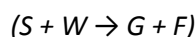
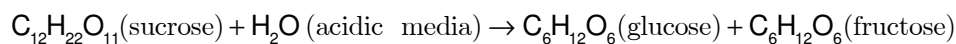


Problem 5: Series Plug Flow Reactors with heat exchange

The following liquid phase reaction is going to be carried out in a system of reactors:

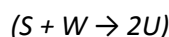
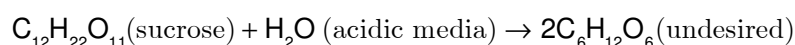


The reaction partial order is one with respect to the sucrose and zero with respect to water, since it is in excess.

Experimental results led to the following rate constant:

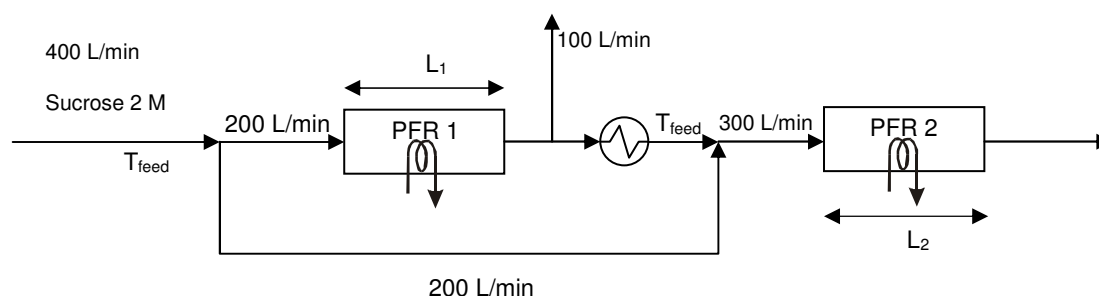
$$k(\text{s}^{-1}) = 3.5436 \times 10^{18} e^{-1.5071 \times 10^4 / T(\text{K})}$$

The formation of another type of undesired hexoses occurs simultaneously together with the former reaction:



This second reaction follows an analogous kinetic law of that of the previous reaction. The kinetic constant for this reaction follows the expression: $\ln k = -5.64 - 220 / T$, with k in s^{-1} and T in K.

The feed stream for the system consists of a volumetric flow rate of 400 L/min at 50°C with a concentration 2 M of sucrose and 0.1 M of glucose, both dissolved in water (16.56 M). To simplify, it is assumed that the density of any stream is equal to water density. It has been suggested to connect 2 PFR in series as seen in the figure. In order to enhance the first reaction, half of the initial feed stream entering the system is bypassed to the feed stream of the second PFR. The length of the reactors are $L_1 = 1.52$ m and $L_2 = 0.78$ m.



Both reactors are cooled with refrigeration water at 30°C, and the overall heat transfer coefficient U is 1.0 $\text{kJ}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K})$ in both reactors. A heat exchanger is located between both reactors to allow the temperature of the feed stream of the second PFR to be equal to the temperature of the feed stream of the first reactor (50°C). The cross-sectional area for both reactors is 0.1 m^2 .

Using a single function file for both reactors, represent in a chart the concentration profile of all species vs the length in both reactors and in another chart the temperature profile for both reactors.

Other data:

C_p : specific heat capacity (kJ/(kmol·K))

S	A	G	F	U
62.0	75.2	80.0	80.0	80.0

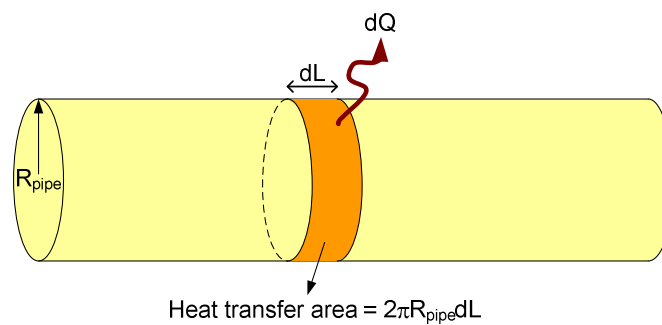
ΔH_{ref} : enthalpy of reaction (kJ/kmol) at the reference temperature 25°C

Reaction 1	Reaction 2
-11000	-12000

Suggestion:

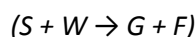
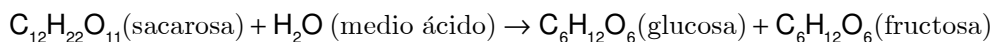
The differential equations required can be taken from Problem 3, taking into account that it is assumed here that no pressure drop exists. In this case, note that we have to obtain dQ/dL from the general equation:

$$Q = UA_{transfer}(T_w - T) = U (2 \pi R_{pipe} L) (T_w - T)$$



Problema 5: Reactores de flujo pistón en serie con intercambio de calor

Se desea llevar a cabo la siguiente reacción en fase líquida en un sistema de reactores:

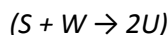


La reacción es de primer orden respecto a la sacarosa y de orden cero respecto al agua, pues está en exceso.

De los resultados experimentales se dedujo que la constante de velocidad se ajusta a la siguiente ecuación:

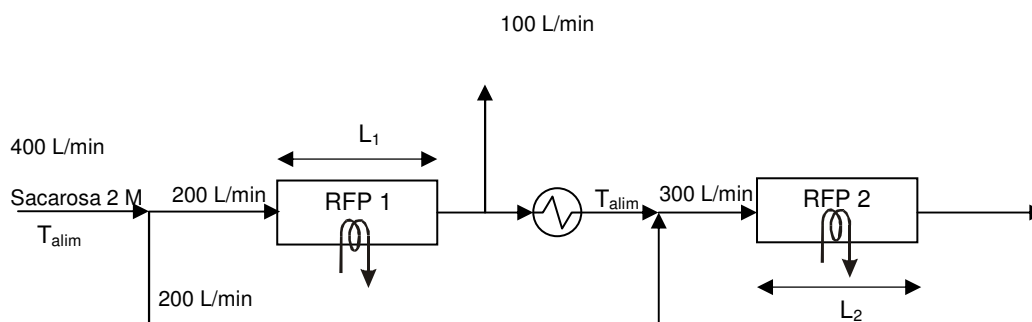
$$k(\text{s}^{-1}) = 3.5436 \times 10^{18} e^{-1.5071 \times 10^4 / T(\text{K})}$$

Junto con la reacción anterior se produce simultáneamente la formación de otro tipo de hexosas no deseadas:



Esta segunda reacción sigue una cinética análoga a la de la reacción anterior: La constante de velocidad de esta segunda reacción viene dada por la expresión: $\ln k = -5.64 - 220 / T$, con k en s^{-1} y T en K.

El alimento del sistema consiste en una corriente de 400 L/min a 50°C de una disolución 2 M de sacarosa y 0.1 M de glucosa disueltas en agua (16.56 M). Para simplificar, se puede suponer que la densidad de todas las corrientes es igual a la del agua. Se va a trabajar con dos reactores de flujo pistón conectados en serie tal y como se muestra en la figura. Para favorecer la primera reacción, la mitad de la corriente del alimento inicial se introduce como bypass al alimento del segundo reactor. Las longitudes de los reactores son $L_1 = 1.52$ m y $L_2 = 0.78$ m.



Los reactores se enfrían con una corriente de agua que está a 30°C, siendo el coeficiente global de intercambio de calor U igual a $1.0 \text{ kJ}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K})$ en ambos reactores. Entre ambos existe un intercambiador de calor, de manera que la temperatura de la corriente de entrada al segundo reactor es igual a la de la corriente de alimentación del primer reactor (50°C). La sección transversal de ambos reactores es 0.1 m^2 .

Utilizando un único fichero de función válido para los dos reactores, representa en una gráfica los perfiles de concentración de todos los componentes frente a la longitud en ambos reactores y en otra gráfica el perfil de temperatura de los dos reactores.

Otros datos:

C_p : capacidad calorífica (kJ/(kmol·K))

S	A	G	F	I
62.0	75.2	80.0	80.0	80.0

ΔH_{ref} : Entalpía de reacción (kJ/kmol) a la temperatura de referencia de 25°C

Reacción 1	Reacción 2
-11000	-12000

Sugerencia:

Las ecuaciones diferenciales requeridas se pueden tomar del problema 3, teniendo en cuenta que aquí se supone que no hay cambio de presión. En este caso, ten en cuenta que dQ/dL hay que obtenerlo a partir de la ecuación general:

$$Q = UA_{transfer}(T_w - T) = U(2\pi R_{tubo} L)(T_w - T)$$

