AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

GİRİŞ:

Akışkanlarla ilgili bilinen ilk çalışmalar Archimedes (MÖ 285-212) tarafından yapılmıştır. Archimedes suyun kaldırma kuvvetinden hareketle, akışkanlar için bir takım hesaplama yöntemleri geliştirmiştir. Ancak, akışkanlarla ilgili esas gelişmeler Rönesans'tan sonra olmuştur.

Akışkanlar mekaniğinde en önemli gelişmeyi Leonardo da Vinci (1452-1519) yapmıştır. Vinci, tek boyutlu-sürekli akış için süreklilik denklemini çıkararak dalga hareketleri, jet akışları, hidrolik sıçramalar, eddy oluşumu ve sürüklenme kuvvetleri hakkında bilgiler vermiştir.

Newton'un (1642-1727) yerçekimi kanununu bulmasından sonra yerçekimi ivmesi de hesaplara katılmıştır. Sürtünmesiz akışlarda en önemli gelişmeleri Daniel Bernoulli (1700-1782), Leonard Euler (1707-1783), Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) ve Pier Simon Laplace (1749-1827) yapmışlardır. Euler şimdi Bernoulli denklemi olarak bilinen bağıntıları ilk geliştirendir. Açık kanal akışları, boru akışları, dalgalar, türbinler ve gemi sürüklenme katsayıları üzerinde Antonie de Chezy (1718-1789), Henri Pitot (1695-1771), Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), James Bicheno Françis (1815-1892), Jean Louis Marie Poiseouille (1799-1869) yaptıkları deneysel çalışmalarla akışkanlar mekaniğinin geliştirilmesinde önemli katkılarda bulunmuşlardır.

William Froude (1810-1879) ve oğlu Robert (1846-1924) modelleme kanunlarını geliştirmesinden sonra, lord rayleigh (1842-1919) boyut analizi tekniğini ve Osborne Reynolds (1842-1912) klasik boru deneyini (1883) geliştirerek akışkanlar mekaniğinde çok önemli olan boyutsuz sayıları bulmuşlardır. Henri navier (1785-1836) ve George Stokes (1819-1903) Newtonian akışlara sürtünme terimlerini de ilave ederek, bütün akışları analiz etmede başarıyla uygulanan ve günümüzde Navier-Stokes denklemleri olarak bilinen momentum denklemlerini bulmuşlardır.

Ludwig Prandtl (1875-1953) yüzeye yakın yerlerde sınır tabakanın (1904) etkili olduğunu onun dışında ise sürtünme kuvvetlerinin olmadığı durumlarda Bernoulli denkleminin uygulanabileceğini göstermiştir. aynı şekilde çok geniş teorik ve deneysel çalışmalar Thedore von Karman (1881-1963) ve Geofrey Taylor (1886-1975)'un yanında pek çok araştırmacı tarafından da yapılmış ve yapılmaktadır.

AKIŞKANLAR STATİĞİ

Sıvı ve gaz halinde bulunan bütün maddeler birer akışkandırlar. Akışkanlar statiği durgun akışkanların basıncını ve basınç kuvvetlerini inceler. Durgun akışkanlar sadece basınç ve yerçekimi kuvvetine maruz kalırlar.

BASINÇ:

Birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç denir. Basınç=kuvvet/yüzey, $P = \frac{F}{A}$.

Sürtünmesiz akış için momentum denklemi, basınç gradyentidir. Bu şeklindedir ve durgun akışkanlar için ivme a=0 dır. Durgun akışkanın hidrostatik basıncı $\frac{dP}{dz} = -\rho g$ bağıntısından bulunur.

1)SIKIŞTIRILAMAZ AKIŞLAR: Sıkıştırılamaz akışkanlarda (sıvılar) özkütle ρ=sabittir. Bu durumda basınç; $P_2=P_1-\rho g(Z_2-Z_1)$ şeklindedir.

2)SIKIŞTIRILABİLİR AKIŞLAR: Sıkıştırılabilir akışkanlarda (örneğin gazlar) özkütle ρ basınca ve sıcaklığa bağlı olarak değişir.

a)İzotermal durum (sabit sıcaklık): Bu durumda basınç $P_2 = P_1 e^{\left[\frac{-g(Z_2 - Z_1)}{RT_0}\right]}$ şeklindedir. Burada T_0 yer yüzeyindeki sıcaklık, R=287 J/kgK ideal gaz sabitidir.

b)Lineer sıcaklık değişimi: Sıcaklık atmosferin alt tabakalarında $T=T_0-BZ$ şeklinde lineer olarak azalır. Burada B=0,650 K/100m şeklinde her 100m de sıcaklığın artma miktarı (g/RB=5,26). Bu durumda basınç $P_2 = P_1\left(\frac{T_0 - BZ_2}{T_0 - BZ_1}\right)^{g/BR}$ dir.

BASINÇ ÖLÇÜMÜ:

Deniz seviyesinde 0 C'de cıva sütunu 760 mm yükselir. Bunun nedeni atmosferin cıva yüzeyine bir basınç uygulamasıdır. Bu nedenle buna atmosfer basıncı denir. Bu basınç $P_0=101336$ N/m^2 dir.

Bir U borusunda aynı seviyedeki basınçlar bir birine eşittir. Barometreler, statik basınç ölçerler bu sisteme göre çalışırlar. Örneğin bir tarafında açık hava basıncı, diğer tarafında B gazı bulunan şematik bir barometrede aynı yükseklikte basınçlar eşittir, $P_1=P_2$. Burada $P_1=P_B+\rho_1 g h_1$, $P_2=P_0+\rho_2 g h_2$ dir.

HİDROSTATİK BASINÇ KUVVETLERİ:

Batan cisimlere derinlikle orantılı olarak artan basınç kuvveti etki eder, F=P.A. Bu kuvvet cismin yüzeyinin merkezine değil daha aşağıda oluşan yayılı yükün merkezinden, yani basınç merkezinden etki eder. Suya rastgele θ eğim açısıyla batırılmış bir cisim için h derinliğindeki bir noktada basınç $P=P_0+\rho g L \sin\theta$ dır. Burada L, ağırlık merkezinden herhangi bir y mesafesindeki uzaklık, y ise seçilen x-y koordinat eksenlerinden biridir. Basınç merkezinin ağırlık merkezine olan uzaklıkları X_p ve Y_p, koordinat eksenlerine göre moment alınarak bulunur. $X_p = -\rho g \sin\theta \frac{I_{xy}}{F}$

$Y_p = -\rho g \sin\theta \frac{I_{xx}}{F}$, burada I_{xx} yüzey atalet momenti, I_{xy} çarpım atalet momentidir.

BASINÇ DAĞILIMI:

1)Öteleme hareketi: Sabit bir ivme ile hareket eden bir kap içerisindeki bir akışkanın ani bir ivmelenme sırasında oluşturduğu yalpalama hareketine öteleme hareketi denir. Bu durumda yalpalanma sonucu kapta yeni basınç gradyanları oluşur. Böylece basınç $\frac{\partial P}{\partial s} = -\rho a$, bileşke ivme ise dir.

2)Dönme hareketi: İçinde sıvı bulunan kap w aşısal hızıyla döndürüldüğünde sıvı yüzeyi parabol olur. Bu durumda basınç $P = \frac{1}{2} r^2 \rho w^2 - \rho g z + P_0$ şeklindedir. Burada r, parabol yarıçapı, z yükseklik değişkenidir.

AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

SÜRTÜNMESİZ AKIŞLAR

Bir akışkanın akış hareketi, geometriye, sınır şartlarına ve mekaniğin kanunlarına bağlıdır. Bu yüzden problem çözümünde; kontrol hacmi, diferansiyel analiz, deneysel metodlar, boyut analizi ve benzerlik yöntemlerine başvurulur. Bu yöntemlerin en yenisi olan kontrol hacmidir. Kontrol hacminde kapalı bir yüzey oluşturan sistemdeki belirli miktar kütle sürekli korunur. Uzayda bir bölge olan kontrol hacminin sınırları kontrol yüzeyi olarak bilinir.

Bir akışkan temel mekanik kanunları olan; kütlenin korunumu, lineer momentumun korunumu, açısal momentumun korunumu ve enerjinin korunumu kanunlarına uymak zorundadır. Bütün bu kanunları analiz edebilmek için **Reynolds Transport teoremi**nin bilinmesi gereklidir.

REYNOLDS TRANSPORT TEOREMİ:

Bu teorem, sistem analizinin kontrol hacmi analizine dönüştürülmesine yardımcı olur. Teoreme göre alınan bir kontrol hacmindeki bir B (Momentum, kütle, enerji,...) fiziksel parametresinin zamana göre değişimi verilir. Bu $\frac{dB}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\iiint_{kh} \beta\rho dV\right) + \iint_{ky} \beta\rho U dA$ şeklindedir. Burada β=dB/dm şeklinde B parametresinin kütleye göre değişimini ifade eder. Buradaki U kontrol hacminin hızı, dV hacim elemanı, dA da yüzey elemanıdır.

Eğer B parametresi momentum ise, bu durumda teorem $\frac{d\vec{B}}{dt} = \sum \vec{F}$ olur. Burada ∑F bir kontrol hacmindeki kuvvetlerin vektörel toplamıdır.

Non-uniform (düzgün olmayan) akışlarda, hesaplama yaparken düzeltme katsayısının da dikkate alınması gereklidir. Sıkıştırılamaz bir akışta lineer momentum için düzeltme katsayısı $\alpha = \frac{1}{A_0}\int \frac{U^2}{U_0^2} dA$ formülünden bulunur.

SÜREKLİLİK DENKLEMİ:

Bir akışkanda kütle ve hacmin zamana ve konuma göre değişimiyle ilgilidir. Akışkanda alınan bir kontrol hacminin genel süreklilik denklemi $\frac{d\rho}{dt} + \rho\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right) = 0$ şeklindedir. Burada u,v,w elemanları, x,y,z koordinat eksenleri yönünde hız bileşenleridir. Sürekli sıkıştırılamaz akışlar için dρ/dt=0 dır. Tek boyutlu sürekli akışta, dir. Yani, "giren akışkan miktarı çıkan akışkan miktarına eşittir." Süreklilik denklemleri silindirik ve küresel koordinatlarda da yazılabilmektedir.

BERNOULLİ DENKLEMİ:

Basınç, hız ve ivme arasındaki ilişki ilk kez Bernoulli ve Euler tarafından geliştirildiği için bu denklemler Bernoulli denklemi olarak adlandırılır. Zeminden Z_1 yükseklikte U_1 hızlı akışkanın basıncı P_1, Z_2 yükseklikte U_2 hızlı aynı akışkanın basıncı P_2 ise bu durumda Bernoulli denklemi; $P_1 + \frac{1}{2}\rho U_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho U_2^2 + \rho g Z_2$ şeklindedir. Bu denklem sürekli sıkıştırılamaz akışkanlar için Bernoulli denklemidir.

Sürekli sıkıştırılabilir akışkanlar (gazlar) için $\frac{1}{2}(U_2^2 - U_1^2) + \int \frac{dP}{\rho} = 0$ yaklaşımındadır.

Bir depodan çıkan gaz için $U_1 << U_2$ dır. Bu durumda Bernoulli denkleminden U_2 hızı, $U_2 = \sqrt{2\frac{k}{k-1}RT_1\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$ olur. Burada k anizotropik durumda gazlar için sabit (yoğunluğun değişme parametresi), R ideal gaz sabiti, P_1 depo içindeki basınç, P_2 depo dışındaki basınç, T_1 depo içindeki sıcaklıktır. Ayrıca $P_1/P=(\rho_1/\rho)^k$ dır.

Sürtünmeli akışlar için Bernoulli denklemi:

Termodinamiğin birinci kanununa göre, bir sisteme dışardan bir ısı (Q) veriliyor ve sistem tarafından bir iş (W) üretiliyorsa, sistemin iç enerjisi (E) bunlar arasındaki fark kadar bir değişime uğrar. Sistem tarafından üretilen iş (W), basınç kuvvetleri tarafından yapılan iş (W_b), viskoz kuvvetler tarafından yapılan iş (W_v) ve sistemdeki pompa, türbin, fan...vs tarafından yapılan (W_s) işlerin toplamıdır.

Bir pompaya bağlı akışkan (su) için Bernoulli denklemi, pompa tarafından yapılan iş $W_s=\rho g h_m$ (pompanın gücü – alınır), basınç kaybı ΔP_k olmak üzere;

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho U_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho U_2^2 + \rho g Z_2 + \rho g H_m + \Delta P_k$$ şeklindedir.

POTANSİYEL AKIŞLAR:

1)Uniform Akış: Uniform (düzgün) akışta akış hızı sabittir. Bu durumda yanal bileşenler yoktur. Bu durumda kartezyen koordinatlarda akım çizgileri u=-U ve v=0, potansiyel çizgileri ise ϕ=Uy ve ϕ=Ux bağıntılarıyla verilebilmektedir.

2)Kaynak-kuyu akışı: z ekseninde sabit b uzunluğu olan r yarıçaplı bir yüzeyden çıkan debiyi Q=u_r(2πrb), radyal yönde birim b için çıkan debiyi q=2πru_r ile gösteirsek q kaynak gücü olmak üzere $u_r = \frac{q}{2\pi r}$ şeklinde ifade edilir. q pozitif ise kaynak akışı dışarıya doğru, negatif ise içeriye doğrudur. Bu durumda silindirik koordinatlarda $\psi = -\frac{q}{2\pi}\theta$, $\phi = -\frac{q}{2\pi}\ln r$ dir.

3)Vorteks akışı: Vorteks akışında radyal yönde hız u_r=0 olup, sadece teğetsel yönde u_θ hızı söz konusudur. Birim b için debi K=2πru_θ ve K vorteks gücünü göstermek üzere, akım fonksiyonu $\psi = -\frac{K}{2\pi}\ln r$, potansiyel fonksiyonu da $\phi = -\frac{K}{2\pi}\theta$ şeklindedir.

4)Düble Akışı: Düble hareketinin gücü μ olmak üzere, $\psi = -\frac{\mu}{r}\sin\theta$ ve $\phi = \frac{\mu}{r}\cos\theta$ dır. Bu denklemler x=rcosθ ve y=rsinθ dönüşümleri kullanılarak kartezyen koordinatlarda da yazılabilir.

5)Silindir üzerinde akış: Silindir üzerindeki akış hem uniform hem de duble akışın toplamı şeklindedir. Bu durumda $\phi = Ur\cos\theta + \frac{\mu}{r}\cos\theta$, $\psi = Ur\sin\theta - \frac{\mu}{r}\sin\theta$ denklemleri elde edilir. Silindir döndürüldüğünde üzerindeki akış; uniform, duble ve vorteks akışının toplamı şeklinde olur. Bu durumda silindire etkiyen, sadece sökülasyon (vortekes gücünden, K) kaynaklanan bir kaldırma kuvveti de oluşur. Dönmeden kaynaklanan bu ek kaldırma kuvvetine **Magnus kuvveti** ya da etkisi denir.

SÜRTÜNMELİ AKIŞLAR

Akış alanının uçaklarda, roketlerde ve dünya yüzeyinde olduğu durumlara **dış akışlar**, akış alanının boru akışında olduğu gibi sınırlarla kuşatıldığı durumlara da **iç akışlar** denir. Yüzeye yakın kısımlarda sürtünme kuvvetlerinin egemen olduğu ve yüksek hız gradyanlarının görüldüğü bölgelere **sınır tabaka** denir. Yüzeyden uzak kısımlarda, serbest akış alanında atalet kuvvetleri baskındır. Bu nedenle akış, hız ya da kuvvetler arasındaki orana göre sınıflandırılır. Atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranına **Reynolds sayısı** denir ve Re ile gösterilir. Serbest yüzey akışları için reynolds sayısı **Re=uy/n** şeklindedir. Burada u ortalama akış hızını, y karakteristik boru uzunluğunu, n ise akışkanın kinematik viskozitesini göstermektedir. Reynolds sayısı; akışkanın **laminer** (düzgün akış çizgileri) ve **türbülanslı** (karmaşık, dalgalanmalı, tedirgin akış alanı) olduğunu tanımlamada kullanılan en basit ve en yaygın boyutsuz sayıdır.

Bir akış alanındaki basınç kaybı; belli bir hıza kadar, hızla lineer ($\Delta P \cong U$), daha yüksek hızlarda ise hızın 1,75.kuvvetiyle ($\Delta P \cong U^{1,75}$) artar. Bir boru içerisindeki akışta; hızın kademeli olarak artırılması halinde, laminer akıştan türbülanslı akışa geçiş boru çapıyla (d) tanımlanan reynolds sayısının yaklaşık 2300 değerine varmasıyla gerşekleşirki, **Re_{kritik}=ud/n** buna **kritik Reynolds sayısı** denir. Bu silindir üzerindeki akışta 3.10^5, düz yüzey üzerindeki akışta 10^6 da gerçekleşir.

Akışta hız profilinin uniform durumdan, sadece y'nin (laminer akışta parabolik bir yapı oluşturur) fonksiyonu oluncaya kadar geçen mesafeye **gelişme uzunluğu** adı verilir ve Le ile gösterilir. Basıç kaybının lineer olarak azaldığı durumlarda laminer akış için Le/d≅0,06Re, türbülanslı akış için Le/d≅4,4 $Re^{1/6}$ deneysel bağıntıları söz konusudur.

DAİRESEL BORULARDA AKIŞ:

1)Dairesel borularda laminer akış:R yarıçaplı boruda laminer akan suyun boru merkezindeki hızı (basınç azalmakta) $U_m=\Delta P.R^2/4L.\mu$ şeklindedir. Akışkanın genel hızı ise $U(r)=U_m\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)$ şeklindedir. Akışkanın ortalama hızı $U_0=U_m/2$ dir. Borudaki sürtünme katsayısı $C_f=\frac{\tau}{\frac{1}{2}\rho U_0^2}$ şeklinde, hız ve kayma gerilmesine bağlıdır.

2)Dairesel borularda türbülanslı akış:Türbülanslı akışta genel hız bağıntısı $U(r)=U_m\left(1-\frac{r}{R}\right)^m$ şeklindedir. Bu durumda ortalama hız $U_0=\frac{2U_m}{(m+2)(m+1)}$ olur.

BORU BAĞLANTILARINDA LOKAL KAYIPLAR:

Boru bağlantılarında kayıplar eğrilik ve dirseklerdeki kayıplar, genişleme kayıpları, daralma kayıpları ve vanalardaki kayıplardan oluşmaktadır. Toplam basınç kaybı, sürekli ve lokal basınç kayıplarının toplamından oluşur, $\Delta P_t=\Delta P_k+\Delta P_L$. $\Delta P_t=C_f\frac{L}{d}2\rho U^2+\frac{K}{2}\rho U^2$, burada K akış geometrisine ve bağlantı şekline bağlı olup, imalatçı firmalar tarafından verilir.

AÇIK KANAL AKIŞKARI:

Bu akışlar bir kanal içerisinde açık yüzeye maruz kalan akışlardır. En yaygın şekilde sulama kanalları, boşaltma kanalları ve akarsular bunlara tipik örneklerdir. Açık kanal akışlarında eş hız profilleri akış geometrilerine bağımlılık gösterir. Açık kanalda, su-hava ara yüzeyindeki kayma gerilmesinden dolayı, maksimum hız yüzeyden kanal derinliğinin yaklaşık %20'si kadar aşağıda oluşur. kanal çeşitleri genel olarak; üçgen, yamuk ve daireseldir. Açık kanal akışlarında Bernoulli denklemi; $\frac{1}{2}\rho U_1^2+\rho gZ_1=\frac{1}{2}\rho U_2^2+\rho gZ_2+\Delta P_k$ şeklindedir. Kanal uzunluğu L, kanal derinliği y, kanal genişliği b, kanalın yatay düzlemle yaptığı eğim açısı θ ise, küçük açılar için basınç kuvveti ρgby.tanθ=τ(b+2y) dır. Bu akışta R_h=by/(b+2y) oranına hidrolik yarıçap denir. Açık kanallarda akışın şeklini anlayabilmek için öncelikle civardaki sürtünme hızı, |, sonra da $\varepsilon^+=\frac{U^*\varepsilon}{n}$ bulunur ve akışın hangi bölgede olduğuna karar verilir. Geniş ve derin kanallarda, viskozitenin düşük olması akışı genelde türbülanslı yapar. Pratikte laminer akışın görüldüğü yerler ise yağmur sularının oluşturduğu su birikintileri ve uçak pistlerinde oluşan su akıntılarıdır.

Açık kanal akışlarını sınıflandırmada kullanılan en yaygın yöntem, $Fr=\frac{U}{\sqrt{gy}}$ **Froude sayısı**dır. Burada U serbest yüzeydeki akış hızını, g yerçekimi ivmesini, y kanal derinliğini göstermektedir. Fr<1 Subkritik akış, Fr=1 Kritik akış, Fr>1 Süper kritik akış.
Uniform akışta serbest yüzeydeki akış hızı **Chezy katsayısı**na bağlı olarak $U=C_1\sqrt{R_h\tan\theta}=26{,}35R_h^{2/3}\varepsilon^{-1/6}S_0^{1/2}$ dır. Burada ε (mm) pürüzlülük, S_0=tanθ eğim açısı, C_1 Chezy katsayısıdır. **Manning** bu denklemi yeni bir k parametresine bağlı olarak

$U = \frac{1}{k} R_h^{2/3} S_0^{1/2}$ şeklinde ifade etmiştir. K parametresi yüzey malzemesine göre değişmektedir. Örneğin: cam; ε(mm)=0,3 , k=0,010 , temiz toprak kanal; ε=37 , k=0,022 , asfalt; ε=5,4 , k=0,016 , büyük nehirler; ε=500, k=0,035. ...

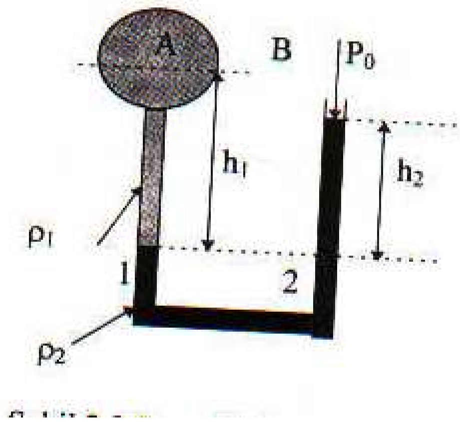
ÖLÇME YÖNTEMLERİ:

Akış alanının incelenmesinde yaygın olarak diferansiyel yöntemler, integral yöntemleri, boyut analizi ve deneysel yöntemler kullanılır. Diferansiyel ve integral yöntemleri: Navier-Stokes ve enerji denklemlerinin çözümüne dayandiğından çoğu zaman bir takım kabullerle denklemler basitleştirilerek çözüme gidilir. Bazı durumlarda eğer tam çözüm bu kabullerle sağlanamıyorsa, sayısal veya nümerik yöntemlerle sistem analiz edilir. pahalı olmasına rağmen en sağlıklı yöntem deneysel olarak akış parametrelerinin incelenmesidir. Deneysel yöntemlerle bütün parametreler ölçülebilmesine rağmen çok pahalı olduğu için her zaman kullanılmayabilir.

Akışkanlar mekaniği ve ısı transferinde genelde ölçülmesi gereken büyüklükler arasında **viskozite, hız, basınç, sıcaklık, yoğunluk, debi ve türbülans yoğunluğu** sayılabilir. Viskozite ölçümünde viskometreler (serbest akışlı, döner eksenli ve tablalı, düşen bilyalı, ince tüplü), hız için laser Doppler hız ölçer, kızgın tel (hot wire) anemometresi ve pipot tüpü, sıcaklık için sıvı kristal ısıtıcı ve termo elemanlar, türbülans yoğunluğu ve Reynolds gerilmeleri için laser ve kızgın tel anemometreleri, yoğunluk için ise hidrometreler kullanılır.
Debi ölçümünde kapalı kesitlerde orifismetre, venturimetre, akış lülesi ve çeşitli tipte debimetreler, açık kanallarda ise savaklar kullanılır.

ÖRNEKLER

1)Açık hava basıncının P_0=101336 Pa olduğu bir yerde bulunan bir manometredeki sıvı seviyesi şekildeki gibidir. Bu manometrede h_1=40 cm, h_2=30 cm , ρ_1=800 kg/m^3 ve ρ_2=1000 kg/m^3 olduğuna göre A'daki basınç kaç Pa dır? (g=10 m/s^2).

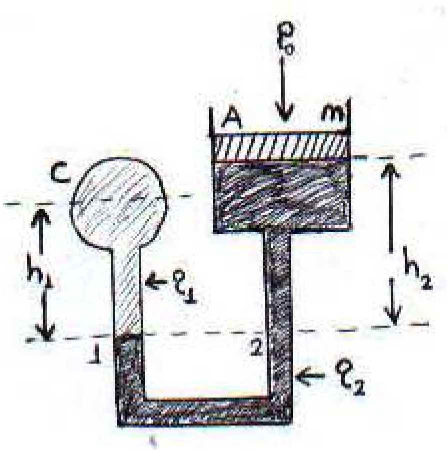


Çözüm: Aynı hizadaki basınçlar eşittir. $P_1=P_A+\rho_1 g h_1$, $P_2=P_0+\rho_2 g h_2$ ve $P_1=P_2$ 'den
$P_A=P_0+\rho_2 g h_2-\rho_1 g h_1$=101336+1000.10.(0,30)-800.10.(0,40)=101336+3000-3200
=101136 Pa bulunur.

2)Yer yüzeyindeki atmosferik basınç 101336 Pa olduğuna göre 2000 m yükseklikteki basınç değerini;
a)yoğunluğu ρ=1,2 kg/m^3 ve çekim ivmesini g=10 m/s^2 şeklinde sabit alarak,
b)T_0=27 C^0 izotermal durum için basıncı bulunuz. (R=300J/kgK)
Çözüm: a)Sıkıştırılamaz akış için, $P_2=P_1-\rho g(z_2-z_1)$=101336-(1,2).10.2000= 77336 Pa

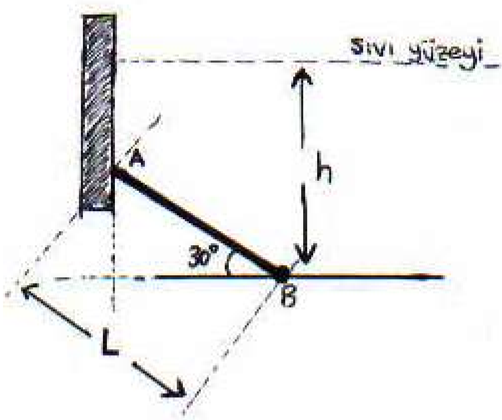
b)İzotermal durum için, $P_2 = P_1 e^{\frac{-g(z_2-z_1)}{RT_0}} = 101336 e^{\frac{-10.2000}{300.300}} = 101336 e^{-0,22} =$ 83960 Pa

3)Şekilde gösterilen düzenekte h_1=0,5 m, h_2=1,5 m, ρ_1=1000 kg/m^3, ρ_2=13600 kg/m^3, A=0,01 m^2 dir. C noktasında basıncın 4 bar olması için piston kütlesi m kaç kg olmalıdır? (g=10 m/s^2, P_0=101336 Pa)



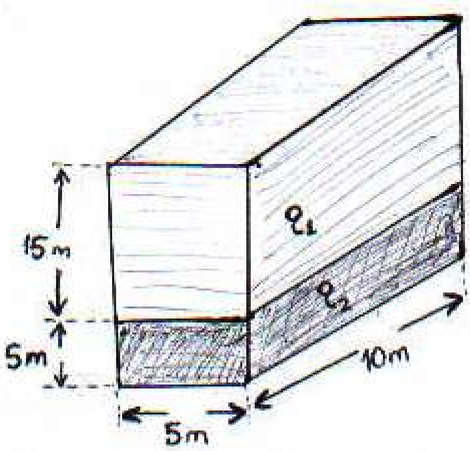
Çözüm: $P_1=P_c+\rho_1 g h_1$, $P_2=P_0+\rho_2 g h_2+mg/A$ ve $P_1=P_2$ den $m=A(P_c+\rho_1 g h_1-P_0-\rho_2 g h_2)/g$ bulunur. değerler yerine konduğunda m=0,01.(4.10^5+1000.10.0,5-101336-13600.10.1,5)/10 =0,01.(400000+5000-101336-204000)/10=99,664 kg

4)Şekilde görüldüğü üzere, bir su(ρ=1000kg/m^3)deposundaki, genişliği 3m uzunluğu 4m olan dikdörtgen şeklindeki bir kapak 30^{0}lik bir eğimle B ucu asılı, A ucu ise serbest olacak şekilde yerleştirilmiştir. Atmosfer basıncını ve kapının ağırlığını ihmal ederek, A noktasına etki eden yatay kuvveti bulunuz. (su derinliği h=6m, g=10 N/kg, sin30=1/2).



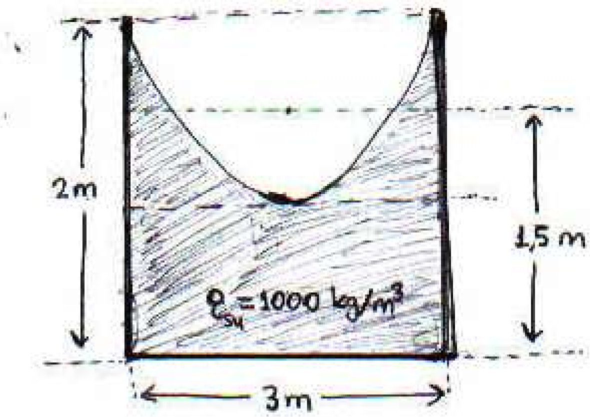
Çözüm:A=b.L=3.4=12 m^2, h_g=6-2.(1/2)=5 m, basınç kuvveti $F=\rho g h_g$=1000.10.5=5.10^4 N dur. Atalet momenti $I_{xx}=b.L^3/12$=3.4^3/12=16 m^4, ağırlık merkezinden basınç merkezine olan uzaklık $Y_p=-\rho g \sin\theta I_{xx}/F$=-[1000.10.(1/2).16]/(5.10^4)=1,6 m bulunur.
B'ye göre momentten A_x.2=F.(2-1,6), A_x=[0,4.5.10^4]/2=1000 N bulunur.

5)şekilde görüldüğü gibi, 20m derinliğindeki bir petrol tankerinde 5m yüksekliğinde su (ρ_2=1000kg/m^3) ve 15m yüksekliğinde petrol (ρ_1=800kg/m^3) bulunmaktadır. Genişliği 10m olan yanal yüzeye etki eden toplam hidrostatik basıncı bulunuz. (g=10 N/kg)



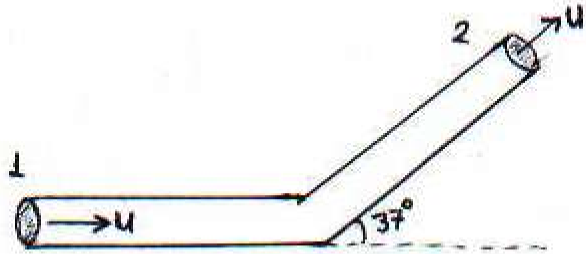
Çözüm: Önce her bir yanal yüzeye etkiyen hidrostakik basıçları bulalım. $P_{g1}=\rho_1 g h_{g1}=$ 800.10.7,5=60000 Pa, $P_{g2}=\rho_1 g h_1+\rho_2 g h_{g2}$=800.10.15+1000.10.2,5=145000 Pa. Şimdi de her yan yüzeye etkiyen kuvvetleri bulalım. $F_1=P_{g1}.A_1=90.10^5$ N, $F_2=P_{g2}.A_2=145.10^3$. (10.5)=$72.5.10^5$ N. Toplam kuvvet ise; $F=F_1+F_2=1625.10^4$ N olur.

6)Yüksekliği 2m, çapı 3m olan üstü açık bir tank içerisinde 1,5 m yüksekliğinde su (ρ=1000 kg/m^3) bulunmaktadır. Bu silindirik tank düşey simetri ekseni etrafında döndürülmektedir. Suyun dökülmemesi için erişilebilecek maksimum açısal hız nedir ve bu esnada tabandaki maksimum basınç ne olur? (g=10m/s^2, atmosfer basıncını ihmal ediniz).



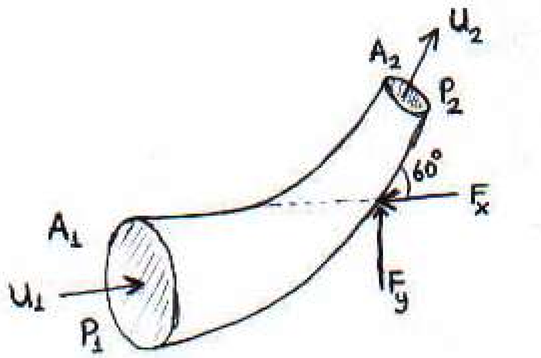
Çözüm: Suyun dökülmemesi için h=1 m olmalıdır. Bu durumda maksimum açısal hız $w=[2gh/R^2]^{1/2}=[2.10.1/(3/2)^2]^{1/2}$=2,98 rad/s olur. Bu durumda oluşan maksimum basınç; $P=(\rho r^2 w^2/2)-\rho gz=[(3/2)^{1/2}.1000.(2,98)^2/2]-1000.10.(-1)$=10125+10000=20125 Pa olur.

7)Hızı değişmeyen bir jet, kesit alanı A=0,2 m^2 alanlı yatay bir dirsekten akmaktadır. Akış sürekli sürtünmesiz olup, her yerde atmosfer basıncı hüküm sürmektedir. Kanatçığı dengede tutmak için gerekli kuvvet kaç N dur? (U=10m/s, dm/dt=4 kg/s, sin37=0,6, cos37=0,8).



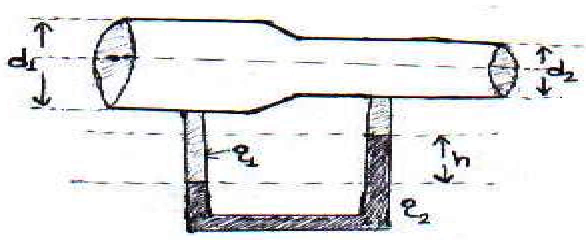
Çözüm: x yönünde toplam kuvvet $F_x=-(dm_1/dt).U_1+(dm_2/dt).U_2\cos\theta = -(dm/dt)[U_1-U_2\cos\theta)=-4.(10-10.0{,}8)=-8$N sola doğru. Y yönünde toplam kuvvet $F_y=(dm/dt).U.\sin\theta=4.10.0{,}6=24$ N yukarıya doğrudur. Burada süreklilik ilkesinden dolayı $U=U_1=U_2$ ve $(dm_1/dt)=(dm_2/dt)$ alınmıştır. Buna göre bileşke kuvvet; $F=[F_x^2+F_y^2]^{1/2}=25{,}3$ N dır.

8)Giriş kesitinin çapı 0,20 m olan yatay bir dirseğe 5 m/s hız ve 40000 N/m^2 basınçta olan su (ρ=1000 kg/m^3) şekilde görüldüğü gibi girmektedir. Çıkış kesitinin çapı 0,16 m olan bu dirsekte sürtünme kayıpları ihmal edildiğine göre, dirseği dengede tutabilmek için gerekli kuvvet bileşenlerini bulunuz. (π=3, sin60=0,86 , cos60=0,5).



Çözüm:Süreklilikten $U_1A_1=U_2A_2$ dir. $U_2=(d_1^2/d_2^2).U_1=7{,}8$ m/s. Bu durumda Bernoulli denklemi $P_1+(1/2)\rho_1U_1^2=P_2+(1/2)\rho_2U_2^2$ dir. $P_2=4.10^4+(1/2).1000.[5^5-(7{,}8)^2]=22000$ Pa, $\sum F_x=P_1A_1-F_x-P_2A_2\cos\theta=\rho[U_2^2A_2-U_1^2A_1]$ denkleminden $F_x=1211{,}8$ N bulunur. F_y ise $\sum F_y=F_y-P_2A_2\sin\theta=\rho U_2^2A_2\sin\theta$ bağıntısından 1436 N olarak bulunur.

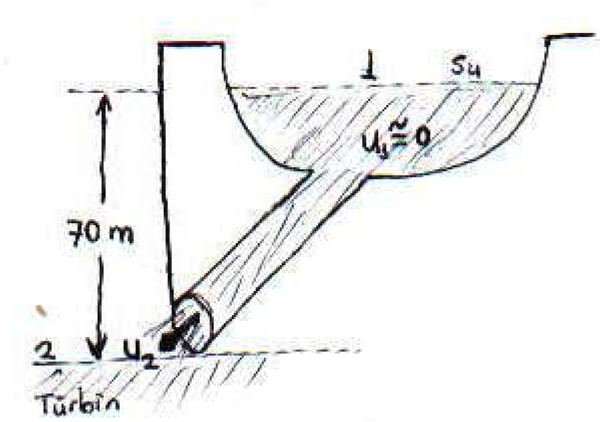
9)Çapı d_1=2 m olan bir boruda U_1 hızla akan bir akışkan, çapı d_2=1m olan boruya gelip U_2 hızıyla akmaktadır. Bu akışkanın debisi şekildeki gibi venturimetre ile ölçülmektedir.



Venturimetrede cıvanın yükselme seviyesi h=0,4 m olduğuna göre, akışkanın kütlesel debisi kaç kg/s olur? (π=3, ρ_1=1000 kg/m^3, ρ_2=13600 kg/m^3, g=10 N/kg)

Çözüm: Süreklilikten $U_1=(d_2^2/d_1^2).U_2=(1/4).U_2=(1/4)U_2$, Bernoulli denkleminden $U_2=[2\Delta P/\rho_1(1-1/4^2)]^{1/2}=[2.(13600-1000).10.0,4/(1000.(15/16)]^{1/2}=3,27$ m/s ,kütlesel debi de $dm/dt=\rho_1 A_2 U_2=1000.(3/4).(3,27)=2452,5$ kg/s

10)Şekilde görülen hidrolik santrale saniyede 30 m^3 su girmektedir. Su türbin kanatlarını döndürdükten sonra 2 m/s lik bir hızla sistemden ayrılmaktadır. Sürtünmelerden dolayı sistemde oluşan toplam kayıplar 15.10^4 Pa olduğuna göre bu santralden elde edilebilecek gücü hesaplayınız. (ρ=1000kg/m^3, g=10 N/kg)



Çözüm:1-2 arasında Bernoulli $P_1+(1/2)\rho U_1^2+\rho g z_1=P_2+(1/2)\rho U_2^2+\rho g z_2+W_s+\Delta P_k$ dır. $P_1=P_2=P_a$, $U_1=0$ ve $\Delta P_k=15.10^4$Pa. $1000.10.70=(1/2).1000.2^2+W_s+15.10^4$ eşitliğinden $W_s=548000$ N/m^2 bulunur. Güç ise $dW/dt=(dm/dt).W$ den 16440000 watt=16,44 Megawatt.

11) Yoğunluğu 1000 kg/m^3, kinematik viskozitesi $n=10^{-6}m^2/s$ olan bir akışkan, çapı 5.10^{-2}m olan pürüzsüz bir boru içerisinden 5 m/s lik bir hızla akmaktadır. A)Maksimum hızı, B)Birim uzunluk için sürtünme kuvvetini bulunuz (π=3, $C_f=0,046Re^{-0,20}$)

Çözüm:A) Maksimum hız için $Re=U.d/n=(5.5.10^{-2})/10^{-6}=25.10^4$, pürüzsüz boruda $C_f=0,046Re^{-0,20}=0,046.(25.10^4)^{-1/5}=4.10^{-3}$ dır. $U^*=(\tau/\rho)^{1/2}=U.(C_f/2)^{1/2}=5.(4.10^{-3}/2)^{1/2}=0,12$ m/s. $U_m=U_0+3,75.U^*05+3,75.0,12=5,45$ m/s bulunur.

B)$\tau=(\rho.C_f.U^2)/2=(4.10^{-3}.1000.5^2)/2=50$ Pa, sürtünme kuvveti ise $F_s=\tau.\pi.d=50.3.5.10^{-2}=7,5$ N dur.

12) Genişliği 2 m, derinliği 1m ve eğimi $0,5^0$ olan bir beton kanalda debiyi, Manning denklemine göre hesaplayınız. (n=0,012 , ε=1mm, tan0,5=$8,73.10^{-3}$)

Çözüm: A=b.y=2.1=2 m^2, Ç=b+2y=2+2.1=4 m, R_h=A/Ç=0,5 m, $U=(R_h^{2/3}.S_0^{1/2})/n=[0,5^{2/3}.(8,73.10^{-3})^{1/2}]/0,012=4,91$ m/s, debi ise dQ/dt=U.A=4,91.2=9,81 m^3/s dir.

KAYNAK:

1)Doç.Dr.Habib UMUR, Uludağ Ünv.Makine Müh, "Akışkanlar Mekaniği",2.baskı-1998-İstanbul.

2)D.halliday-R.Restnick, Tokyo Ünv.Phys.dep, "Physics 1".

Mehmet TAŞKAN