



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 14

Dünya üzerinde herhangi bir yerde duruyorsanız, bu dünya, bu dünyanın kütlesi, bu yarıçapı ve siz buradasınız.

Basitlik açısından bize engel olabilecek bir atmosferin olmadığını varsayalım. Ben size çok büyük bir tekme vurmam istiyorum, öyle büyük bir süratle vuracağım ki siz asla yeryüzüne geri dönemeyeceksiniz ve böylece dünyanın yerçekiminden kurtulacaksınız.

Bu hız ne olmalı? Burada durduğunuz ve bu hıza sahip olduğunuz zaman, sizin mekanik enerjiniz, bunu sıklıkla E olarak gösteriyoruz, kinetik enerjinizin toplamıdır.

Bu kütleniz; bu kurtulma hızınızın karesi

Artı potansiyel enerji ve potansiyel enerji eksi mMG bölü dünyanın yarıçapına eşittir.

Bu kinetik enerjiniz ve bu da daima daha önce tartıştığımız gibi negatif olan potansiyel enerjinizdir.

Mekanik enerji korunur, Çünkü yerçekimi korunumlu bir kuvvettir.

Yani sonsuzluk yolunda nerede olursanız olun, eğer belli bir r uzaklıktaysanız, mekanik enerji aynıdır.

Ve bu $\frac{1}{2} m v^2$ bölü m çarpı belli bir r uzaklığındaki hızın karesi eksi mMG bölü küçük r olmalıdır.

Ve sonsuzda, oraya ulaştığınızda, küçük r sonsuz olacağından bu terim sıfırdır; sonsuzda potansiyel enerji sıfırdır.

Ve eğer sizin sonsuza sıfır kinetik enerjiyle ulaşmanızı sağlarsam, bu durumda bu terim de sıfırdır.

Ve bu, sizleri sonsuza götürmem ve sizleri dünyanın çekiminden kurtarmam için ihtiyacım olan minimum enerji miktarıdır.

Eğer sizlere daha yüksek bir hız versem, bu durumda sonsuza, biraz net kinetik enerjiyle birlikte varırsınız. Bunu en etkili bir şekilde yapmanın yolu, bunu sıfır yapmaktır. Böylece sonsuza sıfır hız ile ulaşırırsınız.

Bu r sonsuza gitmesi durumudur.

Ve bu durumda, E eşit sıfır olur.

Kurtulma hızı için, bu terim ile bu terim aynıdır.

Ve böylece 1 bölü 2 m çarpı kurtulma hızının karesi eşit mMG bölü dünyanın yarıçapını elde ederiz.

Küçük m 'leri yok ederim ve sizlere vermek zorunda olduğum kurtulma hızını, karekök $2MG$ bölü dünyanın yarıçapı şeklinde bulurum.

Ve bu sizleri, sıfır kinetik enerji ile sonsuza götürmem için yeterlidir.

Eğer dünyanın kütesini ve dünyanın yarıçapını yerine koyarsam, bu durumda bunun yaklaşık olarak 11.2 kilometre bölü saniye olduğunu bulacaksınız.

Bu sizin ihtiyacınız olan kurtulma hızıdır.

Yaklaşık 25.000 mil bölü saattir.

Ve tekrar ediyorum, sizlere engel olacak olan havanın olmadığını varsayıyoruz.

Bu hızla dünyayı terk ederken sahip olduğunuz toplam enerji, sıfırdan büyük olursa, bundan daha iyisini yapabilirsiniz.

Sıfırdan biraz büyük bir kinetik enerjiyle sonsuza ulaşabilirsiniz.

Biz E büyük eşit olduğu durumu, açık yörünge olarak isimlendiririz.

Eğer E sıfırdan küçükse, sahip olduğunuz toplam enerji negatiftir. Bu durumda dünyanın çekim kuvvetinden asla kurtulamazsınız ve bizim öyle ya da böyle kapalı olarak adlandırdığımız yörüngede kalırsınız.

Dairesel yörüngelerle konuya devam edelim.

Daha sonraki derslerde eliptik yörüngeleri anlatacağız. Fakat şimdi sadece dairesel yörüngeler hakkında konuşalım.

Şimdi, bu dünyanın kütesi ve bu dairesel yörüngede m kütleli bir uydu. Ve m kütesi dünyanın kütesinden çok daha küçük.

Ve yörünge yarıçapı R,

Ve bu cisim belli bir v teğetsel hıza sahiptir.

Sürat hiçbir zaman değişmez, fakat yönü değişir. Ve onu yörüngede tutabilmek için bir çekimi kuvveti gereklidir ve çekim kuvveti merkezci kuvvetle tamamen aynıdır.

Bunu daha önce, birçok kez tartıştık.

Ve çevresinde dönebilmesi için çekim kuvveti gereklidir.

Bunu dairesel yörüngede dönmesi için, merkezci kuvvetin olması gerektiği şeklinde de söyleyebilirim.

Bu çekim kuvveti m çarpı M çarpı G bölü dünyanın yarıçapının karesine eşittir.

Şimdi bu dünyanın uyduya olan uzaklığıdır. Ve bu $m v$ kare bölü R ye eşit olmalıdır ve burada gördüğümüz bu değer teğetsel hızdır ve biraz sonra tabii ki burada bir yerde olacaktır.

m leri yok etme durumunda yörünge hızını elde edebilirim. Bunun kurtulma hızıyla karıştırılmaması gerekir.

Yörünge hızı, orada gördüğümüz ile aynıdır, sadece karekök içinde 2 yoktur.

Şimdi bu R .

Orada dünyanın yarıçapı vardı.

Eğer yarıçapı biliyorsanız, yörünge hızını hesaplayabilirsiniz.

Eğer yörünge hızını biliyorsanız, yarıçapı hesaplayabilirsiniz.

Ve yörüngede dönme periyodu T eşit $2 \pi R$ bölü yörünge hızı şeklindedir. Yerine koyarsanız 2π çarpı R üzeri $3/2$ bölü karekök G çarpı dünyanın kütlesi M şeklinde elde edersiniz.

Bunu biraz bu tarafa kaydırayım.

$2 \pi R$ üzeri $3/2$.

Ve yine eğer yarıçapı biliyorsanız, yeryüzünden ne kadar uzakta olduğunu da biliyorsanız, periyot sadece buna bağlı olduğundan onu hesaplayabilirsiniz.

Eğer periyodu biliyorsanız, bu durumda uyduya olan uzaklık sadece buna bağlıdır ve bunu hesaplayabilirsiniz.

Dünya yüzeyine yakın yörüngede bulunan, bir uyduyu ele alırsak

Uydu dünya yüzeyinden 400km yukarıda olabilir.

Bu durumda dünyanın yarıçapını bu 400km ye eklemek zorundayız. Eğer eklerseniz uydu yörüngesinin yarıçapını yaklaşık 6800 km olarak elde edersiniz. Eğer burada dünyanın kütlesini ve çekim sabitini yerine koyarsanız, T nin yaklaşık 90 dakika olduğunu bulursunuz.

Bu yaklaşık 1.5 saattir.

Uydunun bir devir yapması yaklaşık 1.5 saat alır. Ve teğetsel sürat, 8 kilometre bölü saniyeye çok yakındır.

Ve bu dünya yüzeyine yakın olan tüm yörünge uyduları için geçerlidir.

Onların 400 kilometre, 500 kilometre veya 600 kilometrede olup olmaması çok fazla değişiklik yapmaz.

Eğer Ay'ı ele alırsanız, ay uydudan çok çok uzaktadır. Ve aya olan uzaklığı, yaklaşık 385.000 km olarak alırsanız.

Ve bu denklemde yerine koyarsanız, ayın dünya çevresindeki bir dolanımının yaklaşık 27.5 gün olacağını bulursunuz.

Ve onun hızı sadece 1kilometre bölü saniyedir.

O çok daha uzaktadır.

Eğer daha da uzaktaysa, R çok daha büyüktür ve böylece hızın daha yavaş olacağını görürsünüz.

Eğer, Güneşin etrafında dönen dünyayı ele alırsanız;

Bu durumda da bütün bu denklemleri kullanabiliriz.

Dünyanın kütlesiyle güneşin kütlesinin yerlerini değiştirebilirsiniz

Bu durumda bunu gezegenler için de yapabiliriz.

Eğer Güneşin etrafında dönen dünyayı ele alırsak, bu durumda 2 çarpı 10 üzeri 30 kilogram olan güneşin kütlesini koymak zorundayız.

Ve Dünyadan Güneşe olan uzaklık,, bunu daha öncede görmüştük.

Bunu Güneşten dünyaya olan uzaklık olarak adlandırıyorum ve bu yaklaşık 150 milyon kilometredir.

Özür dilerim, kilometre ile metreyi karıştırdım. Şüphesiz bunu metreye çevirmelisiniz.

Ve dünyanın güneş etrafında devir yapmasının ne kadar sürdüğünü hesapladığınızda, herhangi bir sürpriz olmamalı, 365.5 gün olarak bulacaksınız.

Bu sadece, bu iki değer buradaki ve şuradaki denklemlerde yerine koyma işlemidir.

Dünyanın yörüngedeki hızı, yaklaşık 30 kilometre bölü saniyedir.

Bu arada, dünyanın güneş etrafında 30 kilometre bölü saniye hızla dönmesi oldukça önemli bir hızdır. Ve bu dünya etrafında dönen uyduların hızı olan 8 kilometre bölü saniyeden çok çok daha fazladır.

Jüpiter dünyadan 5 kat daha fazla uzaktadır. Ve böylece Jüpiter'in dönme periyodu 5'in 3/2'inci kuvvetidir.

Bu yaklaşık 12 dir. Bundan dolayı, güneş etrafında dolanması yaklaşık 12 yıldır.

Periyodun oldukça küçük olan uyduların kütesinden bağımsız olduğunu görmelisiniz. Ve bu 4 Ekim 1957 de Sputnik fırlatıldığı zaman, Amerikalılar için bir talihsizlik olmuştu.

Yarıçapı çok kolay bulabildiler. Çünkü Sputnik'in dünya etrafındaki periyodunun ne kadar olduğunu biliyorlardı.

Bu yaklaşık 96 dakikaydı.

Yarıçapı, hızı hesapladılar ama kütle hakkında hiçbir ipuçları yoktu. Ve bu Amerikalıların istediği unsurların ana parçasıydı. Çünkü, eğer Sputnik'in kütlesi çok büyük olsaydı, şüphesiz bu Ruslar'ın çok güçlü roketlere sahip olduklarının bir göstergesi olurdu.

Yörünge parametreleri içinde kütleyle sayamazsınız.

Kütleden bağımsızdır.

İster çok hafif bir cisme, ister çok ağır bir uyduya sahip olun, bunlar eğer aynı uzaklıkta iseler, yörüngede aynı hıza sahip olurlar. Aynı yörünge periyoduna sahiptirler.

Daha önce belirtmiştim, eğer belli bir konumdaysanız, yörünge periyodunun ve kurtulma hızının karekök 2 ile farklılık gösterdiklerini fark etmişsinizdir.

Örneğin dünya etrafında belli bir konumdasınız, buradaki bir uyduda;

Eğer yerçekiminden kurtulmak istiyorsanız, bu durumda yörünge hızının kök 2 katından daha büyük bir hıza sahip olmanız gereklidir.

Eğer dünyaya yakın bir yörüngede iseniz, hızınız yaklaşık 8 kilometre bölü saniyedir. Ve 8 çarpı kök 2 yaklaşık 11.2 kilometre bölü saniye eder. Ve kurtulmak için bu hıza ihtiyacınız vardır.

Yani bunlar arasındaki ilişkinin, karekök 2 şeklinde olduğunu görüyorsunuz.

Bu değerlerle ilgili dikkate alınacak bazı şeyler vardır.

Toplam mekanik enerji ve onu buraya bir kez daha yazacağım;

Verilen yarıçap için $1 \text{ bölü } 2 \text{ m}$ v kare eksi küçük m büyük M çarpı G bölü r şeklindedir. M 'nin dünyanın mı yoksa Güneşin mi kütlesi olduğu şu anda beni ilgilendirmiyor.

Verilen bu yarıçaptaki yörünge için kinetik enerji bu ve bu da potansiyel enerjidir.

Fakat şimdi bu v kare yerine, yörünge hızının karesini koyabileceğimi görün.

Bu durumda MG bölü R elde ederim.

Ve bu 1 bölü 2 mMG bölü R 'ye eşittir.

Ve şimdi bu ikisini karşılaştıralım.

Buradaki çok önemli olan eksi işareti ve burada olmayan 1 bölü 2 haricinde, bunlar neredeyse birbirlerinin karbon kopyası gibidirler.

Ve böylece mekanik enerji diye adlandırdığım toplam enerji E, daima dairesel yörüngeler için $1/2 U$ 'ya eşittir ve bu eksi kinetik enerjiyle aynı değerdedir.

Önemli bir rastlantı olduğunu düşünebilirsiniz.

Şüphesiz düşündüğünüz kadar büyük bir rastlantı değildir.

Fakat yörüngede bir şeyler varsa, bu r yarıçapındaki yörünge için yörünge hızıdır. Bu durumda her zaman toplam enerji, potansiyel enerjinin yarısıdır.

Her zaman negatiftir.

Tamam, daha sonraki derslerde eliptik yörüngeleri anlatacağız.

Bugün anlatmayacağım. Ve şimdi tamamen farklı bir konu olan güç konusuna yöneleceğim.

Şimdilik yörüngeleri tamamıyla bırakıyorum.

Güç nedir? Güç belli bir zamanda yapılan iştir.

Eğer w iş ise, dw/dt , t zamanındaki anlık güçtür.

Biz gücü politik güç olarak da biliyoruz.

Bu politik güçten çok farklıdır.

Politik güçte, çoğu zaman hiç iş yapamayabilirsiniz, ama gücünüz vardır.

Burada fizikte, hayat bu kadar kolay değildir.

Gücün birimi joule bölü saniyedir ve çoğunlukla W ile gösteririz ve bu fizikçi Watt'tan sonra böyle adlandırılmıştır.

Saniye başına iş olan büyük W 'yi, küçük w şeklinde gösterilen iş ile karıştırmayın.

Şimdi, kuvvetin yapmış olduğu iş, kuvvet ile bu kuvvetin belli bir yer değiştirmeye sebep olması sonucu alınan mesafenin skaler çarpımıdır.

Bunu daha önce ele almıştık.

Bu yaptığım çok küçük bir iştir, değil mi? Bu küçük yer değiştirme süresince sabit bir kuvvetim var

Ve bunu burada yerine koyabilirim. Ve böylece gücü bunun zamana göre türevi şeklinde elde edebilirim:

Bu durumda güç, eğer bu kuvveti kısa bir süreliğine sabit tutarsam, kuvvet skaler çarpım hız olur.

Çünkü dr/dt cismin hızıdır.

Ve böylece aynı zamanda güç kuvvetle hızın skaler çarpımıdır.

Eğer kuvvet hız vektörüne dik ise, bu durumda güç sıfır olur.

Bir örneği ele alalım.

Bir bisikletin üzerindeyim. Bisikletim burada ve ben burada bisikletin üzerinde oturuyorum ve gitmeye çalışıyorum.

Belli bir hızım var ve bu hızı sabit tutuyorum.

Bu çoğu insanın bisiklet sürme şeklidir.

Şimdi ihmal edilemez olan bir hava direnci var

Bunu daha önce tartışmıştık.

Ve hava direnci benim üzerime bir kuvvet gibi davranır. Hava direnci kuvveti varsa ben bir şekilde Walter Lewin olarak sabit hızla devam edebilmek için bu direnç kuvvetinin üstesinden gelmek zorundayım. Çünkü, eğer üzerimdeki net kuvvet sıfır ise bu durumda sabit hıza sahip olabilirim.

İvme yok, hızda bir değişim yok.

Bunu nasıl yaparım? Pedallara basarım

Fakat pedallar beni geri iter.

Etki tepkiye eşittir.

Böylece, bu bisiklet üzerinde net kuvvetin olmamasına sebep olur.

Ben pedalı itiyorum o da beni geri itiyor. Bu iki kuvvet birbirini yok ediyor.

Bunları iç kuvvetler olarak adlandırırız

Şimdi, pedallar zinciri itiyor ve zincir de tekerleri itiyor. Ve sonunda tekerler benim pedalı döndürmemden dolayı bu yönde dönmek istiyor.

Ve şimdi burada zemin ile, yol ile bir sürtünme vardır. Ve tekerler yolu iter ve yol da geri iter.

Etki tepkiye eşittir.

Ve Walter Lewin in sabit hızda gidebilmesi için üstesinden gelmesi gereken kuvvet, asıl bu sürtünme kuvvetidir.

Bunu yapan sürtünmedir.

Siz sürtünme kuvveti üzerinde gerçekten düşünmelisiniz.

O çok önemlidir

Eğer yolun sürtünmesi olmasaydı, bisikleti hareket ettiremezsiniz.

Bunu yaparsam sadece durgun olarak kalırım, doğru mu? Beni bu yönde hareket ettirecek olan hiçbir kuvvet olmaz.

Tabii ki, eğer kayarken bir hıza sahip olsaydınız, bu durumda, elbette bu hızı da sabit tutabilirdiniz.

Anlatacağım güç konusunun, kuvvete son derece bağlı olduğunu anlamanızı istiyorum.

Eğer daha önceden basınç teriminin baskın olduğu ikinci bölge olarak adlandırdığımız bu bölgede iseniz, o durumda direnç kuvveti v kare ile orantılıdır.

Bunun bir sabit çarpı v kare olduğunu söyleyelim.

Tüm dersimizde bunu anlattık.

Bu ikinci bölge;

Burada olduğumuzu varsayalım.

10 mil bölü saat hıza sahip olduğum bize verilmiş olsun; bu size göstereceğim bir şey değil, sadece verilmiş bir değer. Bu durumda bu yaklaşık 0,02 yani 1/50 beygir gücündedir.

Ve bir beygircü oldukça karışık bir birimdir ve yaklaşık 746 watt'tır.

Ve bu yaklaşık 15 watt eder.

Ben pedalı çeviriyorum ve hızımı 10 mil bölü saat olarak tutuyorum, bu durumda ortalama saniyede 15 joule'luk enerji üretmek zorundayım.

Fakat şimdi 25 mil bölü saat hızla gitmek istiyorum

Buraya 25 yazıyoruz.

Bu 2.5 kat daha fazladır.

Fakat şimdi üretmek zorunda olduğum güç, kuvvet ve hız arasındaki skaler çarpımdır.

Şimdi kuvvet ve hız aynı yönlüdür, Böylece skaler çarpım işaretini yazmayabiliriz ve gücü k çarpı v nin üçüncü kuvveti şeklinde elde ederim. Eğer şimdi hızı 2.5 kat artırmak istiyorsam, bu durumda üretmek zorunda olduğum güç, 2.5 in üçüncü kuvvetidir. Ve bu yaklaşık 15 kat daha fazladır. Şimdi yaklaşık 0.3 beygir gücü elde edersiniz, bu yaklaşık 230 watt eder. Yaklaşık 230 wattlardan bahsediyorsunuzdur.

Size söyleyeyim bu büyük bir güçtür

Bunu yarım saatten fazla sürece üretebilen biri olup olmadığını merak ediyorum

Çoğumuz bunu birkaç dakika boyunca yapabilir, saatlerce değil

Tamamen kişisel kondisyonunuza bağlıdır.

Bir de ısı enerjisi var ve ısı enerjisi çok farklı şekilde ifade edilir.

Onu kalori cinsinden ifade ederiz

Ve bir kalori; çok özel bir şekilde bir gram suyun sıcaklığını bir santigrat derece artırmak için gerekli olan enerji miktarı olarak tanımlanır

Ve genellikle bu ısı enerjisi olan Q yu kalori biriminde, cismin kütlesi çarpı öz ısısı, bu su için gram derece başına 1 kalordir, çarpı arttırdığımız sıcaklık farkıdır.

Biz bir cismin sıcaklığını artırırız

Cismin bir m kütlesi vardır

Sıcaklığı bir kaç santigrat yada Kelvin derece artırırız,

Aynı şey.

Ve bu durumda bu sizin buraya koymak zorunda olduğumuz kalori miktarıdır.

Sizlere su için kalori olarak gram başına öz ısıyı verdim. Bir kilogramdakini değil.

Eğer kilogram başına verseydim ki bu derste daha iyi olurdu, Bu durumda elbette 1 yerine 1000 olacaktı.

Alüminyumun öz ısısı 0.2 dir

Kurşunun öz ısısı olağanüstü şekilde düşük, sadece 0.03

Çok çok düşük

Buzun öz ısısı, suyun öz ısısının sadece yarısıdır

Buzun öz ısısı sadece 1 bölü 2 $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ dir.

Fizikçi James Joules, ki biz iş birimi olarak ondan sonra Joule kullanıyoruz, ısı enerjisinin ve mekanik enerjinin gerçekten eşit olduğunu gösteren ilk kişidir.

O dahice bir deney yaptı.

Kesinlikle ilk duyduğunuzda “bunu ben de düşünebilirdim.” diyebilirsiniz. O iplerle asılı kütleli cisimleri alır ve onları belirli bir mesafe boyunca yerçekimi alanında aşağı doğru indirir.

O, mgh 'ın ne olduğunu biliyordu.

Ve o bu ipleri sudaki kürekleri döndürmek için kullandı.

Ve bu kürekler itilir

Bu mekanik enerjidir ve mgh enerjisi küreklerde elde edilir. Ve onun fark ettiği şey nedir? Suyun sıcaklığının yükseldiğini fark etmiştir.

Ve o sıcaklıktaki artışı ölçer ve kaloringin nasıl tanımlandığını da biliyor. Ve O bir kaloringin yaklaşık 4.2 olduğunu bulur. Şimdi bunu Joule olarak tanımlıyoruz.

O zamanda henüz joule olarak adlandırılmıyordu.

Bu ikisi arasında doğrudan bir ilişki var.

Bu ders süresince size birkaç sayı vereceğim ve bir tablo hazırladım.

Sayıları yazmanıza gerek yok, çünkü onların hepsi webde var.

Fakat bu sayılardan bazılarını tekrar kullanacağım, bundan dolayı onları bir yerde toplamanın iyi olacağını düşündüm.

Burada en üstte 1kaloringin 4.2 joule olduğunu görüyorsunuz.

Burada beygircü ve kısaca bir süre sonra ele alacağımız diğer birimlerin hepsinin tanımlandığını görüyorsunuz.

Bir şeyi yaktığımızda, çoğu durumda ısı üreten kimyasal reaksiyonlar oluşur.

Bir galon benzin, 100 milyon joule' a yakın bir ısı oluşturur.

Vücudunuz ısı üretir.

Eğer bugün yüksek ateşiniz yoksa, vücudunuz yaklaşık olarak 98 Fahrenheit derecedir.

Ve vücudunuz elektromanyetik radyasyon yayar.

Onu gözlerinizle göremezsiniz. Çünkü kızılötesi bölgededir.

Fakat karanlık olduğu zaman ve kollarınızda birini tutuyorsanız, bu ısıyı hissedebilirsiniz.

Bu ısı çok fazla bir miktardadır.

Yayıdığınız güç yaklaşık 100 joule bölü saniyedir.

100 watt.

100 watt'lık ampülle aynı seviyede güç yayarsınız. Fakat bu çok geniş bir bölgeye yayıldığı için, 100 watt'lık ampül kadar sıcak olamazsınız

Fakat bu çok muhteşem bir miktardır.

Yaymış olduğunuz 100 wattır ve pratikte vücudunuz bu ısıda sabit olarak tutulmalıdır.

Bu, günde yaklaşık olarak 10 üzeri 7 joule lük bir enerji ürettiğiniz anlamına gelir.

10 üzeri 7 joule

Bu bir günde ürettiğiniz ısı joule cinsinden yaklaşık 10 üzeri 7 düzeyindedir ve bu yaklaşık gün başına 2 milyon kalordir.

Vücut bunu nereden alır? Yiyeceklerden.

Günde 2 milyon kalori yeseniz iyi olacak.

Şu anda bazılarınızın, renginin solduğunu, mora ve yeşile dönüştüğünü görebiliyorum ve “ Hayatta günde 2 milyon kalori olamaz; sen aklını yitirmiş olmalısın.” diyorsunuz. Ama tam öyle değil.

Paketlerin üzerindeki kalori yazısını okuduğunuzda büyük harfle C –a-l yazdığını görürsünüz ve bu gerçekten 1 kilokaloridir.

Aldığınız paketlerdeki yiyeceklerde ne kadar kalori olduğunu hesaplamak için üzerinde yazan değerleri 1000'le çarpmak zorundasınız.

Ve günde yaklaşık 2000 kilokalori eşdeğerinde yiyecek yemek zorundasınız.

Eğer bundan fazla yerseniz, er ya da geç bunun bedelini ödersiniz.

Peki mekanik işe ne dersiniz? Yaptığımız tüm mekanik işler içinde, bir şeyler yemek zorunda değil miyiz? Çok çalışırız ve eminim ki bu işe çok enerji harcanıyordur.

İyi, sizin için bir sürprizim var.

Oldukça hayal kırıklığına sebep olacak bir şey.

Senin ve benim bir günde yaptığımız iş, mekanik iş bakımından o kadar az ki onu tamamen ihmal edebilirsiniz.

Üç kat çıktığımızı varsayın.

Yaklaşık 10 metre yüksekliğinde olan üç kat çıktık.

Ve diyelim ki, bunu günde 3 defa yapıyoruz.

Ve size yaklaşık 70 kg'lık kütle verelim.

Yaklaşık benim kütle kadar.

Bunu 3 kere yaptığımda ne kadar iş yapmış olurum? Haydi günde 5 kere olsun.

Gerçekte yaptığımın dışına çıkıyorum.

Günde 5 kere 3 kat çıkıyorum.

Benim yaptığım işin miktarı mgh dır.

10 metre 5 ile çarpılmalı, çünkü günde 5 defa yapıyorum. Böylece yaptığım iş için 35.000 joule harcarım.

35.000 joule.

Bunu vücudunuzun ısı enerjisi olarak günde yaymış olduğu 10 üzeri 7 joule ile kıyaslayın.

Bu iğrenç 35000 joule için, biraz fazla yemek zorunda olduğunuzu düşünüyorsunuz.

Bunu unutun,

Hiç bir şey değil.

Bu merdivenleri yürüme işini tüm güne yaydığınızı ve bunu da 10 saat içinde yaptığınızı düşünün.

Sabah çıkıyorsunuz, öğleden sonra ve akşam çıkıyorsunuz ve belki akşam iki kez çıkıyorsunuz.

Bu üç katı 10 saat içinde 5 defa çıkıyorsunuz.

Bu durumda harcamış olduğunuz ortalama güç, üretilen ortalama güç olan 35.000 joule bölü 36.000 saniyedir.

Bu utanılacak kadar azdır.

Yaklaşık 1watt'tır.

Bunu vücudunuzun saniyede yaydığı 100 joule ile kıyaslayın.

100 watt.

Yani bu tamamen ihmal edilebilir.

Fakat eğer 5000 feet'lik bir dağa tırmanırsanız, bu durumda yapmak zorunda olduğunuz iş bir milyon joule'dür.

Şimdi 10 üzeri 7 ile kıyaslandığında bir milyon joule artık önemsiz değildir.

Ve şimdi kendinizi aç hissedersiniz ve gerçekten daha fazla yiyeceğe ihtiyacınız vardır.

Ve eğer bunu 2 saat içinde yaparsanız, bu durumda tükettiğiniz güç azımsanamayacak kadar fazladır.

Ortalama 160 watt'lık bir güç tüketeceksiniz. Ve şüphesiz bu iki saat zarfında vücudun ısı şeklinde yaymış olduğu güçten daha fazladır.

Ve bu durumda, vücut bu dağa tırmanırken yaptığım işi telafi etmek için "daha fazla yemek istiyorum" diyecektir. Eğer 5.000 feet tırmanırsanız, ekstradan 10 üzeri 6 joule'luk bir iş yapmak zorundasınız. Dolayısıyla daha fazla yemek zorundasınız.

Şimdi normal yediğinden % 10 fazla yemeniz gerektiğini düşünebilirsiniz. Çünkü 10 üzeri 6'nın, 10 üzeri 7'nin sadece % 10'u olduğunu söyleyebilirsiniz. Fakat bu doğru değildir. Çok daha fazla yemek zorundasınız, çünkü yediğiniz yiyeceklerin mekanik enerjiye dönüşme oranı oldukça azdır.

% 20 gibi bir şeydir.

Bu durumda, normalde bir günde yediğinizden, % 40 veya % 50 daha fazlasını yemelisiniz.

Duş almak istediğimi varsayalım ve küvetteki suyu ısıtmanın ne kadar enerji alacağını hesaplamak istiyorum.

Yapılacak muhteşem bir şeydir.

Şimdi bunun nasıl yapılacağını biliyoruz.

Bunun kalori değeri olan Q , m çarpı c çarpı ΔT şeklindedir.

Denklem budur.

Bir küvet yaklaşık 100 kg su alır.

Bu yaklaşık 28 galondur.

Ve sıcaklık artışının 50 santigrat derece olduğunu varsayalım. Bu artış 50 Kelvin derece artma ile aynıdır.

Suyumuz var ve bu durumda Q 'nun yaklaşık 5.000 kilokalori olduğunu bulursunuz.

Bu ne kadar ısı enerjisinin gerekli olduğudur.

Ve bu yaklaşık, 2 çarpı 10 üzeri 7 joule eder.

Ve bu bir küveti ısıtmak ve tadını çıkarmak için gerekli olan enerjidir.

Birazdan bu küvet örneğine tekrar döneceğim.

Enerjinin birçok türü vardır.

Bizim aşına olduğumuz elektrik enerjisi var, kimyasal enerji var.

Bahsetmiş olduğum gibi benzin yanmaktadır.

Cisimleri çekim alanında hareket ettirdiğimiz zaman mekanik enerji vardır ve nükleer enerji vardır

Bir şelale mekanik enerjidir.

mgh

Bunu elektrik enerjisine dönüştürebilirsiniz.

Isı enerjisine dönüştürebilirsiniz.

Elektrik enerjisi kahve makinenizi çalıştırır.

Televizyonunuzu, radyonuzu, video oynatıcınızı, elektrikli diş fırçanızı, her şeyinizi çalıştırır.

Varsa elektrikli battaniyenizi bile çalıştırabilir.

Elektrikli battaniye sadece 50 watt'dır.

Bunu insanla kıyaslayalım, 100 watt.

Sizinle yatakta yatan bir insana sahip olmak, elektrikli battaniyeye sahip olmaktan çok daha güzeldir.

Bana inanın.

Nükleer enerji ısı enerjisine dönüştürülebilir. Ve bu da mekanik enerjiye ve tekrar elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Kimyasal enerji, benzin, fosil yakıtları yakılabilir ve ısıya dönüştürülür ve elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Burada mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir aletim var. Ve bir öğrenciyi buraya davet etmek istiyorum. Bayan ya da erkek, bize mekanik enerjinin, elektrik enerjisine dönüştüğünü gösterecek olan bay veya bayan bir gönüllüyü davet etmek istiyorum.

Özel aydınlatma koşullarına sahip olduğumuz için onu iyi görebiliriz.

Evet, bunu kim yapmak istiyor? Evet, gelin lütfen.

Burada 20 wattlık bir ampul var.

Onu çok kısa bir süre sonra göreceksiniz.

Ve bu arkadaş, daha fazla güce sahiptir diyebilirim.

100 watt'tan daha fazla.

Başla.

Bu 20 watt'lık ampulü çalıştır.

Ayağını buraya koy.

Kolay gelsin.

Çok etkileyici değil mi? Tamam, şimdi senin taraftaki cıvataları biraz sıkacağım

Burada onlardan 6 tane var.

Şimdi başlayın. Ve şimdi 120 watt'lık gücü elde etmeye çalışıyorsun.

Yapabileceğini düşünüyor musun?

Dene bakalım.

Bana oldukça sönük görünüyorlar.

Yanından bile geçemedin.

Alakası yok, devam et, adamım, devam et.

120 watt seviyesinde bile değilsin.

Umut yok, umut yok.

Bunu yapamazsın.

Yapabilsen bile, banyo küvetimdeki suyu ısıtmak için 48 saat boyunca durmadan bunu yapmak zorundasın.

Bunun hakkında düşün.

Bir küvet için, 48 saat.

Fakat bunu bile yapamazsın.

120 watt çok fazla.

Seni suçlamıyorum.

Bunu bende yapamam.

Bataryalar var.

Bataryalar kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.

Hepimiz bu güzel kuru pillere alışkınız. Fakat önceleri, hala günümüzdeki arabalarda asit aküleri var.

Eğer asit dolu bir beherim olsaydı. Genelde asit olarak sülfürik asit kullanılır. Ve buraya çinko bir tel ve buraya da bakır bir tel koyarım. Bu durumda bu bir aküdür.

Akünün bu tarafının pozitif ve bu tarafının negatif olduğuna inanıyorum.

Şimdi burada onlardan var.

Sülfürik asidimiz, çinkomuz ve bakırımız mevcut.

Eğer sadece bir pil kullanırsam, bu durumda küçük bir ampulü yakamayabilirim.

Aynen evinizdeki el feneri gibi. Bazen küçük bir ampulü çalıştırmak için gerekli olan yüksek voltajı elde etmek için birkaç pili seri olarak bağlarsınız.

Buradaki ampulümüz sadece birkaç Watt'a sahip.

Neredeyse hiç yok. Kolay olmamasına rağmen yine de yakmaya çalışacağım. Çünkü bu pil içinde, kendi kendine zarar veren bir şey var.

Çinkoyu buraya koyduğum an, çok şiddetli kimyasal bir reaksiyon elde ederim.

Dumanı çok berbat

İlk olarak onu koklayabilirsiniz, fakat bu koku çok berbat.

Ve pil sadece birkaç dakikalığına çalışabilir.

Bunu çok hızlı yapmalıyım. Çünkü kendi kendini imha eder. Bunu mümkünse son dakikada yapacağım. Tamamen karanlık yapacağım.

Neden şimdi tüm ışıkları kapatmıyoruz? İlk olarak birkaçını açık bırakacağım.

Bakırı içine koyabilirim

Bakır en kötüsü değil.

İlk olarak bakırı koyayım.

Bu oldukça zararsız.

4 pil oluşturacağım ve onları sırayla yerleştireceğim. Ve şimdi bakırı yerine yerleştirdim.

Bu en kötü kısmı değildir.

Çinkoyu koyduğum zaman, durum kötüleşmeye başlıyor. Ama ortamı karartığım zaman, elektrik devresini kapatacağım, umarım ışığı görebilirsiniz.

Şaka yapmıyorum.

Bazılarını açık bırakalım ve geri kalanları kapatalım.

Kısa bir süre sonra ortamı çok karanlık yapacağım.

Hala loş bir ışık göreceksiniz.

Ah,

Bir tanesi koyuyorum.

Ughh, şimdi kokusu geldi.

İkinciye koyuyorum

Ve üçüncüyü koyuyorum. Ve şimdi ortamı tamamen karartacağım.

Ve şimdi döngüyü bu son çinko parçasıyla tamamlayacağım.

Buradaki küçük ampule bakın.

İşte yanıyor. Orada, ben ışığı gördüm. Sizde gördünüz mü? Uzun sürmedi ama oradaydı.

Çok parlaktı değil mi? Apaçık gördünüz değil mi?

Bunu dışarı çıkarmak zorundayım. Yoksa dersin sonuna kadar hepimiz ölmüş olacağız.

Tamam

Bunların hepsini kapatalım. Çünkü sonuçta bu sülfürik asit,

Ughhh.

Arabalarınızdaki kurşun akülerde aynı bu şekilde çalışır. Bunun kurşun oksit ve bunun kurşun olması dışında her şey aynı.

Yani kurşun ve kurşun oksitle çalışır. Oldukça güçlü bir aküdür.

Oldukça güzel ve şarj edilebilen bataryalar da vardır.

Nikel-kadmiyum şarj edilebilen bir bataryadır.

Benim elektrikli tıraş makinem bu bataryalarla çalışır.

O harika.

Eğer sabah tıraş olmayı unutursam, siz buraya gelmeden önce hala olabilirim.

Bu bataryalarla ilgili harika bir şeydir.

Yaklaşık tahminime göre bu 30 watt yani saniyede 30 joule tüketir.

Bununla yaklaşık bir saat tıraş olabilirim.

Muhtemelen 6-7 defa tıraş olabilirim. Ve bu toplam olarak 100.000 joule eder.

Bu, batarya tükenmeden fena değildir.

Hatta onu yeniden şarj edebilirsiniz.

Hepimiz biliyoruz ki, bataryaya ihtiyacımız olduğunda boşalmış olurlar.

Dağdaysanız ve gerçekten bir acil durum söz konusu olduğunda el fenerine ihtiyacınız varsa, bataryaların boşalmış olduğu durum çok sık görülür.

Bundan dolayı her dağcı, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir alete sahiptir.

İşte o alet bu.

Hey, hiçbir şey göremiyorsunuz

Ah, ampulüm patlamış.

[Öğrenci gülüşmeleri]

Ay ne talihsizlik

Dağda olduğunuz zaman, hiçbir şeyin çalışmadığını görürsünüz

Ampulün yeterince sıkıştırılıp sıkıştırılmadığına bakayım

Ne trajik bir durum

Ampul patlamış

Size ışığı gösteremem.

Fakat orada görmüştünüz.

Üzgünüm

Çalışma şeklimiz böyle.

Yeni bir ampul takmak zorundayım.

Size tabloyu tekrar göstereceğim. Çünkü birkaç değerden daha bahsedeceğim. Ve onların hepsi web sayfasında var. Hiçbir şey kopyalamak zorunda değilsiniz.

Dünyadaki toplam 6 milyar insanın enerji tüketimi her yıl yaklaşık 4 çarpı 10 üzeri 20 joule dur.

Bu arada, 6 milyarını kişi 2 gün önce doğdu.

Bunu radyoda duydunuz değil mi? Şimdi dünyada 6 milyar insan var.

Bu toplam tüketimdir.

Amerika Birleşik Devletleri dünya nüfusunun sadece 1 bölü 30 una sahiptir ve bunun beşte birini tüketir.

Bizler gerçekten enerji yağmacılarıyız, büyük enerji yağmacılarıyız.

Güneş muhteşem bir enerji kaynağıdır.

Güneş çoğunlukla görülebilir bölgede ve biraz kızıl ötesi bölgede yaklaşık 4 çarpı 10 üzeri 26 watt, yani 4 çarpı 10 üzeri 26 joule bölü saniyelik bir güce sahiptir.

Eğer güneş buradaysa ve dünya da buradaysa, dünyaya ne kadar enerji ulaştığını hesaplayabilirsiniz.

Burada uzaklığı bilmek zorundasınız. Fakat bu mesafenin 150 milyon kilometre olduğunu biliyoruz.

Enerji tüm yönlerde ışınsal, simetrik ve izotropik olarak dağılır ve bu çok kolaydır.

Bu kürenin yüzey alanının, $4\pi r^2$ kare olduğunu biliyorsunuz. Ve böylece her metrekare için dünyaya ulaşan enerjiyi hesaplayabilirsiniz.

Ve bu neredeyse herkesin bildiği, özellikle güneş enerjisi ile ilgilenen insanların bildiği klasik bir sayıdır.

Bu metrekare başına 1400 Watt'tır.

Bu dünyaya ulaşan miktardır.

Bu her gün, metre kare başına yaklaşık 100 milyon joule demektir.

Dünyaya gerekli olan bu 4 çarpı 10 üzeri 20 joule enerjiyi temin etmek için bu enerjiyi toplayabilseydik ve eğer her gün metre kare başına gelen bu 100 milyon joule enerjiyi kullanabilseydik iyi olurdu.

Bunu yapmak için, güneş enerjisini soğurmak için 10 üzeri 10 metrekareye ihtiyacımız var.

Bu çok önemli değil.

Sadece Hollanda'nın büyüklüğü kadardır.

Çok büyük bir şey değildir.

Hollanda'yı kaybedersek, önemli değil.

Fakat bir aldatmaca var.

Hesaba katmamış olduğumuz gece ve gündüz vardır.

Güneşin daima olduğunu varsaydık

Bulutlar var.

Ve genelde güneş doğar ve batar. Ve elbette güneş ufuktaysa ve burası da sizin güneşi soğurmaya çalıştığınız düzleminiz ise, hiçbir şey elde edemezsiniz ve açının kosinüsünü hesaba katmak zorundasınız.

Bu durumda kullandığınız güneş enerjisini elde etmeye çalıştığınız sistemin, ki bu güneş pilleri olabilir, verimi düşer.

Oldukça düşük verimli olabilir.

Eğer bunu hesaba katarsanız, 400 mil çarpı 400 mil den daha büyük bir alana ihtiyacınız vardır.

Şimdi gerçeklerden bahsediyorsunuz.

Bu İngiltere ve Fransa'nın tamamı kadar bir alandır.

Şimdi bu sadece bedeli artırmıyor; aynı zamanda şu anki teknolojik kapasitemizin de çok ötesinde bir şey.

Bu nedenle güneş enerjisi, dünya ekonomisinde çok küçük bir rol oynar.

Plütonyum veya uranyumun parçalanmasıyla elde edilen nükleer enerji 70'lerde çok popülerdi. Fakat son zamanlarda popüleritesi azaldı.

Kendi ülkemizde Three Mile Island kazasına sebep olduk ve birkaç hafta önce Japonya'daki tehlikeli kazayı duydunuz.

Beklenen bir şekilde çoğu insan nükleer enerji kullanımına çok ciddi bir biçimde ön yargılı oldu.

Fakat nükleer enerji her zaman çevremizdedir, en azından her gün.

1930 larda, 1937 lerde dizayn edilen ve yapılan ve 1950 lere kadar devam eden bir çeşit Amerikan yemek takımı olan ve renkli seramik tabaklardan oluşan bir koleksiyonum var.

Onlardan birkaç tanesini size getirdim.

Bu 10 inçlik bir tabak ve Fiesta kırmızısı olarak adlandırılan renktedir. Turuncu olmasına rağmen biz onu Fiesta kırmızısı olarak adlandırırız.

İçinde uranyum oksit vardır.

Bu kırmızılık uranyum oksitten kaynaklanmaktadır.

Nükleer reaktörü çalıştıran, uranyumla aynıdır.

Bu kobalt ve içinde hiç uranyum yok.

Ve yine bu, benim çay fincanım

Radyoaktif.

Uranyum oksit.

Tamam.

Bunun için hazır mısınız? Bunu duyuyor musunuz? Bu bir Geiger sayacı.

Uranyumun kendiliğinden parçalandığı zaman ve enerji yaydığı zaman yayınlanan gama ışınlarını ölçebilir.

Buna fisyon adını veriyoruz.

Küçük bir bip sesi duyacaksınız.

Onu mikrofonuma yakın tutacağım.

Bu benim yemek yediğim tabak

Bu bardakta hiç uranyum oksit yok

Fakat benim çay bardağım radyoaktif.

Eğer akşam yemeğine gelmek isterseniz, çok memnun oluruz ve kendinizi evinizde gibi hissedebilirsiniz.

Fakat niçin bu noktada olduğunuzu biliyorsunuz.

Dünyada fosil yakıtı kullanılıyor.

Şu anda doğanın oluşturabileceğinden 1 milyon kat fazla hızla fosil yakıt tüketiyoruz.

Bir milyon kat daha hızlı.

Ve biz onu şu anki hızda tüketirsek veya şu andaki kullanım hızını yılda % 3 artırırsak Bu durumda 100 yıldan az bir zaman içinde hiçbir şey bırakmayacağız.

Bundan dolayı enerji krizi var, gerçek bir enerji krizi.

Ve çevre problemlerimiz de var, çünkü tüm bu enerji santralleri ve tüm bu sanayiler kirlenmeye sebep olmaktadır.

Ve biz bunun hakkında ne yapacağız?

Evet, bu konuda ne yapacağız? Enerji tüketimim oldukça normal seviyede. Ben de bu ülkede yaşadığımdan dolayı, dünyadaki ortalama insandan 6 kat fazla enerji tükettiğimden eminim.

Elektrik kullanıyorum ve bunun için fatura geliyor.

Doğal gazlı ısınmam var, doğal gazla ısınıyorum.

Ve aynı zamanda doğal gaz ile yemek yapıyorum.

Arabamda benzin kullanıyorum.

Ve bunların hepsini topladığımda, sanırım, günde 400 milyon joule tüketiyorum.

Bu günde 400 milyon joule, günde 12 saat köpek gibi çalışan 100 kölenin çalışmasına eşdeğerdir.

Bunu düşünün.

Ne kadar lüks içinde, ne inanılmaz bir zamanda yaşıyoruz.

Beni dinleyenlerin, her birinin rahat yaşaması için günde 100 köle köpek gibi çalışıyor.

4 milyon joule' e karşılık gelen 1 kilowatt saat için, sadece 10 sent ödüyorum.

Bu 100 köle için toplam enerji faturam aylık \$150 dan fazla değil.

Ayda 150 dolara 100 kölenin senin için çalışması, ne iyi bir pazarlık.

Fakat şimdi cevabının oldukça zor olduğu 64 milyon dolarlık soru geliyor:

Buna nasıl devam edeceğiz? Çünkü bizler fosil yakıtlarını bitiriyoruz ve nükleer enerjinin kendisi problemlidir.

Söz konusu olan yaşama devam etmenin tek yolu nükleer füzyondur.

Fizyon değil, fizyon vasıtasıyla uranyum ve plütonyum parçalara ayrılır.

Fakat Füzyonda, deterjant'la deterjantı birleştirirseniz enerji elde edersiniz.

Şu anda dünyadaki 6.000 hidrojen atomunun biri döteryumdur ve 1 milyar kilometre küp suya sahibiz.

Çalışan bir Füzyon reaktörü yapmada başarılı olup olamayacağımız belirsizdir.

Bu hala tamamen belirsizdir.

İnsanlar bunun üzerinde çok sıkı çalışıyor.

Eğer başarabilirsek, bu durumda okyanuslar gerçekten dünyaya enerji sağlardı. Eğer, bugün tükettiğimizle aynı hızla; yani yılda 4 çarpı 10 üzeri 20 joule enerji tüketirsek, 25 milyar yıl yetecek enerji elde ederiz.

Tüm endişeler sona erer. Çünkü dünya 5 milyar yıldan fazla yaşayamayacak.

Şu andan itibaren 5 milyar, güneş şu anki halinden 100 kat büyük olacak ve dünyayı yutacak ve MIT' nin ve her şeyin sonu olacak.

Sadece 5 milyar yıl için enerjiyi düşünmeliyiz.

Sizi beyin jimnastiği olarak adlandırdığım şeyle baş başa bırakmak istiyorum.

Burada çok özel bir topum var.

Bu topu sektireceğim. Ve ona bakmanızı istiyorum. Ve bana bu enerji kaynağının ne olduğunu söylemenizi istiyorum.

Işığın az olması önemli. Çünkü biraz fazla olursa bu durumda iyi göremezsiniz.

Bu top, burada başka bir tane daha görüyorsunuz.

Onu burada sektireceğim ve bu durumda ne gördüğünüze dikkat edin.

Sadece bakmaya devam edin.

Duruyor.

Diğeri,

Ve diğeri

Ve şimdi gördükleriniz hakkında düşünmenizi istiyorum. Ne oluyor

Onu zıplatıyorum, yanmaya başlıyor.

Onu zıplattığım zaman mgh ' in olduğu açıktır.

Yanıp sönen ışığın enerjisi nereden geliyor? Cevap vermeden önce dikkatlice düşünün.

Buna benim ve lisansüstü öğrencilerimin cevap vermesi, 10 dakikamızı aldı.

Yanıp sönmeye devam etmesi ve sonra durması hakkında düşünün.

Onu aranızda konuşun.

Bunun hakkında duş alırken, yemek yerken, kahvaltı yaparken düşünün.

Ve bunu PIVoT ta tartışın.

Gelecek derste görüşürüz.