



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 9

Gelecek derste yapılacak olan sınav, ilk beş dersi ve ilk iki ev ödevini kapsayacaktır.

Bu yüzden, tartışacağımız başlıkları burada listeledim.

Tabii ki, onların tümünü bugün tartışmamız mümkün değil. Ancak bir seçim yapacağım.

Ölçeklendirmeyi ve Galileo Galilei'nin, ilginç bir örneğini kullandığımızı hatırlıyorum.

Bir hayvan ve hayvanın bacakları vardı.

Ve hayvanların tüm boyutlarını bir tek büyüklük ile tanımladık ve bu büyüklüğü  $S$  adını verdik.

Bunu  $S$  olarak adlandırdık. Ve burada uyluk kemiği olduğunu ve bu uyluk kemiğinin  $l$  uzunluğuna ve  $d$  kalınlığına sahip olduğunu söyledik.

$l$  nin  $S$  ile orantılı olacağını söylemek oldukça mantıklı idi.

Eğer bir hayvan, diğer hayvandan 10 kat daha büyük ise, bacağı da tipik olarak 10 kat daha uzun olacaktır.

Hayvanın kütlesi, boyutlarıyla, yani,  $S$  'nin üçüncü kuvvetiyle orantılı olması gerektiği için, bu aynı zamanda uyluk kemiğinin uzunluğu ile de üçüncü dereceden orantılı olmalıdır.

Böylece, “kemiklerin kırılmasını istemiyoruz”, ana sonucuna gelmiştik.

Ki buna fizikte “basınca dayanamama” denir.

Eğer bir beton parçası alırsam, bir beton blok ve onun üzerine çok fazla basınç uygularsam, parçalanmaya başlar.

Ve bu, Galileo Galilei nin aklında olan şey idi.

Daha ve daha iri hayvanları bu kırılmaya karşı korumak için, şu iddiada bulunmuştuk – artık bunun kanıtlanmasına girmeyeceğim- kütle, uyluk kemiğinin kesit alanı olan  $d$  kare ile orantılı olmalıdır.

Kütlenin uyluk kemiğinin kesit alanı olan  $d$  kare ile orantılı olması gerektiğini fikrini savunduk.

Öyleyse, hemen,  $d$  karenin,  $l$ 'nin üçüncü kuvveti ile orantılı olması gerektiğini görebilirsiniz. Böylece  $d$  uyluk kemiğinin uzunluğunun 3 bölü 2'inci kuvvetiyle orantılı olmalıdır.

Bu, eğer bir fili bir fare ile kıyaslarsanız, filin toplam büyüklüğünün bir farenin toplam büyüklüğünden 100 kat daha fazla olması gerektiğini ifade eder.

Uyluk kemiğinin, yaklaşık 100 kat daha büyük olmasını beklersiniz ki, bu doğrudur.

Fakat bu durumda, uyluk kemiğinin yaklaşık 1000 kat daha kalın olmasını da beklersiniz ve bunun doğru olmadığını görmüştük.

Gerçekte, filin uyluk kemiği sadece 100 kat daha kalındır. Yani, boyut ile aynı ölçekte.

Ve cevap, doğa'nın, kemiklerin ufalanmasına karşı koruma yapmak zorunda olmadığı gerçeğine dayanıyor.

Bükülme olarak adlandırdığımız çok daha büyük bir tehlike var. Bükülmede, kemik, böyle bir olayla karşılaşır. Ve eğer o sırada üzerine bir basınç uygularsanız, kemik kırılır.

Böyle bir durumda asıl yapmanız gereken şey,  $d$ 'yi  $l$  ile orantılı şekilde ölçeklendirmektir. Oysa bu, kolayca anlaşılan ve kavranabilen bir şey değildir. Ama, olacak şeyin izahı, budur.

Bu ifadeyi elde etmek kolay değildir.

Fakat durum böyledir.

Bu durumda doğada hayvanları tehlikelere karşı koruyan bu bükülmedir. Ve bükülme çok fazla olduğu zaman, bu durumda, kemiklerin belli bir noktada kırılacağını tahmin ederim.

OO, bunlar sert kemikler değil mi?

Kırılacak ve doğanın önlemeye çalıştığı şey budur.

Bu bir ölçeklendirme idi.

Şimdi skaler çarpım hakkında konuşalım.

Eğer oraya bakarsanız.

Ben rastgele bir şekilde konularıma göz atıyorum. Şimdi skaler çarpım hakkında konuşalım

Bir  $A$  vektörüm var.

$A_x$   $\hat{x}$  şapka, burada  $\hat{x}$  şapka birim vektördü, artı  $A_y$   $\hat{y}$  şapka artı  $A_z$   $\hat{z}$  şapka.

Ve bunlar  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$  ve  $\hat{z}$  yönündeki üç birim vektördür.

Ve bunlar A vektörünün  $\hat{x}$  bileşeni,  $\hat{y}$  ve  $\hat{z}$  bileşenleridir.

Diğer bir B vektörüm var.

$B_x$ ,  $\hat{x}$  şapka,  $B_y$ ,  $\hat{y}$  şapka,  $B_z$ ,  $\hat{z}$  şapka.

Şimdi skaler çarpım, yani nokta çarpım.

A nokta çarpım B

Ayrıca skaler çarpım olarak da adlandırılır.

B nokta çarpım A ile aynıdır. Ve  $A_x B_x$  artı  $A_y B_y$  artı  $A_z B_z$  olarak tanımlanır.

Ve bu bir sayıdır.

Bir skalerdir. Bir basit sayıdır.

Ve bu sayı sıfırdan büyük olabilir.

Pozitif olabilir.

Sıfıra eşit olabilir, Ayrıca sıfırdan küçük olabilir.

Bunlar, tam sessiz sayılardır.

Tanımlayabildiğiniz, başka bir yol daha vardır.

Eğer isterseniz bunu bir nolu yöntem olarak adlandırabilirsiniz.

Nokta çarpımı elde edeceğiniz başka bir yol daha var.

Size tam olarak aynı sonucu verecektir.

Eğer bir A vektörünüz ve bir B vektörünüz varsa ve aralarındaki açı,  $\theta$  ise, bu durumda B nin A üzerine izdüşümünü ya da A nın B üzerine izdüşümünü alabilirsiniz. Hiç fark etmez.

Ve bu durumda, bu izdüşümün uzunluğu, tabii ki,  $B \cos \theta$  dır.

Ve böylece A nokta çarpım B, ve bu tam olarak aynıdır.

Bunun ispatına göz atmak isteyebilirsiniz.

Bu nokta çarpım, A nın büyüklüğü, çarpı, B nin büyüklüğü, çarpı,  $\cos \theta$  dır.

Ve bu kesinlikle aynı sonucu verir.

Bu formül hakkında ilginç olan şey, bunda böyle bir şey yoktur, hemen görebileceksiniz ki, eğer bu iki vektör arasında 90 derece, ya da 270 derece olması durumunda, nokta çarpım sıfır olacaktır.

Böylece bu, bununla elde edebileceğiniz fakat bununla elde edemeyeceğiniz bir bakış açısıdır.

Şimdi, skaler çarpımın gerçek bir örneğini alalım.

A' nın  $3x$  üssü e ve B nin de  $2x$  üssü , artı,  $2y$  üssü' ne, eşit olduğunu, varsayalım.

Ve sizlere skaler çarpım nedir? diye soruyorum. Bir nolu metodu kullanabilirsiniz. Bu şimdiye kadar en çabuk olandır. Bana inanın

$A_x$  3 tür ve  $B_x$  2 dir ve böylece bu bana 6 yı verir.

$A_y$  bileşeni yoktur.  $A_z$  bileşeni yoktur. Yani cevap budur.

Sadece 6.

Bu, nokta çarpımdır.

Öteki şekilde de yapmış olabilirdiniz .

Bu biraz daha karışıktır. Fakat kesinlikle bunun da geçerli olduğunu sizlere göstermek istiyorum.

Eğer bu  $x$  yönü, ve bu  $y$  yönü ise,

$z$  yönü olmadığı için,  $z$  yönünü incelemek istemiyoruz.

Bu durumda bu, A vektörü olacak ve bu nokta 3 te olacaktır.

Bu B olacak, ve bu 2 olacak. Böylece bu B vektörü olacak.

Ve şimdi hemen, bu açının 45 derece olacağı açıktır.

Bu sonuç, 2 ve 2 den görülmektedir.

Eğer şimdi, iki nolu metodu kullanırsak, A nokta çarpım B;

ilk olarak, A nın büyüklüğü, ki bu 3 tür, çarpı B nin uzunluğu, bu 2 çarpı karekök 2,

Bu 2, bu 2, bu da 2 karekök 2 dir.

çarpı  $\cos 45$  derece, ki, bu,  $\frac{1}{2}$ , çarpı karekök 2 ve cevap 6' dır.

Bu karekök 2 ve bu karekök 2 nin sadece 2 ye eşit olduğuna ve sonucu, 6 olarak bulduğunuza dikkat edin.

Kesinlikle aynı cevabı bulacaksınız.

Fakat bunu yapmak,aptalca bir şeydir çünkü daha kolay bir şekilde yapılabilir.

Vektörel çarpım hakkında;

Vektörel çarpımın determinant ile yaptığımız formüllerini gözden geçirmek istemiyorum.

Sadece, eğer iki vektörün vektörel çarpımına sahipseniz, A vektörel çarpım B nin, eksi B vektörel çarpım A olduğunu, ve C nin büyüklüğünün, A nın büyüklüğü, çarpı, B nin büyüklüğü, çarpı, aralarındaki açının sinüsü olduğunu , bu arada, hatırlatmak istiyorum.

C vektörü, daima, hem A ya hem de B ye diktir.

Başka bir deyişle, bu iki vektörün oluşturduğu düzleme diktir.

Şimdi, eğer düzleme dik ise, bu durumda tahtaya diktir.

İki seçeneğiniz var: ya sizlere dik olarak çıkmakta, ya da dik olarak tahtaya doğru gidiyor.

Ve şimdi herkes bunu belirlemek için kendi yöntemine sahiptir.

"Sağ el tirbuşon kuralı" olarak adlandırılan yöntemi, sizlere öğrettim.

Bahsedilen ilk vektörü alıyorsunuz.

Bu durumda bu A dır.

Ve bunu, en dar açı üzerinden, B ye döndürüyorsunuz.

Bunu yaptığınız zaman, tirbuşonunuzu aynı şekilde döndürüyorsunuz.

Sizin oturduğunuz yerden görülünce, bu saat yönünün tersidir.

Bu durumda, tirbuşon size doğru gelir.

Ve böylece vektörün yönü, böyledir ve siz vektörün ucunu, tahtadan size doğru çıkıyormuş gibi görürsünüz.

Böylece bu, size yönü verir.

Şimdi sizlere, bir cismin x konumunu, zamanın fonksiyonu olarak vereceğim. Ve sonra hızlar, ivmeler, düşünebileceğiniz her türlü şey ve işlediğimiz her şey hakkında, kendi kendime, çok sayıda soru soracağım.

Süratler

Ve buraya dört saniyeyi sığdıracağım.

Yani bu, saniye olarak zaman eksenidir. Ve dört saniyeyi içerecek.

Bu bir olsun, iki, üç, dört.

Ve cisim, artı 6 konumunda olsun .

Bu x-eksenim, ve bu gerçekten cismin hareket ettiği yer. Burası 3 ve burasını eksi 3 metre olarak alalım.

Buraya, bazı kılavuz çizgileri koyalım. Böylece, benim için eğriyi çizmek daha kolay olur.

Tamam, şimdi  $x'$  i,  $t$  nin fonksiyonu olarak veriyorum.

Zaman,  $t$  saniyeye eşittir.

Cisim burada ve buradan geldi.

Ve bu bölüm, bir paraboldür. Ve burada parabol yatay'dır.

Bu önemlidir. Bunun parabol ve burasının da yatay olduğunu bilmeniz gerekir.

Yani, cisim, artı 6 dan 3 e gidiyor ve sonra, oradan eksi 3 e gidiyor. Sonra, burada bir saniye duruyor. Ve sonra, bir saniyede, artı 6 ya geri dönüyor.

Bir boyutlu, bir problem.

Hareket sadece x-ekseninde ve x yönü boyuncadır.

Gerçekleşen tüm bu farklı saniyeleri analiz edelim.

İlk olarak, birinci saniyeye bakalım, birinci saniye boyunca,

Bu bir parabol olduğundan, ivmenin sabit olduğunu biliyorsunuz.

Umarım, hemen,  $a$ 'nın sabit olduğu sonucuna varırsınız.

Eğer,  $a$  sabit ise, zamanın fonksiyonu olarak  $x$  konumu, şöyle değişmelidir.  $x_0$  artı  $v_0 t$  artı  $\frac{1}{2} a t^2$ .

Bu eşitliği bildiğinizi umuyorum.

Çoğu zaman size sınavda denklemleri veririm. İkinci ve üçüncü sınavda bunları verebilirim. Fakat bu sınavda vermeyeceğim.

Denklemlerin hepsi çok temeldir ve onları kendi dünyanızın bir parçası yapmak zorundasınız.

Yani bu denklem, hatırlamak zorunda olacağınız bir denklemdir.

Tamam, burada hız nedir? Burada hız sıfır olarak çıkar ve buradaki hız ise, artık sıfır değildir.

Eğer  $t$  eşittir 1 durumuna bakarsam,

Bu durumda  $x_0 = 6$  idi.

Burada, sıfır hız ile başlamış ve bu verilmiş.

Ve artı 1 bölü 2, çarpı,  $a$   $t$  kare elde ederim. Ve burada, bu sadece 1 saniyedir. Ve konum 3 olduğu zaman, 6, artı 1 bölü 2, çarpı  $a$ , çarpı 1 in karesini, elde ederim. Ve bu durumda ivmeyi, eksi 6 metre, bölü, saniye kare, olarak elde edersiniz.

Yani ilk saniye boyunca ivme, eksi 6 metre bölü saniye karedir.

Ve zamanın fonksiyonu olarak hız,  $v$ , bunun türevidir,  $v_0$  artı  $a$ , çarpı,  $t$  dir.  $v_0$  sıfır idi, yani, eksi 6, çarpı  $t$ , olur.

Yani hız, doğrusal bir biçimde değişiyor.

Birinci saniyenin sonunda neleri biliyorum?  $x$ 'in, 3 olduğunu, söyleyebilirim.

Hız hakkında neyi biliyorum? Hız, eksi 6.

İvme hakkında neyi biliyorum? Bilmiyorum. İvme hakkında bir şey bilmiyorum.

İlk saniye zarfında  $a$ 'nın eksi 6 metre bölü saniye kare olduğu doğrudur. Fakat bu noktada aniden değişmektedir. Böylece bu noktada tam tanımlanmamıştır.

Aslında, fiziksel değildir.

Bu yüzden gerçekten sonunda ivmenin ne olduğunu bilmiyorum.

Şimdi ikinci saniyeye geçelim ve orada ne olduğunu görelim.

İkinci saniye..

Ve ilk olarak ikinci saniye boyunca olana bakalım. Ve sonra ikinci saniye sonundaki duruma bakacağız.

İkinci saniye boyunca,

Bu bir düz çizgi olduğu için,

Hızın sabit olduğu açıktır ve eksi 6 metre bölü saniye olarak sabit kalmaktadır.

Bu tam olarak bu noktanın sonunda olduğu değerdir.

6 metre gittiğini görebilirsiniz.

Artı 3 den eksi 3 e

Bir saniye, böylece hız eksi 6 metre bölü saniyedir.

Bu nedenle ivme sıfırdır.

İvmenin aniden eksi 6 metre bölü saniye kareden sıfıra değiştiğini görüyorsunuz. Böylece size bu anda değerinin ne olduğunu söyleyemem.

Bu ikinci saniye zarfındaki durumdur.

Peki ikinci saniyenin sonundaki durum nedir? Sonunda,  $x$  in eksi 3 e eşit olduğunu biliyorum.

Hız nedir? Bilmiyorum. Çünkü burada eksi 6 dan sıfıra aniden değişmektedir. Bu nedenle bu noktada ne olduğunu tam olarak bilmiyorum.

Bu fiziksel bir şey değildir. Çok ani değişiklik.

Ve ivme, evet, bu da oldukça aldatıcı bir şey. Eğer hız ikinci saniyenin burasında eksi altı ve burada sıfır oluyorsa ve bu da anlık meydana geliyorsa, bu noktada çok büyük bir ivme olmalıdır ki bu fiziksel değildir.

Bu yüzden “a” için de bir soru işareti koyuyorum.

“a” nın ne olduğunu bilmiyorum.

Üçüncü saniyeye geçiyoruz. Bu kısım.

İlk olarak üçüncü saniye süresine bakalım.

Eh, cisim hiçbir yere gitmiyor. Sadece orada duruyor.

$x$  eksi 3 olarak kalıyor, ve hız sıfır ve ivme sıfır.

Bu konuda hemfikir olabiliriz.

Üçüncü saniyenin sonunda durum nedir?  $t$  eşit 3 tür.

$x$  in eksi 3 olduğunu biliyorum.

Bunun tartışması bile olmaz.

Hız nedir? Bilmiyorum, çünkü sıfırdan pozitif bir değere aniden değişiyor.

Yani bu tam olarak tanımlanmamıştır. Ve aynı şey ivme için de geçerlidir.

Hızda ani bir değişim söz konusudur.

Bu oldukça büyük bir ivme olması anlamına gelir.

Bilinmiyor. Tabii ki bu eğri fiziksel olmadığı için tam olarak tanımlanmamıştır.

Şimdi son saniyeye bakalım.

Dördüncü saniyeye.

İlk olarak dördüncü saniye sürecine bakalım.

Eksi 3 ten artı 6 ya gidiyor. Bu doğrusal bir çizgi. Bu yüzden hız sabittir.

Eğer hız sabit ise, bu durumda hemen “a” nın sıfır olduğu sonucuna varabilirsiniz.

İvme yok.

Ve bir saniyelik zaman zarfında 9 metre gitmektedir.

Fakat şimdi hız artıdır.

Artı 9 metre bölü saniyedir.

Böylece cisim ilk olarak pozitif x değerlerinden sıfıra ve oradan da negatif x değerlerine gitti.

Bütün bu süre boyunca, işaret geleneğimize göre hız negatif idi, ve şimdi artı 6 değerlerine geri dönüyor.

Hız artı 9 metre bölü saniye oluyor.

Dördüncü saniyenin sonunda durum nedir? Tüm söyleyebileceğim şey, x in artı 6 ya eşit olduğudur.

Daha fazla bir şey bilmiyorum.

Hızın ne olduğunu bilmiyorum.

İvmenin de ne olduğunu bilmiyorum.

Şu veya bu şekilde eğri burada bitiyor.

Şimdi, şu soruyu sormanın mantıklı olabileceğini düşünüyorum. Örneğin t eşit sıfır ile t eşit 4 saniye arasındaki ortalama hız nedir? Ortalama hız

Biz, ortalama hızı, dördüncü saniyedeki konum eksi sıfır saniyedeki konum bölü 4 olarak tanımlarız.

Bu bizim tanımımız.

Sıfır saniyede artı 6, dördüncü saniyede artı 6.

Böylece pay sıfırdır. Dolayısıyla bu dört saniyelik seyahat süresince ortalama hız sıfırdır.

Bunu sevmeyebilirsiniz. Sizin mantığınıza ters gelebilir.

Tabii ki! Sizinle hem fikir olmayabilir. Fakat, hızı bu şekilde tanımlıyoruz.

Sürat farklı tanımlanır.

Sürat, hız vektörünün büyüklüğüdür ve bu nedenle sürat daima pozitif değerlere sahiptir.

Ve şimdi sizlere  $t$  eşit sıfır ve  $t$  eşit 4 arasında ortalama sürati göstereceğim.

İşte bu dört saniye içinde gitmiş olduğu mesafedir.

İlk olarak birinci saniyeye göz atalım.

Artı 6 dan artı 3 e gidiyor.

Böylece 3 metre yol almıştır.

Sonra ikinci saniyede artı 3 den eksi 3 girmiştir. Diğer bir 6 metre daha almıştır.

Ve sonra üçüncü saniyede, tembelleşmiştir. Hiç bir şey yapmamıştır. Dolayısıyla gittiği yol sıfırdır.

Ve son saniyede, oldukça aktif olmuştur ve 9 metre yol almıştır.

Fark ettiniz mi sadece artı işaretlerini görüyorsunuz.

Hiçbir eksi işaret yoktur ve bu mantıklıdır.

Ve bunlar dört saniye içinde meydana gelmektedir. Bu, 4.5 metre bölü saniye eder.

Yani ortalama sürat 4.5 metre bölü saniye iken, ortalama hız sıfırdır.

Ve şimdi zamanın fonksiyonu olarak hız eğrisini çizebiliriz.

Buraya 4.5 yazayım.

Burada zamanın fonksiyonu olarak hızı oluşturmak için henüz yeterli yerim var.

Yeni bir grafik çizeceğim.

Bu zaman eksenim ve bu da hız.

Burası sıfır.

Birinci saniye, ikinci saniye, üçüncü saniye, dördüncü saniye.

Ve hız metre bölü saniye biriminde.

Burası artı 5 ve buraya artı 10 yazıyorum; ve burası eksi 6.

Peki, şimdi ne yapacağım? Birinci saniye zarfında hızın eksi 6t olduğunu biliyorum. Böylece bu lineerdir.

Ve böylece birinci saniye zarfında, zamanın fonksiyonu olarak hız böyledir.

Sıfırdan başlıyor, bunu görebilirsiniz ve burada olduğu zaman hız eksi 6 metre bölü saniyedir.

İkinci saniye sırasında, eksi 6 metre bölü saniye olarak kalmaktadır.

O halde, ikinci saniye sırasında hız değişmemektedir.

Orada duruyor.

Üçüncü saniye zarfında, hız aniden sıfıra sıçramaktadır.

Bunun, nasıl fiziksel olmadığını görüyorsunuz.

Ve böylece, üçüncü saniye sırasında aniden hız sıfır olmaktadır.

Tabii ki bunu fiziksel yapmak için, bu ikisi arasında bir şekilde bir bağlantı olması gerekir.

İşte bu noktada oldukça büyük ivme ye sahip olmamızın sebebi budur.

Kesinlikle, bu noktada da ayrıca ivmeye sahip olacaksınız. Çünkü hızda bir değişme vardır.

Ve dördüncü saniye sırasında, hızı artı 9 metre bölü saniyedir. Bu yüzden yukarıya doğru sıçrayacağız.

Bunu artı 9 yapalım.

Ve son saniye sırasında buradayız.

Ve yine, bu fiziksel değildir. Yani bir şekilde bir geçiş olmalıdır. Ve böylece burada zamanın fonksiyonu olarak hızı görmektesiniz.

Şimdi ilginç soru geliyor.

Eğer bunu size verirsem, bu verilmiş olsa bunu elde etmek mümkün müdür?

Bunu bilmiyorsunuz.

Bunu ona dönüştürebilir misiniz? Ve cevap evettir.  $t$  eşit sıfırda konumu size vermem kaydıyla bu mümkündür

$t$  eşit sıfırda,  $x$  eşit artı 6 dır. Ve bu sizin için bu bilgileri kullanmak ve onu yeniden oluşturmak için yeterlidir.

Bunu yapmak oldukça ilginç olur. Eğer bunu seviyorsanız, sizlere bir denemesini yapın derim.

Tamam, şimdiye kadar, süratler, ortalama hızlar ve ivmeleri öğrendik.

Şimdi yörüngelere gidelim. Üç boyutlu yörüngelere.

Yörüngeler, çok şükür, neredeyse hiçbir zaman üç boyutlu değildirler.

Daima iki boyutludurlar. Yörünge'nin kendisi düşey düzlemedir ve biz normal olarak

Bir cismi çekim alanında yukarı doğru attığımız zaman, düzlemde bir yörüngeye sahip olacağız.

Bu x yönü, ve bu y yönü olsun.

x in artan değerleri, y nin artan değerleri.

Bir cisim alıyorum ve onu yukarı doğru bir  $v_0$  ilk hızı ile atıyorum.

Ve bu cisim ne yapacaktır? Yerçekiminin etkisi altında bir parabol elde edeceksiniz ve tekrar buraya gelecek.

Ve bu tür problemlerle karşılaştığınız zaman, birisi x yönünde ve diğeri y yönünde olmak üzere iki tane bir boyutlu hareket olacak şekilde bunu bileşenlerine ayıracağız.

Zaten hali hazırda t eşit sıfırda hız bileşenlerine ayırdık. Bunu  $v_{0x}$  olarak adlandırıyorum ve kesinlikle eğer bu açı  $\alpha$  ise,  $v_0$  çarpı  $\cos\alpha$  ya eşittir.

Ve y yönünde t eşit sıfırdaki hız,

Bunu  $v_{0y}$  olarak adlandıracağım ve bu  $v_0$  çarpı  $\sin\alpha$  dır.

Ve şimdi cismin x yönünde zamanın fonksiyonu olarak nasıl hareket ettiğini ve y yönünde zamanın fonksiyonu olarak nasıl davrandığını bilmek istiyorum.

Böylece x yönü için denklemleri yazıyorum.

Zamanın fonksiyonu olarak x eşit  $x_0$  artı  $v_{0x}$  çarpı t şeklindedir.

Hepsi bu.

İvme yoktur.

Zamanın fonksiyonu olarak x yönündeki hız sadece  $v_{0x}$  dir.

Bu hiç değişmez.

Bunlar, x yönü içindir.

Şimdi y yönünü ele alıyoruz.

Zamanın fonksiyonu olarak y eşit  $y_0$  artı  $v_{0y}$  çarpı t artı bir bölü 2 a çarpı t kare şeklindedir..

Kullanacağım, g değeri daima pozitifdir.

Ya, 9.8 metre bölü saniye karedir ya da bazen onu 10 olarak kullanmak daha kolaydır.

Fakat her zaman pozitifdir.

Bu durumda bunu  $y$  nin artan değeri olarak seçtiğim için, şimdi eksi bir bölü 2  $g$  çarpı  $t$  kare olarak koymak için tek sebebim budur.

Bazılarınız böyle olmadığını düşünebilir. Çünkü ivme aşağı yönlüdür

Bu bir sebep değildir.

Çünkü bunu  $y$  nin artan yönü olarak adlandırabilirdim.

Bu durumda artı 1 bölü 2 çarpı  $g$  çarpı  $t$  kare görürdünüz.

Şimdi benim seçimimin sonucu;  $y$  nin arttığını yön budur.

Bu nedenle, normalde artı 1 bölü 2 kare görürsünüz. Şimdi bunu eksi 1 bölü 2  $g$  çarpı  $t$  kare ile değiştireceğim.

Bu durumda, zamanın fonksiyonu olarak  $y$  yönündeki hız bunun türevi olacaktır. Yani,  $v_{0y}$  eksi  $g$  çarpı  $t$ , ve ivme eşit eksi  $g$  dir.

Bunlar  $y$  yönündeki hareketi yöneten üç denklemdir.

Bu yalnızca hava direnci ve herhangi bir sürtünme yok ise geçerlidir.

Biz dünya yüzeyine yakınında isek bu çok gerçekçi değildir. Fakat dünyadan oldukça uzakta, KC-135 ile yaklaşık 30.000 feet irtifada uçuyorsak, tabii ki bu biraz daha gerçekçidir.

Ve bu nedenle seçtiğim örnekte, bir cisim KC-135 aracılığıyla yaklaşık 25.000 ya da 30.000 feet yükseklikten 425 mil bölü saat hızla atılıyor. Uçak motorlarını durduruyor. Ve sonra geriye kalan yaklaşık 30 saniyede uçak da dâhil herkesin hiçbir ağırlığı yok.

Bu sizinle şimdi niteliksel olarak incelemek istediğim durumdur.

KC-135 durumunda,  $\alpha$  açısını 45 derece ve  $v_0$  ı yaklaşık 425 mil bölü saat olarak alacağız.

Bunu, o dersten hatırlayabilirsiniz.

425 mil bölü saat, 189 metre bölü saniye eder.

Ve bu  $v_{0y}$  ve  $v_{0x}$  bileşenlerinin, açının 45 derece olması nedeniyle, aynı olduğu anlamına gelir. Bu şüphesiz 189 un karekök 2 ye bölünmesidir.

Ve yaklaşık 133 metre bölü saniyedir.

Her ikisi de pozitiftir.

Bunu,  $x$  in artan yönü ve bunu da  $y$  nin artan yönü olarak adlandırdığım için böyle olduğunu aklınızdan çıkarmayın.

Her ikisi de pozitif değerlerdir.

İşaretler önemlidir.

Bunlar verilmişti.

Ve şimdi sizlere sınavda sorabileceğim ilk soru geliyor.

Uçak ne zaman yörüngesinin en yüksek noktasındadır? Ve uçak motorlarını söndürdüğü ve serbest düşme hareketine başladığı noktadan ne kadar yüksekliktedir? Yani ne zaman buradadır ve mesafe nedir? Ne zaman orada olur? Orada olduğu zaman y yönündeki hız sıfır olur.

Pozitifdir.

Yerçekiminden dolayı küçülür, daha da küçülür. Durma noktasına gelir ve sıfır olur.

Bu yüzden, bu eşitliğe soruyorum. Ne zaman sıfır olursun? Bu benim seçtiğim ve böylece sıfır eşit  $133 - 10t$  çarpı  $t$  yazabilirim.

30.000 feet yükseklikte yerçekimi ivmesinin 10 olarak alınan yerçekimi değerinden büyük ölçüde daha küçük olduğunu düşünebilirsiniz.

Biraz daha küçüktür. Çünkü dünya yüzeyinden biraz uzaktasınız. Fakat sadece % 0.3 daha küçüktür. Bu nedenle sadece 10 kabul edeceğiz.

10 almak daha kolaydır.

Ve ne zaman en yüksek noktadır?  $t$ , 13.3 saniyeye eşit olduğu zaman.

Bu uçağın buraya gelmesinin ne kadar zaman alacağıdır.

Son dersi anlattığım zaman, yaklaşık 15 saniye olduğunu söyledim. Çünkü sayıları yuvarladım.

Yaklaşık 13.3 saniyedir.

Ve şimdi  $h$  mesafesi nedir? Ah! Şimdi bu denkleme gitmem gerekiyor.

$h$  nin sıfır artı olduğunu söyleyebilirim. Çünkü uçağın yörüngesini nerede başlattığı noktayı tanımlayacağım.

Bu  $y_0$  in sıfır olduğunu seçiyorum. Bunu böyle yapmakta özgürüm.

$h$  eşit sıfır artı 133, bu sürattir, çarpı 13.3 saniye eksi 1 bölü 2 çarpı  $g$ , bu 5 tir, çarpı 13.3 ün karesi.

İşte  $h$  böyle olmalıdır.

Ve yaklaşık 885 metre olarak çıkıyor.

Sanırım, derste yaklaşık 900 olduğunu söylemiştim. Oldukça yakın.

Öyleyse şimdi P ye ulaşmasının ne kadar zaman alacağını ve düşey mesafenin ne olduğunu biliyorum.

Ve bütün seyahat bu başlangıç noktasına geri gelecektir.

Eğer biz bunu bir tür başlama noktası, başlama yüksekliği olarak adlandırırsak.

Tüm seyahat bu zamanın iki katı süreyi alacaktır.

Motorların yeniden çalıştırıldığı bu noktaya geri gelmek yaklaşık 26.5 saniyedir.

Bu durumda uçak yatay yönde ne kadar uzağa gitmiştir? Şimdi bu denkleme gidiyorum.

Bu durumda, bu noktaya geri geldiği zaman,  $x_i$ ,  $x_0$  ki bunu kolaylıkla sıfır olarak seçerim, artı 133 metre bölü saniye ki bu  $x$  yönündeki hızdır ve asla değişmez,

Uçak burada olduğu zaman,  $x$  yönündeki bu hız buradaki gibi 133 metre bölü saniyedir; yeri gelmişken 300 mil bölü saat eğer hiçbir hava direnci veya herhangi bir tür hava sürtünmesi yok ise, asla değişmez.

Böylece artı 133 çarpı zaman ve tüm seyahat 26.6 saniye sürer. Ve bunu kilometreye çevirirseniz yaklaşık 3.5 kilometredir.

Şimdi kendinize: “uçak bu S noktasında olduğu zaman hızı nedir? sorusunu sorabilirsiniz.

Ve şimdi bu bir boyutlu  $x$  ve  $y$  düşünceyi terk etmek isteyebilirsiniz.

Bakınız, bu bir parabol ve tamamen simetrik dir diyebilirsiniz.

Eğer uçak buraya saatte 425 mil ile 45 derecelik bir açıyla yukarı gelirse, bu durumda buraya yine 45 derecelik bir açıyla ve 425 mil bölü saat ile geleceği açıktır.

Ve elbette 100 puanı alırsınız.

Bu açık.

Ancak bunun iki boyutlu bir hareket olduğunu düşünmeye devam ettiğimi takdir etmenizi isterim.

Ve böylece, S noktasındaki  $x$  yönündeki hızın ve  $y$  yönündeki hızın ne olduğunu hesaplayabilirim.

Peki, S noktasında  $x$  yönündeki hız nedir? Denkleme gidiyorum.

İkinci denklem.

Bu  $v_{0x}$  tir ve bu 133 metre bölü saniyedir..

$y$  yönündeki hız nedir? Şimdi bu denkleme gitmem gerekiyor.

$v_{0y}$  eksi  $g$  çarpı  $t$ .

133 eksi 10 çarpı 26.6 saniye, bu S noktasına ulaşması için zamandır.

Ve ne bulurum? Eksi 133 metre bölü saniye.

Başladığında  $y$  yönündeki hızı artı 133, fakat şimdi eksi 133.

Görüyor musunuz, bu işarete bağımlıdır.

Bu harika.

Bu şekilde ele almak, çok iyi bir şeydir.

Şimdi  $x$  yönünde 133 metre bölü saniye ile geldiğini biliyorsunuz.

Bu pozitif.

$y$  yönünde eksi 133 ve bu durumda net, bu iki vektörün toplamı nedir? Tabii ki, bu vektördür, sürpriz yok, bu açı 45 derece ve bu 2 nin karekökü çarpı 133 ve kesinlikle bu 189 metre bölü saniyelik hızı geri verir.

189 metre bölü saniye ve bu 425 mil bölü saat eder.

Tabii ki bunu yapmanızı tavsiye etmiyorum.

Parabolün simetri özelliğinden dolayı, hemen bu sonuca varmak mükemmel bir şekilde mantıklıdır

Şimdi düzgün dairesel harekete dönelim.

Düzgün dairesel hareket bir cisim daire etrafında döndüğü ve sürat asla değişmediği zaman meydana gelir.

Eğer sürat değişmiyor ise, tabii ki bu durumda yön sürekli değiştiği için hız değişir. Fakat sürat değişmiyor.

Dairemiz burada.

Yarıçapı  $r$ , ve şu anda cisim burada olsun.

Belli bir hıza sahip.

Bu 90 derece.

Ve bir süre sonra, cisim burada, sürat aynı, fakat yön 90 derece değişmiştir.

Bunlar vektörler ve aynı büyüklüğe sahiptirler.

Düzgün dairesel harekete sahip olduğumuz böyle bir durumda;

Düzgün dairesel hareket.

İlk olarak saniye biriminde periyot,  $T$ , olarak adlandırdığımız şeyi tanımlarız.

Bu dolanması için geçen zamandır.

Sonra frekans olarak adlandırdığımız şeyi, yani saniyede kaç kez dolandığını tanımlarız.

Ben  $f$  harfini tercih ederim, fakat kitap Yunan harfi  $\nu$   $\nu$  kullanır.

$\nu$   $\nu$  nün daima  $\nu$ ,  $\nu$  yani hız ile karıştırıldığını gördüm.

$f$ 'yi yeğlememin nedeni budur.

Bir bölü  $T$  dir. Birimi saniye üzeri eksidir. Fakat çoğu fizikçiler bunu hertz olarak kullanırlar. 10 hertz saniyede 10 kere dönmek anlamına gelir.

Ve sonra biz, açısal hız  $\omega$   $\omega$  yı tanımlarız.

$\omega$ , radyan bölü saniye birimindedir.

$2\pi$  radyanı alması,  $T$  saniye sürdüğü için;  $\omega$ ,  $2\pi$  bölü  $T$  olarak yazılabilir.

Şimdi, bu durumda biz sürate, ki bunu doğrusal hız olarak da düşünebiliriz.

Bir saniyede kaç metre gittiğine doğrusal hız diyoruz. Buna karşılık, bir saniyede kaç radyan gittiğine ise, açısal hız.

Yani bu doğrusal hız, bu açısal hızdır.

Ve bu doğrusal hız bu durumda sürattir, elbette bunu bulmak için dairenin çevresini, çevreyi dolanmak için geçen zamana bölersiniz.

Ve bu aynı zamanda  $\omega r$  dir ve şimdi metre bölü saniyedir.

Bütün bunlar ancak ivme varsa mümkündür ve bu ivme merkezci ivme olarak adlandırılır.

Daima merkeze doğru gösterilir.: " $a$ " merkezci, " $a$ " merkezci.

Ve merkezci ivmenin büyüklüğü,  $v$  kare bölü  $r$  ile verilir. Bu nedenle de  $\omega$  kare  $r$  dir. Ve şüphesiz metre bölü saniye kare birimindedir.

Özel bir örnek üzerinde çalışmak istiyorum. Ve seçtiğim bu örnek Houston'da NASA tarafından insanların oldukça şiddetli ivmelerle nasıl başa çıktıklarını görmek için kullanılan insan santrifüj cihazıdır.

Bu, o santrifüj cihazıdır.

Dönme eksenini burası

Ve yarıçapı, yani buradan burada olan mesafe, bu kadar olacağını düşünmeyeceğinize rağmen, yaklaşık 15 metredir.

Astronotlar buradan içeri giriyor ve sonra bu sistem dönüyor.

Ve bu yüzden bazı sayılar vererek, bunu çözmek istiyorum.

Yarıçapı 15 metredir.

Şüphesiz, kişinin bu kürenin neresinde oturduğuna biraz bağlıdır.

Yaklaşık, dakikada 24 devir yapıyor. Ve bu 0,4 hertz anlamına gelir.

Bir dönme için geçen periyot yaklaşık, 2.5 saniyedir.

Bu şey etrafında 2.5 saniyede bir kez dönüyor.

$2\pi$  bölü T ile verilen açısal hız  $\omega$ ,

Eğer  $2\pi$  yi alır ve 2.5 e bölersek, yaklaşık olarak 2.5 çıkar.

Bu tamamen tesadüf.

Bunun elbette aynı olmak zorunda olduğunu düşünmeyin.

Sadece bu ölçüler için böyle çıktı.

$\omega$  yaklaşık 2.5 radyan bölü saniyedir.

Ve sürat, doğrusal sürat, teğetsel sürat, eğer böyle adlandırmak istiyorsanız,

$\omega r$  dir.

Bu yaklaşık, 37.7 metre bölü saniye çıkar ve bu yaklaşık 85 mil bölü saat olur. Ve bu oldukça büyük bir sürattir.

NASA nın ana amacı olan merkezci ivme nedir?

Bu  $\omega$  kare çarpı r dir.

Ya da, isterseniz v kare bölü r olarak alabilirsiniz. Şüphesiz aynı cevabı elde edeceksiniz, eğer bir kayma yapmadınız ise bu 95 metre bölü saniye karedir.

Ve bu, yeryüzündeki yerçekimi ivmesinin, yaklaşık 10 katıdır. Eğer eklerseniz gerçekten süper bir şeydir. Döndüğünüz zaman yönün sürekli değişmesiyle bu yönde 10g hissediyorsunuz ve daha sonra bunu farklı yönde hissediyorsunuz.

İnsanların gerçekten buna dayandıklarını hayal bile edemiyorum.

Bayılmadıklarını görmek isterim.

Siz ve ben gibi çoğu insan, eğer bir yönün değişmediği doğru yol boyunca, hatta dairesel bile değil, ivmelendirilirse, sadece bir doğrusal çizgi boyunca, 6g ye yaklaştığımız zaman çoğumuz bayılırız.

Bunun bir sebebi vardır.

Kan dolaşımında problemler oluşacak ve yeterli oksijen beyine gitmeyecek ve bayılmanın nedeni bu olacaktır.

Bu astronotlar 10g de nasıl yapıyorlar ve yön sürekli değişiyor. Aklım ermiyor.

Bir Boeing 747 yi alırsanız, pistte çalıştığı andan kalkmasına kadar 30 saniye sürer.

Eğer fırsat bulursanız, bu zamanı ölçmeniz gerekir.

30 saniye oldukça kısadır. Ve bu zamana kadar uçak yaklaşık 150 mil bölü saatlik bir hıza ulaşmıştır.

Ve eğer hesaplarsanız, ivmenin de sabit olduğunu varsayarsanız

Bu kolay bir hesaplama.

İvmenin sadece 2 metre bölü saniye kare olduğu sonucu çıkar.

Bu yerçekimi ivmesinin sadece beşte biridir.

Havalandığınız zaman, kendinizi iyi hissediyorsunuz değil mi? Çok rahat,

Sadece 2 metre bölü saniye kare.

Bu zavallı insanlar, erkekler ve kadınlar için, 95 metre bölü saniye kare.

Sınav konuları arasında olmayan bir şeyden de bahsetmek istiyorum, fakat bu üstünde düşünmenizi istediğim bir şey. Eğlenceli bir şey, Her zaman eğlenceli bir şey yapmak daima iyidir.

Bu benim son dersim ile ilgili.

Bunun daha iyi olması için ilk olarak ellerimi temizlemem gerekir.

Burada bir çubuk metrem var. Ve bu metreyi iki elimin işaret parmakları üzerine yerleştireceğim. Önümde tutacağım iki parmağımın üzerine koyacağım.

İşte böyle.

İki parmağımın üzerinde duruyor. Ve parmaklarımı birbirine doğru hareket ettireceğim.

Kesinlikle bunlardan biri ilk önce kaymaya başlar.

Hangisi olduğunu size söyleyemem.

Fakat çok acaip bir şey olur.

Eğer ilk olarak bu, kaymaya başlarsa, biraz sonra o durur ve sonra diğeri kaymaya başlar ve o durur.

Ve sonra, bu kaymaya başlar ve bu böyle sürüp gider .

Ve bu çok ilginç.

Kesinlikle bu geçen defaki dersten sonra, açıklayabilmeniz gereken bir şeydir.

Şuna bakın.

Değişimi görüyor musunuz? Bunu biraz daha hızlı yapacağım.

Sol gidiyor, sağ gidiyor, sol gidiyor, sağ gidiyor, sol gidiyor.

Bir kez daha, buna bakın.

Sol gidiyor, sağ gidiyor, sol gidiyor, sağ gidiyor.

Değişiyorlar.

Fikirlerinizi söyleyin. PIVoT un diğer öğrencilerle tartışabileceğiniz, bir özelliği olduğunu biliyorsunuz. Yani, bu tartışma düğmesini kullanın ve bir açıklamaya varıp varmadığınızı görün.

Sınavınızda başarılar.

Gelecek deste görüşürüz.