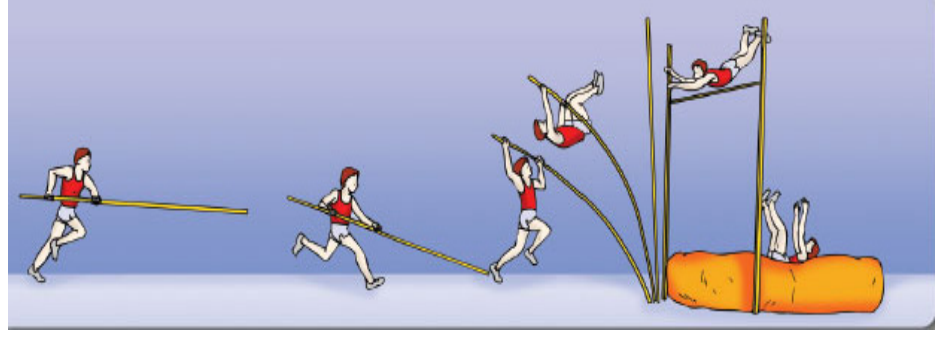


# 7. BÖLÜM



## Potansiyel Enerji ve Enerjinin Korunumu

7.1 Yerçekim Potansiyel Enerjisi

7.2 Esneklik Potansiyel Enerjisi

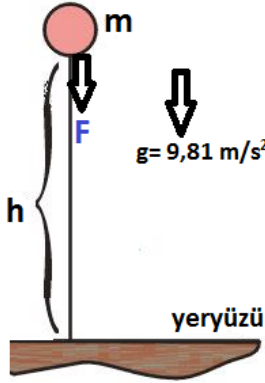
7.3 Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler

7.4 Enerji Diagramları

Bölüm Sonu Soruları

## 7.1 Yerçekim Potansiyel Enerjisi

Enerjinin farklı türleri vardır. Yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklardan elde edilen bu enerji türleri “evrende yok olmaz ve yoktan da var edilemez” olarak kabul edilir. Burada söyleyeceklerim belki tartışma konusu olabilir ama enerjinin yoktan var edildiği veya yok olabileceği hakkında merakınız varsa kendinizce belki bir kaniya varmak için şu konuları araştırabilirsiniz: Evrenin oluşu hakkındaki Büyük Patlama Teorisi (Big Bang), enerjinin gittikçe kaybolduğu kuramı hakkında olan “exerji” (Exergy and Energy Decaying) ve enerjinin başka türe dönüşümü için Einsteigné'nin Modern Fizik teorisindeki enerji-kütle dönüşümü.

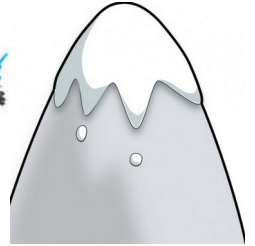
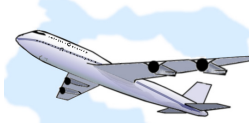


**Yerçekimi potansiyel enerjisi** adından da anlaşılacağı gibi yerin çekim ivmesinden doğan enerji çeşididir. Kütleli cisimler yeryüzünden daha yüksek bir noktaya götürülünce yerin çekim kuvvetine karşı iş yapılmış olur. Yerçekim ivmesi aslında kütesi olan her cismin oluşturduğu kütle çekim ivmesinden doğuyor. Üzerinde bulunduğumuz Dünya'mız kütlelerinin oluşturduğu bu ivme  $g=9.81 \text{ m/s}^2$  değerindedir. Yer bu çekim kuvveti Newton'un 2. kanununa binaen  $F=m.a$  gibi  $W=m.g$  olur. Kuvvetin doğrultusunda bir cisim hareket edilince biliyoruz ki enerji harcanarak iş yapılmış olur,  $E=F.\Delta x$ . Yanda gösterilen m kütleli cismi h kadar yüksekliğe çıkarınca kazanılan potansiyel enerjiye U dersek;

$$F = m.g$$

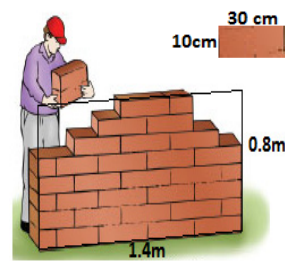
$$U = F.h$$

$$U = m.g.h \quad \text{formölünü elde ederiz.}$$



Potansiyel enerji cismin bünyesinde saklı durur, kararsız durumlarda cismi o konumda tutan engel kalkınca cisim enerjisi bitene kadar aşağı iner. Potansiyel enerjiyi daha iyi anlamak için Newton'un bizzat gözlemlediği örneği inceleyelim. Daldaki bir elmanın potansiyel enerjisi vardır. Elma dalda durmaktadır ama sapının kopması halinde harekete geçeceği ve aşağı düşeceğini biliriz. (enerji var ama henüz harekete geçmemiştir.) Daldaki elma, havadaki uçak, barajlardaki su, dağlardaki kar gibi yerden belirli bir yüksekliğe sahip tüm cisimlerin bir çekim potansiyeli vardır.

### ÖRNEK 7.1



toplam  $(1.4 \times 0.8)/(0.1 \times 0.3) = 37,33$   
tane tuğla gerekli

Duvar ağırlığı  $P_{\text{duvar}} = 37.33 \times 50 = 1866 \text{ N}$

Duvarın ağırlık merkezi tam ortada olacak  $h = 0.4 \text{ m}$

Toplam iş :  $U = P_{\text{duvar}} \times h = 1866 \text{ N} \times 0.4 \text{ m} = 746 \text{ Joule}$  iş yapılmış olur.

Şekilde ebatları 10x30cm olan 50N ağırlıklı tuğlalardan bir duvar yapılacaktır. Duvarın eni 1.4 m ve boyu 0.8 m olduğuna göre usta bu tuğlaları yerden teker teker kaldırıp duvarı bitirince yerçekimine karşı kaç Joule iş yapar?

### ÇÖZÜM

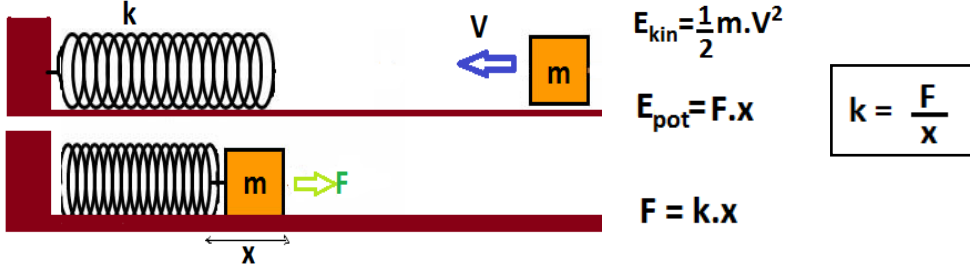
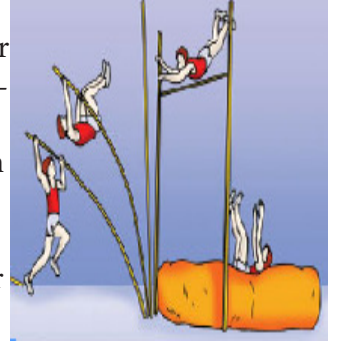
Yerçekimine karşı yapılan iş bir cismin kazandığı potansiyel enerjiye eşittir. Her bir tuğlanın ağırlığı  $W=50 \text{ N}$  ise tuğlaların yüksekliği lazım. Sakın her bir tuğlanın ayrı ayrı duvardaki konumunu bulmaya çalışmayın :), gerek yok çünkü toplam duvar ağırlığı ve duvarın kütle merkezinin yerden yüksekliği yeterli olacak. Duvar ağırlığı= Tuğla sayısı x Tuğlanın ağırlığı

## 7.2 Esneklik Potansiyel Enerjisi

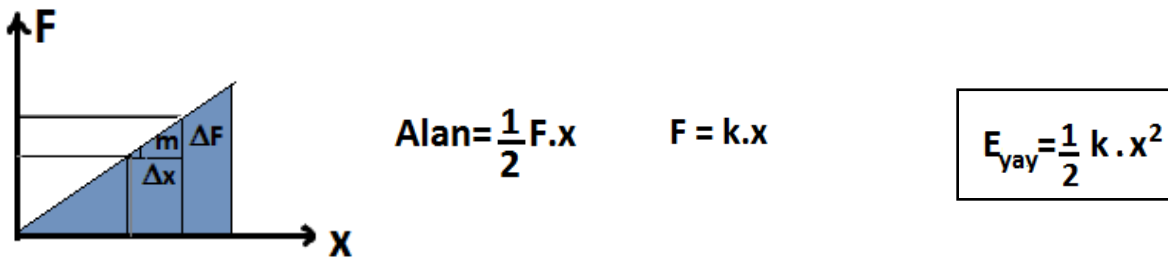


Bir cisim üzerinde kuvvet uygulandığında bu cismin şekli, hacmi ve boyu değişebilir. Eğer uygulanan kuvvet ortadan kalkınca cisim eski haline dönüyorsa bu cisme **esnek cisim** denir. **Esneklik potansiyel enerjisi**, esnek cisimlerde şekil değişikliği oluşturulması sırasında depolanan enerjidir. Bir yayı yatay olarak bir yere bağladığımızı düşünelim. Sonra yaya doğru hızlı bir cismin geldiğini ve yayın ucuna çarparak yayı sıkıştırdığını hayal edelim. Hızlı gelen bu cisim kinetik enerjiye sahiptir. Cizim hızla yaya çarpınca yayı sıkıştırmaya başlayacaktır. Cisim ise yavaşlayacaktır. Bu durumda cisim hızından dolayı sahip olduğu kinetik enerjiyi yaya verecek yay da esneklik potansiyel enerjisi olarak kinetik enerjiyi absorbe edecektir.

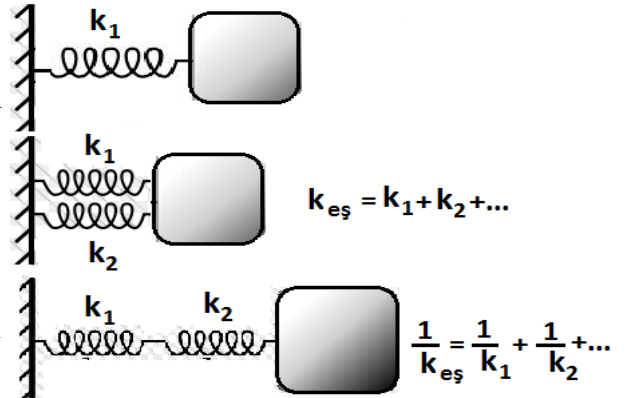
Yine bir atlama sporcusu koşarak kinetik enerji kazanır ve elindeki çubuğu yere yaslayarak zıplar. Kinetik enerjisi çubuğa esneklik potansiyel enerjisi olarak aktarılır ve çubuk esneyerek sporcuyu yukarı fırlatır. İşte sporcuyu yukarıya fırlatan bu enerji çubuğun esneklik potansiyel enerjisidir. Daha sonra sporcuyu yere düşme sırasında potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürür. Hızla yere düşen sporcunun mindere üstüne çakılır. Burada sporcunun sahip olduğu kinetik enerji mindere çarpması ile mindere esneklik potansiyel enerjisi olarak aktarılır ve bu sırada minder esnekliği ile kinetik enerjiyi alarak sporcunun yumuşakça düşmesini sağlar. Hatta minder bir miktar ısınarak esneklik potansiyel enerjisini ısı enerjisine çevirmiş olur.



Burada **k** sabiti, yayın birim sıkışması için gerekli olan kuvvete eşittir ve birimi de **N/m** idi. Yay, x kadar sıkıştırılırken **F=k.x** kuvveti bir iş yapar. Kuvveti uygulayan yay olduğu için işi yapan da yaydır. Yapılan iş yayda depolanan esneklik potansiyel enerjidir. Bu enerji cismin kinetik enerjisinden gelmektedir. **F=k.x** kuvveti **x**'e bağlı olarak değişen bir kuvvet olduğundan yaptığı işi F-x grafiğinin altındaki alandan bulabiliriz. Grafikteki gibidir. Taralı alan, F=k.x kuvvetinin yaptığı işi dolayısıyla yayda depolanan enerjiyi verir. Buradaki x uzunluğu, sıkışma da olsa potansiyel enerji yine **E\_yay = kx^2/2** dir.

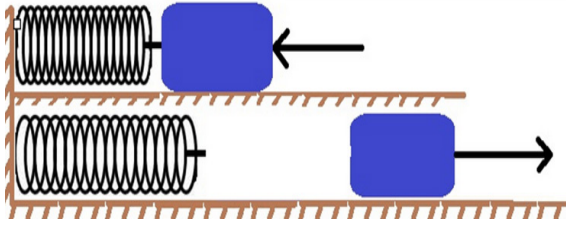
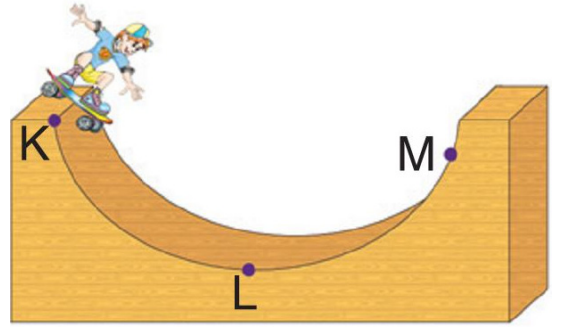


Uygulamalarda farklı sabitlere sahip yaylar birleştirilerek mekanik sistemler oluşturulabilir. Yanda gördüğümüz ilk başta tek yaylı bir sistemde cisim yayı çekerken tüm enerjiyi ona depolar. Eğer biz ikinci bir yayı paralel bağlarsak birim uzama yapmak için daha büyük bir kuvvet uygulamamız gerekir. Yani yeni durumda toplam yay sabiti büyüyerek daha sert bir yaymış gibi hissederiz. Eşdeğer yay sabiti sabitlerin cebirsel toplamıdır. İkinci durumda yayları seri bağlayınca daha kolay çekeceğimizden eşdeğer yay sabiti iki yayın sabitinden de küçük olacak. Eşdeğer yay sabiti yayların harmonik ortalaması olacaktır.



### 7.3 Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler

Sürtünmenin olmadığı ideal sistemlerde yapılmak istenen iş ile gerekli enerji tam olarak birbirine eşittir. Enerjinin korunumu yasası ve sürtünmeden dolayı enerji kayıpları kaynak kuvvetlerin korunumlu olup olmadığının göstergesidir. Kuvvetin korunumlu olması enerjini korunumlu olması ya da olmamasıyla ilgilidir. Eğer cisme uyguladığımız kuvvetin enerjisini daha sonra tekrardan herhangi bir kuvvet uygulamadan alabiliyorsak o zaman **kuvvet korunumludur**. Diğer yandan uyguladığımız kuvvet kadar büyüklükteki bir kuvveti tekrardan alamıyorsak etkisi başka enerjiye dönüşmüş ve korunumsuz olmuştur. Yerçekimine karşı kaldırdığımız bir cismi serbest bıraktığımızda cisim yere düşmeden hemen önceki kinetik enerjisi tepe noktasındaki potansiyel enerjiye eşitse kuvvet korunumludur. Burada yerçekimi kuvvetinin korunumlu olması cismin tekrar yere düşme isteği ile ilgilidir ancak enerjinin eşit olup olmaması ortamdaki hava sürtünmesi ile ilgilidir. Korunumlu kuvvetlere örnek verirken kütle çekimi (özel hali yer çekimi) kuvveti ve yay kuvveti ve diğer temel kuvvetler korunumlu kuvvetlere örnektir.

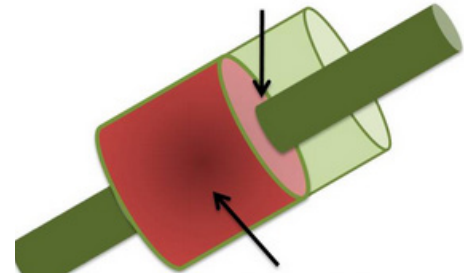


da cisim yere düşmeden hemen önceki kinetik enerjisi tepe noktasındaki potansiyel enerjiye eşitse kuvvet korunumludur. Burada yerçekimi kuvvetinin korunumlu olması cismin tekrar yere düşme isteği ile ilgilidir ancak enerjinin eşit olup olmaması ortamdaki hava sürtünmesi ile ilgilidir. Korunumlu kuvvetlere örnek verirken kütle çekimi (özel hali yer çekimi) kuvveti ve yay kuvveti ve diğer temel kuvvetler korunumlu kuvvetlere örnektir.

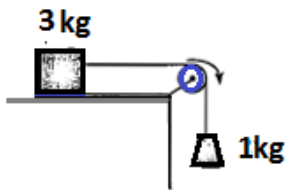
Korunumlu kuvvetlerin özellikleri:

1. Korunumlu kuvvetlerin yaptığı iş, cismin izlediği yoldan bağımsızdır. Sadece başlangıç ve bitiş noktalarına bağlıdır.
2. Kapalı bir yol boyunca (başlangıç ve bitiş noktaları eşit) korunumlu kuvvetin yaptığı iş sıfırdır.
3. Korunumlu kuvvetler sadece konumun bir fonksiyonudur.
4. Korunumlu kuvvetler bir potansiyel enerji fonksiyonu ile ilişkilendirilebilirler.
5. Korunumlu kuvvetlerin yaptığı iş tekrar kazanılabilir. ( K kinetik enerji ve U potansiyel enerji arasında karşılıklı dönüşüme izin veren kuvvetlerdir). Korunumlu kuvvetlerden kaynaklanan enerji de korunumludur.

Korunumlu olmayan kuvvetlerin asıl sebebi sürtünme kuvvetidir. Çünkü sürtünme kuvvetiyle ısıya dönüşen enerjiyi bir daha geri getiremeyiz. Korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş yola bağlıdır ve bu kuvvetler bir potansiyel enerji fonksiyonu ile ilişkilendirilemezler. Mekanik enerjinin (yani kinetik enerji + potansiyel enerji) azalmasına neden olan korunumsuz kuvvetlere yitirimli kuvvet de denir. Bu bakımdan korunumsuz kuvvete en güzel örnek sürtünme kuvvetidir. Mekanik enerjiyi artıran korunumsuz kuvvetler de vardır. Örneğin, oksijenin barutla kimyasal reaksiyona girmesi sonucu patlayan havai fişek parçaları büyük bir kinetik enerji ile havaya fırlar. Bu olay sonucunda serbest kalan kuvvetler korunumsuzdur, çünkü reaksiyon geriye döndürülemez.



#### ÖRNEK 7.2



Şekildeki gibi sürtünmeli yüzeyde cisimler serbest bırakılınca sabit hızla hareket ediyorlar. Buna göre yatay düzlemin sürtünme katsayısını bulunuz? ( $g=9.81\text{ m/s}^2$ )

#### ÇÖZÜM

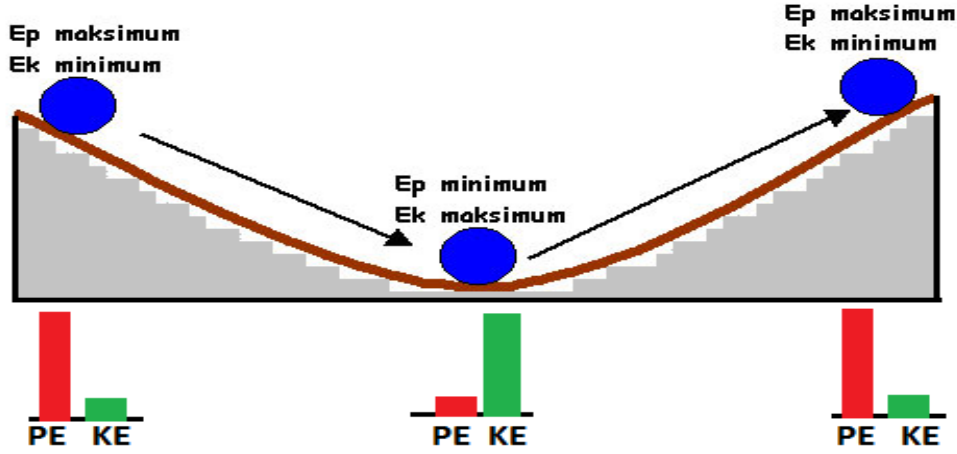
Sistem sabit hızla hareket ettiğine göre net kuvvet sıfırdır. Yani 3kg cismin ağırlığından dolayı oluşan sürtünme kuvveti 1kg lık cismin ağırlığına eşit olmalıdır.  $F_s = m_1 g$ , sürtünme kuvveti  $F_s = \mu \cdot m_3 g$

$$m_1 g = \mu \cdot m_3 g, \quad \mu = m_1 / m_3$$

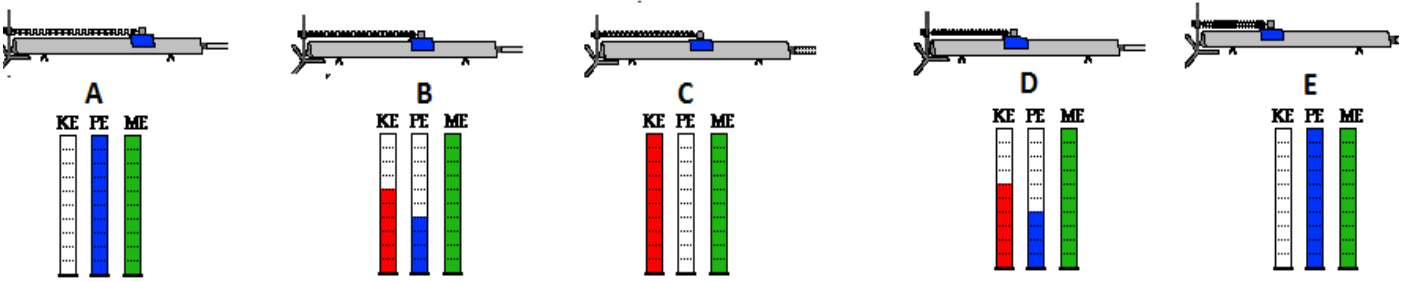
$$\mu = 1/3$$



## 7.4 Enerji Diagramları

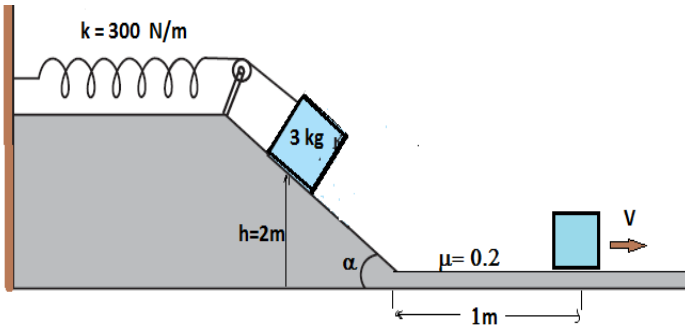


Sürtünmesiz ideal ortamlarda toplam enerji her zaman korunur. Mekanik sistemlerde toplam kinetik enerji ile toplam potansiyel enerjinin cebirsel toplamına **mekanik enerji** diyoruz. Yerçekiminin etkisiyle aşağı doğru yuvarlanan top maksimum yükseklikte iken hızı sıfır ve kinetik enerjisi sıfır olur. Cisim aşağı yuvarlanınca yükseklik olmadığı için tüm enerji kinetik enerjiye dönüşmüştür. Arada bir yerde cismi ele aldığımızda potansiyel enerji ile kinetik enerjinin toplamı (mekanik enerji) yine aynı olacaktır.



Ucunda kütle bağlı yaylı sistemin enerji diyagramı

### ÖRNEK 7.3



Şekildeki sistemde sadece yatay düzlem sürtünmelidir.  $m=3$  kg lık cisim  $k=300$  N/m lik yaya asılınca yay denge konumundan  $x=6,5$ cm geriliyor. Buna göre;  
a) Cisim ile yay arasındaki ip kopunca cisim kayarak sürtünme katsayısı  $\mu=0.2$  lik yüzeyde  $d=1$  m ötede iken hızını bulunuz.  
b) Eğik düzlem açısı  $\alpha$  kaç derece olduğunu bulunuz.

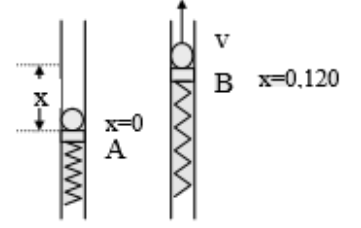
### ÇÖZÜM

a) Yükseklik potansiyel enerjisini aşağıya kayınca tüketen cisim bu enerjiyi yatay düzlemdeki sürtünmeye birmiktar kaybettirecektir.  $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{sürt}}$ ,  $m.g.h = \frac{1}{2}m.V^2 + (\mu.m.g).d$ , m leri sadeleştirip Vyi yalnız bırakırsak:  $V = \sqrt{g.h - \mu.d}$  bağıntısını elde ederiz. değerleri yerine yazınca  $V = 4,4$  m/s bulunur.

b) Sistem dengede durgun olduğu ilk durumda cismin eğik düzleme paralel ağırlık bileşeni yayın germe kuvvetine eşittir.  $F_{\text{yay}} = m.g.\cos\alpha$ ,  $F_{\text{yay}} = k.x$ ,  $x = 0.065$  m olduğuna göre,  $k.x = m.g.\cos\alpha$  ve  $\alpha = \arccos(kx/mg) = \arccos(300 \times 0.065 / 3 \times 9.81)$ ,  $\alpha = 48.5^\circ$

## Bölüm Sonu Soruları

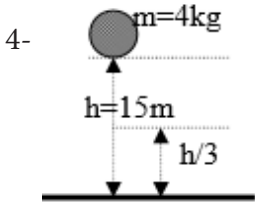
1- Bir oyuncak tüfeğin atış işleyim (mekanizma) şekilde gösterildiği gibi kuvvet sabiti bilinmeyen bir yaydan oluşmuştur. Yay 0,0120 m sıkıştırıldığında tüfek düşey olarak ateşlendiğinde 35 g'lık bir mermiyi ateşleme öncesi konumunun üzerinde 20 m'lik bir maksimum yüksekliğe fırlatabilmektedir. Tüm direniş kuvvetlerini ihmal ederek yay sabitini bulunuz.



2- 70kg lık bir dağcı 106 m yüksekliğindeki bir yokuşu tırmanırken sırtındaki 15kg' lık çantayı 30m çıktıktan sonra fazla enerji kaybetmemek için bırakıyor. Dağcı yokuşun tepesine çıkınca toplam kaç Joule luk enerji harcamıştır?

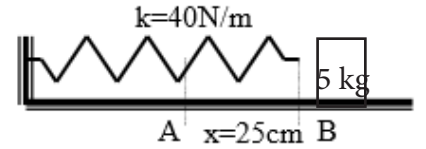


3- Bir yayın serbest haldeki uzunluğu 300 cm' dir. Bu yayı 10cm sıkıştırmak için 12.0 J'luk iş yapmak gerektiğine göre yay sabiti kaç N/m' dir? Ayrıca bu işi yapmak için gerekli kuvveti bulunuz. Örnek



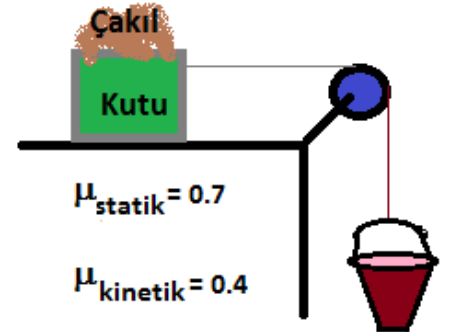
Yandaki şekilde  $h=15\text{m}$  yükseklikten serbest bırakılan 4kg kütleli cisim  $h/3$  seviyesine geldiğinde kinetik enerjisi kaç Joule olur? ( $g=10\text{m/s}^2$ )

5- Yay sabiti 40 N/m olan bir yayın önüne şekildeki gibi 5 kg lık cisim yayın denge konumundan itibaren 25 cm sıkıştırılarak serbest bırakılıyor. Yatay zemin sürtünmesiz olduğuna göre cismin yaydan ayrılacağı hızı kaç m/s olur?



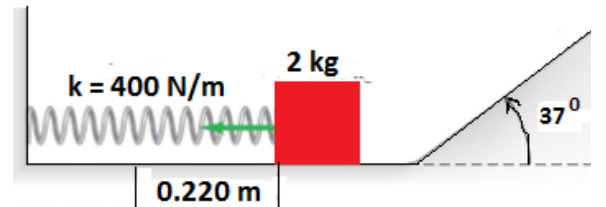
6- Bir inşaat alanında işçi 65.0 kg beton dolu bir kova, hafif ama güçlü bir halat ve bu halatın içinden geçtiği hafif ve sürtünmesiz makarayla yatay bir zeminde duran 80.0 kg lık kutuya bağlıdır. Halat kutuya yatay olarak bağlıdır ve kutunun üzerinde 50.0 kg'lık içi çakıl dolu bir çuval durmaktadır. Kutu ile zemin arasındaki kinetik sürtünme sabiti  $\mu_k = 0.400$ , statik sürtünme sabiti ise  $\mu_s = 0.700$ 'dür.

- Çuval ile kutu arasındaki sürtünme kuvvetini bulunuz.
- İşçi bir anda çakıl dolu çuvalı kaldırıyor. Enerjinin korunumunu göz önüne alarak beton dolu kovanın hareketsiz olduğu noktadan 2.00 m aşağı indiğindeki süratini bulunuz.



7- 2.00 kg'lık bir blok, ihmal edilebilir kütleli ve kuvvet sabiti  $k=400\text{ N/m}$  olan yayı 0.220 m sıkıştıracak şekilde ittiriliyor. Blok serbest kaldığında önce sürtünmesiz yatay bir düzlemde yol alıp daha sonra eğimi  $37.0^\circ$  olan sürtünmesiz bir düzleme tırmanıyor.

- Bloğun yaydan fırlatıldıktan sonra yatay düzlemde kayarken sürati nedir?
- Blok geriye kaymaya başlamadan önce eğik düzlem üzerinde ne kadar yükselebilir?



8- Şekildeki m kütleli kutu  $\theta$  açılı sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde h yüksekliğinde serbest bırakılıyor. Kutu aşağı doğru hızlanarak kaydığına göre;

- Eğik düzleme etkiyen normal kuvveti bulunuz.
- Kutunun hareketi sırasında sahip olduğu ivme nekadardır?
- Kutu aşağı inince nekadarlık hıza sahip olur? ( $g = 9.81\text{ m/s}^2$ )

