m/s.

54. O ciclo Stirling é composto por quatro processos reversíveis, uma compressão isotérmica do estado 1 ao 2, um aquecimento isocórico de 2 a 3, uma expansão isotérmica do estado 3 ao 4 e um resfriamento isocórico de 4 a 1. A massa de ar contida no motor é  $m$ . São conhecidas as temperaturas,  $T$ , pressões,  $p$ , energias internas específicas,  $u$ , e entropias específicas,  $s$ , associadas a cada um dos estados. Por exemplo,  $T_1$ ,  $p_1$ ,  $u_1$  e  $s_1$  indicam, respectivamente, a temperatura, a pressão, a energia interna e a entropia do estado 1.

O calor transferido ao ciclo a partir do reservatório a alta temperatura,  $Q_H$  é igual a

- (A)  $mT_2(s_4 - s_3)$
- (B)  $mT_3(s_4 - s_3)$
- (C)  $mT_3(s_3 - s_2)$
- (D)  $m(u_3 - u_2)$
- (E)  $m(u_1 - u_2)$

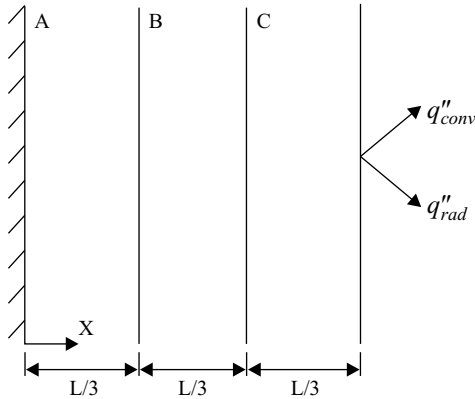
55. O ciclo Stirling é composto por quatro processos internamente reversíveis, uma compressão isotérmica do estado 1 ao 2 ( $T_1 = T_2$ ), um aquecimento isocórico de 2 a 3 ( $v_2 = v_3$ ), uma expansão isotérmica do estado 3 ao 4 ( $T_3 = T_4$ ) e um resfriamento isocórico de 4 a 1 ( $v_4 = v_1$ ). A massa de ar no motor é  $m$ . São conhecidas as temperaturas,  $T$ , e pressões,  $p$ , associadas a cada um dos estados. Considere que o ar comporta-se como gás ideal, com calores específicos constantes. A constante do ar é igual a  $R$ .

O trabalho líquido realizado pelo ciclo é igual a

- (A)  $mR(T_4 - T_2) \ln \frac{T_4}{T_2}$
- (B)  $mR \left( \frac{T_4 + T_1}{2} \right) \ln \frac{p_2}{p_1}$
- (C)  $mR(T_3 + T_2) \ln \frac{v_4}{v_2}$
- (D)  $mR(T_3 + T_1) \ln \frac{T_3}{T_1}$
- (E)  $mR(T_3 - T_1) \ln \frac{p_2}{p_1}$

56. Uma bomba de calor será usada para manter a temperatura da água de uma piscina em  $27\text{ }^\circ\text{C}$ . A piscina está em um ambiente cuja temperatura é  $7\text{ }^\circ\text{C}$ . Dessa forma a água da piscina perde energia por transferência de calor para a vizinhança a uma taxa de  $150\text{ kW}$ . A mínima potência requerida para acionar a bomba de calor é
- (A)  $10\text{ kW}$ .  
 (B)  $90\text{ kW}$ .  
 (C)  $120\text{ kW}$ .  
 (D)  $130\text{ kW}$ .  
 (E)  $150\text{ kW}$ .

57. No arranjo da figura, três placas delgadas, de mesma espessura e de materiais diferentes, são justapostas de tal modo que não há resistência de contato entre elas. O material  $A$  apresenta condutividade térmica maior que a de  $B$ , que por sua vez é maior do que a de  $C$ . A superfície  $x = 0$  está isolada termicamente e a superfície externa  $x = L$  transfere calor por convecção e radiação com a vizinhança, sendo  $q''_{conv}$  e  $q''_{rad}$  os fluxos de calor por convecção e radiação, respectivamente.



Por causa da passagem de corrente elétrica em B, ocorre geração de energia interna nesse material. A taxa de geração por unidade de volume é  $\dot{q}$ . Em regime permanente, é correto afirmar que

- (A) A temperatura máxima ocorre somente no interior do material B ( $L/3 < x < 2L/3$ ) e  $q''_{conv} + q''_{rad} = -k_C \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L}$

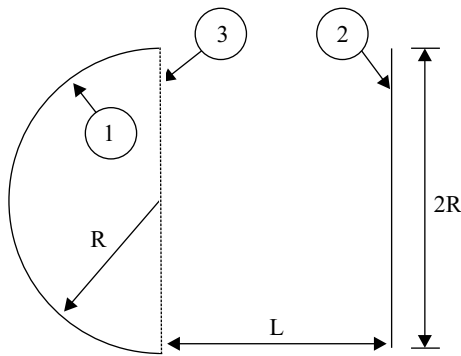
- (B) A temperatura máxima ocorre em  $x = 0$  e  $-k_A \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L/3} = -k_B \frac{dT}{dx} \Big|_{x=2L/3} = -k_C \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L} = q''_{conv} + q''_{rad}$

- (C)  $\frac{dT}{dx} \Big|_{x=L/3} = 0$  e  $q''_{conv} + q''_{rad} = \frac{\dot{q}L}{3}$

- (D) A temperatura máxima ocorre em  $x = L/3 + L/6$  e  $\frac{dT}{dx} \Big|_A < \frac{dT}{dx} \Big|_B < \frac{dT}{dx} \Big|_C$

- (E) A temperatura máxima ocorre somente no interior do material B ( $L/3 < x < 2L/3$ ) e  $\frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 0$

58. Uma calota esférica (1) é posicionada com sua superfície côncava de área  $A_1$ , voltada para um disco de seção circular (2) de mesmo raio  $R$  e área frontal  $A_2$ . De acordo com a figura, existe ainda uma superfície imaginária (3) de área  $A_3$ . A distância entre a superfície 2 e a 3 é  $L$ .



O fator de forma de radiação entre a superfície 1 e a 2,  $F_{12}$ , é dado por

- (A)  $1 - L/R$ .  
 (B)  $1 - (L+R)/R$ .  
 (C)  $A_2/A_1 F_{23}$ .  
 (D)  $F_{32}$ .  
 (E)  $1 - F_{32}$ .
59. Considere o problema de troca radiante entre superfícies de uma cavidade. A Lei de Kirchoff diz que a emissividade direcional espectral ( $\epsilon_{\lambda,\theta}$ ) é igual à absorptividade direcional espectral ( $\alpha_{\lambda,\theta}$ ). A emissividade espectral  $\epsilon_\lambda$  e a absorptividade espectral  $\alpha_\lambda$  de uma superfície são determinadas, respectivamente, pelas relações

$$\epsilon_\lambda = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \epsilon_{\lambda,\theta} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi}$$

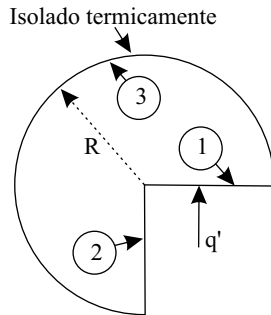
$$\alpha_\lambda = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \alpha_{\lambda,\theta} I_{\lambda,i} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,i} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi}$$

Sendo  $I_{\lambda,i}$  a intensidade espectral da radiação incidente e  $\theta$  e  $\phi$  os ângulos formados entre a radiação incidente ou emitida com relação à normal da superfície.

Para uma determinada superfície  $i$  da cavidade, quando  $\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda$ ?

- (A) Quando a irradiação incidente em  $i$  for difusa.  
 (B) Quando pelo menos uma das demais superfícies da cavidade comportar-se como um corpo negro.  
 (C) Quando a radiação emitida pela superfície  $i$  apresentar baixo comprimento de onda.  
 (D) Quando a radiação emitida pela superfície  $i$  apresentar alto comprimento de onda.  
 (E) Quando a superfície  $i$  for especular.

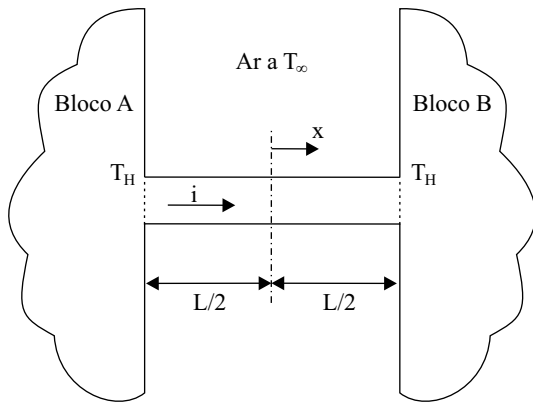
60. Um longo forno, com seção transversal representada na figura, é composto de três zonas. A zona de aquecimento (1) é feita de material cerâmico com emissividade  $\varepsilon_1 = 1$  sendo mantida a  $T_1$  por resistências elétricas não representadas na figura. Na zona de tratamento (2), são inseridas placas metálicas de emissividade  $\varepsilon_2 = 1$  que serão tratadas termicamente a  $T_2$ . A zona refratária de raio  $R = 1$  m é formada por tijolos termicamente isolantes com emissividade  $\varepsilon_3$  e temperatura interna  $T_3$ . Considere condições de regime permanente, superfícies cinzas e difusas, meio não participante e despreze a convecção.



Assinale a alternativa com a expressão correta para o cálculo da potência dissipada nas resistências elétricas por unidade de comprimento do tubo ( $q'$ ).  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann.

- (A)  $q' = \sigma T_1^4$
- (B)  $q' = \sigma(T_1^4 - T_3^4)$
- (C)  $q' = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$
- (D)  $q' = \sigma(T_1^4 - T_2^4)/2$
- (E)  $q' = \sigma(T_1^4 + T_2^4)/2$

61. Dois blocos metálicos (A e B) são ligados entre si por uma haste de mesmo material com seção transversal circular de raio  $R$  e comprimento  $L$ , conforme a figura.



Considere que a condutividade térmica,  $k$ , do material é constante. Por causa da passagem de uma corrente elétrica,  $i$ , através da haste, ocorre geração de energia interna a uma taxa volumétrica de  $\dot{q}$ . A temperatura nas extremidades da haste é de  $T_H$ . Ocorre transferência de calor por convecção entre a superfície da haste e o ar a  $T_\infty$ . O coeficiente de transferência de calor entre a haste e o fluido é  $h$ . Considere regime permanente, condução unidimensional em  $x$  através da haste. A equação diferencial e as condições de contorno (c.c.) usadas para determinar a distribuição de temperatura  $T(x)$  ao longo da haste são, respectivamente:

(A)  $\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$ , c.c.  $T\left(\frac{L}{2}\right) = T_H$  e  $T\left(-\frac{L}{2}\right) = T_H$

(B)  $\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$ , c.c.  $T\left(\frac{L}{2}\right) = T_H$  e  
 $-kR \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 2hL[T(0) - T_\infty]$

(C)  $\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$ , c.c.  $T\left(\frac{L}{2}\right) = T_H$  e  $\frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 0$

(D)  $k \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{2h}{R}(T - T_\infty) + \dot{q} = 0$ , c.c.  $T\left(\frac{L}{2}\right) = T_H$  e  
 $-kR \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 2hL[T(0) - T_\infty]$

(E)  $k \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{2h}{R}(T - T_\infty) + \dot{q} = 0$ , c.c.  $T\left(-\frac{L}{2}\right) = T_H$  e  
 $\frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 0$

62. Vapor saturado de um fluido a  $T_V$  escoo no interior de um tubo de cobre de parede fina e raio externo igual a 10 mm. Deseja-se revestir o tubo de forma a protegê-lo mecanicamente pela introdução de uma camada cilíndrica de material com condutividade térmica de  $1 \text{ W}/(\text{mK})$  e espessura  $t$  a ser determinada. Adicionalmente, busca-se maximizar a taxa de transferência de calor do fluido para o ar, cuja temperatura é  $T_\infty$ . O coeficiente de transferência de calor por convecção do lado externo pode ser considerado igual a  $50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , tanto para a superfície nua quanto para a superfície revestida. Considerando desprezível as resistências à transferência de calor por convecção entre o vapor e o tubo de cobre e por condução através da parede de cobre, assinale a alternativa com a espessura  $t$  do material protetor necessária para maximizar a perda de calor para o ar.

- (A) 1 mm.
- (B) 5 mm.
- (C) 10 mm.
- (D) 15 mm.
- (E) 20 mm.

63. Considere uma aleta de seção retangular uniforme, de largura  $w = 100 \text{ mm}$  e espessura  $t = 1 \text{ mm}$  e de comprimento  $L = 700 \text{ mm}$ , em um ambiente em que o ar está a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . O material da aleta apresenta condutividade térmica  $k = 25 \text{ W}/(\text{mK})$ . A distribuição de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) na aleta é unidimensional, sendo dada por  $T = 100e^{-4x}$ , em que  $x$  é a coordenada (m) ao longo da aleta ( $x = 0$  corresponde à sua base, enquanto  $x = L$ , à sua ponta).

O calor transferido entre a aleta e o ar por convecção para o ambiente é igual a

- (A) 1 W.
- (B) 14 W.
- (C) 140 W.
- (D) 1400 W.
- (E) 2000 W.

64. Deseja-se aquecer  $1 \text{ kg/s}$  de água líquida de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a pelo menos  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  por meio de transferência de calor de um fluido dito quente, usando um trocador de calor. O fluido quente está disponível com vazão mássica de  $1 \text{ kg/s}$  e temperatura de  $220 \text{ }^\circ\text{C}$ . Os calores específicos da água e do fluido quente são iguais a  $4200 \text{ kJ}/(\text{kgK})$  e  $2100 \text{ kJ}/(\text{kgK})$ , respectivamente.

A efetividade do trocador de calor para realizar a tarefa deve ser de

- (A) 0,4.
- (B) 0,5.
- (C) 0,6.
- (D) 0,7.
- (E) 0,8.



65. O número de Nusselt local ( $Nu_x$ ) para uma placa plana vertical sujeita a convecção natural laminar é dado por

$$Nu_x = \left( \frac{Gr_x}{4} \right)^{1/4} f(Pr). \text{ Na expressão, } Gr_x \text{ é o número local}$$

de Grashof,  $f(Pr)$  uma função do número de Prandtl ( $Pr$ ) e  $x = 0$  corresponde ao bordo de ataque da placa. Duas placas planas verticais iguais são imersas em um gás a  $13^\circ\text{C}$ . A primeira placa é mantida a uma temperatura uniforme de  $41^\circ\text{C}$ , enquanto que a segunda é mantida a  $101^\circ\text{C}$ . Na análise que se segue, admita que o gás possa ser modelado como um gás ideal, e que as propriedades termofísicas que aparecem na expressão, com exceção do coeficiente de expansão volumétrica, são independentes da temperatura. O coeficiente de expansão volumétrica deve ser avaliado na temperatura de filme, sendo igual ao inverso dessa temperatura para um gás ideal. Com base no exposto, a razão entre o coeficiente de transferência de calor por convecção na posição  $x$  da primeira placa e o mesmo coeficiente na outra placa, também em  $x$ , é igual a

- (A)  $(7/20)^{1/4}$   
 (B)  $(1/2)^{1/4}$   
 (C)  $(7/13)^{1/4}$   
 (D)  $(17/20)^{1/4}$   
 (E)  $(11/13)^{1/4}$

66. Para o escoamento laminar de um metal líquido sobre uma placa plana horizontal isotérmica, o número local de Nusselt,  $Nu_x$ , é dado por  $Nu_x = 0,564Re_x^{1/2}Pr^{1/2}$ , em que  $x$  é a coordenada longitudinal medida a partir do bordo de ataque da placa,  $Re_x$  é o número de Reynolds na posição  $x$  e  $Pr$  é o número de Prandtl. O número de Nusselt médio,  $Nu_L$ , para a placa de comprimento  $L$  é igual a

- (A)  $Nu_L = 0,332Re_L^{1/2}Pr^{1/3}$   
 (B)  $Nu_L = 0,564Re_L^{1/2}Pr^{1/2}$   
 (C)  $Nu_L = 0,664Re_L^{1/2}Pr^{1/3}$   
 (D)  $Nu_L = 0,784Re_L^{1/2}Pr^{1/2}$   
 (E)  $Nu_L = 1,128Re_L^{1/2}Pr^{1/2}$

67. A analogia de Chilton-Colburn, válida para o escoamento de um fluido com número de Prandtl entre 0,6 e 60 sobre uma

placa plana, diz que  $\frac{C_f}{2} = St.Pr^{2/3}$ . Na equação,  $C_f$  é o

coeficiente de atrito,  $St$  é o número de Stanton e  $Pr$  é o número de Prandtl. Para o escoamento turbulento de um fluido com  $Pr = 5$ , o número local de Nusselt,  $Nu_x$ , é dado por  $Nu_x = 0,0296Re_x^{4/5}Pr^{1/3}$ , em que  $x$  é a coordenada longitudinal medida a partir do bordo de ataque da placa,  $Re_x$  é o número de Reynolds na posição  $x$ . O coeficiente local de atrito,  $C_{f,x}$ , é dado por

- (A)  $C_{f,x} = 0,0148Re_x^{-4/5}$   
 (B)  $C_{f,x} = 0,0592Re_x^{-4/5}$   
 (C)  $C_{f,x} = 0,0592Re_x^{-1/5}$   
 (D)  $C_{f,x} = 0,0592Re_x^{-1/5}Pr^{1/3}$   
 (E)  $C_{f,x} = 0,0592Re_x^{-1/2}Pr^{1/3}$

68. Óleo com vazão mássica de 314 kg/s é transportado através de um oleoduto com 150 km de comprimento e diâmetro de 1 m. As propriedades termofísicas do óleo são massa específica igual a 900 kg/m<sup>3</sup>, viscosidade dinâmica igual a 4,5 Pa.s e difusividade térmica igual a 10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s.

É correto afirmar que

- (A) apenas o perfil de velocidade se desenvolveu plenamente.
- (B) apenas o perfil de temperatura se desenvolveu plenamente.
- (C) os perfis de velocidade e temperatura se desenvolveram plenamente.
- (D) nem o perfil de velocidade nem o de temperatura se desenvolveram plenamente.
- (E) o comprimento das regiões de entrada térmica e fluido-dinâmica são iguais.

69. Deseja-se calcular a taxa de transferência de calor por radiação entre dois cilindros concêntricos, separados por vácuo. O cilindro interno maciço apresenta raio  $r_1 = 10$  mm, e sua superfície (1) é mantida a  $T_1 = 400$  K. O cilindro externo oco apresenta raio interno  $r_2 = 20$  mm, e sua superfície interna (2) é mantida a  $T_2 = 300$  K. Os cilindros têm o mesmo comprimento  $L = 1$  m. A superfície 1 tem emissividade  $\varepsilon_1 = 1$  e a superfície 2,  $\varepsilon_2 = 0,5$ . A taxa de transferência de calor por radiação entre 1 e 2 pode ser calculada pela expressão

$$q_{12} = \frac{\sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)}{R}$$

em que  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann,  $A_1$  é a área do cilindro interno, e  $R$  é um parâmetro a ser determinado.

Para os dados do problema,  $R$  é igual a

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

70. A emissividade espectral de uma superfície opaca e difusa obedece à seguinte relação:  $\varepsilon_\lambda = 0,9$  para  $\lambda < 1 \mu\text{m}$  e  $\varepsilon_\lambda = 0,5$  para  $\lambda > 1 \mu\text{m}$ . A temperatura da superfície é 600 K. A tabela apresenta a fração de radiação emitida por um corpo negro ( $F_{0 \rightarrow \lambda}$ ) entre 0 e um comprimento de onda  $\lambda$ ;  $T$  é temperatura.

$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$	$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$	$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$
400	0,000000	1400	0,007790	2400	0,140256
600	0,000000	1600	0,019718	2600	0,183120
800	0,000016	1800	0,039341	2800	0,227897
1000	0,000321	2000	0,066728	3000	0,273232
1200	0,002134	2200	0,10088	3200	0,318101

A emissividade total hemisférica da superfície é igual

- (A) 0,5.
- (B) 0,6.
- (C) 0,7.
- (D) 0,8.
- (E) 0,9.

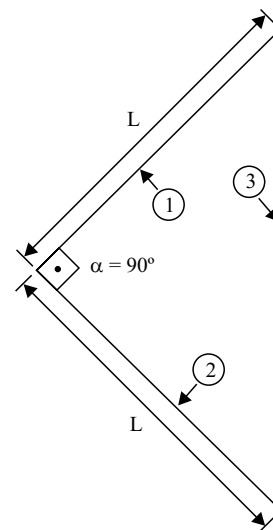
71. A absorvidade espectral de uma superfície opaca e difusa obedece à seguinte relação:  $\alpha_\lambda = 0,1$  para  $\lambda < 2 \mu\text{m}$  e  $\alpha_\lambda = 0,6$  para  $\lambda > 2 \mu\text{m}$ . A temperatura da superfície é igual 400 K. A irradiação na superfície é oriunda de um corpo negro que está 1100 K. A tabela apresenta a fração de radiação emitida por um corpo negro ( $F_{0 \rightarrow \lambda}$ ) entre 0 e um comprimento de onda  $\lambda$ ;  $T$  é temperatura.

$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$	$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$	$\lambda T / (\mu\text{m.K})$	$F_{0 \rightarrow \lambda}$
400	0,000000	1400	0,007790	2400	0,140256
600	0,000000	1600	0,019718	2600	0,183120
800	0,000016	1800	0,039341	2800	0,227897
1000	0,000321	2000	0,066728	3000	0,273232
1200	0,002134	2200	0,10088	3200	0,318101

A emissividade total hemisférica da superfície é igual

- (A) 0,1.
- (B) 0,35.
- (C) 0,55.
- (D) 0,6.
- (E) 1.

72. Considere o duto longo de seção triangular com características apresentadas na figura.



O fator de forma de radiação entre a superfície 1 e a 2 é aproximadamente igual a

- (A) 0,3.
- (B) 0,4.
- (C) 0,5.
- (D) 0,7.
- (E) 0,8.

73. A equação diferencial parcial aplicável ao problema de condução unidimensional, transitória, em coordenadas cartesianas em uma placa plana é  $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ . Na equação,  $\rho$  é a

massa específica do sólido,  $c$  é o calor específico,  $T$  é a temperatura,  $t$  é o tempo,  $k$  é a condutividade térmica e  $x$  é a coordenada espacial. Considere que as faces da placa em  $x = \pm L$  estão sujeitas à transferência de calor por convecção com o fluido que está em  $T_\infty$ . O coeficiente de transferência de calor por convecção é conhecido, sendo igual a  $h$  nos dois lados. A espessura da placa é  $2L$ .

Os números adimensionais que aparecem quando a equação diferencial e as condições de contorno são escritas na forma adimensional são

- (A) Fourier (Fo) e Nusselt ( $Nu_L$ ).
- (B) Nusselt ( $Nu_L$ ) e Prandtl (Pr).
- (C) Reynolds ( $Re_L$ ) e Biot (Bi).
- (D) Fourier (Fo) e Biot (Bi).
- (E) Reynolds ( $Re_L$ ) e Prandtl (Pr).

74. No escoamento de um fluido no interior de um tubo, o comprimento da região de entrada fluidodinâmica é  $EF$ , e o comprimento da região de entrada térmica é  $ET$ . Sabe-se que  $EF > ET$ .

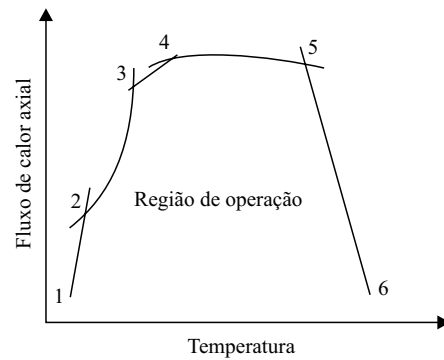
É correto afirmar que o coeficiente de transferência de calor local entre o tubo e o fluido

- (A) decresce monotonicamente desde a entrada do tubo até  $ET$ .
- (B) cresce monotonicamente desde a entrada do tubo até  $ET$ .
- (C) decresce monotonicamente desde a entrada do tubo até  $EF$ .
- (D) cresce monotonicamente desde a entrada do tubo até  $EF$ .
- (E) é uniforme ao longo de todo o tubo.

75. O fluido de trabalho em um tubo de calor deve apresentar as seguintes características termofísicas:

- (A) baixa tensão superficial, elevada entalpia de vaporização, alta condutividade térmica do líquido e alta viscosidade do fluido nas duas fases.
- (B) baixa tensão superficial, baixa entalpia de vaporização, alta condutividade térmica do líquido e baixa viscosidade do fluido nas duas fases.
- (C) baixa tensão superficial, baixa entalpia de vaporização, alta condutividade térmica do líquido e alta viscosidade do fluido nas duas fases.
- (D) elevada tensão superficial, elevada entalpia de vaporização, baixa condutividade térmica do líquido e alta viscosidade do fluido nas duas fases.
- (E) elevada tensão superficial, elevada entalpia de vaporização, alta condutividade térmica do líquido e baixa viscosidade do fluido nas duas fases.

76. Os limites operacionais de um tubo de calor são mostrados de forma qualitativa na figura.



No gráfico de fluxo de calor na direção axial por temperatura do tubo de calor, a região de operação é delimitada pelas curvas 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 e 5-6. Cada curva representa um fator limitante do desempenho de um tubo de calor.

A curva correspondente ao limite de ebulição é a

- (A) 1-2.
- (B) 2-3.
- (C) 3-4.
- (D) 4-5.
- (E) 5-6.

77. Considere um tubo de calor que operará montado na vertical, de tal forma que o condensador ficará acima do evaporador, em um lugar em que a gravidade vale  $g$ . Essa montagem afeta o desempenho do tubo de calor, pois impacta sobre o

- (A) limite sônico.
- (B) limite viscoso.
- (C) limite de ebulição.
- (D) limite de “entrainment”.
- (E) limite capilar.

78. No escoamento laminar de um fluido Newtoniano em um tubo de seção circular, o perfil de velocidades na direção

$$\text{longitudinal, } u(r), \text{ é dado pela expressão } \frac{u(r)}{u_m} = 2 \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right],$$

em que  $u_m$  é a velocidade média do escoamento,  $r$  é a coordenada radial medida a partir do centro do tubo e  $R$  é o raio do tubo. Quando a dissipação viscosa é importante, a equação da energia é dada por

$$\rho c u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{k}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \mu \left( \frac{du}{dr} \right)^2,$$

em que  $\rho$  é a massa específica do fluido,  $c$  é o calor específico do fluido,  $k$  é sua condutividade térmica e  $\mu$  a viscosidade dinâmica;  $u$  é o componente do vetor velocidade na direção  $x$  e  $T$  é a distribuição de temperatura.

Para um tubo de comprimento  $L$ , a taxa de conversão em energia interna no interior do tubo devido aos efeitos viscosos é igual a

- (A)  $2\pi\mu Lu_m^2$
- (B)  $4\pi\mu Lu_m^2$
- (C)  $8\pi\mu Lu_m^2$
- (D)  $16\pi\mu Lu_m^2$
- (E)  $32\pi\mu Lu_m^2$

79. No escoamento de um fluido sobre a superfície livre de um sólido aquecido, a distribuição de temperatura,  $T(y)$ , assume a forma:

$$\frac{T(y) - T_s}{T_\infty - T_s} = \frac{3}{2} \frac{y}{\delta_t} - \frac{1}{2} \left( \frac{y}{\delta_t} \right)^3$$

Sendo  $T_s$  a temperatura superficial do sólido, suposta uniforme,  $T_\infty$  a temperatura do fluido ao longe,  $y$  a coordenada transversal à placa ( $y = 0$  corresponde à superfície) e  $\delta_t$  a espessura da camada-limite térmica em uma dada posição  $x$  (coordenada longitudinal,  $x = 0$  corresponde ao bordo de ataque da placa).

A condutividade térmica do fluido é igual a  $k_f$ , enquanto que a condutividade do material da superfície exposta é igual  $k_s$ , ambas avaliadas na temperatura de filme.

O coeficiente de transferência de calor por convecção em  $x$ , é igual a

- (A)  $\frac{3}{2} \frac{k_s}{\delta_t} \frac{T_s - T_\infty}{T_s}$
- (B)  $\frac{3}{2} \frac{k_f}{\delta_t} \frac{T_s - T_\infty}{T_s}$
- (C)  $\frac{3}{2} \frac{k_s}{\delta_t}$
- (D)  $\frac{3}{2} \frac{k_f}{\delta_t}$
- (E)  $2 \frac{k_s}{\delta_t}$

80. A equação da energia interna aplicável ao escoamento de um fluido não isotérmico é

$$\frac{\partial(\rho \hat{U})}{\partial t} = -(\nabla \cdot \rho \hat{U} \vec{v}) - (\nabla \cdot \vec{q}) - p(\nabla \cdot \vec{v}) - (\vec{\tau} : \nabla \vec{v}).$$

Nesta expressão,  $\rho$  é a massa específica do fluido,  $\hat{U}$  é a energia interna específica do fluido,  $t$  é o tempo,  $\vec{v}$  é o vetor velocidade,  $\vec{q}$  é o vetor fluxo de calor por condução,  $p$  é a pressão,  $\vec{\tau}$  é o tensor fluxo de quantidade de movimento.

Os termos referentes à taxa de transporte advectivo de energia interna e à taxa irreversível de aumento da energia interna por causa da dissipação viscosa são, respectivamente, iguais a

- (A)  $\frac{\partial(\rho \hat{U})}{\partial t}$  e  $-p(\nabla \cdot \vec{v})$
- (B)  $(\vec{\tau} : \nabla \vec{v})$  e  $-(\nabla \cdot \rho \hat{U} \vec{v})$
- (C)  $\frac{\partial(\rho \hat{U})}{\partial t}$  e  $-(\vec{\tau} : \nabla \vec{v})$
- (D)  $(\nabla \cdot \rho \hat{U} \vec{v})$  e  $-(\vec{\tau} : \nabla \vec{v})$
- (E)  $(\nabla \cdot \rho \hat{U} \vec{v})$  e  $-p(\nabla \cdot \vec{v})$