

FİZİK 1 DERS İÇERİĞİ

1. Fizikte ölçme, Vektörlerle işlemler
2. 1-Boyutlu Hareket
3. 2-Boyutlu Hareket
4. Newton'un Hareket kanunları ve uygulamaları
5. Newton'un Hareket kanunları ve uygulamaları
6. İş ve Kinetik enerji
7. İş ve Kinetik enerji
8. Potansiyel enerji ve enerjinin korunumu
9. Doğrusal Momentum ve çarpışmalar
10. Katı cismin sabit bir eksen etrafında dönmesi
11. Yuvarlanma hareketi ve açısal momentum
12. Yuvarlanma hareketi ve açısal momentum
13. Statik denge, Esneklik
14. Statik denge, Esneklik

KAYNAKLAR

Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği, Cilt 1, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık, 2009

Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Serway-Beichner, Çeviri:Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık

Fiziğin Temelleri, David Halliday-Robert Resnick, Çeviri: Cengiz Yalçın, Arkadaş Yayıncılık

Fizik, 1.Cilt, Frederick J.Keller, W.Edward Gettys, Malcolm J. Skove, Çeviri, Literatür Yayıncılık

Fen Bilimcileri ve Mühendisler için Fizik, Giancoli, Akademi Yayın, 2009

Fizik (Eski Yunanca: *fisis* “doğa”) maddeyi, maddenin uzay zamanda hareketini enerji ve kuvveti de kapsamak üzere bütün ilgili kavramlarla birlikte inceleyen doğa bilimidir. Daha genel olarak, evren ile ilgili nasılları cevaplamak için doğanın genel bir analizidir.

Fiziğin temel amacı doğal olayları yöneten sınırlı sayıdaki temel yasaları bulmak ve bu yasaları ileride yapılacak deneylerin sonuçlarını ön görecek teorilerin geliştirilmesinde kullanmaktadır.

Bütün temel bilimlerin kaynağında fizik vardır.

Fizik doğa olaylarını ya doğrudan ya da onları basitleştirilmiş koşullar altında tekrarlayarak araştırırlar. Doğa olayları çoğu kez çok karışık koşullar altında meydana gelirler. Bu gibi hallerde fizikçi gözlem ve deney ile araştırma yöntemine başvurur. Olay ayrıntılarından arındırılır ve basit bir biçimde kontrol edilebilen koşullar altında yapay olarak tekrarlanır, yani bir deney yapılır. Deney, doğaya yöneltilen bir sorudur. Deneylerin sonucunda doğaya sorulan sorulara alınan yanıtlar bir araya getirilerek, doğa olayının açıklanması mümkün olur. O halde fiziğin yöntemleri **gözlem, deney, ölçüm yapmak** ve matematiksel bağıntılar kurmaktır.

Fizik Yöntemleri

Gözlem	Deney
Ölçme	Matematik/Grafik Bağıntılar

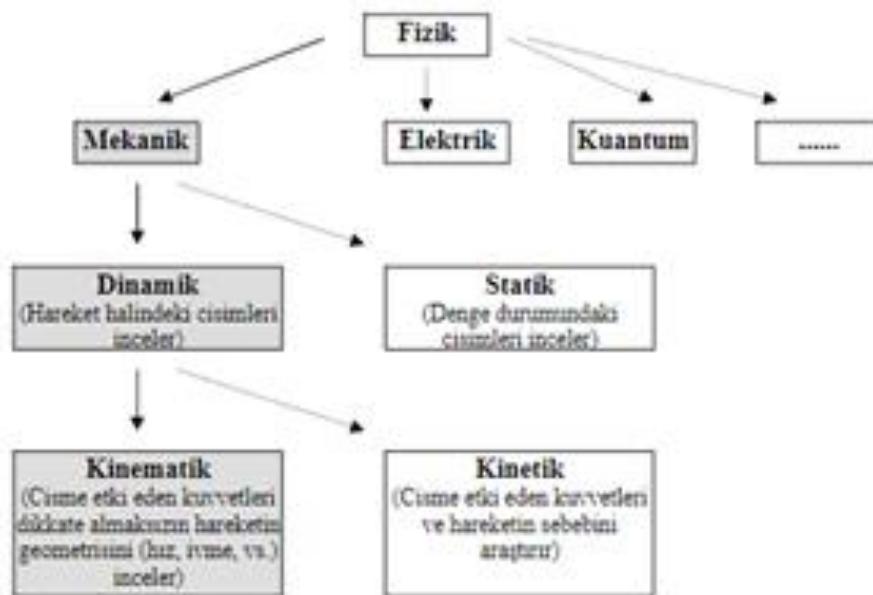
Gözlem

Gözlem kendi içinde nitel ve nicel olarak ikiye ayrılır. Duyu organları ile yapılan **nitel gözlemin** sonucu özneldir ve kişilere göre değişebilir. Ölçüm aletleriyle yapılan **nicel gözlemlerin** sonuçları objektif ve bilimseldir.

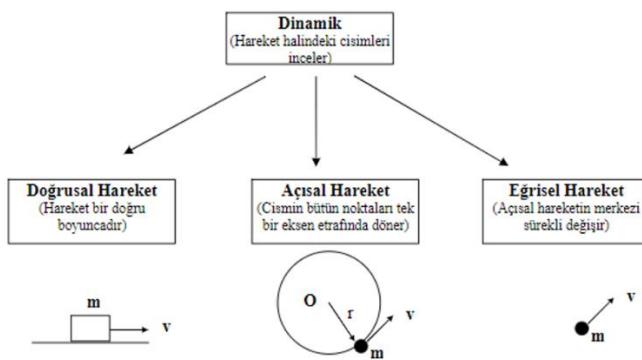
Klasik Fizik: 19 yy. Öncesinde geliştirilen teoriler, kavramlar, kanunlar, klasik mekanik ve elekromanyetizmayı içerir.

Modern Fizik: 19. Yy. ile başlamıştır ve klasik fiziğin açıklayamadığı olayları yeni teorilerle açıklamaya çalışmaktadır. İki önemli teori **Kuantum Mekaniği** ve **Görecelilik**' tır.

Klasik ve Modern Fiziğin en önemli farkı klasik fiziğin enerjinin kesikliği ve parçacıkların dalgı özelliğini dikkate almasıdır.



Fiziğin mekanik kısmı, herhangi bir cismin bir noktada sabit kalmasını, aynı zamanda hareket halindeki cisimlerin hareketlerinin tanımlanması, hareketin öngörüsü ve hareket ettirici kuvvetlerin devinimi ile ilgilidir.



Fizik I Dersinde Mekanik- Dinamik ve Kinematik konuları işlenecektir.

Fiziksel Nicelikler, Standartlar ve Birimler

Fizik, araştırdığı doğa olaylarına ait kanunları **FİZİKSEL NİCELİKLER** ile anlatmaktadır. Bu niceliklerin bazıları:

- Kütle

- Uzunluk
- Zaman
- Hız
- İvme
- Kuvvet
- Sıcaklık
- Enerji
- Elektrik alan şiddeti
- Manyetik akı

Fiziksel nicelikler tam ve kesin şekilde tanımlanmalıdır. Bir fiziksel niceliğin nasıl ölçüleceğini bir kuralı ve bir birimi belirlenirse, o fiziksel nicelik tam olarak tanımlanmış olur ve böylece standart elde edilir. Kolayca anlaşılacağı gibi, fiziksel nicelikler için standart tanımlama tamamen keyfidir. Ama standardın kullanışlı, yararlı ve herkes tarafından kabul edilebilir olması gereklidir.

Ölçme

Fizikte bir niteliğin ölçülmesi

Birimler ve birim sistemleri

Mekanikte temel birimler

Birim dönüşümleri

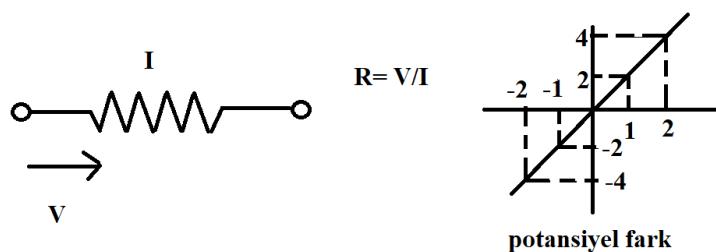
Ölçümdeki duyarlılık

Fizikte nicelikleri ölçmek için bir takım deneyler yapılır. Böylece ölçülen nicelikler arasında bir bağ kurmaya çalışılır. Bu bağlar matematiksel ve grafikse yollarla ifade edilir.

Mesela, Fiziksel nicelik bir masa olsun.

Birim	Ölçüm
m	2 m
foot	6,6 feet
x	2,3 x

Mesela, Elektrikte ohm yasası, bir iletkenin iki ucu arasında uygulanan potansiyel fark ile iletken üzerinden geçen elektrik akımının arasında sbt bir ilişki olduğunu söyley.



Ölçme:

Fiziksel bir büyüklüğü ölçmek, birim olarak seçilen aynı türden bir büyüklükle karşılaştırmaktır.

Fizikte İki tür ölçme vardır.

Direkt ölçme :

Ölçü aletleriyle doğrudan yapılan ölçümlerdir.

Örnek: Masanın yüksekliğinin metre ile ölçülmesi.

Dolaylı ölçme :

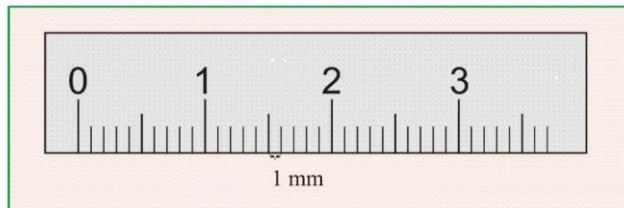
Bir büyüklüğü, doğrudan ölçülebilen başka büyüklükler yardımıyla hesaplanarak yapılan ölçümlerdir.

Örnek: Yer ve konum ölçüülerek, konum değişiminin zaman değişimine oranlanmasıyla hesaplanır.

Duyarlılık (Hassasiyet)

Presizyon: Bir ölçme aracı ile ölçülebilen en ufak birimdir. Bu birimin ufklığı o aracın inceliği, presizyonudur. (std. 30 cm cetvelde prezisyon 1 mm'dir. Bir başka degilse, bir ölçme aygıtının duyarlılık sınırı, göstergesindeki en yakın iki bölmenin yarısı kadardır.

mm ile bölmelenmiş bir uzunluk ölçme aletinin duyarlılık sınırı
 $\Delta = 0.5 \text{ mm dir.}$



BOYUT-BİRİM

Boyut : Ölçülebilen, gözlemlenebilen fiziksel bir özellik

Örnek : Uzunluk, alan, hacim, kütle, zaman, sıcaklık

Birim : Bir boyutun kantitatif büyüklüğü birbirimle belirtilir.

Örnek : Uzunluk m, cm, mm

Kütle kg, g, mg

SI Birim Sistemi

Bilim insanları gözlem ve deney sonucu ulaşılan bilgileri, teori ve kanunları daha anlaşılır kılmak için ortak bir dil kullanma kararı almıştır. Bu nedenle 1971 yılında yapılan Ölçü ve Ağırlık Konferansında Uluslar Arası Birim Sistemi (SI Birim Sistemi) kabul edilmiştir.

Fizikte kullanılan nicelikler için farklı sınıflandırmalar yapılabilir. Nicelikler, kendisinden başka bir niceliğin ölçülmesine gerek olmadan ifade edilip edilmeyeceğine göre **temel** ve **türetilmiş** niceliklerden sözdeilebilir. Ayrıca niceliğin yöne bağlı olup olmamalarına göre de vektörel ve skaler şekilde sınıflandırılır.

SI birim sisteminin temel boyutları ve birimleri

Temel büyüklükler

Kendisinden başka hiçbir niceliğin ölçülmesine gerek olmadan ifade edilen büyülüklere **temel büyüklük** denir. Uzunluk (m), kütle (kg), zaman (s), sıcaklık (K), akım şiddeti (A), ışık şiddeti (cd) ve madde miktarı (mol) olmak üzere temel büyülüklük vardır.

1. Temel Büyüklükler

Tek başına bir anlam ifade eden büyülüklülerdir.

Adı	Birim
Uzunluk	Metre (m)
Kütle	Kilogram (kg)
Zaman	Saniye (s)
Akım Şiddeti	Amper (A)
Sıcaklık	Kelvin (K)
Madde Miktarı	mol (n)
İşik Şiddeti	Candela (cd)

Uzunluk için metre (m) (13 Ekim 1960 - Paris) Soygazlardan olan Kriptonun 86. izotopunun ışınmasından yararlanılarak bulunmuştur.

Kütle için Kilogram (kg) 1 gram suyun yoğunluğunun en büyük olduğu 4 °C deki sıcaklıkta 1 cm³ suyun kütlesine eşittir. 1 kg = 1000 g

Zaman için saniye (s) (1967) 1 saniye, alkalik metal grubundan olan Caesium (sezyum) (55) un atom çekirdek çeşiti olan Nuklid 133Cs atomunun ışınlanmasından yaralanılarak bulunmuştur.

Elektrik Akım Şiddeti için Amper (A), (1954) 1 Amper, 1 metre mesafede birbirlerine paralel duran iki iletkenin yardımıyla, bu çift iletkenin birbirlerinin her metre uzunluğu üzerine uygulanan sabit kuvvet yardımı ile tespit edilmiştir.

Sıcaklık için Kelvin (°K) SI Birim Sisteminde suyun üçlü noktası (buz, su, buhar) termodinamik sıcaklığının 273,16 da birine eşit olan termodinamik sıcaklık temel birimdir.

İşik Şiddeti için Candela (cd), (1946) 1 Candela, SI birimlerinde fotometrik (ışık şiddeti) temel birimi (cd). Metrekare (m²) başına platinin basınç altında ergime noktasındaki sıcaklığına (1769,3°C) eşit sıcaklıkta bulunan 1/600.000 m² lik bir siyah cismin dik doğrultuda yaydığı ışığın şiddeti Candela olarak alınır.

Madde miktarı için mol (mol) 1 mol, fiziksel-kimya alanında 1 mol karbon izotopunun (12C) 12,000,000 gram molekülü kadar bulunan miktarıdır.

Türetilmiş Büyüklükler

Nicel gözlem sonucu, birden fazla temel büyüklük kullanılarak ifade edilen büyülükle türetilmiş büyülüklük denir. alan, hacim, kuvvet ve ivme gibi büyülüklüler türetilmiş büyülüklere örnek olarak verilebilir.

2. Türetilmiş Büyüklükler

Başka büyülüklüler yardımıyla ifade edilebilen büyülüklelerdir. Bazıları şunlardır:

Adı	Birim
Enerji	Joule (J)
Kuvvet	Newton (N)
Isı	Kalori (cal)
Hacim	Litre (L)
Direnç	Ohm (Ω)
Hız	Metre/saniye (m/s)
Basınç	Paskal (pa)

SI birim sisteminde özel isimlerle anılan türetilmiş bazı boyutlar ve birimler

1 kg'lık kütleye 1m/s^2 ivme kazandıran kuvvete “1 Newton” (N) denir.

1 N'luk kuvvetin kendi doğrultusunda 1 m yol almasıyla yapılan işe “1 Joule” (J) denir. Isı, enerji ve iş aynı boyatlardadır.

Birim zamanda yapılan işe, “güç” denir. SI birim sisteminde güç birimi “Watt” (W) tır. Santimetre-gram-saniye sistemi (cgs, Centimeter-gram-second)

SI Birim Sistemindeki Önekler

10'UN KUVVETİ	ÖN EK	SEMBOL		10'UN KUVVETİ	ÖN EK	SEMBOL
10^{24}	Yotta	Y		10^{-1}	Deci	d
10^{21}	Zetta	Z		10^{-2}	Centi	c
10^{18}	Exa	E		10^{-3}	Mili	m
10^{15}	Peta	P		10^{-6}	Micro	μ
10^{12}	Tera	T		10^{-9}	Nano	n
10^9	Giga	G		10^{-12}	Pico	p
10^6	Mega	M		10^{-15}	Femti	f
10^3	Kilo	K		10^{-18}	Atto	a
10^2	Hecta	h		10^{-21}	Zepto	z
10^1	Deca	da		10^{-24}	Yocto	y

Skaler ve vektörel büyülüklüler

Skaler büyülüklüler

Sadece ölçü değeri ve birimi ile ifade edilen niceliklere **skaler büyülüklük** denir. 5 litre su dediğimizde 5, ölçüm değerini; litre ölçü birimini göstermektedir ve görüldüğü gibi skaler büyülüklüler doğrultu ve yön

belirtmezler. Toplama ya da çıkarma işleminde temel aritmetik işlemler kullanılır. Kütle, zaman, uzunluk, hacim, özkütle ve sıcaklık gibi büyüklükler skaler büyüklük denir.

Vektörel Büyüklükler

Vektör, yönü, doğrultusu ve büyülüğu olan doğru parçasıdır. Vektörün başlangıç noktası ve bitiş noktası, büyülüğu, doğrultusu, yönü var olmalıdır. Vektörler onları temsil eden bir harf veya sembol üzerine çizilen ok ile gösterilirler

Boyut Analizi

Fizikte boyut bir niceliğin fiziksel doğasını göstermektedir. İki nokta (örneğin düz bir arazi üzerinde belirlediğimiz A ve B gibi iki nokta) arasındaki mesafeyi ölçerken birim olarak metre, cm veya adım gibi farklı birimler kullanmamızına rağmen AB arası uzunluk boyutundadır. Bu fiziksel niceliği sadece uzunluk olarak ölçübiliriz, alan veya zaman olarak ölçemeyiz. Bu mesafenin boyutuna-fiziksel doğasına- uzunluk adını verilir. AB mesafesinin boyutu uzunluktur, birimi metre, km, ayak, kariş veya uzunluk boyutunda tanımlanmış herhangi bir birim olabilir.

Bir fiziksel büyülüğün boyutu, [] kapalı parantezi ile gösterilir.

Mekanikte kullanılan temel niceliklerin boyutları:

Uzunluk =[L]

Zaman =[T]

Kütle =[M]

Diğer bütün fiziksel nicelikleri bu temel boyutlar cinsinden ifade edebiliriz.

Örneğin: $[A] = \text{alan} = [L] \cdot [L] = [L^2]$

$[v] = \text{hız} = [L]/[T]$

$[a] = \text{ivme} = [L]/[T^2]$ gibi

Alan, hacim, hız ve ivme boyutları

Birim sistemi	Alan (L^2)	Hacim (L^3)	Hız (L/T)	İvme (L/T)
SI	m^2	m^3	m/s	m/s^2
İngiliz mühendislik	ft^2	ft^3	ft/s	ft/s^2

Temel boyutlar diğer bir temel boyut cinsinden ifade edilemez ama uygun bir eşitlik ile diğer boyutlar cinsinden ifade edilebilir.

Örnek:

Serbest düşmede alınan yolu veren ifadesi $h = (1/2)gt^2$ (h: cismin aldığı yol, g: yerçekimi ivmesi, t: zaman).

Bu ifadeyi boyutları ile ifade edilirse:

h: mesafeyi gösterdiği için uzunluk boyutundadır [L]

t: zamanı gösterdiği için zaman boyutundadır [T]

g: ivme boyutundadır. Dolayısı ile $[L]/[T^2]$

O halde ifademiz $h=1/2gt^2$ $[L]=[L/T^2].[T^2]$ ($1/2$ 'nin boyutu yoktur. Ancak bazı fiziksel sabitlerin boyutu vardır örnekim ivmesi g 'nin.) Buradan $[L]=[L]$ olduğunu görür. Dolayısıyla ifadenin boyutsal gösterimi doğrudur.

Örnek deki formülü daha genel bir yöntemle boyut analizini yapabiliriz.

Bu yöntemde formülün ne şekilde olduğunu bilmemiz gerekmeyebilir.

$$h \propto g^n t^m$$

$$[L]=[g^n t^m]$$

$$[L]=[L/T^2]^n [T]^m$$

$$[L]=L^n T^{-2n} T^m$$

$$[L]=L^n T^{m-2n}$$

Buradan $n=1$ ve $m-2n=0$

$n=1$ ve $m=2$ olduğu bulunur.

Dolayısı ile $h \propto gt^2$ şeklinde yazabiliriz.

Örnek: $x = x_0 + v_0 t + 1/2 (at^2)$ (at)

Burada x ve $x_0=m$, $v_0=m/s^2$, $a_0=m/s^2$ ve $T=s$

$$[L]=[L] [L/T]/[T] + 1/2 ([L/T^2]/[T])$$

$\Rightarrow [L] [L] [L/T]$ sonucu elde edilir. Bu eşitlik boyutsal olarak yanlıştır.

$x = x_0 + v_0 t + 1/2 (at^2)$ olmalıdır.

Büyüklük	MLT boyut sistemi
alan	L^2
ivme	$L \cdot T^{-2}$
boru çapı	L
elasitite katsayısı	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
kuvvet	$M \cdot L \cdot T^{-2}$
yerçekimi ivmesi	$L \cdot T^{-2}$
kütle	M
güç	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$
basınç	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
debi	$L^3 \cdot T^{-1}$
hidrolik yarıçap	L
hız	$L \cdot T^{-1}$
dinamik viskozite	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$
kinematik viskozite	$L^2 \cdot T^{-1}$
özgül kütle	$M \cdot L^{-3}$
kayma gerilmesi	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
özgül ağırlık	$M \cdot L^{-2} \cdot T^{-2}$

Anlamlı Rakam

Bir sayıdaki anlamlı rakamların sayısı o değerde dikkate alınması gereken rakam sayısını göstermektedir, Ölçülen herhangi bir değerin son anlamlı rakamı, hala kullanılabilir fakat kesin değildir, tahmine dayanmaktadır.

Bir ölçüm sonucu elde edilen verilerin kesinliği hakkında bilgi veren rakamlara anlamlı rakamlar denir.

Kurallar

1. Bütün sıfırdan farklı rakamlar anlamlı kabul edilir.

Msl: Sayı :235,45

Anlamlı sayı: 5

Sayılar: 2,3,5,4 ve 5

2. Sıfırdan farklı iki sayı arasındaki sıfırlar anlamlı kabul edilir.

Msl: Sayı :205,45

Anlamlı sayı: 5

Sayılar: 2,0,5,4 ve 5

3. Baştaki sıfırlar anlamlı rakam sayılmasından kaçırılır.

Msl: Sayı :0,00045

Anlamlı sayı: 2

Sayılar: 4 ve 5

4. Ondalık virgül içeren sayıarda virgülü takip eden sıfırlar anlamlıdır.

Msl: Sayı :142,500

Anlamlı sayı: 6

Sayılar: 1,4,2,5,0 ve 0

5. Sayılar toplandığı yada çıkarıldığı zaman, sonuçtaki ondalık rakam sayısı işlemdeki ondalık rakam sayısından en küçüğü alınarak belirtilir.

Msl: $13 + 5.3$, 18 verir, 18.3 değildir.

Msl: $8.47 - 2.6$, 6.9 verir, 6.87 değildir.

6. Aynı kural bölmeye de uygulanır.

Örnek

Sayı	Anlamlı sayı
54,34	4
0,087	2
234,4	4
70,09	4
5020	3
0,00003	1
0,000030	2
800,00	5
0,000657	3
800	3
800,0	4

Yuvarlama

Bir sayının istenilen anlamlı rakama yuvarlanması en sağdaki bir ya da daha fazla rakamın atılması yolu ile yapılır.
Yuvarlama için kurallar

1. Atılacak ilk rakam 5 veya 5 ten büyük ise,kalan son rakama 1 eklenir.

Msl: 2.576 3 anlamlı rakama yuvarlandığında 2.58 verir

Msl: 97.25 3 anlamlı rakama yuvarlandığında 97.3 verir

2. Eğer rakam 5 ten küçük ise, kalan son rakam değişmez

Msl: 3.573 3 anlamlı rakama yuvarlandığında 3.57 verir

Soru: $(4,7832+1,234+2,02)$, $(1,0236-0,97268)$ ve sonuçlarını 3 anlamlı rakama yuvarlayınız

Cevap: 8,04 ve 0,0509

Birim Çevirme

Birimleri bir sistemden başka bir sisteme çevirmek için çevirim çarpanlarını kullanmamız gereklidir. Bunun yanında birimlerden önce kullanılan bazı ön eklerin de aslında matematikte sayılarla karşılık geldiğini akıldan çıkarmamak lazımdır. Örneğin “k” harfi ile sembolize edilen “kilo” ön eki aslında 1000 olmasını ifade etmektedir.

Simgesi	Adı	Değeri
T	tera	$10^{12} = 1.000.000.000.000$
G	Giga	$10^9 = 1.000.000.000$
M	Mega	$10^6 = 1.000.000$
K	Kilo	$10^3 = 1.000$
H	Hekta	$10^2 = 100$
Da	Deca	$10^1 = 10$
D	Desi	$10^{-1} = 0.1$
C	Santi	$10^{-2} = 0.01$
m	Mili	$10^{-3} = 0.001$
μ	Micro	$10^{-6} = 0.00001$
N	Nano	$10^{-9} = 0.000000001$
p	Pico	$10^{-12} = 0.000000000001$
f	Femto	$10^{-15} = 0.000000000000001$
a	Atto	$10^{-18} = 0.000000000000000001$

Birimleri bir sistemden başka bir sisteme çevirmek için **çevirim çarpanları** kullanılır.

Örnek: 12 yıl kaç saniyedir?

$$12 \cancel{\text{yıl}} \times (365 \cancel{\text{gün}}/1 \cancel{\text{yıl}}) \times (24 \cancel{\text{saat}}/1 \cancel{\text{gün}}) \times (60 \cancel{\text{dak}}/1 \cancel{\text{saat}}) \times (60 \cancel{\text{s}}/1 \cancel{\text{dak}}) = 378\,432\,000 \text{ s}$$

Örnek: Hızı 90 km/sa olan bir aracın hızını m/sn olarak bulunuz .

90 km / sa şu anlama gelir ; 1 saatte 90 km yol gidiyor .

km metre ye ve saat saniyeye dönüştürmeniz gereklidir .

$$90 \text{ km} = 90\,000 \text{ metre}$$

$$1 \text{ saat} = 3600 \text{ sn} \quad (1 \text{ saat} = 60 \text{ dk}, 1 \text{ dk} = 60 \text{ sn}, 60 \times 60 = 3600 \text{ sn zaman ölçülerini birbirine dönüştürme})$$

$$90 \text{ km/sa} = 90 \text{ km}/1 \text{ sa} = 90\,000 \cancel{\text{m}}/3600 \cancel{\text{s}} = 25 \text{ m/s}$$

1 mil=1609 m =1,609 km olduğundan çevirim çarpanları: Mili metreye çeviren çevirim çarpanı (1609 m/mil)
Mili kilometreye çeviren çevirim çarpanı (1,609 km/mil)

Aynı şekilde, 1 inç=2,54 cm inçi cm'ye çeviren çevirim çarpanı (2,54 cm/inç) cm'yi inçe çeviren çevirim çarpanı (1/2,54 inç/cm)

Örnek olarak, 15 inçi cm'ye çevireceğimizi varsayıyalım. inçi cm'ye çeviren çevirim çarpanı 2,54 cm/inç olduğundan; 15 inç=(15 inç)x(2,54 cm/inç)=38,1 cm bulunur.

Örnek: Katı bir kübün kütlesi 856 g ve her bir kenarı 5,35 cm uzunluğa sahiptir. SI birim sisteminde kübün yoğunluğunu bulunuz.

$$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg} \text{ ve } 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \text{ olduğundan}$$

$$m = (856 \text{ g}) \times (10^{-3} \text{ kg/g}) = 0,856 \text{ kg}$$

$$V = L^3 = [(5,35 \text{ cm}) \times (10^{-2} \text{ m/cm})]^3 = 1,53 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = m/V = (0,856 \text{ kg})/(1,53 \times 10^{-4} \text{ m}^3) = 5,59 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Örnek: $5\text{km} = ?\text{m}$

Bu soruya öğrenciler direk 5000m cevabını verir ve nasıl bulduklarını sordığınızda 5 'i 1000 ile çarptıklarını söylerler. Burada cevap doğru olmasına rağmen yöntem hatalıdır ve eğer bu yöntem veya oran orantı gibi yöntemler izlenirse öğrencilerin daha komplike birimlerde hata yapmaları kaçınılmazdır. Burada doğru yöntem şudur: bize sorulan şey sayıyı değil birimi dönüştürmemizdir, yani sayı sabit kalmalıdır. Bir sayının çarpma/bölme işlemi karşısında sabit kalmasının matematikteki tek yolu ise onu 1 ile çarpmaktır işte bizim izleyeceğimiz yöntem de tam olarak budur. km 'de m 'ye geçerken k 'yı yok etmemiz yani km 'yi k 'ya bölmemiz gereklidir. Bizim sadece sayıyı 1 ile çarpmamız gereği olduğunda yapmamız gereken işlem $\frac{1000}{k} = 1$ ile çarpmaktır. Böylelikle sonuç;

$$5\text{km} \times \frac{1000}{k} = 5000\text{m} \quad \text{olarak elde edilir.}$$

Örnek: $5\text{km}^2 = ?\text{m}^2$

Burada dikkat edilmesi gereken şey birimde km^2 = kilometrenin karesi olduğunu söyleyebiliriz. Bir şeyin karesinin o şeyin kendisiyle çarpımı olduğu dikkate alınırsa $\text{km}^2 = \text{km} \times \text{km}$ dir yani yok edilecek şey k değil k^2 dir. Böylelikle sonuç:

$$5\text{km}^2 \times \left(\frac{1000}{k}\right)^2 = 5 \times 10^6 \text{m}^2$$

Örnek: $4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Bu örnekte sayının sonundaki birim bölüm şeklindedir. Bu nedenle hem paydaki hem de paydadaki birimlerin istenilen birimlere ayrı ayrı çevrilmesi gereklidir. Bu tip örneklerde genel uygulama önce paydaki birimi istenilen birime çevirip daha sonra paydadaki birime geçmek ve onu da çevirip sonucu elde etmektir.

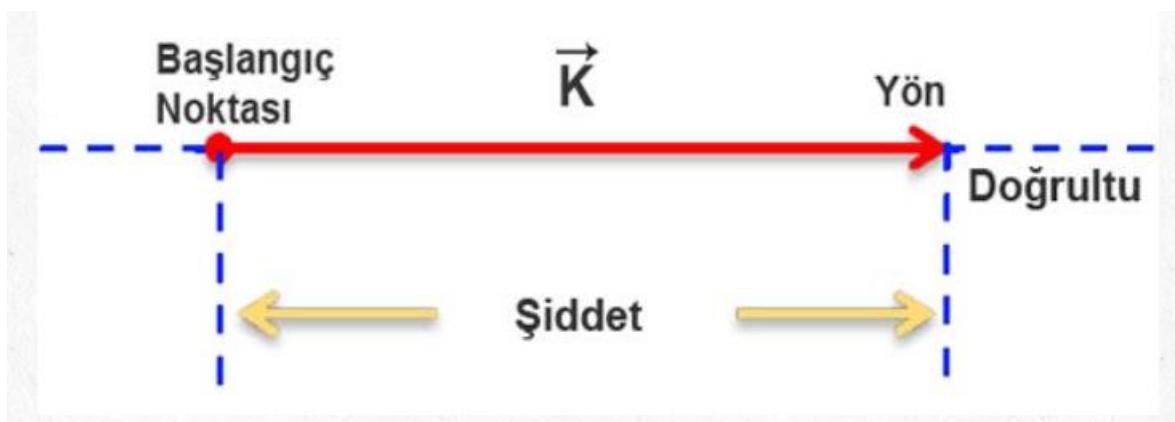
$$4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{k}{1000} \times \left(\frac{c}{10^{-2}}\right)^3 = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

W
...

Fizikselle nicelikleri yön, büyüklük, doğrultu özelliklerine göre skaler ve vektörel büyüklükler olarak iki kısma ayrılır

Skalar ve Vektörel Büyüklükler

Bir parçacık doğru boyunca hareket yapıyorsa o zaman iki yönde hareket edebilir: Pozitif yön veya negatif yön. Üç boyutta hareket söz konusu ise artık pozitif veya negatif işaret hareketinin yönü hakkında bize tam bilgi vermez. Bunun için vektör kullanmalıyız. Vektör büyülüklük ve yön kavramlarını içerir ve vektörlerin kombinasyonu belirli kurallar kullanılarak yapılır. Vektörel nicelik, nicelik hem yön hemde büyülüklük içerir, vektör ile gösterilir. Vektörel niceliklere örnek olarak yer değiştirmeye, hız (sürat değil) ve ivme verilebilir.

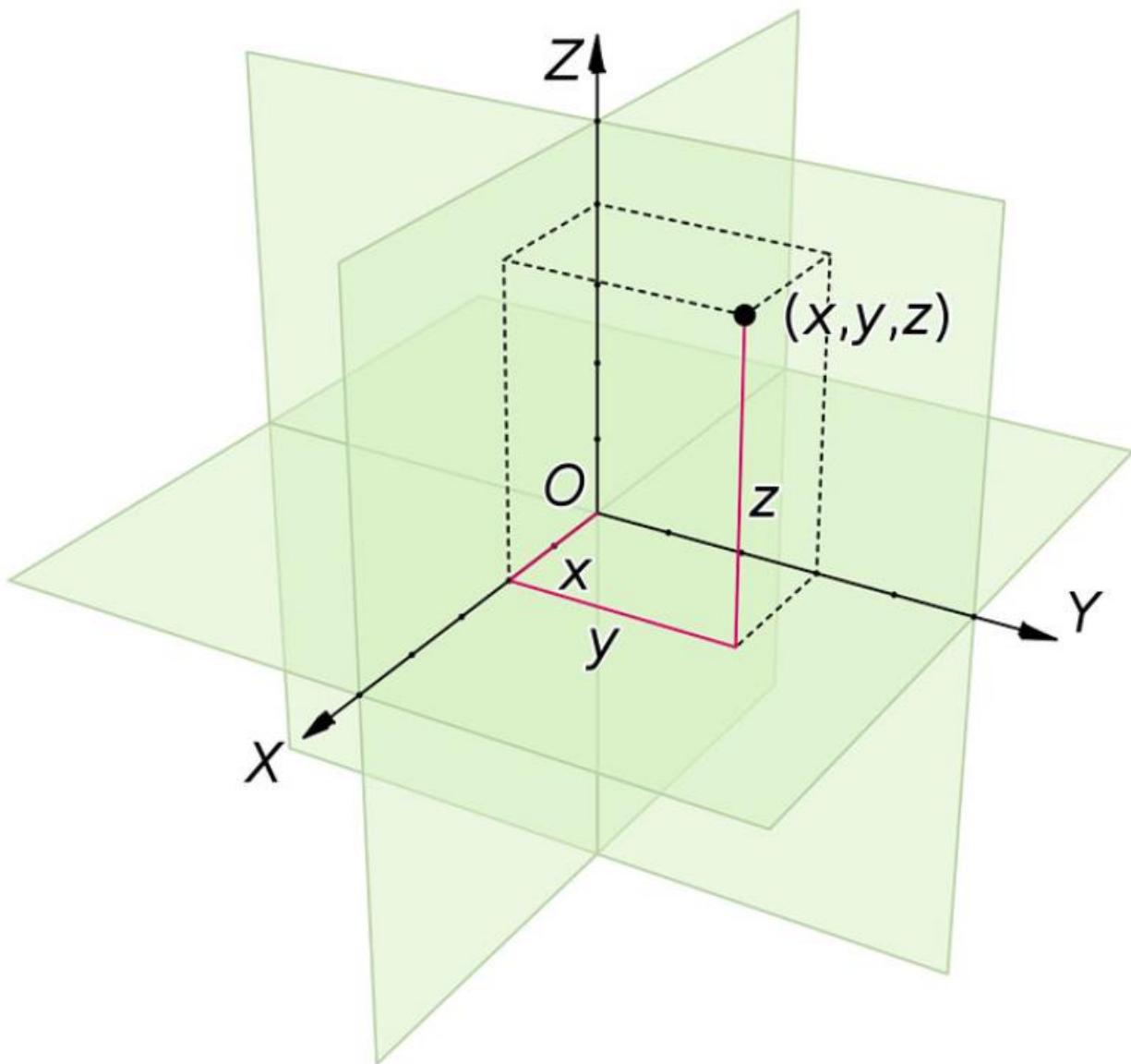


Kartezyen koordinat sistemi

2 boyutlu bir yüzey üzerindeki bir noktanın veya 3 boyutlu bir uzaydaki (boşluktaki) bir objenin yerini belirlemek ve belirtmek için kartezyen koordinat sisteminden yararlanılır.

Eksenlerin kesişme noktasına koordinat merkezi, başlangıç noktası ya da orijin adı verilir. Eksenler ise x, y, z

adlarıyla anılır. Bir yüzeyde veya uzayda bir noktanın yeri, bu eksenler üzerinden orijine olan uzaklıklarını olup x , y , z cinsinden ifade edilir.



Tüm fiziksel nicelikler yön içermez. Bunlara örenenek olarak sıcaklık, basınç, enerji, kütle ve zaman verilebilir. Bu tür nicelikleri skalar büyüklük olarak adlandırılır. Ve Skalar büyüklükler ile işlem yaparken normal cebir kuralları uygulanır.

<i>Skaler Büyüklükler</i>	<i>Vektörel Büyüklükler</i>
<i>Kütle-kg</i>	<i>Kuvvet-Newton</i>
<i>Zaman-saniye</i>	<i>Hız-m/s</i>
<i>Enerji-Joule</i>	<i>Ağırlık-Newton</i>
<i>Sıcaklık-Kelvin</i>	<i>Konum-Metre</i>
<i>Hacim-m³</i>	<i>Yerdeğiştirme-metre</i>
<i>Sürat-m/s</i>	<i>İvme-m/s²</i>
<i>Basınç-Pascal</i>	<i>Tork-N.m</i>
<i>Isı-Joule</i>	<i>Elektrik alan-N/C</i>
<i>İş-Joule</i>	<i>Manyetik alan-Tesla</i>

Skalar ve Vektörel Büyüklükler

Fizik ölçmeye dayalı bir bilim dalıdır ve sayılar(büyüklüklerin ifadesi) kullanılır.

Fizikte ölçülen büyülükler ya skaler ya da vektörel olarak sınıflanır, başka seçenek yoktur. Skaler büyülüklerle vektörel büyülükler arasındaki fark, şiddetlerinin yanı sıra bir yönleri olup olmamasıdır. Skaler büyülükler yalnızca bir sayıla ve birimle yani şiddetle ifade edilebilir. Vektörel büyülükler ise sayının ve birimin (şiddetin) yanında mutlaka doğrultu ve yön bilgisi de gerektirir; vektörel bir niceliğin hem şiddeti hem de yönü vardır. Büyüklük yerine nicelik kelimesi de kullanılır.

Skaler büyülükler

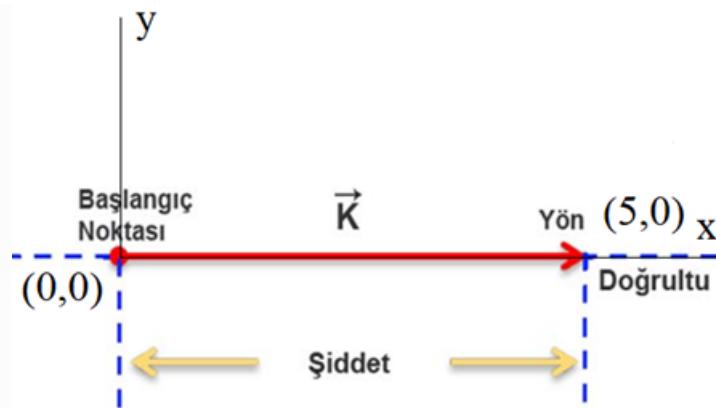
Tüm fiziksel nicelikler yön içermez. Bunlara örenek olarak sıcaklık, basınç, enerji, kütle ve zaman verilebilir. Bu tür nicelikleri skalar büyülük olarak adlandırılır. Ve Skalar büyülükler ile işlem yaparken normal cebir kuralları uygulanır. Skaler büyülüklerin yönleri ve doğrultuları yoktur.

- **Zaman:** Kaç saniye geçti diye sorarsak, yön belirtmemize gerek yoktur.
- **Uzunluk:** Boyun yukarı doğru mu aşağı doğru mu ölçüldüğü önemli değildir.
- **Sürat:** Bir cismin birim zamanda aldığı yolu yönü olmaksızın bilmemizi sağlar.
- **Kütle:** Eğer 80 kg iseniz, sadece 80 sayısını ve kg birimini bilmemiz, kütlenizi anlatmamıza yeter.
- **Özkütle:** Suyun özkütlesi normal şartlarda (1 atmosfer basınçta ve 20° C sıcaklıkta) 1 g/cm³ dediğimizde yön belirtmeyiz.
- **Enerji:** Bir cismin enerjisini anlatmak için sadece kaç joule olduğunu belirtmek yeterlidir,

Skaler	Vektörel
Uzunluk	Yer değiştirme
Kütle	Hız
Zaman	İvme
Sıcaklık	Kuvvet
Akım şiddeti	Elektriksel alan
İşik şiddeti	Manyetik alan
Sürat	
Yüzey alanı	
Hacim	

Vektörel büyülükler

Vektörel büyülüklerin bir başlangıç noktası, büyülüğu (şiddetini gösteren bir sayı ve birimi), doğrultusu ve yönü vardır. Vektörel büyülükler genellikle grafiksel olarak uçlarında ok bulunan çizgilerle (**vektör** denilir) gösterilir. Çizilen doğrunun (vektörün) uzunluğu ele aldığımız niceliğin seçilen ölçekteki şiddetini (ne kadar büyük olduğunu), ok işaretinin yönü de bu büyülügün yönünü gösterir.



Bir parçacık doğru boyunca hareket yapıyorsa o zaman iki yönde hareket edebilir: Pozitif yön veya negatif yön. Üç boyutta hareket söz konusu ise artık pozitif veya negatif işaret hareketinin yönü hakkında bize tam bilgi vermez. Bunun için vektör kullanılır. Vektör büyüklük ve yön kavramlarını içerir ve vektörlerin kombinasyonu belirli kurallar kullanılarak yapılır. Vektörel nicelik, hem yön hemde büyüklük içerir, vektör ile gösterilir.

Bir vektörün dört elemanı:

Uygulama noktası: referans bir noktadan itibaren,

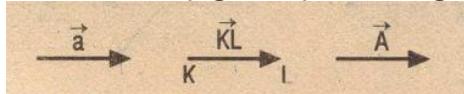
Büyüklük(şiddeti): Vektörün sayısal değeri(örnekte 5),

Doğrultu: Vektörün hangi doğrultuda olduğu(x ekseni doğrultusunda),

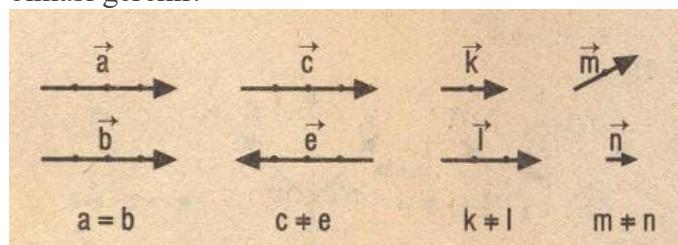
Yön: Okun yönü (örnekte sağa doğru veya + x yönünde)

VEKTÖRLERİN ÖZELLİKLERİ

1) Bir vektör aşağıdaki şekillerde gösterilebilir.



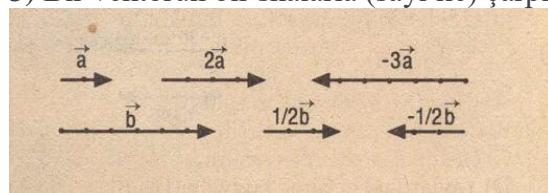
2) Aynı cinsten iki vektörün eşit olabilmesi için, yukarıda verilen üç özelliğinin (değer, yön ve doğrultu) aynı olması gereklidir.



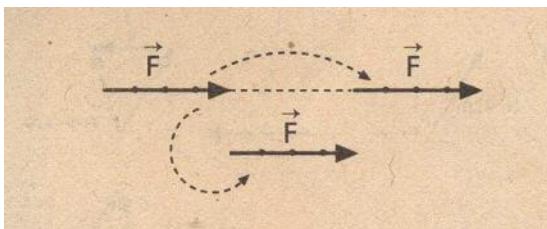
Yonları, değerleri ve doğrultuların aynı olduğu için a ile b vektörleri eşittir.

Yonları farklı olduğu için c ile e vektörleri, değerleri farklı olduğu için k ile l vektörleri, yön, doğrultu ve değerleri farklı olduğu için de m ile n vektörleri farklıdır.

3) Bir vektörün bir skalarla (sayı ile) çarpımı o vektörün katı veya kesri olan bir vektördür.



4) Düzlemede veya uzayda herhangi bir vektörü; değeri, yönü ve doğrultusunu değiştirmemek koşulu ile kendisine paralel kaydırılabilir.



5) Vektörlerin toplam ve farkı farklı bir vektördür

$$\overrightarrow{K+L} = \overrightarrow{M} \quad \overrightarrow{K-L} = \overrightarrow{N}$$

6) Vektörlerin değişme özelliği vardır

$$\overrightarrow{K+L} = \overrightarrow{L+K}$$

Vektörlerin toplanması-çıkarılması

Vektörlerin Toplama ve çıkarma işleminde 2 yöntem vardır

Paralelkenar kuralı:

Başlangıç noktası aynı olan vektörler paralel kenara tamamlanır veyabir vektörün tersi alınıp yönü değiştirilip toplanır . Başlangıç noktası ile kesim noktasını bireştiren vektör, toplam veya fark vektörü verir.

$$\begin{array}{lll} \text{Toplama: } & \overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} & = \overrightarrow{R} = \overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} \\ & \text{Çıkarma: } & \overrightarrow{A} - \overrightarrow{B} = \overrightarrow{R} = \overrightarrow{A} + (-\overrightarrow{B}) \end{array}$$

Üçgen kuralı:

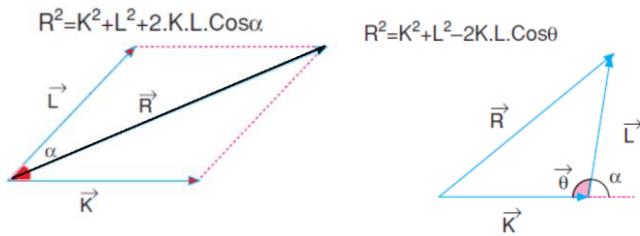
$$\begin{array}{lll} \text{Toplama: } & \overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} & = \overrightarrow{R} = \overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} \\ & \text{Çıkarma: } & \overrightarrow{A} - \overrightarrow{B} = \overrightarrow{R} = \overrightarrow{A} + (-\overrightarrow{B}) \end{array}$$

Birden fazla vektörün toplanması: Üçgen kuralı daha pratiktir. Vektörler üç uca eklenir ve ilk vektörün başlangıcından son vektörün ucuna çizilen vektör bileşkeyi verir. Vektörlerin sırasının önemi yoktur. Çıkarılacak vektörün ise yönü ters çevrilerek eklenir.

$$\overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} + \overrightarrow{C} = \overrightarrow{R} \quad \overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} - \overrightarrow{C} = \overrightarrow{R}'$$

Kosinüs Teoremi:

Paralel kenar yöntemiyle topladığımız iki vektörün bileşkesi çizebilebilir. Büyüklüğünü nasıl buluruz? Bunun için geometriden kosinüs teoremininden faydalananır. (Dar ve Geniş Açılı)



Uygulama : Aralarında Dar ve Geniş açı olan ikişer farklı vektörler için Cos teoremini elde ediniz.

İki Vektörün Skaler Çarpımı:

İki vektörün skaler çarpımı bir skalerdir. Her iki vektörün şiddetleri ve aralarındaki açının cosinüsünün çarpılmasıyla bulunur. Skaler çarpımda « nokta » kullanılır. Geometrik olarak bu çarpım, A defa B'nin A boyunca olan izdüşüm çarpımından ibarettir. Geometrik olarak bu çarpım, A defa B'nin A boyunca olan izdüşüm çarpımıdır.

Vektörlerin paralel ve dik olma durumlarını ele alınırsa. Paralel olması durumunda kosinüs ifadesi birdir ve çarpım bu iki vektörün büyüklükleri çarpımından ibaret olur. Dik oldukları durumunda ise sonuç sıfırdır, çünkü diğerü üzerinde bir izdüşüm yoktur.

$$\vec{A} \bullet \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$$

Ayrıca bu çarpımın **sonucunun skalerdir**, bu nedenle skaler çarpım olarak adlandırılır. İki vektör çarpılır, fakat sonuç bir skalerdir.

A, B' ye dikse ($\Theta = 90^\circ$), $A \cdot B = 0$ olur.

($A \cdot B = 0$ eşitliği aynı zamanda A, ya da B nin sıfır olması durumunda da sağlanacaktır.)

A vektörü, B vektörüne paralel ve aynı yönlü iseler $A \cdot B = AB$ dir.

A vektörü B vektörüne paralel fakat ters yönlü iseler ($\theta = 180^\circ$), $A \cdot B = -AB$ dir.

$90^\circ < \theta < 180^\circ$ olduğunda skaler çarpım negatifdir.

skaler çarpımın yerdeğiştirebilir özelliktedir. Yani

$$A \cdot B = B \cdot A$$

çarpanın dağılma yasasına da uyar, yani

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

Örnek:

A ve B vektörleri, $A = 2i + 3j$ ve $B = -i + 2j$ olarak veriliyor,

$A \cdot B$ skaler çarpımını hesaplayınız.

A ile B arasındaki θ açısını bulunuz.

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}) \cdot (-\mathbf{i} + 2\mathbf{j})$$

$$= -2\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} + 2\mathbf{i} \cdot 2\mathbf{j} - 3\mathbf{j} \cdot \mathbf{i} + 3\mathbf{j} \cdot 2\mathbf{j}$$

$$= -2(1) + 4(0) - 3(0) + 6(1)$$

$$= -2 + 6 = 4$$

Burada $\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = 1$ ve $\mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{i} = 0$.

$A_x = 2$, $A_y = 3$, $B_x = -1$ ve $B_y = 2$ idi.

\mathbf{A} ve \mathbf{B} nin büyüklükleri şöyledir:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{(2)^2 + (3)^2} = \sqrt{13}$$

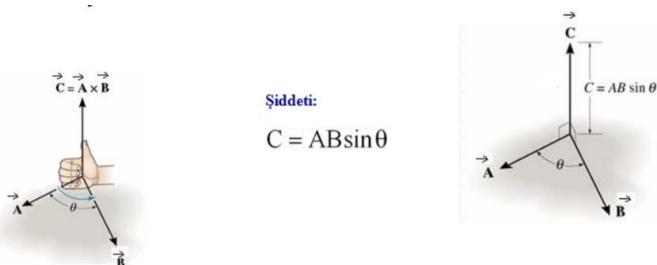
$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{(-1)^2 + (2)^2} = \sqrt{5}$$

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{AB} = \frac{4}{\sqrt{13}\sqrt{5}} = \frac{4}{\sqrt{65}}$$

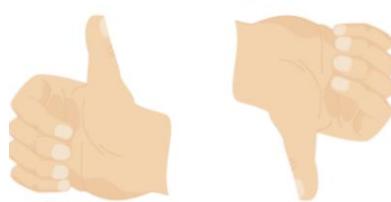
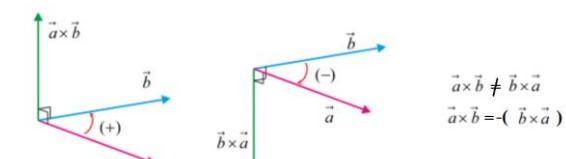
$$\theta = \cos^{-1} \frac{4}{8.06} = 60,2^\circ$$

İki Vektörün Vektörel Çarpımı:

Sonuç bir vektördür. Çıkan vektörün şiddeti her iki vektörün şiddetleri ve aralarındaki açının sin. nün çarpılmasıyla bulunur. Yönü ise, çarpanlanan vektörlerin bulunduğu ortak düzleme diktir ve sağ el kaidesiyle bulunur.



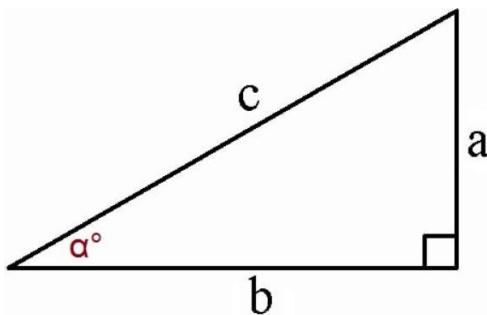
Sağ-Sol El Kuralı



$$\vec{A} \times (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \times \vec{B} + \vec{A} \times \vec{C}$$

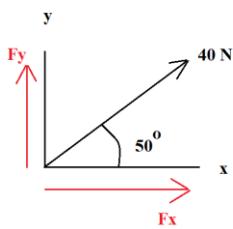
Örnekler

Temel Trigonometrik İlişkiler ve Dik Bileşenlere Ayırma



Sin α	=	$\frac{\text{karşı dik kenar}}{\text{hipotenüs}}$	=	$\frac{a}{c}$
Cos α	=	$\frac{\text{komşu dik kenar}}{\text{hipotenüs}}$	=	$\frac{b}{c}$
Tan α	=	$\frac{\text{karşı dik kenar}}{\text{komşu dik kenar}}$	=	$\frac{a}{b}$
Cot α	=	$\frac{\text{komşu dik kenar}}{\text{karşı dik kenar}}$	=	$\frac{b}{a}$

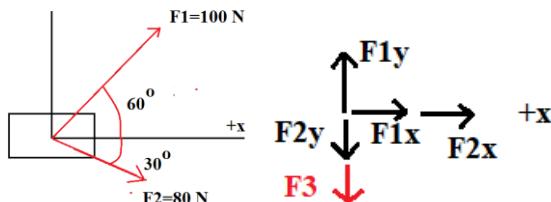
Soru: Yatayın 50^0 üzerinde sağa doğru yönelmiş 40 N luk bir kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri nedir?



$$F_x = F \cos 50^0 = 40 \times 0,64 = 25,6 \text{ N}$$

$$F_y = F \sin 50^0 = 40 \times 0,76 = 30,4 \text{ N}$$

Soru: İki adam ve bir çocuk bir sandığı $+x$ doğrultusunda hareket ettirmek istiyor. İki adının uygulayduğu kuvvetler şekilde verilmiştir. Çocuğun uygulayacağı kuvvetin yön- büyüklük ve doğrultusu nedir?



$$F_{1x} = F_1 \cos 60^0 = 100 \times 0,5 = 50 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^0 = 100 \times 0,866 = 86,6 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos 30^0 = 80 \times 0,866 = 69,3 \text{ N}$$

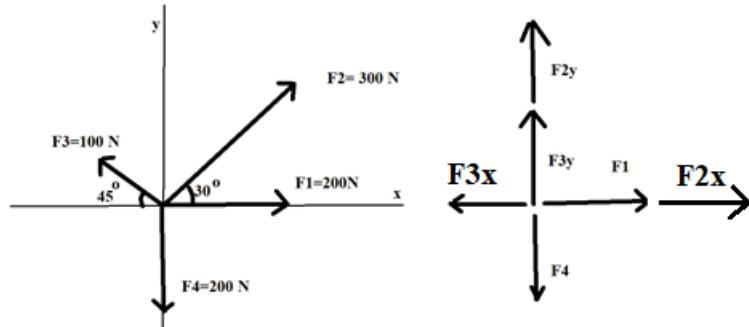
$$F_{2y} = F_2 \sin 30^0 = 80 \times 0,5 = 40 \text{ N}$$

$$R_x = \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} = 50 + 69,3 = 119,3 \text{ N}$$

$$R_y = \sum F_y = F_{1y} + F_{2y} = 86,6 - 40 = 46,6 \text{ N}$$

Çocuğun uygulayacağı kuvvet $F_3 = 46,6 \text{ N}$ ve $-y$ doğrultusunda olmalıdır.

Soru: Şekilde şiddet ve yatayla yaptıkları açılar verilen dört kuvvetin bileşkesi ve sistemi dengede tutabilecek beşinci bir kuvvetin yön şiddet ve doğrultusu nedir?



$$F_{1x} = F_1 \cos 0^\circ = 200 \times 1 = 200 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 0^\circ = 200 \times 0 = 0 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos 30^\circ = 300 \times 0,866 = 259,8 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin 30^\circ = 300 \times 0,5 = 150 \text{ N}$$

$$F_{3x} = F_3 \cos 45^\circ = 100 \times 0,7 = 70 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \sin 45^\circ = 100 \times 0,7 = 70 \text{ N}$$

$$F_{4x} = F_4 \cos 90^\circ = 200 \times 0 = 0 \text{ N}$$

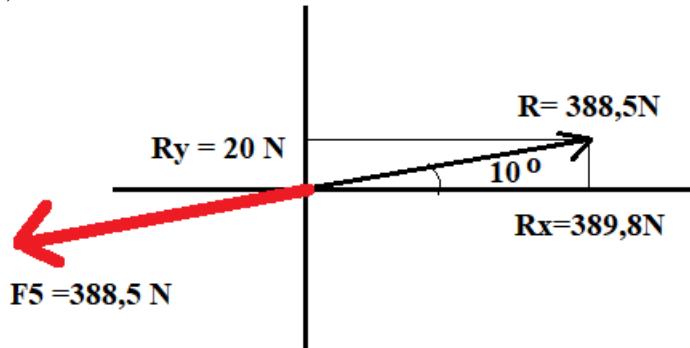
$$F_{4y} = F_4 \sin 90^\circ = 200 \times 1 = 200 \text{ N}$$

$$R_x = \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 200 + 259,8 + (-70) + 0 = 389,8 \text{ N (+x)}$$

$$R_y = \sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = 0 + 150 + 70 + (-200) = 20 \text{ N (+y)}$$

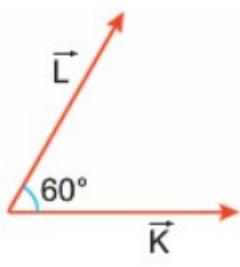
$$R^2 = R_x^2 + R_y^2 = (389,8)^2 + (20)^2 \quad R = 388,5 \text{ N}$$

$$\operatorname{tg} \theta = R_y / R_x = 20 / 389,8 = 0,051 \quad \theta \sim 10^\circ$$



Soru :

Soru: Aralarında 60° açı bulunan Her biri 10 N olan iki vektörün Bileşkesi nedir?



$$R^2 = K^2 + L^2 + 2 \cdot K \cdot L \cdot \cos 60^\circ$$

$$R^2 = 100 + 100 + 2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}$$

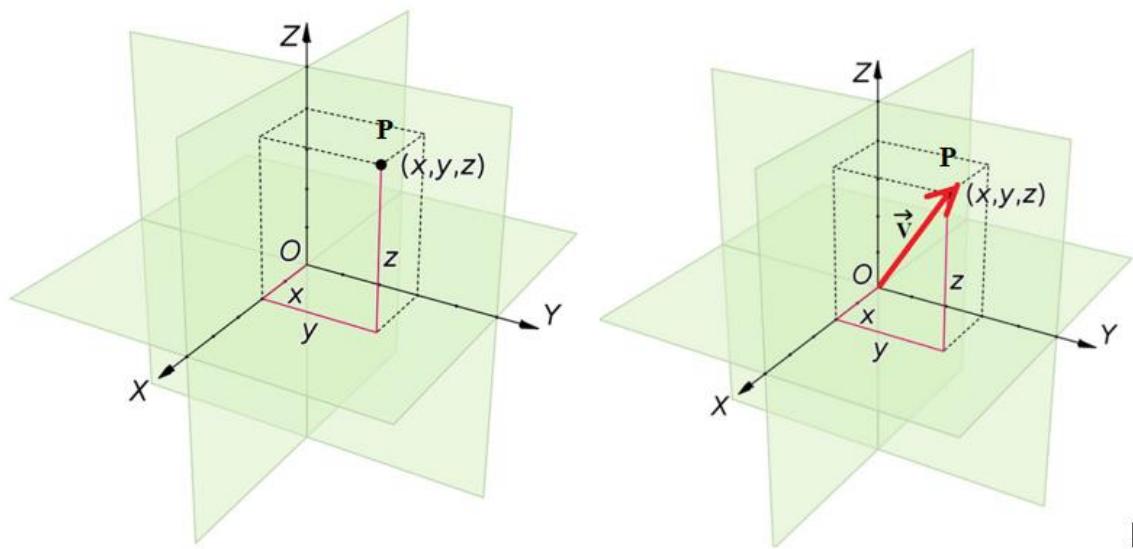
$$R^2 = 300$$

$$R = 10\sqrt{3} \text{ N}$$

Kartezyen koordinat sistemi

2 boyutlu bir yüzey üzerindeki bir noktanın veya 3 boyutlu bir uzaydaki (boşluktaki) bir objenin yerini belirlemek ve belirtmek için kartezyen koordinat sisteminden yararlanılır.

Eksenlerin kesişme noktasına koordinat merkezi, başlangıç noktası ya da orijin adı verilir. Eksenler ise x, y, z adlarıyla anılır. Bir yüzeyde veya uzayda bir noktanın yeri, bu eksenler üzerinden orijine olan uzaklıklarını olup x, y, z cinsinden ifade edilir.

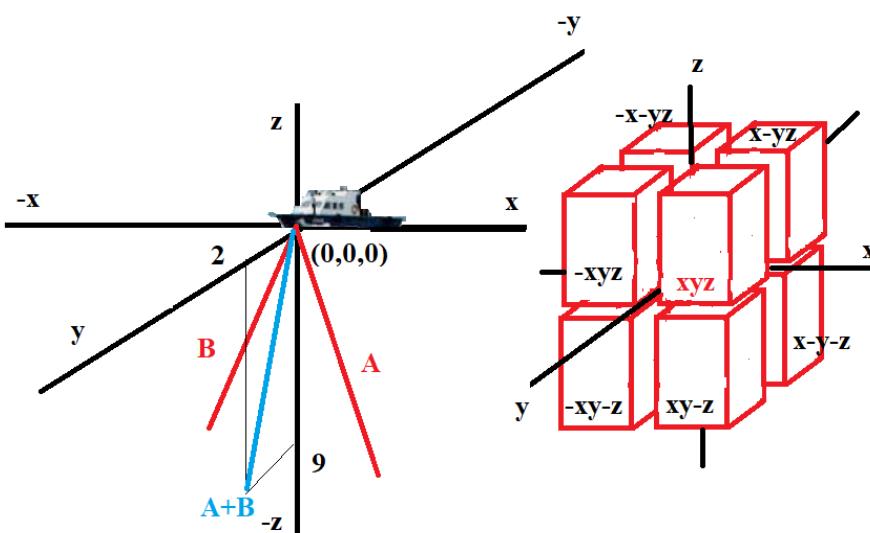


\vec{V} vektörünün büyüklüğü $|OP| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ olacaktır. Vektörün gösterimi ise,
 $\vec{V} = xi + yj + zk$ olacaktır.

Soru: İki çapa bir gemiyi A ve B vektörleri ile temsil ederek yerinde tutuyor. Tek bir gösterimi ne olur?

$$A = 2i + 4j - 4k$$

$$B = -2i - 3j - 5k$$



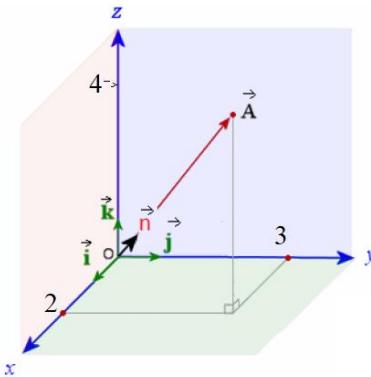
$$A+B = (2+(-2))\mathbf{i} + (4+(-3))\mathbf{j} + ((-4)+(-5))\mathbf{k} = 2\mathbf{j}-9\mathbf{k}$$

Birim Vektör (\vec{n})

Herhangi bir doğrultuda şiddeti(büyüklüğü) 1 olan vektördür. Kartezyen koordinat sisteminde i, j, k ile sembolize edilirler.

$n=1$ ve $\vec{n} = \frac{\vec{A}}{|A|}$ (Herhangi bir doğrultudaki birim vektörün bulunması)(A, A VEKTÖRÜNÜN UZUNLUĞU

Buna göre bir vektörün şiddeti, kendi doğrultusundabir birim vektörün çarpımına eşittir. Yani $\vec{A} = A \cdot \vec{n}$ (Vektörlerin kartezyen koordinatlarında ifadesi için, Örnek: $\vec{A} = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 4\mathbf{k}$)(KONUM VEKTÖRÜ)



Soru: $\vec{A} = 8\mathbf{i} - \mathbf{j} + 4\mathbf{k}$ ise $\vec{n} = ?$

$$\vec{n} = \frac{\vec{A}}{|A|} \text{ idi,}$$

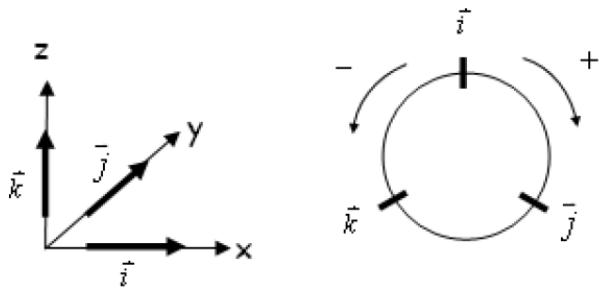
$$\sqrt{(8)^2 + (-1)^2 + (4)^2} = \sqrt{81} = 9$$

$$\vec{n} = \sqrt{(8\mathbf{i} - \mathbf{j} + 4\mathbf{k})/9} = \sqrt{(8/9)^2 + (-1/9)^2 + (4/9)^2} = 1$$

Birim vektörlerin çarpımı

Aralarında 90° açı bulunan i, j, k birim vektörlerinin çarpımı,

$ixj = 1x1x\sin 90^\circ \cdot k = 1$ (Üç birim vektörden ikisinin çarpımı üçüncü vektörü verir)
İşaret ise, aşağıdaki şemaya göre verilebilir.



Örneğin, $i \times j = i$ $i \times k = -j$

Birim vektörün kendisiyle vektörel çarpımı 0 ($i \times i = 1 \times 1 \times \sin 0^\circ = 0$)

Dolayısıyla

$$i \times i = j \times j = k \times k = 0$$

Ayrıca,

$$i \times j = k \quad j \times k = i \quad k \times i = j$$

$$j \times i = -k \quad k \times j = -i \quad i \times k = -j$$

Birim vektörün bir başka birim vktörle scalar çarpımı 0 a eşittir. $i \times i = 1 \times 1 \cos 90^\circ = 1$

Hangisi birim vektördü?

$$U = (1, 1) \rightarrow \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} \neq 1$$

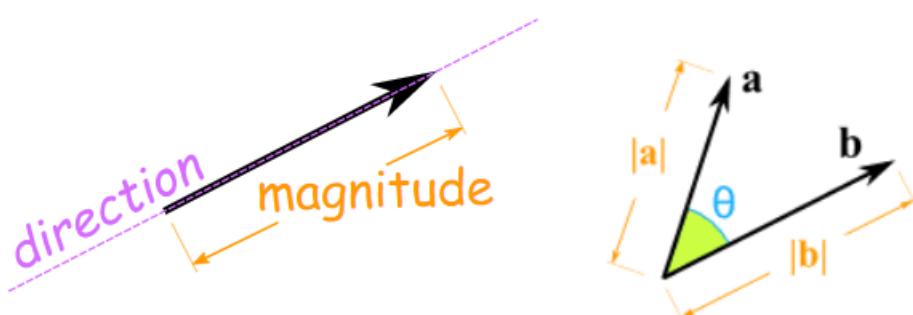
$$V = (1, 0, 1/2) \rightarrow \sqrt{1+0+1/4} = \sqrt{5/4} \neq 1$$

$$W = (1/2, \sqrt{3}/2) \rightarrow \sqrt{1/4 + 3/4} = \sqrt{1} = 1$$

$$Q = (0, -1, 0) \rightarrow \sqrt{0+1+0} = \sqrt{1} = 1$$

Nokta çarpımı(Dot Product)

Bir vektörün büyüklüğü (ne kadar uzun olduğu) ve yönü vardır. Bunlar nokta çarpımı ile sonuç vektör elde edilebilir.



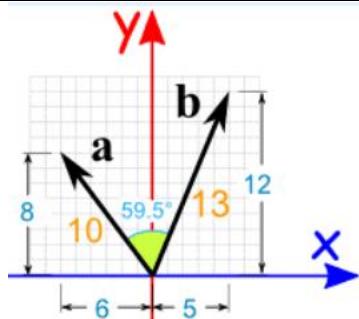
$|a|$ a vektörünün büyüklüğü (uzunluğu)

$|b|$ b vektörünün büyüklüğü (uzunluğu)

θ , a ve b arasındaki açıdır

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(\theta) \text{ yada } \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x \times b_x + a_y \times b_y$$

Her iki sonuçta skalardır



$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(\theta)$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 10 \times 13 \times \cos(59,5^\circ)$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 10 \times 13 \times 0,5075\dots$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 65,98\dots = 66 \text{ (rounded)}$$

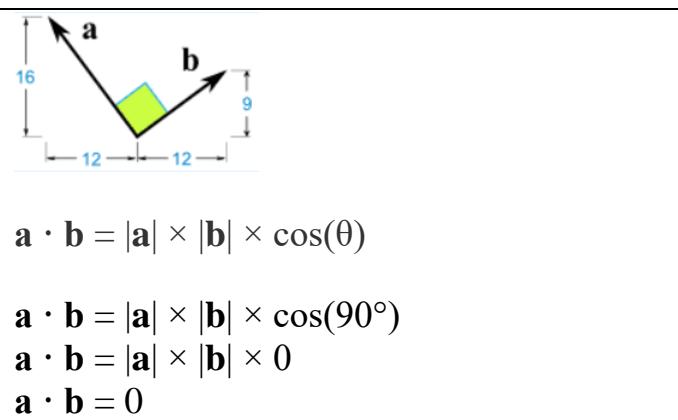
Yada

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x \times b_x + a_y \times b_y$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = -6 \times 5 + 8 \times 12$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = -30 + 96$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 66$$



$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(\theta)$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(90^\circ)$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times 0$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 0$$

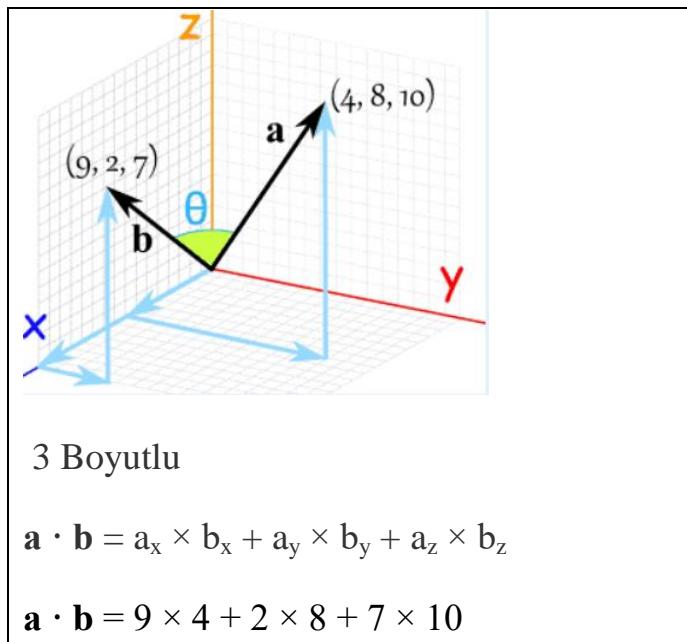
or we can calculate it this way:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x \times b_x + a_y \times b_y$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = -12 \times 12 + 16 \times 9$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = -144 + 144$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 0$$



3 Boyutlu

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x \times b_x + a_y \times b_y + a_z \times b_z$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 9 \times 4 + 2 \times 8 + 7 \times 10$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 36 + 16 + 70$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 122$$

Now for the other formula:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(\theta)$$

We can use [Pythagoras](#):

$$\bullet \quad |\mathbf{a}| = \sqrt{(4^2 + 8^2 + 10^2)}$$

$$\bullet \quad |\mathbf{a}| = \sqrt{(16 + 64 + 100)}$$

$$\bullet \quad |\mathbf{a}| = \sqrt{180}$$

Likewise for $|\mathbf{b}|$:

- $|\mathbf{b}| = \sqrt{(9^2 + 2^2 + 7^2)}$
- $|\mathbf{b}| = \sqrt{(81 + 4 + 49)}$
- $|\mathbf{b}| = \sqrt{134}$

And we know from the calculation above that $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 122$, so:

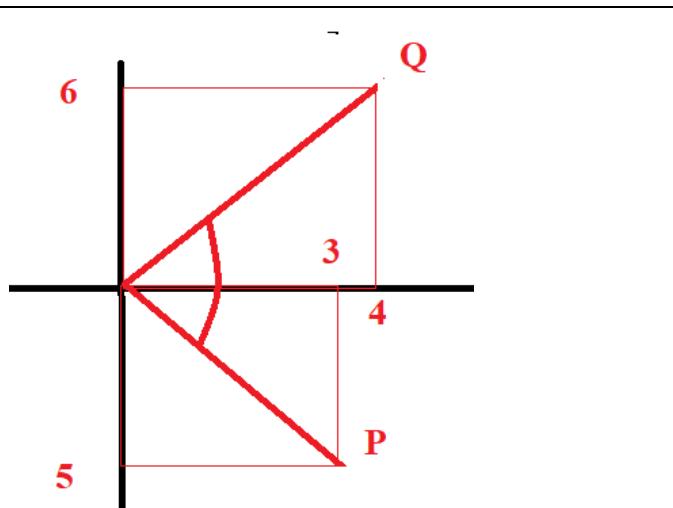
$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \times \cos(\theta)$$

$$122 = \sqrt{180} \times \sqrt{134} \times \cos(\theta)$$

$$\cos(\theta) = 122 / (\sqrt{180} \times \sqrt{134})$$

$$\cos(\theta) = 0,7855\dots$$

$$\theta = \cos^{-1}(0,7855\dots) = 38,2\dots^\circ$$



Find the angle between two vectors $5\mathbf{i} - \mathbf{j} + \mathbf{k}$ and $\mathbf{i} + \mathbf{j} - \mathbf{k}$.

Solution:

Let

$$\vec{a} = 5\mathbf{i} - \mathbf{j} + \mathbf{k} \text{ and}$$

$$\vec{b} = \mathbf{i} + \mathbf{j} - \mathbf{k}$$

The dot product is defined as

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (5\mathbf{i} - \mathbf{j} + \mathbf{k})(\mathbf{i} + \mathbf{j} - \mathbf{k})$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (5)(1) + (-1)(1) + (1)(-1)$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 5 - 1 - 1$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 3$$

The Magnitude of vectors is given by

$$|\vec{a}| = \sqrt{(5^2 + (-1)^2 + 1^2)} = \sqrt{27} = 5.19$$

$$|\vec{b}| = \sqrt{(1^2 + 1^2 + (-1)^2)} = \sqrt{3} = 1.73$$

Find the angle between $P=3\mathbf{i}-5\mathbf{j}$ and $Q=4\mathbf{i}+6\mathbf{j}$ vektors

$$\theta = \mathbf{P} \cdot \mathbf{Q} / |\mathbf{P}| \cdot |\mathbf{Q}|$$

$$\mathbf{P} \cdot \mathbf{Q} = (3\mathbf{i}-5\mathbf{j}) \cdot (4\mathbf{i}+6\mathbf{j}) = 18$$

According to Pisagor theory

$$|\mathbf{P}| \cdot |\mathbf{Q}| = \sqrt{(3^2 + (-5)^2)} \cdot \sqrt{(4^2 + 6^2)} = 42,048$$

Then

$$\theta = \arccos(18/42,048) = 115,3^\circ$$

The angle between the two vectors is

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{3}{(5.19)(1.73)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{3}{8.97}$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.334)$$

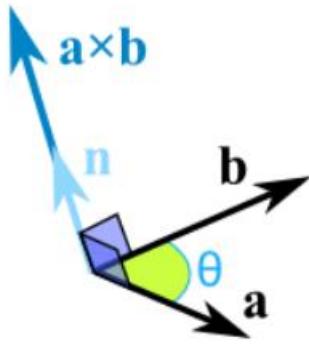
$$\theta = 70.48^\circ$$

Soru: $A=(2-n, 3)$ ve $B=(1,2)$ vektörleri dik ise $n=?$

$$A \cdot B = |\mathbf{a}| \times |\mathbf{b}| \cos \theta = 0$$

$$(2-n)1 + (3 \cdot 2) = 0 \quad n=8$$

Çapraz çarpım(Cross Product)



$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = | \mathbf{a} | | \mathbf{b} | \sin(\theta) \mathbf{n}$$

$| \mathbf{a} |$ a vektörünün büyüklüğü (uzunluğu)

$| \mathbf{b} |$ b vektörünün büyüklüğü (uzunluğu)

θ , a ve b arasındaki açıdır

n, hem a hem de b' ye dik açıdaki birim vektördür

When \mathbf{a} and \mathbf{b} start at the origin point (0,0,0), the Cross Product will end at:

- $c_x = a_y b_z - a_z b_y$
- $c_y = a_z b_x - a_x b_z$
- $c_z = a_x b_y - a_y b_x$

İki vektör birim vektörler cinsinden verilir ise vektörel çarpımın **matriks formu kullanılır.**

Let $u = ai + bj + ck$ and $v = di + ej + fk$ be vectors then we define the *cross product* $v \times w$ by the determinant of the matrix:

$$\begin{bmatrix} i & j & k \\ a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix}$$

We can compute this determinant as,

$$\begin{bmatrix} b & c \\ e & f \end{bmatrix} i - \begin{bmatrix} a & c \\ d & f \end{bmatrix} j + \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} k$$

a = (-2, 3, 5) and **b** = (-4, 1, -6) vektörlerinin çapraz çarpımı nedir?

$$a_x = -2, a_y = 3 \text{ and } a_z = 5$$

$$b_x = -4, b_y = 1 \text{ and } b_z = -6$$

Then

- $c_x = a_y b_z - a_z b_y = 3 \times (-6) - 5 \times 1 = -18 - 5 = -23$
- $c_y = a_z b_x - a_x b_z = 5 \times (-4) - (-2) \times (-6) = -20 - 12 = -32$
- $c_z = a_x b_y - a_y b_x = (-2) \times 1 - 3 \times (-4) = -2 - (-12) = 10$

Answer: $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = (-23, -32, 10)$

Soru: What is the cross product of $\mathbf{a} = (1, 2, 3)$ and $\mathbf{b} = (4, 5, 6)$?

$$a_x = 1, a_y = 2 \text{ and } a_z = 3$$

$$b_x = 4, b_y = 5 \text{ and } b_z = 6$$

Then

- $c_x = a_y b_z - a_z b_y = 2 \times 6 - 3 \times 5 = 12 - 15 = -3$
- $c_y = a_z b_x - a_x b_z = 3 \times 4 - 1 \times 6 = 12 - 6 = 6$
- $c_z = a_x b_y - a_y b_x = 1 \times 5 - 2 \times 4 = 5 - 8 = -3$

Answer: $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = (-3, 6, -3)$

Soru: If $\mathbf{a} = (-2, 1, 1)$, $\mathbf{b} = (2, 1, 1)$ and $\mathbf{c} = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$, what is the magnitude of \mathbf{c} ?

$$a_x = -2, a_y = 1 \text{ and } a_z = 1$$

$$b_x = 2, b_y = 1 \text{ and } b_z = 1$$

Then

- $c_x = a_y b_z - a_z b_y = 1 \times 1 - 1 \times 1 = 1 - 1 = 0$
- $c_y = a_z b_x - a_x b_z = 1 \times 2 - (-2) \times 1 = 2 - (-2) = 2 + 2 = 4$
- $c_z = a_x b_y - a_y b_x = -2 \times 1 - 1 \times 2 = -2 - 2 = -4$

So $\mathbf{c} = (0, 4, -4)$.

$$\text{Thus, } |\mathbf{c}| = \sqrt{(0^2 + 4^2 + (-4)^2)} = \sqrt{(0 + 16 + 16)} = \sqrt{32} = 4\sqrt{2}$$

Soru: A=(3,0,0) ve B=(0,5,0)

$$\mathbf{AxB} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ Ax & Ay & Az \\ Bx & By & Bz \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 3 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= (0.0 - 0.5)\mathbf{i} - (3.0 - 0.0)\mathbf{j} + (3.5 - 0.0)\mathbf{k} = 15\mathbf{k}$$

Question 1: Find the product of the following using vector product formula: $u = 2i + j - 3k$, $v = 4j + 5k$.

Solution: We calculate the product of the two vectors u and v ,

$$\begin{bmatrix} i & j & k \\ 2 & 1 & -3 \\ 0 & 4 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}i - \begin{bmatrix} 2 & -3 \\ 0 & 5 \end{bmatrix}j + \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}k \\ = 17i - 10j + 8k$$

Soru: $A = (3i + 2j - 4)$ ve $B = (i - 2j - 3k)$ vektörel çarpım ve iki vektör arası açı ?

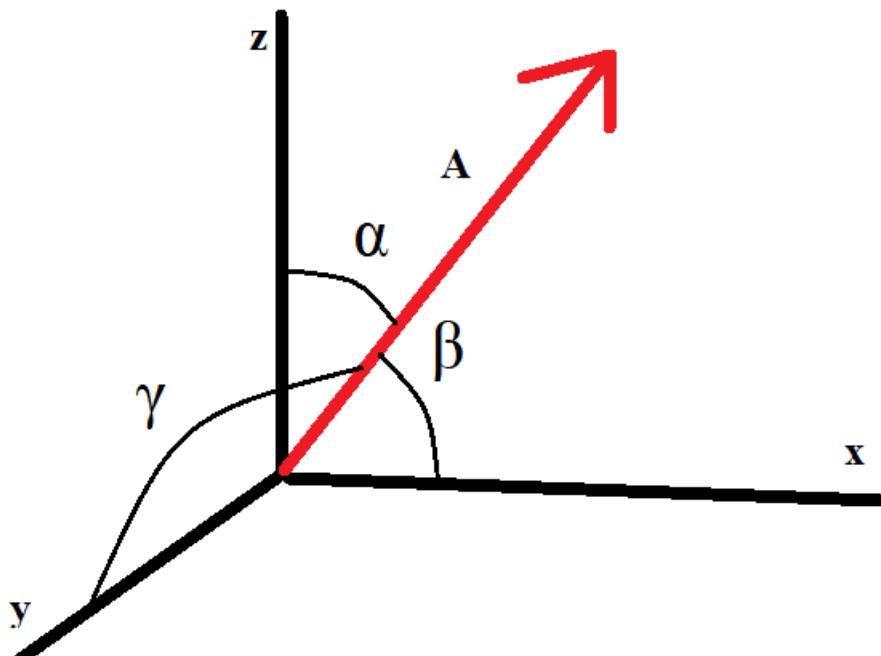
$$Ax B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ Ax & Ay & Az \\ Bx & By & Bz \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 3 & 2 & 4 \\ 1 & -2 & -3 \end{vmatrix}$$

$$= 2i + 13j - 8k$$

$$a \times b = |a| |b| \sin(\theta) = \sqrt{237}$$

$$\sqrt{237} = \sqrt{29} \sqrt{14} \sin \theta$$

$$\theta \approx 45^\circ$$



$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

$\cos\alpha, \cos\beta$ and $\cos\gamma$ are direction cosines of a vector

Consider a vector $\vec{w} = a\hat{i} + b\hat{j} + c\hat{k}$

Direction cosines of \vec{w} are

$$\cos\alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \cos\beta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \cos\gamma = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}\right)^2 + \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}\right)^2 + \left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}\right)^2$$

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = \frac{a^2}{a^2 + b^2 + c^2} + \frac{b^2}{a^2 + b^2 + c^2} + \frac{c^2}{a^2 + b^2 + c^2} = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{a^2 + b^2 + c^2} = 1$$

Soru: 3B de 200 N luk Bir kuvvet vektörünün β ve γ açıları sırasıyla 60° ve 45° dir. A =?

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1 - (0,5)^2 - (0,707)^2} = 0,5$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$A = A \cos\alpha i + A \cos\beta j + A \cos\gamma k$$

$$= (200 \cos 60) i + (200 \cos 60) j + (200 \cos 45) k$$

$$= 100i + 100j + 141,1k \text{ olarak bulunur...}$$

Bir cisimin Öteleme Hareket Denkliği

Bir cisim durmakta, ya da sabit hızla hareket etmekte ise bu cisim öteleme hareket dengesindedir denir. Cisme etkiyen kuvvetlerin toplamı sıfır olursa bu cisim öteleme dengesindedir. Bunun için öteleme denge sisteminde

$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

ya da iki boyutlu koordinat sisteminde

$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0$$

olmalıdır.

ΣF_x ve ΣF_y bileşenleri, kuvvet vektörlerini koordinat sisteminde çizmek ve x-bileşenlerini cebirsel toplayarak ΣF_x i ve y-bileşenlerini toplayarak ΣF_y i bulmak suretiyle elde edilir. Şöyleki

$$\Sigma F_x = F_1 \cdot \cos \theta_1 + F_2 \cdot \cos \theta_2 + \dots$$

$$\Sigma F_y = F_1 \cdot \sin \theta_1 + F_2 \cdot \sin \theta_2 + \dots$$

θ vektörlerin pozitif x ekseni ile yaptıkları açıdır.

Denge halinde bu bileşenlerin toplamı sıfırdır. Bundan yararlanmak suretiyle birçok problemler çözülebilir.

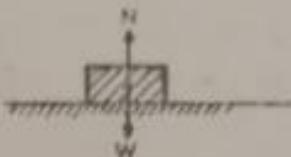
$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

ya da $\Sigma F = 0$ olma şartına dengeliğin birinci şartı denir. Bu durumda cisim ya durur ya da düzgün doğrusal hareket yapabilir.

2—1. Bir cisim yatay bir düzlem üzerinde duruyor. (a) Bu cisim etkileyen üç kuvvet nelerdir? (b) Bu kuvvetleri uygulayan cisimler hangileridir? (c) Bu kuvvetlerin tepkileri nelerdir? (d) Tepki cisimde uygulanmaktadır ve bunu hangi cisim uygulamaktadır?

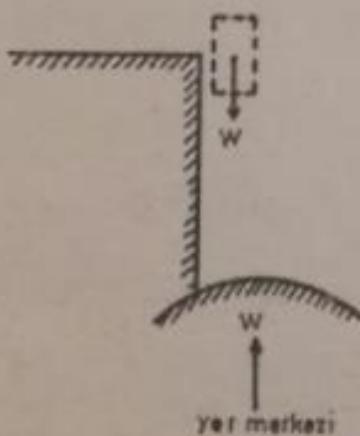
- a) Cismin ağırlığı W kuvveti ile düzlemin tepkisi olan N kuvvetidir.
- b) W kuvvetini cisim, N kuvvetini yüzey uygulamaktadır.
- c) N kuvveti tepki kuvvetidir.
- d) Tepki cisimde yüzey tarafından uygulanmaktadır.



Sek. 2—1

2—2. Masa üzerinde duran bir cisim itiliyor ve kenardan düşüyor. (a) Cisim masadan yere düşerken hangi kuvvet veya kuvvetlerin etkisindedir? (b) Kuvvetlerin her birinin tepkileri nelerdir, yanı hangi cisim hangi cisime tepki uygular. Hava direncini besaba katmayınız.

- a) Etki eden kuvvet sadece kendi W ağırlığıdır. Çünkü hava direnci ihmal ediliyor.

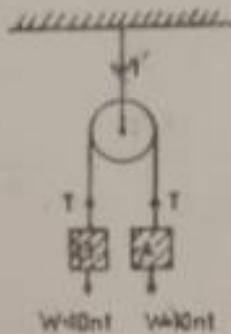


Sek. 2—2

- b) Düşerken cisimde etki eden ağırlığın tepkisi, cismin yere uyguladığı çekim kuvvetidir ve ağırlığına eşittir.

2—3. 10 n ağırlığında iki cisim bir sicimin uçlarına bağlı olmuş ve hafif, sürünenmesiz dönen bir makaradan geçirilmiştir. Makara tavana bir zincirle asılı olduğuna göre, (a) Sicimdeki gerilme ne kadardır? (b) Zincirdeki gerilme ne kadardır?

a) Sicim sürünenmesiz bir makaradan geçtiği için, makaranın iki tarafındaki sicim gerilimleri eşit olur. Sicimdeki gerilime T diyelim. Sisteme dengede olduğundan, A cisimi için dengenin birinci şartını uygularıksak;



Sek. 2—3

$$\Sigma F_y = 0 \quad T - W = 0 \quad T = W = 10 \text{ nt.}$$

elde edilir.

b) Zincirdeki gerilim T' ise, dengenin birinci şartına göre :

$$\Sigma F_y = 0 \quad T + T - T' = 0 \quad T' = 2T = 2 \times 10 = 20 \text{ nt.}$$

olur.

2—4. Sek. 2—4 teld asılı cisimin ağırlığı 50 n dur. T_2 ve T_3 gerilimlerini bulunuz. (a) $\theta_1 = \theta_3 = 60^\circ$, (b) $\theta_2 = \theta_3 = 10^\circ$, (c) $\theta_2 = 60^\circ$, $\theta_3 = 0$ ve (d) $AB = 10 \text{ cm}$ $AO = 6 \text{ cm}$, $OB = 8 \text{ cm}$ olduğuna göre cevaplandırınız.

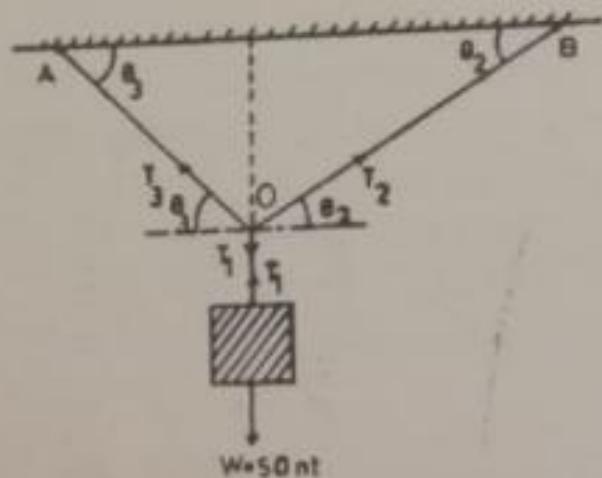
a) Şekilde görüldüğü gibi iplerdeki gerilimler T_1 , T_2 , T_3 olsun. Asılı cisim dengede olduğuna göre bu cisim için dengenin birinci şartını yazalım.

$$\Sigma F_y = 0 \quad T_1 - W = 0 \quad T_1 = W = 50 \text{ nt.}$$

$$\theta_2 = \theta_3 = 60^\circ$$

O noktası için dengenin şartını yazalım. T_2 ve T_3 , x ekseni doğrul-

tusundaki bileşenleri T_{2x} , T_{3x} , y ekseni doğrultusundaki bileşenleri T_2 , T_3 , olduğuna göre;



Sek. 2—4

$$\Sigma F_x = 0 \quad T_{2x} - T_{3x} = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad T_{2y} + T_{3y} - T_1 = 0 \quad (2)$$

$$T_{2x} = T_2 \cdot \cos \theta_2 = T_2 \cdot \cos 60^\circ = 0,5 T_2$$

$$T_{2y} = T_2 \cdot \sin \theta_2 = T_2 \cdot \sin 60^\circ = 0,86 T_2$$

$$T_{3x} = T_3 \cdot \cos \theta_3 = T_3 \cdot \cos 60^\circ = 0,5 T_3$$

$$T_{3y} = T_3 \cdot \sin \theta_3 = T_3 \cdot \sin 60^\circ = 0,86 T_3$$

(1) denkleminden

$$T_{2x} = T_{3x} \quad 0,5 T_2 = 0,5 T_3 \quad T_2 = T_3$$

(2) denkleminden

$$T_2 \times 0,86 + T_3 \times 0,86 - T_1 = 0 \quad T_1 = 50 \text{ nt.}$$

$$T_2 \times 0,86 + T_2 \times 0,86 - 50 = 0$$

$$T_2 = \frac{50}{2 \times 0,86} = 29 \text{ nt.}$$

$$T_3 = T_2 = 29 \text{ nt.}$$

b) $\theta_2 = \theta_3 = 10^\circ$

(a) yukarıdaki denklemler yine geçerlidir.

$$T_{2x} = T_2 \cdot \cos 10^\circ = 0,98 T_2, \quad T_{2y} = T_2 \cdot \sin 10^\circ = 0,17 T_2,$$

$$T_{3x} = T_3 \cdot \cos 10^\circ = 0,98 T_3, \quad T_{3y} = T_3 \cdot \sin 10^\circ = 0,17 T_3,$$

$$T_{2x} = T_{3x}, \quad 0,98 T_2 = 0,98 T_3, \quad T_2 = T_3,$$

$$T_{2y} + T_{3y} - T_1 = 0 \quad 0,17 T_2 + 0,17 T_3 - T_1 = 0$$

$$0,17 T_2 + 0,17 T_3 - 50 = 0 \quad T_2 = \frac{50}{2 \times 0,17} = 147 \text{ nt.}$$

$$T_3 = T_2 = 147 \text{ nt.}$$

c) $\theta_1 = 60^\circ \quad \theta_2 = 0$

$$T_{2x} = T_2 \cdot \cos 60^\circ = 0,5 T_2, \quad T_{2y} = T_2 \cdot \sin 60^\circ = 0,86 T_2,$$

$$T_{3x} = T_3 \cdot \cos 0^\circ = T_3,$$

$$T_{3y} = T_3 \cdot \sin 0^\circ = 0 \quad T_{3x} = T_3, \quad 0,5 T_2 = T_3,$$

$$T_{2x} + T_{3x} - T_1 = 0 \quad 0,86 T_2 + 0 - 50 = 0$$

$$T_2 = \frac{50}{0,86} = 58,13 \text{ nt.}$$

$$T_3 = 0,5 \cdot T_2 = 0,5 \times 58,13 = 29 \text{ nt.}$$

d) $AB = 10 \text{ cm. } AO = 6 \text{ cm. } OB = 8 \text{ cm.}$

Verilen kenar değerlerine göre ABO üçgeni bir dik üçgendir ve $\angle AOB = 90^\circ$ dir. Buna göre;

$$\cos \theta_2 = \frac{OB}{AB} = \frac{8}{10} = 0,8 \quad \sin \theta_2 = \frac{OA}{AB} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$\cos \theta_3 = \frac{AO}{AB} = \frac{6}{10} = 0,6 \quad \sin \theta_3 = \frac{OB}{AB} = \frac{8}{10} = 0,8$$

$$T_{2x} = T_2 \cdot \cos \theta_2 = 0,8 T_2, \quad T_{2y} = T_2 \cdot \sin \theta_2 = 0,6 T_2,$$

$$T_{3x} = T_3 \cdot \cos \theta_3 = 0,6 T_3, \quad T_{3y} = T_3 \cdot \sin \theta_3 = 0,8 T_3,$$

$$T_{2x} = T_{3x}, \quad 0,8 T_2 = 0,6 T_3, \quad T_3 = \frac{0,8}{0,6} T_2 = 1,33 T_2$$

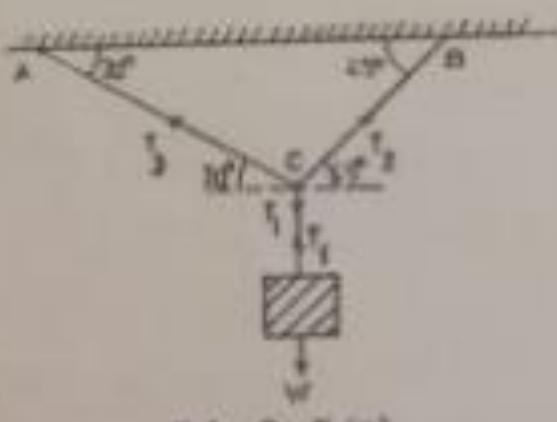
$$T_{2y} + T_{3y} - T_1 = 0 \quad 0,6 T_2 + 0,8 T_3 - T_1 = 0$$

$$0,6 T_2 + 0,8 \times 1,33 T_2 - 50 = 0 \quad 1,66 T_2 = 50$$

$$T_2 = \frac{50}{1,06} = 30,1 \text{ nt. } T_1 = 1,33 \times 30,1 = 40 \text{ nt.}$$

2-5. Şek. 2-5 de sedan röm 200 n olduğuna göre sistemin her ikiindeki gerilimleri hesaplayınız.

a) İplerdeki gerilimler T_x , T_y , T_z olsun. W ciemi dengede olduğuna göre denge şartını yazınak;



Şek. 2-5 (a)

$$\Sigma F_x = 0 \quad T_x - W = 0 \quad T_x = W \quad T_x = 200 \text{ nt.}$$

elde edilir.

Dengede olan C noktası içinde dengenin birinci şartını yazalım. T_x ve T_z 'lin x ekseni üzerindeki bileşenleri T_{zx} , T_{xz} , y ekseni üzerindeki bileşenleri T_{zy} , T_{yz} olduğuna göre;

$$\Sigma F_x = 0 \quad T_{zx} - T_{xz} = 0 \quad T_{zx} = T_{xz}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad T_{zy} + T_{yz} - T_1 = 0$$

$$T_{zx} = T_z \cdot \cos 45^\circ = 0,7 T_z \quad T_{zy} = T_z \cdot \sin 45^\circ = 0,7 T_z$$

$$T_{xz} = T_x \cdot \cos 30^\circ = 0,86 T_x \quad T_{yz} = T_x \cdot \sin 30^\circ = 0,5 T_x$$

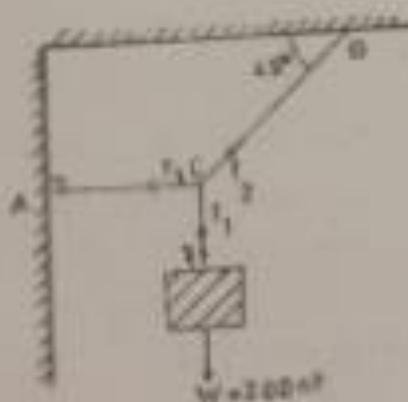
$$T_{zx} = T_{xz} \quad 0,86 T_x = 0,7 T_z$$

$$T_{zy} + T_{yz} - T_1 = 0 \quad 0,7 T_z + 0,5 T_x - T_1 = 0$$

$$0,86 T_x + 0,5 T_x - 200 = 0 \quad T_x = \frac{200}{1,36} = 147 \text{ nt.}$$

$$T_z = \frac{0,86}{0,7} T_x = \frac{0,86}{0,7} \times 147 = 180,6 \text{ nt.}$$

b) İplerdeki gerilimler T_1 , T_2 , T_3 olsun. W eksen dengede olduğuna göre denge şartını yazarsak:



Şek. 2-5 (b)

$$\sum F_x = 0 \quad T_2 - W = 0 \quad T_1 = W$$

$T_1 = 200$ nt. elde edilir.

Dengede olan C noktası için dengenin birinci şartını yazalım.

$$\sum F_x = 0 \quad T_{2x} - T_{3x} = 0 \quad T_{2x} = T_{3x}$$

$$\sum F_y = 0 \quad T_{2y} + T_{3y} - T_1 = 0$$

$$T_{2x} = T_1 \cdot \cos 45^\circ = 0,7T_1 \quad T_{2y} = T_1 \cdot \sin 45^\circ = 0,7T_1$$

$$T_{3x} = T_1 \quad T_{3y} = 0$$

$$T_{2x} = T_{3x} \quad T_1 = 0,7T_1$$

$$T_{2x} + T_{3x} - T_1 = 0 \quad 0,7T_1 + 0 - 200 = 0$$

$$T_1 = \frac{200}{0,7} = 285,7 \text{ nt.} \quad T_1 = 0,7T_2 = 0,7 \times \frac{200}{0,7} = 200 \text{ nt.}$$

c) $T_1 = 200$ nt.

C noktası igin dengenin birinci şartını yazalım.

$$\sum F_x = 0 \quad T_{2x} - T_{3x} = 0 \quad T_{2x} = T_{3x}$$

$$\sum F_y = 0 \quad T_{2y} - T_{3y} - T_1 = 0 \text{ denklemi elde edilir.}$$

$$T_{2x} = T_1 \cdot \cos 45^\circ = 0,7T_1$$

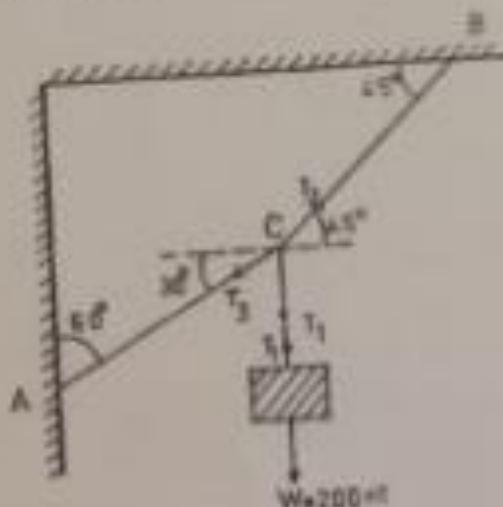
$$T_{3x} = T_1 \cdot \cos 30^\circ = 0,86T_1$$

$$T_{2y} = T_1 \cdot \sin 45^\circ = 0,7T_1$$

$$T_{2y} = T_3 \cdot \sin 30^\circ = 0,5T_3$$

$$T_{2x} = T_{3x} - 0,86T_3 = 0,7T_3$$

$$0,7T_3 - 0,5T_3 - T_1 = 0$$



Şek. 2-5 (c)

$$0,86T_3 - 0,5T_3 - 200 = 0 \quad T_3 = \frac{200}{0,36} = 555,5 \text{ nt.}$$

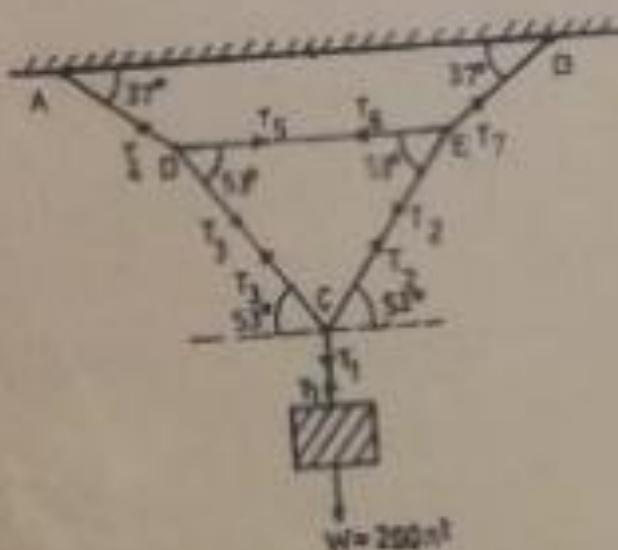
$$T_2 = \frac{0,86}{0,7} T_3 = \frac{0,86 \times 555,5}{0,7} = \frac{477,7}{0,7} = 682,47 \text{ nt.}$$

d) $T_1 = 200 \text{ nt.}$

C noktası için denge şartı;

$$\Sigma F_x = 0 \quad T_{2x} - T_{3x} = 0 \quad T_{2x} = T_{3x}$$

$\Sigma F_y = 0 \quad T_{2y} + T_{3y} - T_1 = 0$ denklemlerini verir.



Şek. 2-5 (d)

Kinematik, cisimlerin hareketlerini, bu hareketlere neden olan ya da bu hareketler sonucunda oluşan kuvvetlerden bağımsız olarak inceleyen fizik dalıdır.

Klasik mekaniğin bir alt dalı olan ve hareketi soyut olarak ele alan kinematik, hareketli cisimlerdeki noktaların uzaydaki konumlarını, bu noktaların birim zamanda aldığı yolu (**hız**) ve hızlarında birim zamanda ortaya çıkan değişimleri (**ivme**) açıklamayı amaçlar.

Tek Boyutlu Doğrusal Hareket

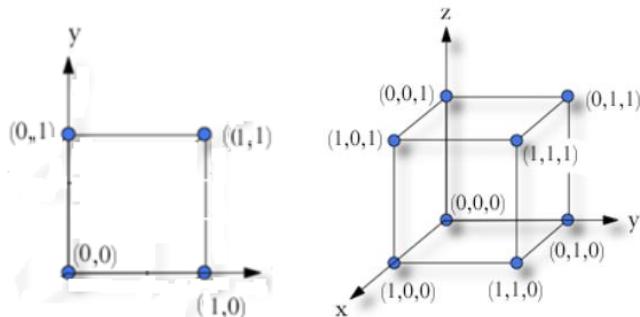
Bir cismin tek boyutta yaptığı harekettir.

Temel Kavramları

Hareket: Cismin zamanla yerdeğiştirmesi.

Yörunge: Cismin hareket sonucu izlediği yolun şekli (doğrusal, dairesel, eliptik)

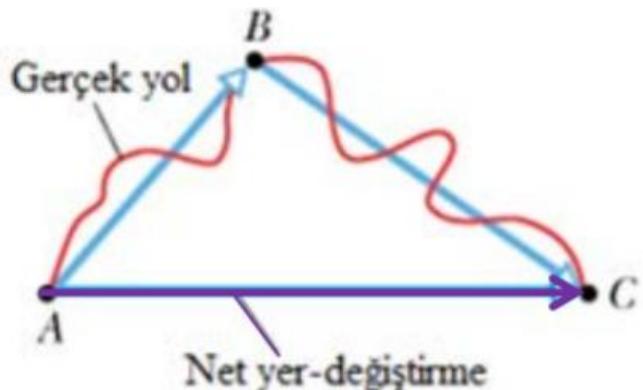
Konum: Bir cismin seçilen koordinat ekseninin orijinine (başlangıç noktası) göre bulunduğu yere denir. Konum, Kartezyen koordinat sisteminde üç boyutlu ise $(x;y;z)$, iki boyutlu ise $(x;y)$ uzaklıklarını verilerek belirtilir. Vektörel bir büyüklüktür.



Alınan Yol: Bir aracın yörüngesinin uzunluğuna alınan yol denir. Yol skaler büyüklüktür.

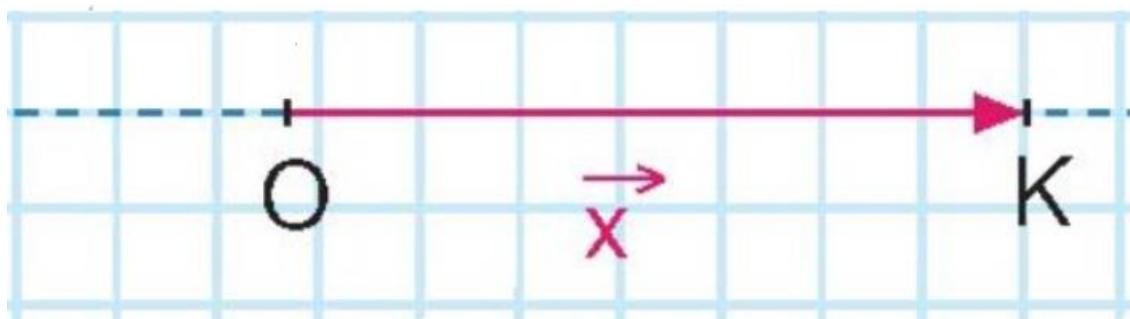
Yer değiştirme: Cisimin x_1 konumundan x_2 konumuna yaptığı değişikliğe onun Δx yer değiştirmesi denir.

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

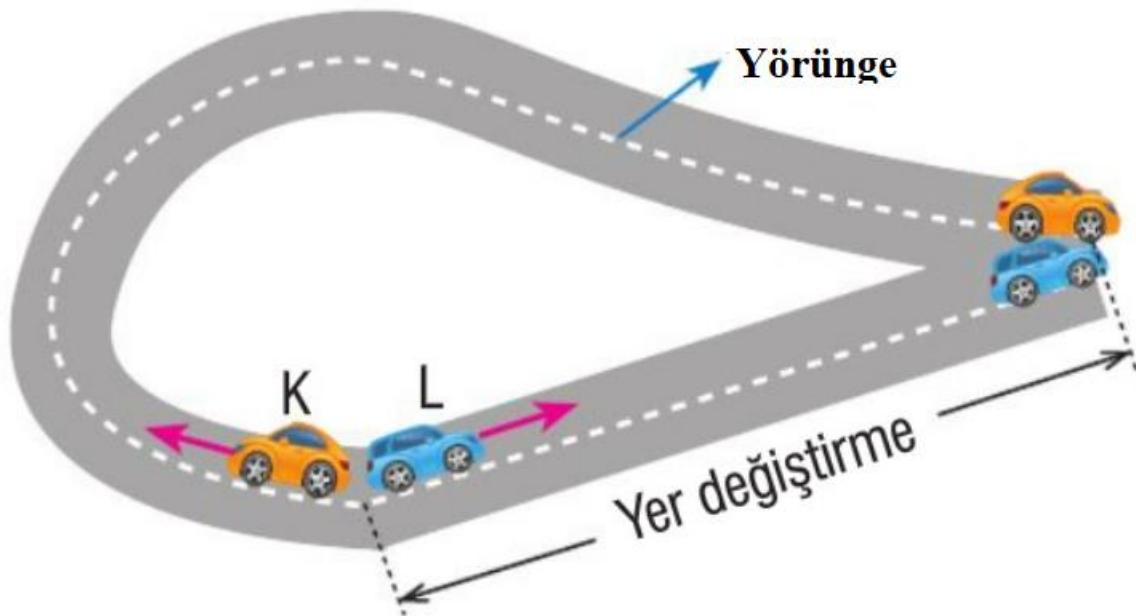


Ortalama hız: Cismin ne kadar hızlı gittini ortalama hız kavramıyla gösterilebilir. Ortalama hız, belirli bir Δt zaman aralığında gerçekleşen Δx yer değiştirmesinin bu zaman aralığına oranıdır.

$$v_{\text{ort}} = \Delta x / \Delta t = x_2 - x_1 / t_2 - t_1$$



Konum vektörü: X vektörü, K noktasındaki cismin O başlangıç noktasına göre yerini belirleyen konum vektöridür.

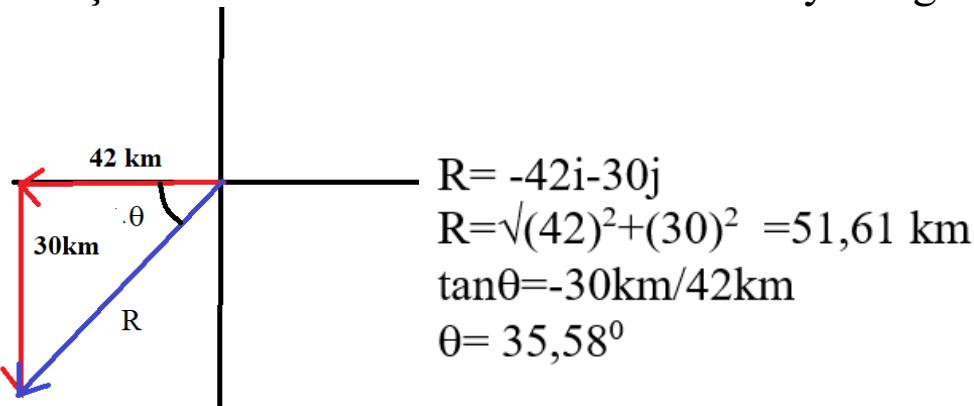


Şekilde K ve L araçları yatay düzlemdeki aynı yerden hareket etmişler ve farklı yönlerde hareket ederek aynı noktaya varmışlardır. Burada,

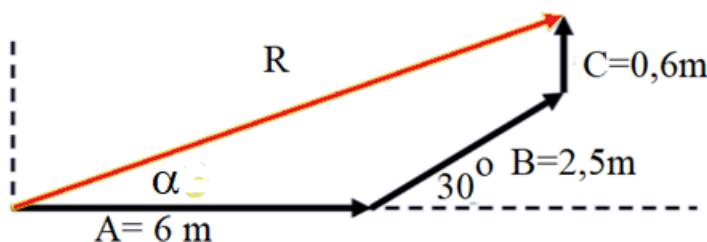
- Araçların yer değiştirmeleri eşittir.
- K aracının aldığı yol eğrisel olan yörüğenin uzunluğuna eşittir.
- K aracı L aracından daha fazla yol almıştır.

- L aracı düz yörüngede, yön değiştirmeden hareket ettiği için aldığı yol yer değiştirmesine eşittir.

Örnek: A şehri B şehrinin 46 km batı ve 35 km güneyinde yer almaktadır. Bu iki şehir arasındaki en kısa mesafenin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.



Örnek: Bir cisim aşağıda verilen ardışık üç yerdeğiştirme ve bu yer değiştirmelerin yatayla yaptığı açı verilmiştir. Cismin toplam yer değiştirme vektörü R' nin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.



Vector	θ	X(i)	Y(j)
A=6	0	+6 m	0
B=2,5	30	$+(2,5 \text{ m})\sin 30^\circ = 1,25 \text{ m}$	$+(2,5 \text{ m})\cos 30^\circ = 2,17 \text{ m}$
C=0,6	90	0	+0,6 m
		$R_x = A_x + B_x + C_x$	$R_y = A_y + B_y + C_y$
		$R_x = 6 + 1,25 + 0 = 7,25$	$R_y = 0 + 2,17 + 0,6 = 2,67$

$$R = \sqrt{(R_x + R_y)^2} = \sqrt{(7,25)^2 + (2,67)^2} = \sqrt{52,56 + 7,13} = 7,73 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = R_y / R_x = 0,37 \rightarrow \alpha = 20,22^\circ$$

Örnek: Bir cisim üç ardışık yer değiştirme yapıyor. Bunlar sırasıyla, $A_1 = 15i + 30j + 12k$ cm, $A_2 = 23i - j - 5k$ cm ve $A_3 = -13i + 15j$ cm olduğuna göre, toplam yer değiştirme vektörünün bileşenlerini ve büyüklüğünü bulunuz.

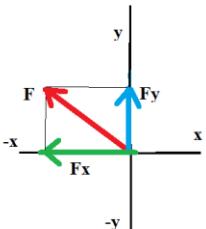
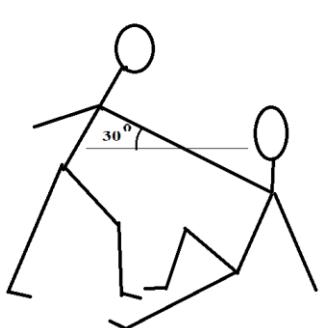
$$\vec{R} = \vec{d}_1 + \vec{d}_2 + \vec{d}_3 = (15 + 23 - 13)\hat{i} + (30 - 14 + 15)\hat{j} + (12 - 5)\hat{k}$$

$$= 25\hat{i} + 31\hat{j} + 7\hat{k} \text{ cm}$$

$$R_x = 25 \text{ cm} ; R_y = 31 \text{ cm} ; R_z = 7 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{(25)^2 + (31)^2 + (7)^2} = 40,4 \text{ cm}$$

Örnek: Şekildeki gibi ayaktaki kişi oturan kişiyi 300 N luk kuvvet ve 30° lik açı ile elinden tutarak kaldırılmaya çalışıyor. Eyki eden kuvvetin bileşkelerini ve uygulanan kuvveti birim vektör cinsinden yazınız.



$$\vec{F_x} = -(300 \text{ N}) \cos 30^\circ = -300 \times 0,87 = -259,8 \text{ N}$$

$$\vec{F_y} = +(300 \text{ N}) \sin 30^\circ = +300 \times 0,5 = +150 \text{ N}$$

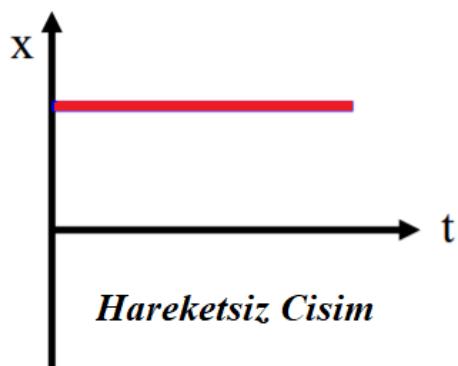
$$\vec{F} = -(259,8 \text{ N})\vec{i} + (150 \text{ N})\vec{j}$$

KONUM-ZAMAN

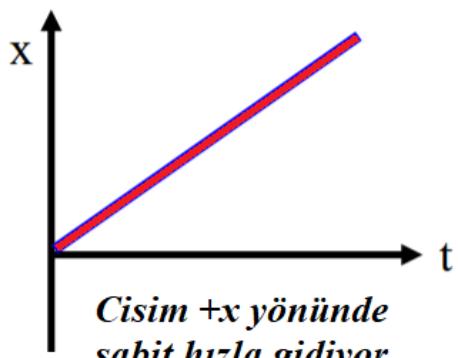
Bir cismin hareketinin tanımlaması, cismin konumunu zamana bağlı olarak grafiklendirmektir.

Herhangi bir t_1 anı ile t_2 anı arasında, cismin x_1 konumundan x_2 konumuna ne kadar hızlı gittiği “ortalama hız” ile bize bir fikir verir.

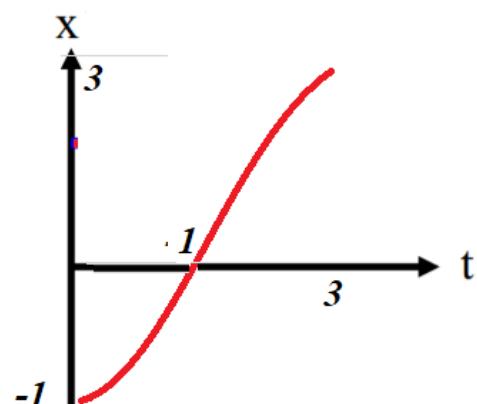
$$V_{\text{ort}} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



Hareketsiz Cisim



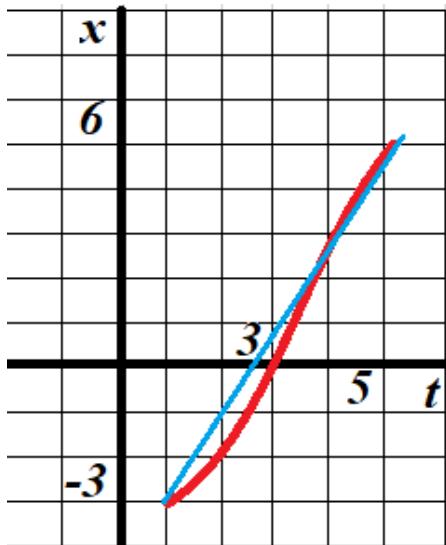
*Cisim +x yönünde
sabit hızla gidiyor.*



$t=0$	$t=1$	$t=3$
$x=-1$	$x=0$	$x=3$

*Değişen bir hızla
hareket eden
bir cisim*

Örnek: Şekilde bir cismin $t_1 = 1$ s ve $t_2 = 5$ s anlarında konumları $x_1 = -3$ m ve $x_2 = 6$ m dir. Cismin ortalama hızını nedir?

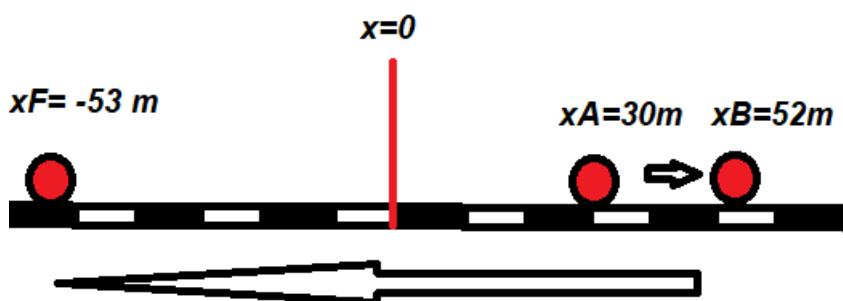


$$V_{\text{ort}} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6 - (-3)}{5 - 1} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ m/s}$$

Ortalama sürat: Δt zaman aralığında alınan “toplum yol” cinsinden tanımlanır. Ortalam sürat, ortalama hızın büyüklüğü değildir.

$$V_{\text{sürat - ort}} = \frac{\text{Toplam yol}}{\Delta t}$$

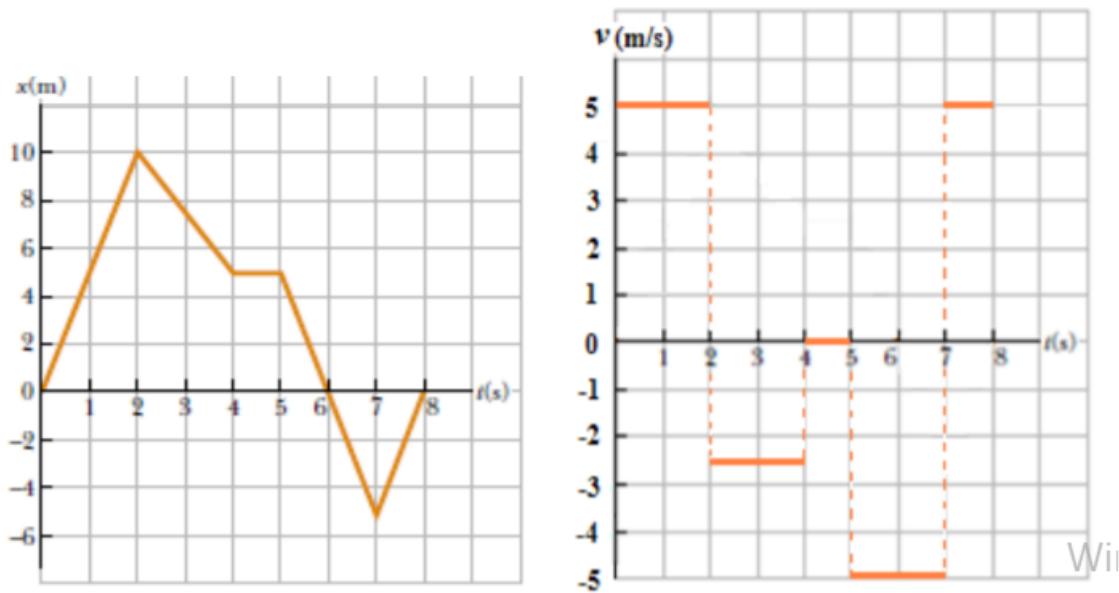
Örnek: Şekildeki cismin, A ve F noktaları arasındaki, ortalama hızını ve süratini hesaplayınız ($t_A = 0$ ve $x_A = 30 \text{ m}$; $t_F = 50 \text{ s}$ ve $x_F = -53 \text{ m}$).



$$\begin{aligned} V_{\text{ort}} &= \frac{x_F - x_A}{t_F - t_A} \\ &= \frac{-53 - 30}{50 - 0} = -\frac{83}{50} = -1,66 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$Vsürat - \text{ort} = \frac{x_{AB} + x_{B0} + x_{0F}}{50} = \frac{22 + 52 + 53}{50} = \\ = 2,54 \frac{m}{s}$$

Örnek: x-ekseni boyunca hareket eden bir cismin konum-zaman grafiği yanda verilmiştir. Cismin 0- 2 s ; 0- 4 s ; 0- 7 s ; 0- 8 s aralıklarında ortalama hızını bulunuz. 0- 8 s aralığında cismin hız-zaman grafiğini çiziniz.



$$V_{0-2} = \frac{10-2}{2-0} = 2,0 \text{ m/s}$$

$$V_{0-7} = \frac{-5-0}{7-0} = -0,714 \text{ m/s}$$

$$V_{0-4} = \frac{5-0}{4-0} = 1,25 \text{ m/s}$$

$$V_{0-8} = \frac{0-0}{8-0} = 0$$

$$V = \frac{dx}{dt} \rightarrow V_{0-2} = \frac{10-2}{2-0} = 5 \text{ m/s} \quad V_{2-4} = \frac{5-10}{4-2} = -2,5 \text{ m/s}$$

$$V_{4-5} = \frac{5-5}{5-4} = 0 \quad V_{5-7} = \frac{-5-5}{7-5} = -5 \text{ m/s}$$

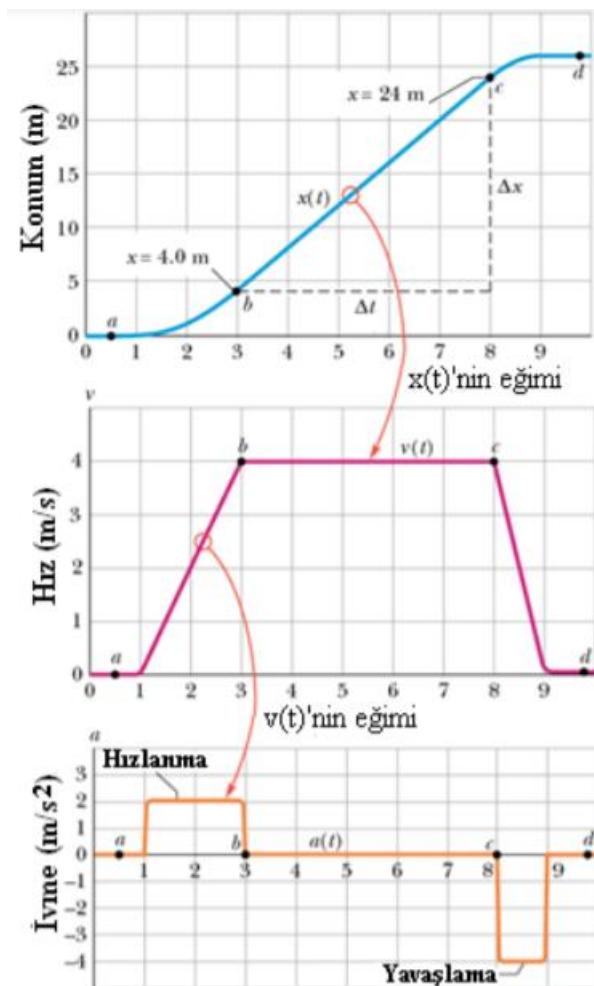
$$V_{7-8} = \frac{0 - (-5)}{8 - 7} = 5 \text{ m/s}$$

Anlık Hız: Ortalama hız, bir cismin t_1 ve t_2 zaman aralığında ne kadar hızlı olduğu bilgisini içerir. Herhangi bir t anında cismin ne kadar hızlı olduğu bilgisi “anlık hız” tanımıyla verilir.

Anlık hız, ortalama hızın $\Delta t \rightarrow 0$ durumundaki limitidir

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

anlık hız, cismin x konumunun zamana göre birinci türevidir. Yani, konum-zaman grafiğinin herhangi bir andaki eğimidir.



Örnek: X ekseni boyunca hareket eden bir cismin konumu

$x(t) = -4t + 2t^2$ ifadesine göre değişmektedir.

a) 0-1 s ve 1-3 s aralıklarında cismin ortalama hızı nedir?

b) $t = 2,5$ s anındaki hızını bulunuz.

a)

$$\text{Vort } 0 - 1 = \frac{(-4 + 2) - 0}{1 - 0} = -2 \text{ m/s}$$

$$\text{Vort } 1 - 3 = \frac{(-12 + 18) - (-4 + 2)}{3 - 1} = 4 \text{ m/s}$$

b) $V(t) = \frac{dx}{dt} = -4t + 4t \text{ m/s}$

$$V(2,5) = -4 + 4(2,5) = 6,5 \text{ m/s}$$

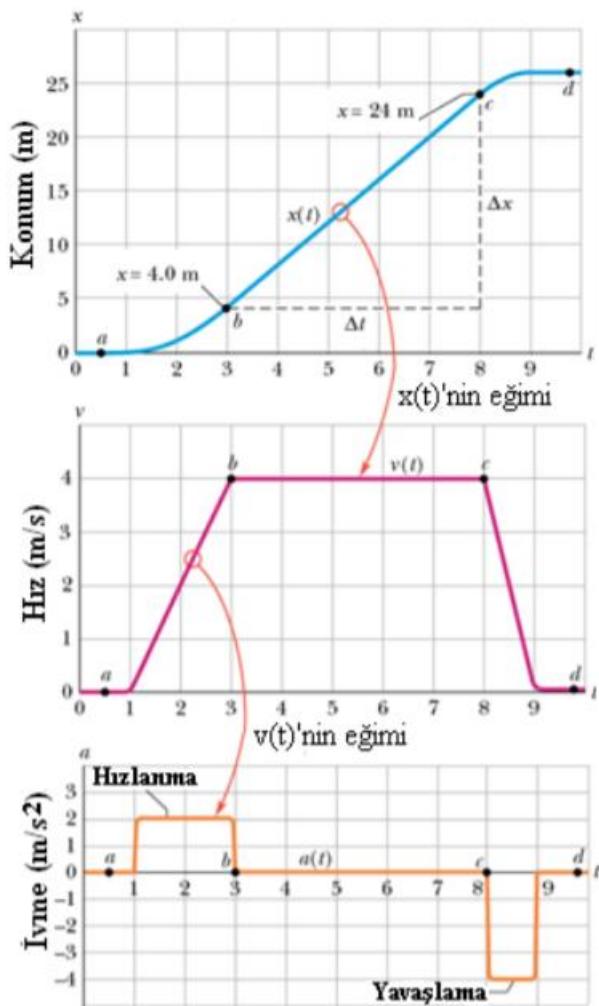
Ortalama İvme: t_1 ve t_2 anları arasındaki ortalama ivmedir.

$$a_{\text{ort}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{m / s}^2$$

Anlık İvme: Anlık ivme, ortalama ivmenin $\Delta t \rightarrow 0$ durumundaki limitidir ve herhangi bir t anında hızın ne kadar hızlı değiştigini gösterir.

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} ; \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Buradan anlık ivme, cismin hızının zamana göre birinci türevidir. Yani, hız-zaman grafiğinin herhangi bir andaki eğimidir.



SABİT İVMELİ HAREKET

Bir cismin ivmesi zamanla değişirse, hareketide karmaşık olacaktır. Fakat, 1B hareketin en genel tipi, ivmenin sabit olduğu durumdur. İvme sabit olduğunda, ortalama ivme de, ani ivmeye eşittir. Bu tip harekette hız, hareketin başından sonuna kadar aynı oranda artacak veya azalacaktır.

$$\bar{a}_x \equiv \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t_s - t_i}$$

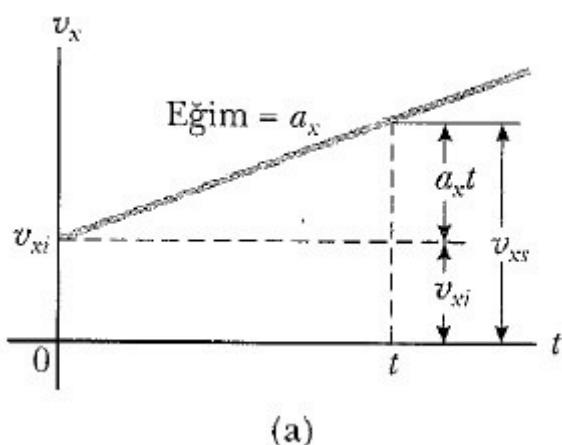
\bar{a}_x yerine a_x konulur ve $t_i = 0$, daha sonraki $t_s = t$ alınırsa

$$a_x = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t}$$

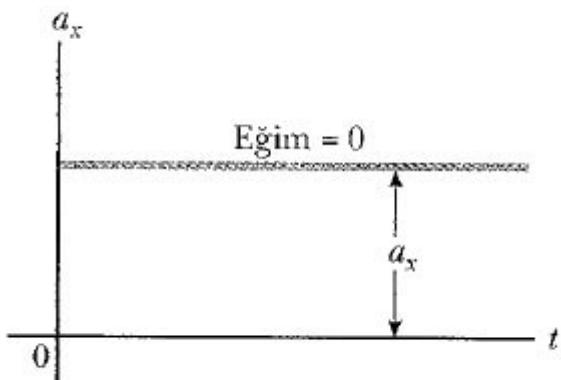
veya

$$v_{xs} = v_{xi} + a_x t \quad (a_x \text{ sabit})$$

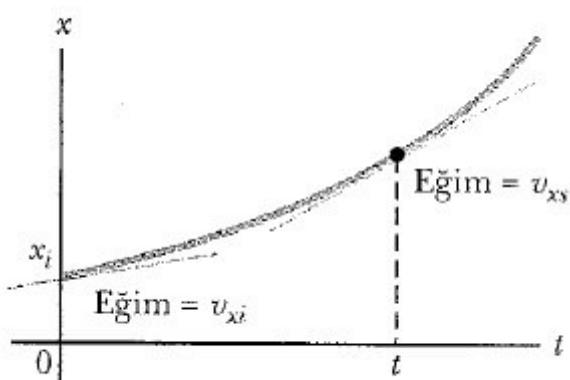
İlk hız, ve ivme (sabit olmak üzere) bilinirse, bu ifade ile herhangi bir andaki hızı bulanabilir. Sabit ivmeli bir hareket için hızın zamana göre grafiği



Grafik, $a_x = dv_x/dt$ 'nin sabit olması gerçeği ile uyumlu ve eğimi, a_x ivmesi olan bir doğrudur. Eğim, pozitiftir; Bu aynı zamanda ivmenin de pozitif olduğunu gösterir. İvme negatif olsaydı, eğimi de negatif olacaktı.



(b)



(c)

İvme sabit olduğunda, ivme-zaman grafiği (b), eğimi sıfır olan bir doğru olacaktır.

Sabit İvmeli Hareket Formülleri

Sabit ivmeli, bir boyutlu hareketle ilgili herhangi bir problemi çözmek için kullanılabilen kinematik ifadedir. Bu bağıntıların bazı basit cebirsel işlemlerle birlikte, hız ve ivme tanımından türetildiklerini ve ivmenin sabit olması gerektiğini hatırlayınız.

En çok kullanılan dört kinematik eşitlik

$$\begin{aligned}v_{xf} &= v_{xi} + a_x t \\x_f &= x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \\x_f &= x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\{v_{xf}}^2 &= {v_{xi}}^2 + 2a_x(x_f - x_i)\end{aligned}$$

- 1.Denklem: Zamanın fonksiyonu olarak hız**
 - 2.Denklem: Hızın ve zamanın fonksiyonu olarak yer değiştirmeye**
 - 3.Denklem: Zamanın fonksiyonu olarak yer değiştirmeye**

4.Denklem: Yer değiştirmenin fonksiyonu olarak hız

Hangi kinematik eşitlik veya eşitliklerin kullanılacağı, eldeki mevcut bilgilere göre seçilir.

herhangi bir anda yer değiştirme ve hız gibi, iki bilinmeyeni çözmek için, bu eşitliklerin ikisini kullanmak gereklidir, v_{xi} ilk hızı ile a_x ivmesinin verildiğini kabul edelim: (1) bir t zamanı geçtikten sonra hızı, $v_{xs} = v_{xi} + a_x t$ kullanarak, (2) bir t zamanı geçtikten sonra ivmeyi $x_s - x_i = v_{xi} t + \frac{1}{2} a_x t^2$ kullanarak bulabilir. Hareket sırasında değişen niceliklerin hız, yer değiştirme ve zaman olduğunu bilinmelidir

Bu ifadeler sadece sabit ivmeli hareket için kullanılabilirler.

Örnek: x-ekseni boyunca ilerleyen bir sürücü, 20 s içinde hızını düzgün olarak 30 m/s' den 40 m/s' ye çıkarıyor.

- a) Sürücünün ivmesini bulunuz.
- b) Bu ivmelenme sürecinin ilk yarısında otomobil ne kadar yol alır?
- c) Bu ivmelenme sürecinde otomobil ne kadar yol alır?

a)

$$a_{ort} = \frac{(40 - 30)}{20 - 0} = 0,5 \text{ m}^2/\text{sn}$$

b)

$$\Delta x = x_s - x_i = v_i t + \frac{1}{2}(at^2) = 30 \cdot 10 + \frac{1}{2}(0,5 \cdot (10)^2) = 375 \text{ m}$$

c)

$$\Delta x = x_s - x_i = v_i t + \frac{1}{2}(at^2) = 30 \cdot 20 + \frac{1}{2}(0,5 \cdot (20)^2) = 700 \text{ m}$$

Serbest Düşme

Yer yüzeyinin yakınlarında tüm cisimler büyüklüğü $9,8 \text{ m/s}^2$ ve yönü dünyanın merkezine doğru olan bir ivmenin etkisinde hareket ederler. Serbest düşmede cisimlerin ivmesi “g” ile gösterilir. y-ekseni düşeyde ve yukarı yönde alınırsa, serbest düşmede cismin ivmesi $a = -g$ dir.

Cisme etki eden kuvvet cismin ağırlığıdır.

Newton'un 11.定律 yasasına göre, m kütleli serbest düşme yapan kütle için;

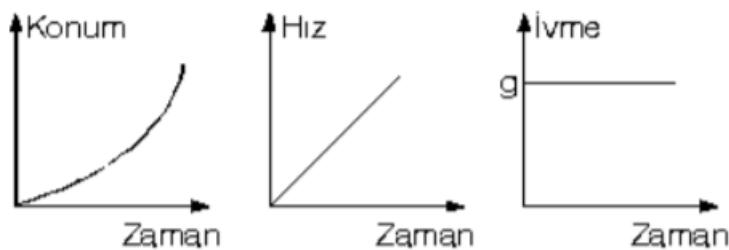
$$F_{\text{net}} = m \cdot a$$

$$\mathbf{F}_{\text{net}} = m \cdot \mathbf{a} = \mathbf{G} = m \cdot \mathbf{g}$$

Serbest düşmede cisim hareketi y boyunca g (yerçekimi ivmesi) ile düzgün hızlanan hareket yapar.

Serbest düşmede yukarı yönde atış ile cisim hareketi y boyunca g (yerçekimi ivmesi) ile düzgün hızlanan hareket yapar.

Serbest düşme yapan cismin hareket grafikleri

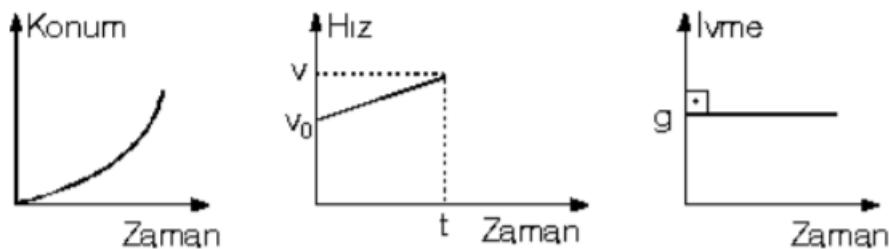


$$Hız = V = g \cdot t$$

$$\text{Yükseklik} = h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Zamansız hız denklemi : $V^2 = 2.g.h$

Yukarıdan aşağıya düşey atış yapan cismin hareket grafikleri

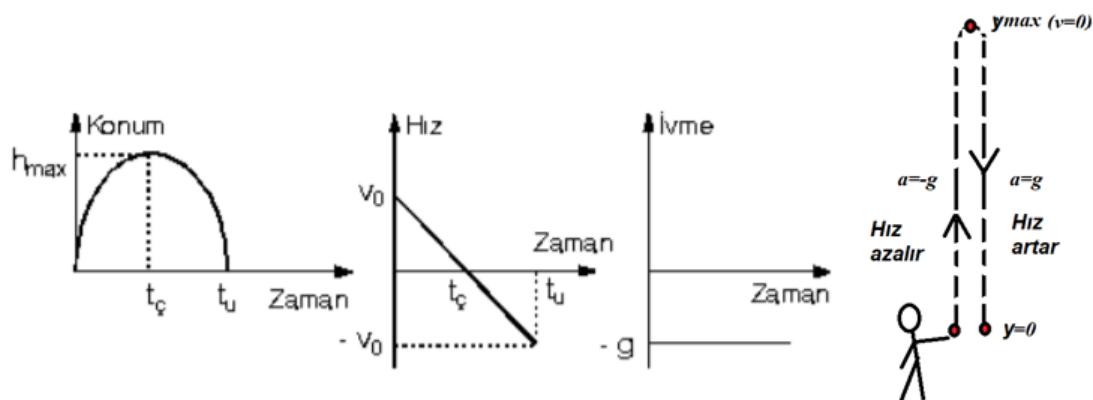


$$V = V_0 + g.t \quad (\text{Hız Denklemi})$$

$$h = V_0.t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{Yol Denklemi})$$

$$V^2 = V_0^2 + 2.g.h \quad (\text{Zamansız Hız Denklemi})$$

Aşağıdan yukarıya düşey atış yapan bir cismin hareket grafikleri



$$V = V_0 - gt \quad (\text{Hız Denklemi})$$

$$h = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{Yol Denklemi})$$

$$V^2 = V_0^2 - 2 \cdot g \cdot h \quad (\text{Zamansız Hız Denklemi})$$

Örnek : Aşağıdan yukarı doğru bir cisim atılıyor. Cisim 180 m yükseldikten sonra inişe geçiyor.

- a) Cismin ilk hızını bulunuz.
- b) Cismin atıldıktan 5 saniye sonraki hızını bulunuz.
- c) Cismin 4 saniye sonra atıldığı yerden yüksekliğini bulunuz.
- d) Cismin atıldığı yere gelinceye kadar geçen süreyi bulunuz.
- e) Taşın atıldığı yere tekrar geldiği andaki hızını bulunuz.
(sürtünmeler önemsizdir $g = 10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

a) Cismin ilk hızını bulmak için çıkabildiği en üst noktada hız 0 olacaktır Bu durumda;

$V^2 = V_0^2 - 2 \cdot g \cdot h$ (Zamansız Hız Denklemi). En tepe noktada hız 0 olacağından;

$$0 = V_0^2 - 2 \cdot 10 \cdot 180$$

$$V_0^2 = 3600$$

$V_0 = 60 \text{ m/s}$ bulunur.

b) Cismin atıldıktan 5 saniye sonraki hızını bulmak için;

$$V = V_0 - gt \quad (\text{Hız Denklemi})$$

$$V = 60 - 10 \cdot 5$$

$$V = 10 \text{ m/s}$$

c) Cismin 4 saniye sonra atıldığı yerden yüksekliğini bulmak için aşağıdaki denklemi kullanabiliriz.

$$h = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

(Zamansız Hız Denklemi)

$$h = 60.4 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 16$$

$$h = 240 - 80$$

$$h = 160 \text{ m}$$

d) Cismin atıldığı yere gelinceye kadar geçen süreyi bulmak için, atıldığı yere geldiğinde o noktadan yüksekliğinin 0 olacağını hesaba katarsak:

$$h = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \text{ denklemini kullanabiliriz.}$$

$$0 = 60 \cdot t - 5t^2$$

$$5t^2 - 60t = 0$$

$$t^2 - 12t = 0$$

$$t(t - 12) = 0$$

$$t = 12 \text{ s bulunur.}$$

Bu süreyi hesaplamak için kullanacağımız 2. Bir yol; Bir cisim yukarı yönlü atılırsa, atıldığı noktaya geri geldiğindeki hızı bu noktadan atıldığındaki hızına eşit olur. Bu durumda şu denklemi kullanabiliriz.

$$V = V_0 + g \cdot t$$

$$-60 = 60 + (-10) \cdot t$$

$$10t = 120$$

$$t = 12 \text{ s bulunur.}$$

e) Taşın atıldığı yere geldiği andaki hızı bu noktadan atıldığı hızına eşit olur. Dolayısıyla aşağı yönlü hareket yaptığından $V = -60 \text{ m/s}$ olur.

Bu hızı denklem kullanarak bulalım.

Cisim atıldığı yere 12 saniye sonra döndüğüne göre;

$$V = V_0 - gt \text{ denkleminden,}$$

$$V = 60 - 12 \cdot 10$$

$$V = -60 \text{ m/s bulunur.}$$

Örnek: Bir cisim 250 m yükseklikten 25 m/s hızla aşağı doğru atılıyor. Bu cismin;

- a) Atıldıktan 1 saniye sonra yerden yüksekliğini,
- b) Atıldıktan 2 saniye sonra yerden yüksekliğini
- c) atıldıktan 3 saniye sonra yerden yüksekliğini
- d) Yere ulaşma süresini
- e) Yere çarpmaya hızını
- f) Atıldıktan 2 saniye sonraki hızını bulunuz.
(sürtünmeler önemsiz sayılacak, $g = 10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

a) Atıldıktan t saniye sonraki aldığı yolu veren formül;

$$h = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{bu denklemde değerleri yerine koyarsak,}$$

$$h = 25 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1$$

$h = 30 \text{ m}$ Bu havada aldığı yoldur.

Yerden yüksekliği ;

$250 - 30 = 220 \text{ m}$ olur.

b)

$$h = 25 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4$$

$$h = 25 \cdot 2 + 20 = 70 \text{ m}$$

Yerden yüksekliği;

$250 - 70 = 180 \text{ m}$ olur.

c)

$$h = 25 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9$$

$$h = 120 \text{ m}$$

Yerden yüksekliği;

$$250 - 120 = 130 \text{ m olur.}$$

d)

Yere ulaştığında $h = 250 \text{ m}$ olur.

$$h = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$250 = 25 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$250 = 5t^2 + 25t$$

$$50 = t^2 + 5t$$

$$t^2 + 5t - 50 = 0$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$V = V_0 + g \cdot t$$

$$V = 25 + 50$$

$$V = 75 \text{ m/s}$$

Cisim yere 75 m/s hızla çarpar.

Daha kolay 2. bir yol ise,

cisim yere çarptığında 250 m yol almış olacaktır. Zamansız hız denkleminden,

$$V_s^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

$$V_s^2 = 25^2 + 2 \cdot 10 \cdot 250$$

$$V_s^2 = 625 + 5000$$

$$V_s = 75 \text{ m/s}$$

f)

$$V = V_0 + g \cdot t$$

$$V = 25 + 10 \cdot 2$$

$$V = 45 \text{ m/s}$$

Örnek: 80 m yüksekliğinde bir binanın tepesinden bir taş düşey doğrultuda yukarı doğru 10 m/s hızla fırlatılıyor. (10 m/s^2)

- a) Taş maksimum yüksekliğe ne kadar zamanda çıkar?
 - b) Bu nokta yerden ne kadar yüksektedir?
 - c) Taş fırlatıldığı seviyeye ne kadar zamanda gelir? Bu noktada hızı ne olur?
 - d) 3 s anında taşın hızı ve konumu nedir?
- a) Mak. yükseklikte cismin hızı sıfırdır: $v = v_0 - gt \rightarrow t = 1 \text{ s}$
- b) $v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$, $0 = (10)^2 - 2 \cdot (10)(y - y_0) \rightarrow (y - y_0) = 5 \text{ m} \rightarrow h = 85 \text{ m}$
- c) $1+1=2 \text{ s}$

$$V = 10 \text{ m/s} + 10 \text{ m/s} = -20 \text{ m/s}$$

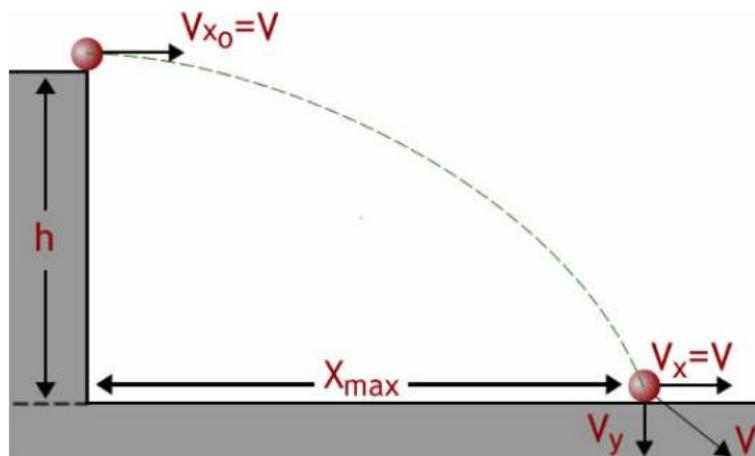
d) $v = v_0 - gt = 10 - 10(3) = -20 \text{ m/s}$

$$v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0) \rightarrow y - 80 = (v^2 - v_0^2)/2 \cdot g = ((-20)^2 - (10)^2)/2 \cdot 10 = -15 \text{ m}$$
$$\rightarrow y - 80 = -15 \rightarrow y = 65 \text{ m}$$

Örnek: Yerden 50 m/s hızla düşey doğrultuda yukarı atılan bir cismin çıkabileceği maksimum yüksekliği ve maksimum yüksekliğe çıkma süresini bulunuz.

Yatay Atış

- Yerden belli bir yükseklikten ilk hızla yatay olarak atılan cisimlerin yaptığı harekettir.
- Atış hareketi hava direncinin önemsiz olduğu ortamda kütleden bağımsızdır.



Cisim düşeyde ilk hızı olmadığı için serbest düşme hareketi yapar.

- t-süre sonra cismin hızı;

$$V = V_0 + g \cdot t$$

- t-süre sonra cismin düşeydeki yerdeğiştirmesi;
$$h = V_0 \cdot t + (g \cdot t^2) / 2$$

- Zamansız hız denklemi;

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

Cisim yatayda ki izdüşüm hareketi sabit hızlı harekettir.

- Cismin yatay düzlemde aldığı yol;

$$X_{\max} = V_x \cdot t$$

- Cismin "t" süre sonra veya yere çarpmaya hızı;

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

Yatayda ki hareket;



Düşeyde ki hareket;



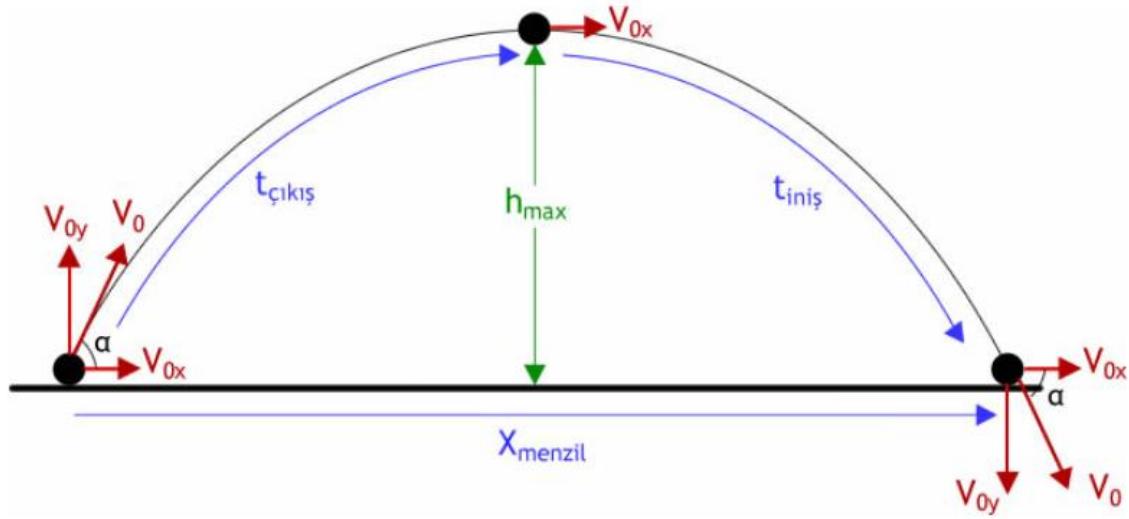
Eğik Atış

Sürtünmesiz kabul edilen bir ortamda, yatayla açı yapacak şekilde belirli bir hızla atılan cismin yerçekimi ivmesiyle yaptığı hareket eğik atış hareketidir.

Eğik atış hareketi yapan cisim düşey ve yatay doğrultuda olmak üzere iki boyutta hareket eder. Cismin düşey doğrultudaki izdüşüm hareketi, aşağıdan yukarı atış hareketi iken; yatay doğrultudaki izdüşüm hareketi, sabit hızlı harekettir.

Eğik atış hareketi yapan cismin ilk atıldığı andaki hız ve hız bileşenleri, cismin yere çarptığı andaki hız ve hız bileşenleri aynıdır.

Cismin izlediği yörüngedeki en düşük hız, h_{\max} 'tan geçerken ki hızdır. Bu noktada cismin hızı düşey hızı "0" olduğundan yatay hız büyüklüğüdür.

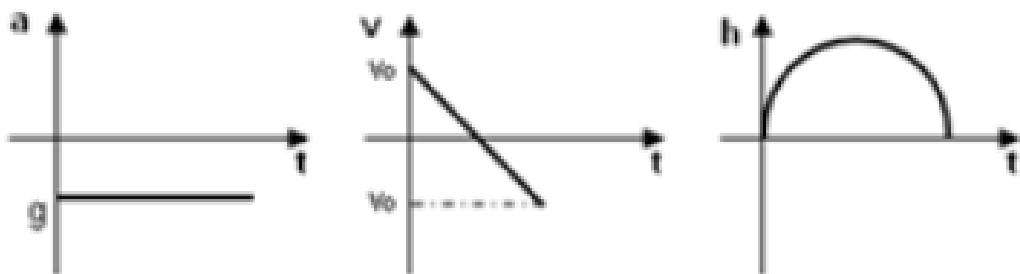


Eğik atış yapan cismin düşeyde ve yatayda iki hız bileşeni:
 $V_{ox}=V_o \cdot \cos\alpha$ ve $V_{oy}=V_o \cdot \sin\alpha$

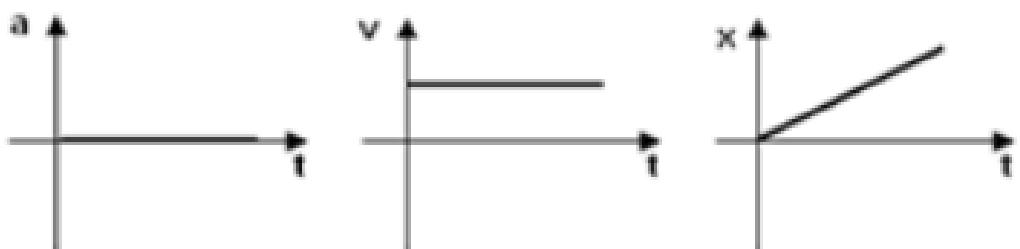
$$t_{\text{çıkış}} = t_{\text{iniş}} \text{ ve } t_{\text{uçus}} = t_{\text{çıkış}} + t_{\text{iniş}}$$

- Eğik atış yapılan cismin gidebileceği maksimum uzaklık;
 $X_{\text{menzil}} = V_{ox} \cdot t_{\text{uçus}}$
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra düşeydeki hızı;
 $V_y = V_{oy} - g \cdot t$
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra düşeydeki yerden yüksekliği;
 $h = V_{oy} \cdot t - (g \cdot t^2 / 2)$
- Cismin yataydaki hızı sabit hızlı hareket olduğundan atıldıktan "t" süre sonra ki hızı, ilk atıldığı andaki yatay hız bileşeni ile aynıdır.
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra ki hızı;
 $V^2 = V_x^2 + V_y^2$

Yatayda ki hareketi;



Düşeyde ki hareketi;



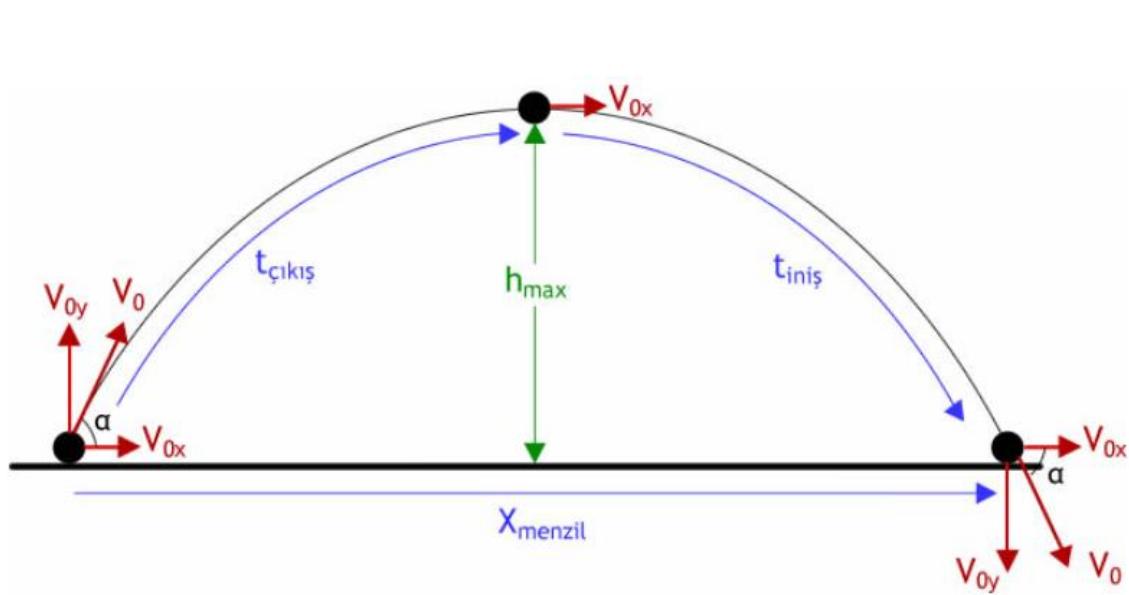
Eğik Atış

Sürtünmesiz kabul edilen bir ortamda, yatayla açı yapacak şekilde belirli bir hızla atılan cismin yerçekimi ivmesiyle yaptığı hareket eğik atış hareketidir.

Eğik atış hareketi yapan cisim düşey ve yatay doğrultuda olmak üzere iki boyutta hareket eder. Cismin düşey doğrultudaki izdüşüm hareketi, aşağıdan yukarı atış hareketi iken; yatay doğrultudaki izdüşüm hareketi, sabit hızlı harekettir.

Eğik atış hareketi yapan cismin ilk atıldığı andaki hız ve hız bileşenleri, cismin yere çarptığı andaki hız ve hız bileşenleri aynıdır.

Cismin izlediği yörüngedeki en düşük hız, h_{\max} 'tan geçerken ki hızıdır. Bu noktada cismin hızı düşey hızı "0" olduğundan yatay hız büyülüğündür.



Eğik atış yapan cismin düşeyde ve yatayda iki hız bileşeni:
 $V_{ox} = V_o \cdot \cos \alpha$ ve $V_{oy} = V_o \cdot \sin \alpha$

$$t_{\text{çıkış}} = t_{\text{iniş}} \quad \text{ve} \quad t_{\text{uçus}} = t_{\text{çıkış}} + t_{\text{iniş}}$$

- Eğik atış yapılan cismin gidebileceği maksimum uzaklık;

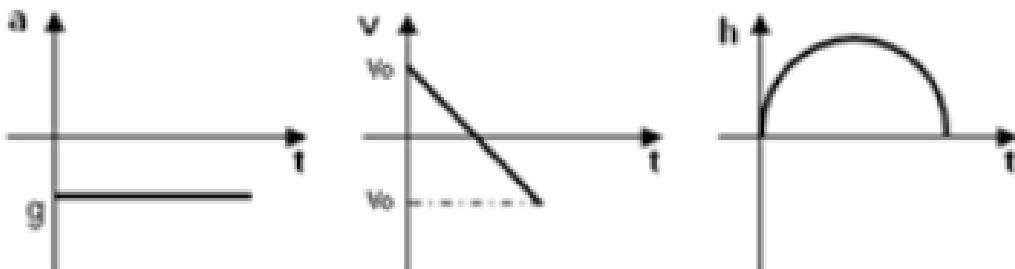
$$X_{\text{menzil}} = V_{ox} \cdot t_{\text{uçus}}$$
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra düşeydeki hızı;

$$V_y = V_{oy} - g \cdot t$$
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra düşeydeki yerden yüksekliği;

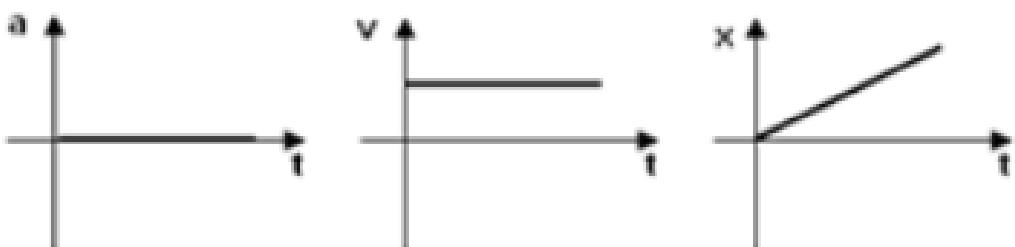
$$h = V_{oy} \cdot t - (g \cdot t^2 / 2)$$
- Cismin yataydaki hızı sabit hızlı hareket olduğundan atıldıktan "t" süre sonra ki hızı, ilk atıldığı andaki yatay hız bileşeni ile aynıdır.
- Cismin atıldıktan "t" süre sonra ki hızı;

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

Yatayda ki hareketi;



Düşeyde ki hareketi;



Örnek: Bir cisim yatayla 37° açı yapacak biçimde, 20 m/s büyüklüğünde ilk hızla yukarı yönlü atılmaktadır. Buna göre:

- a) Tepe noktasındaki(maksimum yükseklikteki) cismin hızının büyüklüğü: kaç m/s olur?
- b) Tepe noktasına çıkış süresi kaç s olur?
- c) Uçuş süresi kaç s olur?
- d) Çıkabileceği maksimum yükseklik kaç m olur?
- e) Menzili kaç m olur?
 $(\sin 37^\circ = 0,6; \cos 37^\circ = 0,8 \text{ ve } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ alın})$.

a) Cisim yukarı yönlü eğik atış yapıyor. Tepe noktasındaki hızının cismin ilk hızının yatay bileşenine eşit olduğunu biliyoruz. Öyleyse:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos\theta$$

$$v_0 = 20 \text{ m/s}; \quad v_x = (20 \text{ m/s})\cos 37^\circ = (20 \text{ m/s})0,8 = 16 \text{ m/s}$$

b) Tepe noktasına çıkış süresini düşey hızdan bulabiliriz.
Düşey hızın sıfır olduğu an tepe noktasına ulaşılan an demek.

$$v_{0y} - gt = 0; \quad v_0 \sin\theta = gt_c$$

$$(20 \text{ m/s}) \sin 37^\circ = (10 \text{ m/s}^2)t_c$$

$$t_c = ((20 \text{ m/s})0,6) / 10 \text{ m/s}^2 = 1,2 \text{ s}$$

c) Uçuş süresinin çıkış süresinin iki katı olduğunu biliyoruz: $t_u = 2t_c$

$$t_u = 2 \times 1,2 \text{ s} = 2,4 \text{ s} \quad t_u = 2 \times 1,2 \text{ s} = 2,4 \text{ s}$$

d) Maksimum yüksekliği çıkış süresinden bulabiliriz:

$$h = 1/2gt_c^2$$

$$h = 1/2(10 \text{ m/s}^2)(1,2 \text{ s}^2) = 7,2 \text{ m}$$

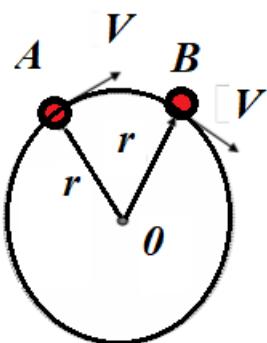
e) Menzilin yani yatayda alınan toplam yolun yatay hızla uçuş süresinin çarpımı olduğunu biliyoruz:

$$x = v_{0x} t_u \quad t_u = (16 \text{ m/s})(2,4 \text{ s}) = 38,4 \text{ m}$$

DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

Çembersel bir yörüngede cismin hızının büyüklüğü (sürat) zamanla değişmiyor, sadece hızın yönü değişiyor ise bu harekete düzgün çembersel hareket denir.

Sabit bir “O” merkezi etrafında hızının büyüklüğü değişmeyen (sbt sürat) bir cismin hareketini düşünelim. Cisim A ve B noktalarında iken hızın büyüklüğü (süratı) değişmemiştir ancak A ve B noktalarında hız vektörünün yönü değişmiştir. Hız, vektörel bir nicelik olduğundan, yöndeki değişme hız vektörünün değiştiği anlamına gelir.



Düzgün çembersel harekette hızın büyüklüğü (sürat) değişimese bile hızın doğrultusu değiştiğinden dolayı hız vektöründe bir değişmenin olduğu, yani cismin bir ivmesinin olduğu kabul edilir.

Düzgün Çembersel Hareket Temel Değişkenleri

Periyot bir hareketin kendisini tekrarlamasıdır. Düzgün çembersel hareket için periyot cismin hareketine başladığı noktaya tekrar dönmesi (bir devri tamamlaması) için geçen süredir. Bir başka deyişle, cisim bir tam tur atana kadar geçen zamana periyot denir. Periyot matematiksel olarak T simgesiyle gösterilir; periyodun birimi zaman birimi olan saniyedir (s). **Periyot azaldıkça dönme hareketinin hızlanır.**

Frekans bir saniyede cismin kaç tur tamamlandığı anlamına gelir. Frekans matematiksel olarak f simgesiyle gösterilir, birimi s^{-1} . 1/s birimine özel bir isim verilir, **Hertz (Hz)** denir.

Periyot ile frekans arasındaki ilişki

$$T \times f = 1$$

Yani periyot ile frekansın çarpımı bire eşittir.

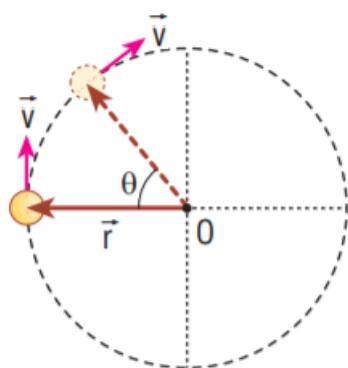
$$f = 1/T$$

Frekans arttıkça dönme hareketinin hızlanır.

Frekansı anlatmanın bir yolu da **dakikada devir sayısı** (rpm – revolutions per minute) kavramıdır. Motorların ne kadar hızlı döndüğünü anlatmak için frekans anlamında bir dakikada kaç devir yaptığı söylenir.

Düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörünün birim zamanda daire üzerinde taradığı açının radyan cinsinden değerine **Açısal Hız** denir. Açısal hız “ w ” ile gösterilir. Bir tam tur dönen cismin yarıçap vektörünün taradığı açı radyan cinsinden 2π 'dir. Bu sırada geçen süre ise hareketin periyoduna eşittir. Açısal hızın büyüklüğü,

$$w = 2\pi T \text{ veya } w = 2\pi f$$



Açısal hızın birimi radyan saniye (rad/s) dir.

-Açısal hız vektörel bir büyüklüktür. Açısal hız vektörünün yönü sağ el kuralı ile bulunur. Dört parmak dönüş yönünde tutulursa açılan baş parmak, açısal hız vektörünün yönünü gösterir.

-Açısal hız vektörü, cismin döndüğü düzleme dikdir.

-Düzgün çembersel hareket yapan cismin açısal hızının yönü ve büyüklüğü değişmez.

Açısal Hız İle Çizgisel Hız Arasındaki İlişki

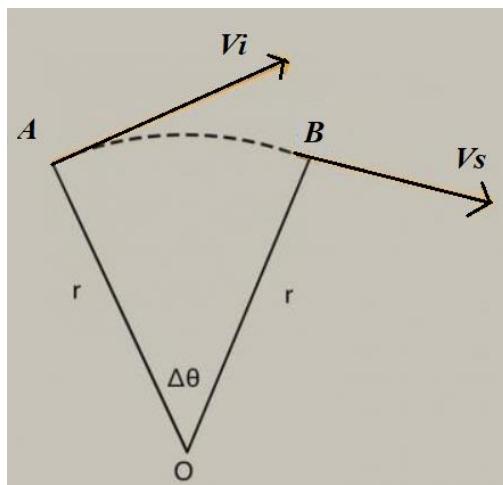
$v = 2\pi f r$ ve $w = 2\pi f$ formüllerinden, çizgisel hız ve açısal hız arasındaki ilişki aşağıda verilen formülle ifade edilir.

$$v = w \times r$$

Büyüklükleri arasındaki ilişki ise; $v = w \cdot r$ şeklinde yazılır.

Merkezcil İvme

Bir cisim dairesel bir hareket yapıyor olsun ve bu hareket sırasında sürati değişmesin (hızın sabit kalsın). Fakat hız vektörünün yönü değişecektir. Başlangıç noktasını A, bitiş noktasını B olarak tanımlansın ve ilk hız v_i , son hız ise v_s olsun. Buna karşılık gelen zamanlar da sırasıyla t_i ve t_s olsun.



Parçacığın ivmesini hesaplamak oldukça kolaydır. Ortalama ivme ifadesinden faydalanırız.

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v}_s - \mathbf{v}_i}{t_s - t_i} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

a (ivme) ve v (hız) ifadesinin vektör olduğuna dikkat edin. Üzerine vektör işaretini koymaktansa kolaylık olması açısından kalın karakterle gösteririz. Dolayısıyla bu ifade bize v_s ve v_i ifadelerinin vektörel olarak

birbirlerinden çıkarılıp bir skalere bölüneceğini söyler. Sağdaki sekilden de görüleceği üzere $\Delta v = v_s - v_i$ 'dir. Dolayısıyla vektör toplamı olarak yazacak olursak $v_i + \Delta v = v_s$ 'dur.

Sağdaki üçgen ile soldaki üçgen benzer olduklarına göre, bunlar arasında bir bağıntı kurabiliriz.

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r}$$

Bu durumda Δv için ifadeyi bir önceki ivme ifadesinde yerine yazacak olursak,

$$a = \frac{v \Delta r}{r \Delta t}$$

olarak yazılır. Şimdi düşünmemiz gereken şey limit kavramıdır. Şekildeki A ve B noktaları arasındaki mesafeler eğer birbirlerine çok yakın olurlarsa Δt sıfıra yaklaşır, dolayısıyla $\Delta r / \Delta t$ oranı da v süratine yaklaşır. Bu durumda $\Delta t \rightarrow 0$ limitini göz önüne alırsak,

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

olduğunu bulmuş oluruz. Bu ifade düzgün dairesel hareket yapan bir cisim için **merkezcil ivme denklemidir**. Burada görsele geri dönüp odaklanmanız gerekmektedir. Eğer A ve B birbirine çok yakın olurlarsa, Δv vektörünün yönünün nereye baktığını anlamaya çalışın. Bu hiç kuşkusuz ivmemizin doğrultusudur ve merkeze doğrudur.

Böylelikle düzgün dairesel hareket yapan bir cisimde, merkezcil ivme için gerekli ifadeyi bulduk ve bunun yönünün merkez doğrultusunda olduğunu da göstermiş olduk.

Özet

Konum	Periyod	Frekans
r= Yarıçap vektörü	T: Bir tam dönüş için geçen süre Birim: s	T.f=1 f: Bir saniye içindeki dönüş sayısıdır Birim: Hertz (1/s)
Açısal Hız $\omega = \theta /t$ Yarıçap vektörünün saniyede taradığı açıdır $\omega = 2\pi T \text{ rad/s}$ $\omega = 2\pi f$	Çizgisel Hız $V = x/t$ Cismin dairesel yörengede bir saniyede aldığı yoldur. $V = 2\pi r/T$ $V = \omega \cdot R$	Merkezil İvme Hız büyüklüğü sabit-yön değişmekte Hızdaki vektörel değişim ivmeyi oluşturur $a = V^2/r$ $a = \omega^2 \cdot R$
Merkezil Kuvvet: Cisme hareketi kazandıran net kuvvet Net kuvvetin yönü merkeze doğru $F_n = m \cdot \omega^2 \cdot r = mV^2/r$		

Örnek: Yarıçapı 1 km olan çembersel bir pistte 120 km/h sabit süratle hareket eden bir yarış arabasının periyodu, frekansı ve açısal hızı ne kadardır?

Periyot bir tam tur atana kadar geçen süre.

$$\text{Çemberin çevresi} = 2\pi r = 2 \cdot (3,14) \cdot 1000 \text{ m} = 6280 \text{ m}$$

Arabanın süratini de **km/h** biriminden **m/s** birimine dönüştürülürse,

$$v = (120 \text{ km/h}) \cdot (1000 \text{ m}/1 \text{ km}) \cdot (1 \text{ h}/3600 \text{ s})$$

$$v = (120 \text{ km/h}) \cdot (1 \text{ km}/1000 \text{ m}) \cdot (3600 \text{ s}/1 \text{ h}) = 33,3 \text{ m/s}$$

$$T=2\pi r/v = 6280 \text{ m}/33,3 \text{ m/s} = 188,6 \text{ s}$$

$$f=1/T=1/188,6=0,005s^{-1}$$

$$\omega=2\pi f=2\times3,14\times0,005=0,03rad/s$$

Örnek: 2 metre yarıçaplı dairesel yörüngede sabit çizgisel hızla dönen cismin periyodu 10 saniyedir. Açısal Hız, Çizgisel Hız, Merkezcil ivme kaçtır? ($\pi=3$)

$$\omega = 2\pi/T = 2\cdot3/10 = 0,628 rad/s$$

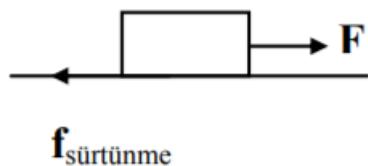
$$V = \omega \cdot r = 0,628 \cdot 2 = 1,256 m/s$$

$$a = V^2 \cdot r = (1,256)^2 \cdot 2 = 3,155 m/s^2$$

NEWTON KANUNLARI

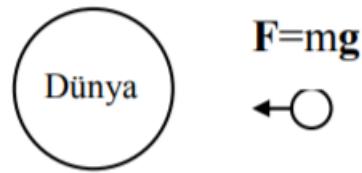
Kuvvet cisimler arasında oluşan kuvvetleri etkileşim şekline göre iki gruba ayırilır. Temas Kuvvetleri ve Alan Kuvvetleri

Temas Kuvvetleri iki cisim arasındaki fiziksel temas(değme) sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Örneğin yay kuvveti, sürtünme kuvveti, bir topu hareket ettirmek için topa uygulanan itme kuvveti gibi.



Alan Kuvvetleri cisimler arasında temas olmadan etkisini gösteren kuvvetlerdir. Örneğin yerçekimi kuvveti, elektrik ve manyetik kuvvet gibi.

Kütle çekim kuvveti



Elektrik kuvveti



1. Yasa : Eylemsizlik Yasası

Cismin durumunu koruma isteği eylemsizlik denir. Bir cisme dış kuvvet (bileşke kuvvet) etki etmedikçe cisim durgun ise durgun kalacak, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam edecektir. Daha basit bir ifade ile, bir cisme etki eden net kuvvet (bileşke kuvvet) yok ise cismin ivmesi sıfırdır.

$F=0$ ise $\Rightarrow a=0$ dır.

$a \propto F$ şeklinde kuvvet ile ivme niceliğinin orantılıdır

Bir cismin hızında meydana gelecek değişime direnme (karşı koyma) eğilimi o cismin **eylemsizliği**' dir.

hareket halindeki arabanın sürücünün aniden frene basınca öne doğru savrular bunun sebebi sürücünün

durumunu korumak istemesidir. veya durgun arabada aniden gaza basan sürücünün geri doğru hareketlenmesi de buna benzer.

Yukarıda verilen bilgiler temel alınarak Newton 1. yasayı şöyle açıklıyor;

Sabit kabul edilen bir referans noktasına göre cisme etki eden bileşke kuvvet 0 ise, cisim duruyorsa durmasına devam eder, hareketli ise sabit hızla hareketine devam eder eder. Yani cisim durumunu korur,

Cisme etki eden bileşke kuvvet 0 olması gereklidir. $F_{net}=0$

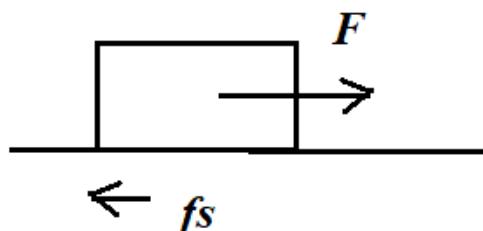
- Cisim önceden durgunsa ,durmeye devam eder.
- Cisim önceden hareketli ise hareketine sabit hızla devam eder.
- Hızda herhangi bir değişim olmadığı için ivme 0'dır

2. Yasa :Dinamiğin Temel Prensibi

Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesi 0 değilse, cisim bu kuvvetin doğrultu ve yönünde ivme kazanır. Kuvvetin, cisme kazandırdığı ivmeye oranı sabit olup, bu sabit değer cismin kütlesine eşittir ve $\mathbf{F}=\mathbf{m}\cdot\mathbf{a}$ ile ifade edilir.



Duran cisim



Hareketli cisim

$F=f_s$ veya $F > f_s$

$F > f_s$ ise a artar

$F=f_s$ ise $a=0$

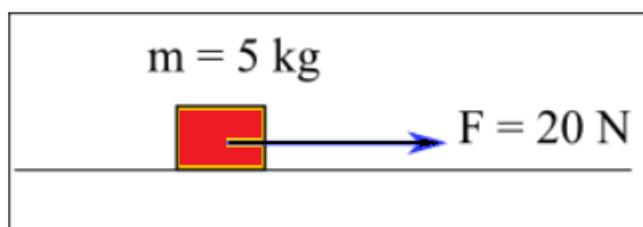
Dinamiğin Temel Prensibi ile ilgili özellikler

1. Net kuvvet kendi yönünde ivme meydana getirir. Yani ivme ile kuvvet aynı yöndedir.
2. Cismin hızı ve cisme etki eden net kuvvet aynı yönde ise cisim düzgün hızlanır
3. Cismin hızı ve cisme etki eden net kuvvet ters yönde ise cisim düzgün yavaşlar.
4. Cisme birden fazla kuvvet etki ediyorsa kuvvetlerin bileskesi alınır.
5. Sistemde birden fazla kütle varsa kütlelerin toplamı alınır. $\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$

3. Yasa : Etki Tepki Prensibi

Bir cisme kuvvet uygulandığında cisim de kuvvet kaynağına aynı büyüklükte ve zıt yönde kuvvet uygular. Bunlardan birincisine etki, ikincisine tepki denir. Etki tepki kuvvetleri birbirine eşittir.

Örnek: Kütlesi 5 kg olan kutu sürtünmesiz yüzeyde 20 N kuvvetle sağa doğru çekiliyor. Kutunun ivmesi kaç m/s^2 dir?



Düseydeki bileşke kuvvet sıfırdır, çünkü kutunun ağırlığını zeminin uyguladığı normal kuvveti dengeler.

Yatayda sadece uygulanan $F = 20 \text{ N}$ var,
bu durumda $F_{\text{net}} = 20 \text{ N}$. Kutunun kütlesinin $m = 5 \text{ kg}$

$$F_{\text{net}} = m a$$

$$a = F/m = 20 \text{ N}/5 \text{ kg} = 4 \text{ m/s}^2$$

Buradan N/kg biriminin m/s^2 ye eşit

Örnek: Kütlesi m olan bir cisme 120 N'luk bir kuvvet uygulandığında ivmesi 3 m/s^2 , 480 N luk bir kuvvet uygulandığında ivmesi 12 m/s^2 olmaktadır.

Bu cismin kütlesi kaç kg'dır?

1 kg kütleli bir cisim üzerine uygulandığında ona 1 m/s^2 lik ivme kazandıran kuvvet bir Newton'dur. $1 \text{ N} = (1 \text{ kg}) (1 \text{ m/s}^2)$

Newton'un 2. Yasası,

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = m$$

$F = m \cdot a$ bağıntısından kütleyi bulabiliriz.

$$120 = 3 \cdot m$$

$$\frac{120}{3} = m$$

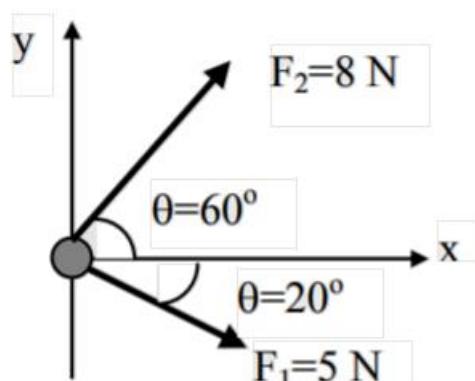
$$m = 40 \text{ kg}$$

Cismin kütlesi 40 kg'dır. Ayrıca,

$$480 = 12 \cdot m$$

$$m = \frac{480}{12} = 40 \text{ tır.}$$

Örnek: 0,30 kg kütleli bir cisim yatay, sürtünmesiz zemini üzerinde kaymaktadır. Cisme şekilde görüldüğü gibi iki kuvvet etki eder. F_1 kuvvetinin büyüklüğü 5 N, F_2 kuvvetinin büyüklüğü ise 8 N'dur. Cismin ivmesinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.



x-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= F_1 \cos(-20^\circ) + F_2 \cos(60^\circ) \\ &= (5N) \cdot (0,94) + (8N) \cdot (0,5) = 8,7 \text{ N}\end{aligned}$$

y-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= F_1 \sin(-20^\circ) + F_2 \sin(60^\circ) \\ &= (5N) \cdot (-0,34) + (8N) \cdot (0,87) = 5,2 \text{ N}\end{aligned}$$

x-yönündeki ivme

$$a_x = \Sigma F_x / m = 8,7 \text{ N} / (0,3 \text{ kg}) = 29 \text{ m/s}^2$$

y-yönündeki ivme

$$a_y = \Sigma F_y / m = 5,2 \text{ N} / (0,3 \text{ kg}) = 17 \text{ m/s}^2$$

Vektörel olarak ivme $a = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} = 29\hat{i} + 17\hat{j} \text{ m/s}^2$ ifade edilirse
buradan;

ivmenin büyüklüğü $|a| = [(29 \text{ m/s}^2)^2 + (17 \text{ m/s}^2)^2]^{1/2} = 34 \text{ m/s}^2$
ivmenin yönü $\theta = \arctan(a_y/a_x) = \arctan(17/29) = 30,4^\circ$ bulunur.

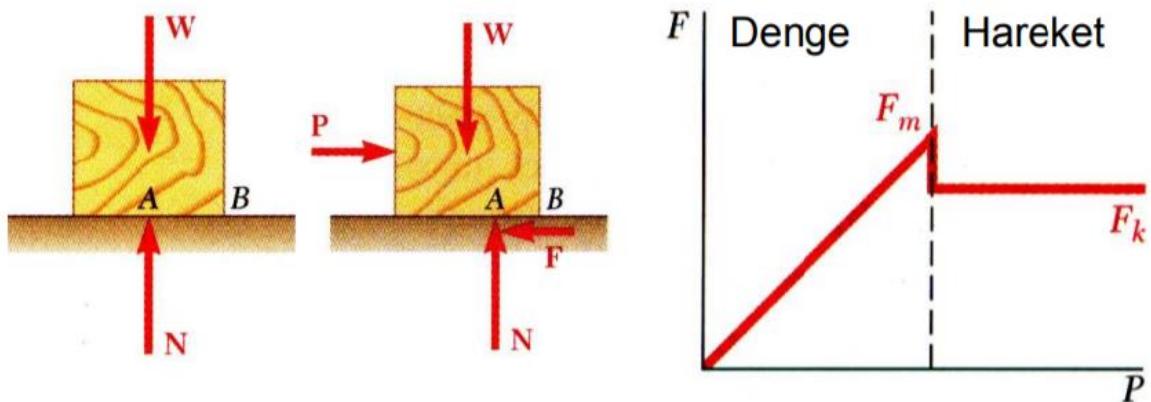
Sürtünme Kuvveti

- W ağırlığındaki blok yatay yüzey üzerine yerleştirildiğinde, blok üzerine etkiyen kuvvetler: ağırlığı ve yüzeydeki tepki kuvvetidir (N).
- Bloğa küçük bir yatay P kuvveti uygulansın. Bloğun hareket etmesini engeleyecek sürtünme kuvveti (F) harekete ters yönde ve temas yüzeyine teğet olacaktır. Bu şekilde blok sabit kalacaktır. Burada F statik-sürtünme katsayısidır.
- P kuvveti artırılırsa, statik sürtünme kuvveti de maksimum değerine kadar artacaktır (F_m)

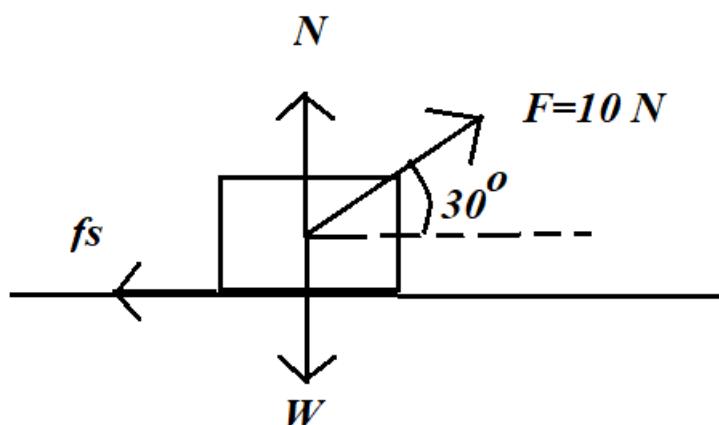
$$F_m = \mu_s N$$

- P kuvveti daha da artırılırsa blok hareket etmeye başlayacaktır. Bu durumda F kuvveti azalır ve kinetik-sürtünme kuvveti (F_k) adını alır.

$$F_k = \mu_k N$$



Örnek: Bir cisim 10 N luk bir kuvvetle yatayın 30^0 üzerinde sbt hızla çekiliyor. Cisim ve zemin arasında sürtünme katsayısı 0,5 ise cismin ağırlığı nedir?



$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 & F_x - f_s &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 & F_y + N - W &= 0\end{aligned}$$

$$F_x = F \cos 30 = 10 \cdot 0,86 = 8,6 \text{ N}$$

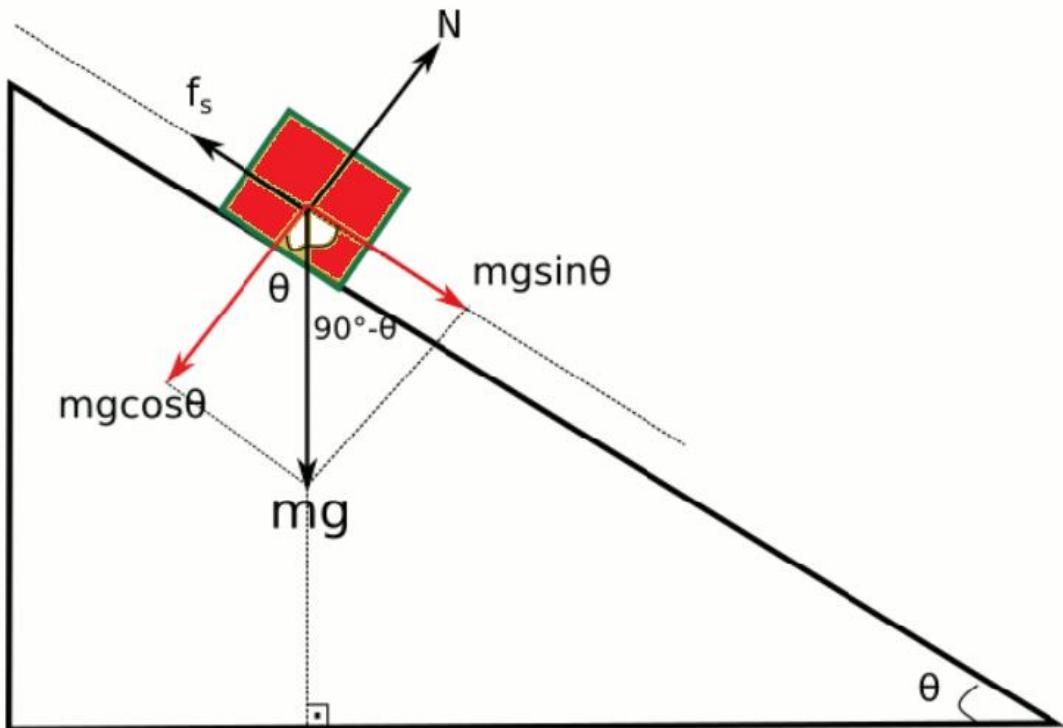
$$F_y = F \sin 30 = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ N}$$

$$f_s = F_x = 8,6 \text{ N}$$

$$f_s = \mu N \quad N = 8,6 \text{ N} / 0,5 = 17,2 \text{ N}$$

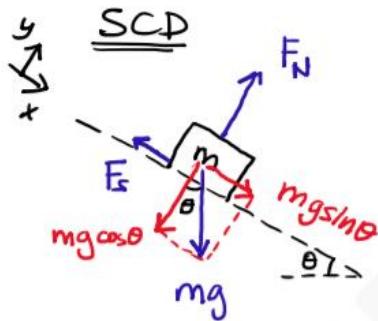
$$W = 5 \text{ N} + 17,2 \text{ N} = 22,2 \text{ N}$$

Eğik Düzlem



Örnek: Şekilde gösterildiği gibi, yatay ile $\theta=37^\circ$ açısı yapan sürtünmeli bir eğik düzlemin tepesinden $m=5.0$ kg kütleli bir blok bırakılıyor ve aşağı doğru kaydığını gözlemleniyor.

- Eğer eğik düzlem ve blok arasındaki sürtünme katsayıları $\mu_k=0.30$ ve $\mu_s=0.50$ ise, bloğun ivmesini bulunuz.
- Blok durgun halden harekete başlıyorsa, eğik düzlem üzerinde 10m kaydıktan sonra süratı ne olur?



$$\sum F_y = 0 \quad (\text{y yönünde ivmelenmiyor})$$

$$\Rightarrow F_N - mg\cos\theta = 0 \Rightarrow F_N = mg\cos\theta$$

$$\sum F_x = ma \quad (\text{Eğik düzleme aşağı doğru ivmeleniyor})$$

$$\Rightarrow mgs\sin\theta - F_s^k = ma$$

$$F_{fr}^k = \mu_k F_N = \mu_k mg\cos\theta$$

$$\Rightarrow mgs\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$

$$\Rightarrow a = g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$

Degerleri de yerine kojar ısek

$$a = 9.81 \text{ m/s}^2 \times (\sin 37^\circ - 0.30 \times \cos 37^\circ)$$

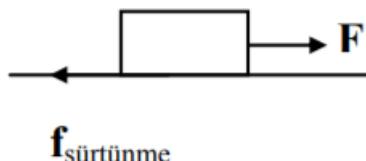
$$\Rightarrow a = 3.6 \text{ m/s}^2$$

Soru: Bir eğik düzlem düzeneğine yerleştirilen bir cisim eğik düzlemin yatayla açısı 30° olunca sabit hızla hareket ediyor. Eğik düzlemin açısı 45° 'ye çıkarılırsa cismin ivmesinin büyüklüğü kaç m/s^2 olur?

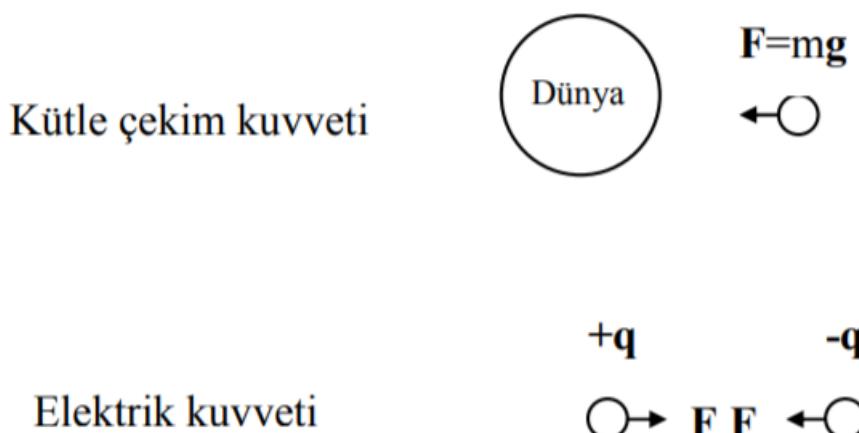
NEWTON KANUNLARI

Kuvvet cisimler arasında oluşan kuvvetleri etkileşim şekline göre iki gruba ayırilır. Temas Kuvvetleri ve Alan Kuvvetleri

Temas Kuvvetleri iki cisim arasındaki fiziksel temas(değme) sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Örneğin yay kuvveti, sürtünme kuvveti, bir topu hareket ettirmek için topa uygulanan itme kuvveti gibi.



Alan Kuvvetleri cisimler arasında temas olmadan etkisini gösteren kuvvetlerdir. Örneğin yerçekimi kuvveti, elektrik ve manyetik kuvvet gibi.



1. Yasa : Eylemsizlik Yasası

Cisinin durumunu koruma isteğine eylemsizlik denir. Bir cisime dış kuvvet (bileşke kuvvet) etki etmedikçe cisim durgun ise durgun kalacak, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam edecektir. Daha basit bir ifade ile, bir cisime etki eden net kuvvet (bileşke kuvvet) yok ise cismin ivmesi sıfırdır.

$F=0$ ise $\Rightarrow a=0$ dır.

$a \propto F$ şeklinde kuvvet ile ivme niceliginin orantılıdır

Bir cismin hızında meydana gelecek değişime direnme (karşı koyma) eğilimi o cismin **eylemsizliği**' dir.

hareket halindeki arabanın sürücünün aniden frene basınca öne doğru savrulur bunun sebebi sürücünün durumunu korumak istemesidir. veya durgun arabada aniden gaza basan sürücünün geri doğru hareketlenmesi de buna benzer.

Yukarıda verilen bilgiler temel alınarak Newton 1. yasayı şöyle açıklıyor;

Sabit kabul edilen bir referans noktasına göre cisme etki eden bileşke kuvvet 0 ise, cisim duruyorsa durmasına devam eder, hareketli ise sabit hızla hareketine devam eder. Yani cisim durumunu korur,

Cisme etki eden bileşke kuvvet 0 olması gereklidir. $F_{net}=0$

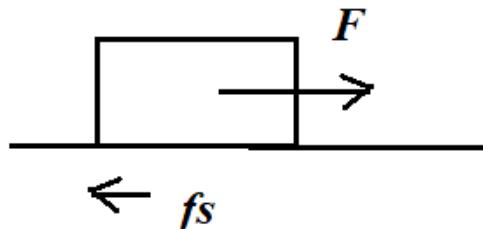
- Cisim önceden durgunsa ,durmaya devam eder.
- Cisim önceden hareketli ise hareketine sabit hızla devam eder.
- Hızda herhangi bir değişim olmadığı için ivme 0'dır

2. Yasa :Dinamiğin Temel Prensibi

Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesi 0 değilse, cisim bu kuvvetin doğrultu ve yönünde ivme kazanır. Kuvvetin, cisme kazandırdığı ivmeye oranı sabit olup, bu sabit değer cismin kütlesine eşittir ve $F=m.a$ ile ifade edilir.



Duran cisim



Hareketli cisim

$F=f_s$ veya $F > f_s$

$F > f_s$ ise a artar

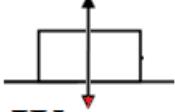
$F=f_s$ ise $a=0$

Dinamiğin Temel Prensibi ile ilgili özellikler

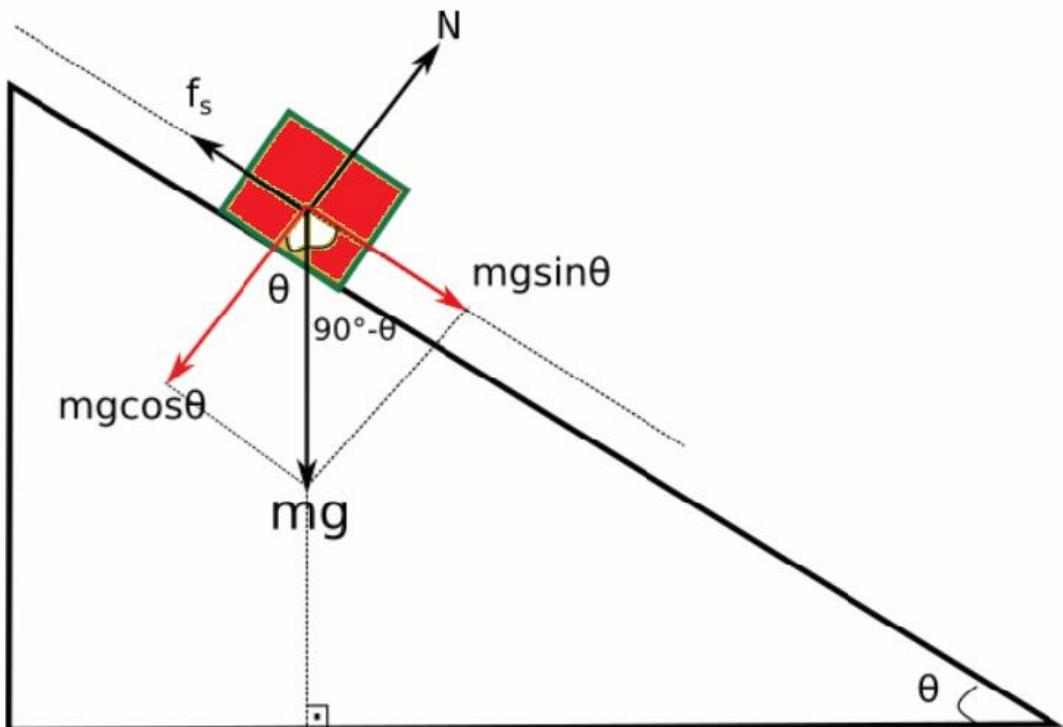
1. Net kuvvet kendi yönünde ivme meydana getirir. Yani ivme ile kuvvet aynı yöndedir.
2. Cismin hızı ve cisme etki eden net kuvvet aynı yönde ise cisim düzgün hızlanır
3. Cismin hızı ve cisme etki eden net kuvvet ters yönde ise cisim düzgün yavaşlar.
4. Cisme birden fazla kuvvet etki ediyorsa kuvvetlerin bileşkesi alınır.
5. Sistemde birden fazla kütle varsa kütlelerin toplamı alınır. $\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$

3. Yasa : Etki Tepki Prensibi

Bir cisime kuvvet uygulandığında cisim de kuvvet kaynağına aynı büyüklükte ve zıt yönde kuvvet uygular. Bunlardan birincisine etki, ikincisine tepki denir. Etki tepki kuvvetleri birbirine eşittir.

$$N = mg$$

$$W = mg$$

Eğik Düzlem

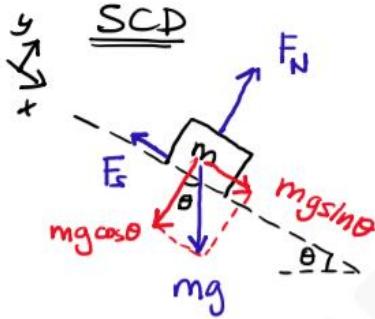


Newton Yasalarının ilgili problemlere uygulanması için gerekli basamaklar

- Sistemin basit, açık bir diyagramını çiziniz.
- Hareketini incelediğiniz cismi diğerlerinden ayıranız ve cisme etkiyen tüm dış kuvvetleri gösteren serbest cisim-diyagramını çiziniz. Birden fazla cisim içeren sistemlerde, her cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı çiziniz. Cismin çevresine uyguladığı kuvvetleri bu diyagrama *dahil etmeyiniz*. Her cisim için uygun koordinat eksenleri yerleştiriniz ve bu eksenler boyunca kuvvetlerin bileşenlerini bulunuz.
- $\Sigma F = ma$ şeklindeki Newton'un ikinci yasasını bileşenler cinsinden uygulayınız. Her terimin kuvvet boyutunda ve aynı birim sisteminde olup olmadığını kontrol ediniz.
- Bilinmeyenler için bileşen denklemlerini çözünüz. Tam bir çözüm elde edebilmeniz için, bilinmeyen sayısı kadar bağımsız denklem olması gerektiğini unutmayın.
- Sonuçlarınızın, serbest cisim diyagramı ile uyuştuğundan emin olunuz. Değişkenlerin üç (ekstrem) değerleri için, çözümlerinizin öngörülerini kontrol ediniz. Bunları yaparken, çoğu zaman sonuçlarınızdaki hataları görebilirsiniz.

Örnek: Şekilde gösterildiği gibi, yatay ile $\theta=37^\circ$ açısı yapan sürtünmeli bir eğik düzlemin tepesinden $m=5.0$ kg kütleli bir blok bırakılıyor ve aşağı doğru kaydığını gözlemleniyor.

- a. Eğer eğik düzlem ve blok arasındaki sürtünme katsayıları $\mu_k=0.30$ ve $\mu_s=0.50$ ise, bloğun ivmesini bulunuz.
- b. Blok durgun halden harekete başlıyorsa, eğik düzlem üzerinde 10m kaydıktan sonra süratini ne olur?



$$\sum F_y = 0 \quad (\text{y yönünde i umelenmiyor})$$

$$\Rightarrow F_N - mg \cos \theta = 0 \Rightarrow F_N = mg \cos \theta$$

$$\sum F_x = ma \quad (\text{Eğik düzlemede aşağı doğru itimeleniyor})$$

$$\Rightarrow m g \sin \theta - F_s = ma$$

$$F_{fr}^k = \mu_k F_N = \mu_k mg \cos \theta$$

$$\Rightarrow m g \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma$$

$$\Rightarrow a = g (\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$$

Değerleri de yerine koyar isek

$$a = 9.81 \text{ m/s}^2 \times (\sin 37^\circ - 0.30 \times \cos 37^\circ)$$

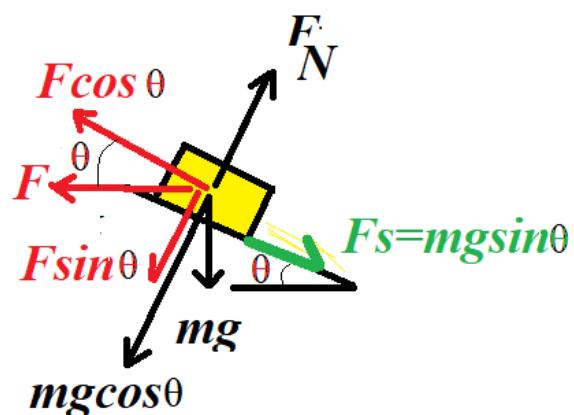
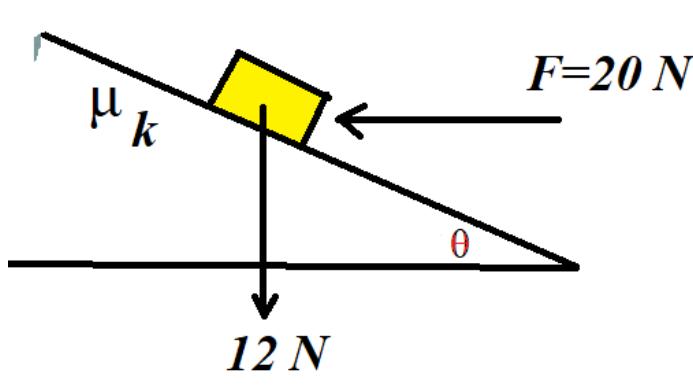
$$\Rightarrow a = 3.6 \text{ m/s}^2$$

c.

Örnek: Şekildeki blok ağırlığı $W = 10 \text{ N}$ dur ve $\theta = 45^\circ$ eğimli sürtünmeli bir yüzey üzerindedir. Bu blok $F = 20 \text{ N}$ lik kuvvetle yukarı yönde sabit hızla itilmektedir. (F kuvveti yatay yönde)

Eğik düzlemin bloğa uyguladığı kuvvet nedir?

Sürtünme katsayısı nedir?



V=sbt

$$\Sigma F_{net,y} = 0$$

$$F_N - (mg \cos\theta + F \sin\theta) = F_N - mg \cos\theta - F \sin\theta = 0$$

$$F_N = 12 \cdot 0,707 + 20 \cdot 0,707 = 22,62 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{net_x} = 0$$

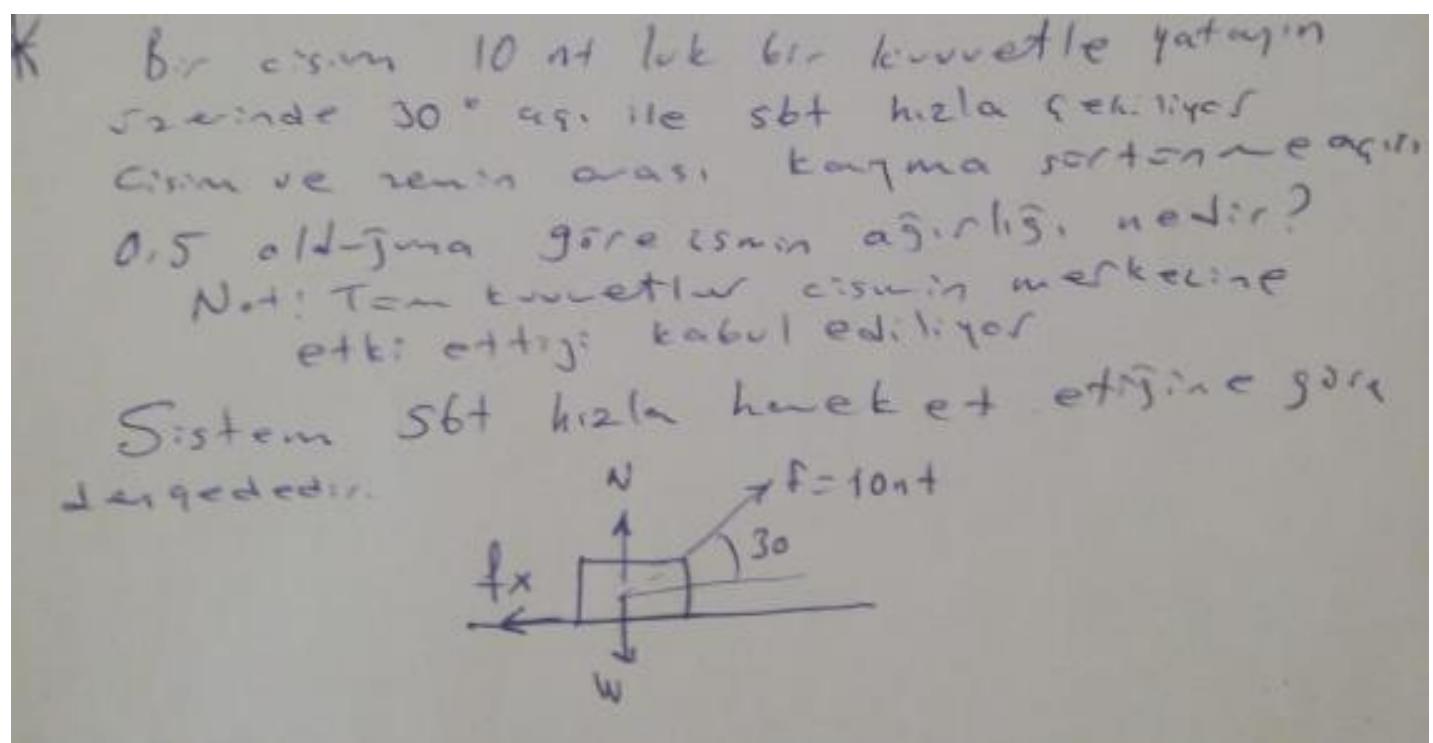
$$F \cos\theta - mg \sin\theta - F_s = 0$$

$$F_s = \mu \cdot F_N = \mu (mg \cos\theta + F \sin\theta)$$

$$F \cos\theta - mg \sin\theta = \mu (mg \cos\theta + F \sin\theta)$$

$$\mu = (F \cos\theta - mg \sin\theta) / (mg \cos\theta + F \sin\theta)$$

$$= 0,25$$



$$\sum F_x = 0$$

$$F_x - f_x = 0$$

11

$$\sum F_y = 0$$

$$F_y + N - w = 0$$

$$f_x = F \cos 30^\circ = 10 \times 0.86 = 8,6 \text{ N}$$

$$f_y = F \sin 30^\circ = 10 \times 0.5 = 5 \text{ N}$$

$$F_x - f_k = 0 \text{ dan } f_k = f_x = 8,6 \text{ N}$$

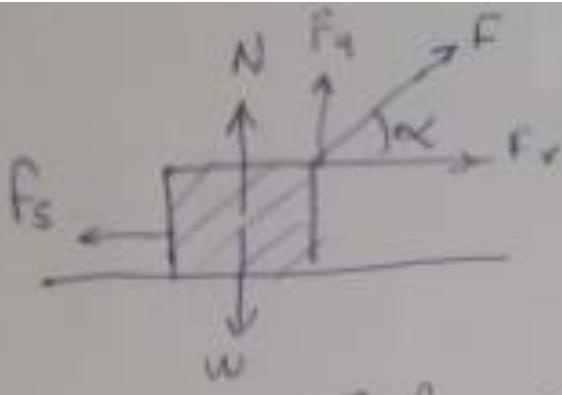
$$f_k = \mu_k N \quad \mu_k = 0,5 \text{ iđi}$$

$$\therefore \mu_k \cdot N = 8,6 \quad N = \frac{8,6}{0,5} = 17,2$$

$$F_y + N - w = 0 \quad w = F_y + N$$

$$= 5 + 17,2 = 22,2 \text{ N}$$

Örnek: Ne büyüklükte bir kuvvet uygulansın ki cisim sabit hareket etsin?



$$\sum F_x = 0 \quad F_x - f_s = 0 \quad f_s = F_x$$

$$\sum F_y = 0 \quad N + P_y - w = 0 \quad N = w - P_y$$

$$f_s = \mu \cdot N = \mu (w - P_y)$$

$$F_x = P \cos \alpha$$

$$P_y = P \sin \alpha$$

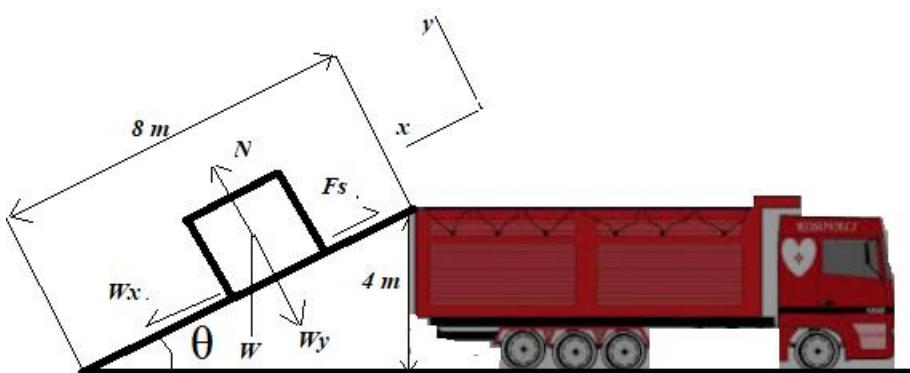
$$f_s = \mu (w - P \sin \alpha) = \mu w - \mu P \sin \alpha$$

$$f = P_x = P \cos \alpha = \mu w - \mu P \sin \alpha$$

$$P(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = M w$$

$$P = \frac{M w}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

Örnek: 600 N luk bir kasa 4 m yüksekliğinde bir kamyondan 8 m uzunluğunda bir platform üzerinden sabit bir hızla indirilmek isteniyor. Kasa-platform arası kayma sürtünme açısı 0,3 olduğuna göre kasa aşağıya mı çekilmeli-yukarıya doğru mu tutulmalı? Bu kuvvetin büyüklüğü nedir?



$$\sin\theta = 4/8 = 0,5 \rightarrow \theta = 30^\circ$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N - W_y = 0$$

$$N = W_y = W \cos 30^\circ = 600 \cdot 0,86$$

$$= 516 \text{ N}$$

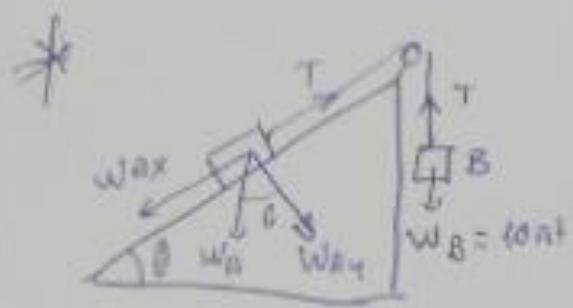
$$F_s = \mu_k \cdot N = 0,3 \cdot 516 = 154,8 \text{ N}$$

$$W_x = W \sin 30^\circ = 600 \cdot 0,5 = 300 \text{ N}$$

$W_x > F_s$ olduğuna göre tutularak indirilmelidir.

$$\text{Bu kuvvet(F)} \quad \sum F_x = 0 \rightarrow W_x - F_s - F = 0$$

$$F = W_x - F_s = 300 - 154,8 = 145 \text{ N} \text{ olmalı}$$



kaynar surjame kutsayisi

$1/7$ dir

θ nin hangi degerlerde giy

sistem sifatlari herkest
edilen $w_A = 14$ nt

Makaralar sistemi 2, ip hati

$$w_{Ax} = w_A \sin \theta \quad \Rightarrow \quad w_{Ay} = w_A \cos \theta$$

B cisimini giym

$$\sum F_y = 0 \quad T - w_B = 0 \quad T = w_B, w_B = 10$$

$$T = 10 \text{ nt}$$

A cisimini giym

$$\sum F_x = 0 \quad T - w_{Ax} - f_x = 0$$

$$\sum f_y = 0 \quad N - w_{Ay} = 0$$

$$N = w_{Ay} = w_A \cos \theta \quad w_A = 14 \text{ nt}$$

$$N = 14 \cos \theta$$

Sisteme kroesti $f_k = \mu_k \cdot N$

$$N_k = \frac{1}{7} N$$

$$f_k = \frac{t}{7} \cdot 14 \cos \theta = 2 \cdot \cos \theta$$

$$T - w_{Ax} - f_k = 0 \quad w_{Ax} = w_A \sin \theta = 14 \sin 60^\circ$$

$$10 - 14 \sin \theta - 2 \cos \theta = 0$$

$$5 - 7 \sin \theta - \cos \theta = 0$$

$$\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$$

$$5 - 7 \sin \theta - \sqrt{1 - \sin^2 \theta} = 0$$

$$5 - 7 \sin \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} \quad \text{it is for solution}$$

$$25 - 70 \sin \theta + 49 \sin^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta$$

$$50 \sin^2 \theta - 70 \sin \theta + 24 = 0$$

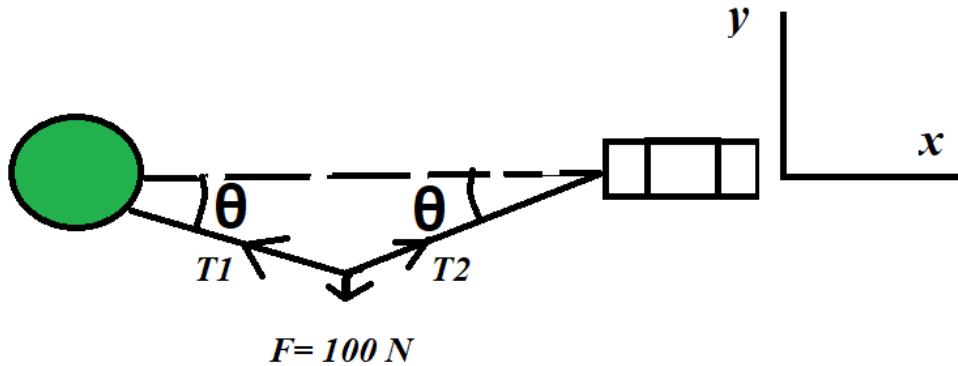
$$25 \sin^2 \theta - 35 \sin \theta + 12 = 0$$

$$\sin \theta_{1,2} = \frac{35 \pm \sqrt{(35)^2 - 4 \cdot 25 \cdot 12}}{50}$$

$$\sin \theta_{1,2} = \frac{35 \pm 5}{50} \rightarrow \theta_1 = 37^\circ \uparrow$$

havukatları: olur.

Örnek: 50 m uzunluğunda bir halat bir otomobil ve bir ağaca iki ucundan bağlanmıştır.. Bir adam halatın tam ortasından 100 N luk kuvvatla 2 m halatı çekiyor. İpteki gerilmeler nedir?



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow -F + T_{1y} + T_{2y} = 0 \rightarrow (T_{1y} = T_{2y} = T_y)$$

$$T_y = T \sin \theta \rightarrow \sin \theta = 2/25 = 0,08$$

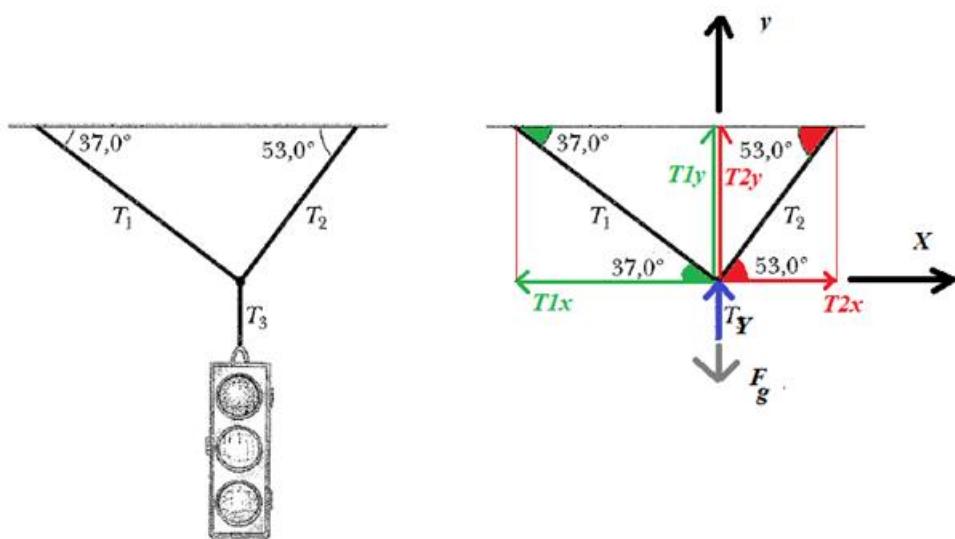
$$T_y = 0,08T$$

$$2 T_y = F \rightarrow 2 \cdot 0,08T = F$$

$$T = F/0,16 = 100/0,16 = 625 \text{ N}$$

Örnek:

Bir trafik Lambası Şekil da görüldüğü gibi kablolarla bir desteği asılmıştır. Üst taraftaki kablolar yatayla 37° ve 53° lik açılar yapmaktadır ve lambanın ağırlığı da 125 N dır. Her üç kablodaki gerilmeyi bulunuz.



lambayı tutan düşey kablonun uyguladığı T_3 kuvveti için $T_3 = F_g = 125 \text{ N}$ yazılabilir. Koordinat eksenleri Şek. deki gibi seçilip, düğüm noktasına etkileyen kuvvet bileşenleri cinsinden,

Kuvvetler	x Bileşeni	y Bileşeni
T_1	$-T_1 \cos 37^\circ$	$T_1 \sin 37^\circ$
T_2	$T_2 \cos 53^\circ$	$T_2 \sin 53^\circ$
T_3	0	-125 N

Dengenin ilk şartları aşağıdaki denklemleri verir.

$$(1) \quad \sum F_x = -T_1 \cos 37^\circ + T_2 \cos 53^\circ = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = T_1 \sin 37^\circ + T_2 \sin 53^\circ + (-125 \text{ N}) = 0$$

olarak yazılabilir. (1) Eşitliğinden T_1 ve T_2 gerilmelerinin yatay bileşenlerinin büyüklükçe eşit olduğu görülür. (2) Eşitliğinden de T_1 ve T_2 gerilmelerinin düşey bileşenlerinin toplamlarının, ağırlığı dengelemesi gereği görülür. (1) denkleminden, T_2 yi T_1 cinsinden çözürebiliriz:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{\cos 37^\circ}{\cos 53^\circ} \right) = 1,33 T_1$$

Bu T_2 değerini, (2) denkleminde yerine koyarsak

$$T_1 \sin 37^\circ + (1,33 T_1) (\sin 53^\circ) - 125 \text{ N} = 0$$

$$T_1 = 75,1 \text{ N}$$

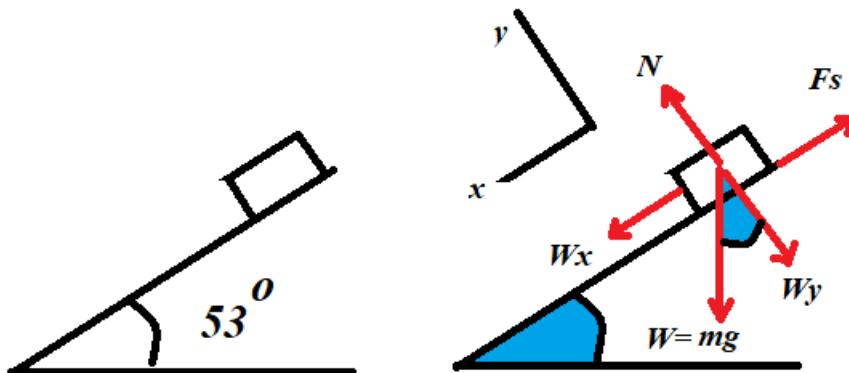
$$T_2 = 1,33 T_1 = 99,9 \text{ N}$$

bulunur.

Newton Yasalarının ilgili problemlere uygulanması için gerekli basamaklar

- Sistemin basit, açık bir diyagramını çiziniz.
- Hareketini incelediğiniz cismi diğerlerinden ayıranız ve cisim etkiyen tüm dış kuvvetleri gösteren serbest cisim-diyagramını çiziniz. Birden fazla cisim içeren sistemlerde, her cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı çiziniz. Cismin çevresine uyguladığı kuvvetleri bu diyagrama *dahil etmeyiniz*. Her cisim için uygun koordinat eksenleri yerleştiriniz ve bu eksenler boyunca kuvvetlerin bileşenlerini bulunuz.
- $\Sigma F = ma$ şeklindeki Newton'un ikinci yasasını bileşenler cinsinden uygulayınız. Her terimin kuvvet boyutunda ve aynı birim sisteminde olup olmadığını kontrol ediniz.
- Bilinmeyenler için bileşen denklemlerini çözünüz. Tam bir çözüm elde edebilmeniz için, bilinmeyen sayısı kadar bağımsız denklem olması gerektiğini unutmayın.
- Sonuçlarınızı, serbest cisim diyagramı ile uyuştuğundan emin olunuz. Değişkenlerin üç (ekstrem) değerleri için, çözümlerinizin öngörülerini kontrol ediniz. Bunları yaparken, çoğu zaman sonuçlarınızdaki hataları görebilirsiniz.

Örnek: Şekildeki eğik sürtünmesiz düzlem üzerinde kütlesi 4 kg olan cisim bırakılıyor. a) İvmesi ne olur?



$$F_{net} = ma \rightarrow a = F_{net}/m = mg \sin 53^\circ / m = g \sin 53^\circ = 9,81 \cdot 0,79 = 7,83 \text{ m/s}^2$$

b) $\mu=0,1$ ise $a = ?$

$$\begin{aligned} F_{net} &= ma \rightarrow a = F_{net}/m = (W_x - F_s)/m = (W_x - \mu W_y)/m = (W_x - \mu mg \cos 53^\circ)/m \quad 1 \\ &= (mg \sin 53^\circ - 0,1 \cdot mg \cos 53^\circ)/m \\ &= (4,981 \cdot 0,79 - 0,1 \cdot 4,981 \cdot 0,6)/4 \end{aligned}$$

$$= (31,34 - 2,362)/4 \\ = 7,24 \text{ m/s}^2$$

c) $\mu=?$ ise $a=0$

1 kullanılarak $a = (mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta)/m$ $0 = 4,9,8,0,79 - \mu 4,9,81,0,6/4$
 $\mu = 31,34/23,54 \geq 1,33$

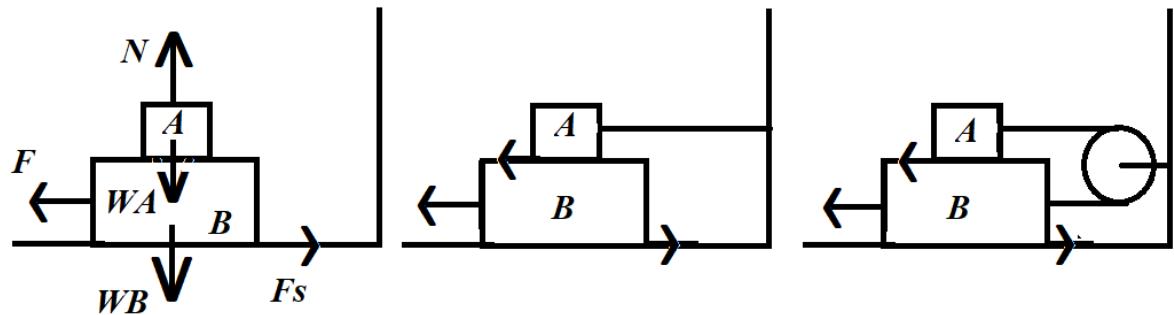
Ödev: Aynı cismin yatay bir düzlem üzerinde ve yine yatay yönde $F=45 \text{ N}$ kuvvet ile çekildiğini düşünelim.

$\mu=0,1$ ise $a=?$ ve $\mu=?$ ise $a=0$ (cismin harekete başladığı $\mu=?$) konunun tartışılmaması?

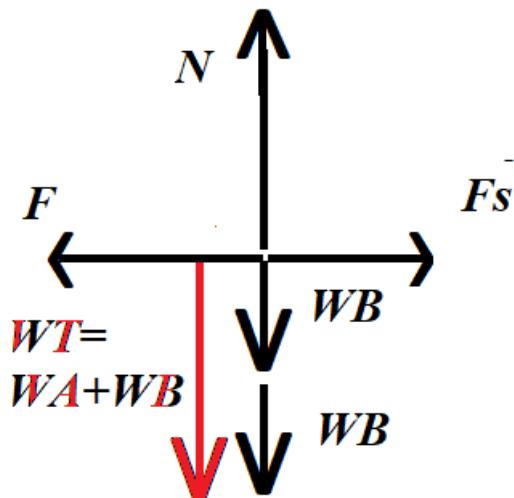
Sürtünme katsayıları (statik ve kinetik)

	μ_s	μ_k
Çelik üzerinde çelik	0.74	0.57
Çelik üzerinde aluminyum	0.61	0.47
Çelik üzerinde bakır	0.53	0.36
Beton üzerinde kauçuk	1.0	0.8
Tahta üzerinde tahta	0.25-0.5	0.2
Cam üzerinde cam	0.94	0.4
İslak kar üzerinde yağlı tahta	0.14	0.1
Kuru kar üzerinde yağlı tahta	-	0.04
Metal üstünde metal (yağlı)	0.15	0.06
Buz üzerinde buz	0.1	0.03
Teflon üzerinde Teflon	0.04	0.04
Eklem yerleri	0.01	0.003

Örnek:



$WA=4\text{ N}$ ve $WB=8\text{ N}$, tüm yüzeyler üzerinde $F_s=0,25$



a) A ve B birlikte kaydığınına göre F kuvveti nedir?

Dengenin 1. Koşuluna göre:

$$\sum F_y = 0 \quad (NA+NB)-(WA+WB) = 0 \quad NA+NB = 4+8 = 12 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \quad F_s = \mu(NA+NB) = 0,25 \cdot 12 = 3 \text{ N} \quad [F \geq F_s = 3 \text{ N}] \text{ olmalı}$$

b) B cismi şekildeki gibi bir sicimle duvara bağlanmış ise,

$$\text{Yeni } F_s A = \mu N_A = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ N.}$$

$$F_{stoplam} = 3 + 1 = 4 \text{ N} \quad [F \geq F_{stoplam} = 4 \text{ N}] \text{ olmalı}$$

c) B cisminin sola doğru sbt hızla hareket etmesi için,

A cismine dengenin 1. Koşulu uygulanırsa

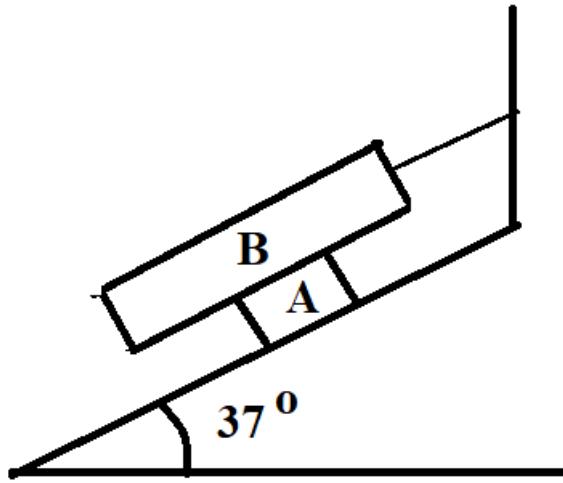
$$\sum F_x = 0 \quad T - F_s A = 0 \quad T = 1 \text{ N}$$

B cismi için

$$\sum F_x = 0 \quad F - T - F_s - F_s A \quad F = 1 + 3 + 1 = 5 \text{ N}$$

$$[F \geq 5 \text{ N}] \text{ olmalı.}$$

Örnek: İki kalastan birisi şekildeki gibi bir sıkımle bağlanmıştır. Tüm yüzeylerdeki sırtunme katsayıları ve A ve B cisminin ağırlığı aynıdır. Hareketsiz durma sözkonusu ise, etkiyen kuvvetler nelerdir?



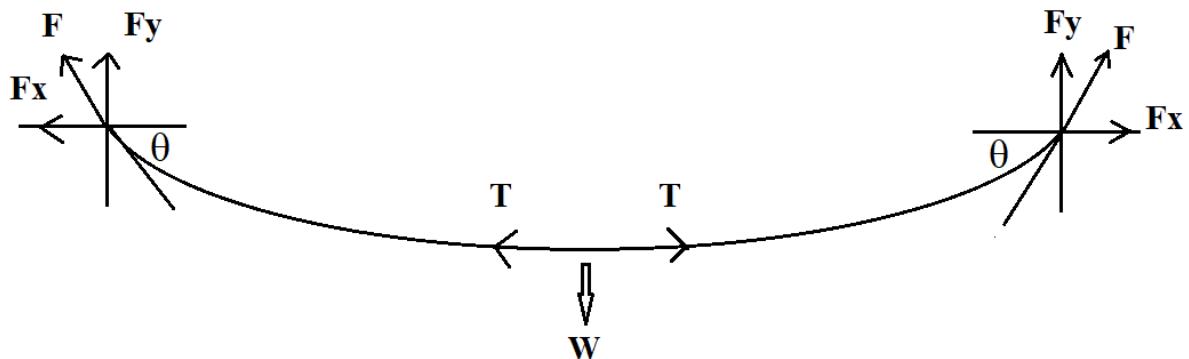
$$F_s = \mu N \rightarrow N = WAy + WB_y = 2W_y \quad (W_y = Way = WB_y)$$

$$F_s = \mu 2W_y$$

Dengenin 1. Koşuluna göre,

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow (WA_x + WB_x) - (F_s + F_{s1}) = 0 \quad (F_s = A \text{ ve zemin arası}, F_{s1} = B \text{ ve A arası Sürt. Kuvveti})$$

Örnek: W ağırlığında bir zincirin iki ucu iki duvara şekildeki gibi iki çengele asılmıştır. Zincirin çengellere uyguladığı kuvvet ve T gerilmesini ifade ediniz.



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow (F_y + F_y) - W = 0$$

$$F_y = F \sin \theta \quad 2F \cdot \sin \theta = W \quad F = W / 2 \sin \theta$$

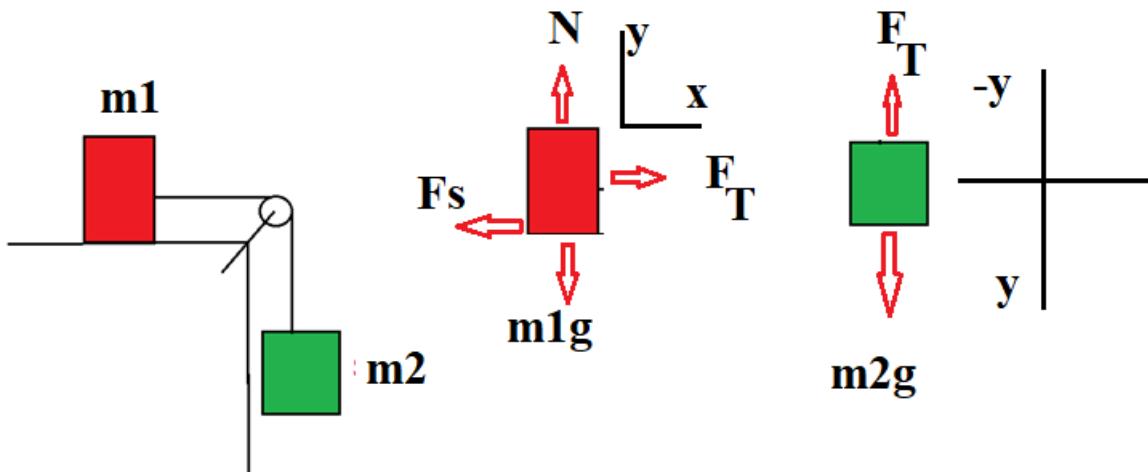
$$\Sigma F_x = 0 \quad T - F_x = 0 \quad T = F_x = F \cos \theta$$

$$F = w/2 \sin \theta$$

$$T = (w/2 \sin \theta) \cos \theta = \boxed{w/2 \tan \theta}$$

Örnek: Şekilde gösterildiği gibi iki cisim ağırlıksız bir makaradan geçen sicim ile birbirlerine bağlanıyorlar. $m_1=10\text{N}$ kütlesi ile zemin arasındaki kinetik ve statik sürtünme katsayıları sırasıyla 0.40 ve 0.60 dir.

- Sistem durgun halden bırakılırsa, m_2 kütlesi en az ne olmalı ki sistem ivmelenmeye başlasın?
- m_2 kütlesi iki katı olsa, sistemin ivmesi ve ipteki gerilme ne olur?



a) statik durum $a=0$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (\text{m}_1 \text{ cismi için}) \quad \Sigma F_x = 0 \quad (\text{m}_1 \text{ cismi için}) \quad \Sigma F_y = 0 \quad (\text{m}_2 \text{ cismi için})$$

$$N - m_1 g = 0 \rightarrow N = m_1 g$$

$$F_T - F_{\text{stat-s}} = 0$$

$$m_2 g - F_T = 0$$

$$F_{\text{stat-s}} = m_2 g \leq \mu_s N \rightarrow$$

$$m_2 g \leq \mu_s N$$

$$m_2 \leq \mu_s N$$

$$\boxed{m_{2\min} = \mu_s m_1 = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ N}}$$

b) kinetik durum $m_2 = 12 \text{ N}$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (\text{m}_1 \text{ cismi için}) \quad \Sigma F_x = m_1 a \quad (\text{m}_1 \text{ cismi için}) \quad \Sigma F_y = m_2 a \quad (\text{m}_2 \text{ cismi için})$$

$$N - m_1 g = 0 \rightarrow N = m_1 g \quad F_T - F_k = m_1 a \quad m_2 g - F_T = m_2 a \quad \boxed{2}$$

$$F_T - \mu_{\text{kin}} m_1 g = m_1 a \quad \boxed{1}$$

$$F_{\text{kin-s}} = \mu_{\text{kin}} N = \mu_{\text{kin}} m_1 g$$

$$\boxed{1} + \boxed{2} \rightarrow m_2 g - \mu_{\text{kin}} m_1 g = (m_1 + m_2) a$$

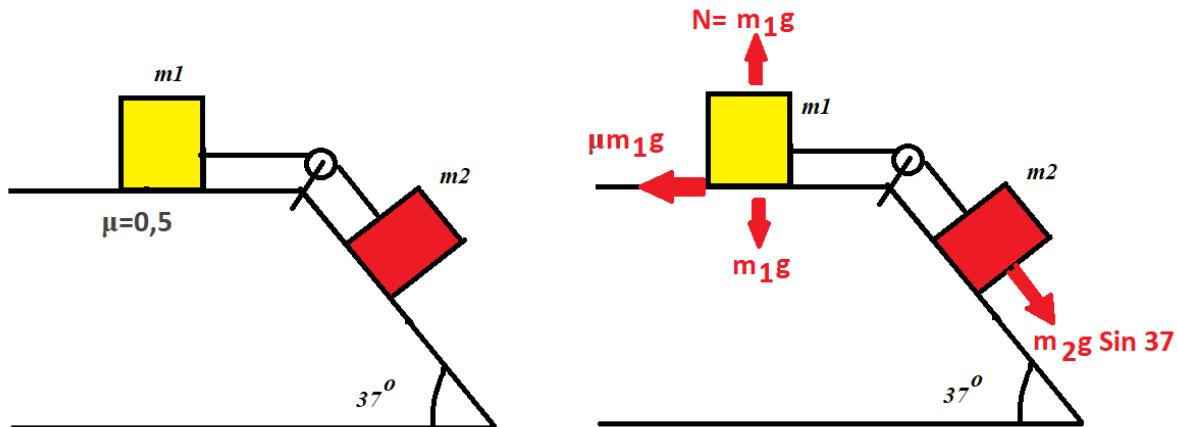
$$12 - 0,4 \cdot 10 \cdot 9,81 = (12 + 10) a$$

$$a = 2,6 \text{ m/s}^2$$

$$\boxed{1} \rightarrow F_T - \mu_{\text{kin}} m_1 g = m_1 a \text{ idi} \rightarrow F_T = m_1 (a + \mu_{\text{kin}} g) = 10(3,6 + 0,4 \cdot 9,8)$$

$$= 75 \text{ N}$$

Örnek: $m_1 = 5$ ve $m_2 = 12 \text{ kg}$ ve sürtünme satece yatay düzlemededir. Sistemin ivmesi nedir?



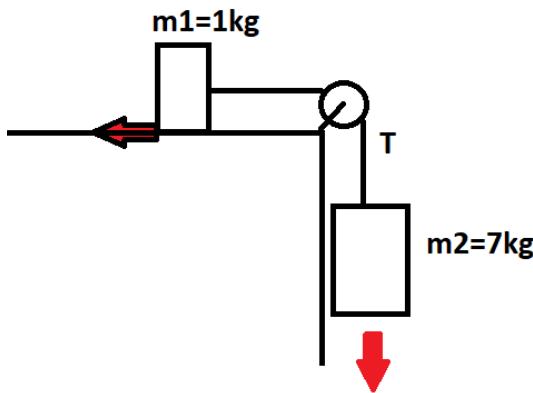
$$\text{Sistemin ivmesi } a = F_{\text{net}} / m_{\text{Toplam}} = (m_2 g \sin 37^\circ - \mu m_1 g) / (m_1 + m_2)$$

$$= (12 \cdot 9,81 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 5 \cdot 9,81) / 5 + 12 = (70,85 - 24,53) / 17$$

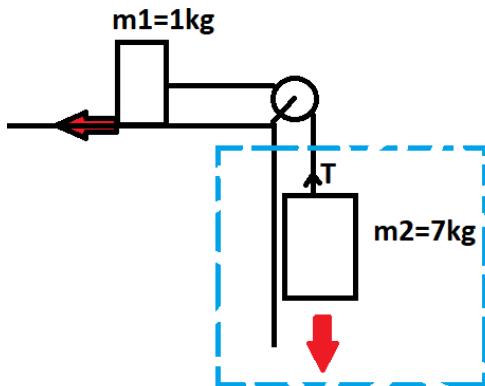
$$= 2,73 \text{ m/s}^2$$

Ödev: Aynı diğer koşullarda, eğimli yüzeyin sürtünme katsayıısı en az ne olmalı ki sistem yerinde dursun. (konu tartışılsın)

Örnek: $\mu = 0,5$ olup sistem serbest bırakılıyor. a ve T nedir?

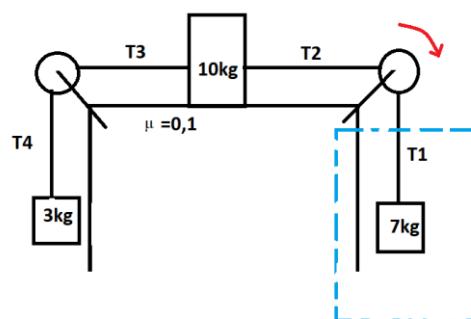


$$\begin{aligned}
 F_{\text{net}} &= ma \rightarrow F_{\text{net}} = (m_2 \cdot g - F_s) = m_2 \cdot g - \mu m_1 g = 7 \cdot 9,81 - 0,1 \cdot 1 \cdot 9,81 = (1+7)a \\
 &= 68,67 - 0,981 = 8a \\
 a &= 8,46 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$



$$F = ma \rightarrow m_2 \cdot g - T = ma \rightarrow 7 \cdot 9,81 - T = 7 \cdot 8,46 \rightarrow T = 68,67 - 59,27 = 9,4 \text{ N}$$

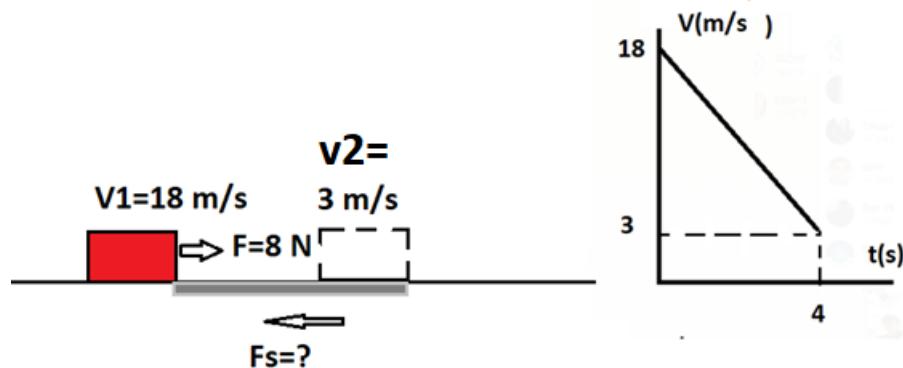
Örnek: Sistemin ivmesi ve T1 nedir? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



$$F_{\text{net}} = 70 - 30 - 10 = (7 + 10 + 3)a \rightarrow a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$70 - T_1 = 7 \cdot 1,5 \rightarrow T_1 = 59,5 \text{ N}$$

T2, T3 ve T4 nedir? (Ödev)



Örnek: Sürtünmeli yatay bir yola $V = 18 \text{ m/s}^2$ hızla giren bir cisim 8 N luk bir kuvvette maruz kalıyor ve hızı 3 m/s ye düşüyor. 3 kg kütleli bu cisme etki eden sürtünme kuvveti ve katsayısı nedir?

Düzgün yavaşlayan cisme etkiyen kuvvet $F_s > 8 \text{ N}$ olmalı,

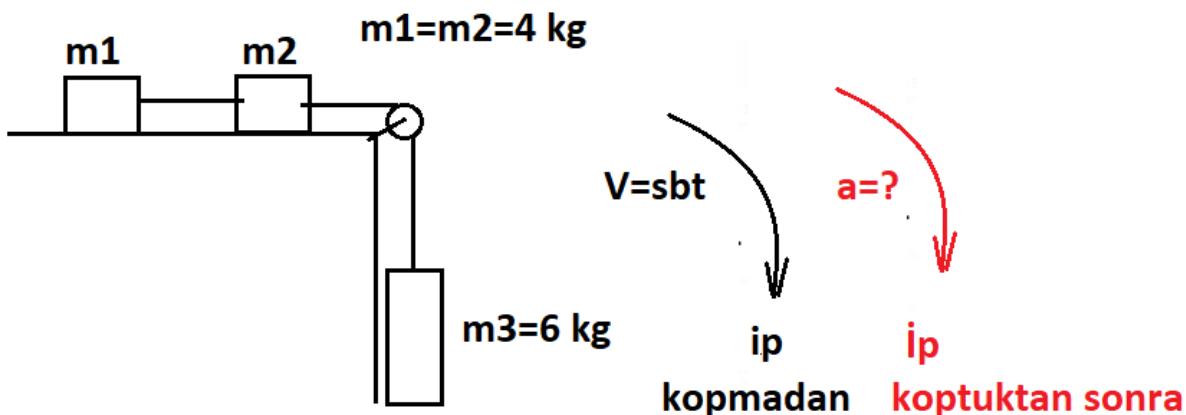
$$\tan\theta = \Delta V / \Delta t = (3-18) / (4-0) = -3,75 \text{ m/s}^2$$

$$F_{net} = ma \rightarrow F - F_s = ma \rightarrow 8 - F_s = 3 \cdot -3,75 \rightarrow F_s = 19,25 \text{ N}$$

$$F_s = \mu \cdot m \cdot g \rightarrow \mu = F_s / mg = 19,25 / 3 \cdot 9,81 = 0,66 \text{ olarak bulunur.}$$

Ödev: 4 s boyunca alınan yol nedir?

Örnek: Sistemde V sabit hız ile hareket sözkonusu iken m_1 ve m_2 cisimleri arasındaki ipin kopmaktadır. İp kopuktan sonra sistemin ivmesi ne olur? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



Cisimler **başlangıçta** sbt hızla hareket ediyor ve $a=0$. $m_1 = m_2$ olduğuna göre sürtünme kuvvetleride birbirine eşit.

$$F_{net} = 0$$

$m_3g = 2Fs$ (m_1 ve m_2 cisimlerine ait sürtünme kuvvetleri = F_s alınırsa)

$$60 = 2Fs \rightarrow Fs = 30 \text{ N}$$

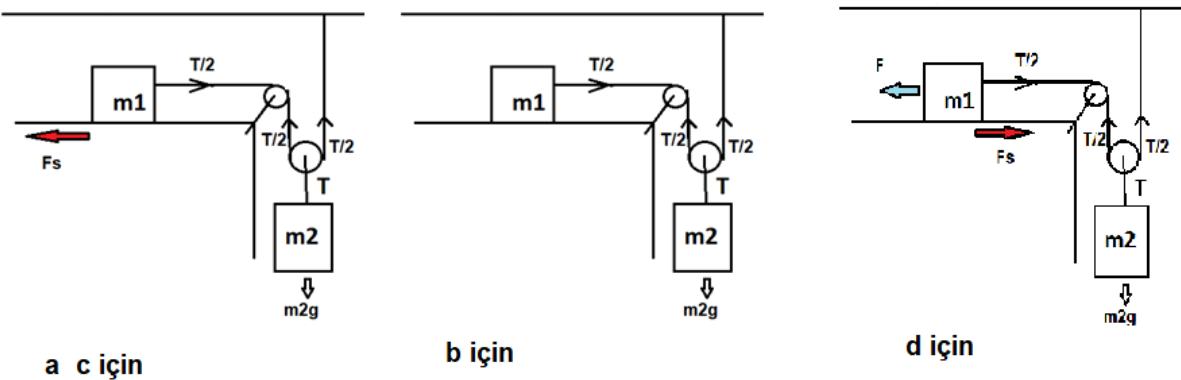
İp koptuktan sonra:

$$F_{net}=ma \rightarrow a = (m_3g - Fs)/6 + 4 = (60 - 30)/10 = 3 \text{ m/s}^2$$

Geçerli kural.

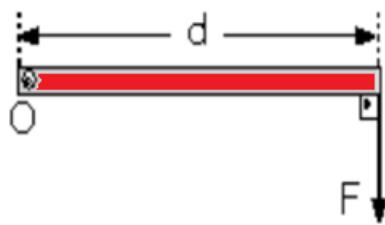
Hız =sbt	ivme=0	Sbt hızlı D.H	Fnet=0
Hız =0	ivme=0	Cisim duruyor	
Hız=artan	ivme>0	Düzgün hızlanan D.H	Fnet =ma
Hız=yavaşlayan	ivme<0	Düzgün yavaşlayan D.H	

Ödev: $m_1 = 1 \text{ kg}$. $\mu = 0,3$. Yukarıdaki 4 durumu a) $V=2\text{m/s}$, $a=0$; b) $V=0$, $a=0$; c) $a=1 \text{ m/s}^2$ koşullarında m_2 ne olmalı? ve d) $a= -1 \text{ m/s}^2$ (sola doğru m_1 cismine bir kuvvet uygulanıyor) ve $m_1=m_2= 1 \text{ kg}$ ise etki eden kuvveti bulunuz.(konu tartışılabilecek)



MOMENT-DENGE

Bir kuvvetin bir cisim üzerinde yarattığı döndürme etkisine moment denir. Bir kuvvetin bir noktaya göre momentinin büyüklüğü, kuvvetle o noktaya olan dik uzaklığının çarpımıdır. Moment vektörel bir büyüklüktür. Kuvvet ile kuvvet kolunun oluşturduğu düzleme diktir. Şekildeki çubuk, O noktasından sabitlenmiş olup, O'dan geçen dik eksen etrafında dönebilmektedir.



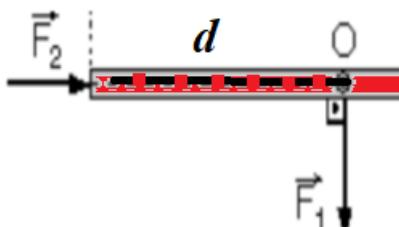
F kuvvetinin O noktasına göre momenti

$$M = F \cdot d$$

bağıntısıyla hesaplanır.

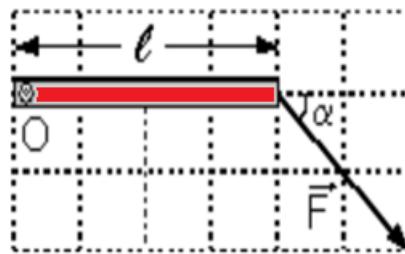
O noktasından sabitlenmiş çubuğa, F_1 ve F_2 kuvvetleri uygulandığında, kuvvetlerin etki doğrultusu şekildeki gibi O noktasından geçiyorsa; bu kuvvetlerin döndürücü etkisi yoktur.

Yani F_1 ve F_2 kuvvetlerinin O noktasına göre momentleri sıfırdır.

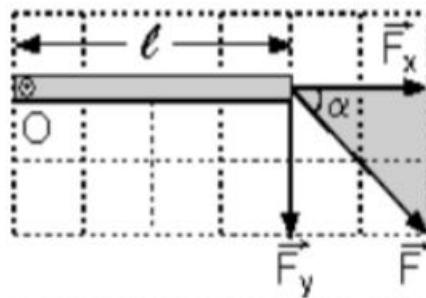


d uzaklığı büyündükçe momentin büyüklüğü de artmaktadır

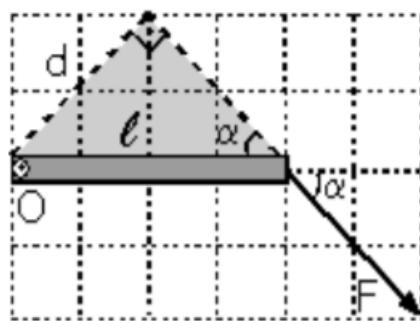
O noktasından sabitlenmiş çubuğa F kuvveti şekildeki gibi uygulanırsa, kuvvetin O noktasına göre momenti iki yoldan bulunabilir



I. Yol F_x bileşeninin momenti sıfırdır. F_y bileşeni çubuğa dik olduğundan O noktasına göre momenti, $M=Fy \cdot l$ olur. ($Fy = F \cdot \sin \theta$ 'dır.)



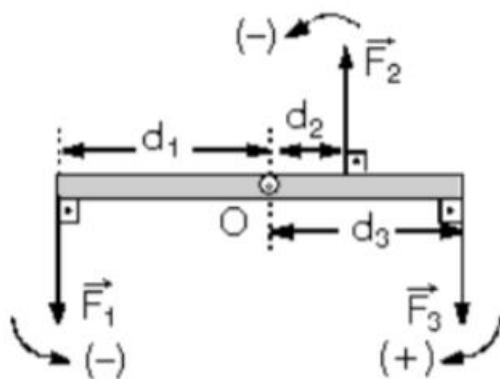
II.Yol F kuvvetinin O noktasına göre momenti bulunurken dik uzaklık olarak, kuvvetin etkime doğrultusuna dönme noktasından çizilen dik uzaklık kullanılır. O 'ya göre moment $M = F \cdot d$ 'dir.



Bileşke Moment

- Ağırlığı önemsiz aşağıdaki şekildeki çubuk O noktasından sabitlenmiştir.

- F_1 , F_2 ve F_3 kuvvetlerinin O noktasına göre bileşke momentini bulmak için önce kuvvetlerin çubuğa hangi yönde döndürücü etki yaptıkları tespit edilir.
- Herhangi bir yön (+), zıt yön ise (-) seçilir. (Saat yönü + seçilecek)
- F_1 ve F_2 kuvvetleri çubuğu O noktasına göre (-) kabul edilen yönde döndürücü etki yaparken, F_3 kuvveti (+) yönde döndürücü hareket yapar.
- noktasına göre kuvvetlerin toplam momenti, kuvvetlerin ayrı ayrı momentlerinin cebirsel toplamına eşittir.
- $SM = F_3 \cdot d_3 - (F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2)$

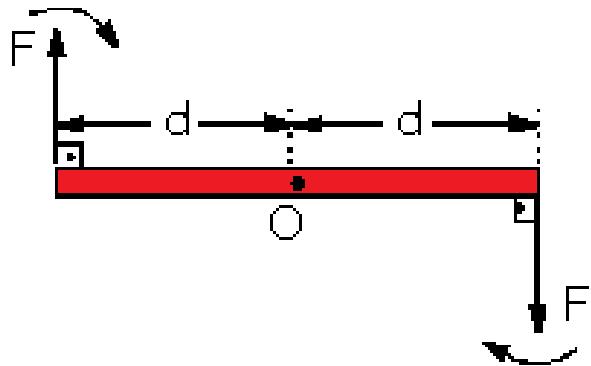


Sonucun sıfır çıkması yani bileşke momentin sıfır olması çubuğun dengede kalması demektir. Bu durumda çubuk duruyor ya da sabit hızla dönüyor.

Kuvvet Çifti

2d uzunluğundaki çubuk O noktasından geçen dik eksen etrafında dönebilmektedir. Aynı düzlemden, eşit büyüklükteki kuvvetler şekildeki gibi zıt yönlü uygulandıklarında çubuk ok yönünde döner. Bu sisteme **kuvvet çifti** denir. Kuvvet çiftinin denge noktası yoktur. Çubuk $2F \cdot d$ kadarlık toplam momentle döner.

Msl: Arabanın direksiyonu çevrilirken, musluklar açılıp kapanırken, anahtar döndürülürken kuvvet çifti uygulanır.



Denge

Üzerine kuvvet etkiyen bir cismin ya da sistemin kesin olarak dengede kalabilmesi için iki şartın gerçekleşmesi gereklidir.

Dengenin 1. şartı

Bir cismin dengede kalabilmesi için üzerine etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır.

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow \Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0$$

olmalıdır.

Dengenin 2. şartı

Bir cismin dengede kalabilmesi için üzerine etkiyen kuvvetlerin dönme noktasına ya da eksene göre momentlerinin toplamı sıfır olmalıdır.

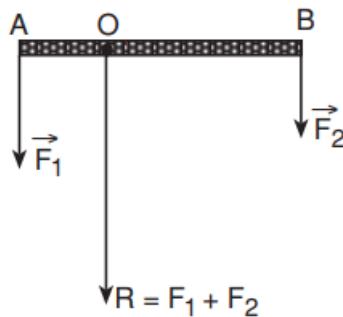
$$\Sigma M = 0$$

olmalıdır.

Tam denge şartı oluşur.

PARALEL KUVVETLERİN BİLEŞKESİ

Aynı Yönlü Paralel Kuvvetler

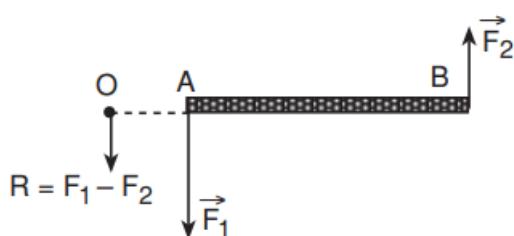


Bir AB çubuğu A ve B noktalarına şekildeki gibi doğrultuları paralel, aynı yönlü F_1 ve F_2 kuvvetleri uygulansın. Bu kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü $R = F_1 + F_2$ dir.

R nin uygulama noktası (0), AB doğrusu üzerindedir. Bu noktanın yeri, $F_1 \cdot |AO| = F_2 \cdot |BO|$ bağıntısı ile bulunur. 0 noktası, büyük olan kuvvete daha yakındır.

Bileşke kuvvetin uygulandığı noktaya göre sisteme etki eden kuvvetlerin toplam momenti sıfırdır. Bu noktaya, bileşke kuvvete eşit büyüklükte, aynı doğrultuda, zıt yönlü bir kuvvet (dengeleyici kuvvet) uygulanırsa sistem dengede kalır.

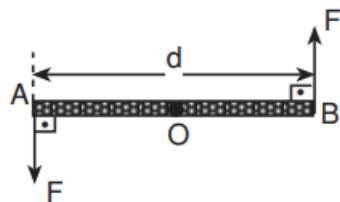
Zıt Yönlü Paralel Kuvvetler



Bir AB çubuğu A ve B noktalarına şekildeki gibi doğrultuları paralel, zıt yönlü F_1 ve F_2 kuvvetleri uygulansın. Bu kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü $F_1 > F_2$ olmak koşuluyla $R = F_1 - F_2$ olur. R nin uygulama noktası 0, A ve B noktalarından geçen doğrunun üzerinde, A ve B noktalarının dışında, büyük kuvvet tarafındadır.

Bu noktanın yeri, $F_1 \cdot |A0| = F_2 \cdot |B0|$ bağıntısı ile bulunur.

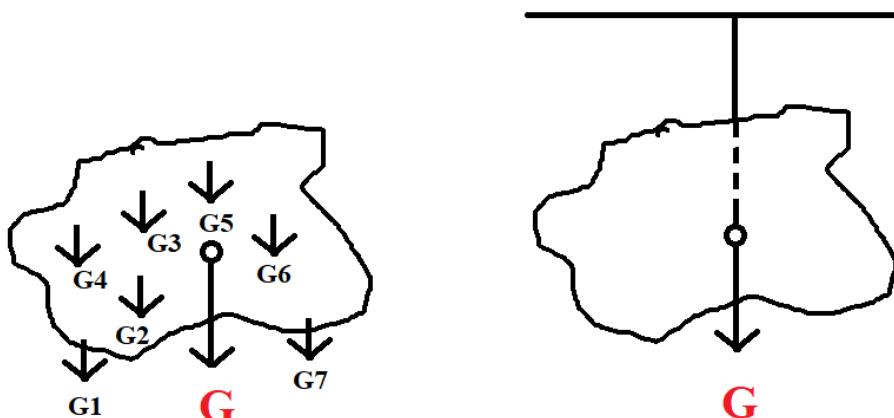
Kuvvet Çifti



Bir AB çubuğu, şekildeki gibi, zıt yönlü, doğrultuları paralel, büyüklükleri eşit F kuvvetleri uygulayalım. Bu kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü 0 dır. Bu kuvvetlerin çubuk üzerinde herhangi bir noktaya göre momentleri toplamı $M_T = F.d$ olur. Çubuk bu kuvvetlerin etkisinde 0 noktası etrafında döner. Bu kuvvetlere kuvvet çifti denir.

AĞIRLIK MERKEZİ (kütle merkezi)

Ağırlik merkezi ise cismin ağırlığının uygulama noktasıdır. Başka bir deyişle ağırlık merkezi, cismin her parçasına etkiyen yerçekimi kuvvetlerinin bileşkesinin yeridir.



$$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$$

Çekim alanının olmadığı bir ortamda yalnız kütle merkezinden söz edilir. Ağırlık merkezinden asılan cisimler, nasıl asıldığında öylece dengede kalır.

Aynı düzlemede bulunan, birden çok cismin oluşturduğu sistemin kütle merkezinin koordinatları ise ;

Önce ağırlık merkezi vektörünün x eksenini kestiği nokta şu yöntemle hesaplanır.

$$x = (m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots) / (m_1 + m_2 + m_3 + \dots)$$

ağırlık merkezinin y eksenini kestiği nokta ise: aşağıdaki gibi yöntemle hesaplanır.

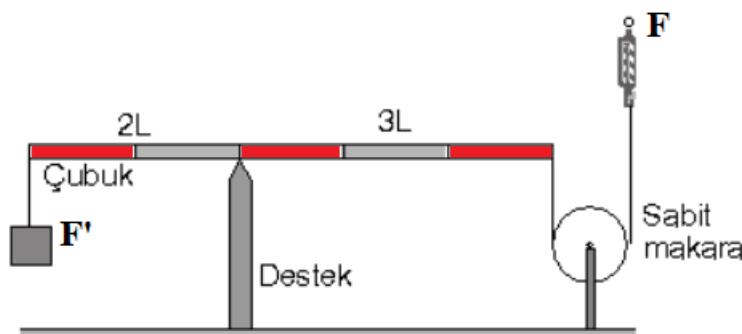
$$y = (m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + \dots) / (m_1 + m_2 + m_3 + \dots)$$

Bu iki nokta ağırlık merkezinin koordinatlarını verir.

Birim Tablosu

Nicelik	Kuvvet	Dik uzaklık	Moment
Sembol	F	d	M
Birim	newton	metre	newton.metre

Örnek: Şekilde bir kantar verilmektedir. Çubuk yatay olarak durmakta ise F' değeri kaç F' değerindedir.



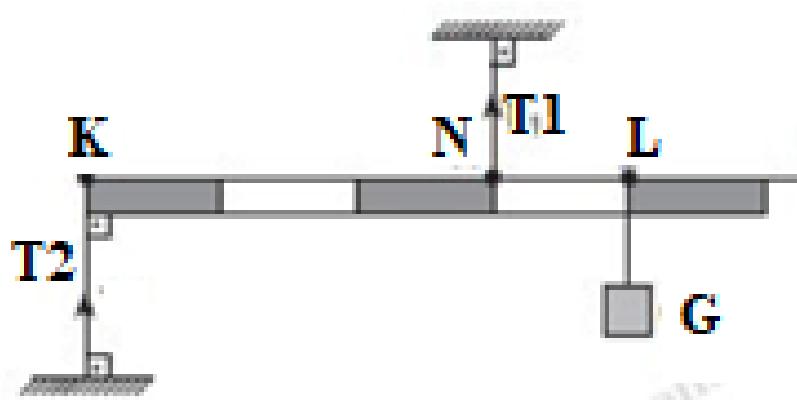
Kantın gösterdiği değer ipteki gerilmeye eşit olacaktır. Sistem dengede olduğuna göre moment eşitliğinden;

$$F \cdot 3L = F' \cdot 2L$$

ve

$$F = (2/3)F'$$
 bulunur.

Örnek: Ağırlıksız, eşit bölmeli çubuk dengededir. T_1 gerilme kuvveti kaç G dir?



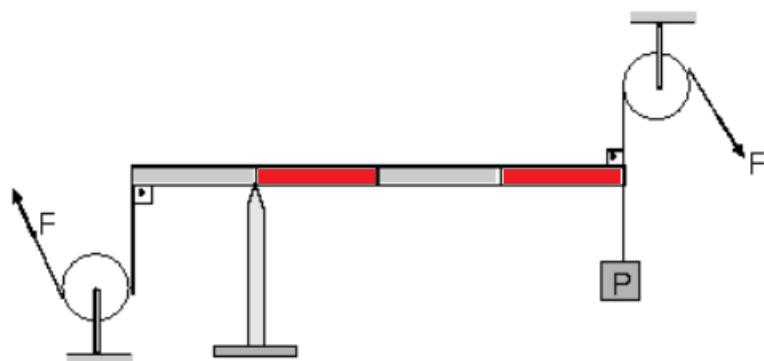
K noktasına göre moment alınırsa,

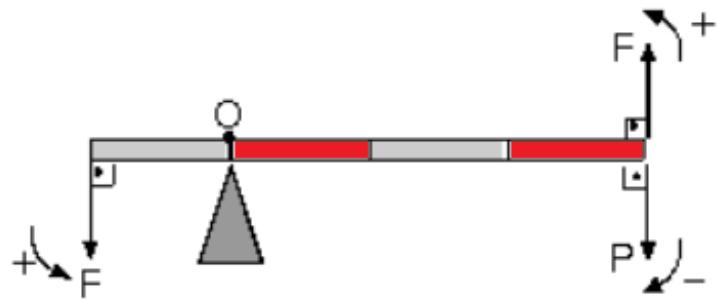
$$\sum M_K = 0$$

$$\sum M_K = T_1 \cdot 3 - G \cdot 4 = 0$$

$$T_1 = (4/3)G$$

Örnek: Sistem dengede olduğuna göre P cisminin ağırlığı kaç F dir? (Çubuk ve makaraların ağırlıkları ihmal edilecek)





0 noktasına göre moment alınırsa;

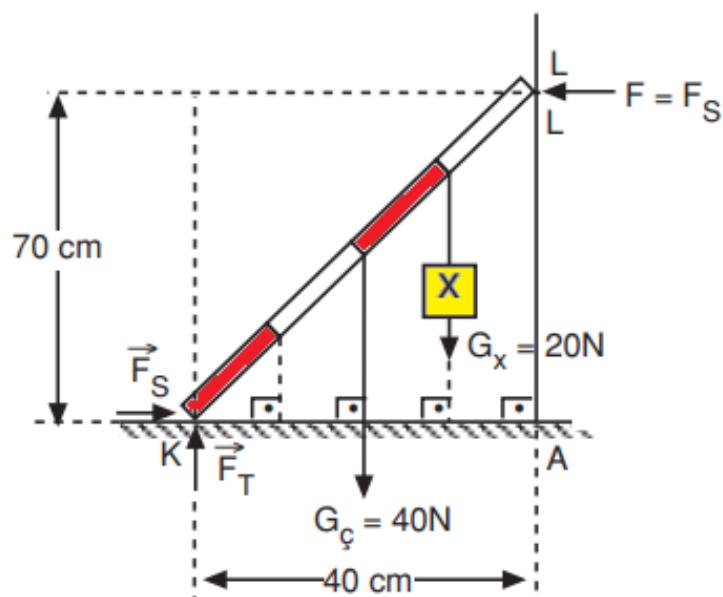
$$\sum M_0 = 0$$

$$+F \cdot 1 + F \cdot 3 - P \cdot 3 = 0$$

$$4F = 3P$$

$$P = (4/3)F$$

Örnek: 40 N ağırlığındaki eşit bölmeli düzgün bir çubuğa 20N ağırlığındaki X cismi asılı iken çubuk şekildeki gibi dengededir. Sadece yatay düzlem sürtünmeli olduğuna göre, K noktasından çubuğa uygulanan S_F sürtünme kuvveti ile yatay düzlemin çubuğa uyguladığı T_F tepki kuvvetinin büyüklüğü kaç N dur?



Çubuğa uygulanan kuvvetler şekildeki gibidir. $|AK| = 40$ cm olduğundan her bölmesi 10 cm dir. Çubuğa uygulanan kuvvetlerin K noktasına göre

$\Sigma M = 0$ olduğundan,

$$F \cdot 70 = G_c \cdot 20 + G_x \cdot 30$$

$$F \cdot 70 = 40 \cdot 20 + 20 \cdot 30$$

$F = 20N$ bulunur.

Çubuğa uygulanan kuvvetlerin bileşkesi

$R = 0$ dır.

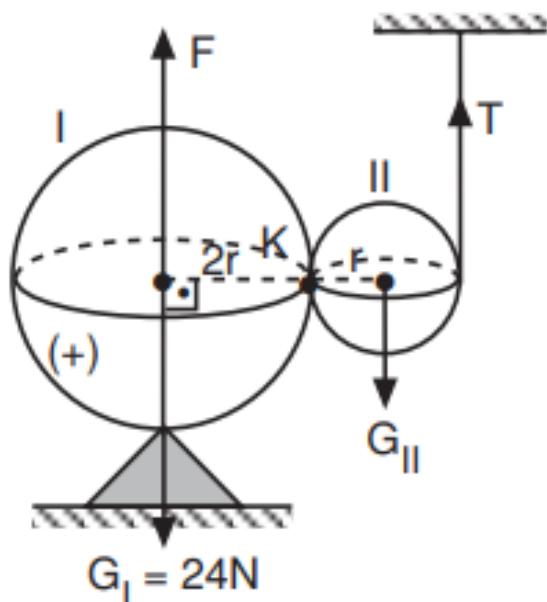
$\Sigma F_x = 0$ olduğundan

$F_s = F = 20N$ dur.

$F_y = 0$ olduğundan

$F_T = G_c + G_x = 40 + 20 F = 60N$ bulunur.

Örnek: K noktasından birbirine birleştirilmiş olan 01 ve 02 merkezli, $2r$ ve r yarıçaplı türdeş küreler şekildeki gibi dengedeyken destegin tepki kuvveti ile ipteki T gerilme kuvveti eşit büyüklükte olmaktadır. I küresinin ağırlığı 24 N olduğuna göre II küresinin ağırlığı kaç N dur?



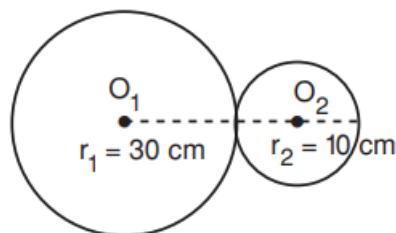
F ve T kuvvetleri eşit olduğundan bu kuvvetlerin bileşkesi K noktasıdır. Şekildeki kuvvetlerin K noktasına göre momenti alınarak,

$$G_I \cdot 2r = G_{II} \cdot r$$

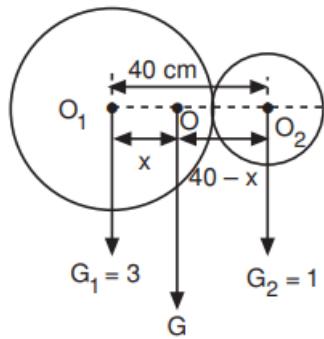
$$G_{II} = G_I \cdot 2$$

$$G_{II} = 24 \cdot 2 = 48 \text{ N bulunur.}$$

Örnek: Birbirine yapıştırılmış olan aynı telden kesilerek yapılan O_1 ve O_2 merkezli türdeş çemberlerin kütle merkezi O_1 noktasından kaç cm uzaktadır?



O_1 merkezli çemberin yarıçapı O_2 merkezli çemberin yarıçapının 3 katı olduğundan uzunluğu ve ağırlığı onun 3 katıdır. Kütle merkezine göre moment alınarak,



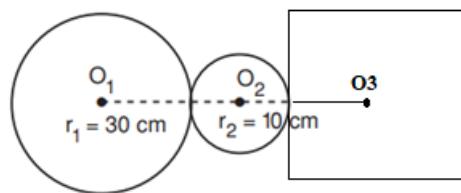
$$G_1 \cdot x = G_2 \cdot (40 - x)$$

$$3 \cdot x = 1 \cdot (40 - x)$$

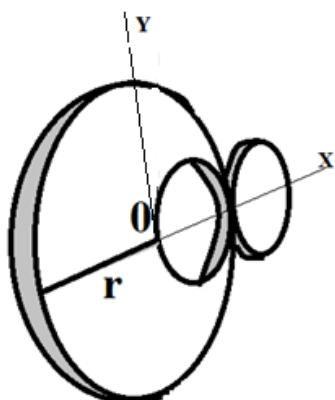
$$3 \cdot x = 40 - x$$

$$4x = 40 \quad x = 10 \text{ cm bulunur.}$$

Ödev: Sistemin ağırlık merkezi nerededir?

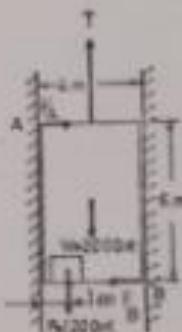


Ödev: 10 cm yarıçaplı ve 0,5 cm kalınlıkta homojen bir silindirik metalin şekildeki gibi kısmı kesilip çıkarılıyor ve şekildeki gibi kaynaklanıyor. Yeni şeklin ağırlık merkezi eskisine göre ne kadar ve ne yönde kayar? ($\Pi=3,14$ ve $\rho_{\text{metal}}=7 \text{ gr/cm}^3$).



3-16. Bir yük ağırlığı 2000 N olmak üzere ve boyutları $4 \times 4 \times 6$ m dir. Aşağıda Şek. 3-15 te görüldüğü gibi sırtlameniz klavuzlar arasında bir kableye asılıdır. Asansöre, ağırlık merkezi düşmesini merkezinden 1 m sola kaymış 1200 N lik bir yük konulduktan sonra yukarı doğru sabit bir hızla hareket ettiğine dayanılarak kavuzlarla asansöre uyguladığı kuvvetlerin yerini ve doğrultusunu bir diyagramla gösteriniz. (a) Bu kuvvetlerin şiddetini bulunuz.

a)



Şek. 3-15

b) Klavuzlar sırtlanmesiz olduğu için yalnız F_A ve F_B yatay kuvvetleri etkilidir. Sistem sabit hızla hareket ettiğine göre, dengeededir ve denge şartlarını uygulayalım.

$$\sum F_x = 0 \quad F_A - F_B = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad T - w - P = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_A = 0 \quad T \cdot 2 - 2000 \cdot 2 - 1200 \cdot 1 - F_B \cdot 6 = 0 \quad (3)$$

$w = 2000$ nt. $P = 1200$ nt. değerler (2) denkleminde konulursa. $T = 3200$ nt. elde edilir. Bu değerleri (3) de koyalım.

$$3200 \cdot 2 - 2000 \cdot 2 - 1200 \cdot 1 - F_B \cdot 6 = 0$$

$$6400 - 5200 - F_B \cdot 6 = 0$$

$$F_B = \frac{1200}{6} = 200 \text{ nt.}$$

(1) denkleminden $F_A = F_B = 200$ nt. elde edilir.

İŞ-GÜÇ-ENERJİ

İŞ: Yola paralel bir F kuvveti cisme yol alırabiliyorsa iş yapıyor demektir. Yapılan iş, kuvvet ile yolum çarpımına eşittir.

$$W = F \cdot \Delta x$$

Burada F ile Δx yolumun paralel olması gereklidir. Eğer F kuvveti yola paralel değilse işi yapan kuvvet F kuvvetinin yola paralel olan F_x bileşenidir.



$$W = F_x \cdot \Delta x.$$

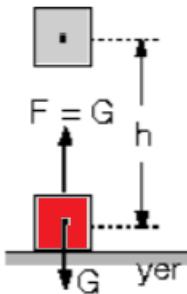
$F_x = F \cos \alpha$ dir. Hareket doğrultusuna dik olan kuvvetler iş yapmazlar.

Duran ya da hareket eden bir cisim uygulanan F kuvveti cismin başlangıç şartlarına bağlı olarak değişik hareketlere neden olabilir.

Msl, duran bir cisim sabit bir kuvvet uygulanarak iş yapılrsa, cisim düzgün hızlanan hareket yapar. Herhangi bir kuvvet yönünde yapılan iş pozitif ise, ters yönde uygulanan kuvvetin yaptığı iş negatiftir.

$W = F \cdot \Delta x$ bağıntısına göre, iş yapılabilmesi için kuvvet cisim yol almalıdır ve kuvvet ile yol paralel olmalıdır. Bir cisim yerden yukarı doğru cisimin ağırlığına eşit bir kuvvetle hareket ettirilirken yerçekimine karşı iş yapılır. Yapılan iş kuvvet ile kuvvette paralel h yolum çarpımına eşittir.

$$W = F.h \quad W = mg.h$$



Eğer cisim h yüksekliğinden serbest bırakılıp aşağı doğru düşerse, yerçekimi iş yapmıştır. Bir cismi h yüksekliğine çıkarmak için yapılan iş, cismi çıkarırken izlenen yolun şekline ve uzunluğuna bağlı değildir. Yani yapılan bu iş yoldan bağımsızdır. SI (MKS) birim sisteminde iş birimi Joule'dir. İş bağıntısından görüleceği gibi Joule = N.m dir.

GÜÇ: Birim zamanda yapılan işe güç denir.

$$\text{Güç} = \text{İş} / \text{Zaman} \quad P = W/t$$

SI (MKS) birim sisteminde güç birimi

Wat= Joule/s

1 kw = 1000 watt tır.

ENERJİ: Fizikte iş yapmanın hedefi enerji aktarımıdır. Kuvvet uygulayarak gerçekleştirilen enerji alış-verişine iş denir. Sistemin iş yapabilme kabiliyeti enerji olarak tanımlanabilir.

Enerji skaler bir büyüklüktür. Yani enerjinin yönü, bileşeni ve uygulama noktası gibi vektörel özellikler yoktur. Bir sisteme uygulanan kuvvet iş yapıyorsa yapılan iş enerjideki değişime eşittir.

$$W_{\text{dış}} = \Delta E_{\text{sistem}} = E_2 - E_1 \text{ dir.}$$

Buna göre, sistemin enerjisinde bir değişme var ise iş yapılmıştır, değişme yok ise iş yapılmamış demektir. Bir

sisteme uygulanan kuvvetler bu sistemin enerjisini artırıyorsa, pozitif iş yapar.

Bu kuvvetler sistemin enerjisini azaltıyorsa, negatif iş yapar.

Enerji çeşitleri .

Mekanik enerji; Konum yada hareket enerjisidir.

Güneş enerjisi ; Değişik reaksiyonlar sonucu güneşeki patlamalardan yayılan çeşitli dalga boyundaki elektromağnetik ışınılardır.

Bio enerji; Bitkilerden elde edilen enerjidir.

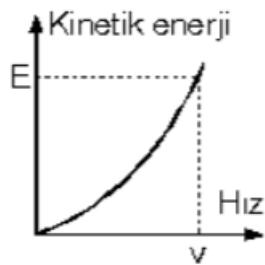
Elektrik enerjisi; Madde yapısındaki elektronların bir potansiyel etkisi altında hareketi ile oluşan enerjidir.

Nükleer enerji: Radyo aktif maddelerin nükleer reaktörlerde kontrolü parçalanması ile elde edilen enerjidir.

Kinetik Enerji: Hareket halindeki cisimlerin sahip olduğu enerjiye kinetik enerji denir. Kütlesi m , hızı v olan bir cismin kinetik enerjisi,

$$E_{\text{kinetik}} = \frac{1}{2}mv^2$$

şeklinde tanımlanır. Kinetik enerji kütle ile hızın karesinin çarpımı ile doğru orantılıdır. Birimi Joule'dür. Kinetik enerji-hız grafiği şekildeki gibidir. Düz bir yolda cisme F kuvveti uygulandığında, yapılan iş cismin kinetik enerji değişimine eşit olur.

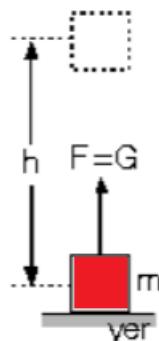


Potansiyel Enerji: Potansiyel enerjiyi, yer çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi olmak üzere iki çeşidi incelenecaktır.

Yerçekim Potansiyel Enerjisi: Bu enerji yerçekimi kuvvetinden kaynaklanır. m kütleli bir cisim yer seviyesinde h kadar yükseğe sabit hızla çıkarmak için yapılması gereken iş,

$$W = F \cdot h = mg \cdot h \text{ dir.}$$

Yapılan işin enerji değişimine eşit olduğunu biliyoruz.

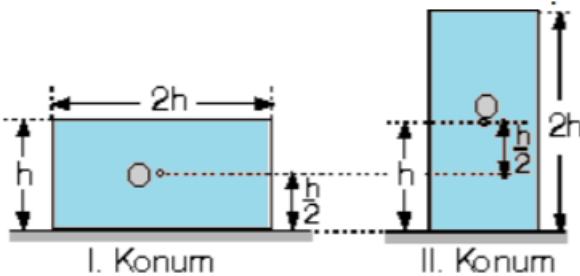


Cisim sabit hızla çıkarıldığı için kinetik enerji değişmemiştir. O halde yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine eşittir. Buna göre, yerden h kadar yükseklikte cismin yere göre potansiyel enerjisi,

$$Epotansiyel = mgh$$

Şeklinde tanımlanır. Burada h yüksekliği, cismin potansiyel enerjisi nereye göre soruluyorsa, oraya olan yüksekliktir. Küçük cisimlerin potansiyel enerjisi yazılırken ağırlık merkezinin yeri dikkate alınmaz. Fakat büyük cisimlerde

ağırlık merkezinin yeri değiştirildiğinde cismin potansiyel enerjisi değişir.



Türdeş ve m kütleli cismi I. durumdan II. duruma getirmek için iş yapılır. Yapılan iş cismin potansiyel enerjisindeki değişime eşittir.

Potansiyel enerji değişimi cismin kütle merkezinin değişiminden bulunur. Cism I. konumdan II. konuma getirildiğinde, kütle merkezi $h/2$ kadar yükselir. Buna göre, potansiyel enerji değişimi ve yapılan iş

$$W = \Delta E_{\text{potansiyel}} = mg \frac{h}{2}$$

- Net kuvvetin yaptığı iş cismin kinetik enerjisindeki değişme miktarına eşittir.
- Yer çekimi kuvetine karşı yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine eşittir.

Esneklik Potansiyel Enerji: Esnek cisimleri denge konumundan ayırmak için iş yapılır ve yapılan iş kadar enerji aktarılır. Denge konumundaki bir yay x kadar sıkıştırılır ya da gerilirse, yayda enerji depolanır. Daha önce öğrenildiği gibi, yay x kadar sıkıştırılır ya da gerilirse yayın geri çağrırcı kuvveti

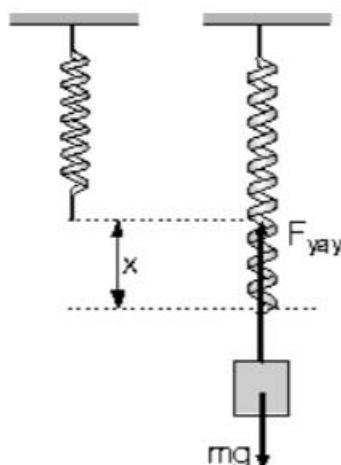
$$F = -kx$$

Olur.

k : Yay sabiti olup yayın cinsine ve uzunluğuna bağlıdır. x kadar sıkıştırılan ya da gerilen yayda depolanan esneklik potansiyel enerji,

$$E_{yay} = \frac{1}{2} kx^2$$

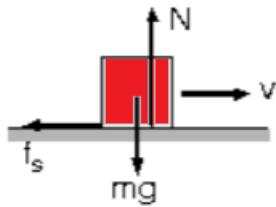
bağıntısı ile bulunur. Yaydaki uzama ya da sıkışma arttıkça depolanan enerjide artar.



Sürtünmeden Dolayı Isıya Dönüşen Enerji Sürtünmeli bir ortamda hareket eden cisimlere sürtünme kuvveti uygulandığını öğrenmiştim. Tekrar hatırlayalım. Sürtünme kuvveti yüzeyin cisme gösterdiği tepki kuvveti ile doğru orantılıdır. Ayrıca yüzeyin cinsine yani sürtünme katsayısına bağlıdır. Hareket halindeki bir cisme uygulanan sürtünme kuvveti

$$F_{\text{sürtünme}} = \mu N$$

bağıntısından bulunur.



Sürtünme kuvveti hareketi engelleyici özelliği olduğu için cisimlerin mekanik enerjilerini azaltıcı etki yapar. Azalan mekanik enerji kadar enerji, ısı enerjisine dönüşür.

İş enerjisine dönüşen enerji iki yoldan bulunur.

1. İki nokta arasında hareket eden cismin, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerjisi, her iki noktadaki mekanik enerjiler arasındaki farktan bulunur. Cismin ilk enerjisi E_1 , son enerjisi E_2 ise, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji, $E_{1s1} = E_1 - E_2$ den bulunur.

2. İlk ve son durumdaki mekanik enerjiler bilinmiyor, fakat sürtünme kuvveti ile yer değiştirme biliniyorsa, ısıya dönüşen enerji sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşit olur.

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş,

$$E_{1s1} = W = f_s \cdot \Delta x$$

Buna göre, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji, sürtünme kuvveti ve yer değiştirme miktarı ile doğru orantılıdır.

ENERJİNİN KORUNUMU

Bir sistemdeki enerji; kinetik ve potansiyel gibi çok farklı türler halinde bulunabilir. Bu enerji türleri kendi aralarında dönüşümeye ugrayabilir.

Msl, elektrik enerjisi ütüde ısıya, ampulde ışığa, çamaşır makinesinde hareket enerjisine dönüşür. Enerji kaybolmadan bir türden başka bir tür enerjiye dönüşür.

Toplam enerji daima sabittir. Toplam enerji sabit ise, bir tür enerji azalırken başka bir tür enerji aynı oranda artar.

1. Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemlerde kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı sabittir. Sürtünme olmadığı için ısuya dönüşen enerji olmaz. Mekanik enerji toplam enerjiye eşittir.

$$E_{\text{top}} = E_k + E_p = \text{sabit}$$

Kinetik enerjideki artış, potansiyel enerjideki azalışa ya da kinetik enerjideki azalış, potansiyel enerjideki artışa eşittir.

2. Sürtünmenin olduğu sistemlerde mekanik enerji ($E_k + E_p$) sabit değildir. Zamanla mekanik enerji azalır. Azalma miktarı kadar enerji, sürtünmeden dolayı ısısı enerjisine dönüşür. Toplam enerji ise sabittir.

$$E_{\text{top}} = E_k + E_p + E_{\text{ısı}} = \text{sabit}$$

Başlıca fiziksel niceliklerin boyutlar cinsinden karşılıkları

	F L T sistemi	m L T sistemi	Notasyon
Uzunluk	L	L	l, h, z, y
Kütle	m	m	m
Zaman	t	t	t
Sıcaklık	T	T	T
Kuvvet	F	mL/t^2	F
Basınç	F/L^2	m/Lt^2	P
Alan	L^2	L^2	A
Hacim	L^3	L^3	V
İş	FL	mL^2/t^2	W
Güç	FL/t	mL^2/t^3	P_{ow}
Enerji	FL	mL^2/t^2	E, H, U
Momentum	Ft	mL/t	M
Yoğunluk	m/L^3	m/L^3	ρ
Viskozite	Ft/L^2	m/Lt	μ
Yüzey gerilimi	F/L	m/t^2	σ
Hız	L/t	L/t	u
İvme / yerçekimi	L/t^2	L/t^2	a, g
Kayma gerilimi	F/L^2	M/Lt^2	τ

Başlıca fiziksel niceliklerin birimleri

İngiliz Birim Sistemi (EE)		Geleneksel Metrik Sistem (CGS)	Uluslararası Birim Sistemi (SI)
Uzunluk, L	Feet, ft	Santimetre, cm	Metre, m
Zaman, t	Saat, h	Saniye, s	Saniye, s
Kütle, m	Pound, lb_m	Gram, g	Kilogram, kg
Kuvvet, F	Pound force, lb_f	Dyne	Newton, N
Enerji, H	British thermal unit, Btu	Kalori, Cal	Joule, J (N.m)
Sıcaklık, T	°F	°C	K

Vize Sotu ve Cevapları

1. Fizikte temel nicelik(büyüklük) olanları gösteriniz.

akım şiddeti (A) Uzunluk (m) kütle (kg) madde miktarı(mol)
basınç(pa)

2. Alan Hız ve İvme niceliklerinin MLT sistemine göre sırasıyla ifade ediniz.

$$[A] = \text{alan} = [L].[L] = [L^2] \quad [v] = \text{hız} = [L]/[T] \quad [a] = \text{ivme} = [L]/[T^2]$$

$$[A] = [L^2] \quad [v] = [L]/[T] \quad [a] = [L]/[T]$$

$$\boxed{[A] = [L^2]} \quad \boxed{[v] = [L]/[T]} \quad \boxed{[a] = [L]/[T^2]}$$

$$[A] = [L^2] \quad [v] = [L^2]/[T] \quad [a] = [L]/[T]$$

$$[A] = [L] \quad [v] = [L]/[T] \quad [a] = [L]/[T^2]$$

$$[A] = [L] \quad [v] = [L]/[T] \quad [a] = [L]/[T^2]$$

3. Bir cismin hareketi ile aldığı yol $X = A.t^3 + B.t$ ile ifade ediliyor. A ve B katsayılarının boyutları MLT sisteminde nedir?

$$\boxed{[A] = L/T^3 \text{ ve } [B] = L/T}$$

$$[A] = L/T^2 \text{ ve } [B] = L/T$$

$$[A] = T^3 \text{ ve } [B] = L^2/T$$

$$[A] = L/T^2 \text{ ve } [B] = L/T^3$$

$$[A] = L/T^3 \text{ ve } [B] = L^2/T$$

3. Evrensel çekim yasasına göre m_1 ve m_2 kütleli iki cismin birbirlerine uyguladıkları çekim gücü $F = G \frac{m_1.m_2}{r^2}$ ile ifade edilir. (G =evrensel çekim sabiti, r =iki cisim arası mesafe)MLT sisteminde G nin a)boyutu ve b)birimini bulunuz. $F = G(m_1.m_2)/r^2$

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \rightarrow G = \frac{Fr^2}{m_1 \cdot m_2}$$

$$[G] = \frac{[F][r^2]}{[m_1][m_2]} = \frac{ML^2}{T^2 M^2} = \frac{L^3}{T^2 M}$$

L³/T²M

L/TM

L³T²/M

L²/T³M

T²M/ L³

4. 6 yıl kaç saniyedir. Çevrim çarpanlarını kullanarak bulunuz.

$$6 \cancel{\text{yl}} \times (365 \cancel{\text{gün}}/1 \cancel{\text{yl}}) \times (24 \cancel{\text{sa}}/1 \cancel{\text{gün}}) \times (60 \cancel{\text{dak}}/1 \cancel{\text{sa}}) \times (60 \cancel{\text{s}}/1 \cancel{\text{dak}}) = 189,216,000 \text{ s}$$

5. Hangileri birim vektördür? A=(0,1) B=(1,0,1/2) C=(1/2, √3/2) D=(0, 0, -1)

$$\mathbf{A}=(0,1) \rightarrow 0^2+1^2=\sqrt{1}=1$$

$$\mathbf{B}=(1,0,1/2) \rightarrow \sqrt{1+0+1/4}=\sqrt{5+4}\neq 1$$

$$\mathbf{C}=(1/2, \sqrt{3}/2) \rightarrow \sqrt{1/4+3/4}=\sqrt{1}=1$$

$$\mathbf{D}=(0, 0, -1) \rightarrow \sqrt{0+0+1}=\sqrt{1}=1$$

6. A ve B vektörleri, A = i + 2j ve B = - i + 3j olarak veriliyor, A ile B arasındaki açı nedir?

- a) 53 b) 45 c) 75 d) 90 e) 30

$$\mathbf{A} = \mathbf{i} + 2\mathbf{j} \text{ ve } \mathbf{B} = -\mathbf{i} + 3\mathbf{j} \quad 75^\circ$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = (\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) \cdot (-\mathbf{i} + 3\mathbf{j})$$

$$= -\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} + 3\mathbf{i} \cdot \mathbf{j} - 2\mathbf{j} \cdot \mathbf{i} + 2\mathbf{j} \cdot 3\mathbf{j}$$

$$= -(1) + 3(0) - 2(0) + 6(1)$$

$$= -1 + 6 = 5$$

Burada $\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = 1$ ve $\mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{i} = 0$.

$A_x = 1$, $A_y = 2$, $B_x = -1$ ve $B_y = 3$ idi.

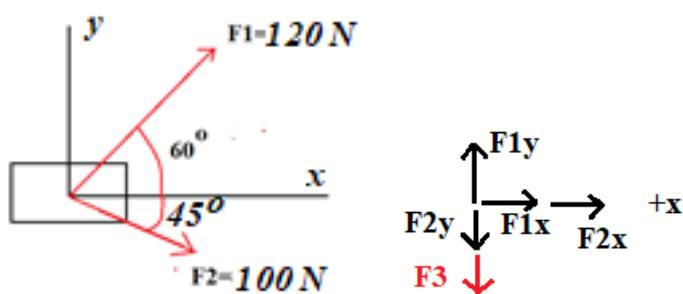
A ve B nin büyüklükleri şöyledir:

$$A = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = \sqrt{5} \quad \text{ve} \quad B = \sqrt{(-1)^2 + (3)^2} = \sqrt{10}$$

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{AB} = -\frac{5}{\sqrt{10}\sqrt{5}} = \frac{5}{\sqrt{50}}$$

$$\theta = \cos^{-1} = 45^\circ$$

7. Üç kişi bir sandığı +x doğrultusunda hareket ettirmek istiyor. İki kişinin uygulayduğu kuvvetler şekilde verilmiştir. Üçüncü kişinin uygulayacağı kuvvetin yön- büyüklük ve doğrultusu nedir?



$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = 120 \times 0,5 = 60 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = 120 \times 0,866 = 103,9 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_1 \cos 45^\circ = 100 \times 0,707 = 70,7 \text{ N}$$

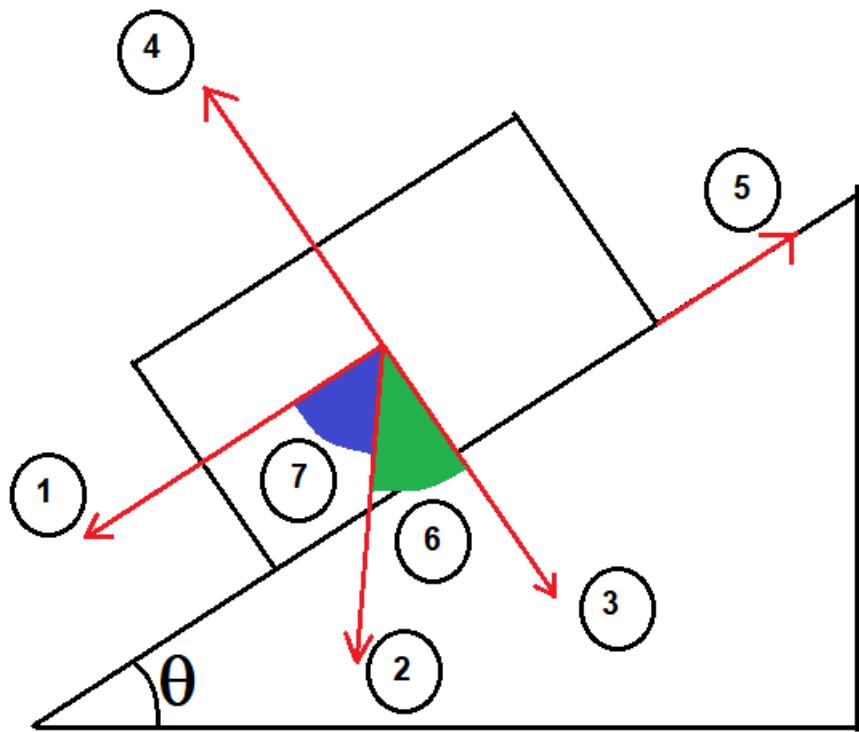
$$F_{2y} = F_1 \sin 45^\circ = 100 \times 0,707 = 70,7 \text{ N}$$

$$R_x = \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} = 60 + 70,7 = 130,7 \text{ N}$$

$$R_y = \sum F_y = F_{1y} + (-F_{2y}) = 103,9 - 70,7 = 33,22 \text{ N}$$

3. kişinin uygulayacağı kuvvet $F_3 = 33,22 \text{ N}$ ve $-y$ doğrultusunda olmalıdır.

8. Eğik düzlem üzerinde bir kasanın üzerine etkiyen kuvvet ve açıları sırasıyla ifade eden şeçeneği bulunuz.



$$1-mg \quad 2-mg\cos\theta \quad 3-mg\sin\theta \quad 4-\mu mg\cos\theta \quad 5-mg\cos\theta \quad 6-\theta \quad 7-90-\theta$$

$$1-mg\cos\theta \quad 2-mg \quad 3-mg\sin\theta \quad 4-\mu mg\cos\theta \quad 5-mg\cos\theta \quad 6-90-\theta \quad 7-\theta$$

$$1- mgsin\theta \quad 2-mg \quad 3- mgcos\theta \quad 4- mgcos\theta \quad 5- \mu mgcos\theta \quad 6-90-\theta \quad 7-\theta$$

1- $mgsin\theta$ 2- mg 3- $mgcos\theta$ 4- $mgcos\theta$ 5- $\mu mgcos\theta$ 6- θ 7- $90-\theta$

1- $mgsin\theta$ 2- $mgcos\theta$ 3- mg 4- $mgcos\theta$ 5- $\mu mgcos\theta$ 6- θ 7- $90-\theta$

9. Aşağıdan yukarı doğru bir cisim atılıyor. Cisim 30 m yükseldikten sonra inişe geçiyor. Cismin ilk hızını(m/s) bulunuz.

24,8 42,5 7,6 30 63,7

Cismin ilk hızını bulmak için çıkabildiği en üst noktada hız 0 olacaktır Bu durumda;

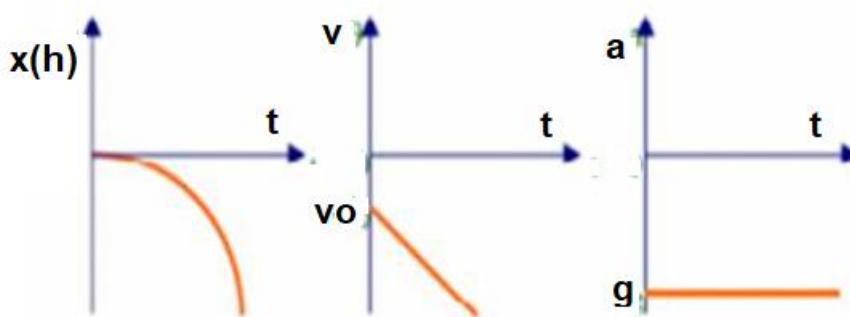
$V^2 = V_0^2 - 2.g.h$ (Zamansız Hız Denklemi). En tepe noktada hız 0 olacağından;

$$0 = V_0^2 - 2 \cdot 10 \cdot 30$$

$$V_0^2 = 600$$

$$V_0 = 24,5 \text{ m/s bulunur.}$$

10. Aşağıda bir cismin hareketini tanımlayan $x(h)$ - t , v - t ve a - t grafikleri verilmiştir. Bu cisim nasıl bir hareket yapmaktadır?

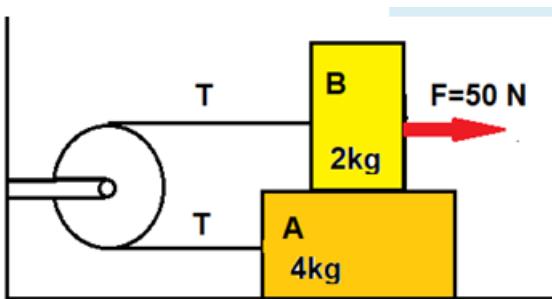


Yukarıdan aşağıya düşey atış

11. Fizikte türetilmiş nicelik(büyüklük) olanları seçiniz

Alan hacim kuvvet ivme sıcaklık

13. Şekildeki iki cisim, bir makara ile birbirlerine bir ip ile bağlanmıştır. A cismi ile zemin arasında sürtünme olmayıp, A ve B cismi arasında sürtünme katsayısı(μ) =0,6 dır. İpte meydana gelen gerilme(T) nedir?($g=10 \text{ m/s}^2$)



a)29,12 b)58,50 c)20,42 d)12,60 e) 120,95

B cismi için ~~$50-T - F_s = 2.a$~~ $F_s = \mu mg = 0,6 \cdot 2 \cdot 10 = 12 \text{ N}$

A cismi için ~~$T - F_s = 4a$~~

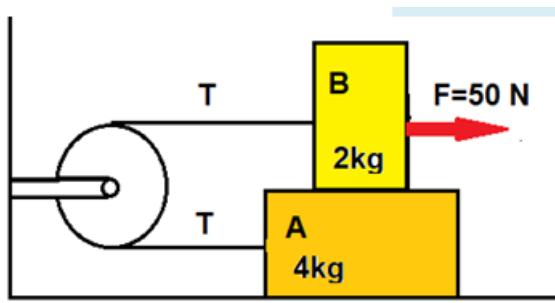
$$50 - 2F_s = 6a$$

$$50 - 2 \cdot 12 = 6a$$

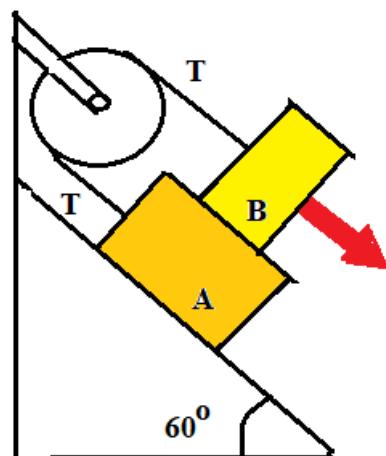
$$T - 12 = 4 \cdot 4 \cdot 3 \rightarrow T = 29,12 \text{ N}$$

$$a = 4,33 \text{ m/s}^2$$

Ödev: Aynı sistem için, A ve B ile A cismi ve zemin arasında sürtünme katsayısı(μ) =0,6 dır. İpte meydana gelen gerilme(T) nedir?($g=10 \text{ m/s}^2$)



Ödev: Aynı sistem 60° lik eğimli bir düzlem üzeinde. A ve B ile A cismi ve zemin arasında sürtünme katsayısı(μ) =0,6 dır. İpte meydana gelen gerilme(T) nedir?($g=10 \text{ m/s}^2$)



İŞ

Bir kuvvet, bir cisme uygulandığında, onu kendi doğrultusunda hareket ettiriyorsa, fen anlamında bu kuvvet iş yapmıştır.

Bu işin tanımından da anlaşıldığı üzere fen anlamında işin yapılabilmesi için üç şartın gerçekleşmesi gereklidir:

- 1) Bir cisme bir kuvvetin uygulanması gereklidir yani bir kuvvet olmalıdır.

- 2) Bu kuvvet bu cisme yol alması gereklidir.

- 3) Kuvvetle yolun aynı doğrultuda olması gereklidir.

Bu şartlardan biri ve ya birkaç eksik olursa iş yapılmış sayılmaz.

İş=Kuvvet . Yol

$W=F \cdot X$

W:Yapılan iş

F:Hareket doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi (Net kuvvet)

X:Net kuvvet doğrultusunda alınan yol

Bu formülün geçerli olabilmesi için kuvvet ile yolun aynı doğrultuda yani birbirine paralel olması gereklidir. Kuvvet yola paralel değilse, ya kuvvetin yol doğrultusundaki bileşeni alınarak ya da yolun kuvvet doğrultusundaki bileşeni alınarak kuvvetle yol aynı doğrultuya getirildikten sonra çarpma işlemi yapılır.

GÜÇ

Birim zamanda yapılan işe güç denir.

Güç=İş/Zaman

P=W/t

Bu ifadeye göre az zaman da çok iş yapan adama güçlü adam denir.

ENERJİ

Bir cismin ya da sistemin iş yapabilme kabiliyetine enerji denir. Değişik enerjiler vardır. Mekanik enerji iki kısımdır;

1. Kinetik enerji (Hareket enerjisi)
2. Potansiyel enerji

1. KINETİK ENERJİ

Hareketli cisimler iş yapabilme yeteneğine sahiptirler yani bu cisimlerin enerjileri vardır. Bu hareketinden dolayı cisimlerin sahip oldukları enerjiye kinetik enerji denir. Akan su, hareket halindeki araba, fırlatılan bir taş, yüksekte uçmakta olan bir kuşun kinetik enerjileri vardır. Duran cisimlerin potansiyel enerjileri, cisimler hareket haline geçtiklerinde bu enerji kinetik enerjiye dönüşür. Örneğin duran bir araba potansiyel enerjiye sahiptir. Araç harekete geçtiğinde potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür. Araç hızlandıkça kinetik enerji artacaktır. Kinetik enerjinin birimi joule dir.

$E_k = \frac{1}{2}(m \cdot V^2)$ olacaktır. m ve V^2 her zaman pozitif nicelikler olduğundan kinetik enerji de pozitiftir.

2. POTANSİYEL ENERJİ

Cisimlerin hareket halinde olmadıkları durumlarda sahip oldukları enerjiye potansiyel enerji denir. Bir cismi yerden daha yüksek bir noktaya kaldırıldığımızda yer çekimine karşı bir iş yapar. Yapılan bu iş cisimde enerji olarak depolanır ve cismin iş yapabilecek duruma gelmesine neden olur. Potansiyel enerjinin birimi joule dir.

Yeryüzünden h yüksekliğine olan m kütlesine sahip olan bir cismin potansiyel enerjisi;

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

1-Yerçekim Potansiyel Enerjisi :

Bu enerji yerçekimi kuvvetinden kaynaklanır. m kütleli bir cismi yer seviyesinde h kadar yükseğe sabit hızla çıkarmak için yapılması gereken iş, dir.

Yapılan işin enerji değişimine esit olduğunu biliyoruz.

Cisim sabit hızla çıkarıldığı için kinetik enerji değişmemistir. O halde yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine esittir.

$$E_p = mg \cdot h$$

2-Esneklik Potansiyel Enerji:

Esnek cisimleri denge konumundan ayırmak için iş yapılır ve yapılan iş kadar enerji aktarılır. Denge konumundaki bir yay x kadar sıkıştırılır ya da gerilirse, yayda enerji depolanır. Yay x kadar sıkıştırılır ya da gerilirse yayın geri çağrırcı kuvveti $F = -k \cdot x$ olur. k : Yay sabiti olup yayın cinsine ve uzunluğuna bağlıdır. x kadar sıkıştırılan ya da gerilen yayda depolanan esneklik potansiyel enerji,

$$E = \frac{1}{2} (kx^2)$$

bağıntısı ile bulunur. Yaydaki uzama ya da sıkışma arttıkça depolanan enerjide artar.

SÜRTÜNMEDEN DOLAYI ISIYA DÖNÜŞEN ENERJİ :

Sürtünmeli bir ortamda hareket eden cisimlere sürtünme kuvveti uygulandığını öğrenmistik.

Tekrar hatırlayalım. Sürtünme kuvveti yüzeyin cisme gösterdiği tepki kuvveti ile doğru orantılıdır. Ayrıca yüzeyin cinsine yani sürtünme katsayısına bağlıdır.

Hareket halindeki bir cisme uygulanan sürtünme kuvveti $fs = k \cdot N$ bağıntısından bulunur. Sürtünme kuvveti hareketi engelleyici özelliği olduğu için cisimlerin mekanik enerjilerini azaltıcı etki yapar. Azalan mekanik enerji kadar enerji, ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisine dönüsen enerji iki yoldan bulunur.

1. İki nokta arasında hareket eden cismin, sürtünmeden dolayı ısıya dönüsen enerjisi, her iki noktadaki mekanik enerjiler arasındaki farktan bulunur. Cismin ilk enerjisi E_1 , son enerjisi E_2 ise, sürtünmeden dolayı ısıya dönüsen enerji, $E_{1s1} = E_1 - E_2$ den bulunur.

2. İlk ve son durumdaki mekanik enerjiler bilinmiyor, fakat sürtünme kuvveti ile yer değiştirmeye biliniyorsa, ısıya dönüsen enerji sürtünme kuvvetinin yaptığı ise eşit olur.

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş, $E_{1s1} = W = fs \cdot x$ dir.

ENERJİNİN KONUMU :

Yerden belirli bir yükseklikte bulunan bir cisim serbest bırakıldığında yere doğru düşecektir. Bu cisim düşerken hızlanır ve potansiyel enerjisi azalmaya kinetik enerjisi artmaya başlar. Yani cismin potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür.

Yerden yukarı doğru fırlatılan bir cisim ilk atıldığından daha hızlı hareket edecek, yukarı çıktıktan sonra hızı azalacaktır. Burada da ilk başta kinetik enerji fazla olmasına rağmen bu enerji potansiyel enerjiye dönüşür. Bu cismin hızı bir noktada durur ve bu esnada potansiyel enerjisi maksimum noktasına ulaşır. Cisim yerçekiminin etkisi ile tekrar yeryüzüne doğru hareket eder ve potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür.

1. Sürtünmelerin ihmali edildiği sistemlerde kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı sabittir. Sürtünme olmadığı için ısuya dönüsen enerji olmaz. Mekanik enerji toplam enerjiye eşittir.

$$E_{top} = E_k + E_p = \text{sabit}$$

Kinetik enerjideki artış, potansiyel enerjideki azalisa ya da, kinetik enerjideki azalıs, potansiyel enerjideki artısa eşittir

2. Sürtünmenin olduğu sistemlerde mekanik enerji ($E_k + E_p$) sabit değildir. Zamanla mekanik enerji azalır. Azalma miktarı kadar enerji, sürtünmeden dolayı ısısı enerjisine dönüşür. Toplam enerji ise sabittir.

$$E_{top} = E_k + E_p + E_{is} = \text{sabit}$$

Not: Enerji birimleri iş birimleri aynıdır.

$$P(\text{watt}) = W(\text{joule}) / t(\text{s}), \quad 1\text{Kw} = 1000\text{W} \quad 1\text{hp} = 745,7\text{Watt}$$

Örnek: 350 m yükseklikten bırakılan bir cismin yere çarpmaya hızı kaç metredir?($g=10\text{m/s}^2$)

$$E_p = E_k \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 350} = 83,67\text{m/s}$$

Örnek: $V=20\text{ m/s}$ hızla hareket etmekte olan 8 kg lik bir cismin hızını 40 m/s ye çıkarmak için kaç joule luk enerji verilmelidir?

$$E_k = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2}8(40^2 - 20^2) = 4800\text{ J}$$

Örnek: $30\text{ s}'$ de 6000 j ısı yayan bir ütünün gücü kaç wattır?

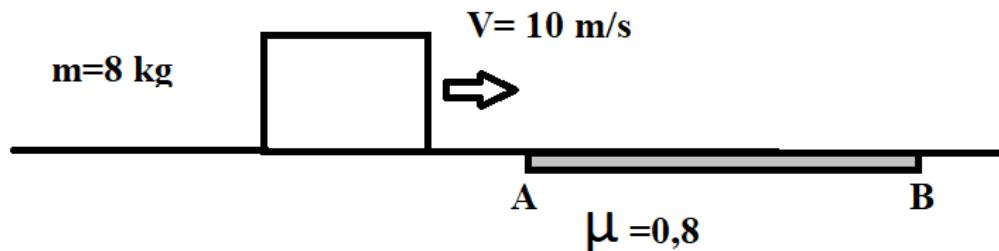
$$P = 6000 / 30 = 200\text{W}$$

Örnek: Esneklik sabiti $k=35\text{N/m}$ olan bir 15cm sıkıştırılarak önüne 150g lik bir cisim konuyor. Yay serbest bırakıldığında cismi kaç m/s lik hızla fırlar?

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}35\text{N/m} \cdot (15^2 \cdot 10^{-4}\text{m}^2) = 0,394\text{ J}$$

$$E_p = E_k \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 0,394 \rightarrow v = \sqrt{1,579} = 1,257\text{m/s}$$

Örnek: Şekildeki cisim 10m/s hızla giderken AB sürtünmeli yoluna giriyor. Bu yolda en fazla kaç metre ilerleyebilir? ($g=10\text{ m/s}^2$)



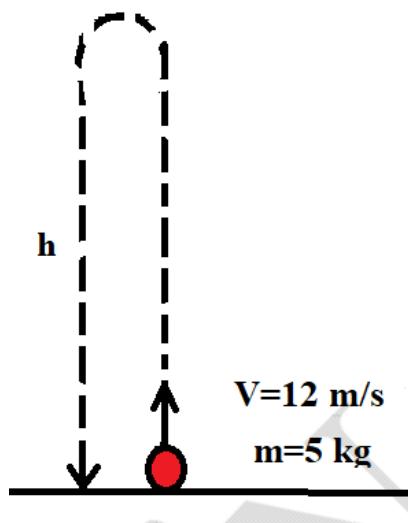
Enerjisi bu yolda tamamen tükeninceye kadar yol alır.
Sürtünme kuvveti bu enerjiyi iş yaparak çeker.

$$\text{Ekinetik} = \frac{1}{2}mv^2 = Fs \cdot x$$

$$\frac{1}{2}8 \cdot 10^2 = 0,8 \cdot 8 \cdot 10 \cdot x$$

$$X=6,25\text{m}.$$

Örnek: Yerden yukarıya doğru $v=12 \text{ m/s}$ hızıyla fırlatılan m cismi kaç metre yukarıya çıkabilir? ($g=10\text{m/s}^2$)



Cismin sahip olduğu kinetik enerji sıfır oluncaya kadar isim yükselmeye devam eder. Bu durumda kinetik enerjisi tamamen potansiyel enerjiye dönüşür.

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{12^2}{2 \cdot 10} = 7,2 \text{ m}$$

Örnek: Verimi %92 olan bir motor 15m derinliğindeki bir kuyudan dakikada 100lt su çeker bilmektedir. Bu motorun gücü kaç wattır ve bu işi yaparken kaç joule enerji harcamaktadır?

Motorun yapyığı iş $W = mgh = 1 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 15 = 15000 \text{ J}$

$$\text{Güç } P = \frac{W}{t} = 15000 / 60 \text{ s} = 250 \text{ W}$$

Verim, (alınan iş/verilen iş) veya

$R\% = (\text{alınan güç}/\text{verilen güç}) \cdot 100$ ifadesi şeklinde tanımlanabilir.

Verim(R) = Palınan/Pverilen = $250 / 0,92 = 271,74 \text{ W}$

Harcanan Enerji $E = 271,74 \cdot 60 = 16394 \text{ J}$

Örnek: Bir bisikletli düz bir yolda dururken pedal çevirmeye başlayıp hızını $8 \text{ m/s}'ye$ çıkarıyor. Bisikletle birlikte bisikletlinin kütlesi 75 kg olduğuna göre yapılan iş kaç $\text{J}'dür$?

Potansiyel enerjisi değişmi yok ve yalnızca kinetik enerjisi değişmiş.

$$W = \Delta K_E$$

$$\Delta K_E = K_{E\text{son}} - K_{E\text{ilk}}$$

$$K_{E\text{son}} = \frac{1}{2}(mv_{\text{son}})^2$$

$$v_{\text{son}} = 8 \text{ m/s}$$

$$K_{E\text{son}} = 1/2(75 \text{ kg. } 8^2 \text{ m/s})$$

$$K_{E\text{son}} = 2400 \text{ J}$$

$$K_{E\text{ilk}} = 1/2(mv_{\text{ilk}})^2$$

$$v_{\text{ilk}} = 0 \text{ m/s}$$

$$K_{E\text{ilk}} = 1/2(75 \text{ kg})(0 \text{ m/s})^2 = 0 \text{ J}$$

$$\Delta K_E = 2400 \text{ J} - 0 \text{ J} = 2400 \text{ J}$$

$$W = +2400 \text{ J}$$

Örnek: Bir bisikletli düz bir yolda 8 m/s hızla ilerlerken frene basıp hızını 2 m/s'ye düşürüyor. Bisikletle birlikte bisikletlinin kütlesi 75 kg olduğuna göre yapılan iş kaç J'dür?

Bisikletli frene basmış, bisiklet yavaşlamış ama kinetik enerjinin değişimi hala yapılan işe eşit olmak zorunda.

$$W = \Delta K_E$$

$$\Delta K_E = K_{E\text{son}} - K_{E\text{ilk}}$$

$$K_{E\text{son}} = \frac{1}{2}(mv_{\text{son}})^2$$

$$v_{\text{son}} = 2 \text{ m/s}$$

$$K_{E\text{son}} = 1/2(75 \text{ kg. } 2 \text{ m/s})^2$$

$$K_{E\text{son}} = 150 \text{ J}$$

$$K_{E\text{ilk}} = 1/2(mv_{\text{ilk}})^2$$

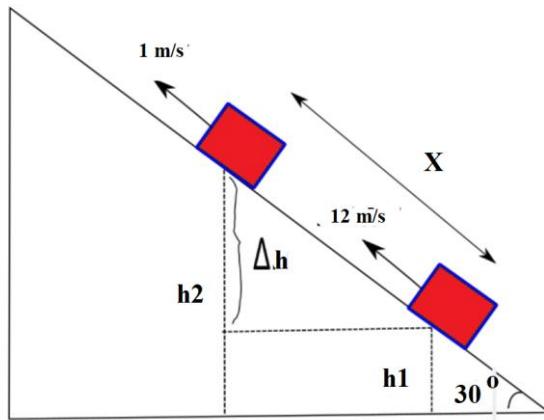
$$v_{\text{ilk}} = 8 \text{ m/s}$$

$$K_{E\text{ilk}} = 1/2(75 \text{ kg. } 8^2 \text{ m/s}) = 2400 \text{ J}$$

$$\Delta K_E = 150 \text{ J} - 2400 \text{ J} = -2250 \text{ J}$$

$$W = -2250 \text{ J}$$

Örnek: Sürtünmelerin ihmal edildiği eğik düzlemde 5 kg küteli bir cisim 12 m/s süratle yukarı yönde fırlatılıyor. Cisim x metre yer değiştirdiği anda sürat 1 m/s oluyor. Buna göre cismin x yer değiştirmesi kaç metredir?



Cismin başlangıç ve bitiş konumlarındaki mekanik enerjisinin aynı olduğunu biliyoruz. Eğik düzlemin alt noktasında cismin yüksekliğine h_1 diyelim. Üst noktasındaki yüksekliğine de h_2 diyelim.

$$\Delta h = x (\sin 30^\circ) = (h_2 - h_1) = x \sin 30^\circ \text{ olur}$$

Cismin birinci konumundaki enerjisi:

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}5(12)^2 + 5 \cdot 10 \cdot h_1 = 360 \text{ j} + 50h_1$$

İkinci konumdaki enerjisi:

$$E_2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}5(1)^2 + 5 \cdot 10 \cdot h_2 = 2,5 \text{ j} + 50h_2$$

Buradan iki mekanik enerjiyi eşitlenirse:

$$360 + 50h_1 = 2,5 + 50h_2$$

$$50(h_2 - h_1) = 357,5$$

yükseklikler arasındaki fark:

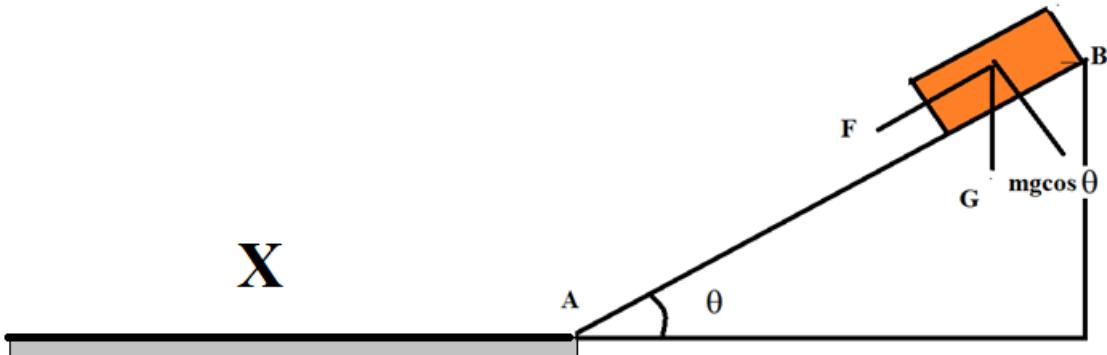
$$\Delta h = (h_2 - h_1) = \frac{357,5}{50} = 7,15 \text{ m}$$

→

$$x \sin 30^\circ = \Delta h$$

$$x = \Delta h / \sin 30^\circ = \frac{7,15}{0,5} = 14,3 \text{ m}$$

Örnek: 37° lik eğime sahip 40 m yüksekliğindeki sürtünmesiz bir eğik düzlemde serbest bırakılan 50kg lik kütle 0,2 sürtünme katsayılı düzlemde A noktasından sonra kaç m ileriye gidebilir? ($\sin 37 = 0,6$, $g = 10 \text{ m/s}^2$)



Hareketi sağlayan kuvvet:

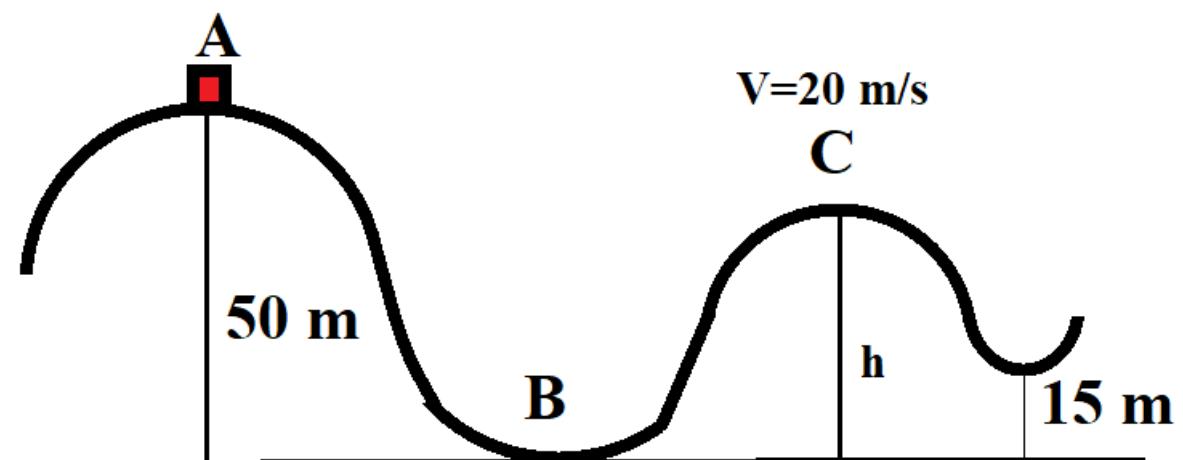
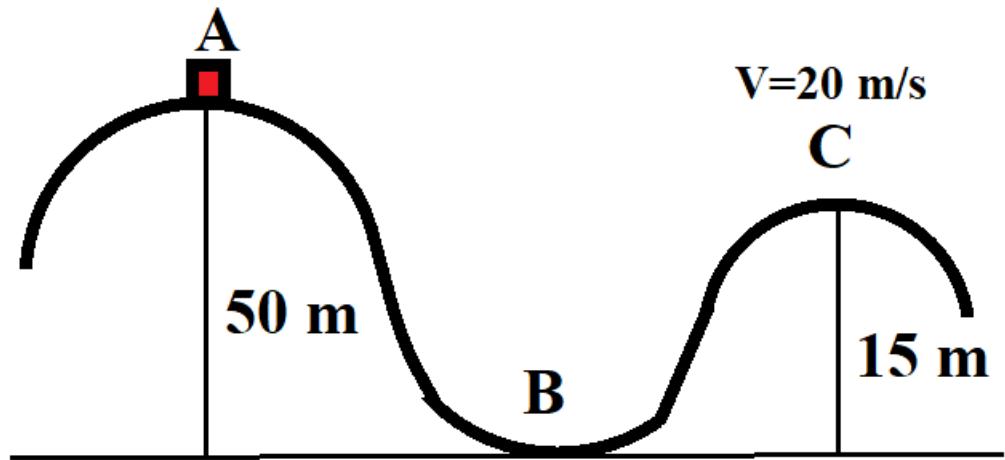
$$E_p = E_k \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 = 50 \cdot 10 \cdot 40 = 20,000 \text{ J}$$

$$F_s(\text{A noktasından sonra}) = \mu mg = 0,2 \cdot 50 \cdot 10 = 100 \text{ J}$$

$$W_{\text{Sürt}} = E_p \rightarrow 100x = 20,000 \text{ J} \rightarrow 200 \text{ m.}$$

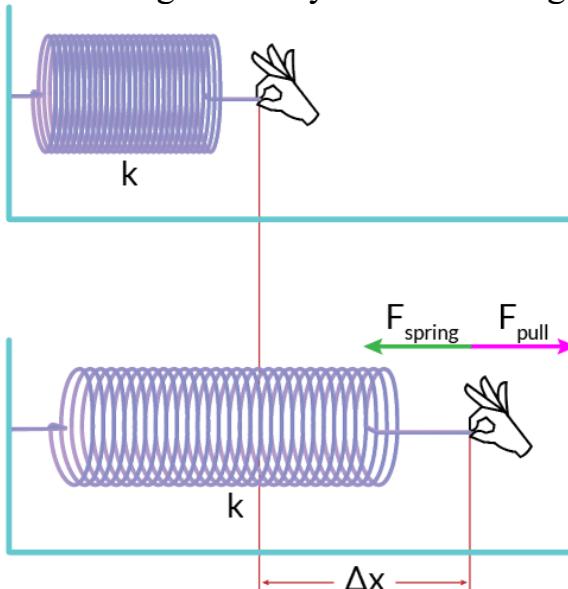
Soru: Aynı soru, eğik düzlem(60°) sürtünme katsayısı 0,6 olsun. Cisim A noktasından sonra kaç m ileriye gidebilir?

Soru: Cisim A noktasından serbest olarak bırakılıyor. Sürtünme yok. Cismin B deki cismin hızı ve h nedir?



Hooke Kanunu

Hooke Yasası, bir yayı sıkıştırmak veya germek için gereken geri yükleme kuvvetinin, yayın deformasyonu mesafesiyle orantılı olduğunu söyler.



Hooke Yasası

$$F = -k \cdot \Delta x$$

F , yayın geri yükleme kuvvetidir

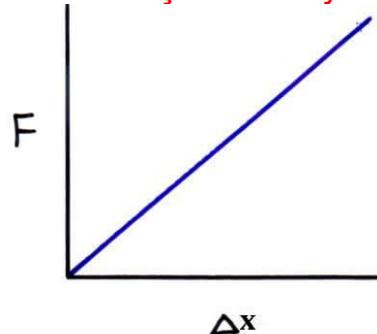
k , 'yay sabiti'

Δx , deformasyon nedeniyle yayın pozisyonundaki değişikliktir.

Eksi işaretli, geri yükleme kuvvetinin uzatma yada sıkıştırma kuvvetine zıt olduğunu göstermek için kullanılır. Yay kendisini deformasyonu olmamış (serbest konumda eski haline) durumuna geri getirmeye çalışır. Bir yay çekildiğinde, yay, çekme kuvvetine karşı kuvvet uygular. Bir yay, sıkıştırıldığında, yay sıkıştırma kuvvetiyle karşı kuvvet uygular.

Yay veya telin uzatılması, orantılılık sınırının aşılması koşuluyla uygulanan kuvvetle doğru orantılıdır.

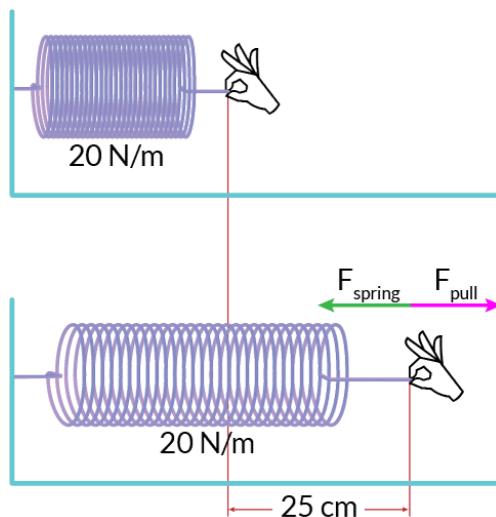
Hooke yasasına uygun bir malzeme için uzamaya karşı bir kuvvet grafiği



Grafikte F kuvveti, Δx uzamayı gösterir.

Elastik sınır, gerdiğiniz malzemenin ötesine kalıcı olarak şekil değiştirdiği noktadır, böylece kuvvet kaldırıldığında malzeme orijinal uzunluğuna geri dönmez.

Örnek: 20 N / m yay sabiti olan bir yayı 25 cm uzatmak için ne kadar kuvvet gereklidir?



Yayın k değeri 20 N / m'dir.

Δx uzama miktarı 25 cm'dir.

Mesafeyi metre cinsinden hesaplayalım.

$$\Delta x = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

Yayı uzatmak için gereken gücü aradığımız için eksi işaretine ihtiyac yok.

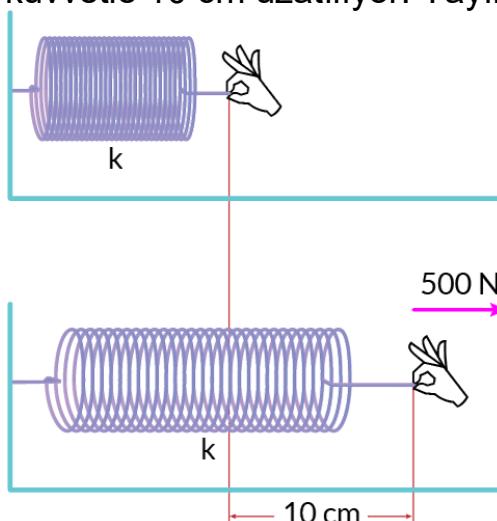
$$F = k \cdot \Delta x$$

$$F = 20 \text{ N / m} \cdot 0,25 \text{ m}$$

$$F = 5 \text{ N}$$

Bu yayı 25 cm mesafeden çekmek için 5 Newton'luk bir kuvvet gereklidir.

Örnek: Bir yay 500 N kuvvetle 10 cm uzatılıyor. Yayın yay sabiti nedir?



Konum değişikliği 10 cm'dir. Yay sabitindeki birimler metre başına Newton olduğundan, mesafeyi metre olarak değiştirmemiz gereklidir.

$$\Delta x = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

Bunu her iki tarafı Δx 'e bölgerek k için çözün

$$F / \Delta x = k$$

Kuvvet 500 N olduğundan,

$$500 \text{ N} / 0.10 \text{ m} = k$$

$$k = 5000 \text{ N/m}$$

Örnek: Ağırlığı 75 kg olan bir insan, yay sabiti 5000N/m ve başlangıç uzunluğu 0,25 m olan bir sıkıştırma yayının üzerine çıkıyor. Eklenen yük sonrası yayın toplam uzunluğu nedir?

Hooke yasasını kullanarak yayda oluşan gerilme miktarı

$$x = F/k = mg/k = 75(9,81 \text{ m/s}^2)/5000 \text{ N/m} = 0,15 \text{ m}$$

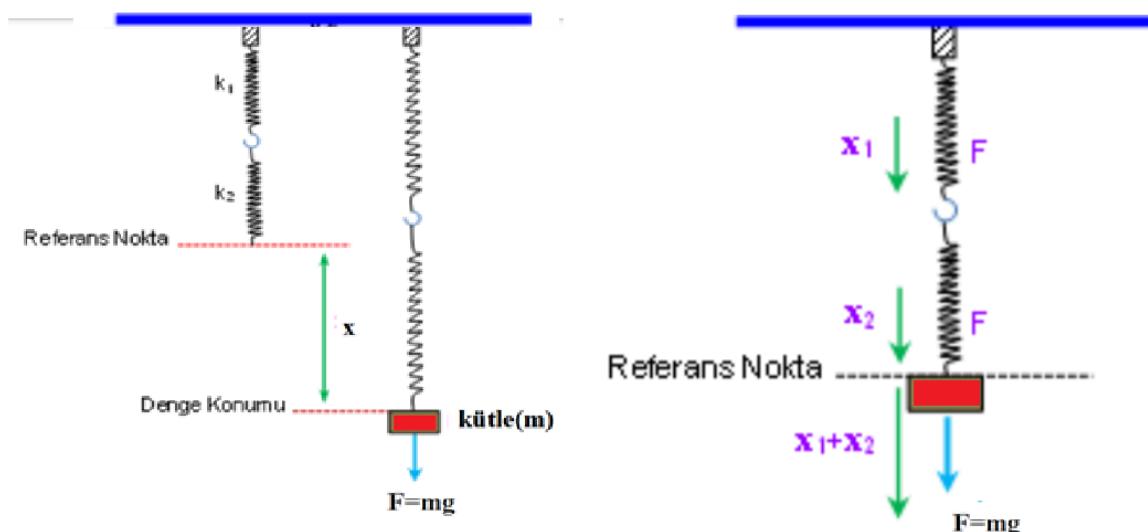
$$x = kF = kmg = 5000 \text{ N/m}(75 \text{ kg}) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) \approx 0,15 \text{ m}$$

bunu yayın başlangıç uzunluğundan çıkarılırsa:

$$L = L_0 - x = 0,25 - 0,15 = 0,1 \text{ m}$$

Yaylar seri ve paralel bağlanarak farklı yay sabiti, k değerlerine sahip mekanik yay sistemleri kurulabilir.

Yayların Seri Bağlanması



1. Şekil : Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın seri bağlanması 2. Şekil: Kütle seri durumındaki sisteme asıldığında iki yaydaki gerilme kuvvetleri eşittir. Cisim aşağıya doğru $x=x_1+x_2$ kadar bir mesafeye hareket edecktir.

Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay ucu bağlanırsa bu bağlantıya seri bağlama denir. Bu durumda seri bağlanan her

bir yaya etki eden kuvvet aynıdır. Yay sistemin toplam uzaması ya da sıkışması tek tek yayların uzama veya sıkışmalarına bağlıdır.

Seri bağlı yay sistemine “F” kuvveti etki ediyorsa, her bir yaya aynı kuvvet etki edecektir. Seri bağlama durumunda yay sistemine uygulanan kuvvet “F” ve yaylara uygulanan kuvvetler F_1 ve F_2 olarak verilirse;

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2$$

bağıntısı yazılabilir.

Sistemin uzama miktarı x ve her bir yayın uzama miktarı x_1 ve x_2 ise;

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_1 + \mathbf{x}_2$$

olur. Bu nedenle, seri bağlı yay sisteminin yay sabiti;

$$\frac{F}{k} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}$$

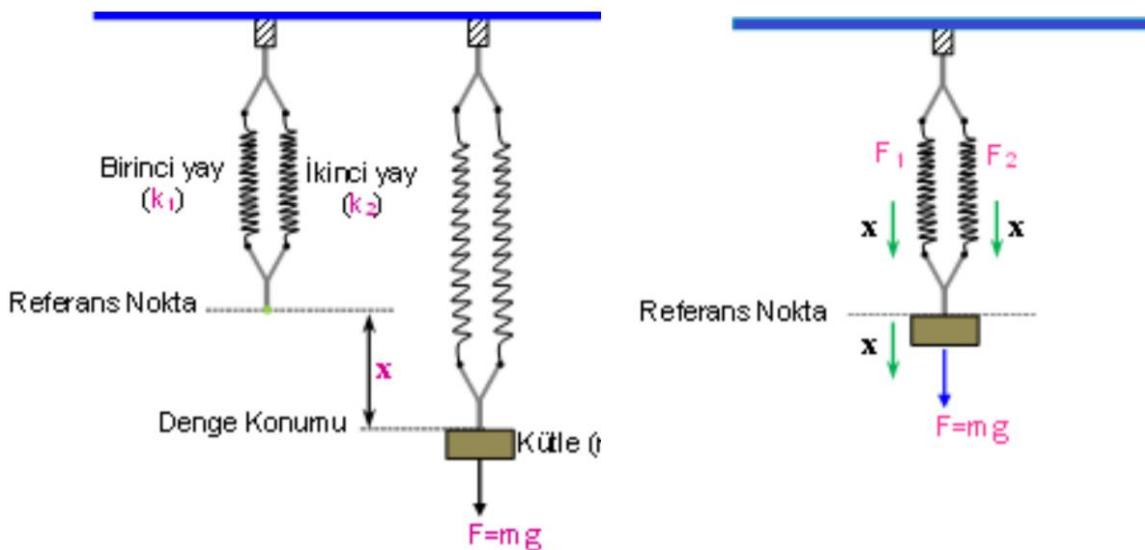
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

Sonuç olarak, bu ifade, yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay birbirine seri olarak bağlanırsa, sistemin eşdeğer yay sabiti olarak verilebilir.

Yayların Paralel Bağlanması

Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın uçları yan yana gelecek şekilde bağlanırsa bu bağlama türüne paralel bağlama denir.



1. Şekil : Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın paralel bağlanması. 2, Şekil : Paralel bağlı yay sisteminde iki yay eşit miktarda x -kadar uzar ve m -kütleli cisim aynı miktarda x kadar aşağı doğru hareket eder.

Sisteme F -kuvveti uygulanması durumunda, sistemin boyu x kadar uzuyorsa, yayların her birisindeki uzama miktarı x kadar olur.

Paralel bağlı yay sistemine uygulanan kuvvet F ve her bir yaya uygulanan kuvvet F_1 ve F_2 olarak verilirse, yaylardaki gerilme kuvvetlerin toplamı cismin ağırlığına eşittir:

$$F = F_1 + F_2$$

paralel bağlı yay sisteminde iki yay eşit miktarda, x kadar uzar:

$$x = x_1 = x_2$$

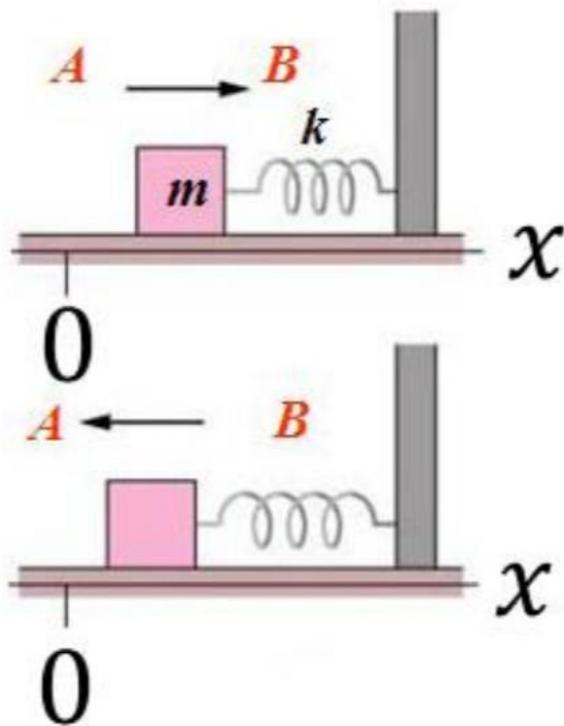
Bu nedenle, yay sisteminde her bir yaya etki eden kuvvetlerin toplamı sisteme etki eden kuvvete eşittir ve yayların uzama veya sıkışma miktarları birbirine eşit olacaktır. Sisteminin yay sabiti;

$$kx = k_1x + k_2x$$

$$k = k_1 + k_2$$

Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay birbirine paralel olacak şekilde bağlanırsa, sistemin yay sabiti $k=k_1+k_2$ olacak şekilde değişir.

Yay Potansiyel Enerjisi Kütlesi m olan bir blok, yay sabiti k olan bir yaya bağlıdır. Yay ve kütle bir sistemdir. Herhangi bir anda A noktasından geçerken ki hızı v_0 olan blok, yay kuvvetinin etkisiyle yavaşlayacak ve yayı x kadar sıkıştırarak B noktasında tamamen duracaktır. Sonrada, yay kuvvetinin etkisiyle ters yönd e harekete başlayacak ve A noktasından V_0 hızıyla geçecektir.



Blok A noktasından B noktasına hareket ederken yay kuvveti F_{yay} tarafından yapılan iş

$$W_1 = -kx^2/2 \text{ dir.}$$

Bunun anlamı, yay kuvveti Fg cismin kinetik enerjisini potansiyel enerjiye (U) dönüştürmüştür.

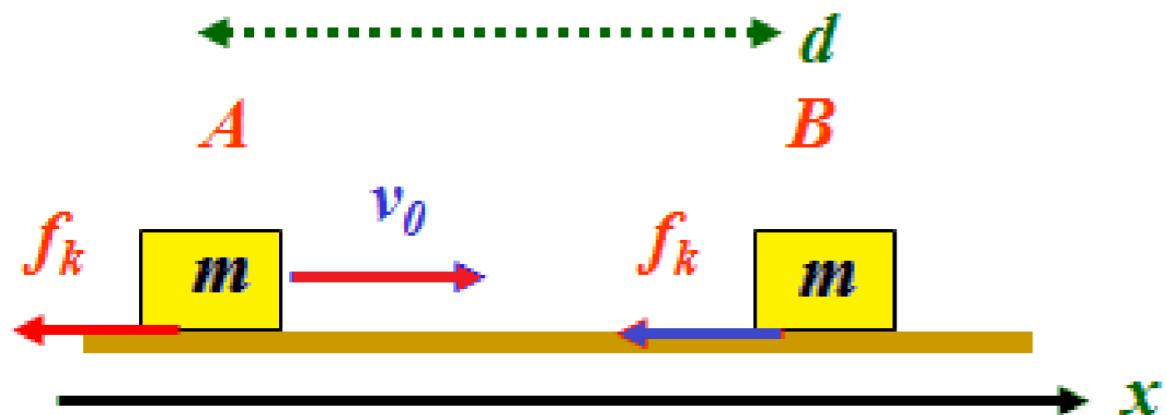
Blok B noktasından A noktasına hareket ederken, yay kuvveti F_{yay} tarafından yapılan iş $W_2 = -kx^2/2$ 'dir. Bunun anlamı da, yay kuvveti Fg cismin potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürmüştür. Sistemin potansiyel enerjisindeki değişimi yine

$$\Delta U = -W \text{ ifadesine sahiptir.}$$

Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler

Cismin sadece kinetik ve potansiyel enerjileri arasında bir dönüşüm neden oldukları için, yer çekimi kuvveti ve yay

kuvveti **korunumlu** kuvvetlerdir. Buna karşın, sürtünme kuvveti **korunumlu olmayan** bir kuvvettir.

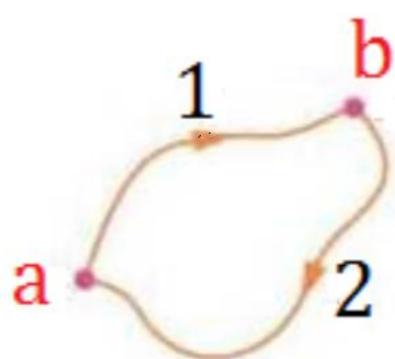


Sürtünmeli bir yüzey üzerinde A noktasından v_0 ilk hızıyla harekete başlayan bir blok düşünelim. Blok ile zemin arasındaki kinetik sürtünme katsayısı μ_k olsun. Blok, kinetik sürtünme kuvveti f_k etkisiyle d kadar yol aldıktan sonra B noktasında duracaktır.

A ve B noktaları arasında sürtünme kuvvetinin yaptığı iş

$$W_f = f_k \cdot d = f_k d \cos\phi = -\mu_k mg$$

olacaktır. Sürtünme kuvveti, bloğun tüm kinetik enerjisini “ısı enerjisine dönüştürmüştür. Bu enerji tekrar kinetik enerjiye dönüştürülemez ve bu nedenle sürtünme kuvveti korunumlu bir kuvvet değildir.



Kapalı bir yol boyunca, **korunumlu** bir kuvvetin bir cisim üzerinde yaptığı net iş sıfırdır. $W_{net} = 0$ Yerden yukarı doğru fırlatılan taş ve kütle-yay sistemi buna birer örnektir.

$$W_{net} = W_{ab1} + W_{ba2} = 0$$

a' dan b' ye giden bir cismin üzerine etki eden korunumlu bir kuvvetin yaptığı iş gidilen yoldan bağımsızdır.

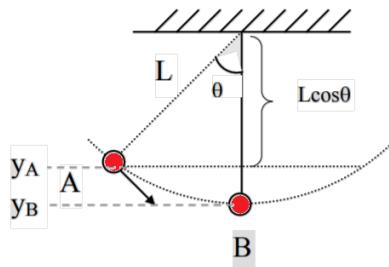
$$W_{net} = W_{ab1} + W_{ba2} = 0 \rightarrow W_{ab1} = -W_{ba2}$$

$$W_{net} = W_{ab1} - W_{ab2} = 0 \rightarrow W_{ab2} = W_{ab1}$$

$$\rightarrow W_{ab2} = -W_{ba2} \rightarrow W_{ab2} = W_{ab1} \quad W_{ab1} = W_{ab2}$$

Örnek: Bir sarkaç şekildeki gibi L uzunluklu hafif ipe bağlı m kütleli bir küreden oluşuyor. İp, düşeyle θ açısı yaptığından, küre durgun olarak bırakılıyor.

a) Küre en alt nokta olan B noktasına geldiğinde sürati ne olur? b) B noktasında iken ipteki T_B gerilmesi nedir?



$$\begin{aligned} a) \quad y_A &= L \cos \theta \rightarrow U_A = -mgL \cos \theta \\ y_B &= L, \quad \rightarrow \quad U_B = -mgL \end{aligned}$$

$$K_A + U_A = K_B + U_B$$

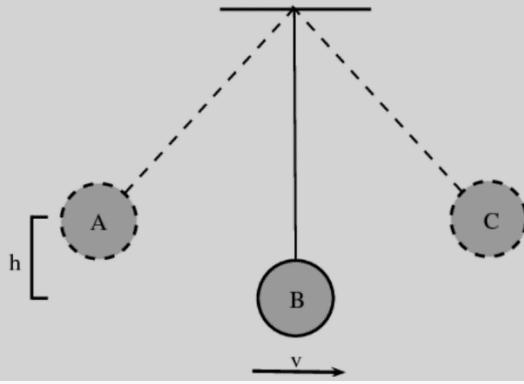
$$0 - mgL \cos \theta = (\frac{1}{2})mv_B^2 - mgL$$

$$v_B = (2gL(1-\cos\theta))^{\frac{1}{2}}$$

$$\begin{aligned} b) \quad \sum F_r &= T_B - mg = ma = mv_B^2/L \quad T_B = mg + 2mg(1-\cos\theta) \\ T_B &= mg(3-2\cos\theta) \text{ bulunur.} \end{aligned}$$

Örnek: Tavana 300 g kütleli bir sarkaç tutturulmuştur. Denge konumundan $h = 30$ cm yükseklik olan A noktasına çekilir.

Sarkacın B noktasına (denge noktası) ulaştığında hızını hesaplayın. Sarkaça etki eden başka bir kuvvet olmadığını varsayıyın.



İş enerjisi teoremini uygulayabiliriz. Sarkaç üzerinde çalışan tek kuvvet yerçekimidir ve mekanik enerjinin korunmasından, yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişimin kinetik enerjideki zıt değişime karşılık geleceğini biliyoruz. Yani, yerçekimi potansiyel enerjisi bir miktar azalırsa kinetik enerji aynı miktarda artar ve bunun tersi de geçerlidir.

$$\begin{aligned}
 PE_i + KE_i &= PE_f + KE_f \\
 mgh_i + (0) &= mgh_f + KE_f \\
 mgh_i - mgh_f &= KE_f \\
 mg(h_i - h_f) \frac{1}{2}mv^2 & \\
 g(h_i - h_f) \frac{1}{2}v^2 & \\
 2g(0.30) = v^2 & \\
 v = \sqrt{2(9,8)(0.30)} & \\
 &= 2,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Örnek: h_1 yüksekliğinden serbest bırakılan 2 kg kütleli bir cisim, yerden 50 m yükseklikte iken hızı 30 m/s olmaktadır.

Bu cismin serbest bırakıldığı h_1 yüksekliği kaç metredir?

Bir cismin mekanik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamına eşittir.

$$E = E_k + E_p$$

Ayrıca dışarıdan bir kuvvetin olmadığı durumlarda sistemde mekanik enerji her zaman korunur.

$$E_{\text{ilk}} = E_{\text{son}}$$

Cisim 50 m yükseklikte iken sahip olduğu potansiyel enerji,

$$E_p = mgh = 2 \cdot 10 \cdot 50$$

$$E_p = 1000 \text{ J}$$

30 m/s hızla hareket eden bir cismin kinetik enerjisi,

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot mv^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 30^2$$

$$E_k = 900 \text{ J}$$

Mekanik enerji kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamına eşittir.

$$E = 1900 \text{ J}$$

Cisim h_1 yüksekliğinde iken sahip olduğu enerji 1900 J dür. Bu enerjinin 900 Joule'ü 50 metrede kinetik enerjiye dönüşmüştür.

$$1900 = m \cdot g \cdot h$$

$$1900 = 2 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = 95 \text{ m}$$

Örnek: 70 kg ağırlığındaki bir kişi, yukarı doğru merdivenden koşar. Yükseklik 5m. Yolculuğun tamamlanması 7 saniye sürüyorsa, kişinin gücü?

$$W_D = E_p = mgh = 70 \times 10 \times 5 = 3500 \text{ J}$$

$$\text{Power} = \text{work done} / \text{time} = 3500 / 7 \text{ so Power} = 500 \text{ W}$$

Örnek: Bir asansör motorunun tam yüklü bir asansörü 1.5 saniyede katlar arasında 4 m hareket ettirmesi gerekiyor.

Asansörün kütlesi 1850 kg'dır (sürtünmeyi göz ardıedin).

a) Tam yüklü asansörün ağırlığını hesaplayın.

$$W = mg = 1850 \times 10 = 18500 \text{ N}$$

b) Asansör sbt bir hızda hareket ederken kablodaki yukarı yönde kuvvet nedir?

Sabit hızda kuvvetler dengelenmelidir.

Yukarı doğru kuvvet = aşağı doğru kuvvet (ağırlık)

$$\text{Yukarı doğru kuvvet} = 18500 \text{ N}$$

c) Motor tarafından yapılan iş nedir?

$$W_D = F \times d$$

$$= 18500 \times 4$$

yani

$$W_D = 74000 \text{ J}$$

d) Motorun asansörü yükseltmek için gereken minimum gücü nedir?

Sabit hız, kuvvetlerin dengeli olduğu anlamına gelir.

$$\text{Güç} = \text{iş/zaman} = 74000 / 1.5 = 49333 \text{ W}$$

Örnek: Bir top masadan yuvarlanır ve 5 m / s hızla yere çarpar. masanın.

yüksekliü nedir?

$$\text{İlk enerji} = E_p$$

$$\text{Nihai enerji} = E_k$$

Ancak enerjinin korunumu bize $E_p = E_k$ der.

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2gh = v^2$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{25}{20}$$

$$h = 1.25\text{m}$$

Örnek: 80 m yükseklikten ilk hızsız serbest bırakılan 3 kg küteli bir cisim yere ulaşınca kadar yer çekiminin yaptığı iş kaç Joule'dür? ($g = 10 \text{ m/s}^2$, ortam sürtünmesizdir)

Cisim 80 m yükseklikte iken potansiyel enerjisi,

$$E_p = m.g.h = 3.10.80$$

$$E_p = 2400 \text{ J}$$

Cisim yere ulaştığında potansiyel enerjisi 0 olur. Yere çarpmadan hemen önce potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerjiye dönüşmüş durumdadır. Yere çarptığında kinetik enerjinin tamamı sürtünme ısı enerjisine dönüşür ve cismin kinetik ve potansiyel enerjisi 0 olur.

Yerçekiminin yaptığı iş, cismin enerjisindeki değişime eşittir.

$$W = E_{\text{son}} - E_{\text{ilk}}$$

$$W = 2400 - 0 = 2400 \text{ J}$$

Örnek: 5 kg küteli bir cisim yerden 210 m yükseklikten serbest bırakılıyor. Bu cisim 60 m yükseklige ininceye kadar yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş kaç Joule'dür? ($g = 10 \text{ m/s}^2$, ortam sürtünmesizdir)

Bir kuvvetin yaptığı iş, kuvvet ile cismin kuvvet doğrultusundaki yer değiştirmesine eşittir.

Yer çekimi bir cisme cismin ağırlığı kadar çekim kuvveti uygular. Bir cismin ağırlığı, kütlesi ile yer çekiminin çarpımına eşittir.

$$G = m.g$$

Yer çekiminin bir cisme uyguladığı kuvvet,

$$F_{\text{yer}} = m_{\text{cisim}} \cdot g$$

Soruya dönersek cisim 210 m yükseklikten 60 m'ye ininceye kadar 150 m yol almıştır.

$$W = F.x$$

$$W = m \cdot g \cdot x$$

$$W = 5 \cdot 10 \cdot 150$$

$$W = 7500 \text{ J}$$

Örnek: 2 kg küteli bir cisim h yüksekliğinden serbest bırakılıyor. Bu cisim 12 saniyede yere düşüğüne göre, h yüksekliğinde sahip olduğu mekanik enerji kaç J'dir. Cismin yere düşme süresinden h yüksekliği bulunur.

$$h = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$h = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 144$$

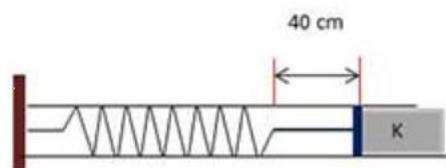
$$h = 720 \text{ m}$$

Cismin 720 m yükseklikte sahip olduğu enerji,

$$E = m \cdot g \cdot h = 2 \cdot 10 \cdot 720$$

$$E = 14400$$

Örnek: Şekildeki 2 kg küteli K cismi, 6 m/s hızla hareket ederek bir yaya çarpmaktadır. Cisim yayı maksimum 40 cm sıkıştırıldığına göre yay sabiti kaç N/m dir?



Cisim yaya çarparak yayı germeye başlarken kendisi de yavaşlamaya başlar. Bu esnada cismin kinetik enerjisi yayda potansiyel enerjiye dönüşmektedir. Cisim durduğu anda yayı maksimum miktarda sıkıştırmıştır. Bu esnada cismin kinetik enerjisi 0 olur.

Cismin yaya çarpmadan önceki kinetik enerjisi,

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 36$$

$$E_k = 36 \text{ J}$$

Yayda depolanan potansiyel enerjiyi veren denklem,

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

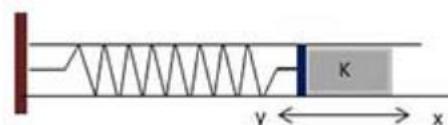
Şeklindedir. Bu enerji cismin yaya çarpmadan önceki kinetik enerjisine eşittir.

$$36 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot 0,16$$

$$k = 450 \text{ N/m}$$

Örnek: Şekildeki K cisminin kütlesi 3 kg'dır K cismi 4 m/s hızla hareket ederek yay sabiti 300 N/m olan yaya çarpıyor ve ardından yayın uyguladığı kuvvetle bu kez x yönünde harekete başlıyor.

Cisim x yönünde hareket ederken yaydaki sıkışma 10 cm olduğu andaki hızı kaç m/s olur? ortam sürtünmesiz.



4 m/s hızla hareket eden bir cismin sahip olduğu kinetik enerjisi,

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 16$$

$$E_k = 24 \text{ J}$$

Cisim bu hızla yaya çarpara yayı ne kadar sıkıştırır onu bulmalıyız. Cismin hızı 0 olduğunda yay maksimum miktarda sıkışmıştır ve cismin enerjisinin tamamı yaya geçmiştir.

$$E_{pyay} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

$$24 \text{ J} = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot x^2$$

$$x^2 = 0,16$$

$$x = 0,4 \text{ m}$$

Yay 40 cm sıkışmıştır. Bu esnadan sonra yay cismi ileri doğru fırlatmaya başlar. Cism x yönünde hareket ederken yaydaki sıkışma miktarı 10 cm olduğu anda enerjinin bir kısmı yayda potansiyel enerji olarak bulunmakta, bir kısmı ise cisimde kinetik enerji halinde bulunmaktadır.

Yaydaki potansiyel enerjiyi bulalım.

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot (0,1)^2$$

$$E_p = 1,5 \text{ J}$$

Toplam enerjinin geri kalanı kinetik enerji halindedir.

$$E_k = 24 - 1,5$$

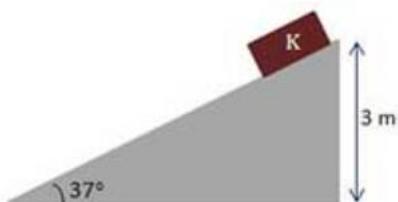
$$E_k = 22,5 \text{ J}$$

$$22,5 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot V^2$$

$$V^2 = 15$$

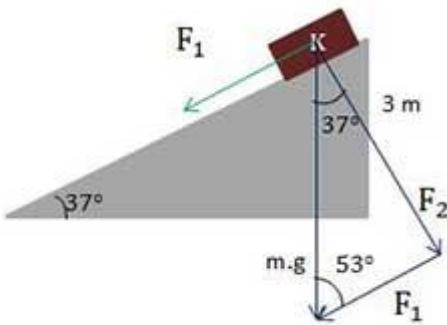
$$V = \sqrt{15} \text{ m/s}$$

Şekilde eğik düzlemin başında durmakta olan K cisminin kütlesi 5 kg dır. Cism eğik düzlemin başından serbest bırakılıyor.



Cism eğik düzlemin alt ucuna geldiğinde hızı 6 m/s olduğuna göre eğik düzlemin sürtünme katsayısı kaçtır?

$$(g = 10 \text{ m/s}^2, \sin 37^\circ = 0,6, \cos 37^\circ = 0,8)$$



K cismi serbest bırakıldığında F_1 kuvvetinin etkisiyle aşağıya doğru harekete başlayacaktır. Cisme etki eden F_1 kuvveti yer çekimi kuvvetinin eğik düzleme paralel bileşenidir.

F_1 kuvveti cosinüs teoreminden bulunabilir.

$$F_1 = m.g.\cos 53^\circ = m g \sin 37^\circ$$

$$F_1 = 5 \cdot 10 \cdot 0,6$$

$$F_1 = 30 \text{ N}$$

F_2 kuvveti K cisminin normalidir. Bir başka deyişle cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin eğik düzleme dik bileşenidir.

$$F_2 = m.g.\sin 53^\circ$$

$$F_2 = 5 \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$F_2 = 40 \text{ N}$$

Cisim 30 N luk bir kuvvet etkisinde aşağı yönde harekete başlayacaktır. Aşağıya ulaştığında eğik düzlemin alt ucunda sahip olduğu potansiyel enerjinin bir kısmı sürtünmeyle kaybolmuş, geri kalanı kinetik enerjiye dönüşmüş olacaktır.

Cismin eğik düzlemin başındaki potansiyel enerjisi,

$$E_p = m.g.h$$

$$E_p = 5 \cdot 10 \cdot 3 = 150 \text{ J}$$

Cisim aşağıya ulaştığında sahip olduğu hız 6 m/s ise,

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 36$$

$$E_k = 90$$

Sürtünme nedeniyle ısuya dönüsen enerji cismin başlangıçtaki potansiyel enerjisi ile eğik düzlemin alt ucundaki kinetik enerjisinin farkına eşittir.

$$E_s = 150 - 90 = 60 \text{ J}$$

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş 60 J'dür. Bu iş aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$W_s = N \cdot k \cdot x$$

$$60 = N \cdot k \cdot x$$

Yukarıda $N = 40 \text{ N}$ olarak bulmuştuk.

Şimdi Eğik düzlemede cismin kaydığını yoluun uzunluğunu bulalım. Basit bir sinüs teoremi ile bulabiliriz.

$$\sin 37^\circ = \frac{3}{X}$$

$$0,6 = \frac{3}{X}$$

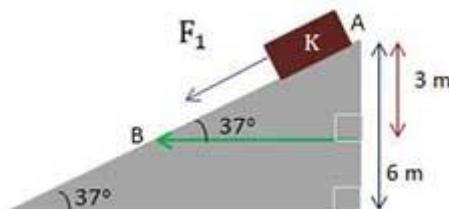
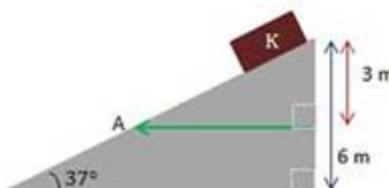
$X = 5 \text{ m}$ olarak bulunur. Bu değeri sürtünme kuvvetinin yaptığı iş denkleminde yerine koymalımy.

$$60 = 40 \cdot k \cdot 5$$

$$k = 0,3$$

Örnek: Yüksekliği 6 m olan eğik düzlemin başında bulunan 5 kg kütleli K cismi serbest bırakılıyor.

Eğik düzlemin sürtünme katsayısı $0,4$ olduğuna göre, cismin A noktasında hızı kaç m/s olur? ($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0,6$, $\cos 37^\circ = 0,8$)



Cismin eğik düzlemin başında iken sahip olduğu enerji potansiyel enerjidir.

$$E_p = 5 \cdot 10 \cdot 6 = 300 \text{ J}$$

Cisim B noktasına geldiğinde potansiyel enerjisi;

$$E_{pB} = 5 \cdot 10 \cdot 3 = 150 \text{ J}$$

$300 - 150 = 150 \text{ J}$ enerjinin bir kısmı kinetik enerjiye dönüşmüştür, bir kısmı ise ısı enerjisine dönüşmüştür. Sürtünme ile ısuya dönüşen enerjiyi bulmak için eğik düzlemede A – B arası mesafeyi bulmamız gereklidir.

Sinüs teoreminden,

$$\frac{3}{|AB|} = 0,6$$

$|AB| = 5$ m olarak bulunur.

Cismi aşağıya çeken kuvvet yerçekimi kuvvetinin eğik düzleme paralel bileşenidir.

$$F_1 = m \cdot g \cdot \sin 37^\circ = 5 \cdot 10 \cdot 0,6$$

$$F_1 = 30 \text{ N}$$

Cisme etki eden sürtünme kuvveti,

$$F_s = N \cdot k_s$$

$$N = m \cdot g \cdot \cos 37^\circ$$

$$N = 40 \text{ N}$$

$$F_s = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ N}$$

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş,

$$W_s = F_s \cdot X$$

$$W_s = 16 \cdot 5 = 80 \text{ J}$$

Sürtünmeyle ısiya dönüsen enerji 80 J dür. Cismin B noktasındaki kinetik enerjisi,

$$150 - 80 = 70 \text{ J}$$

$$70 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$70 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot V^2$$

$$V^2 = 28$$

$$V = 2\sqrt{7} \text{ m/s}$$

Örnek: 2 kg kütleli bir cisim 120 m yükseklikten aşağıya doğru $V_0 = 5 \text{ m/s}$ hızla atılıyor.

Bu cismin 4 saniye sonraki potansiyel enerjisi kaç Joule'dür?

($g = 10 \text{ m/s}^2$, ortam sürtünmesizdir)

Yukarıdan aşağıya düşey atış hareketi denklemlerinden yararlanarak soruyu çözülebilir.

Cismin başlangıçtaki kinetik ve potansiyel enerjilerini bulalım.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 25$$

$$E_k = 25 \text{ J}$$

$$E_p = 2 \cdot 10 \cdot 120$$

$$E_p = 2400 \text{ J}$$

$$E = 2400 + 25 = 2425 \text{ J}$$

Cismin havada 4 saniyede aldığı yolu bulmalıyız, bu sayede yerden yüksekliğini bulabiliriz.

$$h = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$h = 5.4 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 16$$

$$h = 100 \text{ m}$$

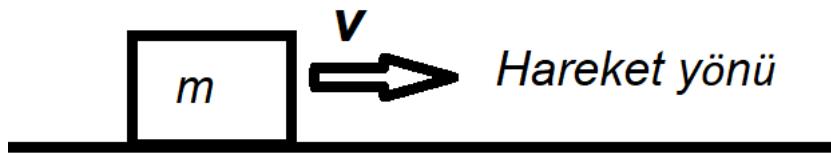
Cisim havada 100 m yol almıştır. Atıldığı yükseklik 120 m olduğuna göre yerden yüksekliği,

$$120 - 100 = 20 \text{ m dir. Bu yükseklikte potansiyel enerjisi,}$$

$$E_p = 2 \cdot 10 \cdot 20 = 400 \text{ J dür.}$$

Çizgisel Momentum

Kuvvet ve ivme Newton'un ikinci yasasıyla ilişkilidir. V hızıyla hareket eden m parçası parçasının veya nesnenin çizgisel momentumu, kütle ve hızın çarpımı olarak tanımlanır:



$$\mathbf{P} = \mathbf{mV} \text{ (kg-m/s)}$$

Bir cisime etki eden tüm kuvvetlere (**net kuvvet**) bağlı impuls(**İtme**), cismin momentumundaki değişime eşittir:

$$\mathbf{I} = \mathbf{F}_{\text{net}} \Delta t = \Delta \mathbf{p}$$

I büyüklüğüne İmpuls (itme) denir. İtme vektörünün yönü, kuvvet vektörünün yönü ile aynıdır. Eşitliğin sağ tarafındaki değerine (Δp) momentum denir.

Bir cisime etki eden tüm kuvvetlere (net kuvvet) bağlı impuls, cismin momentumundaki değişime eşittir.

$$\mathbf{F}_{\text{net}} \Delta t = \Delta \mathbf{p}$$

$$\mathbf{F} \Delta t = \Delta \mathbf{p}$$

$$\mathbf{F} \Delta t = m(V_2 - V_1)$$

$$\mathbf{F} \Delta t = mV_2 - mV_1$$

$$\mathbf{F} \Delta t = mV_2 - mV_1$$

$$\mathbf{F} \Delta t = P_2 - P_1 = P_{\text{son}} - P_{\text{ilk}}$$

Bir elastik çarışma, çarpışmanın sonucunda sistemdeki kinetik enerjide net kayıp olmayan bir çarpışmadır. Eleastik çarpışmalarda hem momentum hem kinetik enerji korunur.

Etkiyen dış kuvvetler toplamı sıfır olduğu bir sistemdeki iki veya daha fazla parçacık etkileşime girdiğinde sistemin toplam momentumu sabit kalır. **Sistemin momentumu korunur**, Bu aynı zamanda böyle bir sistemde toplam momentumunun başlangıçtaki momentumuna eşit olduğunu da söyler.

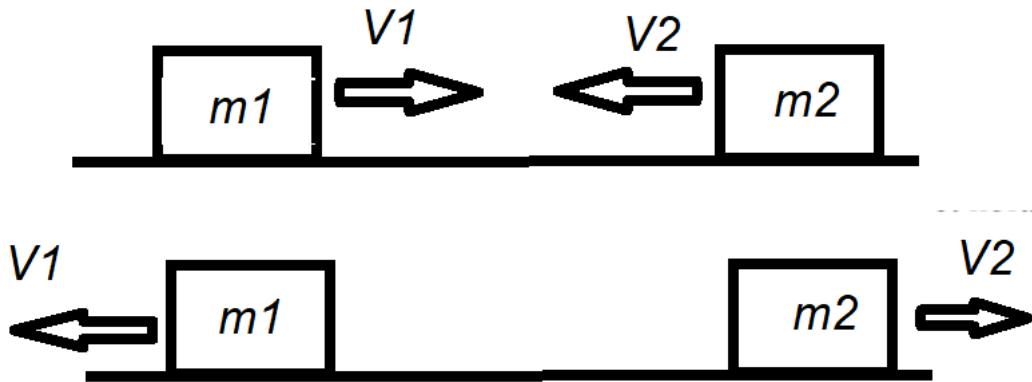
$$P_{\text{toplam}} = P_{\text{ilk}} + P_{\text{son}} = \text{Sbt}$$

İki nesne esnek olarak çarpıştığında sistemin momentumu korunur. Bu, çarpışmadan önce ve sonra nesnelerin toplam momentumunun aynı olduğu anlamına gelir.

Önce: $P_{\text{ilk}} = m_1 v_1 + m_2 v_2$

Sonra: $P_{\text{son}} = m_1 v_1 + m_2 v_2$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 V_1 + m_2 V_2$$



Esnek çarpışmada momentum yanı sıra **Kinetik enerji** de korunur.

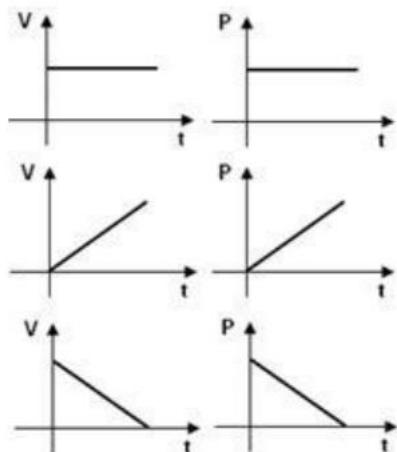
$$(1/2)m_1 V_1^2 + (1/2)m_2 V_2^2 = (1/2)m_1 V_1^2 + (1/2)m_2 V_2^2$$

Çarpışmadan önce = Çarpışmadan sonra

İki veya üç boyutlu çarpışmalarda ise cisimler, çarpışmadan önce veya sonra birbirlerine belirli açılarla hareket ederler. İki boyutlu çarpışmaları analiz etmek için her bir doğrultuya ayrı ayrı bakılması gereklidir. Momentum, x ve y yönlerinde ayrı ayrı korunur.

Elastik olmayan bir çarpışma, kinetik enerji kaybının olduğu bir çarpışmadır. Elastik olmayan bir çarpışmada sistemin momentumu korunur, ancak kinetik enerji korunmaz. Bunun nedeni, kinetik enerjinin bir kısmının başka transfer edilmiş olmasıdır. (Isı enerji, ses enerjisi ve deformasyon)

Önemli not: Momentum vektörü hız vektörü ile aynı yöndedir. Momentum vektörü ile hız vektörü karıştırılmamalıdır.

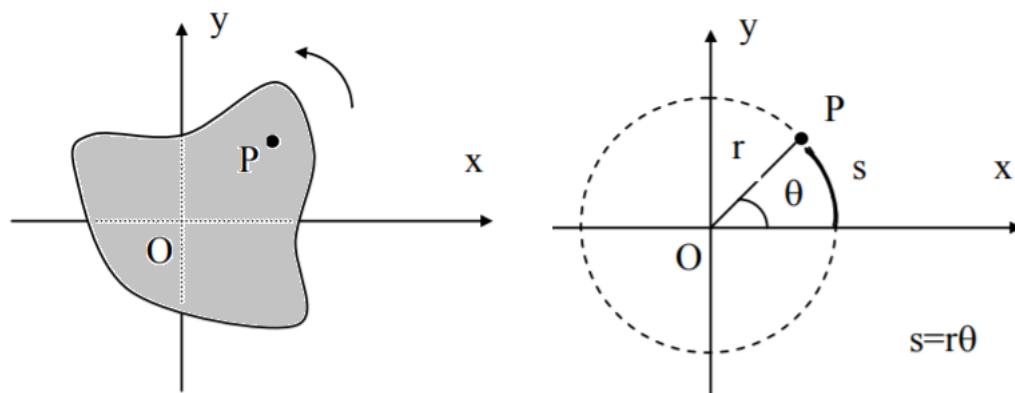


Hız vektörü hareketin ne kadar çabuk olduğunu ve cismin hangi yönde gittiğini gösterir. Momentum değişimi gerekli itme miktarını gösterir. Momentum cismin hızının büyüklüğünü belirtmez, ancak hareketin yönünü gösterir. Momentum vektörü ile hız vektörünün büyüklüğü doğru orantılıdır.

DÖNME(DÖNÜ) HAREKETİ

Bir cismin simetri ekseni varsa, kütle merkezi bu eksen üzerindedir. Homojen geometrik cisimlerde ise kütle merkezi geometrik şeklin merkezidir. Cisimlerin hareketi, kütle merkezinin öteleme hareketi ve dönme hareketi olarak incelenir. Veya öteleme- dönme hareketi olarak incelenebilir.

O noktası etrafında dönebilen herhangi bir şekle sahip katı bir cismi göz önüne alalım. Bu cismin üzerinde tanımladığımız bir P noktasının hareketini incelenirse,



Sabit 0 merkezi etrafında r yarıçaplı P noktasının aldığı yol s , yarıçap r ve x ekseni ile ölçülen θ açısı cinsinden

$$s=r\theta$$

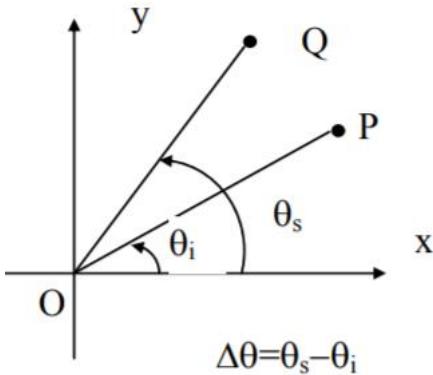
θ 'nın birimi radyan (rad)'dır. Bir radyan, yarıçapla eşit uzunluktaki bir yay parçasının yarıçapa oranıyla elde edilen açıdır.

$$s=r\theta \text{ (1 radyan)}$$

Radyan açı ölçüsü ile derece açı ölçüsü arasındaki ilişki

$$\theta(\text{rad}) = (\pi/180^\circ) \cdot \theta(\text{derece})$$

Açısal Yer değiştirmeye: r yarıçaplı P noktasının Δt zaman sonra Q noktasına geldiğini düşünürsek P noktasının açısal yer değiştirmesi;



$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

şeklinde yazılabilir. Açısal yer değiştirmenin boyutusuz olup birimi radyandır.

Ortalama Açısal Hız (ω_{ort}): Ortalama açısal hız (ω_{ort}), Δt zaman aralığındaki açısal yer değiştirmenin ($\Delta\theta$), Δt zamanına oranıdır.

$$\omega_{ort} = \Delta\theta/\Delta t = (\theta_s - \theta_i)/\Delta t$$

Anı açısal hız (ω): Δt zamanı limit durumda sıfıra gittiğinde ($\Delta t \rightarrow 0$) açısal yer değiştirmenin ($\Delta\theta$), zamana oranıdır.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

θ açısı boyutsuz olduğundan açısal hızın boyutu $[\omega] = 1/[T]$ ’dir. Birimi ise radyan/saniye (rad/s) veya s^{-1} dir. Açısal hız vektörel bir niceliktir. Açısal hızın yönü:

Dönme açısı, saat ibresinin tersi yönde artarsa (**sağ el**) ω pozitif
Dönme açısı, saat ibresi ile aynı yönde artarsa (**sol el**) ω negatif.

Ortalama açısal ivme (α_{ort}): Ortalama açısal ivme(α_{ort}), Δt zaman aralığındaki açısal hızdaki değişme miktarının ($\Delta\omega$) geçen zamana oranıdır.

$$\alpha_{\text{ort}} = \Delta\omega / \Delta t = (\omega_s - \omega_i) / \Delta t$$

Anı açısal ivme (α): Anı açısal ivme (α), Δt zaman aralığı limit durumda sıfıra gittiğinde ($\Delta t \rightarrow 0$) açısal hızın ($\Delta\omega$) zamana oranıdır.

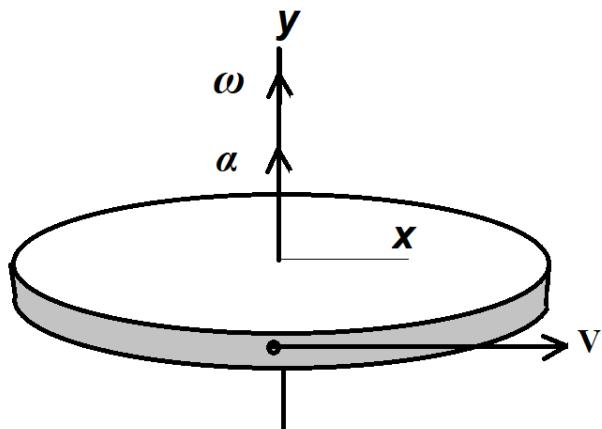
$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

θ açısı boyutsuz olduğundan açısal ivmenin boyutu $[\alpha] = 1/[T^2]$ dir. Birimi ise radyan/saniye² (rad/s²) veya s⁻² dir.

Açısal ivmenin yönü:

Açısal hız artarsa (saat ibresi ile aynı veya ters yönde) α pozitif
Açısal hız azalırsa (saat ibresi ile aynı veya ters yönde) α negatif

v, w ve α nin yönleri:



v çizgisel hız yörüngeye teğettir

ω dönme ekseni üzerindedir

Saat yönünün tersi yönde ise ω , +y

Saat yönünü ile aynı yönde ise ω , -y

Açısal hız vektörünün yönünü belirlemek için **sağ el kuralı**: Açısal hızın yönünü bulmak için sağ elimizi kullanabiliriz. Bu kuralda sağ elin baş parmak dışındaki dört parmağı birleştirilip kıvrılarak dönen cismin dönüş yönü ile çakıştırılır (parmaklar çizgisel (teğetsel) hızın yönünü gösterecek şekilde ayarlanır). Baş parmak bu dört parmağa dik tutulur ve baş parmağın gösterdiği yön açısal hızın yönünü gösterir.

Doğrusal ve açısal hareketi tanımlamada kullanılan nicelikleri karşılıklı olarak yazarsak:

Açısal	Doğrusal
θ	x (yerdeğiştirme)
ω	v (hız)
α	a (ivme)

Dönme Kinematiği: Sabit Açısal İvmeli Dönme Hareketi Daha önce doğrusal hareket için türettiğimiz kinematik eşitlikleri dönme hareketine uyarlayabiliriz. Doğrusal harekette türettiğimiz formüllere dönü hareketini tanımlayan x , v ve a yerine açısal yerdeğiştirme($\Delta\theta$), açısal hız(ω) ve açısal ivme(α) niceliklerini yazarsak:

<u>Açısal</u>	<u>Doğrusal</u>
θ	x (yerdeğiştirme)
ω	v (hız)
α	a (ivme)

Açısal ve Doğrusal Nicelikler

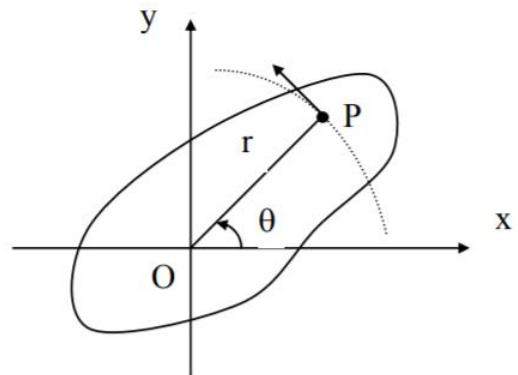
Dönen bir cismin açısal hız ve ivmesi ile cismin üzerindeki bir noktanın çizgisel hız ve ivmesi arasında nasıl bir bağlantı vardır?

$$s=r\theta \quad r=\text{sabit}$$

$$\text{Teğetsel hız: } v = \frac{ds}{dt} = \frac{d}{dt}(r\theta) = r \frac{d\theta}{dt} = r\omega$$

$$v=r\omega$$

$$\text{Teğetsel ivme: } a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(r\omega) = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$



Daha önce dairesel yörüngede dönen bir noktanın merkeze yönelik v^2/r büyüklüğünde ar merkezcil ivme ile hareket ettiğini görmüştük. ar ivmesinin büyüklüğünü ω açısal hız cinsinden yazarsak

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \frac{(r\omega)^2}{r} = r\omega^2$$

Dönen bir katı cisim üzerinde hareket eden bir noktanın toplam ivmesi, a_t teğetsel, ar'de açısal ivme olmak üzere:

$$a = a_t + a_r$$

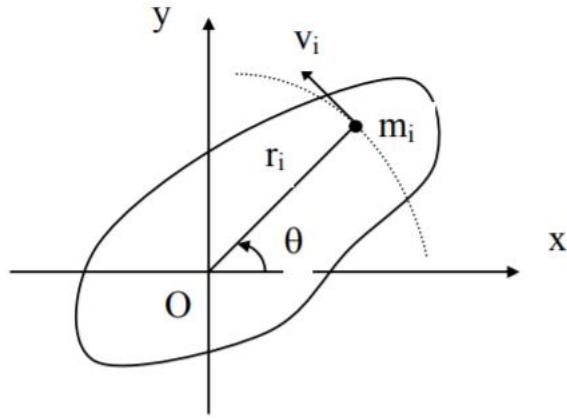
Bu ivmenin büyüklüğü:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2} = \sqrt{r^2\alpha^2 + r^2\omega^4} = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4}$$

$$a = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4}$$

Dönme Enerjisi

O ekseni etrafında dönen katı cismin kinetik enerjisini bulmaya çalışalım. Katı cismin mi gibi küçük parçacıklardan olduğunu ve O ekseni etrafında sabit ω açısal hızı ile döndüğünü kabul edelim.



m_i . parçacığın teğetsel hızı v_i ise kinetik enerjisi K_i

$$K_i = \frac{1}{2}m_i v_i^2$$

Toplam kinetik enerji K_T

$$K_T = \sum_i K_i = \sum_i \frac{1}{2}m_i v_i^2 = \frac{1}{2} \sum m_i r_i^2 \omega_i^2$$

ω_i her nokta için aynı olduğundan ($\omega_i=\omega$)

$$K_T = \frac{1}{2} (\sum m_i r_i^2) \omega^2$$

yazılabilir. Bu ifade

$$K_T = \frac{1}{2} I \omega^2$$

şeklinde daha önce yazılan kinetik enerji $K=(1/2)mv^2$ formunda yeniden yazılsrsa

$$I \equiv \sum m_i r_i^2$$

ifadesine dönme eylemsizlik momenti denir.

Dönme eylemsizlik momenti I , doğrusal hareketteki m kütlesine özdeştir.

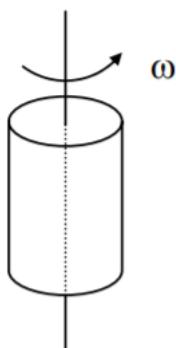
Doğrusal Hareket

$$K = \frac{1}{2}(mv^2)$$

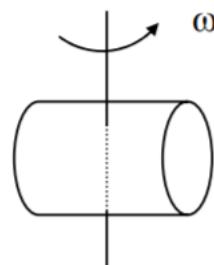
Dönme

$$K = \frac{1}{2}(I\omega^2)$$

I eylemsizlik momenti, cismin hangi eksen etrafında döndürüldüğüne bağlıdır.



$$I = \frac{1}{2}MR^2$$



$$I = MR^2$$

Eylemsizlik (Atalet) momenti hız, ivme veya kuvvet gibi fiziksel bir büyülüklük değildir. Yalnızca hesap kolaylığı sağlar ve cismin geometrisinin bir fonksiyonudur. Dinamikte bir alanın ataleti gibi bir kavram olmadığından atalet momentinin herhangi bir fiziksel anlamı yoktur.

Fakat mekanikte, bir kirişin eğilmesinde, bir milin burulmasında, bir makina veya yapı elemanının herhangi bir kesitindeki gerilmelerin hesaplanmasında atalet momenti kullanılır.

Tork

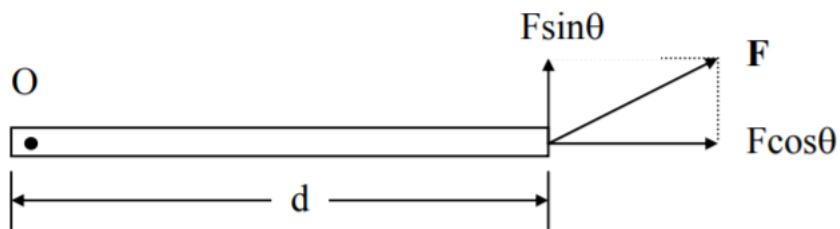
Bir F kuvvetinin bir cismi bir eksen etrafında döndürme etkisi tork (τ) ile ifade edilir. Tork ile Moment aynı kavramlardır; moment ile momentum farklı kavramlardır.

Kuvvet ile kuvvetin uygulandığı nokta ile dönme ekseni arasındaki uzaklık yani kuvvet kolu arasındaki açı dik ise tork

Tork=(kuvvet)x(kuvvetin uygulandığı noktası ile dönme ekseni arasındaki uzaklık, kuvvet kolu)

$$\tau = Fd$$

Eğer uygulanan kuvvet ile kuvvet kolu arasındaki açı 90° den farklı ise:



$F \cos \theta$: dönme hareketine katkıda bulunmaz.

$F \sin \theta$: dönme hareketini sağlar

$$\tau = F \sin \theta \cdot d$$

Torku hesaplarken kuvvetin kuvvet koluna dik bileşeni dikkate alınır.

Tork ve Açısal İvme

Teğetsel kuvvet F_t , ve teğetsel ivme (a_t) arasındaki ilişki, Newton'un 2. yasasından.

$$F_t = m a_t$$

F_t kuvvetinin merkeze göre uyguladığı tork ($\theta=90^\circ$) olduğundan

$$\tau = F_t \cdot r = m a_t r$$

Teğetsel ivme açısal ivmeye $a_t = r \alpha$ eşitliği ile bağlı olduğundan;

$I = mr^2$ idi , burdan

$$\tau = I \alpha$$

elde edilir. Bu eşitlik, Newton'un doğrusal hareket için türettiğimiz $F=ma$ hareket kanununa benzetilebilir.

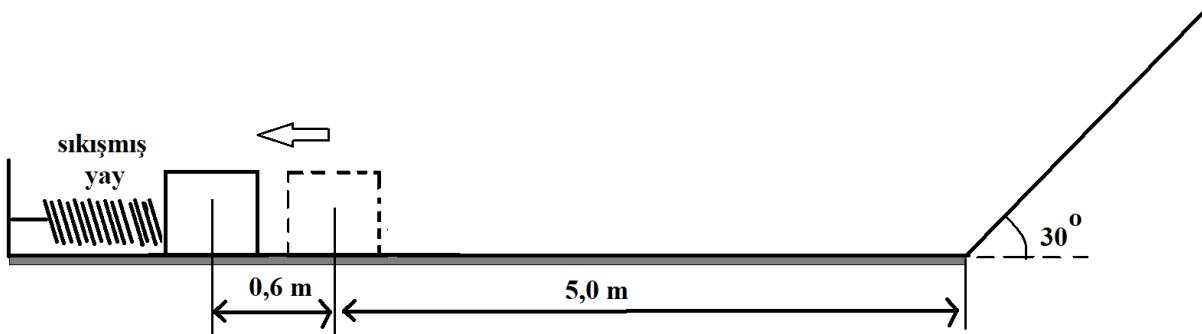
Doğrusal	Dönme
m	I
a	α
F	τ

Özet Tablo

	Öteleme Hareketi	Çembersel hareket
Kinetik Enerji	$E_K = \frac{1}{2}mv^2$	$E_K = \frac{1}{2}Iw^2$
Harekete Karşı Gösterilen Direnç	m	I
İvme	$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$	$\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{w}}{\Delta t}$
İvmede Değişiklik Meydana Getiren Etki	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$\vec{\tau} = I \cdot \vec{\alpha}$
Momentum	$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$	$\vec{L} = I \cdot \vec{w}$

Kısa Sınav Soru ve Cevapları

1800 g kütleyeli bir blok, yatay konumlu ve yay sabiti(k) 1500 N/m bir yay ile 60 cm sıkıştırılıp bırakılıyor. Blok önce sürtünme katsayıısı(μ_k) =0,2 olan 5,6 m'lik yatay bir düzlemi katetmektedir . Daha sonra sürtünmesiz 30° eğimli bir yüzeyde ne kadar yüksekliğe çıkabilir.($g= 9,81 \text{ m/s}^2$)



$$W + KE_o + PE_o = PE_o + KE_{yol} + F_{\text{Sürtünme}}$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = mgh + mg\mu D$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = mgDsina + mg\mu d$$

$$\frac{1}{2}kx^2 - mg\mu d = mgDsina$$

$$(\frac{1}{2}kx^2 - mg\mu d)/mgsina = D \rightarrow$$

$$\frac{\frac{1}{2}1500(0,6)^2 - 1,8 \cdot 9,81 \cdot 0,2 \cdot 5,6}{1,8 \cdot 9,81 \cdot 0,5} = \frac{270 - 19,78}{8,83} = 28,34 \text{ m}$$

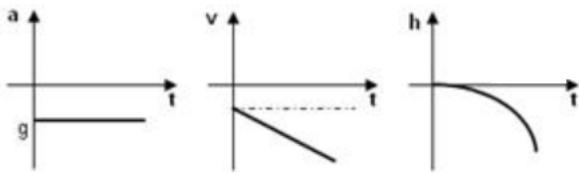
$$\frac{h}{D} = \frac{h}{28,34} = \frac{h}{28,34} \rightarrow h = 14,17$$

Bir cisim üç ardışık yer değiştirme yapıyor. Bunlar sırasıyla, $A_1 = 8i - 9j + 2k \text{ cm}$, $A_2 = 2i - 8j + k \text{ cm}$ ve $A_3 = -3i - 5j \text{ cm}$ olduğuna göre, bileşke vektörünün büyüklüğünü bulunuz.

$$\begin{aligned} R &= d_1 + d_2 + d_3 = (8+2-3)i + (-9-8)j + (2+1)k \\ &= 7i - 17j + 3k \end{aligned}$$

$$R_x = 7, \quad R_y = -17, \quad R_z = 3$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{49 + 289 + 9} = \sqrt{347} = 18,63$$



$a-t$ $v-t$ ve $h-t$ grafikleri verilen hareket türü nedir?

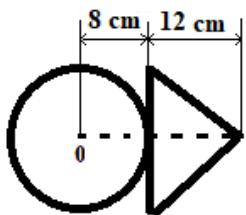
Yukarıdan aşağı düşey atış

Aşağıdan yukarıya düşey atış

Yatay atış

Eğik atış

Serbest düşme



Aynı kalınlıkta ve aynı metalden yapılmış dairesel ve üçgen levha şeklindeki gibi yapıştırılmıştır. Sistemi ağırlık merkezi 0 noktasından kaç cm uzaktadır. ($\Pi=3,14$)

$$W_{\text{daire}} = \Pi r^2 = 200,96 \text{ birim}$$

$$W_{\text{üçgen}} = 2r.h/2 = 96 \text{ birim}$$

$$200,96 x = 96(12-x) \rightarrow 200,9 x = 1152 - 96x \rightarrow x = 10,96 \text{ cm} \quad 9,35 \\ 12,67 \quad 14,80 \quad 7,62 \quad 15,96$$

hangileri türetilmiş niceliktir

I)Alan II)zaman IV) kuvvet V) ivme VI) kütle VIII) enerji IX)iş uzunluk

I-III-IV-V-VII-VIII-IX

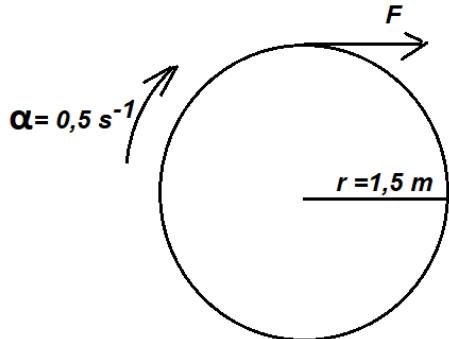
I- II-IV-V-VII-VIII-IX

I--IV-V-VI-VII-VIII-IX

I- II-III--VI-VII-VIII-IX

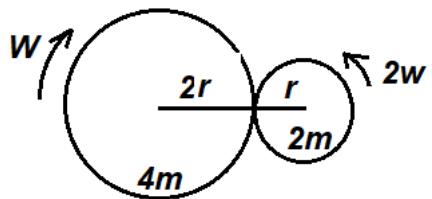
II-III-IV-V-VII-VIII-IX

Örnek: 1 kg kütleli bir disk $\alpha = 0,5 \text{ s}^{-1}$ açısal ivme ile dönüyor. Tork nedir? ($I = 3/2 (mr^2)$)



$$\tau = \alpha I = 0,5 \cdot (3/2(mr^2)) = 0,5(3/2(1 \cdot (1,5)^2) = 1,69 \text{ Nm}$$

Örnek: İki dışlinin açısal momentum oranları nedir? ($I = 1/2(mr^2)$)



$$L_A/L_B = ?$$

$$L = I \cdot w \text{ den}$$

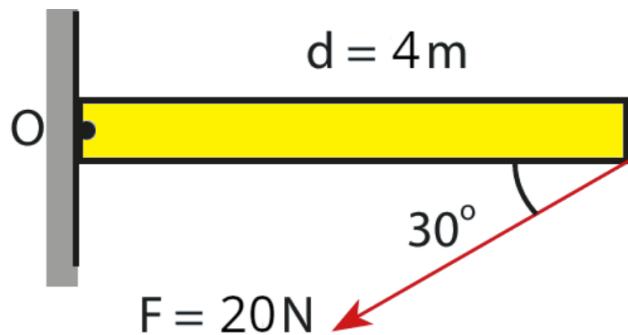
$$L_A = \frac{1}{2}(4m \cdot 4r^2) w$$

$$L_B = \frac{1}{2}(2m \cdot r^2) 2w$$

$$L_A = \frac{1}{2}(4m \cdot 4r^2) w$$

$$L_B = \frac{1}{2}(2m \cdot r^2) 2w \rightarrow L_A/L_B = 8$$

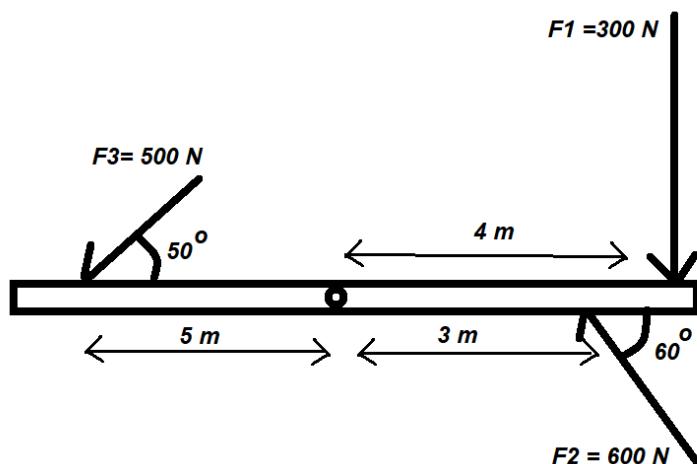
Örnek: 4 m uzunluğundaki çubuk O noktası etrafında rahatça hareket edebilmektedir. Bu çubuğun ucuna şekildeki gibi uygulanan 20 N büyüklüğündeki F kuvvetinin uyguladığı torkun yönü ne tarafa doğrudur ve büyüklüğü kaç N.m'dir?



Sağ el kuralını kullanarak torkun yönünü bulabiliriz. Çubuk saat yönünde dönüyor öyleyse torkun yönü sayfa düzleminde içeri doğru.

$$\tau = dF \sin \theta = (4\text{m})(20\text{N}) \sin 30^\circ = 40\text{Nm}$$

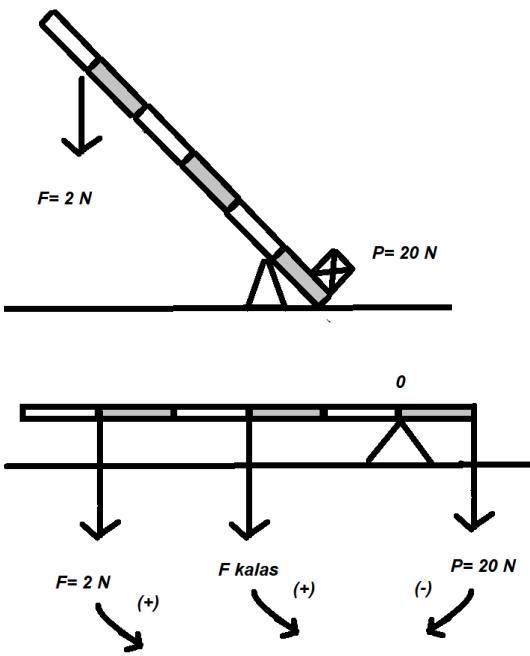
Örnek: Sistemin τ_{net} ve yönü nedir?



$$\tau_{net} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = F_1 r_1 + F_2 r_2 + F_3 r_3 = -300(4) + 600 \sin 60^\circ(3) + 500 \sin 50^\circ(5) = -1200 + 1558,8 + 1915,1 = 2274 \text{ Nm.}$$

Yön (+)

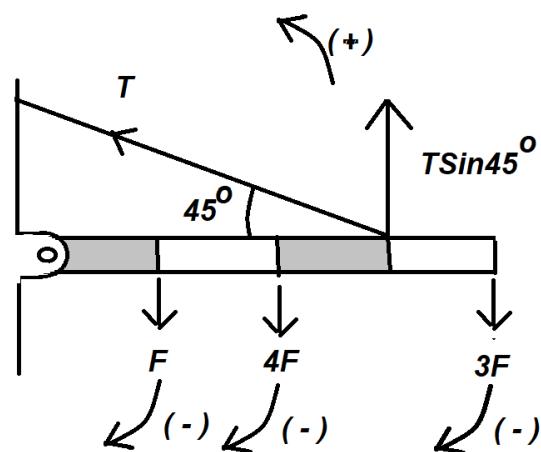
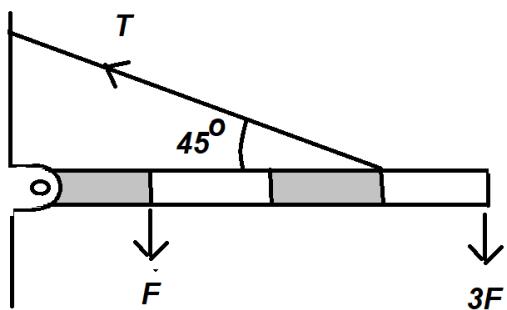
Örnek: Şekildeki yük 2 N luk kuvvetle kaldırılabilir. Kalas kaç kg kütledir ağırlığı?(kalas eşit bölmeli ve homoendir)



$$\Sigma \tau = 0 \rightarrow 2.4 + F_{\text{kalas}} \cdot 2 = 20.1 \rightarrow F_{\text{kalas}} = 6 \text{ N}$$

$$F = m(\text{kg}) \cdot g(\text{m/s}^2) \rightarrow 9\text{N} = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 0,92 \text{ kg.}$$

Örnek: Ağırlığı $4F$ olan homojen bir çubuğa ayrıca şekildeki gibi iki kuvvet etkimiştir. Sistem ip gerilmesiyle dengede olduğuna göre, T gerilmesi nedir?

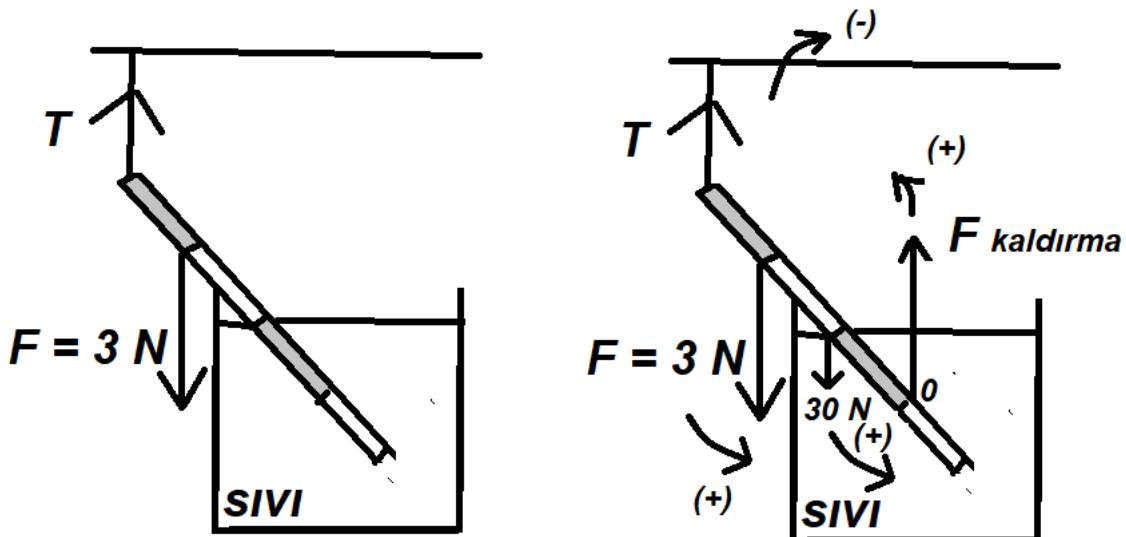


Sistem dengede olduğu için

$$\Sigma \tau = 0 \rightarrow 3 T \sin 45^\circ = -F - 3F.(3) - 4F.(2) \rightarrow 0,707T = -18F$$

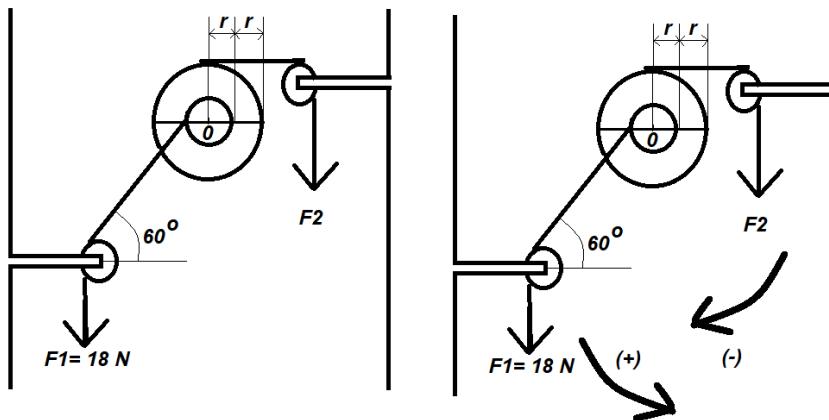
$$T = 18F / 0,707$$

Örnek: Ağırlığı 30 N olan homojen bir çubuğa ayrıca şekildeki gibi 3 N luk kuvvet etkimiştir. Sistem ip gerilmesiyle dengede olduğuna göre, T gerilmesi nedir?



$$\Sigma \tau = 0 \rightarrow T.(3) = 6.(2) + 60.(1) \rightarrow 3T = 72 \rightarrow T = 72/3 \text{ N}$$

Örnek: Şekildeki düzenek dengededir. F₂ kuvveti nedir? (sürtünme ve ağırlıklar ihmal)

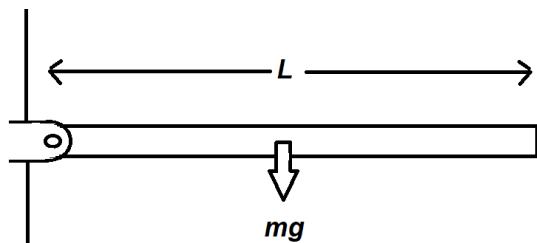


$$\sum \tau = 0 \rightarrow F_1 \cdot r = F_2 \cdot 2r \rightarrow 18 \cdot \sin 30^\circ \cdot r = F_2 \cdot 2r \rightarrow 9r = F_2 r$$

$$F_2 = 9 \text{ N}$$

Örnek: Uzunluğu L , kütlesi M olan düzgün bir cubuk, şelildeki gibi bir ucu etrafında sürtünmesiz dönebilecek durumdadır. Cubuk yatay durumda iken serbest bırakılıyor. Cubuğun ilk açısal ivmesi ve sağ ucunun ilk çizgisel ivmesi nedir?

(Sürtünmeler ihmal ve $I = 1/3(M/L^2)$)



$$\tau = F \cdot d$$

$$\tau = Mg(L/2)$$

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{Mg(\frac{L}{2})}{\frac{1}{3}ML^2} = \frac{3g}{2L}$$

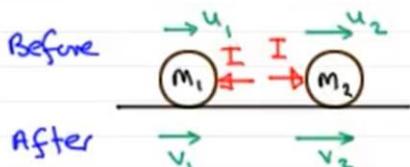
$$a_t = L\alpha = \frac{3}{2}g$$

$$\text{momentum} = \text{mass} \times \text{velocity}$$

$$\begin{array}{l} \text{3 ms}^{-1} \\ \overrightarrow{\text{green arrow}} \\ \text{5 kg} \end{array}$$

momentum = 5×3
 $= 15 \text{ kg ms}^{-1}$

$$\text{Impulse} = \text{change in momentum}$$
$$= mv - mu$$



$$\text{For } M_1: \leftarrow \quad I = M_1(-v_i) - M_1(-u_i) \\ = -M_1 v_i + M_1 u_i \quad \textcircled{D}$$

$$\text{For } M_2: \rightarrow^+ I = m_2 v_2 - m_2 u_2 \quad (2)$$

$$\textcircled{1} = \textcircled{2} - m_1 v_1 + m_1 u_1 = m_2 v_2 - m_2 u_2$$

$$\therefore m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\text{total momentum before impact} = \text{total momentum after impact}$$

Before

2 kg	5 kg
6 ms^{-1}	3 ms^{-1}

After

1 ms^{-1}	$v \text{ ms}^{-1}$
---------------------	---------------------

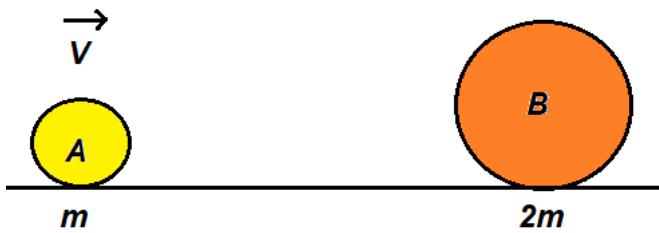
Before

3 kg	4 kg
5 ms^{-1}	2 ms^{-1}

After

$-v \text{ ms}^{-1}$	1 ms^{-1}
----------------------	---------------------

Örnek: Sürtünmesiz bir düzlemde duran B cismine, A cismi v hızıyla esnek olarak çarpıyor. Çarpışma sonucu, B cisminin hızı kaç v olur ?



$$P_{ilk} = P_{son}$$

$$mv + 2m \cdot 0 = mv_1 + 2mv_2$$

$$v = v_1 + 2v_2 \quad (1)$$

H1z korunacak

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + m\mathbf{v}_2$$

$$\mathbf{v} + \mathbf{v}_1 = \mathbf{0} + \mathbf{v}_2$$

$$v = -v_1 + v_2 \quad (2)$$

(1) ve (2) den

$$v_2 = 2v/3$$

Örnek: İçi dolu bir kürenin yarıçapı 0.2 m ve kütlesi 150 kg dır. Bu küreyi yatay bir düzlem üzerinde 50 rad/s lik açısal hızla yuvarlayabilmek için ne kadar iş yapmak gereklidir? (Kürenin durgun halden harekete başladığını ve kaymadan yuvarlandığını kabul)

Kürenin enerjisindeki değişim üzerine yapılan işi gösterir:
 $W = \Delta K = K_{\text{sonra}} - K_{\text{önce}} = (K_{\text{öteleme}} + K_{\text{dönme}})_{\text{sonra}} - (K_{\text{öteleme}} + K_{\text{dönme}})_{\text{önce}}$

Kürenin eylemsizlik momenti $I = (2/5)mr^2 = (2/5) \times (150 \text{ kg}) \times (0.2 \text{ m})^2 = 2.4 \text{ kg m}^2$

Kürenin dönmesinden dolayı oluşan kinetik enerjisi
 $K_{\text{dönme}} = (1/2)Iw^2 = (0.5) \times (2.4 \text{ kg m}^2) \times (50 \text{ rad/s})^2 = 3000 \text{ Joule}$

Örnek: 10 kg küteli bir silindir, pürüzlü bir yüzey üzerinde kaymadan yuvarlanmaktadır. Silindirin kütle merkezi 10 m/s lik hızda ulaştığında,

- a) kütle merkezinin öteleme kinetik enerjisini,
- b) kütle merkezine göre dönme kinetik enerjisini,
- c) toplam kinetik enerjiyi nedir?

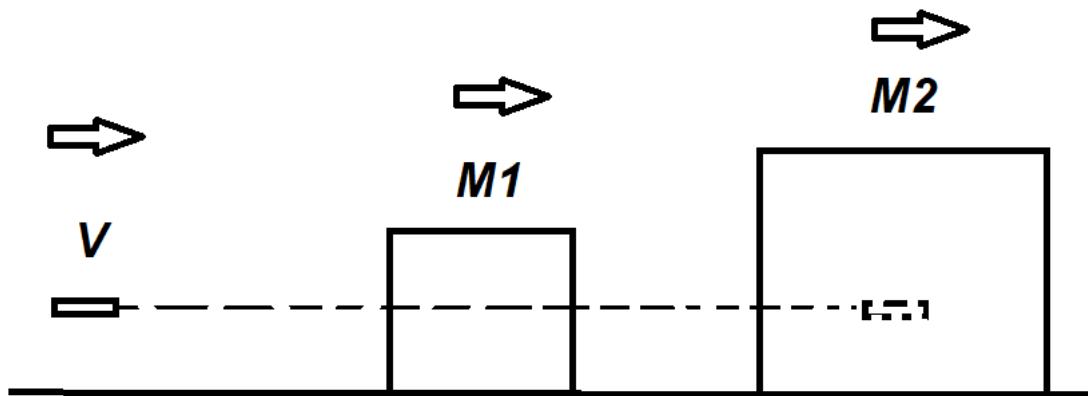
$$K_{\text{öteleme}} = (1/2)mv^2 = (1/2) \times 10 \times (10 \text{ m/s})^2 = 500 \text{ Joule}$$

$$K_{\text{dönme}} = (1/2)Iw^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} mr^2(v/r)^2 \right) = (1/2)(1/2)(10 \text{ kg})(10 \text{ m/s})^2 = 250 \text{ Joule}$$

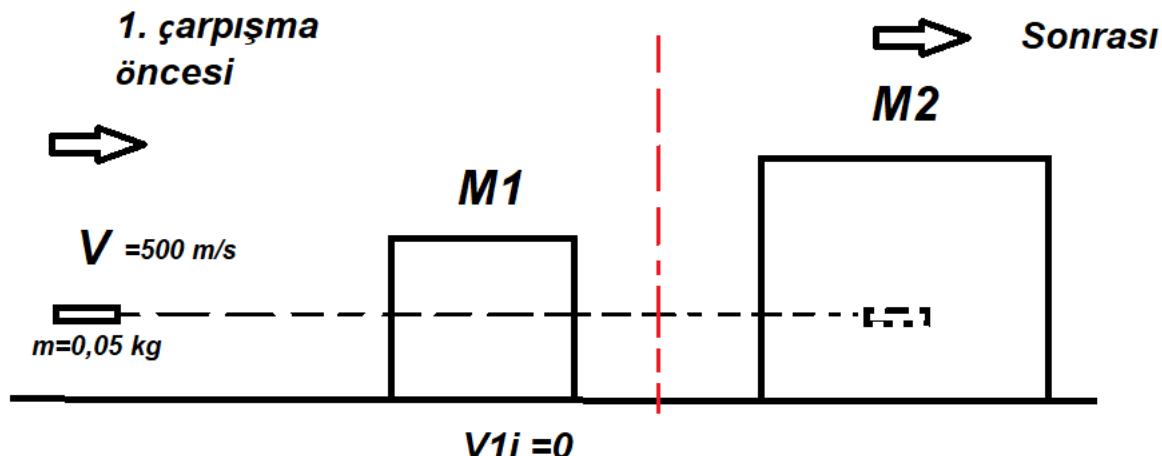
$$K_{\text{toplam}} = K_{\text{öteleme}} + K_{\text{dönme}} = 500 + 250 \text{ Joule} = 750 \text{ Joule}$$

Örnek: Sürtünmesiz yatay düzlemede $M_1 = 6 \text{ kg}$ ve $M_2 = 1 \text{ kg}$ küteli bloklar hareketsiz durmaktadır. $V = 500 \text{ m/s}$ hızla ateşlenen $m = 50 \text{ gr}$ lik bir mermi M_1 bloğunu delerek M_2

bloğuna saplanıyor. Çarpışma sonucu M_1 bloğunun hızı 3 m/s olarak bulunuyor. M_2 bloğunun hızı nedir?



İlk çarpışmada momentumun korunumu ilkesine göre:



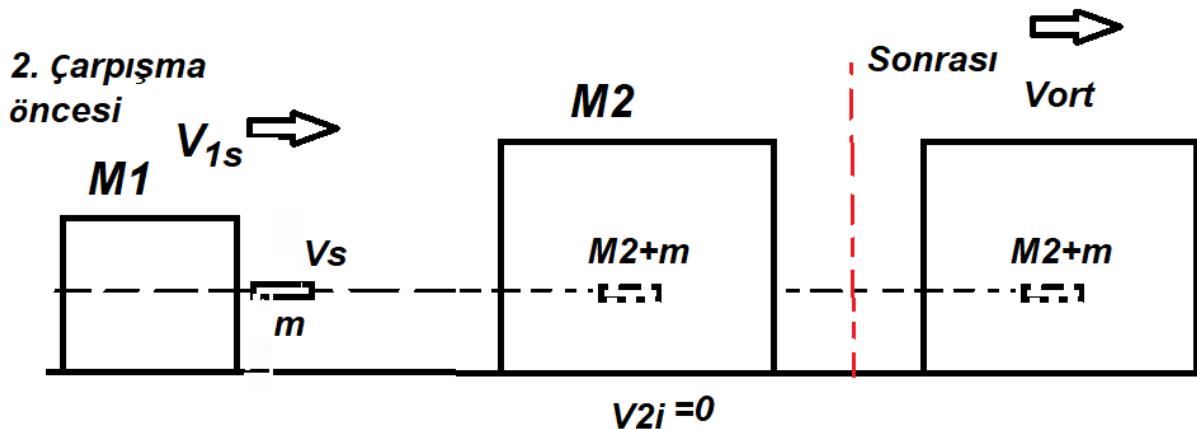
$$P_i = P_s$$

$$m v + M_1 V_{1i} = m v_s + M_1 V_{1i}$$

$$(0,05)(500) + 6(0) = (0,05) V_s + 6(3)$$

$$V_s = 140 \text{ m/s}$$

İkinci çarpışmada mermi ile M_2 kütlesi birlikte hareket edecek



$$P_i = P_s$$

$$m v_s + M_2 V_{2i} = (m+M_1)V_{\text{ortak}}$$

$$(0,05)(140) + 1(0) = (1,05) V_{\text{ortak}}$$

$$V_{\text{ortak}} = 6,67 \text{ m/s}$$