Yrd. Doç. Dr. Semih Sezer

Makina Dinamiği

sezer@yildiz.edu.tr

Makina Dinamiği

Dersin İçeriği :
Makinaların dinamiğinde temel kavramlar, Kinematik ve dinamik problemlerin tanımı, Mekanik sistemlerin matematik modeli, Makinalarda kuvvet analizi, Dengeleme, Tek serbestlik dereceli sistemlerin sönümsüz, sönümlü ve zorlanmış titreşimleri

Dersin Amacı : Makinaları dinamik açıdan incelemek için gerekli bilgileri öğretmek,

Dersin Kazandıracağı Bilgi ve Beceriler: Makina dinamiği problemlerini tanıma, analiz ve çözüm yapabilme becerisi

Makina Dinamiği

- Rao Singiresun S.,Mechanical Vibrations , Prentice Hall,**ISBN:** 0130489875
- Fuat Pasin, Makina Dinamiği, Seç Kitap Dağıtım.
- Fuat Pasin, Mekanik Sistemler Dinamiği, İTÜ.
- *Kinematics, Dynamics and Design of Machinery* K.J. Waldron and G.L. Kinzel,John Wiley & Sons **2004.**

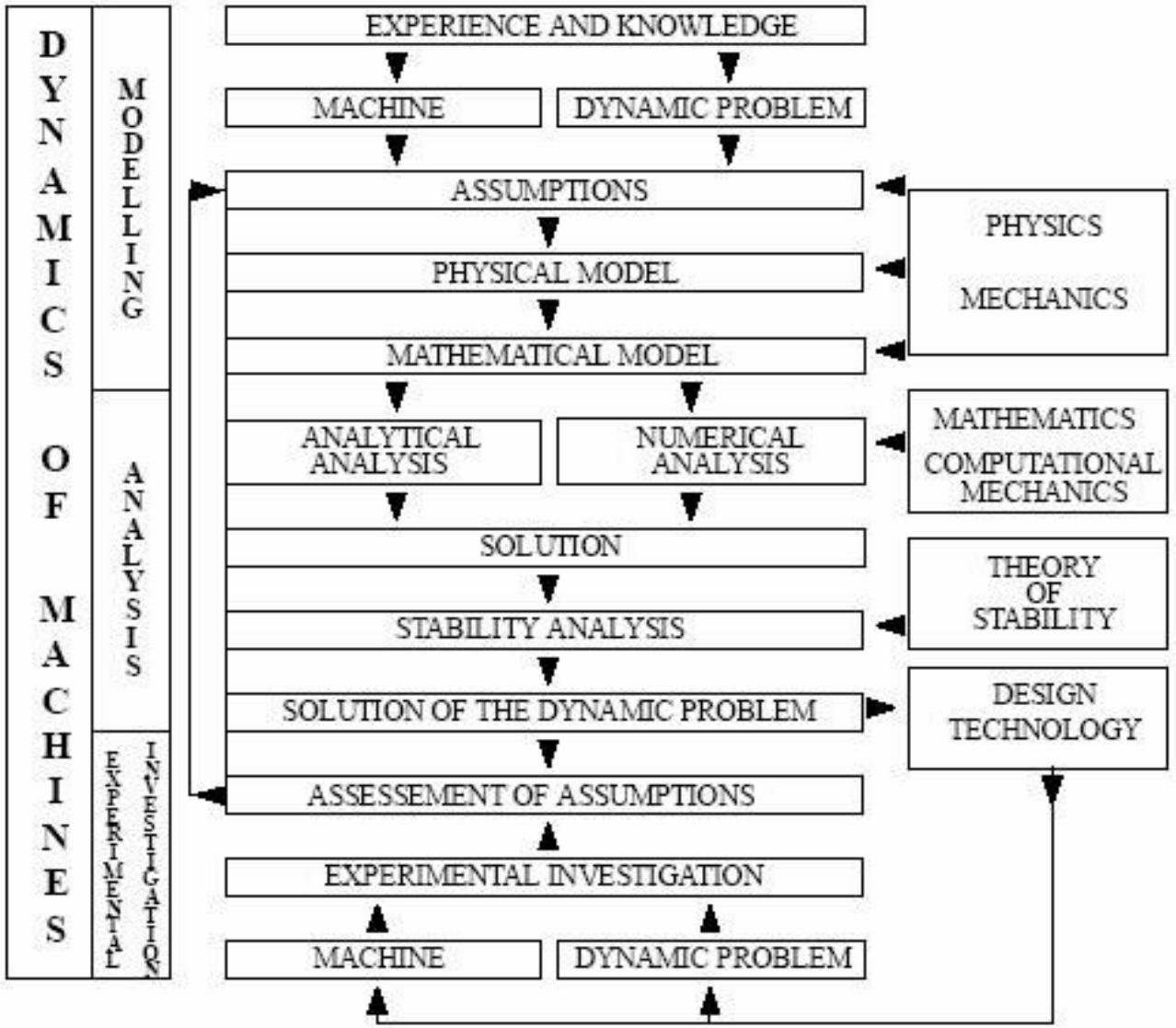
BÖLÜM 1

GİRİŞ

Makina Dinamiği

Verilen kuvvetler etkisi altında makina uzuvlarının hareketlerinin incelenmesi veya hareketin önceden belirlenen bir tarzda gerçekleşmesi için gerekli şartların bulunmasıdır.

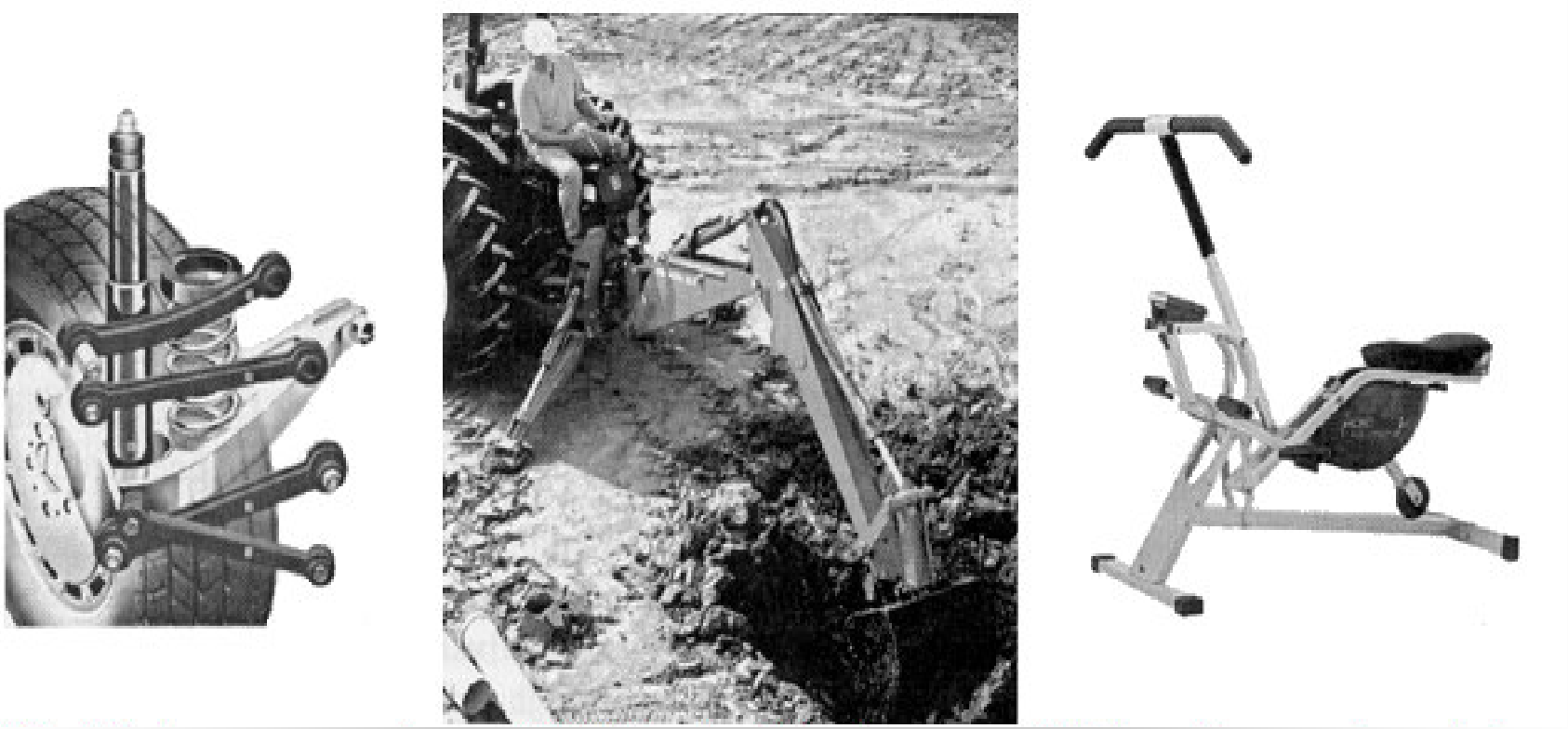
Makina Dinamiği



Makine: Kendi mekanik kuvvetleri vasıtasıyla tahrik edilebilecek ve belirli hareketlerle belirli tesirleri ortaya koyması tarzında düzenlenmiş mukavim cisimler topluluğudur.

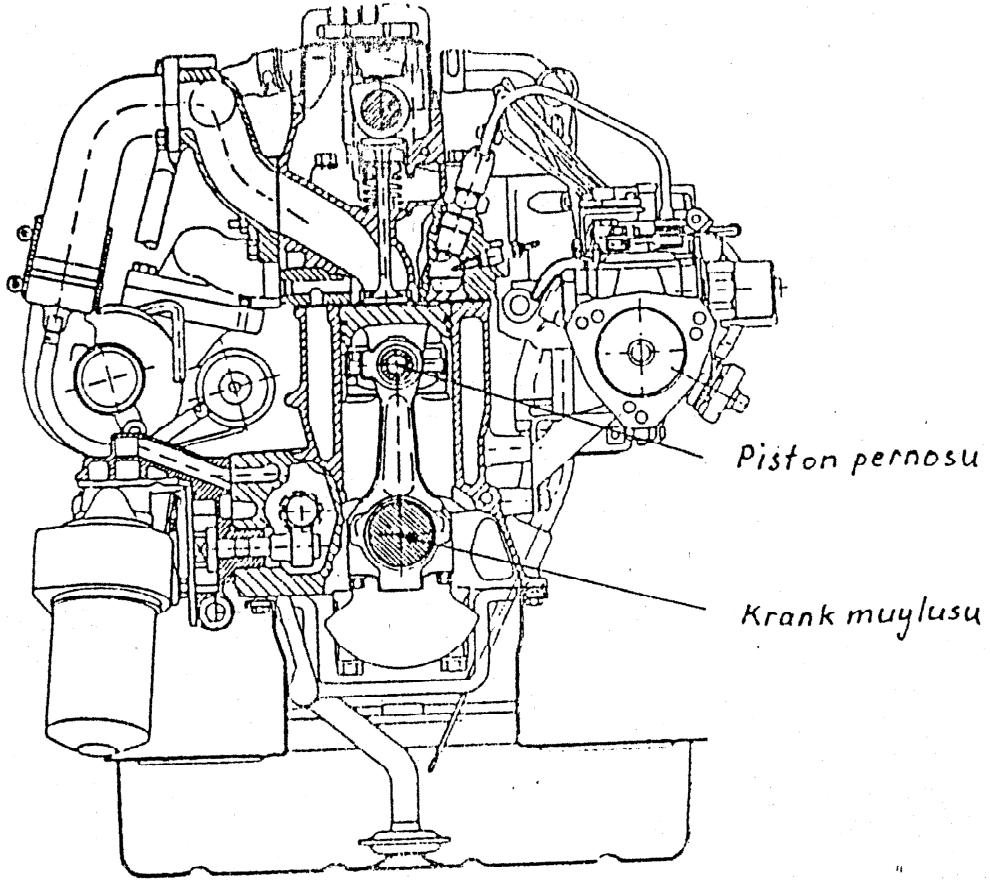
Mekanizma: hareket ve kuvvet iletmek veya dönüştürmek veya mukavim cisme ait bir noktanın belirli bir yörünge üzerinde hareket etmesini sağlamak amacıyla birbirlerine mafsallanmış uzuvlardan oluşan mekanik düzenlerdir. En az bir uzvu mekanik olarak tahrik edilebilen bir mekanizma ise makinadır

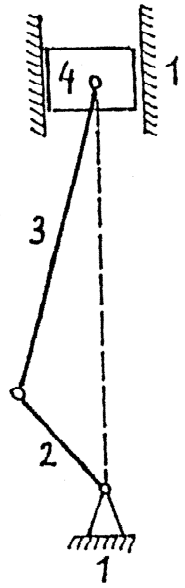
Kapalı Kinematik Zincir
Bir uzvun tespit edilmesi
Mekanizma
F tane uzvun tahriki
Yönlendirilmiş Mekanizma
Belli bir iş için kullanılması
Makina



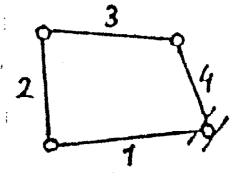
Şekil 1. Genel amaçlı kullanılan mekanizmalara örnekler

Makina Dinamiği





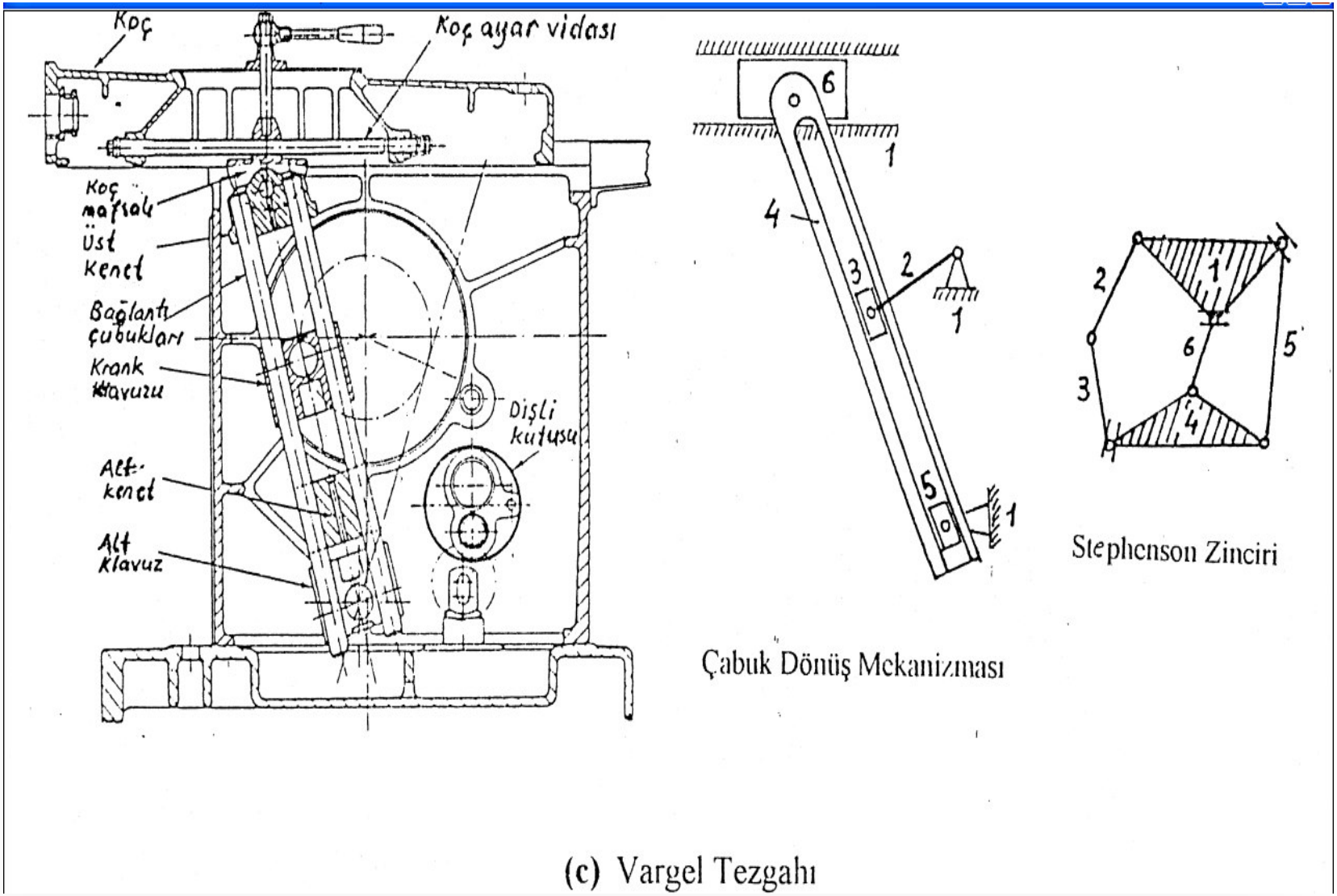
Krank-Biyel Mekanizması



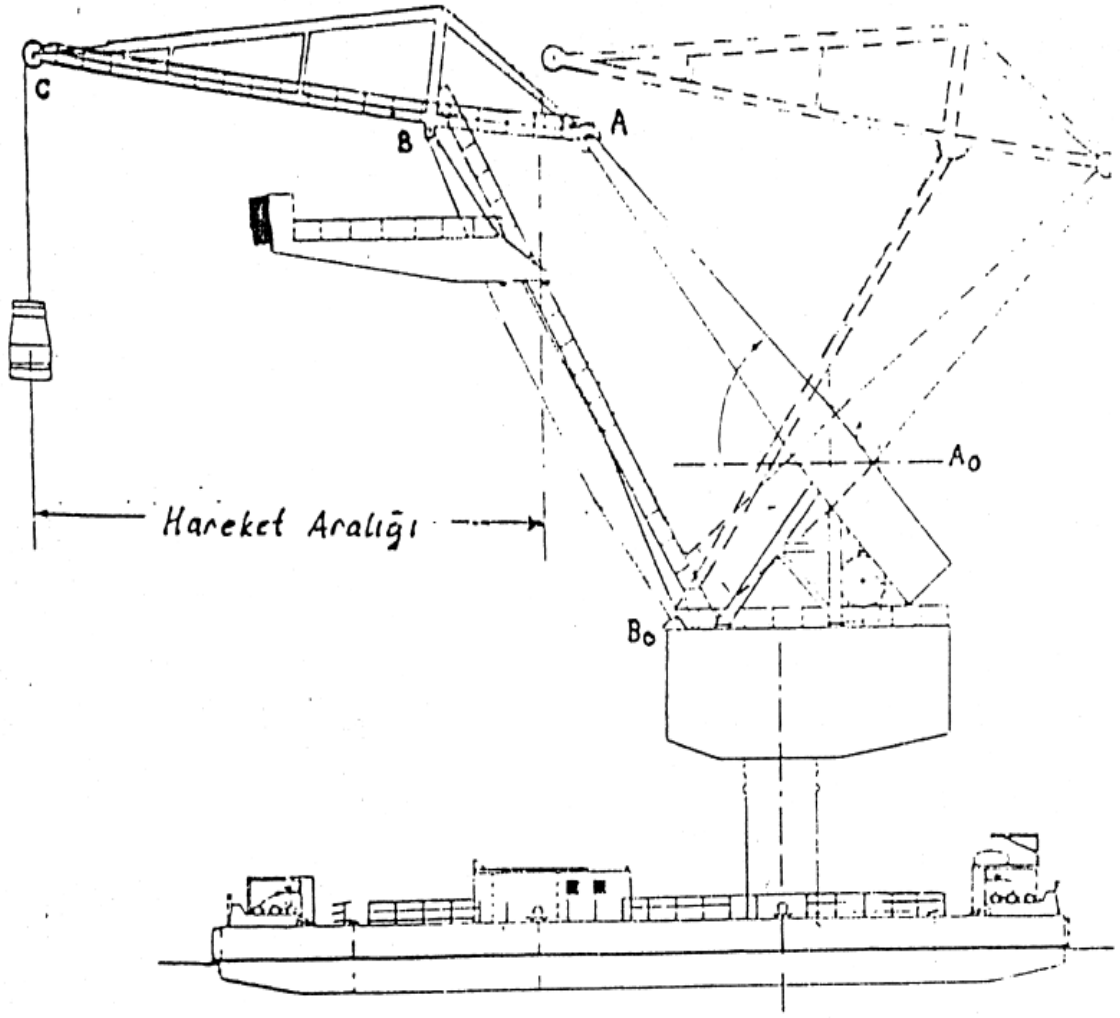
4 Uzuvlu KZ

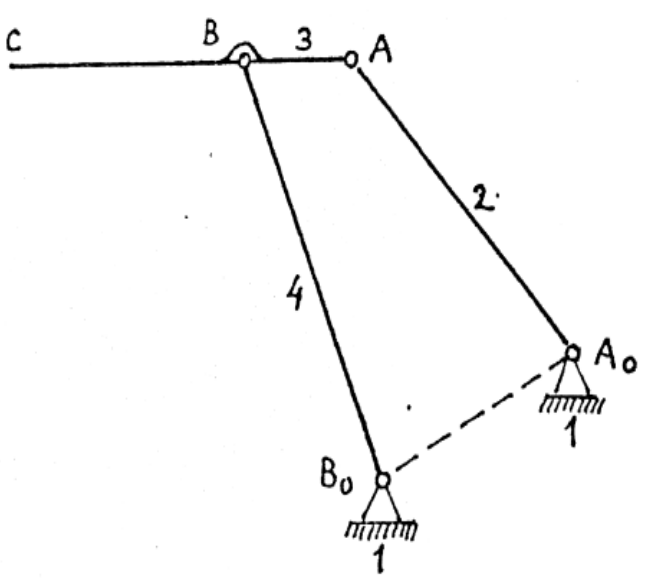
(a) İçten Yanmalı Motor

Şekil 1.1 Bazı Makinalar ve Yapılarındaki Ana Mekanizmalar

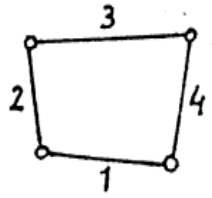

Koç
Koç ayar vidası
Koç mafsalı
Üst kenet
Bağlantı çubukları
Krank
Klavuzu
Dişli kutusu
Alt kenet
Alt Klavuz
6
1
4
3
2
1
5
1
2
1
6
5
3
4
Stephenson Zinciri
Çabuk Dönüş Mekanizması
(c) Vargel Tezgahı

Makina Dinamiği





Üç-Çubuk Mekanizması



4 Uzuvlu KZ

Makina Dinamiği

Makinaların ve mekanizmaların büyük çoğunluğunda aktif kuvvetlerden ve atalet kuvvetlerinden dolayı uzuvlarda doğan ve makinanın ana hareketine eklenen şekil değişimleri çok küçüktür.

Şekil değişimleri küçük sınırlar içinde kalan katı cisimler için rijit kabulü yapılır.

Bu şekil değişimleri zaman içinde genel olarak titreşim olarak ortaya çıkar

Makina Dinamiği

Mekanik, hareket olaylarını inceleyen bilim dalıdır.

Statik ve **Dinamik** olarak ele alınmaktadır.

Mekanizmalarda dinamik durum Makine Mühendisliği'nin temel konuları arasındadır.
Dinamik konuları, **kinetik** ve **kinematik** olarak incelenmektedir.
Kinetik, cismin kütlesi göz önüne alınarak cisme tesir eden kuvvetler , momentler ve meydana gelen hareket hareket arasındaki bağıntıları inceler.

Kinematik, kinematiği kuran ve ona bu adı veren Amper'e göre, hareketi doğuran sebepleri, kuvvetleri veya momentleri, kütleleri gözönüne almaksızın yalnız hareketin incelenmesidir. Hareket eden maddesel noktaların veya katı cisimlerin geometrik özelliklerinin değişme tarzını inceleyen bilim dalıdır.

Makina Dinamiği

Kinematikde belirlenmesi gerekenler, her an noktanın veya katı cismin yeri(yörüngesi) hız ve ivmesidir.

Mekanizma, bir fonksiyonu yerine getiren eleman çiftlerinin meydana getirdiği katı cisimler zinciridir.

Makine, en az bir mekanizmadan oluşan katı cisimler zinciridir.

Mekanizmaların kinematik analizlerinde, çoğunlukla uzuvların (elemanların) hareketleri bazı bilgilerle verildikten sonra her an geometrik yer üzerinde hızların ve ivmelerin bulunması istenmektedir.

Dinamik Analiz

Makina uzuvlarının kütle dağılımı, bir andaki konum ve hız durumu önceden verilmiştir. Bilinen aktif kuvvetleri doğuracağı ivme durumu aranmaktadır.

Dinamik Sentez

Konum, hız durumu, kütle dağılımı ve aktif kuvvetlerden başka bir de mekanizma için belirli bir ivme durumu önceden verilmiştir. Verilen ön şartlara uygun mekanizmaların yapımı işini üstlenmiştir.

Makina Dinamiği

1) Mekanizmaların harekete başlaması (Makinanın kalkışı) ve duruşu ile ilgili isteklere göre tamamen belirli dinamik etkilerin elde edilmesi.(Herhangi bir mafsaldaki Kuvvet kapalılığı)

2) Uygun tedbirlerle, bir volan veya daha başka enerji depolayıcı elemanlar vasıtasıyla makinanın içindeki enerji akımına öyle tesir edilmelidir ki, tahrik ve çevrimlerde görülen hız değişimleri mümkün mertebe azalsın. Buna Güç Dengelenmesi denmektedir.

3)Makinanın (mekanizmaların) hareketli uzuvlarının yerleşim değeri öyle olmalıdır ki, makinanın çalışması esnasında temele veya makina gövdesine iletilen kuvvetlerin ve momentlerin zararlı etkileri azaltılabilsin. Buna Kütle Dengelenmesi (balans) denilmektedir.

Kinetostatik: Bir makinanın mafsal kuvvetlerinin ve hareketli uzuvlarının herhangi bir kesitindeki iç gerilmelerin belirlenmesi problemi ile uğraşır. Bu da mukavemet hesapları açısından önem taşımaktadır.

Mekanizma denilince akla katı oldukları varsayılan uzuvlar, uzuvları birbirlerine göre izafi hareket yapabilecek ve devamlı temasta kalacak tarzda bağlayan mafsallar ve diğer organlar akla gelir. Herhangi bir mekanizmada birisi sabit uzuv olmak üzere en az üç uzuv bulunur.

MAFSALLAR

Mekanizma uzuvlarının hareketli bağlantı yerlerine genel olarak mafsal adı verilir.Birbirlerine bağlı parçaların yalnızca izafi hareket yapmalarını sağlamaktır.

Kinematik Zincir

Eleman çiftleri vasıtasıyla karşılıklı hareket imkanları sınırlandırılmış katı cisimlerden ibaret uzuvların hareketli topluluğuna kinematik zincir denir..

Makina: Tek başına belli bir işi gören mekanizma veya mekanizmalar gurubuna denir

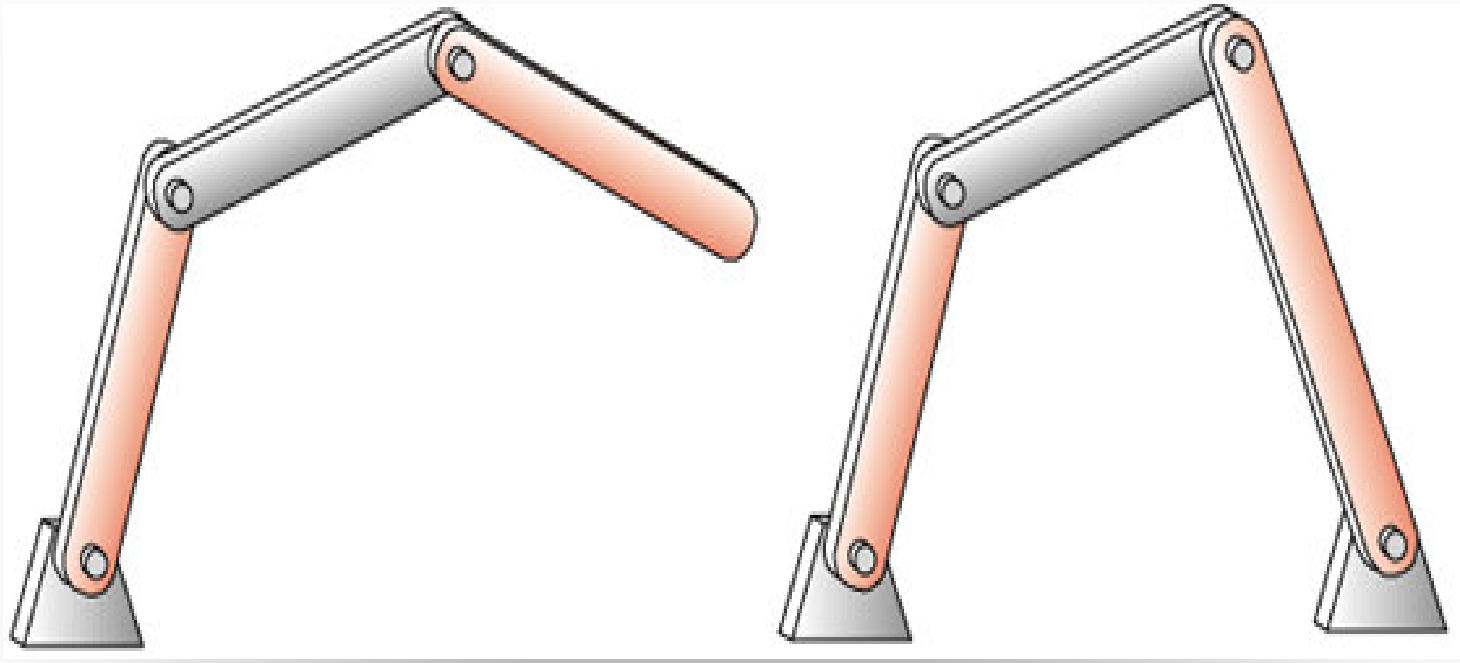
Serbestlik Derecesi

Herhangi bir cismin hareketi dönme ve öteleme elemanter hareketlerinin birleşimi tarzındadır. Üç boyutlu uzayda bir cismin yapabileceği elemanter hareketlerinin sayısı o cismin serbestlik derecesi olarak tanımlanır.

Kinematik Zincirin Serbestlik Derecesi:

Uzuvlardan birine göre diğer uzuvlarının konumlarının tamamen belirli bir şekilde elde edilebilmesi için verilmesi gereken birbirinden bağımsız parametre sayısıdır.

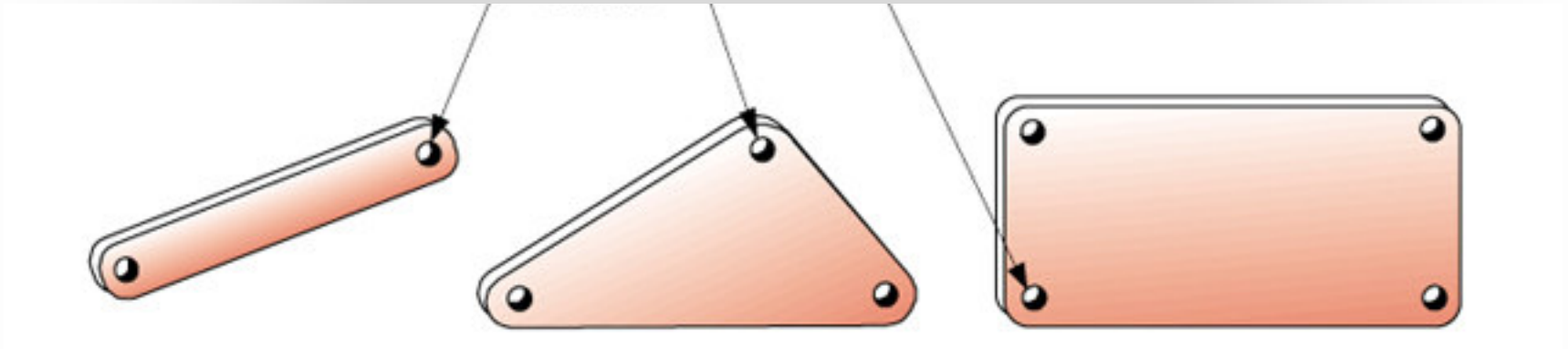
$$F = 3(n-1) - 2(e_1 + e_2)$$



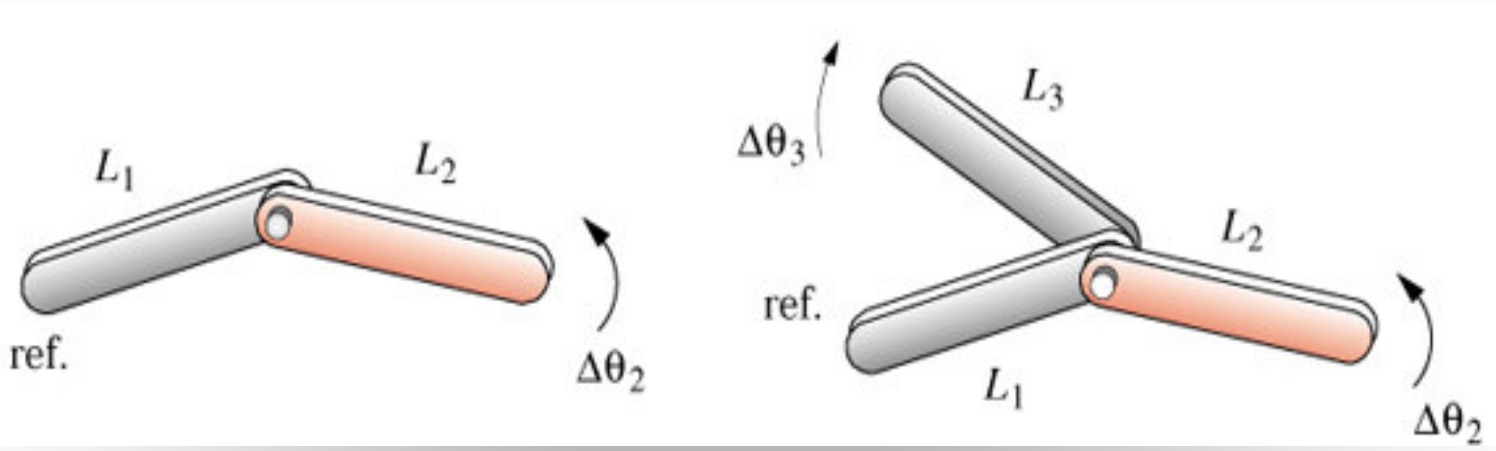
a) Açık zincir b) Kapalı zincir

Mekanizma Zincirleri

Mafsal noktaları (Düğüm noktaları)

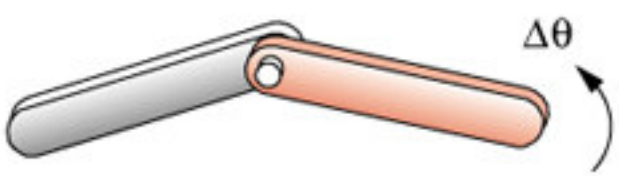


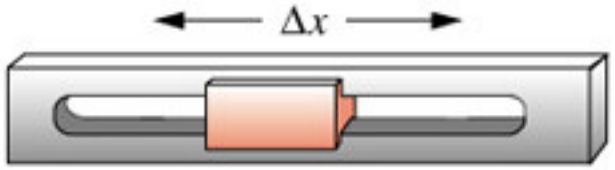
Değişik mertebeden uzuvlar



Birinci Mertebeden
Döner Mafsallı

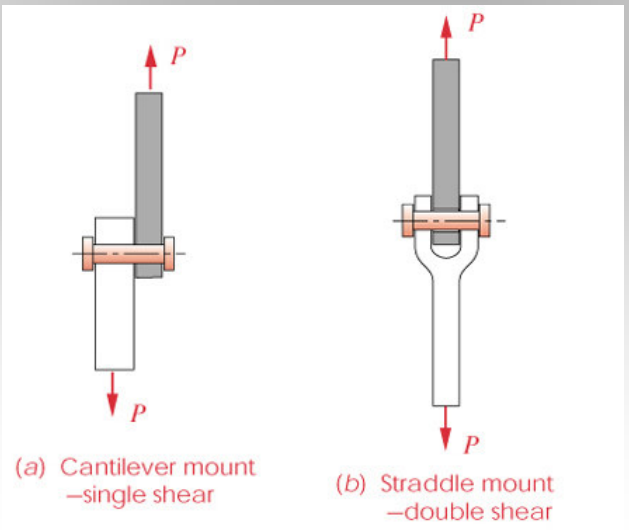
Çok Katlı Mafsal
İkinci mertebeden

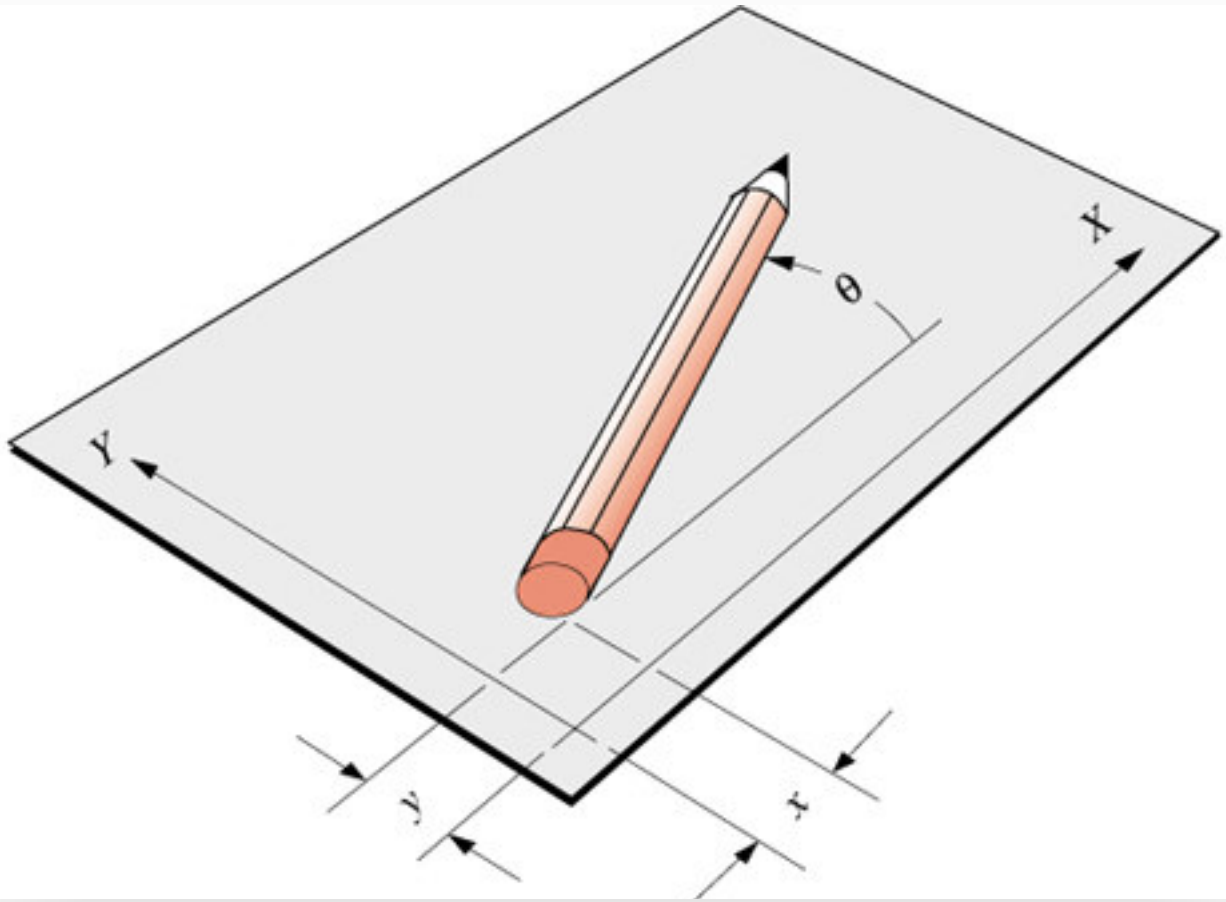




Basit döner mafsal(R)
Kapalı Şekil

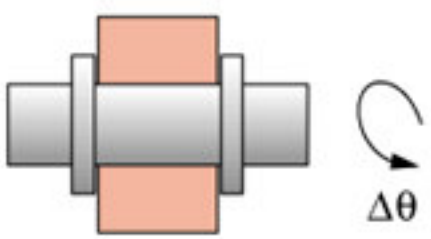
Kızak(P)
Kapalı Şekil



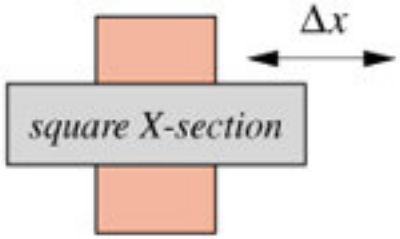


Şekil 2 Rijit gövdeli bir cisim düzlemde üç serbestlik derecesine sahiptir

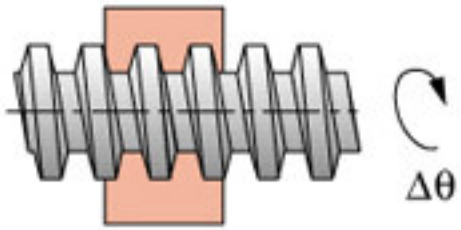
1 DOF



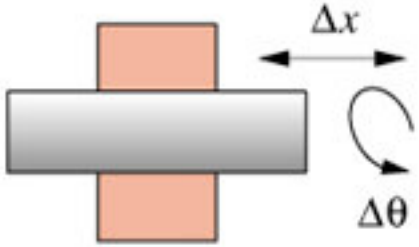
Döner Mafsal



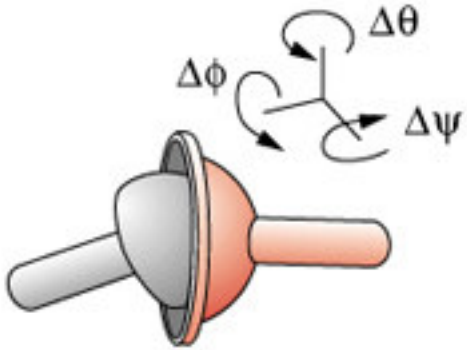
Prizmatik Bağlantı
(Kayar Mafsal)



Helisel Bağlantı
(Vida Mafsalı)

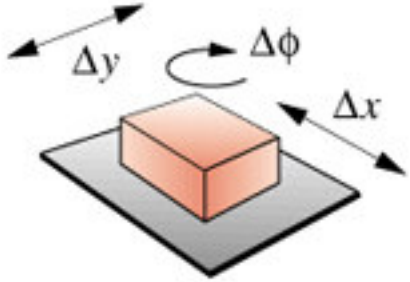


Silindirik Bağlantı
Kayar Yuvarlanmalı
2 DOF



Küresel Mafsal

3 DOF

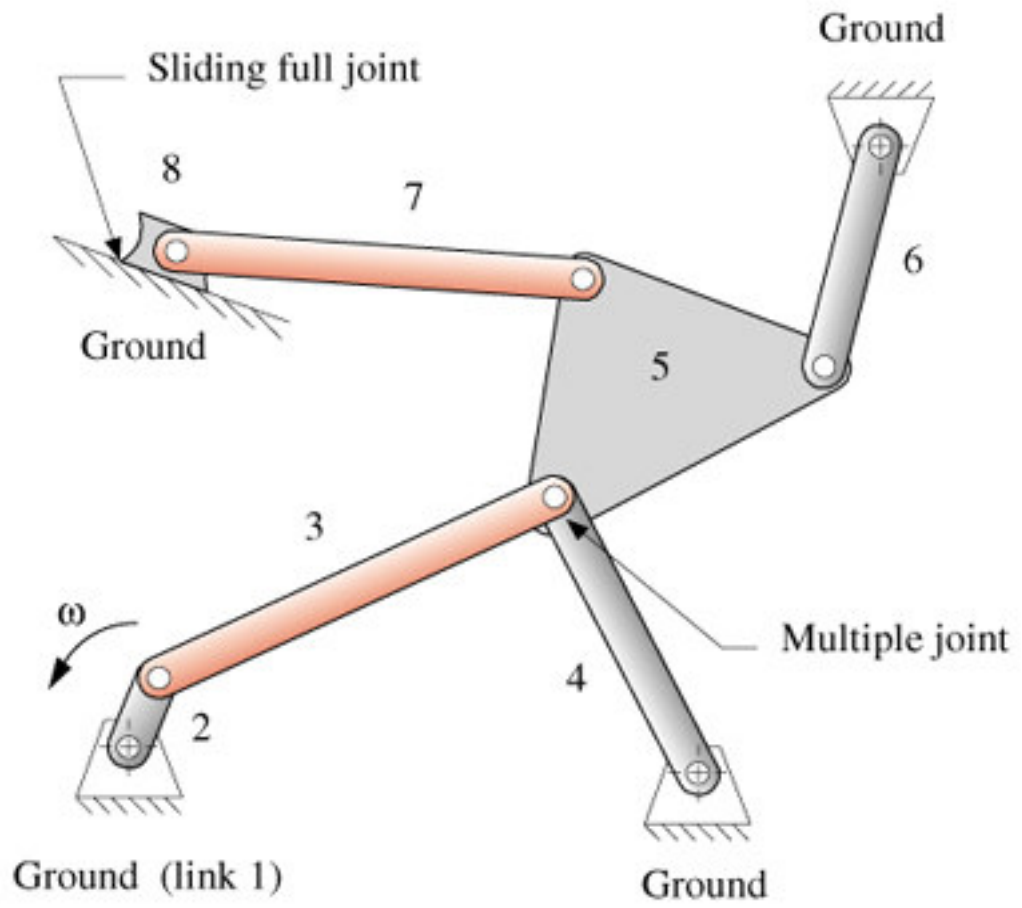


Düzlemsel Bağlantı

Note:
There are no roll-slide (half) joints in this linkage

$L = 8, \quad J = 10$

$DOF = 1$



(a) Linkage with full and multiple joints

BÖLÜM 1.1

TEMEL KAVRAMLAR

Makina Dinamiği

Makine: Kendi mekanik kuvvetleri vasıtasıyla tahrik edilebilecek ve belirli hareketlerle belirli tesirleri ortaya koyması tarzda düzenlenmiş mukavim cisimler topluluğudur.

Maddesel nokta(noktasal kütleler) : Mekanikte her cisim zihnen Maddesel noktalara ayrılabilir yani noktasal kütlelerden meydana Gelmiştir.

Maddesel Sistem: Noktasal kütlelerden oluşan topluluğa maddesel sistem ya da mekanik sistem denir.

Makina dinamiği bir maddesel sistemin hareketi problemine girer

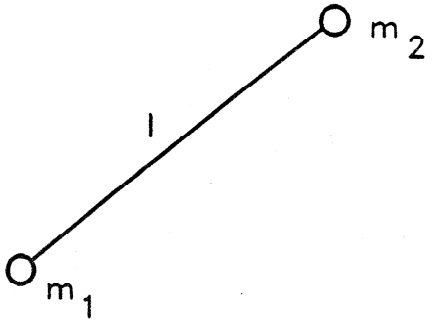
Genelleştirilmiş Koordinatlar (Konum Koordinatları):
Maddesel sisteme ait maddesel noktalar birbirinden bağımsız hareket edebilen serbest noktalar olmayıp karşılıklı hareketleri sınırlandırılmış noktalardır. Sistemin konumuyla ilgili daha az sayıdaki parametre ile belirlenebilir. Bu parametrelere Genelleştirilmiş Koordinatlar (Konum Koordinatları) denir.

Serbestlik Derecesi: Bir maddesel sistemin konumunu tamamen belirlemek için verilmesi gereken birbirinden bağımsız genelleştirilmiş koordinat sayısına serbestlik derecesi denir.

Esas Genelleştirilmiş Koordinatlar: Birbirinden bağımsız bu sebeple serbestlik derecesine eşit koordinat denir.

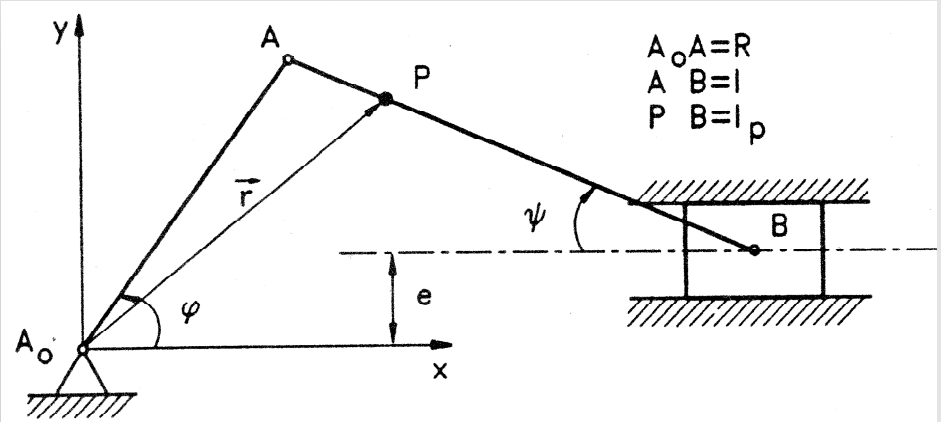
Tali Genelleştirilmiş Koordinat: Çoğu durumda maddesel noktaların fiziksel koordinatlarının hesabında serbestlik derecesinden daha fazla sayıda genelleştirilmiş koordinat seçmek hesap kolaylığı sağlar. Bu durumda G.K. Arasındaki bağıntıyı veren denklemleride göz önüne almak gerekir. S.D. den fazla olan koordina sayısına **tali koordinat** sayısı denir.

Makina Dinamiği



Şekil 1.1. İki maddesel noktadan ibaret rijid sistem

Makina Dinamiği



Şekil 1.2. Krank-biyel mekanizması.

Sistemdeki Bağlar ve Bağların Sınıflandırılması

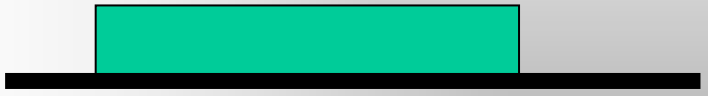
Genellikle her maddesel sistemde, sistemin noktasal kütleleri arasında ve sistem noktaları ile mukayese sistemi arasında sistemin hareket serbestliğini sınırlayan bağlar mevcuttur.

İki Taraflı Bağlar: Sistem noktalarının herhangi bir hareketini önlediği takdirde, aynı zamanda bu hareketin doğrudan doğruya zıddını önlüyorsa böyle bağlara iki taraflı bağlar denir.



ÇİFT TARAFLI BAĞ

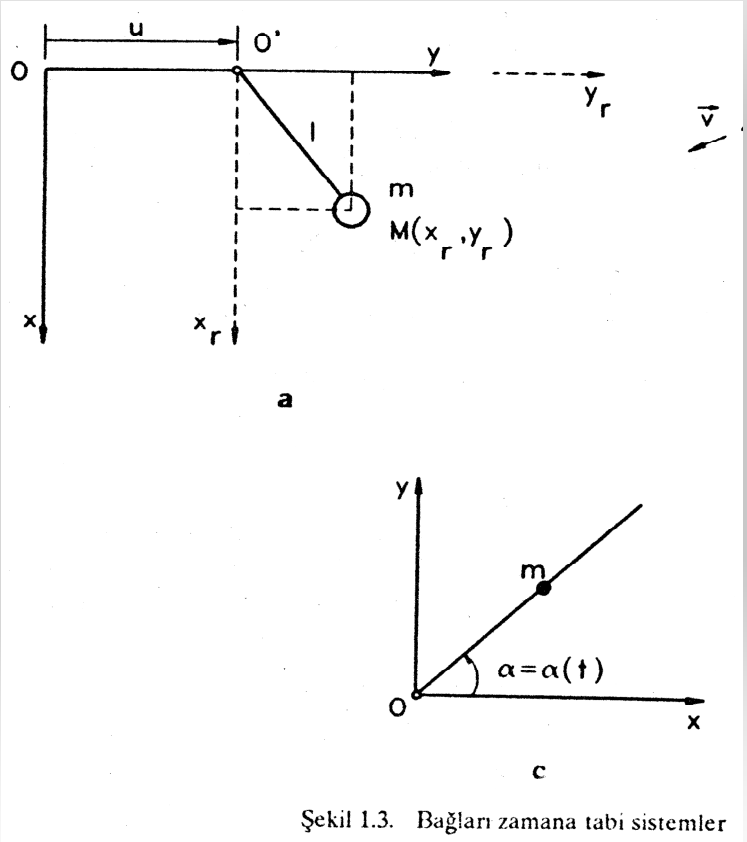
Bir hareketi önlemesine rağmen bunun doğrudan doğruya zıddı harekete müsade bağlara ise tek taraflı bağlar denir.



TEK TARAFLI BAĞ

Makina Dinamiği

Sistemin hareket serbestliğini sınırlayan bağlar zamana bağlı ve Zamana bağlı olmayan bağlar olmak üzere iki kısma ayrılır:



Şekil 1.3. Bağları zamana tabi sistemler

n serbestlik dereceli bir sistemin konumunu n+v tane genelleştirilmiş koordinat ile belirlenmiş olsun.Kartezyen koordinatlar genelleştirilmiş koordinatlar ve t zamanına bağlı olur.

$$x_i = x_i\,(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_{n+\upsilon}, t)$$
$$y_i = y_i\,(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_{n+\upsilon}, t)$$
$$z_i = z_i\,(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_{n+\upsilon}, t)$$

$$\mathbf{r_i} = x_i\mathbf{i} + y_i\mathbf{j} + z_i\mathbf{k}$$

Yer vektörü gözönüne alınırsa

$$\mathbf{r_i} = \mathbf{r_i}(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_{n+\nu}, t)$$

$$f_l(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_{n+v}, t) = 0, \qquad l = 1, 2, \ldots\ldots, v$$

Genelleştirilmiş koordinatlar arasında v tane bağ şartı varsa
Bu sistemin bağları **holonomdur**.

Bağ şartlarının içinde genelleştirilmiş koordinatların türevleri
Varsa ve integrasyonla dahi kaldırılamıyorsa böyle sistemlerde
Holonom olmayan bağlar mevcuttur ve **holonom olmayan sistemler** denir.

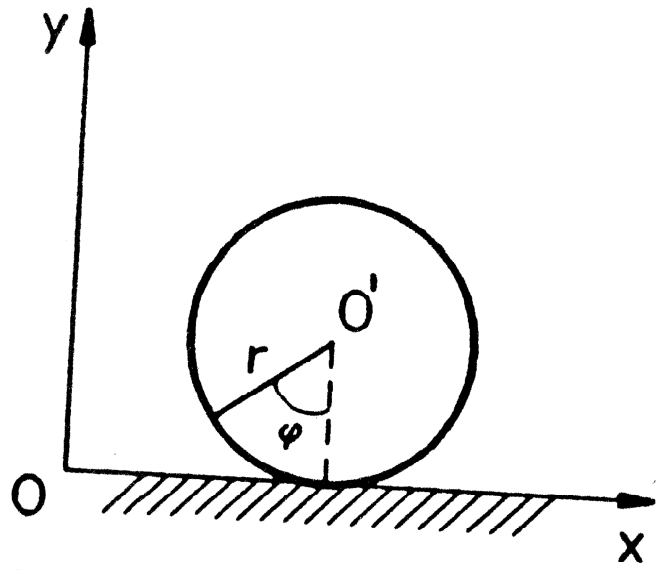
Tali koordinatlar esas genelleştirilmiş koordinatlar ve t cinsinden
Çözülür ve yerine konulursa;

$$\mathbf{r_i} = \mathbf{r_i}(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_n, t)$$

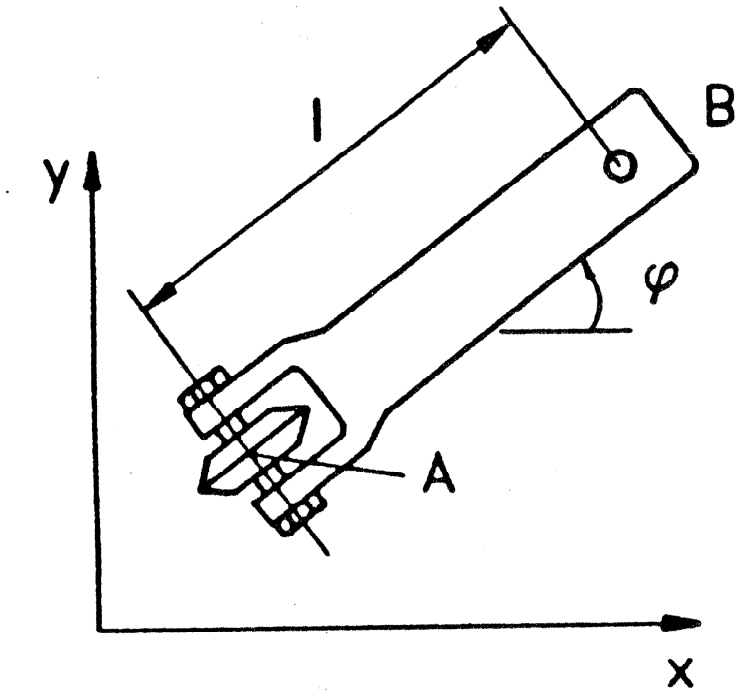
Kartezyen koordinatları, yer vektörleri ve de bağ şartları zamanı
Açık olarak içermiyorsa sistemin bağları zamana bağlı değildir.
Bu sistemlere **Skleronom** denir

$$\mathbf{r_i} = \mathbf{r_i}(q_1, q_2, \ldots\ldots, q_n)$$

Kartezyen koordinatları, yer vektörleri ve de bağ şartları zamanı
açık olarak içeriyorsa sistemin bağları zamana bağlıdır.
Bu sistemlere **rheonom** denir



Şekil 1.4. Ray üzerinde hareket eden tekerlek.



Şekil 1.5. Holonom olmayan bağ.

Kuvvetlerin Sınıflandırılması

İç Kuvvetler: Sistemin kendisinden yani sisteme ait Maddesel noktalar arasındaki karşılıklı etkileşimden Doğar. Elastik kuvvetler, Bağ kuvvetleri.

Dış Kuvvetler: Sisteme dışında bulunan noktalardan veya Sistemlerden uygulanan kuvvete denir. Ağırlık kuvveti

Aktif Kuvvetler: Ağırlık, tahrik ve faydalı kuvvetler Gibi belirlenmeleri için gerekli bütün elemanlar belli olan Veya doğrudan doğruya verilen kuvvetler bu sınıfa aittir.

Bağ Kuvvetler: Yalnızca harekete konan sınırlamaları Korumak için mevcut olan ve hareket sınırlnadırmalarına Bağlı olarak ortaya çıkar.

Sürtünme Kuvvetleri

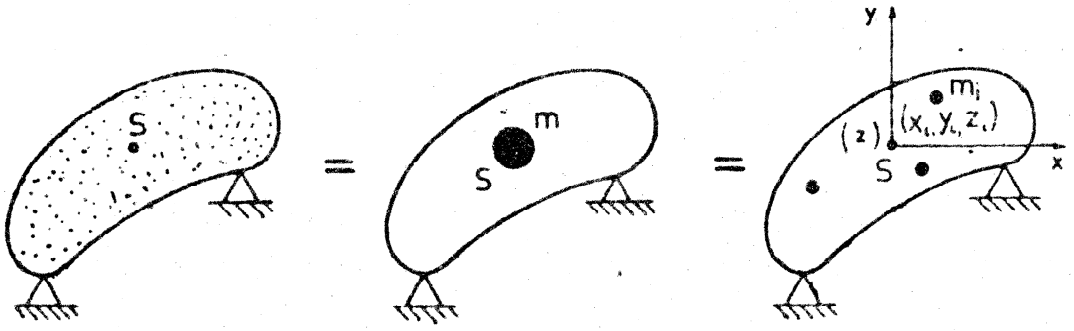
Atalet Kuvvetleri

- KÜTLESİ M OLAN BİR NOKTASAL KÜTLENİN İVMESİ a İSE , -ma BÜYÜKLÜĞÜNE BU MADDESEL NOKTANIN ATALET KUVVETİ ADI VERİLİR.

- BİR MADDESEL SİSTEM SÖZ KONUSU OLUNCA, HER NOKTASAL KÜTLEYE KENDİ KÜTLE VE İVMESİYLE ORANTILI BÜYÜKLÜKTE, İVME İLE AYNI DOĞRULTUDA VE TERS YÖNDE OLMAK ÜZERE TESİR EDEN KUVVETLERDEN İBARET BİR ATALET KUVVVETLERİ SİSTEMİ SÖZ KONUSUDUR.

Bir Makinanın Kuvvet Alanı

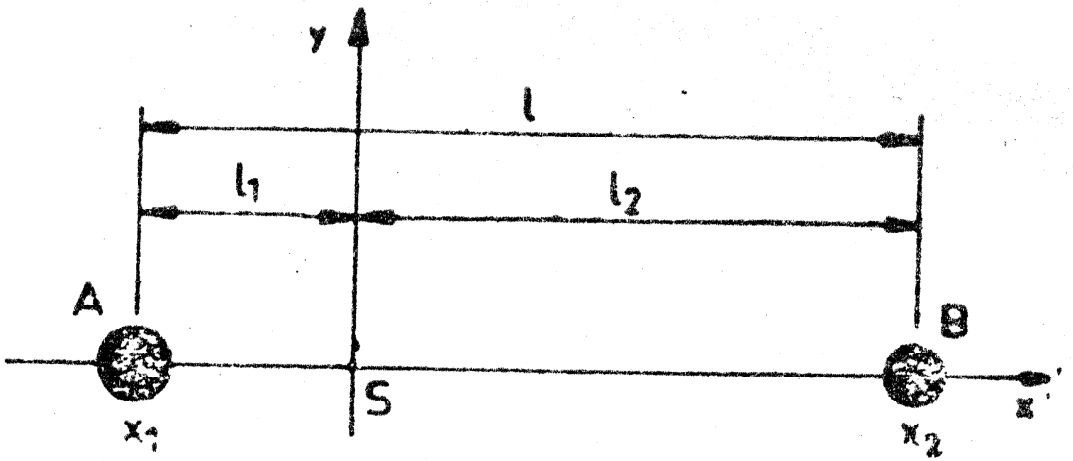
Eşdeğer Noktasal Kütleler Teorisi



Şekil 2.20. Katı cismin kütlesinin noktasal kütlelere indirgenmesi

Şart denklemleri

$$\sum_{i=1}^{n} m_i = m, \quad \sum_{i=1}^{n} m_i x_i = 0, \quad \sum_{i=1}^{n} m_i y_i = 0, \quad \sum_{i=1}^{n} m_i z_i = 0,$$



Şekil 2.21. İki noktaya indirgeme

$$\sum_{i=1}^{n} m_i = m$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i y_i = 0$$

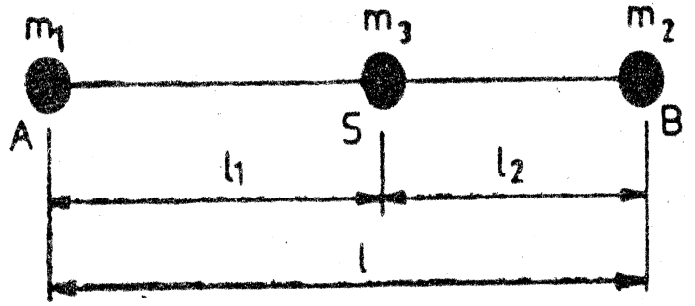
$$\sum_{i=1}^{n} m_i (x_i^2 + y_i^2) = m i_s^2$$

$$m_1 + m_2 = m,$$

$$m_1 x_1 + m_2 x_2 = 0,$$

$$m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot y_2 = 0,$$

$$m_1 x_1^2 + m_2 (x_2^2 + y_2^2) = m i_s^2$$



Şekil 2.25. A, B ve S noktalarına indirgeme

Bu denklemlerden

$$m_1 = \frac{m\, i_s^2}{l_1 l}, \qquad m_2 = m \frac{i_s^2}{l_2 l}, \qquad m_3 = m\left(1 - \frac{i_s^2}{l_1 l_2}\right)$$

Makina Dinamiği

