

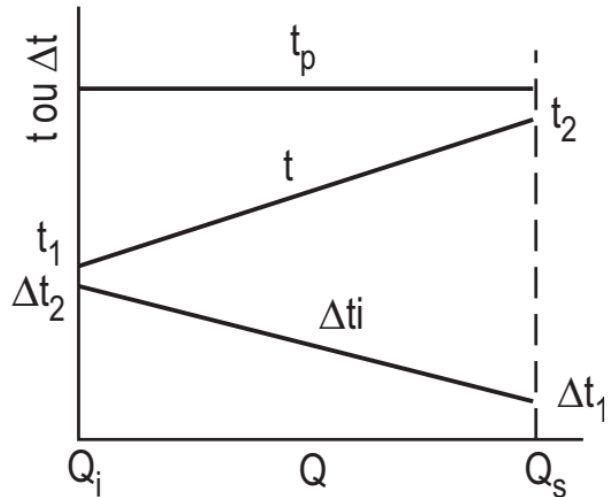


# CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE

## Exercício Proposto PETROBRAS 2012

60

A convecção é um processo comum que ocorre em tubos. Para a medição dos valores de temperatura do fluido, tem-se o diagrama abaixo.



Se, em um tubo, um fluido entra em regime laminar e segue as condições de temperatura e calor mostradas no diagrama acima descrito, então, afirma-se que

- (A)  $\Delta t_1 = t_p - t_1$  ,  $\Delta t_2 = t_p - t_2$  e  $Q_i < Q_s$
- (B)  $\Delta t_1 = t_p - t_1$  ,  $\Delta t_2 = t_p - t_2$  e  $Q_i > Q_s$
- (C)  $\Delta t_1 = t_p - t_2$  ,  $\Delta t_2 = t_p - t_1$  e  $Q_i < Q_s$
- (D)  $\Delta t_1 = t_p - t_2$  ,  $\Delta t_2 = t_p - t_1$  e  $Q_i > Q_s$
- (E)  $\Delta t_1 \neq t_p - t_2$  ,  $\Delta t_2 = t_p - t_1$  e  $Q_i = Q_s$

No diagrama,  $t_p$  é a temperatura da parede do tubo, onde o fluido entrará para ser aquecido.

# CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE

## Exercício Proposto PETROBRAS 2012

61

Para um trocador de calor, o índice de incrustação e o coeficiente global de troca térmica são importantes. Tal importância deve-se ao fato de, depois de algum tempo e devido ao tipo de material utilizado no trocador, poderem ocorrer problemas de resistência de troca térmica.

Sobre a resistência de troca e o coeficiente global, afirma-se que

- (A) a resistência e o coeficiente são diretamente proporcionais entre si.
- (B) a resistência e o coeficiente são indiretamente proporcionais entre si.
- (C) a resistência e o coeficiente são diretamente proporcionais à área do trocador.
- (D) a resistência depende da área do trocador, e o coeficiente depende da corrosividade do fluido.
- (E) não há relação entre a resistência e o coeficiente do trocador.

**Exercício Proposto PETROBRAS 2012**

**62**

Um processo de troca térmica busca diminuir a temperatura de uma corrente de gases de uma fornalha aproveitando o calor retirado para aquecer uma corrente de óleo cru que sofrerá dessalinização. O óleo cru chega à temperatura de  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e deve ser aquecido até  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Considere que a temperatura de saída dos gases da fornalha é de  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e o coeficiente global de troca térmica dos gases é 2 vezes menor que o do óleo cru.

Nesse caso, a temperatura dos gases, após a troca térmica, será de

- (A)  $465\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (B)  $430\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (C)  $360\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (D)  $315\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (E)  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$

## Exercício Proposto PETROBRAS 2010

62

Em relação à transferência de calor entre uma corrente quente e uma corrente fria em um trocador de calor, analise as afirmativas a seguir.

- I – Sempre haverá variação de temperatura nas correntes fria e quente, devido à transferência de calor.
- II – A temperatura de saída da corrente fria pode ser superior à temperatura de entrada da corrente quente em um trocador de calor contracorrente, mas nunca em um trocador co-corrente.
- III – Em um trocador de calor contracorrente, é possível que a diferença de temperatura entre a corrente quente e a corrente fria permaneça constante ao longo da área de transferência.
- IV – Em um trocador sem mudança de fase, para que a temperatura de saída da corrente quente seja igual à temperatura de saída da corrente fria, um trocador co-corrente deve possuir área infinita.
- V – O limite termodinâmico da taxa de transferência de calor corresponde ao produto da vazão mássica pela capacidade térmica específica da corrente fria, multiplicada pela diferença entre as temperaturas de entrada das correntes.

São corretas **APENAS** as afirmativas

(A) I e II.

(B) I e V.

(C) II e IV.

(D) III e IV.

(E) II, III e V.

**CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE**  
**Exercício Proposto PETROBRAS 2010**

**59**

Ao se considerar o escoamento em regime turbulento de uma corrente gasosa através dos tubos de um trocador de calor, reconhece-se que

- (A) um aumento do comprimento dos tubos implica um aumento do coeficiente de convecção.
- (B) o aumento da velocidade de escoamento de um gás leva ao aumento do coeficiente de convecção.
- (C) o valor correspondente do coeficiente de convecção será tanto maior quanto maior for a viscosidade da corrente.
- (D) o valor do coeficiente de convecção permanece sempre constante durante a operação do equipamento, independente das flutuações operacionais.
- (E) o valor do coeficiente de convecção deve ser determinado através de tabelas, de forma semelhante à determinação da condutividade térmica.

**CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE**  
**Exercício Proposto    PETROBRAS 2010**

**60**

Uma corrente de água (capacidade térmica específica =  $4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), com vazão mássica de  $1 \text{ kg/s}$ , deve ser aquecida de  $50^\circ\text{C}$  a  $150^\circ\text{C}$ , trocando calor com uma corrente de óleo (capacidade térmica específica =  $2,1 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), com vazão mássica de  $2 \text{ kg/s}$  a  $200^\circ\text{C}$  em um trocador tubular contracorrente. Os valores dos coeficientes de convecção associados ao escoamento das correntes de água e de óleo são, ambos, iguais a  $2,0 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . A resistência total de depósito é igual a  $0,001 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ , e os efeitos relativos à espessura da parede dos tubos podem ser desprezados. A área mínima de transferência de calor desse trocador deve ser igual a

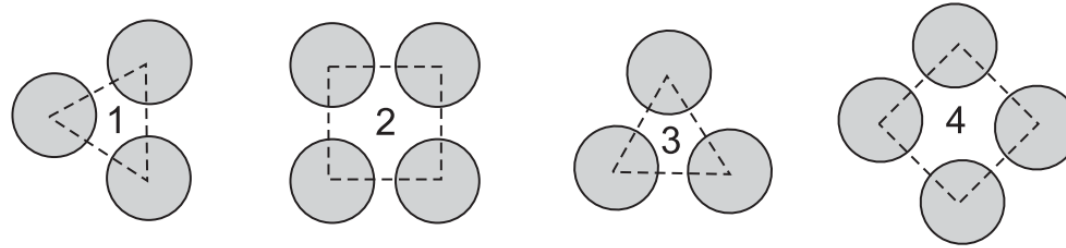
- (A)  $1,1 \text{ m}^2$                       (B)  $2,1 \text{ m}^2$                       (C)  $4,2 \text{ m}^2$                       (D)  $8,4 \text{ m}^2$                       (E)  $16,8 \text{ m}^2$



# CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE

## Exercício Proposto PETROBRAS 2012

59



Os esquemas acima mostram os arranjos mais comuns para uso em trocadores de calor.

Quanto a esses arranjos, sabe-se que

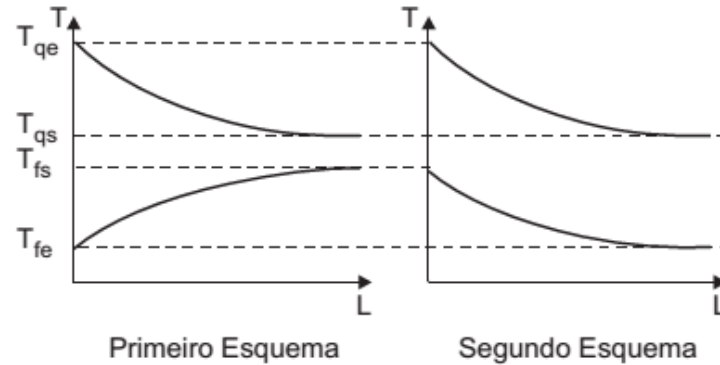
- (A) 1 e 3 são triangulares, 2 e 4 são quadrados, e os triangulares trabalham com menor  $\Delta P$ .
- (B) 1 e 3 são triangulares, 2 e 4 são quadrados, e os triangulares têm maior facilidade para limpeza quando comparados com os quadrados.
- (C) 1 e 2 são normais, 3 e 4 são rodados, e os quadrados trabalham com maior  $\Delta P$ .
- (D) 1 e 2 são normais, 3 e 4 são rodados, e os triangulares trabalham com maior  $\Delta P$ .
- (E) 1 e 4 são rodados, 2 e 3 são normais, e os triangulares trabalham com maior  $\Delta P$ .



## Exercício Proposto

48

Para trocadores de calor do tipo casco-tubo, têm-se os seguintes perfis de temperatura dos esquemas abaixo, onde  $T_{qe}$  é a temperatura de entrada do fluido quente,  $T_{qs}$  é a temperatura de saída do fluido quente,  $T_{fe}$  é a temperatura de entrada do fluido frio,  $T_{fs}$  é a temperatura de saída do fluido frio e  $L$  é o comprimento do tubo.



25



PETROBRAS

TARDE

MARÇO / 2010

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR  
CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS**

Considerando as informações e os esquemas apresentados, analise as afirmativas abaixo.

- I - O primeiro esquema representa um trocador de calor operando em correntes paralelas, enquanto o segundo esquema representa um trocador de calor operando em contracorrente.
- II - Mantidas as mesmas condições de operação, um trocador de calor trabalhando em contracorrente é menos eficiente que o de correntes paralelas.
- III - É possível operar em correntes paralelas com as seguintes temperaturas:  $T_{qe} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{qs} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{fe} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $T_{fs} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- IV - Como a variação de temperatura ao longo do trocador não é linear, para retratar a diferença média de temperatura entre os fluidos, é usada a Média Logarítmica das Diferenças de Temperatura (MLDT).

São corretas **APENAS** as afirmativas

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

# CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE

## Exercício Proposto

49

Acerca dos mecanismos de troca térmica, considere as afirmativas a seguir.

- I - O número de Nusselt representa uma relação entre a transferência de calor por convecção e a transferência de calor por radiação.
- II - Na convecção térmica, o fluxo de calor trocado por convecção é diretamente proporcional à diferença de temperaturas elevadas à segunda potência.
- III - A convecção térmica é o mecanismo de transferência de calor que predomina nos processos em que fluidos estão em escoamento.
- IV - Quanto maior o coeficiente de transferência de calor convectivo, menor será a taxa de troca térmica entre dois fluidos.
- V - A natureza do escoamento (turbulento ou laminar) influi na taxa de transferência convectiva de calor.

São corretas **APENAS** as afirmativas

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

<b>25</b>	 <b>PETROBRAS</b>	TARDE	MARÇO / 2010
<b>QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR</b> <b>CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS</b>			

## Exercício Proposto

50

Em uma UPGN (Unidade de Processamento de Gás Natural), um pequeno trocador de calor com área de troca térmica de  $1,5 \text{ m}^2$  opera em contracorrente sem que ocorra mudança de fase nos fluidos. Nesse trocador, é admitida uma corrente fria, de capacidade calorífica à pressão constante igual a  $1,5 \text{ kJ}/(\text{kg.K})$ , com vazão de  $4 \text{ kg/s}$  a qual é aquecida de  $120^\circ\text{C}$  até  $180^\circ\text{C}$ . Uma corrente quente com vazão de  $2 \text{ kg/s}$  é utilizada para o aquecimento e entra no trocador a uma temperatura de  $200^\circ\text{C}$ , tendo uma capacidade calorífica a pressão constante igual a  $3 \text{ kJ}/(\text{kg.K})$ . Para essas condições operacionais, o valor da temperatura de saída da corrente quente e o coeficiente global de transferência de calor são, respectivamente,

- (A)  $120^\circ\text{C}$  e  $2 \text{ kW}/\text{m}^2.\text{K}$
- (C)  $140^\circ\text{C}$  e  $2 \text{ kW}/\text{m}^2.\text{K}$
- (E)  $160^\circ\text{C}$  e  $4 \text{ kW}/\text{m}^2.\text{K}$

- (B)  $140^\circ\text{C}$  e  $4 \text{ kW}/\text{m}^2.\text{K}$
- (D)  $160^\circ\text{C}$  e  $3 \text{ kW}/\text{m}^2.\text{K}$

<b>25</b>	 <b>PETROBRAS</b>	TARDE	<small>MARÇO / 2010</small>
<b>QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR</b>			
<b>CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS</b>			

## Exercício Proposto

51

Trocadores de calor são equipamentos usados para implementar a troca de calor entre dois fluidos que estão em diferentes temperaturas e separados por uma parede sólida. A respeito desse tipo de equipamento, é **INCORRETO** afirmar que

- (A) o coeficiente convectivo é maior no regime de escoamento laminar do que no regime de escoamento turbulento.
- (B) o uso de chicanas é comum nos trocadores do tipo casco-tubo, pois elas aumentam o coeficiente convectivo, além de apoiarem fisicamente os tubos, reduzindo a vibração.
- (C) a introdução de uma fita torcida induz ao movimento rotacional, aumentando o coeficiente convectivo.
- (D) quando a superfície dos tubos internos apresenta sulcos, há um aumento tanto no coeficiente convectivo quanto na área de troca térmica.
- (E) a intensificação da transferência de calor pode ser obtida pelo aumento do coeficiente convectivo e/ou pelo aumento da área superficial na qual há convecção.

<b>25</b>	 <b>PETROBRAS</b>	TARDE	MARÇO / 2010
<b>QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR</b> <b>CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS</b>			

## Exercício Proposto

52

Um trocador de calor do tipo casco-tubo opera com nafta como fluido quente e com água como fluido frio. A nafta passa pelos tubos e tem coeficiente de película de  $500 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ , e a água, que passa pelo casco, tem coeficiente de película de  $200 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Em virtude da formação de incrustação, há um aumento na resistência à transferência de calor, caracterizada pelo fator de depósito igual a  $0,003 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$ . Dessa forma, o coeficiente global de transferência de calor com o trocador de calor limpo e sujo, em  $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ , é, respectivamente,

(A) 700 e 1033

(B) 700 e 100

(C) 350 e 250

(D) 350 e 100

(E) 142,86 e 100

<b>25</b>	 <b>PETROBRAS</b>	TARDE	MARÇO / 2010
<b>QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR</b> <b>CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS</b>			



## Exercício Proposto

53

Com relação à formação de depósitos nas paredes dos trocadores de calor, analise as afirmativas a seguir.

- I - A formação de depósito é desejável, tendo em vista que aumenta a superfície de contato, melhorando, assim, a eficiência da troca térmica.
- II - A formação de depósito pode aumentar a resistência à transferência de calor entre os fluidos, reduzindo a eficiência da troca térmica.
- III - Considerando um trocador de calor que opera com dois coeficientes de transferência de calor:  $h_1$  e  $h_2$ , conclui-se que o coeficiente global de troca térmica ( $U$ ) será maior que  $h_1$  e maior que  $h_2$ , ou seja,  $U > h_1$  e  $U > h_2$ .

É correto **APENAS** o que se afirma em

(A) I.

(B) II.

(C) III.

(D) I e II.

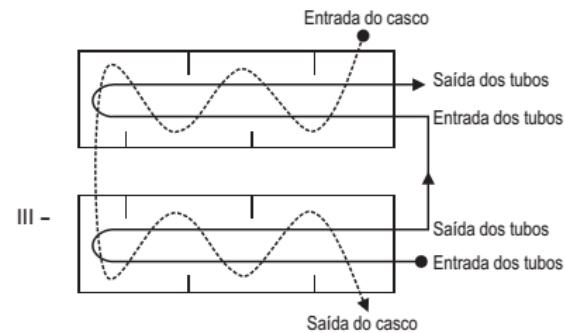
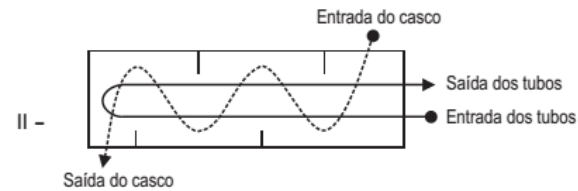
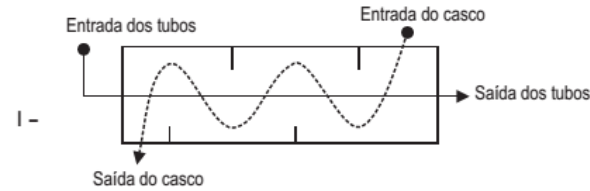
(E) II e III.



## Exercício Proposto

54

Algumas vezes, o comprimento do tubo para um trocador de calor simples é muito grande para as conveniências de construção. Então, para facilitar a construção desse equipamento, é comum se utilizar de trocador de calor de múltipla passagem, que geralmente é mais ineficiente. A esse respeito, relacione os esquemas apresentados na 1ª coluna com os respectivos números de passes no casco e nos tubos apresentados na 2ª coluna.



P - Um passe no casco e dois passes nos tubos.

Q - Dois passes no casco e quatro passes nos tubos.

R - Um passe no casco e um passe nos tubos.

S - Dois passes no casco e três passes nos tubos.

A relação correta é:

- (A) I - P, II - R, III - S.
- (B) I - P, II - S, III - Q.
- (C) I - Q, II - P, III - R.
- (D) I - R, II - P, III - Q.
- (E) I - S, II - R, III - P.

25



PETROBRAS

TARDE

MARÇO / 2010

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR**  
**CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS**



## Exercício Proposto

64

O calor de uma corrente quente de óleo deve ser aproveitado para aquecer 200 kg/s de água de 10 °C a 80 °C. Para isso, propõe-se o uso de um trocador de calor CT 1-2, em contracorrente, com 10 tubos de aço-carbono, com diâmetros externo e interno iguais a 3,0 cm e 2,5 cm, respectivamente, e comprimento por passagem igual a 5 m. O óleo entra no trocador a 160 °C e sai a 90 °C.

Suponha que:

- o coeficiente global de transferência de calor, baseado na área externa, seja igual a 400 W/(m<sup>2</sup>·K);
- o fator de correção da LMTD seja igual a 1,0; e
- o número  $\pi$  seja igual a 3.

Com base nesses dados, conclui-se que o calor total trocado entre as duas correntes será igual, em watts, a

- (A) 12.000
- (B) 14.400
- (C) 24.000
- (D) 25.200
- (E) 28.800

24



PSP RH - 2/2010

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR**

# CURSO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II – UFU – PROF. CLAUDIO ROBERTO DUARTE

## Exercício Proposto

16



PETROBRAS TRANSPORTE S.A.  
**TRANSPETRO**

EDITAL Nº 1  
TRANSPETRO  
PSP RH - 2/2012

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR**

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO.

45

O fluido quente de um trocador de calor de correntes paralelas entra a 160 °C e sai a 80 °C, e o fluido frio entra a 20 °C e sai a 60 °C.

Qual é a diferença média logarítmica das temperaturas expressa em °C?

Dado:

Tabela de logaritmos neperianos, aproximados na primeira decimal

Número x	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ln x	0,7	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3

- (A) 20
- (B) 40
- (C) 60
- (D) 100
- (E) 140

## Exercício Proposto

21



EDITAL Nº 1 -  
PETROBRAS  
PSP RH - 1/2011

### QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR

41

Um trocador de calor CT 1-2 é usado para resfriar a água que escoar pelo interior de 50 tubos de aço-carbono. O ar, que entra no trocador a 15 °C, é o fluido usado para resfriar a água que entra no trocador a 90 °C. As taxas mássicas da água e do ar são, respectivamente, 10 kg/s e 16 kg/s, e a eficiência do trocador de calor é igual a 0,2.

A taxa de calor trocado entre o ar e a água, em kW, e a temperatura de saída do ar, em °C, são, respectivamente, iguais a

Dados: calor específico da água:  $4.180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
calor específico do ar:  $1.000 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 $\pi = 3$

- (A) 627 e 54
- (B) 240 e 30
- (C) 125,4 e 54
- (D) 124,8 e 54
- (E) 48 e 30

## Exercício Proposto

30

As indústrias, em geral, trabalham constantemente com fluidos escoando pelo interior de tubos. Imagine que água deva ser transportada através de um tubo cilíndrico, cujas superfícies são mantidas a uma temperatura constante igual a 80 °C. A água entra no tubo a 40 °C e sai a 60 °C, escoando com uma taxa mássica de  $0,03 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . A média logarítmica de diferença de temperatura é aproximadamente 30 °C. O tubo tem diâmetros interno e externo, respectivamente, iguais a 10 cm e 12 cm, e um comprimento de 10 m. Sabe-se que, se o regime de escoamento da água for laminar, o número de Nusselt será igual a 3,66 (temperatura constante na parede) e, se for turbulento, Nusselt será calculado por  $\text{Nu} = 0,02(\text{Re}/200)(\text{Pr}/2)$ .

De acordo com as informações fornecidas, a taxa de calor trocado entre a água e a parede do tubo é, em watts, igual a

Dados: massa específica da água =  $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

condutividade térmica da água =  $0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

viscosidade cinemática da água =  $5 \times 10^{-7} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

condutividade térmica do tubo =  $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

prandtl = 3

$\pi = 3$

(A) 1.976,40

(B) 2.371,68

(C) 64.800

(D) 197.640

(E) 6.480.000

18



PETROBRAS TRANSPORTE S. A.  
**TRANSPETRO**

EDITAL Nº 1  
TRANSPETRO  
PSP RH - 3/2011

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR**

## Exercício Proposto

31

Existem várias configurações para os permutadores de calor. Com respeito a essas configurações, analise as afirmativas a seguir.

- I – A configuração de correntes paralelas em que os dois fluidos escoam no mesmo sentido oferece uma inconsistência termodinâmica, pelo fato de a temperatura de saída do fluido quente poder ser menor do que a temperatura de saída do fluido frio.
- II – A configuração de correntes paralelas em que os dois fluidos escoam em sentidos opostos permite que o fluido quente saia do trocador com uma temperatura menor do que a temperatura de saída do fluido frio.
- III – Considerando-se um mesmo coeficiente global de transferência de calor e uma mesma capacidade térmica, o número de unidades de transferência de um trocador de calor independe da configuração das correntes, uma vez que a área de troca térmica é independente dessa configuração.

Está correto **APENAS** o que se afirma em

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

18



PETROBRAS TRANSPORTE S. A.  
**TRANSPETRO**

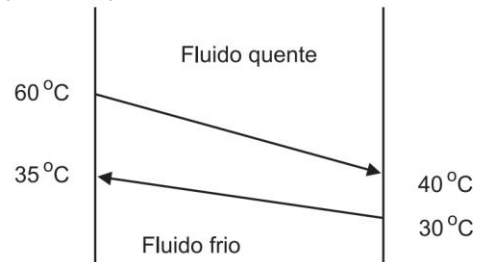
EDITAL Nº 1  
TRANSPETRO  
PSP RH - 3/2011

**QUÍMICO(A) DE PETRÓLEO JÚNIOR**

## Exercício Proposto

64

Na Figura a seguir é mostrada esquematicamente a distribuição de temperaturas no interior de um trocador de calor operando em configuração contracorrente, com perdas para o ambiente desprezíveis. Sabe-se que a vazão mássica do fluido frio é o dobro da vazão mássica do fluido quente, e que o trocador tem uma área de transferência de calor representada por  $A$ .



Considere as afirmações a seguir.

- I - Na estimativa do valor da área de transferência de calor ( $A$ ) do trocador, utilizando o método da média log, a substituição da média logarítmica dos diferenciais nas extremidades do trocador pela média aritmética dos mesmos diferenciais irá acarretar a obtenção de um valor menor da área, em relação ao que seria obtido adotando a média logarítmica.
- II - Nessa operação, o calor específico ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) do fluido frio é igual ao dobro do calor específico do fluido quente.
- III - Considerando-se as propriedades físicas constantes, mantidas as vazões e temperaturas de entrada dos dois fluidos, a posição deles no trocador e a área original  $A$ , sendo a operação trocada para paralelo (cocorrente) haverá um aumento na temperatura de saída do fluido quente.

É correto o que se afirma em

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

41



PROCESSO SELETIVO  
PÚBLICO - EDITAL Nº 1  
PETROBRAS/2014  
R# 2014.2 DE 11/02/2014

**ENGENHEIRO(A) DE PROCESSAMENTO JÚNIOR**