



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 33

Sıvılar sıkıştırılmaz; gazlar sıkıştırılabilir.

Gazın hacmini %50 oranında azalttığınızda, bu bir sorun değildir.

Bir sıvı için bunu yapmak imkansızdır.

Sıvılarda, atom ve moleküller birbirleri ile etkin temastalardır, halbuki gazlarda birbirinden oldukça uzak mesafelerdedirler. İşte gazların sıkıştırılabilir olmasının nedeni budur.

Eğer bir atmosfer basınçlık havayı alırsanız, bu havanın yoğunluğu suyun yoğunluğundan 1000 kat daha azdır.

Bu sizlere hava moleküllerinin birbirlerinden çok uzak olduklarını söyler.

Orada gördüğünüz üzere basınç, gazın hacmi, Kelvin cinsinden gazın sıcaklığı ve sahip olduğunuz moleküllerin sayısı aralarında basit bir ilişkinin olduğu deneysel bir gerçektir.

Şimdi, "molekül" kelimesinden bahsettiğim zaman, genellikle "atomlar" dan bahsediyorum demektir. Helyum, Neon, Kripton ve Argonun atomik gazlar olduğunun ve O₂, H₂, CO₂ nin de moleküler gazlar olduğunun farkına varmanızı istiyorum.

O halde "atomlar" dan bahsettiğimde bile "molekül" kelimesini kullanacağım ve belki de tam tersini kullanacağım. Sadece kolaylık olsun diye.

Bu nicelikler arasındaki mevcut ilişki, $PV = nRT$ şeklindedir: basınç, hacim, n mollerin sayısıdır ve buna daha sonra tekrar döneceğim.

Bu nicelikler arasındaki R, değeri 8.3 joule bölü Kelvin derece olan evrensel ideal gaz sabitidir, Burada T Kelvin derece biriminde olmalıdır.

O halde mol nedir? Bir mol her zaman yaklaşık 6.02 çarpı 10 üzeri 23 molekül ya da atoma sahiptir. Helyuma sahip olmanız durumunda, ben buna molekül diyeceğim.

Ve bu sayı, Avagadro sayısı olarak adlandırılır. O halde bu bir molün tanımıdır.

Eğer bir mol Helyum veya bir mol Oksijen veya CO_2 ya da N_2 alırsanız, aldığınızın ne olması hiç önemli değil, onlar her zaman yaklaşık olarak bu kadar molekül sayısına sahip olacaklardır.

Şimdi, bu maddelerin her biri çok farklı kütlelere sahiptir.

Örneğin eğer karbonu alırsam, bu durumda bir mol karbon 12 grama çok yakın bir ağırlıkta olacaktır.

Eğer Helyumu alırsam, bir mol Helyum 4 grama çok yakın ağırlıkta olacaktır.

Ve eğer oksijen, O_2 , alırsam, bu durumda bir molü 32 grama çok yakın olacaktır.

O halde bir molde, molekül sayıları ya da atom sayıları aynıdır ama, kütleler çok farklıdır.

Bir nötr atom aldığım zaman, bu durumda bir çekirdek vardır ve çekirdek protonları ve nötronları içerir. Çekirdek Z tane protona ve N tane nötrona sahiptir.

Protonlar pozitif olarak yüklüdür ve atom eğer nötr ise Z elektrona sahiptir.

Elektronların hemen hemen hiç ağırlığı bulunmamaktadır; onu ihmal edebilirsiniz.

Bütün kütle proton ve nötronlardadır.

N artı Z, A olarak adlandırılır ve bu da atomik kütle numarası olarak adlandırılır.

Karbonu biraz daha ayrıntılı inceleyelim.

Eğer Karbonunuz var ise, ve şimdilik ona Karbon 12 diyorum, niçin dediğimi birazdan göreceksiniz. .Bu durumda Karbon çekirdeğinde her zaman 6 proton vardır; aksi takdirde Karbon olamaz. Ve Karbon 6 nötrona da sahip olduğu zaman, bu durumda A ,12 dir. Ona Karbon 12 dememizin sebebi budur.

O halde Karbonun atomik kütle numarası 12'dir, fakat örneğin, karbon 14 olsaydı--

Bu radyoaktif olurdu. Yine, 6 protona sahip olacaktır, aksi takdirde Karbon olamaz, şimdi 8 nötronunuz olur ve atomik kütle numarası 14 olacaktır.

Bir mol, gram biriminde bu sayıya eşittir. Ve böylece orada Karbonun, gram biriminde atomik kütle numarasının 12 olduğunu görüyorsunuz.

Eğer Helyumu alırsanız, 2 proton ve 2 nötronu vardır, o halde A, 4 tür.

4 gram görmenizin sebebi budur.

Eğer Oksijeni alırsanız, 8 proton ve 8 nötronu vardır ve böylece A 16 dır, fakat sizler oksijene O_2 gaz formunda sahipsiniz, bu yüzden şimdi atomik kütle numarası iki katı yani 32 olmalıdır. Ve böylece O_2 nin bir molü 32 gramdır.

Aslında, Avogadro sayısı Karbon 12 ye göre tanımlanır.

Eğer Karbon 12 den 12 gram alır ve atomlarını sayarsanız, bu durumda tam olarak Avagadro sayısını elde edersiniz. İşte Avagadro sayısının tanımı budur ve bu bizim oradaki 6 çarpı 10 üzeri 23 değerine oldukça yakındır.

Protonun kütlesi ve nötronun kütlesi yaklaşık olarak eşittir. “Nötronun kütlesi için m_2 yazdım; oysaki m_n olmalıydı.”

O halde 1 molekülün ya da atomun kütlesi, bu A değeri olacaktır çünkü bu, proton ve nötronların toplamı çarpı nötron ve proton kütlelerinin çarpımıdır.

O halde bu A çarpı- burayı yaklaşık eşit yapmalıyım, 1.66 çarpı 10 üzeri -27 kg şeklindedir. O halde şimdi bu, bir atomun ya da molekülün özgül kütlesidir ve orada gördüğünüz bilgilerin hepsi web’de var.

O halde, şimdi basit bir örnek yapalım. Gazları alıyorum, herhangi bir gaz. İstediğiniz gazı seçebilirsiniz. Ve basıncı 1 atmosfer alıyorum.

O halde bu basıncın 1.03 çarpı 10 üzeri 5 Pascal olması demektir.

Deneyi oda sıcaklığında yapıyorum, bu yüzden T, 293 Kelvin derecedir.

Ve bütün durumlarda sadece 1 mol alıyorum, böylece n, 1 dir.

Ve şimdi sizlere bu gazın hacminin ne olacağını soruyorum. Öyleyse, gaz kanununu alırsınız ve bu kanun sizlere V hacminin nRT bölü P ye eşit olduğunu söyler.

n’ nin ne olduğunu biliyorsunuz. R yi biliyorsunuz,

Affedersiniz, biraz önde gidiyorum.

R’ nin, 8.3 olduğunu biliyorsunuz, sıcaklığın 293 olduğunu biliyorsunuz ve basıncın 1.03 çarpı 10 üzeri 5 olduğunu biliyorsunuz. Ve bunu hesapladığınızda, 24 litreye çok yakın bir değer bulursunuz ve bir litre yaklaşık 1000 santimetre küptür.

Ve bu, onun Helyum ya da Oksijen ya da Azot ya da CO₂ olup olmadığından bağımsızdır. Gaz olması şartıyla, bir atmosfer basınç ve oda sıcaklığında bir mol, her zaman yaklaşık 24 litrelik aynı hacme sahip olmaktadır.

Eğer bir gaz bu kanuna tam olarak uyarsa, biz onu ideal gaz olarak adlandırırız.

Bunu ideal gaz yasası olarak adlandırmamızın sebebi budur. Ve birçok gaz neredeyse bu yasaya uyar.

Nitekim, eğer oda sıcaklığında ve bir atmosfer basınçta bir mol oksijen, O₂, alırsanız, oksijenin hacmini hesaplırsanız, ölçeceğiniz gerçek hacim, ideal gaz yasası ile bulacağınızdan sadece % 0.1 kadar daha küçüktür.

Eğer bunu 20 atmosferde yaparsanız, bu değer hala sadece % 2 daha küçük olacaktır, dolayısıyla bu birçok durumda çok iyi bir yaklaşımdır.

Bu ideal gaz kanunu ifadesinde atom ve moleküllerin kütlelerinin hiç olmaması çok şaşırtıcıdır. Ve bu çok düşündürücüdür. Bunu hiç beklemezsiniz.

Ve niçin bunu beklemeyeceğinizi sizlere göstereceğim.

Molekül kütleleri çok farklı olan iki farklı gaz alalım, fakat aynı mol sayısına, aynı hacme ve aynı sıcaklığa sahibiz, bu durumda ideal gaz yasasına göre aynı basınca da sahip olmamız gerekir. Fakat moleküllerin kütleleri oldukça farklı.

Burada o moleküllerden bazılarını görmektesiniz.

Ve atom yoğunlukları da aynıdır, çünkü atom sayıları aynıdır ve hacim aynıdır. Şimdi, bu moleküller farklı hızlarda her yöne doğru giderler. Kolaylık olsun diye şimdi ortalama hızı alacağım ve bunun bu yönde gitmekte olduğunu varsayacağım.

Onlar kabın duvarına, bu alana doğru gidiyorlar.

Duvara çarpıyor, esnek çarpışma yaparak tam olarak aynı doğrultuda geri dönüyor.

Burada bir momentum transferi söz konusudur ve bir çarpışma için momentum transferi $2mv$ 'dir. Çünkü o, bu yönde mv ile geliyor, bu yönde mv ile geri dönüyor, bu nedenle momentum transferi $2mv$ 'dir.

Fakat ben saniye başına momentum transferi ile ilgilenmekteyim. Sadece bir molekül için değil. Ve şimdi tabii ki hız ile de çarpmalıyım. Çünkü hız yüksek ise burada saniye başına çok sayıda bombardımanınız var demektir.

Her bir bombardıman için, momentum transferi budur. Fakat eğer çok sayıda varsa, tabii ki bu durumda hız ile çarpmanız gerekir.

O halde saniyedeki momentum transferi mv^2 ile orantılıdır. mv bir parçacığın momentumundan kaynaklanır ve v ise saniyedeki çarpışma sayısından gelir.

O halde şimdi saniyedeki momentum transferi açık bir şekilde kuvvet ile orantılıdır ve bu da basınç ile orantılıdır. Fakat yine de basınç kütleden etkilenmemektedir. Bunu fark ettiniz mi? Eğer bunlar aynı ise basınç da aynı olmalıdır.

Ve bu nedenle anlaşılması zor olan sadece bir sonuç çıkarabilirsiniz; ve bu da verilen bir sıcaklık değerinde basıncın aynı olması için, bu mv^2 çarpımının molekülün kütlesinden bağımsız olduğudur.

mv^2 nin molekülün kütlesinden bağımsız olması nasıl mümkün olabilir?

Bunun mümkün olmasının sadece bir tek yolu var. Eğer iki farklı kütle, molekül kütleleri tamamıyla farklı olan iki gaz alırsanız, bu çarpımın her zaman verilen bir sıcaklık için aynı olması gerekir. Ve bu gerçekten de böyledir.

O halde örnek olarak, helyumu alır ve onu oksijen ile karşılaştırırsanız, bu ikisinin kütlelerinin oranı 4 e 32'dir. Ve bu, bundan 8 kat daha ağırdır.

Ve onlar belli bir sıcaklıkta bulunmaktadırlar. Bu durumda helyumun kütlesi çarpı helyumun ortalama hızının karesi, oksijenin kütlesi çarpı oksijenin ortalama hızının karesine eşittir. Ve eğer bu oksijen molekülü 8 kat daha fazla kütleli ise, bu durumda hızının karesi karekök 8 kere daha küçüktür. Çünkü oran 32 bölü 4, yani 8 dir.

Bu nedenle oksijen moleküllerin daha düşük bir hızı olur; böylece mv^2 çarpımı her zaman aynıdır.

Oksijen molekülleri oda sıcaklığında yaklaşık 480 metre bölü saniye hıza sahiptir ve bu durumda, helyumun hızı karekök 8 kat daha büyüktür. Eğer Oksijen ve Helyum karışımını alırsanız, bu durumda, gazlardan birinin molekülleri yaklaşık 480 metre bölü saniye ortalama hıza sahip olurken, diğeri 1350 metre bölü saniyelik bir hıza sahip olur.

Gaz yasasının geçerli olmasının tek yolu budur. Bu gaz yasasının bir sonucudur.

Genellikle gaz yasasının farklı bir şekilde, PV eşit büyük N çarpı k çarpı T olarak yazıldığını görürsünüz. Bunu orada da görüyorsunuz.

Ve bu büyük N, sahip olduğunuz moleküllerin toplam sayısıdır. Mol sayısı olan küçük n ile karıştırmayın. Böylece bu toplam molekül sayısıdır ve k'ya Boltzmann sabiti denir.

Ve N k ile n R' in aynı olması gerektiği için, eğer iki gaz yasasını karşılaştırırsanız, biri orada ve biri de burada, k'nın tanımlanma şekli, R bölü N_A dır.

K, R bölü Avagadro sayısıdır. Çünkü hatırlarsanız küçük n toplam moleküllerin sayısı bölü N_A dır.

O halde bunu yerine koyarsanız, 8.3 bölü 6.02 çarpı 10 üzeri 23, ve bu ise yaklaşık 1.38 çarpı 10 üzeri -23 J/K' değeri verir. Ve bu sayıyı kullanabilirsiniz.

İsterseniz bu eşitliği ya da o eşitliği, hangisi daha uygun ise onu kullanabilirsiniz.

İkisi de aynıdır.

Şimdi ideal gaz yasasını test edelim. Ve onu şu şekilde test edeceğim: Burada içinde hava olan bir bakır cisimim var. Ve onu ısıtacağım. Sizlere tahtada bir grafik çizeceğim. Bu hacim ve bu ise neredeyse hiç hacmi olmayan son derece ince bir tüp ve ucunda bir basınç göstergesi var.

İşte bu bize basıncı verecek olan göstergedir ve basınç pound bölü inch kare şeklinde veriliyor. Bu birimi kullanmak istemem ama maalesef böyle.

Hatırlamanız için, 1 atmosfer yaklaşık olarak 15 pound bölü inch karedir.

Bu aşırı basıncı ölçen bir göstergedir. Diğer bir ifadeyle, eğer onu 1 atmosfer basınca maruz bırakırsanız, sıfır gösterecektir.

Aynen bir benzin istasyonuna gidip tekerlerin basıncını ölçtüğünüz zaman, oradaki alette fazlalık basıncı, iç ve dış arasındaki farklılığı ölçmektedir.

Burada bir vanası var onu atmosfere açabilirim. Ve bunu yaptığım zaman, buradaki sıcaklık ne olursa olsun, bu durumda basınç yaklaşık 1 atmosferdir. Çünkü dışarıya açıktır. O halde buradaki basınç 1 atmosfer olacaktır.

Ve bu durum, vanamız açık olduğu zamanki durumdur. Ve bu eriyen buzun içindedir.

Eriyen buz yani T_1 , 273 Kelvin derecedir.

P_1 , 1 atmosfer, ve V_1 ise bilmediğim bir değere sahiptir.

Bu vanayı kapatıyorum. Böylece içerideki hava mollerinin sayısı sabittir; değişmeyecektir. O halde içerisi 1 atmosferdir ve n değeri ne olursa olsun, bunun hiçbir önemi yoktur. n , değişmeyecektir.

Şimdi onu kaynayan su içine koyacağım ve böylece, T_2 'nin 373 Kelvin derece olacağını biliyorum. Şimdi, P_2 'nin ne olduğunu bilmek istiyorum. Ve hacim oldukça az değişecektir. Hacim, bakırın genleşme katsayısından dolayı değişir.

Ve bu hacim değeri için, elde edilecek olan hacim genleşmesini hesapladım ve ısınmadan dolayı artan bu değer, orijinal hacmin sadece % 0.5'i kadardır. Bu yüzden V_2 nin V_1 den çok az farklı olacağını varsayabilirsiniz.. Hacimlerin yaklaşık aynı olduğu söylenebilir. Ve kesinlikle aynı mol sayısına sahibiz.

Ve şimdi, onu kaynayan suya koyduğumuzda, basıncın ne olacağını, gaz kanunu ile tahmin edebiliriz. $P_1 V_1$ eşit nRT_1 ve $P_2 V_2$ eşit nRT_2 elde ederiz.

Bu iki eşitliği birbirine bölerim, ve n ve R birbirini götürür. Hacimler aynı olduğu konusunda hemfikirdik. Ve böylece P_1 bölü P_2 eşit T_1 bölü T_2 elde ederiz. Amacımız P_2 yi bulmaktır ve bu P_1 çarpı T_2 bölü T_1 olur. P_1 , 1 atmosferdir.

T_2 , 373; T_1 , 273'tür, O halde P_2 ; 1 atmosfer çarpı 373 bölü 273 olur.

Bu, gaz yasasının söylediği şeydir.

Ve bu oran 1.366'dır. Bu durumda P_2 , 1.366 çarpı 1 atmosfer olur.

Şimdi bu gösterge, aşırı basınç göstergesidir; bundan dolayı, bu değeri göremeyeceksiniz. Göreceğiniz şey 1 atmosfer ile olan farktır.

Böylece göstergenin bize göstereceği değer 0.366 çarpı 1 atmosferdir. Ve gösterge, 15 pound bölü inch kare olarak kalibre edildiğinden dolayı; bu 0.366 çarpı 15 pound bölü inch karedir. Ve bu yaklaşık 5.4 pound bölü inch karedir.

Bu tahmin ettiğim değerdir ve ne kadar yakın bir değer elde edeceğimizi göreceğiz.

Eğer her şey iyi giderse bunu göreceksiniz.

Tamam, işte orada. Sizin için ışık durumunu biraz iyileştireyim. Hatta biraz daha karartabilirim. Burada, göstergeyi görüyorsunuz.

Buzlu suda olmasına rağmen, göstergenin sıfır olduğuna dikkat edin.

Bu vana açık, sıfırı göstermektedir. Çünkü, sadece aşırı basıncı ölçer.

Ve şimdi bu vanayı kapatacağız. Vana şimdi kapalı. Nesne bu ve hacmi belli.

Bana sanki bir tuvalet sifonundaki banyo şamandırması gibi geliyor,. Muhtemelen de odur. Ve şimdi kaynayan suyun içine daldırıyorum. Ve şimdi basınca dikkat edin.

İşte artıyor. 3, 3.5, 4. Bu pound bölü inch kare cinsinden, aşırı basınç değeridir.

4, 4.5 Sadece biraz daha zaman vereceğim.

Gaz iyi bir yalıtkan olduğu için, gazların bu bakır topun duvarlarına varması biraz zaman alacaktır. Neredeyse 5'e yaklaştı.

Elbette, beklemek zorunda değiliz, Şimdi 5.5, 5.4. Eğer beklersek, muhtemelen yükselecektir. Şimdi 5. Bekleme çok da anlamlı değil..

Şimdi eğer vanayı açarsam, ne olacağını sizlere sormak istiyorum.

Evet? Ne olur? Evet.

O halde eğer vanayı açarsam, yüksek basınç dışarı çıkacaktır. İçerisinde 1 atmosfer olacaktır ve bu aşırı basınç göstergesi olduğundan, sıfırı gösterecektir.

Şu an, 5. Bana göre bu iyi. Oldukça yakın. Bu yaklaşık %8 den az.

Önceki derste, 5.3 elde ettik. Fakat, orada biraz sabretmiştik.

Şu anda vanayı açacağım ve ne olacağına bakın. Sıfıra geri gidiyor.

İçerdeki hava basıncı, 1 atmosferden daha yüksek olduğundan; birazı dışarı çıktı.

Böylece, mantıklı bir deneyle, ideal gaz yasasının ilk uygulamasını gözlemlemiş olduk.

Bir gaz sıvıya dönüşebilir ve sıvı da katılaşabilir ve bu tümüyle maddenin türüne sıcaklığına ve basıncına bağlıdır. Ve bu bizleri faz diyagramları olarak adlandırdığımız alana götürür. Sizlere internette de olan faz diyagramının grafiğini göstereceğim.

Burada bir faz diyagramını görüyorsunuz. Kolayca anlaşılabilir. Burası basınç, burası da sıcaklıktır.

İçinde gaz olan bir silindirimizin olduğunu ve bu silindir üzerine bir piston koyarak, yavaşça aşağıya doğru indirdiğimizi düşünelim.

Buradan belli bir sıcaklık değerinde başlıyoruz ve sıcaklığı değiştirmeyeceğiz. Ve pistonu aşağı doğru yavaşça indiriyoruz. Bu yönde, ideal gaz yasası geçerlidir.

Sıcaklık sabittir ve eğer gaz yasasına bakarsanız, PV değeri de sabit kalır.

Yeri gelmişken, bu Boyle yasası olarak adlandırılır ve basınç ve hacmin çarpımının sabit olduğunu söyler. Böylece gazın basıncı yükselir, hacmi düşer, basınç yükselir, hacim düşer, basınç yükselir, bu noktaya ulaşana kadar devam eder.

Bu durumda sıvı elde edilir. Böylece basınç, bu sıcaklıkta sıvı oluşturmak için yeterince yüksektir. Eğer daha fazla bastırırsam, basınç yükselmeyecektir.

Son moleküle varancıya kadar, bütün gaz sıvıya dönüşecektir. Her şey sıvıya dönüşene kadar, sıvının üzerine daha fazla basınç uygulayabilirim.

Bunu yapmak aptalca olabilir, fakat bunu yapabilirim. Sıvıyı daha fazla sıkıştırmayacaksınız, fakat deneyebilirsiniz. Ve bazı durumlarda, ona olağanüstü bir basınç uygularsanız, sıvıyı katıya dönüştürebilirsiniz. Ve bu durumda, katı bölge olan buraya ulaşırsınız.

Daha az anlaşılan şey, eğer bunu düşük sıcaklıkta yaparsanız ve hacmi azaltırsanız, bu durumda basınç yükselir ve faz diyagramındaki bu noktaya varırsınız. Böylece sıvı yoğunlaşma olmaz. Fakat hemen katı oluşumu gerçekleşir.

Böylece hemen gaz fazından katı faza geçersiniz.

Pistonu daha da fazla aşağı doğru ittiğinizde, tüm gaz katı hale gelinceye kadar basınç yükselmeyecektir, ve sonra artmaya devam edecektir.

Buranın 1 atmosfer olduğunu ve biraz buz aldığımı varsayalım. Ya da bir atmosferde bir parça demir alabilirsiniz. Ve o çok düşük sıcaklıkta ve katı halde.

Ve onu ısıtmaya başlıyorum, fakat basıncı 1 atmosfer sabit tutuyorum. O katı, ve hala katı. Bu noktada erimeye başlıyor. Bu erime noktası olacaktır.

Ve ısıtmaya devam ettiğimde, tüm katı sıvı haline gelene kadar sıcaklık artmayacaktır. Daha sonra sıcaklığı artırabilirim.

Bu durumda sıvı bu çizgiye ulaşınca kadar ısınacaktır. Ve bu çizgiye ulaştığınızda, sıvının bir kısmı gaza dönüşecektir. Bir atmosferde kaynayacaktır.

Kaynadığını göreceksiniz. Sıcaklığını artıramazsınız. Eğer su ise, 100 santigrat derecede kalacaktır. Tüm sıvı gaz haline gelinceye kadar, yapabileceğiniz hiç bir şey yok. Bunu su buharı olarak adlandırırız. Bundan sonra; sıcaklık daha da artabilir.

Dolayısıyla bu nokta, buz ve su için erime noktası olacak ve bu, bir atmosferde kaynama noktası olacaktır.

İşte faz diyagramı arkasındaki düşünce budur. Ve bunu deneylerimizin bazılarında bugün kullanacağız.

Burada bir yangın söndürücüm var ve yangın söndürücü CO₂ ile doludur. Bu bilgi sizlere verilmiş. Ve ben kendi kendime soruyorum. Gerçekten kendi kendime sorduğum bir soru. Sizler için hazırladığım bir şey değil.

Kendi kendime soruyorum: içerisinde sıvı karbondioksit mi, yoksa gaz mı var? Eğer varsa, basınç ne olabilir? Bu yüzden, bu tankın hacmini ölçtüm.

Yaklaşık 40 santimetre yüksekliğe ve 15 santimetre çapa sahip. Bir silindirdir. Bu yaklaşık 40 santimetre ve bu yaklaşık 15 santimetre. Böylece hacmi hesaplamak kolaydır ve değeri 2.3 çarpı 10 üzeri -3 metreküptür.

Oda sıcaklığında olduğu açıktır. Bunun tartışması bile olmaz.

Bu yaklaşık 293 Kelvin derecedir. Bizimde bulunduğumuz sıcaklıkla aynıdır.

Şimdi bunun içinde kaç mol olduğunu, küçük n' i, bilmek istiyorum.

Ve bu tankın üzerindeki etikette, dolu olduğunda 31 pound, boş olduğunda, yani içerisinde CO₂ yokken, 21 pound geldiğini okudum. O halde içindeki CO₂ gazının kütlesi, içinde ne olduğu önemli değil, belki de sıvıdır, 10 pounddur. Bu bilgi verilmiş.

Ve bu 4500 gram'dır. Bir pound 450 gramdır..

O halde n'nin ne olduğunu biliyorum. Çünkü CO₂' in atomik kütle numarası 12 artı 32, 44 tür. Ve bu 4500 bölü 44, yani 100 dür.

O halde yaklaşık 100 molüm var.

Şimdi, kendi kendime "basınç nedir? diye sorabilirim. Eğer bu kadar gaz olsaydı basınç ne olurdu? Güzel. Eğer bu gaz olsaydı, bu durumda basınç, P, n çarpı R çarpı T bölü V olurdu. Bu değerleri yerine koyuyorum ve sonucun 10 üzeri 8 --

10 üzeri 8 pascal, bu muazzam bir basınç.

10 üzeri 8 Pascal yaklaşık 1000 atmosferdir, içeride gaz olup olmadığından çok şüphelendim. Çünkü kendi kendime CO₂ in, bu yüksek basınçta muhtemelen sıvı haline geldiğini söyledim. Ve bu yüzden internette aradım..

Aslında, benim için bunu yüksek lisans öğrencim Dave Pooley yaptı. İnternette aradı ve karbon dioksit için faz diyagramı bulduk. Ve ne görüyorsunuz? Bu atmosfer biriminde basınçtır. Acayip bir ölçeklendirmedir. Çünkü 5, 10,15 diye gidiyor, sonra ise bir kesinti var ve 73'e gidiyor. Ve bu sıcaklıktır, 0 derece ve 20 derece.

Ve böylece 20 derecede, Eğer içinde sıvı varsa, bu sıvının gaz ile dengede olması gerektiğini biliyoruz.

Yukarı doğru gidiyorsunuz ve şekilde 1000 atmosferi göremiyorsunuz. Buna göre 1000 atmosfer koridorda bir yerlerde olur. Böylece 60 atmosfer gibi bir değerde, sıvılaşmaya başlar. Buradaki ölçekte 60 göremeyebilirsiniz. Çünkü orası atlanmıştır.

Fakat itfaiyeyi aradım ve yaklaşık 900 pound bölü inch kare olduğunu söylediler. Bu yaklaşık 60 atmosferdir. Ve bu durumda bu kutu sıvı ve gaz içermektedir ve bu çizgide kalır. Daha yüksek de ve daha düşük de olamaz.

Bunu düşünün. Çünkü bu çizgide sıvı ve gaz birlikte bulunur.

Onların bunu yapabilecekleri tek yol, eğer sıcaklık 20 derece ise, bu basınç değeridir.

Ve vanayı açıp CO_2 i salıverdiğinizde, sıvı CO_2 gaza dönüşecektir. Fakat tüm sıvı tükenene kadar, basınç daima 60 atmosferde kalacaktır. Ve tükenene kadar basınç 60 atmosferin altına düşmeyecektir.

Daha önce hidrostatik dengeyi, genellikle sıvıların hidrostatik dengesini ele aldık. Fakat onu sadece sıvılar için hidrostatik basıncı hesaplamada kullandık.

Ve hidrostatik denge için eşitlik ve hiç şüphesiz bu final sınavında çıkacaktır, $dP = \rho dy$ eşit eksi ρ çarpı g şeklindedir.

Ve bunu bir sıvı için kullanmak çok kolaydır. Çünkü sıvı sıkıştırılmaz, bu nedenle ρ basıncın fonksiyonu değildir. Böylece bunun integralini kolayca alabilirsiniz ve bunu yapmıştık. P ve y arasında doğrusal bir ilişki elde edersiniz.

Böylece burası y ve burası da hidrostatik basınç olsun ve burada ise y , sıfır olsun.

Yani deniz seviyesinde. Bunu sıfır olarak alıyorum. Ve burası eksi 4000 metre, 4000 metre aşağısı olsun. Bu durumda basınç bu şekilde değişir.

Burası yaklaşık 400 atmosfer civarındadır. Ve doğrusal olarak azalır. Yüzeye çıktığınızda, doğrusal bir şekilde azalır.

Burada 1 atmosfer olabilir. Çünkü bu barometrik basınçtır. Ancak bu ayrıntıdır.

Bunun gerçekten hidrostatik basınç olmasını istiyorum. Bu eksi ρ çarpı g çarpı y dir.

Gazlar için bu çok farklı olur. Çünkü gazlarda yoğunluk basınca bağlıdır.

Ve şimdi sizler için atmosferimizde basıncın yükseklik ile nasıl değiştiğini türeteceğim. Ve bundan çok farklı olacaktır. Ve bunu bir varsayım kullanarak yapacağım. Bu ideal bir varsayım değil, ama çok kötü de değil.

Şöyle ki; atmosferimizin sıcaklığının aşağı yukarı her yerde sabit olduğunu varsayacağım. Ve bunu sıfır santigrat derece alacağız. Burası biraz sıcak; yükseklerle çıktığınızda biraz daha soğuktur. Bunu izotermal atmosfer olarak adlandırırız.

Bir gazın yoğunluğu nedir? Gazın kütesinin hacmine bölümüdür.

Belli bir hacim alırım ve içinde N molekülüm var. Ve her bir molekülün kütlesi m , ve bu hacimdir, O halde bu yoğunluktur.

Fakat şimdi oradaki gaz kanunuma gidiyorum ve 'Aha! Molekül sayısı olan büyük N in hacme bölümü aynı zamanda P bölü kT 'dir. O halde bu P bölü kT çarpı m dir.

Şimdi bu eşitliği alıyorum ve böylece dP/dy eşit eksi P çarpı m , bölü kT çarpı g yazıyorum. P 'yi buraya ve dy 'yi de buraya getiriyorum. Böylece dP bölü P eşit eksi, mg bölü kT , ki bu bir tür sabittir, çarpı dy olur.

İlk olarak şu sabit hakkında konuşalım.

Bu sabit bir boyuta sahip olmalıdır. 1 bölü metre, Çünkü bu boyutsuzdur.

Basınç bölü basınç boyutsuzdur.

dy uzunluk boyutundadır. Dolayısıyla bu 1 bölü uzunluk boyutuna sahip olmalıdır.

Hatta, kT bölü mg nin ne olduğunu hesaplayabilirim. Bu durumda, bunun uzunluk boyutuna sahip olması gerekir. k 'yi biliyorum; T 'yi biliyorum; 0 santigrat derece alırım. O halde T , 273'tür. g 'nin ne olduğunu biliyorum.

Molekül için ne almalıyım?. Hava molekülü . Hava molekülü nedir? %20 Oksijen, %80 Azot var. Oksijenin atomik kütle numarasını 32, azotun 28'dir.

Fakat gerçekte, oksijenden daha fazla azot vardır.

O halde bir hava molekülünün ortalama kütlesi için, atomik kütle numarasını 29 olarak alabiliriz. Bu durumda yaklaşık olarak 29 çarpı 1.66 çarpı 10 üzeri -27 kg elde edersiniz. Ve bunu eşitliğe koyduğunuzda, kT/mg 'nin 8000 m olduğunu bulursunuz.

Uzunluk birimine sahiptir. Yani 8 km'dir, ve buna H_0 deriz.

Bunu yeniden yazacağım. Neredeyse entegral almanın sonuna gelmiştik.

Eşitliği yeniden yazacağım ve 1 bölü H_0 sabitini koyacağım. Çünkü uzunluğu elde etmek için onu ters çevirdiğimi hatırlayın.

O halde, dP bölü P eşit eksi bir bölü H_0 çarpı dy elde ederiz.

Buranın integralini P_0 deniz seviyesi basıncı ile, herhangi bir h yükseklikteki $P_{(h)}$ basıncı arasında alıyorum. Ve dy nin integralini ise, deniz seviyesi ile h arasında alıyorum. Ve bu kolay bir integraldir, bu nedenle $\ln h$ yüksekliği için $P_{(h)}$ bölü P_0 eşit eksi h bölü H_0 elde ederim. Çünkü dy nin sıfırdan h ye olan integrali basitçe h dir.

Şimdi ne bulurum? Böylelikle h yükseklikteki basınç olan $P_{(h)}$, eşit P_0 çarpı e üzeri eksi h bölü H_0 şeklindedir. Bu, atmosferdeki yüksekliktir. Ve eğer bu H 'ı alırsanız, bu durumda bu kilometre cinsinden yüksekliktir.

Bu durumda H_0 , 8 km olur.

Ve böylece eğer, bu eşitliği kullanırsanız; atmosferimizdeki farklı yüksekliklerde, basıncın ne olduğunu hesaplayabilirsiniz ve bu, kötü bir yaklaşım değildir.

Everest 8.9 kilometre yüksekliktedir. Eğer bu eşitliği kullanırsanız, oradaki atmosfer basıncının, buradaki değerin 1 bölü 3'ü kadar olduğunu bulacaksınız.

Yaşamak için yeterli oksijen yoktur. Şili'de, 2400 m yükseklikte epeyce optik gözlem yaptım. 2400 metrede basınç, bu eşitliğe göre atmosfer basıncının 3 bölü 4 ü kadardır. Ve orada su 100°C de kaynamıyor. Burada, deniz seviyesinde 100 derecede kaynar. Fakat 3 bölü 4 atmosferde su, 92 °C de kaynar. Böylece, asla rafadan yumurta elde etmenin zamanını ayarlayamazsınız.

Bunu asla doğru bir şekilde zamanlayamazsınız. Çünkü, 100 °C'ye alışkınsınızdır.

Aslında, mutfakta patatesleri ne kadar süre kaynatmanız gerektiği konusunda, tablolar vardır. Bu 90 °C de için ayarlanmıştır ve elde edebileceğiniz kaynama derecesi budur; daha yükseğe çıkamazsınız.

Everest tepesinde, su 72 °C de kaynar bu yüzden orada gerçekten sıcak yiyecekleri elde etmeniz imkansızdır. Bu nedenle, orada kesinlikle bir düdüklü tencereye ihtiyacınız olur.

Eğer 30 kilometre yüksekliğe çıkar ve basıncın ne olduğunu bu eşitliğe sorarsanız, bu bir atmosferin 1 bölü 45'idir, sadece 17 mmHg. O yükseklikte su, 20 °C de kaynar.

Sizlere suyun faz diyagramını göstermek istiyorum. Bu, suyun faz diyagramıdır.

Ve yapmak istediğim şey, biraz su alıp onu 30 km yüksekliğe çıkarmak olacak.

30 km de, su 20 °C de kaynamaya başlamalıdır.

Ve bunu nasıl biliyorum? Bu, su için faz diyagramıdır. 0 santigrat derece, 100 santigrat derece. Burası, mm-cıva olarak basınçtır ve ölçekler çok net değil.

Elimizde olan bu. Bunu, Dave Pooley yine benim için internetten buldu.

Şimdi, 20 °C alırsanız o burada bir yerlerde; ve 1 atmosfer 20 °C de suyunuz var aynı bu odada olduğu gibi.

Ve ona etki eden basıncı düşüreceğim. Onu vakuma alacağım ve bütün havayı dışarı atacağım. Basınç düşecek, düşecek, fakat sıcaklık değişmiyor, sıvı fazda aşağı doğru iniyorsunuz. Hala sıvı, hala sıvı, hala sıvı, hala sıvı; bu noktaya ulaşana kadar, sıvı şeklindedir. Sonra gaz ve sıvı bir arada bulunur.

Bunu su için buhar olarak adlandırırız. Ve bu kaynamaya başlayacağı anlamına gelir.

Ve bu basıncın yaklaşık 17 mm-cıva olduğu durumda olur ve bu da 30 km yüksekliğe denktir. Burada, oda sıcaklığında, biraz suyumuz var.

Suyu buraya, bir kavanozun içine koyuyorum. Bu vakum sistemi, klasik 19. yüzyıl yapısıdır. Oldukça yavaş. Düşük basınca ulaşması, en azından 5 dakika alacaktır.

Burada bardağı göreceksiniz. İşte orada.

Ve gözümüz onun üzerinde olacak. Hatta buradan basıncı da okuyabilirim ama çok önemli değil. Eğer onu yeteri kadar uzun pompalarsak, gaz ve sıvının bir arada bulunduğu çizgiye ulaşacağımız gerçeğini anlamanızı istiyorum. Ve bu kaynamanın tanımıdır.

Pompalamaya başlayayım. Ve bu arada başka şeyler yapacağız. Çünkü bu eski pompa ile istediğimiz kadar düşük basınca inmek oldukça zaman alacaktır.

Yaklaşık 15, 20 mmHg ya inmeliyiz. Bu arada, oldukça benzer bir şey üzerinde çalışacağız.

Bir boya kutum var. Onu burada görüyorsunuz. Bunu daha önce de görmüştünüz. Hatırlayın.

Onun içindeki havayı boşalttığımızda, içeri doğru çöktü ve neden içeriye doğru çöktüğünü anlamıştık. İçerisini 1 atmosfer hava ile doldurduk. Burası 25 cm, ve burası 15 cm idi. Havasını boşalttık ve daha sonra 1 kilogram bölü santimetre kare değerinde fazlalık bir basınç elde ettik.

Yalnızca bu ön kapak yaklaşık 375 santimetre karedir. Ve bu nedenle kuvvet oldukça büyüktü ve içeri doğru çöktü. Böyle olduğunu, içerisindeki havayı dışarı pompaladığımda, kendi gözlerinizle gördünüz.

Bugün biraz daha zekice bir şey yapacağım fakat aynı etkiyi gösterecek.

İçine biraz su koyacağım. Su burada. İçine koyuyorum. Ve bu suyu kaynatacağım. Bu anda, kutu içinde 1 atmosfer hava vardır.

Fakat, su kaynamaya başladıkça, suyun buhar basıncı 100 santigrat derecede 1 atmosfer olur. Ve böylece kutu sadece su buharı ile dolar ve tüm havayı dışarı atar. İçinde hava kalmaz.

Buharın dışarı çıktığını gördüğümüz anda, içeride hava kalmamış demektir.

Daha sonra onu kapatacağım ve kutuyu buraya koyup, soğumaya bırakacağım.

Su buharı basıncı 20 santigrat derecede ne kadardır? Bunu sizlere biraz önce söyledim. Bu yaklaşık 17 mmHg' dir. Bir atmosferin 1 bölü 45'idir.

Diğer bir ifadeyle, eğer kutu hacmini korur ve içe doğru çökmezse, 20 °C'ye ulaştığı zaman; buradaki basınç, sadece 1 atmosfer basıncın yüzde birkaçı olur. Bu sanki burada bir vakum elde etme gibidir. Ve açıkça, kutu içeriye doğru çökecektir.

Onu kaynatacağız ve havayı dışarı atacağız. Sanırım kaynıyor.

Tüm havanın dışarı atıldığından emin olmalıyım. İçinde sadece saf su buharı olmasını istiyorum. Evet, iyi görünüyor.

İşte soğumaya bırakıldı. Şimdi, buhar basıncı düşer.

Eğer buharı gaz olarak alırsanız, bu buhar sıvıya yoğunlaşır. Çünkü düşük sıcaklıkta buhar, yoğunlaşmaya başlayacaktır. Ve yaptığı şey, bu çizgi boyunca aşağı doğru inmektedir.

İşte!!! Su kaynıyor! Görüyor musunuz? Su kaynıyor. 20 °C. Su kaynıyor.

Tamam, bunu gördük. Geriye dönelim.

Suya geri dönelim mi? Kaynamış su ile burada 1 atmosfer, 100 °C ile başladık.

Sıcaklık azaldıkça, bu çizgi üzerinde kalmalıdır. Çünkü sıvı ve buhar birbiri ile termal dengededir. Ve bu çizgi boyunca inerken basıncın düştüğünü görüyorsunuz.

Ve 20 °C ye ulaşıncaya, 17 mm Hg ya düşmüş oluruz.

Şimdi, eğer bu kutu sızdırıyorsa, ki ben öyle olduğunu düşünüyorum; halihazırda çökmüş olmalıydı Eğer kutu sızdırıyorsa, tabii ki bu durumda farklı bir durum oluşur.

Bu durumda, yapmasını istediğimiz şeyi yapmayacaktır. Bu yüzden bunu tekrar yapmak zorunda kalabilirim. Dolayısıyla, bunu diğer bir kutuyla yeniden yaparız.

Bunun içeriye doğru çökmüş olması gerekirdi. Bunu kaynatacağız. Biraz sabırlı olalım, tekrar deneyeceğiz.

Bu arada, sizleri oldukça garip olan bir deneyi birazcık tartışmaya ve mantıklı bir şekilde açıklamaya davet etmek ve neden benim istediğim şekilde davranmadığını bana açıklamanızı istiyorum.

Burada hava ile dolu olan küçük balonlarım var, ve onları sıvı azotun içerisine koyacağım. Belli bir hacimleri var. Hacmin ne olduğu umurumda değil.

Balonlar, 293 derece olan oda sıcaklığında ve içlerindeki basınç 1 atmosfere çok yakın. Neredeyse hiç fazlalık basınç yok.

Sıcaklığı sıvı azotun sıcaklığı olan 77 Kelvin derece yapacağım.

Basınç, 1 atmosfere çok yakın kalacaktır. Balonların çok fazla aşırı basınca sahip olmadığını düşünüyorum, onlarla ne yaparsanız yapın önemli değil.

Ve bu nedenle onların ne kadar büzüleceklerini bilmek istiyorum.

İdeal gaz yasasını uyguluyorum ve moleküllerin sayısı değişmeyecek, R değişmeyecek. Bu nedenle yeni hacim; eski hacim çarpı yeni sıcaklık bölü eski sıcaklık olacaktır.

Ve eğer ideal gaz yasası geçerli ise, bu eski hacim çarpı 77 bölü 293 olur.

Ve bu V_1 in dörtte biridir. O halde hacim dört kat daha az olur.

Eğer hacim dört kat daha az ise, bu durumda yarıçap, başlangıçta değerinin % 60 daha az olur. Çünkü hacim, R küpe orantılı değişir.

O halde R_2 , yaklaşık R_1 in %60 ıdır. Bunun fark edilmesi gerekir.

Bu büyüklükteki balon, bu büyüklüğe düşecektir.

Fakat, oldukça farklı bir şey göreceksiniz.

Sanırım bu tamam. Eğer kapağı bulabilirsem, kapağını kapatacağım. İşte burada.

Şimdi onu daha önce yaptığımdan daha sıkı kapatayım. Ve soğuduğu zaman, daha iyi olup olmayacağına bakalım. Açıkçası, diğeri düzgün bir şekilde kapatılmamıştı.

Balonlarımız burada ve balonları sıvı azota batıracağım.

Haydi, teneke. Eğer bu da sızıntı yaparsa, tamamen bir rastlantı olur. Normalde, saniyeler içinde çökerler. Bu çökmek istemiyor.

İşte çöküyor.

İşte çöküyor.

Garip sesler çıkarıyor.

İşte çöküyor, İşte çöküyor.

Bunu göreceksiniz.

Balonlara bakın.

Burada bir balon var ve burada da bir balon var.

Bugün birinizin doğum günü mü? Birilerinin olmalı. 200 çocuk. Çocuk değil, 200 yetişkin. Birilerinin doğum günü olmalı. %50 ihtimal. Kimsenin doğum günü değil mi? İnanması zor.

Tamam, eğer balonu sıvı azota koyarsam, yarıçapı, önceki değerinden %60 daha az olacaktır. Biraz küçülür.

İşte daldırıyorum. Ve göreceğiniz şey çok farklı bir şey olacak. Ve bunu açıklamanızı istiyorum.

Her türlü aletim var. Onu sıvı azota daldırdığımı aklınızda tutun.

Cevabı bulmak istediğiniz zaman, bunu hatırlayın.

Tamam, neredeyse hiç hacim kalmadı. Sanki yassı bir kek gibi. Hiçbir şey kalmadı.

Şimdi, tekrar eski haline geliyor. Çünkü şimdi, oda sıcaklığına yükseliyor.

Aman Allah'ım, orada zor zamanlar geçiriyor.

Neden o dörtte bir hacimde değil? Neden, beklediğinizden çok daha küçük? Bir kez daha yapacağım.

Eğer buraya gelerseniz. Niçin buraya gelmiyorsunuz? Hiçbir şey kalmadığını göreceksiniz.

Hacim neredeyse sıfır. Görüyor musun? Endişelenmene gerek yok.

Ve şimdi hacmi artıyor.

Bu hafta sonu düşünmeniz için son bir soru:

Burada tenis topları ile dolu bir kutum var. Ve bu kutuyu açtığınızda, tenis oynayan herkesin bildiği gibi

Hışışışt diye ses duyarsınız

Avrupa'ya gidip kahve satın aldığınızda ve kahve kutusunu açtığınızda

Hışışışt diye ses duyarsınız.

İnsanlar bunu severler ve bunun iyi olduğunu, içinde biraz vakum ya da benzer bir şey olduğunu ve kahvenin daha uzun süre, daha taze kalmasını sağladığını düşünür.

Saçmalık, ama önemli değil. Her neyse, bu tenis toplarında da aynı şey olur ve kutuyu açtığınız zaman, Hışışışt diye ses duyarsınız.

Şimdi soru geliyor; Kutunun içerisindeki basınç 1 atmosferden daha yüksek midir? Ya da daha mı düşüktür? Aynı olamaz. Çünkü bu durumda, Hışışt diye ses duymazsınız.

Ve eğer öyleyse, niçin içerisindeki basınç farklı olacaktır? Ve sizlere bir ipucu vereceğim ve önemli bir ipucudur.

Kutuyu açın, toplarla oynamayın, iki gün bekleyin ve toplar artık kullanılmaz. Onlarla artık oynayamazsınız. Bu sizlere bir ipucu vermeli. Düşünün.

Sıvı azot balonlarını düşünün. İyi hafta sonları.

Gelecek derste görüşürüz.