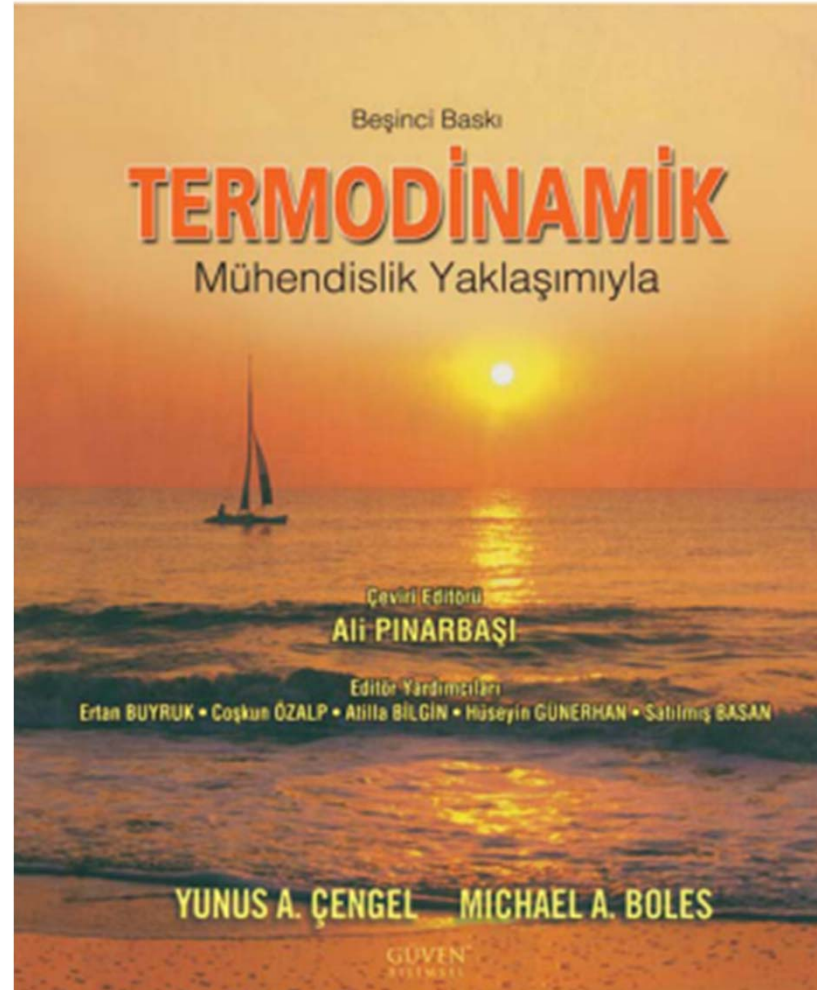


Termodinamik: Mühendislik Yaklaşımıyla, 5. Baskı
Yunus A. Çengel, Michael A. Boles
Çeviri Editörü: Ali PINARBAŞI
McGraw-Hill, 2008

Bölüm 1

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

Prof. Dr. Ali PINARBAŞI

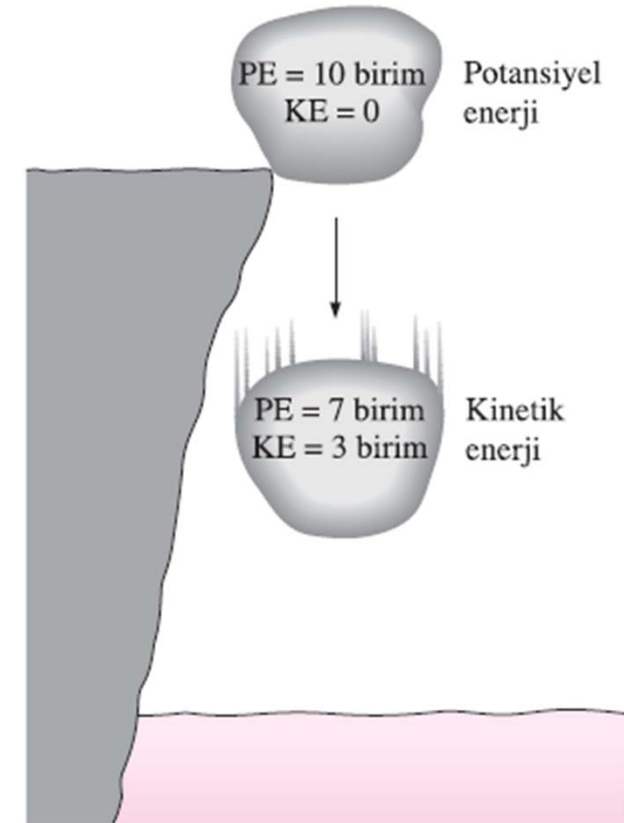


Amaçlar

- Termodinamiğin ilkelerinin geliştirilmesinin sağlam bir alt yapı üzerine oturması için temel kavramların açık bir şekilde tanımlanması ile ilgili termodinamiğe özgü dilin belirlenmesi.
- Metrik SI ve ingiliz birim sistemlerinin incelenmesi
- Sistem, hal, hal varsayımı, denge, hal değişimi ve çevrim gibi termodinamiğin temel kavramlarının açıklanması.
- Sıcaklık, sıcaklık ölçeği, basınç ile mutlak ve gösterge basınç kavramlarının incelenmesi.
- Sistematik problem çözme tekniğinin tanıtılması.

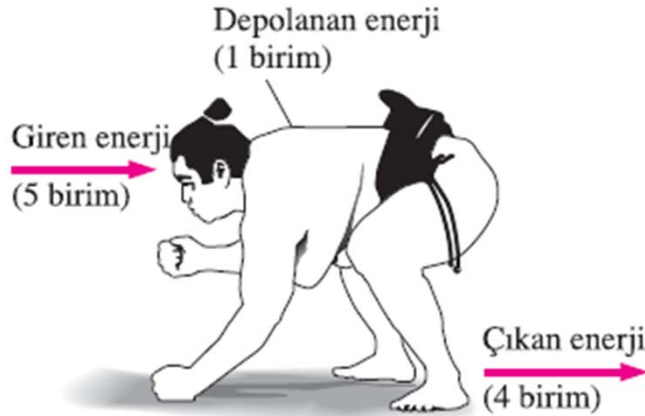
TERMODİNAMİK VE ENERJİ

- **Termodinamik:** Enerjinin bilimi.
- **Enerji:** Değişikliklere sebep olma yeteneği.
- Termodinamik sözcüğü, Latince therme (ısı) ile dynamis (güç) sözcüklerinden türemiştir.
- **Enerjinin korunumu prensibi:** Bir etkileşim esnasında, enerji, bir formdan başka bir forma dönüşebilir, ama enerjinin toplam miktarı, sabit kalır.
- Enerji yaratılamaz veya yok edilemez.
- **Termodinamiğin birinci yasası:** Enerjinin korunumu ilkesini ifade eder.
- Birinci yasa enerjinin termodinamikle ilgili bir özellik olduğunu öne sürer.

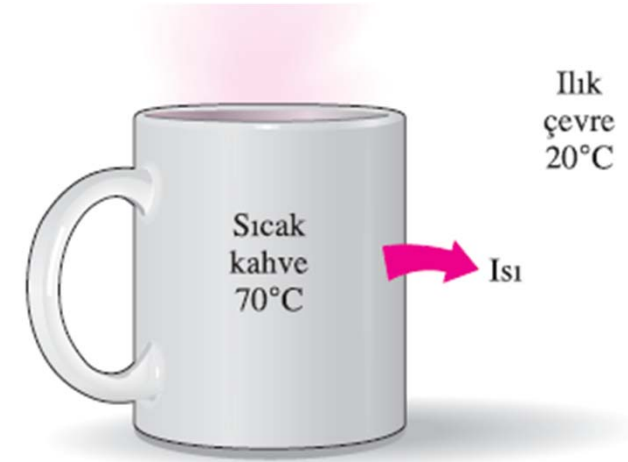


Enerji var veya yok edilemez
sadece biçim değiştirebilir (1.yasa)

- **Termodinamiğin ikinci yasası:** Enerjinin niceliğinin (miktarının) yanın da niteliğinin (kalitesinin) de dikkate alınması gerektiği üzerinde durur ve doğadaki değişimlerin enerjinin niteliğinin azaldığı yönde gerçekleştiğini belirtir.
- **Klasik Termodinamik:** Her bir parçacığın davranışının bilinmesine gerek duyulmadan, termodinamik ile ilgili çalışmaların makroskopik olarak ele alınması yaklaşımına denir.
- Mühendislik problemlerinin çözümü için doğrudan ve kolay bir yöntem oluşturur
- **İstatiksel termodinamik:** Tek tek parçacıkların oluşturdukları büyük kümelerin ortak davranışlarını göz önüne alır.

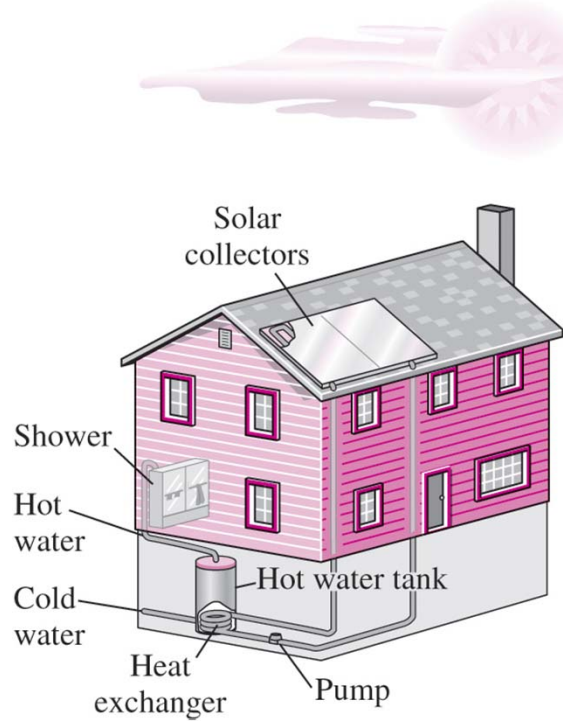


İnsan vücudu için enerjinin korunumu ilkesi



Isı geçişi sıcaklığın azaldığı yöne doğru olur.

Termodinamiğin Uygulama Alanları



BOYUTLAR VE BİRİMLERİN ÖNEMİ

- Herhangi bir fiziksel büyüklük **boyutları** ile nitelenir.
- Boyutlara atanan büyüklükler **birimlerle** ifade edilir.
- Kütle m, uzunluk L, zaman t ve sıcaklık T gibi bazı temel boyutlar **birincil** veya **esas boyutlar** olarak seçilmişlerdir. Hız V, enerji E ve hacim V gibi bazı boyutlar ise ana boyutlar kullanılarak ifade edilir ve **ikincil boyutlar** veya **türetilmiş boyutlar** diye adlandırılır.
- Metrik SI sistemi:** Değişik birimlerin kendi aralarında onlu sisteme göre düzenlendiği, basit ve mantıklı bir sistemdir.
- İngiliz sistemi:** Birimler arasındaki ilişkiler düzenli bir yapıda değildir ve sistemdeki birimler birbirleri ile biraz keyfi olarak ilişkilendirilmiştir.

Yedi ana boyut ve SI birimleri

Boyut	Birim
Uzunluk	metre (m)
Kütle	kilogram (kg)
Zaman	saniye (s)
Sıcaklık	kelvin (K)
Elektrik akımı	amper (A)
Işık şiddeti	candel (cd)
Madde miktarı	mol (mol)

SI birimindeki standart önekler

10'un katı	ön ek
10^{12}	tera, T
10^9	giga, G
10^6	mega, M
10^3	kilo, k
10^2	hekto, h
10^1	deka, da
10^{-1}	desi, d
10^{-2}	santi, c
10^{-3}	mili, m
10^{-6}	mikro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	piko, p

Bazı SI and İngiliz Birimleri

$$1 \text{ lbm} = 0.45359 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Yol}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$$

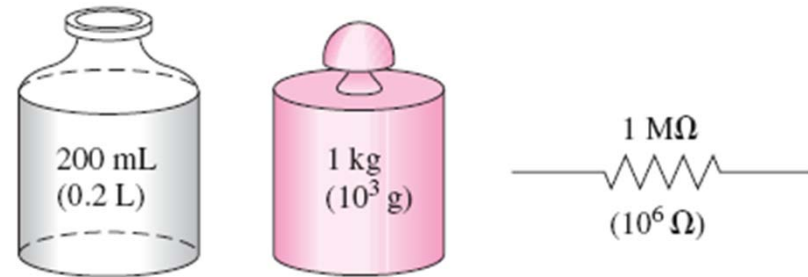
$$1 \text{ Btu} = 1.0551 \text{ kJ}$$

$$\text{Kuvvet} = (\text{Kütle}) (\text{İvme})$$

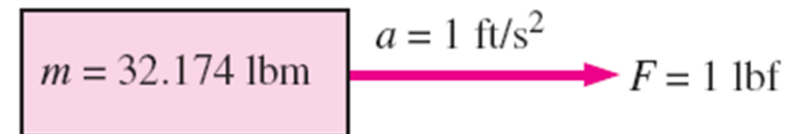
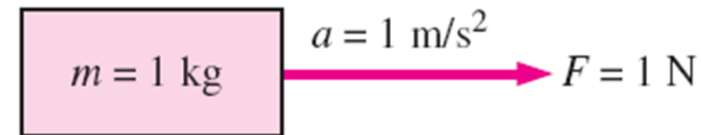
$$F = ma$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft/s}^2$$



SI birim sistemindeki örnekler bütün mühendislik dallarında kullanılır.



Kuvvet birimlerinin tanımı.



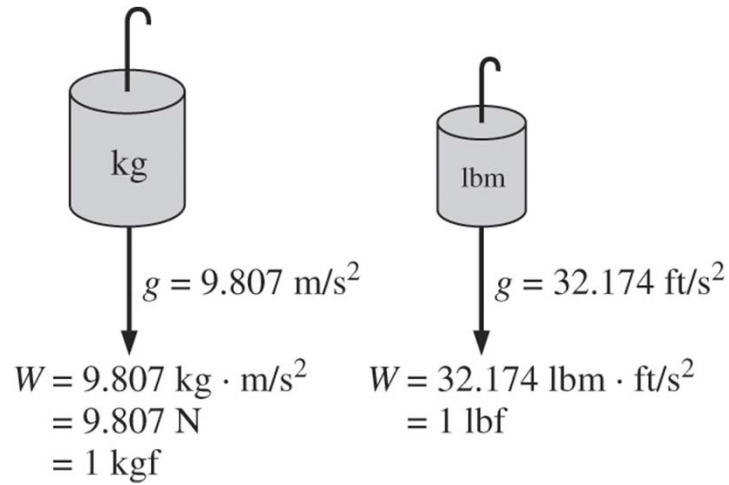
$$W = mg \quad (\text{N})$$

W Ağırlık

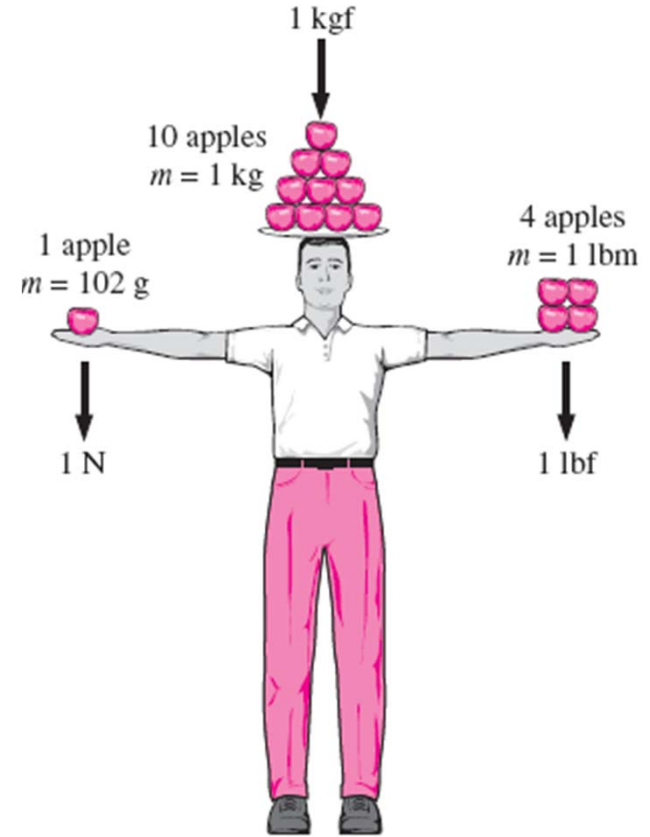
m kütle

g Yerçekimi
ivmesi

Dünyada 750 N ağırlığa sahip olan
bir kişi ayda sadece 125 N gelir.



Bir birim kütlenin deniz seviyesindeki ağırlığı.



Göreceli kuvvetin büyüklükleri (N)
newtonun olduğu birimler, kilogram-
kuvvet (Kgf), ve (Lbf) libre-kuvvet.

Boyutların türdeşliği

Mühendislik problemlerinde tüm denklemler boyutsal olarak türdeş olması zorunludur.

Teklik dönüşüm oranları

Esas birimlerin kombinasyonları ile tüm türetilmiş birimler (ikincil birimler) oluşturulabilir. Örnek olarak kuvvet birimi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{and} \quad \text{lbf} = 32.174 \text{ lbm} \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

Bunlar aynı zamanda kullanımı daha kolay olan, teklik dönüşüm oranları şeklinde de tarif edilebilirler:

$$\frac{N}{\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2} = 1 \quad \text{and} \quad \frac{\text{lbf}}{32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2} = 1$$

Teklik dönüşüm oranları benzer şekilde 1'e eşittirler ve birimsizlerdir. Bu yüzden söz konusu oranlar (veya tersleri) birimlerin düzgün bir şekilde dönüştürülmesi için herhangi bir hesaplama işleminin içine yerleştirilebilirler.



Boyutların uyuşması için bir denklemdaki tüm terimlerin birimleri aynı olmalıdır.

Örnek 1-1

Problemin çözümü sırasında aşağıda verilen denklem ile karşılaşıldığı düşünölsün:

$$E = 25 \text{ kJ} \pm 7 \text{ kJ/kg}$$

Burada E toplam enerjiyi göstermekte ve birimi kilojoule olmaktadır. Hatanın nasıl düzeltilebileceğini belirleyiniz ve bunun nedeninin ne olabileceğini tartışınız.

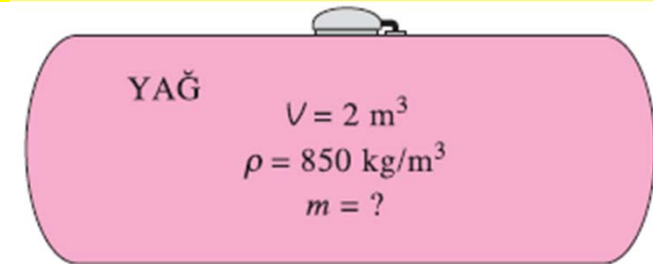
Sağ taraftaki iki terim aynı birimlere sahip değildir. Bundan dolayı toplam enerjiyi elde etmek için toplanamaz. Son terimin kütle ile çarpılması ile paydadaki kg yok edilir ve tüm denklem boyutsal olarak türdeş olur.

Başka bir ifade ile denklemdeki her bir terim aynı birimlere sahip olacaktır.

Örnek 1-2

Bir depo yoğunluğu $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ olan yağ ile doldurulmuştur. Eğer deponun hacmi $V = 2 \text{ m}^3$ ise depodaki m kütle miktarını hesaplayınız.

Kabuller Yağ sıkıştırılamaz bir akışkan olduğundan yoğunluğu sabittir.



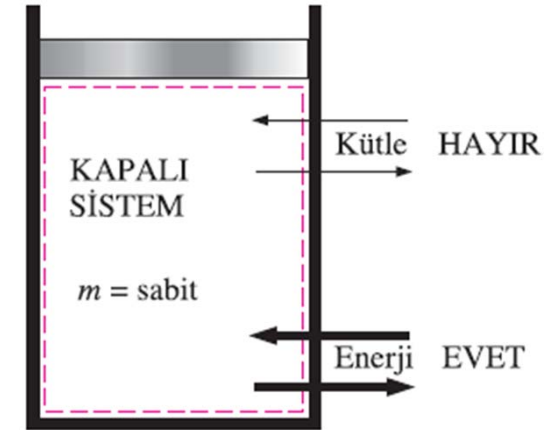
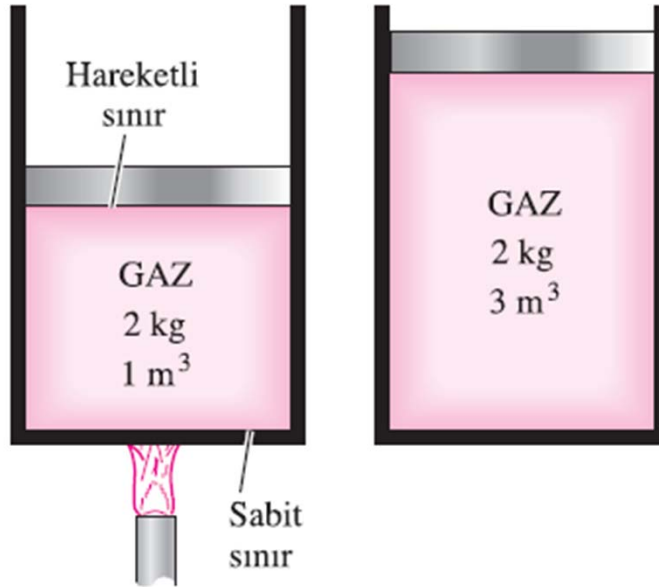
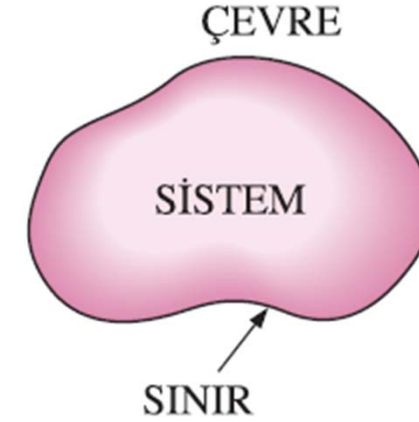
$$\rho = 850 \text{ kg/m}^3 \quad \text{ve} \quad V = 2 \text{ m}^3$$

$$m = \rho V$$

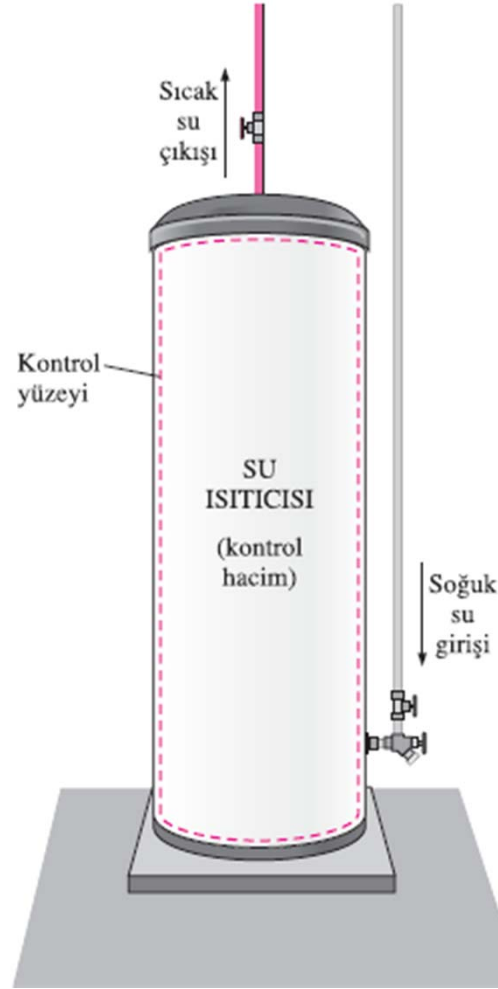
$$m = (850 \text{ kg/m}^3) (2 \text{ m}^3) = \mathbf{1700 \text{ kg}}$$

SİSTEMLER VE KONTROL HACİMLERİ

- **Sistem:** Belirli bir kütleyi veya uzayın incelenmek üzere ayrılan bir bölgesini belirtir.
- **Çevre:** Sistemin dışında kalan kütle veya bölge
- **Sınır:** Sistemi çevresinden ayıran gerçek veya hayali yüzey
- Sistemin sınırları **sabit** veya **hareketli** olabilir.
- Sistemler **kapalı** veya **açık** diye nitelendirilirler.

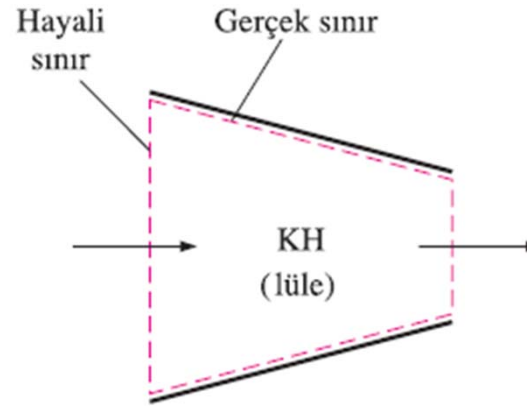


Kapalı sistem (Kontrol ünitesi):
Sınırlarından kütle geçişi olmayan sabit bir kütledir.

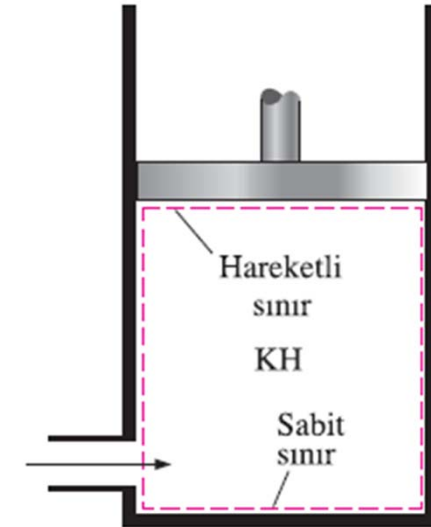


Tek girişli ve tek çıkışlı açık sistem
(kontrol hacmi)

- **Açık sistem(kontrol hacmi):** Problemin çözümüne uygun seçilmiş uzayda bir bölgedir.
- Genellikle kompresör, türbin, lüle gibi içinden kütle akışının olduğu bir makineyi içine alır.
- Hem kütle hem de enerji kontrol hacmi sınırlarını geçebilir.
- **Kontrol yüzeyi:** Kontrol hacminin sınırlarına kontrol yüzeyi adı verilir ve gerçek ya da hayali olabilirler.



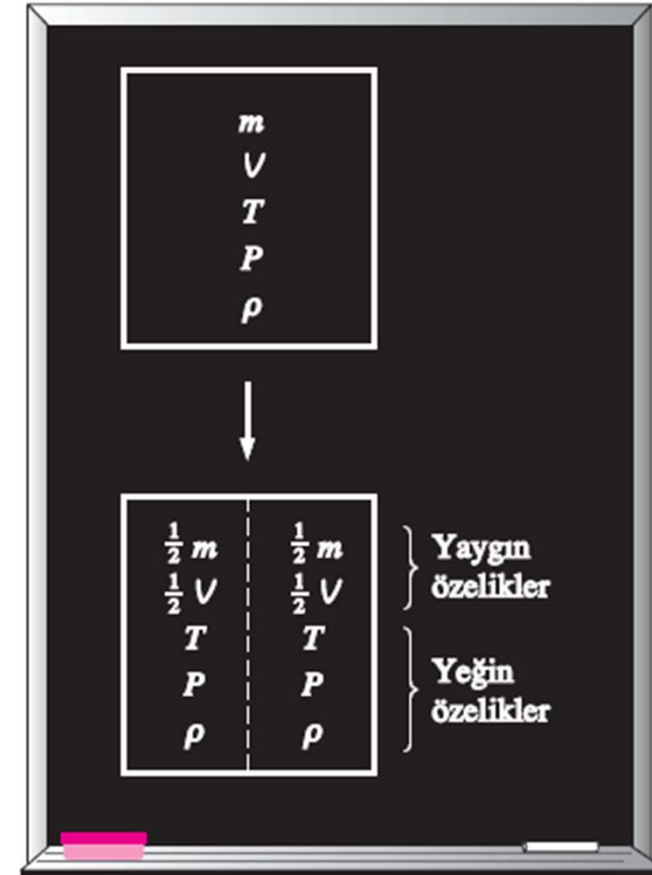
(a) Gerçek ve hayali sınırlı bir kontrol hacmi



(b) Sabit ve hareketli sınırlı bir kontrol hacmi

SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

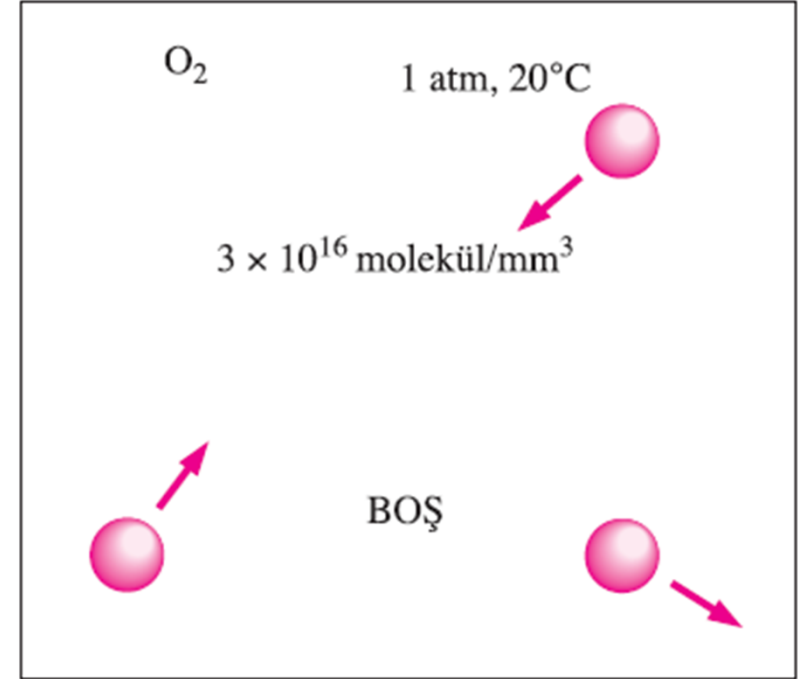
- **Özellik:** Herhangi bir sistemin karakteristiği.
- Bazı özellikler basınç P , sıcaklık T , hacim V ve kütle m 'dir.
- Özellikler ya **yeğın** ya da **yaygın** olarak dikkate alınırlar.
- **Yeğın özellikler:** Sıcaklık, basınç, yoğunluk gibi sistemin kütlesinden bağımsızdırlar.
- **Yaygın özellikler:** Sistemin kütlesiyle (büyüklüğü) orantılıdırlar.
- **Özgöl özellikler:** Birim kütle için yaygın özellikler özgöl ön eki ile ifade edilir.



Yeğın ve yaygın özelliklerin ayırt edilmesi ölçütü.

Sürekli Ortam (Continuum)

- Bir maddenin atomik yapısının nasıl olduğunun önemsenmemesi ve boşluklar olmaksızın sürekli, aynı cinsten bir özdeş olarak dikkate alınması daha rahat bir yaklaşım olup, buna **sürekli dizi** (continuum) adı verilir.
- Sürekli dizi idealleştirmesi bize özelliklerin nokta fonksiyonu olarak ele alınmasına ve süreksizliklerden kaynaklanan sıçramalar olmaksızın özelliklerin uzayda sürekli değiştiği kabulünün yapılmasına olanak sağlar.
- Bu yaklaşım dikkate alınan sistemin boyutları, moleküller arası boşluklara göre bağıl olarak büyük olduğu sürece geçerlidir



Bir madde, moleküller arasındaki büyük boşluklara rağmen, aşırı ölçüde küçük bir hacimde bile çok fazla sayıda molekül bulunduğu için sürekli ortam olarak düşünülebilir.

YOĞUNLUK VE ÖZGÜL AĞIRLIK

Yoğunluk

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Özgül (Bağıl) yoğunluk: Maddenin yoğunluğunun standart bir maddenin belirli bir sıcaklıktaki (genellikle 4 °C sıcaklıktaki suyun yoğunluğu) yoğunluğuna oranı

Özgül hacim

$$\nu = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

$$V = 12 \text{ m}^3$$
$$m = 3 \text{ kg}$$



$$\rho = 0.25 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = \frac{1}{\rho} = 4 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Özgül yoğunluk:

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Özgül ağırlık: Bir maddenin birim hacminin ağırlığına denir.

$$\gamma_s = \rho g \quad (\text{N/m}^3)$$

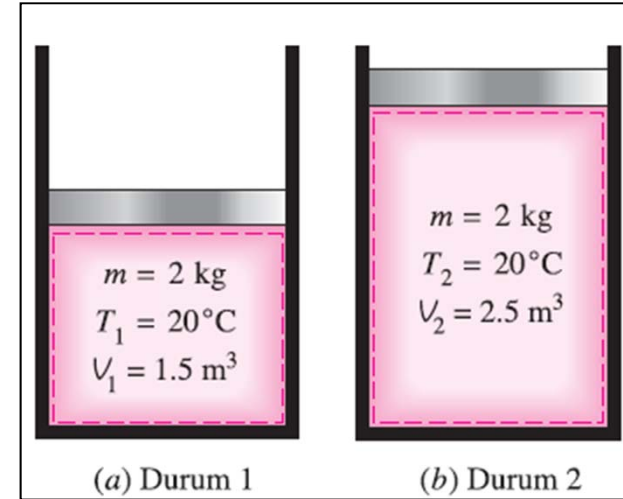
Bazı maddelerin 0°C'de özgül yoğunlukları

Madde	SG
Su	1.0
Kan	1.05
Deniz suyu	1.025
Gaz	0.7
Etil alkol	0.79
Civa	13.6
Odun	0.3–0.9
Altın	19.2
Kemik	1.7–2.0
Buz	0.92
Hava (1 atm'de)	0.0013

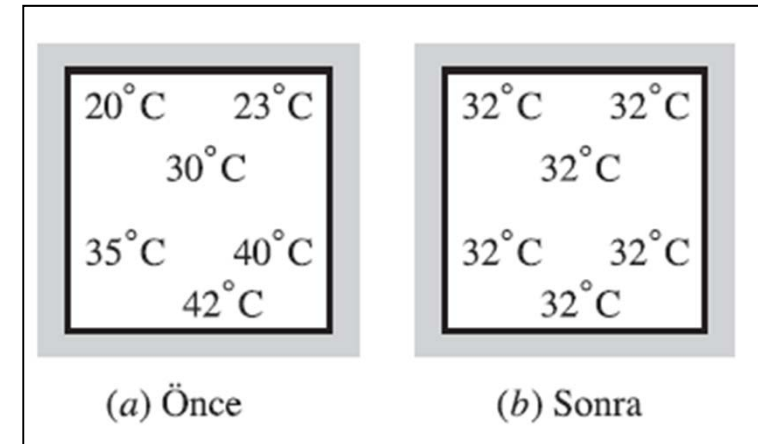
Yoğunluk birim hacimdeki kütle,özgül hacim ise birim kütledeki hacimdir.

HAL VE DENG

- Termodinamik denge halleri ile ilgilenir.
- **Denge:** Bir uzlaşı halini tanımlar.
- Denge halinde bulunan bir sistem içinde, değişimi zorlayan eşitlenmemiş bir potansiyel (ya da itici kuvvet) yoktur.
- **Isıl denge:** Sistemin her noktasında sıcaklık aynı ise
- **Mekanik denge:** Sistemin herhangi bir noktasında basıncın zamana göre değişmediği anlamına gelir.
- **Faz dengesi:** Eğer bir sistemde iki faz bulunup, her fazın kütlesi bir denge düzeyine eriştiğinde orada kalıyorsa
- **Kimyasal denge:** sistemin kimyasal bileşiminin zamanla değişmemesi, başka bir deyişle sistemde kimyasal reaksiyon olmaması anlamına gelir.



İki farklı halde bulunan bir sistem.



Isıl dengeye ulaşan bir kapalı sistem.

Hal Önermesi

- Sistemin halini belirlemek için gerekli özelliklerin sayısı *hal önermesi* ile bulunabilir.
- *Basit sıkıştırılabilir bir sistemin hali iki bağımsız yeğin özeliği ile tanımlanabilir.*
- **Basit sıkıştırılabilir sistem:** Elektrik, manyetik, yerçekimi, hareket ve yüzey gerilmesi gibi olguların etkisi altında olmayan sisteme denir.



Azotun hali iki bağımsız yeğin özellik tarafından belirlenmiştir.

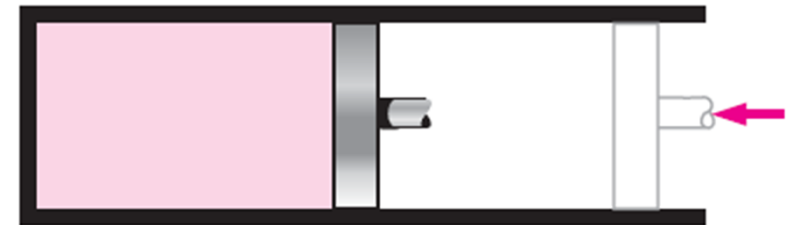
HAL DEĞİŞİMLERİ VE ÇEVİRİMLER

Hal değişimi: Sistemin bir denge halinden diğer bir denge haline geçişi

- **Yol:** Bir hal değişimi sırasında sistemin geçtiği hallerden oluşan diziye de hal değişiminin yolu denir. Bir hal değişimini tümüyle tanımlayabilmek için, sistemin ilk ve son halleri ile hal değişimi sırasında izlediği yolu ve çevreyle etkileşimlerini belirlemek gerekir.
- **Sanki-statik veya sanki dengeli süreci:** Bir hal değişimi sırasında sistem her an denge haline son derece yakın kalıyorsa, sanki statik veya sanki dengeli olarak tanımlanır.

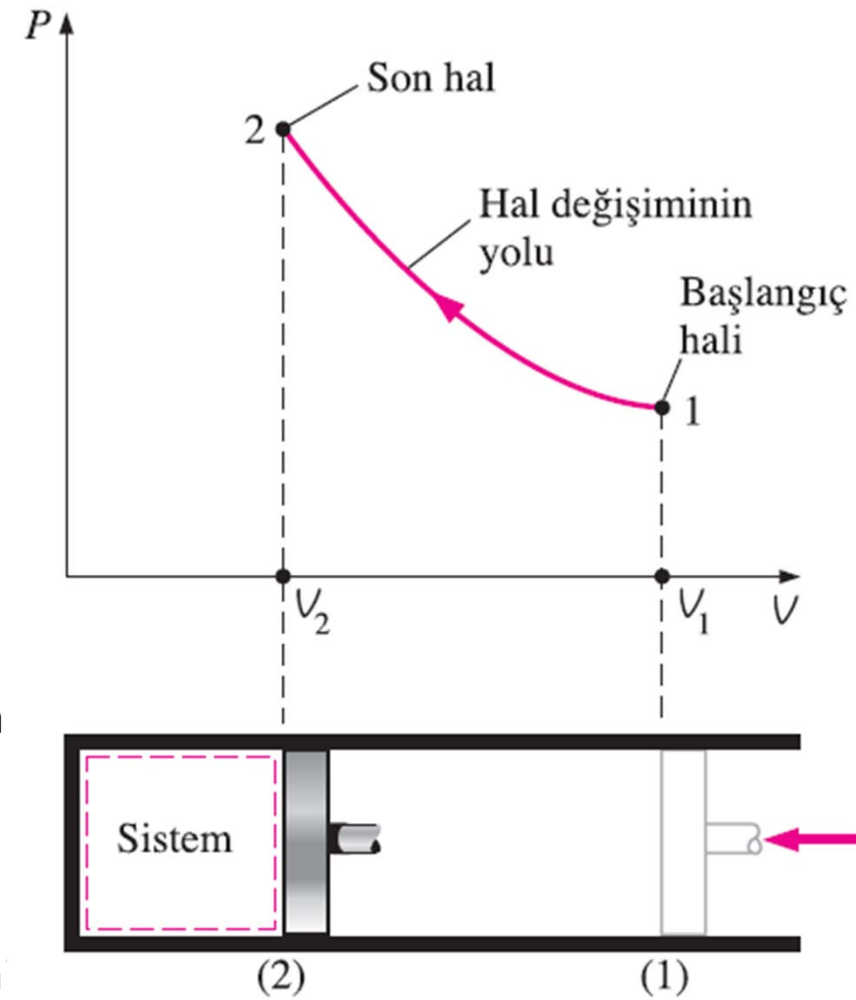


(a) Yavaş sıkıştırma
(sanki-dengeli)



(b) Çok hızlı sıkıştırma
(Dengeli değil)

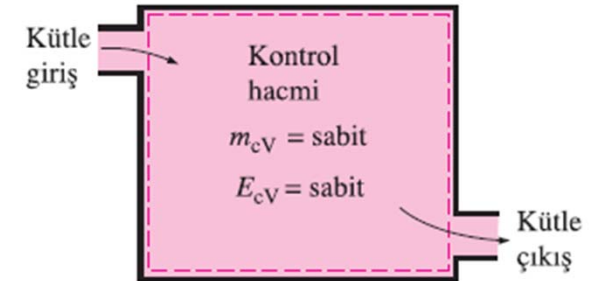
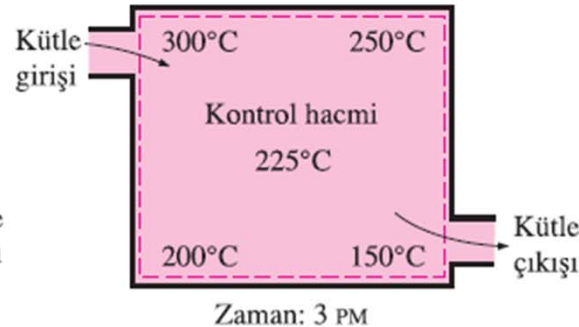
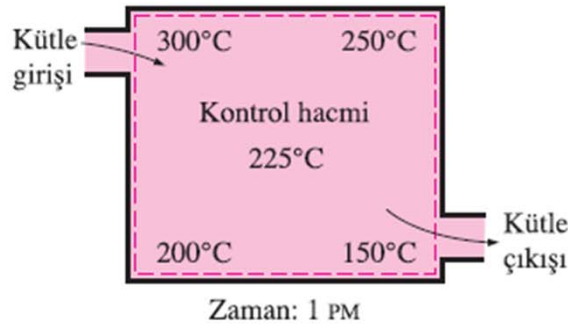
- Koordinat olarak alınan termodinamik özellikleri kullanarak çizilen hal değişimi diyagramları, hal değişimlerinin akılda canlandırılması açısından çok kullanışlıdır.
- Koordinat olarak kullanılan bazı bilinen özellikler sıcaklık T , basınç P ve hacim V (veya özgül hacim v) olarak sıralanabilir.
- Bazı hal değişimlerinde özelliklerden biri sabit kalabilir ve izo- öneki hal değişimi ile birlikte kullanılır.
- **İzotermal hal değişimi:** Bir hal değişimi sırasında T sıcaklığı sabit kalır.
- **İzobarik hal değişimi:** Bir hal değişimi sırasında P basıncı sabit kalır.
- **izokorik (veya izometrik) hal değişimi :** Bir hal değişimi sırasında özgül hacminin sabit kalır.
- **Çevrim:** Bir sistem geçirdiği bir dizi hal değişim sonunda yeniden ilk haline dönmesine denir.



Sıkıştırma işleminin P-V diyagramı.

Sürekli Akış Hal Değişimleri

- Sürekli terimi zamana bağlı değişim göstermeyen anlamını içermektedir. Sürekli kelime olarak tersi süreksiz veya kararsız olmaktadır.
- Çok sayıda mühendislik aygıtı uzun süreler boyunca aynı koşullarda çalışırlar ve sürekli akış makineleri olarak sınıflandırılırlar.
- Sürekli akış hal değişimi:** Bu hal değişimi bir kontrol hacmi içinden bir akışkanın sürekli olarak aktığı bir hal değişimi olarak tanımlanabilir.
- Aralıksız çalışma amacı ile kullanılacak **türbin, pompa, kazan, yoğunlaştırıcı, ısı değiştirici** gibi cihazlar ile **soğutma ve elektrik santrali** gibi sistemlerde sürekli akış koşullarına oldukça yaklaşılr.

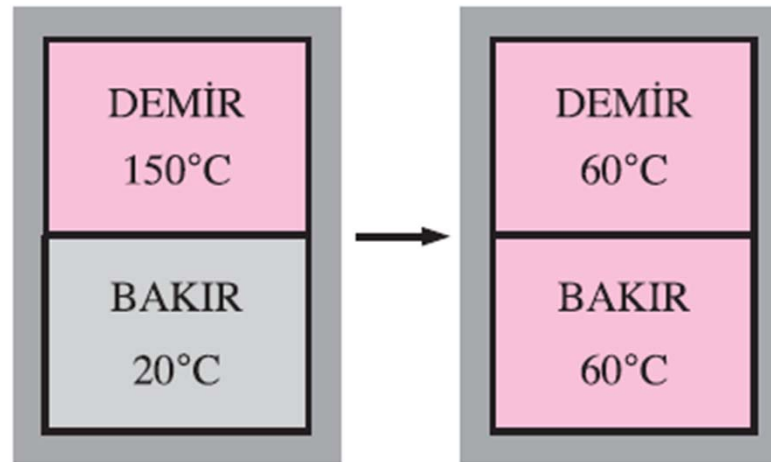


Sürekli akış işleminde, akışkan özellikleri kontrol hacmi içinde konumdan konuma değişebilir, fakat zamanla değişmez.

Sabit akış altında, kontrol hacmi içindeki kütle ve enerji sabit kalır.

SICAKLIK VE TERMODİNAMİĞİN SIFIRINCI YASASI

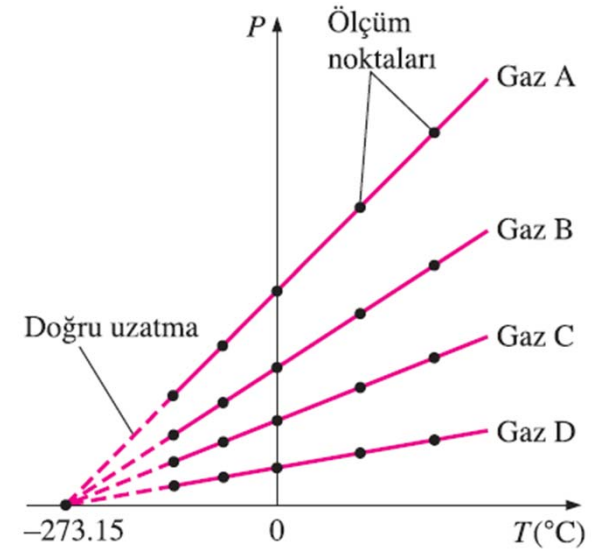
- **Termodinamiğin sıfırinci yasası** : iki ayrı cismin bir üçüncü cisimle ısı dengede olması durumunda, birbirleri ile de ısı dengede olduklarını belirtir.
- Üçüncü cisim bir termometre ile yer değiştirirse, sıfırinci yasa şu şekilde yazılabilir: **her ikisi de aynı sıcaklık değerine sahip iki cisim birbirleriyle temas etmeseler bile ısı dengededirler.**



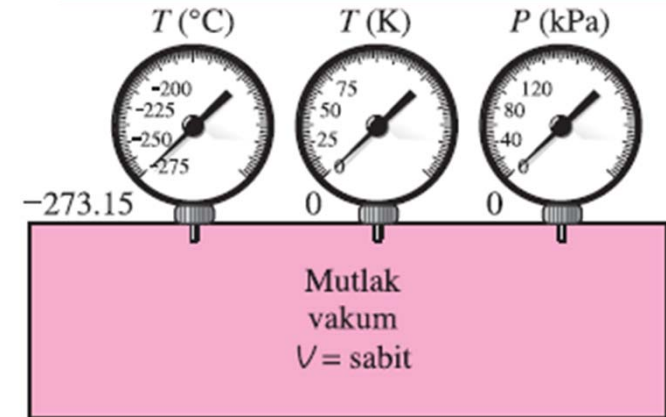
İzole bir çevrede temas halinde bulunan iki cisim termik dengeye ulaşırlar.

Sıcaklık Ölçekleri

- Tüm sıcaklık ölçekleri suyun *donma* ve *kaynama* noktaları gibi, kolayca elde edilebilir hallere dayanır.
- Buz noktası:** Bir atmosfer basıncındaki buharla doymuş hava ile su-buz karışımının denge halinde bulunması buz noktasında gerçekleşir.
- Buhar noktası:** bir atmosfer basıncındaki su buharı (hava olmaksızın) ile sıvı halindeki su karışımı dengededir.
- Celcius ölçeği:** SI birim sisteminde
- Fahrenheit ölçeği:** İngiliz birim sisteminde
- Termodinamik sıcaklık ölçeği:** herhangi bir madde veya maddelerin özelliklerinden bağımsız bir sıcaklık ölçeğine denir.
- Kelvin ölçeği** (SI) **Rankine ölçeği** (E)
- Kelvin ölçeği ile hemen hemen aynı olacak şekilde oluşturulan bir sıcaklık ölçeği de **ideal gaz sıcaklık ölçeğidir**. Bu ölçekte sıcaklıklar **sabit hacimli gaz termometresi** ile ölçülür.



Farklı düşük basınçlarda dört ayrı sabit hacimli gaz termometresi ile elde edilen deneysel ölçümlerin P - V eğrileri.



Sabit hacim gaz termometresi mutlak sıfır basıncıta 273.15 °C değerini gösterir.

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

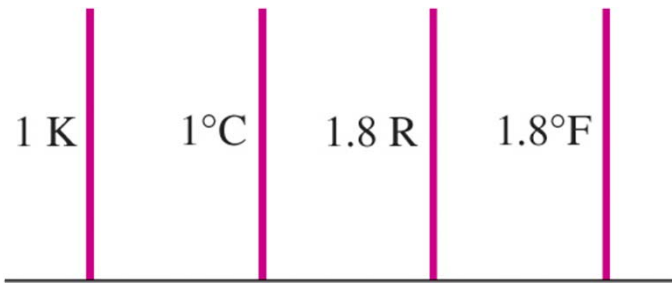
$$T(R) = T(^{\circ}F) + 459.67$$

$$T(R) = 1.8T(K)$$

$$T(^{\circ}F) = 1.8T(^{\circ}C) + 32$$

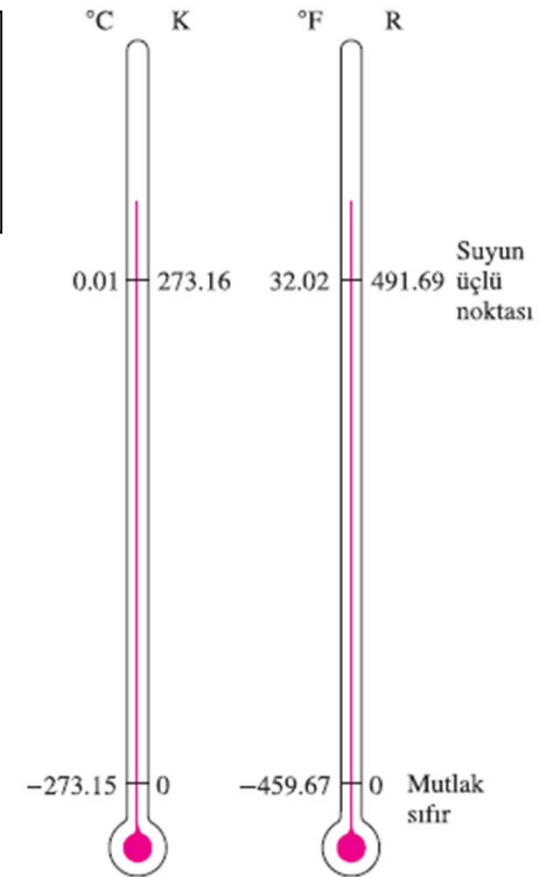
$$\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}C)$$

$$\Delta T(R) = \Delta T(^{\circ}F)$$



Değişik sıcaklık birimlerinin büyüklüklerinin karşılaştırılması

- Orijinal Kelvin ölçeğinde referans noktası **buz noktasıydı**, ve bu nokta suyun donma (veya buzun erime) sıcaklığı 273.15 K'di.
- Referans noktası olarak **suyun üçlü noktasının** sıcaklığının 273.16 K olması tayin edilmiştir.



Sıcaklık ölçeklerinin karşılaştırılması.

BASINÇ

Pressure: Bir akışkanın birim alana uyguladığı kuvvet.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

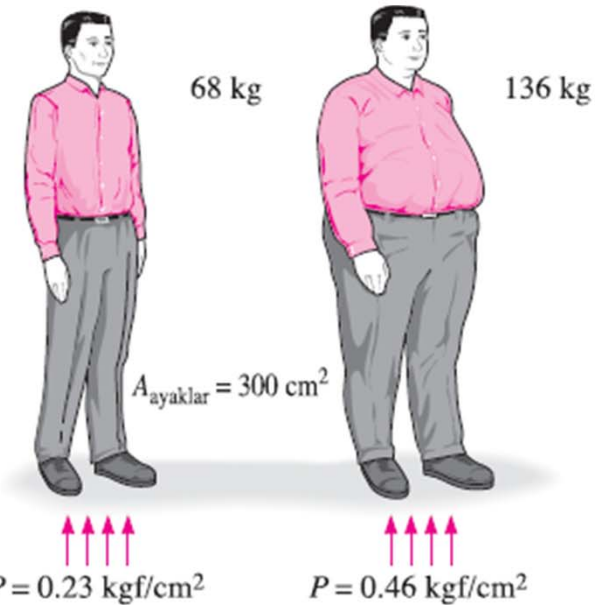
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bars}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf/cm}^2 &= 9.807 \text{ N/cm}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ Pa} \\ &= 0.9807 \text{ bar} \\ &= 0.9679 \text{ atm} \end{aligned}$$



Bazı etkin basınç ölçüm cihazları.



$$P = 0.23 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P = 0.46 \text{ kgf/cm}^2$$

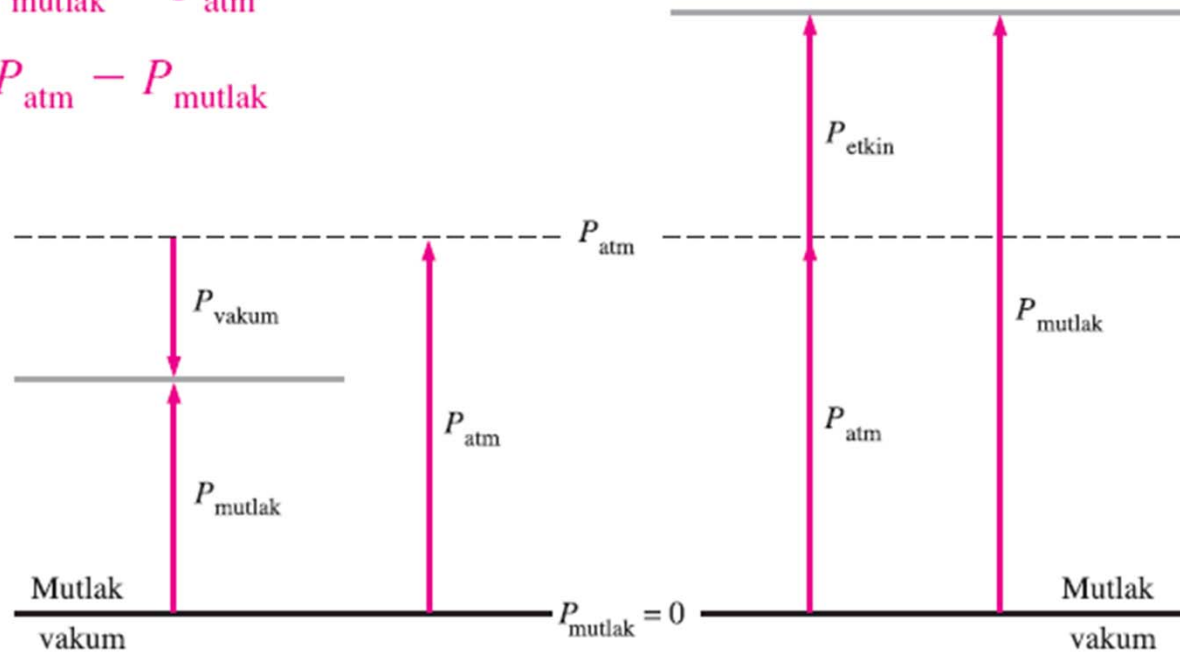
$$P = \sigma_n = \frac{W}{A_{\text{ayaklar}}} = \frac{68 \text{ kgf}}{300 \text{ cm}^2} = 0.23 \text{ kg/cm}^2$$

Kilolu birinin ayakları üzerindeki normal gerilme (ya da "basınç") zayıf birininkinden çok daha fazladır.

- **Mutlak basınç:** Verilen bir konumdaki gerçek basınca mutlak basınç denir ve mutlak vakuma (yani mutlak sıfır basınca) göre ölçülür.
- **Etkin basınç:** Mutlak basınçla yerel atmosferik basınç arasındaki farktır. Bununla birlikte çoğu basınç ölçme cihazlar atmosferde sıfıra kalibre edilir. Dolayısıyla bu cihazlar mutlak basınç ile yerel atmosferik basınç arasındaki farkı gösterir. Bu farka etkin basınçtır.
- **Vakum basıncı:** Atmosferik basıncın altındaki basınçlar

$$P_{\text{etkin}} = P_{\text{mutlak}} - P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{vakum}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{mutlak}}$$



Bu yazıda aksi belirtilmedikçe P **mutlak basıncı** göstermek için kullanılacaktır.

Örnek 1-5

Bir odaya bağlı vakum ölçme cihazı, yerel atmosferik basıncın 100 kPa olduğu bir yerde 40 kPa değerini göstermektedir. Odadaki mutlak basıncı belirleyiniz.

Bir vakum odasının etkin basıncı verilmekte olup, odadaki mutlak basınç belirlenecektir.

$$P_{\text{mutlak}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vakum}} = 100 - 40 = 60 \text{ kPa}$$

Basıncın Derinlikle Değişimi

Yoğunluğun yükseklikle değişimi bilindiğinde

$$\sum F_z = ma_z = 0: \quad P_2 \Delta x - P_1 \Delta x - \rho g \Delta x \Delta z = 0$$

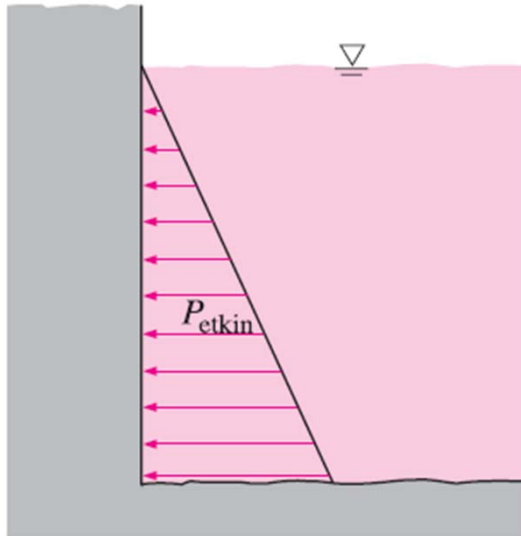
$$W = mg = \rho g \Delta x \Delta z$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g \Delta z = \gamma_s \Delta z$$

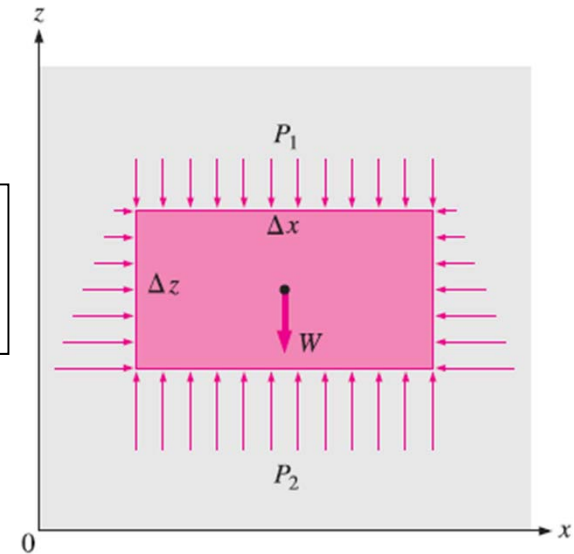
$$P = P_{\text{atm}} + \rho g h \quad \text{veya} \quad P_{\text{etkin}} = \rho g h$$

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

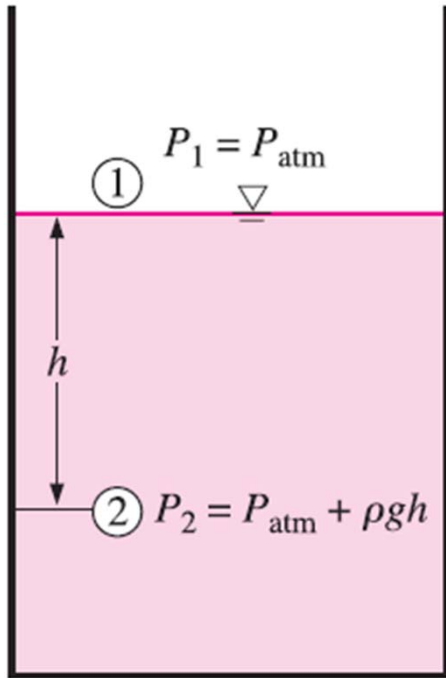
$$\Delta P = P_2 - P_1 = - \int_1^2 \rho g dz$$



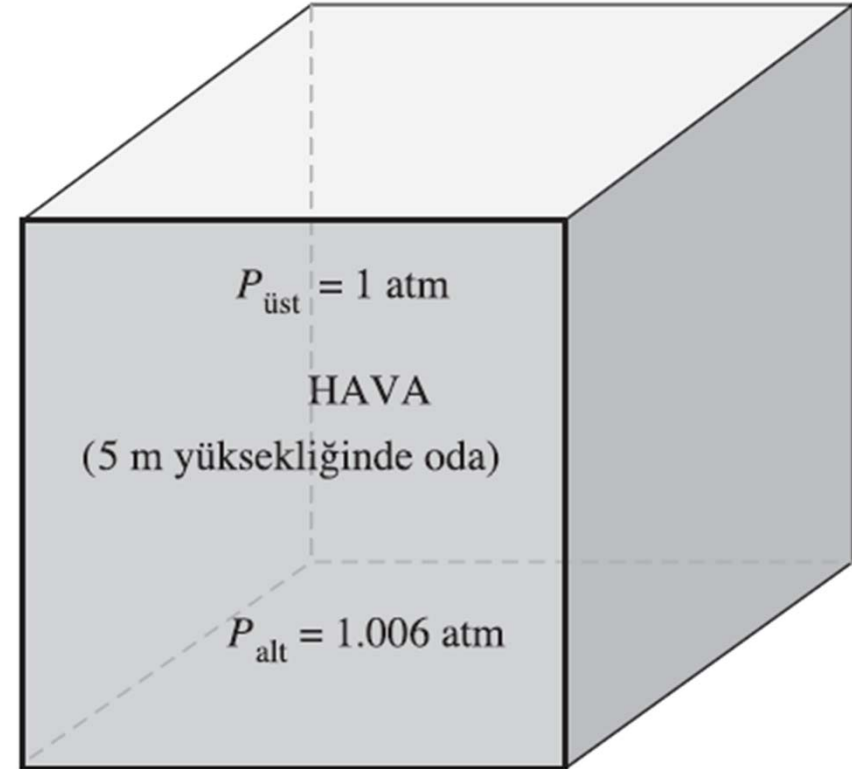
Durgun haldeki bir akışkanın basıncı toplanan ağırlığının bir sonucu olarak derinlikle artar.



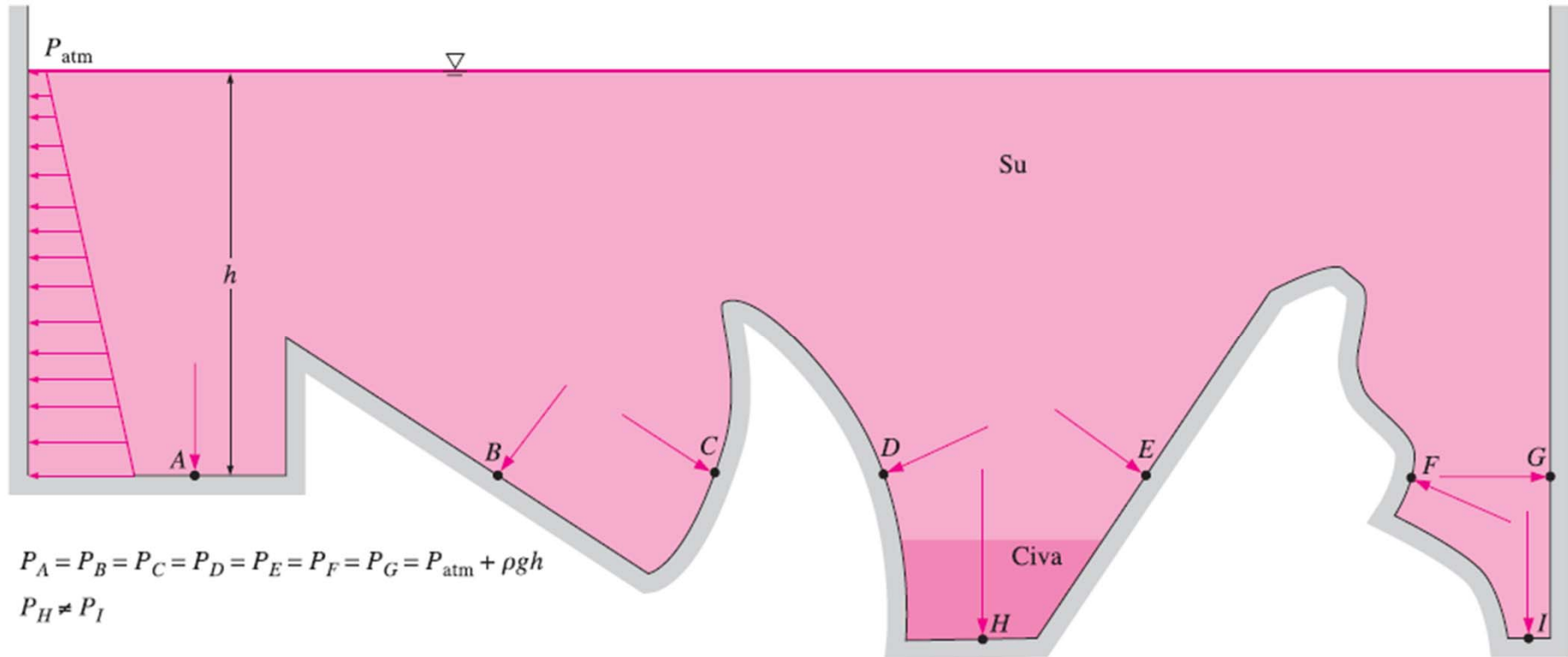
Dengede bulunan dikdörtgen bir akışkan elemanının serbest cisim diyagramı.



Durgun bir akışkan içerisindeki basınç, serbest yüzeyden itibaren derinlik ile doğru orantılı olarak artar.



Bir gaz ile dolu odada basıncın yükseklikle değişimi ihmal edilebilir.

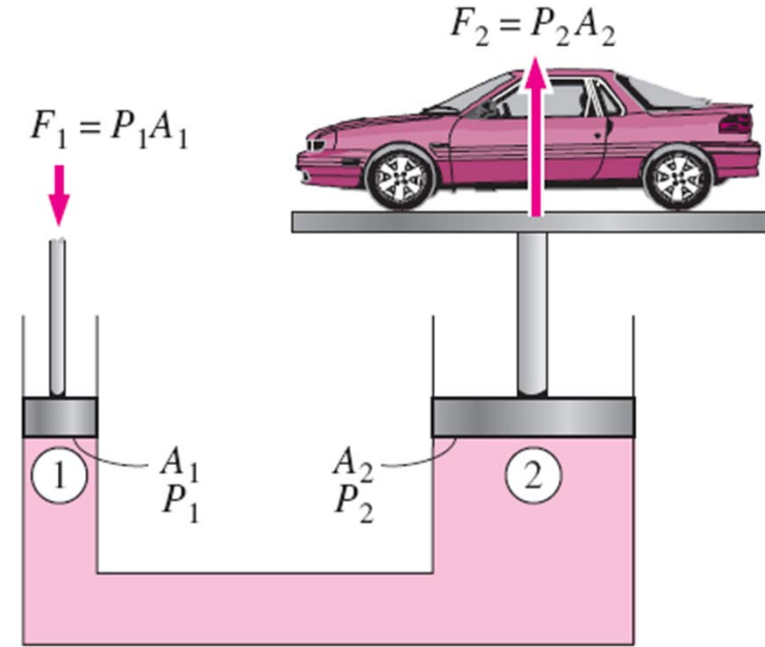


Noktalar birbirleriyle aynı akışkan aracılığıyla irtibatlı olmak koşuluyla, bir akışkan içerisinde yatay bir düzlemde tüm noktalardaki basınçlar geometriden bağımsız olarak aynıdır.

Pascal yasası: Kapalı durumdaki bir akışkana uygulanan basıncın, akışkan içerisindeki basıncı her yerde aynı miktarda arttırmasıdır.

$$P_1 = P_2 \quad \rightarrow \quad \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \rightarrow \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

A_2/A_1 oranı, hidrolik kaldırıcının *ideal mekanik faydası* olarak adlandırılır.

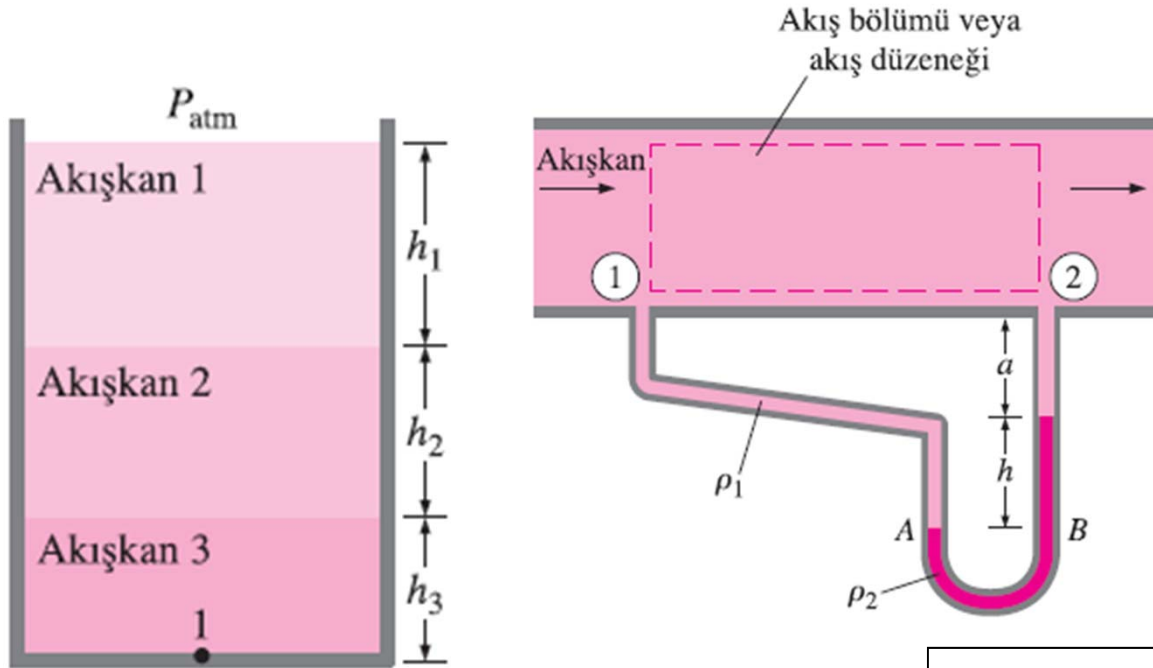


Büyük bir ağırlığın, Pascal yasası uygulanarak küçük bir kuvvetle kaldırılması.

Manometre

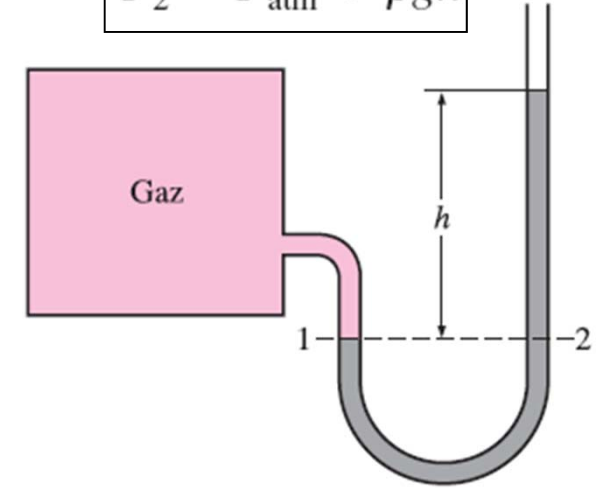
Manometreler küçük ve orta ölçekteki basınç farklarını ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir manometre temelde, civa, su, alkol veya yağ gibi içerisinde bir veya daha fazla akışkan bulunan cam ya da plastik bir U borusundan oluşur

$$P_{\text{atm}} + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 = P_1$$



Üst üste akışkan tabakalarında, yoğunluğuna sahip h yüksekliğindeki bir akışkan tabakasının bir ucundan diğer ucuna basınç değişimi gh 'dir.

$$P_2 = P_{\text{atm}} + \rho g h$$



Basit manometre.

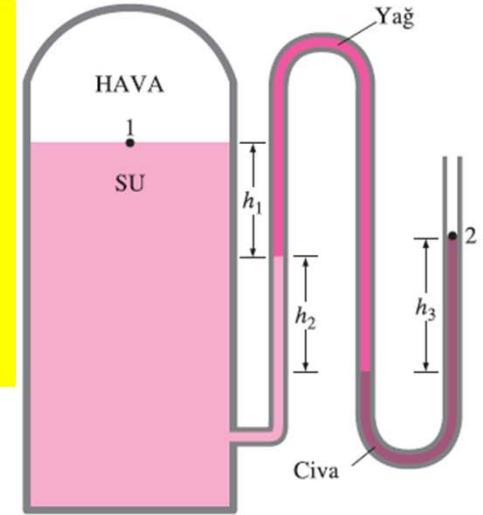
Bir akış bölümü veya akış düzeneği boyunca gerçekleşen basınç düşüşünün diferansiyel manometre ile ölçülmesi.

$$P_1 + \rho_1 g(a + h) - \rho_2 g h - \rho_1 g a = P_2$$

$$P_1 - P_2 = (\rho_2 - \rho_1) g h$$

Örnek 1-7

Bir tankta hava ile basınçlandırılmış bulunan suyun basıncı çok akışkanlı bir manometre ile i gibi ölçülmektedir. Tank, atmosferik basıncın 85.6 kPa olduğu 1400 m yükseklikteki bir dağda bulunmaktadır. $h_1=0.1$ m, $h_2=0.2$ m ve $h_3=0.35$ m olması durumunda tanktaki basıncı belirleyiniz. Suyun, yağın ve civanın yoğunluklarını sırasıyla 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 ve 13600 kg/m^3 olarak alınız.



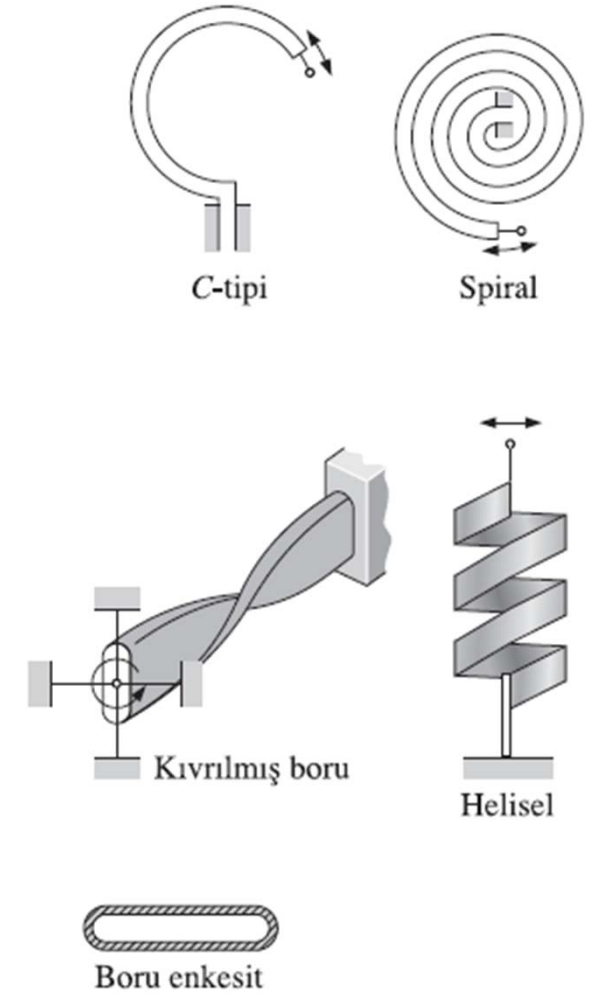
$$P_1 + \rho_{\text{su}}gh_1 + \rho_{\text{yağ}}gh_2 - \rho_{\text{civa}}gh_3 = P_{\text{atm}}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{atm}} - \rho_{\text{su}}gh_1 - \rho_{\text{yağ}}gh_2 + \rho_{\text{civa}}gh_3 \\ &= P_{\text{atm}} + g(\rho_{\text{civa}}h_3 - \rho_{\text{su}}h_1 - \rho_{\text{yağ}}h_2) \\ &= 85.6 \text{ kPa} + (9.81 \text{ m/s}^2) [(13,600 \text{ kg/m}^3)(0.35 \text{ m}) - (1000 \text{ kg/m}^3)(0.1 \text{ m}) \\ &\quad - (850 \text{ kg/m}^3)(0.2 \text{ m})] \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) \\ &= \mathbf{130 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

Tartışma Bir borudan diğerine yatay olarak atlanmasının ve aynı akışkan içerisinde basıncın aynı kalmasının, yapılan analizi oldukça basitleştirdiği görülmektedir. Öte yandan civanın zehirleyici bir akışkan olduğuna dikkat ediniz. Kaza ile civa buharına maruz kalma riskinden ötürü, civalı manometre ve termometrelerin yerini daha güvenli akışkanlı olanlar almaktadır.

Diğer Basınç Ölçme Cihazları

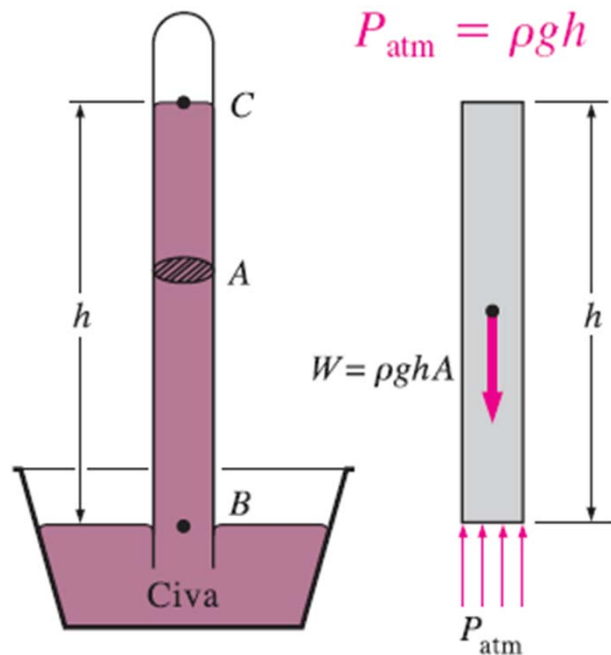
- **Bourdon borusu:** Bu cihaz, ucu kapalı ve bir kadran gösterge iğnesine bağlı bulunan kanca şeklinde bükülmüş bir metal boru halkasından oluşur.
- **Basınç dönüştürücüler:** Basınç etkisini gerilim, direnç veya sığadaki (kapasitans) bir değişim şeklinde elektriksel etkiye dönüştürmek için çeşitli teknikler kullanır.
 - Basınç dönüştürücüler küçük ve hızlıdır. Buna ek olarak mekanik olanlara kıyasla daha duyarlı, daha güvenilir ve daha hassas olabilirler.
- **Etkin basınç dönüştürücüleri:** Basınç algılama diyaframının arka yüzünü atmosfere açık tutarak atmosferik basıncı bir referans olarak kullanır.
- **Piyezoelektrik dönüştürücüler:** Katı-hal basınç dönüştürücüler olarak da adlandırılırlar. Mekanik basınca maruz kaldığında kristal bir madde içerisinde elektriksel potansiyel meydana gelmesi ilkesine göre çalışır.



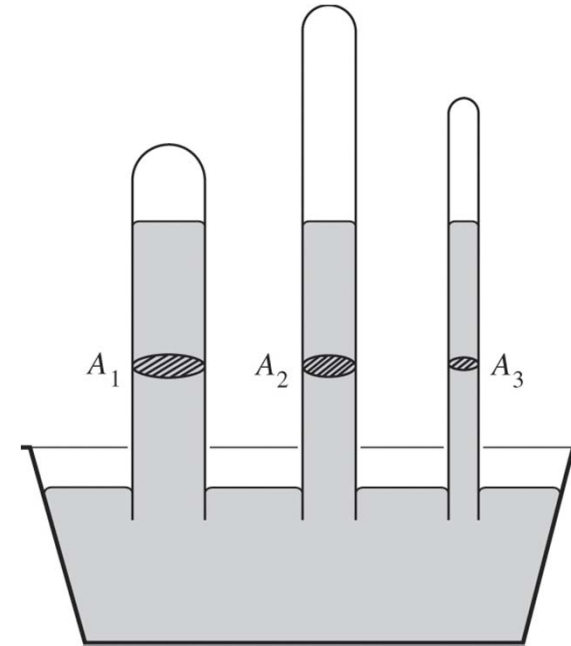
Basınç ölçmede kullanılan değişik tiplerdeki Bourdon boruları.

BAROMETRE VE ATMOSFERİK BASINÇ

- Atmosferik basınç **barometre** denen bir cihazla ölçülür ve bu yüzden atmosferik basınç için genellikle **barometrik basınç** deyimi kullanılır.
- Sıkça kullanılan bir başka basınç birimi de, standart yerçekimi ivmesi altında, 0°C'deki 760 mm civa sütununun ($\rho_{\text{Hg}} = 13,595 \text{ kg/m}^3$) tabanına yaptığı basınç olan **standart atmosferik** basınçtır.



Basit barometre.



Yüzey gerilimi (kılcallık) etkilerine yol açmayacak kadar büyük olması kaydıyla boru çapının, boru uzunluğunun veya en-kesitinin borudaki akışkan sütunu yüksekliğine etkisi yoktur.

PROBLEM ÇÖZME TEKNİĞİ

- Adım 1: Problemin ifade Edilmesi
- Adım 2: Şematik
- Adım 3: Kabuller ve yaklaşımlar
- Adım 4: Fiziksel yasalar
- Adım 5: Özellikler
- Adım 6: Hesaplamalar
- Adım 7: Sorgulama doğrulama ve irdeleme

Mühendislik Denklem Çözücüsü (EES): EES, doğrusal ya da doğrusal olmayan cebirsel veya diferansiyel denklemleri sayısal yöntemlerle çözen bir bilgisayar programıdır. Bu yazılımda, matematiksel fonksiyonların yanı sıra termodinamik özellik fonksiyonları da yüklü olup kullanıcının ilave özellik verileri girmesine olanak sağlamaktadır. Bazı yazılım paketlerinin aksine, EES mühendislik problemlerini çözmez, sadece kullanıcının verdiği denklemleri çözer.

Özet

- Termodinamik ve enerji
 - Termodinamiğin uygulama alanları
- Boyutlar ve birimlerin önemi
 - Bazı SI ve İngiliz birimleri, boyutların türdeşliği, teknik dönüşüm oranları.
- Sistemler ve kontrol hacimleri
- Sistemin özellikleri
- Yoğunluk ve özgül ağırlık
- Hal ve denge
 - Hal önermesi
- Hal değişimleri ve çevrimler
 - Sürekli akış hal değişimleri
- Sıcaklık ve termodinamiğin sıfırıncı yasası
 - Sıcaklık ölçekleri
- Basınç
 - Basıncın derinlikle değişimi
- Manometre ve atmosferik basınç
- Problem çözme teknikleri

Bölüm 1

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

UYGULAMALAR

Soru : 1 - 14

Bir arabanın motorunda üretilen ısı enerjinin çoğu radyatörde dolaşan su aracılığıyla havaya verilir.

Radyatör kapalı mı yoksa açık bir sistem olarak mı incelenmelidir?

Radyatörü sistem olarak seçersek sınırlarından kütle giriş-çıkışı olduğundan açık sistem olarak incelenmelidir.

Soru : 1 - 15

Oda sıcaklığındaki bir kutu gazoz soğuması için buzdolabına konmaktadır.
Gazoz kutusunu açık mı yoksa kapalı bir sistem olarak ele almalıyız?

Kütle giriş-çıkışı olmadığı için kapalı
sistemdir.
Sadece ısı çıkışı var.

Soru : 1 - 19

İzotermal , izobarik,izokorik, ve adyabatik hal değişimlerini tanımlayınız?

İzotermal : Sabit sıcaklıkta gerçekleşen hal değişimi

İzobarik : Sabit basınçta gerçekleşen hal değişimi

İzokorik : Sabit hacimde gerçekleşen hal değişimi

Adyabatik : Hal değişimi sırasında ısı geçişinin olmadığı hal değişimi

Soru : 1 - 22

Sürekli akışlı hal değişimi nedir?

Sistem içerisinde özelliklerin zamana göre değişmediği hal değişimidir.

Soru : 1 - 25

Termodinamiğin sıfıncı yasası nedir?

Aynı sıcaklığa sahip iki cisim temasta olmasalar bile ısı dengedirler.

Soru : 1 - 38

Birbiri ile aynı olan iki fandan birincisi deniz seviyesinde, diğeri yüksek bir dağın tepesinde aynı hız ile çalıştırılmaktadır. Fanların :

- a) Hacimsel debilerini
- b) Kütlesel debilerini karşılaştırınız.

Hacimsel debi : $V.A$

Kütlesel Debi: $\rho.V.A$

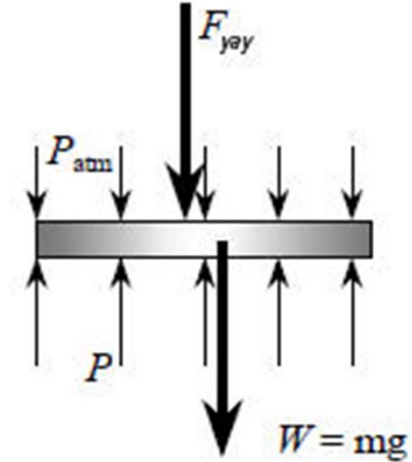
Hacimsel debi değişmez.

Yükseklikle yoğunluk azalmaktadır.

Deniz seviyesinde olan fanın kütlesel debisi yoğunluk farkından dolayı daha büyüktür.

Soru : 1 - 54

Dikey konumda olan, sürtünmesiz bir piston-silindir düzeneği ele alınsın. Pistonun kütlesi 4 kg ve kesit alanı 35 cm² dir. Pistona etki eden sıkıştırılmış bir yay ile piston üzerinde 60 N değerinde bir kuvvet uygulanmaktadır. Atmosfer basıncı 95 kPa olduğuna göre silindir içindeki gazın basıncını hesaplayınız?



$$PA = P_{atm}A + W + F_{yay}$$

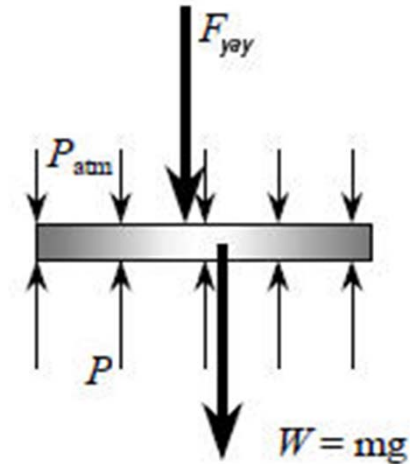
$$P = P_{atm} + \frac{mg + F_{yay}}{A}$$

$$P = (95kPa) + \frac{(4kg)(9.81m/s^2)}{35 \times 10^{-4}m^2} \left(\frac{1kPa}{1000N/m^2} \right)$$

$$P = 123.4kPa$$

Piston üzerine etkiyen kuvvetler basınç kuvveti ve yay kuvveti

Düşey yönde kuvvet dengesi yazılırsa ;



$$P_{atm} A + W + F_{yay} = P_{gaz} A$$

$$P_{atm} + \frac{W}{A} + \frac{F_{yay}}{A} = P_{gaz}$$

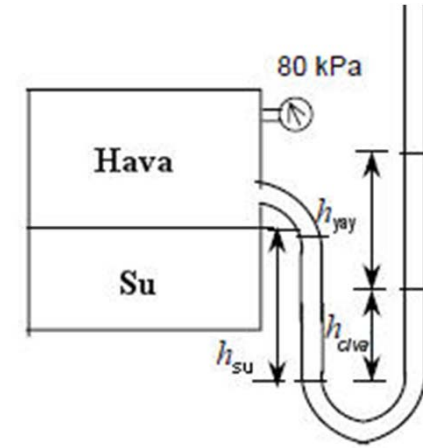
$$(95000) + \frac{(4kg)(9.81m/s^2)}{35 \times 10^{-4} m^2} + \frac{60N}{35 \times 10^{-4} m^2} \left(\frac{1kPa}{1000 N/m^2} \right)$$

$$P_{gaz} = 123.4kPa$$

Soru : 1 - 68

Şekilde gösterilen depodaki gösterge basıncı 80 kPa olarak ölçülmüştür.

Civa sütunundaki diferansiyel h yüksekliğini hesaplayınız?



$$P_1 + \rho_{su} g h_{su} - \rho_{civa} g h_{civa} - \rho_{yag} g h_{yag} = P_{atm}$$

$$P_1 - P_{atm} = \rho_{yag} g h_{yag} + \rho_{civa} g h_{civa} - \rho_{su} g h_{su}$$

$$\frac{P_g}{\rho_{su} g} = SG_{yag} h_{yag} + SG_{civa} h_{civa} - h_{su}$$

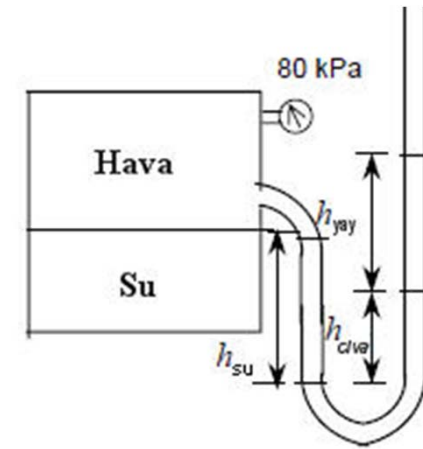
$$\left(\frac{80 \text{ kPa}}{(1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)} \right) \left(\frac{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2} \right) = 0.72 \times (0.75 \text{ m}) + 13.6 \times h_{civa} - 0.3 \text{ m}$$

$$h_{civa} = 0.582 \text{ m} = 58.2 \text{ cm}$$

$$SG_{yag} = 720$$

$$SG_{civa} = 13600$$

$$SG_{su} = 1000$$



$$P_{hava} + \rho_{su}gh_{su} - \rho_{civa}gh_{civa} - \rho_{yag}gh_{yag} = P_{atm}$$

$$P_{hava} - P_{atm} = 13600 \cdot 9,81 \cdot h_{civa} + 720 \cdot 9,81 \cdot 0,75 - 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,3$$

$$80000 - 720 \cdot 9,81 \cdot 0,75 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 13600 \cdot 9,81 \cdot h_{civa}$$

$$h_{civa} = 0,5819m$$

$$h_{civa} = 58,19cm$$



***Teşekkür
Ederim***