



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 18

Burada, sınavın kapsadığı konuları görmektesiniz.

Son defadaki kapsamın iki katı kadar

Kesinlikle, bu konular daha zor.

Bugün bu konuların çoğuna değineceğim ama

Hepsine değil

Ve belli sebeplerden dolayı çok derine inmeyeceğim.

Zamanımız yok.

Ve bugün üzerinde durulmayan konuların sınavda sorulmayacak anlamına gelmeyeceğini belirtmek istiyorum.

Dikkatinizi şu iki anahtar kavrama çekmek istiyorum: İş enerji teoremi. Bu teorem aynı zamanda eğer bir cisim A noktasından B noktasına hareket ettirilirse, cisim üzerine yapılan işin B noktasındaki kinetik enerji eksi A noktasındaki kinetik enerji olduğunu ifade eder.

Bu daima yerçekimi ve yay kuvvetleri gibi korunumlu kuvvetler için geçerlidir. Fakat aynı zamanda sürtünme gibi korunumsuz kuvvetler için de geçerlidir.

Sürtünme, kinetik enerjiyi azaltır.

Sürtünme, kinetik enerjiyi ısıya dönüştürür ve bu iş enerji teoremi kullanılarak kolayca elde edilebilir.

Bununla birlikte; mekanik enerjinin korunumu, sadece korunumlu kuvvetler için geçerlidir.

Burada, potansiyel enerjinin ve kinetik enerjinin toplamının korunumunu görmektesiniz. Ve şimdi, kesinlikle kinetik enerjiyi ısı yoluyla kaybetmeyi göze alamazsınız. Çünkü, bu durumda mekanik enerjinin korunumu geçerli olmaz. Böylece bu sadece korunumlu kuvvetler için kullanılabilir.

İlk olarak, θ açısına sahip olan basit bir eğik düzlem örneği ile başlayalım.

m kütleli cisimim burada, kinetik sürtünme katsayısı μ_k ve statik sürtünme katsayısı μ_s şeklinde.

Bu nokta A noktası olsun, eğik düzlemin en alt noktası B olsun ve eğim boyunca aralarındaki uzaklık l olsun.

Bunun gibi bir problemde yapmak isteyeceğiniz ilk şey, serbest cisim diyagramı olarak adlandırdığımız şeyi çizmektir.

Bu cisim üzerine etkiyen tüm kuvvetleri göstermenizi ifade eder.

Açıkçası burada mg çekim kuvveti var.

Ve bu durumda, yüzeye dik olan normal kuvveti var.

Yüzey cismi yukarıya doğru iter ve bunu N , normal kuvveti olarak adlandırıyoruz.

Cisim aşağı doğru kaymak ister.

Sürtünme onu yukarıda tutar.

Aynı zamanda bir sürtünme kuvveti de vardır.

Ve bunlar onun üzerine etki eden üç kuvvettir

Bu yüzden, serbest cisim diyagramı ile daha fazlasını bilmeye ihtiyacınız yoktur.

Fakat sizlerin bu cisim üzerine uygulanan kuvvetin, kesinlikle bu iki kuvvetin vektörel toplamı olduğunu bilmenizi istiyorum ve bu normal temas kuvveti olarak adlandırılır.

Ve bu normal kuvvet tam olarak mg nin aynısı fakat ters yönlüdür. Aksi takdirde asla denge olmayacaktır.

Bunu analiz ettiğimizde, daima birbirine dik bileşenlerine ayırırız

Hareket etmeye başladığı zaman y yönünde herhangi bir ivme yoktur; ivme sadece x yönündedir ve bileşenlerine ayırmamızın sebebi budur.

Fakat, şüphesiz vektörel toplam aslında bu cisme yüzeyin uyguladığı itme kuvvetidir.

Peki şimdi cisim kaymaya başlayıncaya kadar θ açısını artırdığımızı varsayalım.

Şimdi, bu kuvvetleri bileşenlerine ayıracağım.

x yönünde burada $mg \sin \theta$ kuvvetim var ve çekim kuvvetinin y yönündeki bileşeni $mg \cos \theta$ ya eşittir.

y yönünde hiçbir ivme olmadığı için, normal kuvvet aynı zamanda $mg \cos \theta$ olmalıdır.

Eğik düzlemin açısını cisim kaymaya başlayıncaya kadar artırıyorum.

Ve bu, sürtünme kuvvetinin olabildiğince maksimum olduğunu ifade eder.

Ve buda statik sürtünme katsayısı çarpı N şeklindedir. Ve bundan dolayı, sürtünme kuvveti μ_s çarpı mg çarpı $\cos\theta$ dır.

Kayma ne zaman meydana gelecektir? Sürtünme kuvvet ve $mg \sin\theta$ gerçekten eşit olduğu zaman.

Eğer bundan bir miktar daha fazla gidersem, kaymaya başlayacaktır ve bu durum $mg \sin\theta$ ya eşit olduğu durumdur. Eğer mg leri götürürseniz μ_s 'in $\tan\theta$ ya eşit olduğunu elde edersiniz.

Bu kaymanın başladığı andır.

Bu, statik sürtünme katsayısını ölçebileceğiniz bir yöntemdir.

Diğer taraftan, eğer statik sürtünme katsayısını bilerseniz, hangi açıda kayacağını tahmin edebilirsiniz.

Şimdi cisim öyle durumdadır ki, ona oldukça yavaş dokunsanız veya ona doğru üfleseniz kaymaya başlar.

Ve şimdi yokuş aşağıya doğru ivmenin ne olduğuyla ilgileniyorum.

Bunun ivmelenmesinin sebebi, bu sürtünme katsayısının şimdi μ_k değerine küçülmüş olmasıdır. Ve şimdi eğim boyunca artı x yönünde bir kuvvet vardır ve böylece Newton'un ikinci yasasını yazabilirim;

m çarpı a , pozitif x yönündeki net kuvvet, mg çarpı $\sin\theta$ eksi sürtünme kuvveti ve şimdi bu $\mu_k mg \cos\theta$ olur.

m leri götürürüm, ve böylece pozitif x yönündeki ivme g çarpı $\sin\theta$ eksi μ_k çarpı $\cos\theta$ ya eşit olur.

Bu ivmedir ve şimdi doğal bir soru olabilir, B noktasına ulaştığındaki sürati nedir? Pekiyi, bu dersin ilk haftalarında ne yapmıştık ve işin başında "eğer ivmeyi bilirsek" ve "mesafeyi bilirsek" ve "ilk hızın sıfır olduğunu bilirsek", bu durumda, l mesafesinin 1 bölü 2 a çarpı t kare olduğunu söylemiştik. t , A dan B ye gitmesi için gereken zaman, ve böylece t , $2l$ bölü a 'nın kareköküne eşit olur.

B' deki sürat ne olabilir? B' deki sürat a çarpı t dir. Bunu 8.01 dersinin başlarında görmüştük.

Ve bu, eğer bunu a ile çarparsam, karekök $2a$ çarpı l olacaktır.

Ve eğer bunu daha detaylı olarak görmek isterseniz, bu durumda a ivmesini alıp, $2l$ ile çarptıktan sonra karekökünü almak zorundasınız.

Böylece $2g$ çarpı $\sin\theta$ eksi μ_k çarpı $\cos\theta$ elde ederiz. Ve bunun tümünün 1 bölü ikinci kuvvetini alırız.

Bu B noktasındaki sürattir.

Fakat bunu bu şekilde yapmayabilirim.

Bu yöntemi çok iyi bulmuyorum.

“Neden iş enerji teoremini uygulamıyorum?” diyebilirim. Neden cisim A dan B ye hareket ettiğinde ona uygulanan işin, B noktasındaki kinetik enerji eksi A noktasındaki kinetik enerji olduğunu söylemiyorum? Şimdi, onu sıfır ilk hız ile bıraktığımı biliyorum, böylece bu sıfır.

Ve böylece B noktasındaki kinetik enerji açıkça $1 \text{ bölü } 2 \text{ m}$ çarpı v_B karedir. Böylece bu şimdi iş enerji teoremini uygulamaya ve söz konusu olan tüm kuvvetler tarafından yapılan işi hesaplama işine dönüşür.

Korunumlu yada korunumsuz olsun hiç fark etmez.

Ve bu $1 \text{ bölü } 2 \text{ m}$ çarpı v_B kareye eşittir.

İlk olarak, cisim A noktasından B noktasına giderken, yerçekimi pozitif olarak iş yapar.

Aşağıya doğru gidiyor ve yerçekiminin yaptığı iş miktarı artı mgh dır. Fakat h , $l \sin\theta$ 'ya eşittir. Ve bu aynı zamanda $mg/$ çarpı $\sin\theta$ olur.

Bu pozitif iş, yerçekimi tarafından yapılır.

Böylece $mg/$ çarpı $\sin\theta$ eşitliğimiz var.

Bu yerçekimi tarafından yapılan pozitif katkı.

Ve şimdi sürtünme tarafından yapılan negatif bir katkı da var. Çünkü sürtünme kuvveti yukarıya doğru ve hareket ise aşağıya doğrudur.

Bunlar 180 derece zıttırlar. Bu durumda skaler çarpım hakkında endişelenmemize gerek yoktur. Çünkü açının kosinüsü eksi 1 ve böylece skaler çarpım işaretini koymayabiliriz.

Ve sadece, sürtünme kuvvetini alır bu l mesafesi ile çarparsınız. Fakat kesinlikle eksi işaretini almak zorundasınız. Çünkü bu açının kosinüsü, eksi 1 e eşittir.

Ve böylece l ile $\mu_k mg \cos\theta$ şeklinde olan sürtünme kuvvetini çarpıyorum.

Ve bu, sürtünme tarafından yapılan negatif iştir. Ve bu $1 \text{ bölü } 2 \text{ m}$ v_B kareye eşittir.

Ve m leri götürüyorum, eğer dikkatle bakarsanız

Eğer bunu kafanızdan yapmaya istekliyseniz,

2 yi sola getirirsiniz ve $2g/$ elde edersiniz ve daha sonra $\sin\theta$ eksi $\mu_k \cos\theta$ ve tümünün bir bölü ikinci kuvvetini elde edersiniz.

Tamamen aynı sonucu elde edersiniz. Ben nedense iş enerji teoremini kullanmayı daha uygun buluyorum.

Sürtünme negatif iş yapar

Enerjiyi ısıya çevirir.

Fakat bu, iş enerji teoremi için sorun değildir.

Ve sürtünmenin kinetik enerjiyi azalttığını biliyoruz.

Hareket eden ne varsa, sürtünmeden dolayı duracaktır.

Eğer bir topacı döndürürseniz, topacın dönmesinin, sürtünmeden dolayı, çok uzun sürmeyeceğini biliyoruz.

Ve burada bir topacım var.

Umarım onu birazdan görebilirsiniz.

İşte burada

Minnacık bir topaç.

Oldukça güzel bir topaç.

Onunla ofisimde oynuyorum.

Onu döndürüyorum ve sürtünmenin kinetik enerjiyi yok ettiğini görüyorsunuz ve onu ısıya çeviriyor.

Lütfen sıranın üzerinde kal, yere düşmeyeceksin değil mi? Evet düşmedi.

Harika.

Böylece sürtünmenin yapmış olduğu şeyi gördünüz.

Kinetik enerji yok oldu ve şimdi ısıya dönüştürüldü.

Bu yüzey, sıradan daha pürüzsüz ve ona burada bir dönme vereceğim. Böylece biraz daha uzun süre dönecek ve kesinlikle çok uzun sürmeyecektir ve kısa bir süre sonra düşecek ve duracaktır. Ve bu kinetik enerji ısıya dönüşmüş olacaktır.

Tamam, şimdi başka bir konuyla devam edelim. Ve şimdi hakkında konuşmak istediğim konu sarkaçtır.

Bir sarkacım var ve t eşit sıfır anında bu açı θ_0 . Ve θ açısının ne olduğunu biliyorum.

5 derece ve bu yaklaşık olarak 0.09 radyandır.

t eşit sıfır anında, bu sarkaca teğetsel bir hız veriyorum.

Bu noktayı B noktası olarak seçtiğim için bunu v_B olarak adlandırıyorum.

Bir yay çizecektir.

Burayı A olarak seçiyorum

Bu bir daire ve cisim burada duracak ve burayı C olarak seçiyorum.

Ve bu durumda, bu açının yapabileceği maksimum açı, θ maksimumdur.

Ve sarkacın uzunluğu, kolaylık açısından 1 metre olsun.

Bu bir küçük açı yaklaşımıdır.

θ maksimumu hesapladığımız zaman göreceğiniz gibi, açılar asla büyük olamaz. Böylece çok iyi bir yaklaşıklıkla basit harmonik hareket elde edeceğimizi biliyoruz.

Ve θ açısı θ_{mak} çarpı $\cos(\omega t + \phi)$ şeklinde olacaktır. İsterseniz sinüs olarak ta alabilirsiniz fakat ben daima kosinüsü tercih ederim.

Ve ω eşit karekök g bölü l dir.

Sınav esnasında sizlere bazı eşitlikleri vereceğim. Fakat bunu vermeyeceğim.

Bunu biliyor olduğunuzu varsayacağım

Ve sarkacın periyodu 2π çarpı karekök l bölü g ye eşittir.

Bu durumda, ω nın ne olduğunu biliyoruz. Çünkü, g yi ve l yi biliyoruz ve şimdi mantıklı bir soru olarak θ_{mak} ne olabilir? Eğer bunu bilirsek, bu durumda θ_{mak} ın ne olduğunu da bilebiliriz. Çünkü burası l çarpı $\cos\theta_{\text{mak}}$ a eşittir, ve böylece burası l eksi $l \cos\theta_{\text{mak}}$ şeklindedir.

Ve şimdi sıra, cismin A noktasından ne kadar yükseğe çıktığını hesaplamaya geldi.

Eğer bunu, iki yüksekliğe ayırırsam, buna h_1 , ve buna h_2 diyorum.

Ve asıl bilmek istediğimiz şey h_1 artı h_2 nin ne olduğudur? Çünkü h_1 artı h_2 , l çarpı 1 eksi $\cos\theta_{\text{mak}}$ olacaktır.

Ve böylece h_1 artı h_2 yi bildiğimiz zaman, θ_{mak} açısının ne olduğunu hemen hesaplayabiliriz.

Şimdi h_1 'i hesaplamak çocuk oyuncağıdır. Çünkü biz bu B noktasını biliyoruz.

θ eşit 5 derece olduğunda cisim B noktasında.

Böylece h_1 eşit l çarpı 1 eksi $\cos\theta_0$.

Ve θ_0 ı biliyorsunuz.

Bu durumda, eğer sayılarla ilgileniyorsanız, bunu bulursunuz.

Fakat sayılarla uğraşmayı sevmiyorsanız, endişelenmenize gerek yok.

Benim sizlere verdiğim değerler için bu değer 0.0038 metre olacaktır.

Sadece 3.8 milimetre.

Bu küçücük bir şey.

Bu yönde çok büyük bir yer değiştirme, fakat bu yönde çok küçük.

Şimdi h_1 in ne olduğunu biliyoruz.

Peki şimdi h_2 nedir? Şimdi mekanik enerjinin korunumunu kullanabiliriz. A noktasındaki çekim potansiyel enerjisinin, keyfi olarak sıfır olduğunu kabul edelim.

Ve mekanik enerjinin korunumunu uygulayalım. Bu, A noktasında kinetik enerji artı A noktasındaki potansiyel enerji eşit B noktasındaki kinetik enerji artı B noktasındaki potansiyel enerji eşit C noktasındaki kinetik enerji artı C noktasındaki potansiyel enerji olduğunu ifade eder..

Şimdi A'daki potansiyel enerji sıfırdır. Çünkü onu bu şekilde tanımladık.

C noktasındaki kinetik enerji sıfırdır. Çünkü burada durmaktadır.

Böylece $\frac{1}{2} m v_A^2$ kare eşit $\frac{1}{2} m v_B^2$ kare artı mg çarpı h_1

Bu, B noktasındaki potansiyel enerjidir.

Bu, A noktasındaki potansiyel enerjiden büyüktür.

Dikey yükseklik, h_1 dir

Ve bu da mg çarpı h_1 artı h_2 şeklinde olan C noktasındaki potansiyel enerjiye eşittir.

Eğer eşitliğin bu kısmını kıyaslırsanız, mgh_1 leri yok edersiniz.

Ve bu durumda m çarpı v_B^2 kare, $\frac{1}{2}$ bölü 2 yi de yazalım, eşit mg çarpı h_2 elde edersiniz.

Ve buradan hemen h_2 yi bulursunuz.

h_2 , eşit v_B^2 kare, v_B bilinmektedir, bu durumda bilinen bir değer olmalıdır. Size birazdan ne olduğunu vereceğim, bölü 2g olarak elde edilir.

Ve bu v_B değeri aklımdadır

Sayılar çok önemli değildir. Sınavda nasıl olsa, hesap makineniz olmayacak.

Fakat bu hızı, normal bir maksimum açı değerine sahip olmak için, bu yönde 0.3 metre bölü saniye olarak verecektim.

Böylece h_2 yi biliyorum. Şimdi h_2 yi bilmek kaydıyla, h_1 i de biliyorum, bu eşitliğe gidebilirim, ve θ_{\max} in ne olduğunu sorabilirim. Bu arada, h_2 , 0.0045 tir

Yani 4.5 milimetre.

h_1 3.8 milimetreydi, şimdi h_2 , 4.5 milimetre daha yüksektedir.

Böylece θ_{\max} in kosinüsünü hesaplayabilirsiniz.

Bununla birlikte, eğer mekanik enerjinin korunumunu kullanıyorsak, aynı zamanda iş enerji teoremini de kullanamaz mıydık? diye kendi kendime sordum. Neden olmasın? Tabii ki bu da kullanılır.

İş enerji teoremi bana, cisim A noktasından B noktasına hareket ettirildiğinde onun üzerine yapılan işin, B noktasındaki kinetik enerji eksi A noktasındaki kinetik enerji olduğunu söyler.

Bu, $\frac{1}{2} m v_B^2$ kare eksi $\frac{1}{2} m v_A^2$ karedir.

Peki A 'dan B'ye giderken yer çekimi ne kadar iş yapmıştır? Çünkü sadece iş yapabilecek kuvvet yer çekimidir.

Gerilme hiçbir iş yapmaz. Çünkü bu yönde olan gerilme daima hareket yönüne diktir.

Ve iş kuvvet ile hareket yönü arasındaki skaler çarpımdır ve bunlar birbirine diktir

Böylece bu sıfırdır.

Bu yüzden, söz konusu olan kuvvet sadece mg yerçekimi kuvvetidir.

A'dan B'ye gidildiği zaman, yerçekimi tarafından yapılan iş eksi mgh_1 .

Cisim yukarıya gitmektedir. Yer çekimi negatif iş yapmaktadır ve bu eksi mgh_1 e eşittir.

Şimdi, şu eşitliğe bakın, eğer burada iseniz bununla şunu karşılaştırın.

Tamamen, birbiriyle aynıdır.

Böylece iş-enerji teoremi, kesinlikle, bir bakıma mekanik enerjinin korunumuyla aynıdır.

Cimin B'den C'ye hareket ettiğinde yapılan iş, C noktasındaki kinetik enerji eksi B noktasındaki kinetik enerjidir.

Bu, $\frac{1}{2} m v_C^2$ kare eksi $\frac{1}{2} m v_B^2$ karedir. Ve bu cisim B 'den C'ye hareket ettiğinde yerçekiminin yapmış olduğu iştir.

Ve bu iş, eksi mgh_2 dir.

Bu eksi mgh_2 'ye eşittir.

Bu sıfırdır

Ve burada gördüğünüz şey ile şurada gördüğünüz şey tam olarak aynıdır.

Her ikisi de özdeştir.

Ve böylece, iş-enerji teoremini de kullanabilirsiniz, ya da mekanik enerjinin korunumunu da kullanabilirsiniz.

Hiç fark etmez.

Böylece θ maksimumu da hesaplayabilirsiniz. Gerçekten değerinin ne olduğunu isteyenler için θ maksimumun değerini artı eksi 7.4 derece olarak hesapladım.

Daima iki açı değeri elde edersiniz.

Ve radyan olarak, bunlar artı eksi 0.13 radyan olacaktır.

Açının kosinüsünün ne olduğunu biliyorsunuz, daima iki açı değeri elde edersiniz, bunu unutmayın. Bu konuda yapabileceğiniz bir şey yoktur

Ve şimdi kendinize φ nin ne olduğunu sorabilirsiniz? φ daima küçük bir baş belasıdır ve fizikte gerçekten φ için çok bir şey yoktur.

Fakat ben φ nin ne olabileceği konusunda, başlangıç şartları konusunda biraz meraklıydım.

Buna kısaca bir bakalım

Ve eğer φ nin ne olduğunu bilmek istiyorsak, başlangıç şartlarına bakmak zorundayız. t eşit sıfır anında, B noktasındaki hız bu yönde artı 0.3, ve bu durumda θ nin θ_0 a eşit olduğunu biliyoruz. Ve θ_0 in ne olduğunu biliyoruz.

Bu 5 derece, yani 0.05 radyan idi.

Ve bunları eşitliğimde yerine koyacağım.

t eşit sıfır olduğu zaman, θ nin θ_0 a eşit olduğunu biliyorum

θ_0 in ne olduğunu biliyorum. θ_{mak} in ne olduğunu biraz önce hesapladık, çarpı t eşit sıfır durumundaki $\cos\varphi$

Ve böylece sonuç, iki φ değeri verir, artı eksi φ_1 .

Her zaman bir artı ve bir eksi işareti elde edersiniz. Çünkü pozitif açının kosinüsü, ile negatif açının kosinüsü aynıdır.

Şimdi bu ikisinden hangisi olduğunu bulmak zorundayız.

Bu arada, θ maksimum artı eksi, 0.13 radyan olduğunu bulduğunuzda ya artı değerini ya da eksi değerini seçebilirsiniz.

Ben artı değerinin seçtim.

Eğer eksi değerinin seçmiş olsaydınız, bu durumda farklı bir faz açısı elde ederdim. Fakat eksiye seçemezsiniz.

Size sonucu ne olursa olsun, sadece artı değerini aldığımı hatırlatmak isterim.

Ve şimdi t eşit sıfırda, v_B hızını bildiğim gerçeğini hesaba katmak zorundayım.

Şimdi oradaki bu eşitliğin, türevini alıyorum ve böylece $d\theta/dt$ yi elde ederim.

Bu, herhangi bir andaki radyan bölü saniye olarak açısal hızdır. Fakat bunu, t eşit sıfır için ele alacağız.

Bu eşit eksi $\omega\theta_{\max}$ çarpı $\sin(\omega t + \varphi)$ şeklindedir. Bunu, t eşit sıfır için ele aldığımızda, $d\theta/dt$ nedir? $d\theta/dt$, v bölü l dir.

Bu, v bölü l dir. Ve bundan dolayı 0.3 e eşittir.

Bu artı işaretlidir. Çünkü t eşit sıfırda açı artmaktadır.

Bundan dolayı artıdır.

Bunun v bölü l olduğunu nasıl biliyoruz? Hatırlayın, bunu daha önce tartışmıştık.

Eğer sarkaç açığı $d\theta$ miktarı kadar değiştirirse ve eğer buradaki yay, bunu ds olarak alıyorum, ve uzunluk l ise, bu durumda $d\theta$ nın tanımı, açı radyan biriminde olmak üzere, ds bölü l dir.

Eğer her iki tarafı da dt ile bölerseniz, bunu matematikçiler yapamaz fakat fizikçiler yapabilir, bu durumda $d\theta/dt$ yi elde edersiniz ve bu hız bölü l dir.

Burada $d\theta/dt$ nin v bölü l olduğunu görüyorsunuz.

Ve şimdi ikinci bir eşitliğe sahibiz.

Şimdi $\sin\varphi$ yi çözebiliriz.

Bu size yine iki açı verir.

Bu size φ_2 açısını ve 180 derece eksi φ_2 açısını verir.

Bunların her ikisinin de sinüsleri aynıdır.

Fakat bunlardan sadece birisi ile aynı olabilir ve bu sizin seçtiğinizdir.

Değerimin artı 0.13 olduğu benim durumumda ise, φ yi eksi 0.82 radyan olarak buldum.

Bu yaklaşık eksi 47 derecedir.

Faz açısının fizikte fazla anlamı yoktur.

Enteresan olan şey belki de, eğer hızı t eşit sıfır anında seçseydik, bu yöndeki hızı, 0.3 metre bölü saniye olarak verseydik, θ maksimumun değişmeyecek olduğunu söyledik.

Tabii ki hayır.

Fakat φ değişirdi.

Aslında bulduğumuz φ değeri artı 0.82 olurdu.

Ve θ maksimumu eksi 0.13 olarak almayı tercih edenleriniz için, onlar hep birlikte farklı bir faz açısı bulacaklardır.

Pekâlâ.

Şimdiye kadar bu topaç, bir çivi gibi hareketsiz olmalıydı.

Hadi buna bir bakalım

Ve inanamıyorum.

Neler oluyor? Neden hala döndüğünü anlayabiliyor musunuz? Neden sürtünme yok? Bu ne hal!, Fiziğin temel kuramları tekrar tehlikede.

Ve öyle görünüyor ki, her defasında derslerde onları devirecek bir yol bulmalıyız.

Sürtünme, kinetik enerjiyi azaltmalıdır.

Kafam son derece karıştı.

Ona bakmayalım.

Bundan nefret ediyorum.

Bu açıklayamadığım bir şey. Onlardan nefret ediyorum.

Ona bakmayalım

Haydi devam edelim.

Her zaman dersin sonunda bakabiliriz ve ne yapıyor olduğunu görürüz.

Bu zamana kadar durmuş olması gerekirdi, değil mi? Sonsuza kadar devam edemez.

Şimdi, yaylar hakkında konuşalım.

Biraz önce sarkaçla ne yaptıysam, yayla da benzer şeyleri yapabilirim. Bir bakıma t eşit sıfırda yayı biraz gereceğim ve onu serbest bırakarak salınmasını sağlayacağım.

Biraz önce yaptığımınla aynı, fakat bu daha basit bir problem, çünkü yay tam olarak bir boyutlu hareket etmektedir.

Yayın denge uzunluğu l olsun.

Bu A noktası.

Onu B noktasına kadar geriyorum.

Bu noktada bir darbe daha uyguluyorum.

Şimdilik, hiçbir değer vermiyorum.

Ona bir v_B hızı vereceğim ve burada C noktasında duracak.

Yay sabiti k olsun,

B noktasında t eşit sıfırdır.

Basit harmonik hareket elde edeceğimizi biliyoruz; x eşit x_{maks}

Bu x maksimum olacak

Bu x_B olacak. Ve bu da sıfır olan, x_A olacak.

Böylece, x eşit x_{mak} çarpı $\cos(\omega t + \phi)$ yi elde edeceğiz.

Önceden anlattığımızın aynısı, biraz sıkıya başladı.

ω eşit karekök m bölü k , ve T eşit 2π bölü ω .

Bu eşitlikleri sınavda vermeyeceğim.

Peki şimdi x_{max} nedir? Onu nasıl elde edeceğiz? Sarkaçta nasıl yaptığımı gördünüz.

Önce mekanik enerjinin korunumunu kullandım.

Sürtünme yoktu.

Daha sonra sizlere, bunun iş enerji teoremiyle tamamen uyumlu olduğunu gösterdim.

Peki şimdi ne yapacaksınız? x_{mak} 'ı nasıl elde ederiz? Herhangi bir fikri olan?

Herhangi bir teklifi olan? Haydi, son on dakikadır bir şeyler öğrenmiş olmanız lazım.

Herhangi bir fikri olan? Aynı olay.

Başlangıç şartlarını biliyoruz, basit harmonik hareket olduğunu biliyoruz. Ve maksimum yer değiştirmenin ne olduğunu bilmek istiyoruz.

Konuşma cesareti olan herhangi biri? En kötü ihtimalle, yanlış söyleyebilirsiniz.

İnanın bana, eğer bilmek istiyorsanız, ben de çoğu zaman yanlış yapıyorum.

Mekanik enerjinin korunumunu deneyebilir miyiz? Bunu kullanmada herhangi bir sorun var mı? Hiçbir sorun yok.

Mekanik enerjinin korunumunu deneyelim.

Mekanik enerjinin korunumu, A daki kinetik enerji artı A daki potansiyel enerji eşit B deki kinetik enerji artı B deki potansiyel enerji ve bunun da C deki kinetik enerji artı C deki potansiyel enerjiye eşit olması gerektiğini söyler.

Doğru mu? Sürtünme yok. Korunumsuz kuvvetler yok. Bu durumda bu geçerli olmak zorundadır.

A daki potansiyel enerji sıfır. Çünkü eğer x denge konumunda olan yer değiştirme ise, yayın potansiyel enerjisinin $\frac{1}{2} k x^2$ ile verildiğini hatırlayın.

Böylece bu sıfır.

Burada durduğu zaman sıfır.

Bu dersi izlediğim zaman, bir dil sürçmesi fark ettim.

A daki potansiyel enerjinin sıfır olduğu açık. Bu iyi

Fakat C de cisim durmaktadır. Bu yüzden C'de kinetik enerji sıfır olmalıdır; potansiyel enerji değil.

Ve probleme doğru bir şekilde devam ettim. Çünkü buraya bu terimin aynısı olan $\frac{1}{2} k x^2$ yazdım.

Bu maksimuma ulaştığı C deki potansiyel enerjidir.

Burada sıfır olan kinetik enerjidir.

Ben kazara potansiyel enerjinin sıfır olduğunu söyledim. Bu kesinlikle doğru değil.

Böylece, $\frac{1}{2} m v_A^2$ nın karesi eşit $\frac{1}{2} m v_B^2$ kare eksi $\frac{1}{2} k x^2$ kare elde ederiz.

Bu, bu konumdaki potansiyel enerjidir ve $\frac{1}{2} k x_C^2$ kareye eşittir. x_C yi x_{\max} olarak seçtik. Ve bu durumda bunu bulmuş olursunuz.

Eğer cismin nerede olduğunu söylersem,

Bu, sarkaçtaki başlangıç açısını, yani θ_0 ı vermeye benzer

Cismin nerede olduğunu size söylüyorum, x_B yi biliyorsunuz, size cisme vereceğim hızın ne olduğunu söylüyorum, bu durumda bunu biliyorsunuz, maksimum yer değiştirmenin ne olduğunu hesaplayabilirsiniz.

Tamamıyla aynı şeydir. Eğer iş-enerji teoremini uygulamak isterseniz, tam olarak aynı sonucu elde edeceksiniz.

Gerçekten bu aynı şeydir.

Şimdi Newton'un evrensel çekim kanununa dönelim. İnanın yada inanmayın. Sanırım size sınavda Newton'un evrensel çekim kanununu bile vereceğim.

Buna ihtiyacınızın olduğunu düşünmüyorum, fakat bunu sınavda vereceğim.

Güneşin etrafında dolanan dünyayı alalım ve yörüngesini yaklaşık olarak bir daire şeklinde çizelim.

Dünya burada, Güneş burada, güneşin kütlesi ve yörünge yarıçapı büyük R.

Dünya bir yörünge hızına sahiptir. Onu v yörünge olarak adlandırıyorum. Ve cismin bir ω açısal hızı var.

Belli bir açısal hızla dönüyor.

Ve sistem, üzerinde merkezci kuvvet ile aynı olan bir çekim kuvveti olmak zorundadır.

Bu cismin bir dairesel yörüngede dolanmasının tek yoludur.

Böylece çekim kuvveti eşit Güneşin kütlesi çarpı Dünyanın kütlesi çarpı G bölü R nin karesi.

Çekim kuvveti

Fakat bu aynı zamanda merkezci ivmeye de eşit olmalıdır ve buradaki Dünya'nın kütlesidir ve aynı zamanda bu Dünyanın kütlesi çarpı yörünge hızının karesi bölü yörünge yarıçapıdır. Eğer bunu, ω cinsinden de yazmak isterseniz. Bu da olabilir.

Buraya bakın

Dünyanın kütlesini götürürsünüz, eğer yörünge hızının ne olduğunu bilmek isterseniz, bir tane R 'yi götürürsünüz ve böylece yörünge hızını Güneşin kütlesi çarpı g bölü R nin bir bölü ikinci kuvveti olarak bulursunuz. Bu yaklaşık olarak 30 kilometre bölü saniyedir.

Bunu kilometre bölü saniye biriminde vereceğim. Fakat, kesinlikle hesaplama yaptığınız zaman, diğer birimlere çevirmeden önce, daima MKS birimini kullandığınızdan emin olun.

Güneşin etrafında dönme periyodunun ne olduğunu biliyorsunuz.

Bu $2\pi R$ bölü yörünge hızıdır ve bu yaklaşık olarak 365.5 gündür

Bir yıl.

Bu, güneşin etrafında dolanmamız için geçen süre.

Şimdi Güneşin etrafında yörüngede dolanan dünyanın kinetik enerjisinin ne olduğunu merak ediyorum.

Bu oldukça basit. Çünkü bunun 1 bölü 2 çarpı dünyanın kütlesi çarpı yörünge hızının karesi şeklinde olduğunu söyleyebilirsiniz.

Bu gerçekten çok zor değil.

Yörüngedeki dünyanın kinetik enerjisi 1 bölü 2 çarpı dünyanın kütlesi çarpı yörünge hızının karesidir.

Bu eşitliğin karesini alıyorum.

Oradaki 1 bölü 2 den kurtuluyorum. Bu durumda dünyanın kütlesi çarpı Güneşin kütlesi çarpı G bölü R elde ederim.

Bu, yörüngedeki kinetik enerjisidir.

Burada 1 bölü 2 olmalı

Ne zaman bir şeyi kaçırsam, siz mutlaka müdahale etmelisiniz.

Orada 1 bölü 2 var.

Bu aynı zamanda potansiyel enerjinin yarısının negatifine eşittir.

Ve potansiyel enerjinin, eksi M güneş çarpı M dünya çarpı G bölü R olduğunu hatırlayın.

Burada artı 1 bölü 2 ve burada ise eksi 1 bölü 2 görmektesiniz. Ve bu gerçekten potansiyel enerjinin yarısının negatiftir.

Güneşin etrafında dolanan dünyanın toplam enerjisi nedir? Bu potansiyel enerjiyle kinetik enerjinin toplamı anlamına gelir.

Kinetik enerji eksi 1 bölü 2 U, potansiyel enerji ise U olduğundan

Toplam enerji artı 1 bölü 2 U olur.

Bu toplam enerjinin negatif olduğunu söyler. Çünkü U nun kendisi negatiftir.

Bu aynı zamanda eksi K ya eşittir.

Bu değer ne kadar büyük olduğunu, sadece zevk olsun diye hesapladım.

Bu negatif bir değer.

Ne kadar büyüktür? Bu yaklaşık olarak eksi 2.7 çarpı 10 üzeri 33 joule dür.

Son derece negatif.

Eğer sıkılırsak ve güneş sistemini terk etmek istersek, bu durumda kendi kendinize şu soruyu sorabilirsiniz. Eğer dünyaya bir roket monte eder ve roketi ateşlersek, güneşten ilk ve son defa kurtulmak ve asla geri gelmemek için ne kadar hız gerekir? Yapmak zorunda olduğumuz şey, dünyanın toplam enerjisini sıfır yapmaktır. Bu durumda sonsuzluğa doğru yol alacak ve sonsuza vardığı zaman sıfır hıza sahip olacaktır.

Bunu nasıl sıfır yapabilirim? Kinetik enerjimi tam olarak K şeklinde eklemeliyim. Çünkü eksi K artı K sıfır eder.

Eğer kinetik enerjimi K olarak eklemek zorundaysam, bu durumda roket ateşlendikten sonraki değer tam olarak $2K$ olacaktır.

Potansiyel enerji değişmemektedir. Çünkü siz orada iken roketi ateşlediniz. Roket ateşlendikten sonra hala aynı konumdasınız. Böylece potansiyel enerjiniz değişmemiştir. Fakat kinetik enerjiniz iki katına çıkmalıdır.

Eğer iki katına çıkmazsa, bu sıfır olamaz.

Aha! Fakat eğer kinetik enerji iki katına çıkarsa, bu durumda hız 2 'nin karekökü ile orantılı olarak artmalıdır. Çünkü kinetik enerji hızın karesi ile orantılıdır. Böylece ihtiyacınız olan kurtulma hızı, karekök 2 çarpı yörünge hızı olmalıdır. Ve bu dünya için karekök 2 çarpı 30 , yani yaklaşık olarak 42 kilometre bölü saniye olacaktır.

Enerji kavramını göz önüne alarak, toplam enerji ile kurtulma hızı arasında bağı kurabilirsiniz ve tüm olayı tutarlı yapabilirsiniz.

Bütün bir ders boyunca, direnç kuvvetlerinden bahsettik.

Hala bu dersin numarasını hatırlıyorum.

12 nolu ders idi.

Çünkü, o derse bu muhteşem hesaplamaları ile, bu nümerik çözümleri yapan lisans üssü öğrencim Dave Pooley'in yardımıyla başka herhangi bir derse hazırlandığımdan daha fazla hazırlanmıştım.

Ve biraz direnç kuvvetleri hakkında konuşalım.

Eğer bir cisim, hava ya da sıvı gibi bir ortam boyunca hareket ederse,

Daima hıza ters yönde etki eden bir direnç kuvveti vardır.

İki terimden oluşmaktadır: k_1 çarpı v .

Bu sürat ve daima pozitifdir.

Artı k_2 çarpı v kare, ve bu hızın birim vektörüdür.

Daima hıza ters yönde etki etmektedir. Böylece bu direnç kuvvetinin büyüklüğüdür.

Özellikle küre örneklerini kullanarak, bu konuyu ele almıştık.

Hatırlıyor musunuz? Bazı önemli deneyler yapmıştık.

Küreler için k_1 eşit c_1 çarpı r , ve k_2 eşit c_2 çarpı r karedir.

Ve mısır şurubu kullanarak bazı deneyler yapmıştık.

Ve şurup için c_1 yaklaşık olarak 160 ve c_2 yaklaşık olarak 1.2 çarpı 10 üzeri 3 kilogram bölü metreküp idi.

Bu yoğunluk olduğu için, birimini daima hatırlarım.

Aslında, bu şurubun yoğunluğundan daima biraz daha küçüktür.

Bunun birimi daha karmaşık, fakat bunu kendiniz çıkarabilirsiniz.

Ve orada, 1/8 inçten çeyrek inç kadar çelik rulman bilyelerimiz vardı ve onları mısır şurubu içerisine atmıştık.

Eğer şimdi, çeyrek inç olan bilyeyi ele alırsak, Bu durumda bunun kütlesi yaklaşık 0.1 gramdır.

Çeliğin yoğunluğunu biliyoruz ve buradan kütleyi elde edebilirsiniz. Sadece dediklerime inanın.

Şimdi şöyle bir soru soruyorum: Eğer çelik rulman bilyesi düşmeye başlarsa ulaşacağı hız nedir? Başlangıçta, bu topa etki eden, sadece mg kuvveti ve birazda çok küçük olan direnç kuvveti vardı.

Ve hız arttıkça, direnç kuvveti büyüyecek ve öyle bir zaman gelecek ve mg ye eşit olacaktır. Ve bu durumda cisim artık ivmelenemeyecek ve artık limit hıza ulaşacaktır.

Peki limit hız için koşullar nelerdir? Bu terim mg 'ye eşittir.

Diğer bir deyişle, bu $c_1 r v$ artı $c_2 r^2 v^2$, mg 'ye eşit olur ve bu durum gerçekleştiği zaman limit hızı elde ederiz.

Bu v_t cinsinden ikinci dereceden bir denklemdir.

c_1 i, c_2 yi ve çelik rulman bilyelerin yarıçapını ve kütlelerini biliyorsunuz; böylece bu denklemden limit hızı elde edebilirsiniz.

Bu ikinci dereceden bir denklem olduğundan, iki çözüm elde edeceksiniz.

Göreceğiniz gibi birisinin herhangi bir fiziksel anlamı olmayacaktır. Böylece fiziksel olarak anlamlı olanı alacaksınız.

Fakat eğer bunu yaparsanız, bu yapılacak aptalca bir şey olmuş olur.

Bu arada bunu basınç terimi olarak adlandırırız ve bu terim, viskoz terimi olarak adlandıracağımız bu terimin yanında ihmal edilebilir.

Basınç teriminin ihmal edilebileceğini nasıl bilebiliriz? Pekiyi, öncelikle şu soruyu soralım. Viskoz terimi ile basınç terimi ne zaman; hangi hız değeri için aynı olur? Şimdilik burada, t' lerin olduğunu göz önüne almayın.

Sadece, bu terim ile bu terimin aynı olduğunu bilmek istiyoruz.

Bu sadece limit hız diye adlandırdığımız hızın c_1 bölü c_2 çarpı r 'ye eşit olduğu zamanki durumda elde edilebilir.

Bu durumda, bu terimin tamamıyla buna eşit olduğunu göstermek çok kolaydır.

Bu değerlerin ne olduğu çok kritik değildir.

Gerçekte kritik hız yanlış bir isimlendirmedir, fakat biz bu ismi veriyoruz.

Sadece, bu iki terimin eşit olduğunu ifade etmek için kullanılır.

Sadece bunu ifade eder, başka bir şeyi değil.

Eğer çeyrek inç çapına sahip çelik rulman bilye için hesaplıyorsanız, r 'yi ölçebilirsiniz ve kritik hızın yaklaşık 100 mil bölü saat olduğunu elde edersiniz. Ve biz çeyrek inç çapına sahip çelik rulman bilyeyi şurup içine attığımız zaman, hızının bu 100 mil bölü saatlik hızın yakınından bile geçemeyeceğini çok iyi biliyoruz. Böylece hız 100 mil bölü saat değerinin çok altında kalır ve bu durumda, bu terim baskın olacaktır ve bu terim ise tamamıyla ihmal edilecektir.

Ve eğer bu terim ihmal edilirse, limit hızın hemen mg bölü $c_1 r$ olacağını görürsünüz. Ve bu arada, bu hız çeyrek inç çapına sahip olan çelik rulman bilye için yaklaşık 2 santimetre bölü saniye civarındadır.

100 mil bölü saat olan kritik hız değerinin çok çok altında bir değerdir.

Yapmış olduğumuz şey, 4 santimetrelik mesafe boyunca, bu çelik rulman bilyeler için düşüş zamanlarını hesaplamaktı.

Ve eğer 4 santimetrelik mesafe için gidilecek zamanı biliyorsanız, limit hızı biliyorsunuz demektir.

Ve biz çelik rulman bilyenin kütleini, yarıçapını biliyoruz. Ve c_1 'i hayır c_1 'i bilmiyoruz.

Bu şekilde c_1 'i bulabileceğinizi size göstermek istedim.

Sürati ölçüyorsunuz, r ve m 'yi biliyorsunuz, c_1 'i ölçebilirsiniz. Ve bunu bu sabah dersten önce yaptım.

Ve bu değer 160 olduğunu hesapladım. Aksi takdirde bu değeri bilemezdim.

c_1 son derece sıcaklığa bağımlıdır.

Aslında, bu iki ders arasında bile değişebilir.

Eğer sıcaklık artarsa, c_1 'in değeri düşer.

İşte bu şekilde c_1 'in değerini ölçebilirsiniz.

Tamam, Şimdi momentumun korunumundan bahsedelim.

Önceki bir derste, momentumun korunumundan bahsettik.

Aileleniz buradaydı.

Ve sadece tamamen esnek olmayan çarpışmaları ele almıştık.

Her ne zaman, cisimlerden oluşan bir sistem üzerine etkiyen bir dış kuvvet olmadığı zaman, momentum korunmalıdır.

Bu sistemler çarpışabilirler, yangınlara sebep olabilirler, patlayabilirler, parçalara ayrılabilirler, fakat momentum herhangi bir dış kuvvetin olmadığı durumda korunacaktır.

Bu oldukça anlaşılması zor bir durumdur.

Kinetik enerji yok edilebilir. Fakat tüm sistem üzerine etkiyen net bir dış kuvvetin yokluğunda, momentum asla yok edilemez.

Burada bir m_1 cismimiz var hız v_1 . Ve m_2 cismimiz ve hızı v_2 .

Bunu oldukça basitleştirelim.

m_1 1 kilogram, v_1 3 metre bölü saniye, m_2 2 kilogram

Bunu 5 metre bölü saniye yapıyorum ve v_2 3 metre bölü saniye

Momentum korunur. Böylece m_1 çarpı v_1 artı m_2 çarpı v_2 eşit m_1 artı m_2 çarpı v üssü olmalıdır.

Tamamıyla esnek olmayan bir çarpışma.

Birbiri ile çarpışır ve birbirlerine yapışır, toplam kütle m_1 artı m_2 olur. Ve onlar ya bu yönde ya da bu yönde giderler. Fakat ne olursa olsun, bunu v üssü hızı olarak adlandırıyorum.

Çarpışmadan sonraki durum.

Üzerlerinde vektör işaretlerini unuttuğumu, çünkü bunun bir vektörel eşitlik olduğunu söyleyebilirsiniz.

Evet onları bilerek unuttum, çünkü bu bir boyutlu bir durum.

Daima vektör işaretlerini atabilirsiniz, çünkü işaretler yönleri içerecektir.

Ve siz, elbette, cömert olmak zorundasınız. Ve ihtiyaç duyulduğunda eksi işaretini koymanız gerekir.

m_1v_1 1 çarpı 5 e eşittir bu artı 5 eder.

m_2v_2 negatif olacaktır. Çünkü bunu eksi 3 olarak almalıyım. Böylece eksi 6 elde ederim, Bu durumda çarpışmadan önce de sonra da momentum eksi 1 olmalıdır ve bu 3 çarpı v üssüne eşit olmalıdır.

Ve böylece v üssü eksi 1 bölü 3 metre bölü saniye olacaktır.

Ve böylece, cisimler birbirine yapışacak ve çarpışmadan sonra, onlar 1 bölü 3 metre bölü saniyelik sürat ile hareket edeceklerdir.

Kinetik enerji neredeyse kayboldu.

Hiçbir şey kalmadı hatırladınız mı? Açıkça, bu sürtünmeden dolayıdır.

Dış sürtünme değil, hiçbir dış sürtünme yok. Çünkü eğer bir dış sürtünme olsaydı, momentum korunamazdı.

Onları iki araba enkazı gibi düşünün.

Birbirleri içine girmişler

Ateş çıkıyor. Birbirlerine sürtündüklerini, metalin metale sürtündüğünü görüyorsunuz.

Çok miktarda ısı açığa çıkıyor ve kinetik enerji kayboluyor.

Fakat momentum korunuyor, çünkü bu sürtünme kuvvetlerinin hepsi dahili sürtünme kuvvetleridir.

Bu normaldir.

Bunun anlaşılmasının zor olmasının sebebi budur.

Şimdi, bu çılgın cismin durma noktasına geldiğinden emin olalım.

Eğer durmamışsa, ne yapacağımı söylemesem daha iyi.

Aman Allah'ım hala dönüyor. Şimdi bunun sizlere uykusuz geceler geçireceğini fark ettim. Fakat diğer taraftan sınav yaklaşıyor. Sizlere bunu unutmanızı öneririm.

Bunu hiç görmemiş olduğunuzu varsayın.

Bunun asla olmadığını varsayın.

Bu, sizleri daha mutlu eder.

Tamam, gelecek derste görüşürüz ve iyi şanslar.