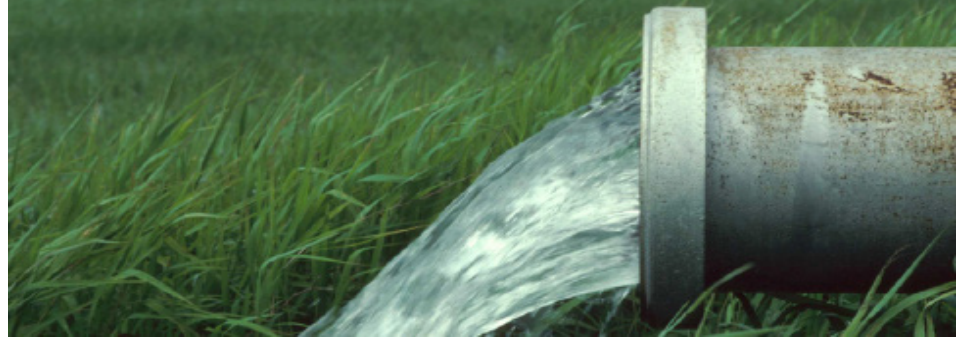


# 12. BÖLÜM



## Akışkan Mekaniği

12.1 Akışkan Madde

12.2 Akışkan Basıncı

12.3 Cismin Akışkanda Yüzmesi

12.4 Akışkan Hareketi

12.5 Viskozite

12.6 Türbülans

12.7 Bernoulli İlkesi

Bölüm Sonu Soruları

## 12.1 Akışkan Madde

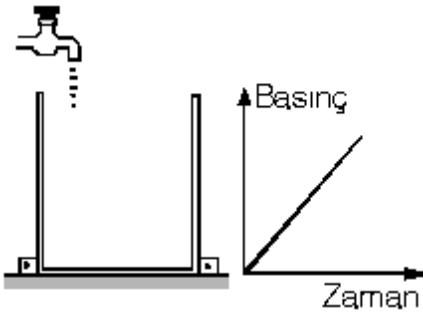
Maddeleri sınıflandırırken katı, sıvı ve gaz olarak ayrıldığını bilmeyenimiz yoktur. Ama akışkan denilince akla sadece sıvı fazlı maddeler geliyorsa bu yanlış bir genelleme olur. Çünkü akışkan madde kütlesi değişmediği halde şekli belki de hacmi değişebilen maddelerdir. Genelde akışkan olarak sıvı, gaz ve plazma hali ele alınır. Ama burda ilgi odağımız sıvı ve gaz üzerinde olacaktır. Akışkanlar mekaniği konusu sıvı ve gazların hareket, kuvvet, hız ve basınç gibi değerlerin akışkanın davranışına etkisini açıklar. Katı maddelerin belirli bir şekli ve hacmi olur ama akışkan olan sıvının belirli hacmi varken belirli bir şekli yoktur. Dahası, gaz olan bir maddenin ne belirli bir şekli ne de belirli bir hacmi vardır. Örneğin sıkıştırma durumunda sıvının hacmi ihmal edilebilecek şekilde azalırken gazların hacmi değişir.



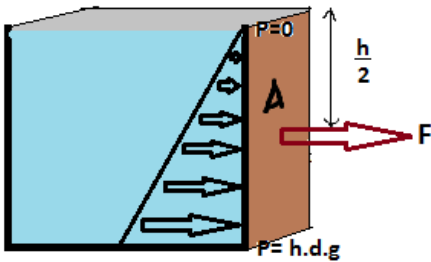
**Akışkan:** Zayıf bağların etkisiyle molekülleri bir arada tutulan ve rastgele hareket edebilen maddelere akışkan madde denir. Akışkanlar mekaniğiyle durgun haldeki bir akışkanın yoğunluğu, statik basıncı ve basınç kuvvetleri incelenirken hareketli akışkanlarda (dinamik akışkan) hız, dinamik basınç, dinamik viskozite ve toplam yük değerlerinin hesaplamaları ele alınır. Akışkanlar mekaniğinde en önemli ve asla unutulmaması gereken nokta **Bernoulli** ilkesi ve denklemidir.

## 12.2 Akışkan Basıncı

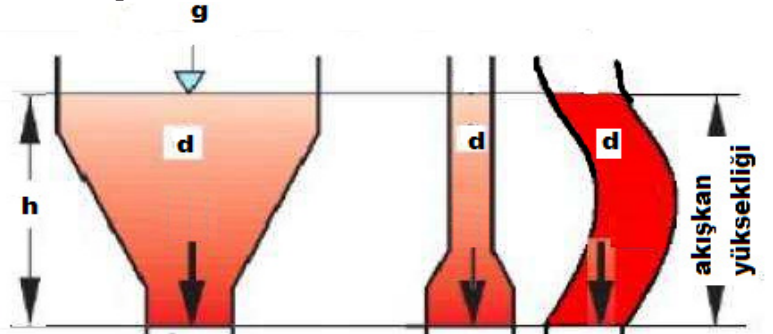
Maddenin farklı fazlarının farklı dinamik ve mekanik davranışlar sergilediğini akışkanlar ile açıklamak akılda daha çok kalıcı olacağını umuyoruz. Akışkanlarda basınç değerleri bulunurken maddenin fazına ve referans bir duruma göre işlem yapılır. Katı maddelerin yaptığı basıncı bulurken katının yüzeye uyguladığı dik kuvvetin temas yüzeyine bölünmesiyle elde edilen değeri alacağız. Oysaki akışkanların basıncının tespitinde akışkanın özkütlesi ve hızı önemlilik arzeder.



**Sıvılarda basınç,** sıvının yüksekliği ile yoğunluğunun çarpımının birim yüzeye yaptığı dik kuvvet etkisidir. Sıvının birim alan üzerindeki ağırlığı o alan boyunca yükselen sıvının oluşturduğu ağırlıktır. Yani alan ile yüksekliğin çarpımı hacim, hacim ile özkütlenin çarpımı kütle ve son olarak kütle ile ortamın çekim ivmesi ile çarpımı bize ağırlık verecektir. Bu ağırlık birim yüzeye dik etki ettiği için sıvının o noktadaki statik basıncına eşittir. Sıvı hareketli iken bir yüzeye çarptığı durumda ise yüzeyde oluşturacağı basınç toplam basınç olur. Bu statik basınç ile dinamik basıncın toplamıdır.



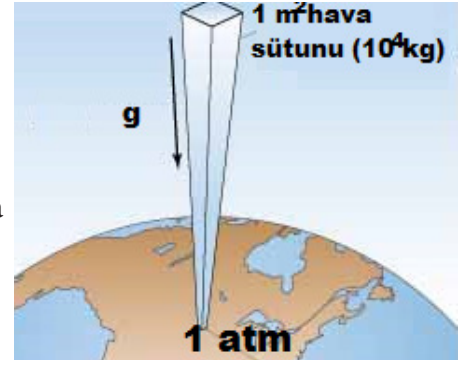
$$F = \left( \frac{h \cdot d \cdot g}{2} \right) \cdot A$$



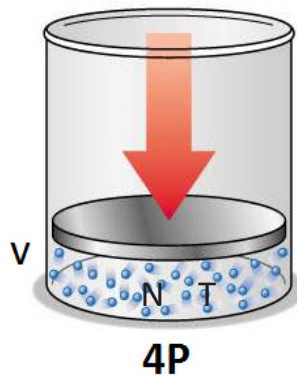
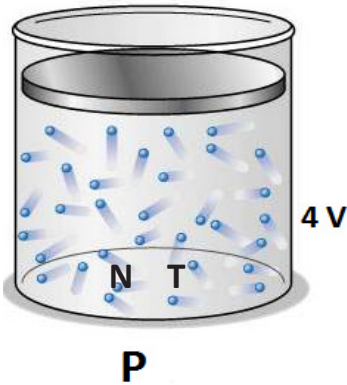
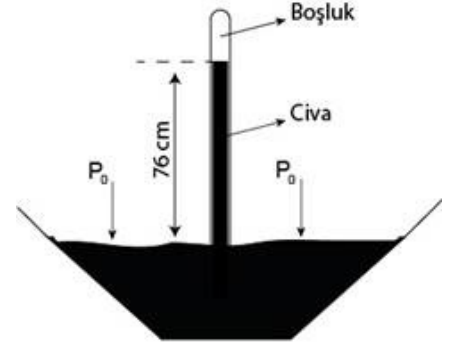
$$P = h \cdot d \cdot g$$

**Gazlarda basınç,** gazı oluşturan moleküllerin sahip olacağı kinetik enerjilerinden dolayı sürekli hareket etmeleri ve birbirleriyle çarpışmaları sonucu birim yüzeye etkiledikleri kuvettir. Gazların basıncı gazın sıcaklığına, hacmine dolayısıyla yoğunluğuna bağlıdır.

Sabit hacimli kaplarda gazın basıncı (P) mutlak sıcaklık(T, Kelvin) ve molekül sayısı (N, mol) ile doğru orantılı iken değişken hacimli kaplarda gazın basıncı kabın hacmi (V, Litre) ile ters orantılıdır. Örnek olarak sabit hacimli bir gaz tankında iç basınç gazın sıcaklığı ile artar. Gazın mutlak sıcaklığı artarken moleküllerin hareket enerjisi artacağından yüzeye daha fazla çarparlar. Aynı etki sıcaklık sabit olunca tankın içerisine daha fazla gaz koyduğumuzda yine birim yüzeye olan çarpma sayısı artar ve hissedilen basınç artmış olur. Değişken hacimli kaplara en uygun örnek hareketli sızdırmaz pistonlu kaplardır. Pistonlu kabın hacmi azaltılınca birim hacimde molekül sıklığı artar ve basınç artmış olur.



**Atmosfer basıncı:** Atmosfer içindeki gazların ağırlık ve kinetik enerjilerinden dolayı yaptığı basıncı ifade ederken 1 atmosferlik (1 atm) basınç referans alınır. Yer yüzeyinde 1m² lik alana etkiyen ve yaklaşık 10⁴ kg kütleye denk gelen gaz basıncına atmosfer basıncı denir. Torichelli deneyi denilen yandaki düzenekte deniz seviyesinde 0 °C de 1 atm basınç boru içindeki yoğunluğu 13.6 g/cm³ olan cıvayı(Hg) 76cm yükseltir. Bu nedenle biz işlemlerimizde 1atm= 76cm-Hg alacağız.Bu basınç atmosfer içindeki gazların durumuna göre değişen bir değerdir. Hava sıcaklığının ve rakımın yüksek olduğu yerlerde basınç düşük olur.

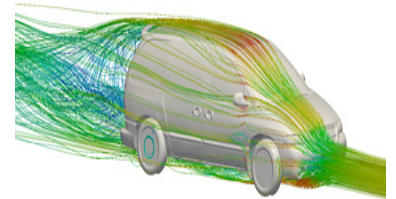


$$\frac{P.V}{N.T} = \text{sabit}$$

$$P.V = N.R.T$$

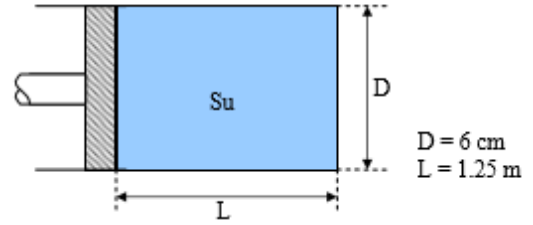
atm litre mol K (Kelvin) 287 J/kg.K

Gazların basıncından bahsederken bir diğer önemli nokta da gazın hareketli olup olmadığıdır. Basınç ölçer cihazı durgun haldeki gazın basıncını ölçünce buna ortam basıncı denir. Bu basınç atmosfer basıncı olabilirken mutfak tüpündeki gaz basıncı da olabilmektedir. Uçakların hızlarının belirlenmesinde kullanılan Pitot cihazı durgun haldeki **statik basınç** ile burun kısmında cihaza çarpan hareketli havanın basınçları farkını alarak seyir hızını tespit eder. Burada hareketli havanın basıncının çarpma bölgesinde durgun haldeki gaz basıncından fazla olan kısma **dinamik basınç** denir.



### ÖRNEK 12.1

Yandaki şekilde yarıçapı  $r=3$  cm ve uzunluğu  $L=125$  cm olan pistonlu silindirin içerisinde atmosfer basıncında su vardır. Piston 1w,2cm ilerleyip suyu sıkıştırdığında  
a) Yeni durumdaki basıncı ve yoğunluğu,  
b) Yapılan işi bulunuz.



### ÇÖZÜM :

$$a) V_1 = A.L = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{\pi (0,06)^2}{4} 1,25 = 0,00953 m^3$$

$$\Delta V = \frac{\pi D^2}{4} \Delta L = \frac{\pi (0,06)^2}{4} 0,012 = 3,39 \times 10^{-5} m^3$$

Basınç artışı

$$\Delta P = -\kappa \frac{\Delta V}{V} = -21000 \frac{3,39 \times 10^{-5}}{0,00953} = 201,8 Bar$$

$$P_1 = 1 \text{ atm ( mutlak )} = 0 \text{ atm etkin}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta P$$

$$P_2 = 201,8 \text{ bar ( etkin )}$$

$$\Delta P = \kappa \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} \Rightarrow \rho_2 = \rho_1 \left( \frac{1 + \Delta P}{\kappa} \right)$$
$$= 1000 \left( \frac{1 + 201,8}{21000} \right) + 1000 = 1009,6 \text{ kg / m}^3$$

$$b) W = - \int P dV$$

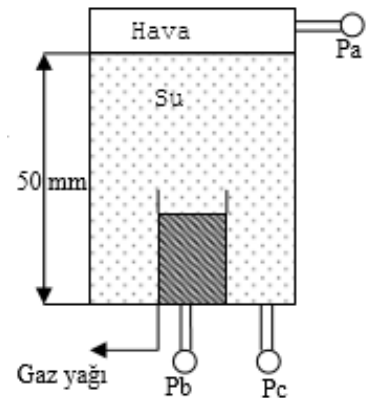
$$dV = - \frac{V_1}{\kappa} dP$$

$$W = \int P \frac{V_1}{\kappa} dP = \frac{V_1}{\kappa} \int P dP$$

$$= \frac{V_1}{2\kappa} P^2 \Big|_{P_1}^{P_2} = \frac{V_1}{2\kappa} (P_2^2 - P_1^2) = 342 J$$

### ÖRNEK 12.2

Silindirik depo 50 mm yüksekliğinde su içermektedir. İçteki küçük silindirik depo h yüksekliğinde özgül ağırlığı  $0.8 \text{ g/cm}^3$  olan gaz yağı içermektedir.  $P_a$  'nın ölçülen basıncı ve gaz yağının ölçülen yüksekliği nedir. (Gaz yağının deponun üstüne çıkmasının önleniği kabul edilecektir.) (  $P_b = 13.80 \text{ kPa}$ ;  $P_c = 13.82 \text{ kPa}$  )



### ÇÖZÜM :

$$H = 50 \text{ mm} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_a = \rho_s \cdot g \cdot H + P_c = 1000 \cdot (9,81) \cdot (50 \cdot 10^{-3}) + 13,82 \cdot 10^3$$

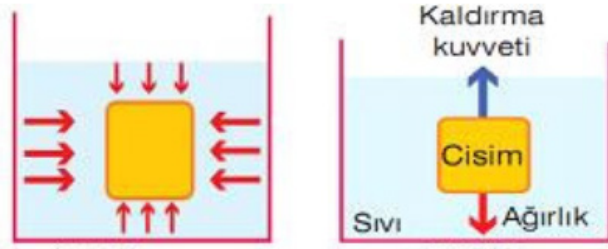
$$P_a = 13,329 \text{ kPa}$$

$$P_a + \rho_s \cdot g \cdot (H-h) + \rho_g \cdot g \cdot h = P_b$$

$$h = 1,987 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cong 2 \text{ mm}$$

### 12.3 Cismin Akışkanda Yüzmesi

Günlük hayatta su ve hava gibi akışkan içinde yüzen cisimlerle sıklıkla karşılaşırız. Bu akışkanlar içerisinde yüzen cisimlere bir kaldırma kuvveti uygularlar. Uçuşan sinekler, kuşlar, balonlar, uçaklar havanın bir kaldırma kuvveti olduğunu gösterir. Bunun yanında su üzerinde yüzen balıklar ve gemiler de suyun bir kaldırma kuvveti olduğunu gösterir. Sıvı içinde bulunan bir cismin alt ve üst yüzeylerinde basınç farkı oluşur. Sıvının oluşturduğu bu basınç farkından dolayı cisim sıvı içerisinde yukarıya doğru itilir. Bu itme kuvveti, sıvının **kaldırma kuvveti** olup cismin sıvı içinde kapladığı hacim, sıvının yoğunluğu ve ortamın çekim ivmesi ile doğru orantılıdır. Aynı zamanda cisme etkiyen kaldırma kuvveti sıvı içindeki cismin sebep olduğu yer değiştiren sıvının ağırlığı kadardır.



$$F_{\text{kaldırma}} = V_{\text{batan}} \cdot d_{\text{sıvı}} \cdot g_{\text{ortam}}$$

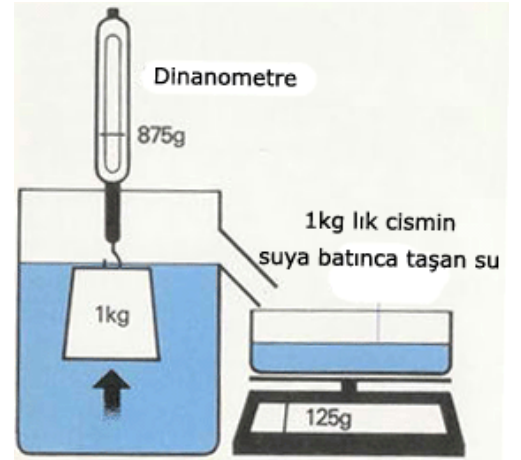
Sıvı içine bırakılan bir cisme aynı anda iki kuvvet etki eder. Bu kuvvetler cismin ağırlığı ile kaldırma kuvvetidir. Yüzen ve askıda kalmış cisimlerde bu iki kuvvet birbirine eşittir.

$$F_{\text{kaldırma}} = G_{\text{cisim}}$$

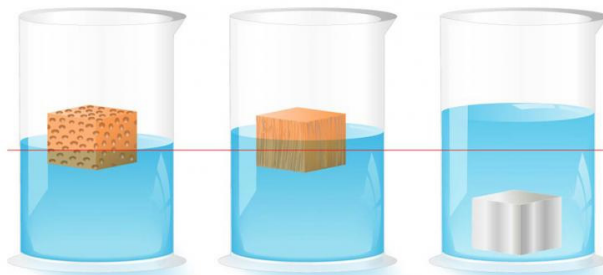
$$G = V_{\text{cisim}} \cdot d_{\text{cisim}} \cdot g$$
$$F = V_{\text{batan}} \cdot d_{\text{sıvı}} \cdot g$$

$$V_{\text{cisim}} \cdot d_{\text{cisim}} \cdot g = V_{\text{batan}} \cdot d_{\text{sıvı}} \cdot g$$

$$V_{\text{cisim}} / V_{\text{batan}} = d_{\text{sıvı}} / d_{\text{cisim}}$$



Batan cisimlerde ise cisme etkiyen üç tane kuvvet vardır. Cismin ağırlığı (G) aşağı doğru iken kaldırma kuvveti (F) ve kabın tepki kuvveti (R) yukarı doğru olur. Denge denklemi ; **G = F + R** olur.

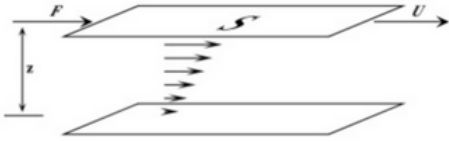




## 12.4 Viskozite

Bir akışkan akmaya çalışırken molekülleri birbirini üzerinde kaymak ister. Akışkanın viskozitesi akma kuvvetinin karşılaştığı sürtünme direncinin bir ölçütüdür. Bu sürtünme direnci moleküller arası bağ kuvvetleri moleküllerin ağırlığı ve şekillerine bağlı olur. Balı bir kaba dökmekle sütü dökmek birbirinden farklıdır. Bal süttten daha viskoz bir yapıdadır. Bir akışkan bir yüzey üzerinden geçerek aktığı zaman, yüzeye komşu olan akış tabakası durgun haldedir. Yüzeyden itibaren birbirini izleyen tabakaların hızları giderek artar. Yani yüzeye yakın tabakaların hızları düşük yüzeyden uzak olan tabakaların hızları ise daha yüksektir.

Bir başka yaklaşım da bir akışkanın birbirini üzerinde hareket eden bileşik tabakalardan oluşmuş gibi hissedilir. Bu yaklaşım bize akışın **laminer** olduğunu ifade eder. Örneğin; bir deste oyun (iskanbil) kağıdına bir kuvvet uygulandığında üstteki kart ilerlerken, bir alttaki kartı öteler en alttaki kart sabit kalır. Sıvıdaki durum da aynıdır. En alttaki sıvı tabakası sabit kalırken, üstteki tabaka belli bir hız ile kayar, kayarken de bir alttakini öteler. Buradaki öteleme kuvveti sıvı tabakaları arasındaki yüzeye gösterilen sürtünme kuvveti ile ilişkilidir. Newtonun viskoz akış (laminer veya tabakalı akış) kanununa göre sıvı içerisindeki iki komşu tabakanın birbirlerine göre hareketine direnç gösteren **F** sürtünme kuvveti **A** alanı ve **dv/dx** hız gradienti ile orantılıdır.



F: Sürtünme kuvveti

$\mu$ : Viskozite katsayısı (Yunancada mu harfi)

$$\mu = \frac{f / A}{dv/dx}$$

f = kuvvet

A = alan

v = hız

x = mesafe

## 12.5 Türbülans

Mühendislik uygulamalarında karşılaşılan akışların çoğu türbülanslıdır. Türbülanslı akış, çalkantıların hakim olduğu karmaşık bir mekanizmadır ve türbülanslı akışın teorisi halen büyük ölçüde çözülememiştir. Türbülanslı akış, **girdap** adı verilen dönen akışkan bölgelerinin akış boyunca rastgele ve hızlı çalkantıları ile gözlenir. Bu değişimler momentum ve enerji geçişini kolaylaştırır. Türbülanslı akışta dönen girdaplar; kütle, momentum ve enerjiyi akışın diğer bölgelerine moleküler difüzyondan daha hızlı biçimde taşır. Çünkü türbülanslı akışta kütle, momentum ve ısı transferi büyük ölçüde artar. Sonuç olarak türbülanslı akış çok daha yüksek sürtünme, ısı ve kütle geçişi katsayıları anlamına gelir.



Atmosferik türbülans, rüzgarların süratindeki ani ve düzensiz değişimdir. Havadaki türbülans hareketi bir dizi hamlelerden ibarettir. Hamle ise, bir dakikadan daha az bir zamanda rüzgar şiddetindeki ani değişimdir.

Türbülansa yol açan faktörler:

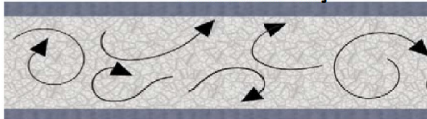
a-) Termal faktörler

b-) Sürtünme veya mekanik faktörler.

Laminer Akış

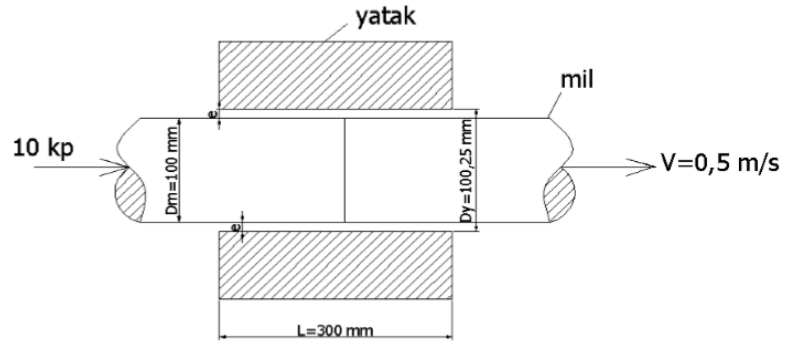


Türbülanslı akış



### ÖRNEK 12.3

Şekilde gösterilen  $D_m = 100$  mm çapında bir mil  $D_y = 100,25$  mm çapında ve  $L = 300$  mm genişliğinde bir yatak içerisinde aksel doğrultuda  $10$  kp'luk bir basınçla ancak  $0,5$  m/s hızla hareket ettirilebiliyor. Buna göre mil ile yatak arasındaki yağlama yağının viskozitesini bulunuz.



### ÇÖZÜM :

Boşluk miktarı:

$$e = \frac{D_y - D_m}{2} = \frac{100,25 - 100}{2} = 0,125 \text{ mm}$$

Mil ile yatağın temas alanı :

$$A = \pi \cdot D_m \cdot L \Rightarrow A = 3,14 \cdot 100 \cdot 300 = 94200 \text{ mm}^2$$

Hız gradyanı:

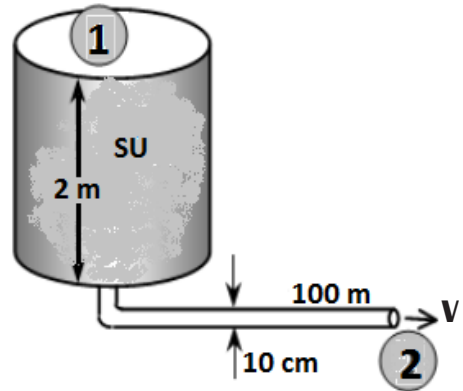
$$\frac{dV}{dy} = \frac{V}{e}$$

Kayma gerilmesi:

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy} = \frac{F}{A} \Rightarrow \mu = \frac{e \cdot F}{A \cdot V} = \frac{125 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{0,0942 \cdot 0,5} = 0,0265 \text{ kp} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

### ÖRNEK 12.4

Başlangıçta tamamen su ile dolu olan üstü atmosfere açık  $2$  m yüksekliğinde geniş bir tank, tabanında bulunan  $10$  cm çapındaki keskin köşeli bir delikten  $100$  m uzunluğundaki boru ile atmosfere boşaltılmaktadır. Sistemdeki toplam tersinmez yük kaybı ( $h_L$ )  $1,5$  m olarak belirlendiğine göre tanktan boşalan suyun ilk hızını ( $V$ ) belirleyiniz.



### ÇÖZÜM :

Önce  $z_2 = 0$ ,  $z_1 = 2$  m,

$P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$ ,

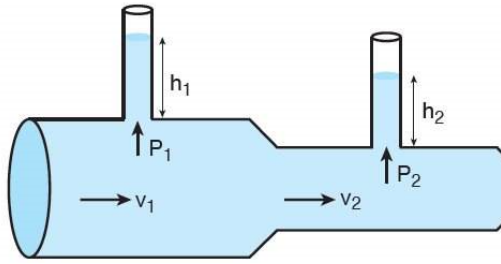
türbin ve pompa olmadığından  $h_{\text{türbin}} = 0$ ,  $h_{p,f} = 0$  kabul edilir.

1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli eşitliği yazılır. Buna göre,

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_{p,f} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_{\text{türbin}} + h_L \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(z_1 - h_L)}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \left( 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) (2 - 1,5)} \Rightarrow v_2 = 3,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## 12.6 Akışkan Hareketi



Kapalı bir dolaşım sistemi içinde bir akışkan akışı oluşabilmesi için basınç farkı olmalıdır. Akışkan, basıncın büyük olduğu yerden basıncın küçük olduğu yere doğru akar. Yandaki şekilde görüldüğü gibi farklı kesit alanlı bir boru içinde sıvı hareket ederken **debi** (birim zamanda geçen sıvı miktarı) her yerde aynıdır. Bu nedenle kesit dar alanlı yerde akış hızı fazla geniş alanlı yerde hız daha büyüktür.

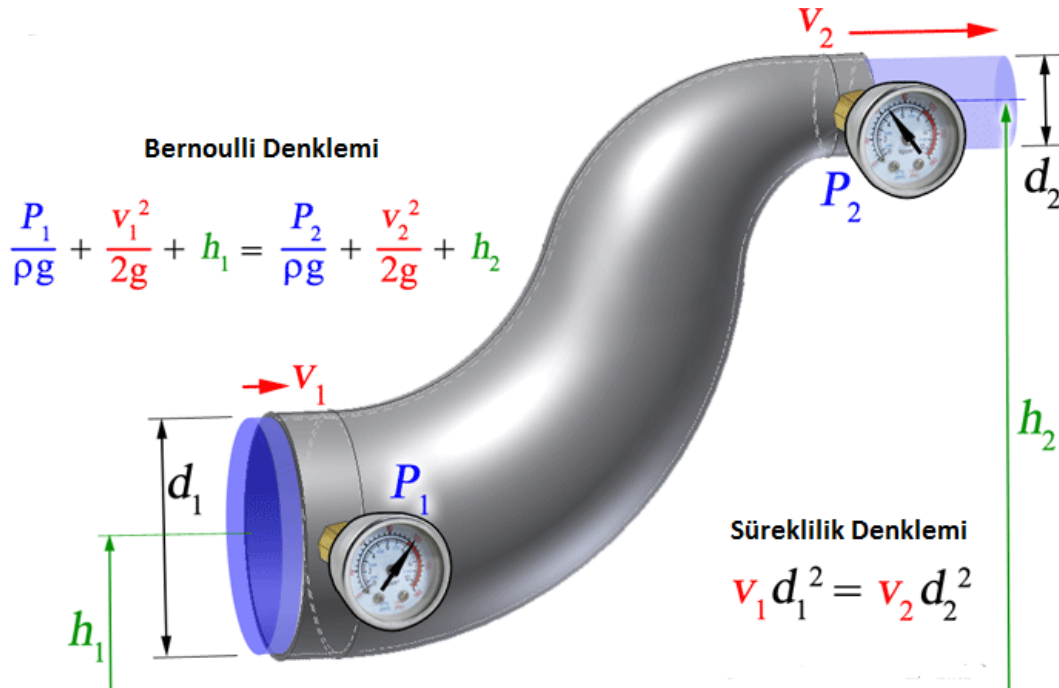
$$\begin{aligned} A_1 > A_2 & , \quad v_1 < v_2 \\ v_1 < v_2 & , \quad h_1 > h_2 \end{aligned} \text{ sonucuna ulaşılır.}$$

## 12.7 Bernoulli İlkesi

Genel olarak akışkan bir maddenin hareketi sırasında sahip olduğu enerjinin korunumu ilkesine dayanır. Kararlı durumda bulunan bir sıvının içinde bir akış hattını ele alalım. Sıvının bu bölgedeki enerjisi, yerçekiminden doğan potansiyel enerji, kendi üzerinde bulunan sıvının aşağı itmesinden doğan potansiyel enerji ve sıvının hızından dolayı sahip olduğu kinetik enerji toplamlarından meydana gelmektedir. Bernoulli ilkesine göre, akım çizgilerine sahip turbulanslı ve viskoz olmayan bir akımda bu enerjilerin toplamı değişmez. Bu ilke ilk defa 1700'lerde İsviçreli Matematikçi Daniel Bernoulli tarafından ortaya konulmuştur. Bernoulli ilkesi günlük hayattaki birçok olayı açıklamaktadır. **Bernoulli ilkesi, akışkanın sürati artarsa akışkanın basıncı azalır**, şeklindedir. Şekildeki uçak kanadında kanadın şeklinden dolayı üst kısmında hava alt kısmına göre daha süratli akar. Kanadın üstünde basınç düşer. Bu fark yukarı doğru bir kuvvet oluşturur.



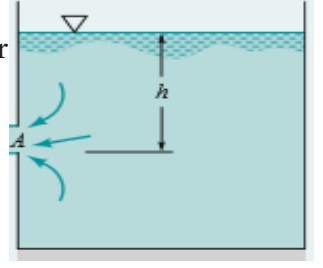
Hızlı hareket halindeki bir trenden veya herhangi bir araçtan atlayan bir kimsenin genellikle o aracın altına düşmesi bu sebeptendir. Oda içine doğru açılan bir pencerenin bir fırtınada kapanmaya çalışması ve camların dışa doğru patlaması Bernoulli ilkesinin bir göstergesidir.





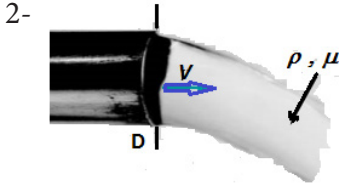
## Bölüm Sonu Soruları

1- Atmosfer basıncının 76 cm-Hg olduğu bir ortamda içi su dolu bir tankın çeperine yapılan basınç ölçülecektir. A noktasında yarıçapı  $r = 3\text{cm}$  olan bir deliğe basınç-ölçer cihazı konulmuştur. A noktası su yüzeyinden  $h = 45\text{cm}$  derinlikte olduğuna göre ;



( $d_{\text{su}} = 1\text{ g/cm}^3$ ,  $d_{\text{civa}} = 13.6\text{ g/cm}^3$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ )

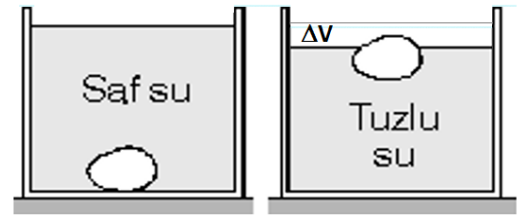
- A noktasındaki sıvı basıncı kaç Pa' dır?
- A noktasındaki toplam basınç kaç Pa' dır?
- Basınç-ölçer cihazının yüzeyinde hissedilen sıvı basınç kuvveti kaç N' dur?



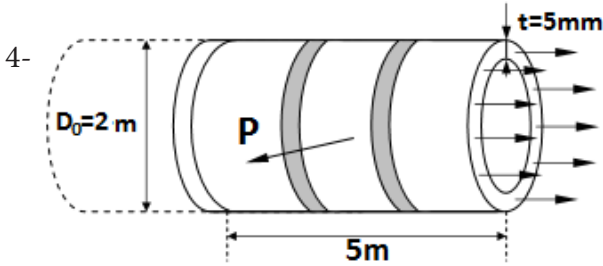
Çapı  $D = 10\text{cm}$  olan bir borudan akan suyun hızı  $V = 7\text{m/s}$  dir. Suyun sıcaklığı  $16^\circ\text{C}$  ve bu sıcaklıktaki viskozitesi  $\mu = 0.38\text{ Ns/m}^2$ , yoğunluğu  $\rho = 0.998\text{ g/cm}^3$  olduğuna göre;

- Suyun akış debisini bulunuz.
- Reynold sayısını hesaplayarak akışın laminar ya da türbülanslı olduğuna karar veriniz. ( $Re = \rho \cdot V \cdot D / \mu$ )

3- Taban alanı  $S = 200\text{cm}^2$  olan yandaki deney kabına oda sıcaklığındaki 2 litre suya bir yumurta bırakılınca batarak kabın tabanına geliyor ve su seviyesi kabta 4 cm yükseliyor. Suyu 150 gram sofratuzu konulunca yumurta yüzmeye başlıyor ve su seviyesi 1 cm aşağı iniyor. ( $T_{\text{oda}} = 25^\circ$ ,  $d_{\text{su}} = 1\text{ g/cm}^3$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ )

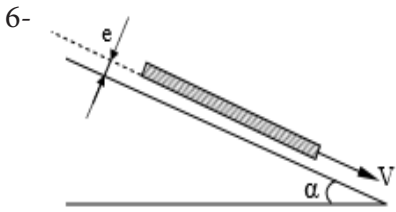
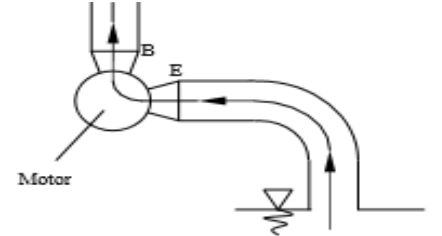


- Yumurtanın hacmini bulunuz
- Yumurta ile kabın tabanı arasındaki tepki kuvveti kaç N'dur?
- Tuzlu suyun yoğunluğunu bulunuz.



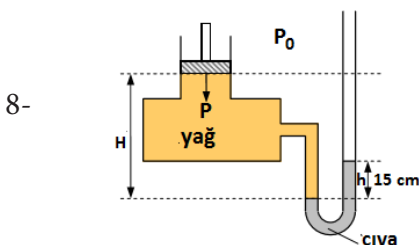
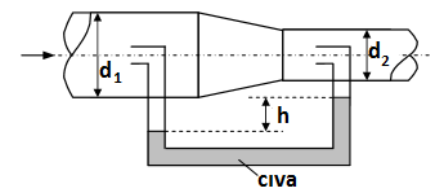
Silindir şeklindeki bir tank  $5\text{Mpa}$  basınçlı hava ile doludur. Bu tank en fazla  $11\text{ Mpa}$  basınca dayanacak çelik malzeme ile yapılmıştır. Tankı test etmek için içerisine pompa yardımıyla su ilave edilince tankın iç çapı  $2\text{cm}$  genişlediğine göre ilave edilecek maksimum su miktarı kaç litre olur?

5- Şekildeki su pompası suyu yüksek yere takviye etmek için kullanılmaktadır. Bu pompanın giriş kesitindeki su basıncı  $P_{\text{giriş}} = 0.2\text{ atm}$  ve hızı  $V_{\text{giriş}} = 3.4\text{ m/s}$ , çıkış kesitinde  $P_{\text{çıkış}} = 3.2\text{ atm}$  ve hızı  $V_{\text{çıkış}} = 4.8\text{ m/s}$  olduğuna göre pompanın göcü kaç Watt'tır?



Şekildeki sistemde kare plaka  $V = 0.3\text{m/s}$  hızla üzerinde  $e = 0.4\text{mm}$  kalınlıkta yağ tabakası bulunan eğik düzlemde kaymaktadır. Viskozitenin sebep olacağı sürtünme kuvveti plakanın yavaş kaymasına sebep olacaktır. Plaka ile yağ tabakası arasında " $\tau = F/A$ " ve " $\tau = \mu \cdot \Delta V / e$ " şeklinde bir ilişki olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. Karenin yüzey alanı  $A = 0.81\text{m}^2$ , eğik düzlem açısı  $\alpha = 30^\circ$  ve yağın viskozitesi  $\mu = 0.024\text{ N/m}^2 \cdot \text{s}$  olduğuna göre plakanın ağırlığı kaç N' dur?

7- Giriş çapı  $d_1 = 80\text{mm}$  ve çıkış çapı  $d_2 = 40\text{mm}$  olan sistemde suyun akış debisi  $Q = 6\text{ lt/s}$  dir. Cıva yoğunluğu  $d_{\text{civa}} = 13.6\text{ g/cm}^3$  olduğna göre Bernoulli ilkesini kullanarak iki koldaki cıva seviyesi,  $h$ , farkını bulunuz.



Şekildeki depoda yağın yoğunluğu  $850\text{kg/m}^3$  olan yağ bulunmaktadır. Piston basıncı  $0.7\text{ atm}$  olduğuna göre  $H$  cıva yüksekliğini bulunuz. ( $d_{\text{civa}} = 13.6\text{ g/cm}^3$ )