

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİNE AİT PROBLEMLERİN
MATHCAD PAKET PROGRAMIYLA ÇÖZÜLMESİ

Kimya Müh. Binnaz BAYHAN

106294

F.B.E Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106294

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Selahattin GÜLTEKİN

Prof. Dr. Eser Bolat

Prof. Dr. Hüseyin Afsar

İSTANBUL, 2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Mathcad'in Özellikleri.....	7
1.2 Mathcad ile Ne Yapılabilir?.....	7
2. KİMYA MÜHENDİSLİĞİNİN BAZI ÇALIŞMA ALANLARI.....	8
2.1 Isı.....	8
2.2 Termodinamik	8
2.3 Kütle Aktarımı	10
2.4 Akışkanlar Mekaniği	10
2.5 Kimyasal Reaktör Tasarımı	11
3. KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROBLEMLERİ	15
3.1 Problem 1	15
3.2 Problem 2	16
3.3 Problem 3	19
3.4 Problem 4	22
3.5 Problem 5	23
3.6 Problem 6	24
3.7 Problem 7	26
3.8 Problem 8	29
3.9 Problem 9	31
3.10 Problem 10	33
3.11 Problem 11	36
3.12 Problem 12	37
3.13 Problem 13	40
3.14 Problem 14	43

4. SONUÇLAR.....	49
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	51



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 $A_i, P_i - t$ grafiği	16
Şekil 3.2 A.B-t grafiği	17
Şekil 3.5 Sıkıştırılabilirlik faktörü	23
Şekil 3.6 McCabe-Thiele Diyagramı	26
Şekil 3.7 Z(Pr)-Pr grafiği	29
Şekil 3.8 $Fç(t)-t$ grafiği	32
Şekil 3.9 $x_i, S_i, P_i - i$ grafiği	40
Şekil 3.10 Dağılım fonksiyonu eğrisi	41
Şekil 3.11 Denge ve çalışma eğrisi	45
Şekil 3.12 Raf sayısı	47



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Trigonometrik Fonksiyonlar	2
Çizelge 1.2 Hiperbolik Fonksiyonlar	2
Çizelge 1.3 Logaritmik ve Üstel Fonksiyonlar	3
Çizelge 1.4 Kompleks Sayı Fonksiyonları	3
Çizelge 1.5 Dosya Giriş Fonksiyonları	3
Çizelge 1.6 Enterpolasyon Fonksiyonları	4
Çizelge 1.7 İstatistik Fonksiyonları	4
Çizelge 1.8 Doğrusal Regresyon Fonksiyonları	4
Çizelge 1.9 Sıralama Fonksiyonları	5
Çizelge 1.10 Denklem çözüm fonksiyonları.....	5
Çizelge 1.11 Belli bir koşula bağlı fonksiyonlar	6
Çizelge 1.12 Çeşitli fonksiyonlar.....	6
Çizelge 2.1 Reaksiyon Tasarımında Yararlı Kimyasal Reaksiyonların Sınıflandırılması.....	12
Çizelge 3.1 Zamana göre madde miktarları	18
Çizelge 3.2 Raflara göre konsantrasyon değerleri	25
Çizelge 3.3 P Z ve V değerleri	28
Çizelge 3.4 $F\check{c}(t)$ değerleri	33



ÖNSÖZ

Bu tezin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Selahattin GÜLTEKİN'e teşekkür ederim.

Ayrıca, büyük katkılarından dolayı Sayın Yard. Doç. Dr. Mesut AKGÜN 'e ve Sayın Matematik Yüksek Mühendisleri Arzu TURAN ve Ramazan TEKERCİOĞLU 'na, ayrıca değerli meslektaşlarım Kimya Yüksek Mühendisleri Zeki GÜREL, Ziya ETİĞ ve Ali İhsan UFACIK 'a ve her türlü desteğinden dolayı Celal BEKRİ 'ye teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2001

Binnaz BAYHAN



ÖZET

Kimya Mühendisliği, alışma alanı oldukça geniş bir disiplin olarak göze çarpmaktadır. Bu tez kapsamında çeşitli kimya mühendisliği çalışma alanları hakkında bilgi verilmiş, kimya mühendisliğine ait problemler seçilmiş ve bunların Mathcad paket programıyla çözümleri gerçekleştirilmiştir. Tezde Mathcad bilgisayar programı hakkında da bilgi verilmiştir.

El ile çözümü çok zaman alan veya hassas sonuçlara ulaşılamayan problemlerin özümünde Mathcad kullanılmıştır. Sonuç olarak bu alışmada Mathcad programının kimya mühendisliğine sunduğu kolaylıklar görülecektir.

Anahtar Kelimeler: Mathcad, Kimya Mühendisliği, yöntemler, paket program, özümlü sorular



ABSTRACT

Chemical Engineering seems as a discipline that has a vast application area. In this study, different study fields of chemical engineering are explained, some problems about these were chosen and these problems were solved with Mathcad. Also some information about Mathcad Software is provided within this study.

Mathcad is used for the problems where hand solution is tedious and difficult to obtain close results. As a result we see the facilities provided with Mathcad for chemical engineering applications.

Keywords: Mathcad, Chemical Engineering, methods, packed, solved problems



1. GİRİŞ

Mathcad formüller,sayılar,metin ve grafiklerle yapılan çalışmalarını kolaylaştıran bir paket programdır. Mathcad ile zorlanmadan birçok nümerik ve sembolik işlemi yapmak mümkündür. Çalışmalar sırasında ekranda istenilen her yerde grafik ve yazı kullanılabilir.

Kimya mühendisliği çalışmalarında matematiksel çözümler için en önemli kısımlarından biridir. Mühendislik problemlerinde rahatlıkla çözülebilecek lineer problemlerin çözülebilmesine karşın kompleks, nonlinear problemler de çözülebilmektedir. Bunların çözümü için programlar yazılabileceği gibi mathcad gibi bir paket program da kullanılabilir. İşte bu tipteki sorularda önce bir matematiksel model yapılır. Yapılan modellemelerin çözümünde de Mathcad paket programını kullanılır.

Mathcad'in gücü ve becerikliliği, değişkenlerin ve fonksiyonların kullanılmaya başlandığı anda hemen ortaya çıkmaktadır.Değişkenleri ve fonksiyonları tanımlamakla, eşitlikler birleştirilebilir ve sonraki hesaplamalarda ara sonuç olarak kullanılabilir.

Mathcad paket programında kullanılan bazı simgeler, yöntemler hakkındaki açıklamalar çizelgelerde verilmiştir.

Çizelgelerde açıklamaları kolaylaştırmak için çeşitli kısaltmalar ve adlandırmalar yapılmıştır.Bunlar aşağıda tanımlanmıştır;

A ve B birer dizi,vektör veya matristir.

v, v_x, v_y ve v_s vektörlerdir.

M bir matrisi veya sonucu bir matris m olan bir ifadeyi gösterir.

X ve y reel sayıları veya sonucu reel sayı olan ifadeleri gösterir.

z, z_1 ve z_2 kompleks sayıları veya sonucu kompleks sayı olan ifadeleri gösterir.

M, n, i, j ve k tamsayıları veya sonucu tamsayı olan ifadeleri gösterir.

Var bir değişken ismini gösterir.

File bir dosya ismi ile belirtilen bir değişken ismini gösterir.

Çizelge 1.1 Trigonometrik Fonksiyonlar

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\sin(z)$	• sinüs
$\cos(z)$	• cosinüs
$\tan(z)$	• tanjant
$\csc(z)$	• cosecant
$\sec(z)$	• secant
$\cot(z)$	• cotanjant
$\text{asin}(z)$	• ters sinüs(açı bulma)
$\text{acos}(z)$	• ters kosinüs
$\text{atan}(z)$	• ters tanjant
$\text{angle}(x,y)$	• x-y düzlemi içindeki(x,y) noktasının ekseninin pozitif kısmındaki açısıdır. Argümen reel sayı olmalıdır. Sonuç 0 ile 2π arasında bir değerdir.

Çizelge 1.2 Hiperbolik Fonksiyonlar

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\sinh(z)$	• sinüs hiperbolik
$\cosh(z)$	• cosinüs hiperbolik
$\text{csch}(z)$	• cosecant hiperbolik
$\text{sech}(z)$	• secant hiperbolik
$\text{coth}(z)$	• cotanjant hiperbolik
$\text{asinh}(z)$	• ters sinüs hiperbolik
$\text{acosh}(z)$	• ters cosinüs hiperbolik

Çizelge 1.3 Logaritmik ve Üstel Fonksiyonlar

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\exp(z)$	• e'nin z kuvveti
$\ln(z)$	• logaritma
$\log(z)$	• 10 tabanında logaritma

Çizelge 1.4 Kompleks Sayı Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\text{Re}(z)$	• z'nin reel kısmı
$\text{Im}(z)$	• z'nin imajiner kısmı
$\text{arg}(z)$	• z'nin argümanı

Çizelge 1.5 Dosya Giriş Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\text{READ}(\text{file})$	• Veri dosyasından tek bir değer okur
$\text{WRITE}(\text{file})$	• Veri dosyasına tek bir değer yazar
$\text{APPEND}(\text{file})$	• Veri dosyasına tek bir değer ekler
$\text{READPRN}(\text{file})$	• Veri dosyasından matris okunur.
$\text{WRITEPRN}(\text{file})$	• Veri dosyasına matris yazar
$\text{APPENDPRN}(\text{file})$	• Veri dosyasına matris ilave eder

Çizelge 1.6 Enterpolasyon Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
linterp(vx,vy,x)	• vx ve vy veri vektörlerinin temelinde x'deki değerini veren doğrusal enterpolasyondur.
cspline	• vx ve vy vektörlerine bağlı olarak kübik bir ifadenin katsayılarını bir vektör şeklinde verir.
lspline(vx,vy)	• vx ve vy vektörlerine bağlı olarak lineer sonlu ifadelerin katsayılarını verir
pspline(vx,vy)	• Parabolik sonuçlu ifadenin katsayılarını verir
interp(vs,vx,vy,x)	• Katsayıları vs ile verilen spline eğrisinde vx ve vy vektörlerinin meydana getirdiği eğrideki x noktasının enterpolasyonunu verir.

Çizelge 1.7 İstatistik Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
mean(v)	• v içindeki elemanların ortalaması
stdev(v)	• v içindeki elemanların standart sapması
var(v)	• v içindeki elemanların varyansı

Çizelge 1.8 Doğrusal Regresyon Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
corr(vx,vy)	• vx ve vy veri vektörlerinin korelasyon katsayısı
slope(vx,vy)	• vx ve vy vektörleri içindeki verilerin oluşturduğu en uygun
intercept(vx,vy)	• vx ve vy vektörleri içinde verilerin oluşturduğu en uygun doğrunun kesim noktası

Çizelge 1.9 Sıralama Fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
sort(v)	• v içindeki elemanları artacak şekilde sıralar.
csort(A,n)	• A'nın satırlarını,n. kolondaki eleman artacak şekilde sıralar
rsort(A,n)	• A'nın kolonlarını,n. Satırdaki eleman artacak şekilde sıralar
reverse(A)	• A'nın satırlarını ters çevirir

Çizelge 1.10 Denklem çözüm fonksiyonları

Fonksiyon İsmi	Cevabı
rkfixed(y,x1,x2,npoints,D)	<ul style="list-style-type: none"> • rkfixed, 1. derece diferansiyel denklemi çözerken 4. dereceden Runge-Kutta metodunu kullanır y,n tane başlangıç değerinin vektör şeklinde ifadesi • x1,x2 diferansiyel eşitliğin hesaplanacağı aralık npoints,başlangıç noktasından sonra çözümün yaklaşacağı noktaların sayısı • D,bilinmeyen fonksiyonların ilk türevlerini içeren n elemanlı vektör değerli fonksiyon
root(expr,z)	• expr ifadesinin eşit olduğu z
find(var1,var2)	• Bir denklem sisteminin çözümünü bulur. Bir terim varsa sonuç bir skaler sayı, birden fazla terim varsa sonuç bir vektördür.
minerr(var1,var2,...)	• Bir denklem sistemi için minimum hatalı değeri bulur. Bir terim varsa sonuç bir skaler sayı birden fazla terim varsa sonuç vektördür
sbval(v,x1,x2,D,load,score)	<ul style="list-style-type: none"> • İki noktalı sınır değer problemini son noktaları ve çözümün yaklaştığı değerleri karşılaştırarak orta noktalarındaki türevlerinden çözer • v,x1'den arta kalan tanımlanmamış başlangıç değerlerini ifade eden vektör • x1,x2 diferansiyel denklemin çözümünün olduğu aralıkların başlangıç ve bitiş noktaları • D,bilinmeyen fonksiyonların ilk türevlerini içeren n elemanlı vektör değerli fonksiyon • Load,bilinen x1 başlangıç değerleriyle tahmini başlangıç değerleri v ile aynı sayıda eleman içerir, her eleman orijinal olarak

	tanımlanan ve çözümden bulunan x_2 'nin başlangıç değerlerindeki farkıdır
$\text{linfit}(v_x, v_y, F)$	<ul style="list-style-type: none"> • v_x ve v_y'de en iyi verilere yaklaşan F'deki fonksiyonların lineer kombinasyonlarını oluşturmak için sabitleri içeren vektörü çevirir, F fonksiyonunun katsayılarının bulunması v_x, v_y, x, y değerlerinin vektör olarak tanımlanması aynı sayıdadır F, vektörü çeviren vektör

Çizelge 1.11 Belli bir koşula bağlı fonksiyonlar

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\text{if}(\text{cond}, z_1, z_2)$	• Eğer $\text{cond}=0$ ise z_2 , değilse z_1 dir
$\phi(x)$	• Eğer $x \geq 0$ ise 1, değilse 0'dır.
$\text{until}(x, y)$	• $x < 0$ olana kadar, y terimi hesaplanmaya devam edilir
$\delta(m, n)$	• Eğer $m=n$ ise 1, değilse 0'dır.

Çizelge 1.12 Çeşitli fonksiyonlar

Fonksiyon İsmi	Cevabı
$\text{floor}(x)$	• x 'den küçük veya eşit en büyük tamsayı
$\text{ceil}(x)$	• x 'den büyük veya eşit en küçük tamsayı
$\text{rnd}(x)$	• 0 ile x arasında düzenli olarak dağıtılmış rastgele sayı
$\text{mod}(x, y)$	• x teriminin y terimine bölümünden arta kalan sayı

1.1 Mathcad'in Özellikleri

- Mathcad, denklem, operatör veya grafik için standart matematiksel yolları kullanır.
- Hiçbir saklı bilgi bulunmaz, herşey ekranda görünür.
- Mathcad, standart matematiksel işlemler için standart tuşlar kullanır.
- Mathcad'in integral, matris tersi ve denklem çözümlerindeki nümerik algoritması her yerde kullanılan güvenilir standart yöntemlerden oluşmaktadır.
- Bazı işlemciler için şablonlar vardır. Mathcad'in elektronik el kitabındaki formül veya grafikleri çalışan bölgeye kolayca aktarılabilir.

1.2 Mathcad İle Ne Yapılabilir ?

- 1) Herşey bilinen matematiksel notasyonlarda gözükmektedir.
- 2) Ne görünüyorsa o elde edilebilir. Print ettiğimizde, çıkış ekranda gözüktüğü gibidir.
- 3) Basit ifadeler hemen klavye aracılığı ile yazılabilir. Mathcad standart matematiksel işlemler için standart anahtarlar kullanır.
- 4) Paletleri kullanarak eşitlikleri yazmak oldukça kolaydır.
- 5) Mathcad, çalışma anında oluşturulmuş grafikler, integraller ve diğer matematiksel ifadelerle bize rehberlik eder ve boşlukların doldurulmasına imkan tanır.
- 6) Eğer bir özellik kullanılmak istenmiyorsa; örneğin kompleks sayılar, birimler veya matrisler gibi bunlar çalışma sayfasında (workseet)'te değilmiş gibi ifade edilir.
- 7) Mathcad'in integral, matris tersleri ve denklem çözümü gibi sayısal metodları vardır.

2. KİMYA MÜHENDİSLİĞİNİN BAZI ÇALIŞMA ALANLARI

2.1 Isı

İki sistem arasında veya bir sistemle çevresi arasında bir sıcaklık farkı olduğu zaman enerji transfer edilmektedir. Yani iki sistem arasındaki sıcaklık farkından dolayı sıcak cisimden soğuk cisme geçen enerjiye ısı denir. Yalnız sıcaklık farkından dolayı bir sisteme transfer edilen bu enerjiye, termodinamikte ısı enerjisi denilmektedir. Diğer taraftan termodinamiğin ikinci kanununa göre ısı, sıcak bir sistemden daha soğuk bir sisteme doğru akmaktadır. İki sistem, bir cismin muhtelif parçaları olabilir. Enerjinin çeşitli şekilleri ve bunların birbirlerine dönüşümleri ile uğraşan termodinamik biliminde, ısı ve iş, geçici enerji şekilleri olarak tarif edilir; çünkü bunlar, iki sistem arasında yalnız enerji alış verişi olduğu zaman oluşurlar.

Enerjinin korunumu prensibine göre de, enerji bir türden başka bir türe dönüşebilir, ama ne yok edilebilir ne de yaratılabilir.

Mekanik iş, bir sistem ile onun çevresi arasında gerçekleşir. Bunlardan biri öteki üzerinde bir kuvvet uyguladığında bu kuvvetin uygulama noktası bir yol alırsa bunlar arasındaki mekanik iş alışverişi olmuştur denir.

Bütün enerji türlerinin ısı enerjisine dönüşmeye karşı doğal bir eğilimleri vardır. Örneğin sürtünme olaylarında mekanik enerji ısı enerjisine dönüştüğü gibi, bir iletkenin elektrik akımı geçirildiğinde iletkenin ısınması elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüştüğünü gösterir. Ayrıca çoğu kimyasal reaksiyonlarda kimyasal enerji ısıya dönüşür. Mekanik enerjinin ve ısının tam eşdeğerliliği, birinin diğerine dönüşmesi şekline bağlı değildir (Kakaç, 1976).

2.2 Termodinamik

Termodinamik, bir sistemde yer alan kimyasal ya da fiziksel dönüşümlerde bir türden başka bir türe değişen enerjinin miktarca dönüşümlerini düzenleyen kanun ve bağıntılarını inceleyen bilimdir. Termodinamik, başlıca iki temel kanuna dayanır. Ama bu iki kanun dışında Nernst tarafından önerilen, entropi ve özellikle spesifik ısıları bakımından önemli olan üçüncü bir kanun da vardır.

Bu kanunlar ampirik kanunlardır. Bunlar ısının ve maddenin kökeni ve yapısı hakkında hiçbir varsayıma gerek göstermeksizin sıcaklık, basınç, hacim, ısı miktarı ve mekanik iş gibi doğrudan doğruya ölçülebilen kavramların yardımıyla ve deneysel olarak çıkarılmışlardır. Bu

kanunlar ispatlanmış değildir. Ancak şimdiye kadar bu kanunların herhangi bir sonucu yanlış çıkmadığından bunlar temel prensipler olarak kabul edilmişlerdir.

Termodinamiğin birinci yasası: ısı işe dönüştüğünde bunların arasında daima miktarca belli bir bağıntının olduğunu bildirir. Oysa ikinci kanun, bu dönüşmenin hangi koşullarda olabileceğini gösterir.

Termodinamik düşüncelerde daima bir sistem gözönüne alınır. Termodinamikte bir sistem, fizik evrenin bir parçasıdır. Böylece evren, sistem ve buna ait olmayan çevre olmak üzere ikiye ayrılır. Sistem homojen ya da heterojen olur. Homojen sistemlerde ise özellikler sistemin her kısmında aynı değildir.

Termodinamiğin 1.yasası, enerjinin korunması prensibinin bir anlatımıdır ve tamamıyla yalıtılmış(izole) sistemlerdeki hal değişimleri için şöyle açıklanabilir. Yalıtılmış bir sistemin çeşitli enerjilerinin toplamı sabittir. Yalıtılmış bir sistemin çevreyle enerji alışverişi söz konusu olmadığından, sistem içinde çeşitli enerji türleri birbirine dönüştüğü zaman, dönüşen miktarlar birbirine eşit olduğundan sistemin toplam enerjisi sabit kalır.

Termodinamikte ısı ve iş, bir işlem esnasında sistemin sınırından akan enerji şekilleri olarak tarif edilir. Termodinamik daima denge durumundaki sistemlerle meşgul olur; bir sistemi belirli bir denge durumundan başka bir denge durumuna getirmek için lazım olan enerji miktarı termodinamik kanunlarından bulunur; termodinamik bakımından, bir işlem esnasında bir sisteme transfer edildiği yani ısı akımının fiziki mekanizması hakkında hiçbir bilgi vermediği gibi, bu miktar ısıyı transfer etmek için gerekli olan zamanla da ilgilenmez

Termodinamiğin ikinci prensibi ısı enerjisinin mekanik enerjiye hangi koşullarda dönüşebileceğini gösterir. Lord Kelvin-Plank'a göre Termodinamiğin ikinci prensibi tanımı şöyle yapılmaktadır: İkinci türden sürekli hareket, yani tek bir ısı kaynağından ısı almak suretiyle iş elde etmek olanaksızdır. Bu tanım, bir ısı kaynağından ısı almak ve bu ısıyı eşdeğer miktarda işe dönüştürmek suretiyle çevrimini tamamlayan bir akışkan makinesinin yapılamayacağını bildirir.

Termodinamikte ısı ve iş, bir işlem esnasında sistemin sınırından akan enerji şekilleri olarak tarif edilir. Termodinamik daima denge durumundaki sistemlerle meşgul olur; bir sistemi belirli bir denge durumundan başka bir denge durumuna getirmek için lazım olan enerji miktarı termodinamik kanunlarından bulunur; termodinamik bakımından, bir işlem esnasında bir sisteme transfer edildiği yani ısı akımının fiziki mekanizması hakkında hiçbir bilgi

vermediği gibi, bu miktar ısıyı transfer etmek için lazım olan zamanla da ilgilenmez (Gürüz,1986).

2.3 Kütle Aktarımı

Bir iletme potansiyelinin etkisi altında bulunan moleküllerin veya akışkan kütlelerinin hareketine kütle aktarımı denir. Kütle aktarımı dengede olmayan bir sistemde meydana gelir. Kimyasal dengenin meydana gelebilmesi için ele alınan sistemde aşağıda belirten üç durumdan birisinin oluşması gerekmektedir:

- Bütün fazlardaki basıncın eşit olması,
- Bütün fazlardaki sıcaklığın eşit olması,
- Fazlardaki herbir komponentin kimyasal potansiyellerinin eşit olması.

Kütle aktarımında iki temel mekanizma vardır;

Moleküllerin rastgele hareketinden doğan moleküler difüzyon ve aşağıda belirtilen ve akışkan akış rejimi ile ilgili olan ed difüzyonu:

- Mekanik karıştırma,
- Akışkan akımında türbülans,
- Yoğunluk farkından doğan konveksiyon akımları,
- Manyetik kuvvet, yüzey gerilimi, elektrik alanı, yüzey kuvvetleri gibi akışkana kazandıran diğer faktörler (Ekinci,1987).

2.4 Akışkanlar Mekaniği

Akışkanlar mekaniği uygulamalı mekaniğin sıvılar ve gazların statik ve dinamiği ile ilgilenen dalıdır. Akışkanların davranışlarının analizi, kütle-enerjinin korunumu ve kuvvet-momentum denklemleri ile ilgili olan temel uygulamalı mekanik kanunlarına dayandırılmaktadır.

Akışkanlar mekaniğinin katı maddeler mekaniğinden ayrıldığı iki büyük özellik vardır: Birincisi, katı maddelerinkinden çok farklı olan, akışkanların kendi tabiat ve özellikleridir. İkincisi de, kütlesi bilinen elemanlar veya tek tek cisimlerle uğraşma yerine çoğunlukla sürekli bir akışkan akımının davranışı ile ilgilenmemizdir.

Bir akışkan akımının kesin hareketini veya akım içindeki tek tek parçacıklarınkini spesifiye etmek aşırı derecede zor olabilmektedir. Dolayısıyla, teorik olarak analiz maksadıyla, basitleştirilmiş şartları ve akım örneklerini ideal olarak analiz maksadıyla, basitleştirilmiş

şartları ve akım örneklerini ideal olarak kabul etmek gerekmektedir. Daha sonra, bu şekilde elde edilen neticeler, akışkan sistemlerinin dizaynına temel oluşturmak üzere, deneysel olarak tayin edilen uygun katsayıların ilavesiyle modifiye edilmektedir.

Katı, sıvı, gaz birçok bakımdan farklı olmalarına rağmen sıvılar ve gazlar katılardan ayrıldıkları genel karakteristiklere sahiptir. Akışkanlar şekil bozucu bir kuvvete karşı devamlı bir direnç gösteren bu özelliğine sahip değildirler. Kuvvet uygulandığı sürece sürekli olarak şekil değiştiren akışkanlar böyle kuvvetlerin tesiriyle akmaya başlamaktadırlar.

Akışkanlar, herhangi bir biçimde desteklenmemiş şekillerini devam ettiremezler, kendi ağırlıkları ile akmaya meylederler ve kendileriyle temas eden katı cismin şeklini alırlar.

Uygulanan bir kuvvet altında katılar ve akışkanların davranışları arasındaki farklar şunlardır;

1-Bir katı için gerilme, elastik sınır aşılmadığı sürece, uygulanan gerilimin bir fonksiyonudur. Bir akışkan için ise, gerilmenin değeri uygulanan gerilim ile orantılıdır.

2- Bir katıdaki gerilme, kuvvetin uygulandığı zamana bağlı değildir ve elastik sınır aşılmamışsa kuvvet kaldırıldığında deformasyon ortadan kalkmaktadır. Kuvvet uygulandığı sürece akışkan akmaya devam etmekte ve kuvvet kaldırıldığında akışkan orijinal şeklini almamaktadır.

Çoğu durumlarda maddeler, kolaylıkla katılar ve akışkanlar diye sınıflandırılabilir.

Bununla beraber, cam gibi bazı maddeler kendi ağırlıkları nedeniyle deformasyon

değerlerinin çok küçük olmasından dolayı, katı olarak ortaya çıkmaktadırlar. Katılar, elastik sınırı aşacak şekilde bir kuvvete maruz kaldıklarında plastikleşmekte ve akmaktadır. Akmaya başlamadan önce kayma geriliminin belli bir minimum değeri aşması gerektiğinden, plastik maddeler gerçek bir akışkan olarak tanımlanamamaktadır(Örs,1994).

2.5 Kimyasal Reaktör Tasarımı

Bir reaksiyonun termodinamik incelenmesi o reaksiyonun belli sıcaklık, basınç ve konsantrasyon gibi koşullarda mümkün olup olmadığının bilinmesini sağlar. Bununla birlikte termodinamik reaksiyonun bitiminde denge durumundaki konsantrasyonlar hesaplanabilir.

Bir kimyasal reaksiyonun dışarıyla enerji alışverişisi de termodinamik bilimi ile incelenir. $\Delta H > 0$ ise reaksiyon ısı olarak gerçekleşmiştir, endotermiktir. $\Delta H < 0$ ise reaksiyon ısı vererek gerçekleşir, egzotermiktir.

Bunlara karşılık, kimyasal termodinamik sistemin ilk halinden son haline yani reaktiflerden ürünlere hangi mekanizma ile hangi ara kademelerden geçerek ve en önemlisi hangi hızla gerçekleştiği ile ilgilenmez. Reaksiyon hızları çok küçükten, çok büyüğe çeşitli değerler alabilir. Genellikle anorganik kimya ile ilgili reaksiyonların (asit, baz, çözelti reaksiyonları) çoğu hızlı, organik kimya ile ilgili olanların ise önemli bir bölümü yavaştır. Reaksiyon hızı ile reaksiyonun açığa çıkardığı enerji arasında ise doğru orantılı bir bağlantı yoktur.

Reaksiyonun hızı ile ilgili bütün olaylarla kimyasal kinetik ilgilenir. Tanım olarak kimyasal kinetik, bir reaksiyonun oluş biçimini inceleyen bir bilim dalıdır. Diğer bir deyişle, bir yandan reaksiyon mekanizmasını, yani elementer adımların cinsini ve sırasını inceler.

Kimyasal reaksiyonlar homojen ve heterojen diye ikiye ayrılabilir. Homojen reaksiyonlar tek faz içinde gerçekleşen reaksiyonlardır. Heterojen reaksiyonlar ise birden fazla faz ile ilgilidirler. Örnek olarak aşağıdaki tablo verilebilir;

Çizelge 2.1 Reaksiyon Tasarımında Yararlı Kimyasal Reaksiyonların Sınıflandırılması

	Katalizörlü	Katalizörsüz
Homojen	Sıvı faz reaksiyonlarının çoğu Kolloidal çözelti reaksiyonları	Gaz fazı reaksiyonlarının çoğu Doğal gazın yarınması gibi
Heterojen	Amonyak sentezi Amonyakın nitrik aside yükseltgenmesi Hidrokarbonların parçalanması Metanol sentezi	Yakıtça zengin alevler Kömür yanması Metallerin asitlerle reaksiyonu

Statik sistemlerde madde miktarı, zamanın fonksiyonu olarak değişir.



Reaksiyonunun molar hızı birim zamanda yok olan reaktif ya da oluşan ürün mol sayısıdır. Bu değer önüne ,reaktif yok olursa (-), ürün oluşuyorsa (+) işareti konur. Böylece molar reaksiyon hızı sürekli pozitiftir.

Reaktörlerin Sınıflandırılması

Reaktörler kesikli ve sürekli akış olmak üzere iki temel tipe ayrılır.

1- Kesikli Reaktörler

Kesikli reaktörlerde batch reaktör, tank tipi reaktör de denilmektedir. Ufak çapta üretimler ve pahalı reaktiflerle çalışmak için uygundur. Aksesuarları azdır. Laboraturlardaki deney balonlarının büyük boyutlu olanları gibi düşünülebilir. Değişik maddelerin üretiminde kullanılabilirler. Çünkü üretilen malın değiştirilmesi reaktör boyutlarını değil, reaktörde kalma süresinin değiştirilmesini gerektirecektir. Kesinlikle reaktörlerin yavaş reaksiyonlarda kullanımı daha uygundur. Böyle reaksiyonlarda doldurma, boşaltma gibi ölü sürelerin, toplam süre içindeki payı daha azdır. Kesikli reaktörlerde reaktifler önce konur, bileşimler zamanla değişir.

2- Kararlı Akışlı Reaktörler

Kararlı akışlı reaktörlerde, reaktifler bir ucundan girer, öbür ucundan çıkar. Sistem kararlı olarak çalışmaya başladıktan sonra konsantrasyon, basınç, sıcaklık gibi parametreler, belli bir nokta için sabit kalır. Akışlı reaktörler endüstriyel ölçekte, büyük miktarlarda ürün eldesi için uygundur. Boşaltma, doldurma süreleri olmadığından hızla gerçekleşen reaksiyonlarda kesikli reaktörlere üstünlük sağlarlar. Ayrıca üretilen malın kontrolü, standardizasyonu bu tür reaksiyonlarda daha kolaydır.

Akışlı reaktörler, iki ideal tip olarak incelenir. Geri karıştırmalı reaktör ve ideal piston akışlı reaktör

Geri Karıştırmalı Akışlı Reaktörler

Bu tip reaktörlerde karıştırma ideal olduğu zaman, her nokta aynı sıcaklık ve konsantrasyondadır ve bu konsantrasyon çıkış konsantrasyonudur. Dolayısıyla reaktif konsantrasyonu da çıkış değerine düşer. Reaksiyon hızı yavaştır. Dönüşüm oranı düşük kalır. Yüksek dönüşüm oranı sağlamak için çok yavaş bir hıza katlanmak gerekir. Geri karıştırmalı akışlı reaktörlerde hızlı bir karıştırma ile ideal durum çok yaklaşır.

İdeal Piston Akışlı Reaktörler

Gerçek boru tipli reaktörlerde, boru içindeki akışın hız profili parabolik bir eğridir. Türbülanslı akımda biraz düzleşir. İdeal boru tipinde, diğer bir deyişle ideal piston akışlı reaktörde, bir kesitin her noktasındaki hız aynı varsayılır. Ancak gerçek durumda ideal piston akışlı reaktörlerden önemli sapmalar vardır. Bu tip reaktörde sistem dengeye ulaştığında konsantrasyon zamanla değişmez, kesitin her noktasında aynı kabul edilir. Reaktif

konsantrasyonu ve reaksiyon hızı boru uzunluğu boyunca azalır. Çeşitli tipte olabilirler. Bu tip reaktörlerde reaksiyon hızı ve çıkan ısının gücü kolay kontrol edilir. Çünkü reaksiyonun oluşumu, reaktiflerin girişine paraleldir. Esnek bir sistemdir. Teorik analizi çok zordur. Deneme yanılma ile ayarlanır. Hacim, konsantrasyonlar, sıcaklık gibi kullanılan reaktör tipine göre değişir(Kadırgan,1990).



3. KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROBLEMLERİ

3.1 Problem 1

Otokatalitik Reaksiyon

$A \rightarrow P$ reaksiyonu yavaş bir birinci dereceden adımla ve üstün hale geldiğinde önemli derecede ürün oluşmasını sağlayan oto katalitik adım ile gerçekleşmektedir.

Hız denklemi

$v = k_1 [A] + k_2 [A][P]$ şeklindedir.

Aşağıdaki örnekte Mathcad ile diferansiyel denklemlerin nasıl çözüldüğü görülmektedir. Sabitleri değiştirerek bu sistemdeki davranışlar gözlemlenebilir.

İlk olarak bilinen değerler verilir. Bulunacak değerler için başlangıç değerleri verilerek Mathcad'in çözebileceği denklem haline getirilir ve çözüme gidilir.

$$k_2 := 1.234$$

$$k_1 := 0.003$$

$$y := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

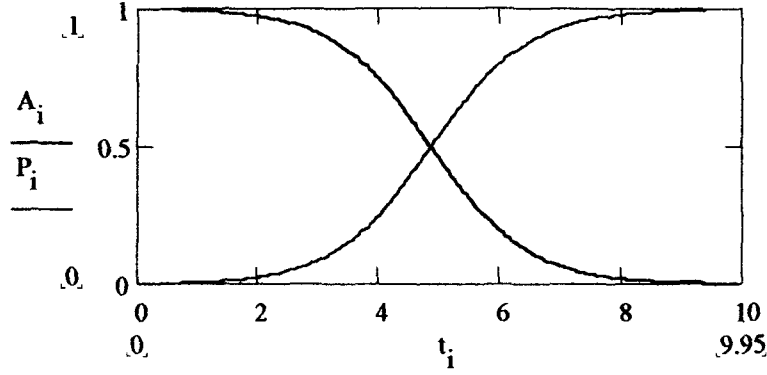
$$D(t, y) := \begin{bmatrix} -k_2 \cdot y_0 \cdot y_1 - k_1 \cdot y_0 \\ k_2 \cdot y_0 \cdot y_1 + k_1 \cdot y_0 \end{bmatrix}$$

$$t_{\max} := 10$$

$$n_{\text{pts}} := 200$$

$$i := 0.. n_{\text{pts}} - 1 \quad \text{ans} := \text{rkfixed}(y, 0, t_{\max}, n_{\text{pts}}, 1)$$

$$t := \text{ans}^{<0>} \quad A := \text{ans}^{<1>} \quad P := \text{ans}^{<2>}$$



Şekil 3.1 $A_i, P_i - t$ grafiği

3.2 Problem 2

100 gram A elementi B maddesine bozunmaktadır. A elementinin yarılanma süresi 10 yıldır. B elementinin yarılanma süresi ise 100 yıldır. Buna göre A ve B elementinin zamana göre miktarlarındaki değişimlerini gözlemleyiniz. A ve B maddelerinin kütlelerinin zamana göre grafiğini çiziniz(Mathcad 7.0,1997).

Başlangıç Koşulları:

$A_0 = 100\text{g}$ A maddesinin başlangıç miktarı

$t_{\text{HALFA}} = 10$ yıl $t_{\text{HALFB}} = 100$ yıl maddelerin yarılanma süreleri

$\alpha = 1.1$

Oran (A'nın 1 atomunun kütlelerinin B 'nin 1 atomunun kütlelerine oranı)

$$k_A := \frac{\ln(2)}{t_{\text{HALFA}}}$$

$$k_B := \frac{\ln(2)}{t_{\text{HALFB}}}$$

Bozunma fonksiyonları

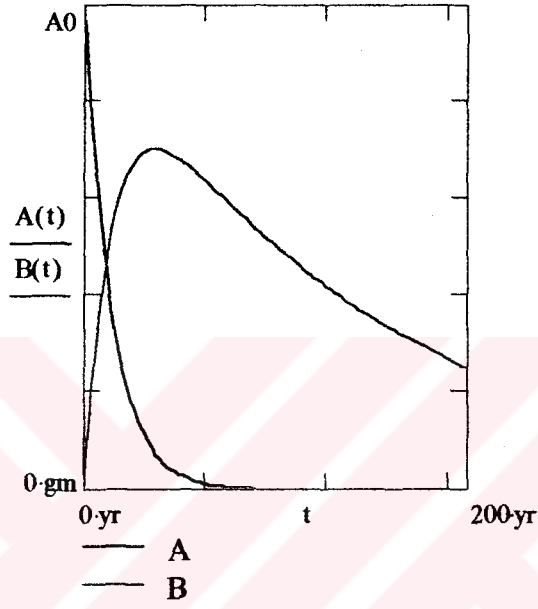
$$A(t) := A_0 \cdot e^{-(k_A \cdot t)}$$

$$B(t) := \frac{A_0}{\alpha} \cdot \frac{k_A}{k_A - k_B} \cdot (e^{-k_B t} - e^{-k_A t})$$

A ve B'nin kütlesinin zamana göre grafiği

t := 0-yr, 2-yr.. 200-yr

t2 := 0-yr, 10-yr.. 200-yr



Şekil 3.2 A,B-t grafiği

Çizelge 3.1 Zamana göre madde miktarları

t_2/yr	$A(t_2)/\text{g}$	$B(t_2)/\text{g}$
0	100	0
10	50.0	43.7
20	25.0	62.7
30	12.5	69.4
40	6.30	70.2
50	3.10	68.3
60	1.60	65.1
70	0.80	61.4
80	0.40	57.6
90	0.20	53.9
100	0.10	50.4
110	0	47.1
120	0	43.9
130	0	41.0
140	0	38.3
150	0	35.7
160	0	33.1
170	0	31.1
180	0	29.0
190	0	27.1
200	0	25.3

3.3 Problem 3

N_2O_4 ün tersinir gaz fazından NO_2 ye ayrışması işlemi sabit basınç ve sıcaklık altında gerçekleştirilecektir. Besleme 240 K sıcaklıkta ve 2 atm basınç altında saf N_2O_4 den oluşmaktadır. 340 K sıcaklıkta denge sabiti 0,1 değerindedir.



a) Sabit hacimli kesikli reaktörde N_2O_4 denge dönüşümünü hesaplayınız

b) Akışlı reaktörde N_2O_4 denge dönüşümünü hesaplayınız .(Fogler,1992)



Dengede reaksiyona giren numunelerin konsantrasyonları termodinamiksel ifadeler ile belirtilen denklemlerle ilgilidir.

$$K_c = \frac{C_B^2}{C_A}$$

1- Kesikli reaktör için çözüm yapılırsa;

$$C_i = \frac{N_i}{V}$$

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - X)$$

$$C_B = 2 C_{A0} \cdot X$$

$$y_{A0} = 1$$

$$P_0 = 2$$

$$R = 0.082$$

$$T_0 = 340$$

$$C_{A0} = y_{A0} \cdot \frac{P_0}{R \cdot T_0}$$

$$CA_o = 0.072$$

$$K_c = \frac{C^2 B_e}{CA_e}$$

$$K_c = 4 \frac{CA_o X^2 e}{1 - X}$$

$$X_e = \sqrt{\frac{K_c(1 - X_e)}{4 CA_o}}$$

Bu denklemin çözülebilmesi için denklem ikinci dereceden bir denklem haline getirilir.

Mathcad ile çözüme gidilir.

$$K_c = 0.1$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-K_c}{4 \cdot CA_o} & & & \\ & \frac{K_c}{4 \cdot CA_o} & & \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(A) = \begin{bmatrix} -0.79 \\ 0.441 \end{bmatrix}$$

$$K = \text{polyroots}(A)$$

$$K = \begin{bmatrix} -0.79 \\ 0.441 \end{bmatrix}$$

$$K_1 = 0.441$$

$$X_e = K_1$$

$$X_e = 0.441$$

2- Akışlı sistem için çözüm yapılırsa;

$$C_A = C_{A_o} \frac{(1 - X)}{(1 + \epsilon X)}$$

$$C_B = 2 \frac{C_{A0} X}{1 + \varepsilon X}$$

$$K_c = \frac{4 C_{A0} X_e^2}{(1 - X_e)(1 + \varepsilon X_e)}$$

$$X_e = \sqrt{\frac{K_c (1 - X_e)(1 + \varepsilon X_e)}{4 C_{A0}}}$$

$$K_c = 0.1$$

$$\varepsilon = 1$$

$$B = \begin{bmatrix} -K_c \\ 4 \cdot C_{A0} + \varepsilon \cdot K_c \\ -(\varepsilon \cdot K_c - K_c) \\ 4 \cdot C_{A0} + \varepsilon \cdot K_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(B) = \begin{bmatrix} -0.508 \\ 0.508 \end{bmatrix}$$

$$M = \text{polyroots}(B)$$

$$M = \begin{bmatrix} -0.508 \\ 0.508 \end{bmatrix}$$

$$X_f = M_1$$

$$M_1 = 0.508$$

$$X_f = 0.508$$

Akışlı reaktördeki dönüşüm daha fazla çıkmıştır.

3.4 Problem 4

A ve B maddelerinin ilk sıcaklıkları T_a ve T_b değerlerindedir ve bu maddeler ısıyla temas haline getirilmiştir. Çevre ile hiçbir ısı alışverişi olmadığını kabul edelim. Aşağıda her maddenin kütsel ve özgül ısı verileri verilmiştir.

a-) Ne A ne de B maddesinin işlem sırasında hiçbir faz değişimine uğramadığı kabul edilerek son sıcaklığı bulunuz.

b-) İşlem sırasında gerçekleşen entropi değişimini hesaplayınız.

$$\text{Başlangıç sıcaklıkları : } T_a = 318,15 \text{ K} \quad T_b = 388,15 \text{ K}$$

$$\text{Başlangıç Kütleleri : } m_a = 10 \text{ g} \quad m_b = 100 \text{ g}$$

$$\text{Spesifik Isılar : } C_a = 25 \text{ J/gK} \quad C_b = 38 \text{ J/gK}$$

a - İlk kabule göre;

$$0 = m_a \cdot C_a \cdot (T - T_a) + m_b \cdot C_b \cdot (T - T_b)$$

Tahmini sıcaklık değeri;

$$T = \frac{T_a + T_b}{2}$$

T_f için çözümlerse

$$T_f = \text{root}(m_a \cdot C_a \cdot (T - T_a) + m_b \cdot C_b \cdot (T - T_b), T)$$

$$T_f = 383,829 \text{ K}$$

b- Entropi değişimi

$$\Delta S = m_a \cdot C_a \cdot \int_{T_a}^{T_f} \frac{1}{t} dt + m_b \cdot C_b \cdot \int_{T_b}^{T_f} \frac{1}{t} dt$$

eşitlikteki integral alınır

$$\Delta S := m_a \cdot C_a \cdot \left(\ln \left(\frac{T_f}{T_a} \right) \right) + m_b \cdot C_b \cdot \left(\ln \left(\frac{T_f}{T_b} \right) \right)$$

$$\Delta S = 4.379 \frac{\text{joule}}{\text{K}}$$

bulunur

3.5 Problem 5

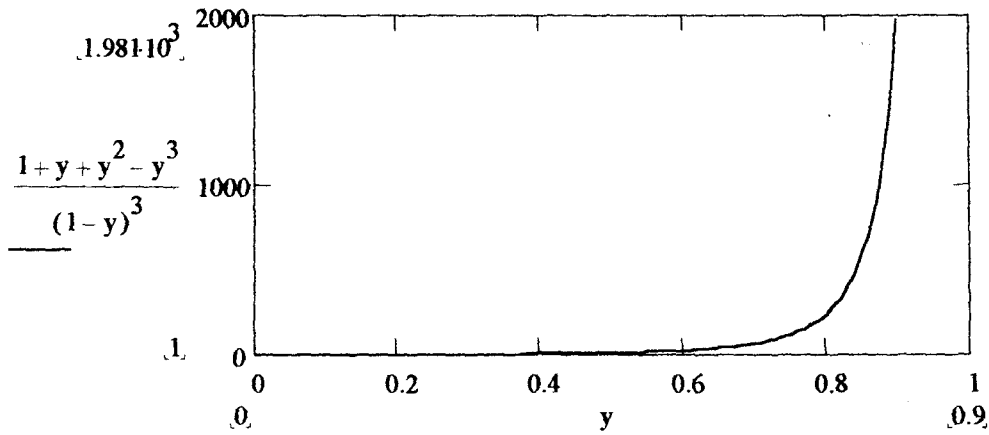
Sert küre modeli akışkanların hal denklemlerinin teorik modellerinin türetilmesi için kullanılan başlangıç noktasıdır. Carnahan ve Starling 'e göre aşağıdaki denklem sert küre akışkanının hal denklemi için iyi bir yaklaşımdır(Mathcad 7.0,1997).

$$\frac{P.V}{N.k.T} = \frac{1+y+y^2-y^3}{(1-y)^3}$$

$$y = \frac{\pi N.d^3}{6.V}$$

- Bu akışkanın sıkıştırılabilirlik faktörünü y 'nin fonksiyonu olarak grafiğini çiziniz
- Aynı zamanda sıkıştırılabilirlik değerini bu gazın hacim değeri ile alakasını gösteriniz.

$$y := 0, .01.. .90$$



Şekil 3.5 Sıkıştırılabilirlik faktörü

$$\frac{1 + y + y^2 - y^3}{(1 - y)^3}$$

$$\frac{\left(1 + \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot N \cdot \frac{d^3}{V} + \frac{1}{36} \cdot \pi^2 \cdot N^2 \cdot \frac{d^6}{V^2} - \frac{1}{216} \cdot \pi^3 \cdot N^3 \cdot \frac{d^9}{V^3}\right)}{\left(1 - \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot N \cdot \frac{d^3}{V}\right)^3}$$

$$\frac{\left[V^3 + \frac{\pi}{6} \cdot N \cdot d^3 \cdot V^2 + \left(\frac{\pi}{6}\right)^2 \cdot N^2 \cdot d^6 \cdot V - \left(\frac{\pi}{6}\right)^3 \cdot N^3 \cdot d^9\right]}{\left(V - \frac{\pi}{6} \cdot N \cdot d^3\right)^3}$$

$$b = \frac{\pi}{6} \cdot N \cdot d^3$$

$$\frac{(V^3 + b \cdot V^2 + b^2 \cdot V - b^3)}{(V - b)^3}$$

3.6 Problem 6

Bir A ve B ikili karışımında tepe üründeki A maddesi bileşimi yüzde 95, dip üründeki A bileşimi ise yüzde 0.05 tir. Bağlı uçuculuk katsayısı ise 1.5 tir. Denge eğrisi denkleminde yararlanarak gerekli raf sayısını bulunuz.

$\alpha = 1,5$ bağlı uçuculuk katsayısı

bottom:= 0,05 dip bileşimi (kompozisyonu)

top:= 0,95 tepe bileşimi (kompozisyonu)

Denge grafiği denklemi:

$$y(x) = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x}$$

Tekrarlı kademe hesabı:

$i = 1.. 100$

en fazla 100 kademe olarak

$x_1 = \text{botton}$

dipten baslar

$x_{i+1} = \text{until}(\text{top} - x_i, y(x_i))$

iterasyon (1 ilerleyerek yapılırsa)

$N = \text{last}(x) - 1$

gerekli kademe sayısı $N = 16$

$x_N = 0.958$

ulaşılan gerçek değer $i = 1..N$

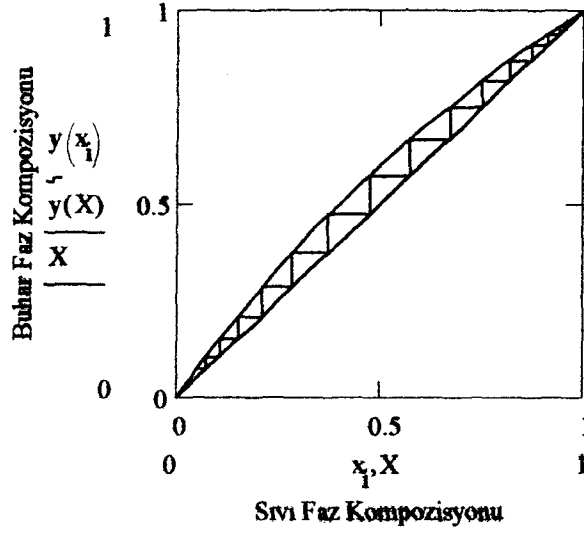
ulaşılan gerçek değer

$i = 1.. N$

$X = 0, 0.05.. 1$

Çizelge 3.2 Raflara göre konsantrasyon değerleri

i	x_i
1	0.050
2	0.073
3	0.106
4	0.151
5	0.210
6	0.286
7	0.375
8	0.473
9	0.574
10	0.669
11	0.752
12	0.820
13	0.872
14	0.911
15	0.939
16	0.958



Şekil 3.6 McCabe-Thiele Diyagramı

3.7 Problem 7

Amonyaga ait sabitleri kullanarak Van der Waals denkleminin çözülmesi ve burada Mathcad'in fonksiyonu, Mathcad lineer olmayan denklemleri çözmek için solve block denen bir yapıyı kullanır. Solve block Given komutu ile başlar ve çözülecek olan değişkenleri içeren Find ile son bulur. Mathcad, "solve block" başlamadan önce çözüm için bir başlangıç tahminine ihtiyaç duyar. Mathcad otomatik birim dönüşümü ile boyutsal değişkenlere izin verir ve sonuç herhangi istenen birimde tanımlanabilir.

Çözülecek denklem Van der Waals denklemdir.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = R \cdot T$$

Amonyak için geçerli olan sabitler kullanılarak çözüme başlanır

$$R := 0.08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{liter}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$$

$$T_c := 405.5 \cdot \text{K}$$

$$P_c := 111.3 \cdot \text{atm}$$

$$a = \frac{27}{64} \left(\frac{R^2 \cdot T_c^2}{P_c} \right)$$

$$a = 4.197 \cdot \text{mole}^{-2} \cdot \text{atm liter}^2$$

$$b = \frac{R \cdot T_c}{8 \cdot P_c}$$

$$b = 0.037 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{liter}$$

a- T ve P

$$P = 56 \cdot \text{atm}$$

$$T = 450 \cdot \text{K}$$

Solve block kullanılarak molar hacmin çözümü

İdeal gaz kanunu kullanılarak V'nin başlangıç değeri tahmini

$$V = \frac{R \cdot T}{P}$$

$$V = 0.659 \frac{\text{liter}}{\text{mole}}$$

Solve block başlangıcı

Given

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) \cdot (V - b) = R \cdot T$$

Çözülecek denklem

$$V = \text{Find}(V)$$

$$V = 0.575 \cdot \frac{\text{liter}}{\text{mole}}$$

Solve block sonu

$$Z := \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$Z = 0.872$$

b- Çözüm P_r cinsinden yeniden formüle edilir.

Hacim için başlangıç tahmini

Given

$$V = 0.6 \cdot \frac{\text{liter}}{\text{mole}}$$

Given

$$\left(P_r \cdot P_c + \frac{a}{V^2} \right) \cdot (V - b) = R \cdot T$$

$$V(P_r) := \text{Find}(V)$$

$$Z(P_r) := \frac{P_r \cdot P_c \cdot V(P_r)}{R \cdot T}$$

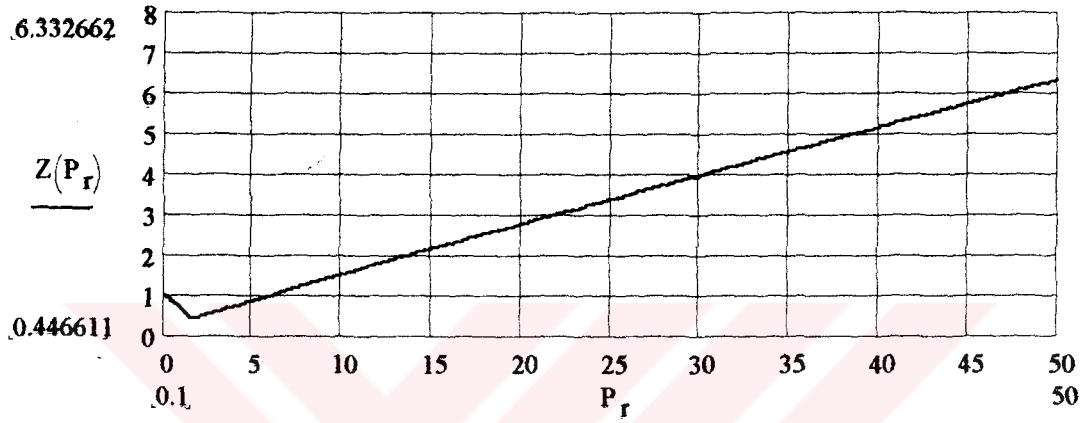
$$i = 1..5$$

Çizelge 3.3 P Z ve V değerleri

P_n	$Z(P_n)$	$V(P_n)$
1	0.704	0.234
2	0.466	0.077
4	0.731	0.061
10	1.533	0.051
20	2.783	0.046

c- molar hacim azalmış basıncın fonksiyonu olarak çizilirse

$$P_r = 0.1, 0.2, \dots, 50$$



Şekil 3.7 $Z(P_r)$ - P_r grafiği

3.8 Problem 8

Boru içinden akan bir sıkıştırılmaz akışkanın basınç kaybının hesaplanması:

Pürüzlülük faktörü e , 0.00004572 m ve iç çapı 0,1016 m olan bir borudan akan sıvının akış hızı $0.0189156 \text{ m}^3/\text{s}$ değerindedir. Aşağıdaki verileri de kullanarak bu akışkanın basınç kaybını hesaplayınız.

Değişkenler

e =Pürüzlülük faktörü

D =İç çap

$e = 0,00004572 \text{ m}$

$D = 0,1016 \text{ m}$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 2,3344 \text{ m}$$

$$\mu = 0,001 \text{ kg/m.s}$$

$$K = 0$$

$$\text{Re} := \frac{\rho \cdot D \cdot V}{\mu}$$

$$\text{Re} = 237166$$

$$\text{Re} > 2000$$

İterasyona başlanırsa;

$$f = 0,01$$

Given

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{e}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$$

$$f := \text{Find}(f)$$

$$f = 0.0183$$

$$K := 0.0$$

$$L_{\text{fittings}} = K \cdot \frac{D}{f}$$

$$L_{\text{fittings}} = 0$$

$$L_{\text{boru}} = 30.48$$

$$L := L_{\text{boru}} + L_{\text{fitting}}$$

$$L = 30.48$$

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{V^2}{2} \right)$$

$$h_f = 14.934$$

$$P := h_f \rho$$

$$P = 1.493 \times 10^4 \text{ Pa}$$

3.9 Problem 9

İki yapay göletten oluşan bir baraj sistemi kararlı durumda $100 \text{ m}^3/\text{dak.}$ ' lik bir debi ile beslemekte alt göletten de $100 \text{ m}^3/\text{dak.}$ ' lik bir debi ile su dışarı bırakılmaktadır. Her bir yüzeyin yüzey alanı 100 m^2 dir. Birinci gölet yüksekliği 5 m dir. İkinci göletin yüksekliği 10 m dir. 10 dakikadan sonra besleme debisi zamanla orantılı olarak azalır.

t(dak)	0	3	8	12	16	20
Fgiriş	100	85	60	40	20	0

20 dakika sonra alt göletten çıkan su debisini hesaplayalım.

$$f(t) := 100 - 5 \cdot t$$

$$h_k := 5$$

$$F_{\text{kararlı}} := 100$$

$$F_g(t) := f(t) - F_{\text{kararlı}}$$

$$F_g(t) := 100 - 5 \cdot t - 100$$

$$F_g(t) := -5 \cdot t$$

$$R_1 := \frac{h_k}{F_{\text{kararlı}}}$$

$$R_1 = 0.05$$

$$R_2 := \frac{10}{100}$$

$$R_2 = 0.1$$

$$\tau := A \cdot R$$

$$\tau_1 := 100 \cdot 0.05$$

$$\tau_1 = 5$$

$$\tau_2 = 100 \cdot 0.1$$

$$\tau_2 = 10$$

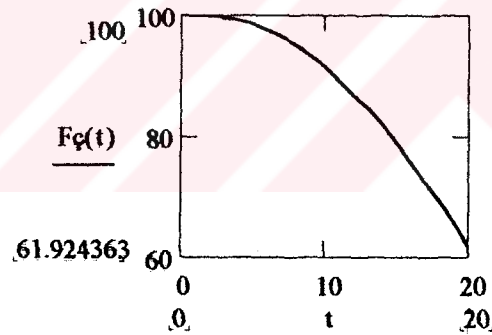
$$\frac{F\check{c}}{Fg(s)} = \left(\frac{1}{\tau_1 \cdot s}\right) \cdot \left(\frac{1}{\tau_2 \cdot s}\right)$$

$$\left(\frac{1}{5 \cdot s + 1}\right) \cdot \left(\frac{1}{10 \cdot s + 1}\right) \cdot \left(\frac{-5}{s^2}\right)$$

$$25 \cdot \exp\left(\frac{-1 \cdot t}{5}\right) - 100 \cdot \exp\left(\frac{-1 \cdot t}{10}\right) - 5 \cdot t + 75$$

$$t = 0..20$$

$$F\check{c}(t) = 25 \cdot \exp\left(\frac{-1 \cdot t}{5}\right) - 100 \cdot \exp\left(\frac{-1 \cdot t}{10}\right) - 5 \cdot t + 75 + 100$$



Şekil 3.8 F \check{c} (t)-t grafiği

Çizelge 3.4 $F_c(t)$ değerleri

100.00
99.985
99.885
99.638
99.201
95.544
97.649
96.506
95.115
93.476
91.595
89.483
87.149
84.604
81.861
78.932
75.829
72.566
69.153
65.602
61.924

3.10 Problem 10

$A + B \rightarrow L$ reaksiyonu çözelti fazında oluşmaktadır. Çalışma koşullarında hız denklemi r (mol/litre dakika) $0,1 \cdot [A] \cdot [B]$ değerindedir. Elimizde 500 litre hacminde tank tipi bir reaktör vardır. Hammaddelerimizin başlangıç konsantrasyonu $|A_0|=1$ mol/litre, $|B_0|=3$ mol/litre dir.

Bu reaktör aşağıdaki iki biçimde kullanılabilir:

a-) Kesikli olarak. Bu durumda doldurma süresi 30 dak, boşaltma süresi 40 dak'dır.

b-) Sürekli geri karıştırılmalı akışlı reaktör olarak

Her iki durumda reaksiyonun $x=0.5$ 'lik bir dönüşüm oranı ile gerçekleşmesi istenmektedir. Reaksiyona girmeyen A ve B atılmaktadır. Hammadde dışındaki giderler 5 milyon TL/saat'dir. 1 mol A 8000 TL, 1 mol B 5000 TL'dir. Hangi seçenekte L daha ucuza mal edilebilir? (Kadırgan, 1990)

$$A_0 = 0,1 \text{ mol/litre}$$

$$B_0 = 3 \text{ mol/litre}$$

$$x = 0,5$$

$$k = 0,1$$

$$V = 500 \text{ litre}$$

$$M = \frac{B_0}{A_0}$$

$$M = 3$$

Hammadde dışı giderler;

$$h = \frac{5000000}{60} \frac{\text{TL}}{\text{dak}}$$

$$h = 8.333 \times 10^4 \frac{\text{TL}}{\text{dak}}$$

$$1 \text{ mol A maliyeti } a = 8000 \frac{\text{TL}}{\text{litre}}$$

$$1 \text{ mol B maliyeti } b = 5000 \frac{\text{TL}}{\text{litre}}$$

1 mol L maliyeti : c

a-

$$t = \frac{\ln \left[\frac{(M - x)}{M \cdot (1 - x)} \right]}{A_0 \cdot (M - 1) \cdot k}$$

$$t = 2.554$$

t doldurma = 30 dakika

t boşaltma = 40 dakika

$$\tau = 30 + 40 + 2.554$$

$$\tau = 72.554 \text{ dakika}$$

$$v_o = \frac{V}{\tau}$$

$$v_o = 6,891 \frac{\text{litre}}{\text{dakika}}$$

$$F_I = A_o \cdot v_o \cdot x$$

$$F_I = 3.446$$

$$c = \frac{A_o \cdot v_o \cdot a + B_o \cdot v_o \cdot b + h}{F_I}$$

$$c = 7,018 \times 10^4 \frac{\text{TL}}{\text{mol}}$$

b-

$$\tau = \frac{A_o \cdot x}{k \cdot A_o \cdot (1 - x) \cdot (B_o - A_o \cdot x)}$$

$$\tau = 4 \text{ dakika}$$

$$v_o = \frac{V}{\tau}$$

$$v_o = 125 \frac{\text{litre}}{\text{dakika}}$$

$$F_v = v_o \cdot l \cdot x$$

$$F_v = 62,5 \frac{\text{mol}}{\text{dakika}}$$

$$c = \frac{A_o \cdot v_o \cdot a + B_o \cdot v_o \cdot b + h}{F_v}$$

$$c = 4,733 \times 10^4 \frac{\text{TL}}{\text{mol}}$$

Sürekli geri karıştırmalı akışlı reaktörde, L daha ucuza mal edilir

3.11 Problem 11

Sürüklenme katsayısı C_D 'nın Reynolds sayısına bağlı olarak ifadesi aşağıdaki if koşulu ile belirtilmiştir.

$$C_D(Re) := \text{if} \left(\text{Re} < 0.1, \frac{24}{Re}, \text{if} \left(\text{Re} < 1000, \frac{24}{Re} \cdot (1 + 0.14 \text{Re}^{0.7}), \text{if} \left(\text{Re} < 350000, 0.44, 0.19 - \frac{8 \cdot 10^4}{Re} \right) \right) \right)$$

a- sistemdeki fiziksel değerler şöyledir

tanecik çapı ve yoğunluğu

$$D_p := 0.208 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}$$

$$\rho_p := 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

akışkanın viskozitesi ve yoğunluğu

$$\mu := 8.931 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m sec}}$$

$$\rho := 994.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Re}(v_t) := \frac{D_p \cdot \rho \cdot v_t}{\mu}$$

$$v_t := 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Given

$$v_t = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_p - \rho) \cdot D_p}{3 \cdot C_D(\text{Re}(v_t)) \cdot \rho}}$$

$$v_t := \text{Find}(v_t)$$

$$v_t = 0.016 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$\text{Re}(v_t) = 3.656$$

b- g 'nin 30g olduğu durumda Reynolds

$$g := 30\text{-g}$$

$$v_t := 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Given

$$v_t = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_p - \rho) \cdot D_p}{3 \cdot C_D \cdot \text{Re}(v_t) \cdot \rho}}$$

$$v_t := \text{Find}(v_t)$$

$$v_t = 0.206 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$\text{Re}(v_t) = 47.723$$

3.12 Problem 12

Sürekli bir sistemde bir bakterinin üretimi söz konusudur. Başlangıç şartlarındaki ve sisteme beslenen akımdaki substrat konsantrasyonu 1 g/l'tir. Reaktöre beslenen akım 0,2 lt/saat'dir. Fermantör hacmi 1 lt 'dir ve bu mikroorganizma içinde monod üreme kinetiğinin geçerli olduğu kabul edilsin.

μ (s) özgül üreme hızı

$Y(s)$ substratın hücreye oranı

$Y(p)$ substratın üreme oranı

α (s) üreme katsayısı

β (s) hücrenin canlılığını koruma katsayısı

Bu veriler ve kullanacak sabitleri dikkate alarak zamana bağlı olarak hücre, substrat ve ürün konsantrasyonlarını bulunuz Bu ifadelerin zamana göre grafiğini çiziniz.

Çalışma koşulları;

$S_F = 1$ beslemedeki substrat konsantrasyonu (g/L)

$F = 0,2$ akış hızı (L/h)

$V = 1$ Fermantör hacmi (L)

Monod spesifik üreme hızı ifadesi

$$\mu(s) = \Phi(s) \cdot \frac{0.7 \cdot s}{0.02 + s}$$

$$\mu(s) = \text{if} \left(s \leq 0, 0, \frac{\mu_m \cdot s}{K + s} \right)$$

$$Y(s) = 0.5$$

$$Y_p = 0.15$$

$$\alpha(s) = 0.1$$

$$\beta(s) = \Phi(s) \cdot 0.02$$

$$v = 1$$

$$dxdt(x, s, p) = \left(\mu(s) - \frac{F}{V} \right) \cdot x$$

$$dsdt(x, s, p) = \frac{F}{V} \cdot (s_f - s) - \frac{1}{Y(s)} \cdot \mu(s) \cdot x - \frac{1}{Y_p} \cdot (\alpha(s) \cdot \mu(s) \cdot x + \beta(s) \cdot x)$$

$$dpdt(x, s, p) = \alpha(s) \cdot \mu(s) \cdot x + \beta(s) \cdot x - \frac{F}{V} \cdot p$$

$$y_{\text{initial}} = \begin{bmatrix} 0.342 \\ 0.00663 \\ 0.0463 \end{bmatrix}$$

$$\text{ydot}(t, \mathbf{y}) = \begin{bmatrix} \text{dxdt}(y_0, y_1, y_2) \\ \text{dsdt}(y_0, y_1, y_2) \\ \text{dpdt}(y_0, y_1, y_2) \end{bmatrix}$$

$$t_0 = 0$$

$$t_f = 10$$

$$N = 100$$

$$\text{yout} = \text{rkfixed}(\text{y_initial}, t_0, t_f, N, \text{ydot})$$

$$\mathbf{x} = \text{yout}^{\langle 1 \rangle}$$

$$\mathbf{s} = \text{yout}^{\langle 2 \rangle}$$

$$\mathbf{p} = \text{yout}^{\langle 3 \rangle}$$

$$x_N = 0.301$$

$$s_N = 7.83151 \cdot 10^{-3}$$

$$p_N = 0.0584$$

$$x_0 = 0.342$$

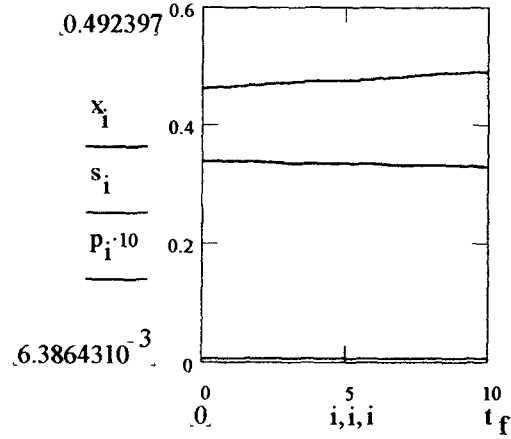
$$p_0 = 0.00663$$

$$i = 0..10$$

Verimlili

ürün için

$$\frac{v \cdot p_N - v \cdot p_0}{t_f} = 5.18103 \cdot 10^{-3}$$



Şekil 3.9 x_i , S_i , P_i - t_f grafiği

3.13 Problem 13

CO₂ için, 500 K sıcaklıkta moleküler hızın Maxwell dağılımının incelenmesi. Dağılım fonksiyonunun bir olduğunu gösteriniz

Moleküler hız değerine karşılık dağılım fonksiyonunun eğrisini çiziniz.

En olası hızın denklemini türev ile elde ediniz.

Aynı zamanda ortalama hız ifadesini türetiniz(Mathcad 7.0,1997).

CO₂ için 500K'de çözüm yapılırsa;

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$$

$$m = \frac{(12 + 2 \cdot 16) \cdot \text{gm}}{N_A}$$

$$T = 500 \cdot \text{K}$$

Boltzmann's sabiti

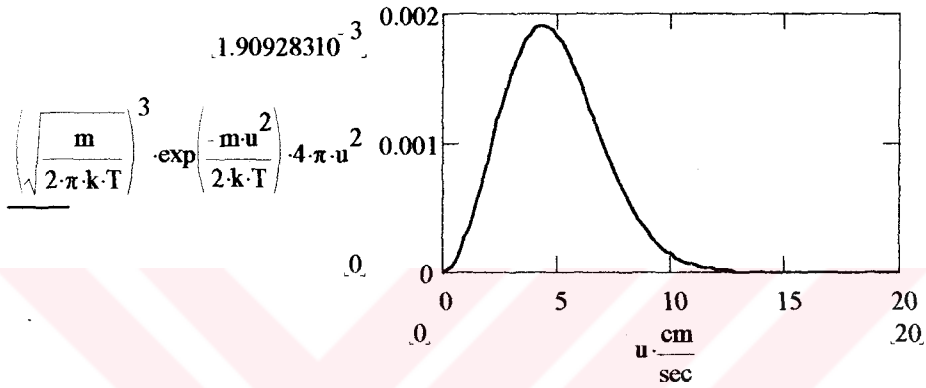
$$k = \frac{8.3145 \cdot \text{joule} \cdot \text{K}^{-1}}{N_A}$$

Üç boyutlu Maxwell dağılım fonksiyonu

$$\left(\frac{m}{2\pi \cdot k \cdot T}\right)^3 \cdot \exp\left(\frac{-m \cdot v^2}{2 \cdot k \cdot T}\right) \cdot 4 \cdot \pi \cdot v^2$$

Grafik

$$u = 0 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sec}}, 2000 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \dots 200000 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$



Şekil 3.10 Dağılım fonksiyonu eğrisi

İntegral değerinin bir olacağı şekilde dağılım fonksiyonu normal hale getirilmelidir.

$$ss := \int_{0 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sec}}}^{1 \cdot 10^6 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sec}}} \left(\frac{m}{2\pi \cdot k \cdot T}\right)^3 \cdot \exp\left(\frac{-m \cdot u^2}{2 \cdot k \cdot T}\right) \cdot 4 \cdot \pi \cdot u^2 \, du$$

$$ss = 1$$

en olası hız;

$$\left(\frac{m}{2\pi \cdot k \cdot T}\right)^3 \cdot \exp\left(\frac{-m \cdot v^2}{2 \cdot k \cdot T}\right) \cdot 4 \cdot \pi \cdot v^2$$

$$-\sqrt{2} \cdot \frac{m^{\left(\frac{5}{2}\right)}}{\left[\sqrt{\pi} \cdot k \cdot T^{\left(\frac{5}{2}\right)}\right]} \cdot v^3 \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right] + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{m^{\left(\frac{3}{2}\right)}}{\left[\sqrt{\pi} \cdot k \cdot T^{\left(\frac{3}{2}\right)}\right]} \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right] \cdot v$$

$$-\sqrt{2} \cdot m^{\left(\frac{3}{2}\right)} \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right] \cdot v \cdot \frac{(m \cdot v^2 - 2 \cdot k \cdot T)}{\left[\sqrt{\pi} \cdot k \cdot T^{\left(\frac{5}{2}\right)}\right]}$$

$$\left(\frac{m}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T}\right)^3 \cdot \exp\left(\frac{-m \cdot v^2}{2 \cdot k \cdot T}\right) \cdot 4 \cdot \pi \cdot v^3$$

$$\left[\frac{-1}{m} \cdot k \cdot T \cdot v^2 \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right] - \frac{2}{m^2} \cdot k^2 \cdot T^2 \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right]\right] \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{m^{\left(\frac{3}{2}\right)}}{\left[\sqrt{\pi} \cdot k \cdot T^{\left(\frac{3}{2}\right)}\right]}$$

$$\frac{-1}{\left(\sqrt{k} \cdot \sqrt{T}\right)} \cdot \exp\left[\frac{-1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{(k \cdot T)}\right] \cdot (m \cdot v^2 + 2 \cdot k \cdot T) \cdot \frac{\sqrt{2}}{\left(\sqrt{m} \cdot \sqrt{\pi}\right)}$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot T}{\pi \cdot m}} \cdot 2$$

CO₂ için 500K de

$$s = \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot T}{\pi \cdot m}} \cdot 2$$

$$s = 490.509 \cdot m \cdot \text{sec}^{-1}$$

3.14 Problem 14

%61 mol benzen ve %39 mol toluen içeren doygun buhar beslemesi 10 mol/dak olarak kolona 1 atm mutlak basınçta beslenmektedir. Tepe üründe %90 mol benzen ,dip üründe ise %9.9961 mol benzen bulunmaktadır. Besleme durumunu belirten q değeri 0.16 dır. Tepe ürün (D) ve dip ürün (B) miktarlarını mol/dak olarak hesaplayınız. Ayrıca, minimum geri akış ve gerçek geri akış oranlarını hesaplayınız. Gerekli teorik raf sayısını bulunuz.

Bağıl uçuculuk katsayısı 2.3345 tir.

Denge eğrisi için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$\alpha = 2.3345$$

$$y_e(x_e) = \frac{\alpha \cdot x_e}{1 + (\alpha - 1) \cdot x_e}$$

Given

$$F = 10 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$z_f = 0,61 \text{ beslemedeki benzen bileşimi}$$

$$x_d = \%90 \text{ tepe üründeki benzen bileşimi}$$

$$x_b = \% 9,9961 \text{ dip üründeki benzen bileşimi}$$

$$q = 0,16$$

Isı ve Kütle Dengesi

Distilat;

$$D = \frac{F \cdot (z_f - x_b)}{(x_d - x_b)}$$

$$D = 6.3752 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$B = F - D$$

$$x_d \cdot D + x_b \cdot B = F \cdot z_f$$

$$B = F - D$$

Tepe Ürün

$$B = 3.6248 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

Minimum geri akış koşulları için çözüm;

$$x_i = 0.5$$

Given

$$y_e(x_i) = \frac{q}{q-1} \cdot x_i - \frac{z_f}{q-1}$$

$$x_i = \text{find}(x_i)$$

$$y_i = y_e(x_i)$$

$$y_i = 0.6432$$

$$R_{\min} = \frac{x_d}{x_d - x_d \cdot \frac{x_d - y_i}{x_d - x_i}} - 1$$

$$R_{\min} = 1.2378$$

$$x = 0, 0.05 \dots 1$$

$$L_r = R_{\min} D$$

$$L_r = 7.8911 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$V_r = L_r + D$$

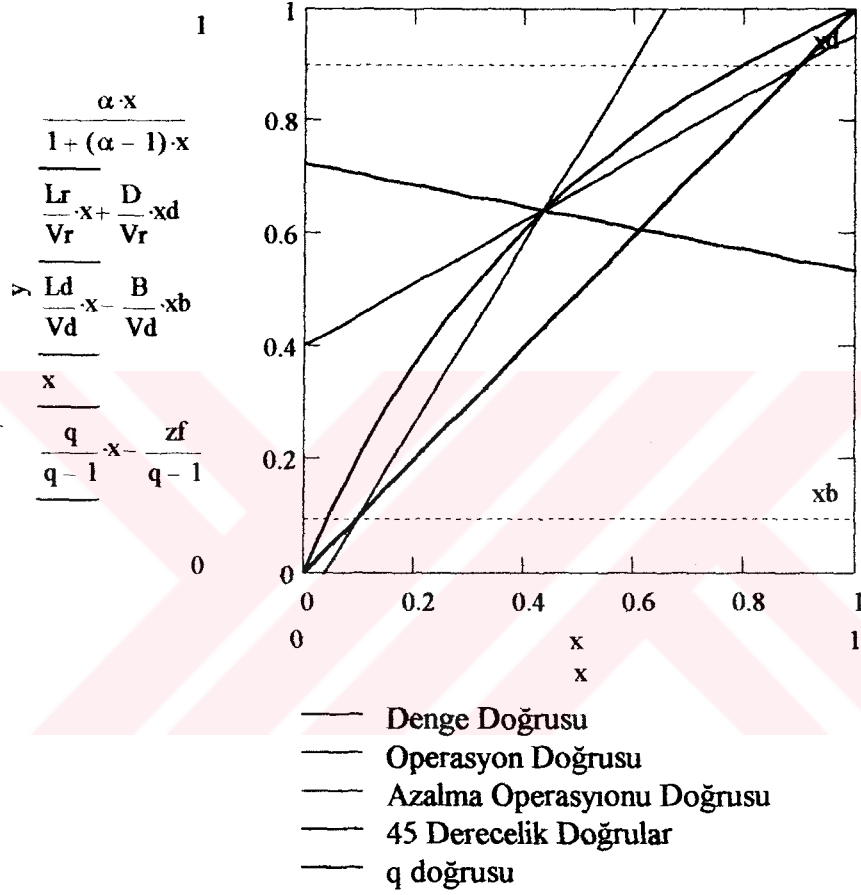
$$V_r = 14.2662 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$L_d = F \cdot q + L_r$$

$$L_d = 9.4911 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$V_d := F \cdot (q - 1) + V_r$$

$$V_d = 5.8662 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$



Şekil 3.11 Denge ve çalışma eğrisi

Gerçek geri akış oranı hesaplaması

$$R_r := 1.9$$

$$R_{\min} = 1.2378$$

$$V_r := D \cdot (R_r + 1)$$

$$L_r := V_r \cdot \left(\frac{R_r}{R_r + 1} \right)$$

$$Ld := F \cdot q + Lr$$

$$Vd := F \cdot (q - 1) + Vr$$

$$i := 0..200$$

$$xp_0 := xd$$

$$yp_0 = xd$$

$$xq := \frac{\frac{D \cdot xd}{Vr} + \frac{B \cdot xb}{Vd}}{\frac{Ld}{Vd} - \frac{Lr}{Vr}}$$

$$yq := \frac{Lr \cdot xq + D \cdot xd}{Vr}$$

$$\begin{bmatrix} yp_{i+1} \\ xp_{i+1} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} \text{if}(xp_i > xq, \frac{Lr \cdot xp_i + D \cdot xd}{Vr}, \frac{Ld \cdot xp_i - B \cdot xb}{Vd}) \\ \frac{yp_i}{\alpha - (\alpha - 1) \cdot yp_i} \end{bmatrix}$$

$$Vf_1 := \Phi(xp_1 - xq)$$

$$Nf := \frac{\sum Vf + 1}{2}$$

$$Vn_1 := \Phi(xp_1 - xb)$$

$$Nt := \frac{\sum Vn + 1}{2}$$

$$Vr = 18.4880 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$Lr = 12.1128 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

$$\text{MW} \approx 1 \quad \text{bar} \approx 10^5 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{kJ} \approx 1000 \cdot \text{joule}$$

$$R_g \approx 8.314510 \cdot \frac{\text{J}}{\text{MW} \cdot \text{gm} \cdot \text{K}}$$

$$\text{mol} \approx \text{MW} \cdot \text{gr}$$

$$\text{kgmol} \approx \text{mol} \cdot 1000$$

$$\text{cP} \approx 10^{-2} \cdot \text{poise}$$

$$\mu\text{P} \approx 10^{-6} \cdot \text{poise}$$

$$\text{s} \approx \text{sec}$$

$$\text{lt} \approx \text{liter}$$

$$\text{N} \approx \text{newton}$$

$$\text{mmHg} \approx \text{in}_\text{Hg} \cdot 25.4$$

4. SONUÇLAR

Mathcad bilgisayar programı çok çeşitli problemlerin çözümünde birçok kolaylık sağlamaktadır. Kimya Mühendisliği problemlerinin de büyük çoğunluğu Mathcad programı vasıtasıyla rahatlıkla çözülebilmektedir.Çözüm uygun şekilde yapıldığı takdirde sonuçlarda hata çıkmamaktadır. Kimya mühendislerinin yoğun çalışmalarında Mathcad paket programını kullanmaları iyi bir tercih olacaktır.



KAYNAKLAR

- Aydın, A., (1998), Akışlar Mekaniği, İ.Ü Yayınevi, İstanbul
- Ekinci, E. ve Okutan, H., (1987), Kütle İletimi, İ.T.Ü Yayınevi, İstanbul
- Fogler, H.S. ,(1992), 'Elements of Chemical Reaction Engineering,' 3.baskı,Prentice-Hall International, Michigan
- Gürüz, K., (1986), Kimya Mühendisliği Termodinamiği, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara
- Hines, A.L ve Maddox, R.N., (1987) Transferencia De Masa, Fundamentos Apylicaciones, Prentices Hall, Mexico
- Kadırgan, N., (1990) 'Kimyasal Reaktör Tasarımına Giriş', TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul
- Kakaç, S., (1976), Isı Transferine Giriş, O.D.T.Ü, Ankara
- Mathcad 7.0, Professional.(1997), Mathsoft Inc.
- Örs, Haluk (1994) 'Akışkanlar Mekaniği', Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul
- Uysal, M. VE Karakoca, A., (1997) Mathcad 6.0 ve Mathcad Plus 6.0 Kullanıcı Rehberi, Beta Basım Yayınevi, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 30.08.1977

Doğum yeri Malatya

Lise 1991-1994 Pertevniyal Lisesi

Lisans 1994-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalürji

Fak. Kimya Müh. Bölümü

1996- Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalürji

Fak. Matematik Müh. Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2001

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri

