



MIT Açık Ders malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

8.01 Fizik I: Klasik Mekanik, Güz 1999

Bu materyallerden alıntı yapmak veya kullanım şartları hakkında bilgi almak için

<http://ocw.mit.edu/terms> ve <http://www.acikders.org.tr> sitesini ziyaret ediniz.

MIT Açık Ders malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

8.01 Fizik I: Klasik Mekanik, Güz 1999

Transkript – Ders 28

Bugün sıvıları işlemeye devam edeceğiz.

Eğer yüzen bir cisimim varsa, mesela, bir sıvıda yüzen basit bir silindir, buradaki alan A , silindirin kütlesi, M , silindirin yoğunluğu ρ ve uzunluğu l ve yüzey alanı A .

Böylece burası, l olur.

Sıvı seviyesi burası olsun ve sıvının yoğunluğu da, ρ_f olsun.

Bu seviyeye y_1 , bu seviyeye de y_2 diyeceğim.

Aralarındaki mesafe h ve tam üstte burada P_2 atmosfer basıncı var ve bu basınç, sıvının yüzeyindeki basınç ile aynıdır.

Ve burada, sıvı içinde bir P_1 basıncımız var.

Bu cismin yüzmesi için, Mg ve kaldırma kuvveti arasında bir dengeye ihtiyacımız var.

Burada, F_1 olarak adlandıracağım yukarı doğru bir kuvvet var, ve burada da, F_2 olarak adlandıracağım aşağı yönde bir kuvvet var.

Barometrik basınç.

Kuvvet, her zaman yüzeye diktir.

Herhangi bir teğet bileşeni olamaz, çünkü olursa havada akıntı olur ve bu durumda statik.

Ve burada hidrostatik basıncı içeren, F_1 kuvvetimiz var.

Böylece P_1 eksi P_2 , geçen defa Paskal prensibinden öğrendiğimiz üzere,

Eşit, ρ_f çarpı g , eksi y_2 , eksi y_1 , yani h olur.

O halde bu P_1 ile P_2 basıncı arasındaki farktır.

Bunun denge halinde olabilmesi için, F_1 eksi F_2 , eksi Mg sıfır olmalıdır, ve buna kaldırma kuvveti diyoruz.

Ve kaldırma kuvveti, İngilizcede çok ilginç şekilde telaffuz edilmektedir: b-u-o-y-a-n-t.

Daima bunu düşünmüştümdür. Bu kaldırma kuvvetidir.

F_1 , alan çarpı P_1 , ve F_2 alan çarpı P_2 , bu durumda, alan çarpı P_1 eksi P_2 olur ve bu da A çarpı ρ_f çarpı g çarpı h' dir.

Ve buna baktığınız zaman, bunun, tam olarak yer değiştiren sıvının ağırlığına eşit olduğunu görürsünüz.

Alan çarpı h , bu silindir tarafından yer değiştiren sıvının hacmidir ve bunu yoğunlukla çarparak, kütleyi elde ediyorsunuz.

Onu da g ile çarparsanız ağırlık bulunur.

O halde bu, yerdeğiştiren sıvının ağırlığıdır.

Bu genelde, Archimedes prensibi olarak anılan prensibin özel bir durumudur.

Archimedes Prensibi şöyle der: “Suya daldırılan bir cismin üzerindeki kaldırma kuvveti, bu cisim tarafından yeri değiştirilen sıvının ağırlığıyla aynı büyüklüktedir.”

Rivayete göre, Archimedes bunu, banyo yaparken düşünmüş; ve burada ona ait bir resim var.

Bunun ne zaman olduğunu bilmiyorum. Onu burada banyosunda görüyorsunuz, fakat burada aynı zamanda iki tane de taş görüyorsunuz. Ve bu taşların orada olmasının bir nedeni var.

Archimedes milattan önce üçüncü yüzyılda yaşamıştır. Archimedes’e, Kral Hieron II’ için yapılan bir tacın saf altından yapıp yapılmadığını belirleme görevi verilmişti.

Archimedes’e verilen problem, çok düzensiz bir şekle sahip tacın yoğunluğunu, ona zarar vermeden belirlemektir. Ve rivayete göre Archimedes banyo yaparken bunu nasıl yapabileceğini buldu. Ve Syracuse sokaklarında, çıplak olarak koştu ve “Eureka! Eureka!,Eureka!” , yani “Buldum, Buldum” diye bağırdı. Peki, Arşimed, ne bulmuştu? Ne düşünmüştü? O, aşağıdakini yapacak büyük bir vizyona sahipti : Tac’ı alıyorsunuz, ve normal olarak tartıyorsunuz.

Böylece tacın ağırlığı, onu W_1 olarak alıyorum.

Tacın hacmi V , çarpı yapıldığı maddenin yoğunluğu olan ρ' dur.

Eğer bu altınsa, sanırım yoğunluğu 19.3 olması gerekir. Ve böylece bu, tacın kütlesi ve bu da tacın ağırlığı.

Şimdi tacı alıyor ve suya daldırıyor. Ve bir yaylı terazisi var ve onunla tekrar tartıyor.

Ve ağırlığın daha küçük olduğunu buluyor ve böylece şimdi suya daldırılan ağırlığı biliyoruz.

Bu durumda elde ettiğimiz şey, tacın ağırlığı eksi kaldırma kuvveti yani yerdeğiştiren sıvının ağırlığıdır.

Ve yerdeğiştiren sıvının ağırlığı da tacın hacmi, çünkü tacın olduğu yerde su uzaklaştırılmıştır, çarpı sıvının yoğunluğudur ki, bu sıvı, çok iyi bildiği su, çarpı g dir.

Ve böylece buradaki bu kısım ağırlık kaybıdır. Yani ağırlıktaki kayıp miktarıdır.

Bunu görebilirsiniz ve bir yayla ölçebilirsiniz.

Bu, kaldırma kuvvetinden dolayı oluşan ağırlık kaybıdır.

Ve böylece şimdi Archimedes'in yaptığı şey, W_1 'i alıyor ve bunu ağırlık kaybına bölüyor ve bu da sizlere bu terim bölü bu terimi verir, bu da doğrudan doğruya tacın yoğunluğu bölü suyun yoğunluğunu verir.

Ve suyun yoğunluğunu biliyor, o halde tacın yoğunluğunu bulabilir. Bu olağanüstü bir fikir; Archimedes bir dahi idi.

Hikaye nasıl bitti ? Altın mıydı, yoksa değil miydi? Bilmiyorum. Ama muhtemelen altındı çünkü eğer altın olmamış olsaydı kralın onu öldürme ihtimali de vardı. Sebepsiz yere, ama Kralların o günlerdeki yönetimlerinde, bu tür seyler olurdu.

Günümüzde bu metod, insanların vücudundaki yağ oranını ölçmek için de kullanılır, o yüzden, suya daldırırlar, ağırlıkları ölçülür, sonra normal ağırlığı ile kıyaslanır.

Şimdi bir buz dağına bakalım. Burada bir buz dağı var. Burada da su. Suda yüzüyor.

Kütlesi M , toplam hacmi V_{tot} ve buzun yoğunluğu, ρ_{ice} , ve değeri 0.92 gram bölü santimetre küptür. Bu değer suyun yoğunluktan, daha azdır.

Bu yüzüyor ve böylece, Mg ile kaldırma-kuvveti arasında bir denge var.

Yani, Mg kuvveti suyun kaldırma kuvvetine eşit .

Öyleyse Mg , toplam hacim, çarpı ρ_{ice} çarpı g 'dir. Aynen taçta olduğu gibi.

Kaldırma kuvveti su altındaki hacim, yani bu kısım, çarpı suyun yoğunluğu ρ_w , çarpı g dir.

g 'leri yok ediyorsunuz ve böylece su altındaki hacim bölü toplam hacmin, ρ_{ice} bölü ρ_w olarak yani 0.92 olarak buluyoruz.

Bu, buz dağının % 92'si suyun altında olduğu anlamına gelir, ve bu da 15 Nisan 1912'de Titanik bir buz dağına çarptığı andaki trajedinin asıl boyutunu anlatmaktadır.

Bir buz dağı ile karşılaştığınız zaman, buz dağının sadece ucunu görürsünüz.

Bu da, onun niye böyle görüldüğünü ve bu ifadenin nereden geldiğini açıklar.

Çünkü, % 92'si, suyun altındadır.

Şimdi, tekrar silindirime dönmek istiyorum ve kendime şu soruyu sormak istiyorum, Silindir ne zaman yüzer? Yüzme için şart nedir? Açıkça görüleceği üzere, silindirin yüzmesi için, kaldırma kuvveti, Mg olmalıdır ve kaldırma kuvveti de, alan $\times$ h dir.

Bu su altındaki hacme eşittir.

Bu da, sıvının yoğunluğu, $\times$ g terimi, silindirin toplam hacmi, yani alan $\times$ l , çünkü bu silindirin uzunluğu l idi, $\times$ g , silindirin kendi yoğunluğu, $\times$ g ye eşit olmalıdır.

A' ları yok ediyorum, g' leri yok ediyorum, fakat h 'nin l 'den küçük olması gerektiğini biliyorum; aksi takdirde yüzemez, doğru mu? Suyun altındaki kısım, silindirin uzunluktan küçük olmalıdır.

Ve eğer h , l 'den küçükse, bu sıvının yoğunluğunun cismin yoğunluktan daha büyük olması gerektiği anlamına gelir, ve bu da yüzme için gerekli şarttır.

Bu yüzden, eğer bir cisim batarsa, cismin yoğunluğu, sıvının yoğunluktan daha büyük demektir.

Burada şaşırtıcı olan husus, yoğunluğun cismin boyutlarından tamamiyle bağımsız olmasıdır. Önemli olan tek şey, yoğunluktur.

Eğer bir çakıl taşı alır, suya fırlatırsanız, batar çünkü, çakıl taşının yoğunluğu, suyun yoğunluktan daha yüksektir.

Eğer bir parça tahta alır suya atarsanız, şekil ve büyüklüğüne bağımlı olmaksızın yüzer, çünkü tahtanın yoğunluğu suyun yoğunluktan daha küçüktür.

Batsın veya yüzsün, kaldırma-kuvveti, her zaman yer değiştiren sıvının ağırlığına eşittir.

Ve bu, soracağım ve düşünmenizi istediğim favori sorularımdan bir tanesini aklıma getiriyor.

Eğer şimdi Archimedes prensibini tamamen anlamışsanız, bunu cevaplayabilirsiniz, o nedenle anlatacağım şeye iyi konsantre olun.

Ben bir yüzme havuzunda ve bir botun içindeyim. Bu yüzme havuzu, bu da botum. Botta oturuyorum ve botun içinde, burda, bir kaya var. Yüzme havuzunda botta oturuyorum, ve içinde bir de güzel kaya parçası var. Yüzme havuzunun su seviyesini çok dikkatli şekilde işaretliyorum. Kayayı alıyor ve bottan suya atıyorum.

Su seviyesi yukarı mı çıkar? Aşağı mı iner? Yoksa ve belki aynı yerde mi kalır?

Şimdi sezgilerinizi kullanın. Yanlış olmasının bir önemi yok.

Evde de bunun üzerinde biraz düşünün. Eminim ki, doğru cevabı bulacaksınız.

Kimler su seviyesinin yukarı çıkacağını düşünüyor? Kimler su seviyesinin aşağı ineceğini düşünüyor? Kimler fark olmayacağını, su seviyesinin aynı kalacağını düşünüyor? Çok ilginç— Pekiyi..

Güzel, su seviyesi değişecektir fakat bunu anlamaya çalışın.

Tamam, Archimedes prensibini uygularsanız cevabını bulacaksınız.

Şimdi, “denge” hakkında konuşmak istiyorum, özellikle de çok önemli bir konu olan “gemilerin dengesi” hakkında. Gemiler yüzerler.

Burada, suda yüzen bir cisim olduğunu varsayalım.

Burası, su seviyesi ve burası da cismin kütle - merkezi olsun.

Kütle merkezi biraz kaymış olabilir. Bu bir buz dağı, aşınmış kaya parçası, hatta birarada kayalar olabilir, tamam mı ? Homojen yoğunlukta olması gerekmiyor.

Kütle merkezi, geometrik merkezden farklı ve biraz kaymış durumda olabilir.

Böylece, bu cisim belli bir kütleyle sahip ise, bu durumda, bu da çekim-kuvvetidir.

Fakat şimdi yer değiştiren sıvının kütle merkezine bakalım. Açıkça görüleceği üzere yerdeğiştiren sıvının kütle merkezi de, daha ziyade burada bir yerde olacaktır.

Burası, kaldırma kuvvetinin doğrudan etki ettiği yerdir. Ve böylece şimdi seçtiğiniz herhangi bir noktaya göre cisim üzerine etki eden, bir TORK vardır.

Noktayı nerede seçtiğiniz önemli değil, cismin üzerinde bir torkunuz olur.

Böylece ne olacaktır? Bu cisim açıkça bu yönde dönecektir.

Ve tork, kaldırma kuvveti ile çekim kuvvetinin bir çizgi üzerinde oldukları zaman, tamamen sıfır olacaktır. Bu durumda tork sıfır olur ve bu durumda cisim de oldukça mutlu olur.

Şimdi bunları aynı çizgiye getirmenin iki yolu var.

Bu hususu daha önce farklı bir bağlamda tartışmıştık. Bunu yapmak için, cismin kütle merkezini, yerdeğiştiren sıvının kütle merkezinin altında veya üstünde alabilirsiniz. Her iki durumda da kuvvetler, bir çizgi üzerinde olacaklardır.

Ancak, bu hallerden birinde kararlı bir denge oluşacak, diğerinde ise kararlı bir denge oluşmayacaktır.

Şimdi, burada kütle merkezi çok aşağıda olan bir cismim var.

Aslında bunu böyle söyleyemezsiniz. Bunu önceden bilmenin bir yolu yoktur.

Bildiğiniz tek şey, burada gördüğünüz yerdeğiştiren sıvının ağırlığı ile cismin ağırlığının aynı olduğudur.

Bütün bildiğiniz şey budur.

Eğer bu cismi alır ve biraz eğersen, kütle merkezi oldukça aşağıda, ve böylece burası Mg 'dir ve burada bir yerde de su seviyesinin çizgisi var.

Bu halde, yerdeğiştiren sıvının kütle merkezi de, burada bir yerde olur, F_b kaldırma kuvveti, buradadır, böylece, ne olacağını görebilirsiniz.

Cismi, eğmenin sonucu, sağa doğru dönecektir.

Bu ise geri-çağırıcı-torktur ve böylece tamamen dengelidir.

İleri geri sallanabilir, fakat dengelidir.

Eğer bunu tersine çevirirsem, bu durumda dengeli olmayacaktır, çünkü şimdi kütle merkezi burada bir yerde olur, daha yukarda, bu yüzden de Mg burada olur.

Böylece kaldırma kuvvetinin merkezi, yani yerdeğiştiren suyun merkezi yaklaşık buradadır ve böylece şimdi yukarı yönde kaldırma kuvvetim var ve ne olacağını göreceksiniz.

Yana doğru eğersen, daha fazla dönecektir.

Bu tork onu, dikeyden durumdan tamamıyla uzaklaştıracaktır.

Ve bundan dolayı bu konu gemilerde oldukça önemlidir, gemileri her zaman, geminin kütle merkezi olabildiğince aşağıda olacak şekilde inşa edersiniz.

Bu sizlere oldukça dengeli yapıyı verir.

Eğer gemilerin kütle merkezini çok yukarıya doğru çekerseniz,

17. yüzyılda bu çok ağır topları güvertede çok yüksek yere koyarlardı.

Bu durumda gemi alabora olabilir, bu tip olaylar, kütle merkezinin çok yüksekte tutulması halinde ileri gelir. Bu pek çok kez olmuştur.

Burada, bu cisimde, kütle-merkezi, burada bir yerdedir.

Bu kısım çok ağır.

Şimdi bu vaziyette suya indirirsem, aynı derinliğe kadar gittiğine dikkat edin. Çünkü kaldırma kuvveti, kesinlikle aynıdır, böylece yüzden yerdeğiştiren su miktarı, her iki durumda da aynı kalır.

Fakat şimdi kütle merkezi çok yüksekte olduğu için, denge kararlı olmadığından,

Onu bıraktığım zaman, gördüğünüz gibi, cisim hemen tersine dönecektir.

Çünkü, cismin kütle merkezi yerdeğiştiren sıvının kütle merkezinden daha yüksekte kalmıştır.

Bu yüzden bu konuya, gemilerde çok dikkat etmek gerekir.

Şimdi biraz da, “ balonlar ” hakkında konuşalım.

Eğer bir balonum varsa, bu takdirde durum sıvıda yüzen bir cisimden çok farklı olmayacaktır. Balonun kütlesi M olsun.

Yani balondaki gazın kütlesi, artı her şey. Her şeyle, balonun malzemesi ve ipin kütlesi gibi şeyleri kastediyorum. Yani kütleyi oluşturan tüm bu şeyleri.

Bu balon, belli bir V hacmine sahip ve bu yüzden de içindeki gazın belli bir yoğunluğu ρ_g var, ve dışarda da hava yoğunluğu, ρ_{air} var.

Şimdi bu balonun yükselmesi için hangi kriterlerin olması gerektiğini bulmak istiyorum.

Balonun yükselmesi için, kaldırma kuvveti, Mg 'den daha büyük olmalıdır.

Kaldırma kuvveti nedir? Yerdeğiştiren akışkanın ağırlığıdır. Bu durumda “akışkan” havadır. O halde yerdeğiştiren akışkanın ağırlığı, hacim çarpı, havanın yoğunluğudur.

Yani bu durumda yerdeğiştiren akışkan havadır, V hacmi çarpı havanın yoğunluğu çarpı g dir, bu da kaldırma kuvveti. Yani, yerdeğiştiren akışkanın ağırlığı Mg 'den daha büyük olmalıdır.

Şimdi, Mg gazın kütlesi, çarpı gazın yoğunluğu; bu kütle çarpı g 'dir. Çünkü bunu kuvvete dönüştürmemiz gerekiyor— Artı, geri kalan kısmın kütlesi, çarpı g .

Burada g 'leri yok ediyorum ve gördüğünüz gibi, bu terim , elbette ki sıfırdan daima daha büyüktür.

Dış kabukla ilintili olarak, daima biraz kütle olur, bu durumda da, ipin kütlesi var.

Fakat görüyorsunuz ki, bu balonun yükselmesi için tek yol, gazın yoğunluğunun havanın yoğunluğundan daha küçük olmasıdır. Gazın yoğunluğu, havanın yoğunluğundan daha az olmalıdır. Bu, “gerek” şarttır. Ama, “yeter” şart değildir, çünkü balonu alıp içersine biraz helyum koyarım. Böylece gazın yoğunluğu havanın yoğunluğundan daha düşük olacaktır. Ama, balon bu ikinci nitelikten dolayı yükselmeyecektir. Böylece bu gerekli bir şart ama yeterli' bir şart değildir.

Şimdi sizlere kesinlikle sezgisel olmayan bir gösteri sunacağım ve gördüğünüz şeyin niye öyle olduğunu, size adım adım açıklamaya çalışacağım.

Göreceğiniz şey sezgisel değildir; bu yüzden de göreceğinizi, neden gördüğünüzü ve ne göreceğinizi, dikkatlice takip etmeye çalışın.

Burada ucunda elma olan bir sarkacım var ve burada da helyumla doldurulmuş bir balonum var. Bu ipi kesiyorum ve bu ipi de kesiyorum. Yerçekimi bu yönder.

Elma düşecek, balon ise yükselecektir.. Balon çekim ivmesinin tersi yönünde gider.

Eğer yerçekimi olmamış olsaydı, bu balon yükselmezdi ve elma da düşmezdi.

Şu ana kadar hemfikir miyiz? Yerçekimi olmaksızın elma düşmezdi, balon da yükselmezdi.

Şimdi dış uzaya gidiyoruz. Burada bir kompartman var ve burada da bir elma var.

Ben de buradayım. Hiçbirimizin ağırlığı yok, yerçekimi yok ve burada da helyumla doldurulmuş bir cisim, bir balon var ve kompartman içinde de hava var.

Ama dış uzaydayız, yerçekimi yok. Hiçbirşeyin ağırlığı yok. Hepimiz havada yüzüyoruz. Şimdi ivmelendireceğim. Bir roketim var. Onu bu yönde “a” ivmesi ile ivmelendireceğim. Şimdi hepimiz, bu yönde bir ağırlık hissedeceğiz, yerçekimini hissedeceğiz. Buna g diyorum. O halde elma düşecektir.

Ben burada duruyorum ve elmanın düştüğünü görüyorum. Ben de kompartmandayım kapalı kompartmanın içerisindeyim. Elmanın aşağı doğru düştüğünü görüyorum. Ben kendim de düşüyorum, biraz sonra ben de burada olacağım. Buraya bir banyo terazisi koyabilirim ve kendi ağırlığımı ölçebilirim.

Benim ağırlığım M çarpı bu “a” olacaktır. M benim kütle, “a” ise bu ivmedir. Gerçekten onun bu yönde bir çekim olduğunu düşünüyorum. Hava düşmek istiyor, fakat balon çekimin zıddı yönünde gitmek istiyor. Balon yükselcektir.

Hava düşmek istiyor, o halde burada içeride havanın altı ile havanın üstü arasında bir basınç farkı oluşturuyorsunuz, altındaki basınç P_1 , üstündeki basınç P_2 . Aynen dünyadaki atmosfer gibi. Atmosfer bizi aşağı yönde iter-- Buradaki basınç, oradakinden daha yüksektir.

Böylece P_1 'i, P_2 'den daha büyük olarak elde edersiniz. Böylece kendiniz bir atmosfer oluşturuyorsunuz ve balon yükseliyor. Balon, çekimin zıttı yönünde gider.

Eğer burada hiç hava olmamış olsaydı, bu durumda açıkça görüleceği üzere hepimiz düşerdik: elma düşerdi, ben düşerdim, helyum balonu düşerdi. Helyum balonunun yükselmesinin tek nedeni içeride hava olmasındandır. Çünkü içeride bir basınç farkı oluşturdunuz.

Şimdi sizlere sorum geliyor: Onu yukarı doğru ivmelendirmek ve aşağı yönde hissedilen yerçekimi oluşturma yerine, onu şimdi bu yönde ivmelendireceğim, biraz sonra sınıfta bunu yapacağım. Hepimizi bu yönde a ivmesi ile ivmelendireceğim.

Elma hangi yöne gidecek? Balon hangi yöne gidecek? Ne düşünüyorsunuz?

Elma bu yönde gidecektir. Ben bu yönde gideceğim. Hava da, bu yönde gitmek isteyecektir. Fakat helyum balon?

Çekiminin zıttı yönünde gider, o halde helyum bu yönde gider.

Gerçekte ne yapıyorsunuz, buradaki P_1 basıncının oradaki P_2 basıncından daha yüksek olduğu bir atmosfer oluşturuyorsunuz. Hava bu yönde gitmek istiyor. Buradaki basınç oradaki basınçtan daha yüksektir. P_1 eksi P_2 sıfırdan daha büyüktür.

Eğer orada hava olmasa idi, hepimiz düşerdik. Helyum da düşerdi. Helyum balon düşer, elma düşer ve ben de düşerdim.

Burada kapalı bir kompartımanda bir ipe bağlı bir elma var, oradakilerden farklı değil, sadece sizleri yerçekiminin olmadığı bir bölgeye alamamamın haricinde oradakilerden farklı değil. Böylece o kapalı kompartıman burada ve elma da burada.

Bu yönde yerçekimi var. Eğer ipi kesersem yerçekimi yönünde düşmek isteyecektir.

Şimdi onu bu yönde ivmelendireceğim ve bunu yaptığım zaman, zıt yönde hissedilen yerçekimi terimi oluşturmuş olacağım. Böylece bu yöndeki hissedilen yerçekimi bileşenini ekliyorum. O halde bu elma yerçekimini engelleyemediğim için aşağı düşmek ister ve bu yönde düşmek isteyecektir. Bu durumda ipe ne olacaktır? Çok açık, çok sezgisel, kimsenin ipile bir sorunu yok— İp böyle olacaktır.

Şimdi burada bir balon var. Helyum. Bu yönde yerçekimi var. Balonun yukarı doğru gitmek istemesinin nedeni de bu . Yerçekimine zıt yönünde gider.

Kompartmanı bu yönde ivmelendireceğim. Hissedilen yerçekimini bu yönde oluşturuyorum. Balon ne yapmak ister? O yerçekimine zıt yönde gitmek ister.

Bu kompartman kapalı olmalıdır ki orada bir basınç farkı oluşturabileyim. Hava bu yönde düşmek ister. Burada oradakinden daha büyük bir basınç oluştururum. Kapalı bir kompartıman olmasının sebebi budur. Helyum balon ne yapacak? Balon bu şekilde gidecektir. Bu çok sezgisel değildir. O halde kompartmanı bu yönde ivmelendiriyorum. Bunu yaptıkça sezgilerimize uygun olarak elma geri gidecektir fakat helyum balonu ileri gidecektir.

İlk olarak elma ile yapalım, bu zaten herkesin sezgisine uygundur. Elmanın çok fazla salınım yapmadığından emin olmam gerekir. Şimdi bu sadece ivmelenme esnasında olur, yani, bu olayın ivmelendirme yaptığım çok kısa bir zaman aralığında meydana geldiğini göreceksiniz ve bundan sonra da elma salınım yapmaya başlayacak.

Bu kısmı görmezden gelin; şimdi dikkatlice izleyin. Sadece ivmelendirdiğim anda elma bu yönde gelecektir. Elma hissedilen yerçekiminin ek bileşeni yönünde gider.

Hazır mısınız? Neredeyse buradaki cama çarptı. Herkes bunu gördü, değil mi?

Şimdi bunu balonla yapacağız. Bunu çıkartacağız. Ve şimdi güzel balonlarımızdan birini alalım. Balonu buraya koyacağız. Havanın basınç farkı oluşturması için kompartman kapalı olmalıdır. Bu sistemlerde her zaman statik yüklerle ilgili problemler olur. Peki.

Sadece ivmelendirdiğim sürece balon ileri yönde gidecektir, böylece bu yönde ivmelendiriyorum ve göreceğiniz şey gerçekten çok sezgisel değildir.

Bunu mantığımla çözebiliyorum fakat “anlıyormuyum?” diye soruyorum. Bilmiyorum, akıl etmekle anlamak arasındaki fark nedir? İşte gidiyor.

Balon bu yönde gitti. Bunu arabanızda anne babanızla yapabilirsiniz. Bunu yapmak gerçekten çok eğlencelidir. İpe bağlı bir elma veya başka bir şey alın ve helyum balonu alın. Pencereyi kapatın. Tamamen kapalı olması gerekmez, hemen hemen kapalı olsun, sonra babanıza veya annenize aniden fren yapmasını söyleyin.

Frene aniden basarsanız ne olur? Elma hareket eder. Ne düşünüyorsunuz? Frene basarsanız elma ileri gidecektir, balon geri gidecektir. Eğer arabayı aniden ivmelendirirseniz, elma geriye doğru gidecektir, balon ileriye gidecektir. Bunu evde yapabilirsiniz. Eğlenebilirsiniz, anne babanızı sükran gününde eğlendirebilirsiniz.

Anne babanız 25.000 dolarlık okul ücretinin bir kısmını geri alabilirler bu şekilde.

Akışkanlar hareket ettikler zaman durumları, durgun oldukları zamanlara kıyasla, daha karmaşık olur. Ve bu gene, akışkanların çok sezgisel olmayan davranışlar sergilemesine sebep olur.

Çok kısa yoldan, Bernouilli denklemi olarak adlandırılan çok ünlü bir denkleme varacağım. Bu denklem kinetik enerjiyi potansiyel enerji ve basınç ile ilişkilendirir.

Sıkıştırılamayan veya buna benzer bir akışkanımız olsun.

Bu kesit alanı A_2 ve buradaki basınç P_2 dir. Ve bu akışkanın hızı v_2 olsun, bu seviye de y_2 olsun. Buradaki kesit alanımız ise A_1 . Basınç ise P_1 . Seviyemiz y_1 olsun; bu y nin artış yönüdür. Ve buradaki kesit alanı oldukça küçük olduğu için çok daha büyük bir hızımız söz konusudur.

Eğer şimdi bu akışkan tamamen durgun ise, hareket etmiyorsa; o halde v_1 'i unutun, v_2 'yi unutun. Akışkan sadece hareketsiz durmaktadır.

Bu durumda P_1 eksi P_2 , eğer ρ , akışkanın yoğunluğu ise, ρ çarpı g çarpı y_2 eksi y_1 olurdu. Bu, “Paskal Kuralı”.

Tam olarak burada duruyor ve buradaki basıncın, oradaki basınçtan daha düşük olduğunu, biliyoruz. Eğer bu mesafeye h dersek, bu aynı zamanda, ρgh ye eşittir.

ρgh ... Bu bana “ mgh ” yi hatırlatıyor. mgh çekim potansiyel enerjisidir.

Eğer m yi hacime bölersem yoğunluğu elde ederim. O halde bu gerçekten, birim hacim başına çekim potansiyel enerjisini veren bir terimdir. m bölü hacim, yoğunluğu verir.

Bundan dolayı, basıncın kendisinin, birim hacim başına enerji birimi boyutu da olmalıdır. Eğer bütün bu mekanizmayı harekete geçirirsek, bu durumda üç oyuncu

söz konusudur. bir tarafta hareketin kinetik enerjisi— Kinetik enerji... Birim hacim başına kinetik enerjiyi alıyorum.

Çekim potansiyel enerjisi. Onu da birim hacim başına alacağım.

Ve daha sonra basınç var. Bunlar üç eşit ortak.

Ve eğer enerjinin korunumunu uygularsam, bu üçünün toplamı sabit kalmalıdır. Bu Bernoulli kanunun ardındaki fikirdir, Bernoulli denklemi.

Bir sıvı aldığım ve onu bir tüp içersinde bir konumdan diğer bir konuma hareket ettirdiğim zaman, hızın değişmesi için ya yüksekliğin ya da basıncın değişmesi gerekir

Birim hacim başına kinetik enerji nedir? Kinetik enerji $\frac{1}{2} \rho v^2$ kare'dir.

Onu hacme bölersem $\frac{1}{2} \rho v^2$ elde ederim.

Çekim potansiyel enerji nedir? Bu $\rho g y$ dir. Onu hacme bölüyorum ve $\rho g y$ artı y konumundaki basıncı elde ediyorum, ve bu bir sabit olmak zorundadır.

Ve bu şimdi Bernoulli denklemidir. Bu bir enerji korunumu denklemidir.

Ve size göstereceğim gibi bu denklem çok dikkat çekici sonuçlara sahiptir.

İlk olarak sizlere, y 'yi sabit olarak alacağım bir örnek göstereceğim.

Çapı değişik olan bir tüpümüz var; fakat orada yaptığım gibi tüpün y seviyesi sabit, yani değişmiyor.

Buraya geliyorum, kesit alanı A_1 . Bunu genişletiyorum, buranın kesit alanı A_2 .

Bu y yüksekliği ve her ikisi içinde aynı. Bunun iç basıncı P_1 , ve bunun iç basıncı ise P_2 , ve bu da sıvının yoğunluğudur. Buradaki hız v_2 ve buradaki hız v_1 .

Ve açıkça görüleceği üzere v_1 , v_2 'den çok daha büyüktür. Çünkü A_1 çarpı v_1 , A_2 çarpı v_2 olmalıdır. Çünkü sıvı sıkıştırılamayan bir sıvıdır. O halde buradan bir saniyede akan madde miktarı, bir saniyede buradan akan madde miktarı ile aynı olmalıdır.

Ve böylece bunun ikisi de eşit olmalıdır ve A_1 , A_2 'den çok daha küçük olduğu için, bu hız v_2 'den çok daha büyük. Şimdi, "Bernoulli Denklemi" ni uygulayacağım.

Birinci terim bana $\frac{1}{2} \rho v_1^2$ kare olduğunu söyler. İkinci terimi dikkate almayabilirim çünkü burada elde ettiğim terim ile burada elde ettiğim terim aynıdır

Bu nedenle, ikinci terimi, ihmal edebilirim. Artı P_1 , $\frac{1}{2} \rho v_2^2$ kare artı P_2 olmalıdır.

Bu Bernoulli denkleminin bana söylediğidir.

Şimdi v_1 , v_2 'den daha büyüktür. Bu durumun doğru olmasının tek yolu, P_1 'in, P_2 'den daha küçük olmasıdır.

“Ne fark eder” diyeceksiniz. Evet, oldukça önemlidir. Çünkü ben tam tersini tahmin ederdim ve sizler de öyle yapardınız. Çünkü burası en yüksek hızın olduğu yer ve içgüdümüz bizlere: “eğer hız yüksek ise basınç çok büyük olmalı” derdi. Fakat durum, tamamen tersidir.

Burası düşük basınçlı ve burası da yüksek basınçlı. Bu Bernouilli denkleminin garip bir sonucudur.

Hepiniz, “sifon” olarak adlandırdığımız şeyle karşılaşmışsınızdır. Bunlar Orta Çağ'da kullanılırdı ve günümüzde de kullanılmaktadır.

Burada genel olarak su için kullanılan bir kova var. Burada su var, fakat herhangi bir sıvı da olabilir. Buraya çapı küçük bir tüp batırıyorum, buradaki alandan oldukça küçük. Ve burada bu seviyeye kadar su koyuyorum.

Bu seviye P_2 , y_2 . Bu y_1 , ve bu ise y nin artış yönü. Bu h , yükseklik farkı, h .

P_2 , bir atmosferdir. Buraya 1 yazıyorum. Eğer atmosfere açıksa bu durumda burası, P_1 de 1 atmosferdir. O halde burada hava ve burada da sıvı var. Bu açık ucunu ağızıma alıyorum ve tamamen su ile dolacak şekilde suyu içime doğru çekiyorum. Ve bu sanki depoda bir delik açmış gibi garip bir şeydir.

Eğer parmağımı buradan çekersem, su dışarıya akmaya başlayacak ve bunu sizlere göstereceğim. Ve burada bir v_1 hızı var.

Su seviyesi buradan aşağıya doğru azalacaktır ve buradaki hız yaklaşık olarak sıfırdır, çünkü bu alan, bu kesit alanından çok daha fazladır, iyi bir yaklaşımla bu su oldukça yavaş şekilde aşağıya akacaktır.

Bu yükseklik farkına d diyelim.

Bernouilli denklemini uyguluyorum.

O halde şimdi y 'lerin farklı, fakat basınçların aynı olduğu bir durumumuz söz konusudur. Çünkü sıvının tam bu noktasında, 1 atmosfer basıncım var ve bu barometrik basınçtır. Ve bu uç dış dünyaya açık olduğu için P_1 'de 1 atmosferdir.

O halde şimdi P terimlerini kaybediyorum.

Orada y terimimi kaybetmiştim, burada ise P terimimi kaybediyorum.

O halde şimdi $1 \text{ bölü } 2 \rho$, bu ρ sıvının yoğunluğudur, v_1 kare artı ρg çarpı y_1 , $1 \text{ bölü } 2 \rho v_2$ kare olmalıdır. Fakat bizler bu terimin sıfır olduğu konusunda hemfikiridik, bu yüzden bu terimi yazmıyorum.

Elimde sadece $\rho g y_2$ olur.

g'leri yok ediyorum. Hayır, g'leri yok edemem. ρ ları yok ediyorum.

Ve böylece $1 \text{ bölü } 2 v_1^2$ kare eşit g çarpı y_2 eksi y_1 , yani h elde ederim.

Ve böylece ne bulursunuz? Ki buradan suyun akış hızının, v_1 'in, karekök $2gh$ olduğunu bulursunuz. Ve bunu daha önceden de gördünüz.

Eğer bir çakıl taşı alır ve bu seviyeden serbest bırakarak düşmesine izin verirseniz, bu noktaya ulaşacaktır, bu seviyede hızı karekök $2gh$ dır. Bunu birçok defa gördük.

O halde burada olan şey:

Burada ve orada basınç terimleri aynı olduğu için, şimdi sadece tek bir dönüşüm var.

Buradaki çekim potansiyel enerjisi, oradakinden daha büyük olup, şimdi kinetik enerjiye dönüştürülmüştür.

Bu sifon, sadece, d 10 metreden küçük olduğu zaman çalışacaktır. Barometrik basınçtan dolayı bu suyu asla içinize çekemezsiniz. Kimse bunu yapamaz; bir vakum pompası bile yapamaz. 10 metreden daha yüksek bir seviyeye suyu çekemez. Buradaki deneyi kızılçık suyu ile yaptığım zaman, beş metreye kadar çıkartabilmişim, fakat 10 metre teorik maksimum değeridir. O halde bu 10 metreden daha az olmalıdır.

Eğer tankın burasında aşağıya doğru bunun gibi bir delik açmış olsaydım ve suyun hangi hızla dışarı aktığını hesaplamanızı istemiş olaydım, Eğer Bernouilli denklemini uygulamış olsaydınız, siz de tam olarak aynı sonucu bulmuş olurdunuz.

Bu insanların başkalarının benzinini çaldığı bir yöntemdir.

Benzinin çok az olduğu zamanlarda insanların başkalarının benzinlerini bu yöntemle çaldıklarını çok gördüm. O zamanlarda, benzin depolarında kilit yoktu. Benzin deposuna bir hortum uzatıyordunuz ve biraz içinize doğru çekmeniz gerekiyordu. Bir miktarını feda edecektiniz. Ağzınıza biraz benzin alıyorsunuz ve daha sonrasını benzini başka bir metal kaba veya beş galonluk bir bidona boşaltıyorsunuz.

Şimdi sizlere nasıl boşaltıldığını göstereceğim.

Bu arada hala son dersten kalan biraz kızılçık suyu var. Bunu taburenin üzerine koyalım. İşte hortum bu. Ve bu sıvıyı buradan buraya transfer edeceğim. İlk olarak hortumu kızılçık suyu ile doldurmak zorundayım. İşte geliyor. Bu seviye o seviyenin altında olduğu sürece akmaya devam eder. Çok sezgisel bir şey değil.

Hatırlıyorum, ben altı veya yedi yaşlarında iken bir yaz kampında idim. Bunu ilk kez gördüğümde inanamamıştım. Kendimizi yıkadığımız ve dişlerimizi fırçaladığımız harici lavabolar vardı, lavabo tıkalıydı, tamamen suyla doluydu. Kamp liderlerinden birisi bir hortum aldı, biraz emdi ve lavabo kendi kendine boşaldı. Ben gerçekten, suyu kepçe ile kovalarla boşaltmamız gerektiğini düşünmüştüm. Bu genel olarak yaptığınız yöntemdir. Hiç sezgisel değil.

Sezgisel olmayan kısım, orada yerçekimine karşı yukarıya çıkarak akmasıdır.

O halde onu buraya koyuyoruz ve transfer ediyoruz, kızılçık suyunun kütle transferi.

Geçen defa ne kadar güçlü olduğumu görmek için akciğerlerimi test ediyordum.

Çok iyi değildim değil mi? Sadece suyu bir metre yukarı çıkartabilmişim, suyu sadece bir metre çekebilmişim. Basınç farkı bir atmosferin sadece 10'da biriydi.

Bugün benden şüphesiz daha güçlü olan öğrencilerden birisini test etmek istiyorum.

Burada bir huni var. Buradaki çok hafif olan pin pon topu ile kimin topu daha yükseğe çıkartabileceğini görmek için yarış düzenleyeceğiz. İki tane hunim var, çok hijyenikler.

Ben bununla deneyeceğim. Huniler çok temiz, onları Kimya bölümünden biraz önce aldım. Şimdi bir gönüllü görmek istiyorum. Kadın veya erkek, fark etmez.

Denemek ister misin? Tavana kadar yükseltip yükseltmeyeceğini görmek ister misin? Denemek istemiyormusun? Hadi ama! Denemek istiyor musun? Sen utangaçsın? İstemiyor musun? İkna edebilirmiyim seni? Edebilirim.

Peki, gel. Tam buraya gel. Tavana kadar ulaştırabileceğini düşünüyorsun değil mi? Bu sadece çok hafif bir pin pon topu. O halde bu şekilde yap ve üfleyebildiğin kadar üfle.

Dene, heyecanlanma.

Dosdoğru yukarı.

Üfleyebildiğin kadar sert üfle. Çıkart.

Çok ilginç! Tekrar yapsana.

Haydi, yanlış bir şeyler olmalı.

Bugün hasta değilsin değil mi? Üfle. Daha sert!

ÖĞRENCİ:

Hayır, hiçbir şey yok, burada herhangi bir hile yok. Bu bir pin pon topu, ben de büyücü değilim.

Haydi ama, yukarı üfle! Hiç işe yaramıyor.

Bu çok hayret edilecek bir şey !

Lütfen otur.

Niçin olmuyor? Neden olmuyor? Ne kadar hızlı üflersen üfle, ne kadar çok üflersen üfle, olmayacak.

Hava buradan akmaktadır.

Ve tam burada, çok az boşluk olan yerde çok boşluk olan yere kıyasla hava çok daha büyük hıza sahip olacaktır. O halde en yüksek hızda, en düşük basıncı elde edersiniz. Ve böylece pin pon topunu üflerken daha çok huninin içine doğru çekmiş olursunuz. Bunun kesin ispatını size göstermek için bunu şu şekilde yapacağım.

Pin pon topunu bu şekilde koyacağım ve bu şekilde üfleyeceğim, ve eğer yeteri kadar sert üflersem, pin pon topu orada kalacaktır; çünkü hava akım yolunun en dar olduğu yer olan tam burada daha düşük bir basınç oluşur . Fakat oldukça sert şekilde üflemeliyim.

Görüyor musunuz? Olağanüstü değil mi? Onun yukarı çıkartamamasının nedeni buydu.

Bu, Bernouilli'nin, sizin için yaptığı şeydir. Fazla sezgisel değil, değil mi?

Burada bir hava akımı oluşturacak bir makinem var, hortumdan havayı dışarıya çıkarmakta ve burada oldukça sezgisel olmayan bir şey gösterebilirim.

Hava akımını başlatalım.

Hava çıkıyor.

Bir pin pon topu alıyorum. Orada duruyor.

Bu bay Bernouilli'den dolayı mı? Hayır. Hayır, bu daha karışık bir fizik, çünkü bu türbülansla ilgili bir şey. Bu oldukça zor olan "girdaplar" ile ilgili bir şey.

Burada olan şey, hava akarken burada yukarıda türbülans elde edersiniz. Çünkü burada ve orada daha düşük bir basınç oluşur. Bu durumda bir çeşit türbülans olan girdaplar topu havada tutar, çünkü burada ve orada daha düşük bir basınç vardır.

Fakat bu niye o kadar kararlı? Bu türbülansdan dolayı, burada oluşan türbülansdan dolayı orada duruyor. Pekiyi niçin bu kadar kararlı? Eğer biraz itersem yine yerinde duracak. Oldukça kararlı. Bu Bernouilli' den dolayıdır.

Çünkü havayı bu şekilde üflersem, bu durumda buradaki hız en büyüktür. Çünkü hava dışarıya çıkarken ıraksamaktadır, fakat merkezde en yüksektir. Ve o halde bu pin pon topu bu tarafa gittiği zaman, açık bir şekilde burada oradakinden daha az basınca sahip olur ve bu yüzden de tekrar yerine gelecektir..

O halde kararlılık Bernouilli'den dolayı, fakat yukarıda kalmasının fiziği oldukça zordur.

Bu o kadar kararlı ki ki bunu eğebilirim bile. Ve hala orada kalacaktır.

Şimdi şükran gününde ailenize göstermenizi istediğim bir şey var.

Onlar için küçük bir hediye ve bu evde kolaylıkla yapabileceğiniz bir şeydir.

Bir bardak alın ve kızılıklık suyu ile doldurun. Tamamen değil, buraya kadar.

İnce bir karton alın, mukavva türünden bir şey. Üstüne koyun.

Masa güzel bir şekilde dekore edilmiş. Hindi dahil her şey üstünde. Ve ailenize bunu ters çevirmelerini önerin. Anneniz ortalığı velveleye verecektir. Çünkü kızcılık suyunun döküleceğini sanacaktır. Aslında dökülebilir. Dökülmeyeceğini garanti edemem.

Fakat, bu durumda bunu açıklayacak bütün her şeyi biliyorsunuz, dökülmemesi gerekiyor.

Lütfen, beni şükran günü yemeğinize davet edin ve bunu anne ve babanıza göstereyim.

Gelecek derste görüşürüz.