



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 7

Şimdiye kadar bu derslerde kütle hakkında, ivme hakkında ve kuvvetler hakkında konuştuk. Fakat asla ağırlık kelimesini kullanmadık. Ve bugünkü dersimizin konusu olacak olan ağırlık sezgi yolu ile anlaşılmayan ve oldukça aldatıcı bir şeydir.

Ağırlık nedir? Burada bir banyo tartısı üzerinde duruyorsunuz.

Yerçekimi sizi etkimektedir.  $mg$  kuvveti, ve kütle  $m$  dir.

Banyo tartısı sizi  $F_s$  kuvveti ile itmektedir. Ve bu durumda  $F_s$ , eğer sistem ivmelenmiyor ise  $mg$  ile aynıdır.

Banyo tartısı tarafından size uygulanan bu kuvveti, ağırlık olarak tanımlarız.

Banyo tartısı üzerinde durduğum zaman, ağırlığının 165 pound, yani yaklaşık 75kg olduğunu görebilirim.

Newton olarak ölçülebilir, fakat bu alışılmış bir durum değildir.

Eğer kendimi yerçekimi ivmesinin, 6 kat daha düşük olduğu ayda tartarsam, 6 kat daha az ağır gelirim.

Şimdiye kadar, her şey iyi.

Şimdi sizi bir asansörün içine koyacağım. Ve sizi yukarıya doğru ivmelendireceğim. Ve siz banyo tartısının üzerindesiniz.

İvme bu yönde, ve bunu artı olarak seçeceğim. Ve bunu eksi olarak seçeceğim. Yerçekimi sizin üzerinize  $mg$  şeklinde etki yapmaktadır. Ve banyo tartısı sizi yukarı doğru  $F$  kuvveti ile itmektedir.

Tanımlı gereği bu kuvvet, ağırlıktır.

Bazı denklemler yazmadan önce, her ne zaman, denklemlerimin herhangi birisinin içerisinde bir  $g$  görürseniz,  $g$  nin daima artı  $9,8$  olduğunun farkında olmanızı istiyorum.

Ve benim işaretlerim, benim eksi işaretlerim yönleri içermektedir. Fakat  $g$  daima artı 9.8 dir. İsterseniz artı 10 olarak alabilirsiniz.

Tamam, eğer bu yukarı doğru ivmelendirilirse, bu  $F_s$  kuvveti  $mg$  den daha büyük olmalıdır. Aksi takdirde, bunu ivmelendirebilemem.

Ve böylece Newton'un ikinci kanununu  $F_s$ , bu yöndedir, eksi  $mg$ , bu yöndedir eşit  $m$  çarpı  $a$ , ve banyo tartısı  $m$  çarpı  $a$  artı  $g$  yi gösterir.

Ve ağırlık kazandım.

Eğer ivme bu yönde 5 metre bölü saniye kare ise, normal ağırlığımın bir buçuk katı ağırlıkta olurum.

Eğer banyo tartısına bakarsam, göreceğim şey budur.

Görmek inanmaktır –

Bu benim ağırlığımdır.

Eğer yukarı doğru 30 metre bölü saniye kare ile ivmelenirsem, 30 artı 10 , 40 eder.

Normal ağırlığımın 4 katı olurum.

75kg ağırlığımın yerine, yaklaşık olarak 350 kg ağırlığında olurum.

Bunun benim ağırlığım olduğunu görüyorum.

Görmek inanmak demiştik.

Şimdi sizi, bir asansöre koyacağım.

Buradasınız.

Ve sizi aşağı doğru ivmelendireceğim.

Şimdi bu  $a$ ,

Ve sadece kolay olsun diye, bu yönü artı yön olarak alıyorum. Sadece benim kolaylığım için.

Bu gerçekten çok önemli değil.

Şimdi burada üzerinize etkiyen ağırlık olan, bir  $mg$  kuvveti var.

Ve şimdi banyo tartısı tarafından size etkiyen bir kuvvet söz konusu.

Açıkça,  $mg$   $F_s$  den daha büyük olmalıdır.

Aksi takdirde, aşağıya doğru ivmelendirilemezsiniz.

Eğer Newton'un ikinci yasası yazarsam, bu durumda  $mg$  eksi  $F_s$  ,  $m$  çarpı  $a$  olmalıdır.

Bu ivme aşağıya doğru ise geçerlidir. Ve  $F_s$  eşit  $m$  çarpı  $g$  eksi  $a$  elde ederim.

Bunu yapmanın bir yolu budur ve  $a$ 'nın pozitif değerlerini koymaktasınız.

Eğer " $a$ " 5 metre bölü saniye kare ise,  $10$  eksi  $5$  eşit  $5$  elde edersiniz

Ve ağırlığınız yarıya düşmüştür.

Ağırlık kaybettiniz.

Siz aşağıya doğru ivmelenirseniz, ağırlık kaybedersiniz.

Ayrıca, Newton yasalarını yeniden yazmak için, oldukça karışık olan bu durumları kullanmak yerine, bu denklemi kullanabilirsiniz.

Çok basit olarak, tamam, bu koordinat sisteminde bu eksidir ve böylece eksi  $5$  ve artı  $10$  koyuyoruz diyebilirsiniz.

Aynı cevabı elde edersiniz.

Yani, aşağı doğru ivmelenince ağırlık kaybediyorsunuz.

Şimdi kabloyu kestiğimi varsayalım.

Onu kestim.

Bu durumda, eğer bunu yuvarlarsam, " $a$ " 10 metre bölü saniye karedir.

Aşağı doğru 10 metre bölü saniye kare ile gitmekteyiz ve böylece  $g$  eksi  $a$  sıfırdır.

Şimdi ağırlıksızınız ve serbest düşüyorsunuz.

Artık herhangi bir ağırlığınız yok.

Banyo tartısına bakıyorsunuz ve banyo tartısı sıfırı göstermektedir.

Havada yüzüyorsunuz ve asansör içindeki her şey havada yüzüyor.

Eğer su ile dolu bir bardak alır ve onu ters çevirirseniz, su dökülmeyecektir.

Bu aynen yörüngede içerisinde ağırlıksız astronotların olduğu uzay mekiğine benzer.

Uzay mekiğindeki astronotlar ile serbest düşen asansör arasında oldukça büyük bir benzerlik vardır.

Tek fark, asansör yere çarpacak ve sizi öldürecektir.

Uzay mekiği durumda ise, uzay mekiği yüksek hızından dolayı asla yere çarpmayacaktır.

Bu konudan daha sonra, yörüngeler ve Kepler kanunlarını anlatırken, çok bahsedeceğiz.

Tam anlamıyla serbest düşme nedir? Üzerinize etkiyen kuvvetler sadece yerçekimi ise bu serbest düşmedir.

Hiçbir şey seni itmiyor, hiçbir koltuk seni itmiyor, herhangi bir ip sizi itmiyor

Hiçbir şey sizi çekmiyor, sadece yerçekimi.

Bu ağırlıksız duruma birazdan oldukça detaylı bir şekilde tekrar döneceğim. Bunu yapmadan önce, eğer sizi bir ip ile asarsam, ağırlığınızı nasıl belirleyebilirim? konusunu açıklamak istiyorum.

Şimdi, bir banyo tartısı üzerinde durmak yerine, buradasınız.

İp burada.

Hatta daha önceki dersimizde gördüğümüz gibi, ipte bir dinamometre kullanabilirsiniz.

Bu ipi umutsuz bir şekilde tutuyorsunuz.

Aynen böyle.

Sistem ivmelenmiyorsa, ağırlık  $mg$ 'dir ve bu nedenle ipte sizleri yukarı doğru çeken bir  $T$  gerilmesi olmalıdır. Eğer bir ivme yok ise, bu  $T$  gerilmesi  $mg$  olmalıdır.

Ölçeği okurum ve ağırlığımı okurum.

Benim durumumda ölçek 165 poundu yani yaklaşık 75 kg.ı gösterir.

Ben asılı iken ağırlığımı görebilirim.

Gördüğünüz gibi, banyo tartısının üzerinde durmam ve banyo tartısının beni yukarı doğru ittiği kuvveti okumam ile bir dinamometreli yaya asılmam ve bu ölçeğin gösterdiği değeri okumam arasında hiç fark yoktur.

Hiç fark etmez.

Buradaki gerilme benim ağırlığımı gösterecektir.

Banyo tartısı ile, bir şey hariç, tam bir benzerlik söz konusudur. Bir şeyler beni çekmektedir.

Diğer durumda ise, bir şey beni aşağıdan itmektedir.

Şimdi bu sistemi, yukarı doğru bir "a" ivmesi ile ivmelendirelim.

Bunu artı olarak alıyorum.

Ve tabii ki bu durumda,  $T$  artmalı, aksi takdirde ivmelenemezsiniz.

Newton'un ikinci kanununa göre,  $T$  eksi  $mg$ ,  $ma$  olmalıdır.

İpteki gerilme eşit  $m$  çarpı  $a$  artı  $g$  dir.

Ahh! Biz bunu daha önce görmüştük.

Asansörlü durumdan bir farkı yok.

Sistemi ivmelendiriyorsunuz, gerilme artacak ve bunu göreceksiniz. Bunu dinamometreden okuyacaksınız.

Ağırlığınız daha da artmıştır. Daha ağır gelirsiniz.

Söylemeye gerek yok, eğer sistemi aşağı doğru ivmelendirirseniz, daha az ağır olacaksınız.

Bu konuyu önceden tartışmıştık.

Ve eğer kabloyu tamamen kesersem, serbest düşmeye başlarsınız.

T sıfıra gidecek, a eksi 10 olacak ve eksi 10 artı 10 sıfır olacak.

Serbest düşmektesiniz.

Dinamometre sıfırı gösterir. Siz tamamen ağırlıksız bir haldesiniz.

Eğer ipteki ağırlık tarafından belirlenen gerilme fikrini kabul edersek, bu durumda bunun çok ilginç bir sonucu vardır.

Burada tamamıyla sürtünmesiz olan bir iğnem yani sabit makaram ve her iki tarafında da ipim var. Ve ip ihmal edilebilecek kadar küçük kütlelidir.

Şimdi, ipin kütleli olduğunu varsayalım.

Ve burada  $m_1$  cismi var ve burada  $m_2$  cismi var. Ve  $m_2$  nin  $m_1$  den daha büyük olduğunu veriyorum.

Hepimiz neler olacağını biliyoruz.

Sistem bu yönde ivmelenecektir.

$m_2$  aşağı doğru ivmelenecek ve  $m_1$  yukarı doğru ivmelenecektir.

Ve şimdi açıklayacağım şey önemlidir ve bunu anlamanızı istiyorum.

Sol taraftaki gerilme, sağ taraftaki bu ipteki gerilmeyle aynı olmalıdır.

Soldaki T ( $T_L$ ) sağdaki T ye ( $T_R$ ) ye eşit olmalıdır.

Neden böyledir? Çünkü makara tamamıyla sürtünmesiz olduğu için ve çünkü ip kütleli olduğu için böyledir

İpin çok küçük bir parçasını alalım. İpin küçük parçası burada.

Eğer üzerinde bir gerilme varsa

Bu yönde bir kuvvet ve bu yönde bir kuvvet.

Bu ikisi asla farklı olamaz. Çünkü o zaman bu kütesiz ip, sonsuz bir ivmeye sahip olurdu.

Yani ipin bu tarafı ile diğer tarafındaki gerilmede asla bir değişiklik olmaz.

Eğer ipin burada küçük bir parçasını alırsak.

İşte burada, küçük bir parça, ipte bir gerilme var ve ipte bir gerilme var.

Bu bundan daha büyük olamaz. Çünkü ipin bu küçük parçası sonsuz bir ivmeye sahip olur.

Çünkü makarada herhangi bir sürtünme yok ve çünkü ipler kütesiz.

Ve sadece bundan dolayı gerilme her yerde aynı olmalıdır.

Eğer makarada bir sürtünme varsa, bundan daha sonra bahsedeceğimiz, bu farklı bir durumdur.

Eğer sağdaki ve soldaki gerilme aynı ise, bu iki cismin aynı ağırlığa sahip olduğu sonucunu çıkarabilirim. Çünkü, gerilmenin ağırlığın bir göstergesi olduğu konusunda hem fikiriz, değil mi? Öyleyse bu iki cisim aynı ağırlıklıdır.

Ve bazı insanlar bunun anlamsız olduğunu, şaka yaptığımızı ileri sürerler.

Eğer  $m_2$ ,  $m_1$  den daha büyük ise, bu bundan daha ağır olmalıdır derler. Ehh, bunlar kütle ile ağırlığı karıştırmaktadırlar.

$m_2$  nin  $m_1$  den daha büyük olduğu doğrudur. Fakat aynı zamanda, benim ağırlık tarifime göre bu iki cismin ağırlıklarının da aynı olduğu doğrudur.

Bu sistemin ivmesini hesaplayalım ve gerilmeyi hesaplayalım ve sonucun ne olacağını görelim.

İlk olarak burada 1 nolu cismi alıyorum.

Bu benim bir nolu cisimim.

$m_1g$  şeklinde bir ağırlığım var ve T gerilmem var.

Bunun tartışması bile olmaz.

T,  $m_1g$  den daha büyük olmalıdır.

Aksi takdirde, sistem asla yukarı yönde ivmelenemez. Ve biz yukarı yönlü ivmeleneceğini biliyoruz.

Öyleyse, ne elde ederiz?

Bu arada, bu yönü artı olarak seçiyorum.

$T$  eksi  $m_1g$  eşit  $m$  çarpı  $a$ , elde ederiz.

O halde gerilme eşit  $m_1$  çarpı  $a$  artı  $g$  dir.

Hey! Bunu daha önceden görmüştük.

Bu yukarıya doğru ivmeleniyor.

Ağırlık kazandığına dikkat edin.

Bu gerilme ve bu da ivme.

Bu iki bilinmeyenli bir denklem olduğundan, henüz bunu çözemem.

Fakat bir diğeri daha var. İki nolu cisim burada

İki nolu cisim için  $m_2g$  şeklinde bir kuvvetimiz var ve gerilme yukarı yönlüdür.

Bu bundan daha büyük olmalıdır. Aksi takdirde aşağı doğru ivmelenemez.

Bu yönü artı olarak seçeyim.

Yönleri değiştirmemin ve burada olduğu gibi, bunu artı olarak seçmemin iyi bir nedeni vardır.

Artık öyle keyfi değildir.

Bu ivmenin, pozitif bir sayı olacağını biliyorum.

Çünkü bu yönde gideceği verilmiştir.

Eğer bunu negatif olarak seçersem, burada negatif ivme elde ederim, ki burada aynı durum için pozitif ivme elde etmişim.

Bu baş belası bir durumdur.

Orada artı ve eksi işaretlere sahip olmak istemiyorum. Aynı manaya geldiklerini düşünmem gerekir.

Bu yönü artı olarak seçmeye karar verdiğim an, bu ivmenin bununla aynı işaretli olarak çıkacağını biliyorum.

Bu yüzden işaretleri ters döndürdüm.

Böylece, şimdi Newton yasasını uygulayabilirim.

$m_2g$  eksi  $T$  eşit  $m_2a$  elde ederim.

Ve  $T$  yi,

Buraya yazıyorum

$T$  eşit  $m_2$  çarpı  $g$  eksi  $a$ .



İki bilinmeyenli, iki denklem.

Eh, artık bu iki denklemi çözmek zor olmamalıdır.

Yeri gelmişken hemen  $T$  yi yok edebilirsiniz.

Eğer bununla bunu toplarsanız, gerçekten

Bu denklemi bir olarak adlandırıyorum ve bu denklemi iki olarak adlandırıyorum.

Hemen  $T$  yi yok ederseniz,  $a$  ivmesini,  $m_2$  eksi  $m_1$  bölü  $m_1$  artı  $m_2$  çarpı  $g$  olarak elde edersiniz.

Ve bu " $a$ " ivmesini bu eşitlikte yerine koyarsanız, gerilmenin  $2mg$  bölü  $m_1$  artı  $m_2$  olduğunu elde edersiniz.

Bunu doğrulamanız çok kolaydır.

Bu eşitliklere bir bakalım.

Bu  $m_1 m_2$  dir.

Hayır,  $2m_1 m_2$

Bir  $m$  yi unuttum.

$2m_1 m_2$ .

Bu denklemler bir bakalım, Onları iyice irdeleyelim.

Bunları birer eşitlik olarak kabul etmektense, bunlara anlamaya çalışalım.

İlk olarak  $m_2$  eşit  $m_1$  durumuna bakalım. Ve bunları da  $m$  olarak kabul ediyorum.  $a$  nın sıfır olduğuna dikkat edin. Ve  $m_1$  ve  $m_2$  yi  $m$  ile değiştirirseniz, paydada  $2m$  elde edersiniz ve  $T$ ,  $mg$  olur.

Yani  $T$ ,  $mg$  olur.

Bu tamamen çok açık.

Eğer  $m_1$  ve  $m_2$  aynı ise, ivme sıfır olacak ve her iki taraftaki gerilme daima aynı olacak. Bunun  $mg$  olacağını tartışmıştık.

Çok açık.

Şimdi bunu daha da ilginç yapacağız.

$m_2$  yi  $m_1$  den çok çok büyük yaptığımızı ve  $m_1$  sıfıra gidiyorken limit durumunu aldığımızı varsayalım.

Bunu yapalım.

Eğer  $m_1$  sifıra gider ise, bunun yok olduğunu. Bunun yok olduğunu, ve  $a$  nın  $g$  ye gittiğini ve  $T$  nin de, sifıra gittiğini görürsünüz.

Eğer  $m_1$  sifıra giderse,  $T$  sifıra gider.

Bu çok belirgindir. Çünkü eğer  $m_1$  i sifır yaparsam,  $m_2$  serbest düşme yapar.

Ve eğer,  $m_2$  serbest düşme yaparsa, ağırlığı sifır olur ve gerilme sifır olur.

Bu tam olarak gördüğünüz şeydir.

Bu cismin ivmesinin  $g$  olacağını görürsünüz, Böyle olması gerekir çünkü serbest düşme yapmaktadır.

Anlayacağınız, bu mantıklıdır.

Bu tam olarak sezginiz ile de tutarlıdır.

Ve eğer,  $m_1$  'i  $m_2$  den çok çok daha büyük yapmak ve  $m_2$  nin sifıra gider durumdaki limitini almak isterseniz, yine  $a$  nın  $g$  ye gittiğini ve  $T$  nin sifıra gittiğini elde edersiniz. Şimdi ivme bu yönde değildir.

Fakat şimdi ivme bu yöndedir. Ve şimdi, bu cisim serbest düşme yapacaktır.

Ve bu nedenle, artık ipte herhangi bir gerilme olmaz.

Eğer orada yazdığımız  $m_2$  nin  $m_1$  den daha büyük olduğu duruma geri dönersek,  $m_1$  yukarı yönde ivmelenmektedir.

Bunun tartışması bile olmaz. Bu durumda  $m_1$  ağırlık kazanmalıdır.

$m_2$  aşağı yönlü ivmelenmektedir. Bu durumda  $m_2$  ağırlık kaybetmelidir.

Aynen asansörde olmak gibi, herhangi bir fark yok.

Her ikisi aynı ağırlıktadırlar.

Biri ağırlık kaybeder ve diğeri ağırlık kazanır.

Her ikisi de aynı ağırlıkta gelir. Böylece eğer bu orijinal  $m_2g$  ise ve şimdi yeni ağırlık  $T$  ise;  $T$  nin  $m_2g$  den daha büyük olması gerektiği tahmininde bulunabilirim.

$m_1$  ağırlık kazanıyor, O halde  $T$ ,  $m_1g$  den daha büyük olmalıdır.

$m_2$  ağırlık kaybetmektedir. Bu durumda  $T$ ,  $m_2g$  den daha küçük olmalıdır.

Bu benim tahminimdir.

Böyle olması gerekir.

Ve bunu sizlere oldukça basit sayılar ile gösterebilirim.

$m_1$ , 1.1 kilogram ve  $m_2$ , 1,25 kilogram olsun.

Sistem sürtünmesiz ve ip ihmal edilebilecek kütleyle sahip.

Sistemin "a" ivmesi nedir?  $m_2$  eksi  $m_1$  farkını buldum, bu 0.15 eder ve toplamları olan 2.35 e bölersem sonuç olarak yaklaşık 0.064g dir. Yaklaşık 0.064g

Yerçekimi ivmesinin yaklaşık 1/16 sı.

Oldukça makul bir ivme.

Gerilme nedir? Ehh,  $m_1$  ve  $m_2$  değerlerimi orada yerine yazalım.

İsterseniz g yi 10 olarak alabilirsiniz ve gerilmenin 1.17 g olduğunu bulursunuz.

Ve şimdi ne tahmin ettiğime bakınız.

Her ikisi de 1.17g ağırlığında. Bunun tartışması bile olamaz.

Her iki taraftaki gerilme aynıdır.

Bu benim ağırlık tanımımdır.

Bu onların ağırlıklarıdır

Bunun, ivmelenmeden önce 1.25g lik bir ağırlığı vardı.

Görüyorsunuz, ağırlık kaybetti. Çünkü aşağı doğru ivmelendi.

Bu, 1.1g lik bir ağırlığa sahip idi.

Görüyorsunuz, ağırlık kazandı. Çünkü yukarı yönlü ivmelendi.

Gördüğünüz gibi, bütün manzara birbirine düzenli bir şekilde bağlıdır. Ve ona bu şekilde bakmanız oldukça önemlidir.

Şimdi, tam ağırlıksızlık fikrine geri dönmek istiyorum ve birkaç ders önce sizleri düşey düzlemde nasıl salladığımı hatırlatmak istiyorum.

Sizi böyle sallıyordum.

Ve bir kova suyu böyle sallıyordum.

Ve buna geri dönmek istiyorum.

Ve dairenin en aşağısında olduğunuz durumda ve dairenin en üstünde olduğunuz durumda, sizlere bakmak istiyorum.

Bir R yarıçapına sahip olan dairenin etrafında dönüyorsunuz.

O daire burada

Burada bir ip var ve siz buradasın.

Ve burada bir ip var ve belli bir zamanda siz buradasınız.

Ve dönüyorsunuz.

$\omega$  açısal hızı ile dönüyor olduğunuzu kabul edelim. Ve kolaylık olsun diye  $\omega'$  yı sabit tutalım.

Fakat bu gerçekten önemli olmaz.

Tamam, burası P noktası ve burası S noktası.

İlk olarak P noktasındaki duruma bakalım.

Kütleniz söz konusu ve yerçekimi size  $mg$  şeklinde etkilemektedir.

İşte bir T gerilmesi olmalıdır.

Bunun tartışması olmaz.

“a “ merkezci ivmesi yukarı yönlüdür. Aksi takdirde bunu asla yapamazsınız.

Düzgün dairesel hareketten hatırlayın.

Yani  $\omega$  kare R şeklinde bir merkezci ivme olmalıdır. Ya da  $v$  kare bölü R şeklinde de alabilirsiniz.  $v$  sürat, buradaki teğet hızıdır.

Orada olmalıdır.

Şuraya bakalım.

Tam orada size  $mg$  yerçekimi etkimektedir.

Bu ipin, sizi çektiğini varsayalım.

Ve şimdilik bir gerilmenin olduğunu varsayalım.

Kesinlikle, ip sizi çekmektedir.

Bu nedenle, bu eğrisel hareketi yaptığınızda bir “a” merkezci ivmesi olmalıdır ve bu merkezci ivme  $\omega$  kare R olmalıdır.

Bunun tartışması bile olamaz. Orada olmak zorundadır.

Şimdi ilk olarak P durumunu değerlendirelim. Bunu artı ve bunu eksi olarak seçeceğim.

Şimdi elde edeceğim şey, T eksi  $mg$ ,  $m$  çarpı merkezci ivme olmalıdır. Böylece T,  $m$  çarpı merkezci ivme artı  $g$  olmalıdır.

Hey! Bu çok tanıdık geliyor.

Sanki birisinin asansörde ivmelendiriliyor olmasına benzemektedir.

Neredeyse, aynı denklem.

Örneğin, bu noktada merkezci ivme, 10 metre bölü saniye kare olsaydı, bu durumda normal ağırlığının iki katı ağırlıkta olurdunuz.

Buradaki gerilme,  $mg$  nin iki katı olurdu.

Eğer bu 5 metre bölü saniye kare olsaydı. Bu durumda normal ağırlığınızın bir buçuk katı olurdunuz.

Şimdi S noktasındaki duruma bakalım.

S noktasında, bunu artı ve bunu eksi olarak adlandıracağım.

T artı  $mg$  nin,  $m$  çarpı merkezci ivme olduğunu bulacağım.

Newton'un ikinci kanunu.

Böylece, oradaki gerilmenin  $m$  çarpı  $a_c$  eksi  $g$  olduğunu bulurum.

Hey! Daha önce görmüş olduğum şeye çok benzer.

Bu cisim ağırlık kaybediyor.

$a_c$  nin, tam olarak 10 metre bölü saniye kare olduğu durumu alalım. Bunu geçen defa elimizde bir kova su olduğu durumda tartışmıştık.

Eğer cisim tam en üstten geçerken merkezci ivme 10 ise, bu durumda burası sıfırdır.

Yani ip herhangi bir gerilmeye sahip değildir. İp gevşeyecek ve bir kova su ve siz ağırlıksız olacaksınız.

Eğer merkezci ivme 10 dan daha büyük ise, tabii ki ip gerilecektir.

Üzerinize etkiyen bir kuvvet olacak ve buradan elde edilecek sonuç sizin ağırlığınızı gösterecektir.

Eğer  $a_c$ , 10 dan daha küçük ise, bu anlamsızdır.

Gerilme asla negatif olamaz.

Negatif gerilmeye sahip olan bir ipin fizikte hiçbir anlamı yoktur.

Bunun ne anlama geldiği bir kova suyun bu noktaya asla gelemeyecek olmasındadır.

Eğer onu yukarı yönlü sallamaya çalışırsanız

İkinci derste bir arkadaşın bunu denediği gibi,

Fakat bu noktaya getirememişti. Bir kova su sadece dökülecektir.

Her tarafın kirlenmesi ile sonuçlanacaktır. Bu bir ayrıntıdır.

Su kovası, burada olduğu zaman

Eğer oradaki ivme, merkezci ivme tam olarak 10 metre bölü saniye kare ise, bu durumda, su kovası ağırlıksız olacaktır.

Daha önce söylediğim gibi, serbest düşme durumunda iseniz, serbest düşmedeki tüm cisimler ağırlıksızdır.

Aynen yörüngedeki bir uzay aracı ya da kablosu kesilmiş bir asansör gibi.

Ayrıca tabiri caizse, eğer masadan atlarsam, havada olduğum sürece ağırlıksız olduğum manasına da gelir.

Bu tenis topunun serbest düşme yaparken ağırlıksız olduğu manasına gelir.

Şimdi ağırlığı var.

Şimdi ağırlık daha da fazladır. Çünkü onu ivmelendiriyorum. Şimdi ağırlık yok.

Tenis topu ağırlıksızdır ve şimdi, hava direncinin hiçbir rol oynamadığını varsayıyorum.

Eğer masadan atlarsam, yaklaşık yarım saniye ağırlıksız olacağım.

Bu yaklaşık 1 metredir.

Eğer 100 metre yükseklikteki bir kuleden atlarsam, hava direncini ihmal edersem yaklaşık 4 buçuk saniye ağırlıksız olacağım.

Bugün, yarım saniyelik durumu tercih ediyorum.

Elimdeki bu su ile masadan atlayacağım.

Ve buradan atladıkça, gerçekten ağırlıksız olacağım konusunda, sizleri nasıl ikna edebileceğimi sizlere anlatacağım.

İşte su bidonu burada.

Su bidonuna yerçekimi kuvveti etkimektedir.

Ellerim bu su bidonunu yukarıya itmektedir.

Ellerim bir banyo tartısı gibi davranmaktadır.

Kaslarımda, yukarı yönlü itmeme gerektiğini hissediyorum.

Aslında, bir banyo tartısı gibi davranarak, ağırlığını bile tahmin edebilirim.

Bir galon su, yaklaşık 9 pound yani 5 kg eder.

Şimdi kendi vücudum,

Yerçekimi üzerime etkimektedir, fakat tam buradan yukarıya doğru itilmekteyim.

Atladığımı varsayalım.

Artık benim tarafımdan, su bidonuna bir itme olmaz ve masa tarafından da bana bir itme yoktur.

Sadece yerçekimi üzerimize etkiyecektir ve biz ağırlıksız olacağız.

Ağırlıksız olduğumuzu sizlere nasıl gösterebilirim? Ehh, Eğer bu su bidonunu yukarı doğru itmek için kaslarımı kullanmak zorunda değilsem, düşme sırasında ellerimi biraz daha aşağıya bile indirebilirim.

Ve bu su bidonunun, onu yukarı doğru itmeme olmaksızın, ellerimin üzerinde kalacağını göreceksiniz.

Böylece, bir banyo tartısı olarak, su bidonunu bundan böyle yukarı itmek zorunda değilim.

Bundan böyle, kaslarım herhangi bir şey hissetmeyecek ve bu yüzden su bidonu ağırlıksızdır.

Biz atladığımızda su bidonu ağırlıksızdır, ben ağırlıksızım ve hatta bu sınıf bile ağırlıksızdır.

Yarım saniye boyunca biz hepimiz ağırlıksızız.

Fizikte her şeyin bir bedeli vardır.

Bu yarım saniye ağırlıksız olmanın bedelini ödemek zorundasınız.

Yere çarptığım zaman ne olur. Yere bu yönde, yaklaşık 5 metre bölü saniyelik bir hız ile çarparım.

Bunu hesaplayabilirsiniz.

Fakat biraz sonra duracağım.

Bu çarpma anında yukarı yönlü bir ivmenin olması anlamına gelir.

Aksi takdirde bu yöndeki hızım asla sıfır olmayacaktır.

Bu yüzden çarpma boyunca daha ağır olacağım.

Bu yönde bir ivme var.

5 metre bölü saniye sıfıra gider.

Eğer bunu tahmin etmek istersem bu yaklaşık saniyenin onda ikisi kadardır.

Bu çarpma süresi, oldukça kaba bir tahmindir.

Bu durumda ortalama ivme 5 metre bölü saniye bölü 0,2 olur.

Bu 25 metre bölü saniye kare eder.

Bu ivmenin yukarı yönlü 2.5 g olduğunu ifade eder.

Bu ağırlığının, 3.5 kat daha fazla olduğu manasına gelir.

Hatırlayın:  $a$  artı  $g$  idi.  $a$  yukarı yönlü 2.5 g dir ve  $g$ 'ye de sahibiz. Bu 3.5g eder.

Böylece saniyenin onda ikilik bir anı için 165 pound yerine yaklaşık 600 pound, geleceğim.

Bu yüzden dört aşama elde ederiz.

Şimdi, eğer bir banyo tartısı üzerinde duruyorsam, normal ağırlığımdayım.

Yarım saniye ağırlıksız olarak atıyorum. Yer ile yaklaşık saniyenin 10 da 2 si kadar çarpışıyorum. Yaklaşık 600 pound oluyorum.

Ve bundan sonra tekrar normal ağırlığa sahip oluyorum.

Şimdi, atladığımda, bu su bidonunu ellerimin üzerinde havada yüzerken görmek için sadece yarım saniyeniz var.

Ellerimi uzaklaştıracağım ve bundan böyle onu itmek zorunda olmadığımı göreceksiniz.

Bu onun ağırlıksız olması anlamına gelir.

Hazır mısınız? Ben hazırım.

Üç, iki, bir, sıfır.

Ellerimin üzerinde havada yüzdüğünü gördünüz mü? İkimiz de ağırlıksızdık.

Şimdi bu konuda, uzun zamandır düşünüyorum.

Bunun belki daha dramatik olmayan bir şekilde, hatta daha ikna edici bir şekilde, gösterilip gösterilmeyeceği düşünüyorum.

Ayaklarımın altına bir banyo tartısı koyma ve atladığım zaman düşmemesi için bunu oldukça gevşek şekilde bağlama fikrini düşündüm. Ve birazdan yarım saniye serbest düşmem esnasında, banyo tartısının gerçekten sıfırı gösterdiğini sizlere göstereceğim.

Bunu denemediğimi düşünmeyin

Bunu birçok defa birçok banyo tartısı kullanarak denedim.



Birçok atlayış yaptım.

Burada bir sorun çıkıyor. Ve bu sorun, ticari olarak satın aldığınız banyo tartılarının sıfırı gösterme problemdir.

Onlar gerçekten sıfıra gitmek istiyor,

Fakat uzun zaman alıyor.

Eylemsizlikleri oldukça uzundur. Respons yani uyarıya yanıt zamanları yavaştır.

Fakat siz yere çarpana kadar sıfıra gitse bile hemen sonra ağırlık artacaktır. Çünkü yere çarpıyorsunuz ve ağırlığınız yaklaşık 3.5 kat kadar artmaktadır.

İleri geri değişmeye başlıyor ve tamamıyla karman çorban bir durum ortaya çıkıyor. Ve artık ne olduğunu göre bilemiyorsunuz.

Ve yaklaşık altı ay önce,

Profesör Dave Trumper ile akşam yemeği yedik. Ve O'na masadan atladığında serbest düşme yaparken ayağın altında bir banyo tartısına sahip olmanın ve ağırlığın sıfıra gittiğini görmenin gerçekten gösterilememesinin bir şanssızlık olduğunu açıkladım.

Ve O, çok kolay dedi.

Bunu yapabilirim. Sana uyarıya yanıt zamanı yaklaşık 10 milisaniye zamana sahip olan bir tartı yapabilirim dedi. Böylece, masadan atladığın zaman 10 milisaniye içinde bunun sıfıra gideceğini göreceksin. Söyledi ve başardı.

O, size göstereceğimiz bu harika cihaz yaptı.

İlk olarak bunun için biraz makul ışık seviyesi vereyim.

Ve sizlere yapmış olduğu bu tartının ne göstereceğini, oradaki ölçekte göstermek istiyorum.

Tartı burada, elimde.

Ve bu tartının üzerinde aynen sizin tartılarda olduğu gibi bir platform var.

Bu platform 4.5 pound,yaklaşık 2 kg ağırlığındadır.

Ve yaklaşık 4.5 gösterdiğini görebilirsiniz.

Şimdi böyle bir banyo tartısına sahip olmak istemeyeceğinizi söyleyeceksiniz.

Üzerine çıkmadan önce sıfır gösteren bir banyo tartısı görmek istiyorum anlamında dedim.

Zaten kendim yeterince ağırım.

Diğer 4.5 pound ani yaklaşık 2kg) almak istemiyorum. Üretici firma bunu sizin için basit bir şekilde sıfırlar. Fakat sizin banyo tartınızda bunun üzerinin kaplı olduğu açıktır.

Bu gösterileri görünce, kendi kendinize neden onu sıfır olarak bırakmadığımızın, neden 4.5 olarak bıraktığımızın cevabını verebileceksiniz.

Bu yayın üstündeki gerçek küttedir.

Fakat gerçekten bir yay değildir.

Bir manometredir, fakat onu bir yay olarak düşünün.

4.5 pound .

Burada 10 pound luk, yani yaklaşık 4,5 kg ağırlığa sahip olan bir halter ağırlığımız var.

Dave, bu senin çocuklarından birinin mi veya kendin mi yapıyorsun? 10 pound.

Bunu üzerine koyuyorum.

Ne görüyorsunuz? Kabaca 14.5 pound yani yaklaşık 6,5 kg..

Tamam, şimdi onu bantlayacağız.

İşte başlıyoruz.

Ve onu yaklaşık 1.5-2 m yükseklikten düşüreceğiz. Bu oldukça güzel cihazı kırmak istemediğimiz için onu bu yastıklı yere düşüreceğiz.

Onu düşürdüğümüz zaman, uyarıya yanıt zamanının oldukça hızlı olduğunu ve ibrenin sıfıra gittiğini göreceksiniz.

Yastığa çarptığı zaman, ağırlığın artacağını aklınızda bulundurunuz.

Şimdi, sadece sıfıra gideceği duruma konsantre olmanızı istiyorum. Bundan sonra ne olacağına değil.

Bunu, bir dakika içinde ele alacağız.

Tamam, 14.5 pound,yaklaşık 6,5 kg.

Gerçekten bu cismin neden ileri geri hafifçe sallandığını biliyor musunuz? Tam olarak onu durgun tutamam. Bu nedenle, onu hafifçe yukarı doğru ve aşağı doğru ivmelendiririm. Onu hafifçe yukarı doğru ivmelendirirsem, biraz daha ağır gelir. Onu aşağı hafifçe ivmelendirirsem, biraz daha az ağır gelir.

Bu ilginçtir.

Sinirli olduğumu görebiliyorsunuz.

Orası benim sinir ölçer aletim.

Tamam, biz hazırız? Bana bakmayınız, şimdi o ibreye bakın.

Üç, iki, bir, sıfır.

Sıfıra gittiğini gördünüz mü? Tamamen sıfır.

Şimdi daha dikkat çekici şeyi göstereceğim.

Bana, "öğrencilerin uyarıya yanıt zamanlarını zaman ekseninde saniyenin bölümleri şeklinde görmelerini sağlayabilirim" dedi.

Yeri gelmişken, tüm bu aletleri yapan kişi işte bu adam.

O harika bir insan.

Size ağırlığı elektronik ölçekte gösterebilir. Ve bu ağırlığı zamanın fonksiyonu olarak göreceksiniz.

10 poundu yani yaklaşık 4.5 kg tekrar koyuyorum.

Biraz daha sıkı olsun diye bantlıyorum. Ve şimdi gördüğünüz seviye 14.5 pound dur. yani yaklaşık 6,5 kgdır.

Bu 14.5 pound ve bu sıfır, bu işaret sıfır.

Elimde tutacağım.

Eğer onu durgun olarak tutabilirsem, 14.5 poundu, yaklaşık 6,5 kg gösterdiğine dikkat edin.

Şimdi o düşüreceğim.

Bunun sıfıra gittiğini göreceksiniz.

Yastığa çarpacak.

Yukarı yönlü ivme kazanacak.

Daha önce olduğundan daha ağır olacak. Ve hatta, daha sonra geri doğru havaya sıçrayacaktır. Ve tekrar serbest düşme yapacaktır.

Bunu sizin için donduracağız. Ve her şey olup bittikten sonra, onu analiz edebileceğiz.

14.5 pound.

üç, iki, bir, sıfır.

Ve şimdi Profesör Trumper sizin için onu donduruyor.

Şimdi buna bakın, bu inanılmaz resme bakın.

Bunu gördüğüm zaman, bu gerçekten benim için şaşırtıcı bir bilgi oldu.

Buradaki, fizik inanılmaz bir şey.

Burası sizin 14.5 poundunuz.

Buradan buraya olan eksen işaretleri arası yarım saniye.

Yarım saniye serbest düştü, ibre sıfırı gösterdi ve hiç ağırlığı yoktu.

Şimdi yere, mindere çarpıyor. Ve ağırlığı, saniyenin onda biri gibi zamanda artıyor.

Bakın, bu yaklaşık bir, iki, üç.

Şimdi ağırlığı yaklaşık 3.5 kat daha fazladır.

Yani, 14.5; 3.5 veya 4 ile çarpılırsa, bu tam olarak daha büyük olacağı şeklinde tahmin ettiğimiz şeydir.

Şimdi çok iyi bir yastık olduğu için sıçramaktadır.

Yastık onu geriye fırlatmaktadır.

Böylece, tekrar havaya çıkmaktadır. Ve hemen tekrar ağırlıksızlık haline geçmektedir. Ve daha sonra ileri-geri gidip salınım yapmaktadır.

Ve sonra, bu seviye beklediğimiz gibi 14.5 pounddur ve bununla aynı olmalıdır.

Ve bununla tam olarak aynı olmamasının nedeni, onunla düşen bir kablonun biraz yukarı doğru çekmesi ve üstteki diski biraz daha hafif yapıyor olmasıdır.

İnanılmaz değil mi? Gözünüzün önünde ağırlıksızlığı görüyorsunuz. Ve yere çarptığı zaman fazlalık ağırlığı görüyorsunuz. Ve tekrar ağırlıksızlık ile devam ediyor.

Dave, sana A+ veriyorum. Bu dersi geçtin.

Ağırlıksız koşullar altında deneyler yapmaya büyük bir ilgi vardır.

NASA, bununla oldukça ilgilendi.

Eğer gökyüzünde 100 metre yüksekten atlarsanız, sadece havada 9 saniye kalırsınız.

Hatta hava direncinden dolayı, ağırlıksız olamazsınız.

Bununla birlikte, eğer hava direncinin ihmal edilebildiği atmosferin üst kısmına yakın bir yerden atlarsanız,

Bu durumda belli bir süre ağırlıksız olacaksınız.

Bu insanların, son birkaç on yıldır yapıyor oldukları şey.

Burada Havacılık Bölümü'nden Profesör Young ve Profesör Oman uçakta, sıfır yerçekimi olarak adlandırdıkları deneyleri yapmışlardır.

Bunu detaylıca açıklayacağım.

Fakat sıfır yerçekiminin tamamen bir yanlış isimlendirme olduğunu, anlamanızı istiyorum.

Sıfır ağırlık, evet

Sıfır yerçekimi, hayır.

Eğer, dünyaya yakın herhangi bir yerde uçan bir uçağınız varsa, uçak, ister motorları çalışır vaziyette, ister motorları çalışmıyor vaziyette yada serbest düşme yapan bir vaziyette olsun önemli değil.

Yerçekimi asla sıfır değildir.

Her zaman yerçekimi vardır.

Çok şükür.

Fakat eğer serbest düşme yapıyorsanız, gerçekten herhangi bir ağırlık yoktur.

Bunun dışında, bunları sıfır yerçekimi deneyleri olarak adlandırıyorlar. Neden olmasın? Belki de böyle daha iyi pazarlıyorlar.

Onlar KC-135 uçağı ile uçuyor, ve bu deneyleri yaklaşık 30.000 feet yükseklikte yapıyorlar.

Eğer bu tahtayı yapabildiğim kadar temiz yaparsam,

Uçak zaman içinde, bir noktaya yaklaşık 45 derecelik bir açıyla geliyor.

45 derecelik bu açının bir özelliği yok.

Sadece bu şekilde yapılmış.

Ayrıca elverişli olanı, yolcular için uygun olanı düşünmek zorundasınız.

Bu durumda sürat yaklaşık 425 mil bölü saattir. Böylece yatay bileşeni 300 mil bölü saat ve ayrıca dikey bileşeni de 300 mil bölü saattir.

Hava direnci oldukça azdır.

Motorların kapalı olduğunu ve uçağın serbest düşme yaptığını varsayalım.

Tenis topundan hiçbir farkı yoktur.

Aynı şey.

Bir parabol göreceksiniz.

Ve böylece, uçak serbest düşme yapacaktır ve bu seviyeye gelir.

Bu yayı, bu parabolü analiz edelim.

Tam bu üst kısımda, herhangi bir hava direncinin olmadığı durumda yine hız 300 mil bölü saat olacaktır.

Elinizdeki mevcut tüm bilgiler ile bu seviyeden ne kadar yükseğe çıkacağını hesaplayabilmeniz gerekir.

Başka bir deyişle, y yönündeki hızın sıfır olması için gerekli zaman nedir? Bunu hesaplayabilirsiniz ve daha sonra ne kadar yol aldığını bulursunuz.

Çok kaba olarak, bu yaklaşık 900 metredir.

Bu noktaya ulaşması yaklaşık 15 saniye alacaktır. Böylece buradan buraya gitmesi yaklaşık 30 saniye alacaktır. Ve bu 30 saniyede yatay yer değiştirmesi, yaklaşık 3.5 kilometredir.

Ve tüm bu değerleri teyit etmeniz gerekir.

Tam bu noktada motorlar yeniden çalıştırılır.

Bu serbest düşme esnasında, uçak içinde herkes, uçak da dahil olmak üzere, ağırlıksızdır.

Şimdi motorlar çalışıyor.

Uçak ileri gidecek ve bu aşamadan geçer ve daha sonra uçak yatay olarak belli bir süre uçar.

Bu aşama sırasında, tartıştığımız gibi, sanki yere çarpacaktır.

Bu yönde bir ivmeye ihtiyacınız vardır.

Ağırlıkta bir artma olacak ve bu nedenle ivme yukarıya doğrudur.

Ve bu zaman süresince, insanların ağırlıkları kabaca iki katına çıkacaktır.

Ve sonra burada yeniden normal ağırlıklarına sahip olacaklar.

Ve sonra uçak tekrar ileri gidecek ve buraya gelecek, yeniden serbest düşme yapmak için her şeyi tekrarlayacak.

İnsanlar burada, yeniden normal ağırlıklarından daha fazlasına sahip oluyorlar.

Sıfır ağırlık, normalden daha fazla ağırlık, normal ağırlık, normalden daha fazla ağırlık, serbest düşme.

Ve tam döngü yaklaşık 90 saniye sürüyor.

Burada ne zaman serbest düşme durumundasın, ne zaman herhangi bir ağırlığın yok, ne zaman ağırlığın normal ve ne zaman ağırlığın, iki kat olduğunu tahmin etmen oldukça önemlidir.

Ve Profesör Oman bana ağırlığının sıfırdan iki katına çıkmasının bir saniyeden daha az zaman aldığını söyledi.

Ayakların nerede, başın nerede olduğunu bilmek önemlidir. Çünkü eğer kafan aşağı doğru ise ve aniden ağırlığın iki katına çıkarsa kafatasını yere çarparsın. Böylece, uçakta ağırlığın iki katına çıktığı zaman, doğru bir şekilde durduğundan emin olman gerekir. Ve bunun nasıl çalıştığını birazdan göreceğiz.

Önce sizlere bu deneylerden bazı slaytları göstermek istiyorum.

Burada, sadece açıkladığımız durumu görüyorsunuz.

Buradan başlayalım. Bu sizinle başladığım yerdir.

Uçak motorları söndürüyor.

Bu parabolüdür.

Burada motorlar yeniden çalıştırılır.

Bu, serbest düşüş zamanı.

Bu yaklaşık 30 saniye sürer.

Motor yeniden çalıştırılır ve bu zaman boyunca yukarı doğru bir ivme vardır ve bunu 2g zirvesi olarak adlandırıyorlar. Ehhh, gerçekten 1g demek istiyorlar.

Gerçekten ne demek istedikleri, ağırlığının iki kat olduğudur.

Bunu 2g olarak adlandırıyorlar, fakat tabii ki bunu 0g olarak adlandırıyorlar ki, bu da yanlıştır.

0g değildir.

Hiçbir ağırlığınız yok. Bu ağırlıksızlıktır. Burada ağırlığınız iki kat, burada ağırlığınız normal, burada ağırlığınız kabaca iki kat ve diğer bir serbest düşüş periyoduna girmektesiniz ve buradan buraya olan döngü yaklaşık 90 saniyedir.

Şimdi, bu uçuşların yapılmasının nedeni ağırlıksız ortamlarda mide bulantısı, baş dönmesi gibi hareket rahatsızlıklarının araştırılmasıydı

Astronotlar hareket rahatsızlıklarından şikâyetçiydiler.

Ve böylece Profesör Young ve Oman hareket rahatsızlıklarını çalışmak için çok sayıda deneyi önce uçaklarda, sonra da uzay araçlarında gerçekleştirdiler.

Bunu oldukça ironik buldum. Çünkü, eğer siz ve ben bu deneylerin bir parçası olsaydık, deneylerin yüzünden oldukça kötü bir şekilde hasta olurduk.

Sadece, ağırlıksızlık durumdan iki kat ağırlığa ve yeniden ağırlıksızlık durumuna gitmeyi düşünün.

Tüm gün boyunca kusuyor olurduk. Ağırlıksızlıktan dolayı hasta olan insanları nasıl çalışabilirsiniz? Ehh, onlar bir yolunu bulmuş olmalılar.

Bunu günde yaklaşık 50 kez yapıyorlar.

Ve şimdi sizlere bana Profesör Young tarafından nazikçe verilen ve onları bilfiil uçağın içinde gördüğünüz bazı gerçek verileri göstermek istiyorum

Bunu açmam gerektiğini sanıyorum ve başlayalım.

Slayt projektörünü kapatabilir misiniz?

Onları uçağın içinde görüyorsunuz.

Onlar ağırlıksız değiller ve ayakta durmaktadırlar.

Sanırım bu Profesör Young..

Yerde yatan adamlar biraz yorgun olmalılar.

Kısa bir sürede ışık yanacak ve ışık yandığı zaman, bu ağırlıksızlığın oluştuğunun göstergesidir.

Zaten açıldı. Ben kaçırmış olmalıyım, bakmıyordum.

Ve ağırlıksızlık durumuna geçtiler.

Bakın, bu kişi burada baş aşağı durumda.

Ağırlığın iki katına çıkmadan önce dik dursan iyi olur. Çünkü yere çarpacaksın.

Ve şimdi 60 saniye alıyor. Çünkü tüm döngü 90 saniye. Ve bu 60 saniye içerisinde bir sonraki serbest düşme için hazır olmaları gerekir.

Gelecek ağırlıksızlık durumu için.

Ve çok kısa bir süre içinde ışığın yeniden yanacağını göreceksiniz. Ve bu onlara ağırlıksızlığın geliyor olduğunu söyleyecektir. Ve sonra bir diğer 30 saniye için ağırlıksız olacaklar.

Duyduğunuz ses açıkça, uçak motorların sesi.

İşte ışık yandı.

Işık yanıyor, onlar uyarıyı alıyor, kulaklıklarını çıkarıyor ve her şey ağırlıksız oluyor.



Bunu sevmeyebilirler. Bu yüzden kulaklıklarını güvenli bir yerde koyuyorlar.

Burada Profesör Young' ın kendi kulaklığını çıkardığını görüyorsunuz.

Ve onlar orada tekrar havada yüzmeye başladılar.

30 saniye ağırlıksız.

Ve uçağın içinde böyle şeyler olur.

Evet, böyle şeyler olur.

Size son olarak deneyleri yapmış oldukları uçağın bir slaydını göstermek istiyorum.

Bu uçağın serbest düşme yapıyor iken olan hali.

Yaklaşık 45 derecelik bir açı. Ve gerçekten bu insanlar, ağırlıksızlıktan dolayı kaynaklanan hava hastalığına büyük katkı yapan müthiş bir görev yapmaktadır.

Tamam, gelecek derste görüşürüz.