

4. BÖLÜM



Newton Yasalarının Uygulanması

4.1 Kuvvet ve Etkileşimleri

4.2 Newton' un Birinci Yasası

4.3 Newton' un İkinci Yasası

4.4 Newton' un Üçüncü Yasası

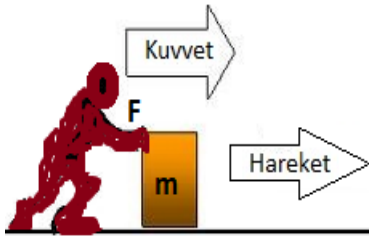
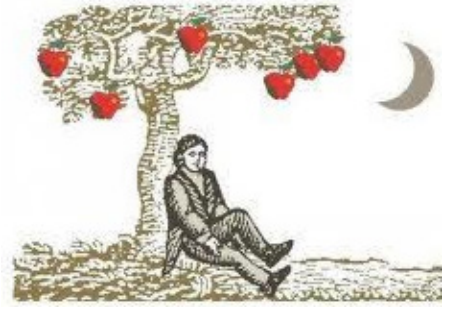
4.5 Denge ve Serbest Cisim Diyagramı

4.6 Sürtünme Kuvveti

Bölüm Sonu Soruları

4.1 Kuvvet ve Etkileşimleri

Önceki konularda kuvvet etkisi sonucu hareket ettirilmiş cismin kinematığını ele aldık. Şimdiye kadar hareketin sebebiyle değil sonucuyla ilgilendik. Giden bir arabanın hızı verildiğinde alacağı yolu nasıl buluruz onu gördük. Ancak bu arabayı harekete geçiren onu hızlandıran ona ivme kazandıran etki nedir onu görmedik. Biraz düşünersek bir cisme etki varsa değişim olması beklenir. Bir cisim sabit hızla yoluna devam ediyor, kimseye karışmadan sakın sakın ilerliyorsa demek ki ona bir etki yoktur deriz. Ama bir cisim ki hızlanıp yavaşlama yapıyorsa onun üstünde bir etki var demektir. Hızlanıp yavaşlama yani hızdaki değişim ivme demektir.



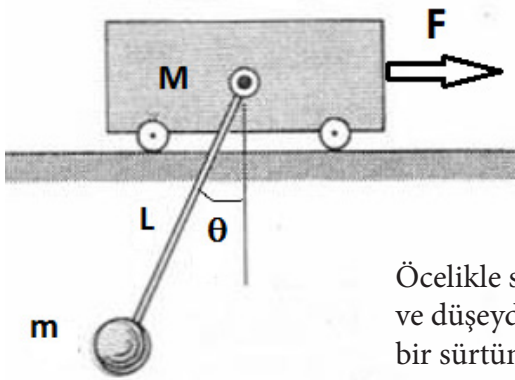
Demek ki ivmeyle etkinin bir ilişkisi var. Ayrıca yapılan etkinin ne kadar et-
sir edeceği cismin kütlesiyle de ilgisi olmalı. Mesela bir masayı itmemizle bir
arabayı itmemiz aynı şekilde olmaz. Arabaya daha büyük etki gerekli. Etki diye
bahsettiğimiz kuvvettir. Bir cisme belli bir kuvvet uygulandığında cisim **a**'lık bir
ivme ile harekete geçer. $a = \frac{F}{m} \Rightarrow$ Bu durumda **a(ivme)** dediğimiz şey birim
kütleye uygulanan kuvvet yani bir kütlenin çok sayıda birim parçaya ayrıldığını
düşünersek her bir parçanın ivmesi a olursa ordaki a 'ların toplamı bize F 'i ve-
recektir. Burda çok küçük parçalardan bahsettiğimiz için olayın içine Türev-İn-
tegral girecektir. a 'ların toplamı dediğimiz için de integral gerekir. a 'nın m 'ye
göre integrali F 'i vermeli.

$F = \int a \cdot dm$ Burada a m 'e bağlı olmadığı için sabittir.

$$F = a \int dm \Rightarrow F = m \cdot a$$

Cisimlere etkiyen net kuvvet 0 olduğunda cisimler dengededir deriz. Ancak cisimlerin dengede olması onların durması demek değildir. Net kuvvet 0 olsa da cisimler hareket edebilirler. Ancak sabit hızlıdır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ivmenin F 'e bağlı olduğu Net kuvvet 0'sa ivmenin de 0 olması gerektiğidir.

ÖRNEK 4.1



Şekildeki gibi $M=5\text{kg}$ lik arabaya $L=0.4\text{m}$ uzunluğundaki ağırlığı ihmal edilen iple bağlanmış $m=3\text{kg}$ cisim sürtünmesiz yatay düzlemde başlangıçta durgun vaziyettedir. Sistem $F = 40\text{N}$ luk sabit kuvvetle çekilince;

- Sistemin ortak ivmesini bulunuz
- İpin düşey eksenle yaptığı θ açısını bulunuz.

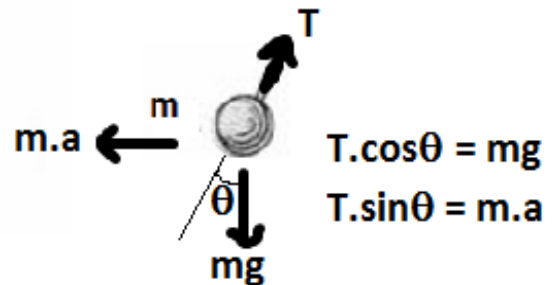
Öcelikle sisteme dışardan etkiyen kuvvetleri incelersek yatayda çeken $F=40\text{N}$ ve düşeydeki Mg ve mg ağırlık kuvvetleri mevcuttur. Mg yüzeyde tepki olarak bir sürtünme kuvvetine sebep olmadığı için işleme katmıyacağız.

ÇÖZÜM

a) $F_{\text{net}} = M_{\text{toplam}} \cdot a_{\text{sistem}}$ genel formülünde bilineneleri yazınca:
 $40\text{N} = (5\text{kg} + 3\text{kg}) \cdot a_{\text{sistem}}$ $a_{\text{sistem}} = 5 \text{ m/s}^2$ bulunur.

b) $T \cdot \cos\theta = m \cdot g = (3\text{kg}) \cdot (9,81\text{m/s}^2) = 29,43 \text{ N}$
 $T \cdot \sin\theta = m \cdot a = (3\text{kg}) \cdot (5 \text{ m/s}^2) = 15 \text{ N}$

$$\tan\theta = 29,43\text{N} / 15 \text{ N} = 1,962$$
$$\theta = \arctan(1,962) = 63^\circ$$



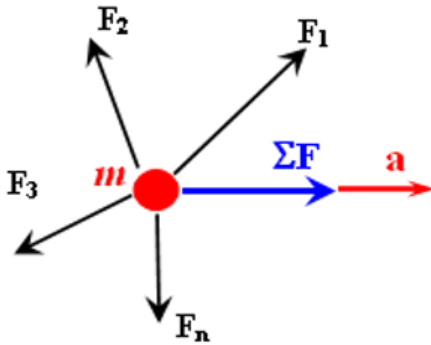
4.2 Newton' un Birinci Yasası

“Bir cisme dışardan bir etki olmadıkça cisim tepki vermeyecektir. Durumunu koruyarak ne yapıyorsa ona devam edecek, durgunsa durgun kalacak, hareket halindeyse sabit hızla hareketine devam edecektir.” Hareket eden veya sabit duran cisim hızını değiştirmemek için bir direnç gösterir. Bu dirence **eylemsizlik** denir. Bu durumda Newton 'un birinci yasasına eylemsizlik yasası da denilebilir.



Bir otobüste giderken otobüsün hızı neyse bizim hızımız da o olacaktır. Düşünelim ki otobüs sabit hızla gidiyor ve biz de ayakta dikiliyoruz. Otobüs giderken bir kedinin yola atlamasından dolayı aniden frene bastığını düşünelim. Bu durumda otobüste bulunan bizler ileri doğru düşmek suretiyle gidebiliriz. İşte bunun sebebi eylemsizliktir. Çünkü sabit hızla otobüsle beraber giderken otobüs frene bassa da bizim aynı hızla devam etme isteğinden ileri doğru bir yöneltmemiz olacak. Başka bir örnek olarak gondolu düşünebiliriz. Gondolun en ucuna oturalım ama olayı daha rahat anlamak için. Gondol bizim bulunduğumuz tarafın maximum yüksekliğine çıkıp aşağı doğru ivmelendiğinde biz aşağı gittiğimiz halde bir hafiflik hissederiz. Sebebi gondol aşağı doğru a ivmesi ile hızlanırken bizim a ivmesi ile eylemsizlik uygulamamızdır. Ayrıca biz bu eylemsizliğe sahip olsak bile gondola tutunup yerimizde durabiliriz. Ama midemizdeki yiyecekler bizim kadar şanslı olmadığı için biraz yukarı çıkabilirler. Bu da mide bulantısına sebep olabilir.

4.3 Newton' un İkinci Yasası



Newton'un2. yasasına göre dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindeki parçacık ivmeli hareket yapar. Kinetik, bu dengelenmemiş kuvvetle onun onun yol açtığı hareket ve bu hareketteki değişim arasında bağ kurar.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Temel formül:

Eğer bir parçacığın üzerine etkiyen bileşke kuvvet sıfırdan farklı ise, parçacık bileşke kuvvetin şiddet ile orantılı ve bu kuvvetin yönündedir ivmeye sahip olur. Toplam kuvvetin ivmeye oranı parçacığın kütlesine eşittir.

ÖRNEK 4.2

Yandaki düzenekte görüldüğü gibi iki cisim aralarındaki iple birbirine bağlanmıştır. Cisimler serbest bırakılınca sistemin ortak ivmesini ve ipteki gerilmeyi bulunuz.

ÇÖZÜM

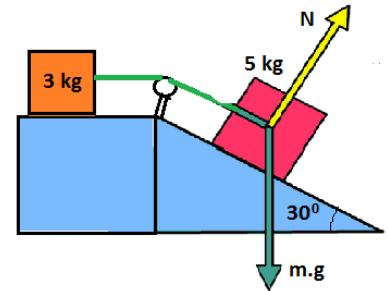
Sisteme etkiyen net kuvvet eğik düzlemdeki cismin ağırlığından gelen kuvvet bileşenidir.

$$F_{\text{net}} = m \cdot g \sin \theta = m_{\text{toplam}} \cdot a_{\text{sistem}}$$

$$m \cdot g \sin \theta = (5 \text{ kg}) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) = 49,05 \text{ N} \quad 49,05 \text{ N} = (3+5 \text{ kg}) \cdot a_{\text{sistem}} \quad a_{\text{sistem}} = 6,13 \text{ m/s}^2$$

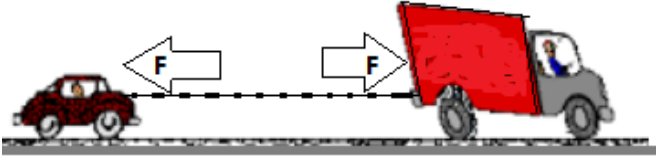
İpteki gerilme küçük kütleli cismin eylemsizliğinden gelen kuvvet olacaktır

$$T_{\text{ip}} = m \cdot a_{\text{sistem}} = (3 \text{ kg}) \cdot (6,13 \text{ m/s}^2) = 18,4 \text{ N}$$



4.4 Newton'un Üçüncü Yasası

İki arabayı zincirle bağlayıp ikisini farklı yönlerde doğru gaz verdiğimizizi ve ikisinin de birbirine üstün geleme-yip dengede kaldığını düşünelim. Bu durumda birinci araba ikinci arabayı 50kN'luk bir kuvvetle çekiyorsa ikinci araba da birinci arabayı 50kN'luk bir kuvvetle çekiyor demektir. Bu kuvvetler büyüklük olarak aynı olsa da yön olarak zıttır. İkinci arabanın yerine sabit bir yere birinci arabayı bağlasak ve yine 50kN'luk bir çekme kuvveti uygulayacak şekilde gaza bastığımızda araba hareket edemiyorsa ilk durumdan bir farkı olma-ması gerekir.



Yani 50kN'luk bir çekme kuvveti bağlı olduğu yerden arabaya etki etmektedir. Eğer sabitlenen nokta yeterince dayanıklı ise biz 100kN'la çekersek o yine 100kN'luk bir kuvvetle cevap verecektir. Yani biz ne kadar etki ediyor sak o da o kadar tepki veriyor. Bu yüzden bu yasaya **etki-tepki yasası** diyoruz.

4.5 Denge ve Serbest Cisim Diyagramı

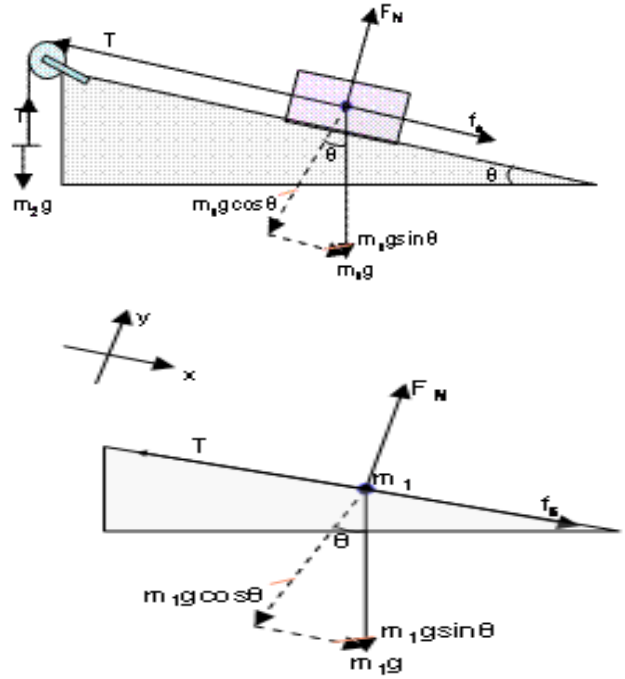
İki boyutlu olarak ele alınan sistemlerde cisimler hareketsiz denge halinde duruyor ya da net kuvvetin sıfır olduğu durumda sabit hızlı hareket ediyorsa sistem üzerine dıştan etkiyen tüm kuvvetleri çizmek isteriz. Cisim üzerine etkiyen kuvvetleri özellikle yönleriyle ve şiddetleriyle belirterek cismin o anlık durumunu çizdiğimizde serbest cisim diyagramı çizmiş oluruz.

Serbest Cisim Diyagramı (SCD):

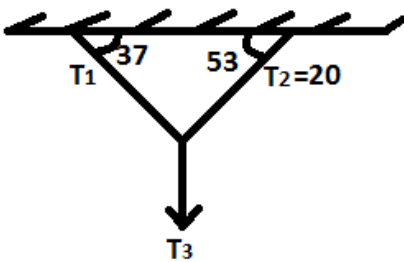
Serbest Cisim Diyagramı çizimi tüm denge ve kinetik problemlerinin çözümünde temel bir noktadır.

SCD oluşturmak için özetle;

- Diyagramı çizilecek olan eleman (cisim) veya elemanlar izole edilir ve ana hatları ile çizilir.
- Tüm dış kuvvetler ve momentler bu çizim üzerinde gösterilir. Burada; cismi izole ederken kaldırılan mesnetlere karşılık yerleştirilen tepki kuvvet ve momentleri de dış kuvvetler olarak adlandırılır.
- Denge denklemlerini uygularken kullanılacak noktalar ve boyutlar çizimde gösterilir.
- Bir koordinat eksen takımı tanımlanır.



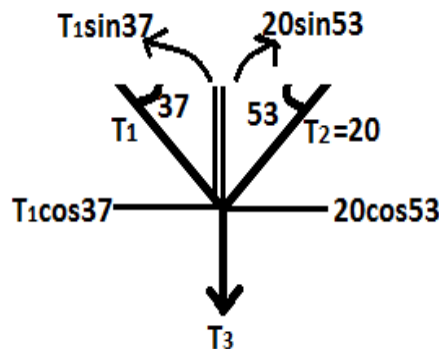
ÖRNEK 4.1



Şekildeki gibi tavana iplerle asılmış sistem dengededir. T_2 ipindeki gerilme 20 Newton olduğuna göre T_1 ve T_3 çekme kuvvetlerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Sistem dengede ise etkiye karşı tepki verilebilmiş demektir. Sağa çeken kuvvetler sola çekenlere, aşağı olanlar da yukarı olanlara eşit olmalıdır.



$$T_1 \cos 37 = 20 \cos 53$$

$$T_1 \cdot 0,8 = 20 \cdot 0,6$$

$$T_1 = 15 \text{ N}$$

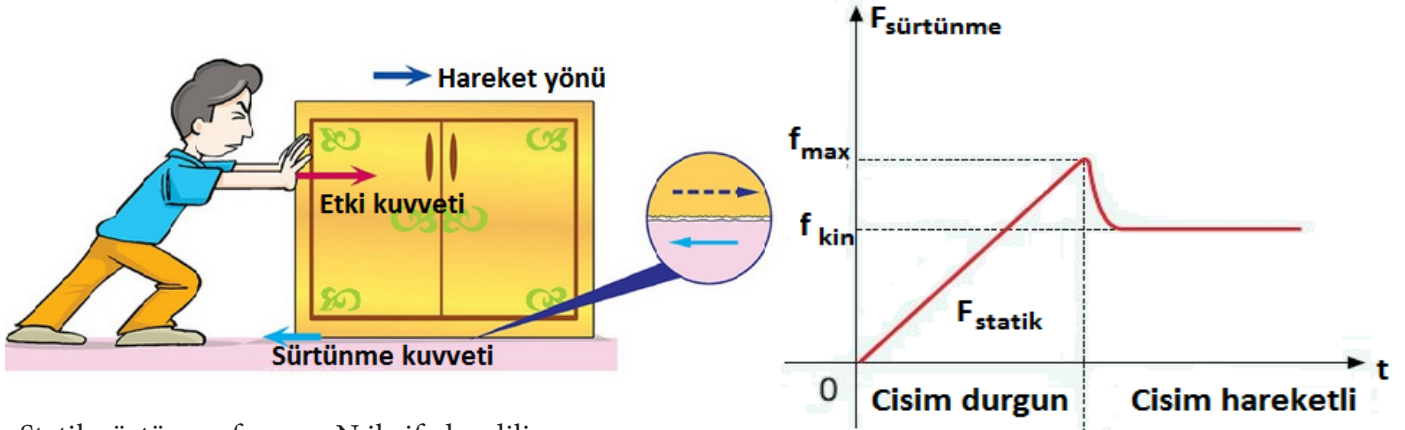
$$T_3 = T_1 \sin 37 + 20 \sin 53$$

$$T_3 = 15 \cdot 0,6 + 20 \cdot 0,8$$

$$T_3 = 25 \text{ N}$$

4.6 Sürtünme Kuvveti

Şimdiye kadar anlattığımız kısımların çağında sürtünme kuvvetini ihmal ederek işlemler yaptık. Gerçek hayatta sürtünme kuvvetinin etkileri ve vazgeçilmez sonuçlarıyla sürekli karşılaşırız. Günlük hayatta sürtünmenin büyük bir önemi vardır. Öyleki yürüyüp koşmamızı, koştuktan sonra tekrar durmamızı sağlar. Sürtünme kuvveti cismin hareketli halinde ve durgun halinde ayrı nitelik kazanır. Bunu açıklayacak olursak, sürtünmeli bir yüzeyde bir masayı itmeye çalıştığımızı düşünelim. İlk başta masa durgun iken önce kuvveti kademeli arttıracak şekilde itelim. Masayı yavaş yavaş iterken cisim durgun olduğundan tepki kuvveti **statik sürtünme kuvveti** olacaktır. Masayı itmeye çalıştığımızda ilk başta zorlanırsınız ama yerinden oynar oynamaz statik sürtünme maximum değerine ulaşır ve bundan sonra daha az kuvvetle iterken hareket ettireceğiz. Bu andan itibaren cisim hareket ediyordur ve uygulanan kuvvet bir önceki duruma göre daha az olur. Cisim hareket halindeyken üzerine etkiyen sürtünme kuvvetine de **kinetik sürtünme kuvveti** denir.



Statik sürtünme $f_{s_{\max}} = \mu_s \cdot N$ ile ifade edilir.

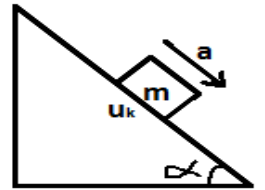
N (normal force) o yüzeye etki eden dik kuvettir. Burada $f_{s_{\max}}$ yazmamızın sebebi ise statik sürtünme kuvveti direk bu değeri almaz. Mesela cismin max sürtünmesi 10N olsun. Biz bu cisme 1,2,3,...,9,10 N gibi kuvvetler uyguladığımızda cisim yaptığımız etkiye tepki olacak şekilde bir kuvvetle karşılık verir. Aksi taktirde biz statik sürtünmesi 10 olarak hesapladığımız bir cisme 3 N'la ittiğimizde direk 10N karşılık verirse cismin itilen yönün tersine hareket etmesi gerekir. Böyle bir şey düşünülemez. Sürtünme kuvveti o ittiğimiz cismi hareket ettirici yönde değil hareketini engelleyici yöndedir. Ancak etki 10N'ı geçince cisme yeterli tepki veremez. Cisim harekete geçer ve artık statik sürtünme de etkili olmaz.

Bu durumda cisme kinetik sürtünme $f_k = \mu_k \cdot N$ hakim olur.

Kinetik sürtünme her zaman statik sürtünmeden daha düşük olacaktır. Yani problemlerde ilk yapılacak hamle statik sürtünmeyi aşacak etki var mı? Eğer yoksa ne kadar etki varsa o kadar tepki vardır deriz. Eğer maximum sürtünmenin aşıldığını görürsek kinetik sürtünmeyi kullanacağız.

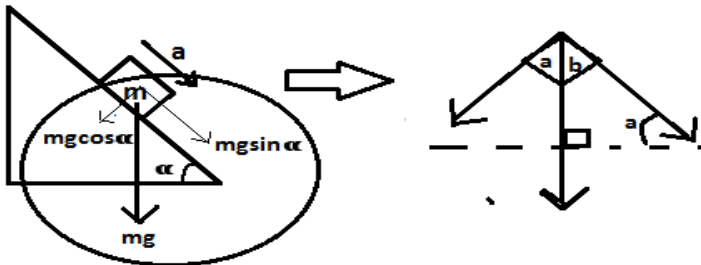
ÖRNEK 4.2

Eğim açısı α olan eğik düzlemde m kütleli cisim serbest bırakılınca aşağı doğru hızlanmaktadır. Cisimle yüzey arasındaki statik sürtünme katsayısı μ_s , kinetik sürtünme katsayısı μ_k olmak üzere cismin ivmesini bulunuz.



ÇÖZÜM

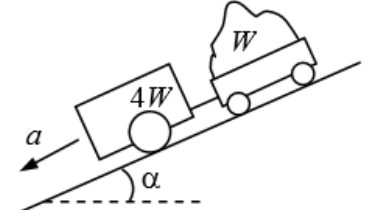
$F_{\text{net}} = m \cdot a$ dır. a ve F'nin yönü aynı olmalıdır. Cisim eğik düzleme paralel bir şekilde hızlanacak demekki etki etki eden kuvvetlerin bize eğik düzleme paralel yöndeki bileşenleri gerekli. Cisme dışardan bir kuvvet gözükmemektedir. Bu durumda cisme etki eden tek kuvvet cismin ağırlığı diyebiliriz. Ancak bir noktayı atlamış oluruz o da sürtünme kuvveti. Çünkü sürtünmeli yüzeyde hareket halinde harekete ters yönde bir sürtünme kuvveti etki edecektir. Sürtünmenin cismin hareket yönüne ters olduğu unutulmamalıdır.



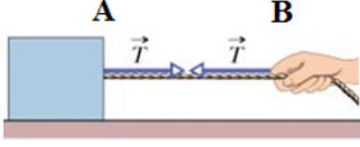
$$\text{Bu durumda } F_{\text{net}} = mg \sin \alpha - \mu_k \cdot mg \cos \alpha = ma$$
$$a = g(\sin \alpha - \mu_k \cdot \cos \alpha)$$

Bölüm Sonu Soruları

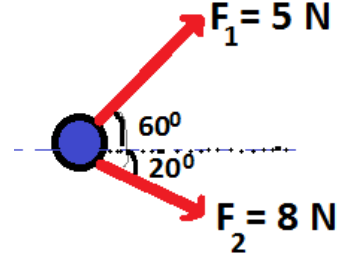
1- Eğik düzlemde kaymakta olan çekicinin ağırlığı $4W$, römorkun yük ile beraber ağırlığı W dir. Çekici ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı $\mu = 0.8$ olduğuna göre çekicinin hızlanırken sahip olabileceği en büyük ivmenin yerçekimi ivmesine oranı kaçtır? ($\alpha = 30^\circ$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)



2- Şekildeki gibi yatay düzlemde durmakta olan 5 kg kütleli bir cisme sabit $T = 40 \text{ N}$ luk bir çekme kuvveti uygulanarak hareket ettiriliyor. Cisim ile yüzey arasındaki kinetik sürtünme katsayısı $\mu = 0.6$ olduğuna göre cismin hareketinden 4 s sonraki hızını ve yerdeğiştirmesini bulunuz.



3- Kütleli 0.3 kg olan bir hokey diski sürtünmesiz bir yüzey üzerinde şekildeki gibi $F_1 = 5 \text{ N}$ ve $F_2 = 8 \text{ N}$ 'luk iki kuvvete maruz kalmaktadır. Diskin ivmesinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

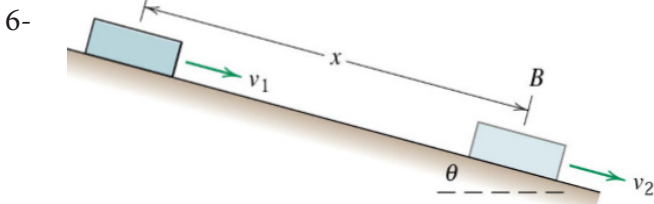
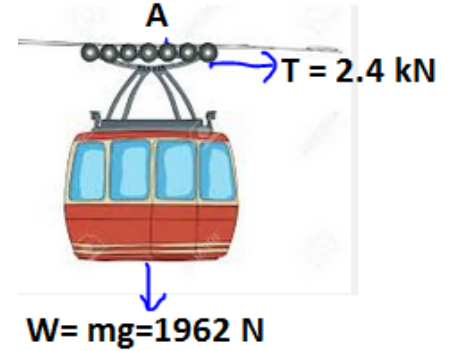


4- Kütleli 75 kg olan bir adam asansörde, bir tartının üzerinde duruyor. Asansöre kablolar yardımı ile 3 sn. süre boyunca 8300 N luk yukarı çekme kuvveti uygulanıyor. ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

a-) Tartıda okunan değer kaç kg 'dır?

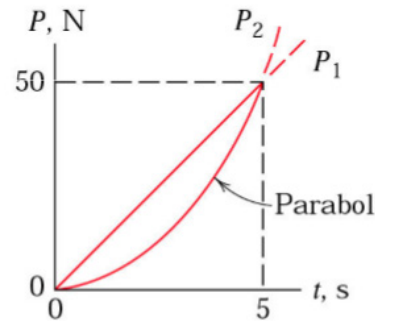
b-) 2 sn sonra asansörün hızı kaç m/s olur? (Asansör ,tartı ve adamın toplam kütleli 750 kg olarak alınız.)

5- 200 kg kütleli bir kontrol teleferiği tepesindeki sabit bir kablo üzerinde A noktasından bağlı bir kablo yardımıyla hareket etmektedir. A' daki kablo yatay olarak $T = 2.4 \text{ kN}$ luk bir gerilme uygulandığı anda teleferiğin ivmesini ve onu destekleyen kabloların teleferiği destekleyen makaralara uyguladığı kuvveti bulunuz. ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)



Şekildeki blok A noktasından geçerken $V_1 = 20 \text{ m/s}$ ve B noktasından geçerken $V_2 = 10 \text{ m/s}$ hıza sahiptir. $x = 75 \text{ m}$, $\theta = 15^\circ$ için eğik düzlem ile blok arasındaki μ_k kinetik sürtünme katsayısını hesaplayınız.

7- Başlangıçta hareketsiz olan 10 kg ' lık arabaya P kuvveti uygulanmaktadır. P_1 ve P_2 kuvvet durumlarına göre $t = 5 \text{ s}$ ' deki hızı ve yerdeğiştirmesi nedir?



8- A ve B elemanları rijit hafif bir çubuk ile birbirine bağlanmışlar ve yatay düzlemdeki sürtünmesiz kanallarda hareket etmektedirler. Görülen konum için, A' nın hızı sağa doğru $V_A = 0.4 \text{ m/s}$ ise her bir elemanın ivmesi ile çubuktaki kuvveti hesaplayınız.

