



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 2

Hızı ve ivmeyi tartışacağız.

Biraz basitten başlayacağım.

Burada, doğrusal olarak hareket eden bir cismin hareketi söz konusu.

Bunu tek boyutlu hareket olarak adlandırıyoruz.

t_1 zamanında, cismin burada olduğunu

t_2 zamanında burada

t_3 zamanında orada.

t_4 zamanında burada, t_5 zamanında ise geri geldiğini kabul edeceğim.

Burada ise, verilen zamanlar için x konumlarını görmektesiniz.

Bu yönü x in artan yönü olarak tanımlayacağım.

Yönü seçmek tamamıyla keyfidir ve ben bu yönü seçiyorum.

Şimdi ortalama hız olarak adlandırdığımız şeyi anlatacağız.

Üzerine bir çizgi koyuyorum. Bu, t_1 ve t_2 zamanları arasındaki ortalama hızı ifade ediyor.

Ve bunu fizikte, t_2 anındaki x değeri eksi t_1 anındaki x değeri bölü t_2 eksi t_1 olarak tanımlarız.

Bu tanımlama şeklimizdir.

Bu durumda, x in artış yönünü bu yön olarak tanımladığım için, bu sıfırdan büyüktür.

Ancak, eğer, t_1 ve t_5 arasındaki ortalama hızı alsaydım, bu sıfır olacaktı. Çünkü her iki durumda da aynı konumdalar ve pay sıfırdır.

Eğer t_4 ve t_2 zamanlarını seçmiş olsaydım

t_4 ve t_2 zamanları arasındaki ortalama hız negatif olacak. Çünkü, pay negatif.

x eksenini üzerinde nereyi sıfır noktası olarak seçtiğimi söylemediğime dikkat edin.

Bu ortalama hız için tamamıyla önemsizdir.

Hiçbir fark olmayacaktır.

Eğer bu yönü, x in artış yönü olarak seçecek olsaydım, bu durumda tabii ki işaretleri ters dönecekti.

Bu durumda, bu negatif ve bu ise pozitif olur.

O halde seçmekte serbest olduğunuz yön, işaretleri belirleyecektir.

Sıfır olarak seçtiğiniz nokta önemli değildir, fakat işaretler fizikte oldukça önemlidir.

İster sen bana para borçlusun isterse de ben sana para borçluyum, tek fark eksi işaretidir. Sanıyorum bu, sizin için önemlidir.

Sizlere sadece, burada yaptığım gibi, belirli zamanlardaki x eksen konumlarını vermeyeceğim. Aynı zamanda, verilen herhangi bir zaman için, cismin tam olarak nerede olduğunu da söyleyeceğim.

Burada konum-zaman grafiğini görmektesiniz ve t_1 anında parçacık x_{t_1} konumunda bulunmakta.

Burası cismin aldığı yolu göstermekte. Bu eksen hareket ettiği düz bir çizgiyi göstermektedir. Buradan harekete başlar, bu konuma gider, t_4 anında buraya gelir ve buraya tekrar gelir.

Şimdi sizlere iki zaman arasındaki her anı anlatacağım.

Ve harekete başlıyor. Böyle.

Şimdi bu daha fazla bilgiyi içermektedir.

Zamanın bütün değerleri için bilgiye sahipsiniz.

Şimdi $x = 0$ seçtiğimi fark ettiniz mi?

Burada bir noktayı seçtim; fakat herhangi başka bir noktayı da seçebilirdim.

Nasıl bir şekil alırsa alsın, hiç fark etmeyeceğini göreceksiniz

Grafiği çizebileyim diye, sıfır noktasını seçtim.

Ve şimdi, ortalama hıza biraz daha farklı bir şekilde bakacağız.

Şimdi t_2 ve t_3 zamanlarını seçtiğimi kabul edelim.

Buraya bu çizgiyi çiziyorum.

Bu açığı α , bu kısmı Δx , ve burayı ise Δt olarak alıyorum.

Eğer işaret konusunda dikkatli olursanız, ortalama hızı Δx bölü Δt olarak yazabilirsiniz.

Ancak dikkatli olun.

Bu açığı pozitif olarak adlandırıyorum

Ve eğer açı pozitif ise, ortalama hız pozitiftir. Eğer açı negatif ise, ortalama hız negatif olur.

Örneğin, t_4 ve t_5 arasında bu çizgiyi çizecek olursam, bu durumda buradaki açı negatif olur, ve t_4 ve t_5 arasındaki ortalama hız da negatif olur.

Eğer, sıfır noktasını değiştirmiş olsaydım, sizler yine ortalama hız için aynı değerleri bulacaktınız.

Tek fark, bu grafikteki eğrinin konumu olacaktır.

Fizikte hız ve sürat arasında oldukça büyük fark vardır.

t_1 ve t_5 arasındaki ortalama hız sıfır, fakat ortalama sürat sıfır değildir.

Ortalama sürat, alınan yolun, bu yolu almak için geçen zamana bölümü olarak tanımlanır.

Cismin t_1 ve t_5 arasında aldığı mesafe ne kadardır? Cisim, hareketine, buradaki x eksenindeki konumundan başladı ve sonra yukarı doğru giderek en üst noktaya vardı. Şimdi bunun grafiğini çizelim.

Cisim burada en üst noktaya vardı, buraya gitti, yeniden yukarı çıktı ve sonra geri geldi.

Ortalama sürati bulabilmeniz için, burada gösterilen bu mesafelerin toplamlarını doğru olarak bilmeniz gerekir.

Örneğin, bu mesafelerin tamamı 300 metre, t_1 ve t_5 arasındaki zaman 3 saniye ise, bu durumda ortalama sürat 300 metre bölü 3 saniye yani 100 metre bölü saniye olur. Yani, bu durumda ortalama sürat 100 metre bölü saniye, fakat ortalama hızı sıfırdır.

Eğer grafikteki, t_3 ve t_2 konumlarına bakarsanız, ve t_3 konumunu, t_2 konumuna yaklaştıracak olursam, bu durumda α açısı artacaktır. t_3 ü t_2 ye iyice yaklaştırırsam, bu durumda, α açısı bu noktaya teğet olacak ve bu durumda, α açım, bu olacaktır.

Şimdi t zamanındaki anlık hızın, ki bu hız iki zaman aralığındaki ortalama hızdan farklıdır; nasıl tanımlandığını anlayacaksınız .

Herhangi bir zamandaki anlık hız, v , x artı $x_{t+\Delta t} - x_t$ farkının Δt ye bölümününün Δt sıfıra giderken ki limit durumuna eşit olacaktır.

Görüldüğü gibi bunu t_3 olarak ve bunu da t_2 olarak düşünür ve t_3 ü t_2 ye mümkün olduğunca yaklaştırırsam, bu durumda bunların arasındaki zaman, sıfıra gider.

Ve bu da hiç kuşkusuz fark edeceğimiz gibi, konumun zamana göre birinci türevidir.

Şimdi sizlerden 8.01 dersinde hatırlamanızı istediğim eşitliği yazıyorum

v eşittir dx bölü dt

Bu eşitliği sadece 8.01 dersinde değil, MIT de bulunduğunuz bütün süre zarfında aklınızda tutmanız gereklidir.

Ve bu hız, sıfırdan daha büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan daha küçük olabilir.

Eğer α açısı, yani teğet, pozitif ise hız pozitif olur.

Fakat şekilde, buradaki konumda iseniz, hız negatif olur.

Ve eğer α açısı sıfır ise, bu durumda hız sıfır olur.

Eğer grafikte hızın sıfır olduğu noktaları, yani türevin sıfır olduğu noktaları araştıracağız olursak ki bu noktalarda α sıfırdır.

Açıkçası, burada hız sıfırdır.

Tam bu dönüm noktasında, ki bu durumda cisim burada demektir, hız sıfırdır.

Cisim tekrar burada olduğu zaman hız yine sıfırdır.

Ve yine burada açı sıfırdır, dolayısıyla hız yine sıfırdır.

Bu zamanlar, hızın sıfır olduğu zamanlardır.

Hızın pozitif olduğu zamanlar nelerdir? Eh, burada pozitifdir.

Hız burada hala pozitif, pozitif, pozitif, şimdi negatif, sıfır, negatif ve pozitif,

ve bu, v anlık hızın tanımıdır.

Anlık sürat nedir? Sürat işarete bağlı değildir.

Varsayalım ki buradaki hız, ki bunu v_1 olarak alayım, artı 30 metre bölü saniye olsun.

Bu sayıyı rastgele seçtim.

Varsayalım ki buradaki bir noktada hız, ki bunu v_2 olarak alayım, eksi 100 metre bölü saniye olsun.

Bu negatif ve bu da pozitif.

Fizikte, sevseniz de sevmesiniz de, bu hızın, şu hızdan daha küçük olduğunu söylemeniz gerekir. Çünkü; eksi 100, artı 30' dan daha küçüktür.

Fakat sürat, kesinlikle daha büyüktür. Çünkü sürat hızın büyüklüğüne eşittir ve işarete bağlı değildir.

Bu 100 metre bölü saniye ile en yüksek sürate, bu daha düşük bir sürate, oysa bu daha düşük hıza sahiptir.

Bu sadece cebirsel bir oyun, fakat hesaplamalara girdiğinizde oldukça önemlidir.

Daima bir merminin ortalama sürati ya da ortalama hızının ne olduğunu merak etmişimdir.

Silah hayranı olmadığımı bilmenizi isterim, fakat bu her zaman ilgimi çekmiştir.

Bir merminin ortalama süratini nasıl ölçebilirim? Bunu, buradaki bazı arkadaşlar ile tartıştık, onu kolay bir şekilde ölçmenin yolunu bulduk.

Tahta düzleminin içine doğru giden, tel 1, ve tahta düzleminin içine doğru giden diğer, tel 2, miz var. Aralarındaki uzaklık ise D metre.

Bunu ölçmemiz gerekir.

Düzenegimiz burada görüyorsunuz, bu 1 numaralı tel, bu ise 2 numaralı tel.

Sistemdeki gibi olması için, tellerin yerlerini değiştiriyorum.

Mermiyi ateşliyoruz ve bu teli kopardığı zaman, saat çalışmaya başlıyor ve bu teli kopardığı zaman ise saat duruyor.

Sizlere ölçümünüzdeki belirsizlikleri bilmeksizin yapmış olduğunuz ölçümlerin anlamsız olduğunu söylemiştim.

Burada işe karışan iki tane belirsizlik var. Mesafe ve zaman belirsizlikleri.

Bu D mesafesini ölçeceğim; elimde, bu uzun cetvelim var

Bir tel burada ve diğer tel orada.

Bunu herhalde yarım santimetreden daha iyi ölçmem, çünkü sistem tamamıyla sabit değil.

Kurşunun tele vurduğu zaman ne olacağını bilemem.

148.5 santimetre olduğunu söyleyebilirim. Fakat yarım santimetre hassasiyetten daha iyi ölçebileceğimi garanti edemem.

148.5 artı eksi 0.5 santimetre.

Bu belirsizliğin, oldukça küçük bir yüzdelik hata olduğunu kavramanızı istiyorum.

Bu sadece 1500 de 5 civarındadır.

Yani, 300 de 1 dolayısıyla, % 1 bölü 3 oranında bir hatadır.

Bu çok küçüktür ve bunu bağıl hata olarak adlandırırız.

Sonra kendime soruyorum: Merminin hızının hassasiyetini yaklaşık % 2 olarak ölçmek istesem,

Bu benim hedefim, ne kadar hassasiyetle zamanı ölçmem gerekir? Evet, merminin süratini kabaca tahmin etmek zorundayım. Ve sanırım sesin hızından daha düşük olmalıdır.

Sesin hızı 340 metre bölü saniye.

200 veya 300 olup olmadığını bilmiyorum. Ama tahmini olarak bu değerlerin arasında bir yerde olmalı.

200 veya 300 metre bölü saniye

Hızın 300 metre bölü saniye olduğunu kabul edelim.

Sadece kaba bir tahmin.

Bu durumda, merminin buradan buraya varması 5 milisaniye alacaktır.

Eğer, ölçümümü %2 hassasiyetle yapmak istiyorsam, zaman için 1 milisaniyenin onda birini bilmeliyim. Çünkü bir milisaniyenin onda biri yaklaşık beşin %2 sidir.

Ve bu, ölçeceğim zamanın hassasiyetini belirler.

Bir zaman-ölçer aletim var; yaklaşık 1 milisaniyenin onda biri hassasiyete sahip; artık zamanı ölçebilirim.

Burada tüm zamanları, mili saniye cinsinden artı eksi 0,1 milisaniye hata ile ölçebileceğim.

Ama, en son cevabımız, metre bölü saniye cinsinden olacaktır.

Deneyi yaparken derin derin düşünmeliyim. Çünkü mermilerle çalışıyoruz; bu çocuk oyuncağı değil, Söylediğim gibi silahı ateşleme konusunda hiçbir tecrübem yok.

Silahın mekanizması burada.

Haydi bakalım.

Mekanizma burada.

İşte başlıyoruz.

Mekanizma yerinde.

Başlamadan önce, devreleri kontrol etmek istiyorum.

Elektronik devrenin düzgün çalıştığından emin olmak istiyorum.

Zaman kaydediciyi burada görüyorsunuz değil mi? Devrenin çalıştığını görmek için küçük bir test yapıyorum.

Çalışması lazım.

İşte kurşun geliyor.

Hazır mısınız? Ben hazırım.

Üç, iki, bir, sıfır.

Ne görüyoruz?

5,8 milisaniye.

5,8 sizin de gördüğünüz zaman değil mi?

Evet? 5,8 milisaniye.

5,8 artı eksi 0,1

Böylece çıkan sonuç, hız olarak mı yoksa sürat olarak mı adlandırılır? Bu durumda her ikisi de aynı.

148.5 bölü 5.8, ve bunu metre bölü saniyeye dönüştürmek zorundayım.

Yani 256 artı eksi.

Şimdi burada artı veya eksileri hesaplamak gerekir.

Burada gördüğünüz yaklaşık %1 bölü 3 olduğundan, aşağıda gördüğünüzün yanında ihmal edilebilir. Çünkü, bu 5,8 in % 1,7 sidir ki bu durumda orada belirsizlik yaklaşık % 1.7 dir.

İkiden daha az.

Bu istediğim durum ve yaklaşık 4 metre bölü saniyelik bir hata verir.

Ve bu gördüğünüz işlemin sonucudur.

Bu oldukça anlamlı. Çünkü ölçümdeki belirsizlik hakkında oldukça iyi bir fikre sahibiz.

Tıpkı ortalama hızı tanıttığım gibi, şimdi de ortalama ivmeyi anlatacağım.

Dikkat ederseniz, buradaki eğri boyunca hız zamanla değişmektedir.

Ve bu, beni bir sonraki kısma götürüyor. Yani, ortalama ivmeyi anlatmaya.

Biraz hayal gücüyle, bunun nasıl olacağını herhalde tahmin edebilirsiniz.

t_1 ve t_2 zamanları arasındaki ortalama ivme, t_2 anındaki hız eksi t_1 anındaki hız bölü t_2 eksi t_1 şeklindedir.

Ve boyutu ise, uzunluk bölü zamanın karesidir. Bu durumda metre bölü saniye karedir.

Bu 1 boyutlu hareket içindir.

Bu değer sıfırdan büyük olabilir, sıfıra eşit olabilir ve sıfırdan küçük olabilir.

Burada, t_2 ile t_1 durumunda, hızın başlangıçta sıfır olduğunu fark etmişsinizdir.

α açısı artmaya başladığı için, hız da artmaya başlamıştır.

Burada açı önemlidir.

Bu nedenle, t_2 den t_1 'e giderken, ortalama ivme sıfırdan daha büyüktür.

Açıya bakın.

Fakat, eğer t_1 ile t_5 arasındaki ortalama ivmeyi alırsanız, o sıfırdan küçüktür. Çünkü, burada hız sıfır, fakat burada hız negatiftir.

Eğer, orada yerine koyarsanız, ortalama ivmeyi sıfırdan küçük olarak elde edersiniz.

Yani, hız ve ortalama ivmenin işaretleri, x 'in artmasını nasıl tanımladığıma bağlıdır. Sıfır noktasını nerede seçtiğime değil.

Eğer x in artış yönünü değiştirirsem, bu durumda bütün işaretler tersine dönecektir.

Eğer isterseniz, ortalama ivmeyi Δv bölü Δt olarak da yazabilirsiniz. Ancak, burada dikkatli olmalısınız. Çünkü Δv işarete bağlıdır.

İşaret anlaşmasına uymalısınız.

Burada bir tenis topum var ve gördüğünüz gibi bu tenis topunu zıplatabilirim; aşağı atabilirim.

Ve kolaylık olsun diye, zemine 5 metre saniye ile çarptığını varsayalım ve çok iyi bir tenis topu olduğundan, gene 5 metre bölü saniye hız ile yukarı doğru zıplayacaktır.

Yukarı yönü x in artan değerleri olarak seçiyorum ve zemine bu şekilde çarpacaktır.

Yani, topun zemine çarptığı andaki hızı eksi 5 metre bölü saniye olacaktır.

Top sıçrar ve yukarıya doğru 5 metre bölü saniyelik hız ile gelir.

Bunu v_1 ve bunu da v_2 olarak adlandırıyorum.

Peki şimdi, ortalama ivme nedir? Topun yönlerinin değiştiği zamanları bilmem gerekir.

Diğer bir deyişle, bunu çarpma süresi olarak adlandırırız .

Bu durumda, Δt çarpma süresi muhtemelen saniyenin % 1dir ve ortalama ivme v_2 eksi v_1 bölü bu Δt olacaktır.

Artı beş eksi eksi beş (5- (-5)); yani, 10 bölü 10 üzeri eksi 2, ve sonuç +1000 metre bölü saniye karedir.

İşaretlere iyice dikkat ettim.

Eğer şimdi “bu hoşuma gitmedi ve bu yönü x in artan yönü olarak almak istiyorum” diyorsam, hiç önemli değil.

Sonuçta bu artı, bu eksi ve bu eksi olacak.

Öyleyse ivme eksi 1000 metre bölü saniye kare olacaktır.

Burada bir domates ve birkaç yumurta var.

Şimdi, domates ya da yumurtayı aşağı doğru attığımı ve 5 metre bölü saniye ile zemine çarptıklarını düşünün,

Bunu yapabilirim.

Fakat geri gelmeyecekler ve ezilecekler.

Bu durumda hızdaki değişim 10 olmayacaktır. İşareti bir kenara bırakırsanız, ancak sadece 5 metre bölü saniye olacaktır.

Bu durumda çarpma zamanı muhtemelen çok daha büyük, belki saniyenin dörtte biri olacaktır.

Bu nedenle, çarpma esnasında ortalama ivme sadece beş bölü bir bölü dört, yani, 20 metre bölü saniye kare olacaktır.

İvmeyi artı 20 metre bölü saniye kare, ya da eksi 20 metre bölü saniye kare olarak adlandırmanız, x in artış yönünü hangi yön olarak seçtiğinize bağlıdır.

Fakat yumurta ve domates, artı ya da eksi olarak adlandırmanıza aldırılmaz.

İvme ister eksi 20 metre bölü saniye kare, ister artı 20 metre bölü saniye kare olsun, şüphesiz yumurta kırılacaktır.

Bu sadece sizin seçtiğiniz kabulde önemlidir. Fakat, fizik değişmeyecektir.

İşaret kabulü için neyi seçtiğinizi yumurta umursamaz.

İvmenin büyüklüğü oldukça fazla olduğundan, bir şeyler kırılacaktır.

Bir şeylerin kırılmasının sebebi budur.

Birkaç gün önce, bir Sherlock Holmes filmi izledim ve mermer zemine düşen bir adam vardı.

Başını vurmıştu ve orada hareketsiz yatıyordu.

Watson oradaydı ve Watson, Sherlock Holmes' e ne oldu dedi? Sherlock Holmes adama doğru yürüdü, dokundu ve kafatasını kırdığını söyledi.

Oldukça zeki birisi, kafatasını kırdığını söylediği zaman, vay canına, gerçekten fizik işliyor dedim.

Başından sonuna kadar 8.01 dersi.

Gerçekten kafasını yere vurduğu zaman hız düşüktü. Fakat zemine bir bilardo topu gibi çarpmıştı.

Adam her şeyden önce dazlaktı, ve böylece çarpma süresi oldukça kısa idi.

Oldukça düşük bir hız ile kafasını yere çarptığı halde, çarpma süresi kısa olduğu için ivme fazladır.

Bu ivme çok fazlaydı, ve kafasının kırılmasının sebebi bu idi.

Dolayısıyla önemli olan hızdaki değişim ve çarpma zamanıdır.

Şimdi ortalama ivme konusunda son bir adım daha atmak istiyoruz.

Aynen hızda yaptığımız gibi, herhangi bir andaki ivmeye gitmek istiyoruz.

Ve bu olağan bir adım.

Herhangi bir zamandaki anlık ivme, $v_{t+\Delta t} - v_t$ farkının Δt ye bölümünün Δt sıfıra giderken ki limit durumuna eşit olacaktır.

Bu anlık ivmedir.

Ve bunun, hızın zamana göre birinci türevi, aynı zamanda konumun zamana göre ikinci türevi olduğunu fark edersiniz.

Ve şimdi her zaman ve daima hatırlamanızı istediğim, ikinci eşitliği yazıyorum: ivme dv/dt veya d^2x/dt^2 dir.

Şimdi grafiğimize gidebilir ve kendimize ivmenin nerede sıfır, nerede sıfırdan büyük ve nerede sıfırdan küçük olduğunu sorabiliriz. Çünkü gördüğünüz bu değer, sıfırdan büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan küçük olabilmektedir.

Bu grafikte, türev almaya çalışırken, çok dikkatli olmalısınız.

Sizler ve ben ikinci türev konusunda iyi olmadığımız için, çok dikkatli olmak zorundayız.

Hız kolaydı.

Tüm yapmanız gereken, α açısına bakmaktı.

Fakat, ikinci türevelere geldiğiniz zaman, α 'nın nasıl değiştiğine bakmanız gerekiyor.

Burada, hız değişmediğinden, burada her yerde ivme sıfır olmalıdır.

Burada hız artmaktadır, dolayısıyla ivme sıfırdan büyük olmalıdır.

Burada hız neredeyse sabittir, neredeyse doğrusal bir çizgidir.

Bu, ivme için ne anlama gelir? Sıfır, doğru.

Burada, bir dönme yapmaktadır. Bu tarafta hız pozitif, fakat bu tarafta negatiftir. Bu ivme açısından ne anlama gelir? Negatif, evet anladınız.

Böylece, ivmenin nerede pozitif, nerede negatif ve nerede sıfır olduğunu kabaca anladınız.

Şimdi, ödev olarak ta bekleyebileceğiniz, basit bir örnek yapalım. Gerçekten son derece şanslı iseniz, sınavda böyle bir soru gelebilir.

Çok basit.

Sizlere zamanın fonksiyonu olarak konumu vereceğim ve bunun üzerinde çok sayıda sorular soracağım.

Örnek şöyle:

x eşittir 8 eksi $6t$ artı t kare.

Bu size cismin herhangi bir anda nerede olduğunu söylemektedir ve birimi de metre olsun.

Şimdi herhangi bir andaki hız nedir? dx / dt türevi nedir?

Şu kuralı kullanacağım.

$$x = t^n$$

Bu durumda çoğumuzun bildiği gibi

$$\frac{dx}{dt} \text{ eşittir } n \text{ çarpı } t^{n-1} \text{ dir.}$$

Kullanacağım tek şey bu.

Sekizin türevi sıfır.

Buradan hızı, v eşit eksi 6 artı $2t$ olarak elde ederim ve birimi metre bölü saniye olacaktır.

Ve ivme.

Hızın türevini almak zorundayım, ivmeyi “a” eşit artı 2 olarak elde ederim.

İvmenin zamanda sabit olduğuna değişmediğine dikkat edin. Fakat hız değişiyor.

Şimdi daha ayrıntılı bir incelemeye girişeceğim.

t eşit sıfır anında, cismin ne yaptığı hakkında bir izlenim edinmek istiyorum.

t eşit sıfır anında, x artı 8 metreye, hız eksi 6 metre bölü saniyeye ve ivme ise +2 ye eşittir.

Kendi kendime x = 0 'daki zamanın kaç olduğunu sorabilirim? x=0 olduğu durumdaki zamanların neler olduğunu sorabilirim.

Bu ikinci dereceden denklemi çözmek zorundayım. Sizler bunları lisedeyken yapmışsınızdır. Çözülürse t=2 ve t=4 çözümlerini bulursunuz.

t=2 için, eşitlikten görüleceği gibi, burası dört eder, $4 + 8 = 12$, ve 12 eksi 6×2 , yani sonuç sıfırdır.

Gördüğünüz gibi, 2 saniye denklemi sağlamaktadır. 4 saniyenin de sağladığını kontrol ediniz.

Merak açısından, hız nerede sıfırdır? Oh, bu kolay

Bu eşitlik sıfır olduğu zaman, t=3 dür.

Bu anda konum ne? Bu eşitlikte t yerine 3 yazarsam; bana, x eşit eksi1 verir.

Şimdi x' i, t nin fonksiyonu olarak çizmek için hazırım.

Tabii ki şekil bir paraboldür. Elde ettiğimiz verileri kullanacağım.

Şekli buraya çiziyorum.

Bu yön x in artış yönü olsun. Burası 8 ve burası -1 olsun.

Bu zaman eksenini.

Burası sıfır noktası, ve yaklaşık 6 ıncı saniyeye kadar olan durumu çizmek istiyorum.

1, 2, 3, 4, 5, 6.

Şimdi, sizlere yandakine benzer, fakat daha kolay olan bir eğri çizmek için, bu bilgileri kullanacağım.

Bu bir paraboldür.

t=0 olduğu anda cismin, 8 konumunda olduğunu biliyorum.

t= 2 ve t=4 anlarında x=0 konumunda olduğu da biliyorum. Bu zamanlarda cisim burada ve buradadır.

$t=3$ anında, cisim -1 konumunda ve cisim buradadır.

Ve şimdi, eğer grafiği oluşturursam, bu şekilde bir eğri elde edeceğim ve gerçekten hızın, bu noktada sıfır olduğuna dikkat ediniz.

α açısı sıfıra eşittir.

Cisim $t=0$ anında negatif hız ile harekete başlar, ve $t=0$ anında parçacığın burada olduğunu görebilirsiniz.

Cisim sadece buradadır. Umarım bunu anlamışsınızdır.

Cisim asla burada değildir.

Burası yoldur. Parçacığın üzerinde bulunduğu, bir boyutlu bir hattır.

Cisim burada ve bu yönde gitmeye başlar.

Eğer cisim bu yönde gitmeye başlarsa, hız gerçekten sıfırdan küçük olmalıdır ve de öyledir, ve hız -6 dır.

Fakat yukarı yönde $+2$ değerinde bir ivme var ve ivme “senin aşağı yönde gitmeni istemiyorum” diyecektir.

Yukarı doğru gitmeni istiyorum! Hız “üzgünüm diyor, tek yapabileceğim şey ancak yavaş yavaş değişirim”. Ve şekilde görüldüğü gibi bunu yapıyor.

Oldukça yavaş değişiyor, bir zaman geliyor ve hız sıfır oluyor. Cisim aşağıya doğru gidiyor. Hız değişiyor ve eksi 1 konumuna geldiğinde, cisim durma durumuna gelmek zorunda ve şimdi cisim geri dönüyor.

Şimdi, ivmenin pozitif değeri artırmaktadır ve bunu görüyorsunuz.

Bu yüzden, sizlerle, bu eşitlikte t yerine 4 yazarsanız, hızın daha da pozitif olacağına 10 kuruşuna iddiaya girerim.

Hız, bu pozitif ivmeden dolayı eksiden artıya dönmüştür.

10 kuruşuna iddiaya girerim. $t=4$ için

x nedir? v nedir? Biz v yi bilmek istiyoruz.

8 eksi 6 , $+2$ metre bölü saniye.

Gördünüz mü? Fizik işliyor.

Şimdi, v , $+2$ metre bölü saniye.

Tüm bilgiler orada. Fakat, bu bilgileri daha da özümsemenizi istiyorum.

Sadece buradaki eğriye, aptal bir parabole bakmayın.

Neler olduğunu anlamaya çalışın ve ancak o zaman bazı bilgiler edinebilirsiniz.

Bu durumda, olayı gerçekten beyninizde algılayabilirsiniz.

Şimdi, sabit ivmeli bir boyutlu hareket için zamanın fonksiyonu olarak, konum ve hız için en genel eşitlikleri yazacağım.

Tekrarlıyorum, hareket bir boyutlu ve sabit ivmeli bir hareket.

Buraya yazacağım eşitlik, en genel biçimde yazabileceğim eşitliktir.

x , eşittir, C_1 artı C_2 çarpı t artı C_3 çarpı t kare.

Ve fark edin

Ooo, örneğimi sildim.

Örneğim gitti ama, buradaki değer örneğimizde 8 idi.

Uhhh, Burada neler var idi. eksi $6t$ ve artı t kare var idi.

Bu üçünü hatırlıyorsunuz.

Şimdi, türevini alıyorum ve hızı C_2 artı $2C_3$ çarpı t olarak, ve bu durumda ivmeyi, $2C_3$ olarak elde ediyorum.

Şimdi bu nicelikler hakkında bazı fikirler edinebiliriz.

Çünkü, açık olarak, C_1 , $t=0$ anındaki x konumudur ve genellikle x_0 olarak yazarız.

Çünkü $t=0$ anında, x 'in olduğu yerdir.

C_2 gerçekten $t=0$ anındaki hızdır. Çünkü, $t=0$ olduğu zaman, hız v_0 eşit C_2 dir.

Ve ivme zamanla değişmiyor, değeri $2C_3$ olup, burada C_3 ivmenin yarısıdır.

Bunlar, sizlere bu niceliklerin anlamları hakkında bazı bilgiler vermektedir. İçlerinde fizik olduğunu görebilir ve anlayabilirsiniz.

C_1 , C_2 ve C_3 birbirinden bağımsız, sıfıra eşit ya da sıfırdan büyük veya negatif olabilir.

Hiç fark etmez.

Bu kombinasyonların her biri fizikte geçerli bir olasılıktır.

Yerçekimi olduğu zaman, bir cisim yerçekimi ivmesi tarafından etkilenir ve yerçekimi ivmesi sabittir.

Ve biz, bu yerçekimi ivmesini çoğu zaman "g" harfi ile yazarız.

Bir cismi düşürürsem, yukarı yönde dikey olarak atarsam, ya da aşağı yönde dikey olarak atarsam, bunlar daima tek boyutludur.

Eğer bir açı ile atacak olursam, o zaman bu iki boyutlu olur.

Bir boyutlu durumu koruyacağım ve ivme daima aynıdır. Boston'da g yerçekimi ivmesi 9.80 metre bölü saniye karedir; yeryüzündeki farklı yerlerde biraz değişir.

Hava sürtünmesinin olmadığı ve deneyin vakum ortamında yapıldığı farz edilirse, yerçekimi ivmesi düşürdüğüm cismin kütesinden, hızından, kimyasal bileşiminden, büyüklüğünden ve şeklinden bağımsızdır.

Yerçekimi ivmesinin bu tüm niceliklerden bağımsız olduğu aşikar mıdır

Kesinlikle hayır.

Doğru mudur? Biz böyle düşünüyoruz, Fakat sizlerin bunun belirgin olmadığı ve temel ilkelere ispatlanamayacağını bilmenizi istiyorum.

Geçen defa, 3 metreden ve bir buçuk metreden bir elma düşürdüğümü hatırlayın.

Ve henüz sizlere göstermediğim, dolayısıyla henüz görmediğiniz ikinci ödevinizde her iki ölçüm için yerçekimi ivmesini hesaplamanızı istiyorum.

Ve tabii ki, bana cevaplarınızda belirsizliğin ne olduğunu da belirtmenizi istiyorum.

Bunu açıklamak için, sizlere biraz yardım etmek ve yerçekimi açısından bu eşitlikleri elde etmek istiyorum.

Yerçekimini incelediğiniz zaman, hep g yi kullanıyoruz.

$t=0$ anında parçacığın burada olduğunu varsayalım.

Parçacığımız elmaydı; elmanın konumunu, $x=0$ olarak alıyorum.

Burasını sıfır olarak alıyorum, sıfır konumunu seçmekte serbestim ve elmayı sıfır hızıyla bırakıyorum.

Sadece elmayı bırakıyorum, çünkü sınıfta bu şekilde yaptık.

Cisim aşağı gidiyor ve zemine çarpıyor.

Eğer bu yönü x in artan yönü olarak belirlersem; siz daha farklı seçebilirsiniz, bugün böyle seçiyorum, yerçekimini içeren genel denklemler aşağıdaki gibi olur. .

x eşit x_0 artı v_0 çarpı t artı $\frac{1}{2} g t^2$ kare, ve burada g , 9.80 metre bölü saniye karedir.

Herhangi bir zamandaki hız, v eşit v_0 artı g çarpı t şeklindedir.

Ve ivme sabit olup, sadece g dir.

Benim seçtiğim durumda, $t=0$ seçtim, dolayısıyla $x_0 = 0$ ve $v_0 = 0$ dır. Ve bunlar yok olur.

Ve şimdi görüyorsunuz ki, cisim burada olduğu zaman, üst noktanın 3 metre aşağısındadır. Ve oraya düşmesi için geçen zamanı biliyorsunuz.

Şimdi g yi hesaplayabilirsiniz.

Çünkü cisim yere vardığında x , 3 metre olacaktır. Ne kadar zaman aldığını sınıfta ölçmüştük. Bu durumda g için bir değer elde edebilirsiniz.

Elbette, her iki ölçüm için g yi hesaplayabilirsiniz. Sonucu ve ölçümlerdeki belirsizliği hesaplamanızı istiyorum.

Geçen defa, elmanın yere düşmesi için geçen zamanı, t' yi türettiğimizi ve bunun da, t eşitir, C çarpı karekök h bölü g olduğunu hatırlayın. C nin ne olduğunu asla bilememiştik.

Zamanın, h nin karekökü ile orantılı olduğunu göstermek için bir gösteri yapmıştım.

C nin ne olduğunu asla bilmiyorduk.

Şimdi biliyorsunuz. Çünkü burada denklemlere sahip olduğunuz için, C nin basitçe 2 'nin kareköküne eşit olduğunu görebilirsiniz.

Ama, bunu boyut analizinden elde edemem.

Şimdi rahatlamanızı istiyorum ve aynı zamanda değişim için gözünüzü biraz açın.

Bu duruma bakın, $v = g t$ dir. Yani, bir elmayı düşürdüğüm zaman, ki bugün bir elma daha düşüreceğim, hız zamanla artmaktadır.

Eğer elma düşerken, onun aşamalı görüntüsünü alırsam, hız zamanla arttığı için, aradaki mesafeyi görebilirim.

Burada bir elma var ve onu zeminden yaklaşık 3 metre kadar yükseğe koyacağım.

Yani, yükseklik yaklaşık 3 metre .

Geçen dersten biliyoruz, hatırlayın, zemine düşmesi yaklaşık 780 milisaniye sürüyordu.

Sadece bir fikir edinmek için bunu yuvarlayacağım ve bu yaklaşık 0,8 saniye olacak .

Eğer flaş yaparsam, yani ışığı saniyede iki kez elektronik olarak açıp kaparsam ki bunu iki hertz olarak adlandırıyoruz.

Elma yere düşerken, elektronik flaş ile iki kez görüntüsünü almam gerekir.

Flaş ile görüntüsünü aldığım zaman, elmanın nerede olduğunu bilmem. Elmayı yere düşürdüğüm zaman, ikisi senkronize olmadığından, belki ışık ilk defa yanıp söndüğünde, burada olabilir, ikincisinde de burada.

Fakat, ilk defa burada ikinci defa şurada olması da mümkündür.

Bu yüzden, yapmak istediğim ilk şey, sizlerin dikkatini test etmektir.

Biz göz kırpacağız.

Onları nerede gördüğünüzü bana söyleyeceksiniz.

Fakat, aynı zamanda fotoğraf çekeceğiz .

Her iki topun tam olarak nerede olduklarını bize fotoğraf gösterecektir.

Böylece bu sizlerin ilk dikkat testiniz.

Dolayısıyla, bunun için hazır olun ve sonra ikinci yapacağız ki bu, daha da merak uyandırıcıdır.

Şimdi, öncelikle koyu güzel bir arka plan elde etmek için kadife perdeyi getirmeliyim ve indirmeliyim.

İşte başlıyoruz.

OO, üzerindeki parmak izlerimle, perde artık fazla da siyah görünmüyor.

İşte.

OO, ne yapıyorum ben? Merdivene yeniden ihtiyacım var.

Elmayı yukarı koymak zorundayım.

Cuma günleri her zaman, benim için kötü bir gündür.

Tamam.

Şimdi elmayı yukarıya koyacağım.

Burada bir metal var. Elektromıknatıs var ve elektromıknatısı etkin hale getirecek bir anahtar var.

Geçen defa yaptığımızı oldukça benziyor.

Elmayı yukarı koymak zorundayız ve elma orada asılı duruyor.

Başlıyoruz.

Şimdi flaşı başlatmak zorundayım.

Yaklaşık iki hertz, yani saniyede yaklaşık iki defa yanıp söner ve burasını zifiri karanlığa ayarlamak için gidiyorum.

Zifiri karanlık

Tüm ışıklar sönüyor.

Aşağıya doğru 3, 2, 1, 0 diye sayacağım. Kameranın arkasında duran Bob 1 dediğim zaman objektif kapağını açacak ve sonra sıfır dediğim zaman, top düşmeye başlayacak.

Sadece topu en yüksek konumda görebilirsiniz ama bunu hesaba katmayacağız. Çünkü objektif kapağını açtığım ve topu düşürdüğümde iki flaş çakacaktır.

Tamam mı? Eğer hazırsanız, ben hazırım.

Yapabildiğimiz kadar karanlık yapalım

Hazır mısın Bob? Sınıf hazır mı?

Herkes hazır mı? Hazır görünmüyorsunuz.

Tamam...

Üç, iki, bir.

İşte sıfır oldu.

Haydi, şimdi ağır çekimde yeniden bakalım.

Top nerede ? Oh, sen bu numarayı on defadır yapıyorsun.

Bunu bir daha asla yapmayacaksın.

Şimdi filmin banyosunu yapıyoruz ve bana topları nerede gördüğünüzü söylemek ister misiniz?

Toplar kabaca neredeydiler? İlk olarak neredeydi? Hangi yükseklikte?

En yüksek noktanın ne kadar altında? Sadece bu kadar mı? Birincisi mi?

Ve o zaman ikinci oldukça aşağıda olmalı.

Tamam, ilginç gözüküyor.

Filmi banyo ederken, sizin gerçek dikkatinizi test etmek istiyorum

Bilinmeyen bir frekansta flaşlayacağım.

Sizin bilmediğiniz bir frekansta

Sizlere bir sır vereyim.

Daha yüksek bir frekansta

Aşağıya düşerken daha çok top göreceksiniz

Sizlere, nerede olduklarını sormayacağım.

Aksine, sizden kaç tane top gördüğünüzü bana söylemenizi isteyeceğim.

Hepsi bu

Onları aşağı ya dűşerken sayınız.

Saymak için sadece 0.8 saniyemiz olduğunu biliyorsunuz.

Bob, fotoğraf nasıl çıktı.

Çok iyisin, OO, çok iyisin

Gerçekten çok yukarıda imiş

İlk flaş çok yukarıda

Görüyorsunuz, yukarıda. Çok iyi yapmışsın.

Şimdi ikinci kısma başlıyoruz.

Sesler de kaydediliyor mu? Edilmesi gerekir

Mıknatısı yeniden etkin hale getireceğim.

İşte duruyor.

Aman tanrım!, çalışıyor mu? Tamam, Teşekkürler Bob.

Tamam Bob, eğer hazırsanız, ben de hazırım.

Yapabildiğimiz kadar karanlık yapacağız.

Tek istediğim şey, kaç top gördüğünüzü bana söylemeniz. Oh, Oh, Oh, Oh, değiştirmek zorundayım. Aman tanrım!.

Ne var? Şimdi MIT desiniz.

Ne zannediyorsunuz düşünüyorsunuz? Hazır mıyız? Bob, Tamam mısın? BOB: Evet

3,2,1

Peki, kim üç tane gördü? Dört tane !

Dört defa, bilmek istiyorum, dört mü?

Burada bir tane beş var. Burada da bir tane !

Kim altı tane gördü?

Vay Canına!

Yedi ? Sekiz ? Dokuz? On ? On bir?

Peki, kim, bulanık bir çizgi gördü?

Sanırım Aslında, gerçek kazananlar onlar.

Sizlere söylüyorum. 10 hertz frekansında idi.

Zaman 0.8 saniye olduğundan, nerede baktığınıza ve ne kadar şanslı olduğunuza bağlı olarak, sizlere göstereceğim.

Ya yedi belki de sekiz defa görecektiniz, fakat gerçekten iyi bir test idi.

Sadece beş defa gördüğünü söyleyenler için, burada görüyorsunuz, haydi onları sayalım.

Haydi onları beraber sayalım.

Bu, bir, iki, üç, dört, beş, altı, yedi. Bu yerden zıplama için.

Sadece beş defa görenlere, hafta sonu dinlenmelerini ve buna ihtiyaçları olduğunu söylüyorum. Benim de ihtiyacım var.

Gelecek sefere görüşürüz.