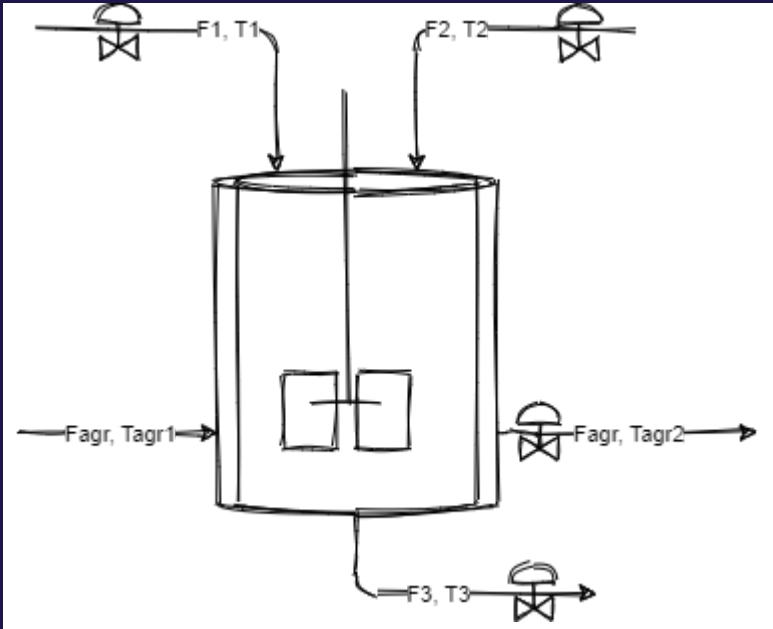


Projeto Final

Python Básico Aplicado a Processos Químicos

Modelagem de Resfriamento de um Tanque

Um fluido contido em um tanque cilíndrico de área transversal A está sendo resfriado por meio de uma jaqueta térmica. Antes desse momento não havia resfriamento e o processo estava em regime contínuo. A partir do momento que houve resfriamento ($t = 0s$), houve uma perturbação desse estado. Neste sistema, há duas correntes de entrada: F_1 e F_2 , nas temperaturas T_1 e T_2 respectivamente, e uma de saída F_3 na temperatura T_3 . A jaqueta possui vazão de entrada F_{agr} igual à vazão de saída. A temperatura de entrada é denotada por T_{agr1} e a de saída, por T_{agr2} . A área de troca térmica entre o tanque e a jaqueta é denotada por A_{tt} .



As variáveis de saída do processo são descritas pelas seguintes Equações Diferenciais Ordinárias (EDO's):

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A}[F_1(t) + F_2(t) - F_3(t)]$$

$$\frac{dT_3}{dt} = \frac{1}{Ah} \left(-T_3(F_1 + F_2) + F_1T_1 + F_2T_2 - \frac{UA_{tt}}{\rho C_p}(T_3 - T_{agr2}) \right)$$

$$\frac{dT_{agr2}}{dt} = \frac{1}{V_c} \left(F_{agr}(T_{agr1} - T_{agr2}) + \frac{UA_{tt}}{\rho C_p}(T_3 - T_{agr2}) \right)$$

As seguintes hipóteses foram utilizadas para se obter as equações acima:

1. Tanque Cilíndrico.
2. Densidade constante para os fluidos da camisa e do tanque (mesmo fluido).
3. Volume da camisa constante e completamente cheia $\rightarrow F_{agr1} = F_{agr2} = F_{agr}$; V_c é constante.
4. C_p fluido da camisa = C_p fluido do tanque.
5. Energia potencial e cinética desprezíveis frente à energia interna.
6. Não há reação química.
7. Sistema isolado (as únicas trocas de calor são entre o tanque e a jaqueta.)

Utilizando o Python, gere gráficos que descrevam a evolução do processo, com o decorrer do tempo:

1. Gráfico 1: A variação da altura do tempo.
2. Gráfico 2: A variação das temperaturas de saída T_3 e T_{agr2}

Constantes:

Área transversal do tanque $\rightarrow A = 10m^2$

Energia Interna ponderal $\rightarrow U = 419000 \frac{J}{kg}$

Área de troca térmica jaqueta-tanque $\rightarrow A_{tt} = 20m^2$

Densidade dos fluidos $\rightarrow \rho = 958 \frac{kg}{m^3}$

Capacidade calorífica ponderal a pressão constante $\rightarrow C_p = 4220 \frac{J}{kg.K}$

Volume de fluido na jaqueta de resfriamento $\rightarrow V_c = 100m^3$

Variáveis de Entrada no Estado Estacionário:

$$F_1(t) = 1 + \frac{0,5}{1+t} m^3 s^{-1}$$

$$F_2(t) = 1 + \frac{0,5}{1+t} m^3 s^{-1}$$

$$F_3(t) = 1m^3 s^{-1}; \text{se } t < 5$$

$$F_3(t) = F_1 + F_2; \text{se } t \geq 5$$

$$F_{agr}(t) = 5 + \frac{0,2}{t+1} m^3 s^{-1}$$

$$T_1 = 473K$$

$$T_2(t) = 573K; \text{se } t < 2s$$

$$T_2(t) = 573 + \frac{100}{t+1} K; \text{se } t \geq 2s$$

$$T_{agr1} = 303K$$

Variáveis de Saída no Estado Estacionário (Variáveis do PVI):

$$h = 10m$$

$$T_3 = 373K$$

$$T_{agr2} = 373K$$

Resolução:

Você pode usar o **Método Range-Kutta** de 4º ordem para resolver um problema de valor inicial:

$$y'(t) = f(t, y)$$

$$y_o = y(t_o)$$

$$h = t_{n+1} - t_n$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = f(t_n, y_n)$$

$$k_2 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} k_1)$$

$$k_3 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} k_2)$$

$$k_4 = f(t_n + h, y_n + h k_3)$$

Se você ainda estiver com muita dúvida sobre o método, dê uma alhada no **método de Euler explícito**, que tem exatamente o mesmo propósito, mas é menos preciso. Se você achar melhor, pode usar este método no lugar.

Sugestão de Resolução

1. Crie as funções $dhdt$, $dT3dt$, $dtagr2dt$, que recebem todas as variáveis da respectiva EDO e gera um valor.
2. Crie a função *rungekutta*, que é capaz de gerar y_{n+1} .
 1. Note que as derivadas de cada EDO servirá como o $f(t, y)$ para o método Runge-Kutta.
3. Gere novos y_{n+1} enquanto houver valores de t , em uma lista de tempos usada como entrada.
4. Guarde todos os valores de y em uma lista.
 1. Utilize uma lista para cada uma das variáveis.
5. Utilize os resultados da lista para plotar o gráfico.

Sobre a Avaliação

Como será a avaliação

1. Você realizará uma apresentação, em horário a combinar, para apresentar o seu projeto.
2. Não é necessário montar uma apresentação ou escrever um relatório. Entretanto, a construção de um pseudocódigo é encorajada para a explicação do mesmo.
3. O código e o pseudocódigo são os recursos visuais adequados para a apresentação.
4. O código deve ser enviado com, **no mínimo**, 24 horas de antecedência à apresentação, para exame prévio.
5. É ideal que a apresentação não tenha mais de 10 minutos, somados a 10 minutos de arguição. A arguição será tanto da apresentação quanto do código enviado previamente.

Para a aprovação

1. Você precisará obter uma pontuação mínima 7/10.
2. Um feedback demarcando a pontuação e os erros identificados serão mostrados e são passíveis de revisão, por qualquer uma das partes que se manifeste.
3. Em caso de reprovação, você terá o direito de fazer uma nova apresentação, marcando um novo horário. É esperado que você use o feedback recebido para consertar o seu código.

O que será avaliado

1. Apresentação estética do código (1/10)
 1. Espaçamento de caracteres e linhas consistente. (0.5/1)
 2. Indentação consistente. (0.5/1)
2. Legibilidade do código (3/10)
 1. Nomenclatura adequada de variáveis, funções, objetos, métodos, etc. (1/3)
 2. Comentários, onde for adequado, e com parcimônia. (1/3)
 3. Usar sintaxes condensadas quando adequado (compreensão de listas, map, funções lambda, etc.) (1/3)
3. Capacidade de descrever/apresentar a resolução de maneira clara (3/10)
 1. Descrever/apresentar a estrutura do código. (2/3)
 2. Descrever/apresentar possíveis melhorias ao código. (1/3)
 1. Onde considerar cabível, apontar redundância, pontos para refatoramento, reescrita para clareza, etc. (1/1)
4. O código (3/10)
 1. Funções sem sobrecarga de responsabilidade. (0.5/3)
 2. Resultados Parciais. (1/3)
 1. Correto
 2. Se incorreto, apontar onde está o erro.
 3. Resultado. (1.5/3)
 1. Correto
 2. Se incorreto, apontar onde está o erro.

Recomendações

1. Não existe em tirar dúvidas
2. Recicle código dos notebooks
3. Um resultado correto demanda tempo e paciência. *De toda forma, note que é possível tirar a nota máxima sem ter acertado o valor final.*