Mass Transfer Operations
Instructor: Prof. Jamin Koo
Due on October 21, 2019

Assignment #3

1. **Oil is to be extracted from meal by means of benzene using a continuous countercurrent extractor. The unit is to treat 1,000 kg of meal (based on completely exhausted solid) per hour. The untreated meal contains 400 kg of oil and is contaminated with 25 kg of benzene. The fresh solvent mixture contains 10 kg of oil and is 655 kg of benzene. The exhausted solids are to contain 60 kg of unextracted oil.** (hourly basis)
Find (a) the concentration of the strong solution or extract, y_a; (b) the concentration of solution adhering to the extracted solids, x_b; (c) the mass of solution leaving with the extracted meal, L_b; (d) the mass of extract, V_a; (e) the number of ideal stages required.
연속적인 반류 공정 아래 벤젠을 이용하여 오일을 추출하고자 한다. 시간 당 1,000 kg 의 원료를 최대한 처리하고자 하며 원료는 (1,000 kg 당) 400 kg 의 오일과 25 kg 의 벤젠을 내포하고 있다. 추출에 사용할 용매는 사용 전 10 kg 의 오일과 655 kg 의 벤젠으로 구성된다. 처리된 원료에는 60 kg 의 오일만 남아있다고 가정하자.
(가) 회수된 용매의 농도 y_a와 (나) 완전히 처리된 원료가 내포할 용액내 오일 농도, x_b를 계산하라. 또한 (다) 완전히 처리된 원료가 내포하는 용액의 질량 L_b과 (라) 추출된 질량 V_a, 그리고 (바) 추출에 필요한 이상단의 수를 구하라. (**15 점**)

TABLE 23.1
Data for Example 23.1

Concentration, kg oil/kg solution	Solution retained, kg/kg solid	Concentration, kg oil/kg solution	Solution retained, kg/kg solid
0.0	0.500	0.4	0.550
0.1	0.505	0.5	0.571
0.2	0.515	0.6	0.595
0.3	0.530	0.7	0.620

2. **A mixture of 50 mol% benzene and toluene is to be separated by distillation at atmospheric pressure into 98% purity using a reflux ratio of 1.2 times the minimum value. The feed is liquid at the boiling point. Use enthalpy balances (Table in below) to (a) calculate the flows of liquid and vapor at the top, middle, and bottom of the column, and compare these values with those based on constant molal overflow. (b) Estimate the difference in the number of theoretical plates for the methods. (c) Will you need more, less, or the same number of plates if the feed was liquid 10 ° C below the bp?**

Component	Enthalpy of vaporization, cal/g mol	Specific heat at constant pressure, cal/g mol · °C		Boiling point, °C
		Liquid	Vapor	
Benzene	7,360	33	23	80.1
Toluene	7,960	40	33	110.6

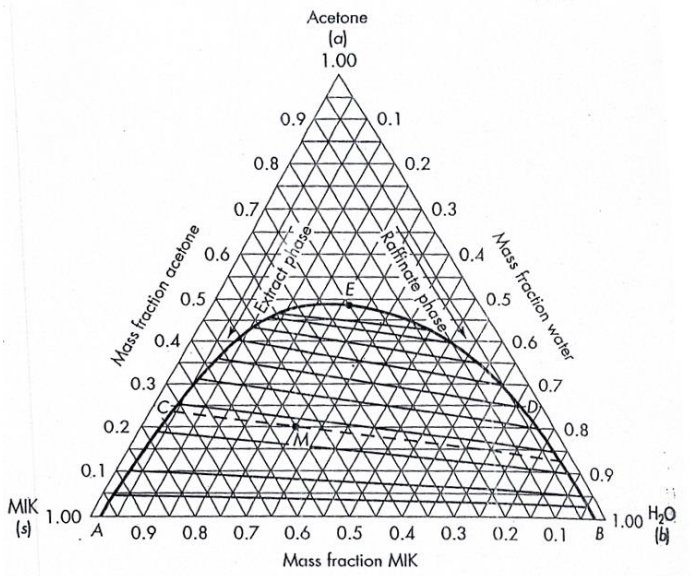
벤젠과 톨루엔이 각각 50 몰%인 혼합물을 대기압에서 작동하는 증류를 이용하여 순도 98%로 분리하려 한다. 환류비는 최소값의 1.2 배로 설정하고, 원료는 끓는점까지 가열된 액체이다. 에너지 수지(위의 표 참조)를 이용하여

(a) 증류탑의 상단, 중간, 하단에서의 액체와 기체 유량을 계산하고, 결과가 일정한 유량을 가정했을 때와 어떻게 다른지 설명하시오. (**10 점**)

(b) 일정할 때와 에너지 수지를 고려했을 때 필요한 이상단의 수가 얼마나 차이가 나는지 계산하시오. **(10 점**)

(c) 만약 원료가 끓는 점보다 10 도 낮은 온도까지 가열되어 공급한다면 필요한 이상단 수는 어떻게 바뀔지 설명하시오. (**5 점**)

3. **A countercurrent extraction plant is used to extract acetone (A) from its mixture with water by means of methyl isobutyl ketone (MIK) at a temperature of 25° C. The feed consists of 40% acetone and water. Pure solvent equal in mass to the feed is used as the extracting liquid. How many ideal stages are needed to extract 99% of the acetone fed? What is the extract composition after removal of the solvent?**



반류 추출 공장에서 물과 아세톤의 혼합물로부터 아세톤을 추출하는데 25°C의 MIK를 이용한다. 원료는 40%의 아세톤과 60%의 물로 구성되어 있고, 원료와 같은 질량의 순수 용매를 추출에 쓰고 있다. 다음 쪽에 첨부된 3상도를 이용하여 99%의 순도가 되도록 아세톤을 추출하는데 필요한 이상단 수를 계산하여라. 또한 용매를 제거한 후의 추출물의 조성을 계산하여라. (**20점**)

4. **Explain graphically how L, V, T, and P will change across the plates within the continuous distillation column having a reflux ratio 1.2 times larger than the minimum value. Assume that (1) the feed is liquid mixture at its boiling point, (2) the relative volatility stays constant throughout the operation, and (3) the equilibrium curve is steeper than the operating lines. In terms of relative (%) changes, which variable do you expect to change the least and/or most?**
연속증류탑 내 단에 따라 액체유량(L), 기체유량(V), 온도(T), 압력(P)가 어떻게 바뀔지를 그래프를 통해 나타내시오. 일반적인 연속공정으로 환류비가 최소값의 1.2 배라 가정하시오. 또한 (1) 원료 혼합물은 끓는 점에 있는 액체이고, (2) 상대휘발도가 공정 내내 일정하며, (3) 평형선이 조작선보다 가파르다고 가정하시오. 위 변수들 중 상대적으로 변화량이 가장 작은 것과 큰 것은 무엇일지 설명하시오. (**30 점**)

5. **Explain why in the Rayleigh equation, the amount change in the vapor phase is calculated by "y dn"**.
회분식 증류탑의 물질수지 분석에서 기상의 몰변화를 "y dn"으로 묘사할 수 있는 이유를 설명하시오(혹은 더 정확한 수학적 표현을 유도하고, 어떤 가정 속에서 "y dn"으로 단순화 가능한지 밝히시오). (**20점**)