



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 17

Hatırlarsanız, daha önceki derslerde silahtan ateşlenen bir merminin ortalama hızını hesaplamıştık.

Bunu, çok hızlı zamanlama yeteneğine sahip olduğumuz için yapabilmıştık.

Eskiden hızlı zamanlama yapabilmek mümkün değildi ama insanlar mermilerin hızlarını oldukça hassas yöntemlerle ölçerlerdi ve öğrendiğimiz tüm yöntemleri, balistik sarkaç olarak adlandırdığımız, bu alete uygulayabiliriz.

Bir ucuna çok ağır cisim asılı olan bir sarkacımız olsun.

Bunu blok olarak adlandırıyorum.

Burada görüyorsunuz.

Ve bu sarkaç L uzunluğuna sahip olsun.

Bizim sarkacımız, yaklaşık 1 metre uzunluğunda olsun.

Size daha sonra kesin değerler vereceğim.

Ve küçük m kütleli bir mermimiz var bu mermi v hızı ile gelmektedir.

Bu mermi tamamen blok içine girerek orada kalmaktadır.

Bu bütünüyle esnek olmayan bir çarpışmadır ve sarkaç içerisindeki mermi ile birlikte v üssü hızını alacaktır.

Mermi buralarda bir yerde.

Momentum korunur, bu nedenle de m v eşit (m+M) çarpı v üssü yazabiliriz.

Eğer v üssünü ölçebilirsiniz, bu durumda merminin v hızını da ölçebilirsiniz.

v üssü hızını nasıl ölçeriz? Sarkaç durma noktasına gelinceye kadar bekleriz, mesela burada diyelim, burada hızı sıfır olur

Burada iken hızı v üssü idi.

Ve burada kinetik enerjisinin olduğunu biliyoruz.

Hiç çekim potansiyel enerjisi yoktu.

Bu seviyeyi $U = 0$ olarak isimlendirebilirim, fakat tam burada, eğer bu yükseklik farkı h ise, bu durumda bütün kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisine dönüştürülmüş olur.

Yani, iş-enerji teoremini uyguluyoruz veya mekanik enerji korunumunu uyguladığınızı da söyleyebilirsiniz.

Ve bu nedenle şimdi, 1 bölü 2 m artı M çarpı v üssü kare ile verilen kinetik enerji, sadece m artı M çarpı g çarpı h şeklinde verilen çekim potansiyel enerjisine dönüştürülür.

m artı M 'yi yok ediyoruz, ve böylece v üssü hızı karekök $2gh$ olur.

Burada tek ölçmeniz gereken şey h yüksekliğidir. Bu durumda v üssü hızını bilebilirsiniz. Ve eğer v üssü hızını bilerseniz, merminin hızı olan v 'yi de bilirsiniz.

Fakat hayat o kadar kolay değil.

h 'yi ölçmek çok zordur ve bunu size göstereceğim.

Mesela bu açının, θ açısının,

Blok durduğu zaman sadece 2 derece olduğunu varsayalım.

Bu durumda eğer, uzunluğu 1 metre olarak seçersek, L çarpı $(1 - \cos\theta)$ olan h yüksekliği sadece 0.6 milimetre olur.

Bunu göremezsiniz bile.

Her hangi bir doğrulukla ölçebilmek şöyle dursun, bu görünmez bile.

O zaman şimdi ne yapacağız? h 'yi ölçmeyeceğiz, onun yerine x 'i ölçeceğiz.

Bunu $x=0$ olarak seçiyorum.

Ve burasını, sarkacın durduğu zamanki değere x diyorum.

2 derecelik açı için, x yaklaşık olarak 3.5 santimetredir.

Şüphesiz, kendinizde bunu kolaylıkla kontrol edebilirsiniz.

Bu yönde h 'e göre büyük bir yer değiştirme elde edersiniz.

Eğer küçük açı yaklaşımını kullanırsanız, ve, 2 derecenin çok küçük olduğuna inansanız iyi olur,

bu tamamıyla geometrik matematik ve bunun ispatını size bırakıyorum.

Bu durumda bunun yaklaşık x kare bölü $2L$ olduğunu ispatlayabilirsiniz.

Sizden bunu ispatlamanızı istiyorum.

Kosinüsün Taylor serisine açılımını yapın ve belli bir yerden sonrasını almayın. Ve bunu ispatlamak çok zor olmaz.

Diğer bir deyişle, $2gh$ şeklinde olan v üssü kare yerine, yaklaşık olarak $2g$ çarpı x kare bölü $2L$ yazabilirsiniz. Bu size g çarpı x kare bölü L verecektir.

Ve böylece merminin v hızı, m artı M bölü m ,
 m 'yi alta getiriyorum-

çarpı v üssü, fakat v üssü şimdi bunun kare kökü olur, böylece x çarpı g bölü L 'nin karekökünü elde ederim.

Ve şu an gördüğümüz şey, çok açık bir şekilde, buradaki x 'i ölçerek, bu merminin hızını tam olarak belirleyebiliriz. Çünkü x 'i iyi bir doğrulukla ölçebiliriz.

Belki 3.5, 4, veya 5 santimetre olarak; x 'te sadece 1 veya 2 milimetrelilik bir belirsizlik ile bunu ölçebiliriz.

Böyle bir merminin hızını ölçeceğiz-

Bunu daha önce de yapmıştık.

Çok farklı olmayan bir sayı elde edebilmek için bunu önceden yapmıştık.

Sanırım 200 ile 250 metre bölü saniye gibi bir sonuç elde etmiştik.

Bu deneyin verilerini sizlere vereceğim.

Merminin kütlesi 2 artı eksi 0.2 gram.

Bütün sayıları MKS birimlerinde vermediğim için özür dilerim.

Şüphesiz bunları MKS birimlerine dönüştürmeniz gerekiyor.

Sarkacın uzunluğu 1.13 metre artı eksi 2 santimetre.

Yaklaşık 2 santimetrelilik doğruluktan tam emin değiliz.

Ve bloğun kütlesi oldukça büyük, sanırım yaklaşık 2 gramlık belirsizlikle 3200 gram yani 3.2 kg dır.

Böylece kütlede % 10, uzunlukta % 2 ve bloğun kütlesinde ihmal edilebilir bir belirsizliğimiz var.

Bu, ihmal edilebilecek kadar küçük.

Eğer merminin hızının ne olduğunu bilmek istiyorsak, m artı M bölü m 'nin ne olduğunu ve g bölü L 'nin karekökünün ne olduğunu hesaplayabiliriz ve bu sayıları kullanarak 4.7 çarpı 10 üzeri 3 çarpı x bulurum.

x'i ölçmemiz gerekiyor.

Şimdi toplam belirsizliğe bakarak, x'i ölçeceğiz, 3.5 santimetre olmayabilir, 4 veya 5 olabilir.

Fakat ölçümümüzdeki belirsizlik muhtemelen 1 veya 2 milimetre olacaktır.

0.2 santimetre olarak alalım.

Bu değer, henüz bizim gerçek sayımız değil.

Bu belirsizlik yaklaşık 50'de 2 veya % 4 olacaktır. Bu % 4 yapar.

Bu % 4'tür, yaklaşık olarak % 4.

Bütün belirsizlikleri birleştirdiğimizde merminin son hızını yaklaşık % 15 doğrulukla belirlediğimizi söyleyebiliriz.

Şimdi deneyelim.

Sarkacı orada size gösterebilirim.

Ve bu çok mükemmel dizayn edilmiştir.

Sarkaç salınmaya başladığı zaman, küçük bir cismi hareket ettirecektir.

Onu burada görüyorsunuz.

Sanırım ışığı tekrar biraz açabilirim.

Sanırım bu iyi.

Orada kayabilen, çok küçük bir siyah işaret var

Bu 5 santimetre, bu 10 santimetre-

Ve sarkaç salındıkça bu işaret maksimum genliğe varacak ve sarkaç geriye doğru salındıkça orada duracak.

Peki.

Mermileri ateşlediğimiz zaman, her zaman bir risk vardır.

Silahın mekanizması burada.

Mermiler cebimde; biri burada. Tamam. Mermiyi alıyorum ve silahı hazır duruma getiriyorum.

Her şey doğru yapıldı değil mi, evet? Oraya bakabilirsiniz, bu çok ağır bloğun salınımını görebilirsiniz; mermi bu bloğun içinde kalacak.

Buna hazır mısınız? Üç, iki, bir, sıfır.

5.2 santimetre, neredeyse doğru olarak görüldüğünü söyleyebilirim. Böylece gözlemlenen x değeri 5.2 santimetre civarında. Ve biz % 15 lik belirsizliği zaten biliyoruz. Şimdi hızı hesaplayacağım.

Böylece 4.7 çarpı 10 üzeri 3' ü bununla çarpmamız gerekiyor.

Bunu şüphesiz MKS ye çevirmem gerekiyor. Bu MKS de 0.052 eder ve bu durumda hız 244 metre bölü saniye olur.

Geçen defa, buna çok yakın bir değer bulmuş olduğumuzu hatırlıyorum.

Merminin hızı yaklaşık 244 metre bölü saniyedir.

Bu 340 metre bölü saniye olan ses hızının biraz altındadır. Ve geçen defada aynı sonuca varmıştık.

Peki.

Mermi bloğa çarpmadan önce kinetik enerjiyi sahiptir ve bunun ne kadar olduğunu hesaplayabilirsiniz, Çünkü hızı ve kütleyi biliyorsunuz.

1 bölü 2 m v kare.

Mermi bloğa saplandığı zaman, ne kadar kinetik enerjisinin olduğunu da hesaplayabilirsiniz.

Bu çok kolay.

1 bölü 2 çarpı toplam kütle, m artı M, çarpı v üssü kare, şimdi bunu da biliyorsunuz.

Ve bu durumda, bu iki kinetik enerjiyi kıyaslarsanız belki şaşıracaksınız, çarpışmadan önceki bütün kinetik enerjinin, % 99.94 ü yok oldu ve ısı enerjisine dönüştü.

Bu oldu elbette, bu ısı blokta üretildi.

Şimdi impuls kavramına geçeceğim.

Bu, tam olarak yaptığımız şeyle alakasız değil.

Birisine hafif bir şekilde vurursanız, impuls öyle bir şeydir.

Mermimiz, bu bloğa bir impuls verdi. Yani ona çarptı.

İmpuls.

İmpuls vektördür ve belli bir zaman zarfında F çarpı dt nin integrali olarak tanımlanır.

Sıfırdan Δt 'ye kadar diyelim.

Şimdi F eşit ma , aynı zamanda dp/dt dir.

Bunu çok defa gördük.

Momentumdaki değişim oranı.

Bu yüzden de onu burada yazabilirim ve böylece dp/dt çarpı dt 'nin sıfır ile Δt aralığındaki integralini bulurum. İntegral sadece momentum olarak kaldığından, basitçe P_i ilk momentumdan P_f son momentuma dp 'nin integralini alırım.

Ve bu kısaca, son momentum eksi ilk momentum olur.

İmpulsun yaptığı şey, momentumu değiştirmektir.

Kısa bir süreliğine bir şey üzerine etki eden bir kuvvet söz konusudur.

Roketlerde göreceğiniz gibi, bu biraz daha uzun da olabilir.

Ve bu momentumda bir değişim meydana getirir.

Eğer yere düşürdüğümüz bir cisim varsa, m kütleli bir cisimimiz var ve onu yere düşürüyoruz ve cismi h yüksekliğinden bırakıyoruz. Bu durumda bu yere belli bir hızla çarpacaktır.

Ve yere çarpma hızının karekök $2gh$ 'e eşit olduğunu biliyoruz.

Eğer bu tam elastik bir çarpışma olsaydı, ki elbette bu cismin ve yer yüzeyinin özelliğine bağlıdır.

Mesela mermer üzerine düşen bir top neredeyse tam elastik çarpma yapardı ve top aynı hızla geri zıplardı.

Ve bu gerçekten tamamen elastik bir çarpışma olsaydı, bu durumda topa verilen impulsu görebilirdiniz.

Bu impuls, top yere çarparken topa verilmektedir.

Yer topa impuls veriyor ve bu impuls $2mv$ 'ye eşittir.

Top momentumunu deęiştiriyor.

Bu yöndeki momentum mv idi, ve şimdi bu yöndeki momentum da mv dir. Böylece değişim $2mv$ olur.

Böylece topa bir impuls veriliyor.

Şimdi, eğer çarpışma tamamen esnek olmayan bir çarpışma olsaydı, örneğin topun domates olduğunu düşünelim. Domatesi yere fırlatırsam yere yapışır.

Yere çarptığı zaman elbette yukarı yönlü herhangi bir hızı olmayacaktır, impuls sadece mv dir. Çünkü yukarıya doğru geri gelmiyor. Bu durumda momentumdaki değişim çok küçüktür.

Burada birbirine benzeyen iki topumuz var.

Bunların kütleleri 0.1 kilogram, yani m eşit 0.1 kilogram ve bunları 1.5 metre yükseklikten bırakacağım ve bunlar yere düştüklerinde yaklaşık 5.5 metre bölü saniyelik bir hız kazanacaklar.

Momentumdaki değişim $2mv$, yani impuls eşit $2mv$ 'dir, ve bu yaklaşık 1.1 kilogram-metre bölü saniyedir.

Bu şu anlama gelir; eğer çarpışma süresi Δt saniye ise, bu topa yüzeyle çarpışma anında etki eden ortalama kuvvet, impuls bölü Δt ye eşit olacaktır. Çünkü hatırlarsanız impuls tanımımız bu şekilde idi.

Eğer impulsu biliyorsak, ortalama kuvvet hakkında bir fikir edinebiliriz.

Ve yere düşüreceğim top için hızlı fotoğraflama yapacağız.

Başka bir top ile yapmış olduğumuz, hızlı fotoğraf sonuçlarını sizlere göstereceğim. Fakat bununla beraber şimdi yere bırakacağım topa da bunu yaptık.

Yani bununla.

Çarpma zamanı sadece 2 milisaniye.

Bütün çarpışmaların 2 milisaniye içinde olduğuna inanmak oldukça güç.

Ve şimdi 2 milisaniyeyi buraya yazarsanız, bu durumda ortalama 550 Newton luk bir kuvvet elde edersiniz.

Sadece, bu topun kütesinin 0.1 kilogram, ağırlığının 1 Newton olduğunu ve çarpma esnasında ağırlığından 550 kat daha fazla ağır geldiğini düşünün.

Ne inanılmaz bir ağırlık artması ve çarpmanın gerçekleştiği anda ortalama ivme ise g 'nin 550 katı.

İnsanlar tenis oynarlar ve topun hızı saniyede yüzlerce millik hızlara ulaşır.

Hızlar buradakilerden çok daha yüksek, 10 kat daha yüksek—

Ve ağırlıktaki artma, daha da fazladır.

Şimdi eğer çarpışma tamamen esnek olmayan bir çarpışma olsaydı, öyle ki bu bir domates veya yumurta olmuş olsaydı, bu geri gelmezdi ve ortalama kuvvet ise neredeyse aynı olurdu, Bunun sebebi ise impulsun yarı yarıya azalmış olmasıdır.

Fakat eğer etki süresi yarıya düşmüşse ve impuls da yarıya düşmüşse, bu durumda kesinlikle ortalama kuvvet aynı olacaktır.

Çok yüksek, fakat daha kısa bir zaman süresinde.

Şimdi ilk önce sizlere, bu iki topu göstermek istiyorum.

Birincisi yerle hemen hemen tamamen esnek bir çarpışma yapar.

Bunun tam bir esnek çarpışma olup olmaması sadece bu topa bağlı değildir.

Bir süper top olsun veya olmasın,

Bu aynı zamanda, zeminin durumuna da bağlıdır.

Bu çok iyi bir zemin değil, bu bir mermer değil.

Böylece bunu bırakırsam, tekrar aynı noktaya geri gelmeyecektir.

Bundan dolayı da bu tamamen esnek bir çarpışma değildir, fakat top oldukça iyi zıplar.

Bu nedenle de bu tamamen esnek olmayan ile tamamen esnek çarpışma arasında bir yerdedir.

Çok kötü değil, değil mi? Kötü değil.

Şimdi buna gelelim.

İzleyin.

Diğerine benziyor, fakat değil.

Bu tamamen esnek olmayan bir çarpışma.

Zemine doğru gidiyor ve ses çıkarıyor.

Küçük bir zıplama görüyorsunuz, hepsi o kadar.

Ve etki süresi de çok kısa.

Geri zıplayan toptaki etki süresi iki milisaniye, zemine yapışan toptakinde ise bir milisaniye ve ortalama ağırlıkları kendi normal ağırlıklarının yaklaşık 550 katı.

Sizlere hızlı fotoğraflamayı, aynı top için değil ama, daha önce kullandığımız başka bir top için elde ettiğimizi göstermek istiyorum.

Bunu çıkartayım.

Ve bu, 4 metre bölü saniye hızla aşağı giden bir top.

Ve her çerçevesi 1 milisaniye olan bir cetvel göreceksiniz, cetvel santimetreleri göstermekte.

Dört milisaniyede, bir santimetre gittiğini göreceksiniz.

Böylece hızı 2.5 metre bölü saniye.

Zemine çarpacak ve daha sonra zeminle yaptığı temas süresini milisaniye olarak sayabileceğiz ve tekrar yukarı geri gelecek.

Bu iki milisaniye olmayacak, biraz daha uzun, fakat tekrar ediyorum, oldukça kısa bir zaman olacak.

Pekala, yeterince iyi görünmesi için ortamı biraz karartayım.

Bunların beşini kapatacağım ve TV'yi ikiye ayarlayacağım ve şimdi buna başlayacağım.

İşte başlıyor.

Başlayacağını umuyoruz.

Tamam, işte top aşağıya iniyor.

Bu işaretler santimetre cinsinden,

Bu cetvel santimetre cinsinden verilmiş

Bu, bir santimetre.

Biraz geri sardıracağım, Çünkü biraz geç kaldık.

Simdi, tekrardan başlayalım.

Bu işareti geçtiği zaman izleyin.

Bir, iki, üç

Yaklaşık bir santimetre için 4 milisaniye olduğunu görüyorsunuz.

Bu 2.5 metre bölü saniye.

Ve şimdi etkileşme anındaki milisaniyeleri sayacağız.

Bir, iki, üç, dört, beş, altı ve bitti.

Yaklaşık altı, belki yedi milisaniye.

Ve bu özel bir top değil.

Etkileşme süreleri şaşırtıcı şekilde kısa.

Şimdi sizlere çok özel bir şey göstereceğim.

Gerçekten çok özel bir şey, beni uyanık tutan bir şey.

Fizikte birçok şey beni uyanık tutar, tabii sadece fizikte değil.

Fakat bu, çok özel.

Bu çok özel.

Burada bir basketbol topu var.

Tamamen esnek değil, fakat kötü de değil.

Bir tenis topu

Tamamen esnek değil, fakat kötü de değil.

Şimdi, bu ikisini birlikte düşey olarak aşağı bırakacağım. Ve bu durumda toplar yukarı zıplayacaktır.

Ve sizlere soracağım soru ise, bu tenis topunu bu yükseklikten bırakırsam en çok bu yüksekliğe kadar geri geleceğini düşünüyor musunuz? Veya daha mı az olacağını veya daha mı yüksek olacağını düşünüyorsunuz? Önsezinizi kullanın.

:En kötü durumda şu olabilir.

Yanlış olabilir.

O, parmağını şimdiden yukarıyı kaldırıyor.

Ne düşünüyorsunuz? Tenis topu aynı yüksekliğe gelecek mi? Kimler bunu düşünüyor? Kimler daha yükseğe çıkacağını düşünüyor?

Wov.

Kimler çok daha yükseğe çıkacağını düşünüyor? Pekiyi.

Pekiyi, bunu deneyeceğim.

Simdi size bu topun etkileşmeden sonra yukarı doğru düz bir şekilde çıkacağını garanti edemem.

Yukarıya düz olarak çıkması sıfır şansa sahip, bu yüzden muhtemelen belli bir yönde yukarı gidecektir.

Fakat kafamda olan etkiyi göreceksiniz.

İşte başlıyoruz.

Aslında bu tenis topunun, çok daha yükseğe çıkıyor olduğunu görüyorsunuz.

Dikey olarak biraz daha yükseğe çıkartıp çıkartamayacağımızı görmek için bir kez daha deneyeceğim. Fakat bu çok zor.

Daha yükseğe çıkıyor ve bu sizin hesaplayabilmeniz gereken bir şey, hesaplayabilirsiniz ve hesaplayacaksınız.

Bana inanın, bu altıncı ödevin bir parçası olacak.

Bunu henüz görmediniz,

Güzel, eğer bu cisim bundan daha fazla kütleyle sahip ise, içinizden herhangi birisi bu topun yaklaşık olarak ne kadar daha yükseğe çıkacağını biliyor mu? Elbette, kütle oranı işin içine giriyor.

Herhangi bir fikri olan? iki katı daha yüksek? 6. ödevi yaptığınızda çok şaşıracaksınız.

Çok daha yüksek.

Peki, aslında, bunu burada da görebilirdiniz, iki katından biraz daha yüksek.

Mükemmel, mükemmel bir deney ve bu kaldığınız yurttan yapabileceğiniz bir şey.

Şimdi geri kalan zamanda roketler hakkında konuşmak istiyorum.

Bir roket, motordan impulsa maruz kalır ve bu roketin momentumunu değiştirir.

Fakat roketin detaylarına girmeden önce, cisimleri zemine atma fikrini tekrar düşünün,

Ve domatese dönelim.

Domatesi istiyorum. Çünkü tamamen esnek olmayan bir çarpışma istiyorum, domatesler zemine çarparlar.

Zemine sadece bir domates fırlatmayacağım, bugün çok sinirli olduğumdan zemine bu domateslerden çoğunu atacağım.

Nancy' nin, n sinde olduğu gibi, domateslerin sayısı n tane.

Eğer bir domates zemine çarparsa ve eğer m domatesin kütlesi ise, momentumdaki değişim mv dir.

Fakat ben n tanesini zemine fırlatacağım, böylece momentumdaki değişim n , Nancy'deki gibi, çarpı domatesin kütlesi çarpı v dir.

Ve bu, zemine attığım domateslerin saniyedeki kilogram miktarı.

Bu momentumdaki değişimdir.

Ve bu Δp bölü Δt dir, ve bu ortalama kuvvettir.

Böylece zemine aşağı yönde bir kuvvet uygulanır.

Elbette ki bu, topun burada hesaplamış olduğumuz gibi yukarı yönlü maruz kaldığı durumda da söz konusu idi.

Zemin de elbette, aynı kuvvete aşağı yönde bir kuvvete maruz kalmıştır. Etki tepkiye eşittir.

Newton'un üçüncü yasası.

Zemin, aşağı yönde bir kuvvete maruz kalır.

Ve ben bunu daha güzel bir şekilde yazabilirim: Eğer zemine çarpan domateslerin hızı sabit ise, F eşit dm/dt çarpı hız şeklinde yazabilirim.

Ve bunu, roketten çıkan egzozun rokete göre sabit hıza sahip olması durumunda, roketlere uygulayacağız.

Ve bu durumda, bu zemine saniyede attığım kilogram miktarı.

Bu oldukça gerçekçi.

Bu domatesleri banyo tartısının üzerine atabilirim ve eğer tartının üzerine 4 kilogram bölü saniye hız ile atarsam ve bunlar 5 metre bölü saniyelik bir hızla banyo tartısına çarparlarsa, banyo tartısının yaklaşık 20 Newtonluk bir ortalama kuvvet göstereceğine inanmalısınız. Dört çarpı beş.

Eğer bunlar domates olmayıp, onun yerine yukarı zıplayan toplar olsaydı, bu durumda momentum değişimi iki katına çıkacaktı ve banyo tartısı 40 Newtonu gösterecekti.

Bu gerçek bir şey, kaybedebileceğiniz gerçek bir kuvvet.

Şimdi, sizin hoşunuza gitmeyen birisi olacağım.

Size çürük domates fırlatacağım.

Siz buradasınız , burada da bir domatesim var ve bu domatesin ilk hızı sıfır.

Sizi biraz büyük çizeyim, yoksa size çarptıramam.

İşte siz busunuz.

Ve bu domatese, belli bir v_x hızı veriyorum.

Domates size çarpıyor.

Belki yüzünüze yapışabilir, bu mümkün.

Belki de,

Aşağı doğru akabilir.

Fakat her durumda x yönündeki hız yok olacak.

Yani, bir v_x hızı ile size çarpacak ve sonra v_x eşit sıfır olacak.

Orada bir pislik oluşturabilir.

Bir kuvvetle, karşı karşıya kalacaksınız.

Eğer bu domatesleri size sürekli atmaya devam edersem.

Ve bu sizin karşılaşacağınız kuvvet.

Ve bu kuvvet elbette bu yöndedir.

Bütün bu domateslerin size çarpacakve bunu bir kuvvet olarak hissedeceksiniz.

Fakat simdi problemdeki simetriye bakın.

Burada hız v_x ten sıfıra iniyor.

Fakat domatesleri atan kişi olan ben, hızı sıfırdan v_x 'e arttırmalıyım.

Açıkça görüleceği üzere, ben de bu yönde bir kuvvet hissetmeliyim.

Bunu, mermiyi ateşlediğiniz zaman, geri tepme olarak düşünün.

Bu nedenle bende bu yönde tamamen aynı kuvvetten etkilendim. Ve bu bir roketin çalışma prensibinin ardında yatan fikirdir.

Roket domatesleri dışarı fırlatıyor.

Güzel, tam olarak domatesleri değil

Bu yönde sıcak gaz fırlatır ve bu nedenle roket o yönde bir kuvvete maruz kalır.

Bu roketin çalışmasında yatan temel kavramdır.

Ve ne kadar yüksek hızda gazı dışarı fırlatırsa o kadar büyük hız kazanır.

Saniyede ne kadar daha fazla kilogram fırlatırsa, dm/dt ne kadar büyük olursa, roketin etkileneceği kuvvet, o kadar büyük olur ve rokete uygulanan bu kuvvete roketin itmesi denir.

Eğer uzayda bir roketimiz varsa;

Roket burada.

Ve roket kendisine göre sabit, belli bir u hızı ile gaz püskürtürse,

Kimyasal enerji yakıyor.

Kimyasallar yanar, belli bir hızla dışarı çıkar ve bu durumda roket bir kuvvetten etkilenir. Buna itme kuvveti diyoruz ve kuvvet bu denklemlerle veriliyor.

Saniyede kaç kilogram gaz püskürtüldüğünü biliyorsanız ve hızın kaç olduğunu biliyorsanız, burada u hızı, u diyeceğim, bu size roketin itmesinin ne olduğunu söyleyecektir.

Eğer Aya inmek için kullanılan Saturn roketleri durumunu göz önüne alırsak,

Saturn roketleri için, u hızı yaklaşık 2.5 kilometre bölü saniyedir.

Bu nedenle roketle göre 2.5 kilometre bölü saniye hızla gaz çıkar ve bu gazın çıkma oranı olağanüstüdür.

Saniyede 15 ton malzeme.

dm/dt yaklaşık 15.000 kilogram bölü saniye.

Bunu hayal etmek oldukça zor.

Ve bu yaklaşık 35 milyon Newtonluk bir itme verecektir, elbette bu roketin ağırlığından çok daha fazladır. Aksi takdirde, roket asla havalanamaz.

İnanılmaz bir itme.

Altıncı ödevinizde sizler için Saturn roketleriyle ilgili hoş bir problemim de olacak.

Bu değerleri tekrar göreceksiniz.

Bunlar yuvarlanmış değerler.

Roketler kendi motorlarından itme elde ederler ve kuvvet roketi belli bir süre etkiler.

Buna yanma süresi diyoruz.

Fakat bunlar yakıtı yaktıkça roketin kütlesi azalır, çünkü yakıt azalır.

Ve böylece yanma esnasında ivme artar, çünkü kütle azalır.

Ve bu yanma esnasındaki, impuls esnasında hızdaki değişimi elde etmek oldukça karmaşık bir hal alır.

Bu sizin Ohanian kitabınızda yapılmıştır.

Ben bu türetilişi biraz karmaşık buluyorum.

Diğer kitaplara da baktım ve Tipler'in fizik üzerine olan kitabının birinde onun nasıl türetildiğini buldum.

Ve genel olarak onu gözden geçireceğim.

Bunu sizin için web sitesine de koyacağım.

Bu gece oraya koyabilirim. Bir kaç kısa not almak isteyebilirsiniz.

Çıkarılışın sadece önemli kısımları üzerinde duracağım, fakat çıkarılışın tümünü web sitesine koyacağım.

Tipler'in yaptığı şey, tamamen sizin referans çerçevenizden bakmaktır.

Bu ders salonunda oturuyorsunuz ve roketi yukarı çıkarken görüyorsunuz.

Roketin itme denklemi olan bu denklemi silmeyelim. Roketin durumunun dışında, rokete göre egzozdan çıkan gazların hızı olan bunu, u olarak seçeriz. Ve bu itme adını verdiğimiz şeydir.

Şimdi, t anında sizin referans çerçevenizden görülen bir roket alalım.

Oturduğunuz yerden görülen.

v' yi kullanacağım.

Bu sizin referans çerçevenizden, yukarı doğru v hızıyla çıkmaktadır.

Roketin kütlesi m .

Ve şimdi, t artı Δt zamanına bakacağız.

Roket hızını, v artı Δv 'ye artırır,

Kütle m .

Bunu beyaz tebeşir ile yazayım

Şimdi kütle m eksi Δm dir, ve burada rokete göre, v hızı ile çıkartılan bir miktar gaz var.

Rokete göre u hızı ile.

Böylece bu ders salonunda oturan sizler, bu küçük Δm kütlelerinin hızını göreceksiniz.

Sizler bunu, v eksi u olarak göreceksiniz.

Eğer roketin hızı u 'dan daha büyükse, ki olabilir,

Kendi referans çerçevenizden, yukarı doğru çıkan gazı göreceksiniz.

Eğer gazın hızı roketin hızından daha büyükse, kendi referans çerçevenizden onun aşağı indiğini göreceksiniz.

Bu işaretlerle belirtilir.

Şimdi buradaki momentum ile oradaki momentumu kıyaslayacağım ve üzerine herhangi bir dış kuvvet uygulanmadığı durumu ele alacağım.

Dış uzayda bir yerde, bu roket yanmaktadır.

Momentum korunmalıdır.

t anındaki momentum, m çarpı v 'dir.

Bu çok basit.

Bu t zamanı.

Çıkan gaz dâhil bütün sistemin, t artı Δt anındaki momentumu

Eğer size momentumun korunduğunu söylersem, çıkan gazı ihmal edemezsiniz.

Burada korunan sistemin momentumudur.

Roketin momentum değişecektir, çıkan gazın momentumu değişecektir, fakat sistemin momentumu sabit kalacaktır.

O halde, kütle çarpı hızı elde edeceğiz.

m eksi Δm çarpı v artı Δv artı Δm çarpı v eksi u .

Ve bu ne kadar büyüklüktedir? Pekiyi, burada m çarpı v artı m çarpı Δv var

Burada m çarpı Δv yi, burada m çarpı v yi görüyorsunuz, ve sonra u çarpı Δm yi elde ediyorsunuz. Ve buradaki Δm çarpı v , buradaki eksi Δm çarpı v yi yok etmektedir. Ve bu Δm çarpı Δv terimi, iki çok küçük sayının çarpımı olduğundan, bunu ihmal ediyoruz.

Bu t artı Δt anındaki momentum ve bu da t anındaki momentumdur. Ve böylece momentumdaki değişim, Δp sıfır olmalıdır. Ve bu m çarpı Δv eksi u çarpı Δm sıfır olmalıdır.

Çünkü momentum korunmaktadır.

$m \Delta v$ eksi $u \Delta m$ eşit sıfırdır.

Bu denklemin türevini alabilirim ve neticede sol tarafta dp/dt 'yi elde ederim.

dp/dt sıfır olacaktır, böylece sıfır eşit m çarpı roketin ivmesi olan dv/dt eksi u çarpı dm/dt elde edilir.

Ve bu roketteki itmedir.

Burada gördüğünüz şey anlaması çok kolay bir şeydir.

Bu m çarpı a . Bu roketin ivmesi a ve bu t anında roketin kütlesidir.

m çarpı a eşit roketin itmesi ve bu da u çarpı dm/dt 'ye eşittir.

Bazıları bunu roket denklemi olarak adlandırır. Bu sistem üzerinde herhangi bir dış kuvvet olmadığı zaman doğrudur.

Dünyadan fırlatılan gerçek bir roketi düşünmek oldukça ilginç olacaktır. Eğer dünyadan gerçek bir roket fırlatırsak, roket bu yönde gidecektir, fakat yerçekimi tam olarak zıt yöndedir.

Diğer bir deyişle, dünyadan sadece dikey olarak fırlattığımız zaman, bu şekilde bir itme ve bu şekilde bir mg olacak.

Bu durumda, bu denklem düzenlenmelidir ve bu durumda m çarpı a eşit itme kuvveti eksi mg yi elde ederiz.

Dünyadan roketi sadece dikey olarak yukarı fırlattığımızda bu durum geçerlidir.

Şimdi bunun üzerinde biraz çalışmanız gerekecek ve bunu sizlere bırakacağım.

Bunu, roket ateşlendikten sonra ilk hızına göre son hızının ne olduğunu elde etmek için bir kaç integral almanız gereklidir.

Ve bu kısmı size bırakacağım, fakat web sitesine koyduğum notlarda bütün detayları ve bunun nasıl ele alındığını göreceksiniz.

Ve bu durumda çok ünlü bir denklem elde edeceğiz. Roketin son hızı eksi roketin ilk hızı eşit eksi u çarpı roketin son kütlesinin logaritması bölü roketin ilk kütlesidir.

Bu hiç yerçekimi yoksa geçerlidir.

Sadece dünyadan dikey fırlatılan roket durumunda, fırlatılmasına karşı eksi g çarpı t diye bir terim daha olur.

Sadece dünyadan dikey olarak fırlatılırsa.

Dersimi izlediğim zaman, eksi g çarpı t etrafına parantez koyduğumu fark ettim.

Bu yanlış anlaşılmaya sebep olabilir. Çünkü bu size sanki burada bir çarpım varmış gibi yanlış bir izlenim verebilir, ama öyle değil.

Eksi gt etrafında parantezler olmamalı.

Bu terimdir, eksi u çarpı m_f bölü m_i nin logaritması eksi gt .

Şimdi bu denkleme biraz daha detaylı bir şekilde bakalım. Öyle ki bu denklem hakkında biraz daha fikrimiz olsun.

Dünyadan dikey olarak bir fırlatma yaptığımızı varsayalım ama roketimiz olmasın.

Bu mümkün.

O zaman bu terim yok olacaktır.

Ne görüyorsunuz? Hız eşit ilk hız

Daha önce, 8.01 dersinde buna v_0 demiştik.

İlk hız eksi gt .

İlk dersimizde, bu sonucu elde etmiştik.

Bu denkleme tamamen uyumlu.

Eğer roketiniz yoksa, v eşit v_0 eksi $g t$ 'yi elde ederiz. Eğer cisim dikey olarak yukarı fırlatırsanız ve yine, eğer dikey olarak fırlatma imkanımız varsa.

Bu güzel görünüyor.

Dünyadan fırlatıyoruz ve şimdi sıfır olan bir ilk hızımız var.

Roket orada duruyor ve roketi ateşliyoruz.

Bu arada, t roketin yanma zamanıdır.

Onu buraya yazayım.

t yanma süresi.

İlk hız sıfırdır.

Şimdi, bu son hızın fiziksel olarak anlamlı bir şey olmasını istiyorsak

Bu şeyin pozitif çıkması gerekiyor.

“Fakat bu nasıl olabilir?” diyeceksiniz. Çünkü burada bir eksi işaretimiz var ve orada da bir eksi işaretimiz var.

Bu nasıl pozitif olabilir? Peki, son kütlelerin ilk kütlelerden her zaman küçük olduğunu unutmayın. Çünkü yakıtı kullanıyorsunuz. Ve bu logaritma her zaman eksi olacaktır ve bu yüzden herhangi bir yakıt yakarsanız, bu terim her zaman pozitif olacaktır.

Şimdi elbette bu hızın gerçek bir değerinin olması için,

Fiziksel olarak anlamlı olması için,

Bu terim bunu götürmeli, bu bundan daha büyük olmalı. Aksi takdirde roket yukarı hareket bile edemez.

Hep yakıtı püskürtürsünüz, ancak roket orada durur, hareket etmez. Çünkü itme, kuvveti roketi yukarı kaldırmak için yeterince büyük değildir.

Bu yüzden dikey fırlatma esnasında ilk terim, ikinci terime baskın gelmelidir.

Sayılar vererek bir örnek yapalım.

Bu her zaman daha iyi anlamanızı sağlar.

Yaklaşık 100 saniyelik bir yanma süremiz olsun ve ilk hız sıfır olsun ve u 'nun 1000 metre bölü saniye olduğu durumu alalım.

Bu Saturn roketinden daha az, ama gene de yeterince büyük

1 kilometre bölü saniyelik bir hız.

Dışarı püskürtülen gaz rokete göre 1 kilometre bölü saniye ile dışarı çıkar.

Ve roketin son kütlesinin ilk kütlesine oranı 0.1'dir, Böylece % 90 'ı yanar, harcanan yakıt budur.

Yakıt bittiği zaman sadece % 10 'u kalmış olur.

Şimdi hesaplama yapabiliriz.

Eğer bu dünyadan dikey yönde yukarı bir fırlatma ise, bu terimin büyüklüğünün ne olduğunu hesaplayabiliriz. Bu değer logaritmasını alın, bunu eksi u ile çarpın, bu durumda, şu son hızı elde ederiz.

Bu birinci terim 2300, ve ikinci terim 100 saniye çarpı 10, 1000 eder ve böylece eksi 1000 olur.

Görüleceği üzere, çekim alanı için bir bedel ödüyorsunuz.

Ve bu roketin son hızının yaklaşık 1.3 kilometre bölü saniye olduğunu görüyorsunuz.

Bunlar metre bölü saniye, bu ise kilometre bölü saniye.

Şimdi eğer yerçekimi yoksa, bu durumda elbette sürattaki kazanç bu fark kadar olacaktır.

2300 metre bölü saniye olacaktır.

Eğer bir dikey fırlatma yoksa mesela roket dünya etrafında dönüyorsa;

burada bir roketimiz var ve dünyanın etrafında dönüyor.

Bu durumda, elbette yerçekimi olsa bile, yerçekimi bir iş yapmayacaktır.

Ve böylece eğer bu roketi 100 saniye ateşlerseniz, hızındaki değişim, teğetsel değişim, 2300 metre bölü saniye olacaktır.

Şimdi bir yerçekimi olduğunu söyleyemezsiniz ve bu yüzden de, gt terimini hesaba katamazsınız.

Bu denklem için de aynı olacaktır.

Eğer bu yönde giden bir cisminiz olsaydı, bu eksi gt terimi orada da olmayacaktı.

Bu sadece dikey hareketle ilgilidir.

Belli bir süre zarfında belli miktarda yakıtı yaktığınız zaman, hızda sabit bir değişim elde ettiğinizi fark etmek, çok sezgisel olmamakla birlikte çok önemlidir.

Bu, belli miktardaki yakıt için sabittir.

Kinetik enerjideki değişim sabit değildir. Size bazı değerler vereceğim, böylece kendiniz hemen kontrol edebilirsiniz.

Ve bunu anlamak oldukça zordur.

Bu gerçekte birçok fizikçi tarafından yapılan bir hatadır. Aynı roketin, aynı sürede eşit miktarda yakıt yakması durumunda kinetik enerjideki artışın aynı olacağını düşünürler.

Bu doğru değildir.

Burada verilen, hızdaki değişimin aynı olduğudur.

Fakat v_f eksi v_i nin 100 metre bölü saniye olduğunu varsayalım.

Bu verilmiştir.

Bir roketim var, belli miktarda yakıtım var, bunu yakıyorum ve bu benim hızımdaki değişim.

Sıfır ilk hızı ile başlıyorum. Böylece kinetik enerji artışı, 1 bölü 2 m çarpı 100 ün karesi, yani 10 üzeri 4 tür.

Yanma sonucu, bu enerjiyi elde ederim.

Şimdi aynı roketi, aynı miktarda yakıtı ve aynı yanma süresini kullanıyorum. Böylece son hız eksi ilk hızı, yani 100'ü elde ederim.

Bu tamamen aynı.

Fakat yanmadan önce, bu roketin ilk hızı 1000 metre bölü saniye idi.

Şimdi kinetik enerjideki kazanç nedir? Şimdi son hız 1100 'dür.

Bunun tartışması bile olmaz. Çünkü roket, momentumu ve hızı belli bir miktarda değiştirir.

Şimdi kinetik enerjideki kazanç, kinetik enerjideki artma eşit 1 bolu 2 m çarpı 1100 ün karesi eksi 1000 in karesi şeklindedir.

Bu yeni hız ve bu önceki hız.

Ve bu değer 1 bölü 2 m çarpı 200000 olur.

Bu joule biriminde ve bu da joule biriminde.

Bu değer 20 kat daha büyüktür.

Hızdaki değişimin tamamen aynı olduğunu görmektesiniz.

Roket, aynı zaman içinde aynı miktarda yakıtı yaktı, fakat kinetik enerjideki artma, eğer roket başlangıçta daha yüksek bir hıza sahipse daha fazla olur.

Bu ders salonunda, kendi roketimizi yaptık.

Bu çok gerçekçi bir model, teşbihte hata yoktur.

Fakat oldukça güçlü ve bunu sizlere göstermek istiyorum, Çünkü bundan gurur duymaktayız.

Roket olarak bir yangın söndürücüyü kullanıyoruz.

Karbon dioksit.

Ve fantastik icat burada.

Ve bu güçlü roket ile ders salonundan kurtulabilecek hıza ulaşılabilir.

Neredeyse, kurtulma hızına ulaştım, fakat kaza yaptım.

Gelecek derste görüşmek üzere.