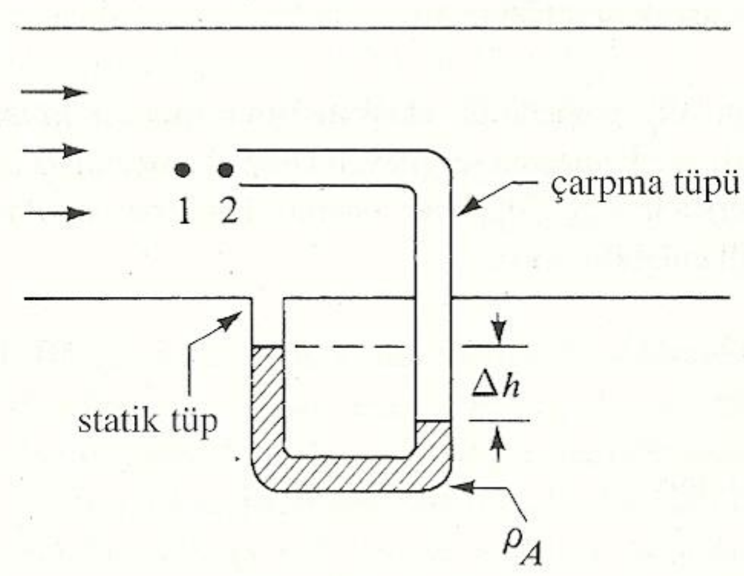
Akışkanların akışının ölçülmesi

- Herhangi bir gıda fabrikasına giren veya terk eden maddenin miktarının ölçülmesi prosesleri kontrol edebilme açısından büyük önem taşır.
- Bir çok farklı tipte cihazlar, akışkanın akışını ölçmekde kullanılır.
- En yaygın akış ölçerler:
  - **Pitot Tüpü**
  - **Venturimetre**
  - **Orifismetre**

Pitot Tüpü

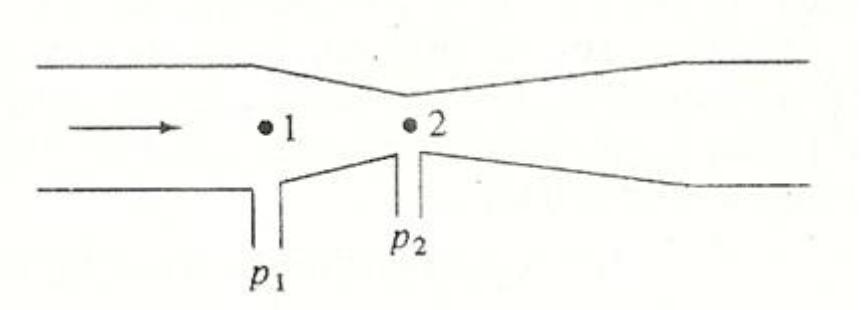
- Pitot tüpü, bir boru içerisinde ortalama hızı değilde, belli bir nokatdaki yerel hızı ölçmekde kullanılır.
- Akışkan 2 noktasına doğru akar, bu noktada basınç artar ve daha sonra akışkanın hızı sıfır olur. Bu nokta durgunluk noktası diye adlandırılır.
- Hızdaki azalma, basınçtaki yükselme-ye eşit olur.



(a)

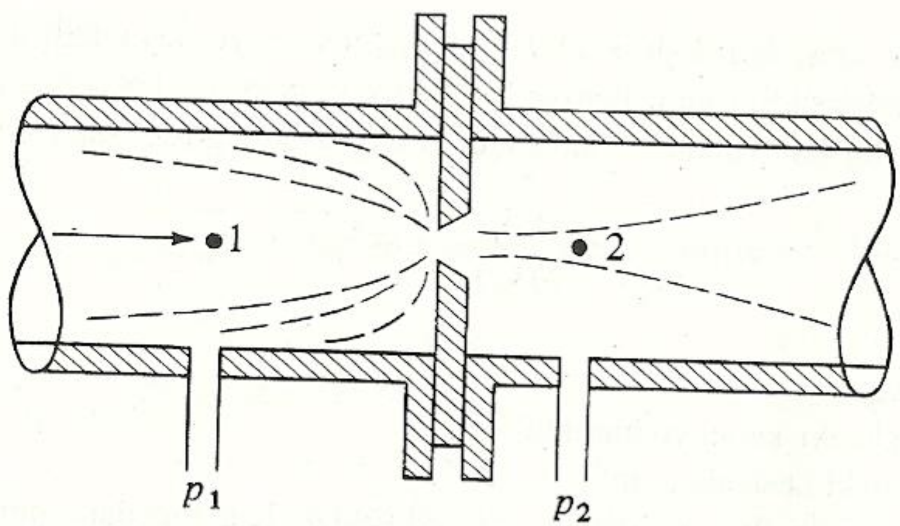
Venturimetre

- Genellikle boru hattına yerleştirilir. Gösterilen iki nokta arasına manometre bağlanır ve aradaki basınç farkı ölçülür.



Orifismetre

- D_0 çapında bir deliğe sahip olan bir levha borunun içerisine şekildeki gibi yerleştirilir. Gösterilen iki nokta arasındaki farkı ölçülür.



Şekil 3.2-4. *Orifis akış ölçer.*

Örnek

- Bir pitot tüpü 600 mm çapındaki dairesel bir borudaki hava akışını ölçmek için kullanımaktadır. Akan havanın sıcaklığı 65.6 °C'dir. Pitot tüpü borunun merkezine yerleştirilmiş olup manometredeki Δh 10.7 mm su'dur. Pitot tüp katsayısı 0.98 olarak verildiğine göre merekz noktasındaki hızı hesaplayınız.

Örnek

- 0.0566m çapında orifis, 0.1541 m çapındaki bir borunun içerisine yerleştirilmiştir. Boru içerisinden yoğunluğu 878 kg/m^3 ve viskozitesi 4.1 cp olan yağ akmaktadır. Orıfis boyunca ölçülen basınç farkı 93.2 kN/m^2 olduğuna göre hacimsel akış hızı (m^3/s) cinsinden nedir? (C_0 = 0.61 varsayınız)

POMPALAR

- Mekanik enerji dengesini kullanarak farklı sistemler için gerekli pompaların gücünü hesaplamayı öğrenmiştik.
- Bu dersde de kısaca pompa çeşitlerini görelim.
- Pompa kapalı bir sistem içerisinde veya boru içinde bir akışkanın bir noktadan başka bir noktaya akmasını sağlamak için kullanılır.

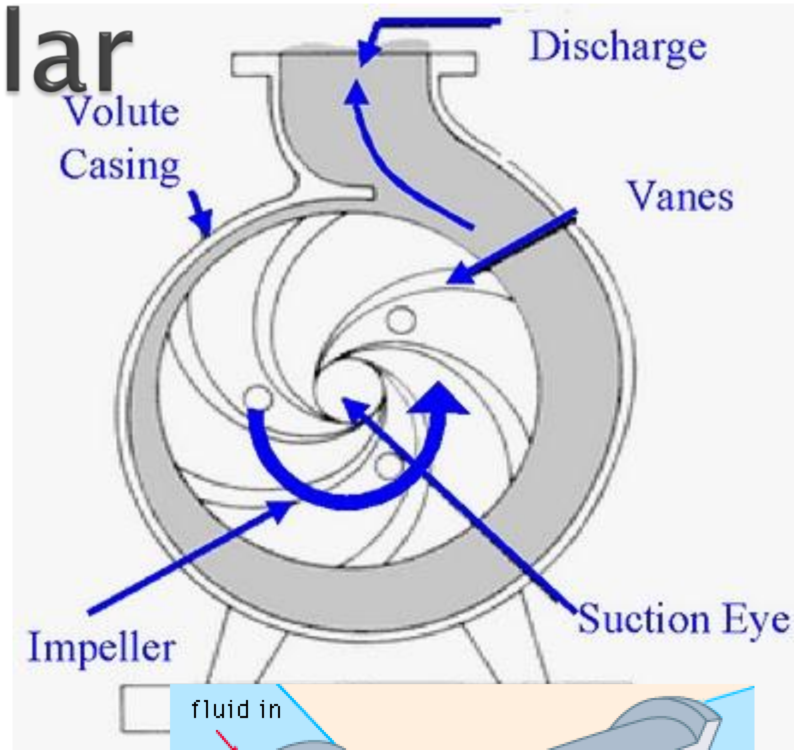
- Sisteme enerji ilave etmenin en yaygın yöntemleri pozitif yer değiştirme veya merkezkaç kuvvetinin kullanımıyla olur.
- Çoğu pompa elektirik motoru ile çalıştığı için, elektirik motorunun etkinliği (verimi) motora verilen toplam gerçek gücü hesaplamada dikkate alınmalıdır. (%55-%95)

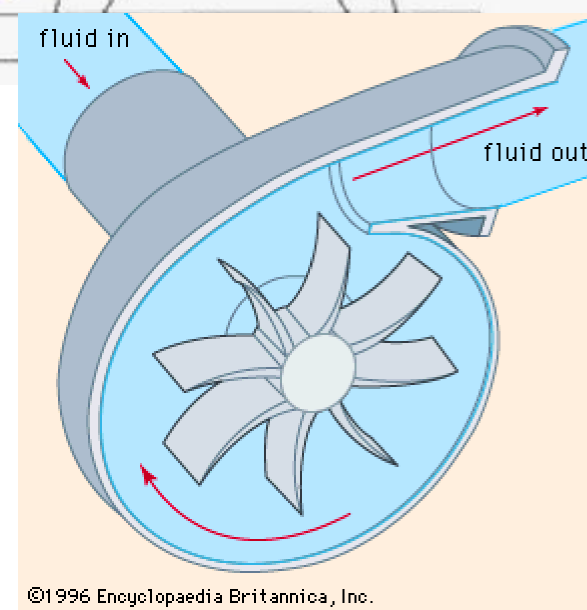
- Pompaları çok değişik şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bunlardan en önemli iki tanesi

1) Merkezkaç pompalar (centrifugal pumps)
2) Pozitif yer değiştirme pompaları (positive displacement pumps)

Merkezkaç pompalar

- Merkezkaç pompalar gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılır.
- 0.0042-380 m^3/dak
- 5000kPa basma basıncına kadar çıkabilirler.
- En basit şekilde bir gövde içinde dönen pervaneden oluşur.





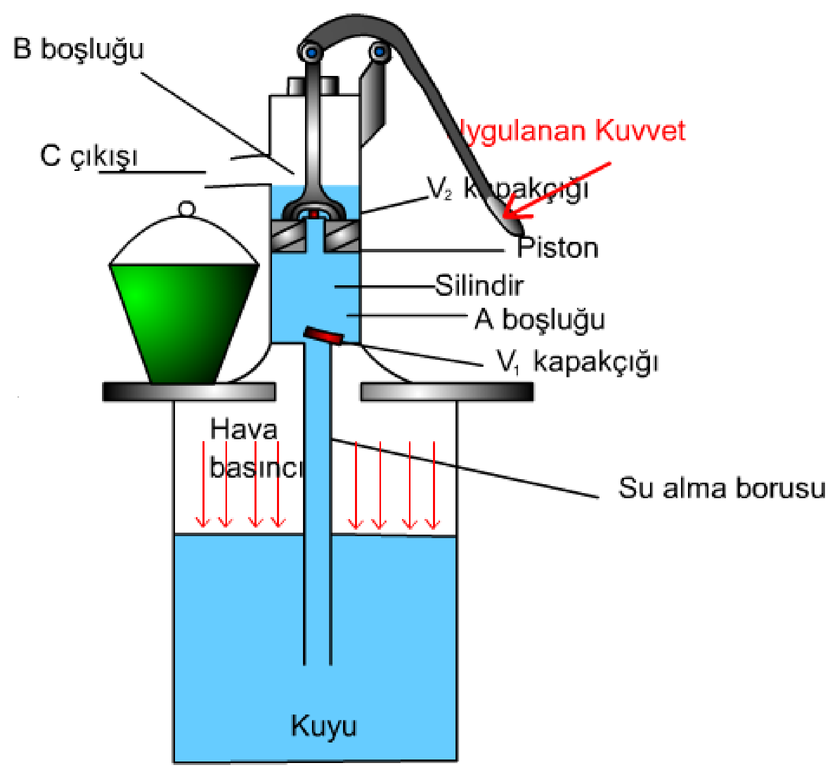
Pozitif yer değiştirme pompaları

- Bu tür pompalarda sıvının belirli bir hacmi, bir bölme içine çekilir ve daha sonra daha yüksek basınçta bölme dışına itilir.
- Pozitif yer değiştirme pompaları iki ana katogoride toplanabilir

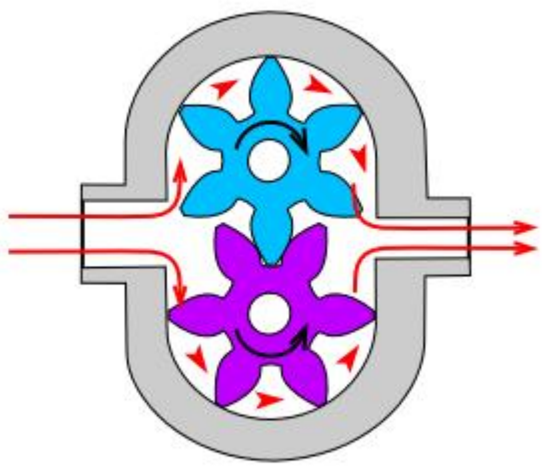
1) Pistonlu pompa (reciprocating pumps)
2) Döner pompa (rotary pump)

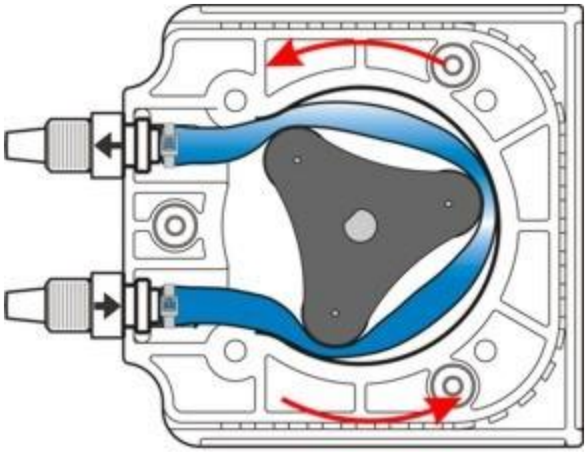
Pozitif yer değiştirme pompaları

- Pistonlu pompalar:Bölme sabit bir silindirdir. Sıvı hazneye bir pistonun çekilmesi ile alınır daha sonra pistonun geri hareketi ile dışarı atılır.



- Döner pompa: Pompa içerisindeki bölme pompanın girişinden çıkışına doğru hareket eder ve tekrar geri döner.
- Dişli döner pompada, biri birine geçmiş iki dişli döner bulunur. Sıvı dişler arasında hapsedilir ve daha sonra dışarı atılır.





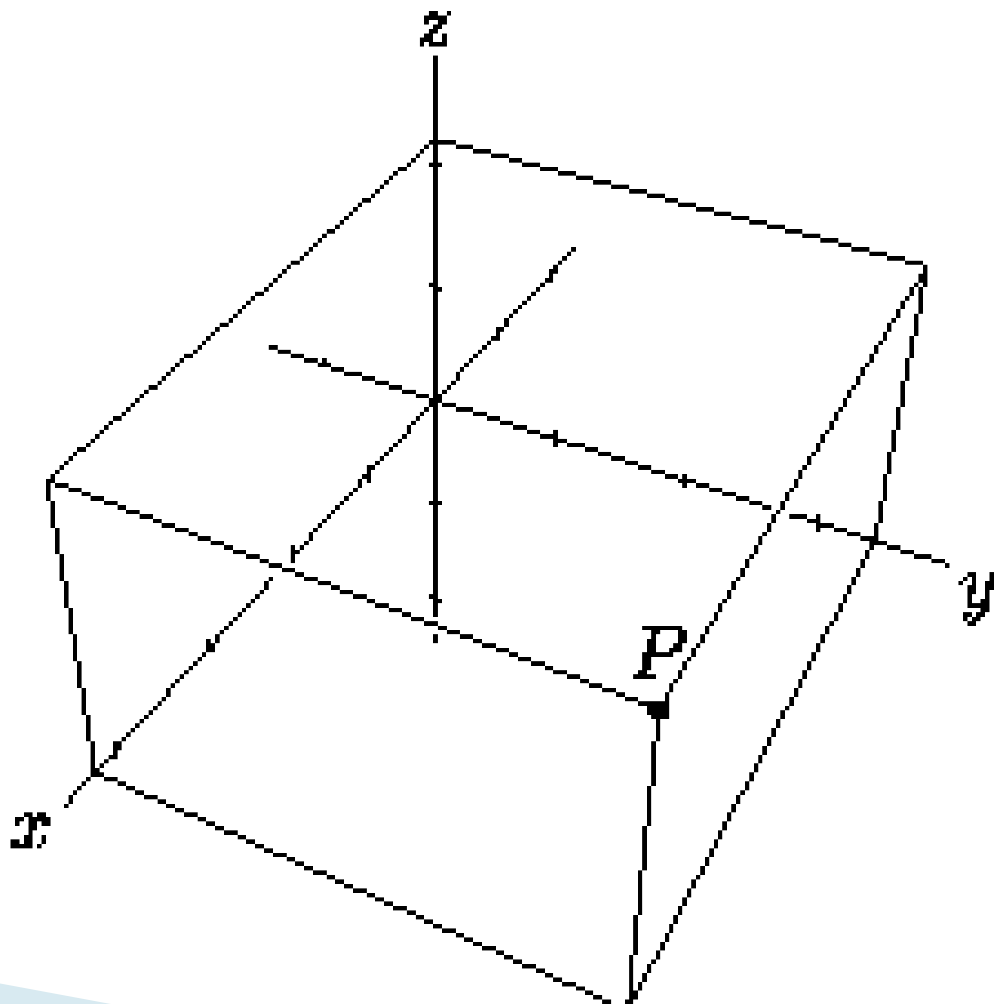
Peristaltik pompa

Diferansiyel Süreklilik Eşitlikleri

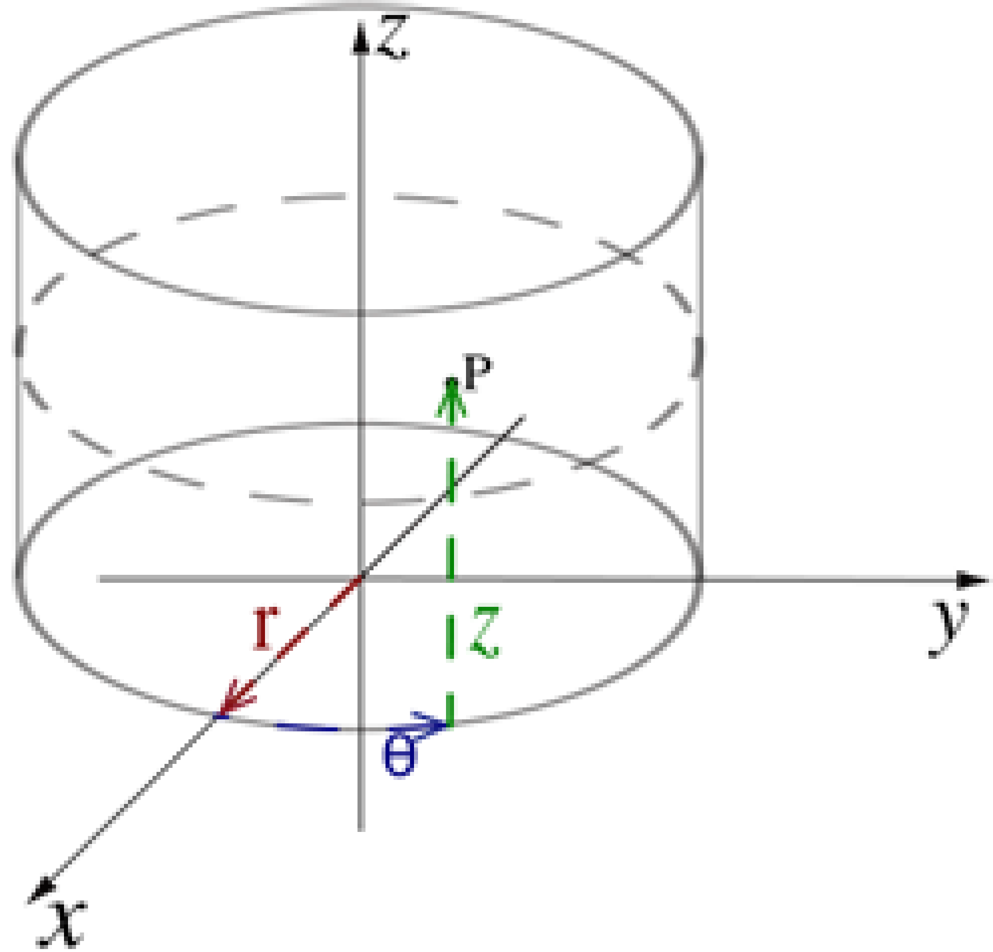
- Kütlenin korunumu ile ilgili eşitliğe aynı zamanda süreklilik eşitliğide denir.
- Kitabın II. kısmında genel kütle, enerji ve momentum eşitlikleri kurmayı ve sistemin bütününe bakmayı öğrendiniz. Bu tür sistemlerde kontrol hacim sistemin bütünüdür ve kontrol hacmin içerisinde olan aktarımla ilgilenilmez.
- Shell (kabuk) dengesinde ise bir diferansiyel element için hız profilini nasıl türeticeğimizi öğrendik.

- Diferansiyel denklikler bir bakıma kabuk denkliklerine benzer. Fakat kabuk denkliği gibi her yeni problem için yeni bir denge kurmak yerine genel bir diferansiyel denklem kurulur.
- Genel diferansiyel eşitlikleri karşınıza çıkabilecek her türlü yeni durum ve yeni problem için sadeleştirmeler yapılarak uygun hale getirilebilir.

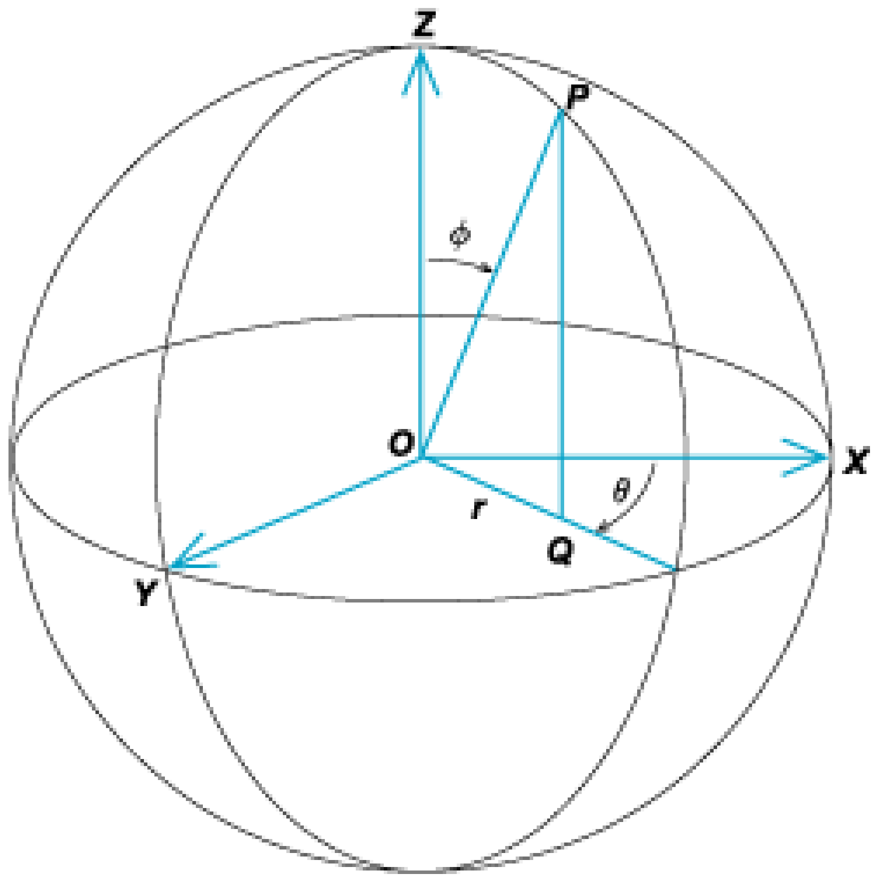
Kartezyen Koordinat Sistemi



Silindirik Koordinat Sistemi



Küresel Koordinat Sistemi



Diferansiyel Hareket Eşitlikleri

- Süreklilik eşitlikleri = Kütlenin Korunumu
- Hareket eşitlikleri = Momentum Korunumu

Hareket eşitliği:

Kontrol hacmine etki eden kuvvetlerin toplamı
= momentum çıkış hızı−momentum giriş hızı
+ momentum birikim hızı

Kontrol hacmine etki eden kuvvetlerin toplamı =

(momentum çıkış hızı-momentum giriş hızı)+

Momentum birikim hızı

Basınç Kuvvetleri	+	Yerçekimi Kuvvetleri	=	Konvektif Aktarımla Mom. Çıkış Hızı	−	Konvektif Aktarımla Mom. Giriş Hızı	+	Moleküler Aktarımla Mom. Çıkış Hızı	−	Moleküler Aktarımla Mom. Giriş Hızı	+	Momentum birikim hızı

- Süreklilik eşitliğinde olduğu gibi tüm yönlerde (x,y,z) sisteme konvektif ve moleküler aktarımla giren ve çıkan momentum hızları dikkate alınır.
- Tüm yönlerden sisteme etki eden kuvvetler dikkate alınır.
- Kitabınızda sayfa 188-190 arasını inceleyin.

- Akışkanın yoğunlu ve viskozitesi sabit olduğu kabul edilirse diferansiyel hareket eşitliği NAVIER-STOKES eşitliği adını alır.

Kartezyen Koordinatlarda Diferansiyel Hareket Eşitliği

- Yoğunluk ve viskozitesi sabit Newtonian Akışkanlar için:

$$\rho\left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}\right) = \mu\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2}\right) - \frac{\partial p}{\partial x} + \rho g_x$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_y}{\partial z}\right) = \mu\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2}\right) - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho g_y$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z}\right) = \mu\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2}\right) - \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z$$

Silindirik Koordinatlarda Diferansiyel Hareket Eşitliği

- Yoğunluk ve viskozitesi sabit Newtonian Akışkanlar :

$$\rho\left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z\frac{\partial v_r}{\partial z}\right)$$

$$= -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial (r v_r)}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2}\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2}\right] + \rho g_r$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z\frac{\partial v_\theta}{\partial z}\right)$$

$$= -\frac{1}{r}\frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial (r v_\theta)}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2}\frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2}\right] + \rho g_\theta$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)$$

$$= -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v_z}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2}\right] + \rho g_z$$

Küresel Koordinatlarda Diferansiyel Hareket Eşitliği

- Yoğunluk ve viskozitesi sabit Newtonian Akışkanlar için:

$$\rho\left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{v_\phi}{r\sin\theta}\frac{\partial v_r}{\partial \phi} - \frac{v_\theta^2 + v_\phi^2}{r}\right)$$

$$= -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu\left(\nabla^2 v_r - \frac{2}{r^2}v_r - \frac{2}{r^2}\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} - \frac{2}{r^2}v_\theta\cot\theta - \frac{2}{r^2\sin\theta}\frac{\partial v_\phi}{\partial \phi}\right) + \rho g_r$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_\phi}{r\sin\theta}\frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} + \frac{v_r v_\theta}{r} - \frac{v_\phi^2\cot\theta}{r}\right)$$

$$= -\frac{1}{r}\frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu\left(\nabla^2 v_\theta + \frac{2}{r^2}\frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta}{r^2\sin^2\theta} - \frac{2}{r^2}\frac{\cos\theta}{\sin^2\theta}\frac{\partial v_\phi}{\partial \phi}\right) + \rho g_\theta$$

$$\rho\left(\frac{\partial v_\phi}{\partial t} + v_r\frac{\partial v_\phi}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} + \frac{v_\phi}{r\sin\theta}\frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} + \frac{v_\phi v_r}{r} + \frac{v_\theta v_\phi}{r}\cot\theta\right)$$

$$= -\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial p}{\partial \phi} + \mu\left(\nabla^2 v_\phi - \frac{v_\phi}{r^2\sin^2\theta} + \frac{2}{r^2\sin\theta}\frac{\partial v_r}{\partial \phi} + \frac{2\cos\theta}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial v_\theta}{\partial \phi}\right) + \rho g_\phi$$

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial \theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\left(\frac{\partial^2}{\partial \phi^2}\right)$$

- Daha önceden de belirtildiği üzere süreklilik ve hareket eşitliklerinin amacı her probleme uygulanabilecek **genel bir denklem türetmek** ve belirtilen özel problem için gereksiz terimleri bertaraf edip denklemi sadeleştirerek seçilen **sisteme uygun hale getirmektir.**

Örnek

- Yoğunluğu,viskozitesi sabit olan bir Newtonian akışkan sadece yatay x yönünde, kararlı halde iki paralel plaka arasında akmaktadır. Akış tipi laminer olup, plakalar arası dikey uzaklık $2y_0$'dır. Navier-Stokes denklemlerini kullanarak akışkanın bu plakalar arasındaki hız profili denklemini yazınız.
- $\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\Delta P}{\Delta L}$ alınız
- Sınır koşullarından bir tanesi $y=0$'da $dV_x/dy=0$

Örnek

- R yarıçaplı yatay bir tüp içinde, akışkanın tüp girişinden uzakta olduğu, kararlı hal için Navier Stoke eşitliklerini kullanarak hız profilini çıkarınız. Akışkan sıkıştırılamayan, sabit viskozitesi olan newtonian bir akışkandır. Akış sabit basınç farkında (ΔP), tek yönde (z yönünde) akmaktadır.

$$\frac{\partial P}{\partial z} = (sabit\ kabul edip)\frac{\Delta P}{\Delta L}\ ye\ esit\ alin.$$