

Ege Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Akışkanlar Mekaniği Ders Notu

Ders01-Konu: **Akışkanlar Mekaniğinin Temel Kavramları**

Prof.Dr.Hüseyin GÜNERHAN

<https://www.huseyingunerhan.com/>

Bu ders notu Dr.Hüseyin GÜNERHAN tarafından hazırlanmış ve her sayfası izinsiz kopyalamaya ve çoğaltmaya karşı notere tasdik ettirilmiştir. Ders notunun tüm hakları saklıdır. Ders notunun fotokopi ile çoğaltılıp-ciltletilmesi için yazarından yazılı olarak izin alınması zorunludur.

Bu ders notu, kitap değildir ve yazarın özgün fikirlerini içermektedir. Kaynaklardan alınan bilgiler için kaynak isimleri her bölümün "özet bilgiler" kısmında verilmiştir.

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ NEDİR?

Maddeye etkiyen kuvvetleri ve maddenin hareketini inceleyen mekanik bilimi, katılar mekaniği ve akışkanlar mekaniği olarak ikiye ayrılır. Katı cisimlerin molekülleri arasında güçlü bağlar olduğu için bu cisimler, etkisi altında oldukları gerilmelerin elastiklik sınırı olarak bilinen değerine kadar elastik, daha sonra plastik şekil değiştirmeye uğrar ve gerilme kopma sınırına ulaştıkça koparlar. Elastiklik ve kopma sınırı her cisim için farklı değerdedir. Hava ve su gibi cisimler, dış etkenlerin etkisiyle uğradıkları küçük bir kayma gerilmesinin etkisiyle bile, gerilme etkilediği sürece sürekli ve sınırsız şekil değiştirirler. Böyle cisimlere akışkan denir. Katı cisimlere kıyasla akışkan, *elastiklik sınırı sıfır ve kopma limiti sınırı sonsuz* olan bir cisim olarak nitelendirilebilir. Akışkanlar, basınç altında hacim değiştirmeleri açısından sıvılar ve gazlar olarak ikiye ayrılırlar. Sıvılardaki moleküllerin çekim kuvvetleri, gazlara kıyasla daha fazla olduğu için, basınç etkisiyle hacimleri güçlkle değişir. Sıvı molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri, sıvı-gaz molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinden daha büyük olduğu için, gaz ortamlarla karışmazlar. Gazların molekülleri arasındaki zayıf çekim kuvvetleri nedeniyle hacimleri kolayca değişir. Örneğin, gazlar içine kondukları kabın hacmine bağlı olmadan kabın içini tamamen doldururlar.

Akışkanlar mekaniği, uygulamalı mekaniğin bir dalı olup sıvıların ve gazların statik ve dinamik ile ilgilidir. Akışkanlar mekaniği, akışkan hareketlerini ve bu hareketleri yaratan ya da bu hareketler sonucunda ortaya çıkan hız, basınç, kuvvet, enerji ve bunun gibi fiziksel etkileri inceler. Akışkanlar mekaniği üç ana bölüme ayrılır:

1. Duran akışkanların incelendiği hidrostatik,
2. Kuvvetleri göz önüne almadan hız, ivme gibi büyüklüklerin incelendiği kinematik,
3. Hareketin oluşumunun etkiyen kuvvetlerle birlikte incelendiği hidrodinamik.

Akışkanlar mekaniğinde problemlerin çözümünde kuramsal ve deneysel yöntemler kullanılır. Kuramsal yöntemlerle incelenen fiziksel olayın uyduğu genel fizik yasalarının matematik ifadeleri bulunur ve elde edilen denklemler sınır koşullarına göre çözülür. Olayın benzeri, deneysel yöntemlerle laboratuvarında yapılan fiziksel modelde incelenerek, aranan büyüklüğün saptanmasına çalışılır. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, akışkanlar mekaniğinde problemlerin çözümünde başlangıçta kuramsal çalışmalara dayalı bir matematik model kurulur. Bu model, incelenen olayın fiziksel oluşumuna uygun kabuller yapılarak basitleştirilir ve çözülür.

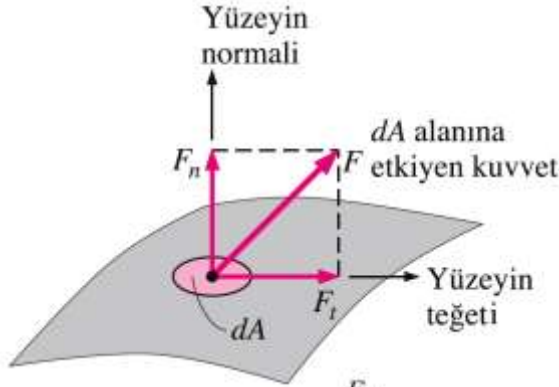
(Kaynak: M. Berkün, *Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik, Literatür, 2010, İstanbul*).

KAVRAMLAR-ÖZET BİLGİLER

Sıvı ve gaz fazındaki maddeler **akışkan** olarak isimlendirilir. Sıvılar, büyük iççekim kuvvetleri etkisi ile birbirlerine çok yakın kümelenmiş moleküllerden oluşur ve kendi hacimlerini korurlar. Üst taraflarından sınırlanmadıkça yerçekimi etkisi ile **serbest akışkan yüzeyi** oluştururlar. Gaz molekülleri arasındaki uzaklık, küçük iççekim kuvvetleri nedeniyle çok büyüktür ve gazlar içinde buldukları bölgeyi kapsayana kadar genişlerler. Gazlar belirli bir hacme sahip değildir ve buldukları hacim katı yüzeyler ile çevrili değilse hidrostatik bir ortam oluştururlar. Gazlar serbest akışkan yüzeyi oluşturmazlar. Bunun için gaz akışlarında doğal dolaşım dışında yerçekimi etkileri çoğunlukla dikkate alınmaz.

Katı ile akışkan arasındaki fark, üzerlerine uygulanan **kayma gerilmesine** (teğetsel gerilmeye) karşı gösterdikleri tepki ile belirlenir. Bir katı cisim, kayma gerilmesi etkisi altında bir miktar şekil değişimine uğrayabilir bunun yanında akışkana etkileyen kayma gerilmesinin şiddeti ne kadar küçük olursa olsun akışkan hareket eder. Kayma gerilmesinin uygulandığı süre boyunca akışkan devamlı hareket eder ve şekil değiştirir. Hareketsiz bir akışkan kayma gerilmesi taşımaz ama hidrostatik gerilme barındırır.

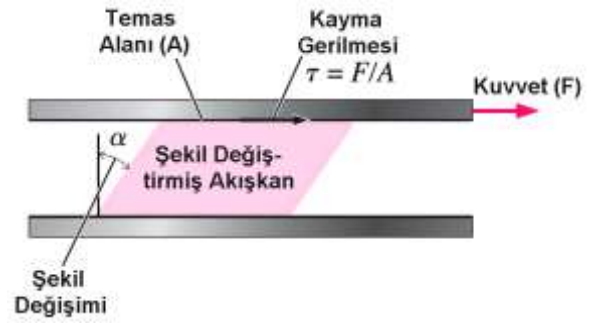
Bir yüzeyin birim alanına etkileyen kuvvetin dik bileşenine **normal gerilme**, teğetsel bileşenine de **kayma gerilmesi** denir. Durgun akışkanlarda normal gerilme **basınç** olarak adlandırılır.



$$\text{Normal gerilme: } \sigma = \frac{F_n}{dA}$$

$$\text{Kayma gerilmesi: } \tau = \frac{F_t}{dA}$$

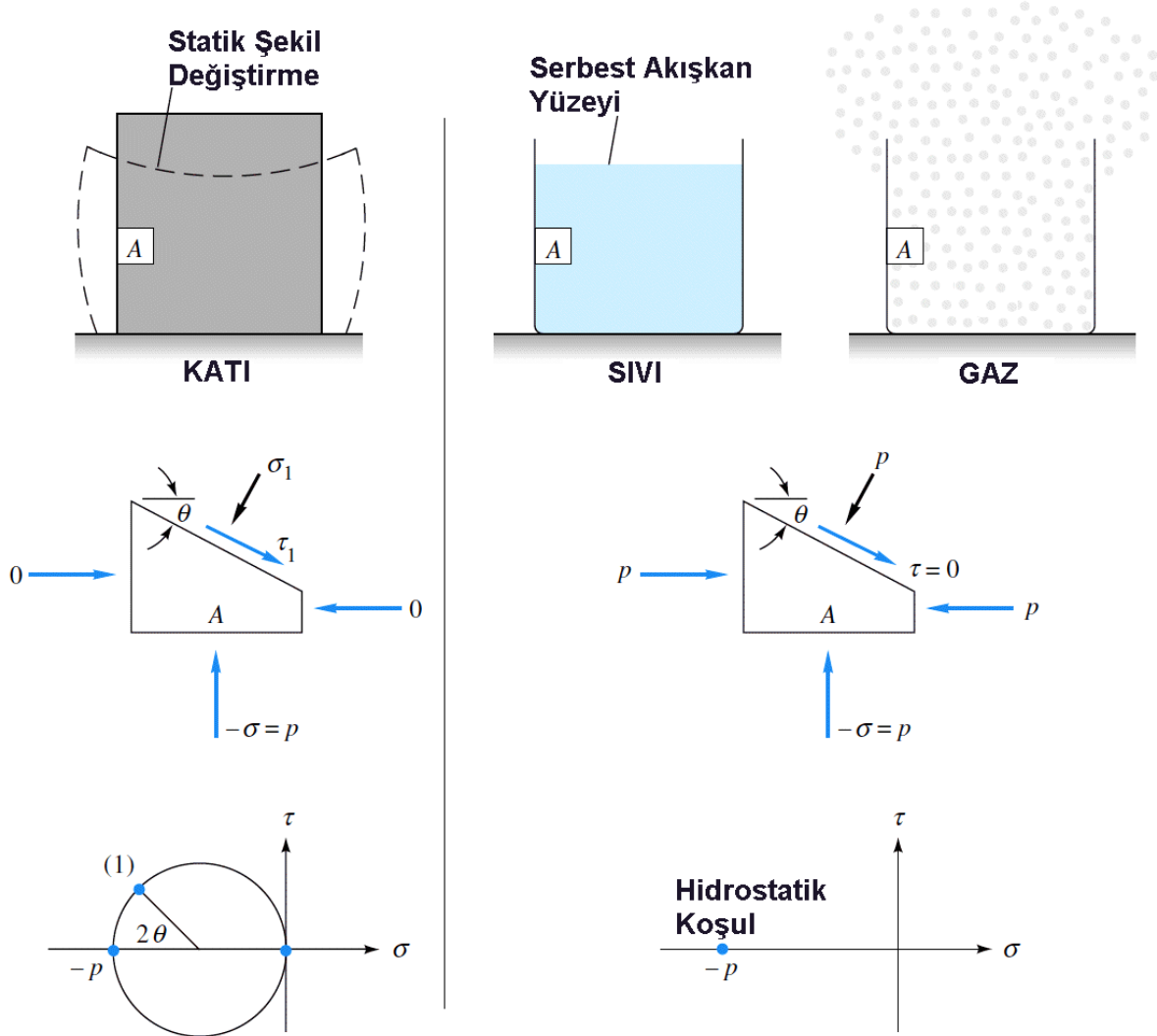
Akışkan elemanının yüzeyindeki normal gerilme ve kayma gerilmesi



İki paralel levha arasındaki akışkanın kayma kuvveti etkisi ile şekil değiştirmesi (Altta levha hareketsiz tutulup üstteki levha F kuvveti ile hareket ettirilirse akışkan şekil değiştirir ve F kuvveti ne kadar küçük olursa olsun üst levha ile temas eden akışkanın üst yüzeyi, levha ile birlikte ve aynı hızda hareket eder. Akışkan hızı, akışkan yüzeyleri arasındaki sürtünme nedeniyle üst levhadan alt levhaya doğru azalarak sıfır olur).

Bir düzlem üzerinde hareketsiz olarak duran katı bir cisme yerçekimi etkisi nedeniyle cismin ağırlığına eşit bir kuvvet etki eder. Bu kuvvetin etkisi altındaki katı cisim, 8.sayfanın başında şekil ile abartılı bir biçimde verildiği gibi şekil değişimine uğrar ama kayma gerilmelerinin varlığına rağmen şeklini korur. Katı cisim içinde A ile gösterilen bir elemanın serbest cisim diyagramı incelendiğinde, eleman içinde yatayla θ açısı yapan ve düzlemsel yüzeye etkileyen bir kayma gerilmesinin bulunduğu görülür. Katı cismin yan yüzeyleri desteklenmediği için A elemanının yan yüzeylerine bir gerilme etkimez.

Katı cisim içinde oluşan kayma gerilmelerinden dolayı Mohr çemberi tek bir noktaya indirgenemez. (Mohr çemberi, bir cismin herhangi bir noktasında, bütün düzlemlerdeki gerilmelerin tamamını gösteren geometrik bir ifadedir).

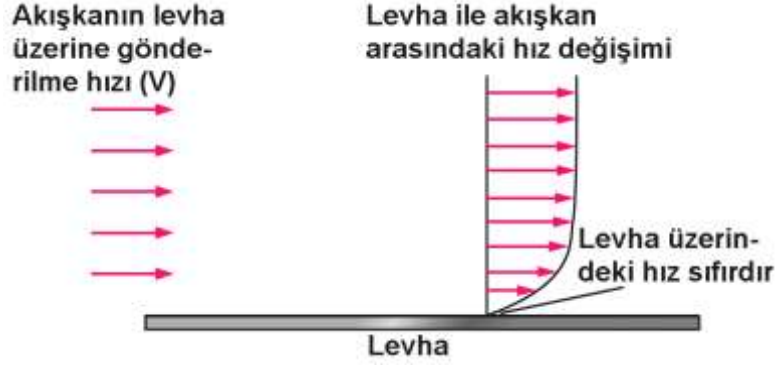


Katı ve akışkanlarda şekil değiştirme ve Mohr çemberi

Katı cismin aksine hareketsiz duran sıvı ve gazların katı yüzeyler ile çevrilmesi gerekmektedir ve sıvı ve gazların içinde yerçekimi etkisi ile kayma gerilmesi oluşmaz. Bu durumda katı yüzeyler akışkana (-P) normal gerilme (basınç) uygular. Akışkan statığı olarak adlandırılan bu durumda her noktada kayma gerilmesi sıfırdır ve Mohr çemberi tek bir noktaya indirgenir. Sıvı hacmini korur ve sıvı ile dolu kapta serbest akışkan yüzeyi oluşur.

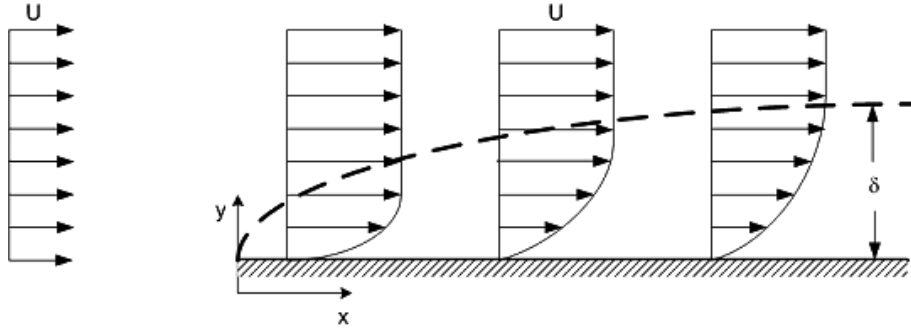
Katı yüzeyler kaldırıldığında sıvının içinde oluşan kayma gerilmeleri sıvının harekete geçmesine neden olur. Sıvının içinde bulunduğu kap yana yatırıldığında, kayma gerilmeleri tekrar gelişir ve dalgalar oluşur. Serbest akışkan yüzeyi yatay konuma gelinceye kadar hareket devam eder. Bu sırada bir miktar sıvı kaptan dışarı dökülebilir. Buna karşın, tamamen katı yüzeyler ile kapatılmayan bir kabın içinde bulunan gaz, kabın dışına çıkarak ortam hacminin tamamına yayılır. Gazın içinde tanımlanan bir A elemanı statik durumdadır ve katı yüzeyler gaza (-P) normal gerilme uygular.

Akışkanlar mekaniği, akışkanların, durağan ve hareket halindeki davranışları ve onları çevreleyen katılar ve diğer akışkanlar ile olan etkileşimleriyle ilgilenen bir bilim dalıdır. Aşağıda verilen şekil ile gösterildiği gibi akışkan, katı bir yüzeyle doğrudan temas halinde ise yüzeye yapışır ve kayma olmaz. Bu durum **kaymama koşulu** (non-slip condition) olarak bilinir ve katı yüzeyler üzerinde sınır tabakanın oluşmasına neden olur.



Hareketsiz bir levha üzerinden akan akışkan, kaymama koşulundan dolayı levha yüzeyine temas ettiğinde tamamen durur

Aşağıda verilen şekil ile gösterildiği gibi, düzlem bir duvar üzerine U sabit hızına sahip bir akışkan paralel olarak gönderilsin. Akışkan düzlem duvar ile karşılaştığı an $y = 0$ metrede yani tüm duvar yüzeyi üzerinde kaymama koşulu nedeni ile sıfır hızında olacaktır. y yönünde duvardan uzaklaştıkça kaymama koşulunun etkisi azalacak ve akışkan hızı tekrar U hızına eşit duruma gelecektir. Akışkanın U hızına eriştiği noktalar birleştirildiğinde duvar üzerinde hayali bir **sınır tabaka** oluşacaktır. Sınır tabaka kalınlığı (δ) ise x yönünde ilerledikçe artacaktır. Düzlem duvar ile sınır tabaka içinde hız, 0 ile U arasında parabolik veya hiperbolik fonksiyon olarak değişecektir.



Düzlem duvar üzerinde sınır tabakanın oluşumu

Viskozite, sıvıların akmaya karşı gösterdikleri dirençtir ve kaymama koşuluna ve sınır tabakanın oluşmasına yol açan akışkan özeliğidir. Aşağıda verilen şekil ile gösterildiği gibi viskozitesi yüksek olan akışkanlar akmakta zorlanırlar.



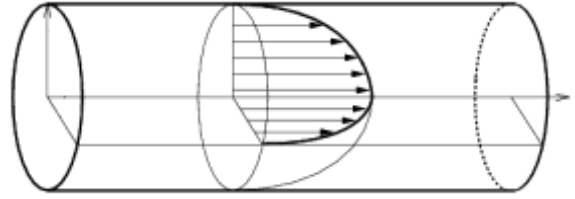
Viskozitesi yüksek olan akışkanlar akmakta zorlanır

Viskozite, sıvılarda moleküller arasındaki çekim kuvvetlerinden, gazlarda ise moleküllerin çarpışmalarından kaynaklanır. Viskozitesi olmayan akışkan yoktur. Sürtünme etkilerinin önemli olduğu akışlar **viskoz akışlar** olarak adlandırılır. Katı yüzeylerden uzak bölgeler, viskoz olmayan akış bölgeleri olarak incelenebilir.

Katı yüzeyler ile çevrilmemiş bir akışkanın bir yüzey üzerindeki akışı **dış akış**, akışkanın tamamen katı yüzeyler ile çevrelendiği boru ve kanallardaki akış ise **iç akış** olarak isimlendirilir. İç akışlarda boru veya kanalın içinin tamamen dolu olduğu kabul edilir ve iç akışlar tüm akış alanında viskozitenin etkisi altındadır.



Dış akışta sınır tabakanın oluşumu



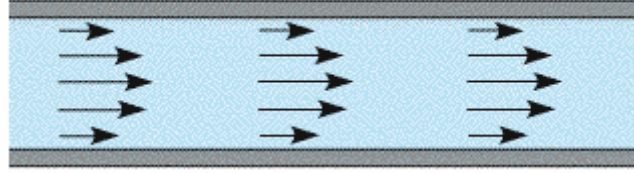
İç akışta hız değişiminin gelişimi

Kanalın sadece bir kısmını dolduran serbest yüzeyli sıvı akışları, açık-kanal akışı olarak adlandırılır. Akışkanlar, akışkanın akış esnasında yoğunluğunun değişimine bağlı olarak **sıkıştırılabilir** ya da **sıkıştırılmaz** olarak sınıflandırılabilir. Sıvıların yoğunluğu, çeşitli etkiler altında çok az değişir ve bu değişim önemsiz olduğu için sıvılar sıkıştırılmaz akışkanlar olarak ele alınır.

Örneğin, 210 atm basınç, 1 atm basınca göre suyun yoğunluğunda ancak %1 oranında bir farka neden olur. Gazlarda ise 0.01 atm'lik bir basınç farkı, atmosfer şartlarındaki havanın yoğunluğunda %1 oranında değişime yol açar. Yani sıvılar sıkıştırılmaz, gazlar ise sıkıştırılabilir olarak ele alınabilir.

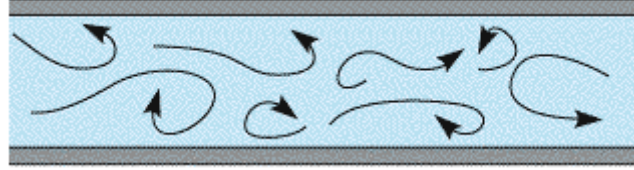
Sürekli (steady) terimi **zaman ile bir değişim olmadığını** ifade eder. Sürekliğin tersi ise süreksiz ya da geçicidir. Sürekli akışta hacim, kütle, toplam enerji çalışma sürecinde sabit kalır.

Düzenli (uniform) terimi, belirli bir bölgede **konuma bağlı herhangi bir değişim olmadığını** gösterir. Hız sadece bir boyutta değişiyorsa, akışın **bir-boyutlu** olduğu söylenir. Yağlar gibi yüksek viskoziteli akışkanların düşük hızlı akışı genellikle laminerdir. Laminer akışta aşağıda şekil ile verildiği gibi düzgün hız çizgileri oluşur.



Bir boru içinde laminer akışa ait çizgiler

Hava gibi düşük viskoziteli akışkanların yüksek hızlardaki akışı genellikle türbülanslıdır. Aşağıda şekil ile verildiği gibi türbülanslı akışta ise hız çizgileri düzgün değildir. Akışların rejimini belirlemede temel parametre boyutsuz **Reynolds (Re) sayısı**dır.



Bir boru içinde türbülanslı akışa ait çizgiler

Akış, akışkan hareketini başlatan etkene bağlı olarak **doğal** ya da **zorlanmış** olarak nitelendirilir. Zorlanmış akışta akışkan, pompa ya da fan gibi dış etkenler ile bir borunun içinden veya bir yüzeyin üzerinden akmaya zorlanır. Doğal akışlardaki akışkan hareketi, ılık (yani az yoğun) akışkanın yükselmesi ve soğuk (yani çok yoğun) akışkanın alçalması ile kendiliğinden oluşan kaldırma etkisi gibi doğal etkenler ile gerçekleşir.

Kütlesi sabit olan sistem **kapalı sistem** ve sınırlarından kütle geçişi olan sistem ise **açık sistem** ya da **kontrol hacmi** olarak isimlendirilir. Mühendislik problemlerinin çoğunda sistem, kütle alış verişi yapar ve dolayısıyla **kontrol hacmi** olarak modellenir.

Akışkanlar Mekaniği beş temel kurala dayanır:

1.Kütlenin sakınımı kuralı: Atomların bağlı bulunduğu moleküler yapı değişebilir, maddenin fiziksel özellikleri ve hali değişebilir fakat madde yoktan var edilemez ve yok edilemez. Akışkanlar mekaniği açısından momentumu hangi tür molekülün taşıdığı önemli değildir. Bu nedenle, kütlenin sakınımı kuralı toplam kütle denkliğine dönüşür.

2.Enerjinin sakınımı kuralı: Enerji var edilemez ve yok edilemez, ancak enerji türleri birbirine dönüştürülebilir. Bu kural mekanik enerji dengesinin temel kuralını oluşturur. Mekanik enerji, akışkanların akımını doğrudan etkileyen basınç, potansiyel enerji ve kinetik enerjiyi kapsar.

Isı daha çok, akışkanın boru duvarlarına sirtünmesi nedeniyle mekanik enerjinin tersinirliğini kaybederek ısıya dönüşmesi veya mekanik enerji kaybı olarak mekanik enerji dengesinde yer alır.

3.Termodinamiğin 1. yasası: Termodinamiğin 1. yasası, enerji sakınımı kuralının ısı ve mekanik enerji türlerini kapsayacak şekilde uygulanışdır.

4.Newton'un 1. yasası: "Bir cismin üzerine etkiyen kuvvetler denge halinde ise cisim ya denge durumunda hareketsiz kalır veya sabit hızla hareket eder" olarak ifade edilen Newton'un 1. yasası, kuvvet dengelerinin temel kuralını oluşturur.

5.Newton'un 2. yasası: Kuvvetin kütle ile ivmenin çarpımına eşit olduğunu bildiren bu yasa akışkanlar mekaniğinin her alanında kullanılır. Bu kadar çok kullanılmasının nedeni, kuvvetin aynı zamanda momentum üretim hızına eşit olmasıdır.

Mühendislikte Modelleme

Birçok bilimsel problemin çözümünde bazı temel değişkenlerdeki değişimleri birbirleriyle ilişkilendiren denklemler yer alır. Genellikle değişkenlerdeki artış oldukça küçük seçilir ve böylece daha genel ve doğru bir sonuç elde edilir. Limit halde, değişkenlerdeki sonsuz küçük ya da diferansiyel değişmelerle diferansiyel denklemler elde edilir. Bu denklemler, değişim hızlarının türevler ile ifade edilmesini sağlayarak, fiziksel kurallar ve yasalar için kesin matematiksel formüllerin türetilmesine olanak sağlar. Bu yüzden diferansiyel denklemler, bilim ve mühendislikteki birçok problemin çözümünde kullanılır. Ancak uygulamada karşılaşılan problemlerin çoğu, diferansiyel denklemler ve bu denklemlerden kaynaklanan çözüm zorlukları olmadan da çözülebilir.

Fiziksel bir olayı incelemenin iki önemli aşaması vardır. İlk aşamada olayı etkileyen bütün değişkenler saptanır, geçerli kabuller ve yaklaşımlar yapılır ve bu değişkenler arasındaki ilişki incelenir. Konu ile ilgili fiziksel yasalardan ve kurallardan yararlanılarak problem matematiksel denklemler ile ifade edilir. Denklem, bazı değişkenlerin diğerlerine bağımlılık derecesini ve çeşitli terimlerin göreceli önemini göstermesi bakımından oldukça yararlıdır. İkinci aşamada ise uygun bir yaklaşımla problem çözülür ve sonuçlar yorumlanır.

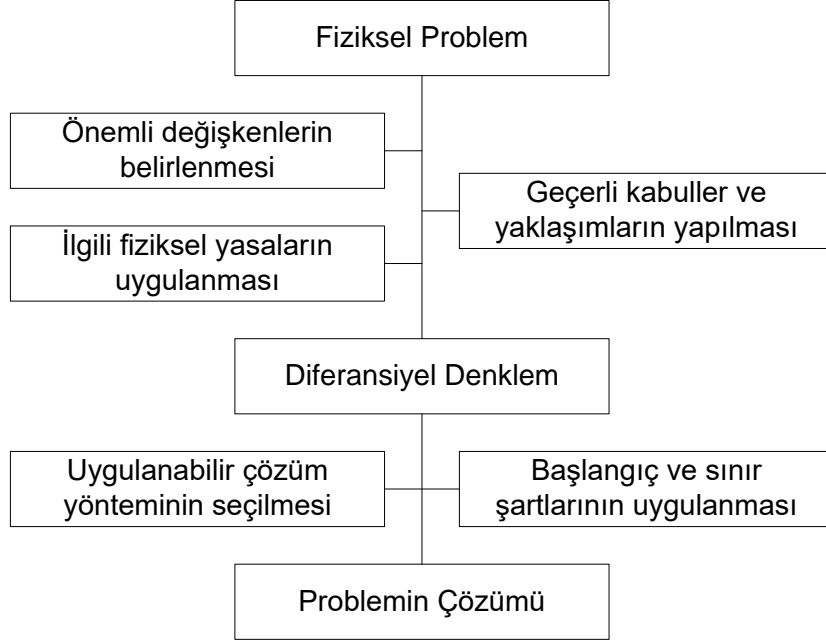
Doğal olarak rastgele ve düzensiz bir şekilde gerçekleşiyormuş gibi görünen birçok işlem, görülür ve görülmeyen bazı fiziksel yasalara uyarak gerçekleşir. Bilim adamları bu yasaların çoğunu tanımlamışlardır. Bu sayede bir olayın gelişimini gerçekleştirmeden önce kestirmek ya da bir olayın farklı yönlerini, pahalı ve zaman alıcı deneyler yapmadan matematiksel olarak incelemek mümkün olabilir. Analizin gücü buradadır. Anlamlı pratik problemlerin kesin sonuçlarına, gerçekçi ve uygun matematik modeller kullanılarak ulaşılabilir. Bu modellerin hazırlanması için konuyla ilgili doğal olaylar ve yasalar hakkında yeterli bilgiye sahip olmak kadar, çok iyi bir değerlendirme yapmaya da gereksinim vardır. Gerçeğe uymayan bir modelin, yanlış ve kabul edilemez sonuçlar vereceği açıktır.

Analiz yapan bir kişi, bir mühendislik probleminin çözümünde çoğunlukla doğru fakat karmaşık bir model ile basit fakat daha az doğru bir model arasında tercih yapmak zorundadır. Doğru tercih duruma göre değişebilir ve genellikle yeterli sonuçları verecek en basit modeldir.

Doğru fakat karmaşık modellerin hazırlanması genellikle zor değildir. Ancak bu modellerin çözümü çok zor ve uzun zaman alıyorsa, analiz yapanlar çoğunlukla bunları kullanmaz. Model en azından temsil ettiği fiziksel problemin temel özelliklerini taşımalıdır. Uygulamada karşılaşılan birçok önemli problem basit bir model ile analiz edilebilir.

Fakat bir analizden elde edilen sonuçların, ancak problemin basitleştirilmesinde yapılan kabuller kadar doğru olacağını daima hatırlamak gerekir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, özgün kabullere dayanmayan durumlara uygulanmamalıdır.

Problemin gözlenen doğasına tam uymayan bir çözüm, kullanılan matematik modelin üstünkörü hazırlanmasından kaynaklanır. Bu durumda, tartışmalı kabullerden birkaçı iptal edilerek daha gerçekçi bir model kurulmalıdır. Bu da daha karmaşık ve çözümü daha zor olan bir problemin ortaya çıkmasına yol açar. Bu yüzden bir problemin herhangi bir çözümü, kullanılan formüller ile bağlantılı olarak yorumlanmalıdır.



Fiziksel problemlerin matematiksel olarak modellenmesi

Katı-Sıvı ve Gazların Karşılaştırılması:

| Özellik | Katı | Sıvı | Gaz |
|----------------------------------|---|--|---|
| Makroskobik Tanımlama | Katılar bir şekle sahiptir ve bir kaba gereksinimleri yoktur. | Sıvılar içine kondukları kabın şeklini alır ve üstü açık kaptadır dururlar. | Gazlar kapalı kabı doldurarak yayılırlar. |
| Moleküllerin Hareketi | Moleküller küçük hareketlere sahiptir çünkü moleküller birbirlerine güçlü moleküler arası kuvvetlerle bağlıdır. | Genellikle kolayca akmalarına rağmen moleküller arasında güçlü moleküler arası kuvvetler bulunur. | Moleküller çarpışma oluncaya kadar küçük etkileşimlerle serbestçe hareket ederler. Bu gazların kapalı kabı doldurarak yayılmasıyla ilgilidir. |
| Yoğunluk | Çoğunlukla yüksek yoğunluğa sahiptir. Örneğin çeliğin yoğunluğu 7700 kg/m^3 değerindedir. | Çoğunlukla yoğunlukları ortalama bir değerdedir. Örneğin suyun yoğunluğu 1000 kg/m^3 değerindedir. | Çoğunlukla yoğunlukları düşüktür. Örneğin deniz seviyesinde havanın yoğunluğu 1.2 kg/m^3 değerindedir. |
| Moleküller Arası Boşluk | Az boşluklar vardır. Moleküller birbirleriyle kapalıdır. | Az boşluklar vardır. Moleküller birbirleriyle moleküler arası kuvvetlerin etkisi ile kapanır. | Geniş boşluklar vardır. |
| Kayma Gerilmesinin Etkisi | Şekil değişimine neden olur. | Akmaya neden olur. | Akmaya neden olur. |
| Normal Gerilmenin Etkisi | Hacim değişikliğine bağlı olarak şekil değişimine neden olur. Bu durum bozukluklara yol açabilir. | Hacim değişikliğine bağlı olarak şekil değişimi oluşur. | Hacim değişikliğine bağlı olarak şekil değişimi oluşur. |
| Viskozite | Çok yüksek. | Yüksek. Sıcaklığın artması ile viskozite azalır. | Düşük. Sıcaklığın artması ile viskozite artar. |
| Sıkıştırılabilirlik | Sıkıştırmak zordur. Çeliğin esneklik modülü $160 \times 10^9 \text{ Pa}$ değerindedir. | Sıkıştırmak zordur. Sıvı suyun esneklik modülü $2.2 \times 10^9 \text{ Pa}$ değerindedir. | Sıkıştırmak kolaydır. Oda koşullarındaki gazın yaklaşık esneklik modülü $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ değerindedir. |

| | |
|---|---|
| Önemli Konular | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kaymama Koşulu ➤ Bir Boyutlu Akış ➤ Sınır Tabaka Kavramı ve Sınır Tabaka içinde Hız Dağılımı ➤ SI Birim Sistemi |
| Önemli Eşitlikler <i>Boyutlar</i> <i>Birimler</i> <i>Eşitlikler</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kütle ($m \equiv \text{kg}$) (Kütlenin birimi kilogramdır). ➤ Uzunluk ($L \equiv \text{m}$) (Uzunluğun birimi metredir). ➤ Zaman ($t \equiv \text{s}$) (Zamanın birimi saniyedir ve “s” ile gösterilir. “sn” gösterimi yanlıştır). ➤ Sıcaklık ($T \equiv ^\circ\text{C}$ ve K), ($\text{K} = 273.15 + (^\circ\text{C})$) (SI birim sisteminde sıcaklığın birimi kelvindir ve “K” ile gösterilir. “°K” gösterimi yanlıştır). <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kütle (kg) = [Yoğunluk (kg/m^3)] x [Hacim (m^3)], [$m = \rho V$] ▪ Ağırlık (N) = [Kütle (kg)] x [Yerel Yerçekimi İvmesi (m/s^2)], [$W = mg$] ▪ Özgül Ağırlık (N/m^3) = [Yoğunluk (kg/m^3)] x [Yerel Yerçekimi İvmesi (m/s^2)], [$\gamma_s = \rho g$] ▪ İş (J) = [Kuvvet (N)] x [Uzaklık (m)], [$J = Nm$] |
| Çalışma Soruları | <ol style="list-style-type: none"> 1.İç, dış ve açık-kanal akışlarının tanımlarını yapınız. 2.Sıkıştırılamaz akış ve sıkıştırılamaz akışkanın tanımlarını yapınız. 3.Kaymama koşulu nedir? Bunun nedeni nedir? Açıklayınız. 4.Doğal ve zorlanmış akış nedir? Açıklayınız. 5.Sınır tabaka nedir? Sınır tabaka nasıl oluşur? Açıklayınız. 6.Sürekli akış nedir? Açıklayınız. 7.Gerilme, normal gerilme, kayma gerilmesi ve basıncın tanımlarını yapınız. 8.Sistem, çevre, sınır, kapalı ve açık sistem nedir? Açıklayınız. |

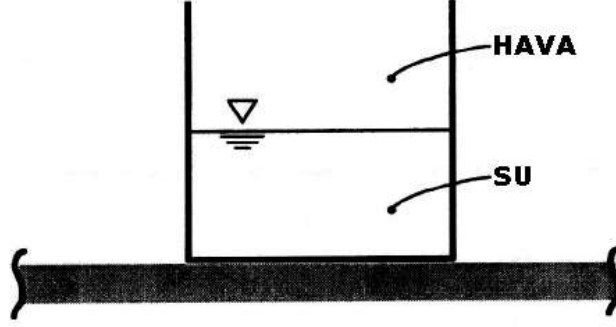
Kaynaklar:

- 1.Cengel YA, Cimbala JM, “Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications”, Second Edition (SI), McGraw-Hill, 2010.
- 2.Crowe CT, Elger DF, Williams BC, Roberson JA, Engineering Fluid Mechanics, 9th Edition, Wiley, 2010.
- 3.Fox RW, Pritchard PJ, McDonald AT, “Introduction to Fluid Mechanics”, 7th Edition (SI), Wiley, 2010.
- 4.Peker S, Helvacı ŞŞ, “Akışkanlar Mekaniği”, Literatür, 2003, İstanbul.
- 5.White FM, “Fluid Mechanics”, Sixth Edition, McGraw-Hill, 2008.

ÖRNEK SORU ÇÖZÜMLERİ

Dikkat: Önce soruların çözüm kısımlarını kapatıp soruları çözmeye çalışınız. Sonra aşağıda verilen çözümler ile karşılaştırınız.

Soru 1: Şekil ile verildiği gibi bir masa üzerine bırakılmış cam bardağı göz önüne alınız. Cam bardağın yarısı su ve diğer yarısı hava ile dolu olsun. Sıvı (su) ile gaz (hava) arasındaki benzerlikleri ve farkları maddeler halinde yazınız.



Çözüm 1:

Benzerlikler:

1. Gaz ve sıvı moleküllerden oluşmaktadır.
2. Gaz ve sıvı akışkandır.
3. Gaz ve sıvı molekülleri birbirlerine göre serbestçe hareket ederler.
4. Her akışkan içindeki moleküller sürekli ve rastgele hareket ederler.

Farklar:

1. Sıvı fazda moleküller arasında güçlü çekme ve itme kuvvetleri vardır. Gaz fazını ideal (mükemmel) gaz varsayarsak, gaz fazında birbirinden uzak moleküller arasında sıvı faza göre güçlü olmayan kuvvetler vardır.
2. Sıvı belli bir hacme sahiptir. Gaz ise bulunduğu kap içinde genişleyecektir. Cam bardağın üzeri açık olduğu için gaz sürekli olarak çevresindeki hava ile molekül alış-verişinde bulunacaktır.
3. Sıvının viskozitesi gazın viskozitesinden daha büyüktür.
4. Sıvı, şekilde de görüldüğü gibi serbest sıvı yüzeyi oluşturur. Gazda ise serbest yüzey oluşmaz.
5. Sıvıları sıkıştırmak oldukça zordur (küçük sıkıştırma işlemi için büyük değerlerde basınç isterler). Gazlar ise sıvılara göre daha kolay sıkıştırılırlar.
6. Buharlaşma hariç, sıvı molekülleri sürekli kap içinde kalırlar. Gaz molekülleri ise sürekli kap içine girer ve çıkarlar.
7. Sıvıda buharlaşma olayı görülür ama gazda buharlaşma diye bir olay yoktur.

Yorum:

Gaz ve sıvılar arasındaki birçok fark, moleküler yapıdaki farklar göz önüne alınarak anlaşılabilir. Gaz molekülleri birbirinden uzaktır ve moleküller birbirinden bağımsız olarak hareket ederler. Sıvı molekülleri ise birbirine çok yakındır ve her molekül yanındaki moleküle güçlü itme ve çekme kuvveti uygular. (Bardağın yarısının su diğer yarısının hava ile dolu olduğuna yani bardağın tamamının dolu olduğuna dikkat ediniz).

Soru 2: 3.2 kg kütleli bir plastik deponun hacmi 0.2 m³ değerindedir ve tamamen su ile doldurulmuştur. Suyun yoğunluğunun 1000 kg/m³ olduğunu kabul ederek tüm sistemin ağırlığını (W) [N] olarak hesaplayınız.

Cözüm 2:

Kabuller: Suyun yoğunluğu sabit ve yerçekimi ivmesi (g) 9.81 m/s² olarak alınacaktır.

Özellikler: Suyun yoğunluğu, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ olarak verilmiştir.

Analiz: $m_{\text{su}} = \rho V = (1000 \text{ kg/m}^3)(0.2 \text{ m}^3) = 200 \text{ kg}$

$m_{\text{toplam}} = m_{\text{su}} + m_{\text{tank}} = 200 + 3.2 = 203.2 \text{ kg}$

$$W = m_{\text{toplam}}g = (203.2 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg.m/s}^2} \right) = 1993.392 \text{ N} \cong 1993 \text{ N}$$

Soru 3: Boyutları 7 m x 7 m x 8.5 m olan bir odayı dolduran havanın kütesini (m_{hava}) [kg] ve ağırlığını (W) [N] olarak hesaplayınız. (Havanın yoğunluğu 1.16 kg/m³ olarak alınacaktır).

Cözüm 3:

Kabuller: Havanın yoğunluğu sabit ve yerçekimi ivmesi (g) 9.81 m/s² olarak alınacaktır.

Özellikler: Havanın yoğunluğu, $\rho = 1.16 \text{ kg/m}^3$ olarak verilmiştir.

Analiz: $m_{\text{hava}} = \rho V = (1.16 \text{ kg/m}^3) [(7)(7)(8.5) \text{ m}^3] = 483.14 \text{ kg}$

$$W = m_{\text{hava}}g = (483.14 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg.m/s}^2} \right) = 4739.6 \text{ N} \cong 4740 \text{ N}$$

Soru 4: 45° enlemdeki yerçekimi ivmesi, deniz seviyesinden olan yüksekliğin (h) fonksiyonu olarak, "g = a - bh" eşitliği ile verilmiştir. (a = 9.807 m/s² ve b = 3.32.10⁻⁶ s⁻²). Bir cismin ağırlığının %2 azalması için deniz seviyesinden kaç [m] yükseğe (h) çıkartılması gerektiğini hesaplayınız.

Cözüm 4: Bir cismin ağırlığının h boyunca değişimi için aşağıda verilen eşitlik yazılabilir:

$$W = mg = m(9.807 - 3.32 \times 10^{-6} h) \text{ [N]}$$

%2 azalma için ise aşağıda verilen eşitlik yazılabilir:

$$W = 0.98W_{\text{deniz seviyesi}} = 0.98mg_{\text{deniz seviyesi}} = 0.98(m) [(9.807 \text{ m/s}^2) - (3.32 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-2})(0 \text{ m})]$$

Böylece h yüksekliği hesaplanabilir.

$$0.98(9.807) = (9.807 - 3.32 \times 10^{-6} h) \rightarrow h = 59078 \text{ m} \cong 59000 \text{ m}$$

Soru 5: 5 kg kütleli bir taş, yerel yerçekimi ivmesinin 9.79 m/s² olduğu bir yerde, 155 N net kuvvet ile düşey doğrultuda yukarı doğru fırlatılmaktadır. Taşın ivmesini (a) [m/s²] olarak hesaplayınız.

Cözüm 5: $W_{\text{taş}} = mg = (5 \text{ kg})(9.79 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg.m/s}^2} \right) = 48.95 \text{ N} \cong 49.0 \text{ N}$

Taşa etkiyen net kuvvet: $F_{\text{net}} = F_{\text{yukarı}} - F_{\text{aşağı}} = 155 - 48.95 = 106.05 \text{ N}$

$$\text{Newton'un ikinci yasasına göre taşın ivmesi: } a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{106.05 \text{ N}}{5 \text{ kg}} \left(\frac{1 \text{ kg.m/s}^2}{1 \text{ N}} \right) = 21.21 \text{ m/s}^2$$

Soru 6: Güç, basınç, elastiklik modülü, enerji, momentum, kayma gerilmesi, özgül ısı, ısı genleşme katsayısı ve açısal momentum niceliklerinin birimlerini, SI birim sistemini ve temel boyutları kullanarak belirleyiniz.

Cözüm 6:

| | | |
|--------------------|---|---|
| Güç | = [Enerji / Zaman] = [(Kuvvet x Uzunluk) / Zaman] | Nm / s |
| Basınç | = [Kuvvet / Alan] | N / m ² |
| Elastiklik Modülü | = [Kuvvet / Alan] | N / m ² |
| Açısal Hız | = [Radyan / Zaman] | 1 / s |
| Enerji | = [Kuvvet x Uzunluk] | Nm ≡ Pam ³ ≡ J |
| Momentum | = [Kütle x Hız] = [Kuvvet x Zaman] | Ns |
| Kayma Gerilmesi | = [Kuvvet / Alan] | N / m ² |
| Özgül Isı | = [Enerji / (Kütle x Sıcaklık)] | m ² / (s ² K) ≡ J / (kgK) |
| Isıl Genleşme Kat. | = [(Uzunluktaki Değişim / Uzunluk) / Sıcaklık] | 1 / K |
| Açısal Momentum | = [Momentum x Uzunluk] | Nms |

Bu ders notu Dr.Hüseyin GÜNERHAN tarafından hazırlanmış ve her sayfası izinsiz kopyalamaya ve çoğaltmaya karşı notere tasdik ettirilmiştir. Ders notunun tüm hakları saklıdır. Ders notunun fotokopi ile çoğaltılıp-ciltletilmesi için yazarından yazılı olarak izin alınması zorunludur.

Bu ders notu, kitap değildir ve yazarın özgün fikirlerini içermektedir. Kaynaklardan alınan bilgiler için kaynak isimleri her bölümün "özet bilgiler" kısmında verilmiştir.
