

10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

2.Ünite : Basınç ve Kaldırma Kuvveti

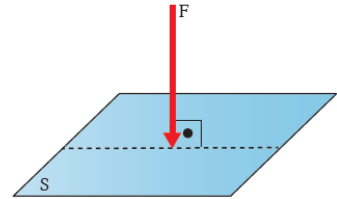
1.Bölüm : Basınç

Basınç Nedir?

Çevrenize dikkatlice baktığınızda basıncı ve onun teknolojiye aktarılmış değişik uygulamalarını görürsünüz. Bu uygulamaların işlerinizi daha az enerjiyle yapma imkânı sunduğunu ve yaşam standardınızı yükselttiğini de fark edersiniz: raptiye, çivi, tıraş bıçağı, vida, kar ayakkabıları, kramponlar, dokunmatik ekranlar... Bu örnekler katı basıncıyla ilgili olsa da basıncın teknolojiye aktarılaraq hayatımıza daha yoğun şekilde etki ettiği uygulamalar; akışkanları, özellikle su ve havayı içerir. Pompalar, elektrikli süpürgeler, hidrolik frenler, hidrolik pres makineleri, yangın söndürme tüpleri, otomobil lastikleri, itfaiye merdivenleri, uçak ve helikopterlerin gövde ve kanat tasarımları akışkan basıncına dayalı olan teknolojik uygulamalardandır.

Canlılar için son derece önemli olan açık hava basıncına insan vücudu mükemmel derecede uyum göstermiştir. Bu basınç değeri önemli ölçüde değişirse kişi zararlı hatta ölümcül etkilerle karşılaşabilir.

Katılar ağırlıkları, sıvılar ve kapalı kaplardaki gazlar ise ağırlıkları ve molekül hareketleri sebebiyle etkileşimde bulundukları yüzeylere kuvvet uygular. Dolayısıyla katıların ağırlıktan kaynaklanan basıncı, üzerinde bulunduğu düzlemde sıvı ve gazların ağırlık ve molekül hareketinden kaynaklanan basıncı ise temas ettikleri bütün yüzeylerde meydana gelir. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvetin (normal kuvvet) büyüklüğüne basınç (P) denir. Basıncı meydana getiren kuvvet ise basınç kuvveti (F) olarak adlandırılır. Bu yüzden basınç kuvveti, bir yüzeye etki eden toplam basıncı ifade eder. Büyüklüğü F olan bir kuvvet, S büyüklüğünde bir yüzeye etki ederse (Görsel 2.6) birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvet yani basınç,



Görsel 2.6: S yüzeyine etki eden basınç kuvveti

$$\text{Basınç} = \frac{\text{Basınç kuvveti}}{\text{Yüzey alanı}} \Rightarrow P = \frac{F}{S}$$

formülüyle verilirken bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvet (basınç kuvveti) ise

$$\text{Basınç kuvveti} = \text{Basınç} \cdot \text{Yüzey alanı} \Rightarrow F = P \cdot S$$

formülüyle verilir. SI'da basıncın birimi $\frac{F}{S}$ oranına bağlı olarak $\frac{N}{m^2}$ biçiminde ortaya çıkar. $1 \frac{N}{m^2} = 1$ Pascal'dır (Paskal, Pa).

1 Pa, 1 N'lık kuvvetin 1 m² lik yüzeye yaptığı basınçtır. Basınç iki skalerin oranı (kuvvetin büyüklüğü/yüzey alanı) olduğundan skaler bir kavramdır.

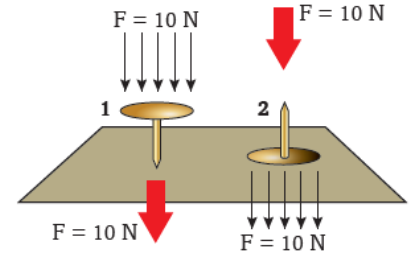
Katıların Basıncı

Katı cisimler, üzerlerine uygulanan kuvveti aynı doğrultuda iletir. Kuvvetin bir yüzey

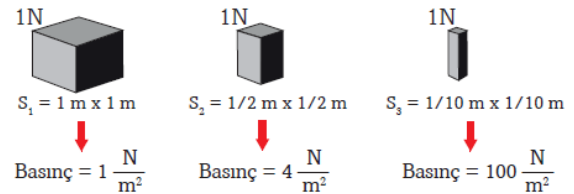
üzerindeki etkisi $P = \frac{F}{S}$ bağıntısına göre kuvvetin şiddeti yanında uygulandığı yüzeyin büyüklüğüne de bağlıdır. Bunu, farklı yüzleri üzerinde özdeş süngerlere oturtulmuş aynı iki sözlüğün süngerlerdeki etkisinden anlayabilirsiniz. Sünger üzerinde küçük yüzü üstünde duran sözlük, büyük yüzü üstünde duran sözlükten daha fazla çökme oluşturur. Bunun sebebi küçük yüzü üstünde duran sözlüğün basıncının daha büyük olmasıdır. Aynı büyüklükteki kuvvetlerin basıncının küçük yüzeylerde daha belirgin hissedilmesi, kuvvet sabit kalırken basıncın yüzey alanı ile ters orantılı olduğunu gösterir.

Benzer şekilde belli bir yüzey üzerine etkiyen dik kuvvetin büyüklüğünün değişmesi de söz konusu yüzeyde farklı etkiler yaratır. Sünger üzerinde üst üste koyulmuş iki sözlük tek sözlükten daha fazla çökmeye yol açar. İki sözlüğün üst üste koyulması durumunda birim yüzeye uygulanan dik kuvvetin büyüklüğü artmış olur. Buna göre kuvvet/yüzey alanı oranının büyüklüğü, süngerdeki çökmenin derinliğini, yani kuvvetin basınç etkisini belirler. Dolayısıyla katı cisimlerin basınçları, temas ettikleri yüzey alanının büyüklüğü sabit olmak kaydıyla uygulanan dik kuvvetin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Kuvvetin bir yerdeki çekim alanıyla (yer çekimi ivmesi) ilgili bir kavram olmasının doğal sonucu olarak çekim alanının olmadığı bir yerde katı basıncından söz edilemeyeceğini de unutmamak gerekir.

Kuvvetin etkilediği yüzey alanının büyüklüğü değiştiğinde bu yüzeyde oluşan basıncın da değiştiğinden yukarıda söz ettik. Bu çerçevede Görsel 2.9'da verilen raptiyeleri parmağınızla 10 N'lık kuvvet uygulayarak ahşap zemine bastırdığınızı düşününüz. Bu iki durumdan hangisinde parmağınız acır? Eğer 1. raptiyeye 10 N'lık kuvvet uygularsanız raptiye yüzeye kolayca geçer ve parmağınız incinmez. 2. raptiyeye 10 N'lık bir kuvvet uygularsanız raptiye zemine geçmez ve parmağınız acır, hatta yaralanabilir. Peki aralarındaki fark neden kaynaklanır? Her iki raptiyeye aynı büyüklükte kuvvet uygulandığı hâlde 1. raptiye zemine kolaylıkla geçerken 2. raptiye neden geçmez? Raptiyeler üzerine etki eden kuvvetlere dikkat edilirse 1. Raptiyeye uygulanan kuvvet bu raptiyenin sivri ucunda küçük bir alanda yoğunlaşır. Buna karşın 2. raptiyede kuvvet bu raptiyenin sivri ucunda küçük bir alana uygulanırken diğer uçta çok daha geniş bir alana yayılmış olur. Geniş alanda birim yüzeye etkiyen dik kuvvetin büyüklüğü azalmış olur. Bu durumda parmağınızda meydana gelen basınç ahşap zeminde meydana gelen basınçtan çok daha büyük olur. Dolayısıyla aynı kuvvetler büyüklüğü farklı alanlar üzerinde farklı değerlerde basınç oluşturur. Yüzey alanı azaldıkça basınç artar. Bunu Görsel 2.10'da verilen modeli inceleyerek daha kolay anlayabilirsiniz. Burada görüldüğü gibi basınç, kuvvetin etkilediği (yere temas eden) yüzey alanlarının büyüklüğü ile ters orantılıdır.



Görsel 2.9: İki özdeş raptiyeye uygulanan eşit büyüklükteki kuvvetlerin uçlarındaki dağılımı



Görsel 2.10: Şiddeti aynı olan kuvvetler farklı büyüklükteki yüzeylerde farklı basınçlar meydana getirir.

ÖRNEK PROBLEM

49 plastik bardak $7 \cdot 7$ şeklinde baş aşağı ve yan yana yerleştirilmiştir. Bardakların üzerine ağırlığı önemsiz bir ahşap tabla yerleştiriliyor ve kütlesi 65 kg olan bir öğrenci tablanın üzerine çıkıyor. Bir bardak 19 N'lık yükü taşıyabildiğine göre bardaklar, öğrencinin ağırlığını deforme olmadan taşır mı? Her bir bardağın yerle temas yüzeyi 1 br^2 kabul edilirse bardak sayısının azalmasıyla yere yapılan basınç nasıl değişir ($g = 10 \text{ m/s}^2$)?



ÇÖZÜM

$$m = 65 \text{ kg}, G = 65 \cdot 10 = 650 \text{ N}$$

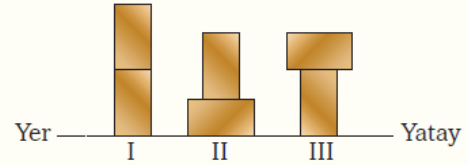
Öğrencinin ağırlığı bardaklara paylaştırılırsa bardak başına düşen ağırlık $= \frac{650}{49} \approx 13,26 \text{ N}$ bulunur. Bu büyüklük 19 N'dan küçük olduğu için bardaklar, öğrencinin ağırlığını deforme olmadan taşır. Basınç, birim yüzeye dik olarak etkiyen kuvvetin büyüklüğü olduğuna göre gerçekte 13,26 N birim yüzeye (1 br^2 ye) düşen kuvvetin büyüklüğünü yani basıncı ifade eder.

Öğrenciyi üzerinde taşıyan bardak sayısı azaldıkça bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) artar. Örneğin 36 bardağın $6 \cdot 6$ şeklinde dizildiği bir durumda bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) $P = \frac{650}{36} = 18,05 \text{ N/br}^2$ olurken 25 bardağın $5 \cdot 5$ şeklinde dizildiği bir durumda bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) $P = \frac{650}{25} = 26 \text{ N/br}^2$ bulunur. Buna göre 25 bardak olduğu durumda bardak başına düşen basınç 19 N'dan büyük olur ve bardaklar yükü taşıyamaz.

ÖRNEK PROBLEM

Özdeş tuğlalar şekildeki gibi ikili olarak üç farklı biçimde üst üste konulmuştur. Tuğlaların I. durumdayken zeminde oluşturduğu basınç P_1 , II. durumdayken oluşturduğu basınç P_2 , III. durumdayken oluşturduğu basınç P_3 oluyor.

Buna göre P_1, P_2, P_3 arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?



ÇÖZÜM

Her bir tuğlanın ağırlığı G olsun. Bu durumda tuğlaların her üç durumda zemine uyguladıkları dik kuvvetlerin büyüklükleri eşit ve $2G$ kadar bulunur. Kuvvet sabit olduğunda basınçları karşılaştırmak için yüzey alanlarının büyüklüklerini karşılaştırmak yeterli olur. Buna göre tuğlaların düzleme temas eden yüzey alanı küçük olan sistem bu düzlemde daha büyük bir basınç oluşturur. Dolayısıyla $P_1 = P_3 > P_2$ yazılır.

Günlük ve doğal hayatta büyüklüğü fazla olan kuvvetlerin basınç etkisinin azaltılmasını gerektiren durumlara pek çok örnek verilebilir. Şiddetli kuvvetlerin iş başında olduğu farklı durumlarda küçük değerlerde basınç elde edilen aşağıdaki örnekleri inceleyiniz.



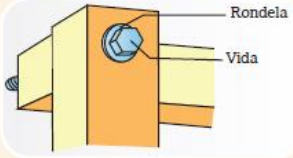
Kar ambulansları, ağır iş makineleri ve traktör gibi araçlarda bu araçların temas yüzeyinde oluşturdukları basıncı azaltan geniş tekerlek veya paletler kullanılır. Bu sayede söz konusu araçlar kar üstünde, gevşek yapıdaki toprak ya da çamur zeminlere batmadan daha verimli çalışır.



Trenlere çok sayıda tekerleğin monte edilmesi, ağırlığın bu tekerlekler üzerinde paylaşılmasını sağladığından raylar üzerindeki basınç azalmış olur. Basıncın azalmasıyla rayların bozulması önlenir ve daha güvenli bir ulaşım imkânına kavuşulur.



Sırt çantasındaki geniş omuzluk, omuzla olan temas yüzeyini artırdığından omuzlarda oluşan basıncı azaltır.



Bir bütünün parçaları bir araya getirilirken özellikle ahşap bileşenlerin deformasyonunu önlemek için vidanın altına rondela konur. Rondela basıncı azaltarak vida başının ahşaba saplanmasını önler.



Katılardaki basıncın yüzey alanıyla ilişkisinden canlılar da yararlanır. Vaşak doğal kar ayakkabısı işlevi gören büyük pençelere sahiptir. Ördek veya kazların ayaklarındaki perdeler aynı ağırlıktaki tavuğa göre temas yüzeyinde oluşturdukları basınç değerini küçültür. Bunun sonucunda bataklıklarda ördek ve kazlar batmadan daha rahat yürür.

Benzer şekilde günlük ve doğal hayat, kuvvetin basınç etkisini artıran pek çok örnekle doludur. Bu durumla ilgili aşağıdaki örnekleri inceleyiniz.



İğne, bıçak, balta gibi araçların delici ve kesici yüzeyleri daha incedir. Uygulanan kuvvetin, bu araçların ince yüzeyleri sayesinde temas ettikleri zeminlerde oluşturdukları basınç değerleri artmış olur.



Dağcılar, buzlu zeminlerde kontrollü hareket etmek için ayakkabılarının altına çivili bir aparat monte ederler. Aparatın keskin çivileri yerle olan temas yüzeyini azaltır. Bu sayede buzlu zemindeki basınç artar ve dağcılarının zemine daha iyi tutunmaları sağlanır.



Aslanlar, sahip oldukları keskin ve sivri dişleri ile yiyecekler üzerinde çok büyük basınç oluşturur. Öyle ki oluşturdukları bu basınçla çok sağlam kemikleri bile kırabilmektedirler. Doğada birçok etçil hayvanın aslanlar gibi sivri dişlere sahip olması onların hayatta kalmalarına yardımcı olur.



Çiftçiler, kürek veya bel ile toprağı kazarken kuvvetin basınç etkisinden yararlanır. Küreğin toprağı batırılan uç ve yan kısımları keskin olduğu için toprağı temas eden yüzeye basınç, artmış olarak iletilir. Bu sayede kazma işlemi kolaylaşmış olur.

Basıncıtan yararlanılan alanlar yukarıda anlatılanlarla sınırlı değildir. Robotik el ve ayaklar, büyük oranda basınçtan yararlanılarak yapılan önemli bir teknolojik üründür. Pek çok insan dokunmayı tek bir duyu olarak düşünür. Aslında dokunma birçok farklı duyudan oluşur. Elinizde ağrıyı, sıcaklığı, titreşimi ve basıncı algılayan sensörler vardır. Bilim insanları ve

mühendisler, bir cismi tutmada basıncın önemini bildiklerinden diğer hislerin yanında özellikle basıncı algılayan robotik el ve ayak yaparak ihtiyaç sahiplerinin hayatlarını kolaylaştırmışlardır.

Ayrıca bilim insanları, bazı kristal yapıları maddelerin üzerine uygulanan kuvvet etkisiyle oluşan basıncın bu maddelerin uçları arasında bir elektriksel potansiyel farkı meydana getirmesinden (piezoelektrik olay) yararlanmayı bilmişlerdir. Oluşan potansiyel farkından kaynaklanan elektrik akımı, günlük yaşamımızda yer alan manyetolu çakmakların, elektronik terazilerin, bazı basınç ölçüm aletlerinin ve daha birçok araç, gerecin çalıştırılmasında kullanılmaktadır.

ÖRNEK PROBLEM

Kışın karlı günlerde mevsimine uygun günlük ayakkabılardan ziyade kar ayakkabısı (leken) giyerek yürümek neden daha kolay olur? Kar ayakkabılarının kullanılmasında göz önüne alınan ilkeler kar kayağı ve su kayağında da geçerli midir? Açıklayınız.



ÇÖZÜM

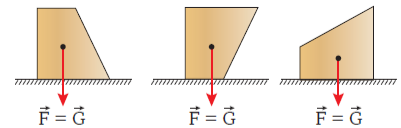
Zemine uygulanan kuvvetin şiddeti kişinin ağırlığı kadardır ve bu değişmez. Ancak kar ayakkabıları giyilerek yüzey alanı değiştirilebilir. $P = F/S$ bağıntısına göre basınç, yüzey alanının büyüklüğü ile ters orantılıdır. Derin karlarla örtülü zeminlerde batmadan yürümek için basıncı azaltacak daha büyük yüzey alanına sahip kar ayakkabıları tercih edilir. Bunun sonucunda kuvvetin yüzey alanına oranı dolayısıyla basınç azaltılmış olur. Aynı ilkeler, kar kayağı ve su kayağı için de geçerlidir. Kar ayakkabısı gibi kar kayağı da kayakçının kar yüzeyinde kalmasını mümkün kılar. Bir kayak, kar ayakkabısından farklı olarak uzun ve incedir. Kar kayağı ile kayakçının ağırlığı büyük bir yüzeye yayılır. Bu yayılma nedeniyle basınç küçülür ve kayakçı karla kaplı bir tepeden kara batmadan daha etkin bir şekilde kayar.

Katıların Basınç Kuvveti

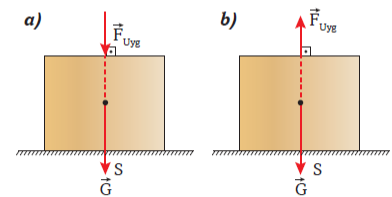
Katıların üzerinde bulundukları düzleme uyguladıkları basınç kuvveti (F) katının kendi ağırlığına eşittir. Bu değer, katı cismin şeklinden, düzlemde duruş biçiminden ve hangi yüzeyi üzerinde durduğundan bağımsızdır (Görsel 2.12). Eğer katı cisme ağırlık vektörü ile aynı yönlü başka bir kuvvet daha uygulanırsa (Görsel 2.13.a) yüzeyde oluşan basınç kuvvetinin büyüklüğü,

Basınç kuvveti = Cismin ağırlığı - Uygulanan kuvvet

($F = G - F_{Uyg}$, $G > F_{Uyg}$ olmak kaydıyla) eşitliği ile verilir.

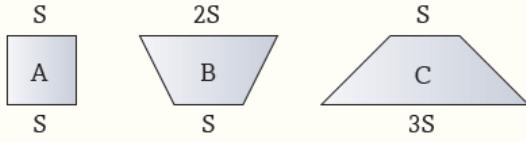


Görsel 2.12: Katıların basınç kuvveti, ağırlıklarına eşittir.



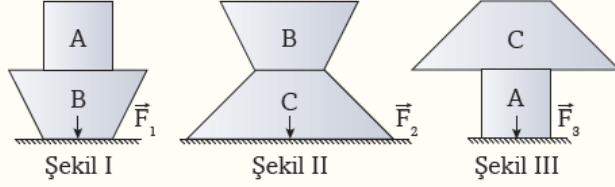
Görsel 2.13: Katı cisme, bulunduğu düzleme dik olacak şekilde uygulanan kuvvetler a) Basınç kuvveti artar. b) Basınç kuvveti azalır.

ÖRNEK PROBLEM



Kesitleri yanda verilen A, B ve C katı cisimlerinin ağırlıkları sırasıyla $3G$, $2G$ ve G 'dir.

Bu cisimler yandaki gibi ikili gruplar hâlinde üst üste yerleştiriliyor.



Şekil I'de zemine uygulanan basınç kuvveti $\vec{F}_1$, Şekil II'de $\vec{F}_2$ ve Şekil III'te $\vec{F}_3$ 'tür. Bu kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki nasıl olur? Basınç kuvvetleri cisimlerin üzerinde bulunduğu yüzey alanının büyüklüğüne bağlı olarak değişir mi? Açıklayınız.

ÇÖZÜM

Katı cisimlerin basınç kuvvetleri onların ağırlıklarına eşittir. Buna göre ikili olarak üst üste konulan cisimlerin toplam ağırlıklarını karşılaştırmak sonuca ulaşmak için yeterlidir. Yani, $F_1 = 3G + 2G = 5G$, $F_2 = 2G + G = 3G$, $F_3 = G + 3G = 4G$ olur.

Sonuç olarak $F_1 > F_3 > F_2$ bulunur.

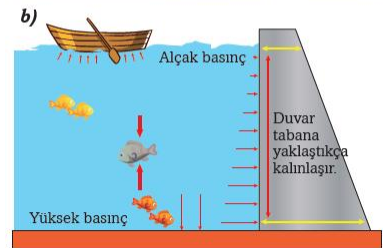
Katı cisimlerin zemine uyguladığı basınç kuvveti cisimlerin hangi yüzey üzerinde bulunduğundan bağımsızdır. Cisimlerin üzerinde bulunduğu yüzey alanının büyüklüğü basınç kuvvetini etkilemez.

Durgun Sıvıların Basıncı

Barajlar; sulama, elektrik enerjisi üretme ve sel baskınlarını önleme gibi amaçlarla akarsular üzerine yapılan bentlerdir. Türkiye ve Avrupa'nın en büyük barajı olan Atatürk Barajı (Görsel 2.14.a), Fırat Nehri üzerinde, Adıyaman ve Şanlıurfa illeri arasında, tamamen Türk işçi ve mühendislerinin emek ve alın teriyle kurulmuştur. Atatürk Baraj Gölü, inşaatın başladığı 1983 yılı ile tamamlandığı 1992 yılları arasında su tutulması yoluyla oluşmuştur. Meydana gelen göl alanı 817 km^2 , toplam su depolama hacmi $48,7$ milyar m^3 tür.

Bir yere ne tür baraj inşa edileceğine, baraj inşasında hangi malzemelerin kullanılacağına karar vermek için mühendisler; yeri, sıcaklık değişimlerini, hava koşullarını, sahadaki toprak ve kaya türlerini ve inşa edilecek barajın büyüklüğünü göz önünde bulundurlar.

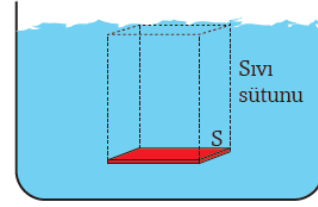
Yüksekliği 169 m , boyu 1644 m , tepedeki eni ise 15 m olan baraj duvarı tepeden tabana doğru kalınlığı Görsel 2.14.b'de verildiği gibi giderek artan bir kesite sahiptir.



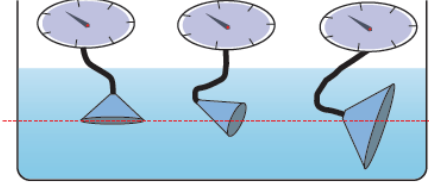
Görsel 2.14: a) Atatürk Barajı b) Baraj duvarının kesiti

Size en tanıdık olan sıvı sudur. Sudan sonra bal, sıvı yağ ve akaryakıt sayılabilir. Bu sıvıların akışkanlıkları aynı değildir. Akışkanların davranışını karşılaştırmayı kolaylaştırmak için ideal sıvı modeli kullanılır. İdeal bir sıvı, sürtünmesiz olarak

kararlı akış yapan ve sıkıştırılmaz kabul edilen sıvılardır. Bu bölümde üzerinde konuşulan sıvıların ideal sıvı oldukları varsayılacaktır. Durgun sıvıların basıncı da katılarda olduğu gibi ağırlığa bağlı olarak açıklanabilir. Bunun için sıvı içerisinde Görsel 2.15'teki gibi sıvı yüzeyine paralel bir S yüzeyi düşünelim. S yüzeyinde, bu yüzeyin sınırladığı alanın yukarıdaki sıvı sütununun ağırlığından dolayı bir basınç meydana gelir. S yüzeyi sıvıda ne kadar derinde düşünülürse yüzeyde oluşan basınç da o oranda büyük olur. Benzer şekilde etkinlikteki huni, suda ne kadar derine itilirse üzerine gerilmiş balon da o oranda fazla suyun ağırlığının etkisinde kalır. Esnek balona sıvıda etkiyen kuvvetin adım adım artması, balon yüzeyinde giderek artan bir basınç oluşturur. Derine inildikçe basıncın artması, esnek balon yüzeyinin daha çok içe çökmesine ve U borusunun karşı kolundaki su seviyesinin giderek daha fazla yükselmesine sebep olur. Basınç, her durumda birim yüzeye etkiyen dik kuvvetin büyüklüğü ile ilgili olduğundan, huninin sıvı içerisinde duruş şekli ve büyüklüğü belli bir derinlikte oluşan basıncı etkilemez (Görsel 2.16). Derinliğin iki katına çıkması, iki kat fazla basınçla sonuçlanır. Huninin içine daldırılan sıvı değiştirildiğinde, örneğin huni su yerine tuzlu suda aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki su seviyesi fazla yükselir. Bunun sebebi, tuzlu suyun yoğunluğunun suya göre büyük olmasıdır.



Görsel 2.15: Sıvı içindeki S yüzeyinin üzerinde, taşıdığı sıvı sütununun ağırlığından dolayı basınç oluşur.



Görsel 2.16: Bir sıvıda aynı derinlikteki farklı noktalara yerleştirilen huni üzerinde oluşan basınç değerleri birbirine eşittir. Huninin yüzey alanının büyüklüğü ve bu noktalardaki duruş şekli, üzerinde oluşan basıncı etkilemez.

Sıvı içinde belli bir derinlikte bulunan bir S yüzeyine uygulanan kuvvetin, bu yüzeyin üzerinde taşıdığı sıvının ağırlığından kaynaklandığı göz önüne alınarak sıvı basıncı hesaplanabilir.

$P = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$ (S yüzeyinin üstündeki sıvı sütununun kütlesi, bu sıvının hacim ve yoğunluğunun çarpımıyla bulunur.) $m = d \cdot V$ değeri bu ifadede yerine yazılırsa $P = \frac{d \cdot V \cdot g}{S}$ elde edilir. (S yüzeyinin üzerindeki sıvı sütununun hacmi $V = S \cdot h$ olduğundan)

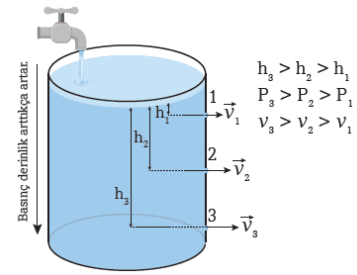
$$P = \frac{d \cdot S \cdot h \cdot g}{S} \Rightarrow P = h \cdot d \cdot g$$

bağıntısına ulaşılır.

Sıvılar temas hâlinde oldukları bütün yüzeylere kuvvet uygular. Durgun sıvı içindeki birim yüzeye sıvı tarafın dan uygulanan dik kuvvete sıvı basıncı (hidrostatik basınç) denir. Sıvı basıncı; kabın şeklinden, büyüklüğünden ve sıvı miktarından bağımsız olarak h, d ve g ile doğru orantılıdır. Buradaki h, basıncı hesaplanacak noktanın sıvı yüzeyine olan uzaklığıdır. d sıvının yoğunluğu, g ise yer çekimi alan şiddetidir.

Sıvı basınç birimi SI'da katılardaki gibi Pascal'dır (Pa). Ancak sıvıların basıncını ifade ederken bu birimin yerine atmosfer, cmHg, mmHg, Torr ve Bar gibi başka birimler de kullanılır.

Ağızına kadar suyla dolu Görsel 2.17'deki kabın çeperlerine farklı yüksekliklerde açılan üç özdeş delikten, yukarıdaki 1 deliğinden en yavaş, aşağıdaki 3 deliğinden ise en hızlı su akışı



Görsel 2.17: Kap üzerindeki deliklerin tıparları aynı anda açıldığında en alttaki delikten sıvı daha büyük hızla akar.

gözlenir. Suyun yavaş aktığı 1 deliğinin bulunduğu noktada basınç düşük, hızlı aktığı 3 deliğinin bulunduğu noktada ise basınç yüksektir (Bu 1 deliğinden çıkan suyun yakında, 3 deliğinden çıkan suyun uzakta bir noktada yere çarpacağı anlamına gelmez.). Bir sıvıda derinlere inildikçe basıncın artması göz önüne alınarak barajların duvarları tabana doğru gitgide kalınlaştırılarak yapılır. Bu sayede duvarların daha büyük basınca dayanmaları sağlanır.

Bir sıvının neden olduğu basınç, aşağıdaki özelliklere sahiptir:

Sıvı basıncı, kabın şekline ve sıvının yüzey alanına bağlı değildir. Tabandaki sıvı basınçları aynıdır.	Sıvı basıncı, sıvının kütlesine ve hacmine bağlı değildir. Tabandaki sıvı basınçları aynıdır.	Sıvı basıncı, aynı derinlikte alınan yüzey alanlarının büyüklüğüne bağlı değildir. Her iki alandaki sıvı basınçları aynıdır.
Basınç, sıvı sütununun uzunluğuna değil dikey derinliğine bağlıdır. Sıvı seviyeleri aynıdır.	Bir sıvıda aynı derinlikteki tüm noktalar aynı basınca sahiptir. Havaya (atmosfer basıncına) açık yüzey $h_A = h_B = h_C = h_D$ $P_A = P_B = P_C = P_D = d \cdot g \cdot h$ Atmosfer basıncı dikkate alınmamıştır. İçerisinde homojen sıvı bulunan bileşik kaba sıvı doldurulduğunda bütün bölmelerde sıvı seviyeleri eşitlenir. Çünkü belirli bir sıvı için basınç her zaman aynı seviyedeki noktalarda eşittir.	Basınç, aynı derinlikteki varlıkların yüzey alanına bağlı değildir. Küçük balıklara uygulanan basınç = Büyük balıklara uygulanan basınç

Silindirik kaba bir musluktan sabit debili su aktığında sıvı yüksekliği zamanla doğru orantılı olarak artar. Dolayısıyla kabın tabanında oluşan sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi düzgün (zamanla doğru orantılı) olur.	Şekildeki yukarı doğru daralan kaba, bir musluktan sabit debili su aktığında kaptaki sıvı yüksekliği zamanla daha hızlı artar. Dolayısıyla kabın tabanına etki eden sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi hızlı olur.	Yukarı doğru genişleyen kaba, bir musluktan sabit debili su aktığında kaptaki sıvı yükselmesi zamanla yavaşlar. Dolayısıyla kabın tabanına etki eden sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi azalan biçimde artar.
--	--	---

ÖRNEK PROBLEM

Eşit hacim bölmeli kap, d öz kütleli sıvı ile doludur. Kaptaki K noktasında oluşan sıvı basıncı P olduğuna göre; L, M, N, O, P ve R noktalarının her birindeki sıvı basıncı kaç P olur?

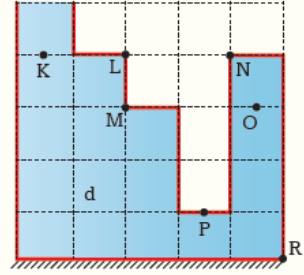
ÇÖZÜM

Sıvı basıncı kabın sıvı tarafından işgal edilen en yüksek noktası göz önüne alınarak hesaplanır. Buna göre,

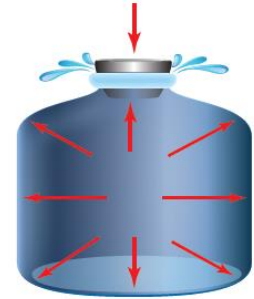
$$P_K = P = h \cdot d \cdot g \text{ alınır, } P_L = P_N = h \cdot d \cdot g = P \text{ yazılır.}$$

$$P_M = P_O = 2h \cdot d \cdot g = 2P \text{ olur.}$$

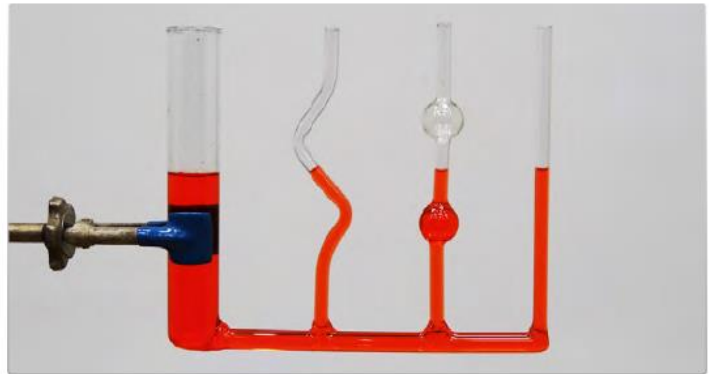
$$P_P = 4h \cdot d \cdot g = 4P, P_R = 5h \cdot d \cdot g = 5P \text{ bulunur.}$$



Sıvılar, ancak basınç gibi özel şartlar altında ihmal edilebilir düzeyde hacim değişimine uğrar ve bu yüzden genel olarak sıkıştırılmaz kabul edilir. Sıvıların sıkıştırılmaz olması, kapalı bir kaptaki sıvının dışarıdan bir etkiyle oluşan basıncı, sıvının ve içinde bulunduğu kabın her noktasına aynı büyüklükte iletilmesini sağlar (Görsel 2.18). Sıvıların bu özelliği, ilk kez Fransız bilim insanı Blaise Pascal (Bileyz Paskal, 1623–1662) tarafından açıklanmıştır. “Pascal Prensibi” olarak bilinen bu açıklama, “Kapalı bir kaptaki sıvının herhangi bir noktasında oluşturulan basınç, sıvının her yerine aynen iletilir.” şeklinde ifade edilir. Bu, kabın her noktasındaki basıncın değil, basınç artışının aynı olacağı anlamına gelir. Pascal Prensibi’nden bir dış macunu tüpünü sıkıştırdığınız zaman bile yararlanmış olursunuz. Mühendisler yerleşim birimlerine su sağlayan tesisleri, bütün evlere aynı basınçta su dağıtacak şekilde yaparken Pascal Prensibi’nden yararlanırlar. Bileşik kap sistemleri (Görsel 2.19) ve su cendereleri aynı prensip göz önüne alınarak yapılır.



Görsel 2.18: Sıvılar sıkıştırılmaz olduğundan ağzına kadar suyla dolu kabın kapağına uygulanan kuvvetin oluşturduğu basınç, kap içindeki her noktaya aynen iletilir.

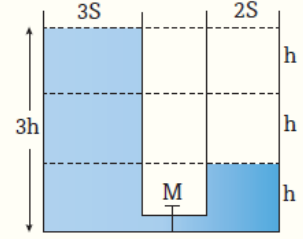


Görsel 2.19: Bileşik kap.

Bileşik kap olarak genellikle U borusu şeklinde iki silindirik kollu kap kullanılır. U borusunun silindirik kollarından birine sıvı konulduğunda Pascal Prensibi’ne göre her iki koldaki sıvıdan kaynaklanan basınçların eşit olması için kollarındaki sıvı seviyeleri eşitlenir (Görsel 2.20.a). U borusunun tabanına Görsel 2.20.b’deki gibi bir musluk yerleştirip musluğu kapattıktan sonra kolları farklı yüksekliklerde aynı cins sıvı konulursa her kolun tabanındaki basınç değeri farklı olur. Musluk açıldığında sıvı, basıncın yüksek olduğu koldan düşük olduğu kola doğru akar ve bu olay tabandaki basınçlar eşit olduğunda durur.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti yanda verilen bileşik kabın kolları arasındaki M musluğu kapalıdır. Kollarıda eşit sıcaklıkta aynı cins sıvı bulunmaktadır. Bu durumda 3S kesitli kabın tabanındaki sıvı basıncı P olduğuna göre, musluk açılıp denge sağlandığında 2S kesitli kabın tabanındaki sıvı basıncı kaç P olur?



ÇÖZÜM

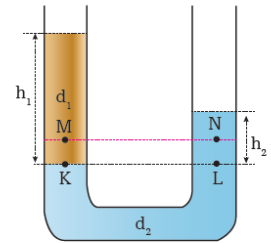
M musluğu kapalıyken P basıncının değeri $P = 3h \cdot d \cdot g$ 'dir. Bu musluk açıldığında sıvı, basıncın yüksek olduğu 3S kesitli koldan 2S kesitli kola akarak dengeye gelir. Bu durumda toplam sıvı hacmi değişmediğinden,

$$V_{ilk} = V_{son}$$

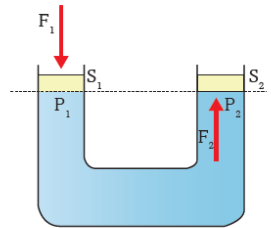
$$3S \cdot 3h + 2S \cdot h = (3S + 2S) \cdot h' \Rightarrow h' = \frac{11}{5}h \text{ olur.}$$

$$P' = \frac{11}{5}h \cdot d \cdot g = \frac{11}{5} \cdot \frac{P}{3} = \frac{11P}{15} \text{ bulunur.}$$

U borusunun kollarına birbiriyle karışmayan farklı özkütleli sıvılar konulduğunda kollarıdaki sıvı düzeyleri eşit olmaz. Buna karşılık kollarıdaki sıvıların tabanda alınan herhangi bir noktada oluşturduğu basınçlar eşit olur. Benzer şekilde U borusunda tabana en yakın seviyede, birbirine temas eden farklı sıvıların oluşturduğu sınıra çizilen yatay çizgi üzerinde her iki koldaki basınçlar da birbirine eşittir. Buna göre altında aynı tür sıvı kalacak şekilde Görsel 2.21'de çizilen yatay çizgi üzerinde alınan aynı hizadaki K ve L noktalarında sıvı basınçları birbirine eşit olur. U borusunun tabanına paralel olacak şekilde K-L çizgisinin yukarısında düşünülen her yatay çizginin kolları kestiği noktalardaki sıvı basınçları karşılaştırılabilir. Örneğin d_1 'in d_2 'den küçük olduğu göz önüne alınarak M noktasındaki sıvı basıncının N noktasındaki sıvı basıncından büyük olduğu sonucuna varılır.



Görsel 2.21: Birbirine karışmayan farklı türdeki iki sıvının U borusundaki yükseklikleri her iki koldan kaynaklanan tabandaki basınç eşit olduğunda sabitlenir.



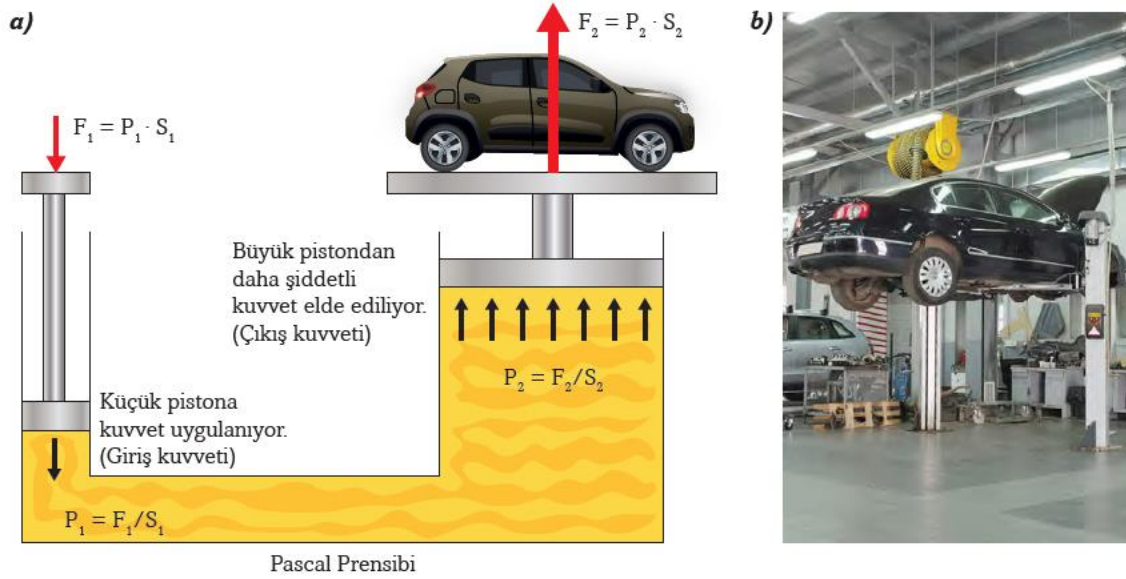
Görsel 2.22: Sol pistonu uygulanan kuvvet, bir basınç meydana getirir. Bu basınç, sıvı tarafından sağ pistonu iletilir.

İçerisinde aynı tür sıvı bulunan bir U borusunun kollarına, Görsel 2.22'deki gibi birer piston yerleştirilerek elde edilen sistemin sol kolundaki pistonu kuvvet uygulandığında, bu kolda oluşan basınç sıvı boyunca sağ kola aynen iletilir. Eğer kollarıdan birinin kesit alanını artırıp bu kola uygun piston yerleştirilirse günlük hayatta çok geniş bir kullanım alanına sahip su cenderesini elde etmiş olursunuz. Su cenderesi tabanları birleştirilmiş kesitleri farklı silindir ve pistonlardan ibarettir. Bu durumda kollarıdaki basınçların eşitliği yazılırsa,

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ ya da } \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \text{ olur.}$$

Su cenderesinde sağ ve sol koldaki pistonların yüzey alanları arasındaki fark ne kadar büyük olursa küçük pistonu uygulanan kuvvetin etkisi o oranda artmış olur. Küçük pistonu uygulanan bir giriş kuvvetinin oluşturduğu basınç, sistemdeki sıvı tarafından diğer pistonu

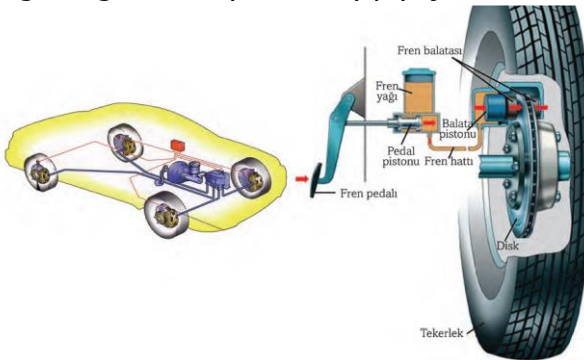
aktarılır. Akışkanın büyük piston üzerine uyguladığı kuvvet, akışkandaki basınç ile pistonun alanının çarpımı kadardır. Bu yüzden büyük piston üzerinde oluşan çıkış kuvveti, giriş kuvvetinden daha büyüktür. Örneğin, bir tür su cenderesi olan Görsel 2.23'teki hidrolik liftin sağındaki pistonun yüzey alanı solundakinin 50 katı büyüklüğünde olsun. Bu durumda sol pistona 50 N'lık kuvvet uygulandığında sağ pistondan 2500 N'lık kuvvet elde edilir.



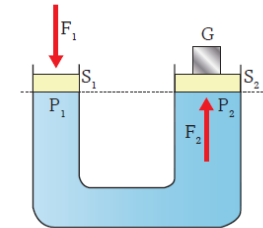
Görsel 2.23: a) Bir tür su cenderesi olan hidrolik lift şeması. Soldaki pistona uygulanan küçük şiddetli kuvvetin oluşturduğu basınç sağdaki piston üzerinde çok daha büyük şiddetli kuvvet üretir. **b)** Tamir atölyesinde bir hidrolik lift ile kaldırılan bir otomobil.

Görüldüğü gibi oluşan basınç Pascal Prensibi 'ne göre sıvının temas ettiği bütün yüzeylere dolayısıyla karşı pistona aynen iletilindiğinden (Görsel 2.24) uygulanan küçük şiddetli kuvvetin etkisi büyük pistona 50 kat artmış olarak geçer. Yani küçük pistona uygulanan 50 N'lık kuvvet büyük piston üzerine konulan 2500 N'lık yükü dengeler.

Motorlu taşıtlardaki hidrolik frenler (Görsel 2.25), hidrolik liftler (araç kaldırma sistemleri), damperli kamyonlar, krikolar, berber koltukları (Görsel 2.26) ve çoğu inşaat makinelerinde bu sistem mevcuttur. Su cendereleri kuvvetten kazanç sağlayarak iş yapma kolaylığı sağlar. Ancak hiçbir zaman enerji tasarrufu sağlamaz. Çünkü kuvvetten kazanç sağlandığı oranda yoldan kayıp yaşanır.



Görsel 2.25: Hidrolik fren sistemleri, fren pedalına uygulanan kuvvetin büyüklüğünü tekerleklerle artmış olarak iletir.



Görsel 2.24: Su cenderesinin kesit alanları farklı olan her bir kolunda kuvvet değil, basınç değerleri bir birine eşit olur. ($P_1 = P_2$)



Görsel 2.26: Berber koltuğu

ÖRNEK PROBLEM

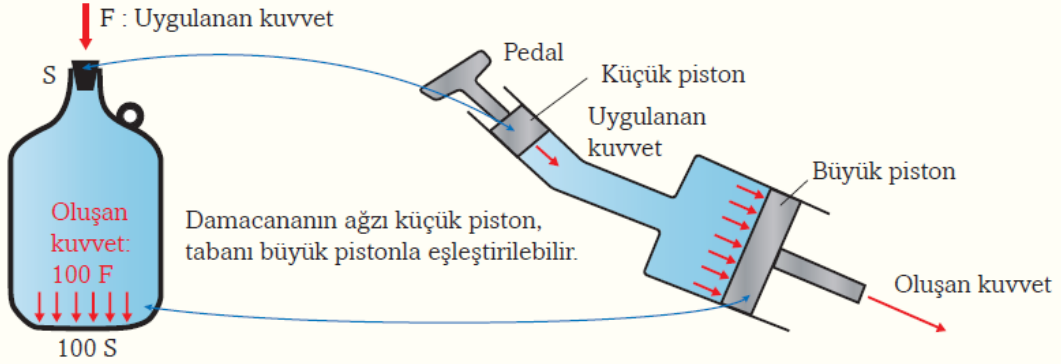
İçi suyla dolu şekildeki damacananın ağzı S, tabanı 100S yüzey alanına sahiptir. Damacananın ağzındaki tıpa F büyüklüğünde bir kuvvet uygulanarak kapatılıyor. Bu kuvvetten dolayı meydana gelen basıncın tabana iletilmesi sonucunda tabanda etkili olan basınç kuvvetinin büyüklüğü kaç F olur? Kuvvetin büyüklüğünün tabana artmış olarak ulaşmasını, hidrolik fren ve krik o gibi düzeneklerdeki kuvvet kazan-cıyla ilişkilendirerek açıklayınız.



ÇÖZÜM

Damacananın S yüzey alanına sahip ağzında F kuvvetinin etkisiyle oluşan basınç P olsun. Bu basınç sıvı içerisindeki her noktaya aynen iletilirken tabana da P olarak iletilir. Damacana tabanının yüzey alanı damacananın ağzına oranla 100 kat (100S) büyük olduğundan $F = P \cdot S$ ifadesine göre kuvvetin büyüklüğü de 100 kat artmış olarak tabana iletilir.

Hidrolik fren ve krik o gibi düzeneklerin pedalı üzerine ayağımızla uyguladığımız bir kuvvetin etkisi, bu düzeneklerdeki pistonların kesit alanlarının büyüklüklerine bağlı olarak damacana örneğinde olduğu gibi yüzlerce hatta binlerce kat artırılabilir.



Basınç, birim yüzeye etki eden dik kuvvetin büyüklüğüdür. Bu yüzden sıvı yüzeyinde oluşan basınç, daha büyük bir alan üzerine ulaşınca daha büyük bir basınç kuvveti doğurur. Kuvvetin büyüklüğündeki artış, yüzey alanın büyüklüğü ile orantılıdır. Örnek problemde yüzey alanları 1'e 100 verildiğinden kuvvetin büyüklüğündeki artış da aynı oranda olur. Benzer şekilde hidrolik fren ve krik o gibi düzeneklerin küçük pistonlarına uygulanan kuvvet, bu düzeneklerin silindirlerdeki sıvı yüzeyinde basınç oluşturur. Oluşan basınç, Pascal Prensibi'ne göre sıvının temas ettiği bütün yüzeylere dolayısıyla düzeneklerin büyük pistonlarına kadar aynen iletilir. Böylece yüzey alanı büyük olan pistonlarda daha büyük bir basınç kuvveti elde edilmiş olur.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti şekilde verilen bileşik kabın A kolunda $4h$, B kolunda h yüksekliğinde su varken K noktasındaki sıvı basıncı P oluyor. M musluğu açılıp denge sağlandığında K noktasındaki su basıncı kaç P olur?

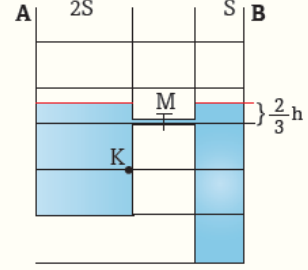
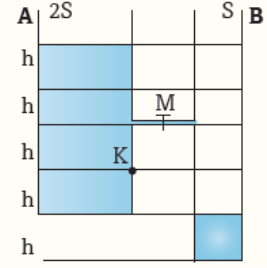
ÇÖZÜM

Musluk kapalıyken $P_K = 3h \cdot d \cdot g = P$ 'dir.

Musluk açıldığında kabın A ve B kollarındaki su düzeyleri eşitlenerek denge sağlanır. Suyun bileşik kabın kollarında aldığı yeni durum yanda verilen şekilde görülmektedir. Bu şekildeki sıvı düzeyleri göz önüne alınarak basınç ifadesi yazılırsa

$$P'_K = \left(h + \frac{2h}{3}\right) \cdot d \cdot g = \frac{5h}{3} \cdot d \cdot g$$

$$P'_K = \frac{5}{3} \cdot \frac{P}{3} = \frac{5}{9}P \text{ bulunur.}$$



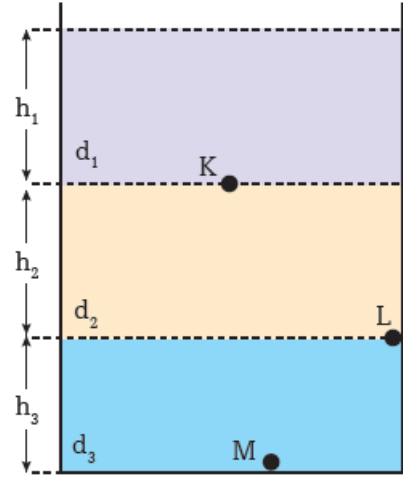
Sıvılar basıncı temasta oldukları tüm noktalara iletir. Bu özellikten içerisinde birbirine karışmayan sıvıların bulunduğu kabın herhangi bir noktasındaki sıvı basıncını hesaplamak için de yararlanılır. Örneğin, içerisinde Görsel 2.27'deki gibi birbirine karışmayan üç sıvının bulunduğu bir kabın tabanındaki sıvı basıncı (PM), sıvıların ayrı ayrı kendi tabanlarına yaptıkları basınçların toplamı yazılarak bulunur. Çünkü M noktası her üç sıvıdan kaynaklanan basınçların etkisindedir.

$$P_M = h_1 \cdot d_1 \cdot g + h_2 \cdot d_2 \cdot g + h_3 \cdot d_3 \cdot g$$

Benzer şekilde L noktası, yukarıdaki d_1 ve d_2 yoğunluklu sıvılardan, K noktası ise sadece d_1 yoğunluklu sıvıdan kaynaklanan basınçların etkisindedir. Buna göre,

$$L \text{ noktasındaki basınç } P_L = h_1 \cdot d_1 \cdot g + h_2 \cdot d_2 \cdot g,$$

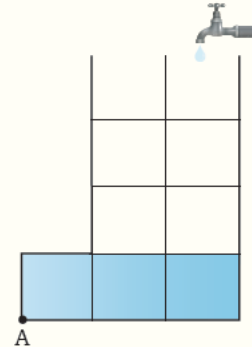
$$K \text{ noktasındaki basınç ise, } P_K = h_1 \cdot d_1 \cdot g \text{ olur.}$$



Görsel 2.27: Birbirine karışmayan sıvılar

ÖRNEK PROBLEM

Şekildeki eşit hacim bölmeli kaba $3m$ kütleli sıvı konulduğunda kabın tabanındaki A noktasında sıvı basıncı P oluyor. Musluk açılıp kabın geri kalan bölümleri, kaptaki sıvıyla karışmayan başka bir sıvıyla doldurulduğunda sıvıların toplam kütlesi $6m$ oluyor. Buna göre, A noktasındaki sıvı basıncı kaç P bulunur?



ÇÖZÜM

İlk durumda üç hacim bölmesi doludur. Bu durumda A noktasındaki sıvı basıncı,

$$P_A = h \cdot d \cdot g = P' \text{ dir.}$$

Üç hacim bölmesini dolduran sıvının kütlesi $3m$ olduğuna göre buradaki sıvının yoğunluğu,

$$3m = 3V \cdot d_1 \Rightarrow d_1 = \frac{m}{V} = d \text{ olsun.}$$

Musluktan akıtılarak kabın boş olan 6 hacim bölmesini dolduran sıvının kütlesi $6m - 3m = 3m$ 'dir. Bu sıvının yoğunluğu,

$$3m = 6V \cdot d_2 \Rightarrow d_2 = \frac{3m}{6V} = \frac{m}{2V} = \frac{d}{2} \text{ bulunur.}$$

Yeni durumda A noktasındaki toplam sıvı basıncı,

$$P'_A = h \cdot d \cdot g + 3h \cdot \frac{d}{2} \cdot g = P + \frac{3}{2}P = \frac{5}{2}P \text{ olur.}$$

Durgun Sıvıların Basınç Kuvveti

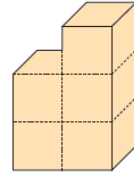
Daha önce de açıklandığı gibi katı maddelerin üzerinde bulunduğu düzleme uyguladıkları basınç kuvveti, cismin ağırlığına eşit olup cismin düzlemde duruş biçiminden bağımsızdır. Bu sebeple aynı maddeden yapılmış düşey kesitleri Görsel 2.28'de verilen eşit hacim bölmeli dört katı cismin üzerinde bulunduğu düzleme uyguladığı basınç kuvvetlerinin birbirine eşit olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Hidrolik liftlerle, otomobillerin yukarı kaldırıldığından daha önce söz edilmişti. Otomobilleri yukarı doğru iten kuvvetin bir sıvı tarafından uygulandığını hiç düşündünüz mü? Söz konusu kuvvet, akışkan tarafından nasıl üretilir? Bu soruların cevaplarını verebilmek için öncelikle sıvı basınç kuvvetini tanımlamak gerekir. Bildiğiniz gibi bir kapta bulunan sıvı, dokunduğu yüzeylerde basınç oluşturduğunda, o yüzeye dik olan net bir kuvvet uygular. Bir yüzeyde meydana gelen basınç ile yüzey alanının çarpılmasıyla elde edilen bu net kuvvete basınç kuvveti denir.

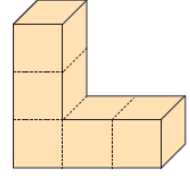
$P = \frac{F}{S}$ formülünden basınç kuvveti $F = P \cdot S$ yazılır. Bu ifadede sıvı basıncı olan $P = h \cdot d \cdot g$ yerine yazılırsa kabın herhangi bir yüzeyinde etkili olan sıvı basınç kuvveti,

$$F = h \cdot d \cdot g \cdot S$$

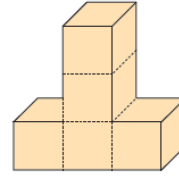
şeklinde belirlenmiş olur. Formüldeki h , ilgili yüzeyin orta noktasının sıvı yüzeyine olan uzaklığıdır. Dolayısıyla $P = h \cdot d \cdot g$ ifadesi de bir yüzeydeki ortalama basınçtır. Ortalama basınç, aynı zamanda yüzeyin tam ortasındaki basınçtır.



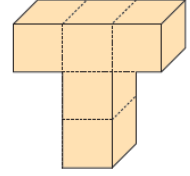
Şekil I



Şekil II

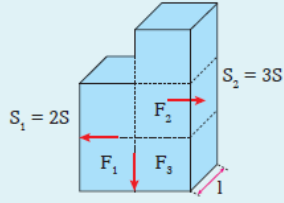


Şekil III



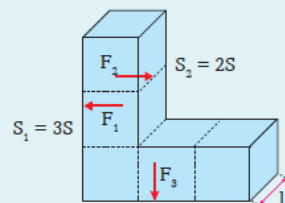
Şekil IV

Görsel 2.28: Katı cisimlerin basınç kuvvetleri ağırlıklarına eşittir. Ya sıvıların ki?

Şekil I

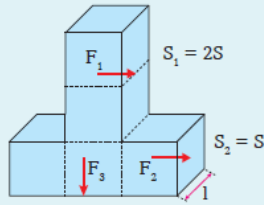
$$F_1 = 2l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 4l \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = \frac{3}{2} l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = \frac{9}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$$

Şekil II

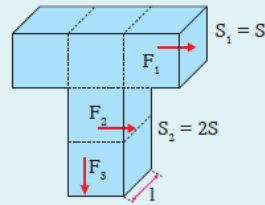
$$F_1 = \frac{3}{2} l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = \frac{9}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 2l \cdot d \cdot g \cdot S$$

Şekil III

$$F_1 = l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 2l \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = \frac{5}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$$

Şekil IV

$$F_1 = \frac{1}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = 2l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 4l \cdot d \cdot g \cdot S$$

Düşey kesitleri **Görsel 2.29**'deki gibi olan içi boş, eşit hacim bölmeli (küp biçimli) kaplar aynı tür sıvı ile doldurulduğunda

Şekil I'deki kabın tabanındaki sıvı basınç kuvveti

$$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 6l \cdot d \cdot g \cdot S,$$

Şekil II ve Şekil III'teki kapların tabanlarındaki sıvı basınç kuvvetleri

$$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = 9l \cdot d \cdot g \cdot S,$$

Şekil IV'teki kabın tabanındaki sıvı basınç kuvveti

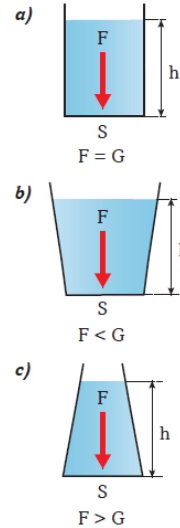
$$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot S \text{ olarak belirlenir.}$$

Her bir şekil üzerinde gösterilen S_1 , S_2 ve S_3 yüzeylerinde oluşan basınç kuvvetlerinin, bu yüzeylerin geometrik ortaları esas alınarak hesaplandığına dikkat ediniz.

Görsel 2.29: Sıvıların tabanında oluşan basınç kuvveti, kabın şekline bağlı olarak sıvının ağırlığından farklı olabilir.

Görüldüğü gibi aynı yükseklikteki sıvı sütunları, büyüklükleri farklı olan yüzeylerde farklı büyüklükte basınç kuvvetleri meydana getirir. Bir kabın tabanını oluşturan yüzeyin her noktası sıvı yüzeyine eşit uzaklıkta olduğundan bu yüzeyin ortasındaki basınç, diğer noktalarındaki basınçtan farklı olmaz. Ancak kabın yan yüzeyi için aynı şey söylenemez. Bir kabın yan yüzeyindeki sıvı basınç kuvvetinin büyüklüğünü belirlemek için mutlaka ilgili yan yüzey ile yan yüzeyin ortasındaki basınç değerini çarpmak gerekir.

Düşey kesitleri Görsel 2.30'da verilen farklı biçimde üç kap aynı tür sıvı ile aynı yüksekliğe kadar doldurulduğunda her üç kabın tabanını oluşturan yüzeylerdeki sıvı basınç kuvvetleri, birbirine eşit olup büyüklüğü $F = h \cdot d \cdot g \cdot S$ 'dir. Bu büyüklük değeri kabın Görsel 2.30.a'daki gibi silindirik, küp ya da dik prizma olması hâlinde her zaman sıvı ağırlığına eşit olur. Ancak kap Görsel 2.30.b ve Görsel 2.30.c'deki gibi yukarı doğru giderek genişleyen ya da daralan bir kesite sahip olursa tabanı oluşturan yüzeyde meydana gelen sıvı basınç kuvveti, kabın şekline bağlı olarak ağırlıktan küçük veya büyük olabilir.



Görsel 2.30: a) İçi sıvıyla dolu silindirik kap b) İçi sıvıyla dolu yukarı doğru genişleyen kesik koni şeklinde kap c) İçi sıvıyla dolu yukarı doğru daralan kesik koni şeklinde kap

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti şekildeki gibi olan kap, yoğunluğu d olan bir sıvıyla $4h$ yüksekliğinde doldurulmuştur. Kapın taban ve yan yüzeylerine etkiyen sıvı basınç kuvvetlerini karşılaştırınız. ($S_1 = 3S$, $S_2 = 4S$, $S_3 = 2S$ ve $S_4 = 3S$).

ÇÖZÜM

Bir yan yüzeye etkiyen sıvı basınç kuvveti, o yüzeyin ortasında oluşan basınç ile yüzey alanının çarpımına eşittir. Yan yüzeyin ortasındaki basınç hesaplanırken yüzeyin tam orta noktasının sıvı yüzeyine olan uzaklığı göz önüne alınır. Buna göre S_1, S_2, S_3 yan yüzeylerinde oluşan basınç kuvvetlerinin büyüklükleri,

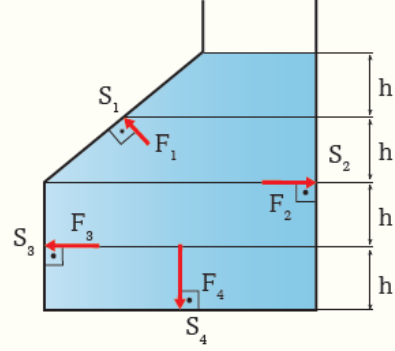
$$F_1 = h \cdot d \cdot g \cdot S_1 = h \cdot d \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = 2h \cdot d \cdot g \cdot S_2 = 2h \cdot d \cdot g \cdot (4S) = 8h \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$F_3 = 3h \cdot d \cdot g \cdot S_3 = 3h \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 6h \cdot d \cdot g \cdot S \text{ olarak belirlenir.}$$

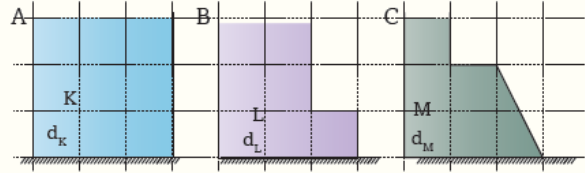
Tabanı oluşturan yüzeydeki sıvı basınç kuvveti ise

$$F_4 = 4h \cdot d \cdot g \cdot (3S) = 12h \cdot d \cdot g \cdot S \text{ büyüklüğünde olur. Buna göre, } F_4 > F_2 > F_3 > F_1 \text{ yazılır.}$$



ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesitleri yanda verilen eşit hacim bölmesi A, B ve C kaplarına sırasıyla aynı sıcaklıktaki K, L ve M sıvıları konuluyor. Kapların tabanlarında meydana gelen sıvı basınç kuvvetleri eşit olduğuna göre sıvıların özkütleleri d_K, d_L, d_M arasındaki ilişki nasıl olur?



ÇÖZÜM

Her bir bölmenin taban alanı S olsun.

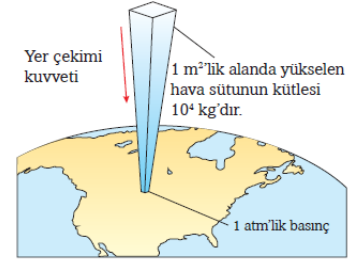
$$F_A = F_B = F_C \text{ verildiğinden,}$$

$$3h \cdot d_K \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d_L \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d_M \cdot g \cdot 3S \Rightarrow d_K = d_L = d_M \text{ olur.}$$

Açık Hava (Atmosfer) Basıncı

Bir gaz örneğinin fiziksel tanımını tam olarak ifade edebilmek için onun sıcaklık, hacim, miktar (molekül sayısı) ve basıncını bilmek gerekir. Bu değişkenlerin çoğu birbirinden bağımsız değildir. Sıralanan değişkenlerden üçünün değeri biliniyorsa dördüncünün değeri hesaplanabilir. Gazlar hakkında ancak bu değişkenlerin aldığı değerler çerçevesinde konuşulabilir. Gaz maddelerin molekülleri arasındaki mesafe, sıvılara göre daha fazla olduğundan molekül hareketleri de sıvılara göre daha az kısıtlanmış olur. Gazlar, içine konulduğu kabın tüm hacmini işgal eder, homojen dağıldıkları kap içerisinde moleküllerinin rastgele hareketi nedeniyle basınç oluşturur. Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı eşit kabul edildiğinden kabın her noktasındaki gaz basıncı da eşit olur.

Kapalı kaplardaki gazların hacmini içine konulduğu kap sınırlarken Dünya çevresindeki çok büyük gaz kütesini, yer çekimi kuvveti sınırlar ve atmosfer tabakasının oluşmasına sebep olur. Gaz molekülleri Güneş'ten aldığı enerjiyle kazandıkları hareket sayesinde yeryüzüne çökmekten kurtulur. Kütesinin yaklaşık %99'u ilk 32 km'nin, yarısı ise 5,5-6 km'nin içinde yer alan atmosfer, yerküreyi saran hava tabakasıdır. Yapısı yaklaşık %99 oranında N₂ ve O₂, %1 oranında Argon, Neon, Helyum ve su buharı gibi birçok maddeden oluşur. Havaküre, kendisini meydana getiren bu maddelerin moleküllerinin ağırlığı ve hareketi sebebiyle çevremizdeki bütün varlıkların üzerine bir kuvvet uygular. Uygulanan kuvvetin birim yüzey alanına düşen payına açık hava basıncı veya atmosfer basıncı denir. Deniz seviyesinde 1 m² lik bir yüzeye düşen havanın ağırlığı yaklaşık olarak 100 000 N'dır. Bu kuvvetin oluşturduğu basınç ise yaklaşık 105 N/m² dir. Bizler artan irtifa ile yoğunluğu giderek azalan bir gaz okyanusunun dibinde yaşıyoruz (Görsel 2.31).



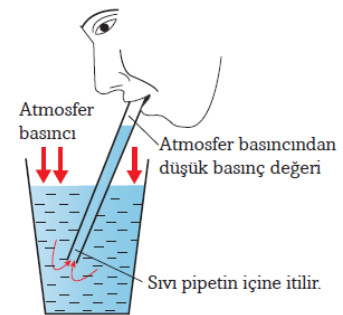
Görsel 2.31: Deniz seviyesinde 1m² lik bir yüzeyle sınırlanmış şekildeki hava sütununun kütlesi yaklaşık olarak 10 000 kg'dır. Bu kütle ağırlığından dolayı oluşan basınç yaklaşık 100 kPa'dır.

Açık hava basıncı bu denli yüksek kuvvetin etkisiyle meydana gelse de çoğu zaman bunun farkında bile olmayız. Çünkü bu basınç, vücut içi sıvı basıncı tarafından dengelenir. Yüksek irtifalarda hava, nefes alma şeklimizi etkileyen çok düşük bir basınca sahiptir. Dağcılar, Ağrı Dağı gibi deniz seviyesinden oldukça yüksek yerlere tırmandıklarında, vücutlarının buradaki düşük basınca (397,8 mmHg) uyum sağlaması için zaman zaman belli yüksekliklerde günlerce süren molalar verirler.

Açık hava basıncının etkisini göstermek amacıyla 1657 yılında Alman Fizikçi Otto Von Guericke (Otto fon Gurik), Magdeburg Yarım Küreleri Deneyi olarak bilinen bir deney yapar. Guericke, Almanya'nın Magdeburg kentinde yarıçapı 25 cm olan iki yarım küreyi conta olarak kullandığı balmumu yardımıyla hava sızdırmayacak şekilde bir araya getirir. Oluşan tam kürenin içindeki havayı birindeki musluk üzerinden pompa kullanılarak boşaltır. Bu yarım kürelere çok sayıda atı zıt yönde koşarak ayırmaya çalışsa da hava basıncından dolayı başarılı olamaz. Çünkü açık havanın oluşturduğu basınç kuvveti küreleri sıkıca bir arada tutuyordu.

Atmosfer basıncının etkilerini çok farklı alanlarda görürüz. Vantuzlar, açık hava basıncının etkisiyle tutundukları cam ve duvar gibi yüzeylere zarar vermeden çok farklı amaçlar için kullanılır.

Bir pipet kullanılırken de atmosfer basıncından yararlanır. Pipetle bir sıvı içildiğinde emme sonucunda pipetin içindeki hava basıncı azalır. Sıvı yüzeyine etki eden atmosfer basıncı, pipet içindeki basıncı yener. Basınç farkı dolayısıyla ortaya çıkan kuvvet, sıvıyı pipet içinde yukarı iter (Görsel 2.33).



Görsel 2.33: Açık hava basıncı, sıvının pipet içerisinde yükselmesini sağlar.

Tablo 2.1'de bazı tipik sayılabilecek ortamlardaki basınç değerleri verilmiştir. Tabloya bakarak "Maddenin olduğu her yerde basınçtan söz edilebilir." çıkarımını yapabilir, farklı ortamların basıncını açık hava basıncıyla karşılaştırabilirsiniz.

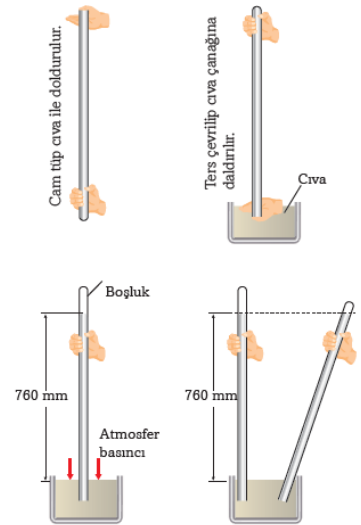
Tablo 2.1: Bazı tipik yerlerdeki basınç değerleri

Yer	Basınç (Pascal, Pa)
Güneş'in merkezi	$2 \cdot 10^{16}$
Dünya'nın merkezi	$4 \cdot 10^{11}$
Mariana Çukuru (10 994 m; Dünya'nın en derin çukuru, Büyük Okyanus)	$1,1 \cdot 10^8$
Bir otomobilin lastiği	$2 \cdot 10^5$
Standart atmosfer basıncı (0 m; Deniz seviyesi)	$1,013 \cdot 10^5$
Kan basıncı	$1,6 \cdot 10^4$
Büyük Ağu Dağı (5137 m; Türkiye'nin en yüksek tepesi, Iğdır-Ağrı/Türkiye)	$0,53 \cdot 10^5$
Everest Dağı (8848 m; Dünya'nın en yüksek tepesi, Nepal-Çin sınırı)	$4 \cdot 10^4$
Mars'ın yüzeyi	$7 \cdot 10^2$
Ulaşılabilen en mükemmel vakum ortam	$1 \cdot 10^{-12}$

Tablodaki basınç değerlerinin bir kısmı doğrudan ölçmeyle bir kısmı da yapılan modellemelerle belirlenmiştir.

Basınç Nasıl Ölçülür (Torricelli Deneyi)?

Atmosfer basıncını ölçmek için yapılan ilk deneylerden biri Evangelista Torricelli'ye (İvangelista Toricelli, 1608-1647) aittir. Torricelli, açık hava basıncını araştırırken deniz seviyesinde, 0 °C'ta, yaklaşık 1 m uzunluğundaki bir cam tüpü tamamen cıva ile doldurur. Ardından tüpü ters çevirerek içinde cıva bulunan çanağa daldırır (Görsel 2.34). Bu sırada tüpteki cıvanın bir kısmının çanağa boşaldığını ve bir süre sonra cıva seviyesinin 76 cm'de dengede kaldığını gözlemler. Ters çevirerek çanağa daldırdığı tüpün yatayla yaptığı açığı değiştirdiğinde çanakta cıva düzeyi ile cam tüpteki cıva düzeyi arasındaki mesafenin 76 cm'de kaldığını görür. Bu sonuç, deneyin değişik kesit ve şekle sahip tüplerle yapılması hâlinde de değişmez. Yani deniz seviyesinde ve 0 °C'ta tüp içindeki cıva sütununun oluşturduğu basınç (sıvı basıncı) açık hava basıncına eşit demektir.



Görsel 2.34: Torricelli Deneyi

0 °C'da deniz seviyesinde açık hava basıncına P_0 diyelim.

$$P_0 = P_{\text{cıva}} \quad (d = 13,6 \text{ g/cm}^3)$$

$$P_0 = h \cdot d \cdot g = 0,76 \cdot 13\,600 \cdot 9,8$$

$$P_0 = 101\,300 \text{ Pa (Bu değer yaklaşıktır.)}$$

Bu değere 1 atmosfer (atm) basıncı denir. Günlük yaşamda çok farklı basınç birimleri kullanılmaktadır. Atmosfer basıncının diğer basınç birimleriyle ilişkisi,

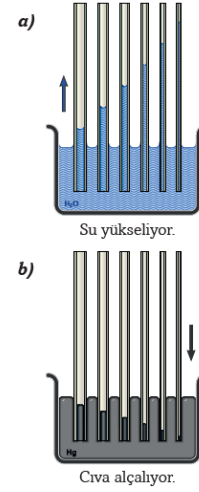
$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa (N/m}^2\text{)} = 1,013 \text{ Bar}$$

şeklinde.

Burada basınç birimi olarak karşımıza çıkan torr, barometreyi icat eden Torricelli'nin adına ithafen kullanılmaktadır. Daha çok meteorolojik raporların açıklanması sırasında

duyduğunuz bar ve milibar birimleri yaklaşık 760 mm yüksekliğindeki Hg sütununun tabanında oluşturduğu basıncın karşılığıdır ($760 \text{ mmHg} = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 103 \text{ milibar}$).

Bir barometre tüpünde (bir ucu kapalı boruda) sıvının yükselmesine yol açan etkinin açık hava basıncı olduğunu öğrenmiştiniz. Ancak kılcallık etkisi, açık hava basıncından tamamen bağımsız olarak başka değişkenlerin yönettiği bir olaydır. Bu olayda sıvılar, her iki ucu açık çok ince (kılcal) borularda ve katılar içindeki boşluk, oyuk ve gözeneklerde adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin etkisinde yükselir ya da alçalır. Sıvının Görsel 2.35.a'daki gibi yükselmesine sebebi, boru ile sıvı molekülleri arasındaki adezyon (yapışma) kuvvetlerinin sıvı moleküllerinin kendi aralarındaki kohezyon (birbirini tutma) kuvvetlerine baskın olmasıdır. Sıvının Görsel 2.35.b'deki gibi alçalması ise tam tersi bir etki ile açıklanır. Bu durumda, sıvı moleküllerinin kendi aralarındaki kohezyon (birbirini tutma) kuvvetleri sıvı molekülleri ile boru arasındaki adezyon (yapışma) kuvvetlerinden daha büyüktür.



Görsel 2.35: Kılcallık olayı a) Su-cam tüp b) Civa-cam tüp

Görüldüğü gibi Torricelli deneyi ile kılcallık etkisini doğuran sebepler aynı değildir. Bu olaylar arasındaki farklar Tablo 2.2'de özetlenmiştir.

Tablo 2.2: Torricelli Deneyi İle Kılcallık Olayı Arasındaki Farklılıklar

Torricelli Deneyi	Kılcallık Etkisi
Yükselmenin sebebi açık hava basıncıdır.	Borunun iki ucu da açık olduğundan yükselme ve alçalmada açık hava basıncının bir katkısı yoktur. Kılcallık etkisi, adezyon ve kohezyon kuvvetleri arasındaki ilişkiden kaynaklanır.
Sıvı ile tüpün yapıldığı maddenin cinsi arasındaki ilişki önemli değildir.	Sıvı ile tüpün yapıldığı maddenin cinsi arasındaki ilişki kılcallığın asıl sebebidir.
Yükselme, tüpün yarıçapına ve yapıldığı maddenin cinsine bağlı değildir.	Kılcallık etkisiyle sıvının boruda yükselmesi ya da alçalması borunun kesit alanına ve yapıldığı maddenin cinsine bağlıdır. Borunun kesit alanı arttıkça kılcallık etkisi azalır.
Sıvı, tüpte (bir ucu kapalı cam boru) yükselir.	Sıvı, iki ucu açık boruda yükselir veya alçalır.

ÖRNEK PROBLEM

- I. Sadece bir ucu kapalı cam tüpler kullanıldığında gözlemlenir.
- II. Sadece iki ucu açık borular kullanıldığında fark edilir.
- III. Kullanılan sıvının özkütlesi arttıkça sıvının yükselme miktarı azalır.

Yargılarından hangisi Torricelli deneyindeki sıvı yükselmesinin kılcallıktan farkını ifade etmek için kullanılabilir?

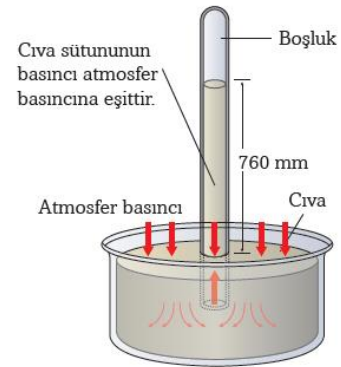
ÇÖZÜM

- I. Torricelli deneyinde bir ucu kapalı borular kullanılmalıdır. Aksi hâlde borunun hem havaya açık ucu hem de sıvıya daldırılan ucu açık hava basıncına maruz kaldığından birbirini dengeler ve sıvı tüp içinde yükselmez.
- II. Kullanılan sıvı iki ucu açık boruda yükseliyorsa bunun sebebi kılcallıktır.
- III. Torricelli deneyinde $P = h \cdot d \cdot g$ ifadesinden dolayı kullanılan sıvının özkütlesi (d) arttıkça yükselme miktarı (h) azalır.

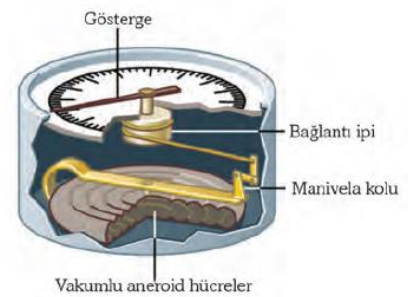
Cevap I ve III olur.

Barometre

Barometreler açık hava basıncını ölçmek için kullanılan araçlardır. Görsel 2.36'daki düzenek basit bir barometredir. Barometrelerde hava, su ya da başka akışkanlar da kullanılarak ölçüm yapılabilir. Bir cıvalı barometrede, cam tüpün içindeki cıva sütununun yüksekliği esas alınarak basınç değeri ifade edilir. Çanaaktaki cıva, üzerine kuvvet uygulayan atmosfer basıncına maruz kalır. Basıncıdaki artış cıvayı tüp içinde yükselmeye zorlar. Basınç düştüğünde ise cıva borudan çanağa akar ve yüksekliği azalır. Bu tür bir barometre laboratuvar veya hava gözlem istasyonlarında kullanmak için elverişlidir. Ancak taşınması ve okunması zordur. Cıvalı barometrelere, sınırlı kullanım alanına sahip olması ve taşınma zorluğu nedeniyle alternatif olarak metal barometreler geliştirilmiştir. Metal barometreler sıvıya ihtiyaç duymayan (aneroid) araçlardır. Görsel 2.37'de gösterildiği gibi bir aneroid barometre, basıncıdaki değişikliklerle hacmi değişen vakumlu aneroid hücresi adı verilen kapalı odacıklar içerir. Barometrenin basınç göstergesi, basınç ölçümü için aneroid hücrelere mekanik bağlantılarla monte edilmiştir. Aneroid barometrenin bağlantı mekanizmasından ötürü, bir cıvalı barometre kadar hatasız olmayacağı unutulmamalıdır. Aneroid barometreleri okumak ve taşımak cıvalı barometrelere göre daha kolaydır.



Görsel 2.36: Cıvalı barometre



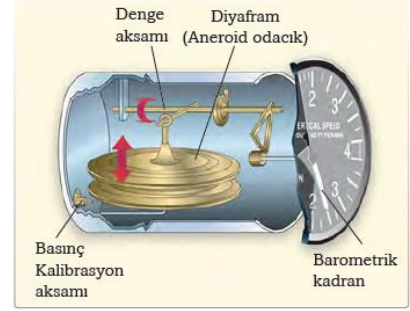
Görsel 2.37: Aneroid barometre

Altimetre

Hava taşıtlarının önemli ölçüm aletlerinden biridir. Bu alet, pilota deniz seviyesinden ne kadar yüksekte bulunduğunu gösterir. Bir altimetrenin basınç algılama bölümü esas olarak bir aneroid barometredir. Barometreler hava basıncını mmHg veya milibar cinsinden ölçer. Ancak

altimetre, yüksekliği doğrudan metre veya feet gibi uzunluk ölçüsü birimleri cinsinden gösterir (Görsel 2.38).

Yeryüzünden uzaklaştıkça hava basıncı düşer. Bunun sebebi, hava sütunu yüksekliğinin azalması, dolayısıyla bu sütunun ağırlığının azalmasıdır. Basınç ile yükseklik arasındaki bu ilişkiden deniz seviyesinin üzerindeki herhangi bir noktanın yüksekliği kolaylıkla belirlenir.



Görsel 2.38: Altimetre

Batimetre

Okyanusların, denizlerin ve göllerin yüzeye göre derinliğini basınç değişiminden faydalanarak ölçen aletlerdir. Bir batimetrede derinlik, basınç değişimine bağlı olarak ölçülüp uzunluk ölçüsü birimi cinsinden okunur.

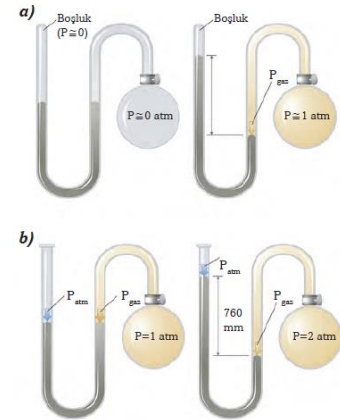
Manometre

Kapalı kaplardaki gaz basıncını ölçmek için kullanılan araçlardır (Görsel 2.39). Genel olarak sıvılı ve metal olmak üzere iki çeşittir. Sıvılı manometreler de farklı şekillerde olmasına rağmen aksi belirtilmedikçe daha çok camın U harfi şeklinde kıvrılmasıyla oluşan boru veya tüp manometreler kastedilir (Görsel 2.40). U şeklindeki cam borudan oluşan manometrelere açık uçlu, aynı şekilde cam tüpten oluşan manometrelere de kapalı uçlu manometre denir. Boru ya da tüp içinde bulunan sıvı, kapalı kaptaki gazın basıncına bağlı olarak seviye değiştirir. İki koldaki seviye farkından yararlanılarak basınç belirlenir.



Görsel 2.39: Bir boru hattında akışkan basıncı kontrol altında tutmak için kullanılan manometre

Kan dolaşımı sırasında damarlarda oluşan basınca tansiyon veya kan basıncı denir. Kan basıncını ölçmek için kullanılan tansiyon aleti (sfigmomanometre), özel bir manometredir. Manometre, basıncı mmHg cinsinden okumak için kalibre edilmiştir. Kan basıncı okumaları genellikle sistol (kasılma) basıncının diyastol (gevşeme) basıncına oranı olarak ifade edilir, bu da sağlıklı bir kalp için 120/80 civarındadır.

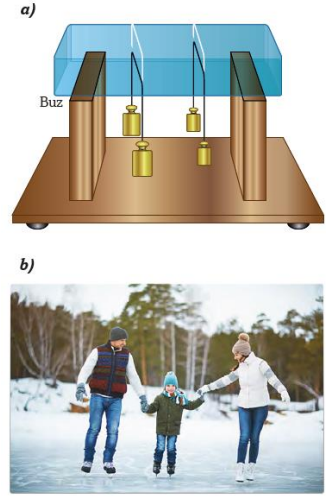


Basıncın Hâl Değişimine Etkisi

Bir maddenin hâl değişim sıcaklığı, genellikle deniz seviyesindeki basınca göre ifade edilir. Bunun sebebi, hâl değişim sıcaklığına çevre basıncının etki etmesidir. Örneğin su deniz seviyesinde 0 °C'ta (32 °F) donar, 100 °C'ta (212 °F) kaynar. Maddenin içinde bulunduğu ortamdaki basınç değiştiğinde maddenin hâl değişim sıcaklığı da değişir. Bu basınç değişimi ne kadar fazla olursa hâl değişim sıcaklığı da o kadar fazla değişmiş olur. Basıncın hâl değişim sıcaklığı üzerindeki etkisi her maddede aynı biçimde gözlenmez. Çünkü su, bizmut ve antimon gibi maddelerin eriyince hacmi azalırken pek çok maddenin artar. Bir saf madde eridiği sıcaklıkta donar. Erime sırasında hacmi artan altın, çinko ve demir gibi maddelerin bulunduğu ortamın basıncının artması sonucunda bu ortamdaki erime noktası yükselir (erimesi zorlaşır). Aynı maddelerin basınç azalması karşısında erime noktası düşer (erimesi kolaylaşır).

Görsel 2.40: a) Kapalı uçlu manometre. U borusunun kapalı ucu vakum ortamdır ($P \approx 0$). İki koldaki sıvının yükseklikleri arasındaki fark kapalı kabın içindeki gaz basıncını verir ($P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$). b) Açık uçlu manometre. U borusunun sol kolu atmosfere açıktır. İki kolun yükseklikleri arasındaki fark, atmosfer basıncı ile gazın basıncı arasındaki farkı verir ($P_{\text{Fark}} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$).

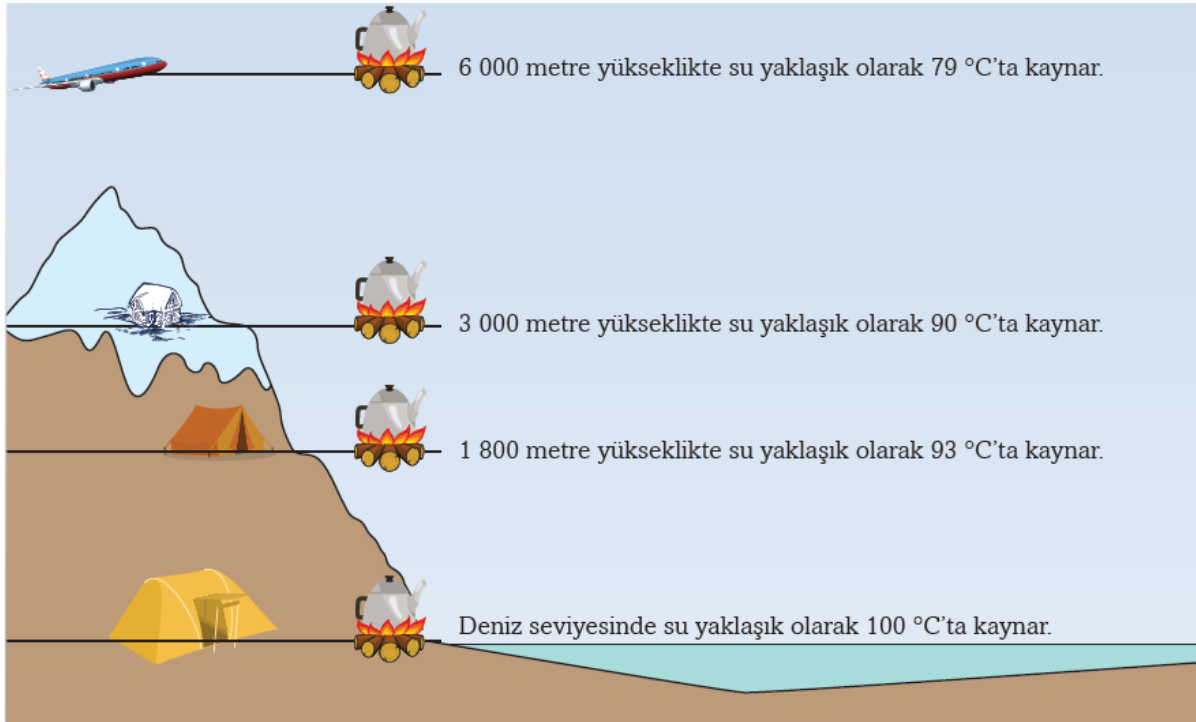
Su, bizmut ve antimon gibi maddelerin erirken hacmi azalır, donarken hacmi artar. Bu tür maddelerin erime noktası basınç arttıkça düşer, basınç azaldıkça yükselir. Örneğin kışın hava sıcaklığı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' un altında olduğu günlerde arabaların ezdiği ya da üzerine bastığınız karların eridiği görülür. Normal şartlarda $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta eriyen buz, artan basınç etkisiyle $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta eriyebilir. Sıcaklığı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tan düşük olan bir buz kalıbının üzerine metal tellerle asılan ağırlıkların oluşturduğu basınç, bir süre sonra buz kalıbının erimesini sağlayarak telin buz içerisinde aşağı doğru ilerlemesine yol açar (Görsel 2.41.a). Basınç arttıkça erime hızlanır. Bu durum, buz pateni sporunun daha kolay yapılmasını sağlar (Görsel 2.41.b). Patenlerin buza temas eden yüzey alanı normal ayakkabılara göre oldukça küçüktür. Bu sebeple deniz seviyesinde normal basınçta $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta eriyen buz, üzerinde oluşan yüksek basınçtan dolayı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tan daha düşük sıcaklıklarda eriyerek kaymayı kolaylaştırır.



Görsel 2.41: Ağırlık etkisiyle buz üzerinde oluşan basınç, buzun daha kolay erimesini sağlar.

Yaz mevsiminde hava sıcaklığı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'un altında olmadığı hâlde yüksek dağların zirvelerinde kalıcı (toktağan) karların görülmesi buralarda basıncın düşüklüğüne bağlı olarak erime noktasının yükselmiş olduğunu ortaya koyar.

Su, oda sıcaklığında kaynar mı? Bu soru sizlere tuhaf gelebilir ama aslında bunu yapmak oldukça kolaydır. Su, havanın çoğunun tahliye edildiği bir kapalı ortamda oda sıcaklığında hatta daha düşük sıcaklıklarda bile kaynatılabilir. Çünkü kaynama, sıvının yüzeyindeki buhar basıncı ile dış basıncın eşit olduğu durumda sabit sıcaklıkta gerçekleşen bir hâl değişim olayıdır. Havanın yoğunluğu yükseltilere çıktıkça azalır. Buna bağlı olarak atmosfer basıncı da azalır. Atmosfer basıncının düşük olduğu ortamlarda, sıvının buhar basıncının atmosfer basıncına eşitlenmesi kolaylaştığı için kaynama noktası düşer (Görsel 2.42).

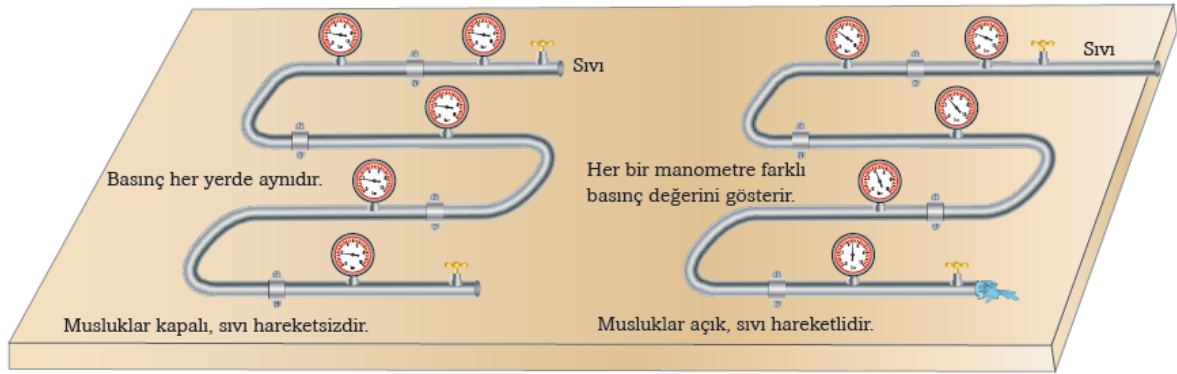


Görsel 2.42: Yüksekliklere çıktıkça basınç azalır, kaynama noktası düşer.

Düdüklü tencerelerin içerisindeki basınç, açık hava basıncından büyük olduğu için bu kaplarda yemekler daha hızlı pişer. Atmosfer basıncı altında 100 °C'ta kaynayan su, düdüklü tencerelerde yüksek buhar basıncından dolayı 100 °C'un üzerindeki bir sıcaklık değerinde (130 °C-150 °C) kaynar ve yemeklerin bu yüksek sıcaklıklarda daha kısa sürede pişmesini sağlar. Yemek pişirilen düdüklü tencerenin içerisindeki gaz boşalmadan kapağı açılmamalıdır. Aksi hâlde yüksek basınçtan dolayı tencerenin kapağı fırlayabilir ve etrafa dağılacak sıcak suyla birlikte istenmeyen yaralanmalara yol açabilir.

Hareketli Akışkanlarda Basınç: Bernoulli (Bernolli) İlkesi

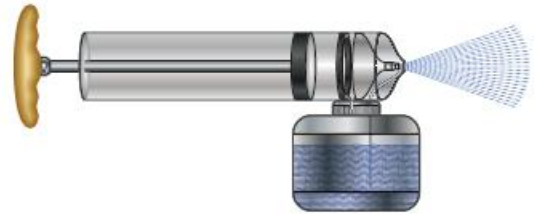
Pascal Prensibi, kapalı kaplarda bulunan durgun akışkanlar üzerinde oluşturulan basıncın akışkan içinde ve kap çeperindeki her noktaya olduğu gibi iletildiğini ifade eder. Bükülmüş bir su borusunun çıkış musluğu kapalıyken borunun içindeki sıvı basıncı Pascal Prensibi'ne göre her yerde aynı olur (Görsel 2.43.a). Çıkış musluğu açılıp akışkan hareketi sağlandığında sürtünmelerden dolayı basınç aynı kalmaz. Görsel 2.43.b'de görüldüğü gibi borunun farklı noktalarına bağlanmış manometrelerde okunan değerler farklı olur.



Görsel 2.43: Hareketli akışkanın basıncı durgun, akışkanın basıncından farklıdır.

Bu sebeple gerçek sıvılar, borularla uzak mesafelere taşınırken yol boyunca aynı basıncın korunabilmesi için belli aralıklarla pompalama istasyonları kurulur. Akışkan basıncı olarak adlandırılan hareket hâlindeki sıvı ve gazların basınçları, durgun akışkanlardan farklı değişkenlerin etkisinde meydana gelir. Bu değişkenlerden biri akışkanın süratidir. 1700'lerin başında, Daniel Bernoulli (Danyel Bernolli) adlı İsviçreli bir bilim insanı, hava veya su akarken hızını değiştirdiğinde basıncının da değiştiğini keşfetti.

Örneğin sıvı içine daldırılan iki ucu açık cam borunun üst ucundan, buna dikey doğrultuda basınçlı hava gönderilirse boru içerisindeki sıvı hareket kazanarak yükselir (Görsel 2.44). Çünkü bu bölgede basınç azalmıştır.

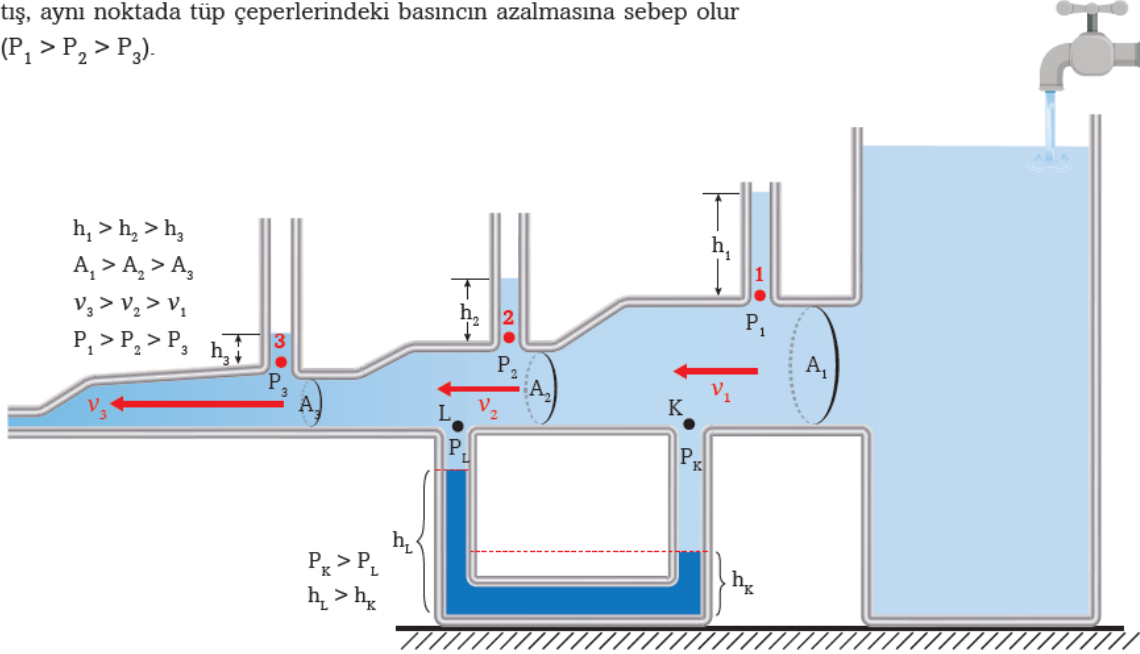


Görsel 2.44: Haznedeki sıvı, basıncın az olduğu yere doğru yükselir.

Esasen hareket hâlindeki akışkanların basıncındaki değişimin temelinde enerjinin korunumu ilkesi yatmaktadır. Bilindiği gibi kapalı bir sistemin enerjisi her zaman sabittir. Böyle bir sistem üzerinde iş yapılmazsa sistemin toplam enerjisinde bir artış sağlanmaz. Sabit süratli harekete sahip bir akışkan düşünelim. Akışkan dar bir kanaldan geçerken akışkanın hızı artar. Bu onun kinetik enerjisinin de arttığı anlamına gelir. Bu akışkanın dışarıdan bir etki olmadan sürati artıyorsa akışkanın içinde bulunduğu kabın çeperlerine uyguladığı basıncın azalması

gerekir. Akışkanların sürati ile basıncı arasındaki bu ilişki, ilk olarak İsviçreli bilim insanı Daniel Bernoulli (Danyel Bernolli) tarafından "Akışkanların hızının arttığı yerde basınç azalır." şeklinde açıklanmıştır. Basınç değişiklikleri, Venturi tüpü modeli ile açıklanabilir: Kesit alanı değişen bir tüp içinde, iç direnci önemsiz bir akışkanın kararlı biçimde akması sırasında, tüp çeperinin değişik noktalarında oluşturduğu basınç aynı olmaz (Görsel 2.45).

Tüpün her kesitinden birim zamanda, aynı miktarda akışkan geçeceğinden dar kısımda hızın artması gerekir ($v_1 < v_2 < v_3$). Hızdaki bu artış, aynı noktada tüp çeperlerindeki basıncın azalmasına sebep olur ($P_1 > P_2 > P_3$).

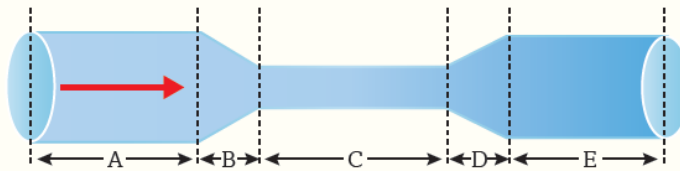


Görsel 2.45: Venturi tüpünde kesit alanı değiştiğinde akışkanın basıncı ve hızı da değişir. Hızın arttığı bölümlerde akışkan basıncı azalır.

Akışkan basıncının artan hız ile azalması ilk başta şaşırtıcı gelebilir. Unutulmamalıdır ki burada "akışkan basıncı"yla kastedilen, akışkanın akışını engelleyen cisimler üzerinde oluşturduğu basınç değil, akışkanın içinde bulunduğu sistemin çeperine yaptığı basınçtır.

ÖRNEK PROBLEM

Kesiti şekilde verilen boru içerisinde ok yönünde sabit debili su akmaktadır. Suyun akış hızı A, B, C, D ve E bölümlerinden hangisi veya hangilerinde **a)** artar? **b)** azalır? **c)** sabit kalır?



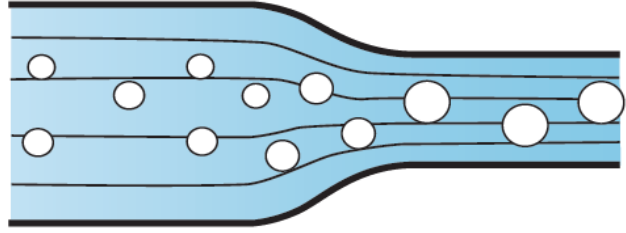
ÇÖZÜM

- B bölümünün kesit alanı giderek azalmaktadır. Bu yüzden yalnız B bölümünde boru çeperine yapılan basınç giderek azalırken suyun akış hızı artar.
- D bölümünün kesit alanı giderek artmaktadır. Bu yüzden yalnız D bölümünde boru çeperine yapılan basınç giderek artarken suyun akış hızı azalır.
- A, C ve E bölümlerinin kesit alanları kendi içlerinde sabittir. Bu yüzden A, C ve E bölümlerinde boru çeperlerine yapılan basınçlar kendi içlerinde sabit kalır ve suyun akış hızı değişmez.

Bahçe sularken hortumun ağzının bir miktar sıkıştırılması hâlinde suyun daha uzağa fıskırması, bu noktadan geçen suyun hızının artarken hortum çeperindeki basıncın azaldığını gösterir (Görsel 2.46). Akan sıvı içerisinde hava kabarcıkları varsa kabarcıkların basıncın büyük olduğu geniş bölümde küçükken basıncın düşük olduğu dar bölümde büyümüş olduğu görülür (Görsel 2.47).



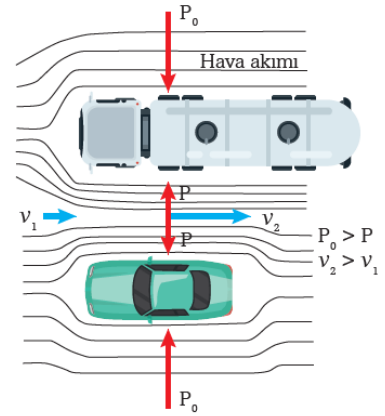
Görsel 2.46: Bahçe hortumunun sıkıştırılan bölümde su daha hızlı akar.



Görsel 2.47: Borunun dar bölümünde akışkan basıncı küçük olduğundan bu bölümdeki hava kabarcıkları geniş bölüme göre daha büyüktür.

Hızlı akan akışkanlarda basınç düşüşünün birçok yaygın örneği vardır. Duşakabin perdeleri, duş açıkken kabin içine girerek rahatsız edici bir hâl alır. Yüksek hızdaki su ve hava akımı kabin içinde daha düşük basınç alanı meydana getirir. Kabin dışındaki standart atmosfer basıncı ile kabin içindeki düşük basınç arasındaki fark, perdeyi içeri doğru iten bir net kuvvet doğurur.

Otomobilinizle otoyolda bir kamyonla yan yana geldiğinizde, otomobilinizin kamyonla doğru çekilme eğiliminde olduğunu fark edersiniz. Otomobil ile kamyon arasındaki hava, oluşan dar bir kanalda akarken hızı artar ($v_2 > v_1$) ve bu dar kanal daha düşük bir basınç alanına dönüşür ($P_0 > P$). Sonuçta taşıtların dışarıdan içeri doğru itilmesine yol açan bir kuvvet oluşturur (Görsel 2.48).



Görsel 2.48: Taşıtlar arasındaki dar kanaldan akan havanın akma hızı artarken basıncı azalır.

ÖRNEK PROBLEM

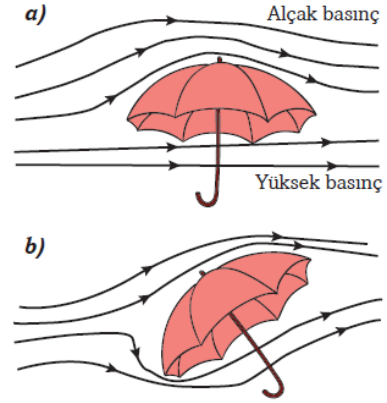
Hızlı tren geçerken tren yolunun yanında durmak neden tehlikelidir?

ÇÖZÜM

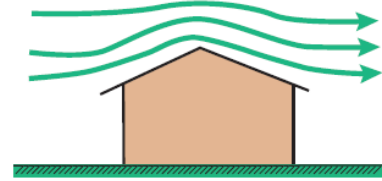
Bir tren yüksek hızla hareket ettiğinde, trenin çevresindeki havanın akış hızı da artmış olur. **Bernoulli İlkesi**'ne göre akışkan hızının arttığı yerde basınç azalır. Bu durumda tren yolunun yanı yüksek basınç bölgesi, trenin geçtiği yer ise düşük basınç bölgesidir. Yüksek basınç bölgesi ile alçak basınç bölgesi sınırında duran birisi basınç farkından doğan net kuvvetle alçak basınç bölgesine itilir.

Günlük hayatta akışkan hareketinin sebep olduğu kapı çarpmaları, çatıların uçması, kullanılmakta olan şemsiyenin ters dönmesi gibi birçok olay Bernoulli İlkesi ile açıklanır.

Rüzgârlı zamanlarda hareket hâlindeki hava, Görsel 2.49.a'daki gibi tutulmuş şemsiyenin tümsek yüzeyinin hemen hemen tamamını dolandır. Bu sırada üstteki hava tabakasının sürati alttaki hava tabakasından daha büyük olur. Tabakalar arasında meydana gelen basınç farkıyla oluşan yukarı yönlü kuvvet, şemsiyeyi rüzgârın altından geçebileceği kadar geriye atmaya çalışırken ters çevirir. Bu durumda şemsiye, Görsel 2.49.b'deki gibi rüzgârın geliş yönüne doğru bir miktar eğildiğinde hava akışı şemsiye yüzeyine bölünmeye zorlanırsa Bernoulli etkisi azaltılabilir.



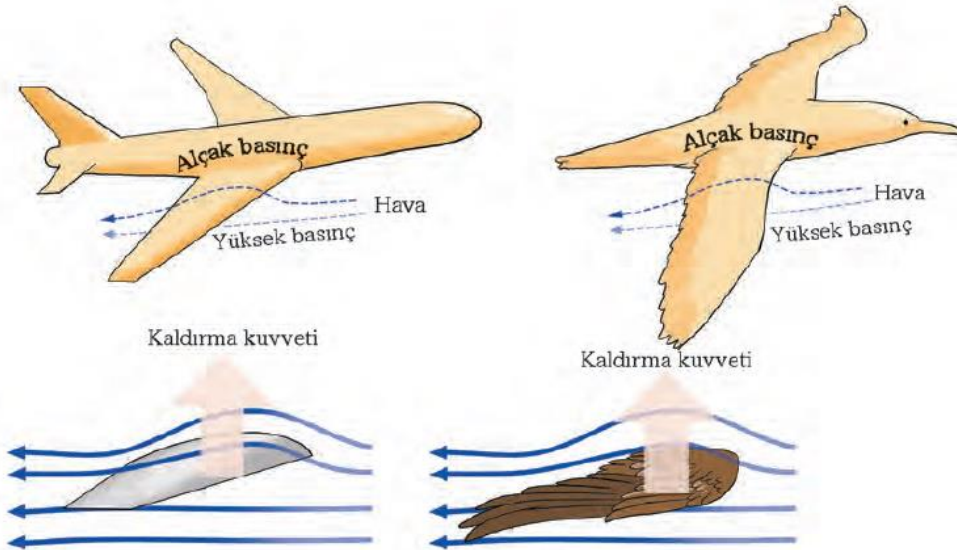
Görsel 2.49: a) Bir şemsiyenin tümsek yüzünü yalayarak dolanan hava akımı, alttaki atmosfer basıncına göre alçak basınç alanıdır. **b)** Şemsiye biraz eğilerek rüzgârın etkisi şemsiye yüzeyine paylaştırılır.



Görsel 2.50: Rüzgârlı günlerde çatının üstündeki hava basıncı, altındaki hava basıncından düşük olur. Bu durum, çatı üzerinde alttan yukarıya doğru net bir kuvvet oluşturur.

Şiddetli rüzgârlar bazı binaların çatılarını da uçurur. Çatıların genel olarak Görsel 2.50'deki gibi olan eğrisel yapısı, üzerinden geçen hava akımını dar bir borudan geçen havaya benzer şekilde sınırlandırırken süratinin artmasına sebep olmaktadır. Sürati artan hava akımı, çatının üzerindeki hava basıncının azalmasına yol açar. Bu düşük basınç ile çatı altındaki yüksek atmosfer basıncı arasındaki fark, çatıda aşağıdan yukarıya doğru net bir kuvvet oluşturur. Net kuvvet, çok sıkı şekilde binaya bağlanmayan ya da mühendislik uygulamaları yeterince gözetilmeden yapılan çatıların uçmasına sebep olur. Hatalı yapılan bir çatının uçması için çatının alt ve üst bölümündeki basınç farkının çok fazla olması da gerekmez. Çünkü büyük bir çatı üzerindeki küçük bir ortalama basınç farkı, yukarı yönlü şiddetli bir kuvvet üretmeye yeter.

Bernoulli İlkesi'nin teknolojiye aktarılmasıyla çok sayıda endüstriyel ürün de elde edilmiştir. Tonlarca kütlesi olan uçakları buna örnek verebiliriz. Görsel 2.51'de görüldüğü gibi uçakların kanatları kuş kanatlarıyla benzer bir şekle sahiptir. Kanatların üstünde havanın akış hızı yüksek olduğundan basıncı düşüktür. Kanatların altında hava basıncı sabit ancak yukarıya göre yüksektir.

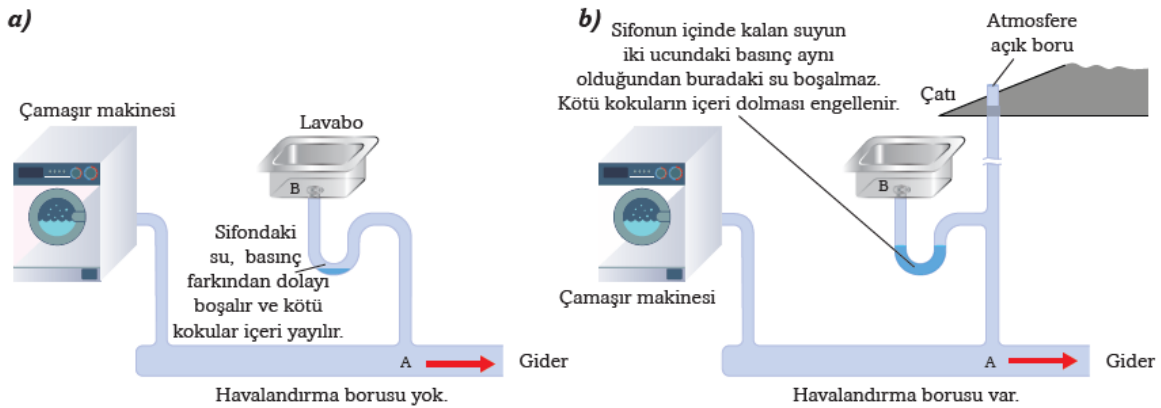


Görsel 2.51: Uçma sırasında aynı fizik ilkelerinden yararlanılır.

Ancak uçaklar, kanatlarını çırpıp yerine, kullanılan motor sayesinde havayı iterek uçarlar. Uçak kanatları, üst kısmından geçen havanın daha hızlı hava hareketini sağlamak için şekillendirilmiştir. Havanın daha hızlı hareket ettiği bölümde hava basıncı azalır. Böylece, kanadın üstündeki basınç, kanat tabanındaki basınçtan daha küçük olur. Kanat üzerindeki ortalama basınç farkı kanat yüzey alanı ile çarpıldığında, yukarı doğru bir net kuvvet elde edilir. Bu kuvvet, kanadı havada basıncın küçük olduğu bölüme iterek uçağın havalanmasına yardımcı olan kuvvettir.

Bernoulli ilkesinin yaygın kullanım alanlarından biri de içten yanmalı motorlar için hava ve yakıtı harmanlayan karbüratörlerdir. Hava bir karbüratöre venturi tüpünden geçerek gelir. Hava venturi tüpünün dar kısmından geçerken sürati artarken basıncı azalır. Bu sayede karbüratörün yakıt besleme bölümündeki benzin yukarı çekilir. Yakıt süratle havayla karışırken küçük zerrecikler hâlinde yanma odasına geçer. Burada gerçekleşen yanma sonucunda elde edilen enerjiyle motor iş yapar.

Evlerin içerisindeki atık su tesisatını oluşturan kanallarından içeri sızacak istenmeyen kokuları önleyecek sistemler de Bernoulli ilkesi gözetilerek kurulur. Bu çerçevede her daireye özel bir havalandırma borusu ayrılır. Görsel 2.52.a'da havalandırma borusu kullanılmadan yapılan hatalı bir atık su tesisatı görülmektedir. Tesisatın A harfi ile işaretlenmiş bölümünde atık suyun akış hızı büyük olduğundan basınç küçük olur. B harfi ile işaretlenmiş bölümdeki yüksek basınç U borusu şeklinde kıvrılmış sifonun içerisindeki suyun boşalmasına yol açar. Bu durumda atık su borusundaki istenmeyen kokular açık kanallardan evin içine ulaşır. Buna karşılık bir ucu çatıdan havaya açılan havalandırma borusunun kullanıldığı Görsel 2.52.b'de böyle bir sorun yaşanmaz. Çünkü, U borusu şeklinde kıvrılmış sifonun uçlarındaki basınç birbirine eşit ve açık hava basıncı kadardır. A ve B ile belirtilen bu noktalar arasında basınç farkının bulunmaması sebebiyle sifonda sürekli duran su, kötü kokuların evin içine ulaşmasını engeller.



Görsel 2.52: Bir evin içerisindeki atık su tesisatı. **a)** Hatalı yapılmış tesisat **b)** Olması gerektiği gibi yapılmış tesisat

10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

2.Ünite : Basınç ve Kaldırma Kuvveti

2.Bölüm : Kaldırma Kuvveti

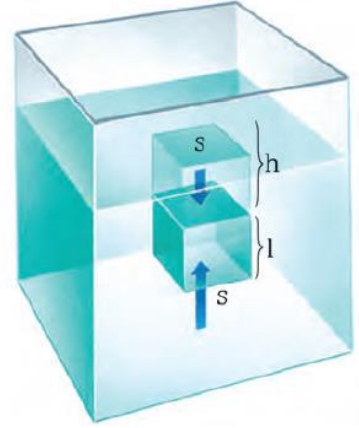
Durgun Akışkanların Kaldırma Kuvveti

Deniz ve göl sularında büyüklükleri ve cinsleri birbirinden farklı pek çok cismin kimi yüzer kimi bırakıldığı derinlikte kalır kimi de dibe batır. Suya bırakılan bir çakıl taşı batarken nehirlerin denizlere taşıdığı kocaman kütükler batmaz. Devasa gemiler okyanuslarda yüzerken bu gemilerin rulmanlarında kullanılan küçük demir bilyeler batır.

Çevremizdeki her varlığın atmosfer denen gaz okyanusunun içinde bulunduğu göz önüne alındığında cisimlerin sadece sıvılar içerisinde yüzmediği, gaz ortamlarda da askıda kalabildiği ya da binlerce metre yükseklerle çıkabildiği görülür. Gaz ortamlarda uçan balonlar, helikopterler ve uçaklarla taşımacılık yapılırken elimizden kayan küçük bir metal para hızlanarak yere düşer. Cisimlerin akışkan ortamlarda yüzmesi, askıda kalması ya da dibe batması bu cisimlere ait kontrol edilebilen bazı özelliklere bağlıdır.

Bir akışkan içerisinde yüzmekte olan ya da askıda kalan bir cisim varsa bu cismin üzerinde ağırlığını dengeleyecek yukarı doğru etkiyen bir kuvvetin de olması gerekir. Çünkü durmakta olan cisimler dengelenmiş kuvvetlerin etkisindedir (Newton'ın I. Hareket Kanunu).

Bilindiği gibi sıvıların basıncı derinliğe bağlıdır ($P = h \cdot d \cdot g$). Basıncın derinlikle artması akışkan içindeki cisimler üzerinde kaldırma kuvveti olarak adlandırılan yukarı yönlü bir kuvvet doğurur. Bu durumu açıklamak için sıvının içerisinde kenar uzunluğu l olan bir küp düşününüz (Görsel 2.57).



Görsel 2.57: Kaldırma kuvveti, küpün alt ve üst yüzlerine etkiyen basınç kuvvetleri arasındaki farka eşittir.

Küpün alt yüzeyindeki basınç üst yüzeyindekinden daha büyüktür [$P_{Alt} = (h + l) \cdot d \cdot g$ ve $P_{Üst} = h \cdot d \cdot g \Rightarrow P_{Alt} > P_{Üst}$].

Sıvı küpün dört yan yüzeyindeki basınç kuvvetlerinin büyüklükleri birbirine eşit olduğundan yatayda net kuvvet oluşmaz. Ancak alt yüzey alanına etkiyen basınç kuvveti üst yüzey alanına etkiyen basınç kuvvetinden büyük olur.

$$F_{Alt} = P_{Alt} \cdot S = (l + h) \cdot d \cdot g \cdot S \text{ ve } F_{Üst} = P_{Üst} \cdot S = h \cdot d \cdot g \cdot S \\ \Rightarrow F_{Alt} > F_{Üst} \text{ (S: Yüzey alanı)}$$

Üst yüzeydeki aşağı doğru basınç kuvveti, küpün üzerindeki sıvı sütununun, alt yüzeydeki yukarı doğru basınç kuvveti ise küpün tabanının üstündeki sıvı sütununun ağırlığına eşittir.

Alt yüze etkiyen basınç kuvvetinden üst yüze etkiyen basınç kuvveti çıkarıldığında büyüklüğü sıfırdan farklı olan yukarı yönlü bir net kuvvet elde edilir. Bu net kuvvet, kenar

uzunluğu l olan küpü meydana getiren sıvının ağırlığına eşit olup kaldırma kuvveti olarak adlandırılır.

$$F_{Net} = F_K = F_{Alt} - F_{Ust}$$

$$\Rightarrow F_K = (l + h) \cdot d \cdot g \cdot S - h \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$= l \cdot d \cdot g \cdot S + h \cdot d \cdot g \cdot S - h \cdot d \cdot g \cdot S = d \cdot g \cdot (l \cdot S) = d \cdot g \cdot V$$

$$F_K = V \cdot d \cdot g$$

Bu sonuç, kaldırma kuvvetini III. yy'da keşfeden Yunan bilim insanının adıyla anılan Archimedes (Arşimet) Prensibi olarak bilinir ve "Kaldırma kuvveti, yer değiştiren sıvının ağırlığına eşittir." Şeklinde ifade edilir. Kaldırma kuvveti, akışkanlara ait bir özelliktir. Bu yüzden gazları da içine alacak şekilde,

$F_K = d_{Akışkan} \cdot g \cdot V_{Batan}$ bağıntısıyla hesaplanır.

F_K : Akışkanın cisme uyguladığı kaldırma kuvveti

$d_{Akışkan}$: Akışkanın özkütlesi

g : Akışkanın bulunduğu ortamdaki yer çekimi ivmesi

V_{Batan} : Cismin akışkan içinde olan hacmi

Bir cismi bütün hacmi su içinde kalacak şekilde batırdığımızı varsayalım (Görsel 2.58).

Kaldırma kuvveti, cismi yukarı doğru harekete zorlarken ağırlık aşağı doğru harekete zorlar. Bu iki kuvvetin büyüklükleri arasındaki fark, cismin akışkandaki konumunu belirler.

Yukarıdaki anlatımlarda sıvı içerisinde düşünülen küpün 6 yüzündeki basınç değerleri, bu küpün yerinde başka maddeden yapılmış bir küp olması durumunda da değişmez ve kaldırma kuvveti, yeri değişen sıvının ağırlığına hâlâ eşit olur. Ancak bu, yeri değişen sıvının ağırlığının her zaman cismin ağırlığına eşit olduğu anlamına gelmez. Yeri değişen sıvının ağırlığı; cismin ağırlığından büyük olabilir, cismin ağırlığına eşit olabilir ya da cismin ağırlığından küçük olabilir. Eğer,

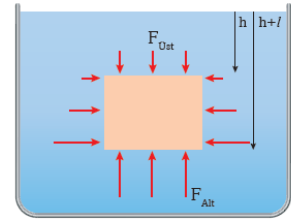
- Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığından büyükse cisim, yukarı yönlü net kuvvetin etkisiyle sıvı yüzeyine doğru ivmelenir. Son durumda cisim, Görsel 2.59'daki gibi hacminin bir bölümü akışkanın içinde kalacak biçimde yüzer. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesinden büyük olması hâlinde mümkündür.

$$d_{Sıvı} > d_{Cisim}$$

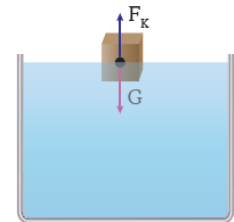
$$G = F_K$$

$$F_K = V_{Batan} \cdot d_{Akışkan} \cdot g$$

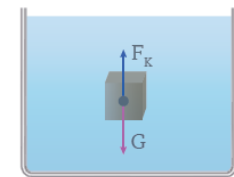
- Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığına eşitse cisim, Görsel



Görsel 2.58: Tamamı sıvı içinde olan bir cismin alt yüzündeki basınç kuvveti, üst yüzündeki basınç kuvvetinden büyüktür.



Görsel 2.59: Yüzme durumunda cismin bir bölümü suya batmış olur.



Görsel 2.60: Askıda kalma durumunda cismin tamamı sıvı içindedir fakat kendiliğinden kabın tabanına inmemiştir.

2.60'taki gibi tüm hacmi sıvı içinde olacak şekilde bırakıldığı yerde dengede kalır. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesine eşit olması hâlinde mümkündür.

$$d_{\text{Sıvı}} = d_{\text{Cisim}}$$

$$G = F_K$$

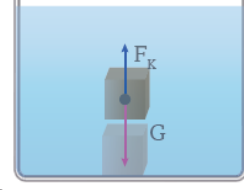
$$F_K = V_{\text{Cisim}} \cdot d_{\text{Akışkan}} \cdot g$$

- Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığından küçükse cisim, aşağı yönlü net kuvvetin etkisiyle sıvı dibine doğru ivmelenir. Son durumda Görsel 2.61'deki gibi akışkan içinde dibe batar. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesinden küçük olması hâlinde mümkün olur.

$$d_{\text{Sıvı}} < d_{\text{Cisim}}$$

$$G > F_K$$

$$F_K = V_{\text{Cisim}} \cdot d_{\text{Akışkan}} \cdot g$$



Görsel 2.61: Batma durumunda cisim sıvının bulunduğu kap içerisinde bırakıldığı yer neresi olursa olsun tabana iner.

Yukarıda yapılan irdelemeler, farklı hacim veya derinliğe sahip sıvılarda büyüklüğü ve şekli farklı cisimlerle yapılmış olsaydı, sonuç yine değişmezdi. Yani bir cismin içine bırakıldığı sıvıda yüzmesinde ya da batmasında, sıvı hacminin veya sıvı derinliğinin etkisi olmadığı gibi o cismin hacminin, şeklinin ve ağırlığının da bir etkisi yoktur. Yüzme ya da batma cismin bütününe ortalama yoğunluğu ile içine bırakıldığı sıvının yoğunluğu arasındaki ilişkiye bağlıdır. Bir cismin yoğunluğu içine daldırıldığı sıvının yoğunluğundan küçükse cisim sıvıda yüzer.

Alüminyum metalinin yoğunluğu (2,7 g/cm³), suyun yoğunluğundan (1 g/cm³) büyüktür. Bu yüzden alüminyum folyonun katlanmasıyla elde edilen alüminyum levha suda batar. Buna karşılık alüminyum folyodan yapılan oyuncak tekne suda yüzer.

Alüminyum folyonun oyuncak tekneye dönüştürülmesiyle bir bütün olarak ortalama yoğunluk küçülmüş olur. Ortalama yoğunluğun azalması sonucunda yeri değişen suyun ağırlığı, alüminyum folyonun ağırlığına eşitlenir. Gemiler de yapım aşamasında bu oyuncak tekneye benzer biçimde boşluklu (oyuk) hâle getirilerek ortalama yoğunluğu azaltılır. Bu sayede geminin yerini değiştirdiği su miktarı artarak gemi ağırlığına eşitlenir.

Denizaltılar, suda yükselmek için yapısındaki safla denedi odacıkların içine almış olduğu suyu boşaltır, batmak için ise bu odacıklardaki havayı boşaltıp havanın yerine su alır. Yapılan bu tahliye işlemleri sonucunda ortalama yoğunluğunu değiştirerek Archimedes Prensibi'nden yararlanır.

Yüzme kesesi olan balıklar, istediği derinliğe ulaşmak için Archimedes Prensibi'ni kullanır. Böyle bir balık, sizin yanaklarınızı şişirip söndürmeniz gibi yüzme kesesini şişirip söndürebilir. Suyun içinde yukarı doğru hareket etmek isteyen balık, daha fazla suyun yerini değiştirmek ve kaldırma kuvvetini arttırmak için yüzme kesesini şişirir. Balık su içerisinde daha derinlere doğru hareket ederken, yüzme kesesinin hacmini küçültür.

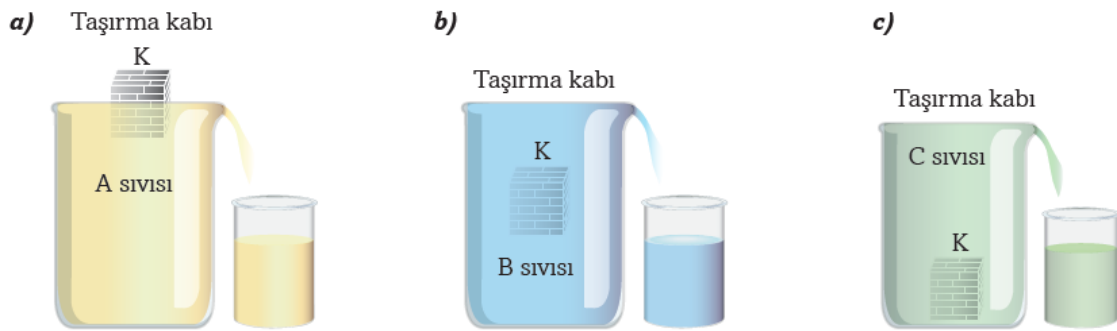
Archimedes Prensibi'nin başka bir uygulama alanı taşımacılık amacıyla inşa edilmiş su köprüleridir. Almanya'nın Magdeburg (Magdeburg) şehrinde Elbe Nehri üzerinde kurulmuş mühendislik harikası su köprüsü buna örnek verilebilir.



Görsel 2.65: Magdeburg Su Köprüsü

Magdeburg Su Köprüsü'nü akma düzeyine kadar su dolu bir taşıma kabı gibi düşünebilirsiniz. Kaba bırakılan bir cismin sıvıda yüzmesi durumunda (Görsel 2.66.a) taşıma kabında ağırlaşma olmaz. Çünkü kaldırma kuvvetini oluşturan taşan sıvının ağırlığı aynı zamanda cismin ağırlığı kadardır.

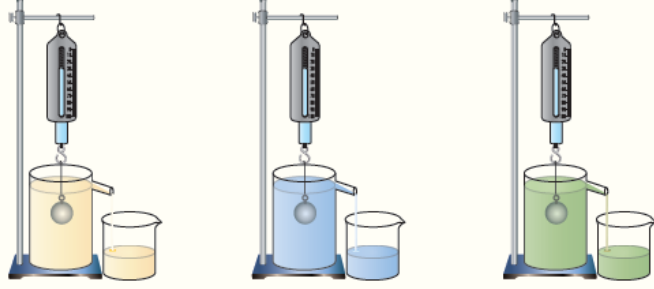
Dolayısıyla Magdeburg Su Köprüsü'nün hangi ağırlıkta kaç gemiyi taşıyacağı önemli olmaz. Köprü'nün taşıyabileceği yük hakkında bilinmesi gereken tek şey, üzerinde bir anda bulunacak suyun ağırlığıdır. Çünkü su içerisinde yüzen bir cisim, kendi ağırlığı kadar suyun yerini değiştirir. Aynı sonuç cismin sıvıda askıda kalması hâlinde de gözlenir (Görsel 2.66.b). Ancak cisim akma düzeyine kadar suyla dolu taşıma kabında batıyorsa kapt ağırlaşma olur. Bu durumda kaldırma kuvvetine eşit olan taşan sıvının ağırlığı cismin ağırlığından küçüktür (Görsel 2.66.c).



Görsel 2.66: Yüzen ve askıda kalan cisimlerin içinde bulunduğu bir taşıma kabında ağırlaşma olmaz. Batan cismin içinde olduğu kapt ağırlaşma olur.

ÖRNEK PROBLEM

Özkütlesi d , ağırlığı G , hacmi V olan katı bir cisim taşıma seviyesine kadar sırasıyla d_1 , d_2 ve d_3 yoğunluklu sıvılara sarkıtılarak şekildeki gibi tartılıyor. Katı cisim ve sıvıların özkütleleri arasındaki ilişki, $d > d_1 > d_2 > d_3$ olduğuna göre;



- Taşan sıvıların hacimleri arasındaki ilişki nedir?
- Kaplardan taşan sıvıların ağırlıkları arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?
- Dinamometre hangi sıvıda en büyük değeri gösterir?
- Cisme hangi sıvının uyguladığı kaldırma kuvveti en büyüktür?

ÇÖZÜM

a) Cismin yoğunluğu sıvıların yoğunluğundan büyük olduğu için cisim her üç sıvıda kendi hacmi kadar sıvının yerini değiştirir. Bu durumda, $V_1 = V_2 = V_3$ olur.

b) Taşan sıvıların hacimleri eşit, özkütleleri farklıdır. Özkütlesi büyük olan sıvının ağırlığı da büyük olur. Dolayısıyla $G_1 > G_2 > G_3$ sıralaması yapılır.

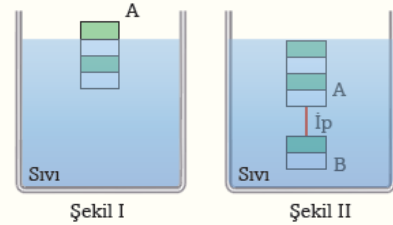
c) Cisim sıvı içindeyken dinamometrenin gösterdiği değere **görünür ağırlık** denir. Görünür ağırlık, $G_{\text{Görünür}} = G - F_K$ ile bulunur. G sabittir. Kaldırma kuvveti ise $F_K = d_{\text{Akışkan}} \cdot g \cdot V_{\text{Cisim}}$ bağıntısıyla belirlenir.

Görüldüğü gibi kaldırma kuvveti akışkanın özkütlesi ile doğru orantılıdır. Bu durumda özkütlesi en küçük olan d_3 yoğunluklu sıvıda kaldırma kuvveti de en küçük olurken dinamometre en büyük değeri gösterecektir.

ç) $F_K = V_{\text{Cisim}} \cdot d_{\text{Akışkan}} \cdot g$ bağıntısına göre yoğunluğu büyük olan sıvının uygulayacağı kaldırma kuvveti de büyük olur. Bu da d_1 yoğunluklu sıvıdır.

ÖRNEK PROBLEM

Hacmi $4V$ olan eşit bölmeli A cismi türdeş bir sıvıda Şekil I'deki gibi dengededir. Hacmi $2V$ olan eşit bölmeli B cismi A cisminin altına asıldığında cisimler Şekil II'deki gibi dengede kaldığına göre cisimlerin ağırlıkları oranı G_A / G_B kaçtır?



ÇÖZÜM

Kaldırma kuvvetinin matematiksel modeli

$F_K = V_{\text{Batan}} \cdot d_{\text{Sıvı}} \cdot g$ 'dir. A cisminin 4 eşit hacim bölmelerinden 3'ü sıvı içerisinde. A cismini sıvıda yüzdüğünden 3 bölmenin yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı cismin ağırlığı kadardır. Bu ağırlığa G diyelim. İki bölmeli B cismi A'ya bağlandıktan sonra 6 bölme sıvı içerisinde yüzdüğüne göre A ve B cisimlerinin toplam ağırlığı 6 bölmenin yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı kadar, yani $2G$ olur. Dolayısıyla $G_B = 2G - G = G$ bulunur.

$$\frac{G_A}{G_B} = \frac{G}{G} = 1 \text{ bulunur.}$$

Sıvılar gibi hava ve diğer gazlar da içlerine bırakılan cisimlere kaldırma kuvveti uygular. Bu kuvvet sadece gaz ortamdan az yoğun olan cisimlerin yükselmesini sağlar. Çünkü ancak bu durumda cismin ağırlığı yerini değiştirdiği havanın ağırlığından küçük olur. Hava dediğimiz gaz

Bernoulli İlkesi ve Archimedes Prensibi'nin göz önüne alınmasıyla günlük hayatta yaşanan başka bazı problemler de önlenabilir. Şiddetli rüzgârların etkin olduğu günlerde çatıların uçtuğunu görmüş ya da duymuşsunuzdur. Çatıların alt ve üst bölümlerindeki basınç farkını ortadan kaldıracak ya da azaltacak uygulamalar bu sorunun yaşanmasını engeller. Çatının akışkan hızını artırmayacak geometrik yapıda tasarlanması ya da çatının altında küçük bacaların bırakılması, çatının alt ve üst bölümlerinde basınç farkını ortadan kaldıracak uygulamalardır.