

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

Makine: Kendi mekanik kuvvetleri vasıtasıyla tahrik edilebilecek ve belirli hareketlerle belirli tesirleri ortaya koyması tarzda düzenlenmiş rijit cisimler topluluğudur. En az bir mekanizmadan oluşan katı cisimler zinciridir.

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. Bir fonksiyonu yerine getiren eleman çiftlerinin meydana getirdiği katı cisimler zinciridir.

Makine: *Franz Reuleaux*'ya göre, tabiatta mevcut mekanik kuvvetlerin belirli bir hareket ile birlikte iş yapmasını sağlayabilen, kuvvete karşı direnç gösterebilen cisimlerin birleştirilmesi ile oluşturulan bir sistemdir.

- Mekanizma ve makine arasında en önemli fark, bir makinenin belirli bir amaç için üretilmiş olmasıdır. Buna karşın mekanizma daha genel olup, çok farklı makinelerde kullanılabilir. Makineler temel olarak yaptıkları iş için incelenirken, mekanizmalar kullanım alanına bakılmadan incelenerek farklı uygulamalarda benzer mekanizmalar için de geçerli olabilecek sonuçlar çıkarılmaya çalışılır.
- Mekanizma, kendisini inceleyerek makine yapısını analiz ve sentez edebileceğimiz bir idealleştirilmiş sistemdir. Oysa makine gerçek (reel) bir sistemi ifade eder.
- Makinelerde ayrıca hidrolik kuvvet iletim kısımları, yay gibi rijit olmayan elemanlar ve bilhassa son yıllarda çok görülen elektronik kontrol elemanları bulunabilir. Bu tip rijit olmayan kısımlar, mekanizma için verilmiş olan tanıma göre mekanizma tekniği çalışmalarında ihmal edilecektir.

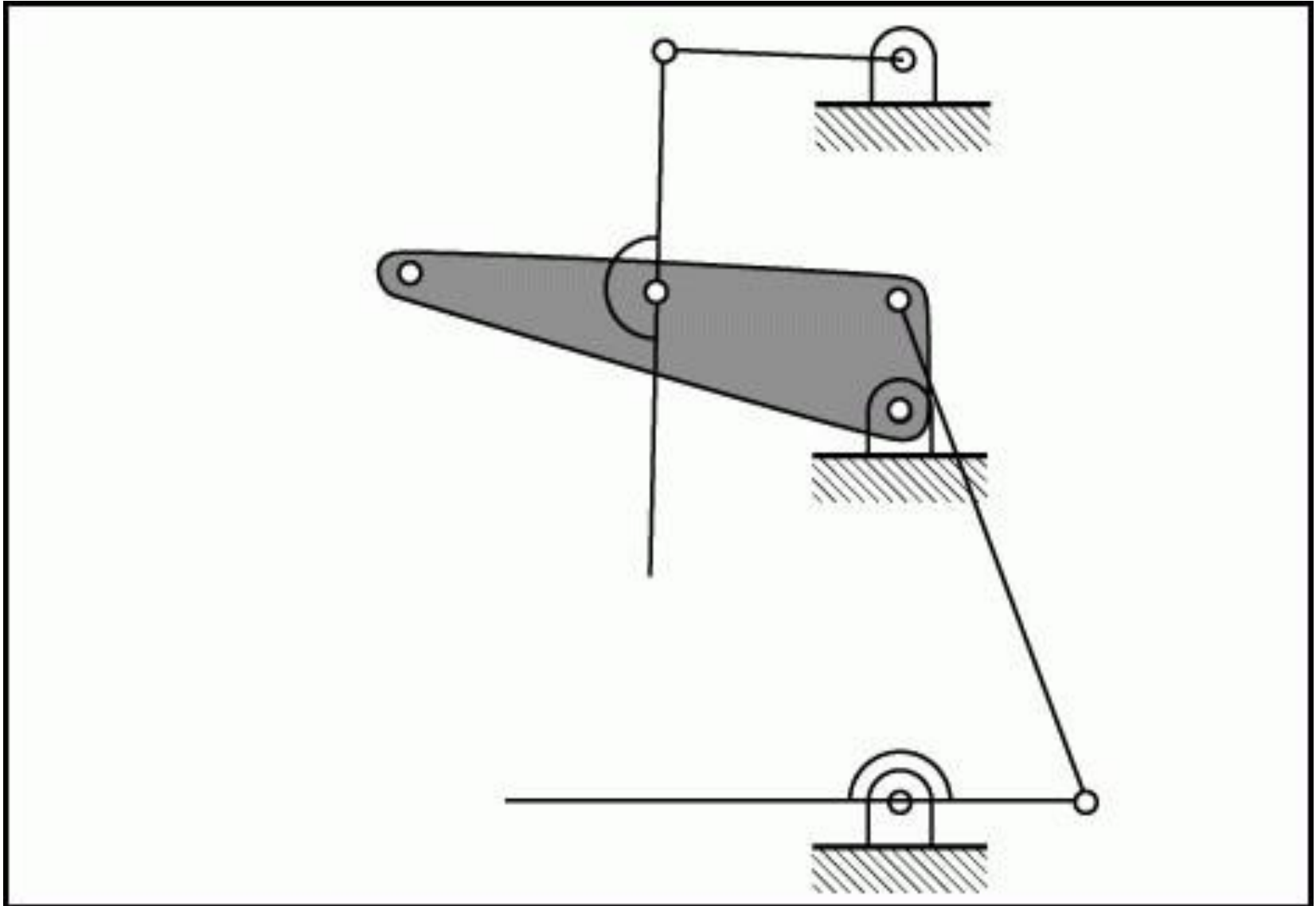
Kinetik: Cismin kütlesi göz önüne alınarak cisme tesir eden kuvvetler, momentler ve meydana gelen hareket hareket arasındaki bağıntıları inceleyen bilim dalıdır.

Kinematik: Hareketi doğuran sebepleri, kuvvetleri veya momentleri, kütleleri göz önüne almaksızın yalnızca hareketi inceler. Hareket eden maddesel noktaların veya katı cisimlerin geometrik özelliklerinin değişme tarzını inceleyen bilim dalıdır.

Kinematik Şema

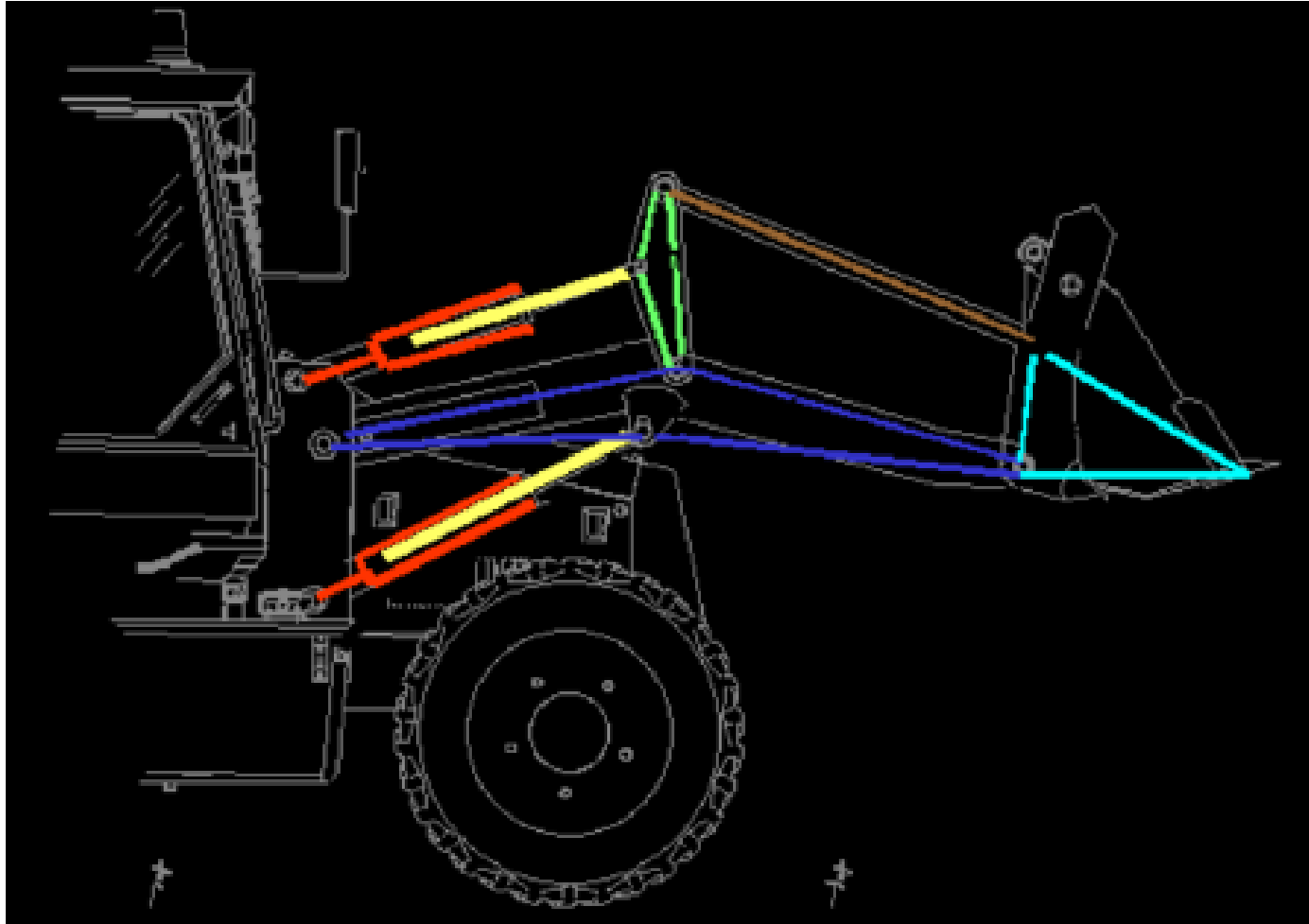
Mekanizmaların yapımında uzuvlar ve mafsallar gelişigüzel sıralanmayıp, bunların bir araya getirilmesi esnasında belirli yapım kuralları takip edilmektedir. Herhangi bir mekanizmanın yapımı sırasında bu mekanizmanın kaç uzuvdan oluşacağı, hangi uzvun hangi uzuvla nasıl mafsallanacağı iyice düşünülmelidir. Kinematik boyutlar yani mekanizmanın hareketine doğrudan etkili büyüklükler önemlidir. Bunlar sabit mafsal eksenleri arasındaki mesafeler, kesişen eksenler arasındaki açılar vb. dir.

KİNEMATİK ŞEMAYA ÖRNEK



KİNEMATİK ŞEMAYA ÖRNEK

Ön yükleyici mekanizmasının şematik diyagramı.



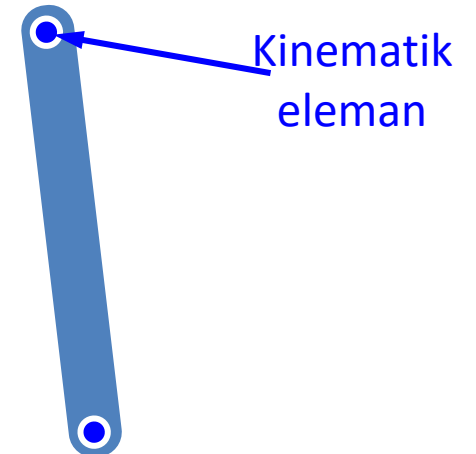
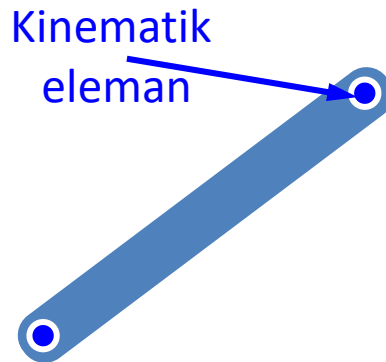
Mekanizmaların Sistematiği: Mekanizmaların geliştirilme düzenlenme imkânlarını inceler. Bir Mekanizmayı tanımlayabilmeyi ve sınıflandırabilmeyi sağlar.

Mekanizmaların Analizi: Bir mekanizmanın hareket halinde iken yapmış olduğu hareketi inceleme işlemidir.

Mekanizmaların Sentezi: Belirli, istenen bir hareketi gerçekleştirebilmek için gerekli olan yeni bir mekanizmanın Tasarlanması ve Boyutlandırılmasıdır.

Kinematik Eleman: Bir uzvun diğer uzva bağlandığı, temas ettiği veya diğer uzva hareket ilettiği noktadır.

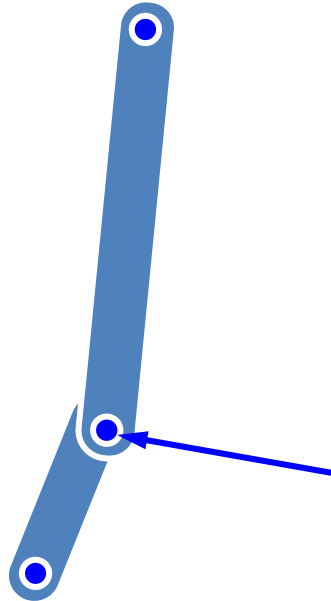
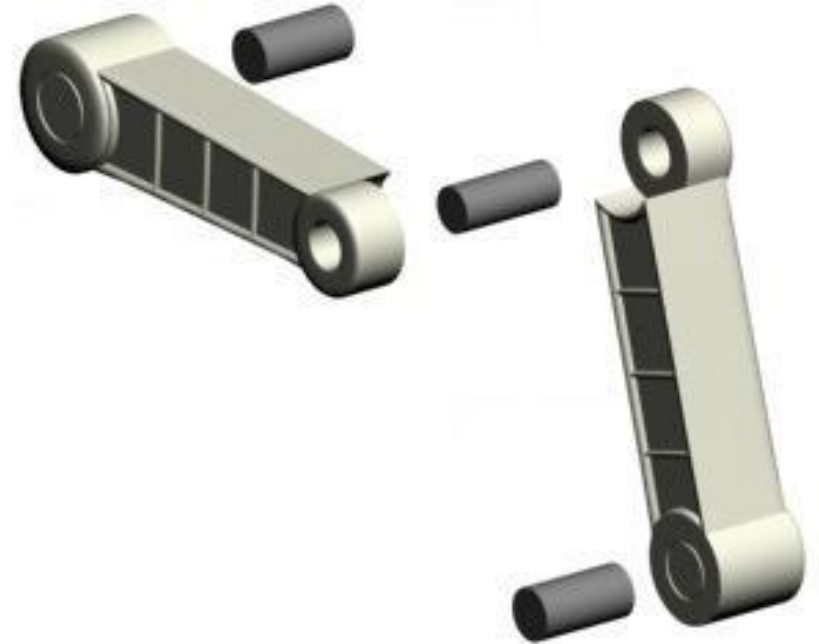
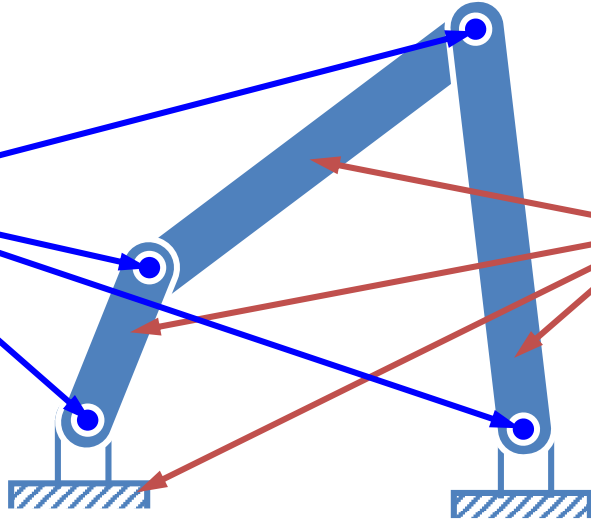
Kinematik Eleman Çifti(mafsal bağlantı): İki kinematik elemanın birleştiği uzuvların bağlanarak hareket ilettiği bağlantı noktasıdır. Mafsal noktaları iki uzuv arasında bağlı harekete olanak sağlayan noktadır.



Mafsallar

Uzuvlar

Kinematik çift

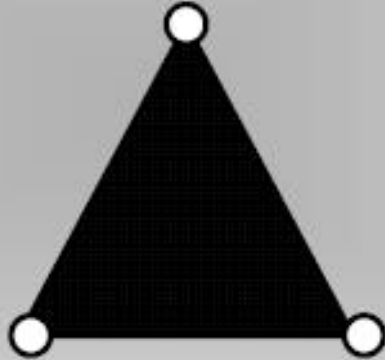




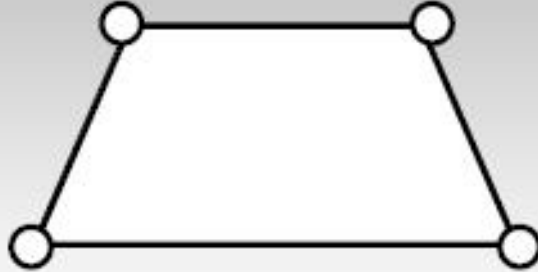
1'li eleman



2'li eleman



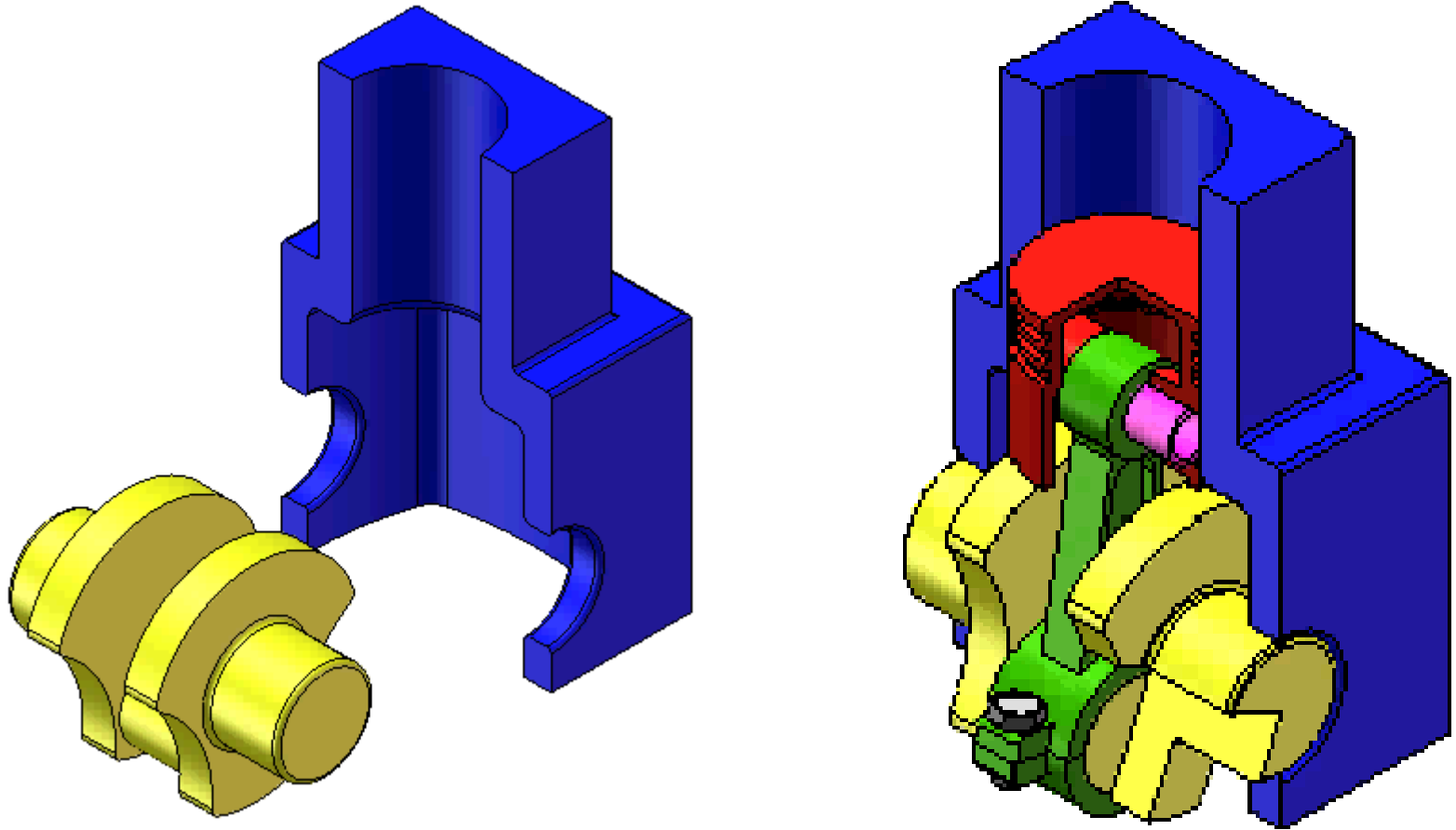
3'lü eleman



4'lü eleman

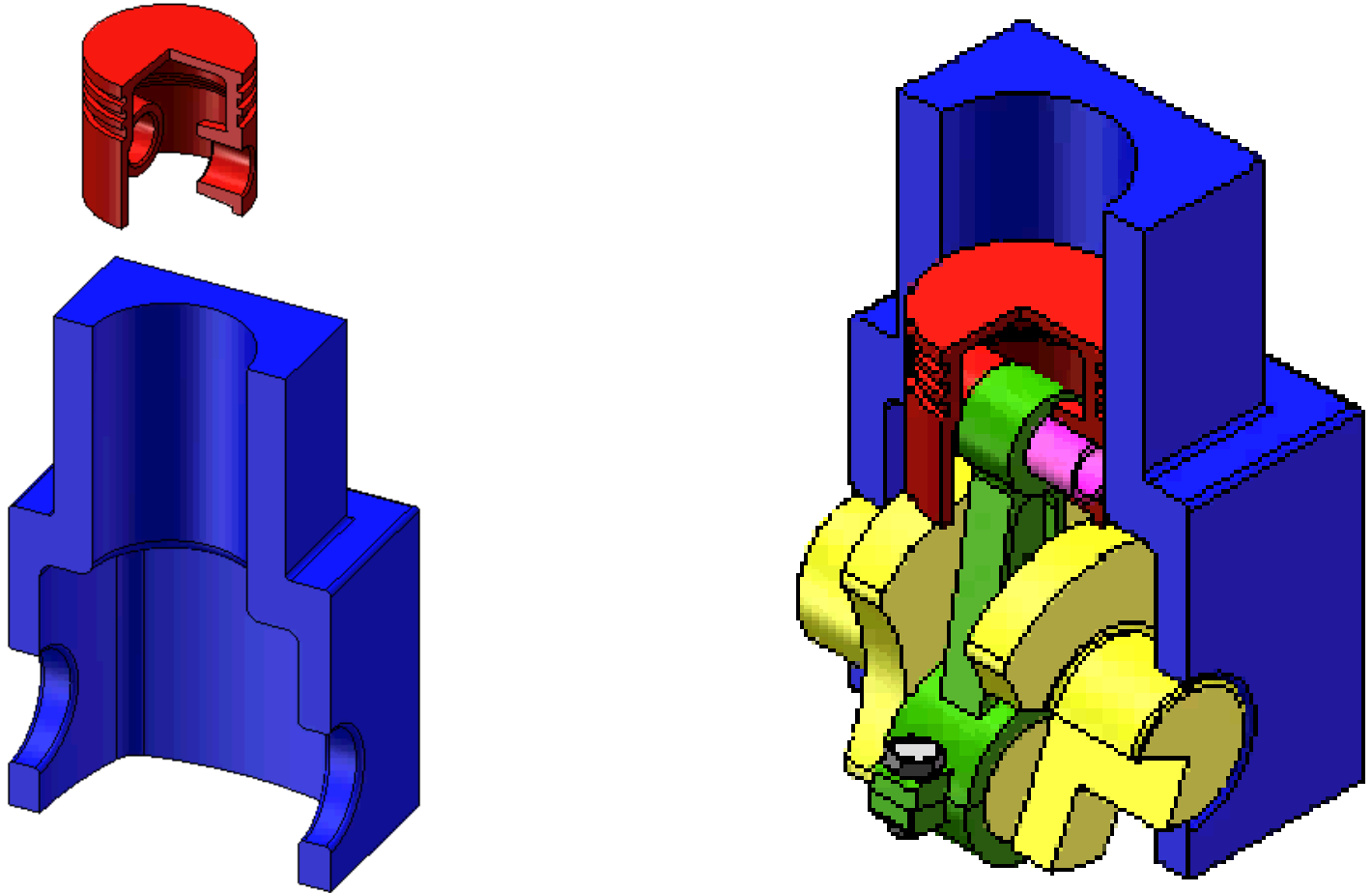
Krank-Biyel Mekanizmasında Kinematik Çiftler:

1-Gövde-Krank (Döner Çift)



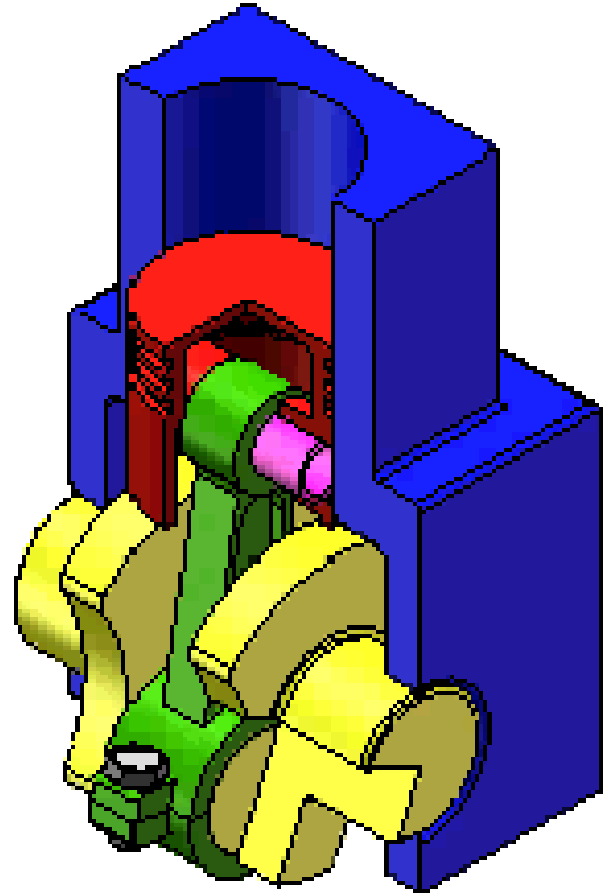
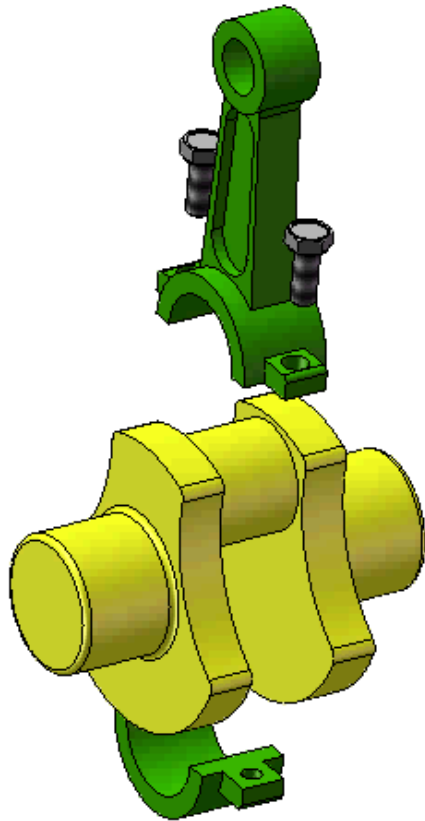
Krank-Biyel Mekanizmasında Kinematik Çiftler:

2- Gövde-Piston (Kayar Çift)



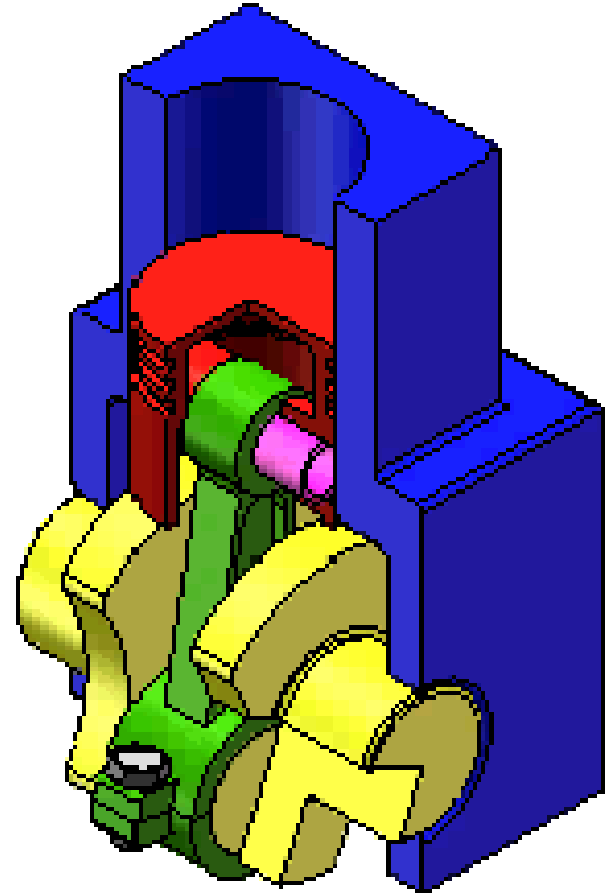
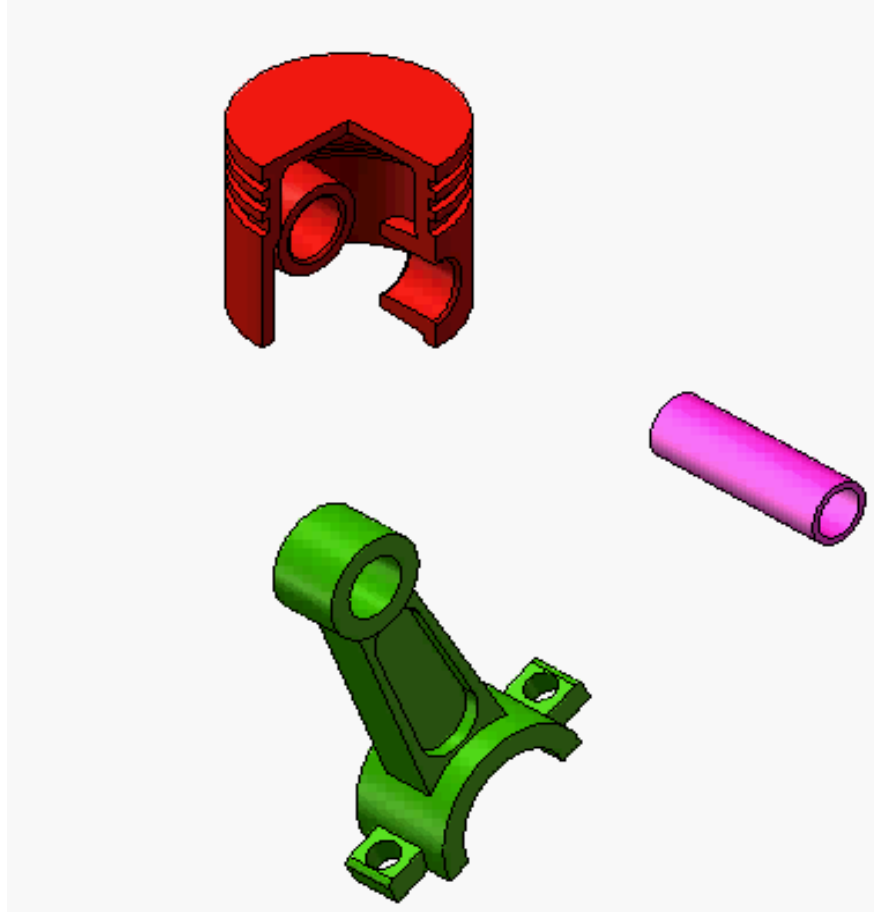
Krank-Biyel Mekanizmasında Kinematik Çiftler:

3- Krank-Biyel (Döner Çift)



Krank-Biyel Mekanizmasında Kinematik Çiftler:

4- Piston-Biyel (Döner Çift)

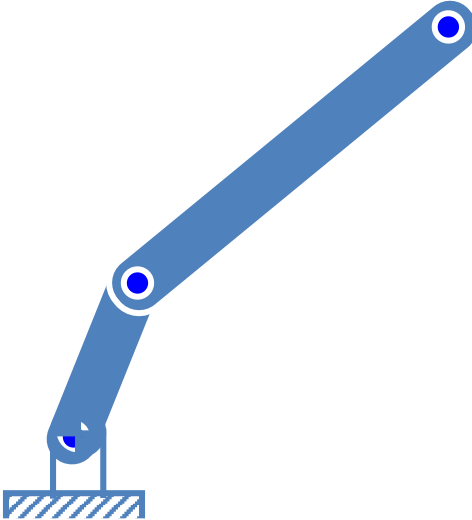


Kinematik Çiftler

Kinematik Çiftler

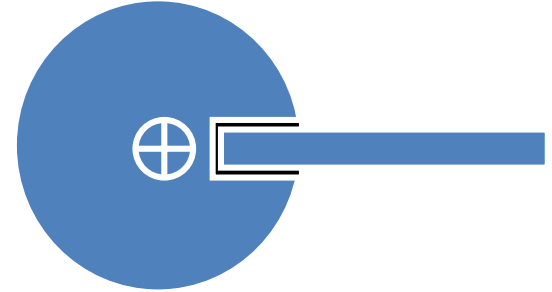
Kapalı Kinematik Çiftler

İki eleman arasında temas
mekanizmanın
tüm hareketi süresince mevcut



Açık Kinematik Çiftler

Kinematik elemanlar hareketin
tümü
Boyunca temas etmeyebilir

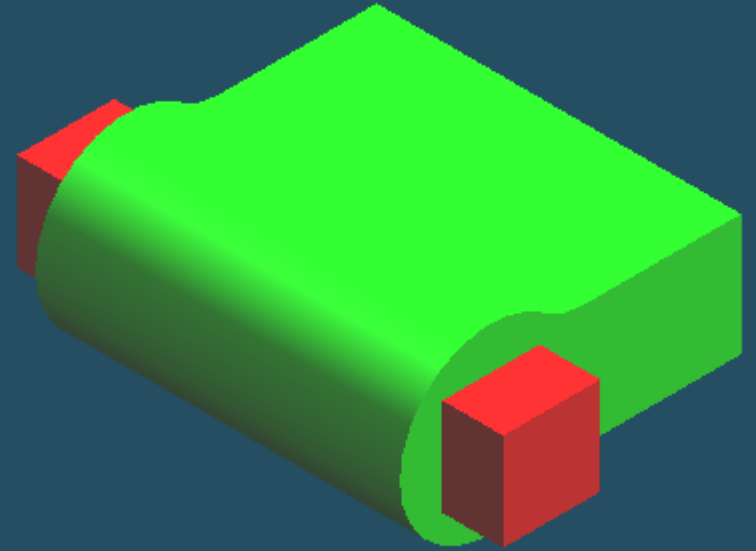
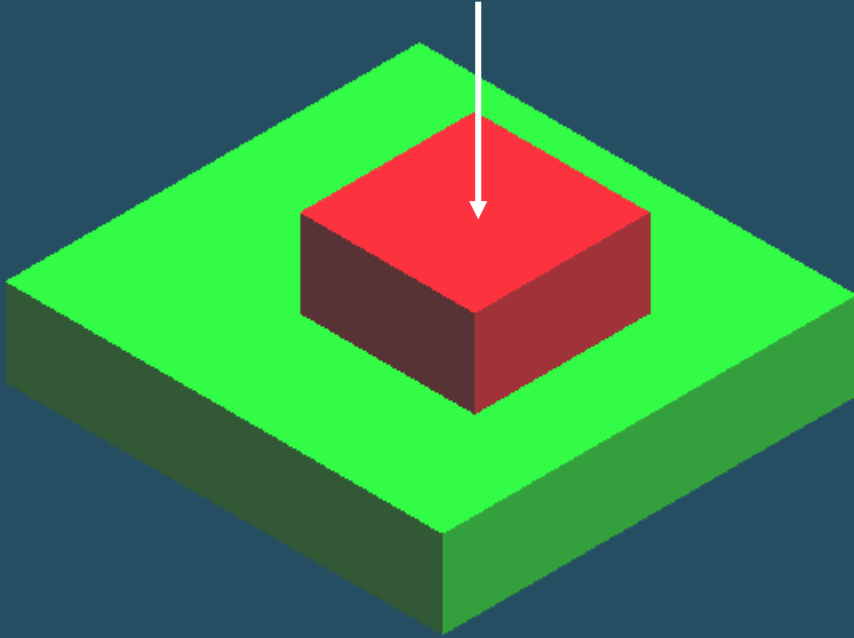


Kinematik Çiftler

Kapalı Kinematik
Çiftler

Kuvvet Kapalı
Kuvvet ile temas
sağlanmaktadır.

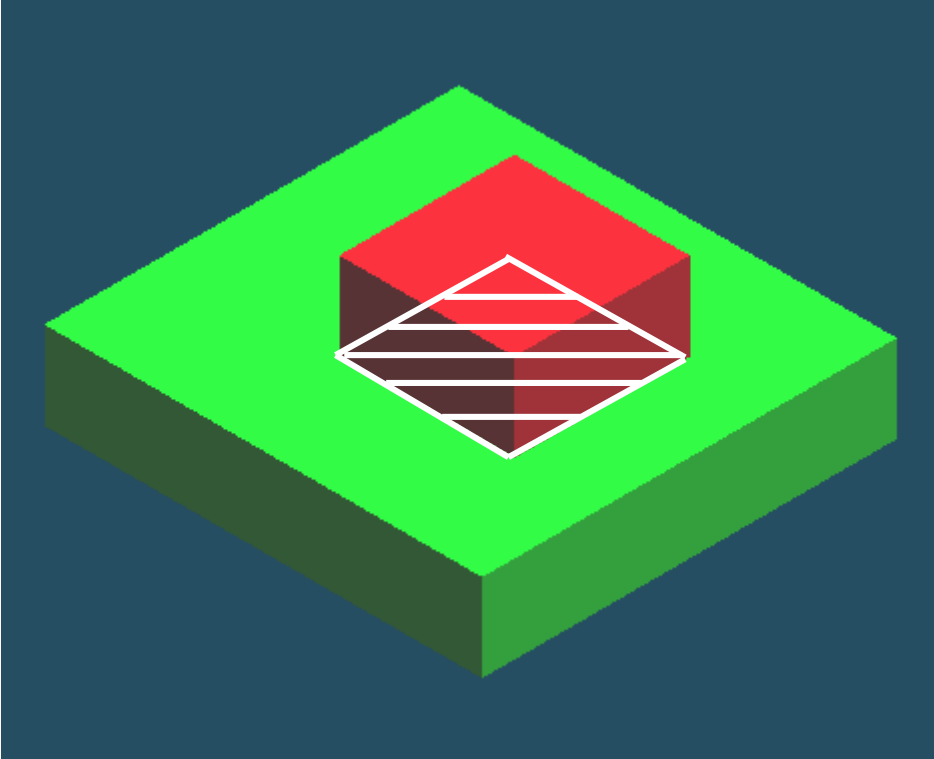
Şekil Kapalı
Şekil ile temas
sağlanmaktadır.



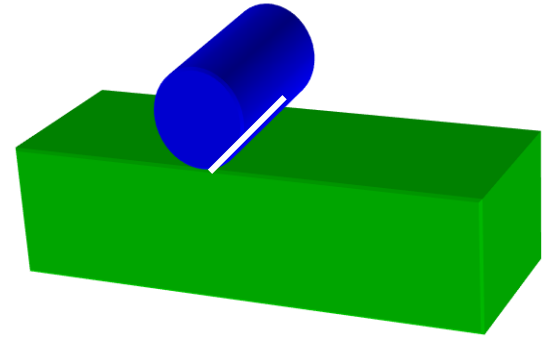
Kinematik Çiftler

Temasa Göre Kinematik Çiftler

Basit Kinematik Çift
Temas bir yüzey boyunca
sağlanmaktadır.



Yüksek Kinematik Çift
Temas bir nokta veya bir çizgi
boyunca sağlanmaktadır.



Basit Kinematik Çift: İki rijit eleman arasında bir Yüzey boyunca temas sağlanıyorsa, bu tür kinematik çiftlere Basit Kinematik Çift veya Adi Mafsal denir.

Yüksek Kinematik Çift: İki rijit eleman arasında Noktsal veya Çizgisel bir bağlantı sağlanıyorsa, bu tür kinematik çiftlere Yüksek Kinematik Çift veya Yüksek Mafsal denir.

Kuvvet Kapalı Kinematik Çift: İki kinematik elemanın birbiriyle bağlantısı için bir kuvvete ihtiyaç varsa, buna Kuvvet Kapalı Kinematik Çift veya Kuvvet Kapalı Kinematik Mafsal denir.

Şekil Kapalı Kinematik Çift: İki kinematik elemandan biri diğerini çevreliyorsa, bu iki elemanın birbiriyle teması için bir kuvvete ihtiyaç yoksa, bu tür kinematik çiftlere Şekil Kapalı Kinematik Çift veya Şekil Kapalı Mafsal denir.

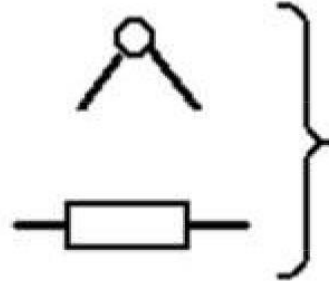
1. Uzuvların elementlerinin bağlanmasına göre kinematik çiftlerin aşağıdaki türleri vardır:

– *yüksek*: (örneğin, dişli çark ve kam-yumruk mekanizmalarında mevcuttur) uzuvların birbiriyle birleşmesi doğrultu veya nokta üzere meydana gelir.



– *basit*: uzuvların birbiriyle birleşmesi yüzey üzere meydana gelir. Kendi sırasıyla basit birleşmelerin de aşağıdaki çeşitleri vardır.

dönen (D)

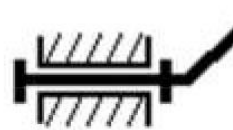


ilerleme (İ)



} Yassı mekanizmalarda;

silindirik (S)



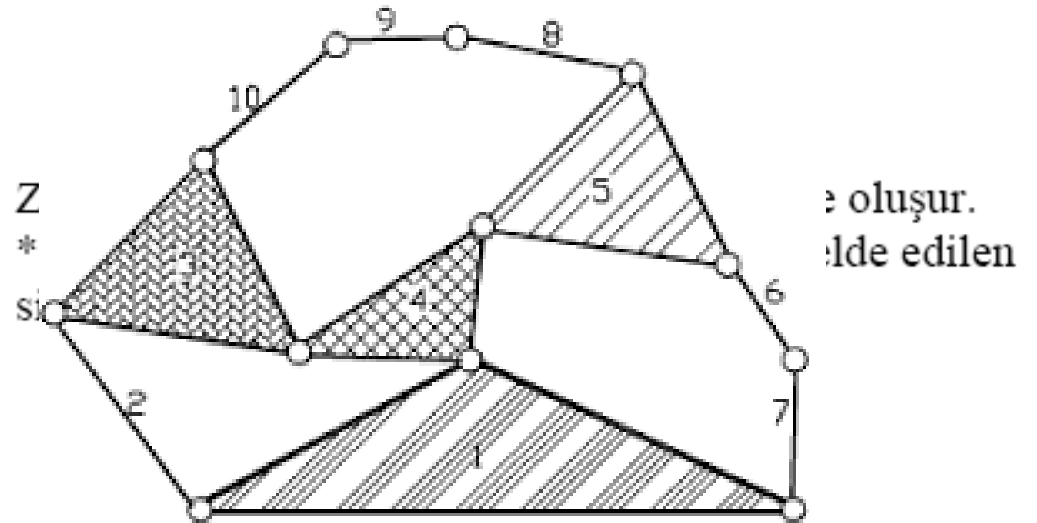
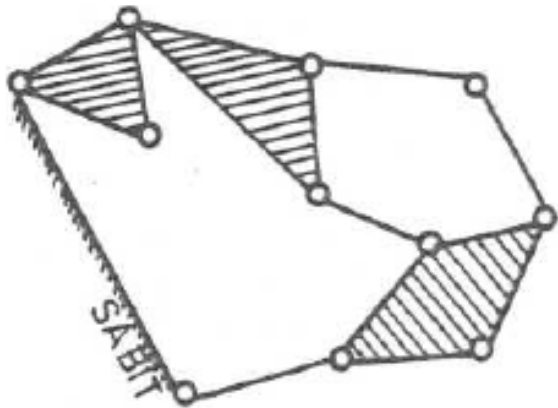
küresel (K)



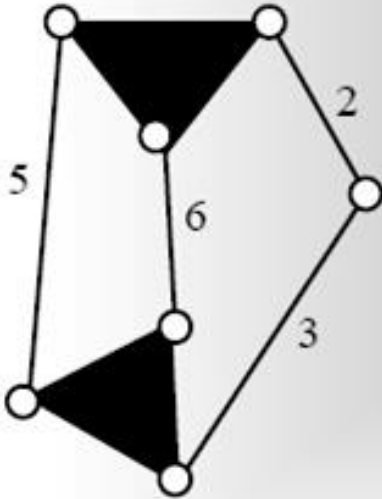
} Uzay mekanizmalarında

Kinematik Zincir: Kinematik eleman çiftlerinin(mafsallar) birleştiği uzuvlar kinematik zinciri oluşturur. Kinematik zincir mekanizmanın çalışıp çalışmayacağını, bağlantıların ne tip olduğunu, mekanizmanın zorunlu hareketinin olup olmadığı hakkında bilgi verir. Eleman çiftleri vasıtasıyla karşılıklı olarak hareket serbestlikleri sınırlandırılmış rijit cisimlerden oluşan hareketli uzuvların hareket akışını belirten ve uzuvlar topluluğunu gösteren şemadır. Yapım şekilleri ve kinematik boyutlar hiç göz önüne alınmaz. Kinematik şemanın ilkelidir.

Kinematik Zincir: Mekanizmanın kaç uzuv olduğu, mafsalları sayısı ve mafsalların türü hakkında bilgi edinilebilir. Herhangi bir düzlemsel mekanizmanın kurgusal yapısını ve mekanizmanın mecburi hareketliliğini araştırmada mekanizmanın kinematik zincirinden faydalanılır.



Kapalı Kinematik Zincir: Bütün eleman çiftleri tek bir uzvun hareket ettirilmesi halinde tüm uzuvlar kendi yapabileceği hareketi kazanabiliyorsa kapalı kinematik zincirdir.



(1)



(2)



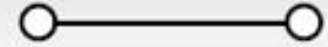
(3)



(4)



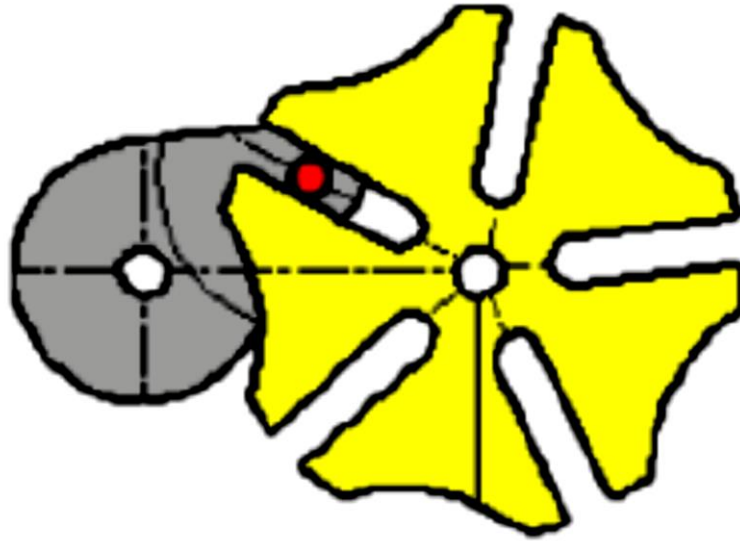
(5)



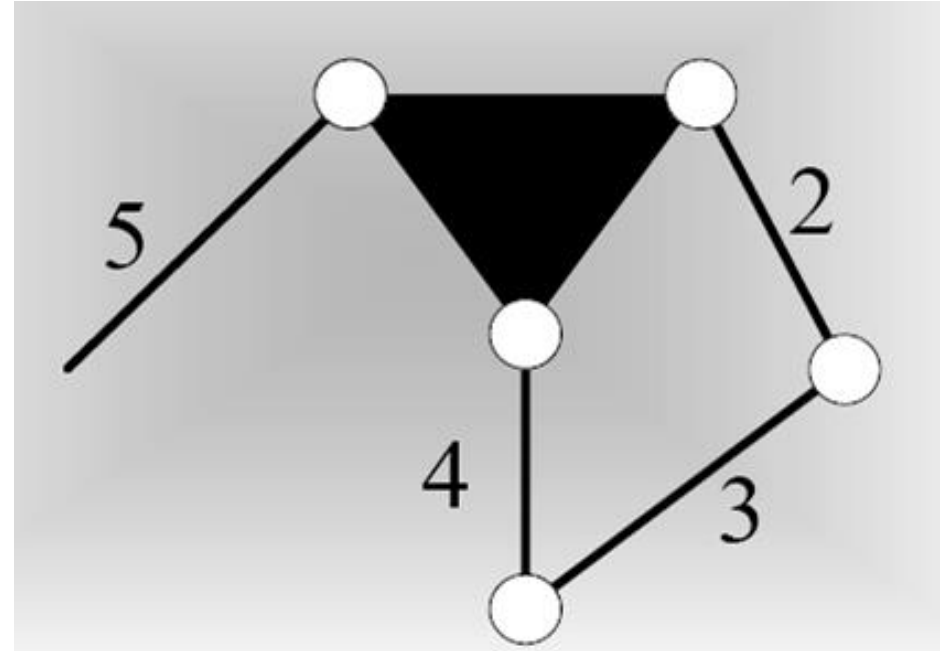
(6)

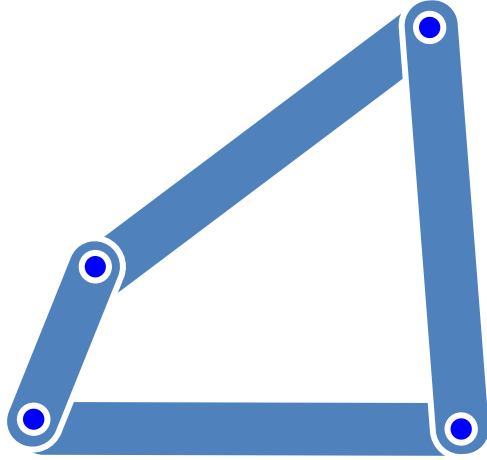


Açık Kinematik Zincir: Tek bir uzvun hareket ettirilmesi tüm uzuvlar kendi yapabileceği hareketi kazanamıyorsa açık kinematik zincirdir.

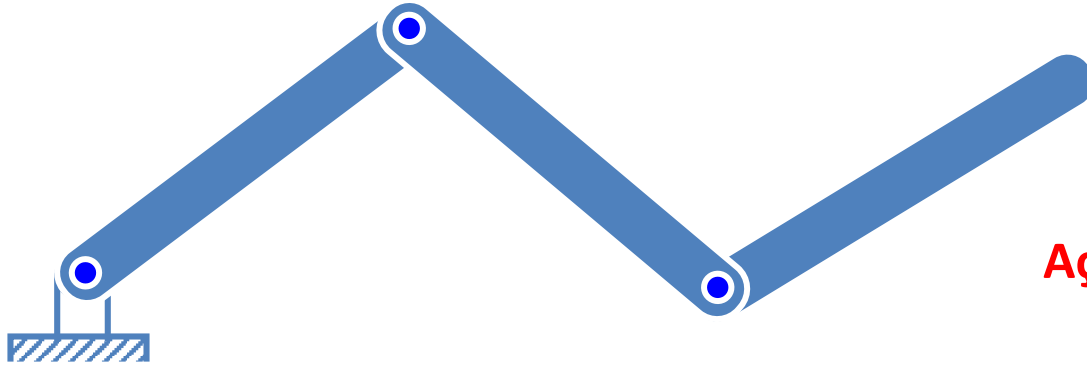


Açık Kinematik Çift

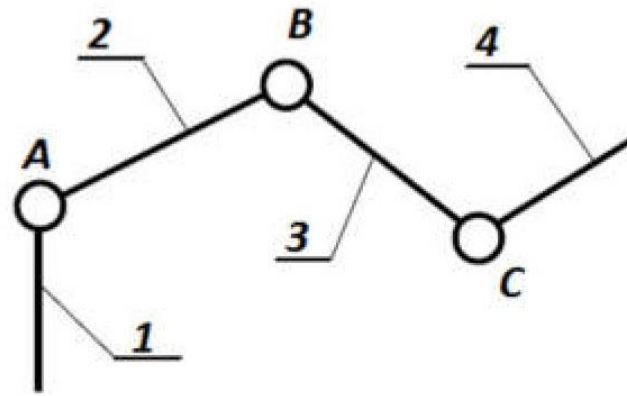




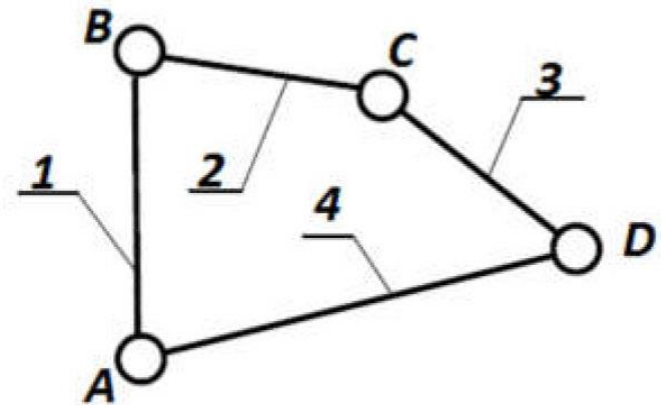
Kapalı kinematik zincir



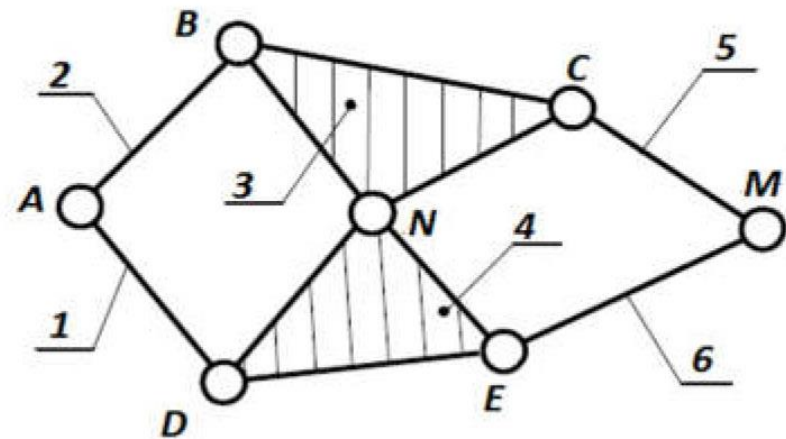
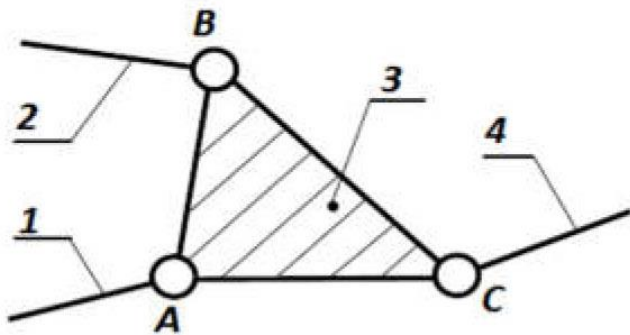
Açık kinematik zincir

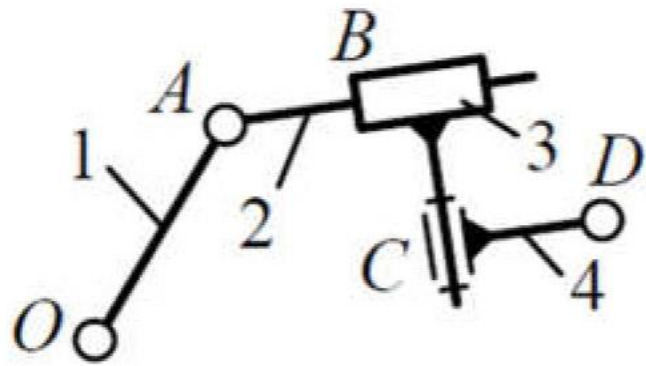


Açık

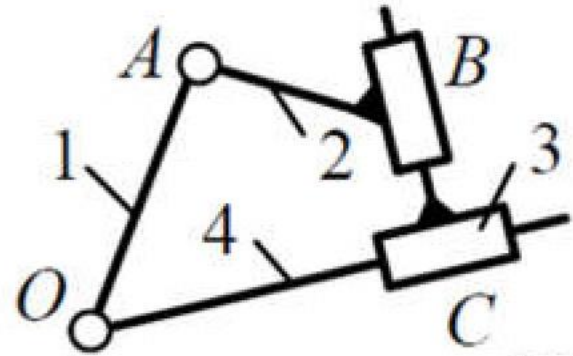


Kapalı

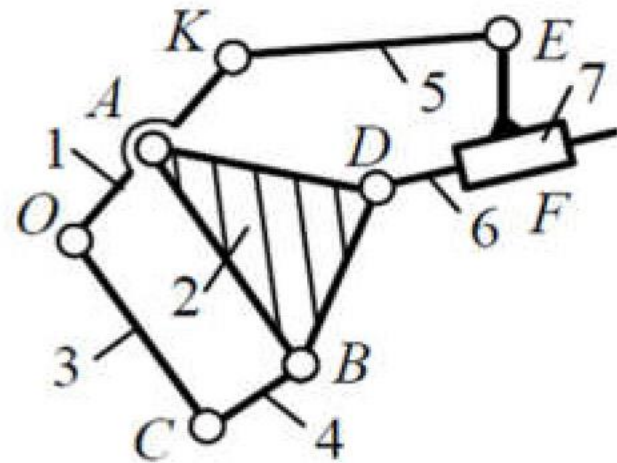
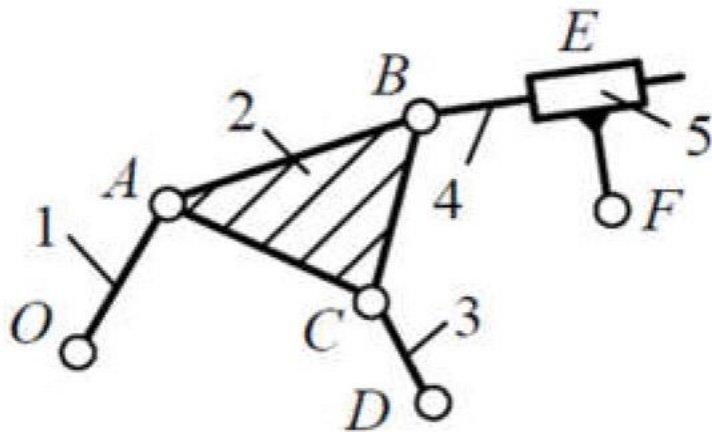




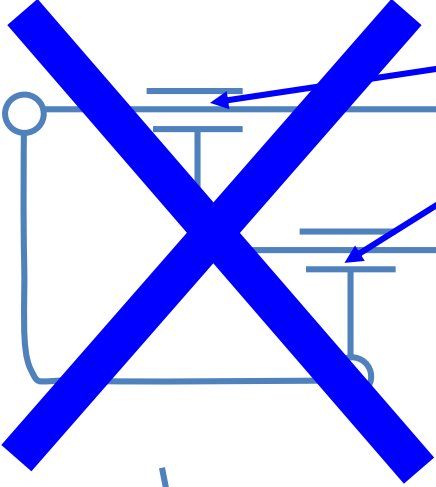
açık



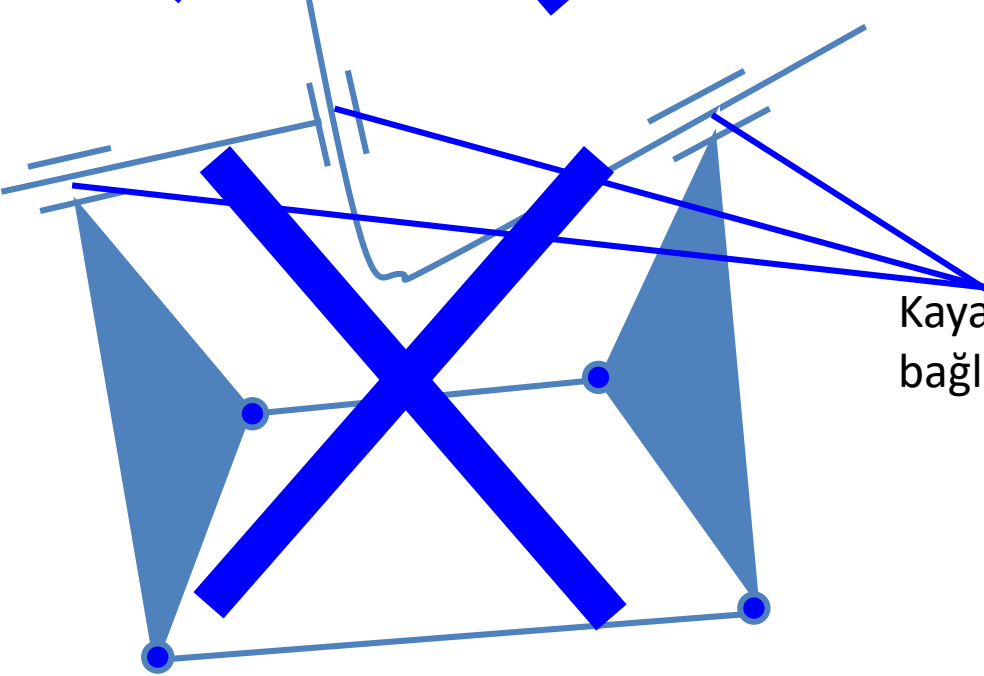
kapalı



Mafsalların Kinematik Zincirdeki Dağılımı

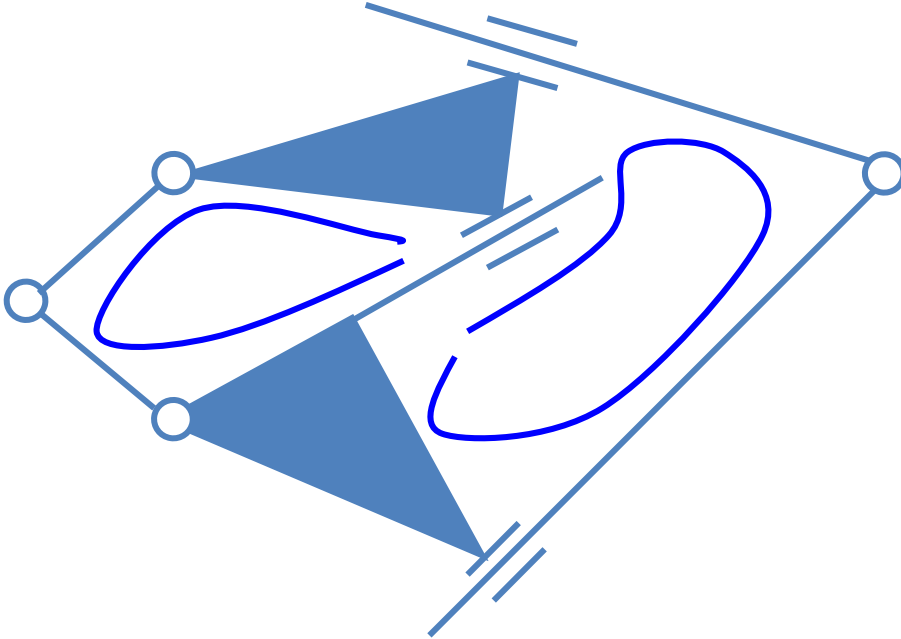


İki kayar elemanlı birbirlerine paralel olacak şekilde olmamalıdır.



Kayar elemanlar birbirlerine doğrudan doğruya bağlanmamalıdır.

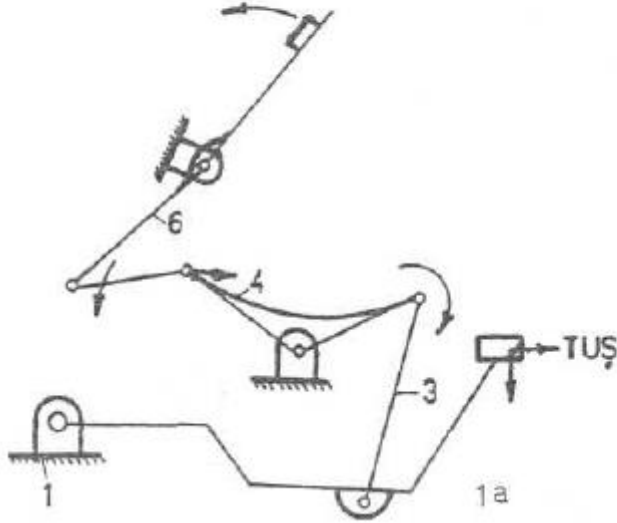
Mafsalların Kinematik Zincirdeki Dağılımı



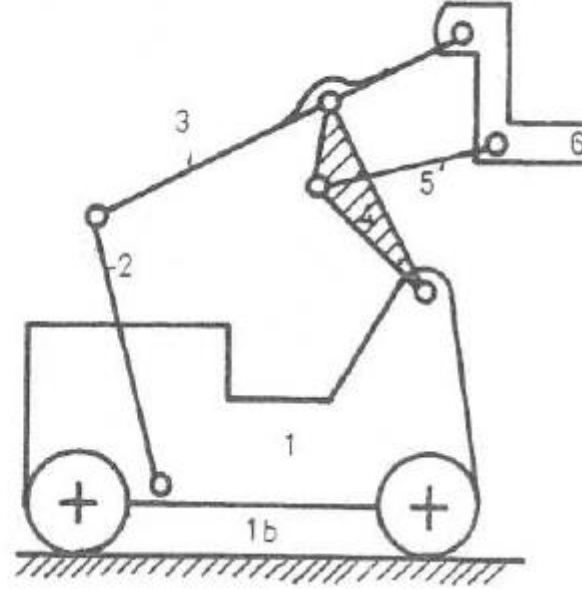
Hiç bir halkada ikiden az döner mafsallı olamaz.

ÇEŞİTLİ MEKANİZMA ÖRNEKLERİ

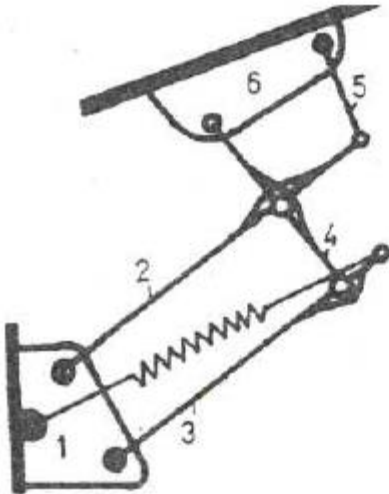
“Daktilo Tuşu” Mekanizması



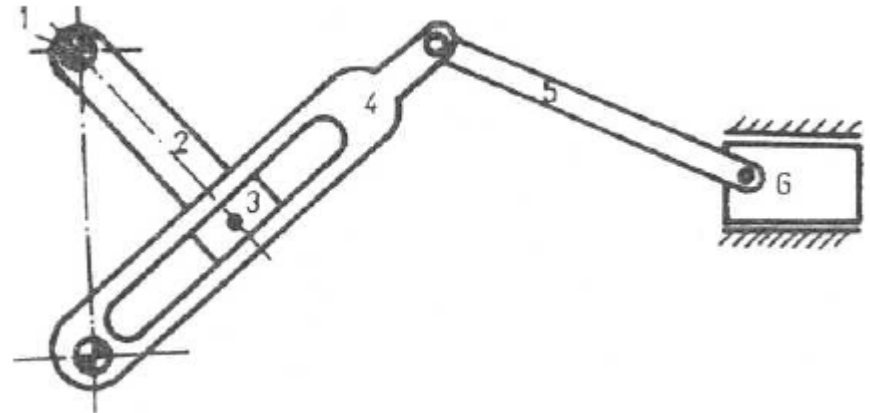
“Fork-lift” Mekanizması



“Otomobil Ön Kapak” Mekanizması

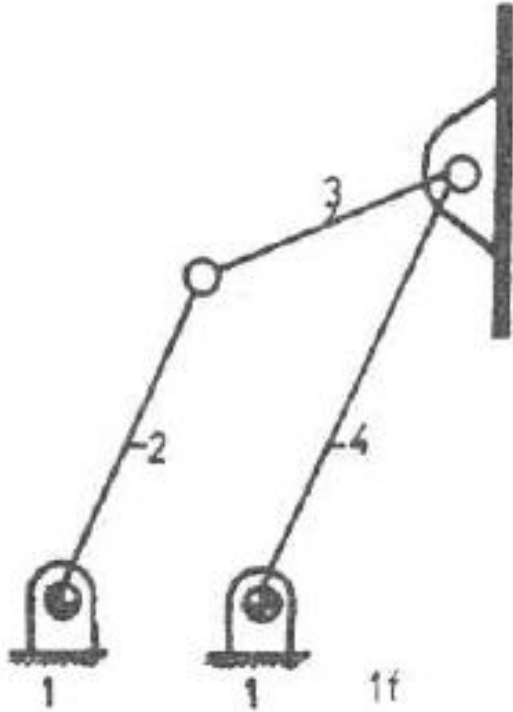


“Vargel-Kurs” Mekanizması

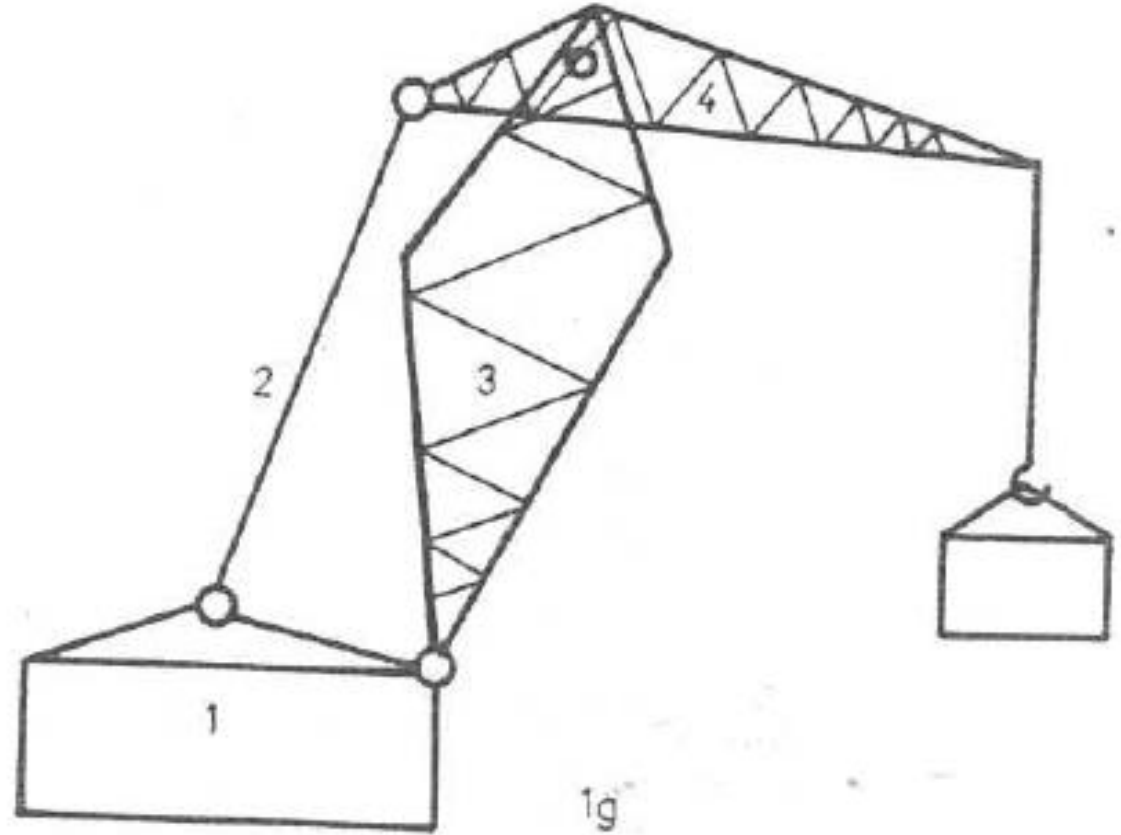


ÇEŞİTLİ MEKANİZMA ÖRNEKLERİ

Otomobil “SİLECEK” Mekanizması

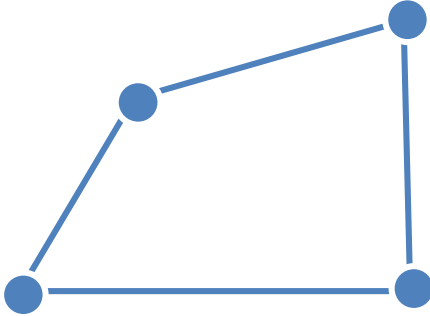


“VİNÇ” Mekanizması

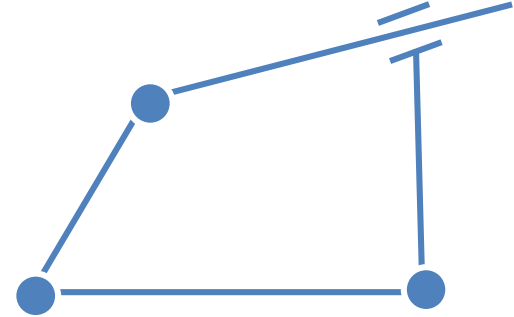


MAFSALLARA GÖRE İSİMLENDİRMELER

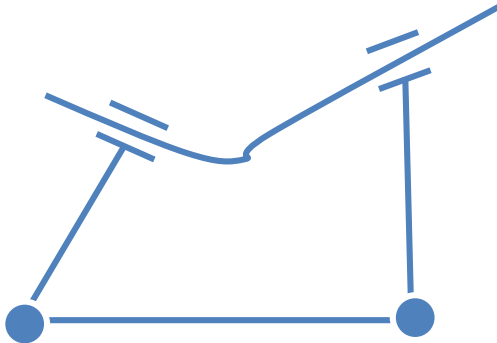
RRRR



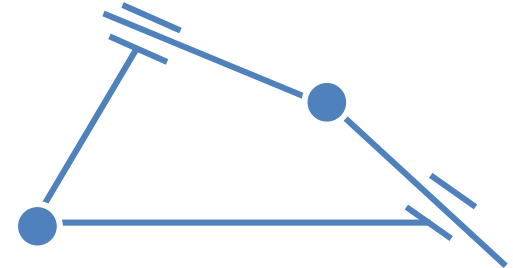
RRRP



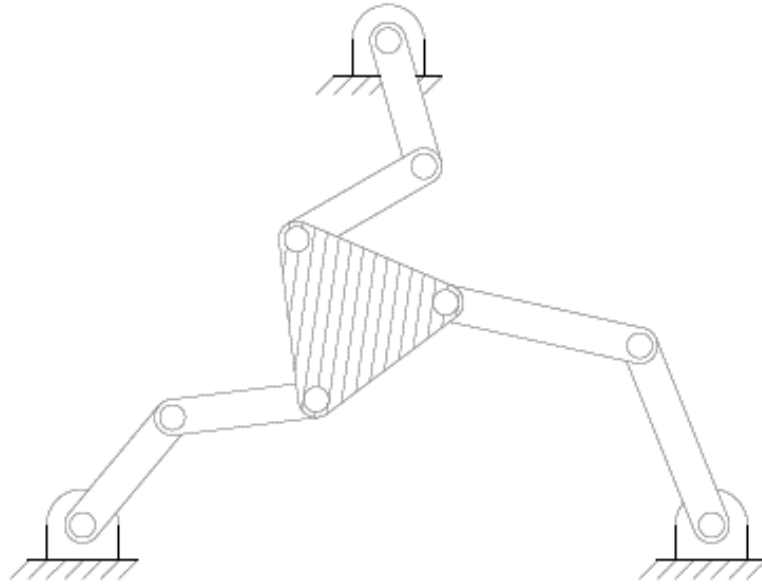
RRPP



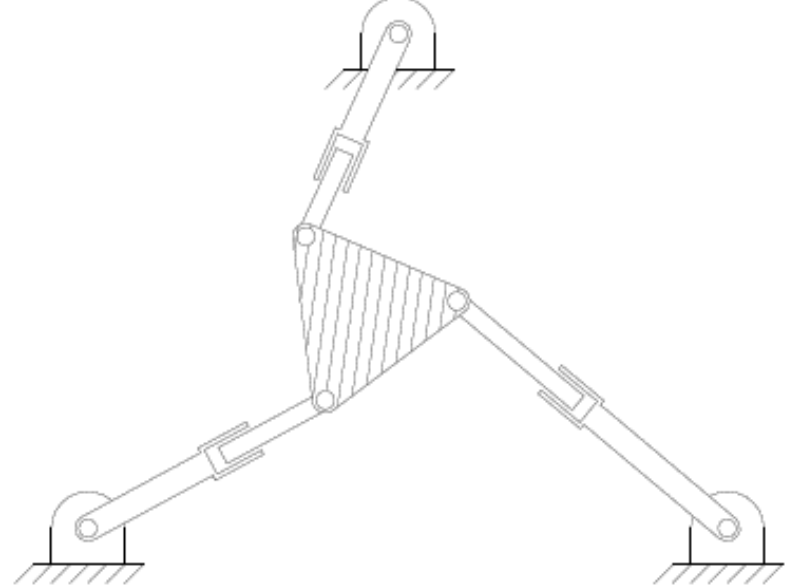
RPRP



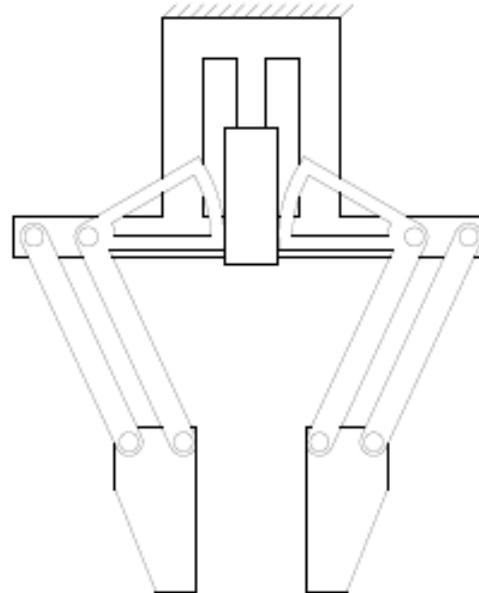
MAFSALLARA GÖRE İSİMLENDİRMELER



3-dof 3-RRR Parallel Robot

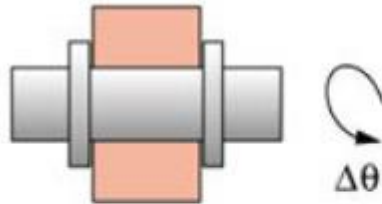


3-dof 3-RPR Parallel Robot

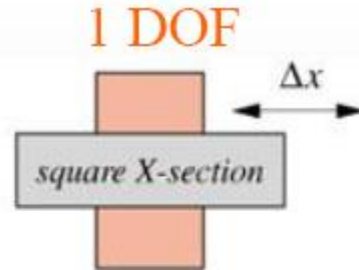


8-bar Robot Gripper Mechanism

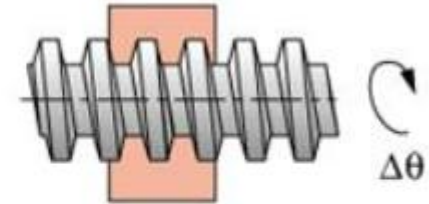
MAFSAL ÇEŞİTLERİ



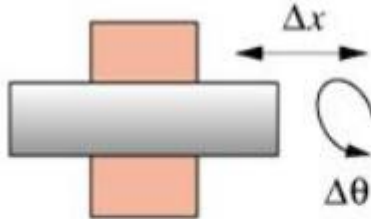
Döner Mafsal



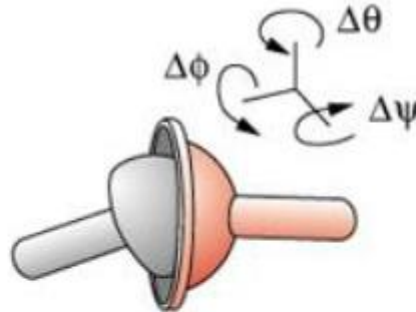
Prizmatik Bağlantı
(Kayar Mafsal)



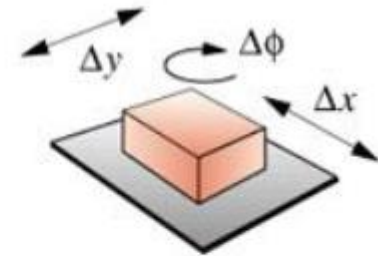
Helisel Bağlantı
(Vida Mafsalı)



Silindirik Bağlantı
Kayar Yuvarlanmalı
2 DOF



Küresel Mafsal
3 DOF



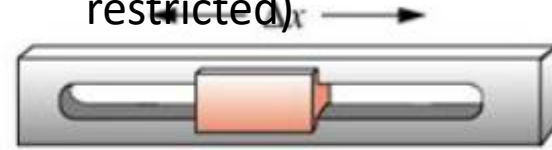
Düzlemsel Bağlantı

Revolute Joint 1 DOF
(2 DOF restricted)



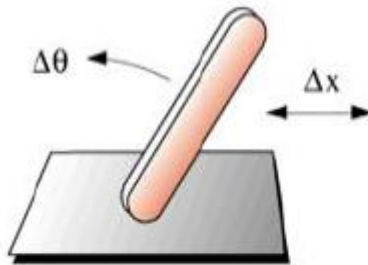
Basit döner mafsal(R)
Kapalı Şekil

Slider Joint 1
DOF
(2 DOF
restricted)

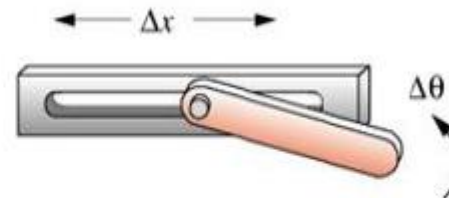


Kızak(P)
Kapalı Şekil

Pin in slot 2 DOF
(1 DOF restricted)

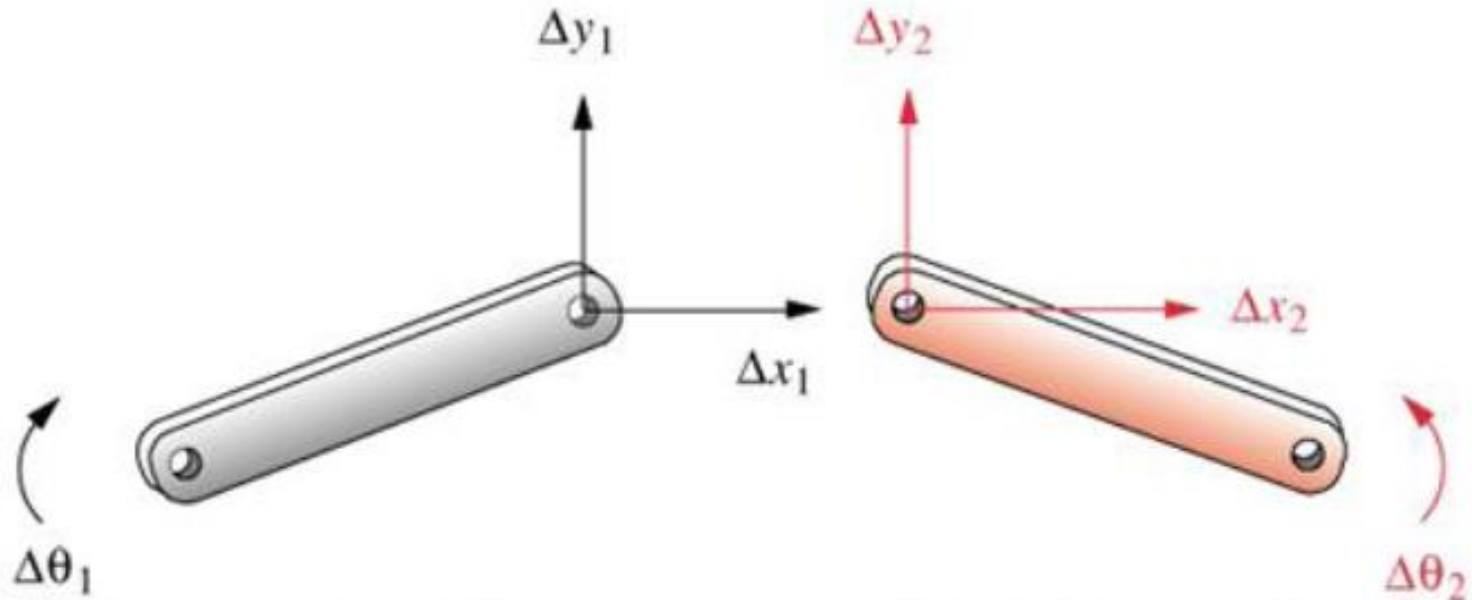


Düzleme Karşı
Hareketli Çubuk
kuvvet kapalı



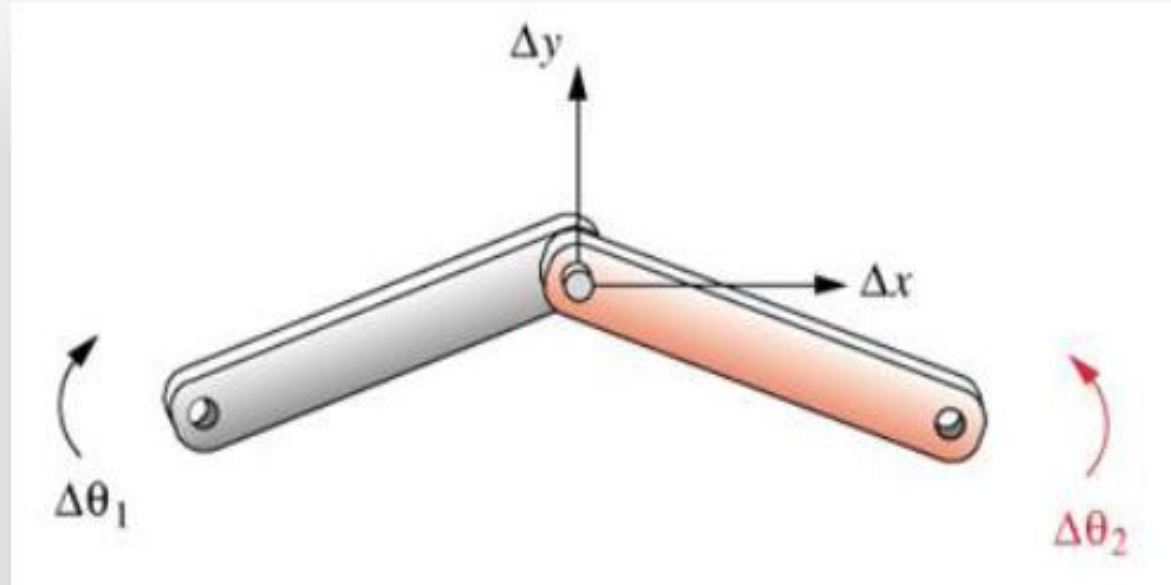
Slot İçerisinde
Mafsal
Kapalı Şekil

MAFSAL ÇEŞİTLERİ



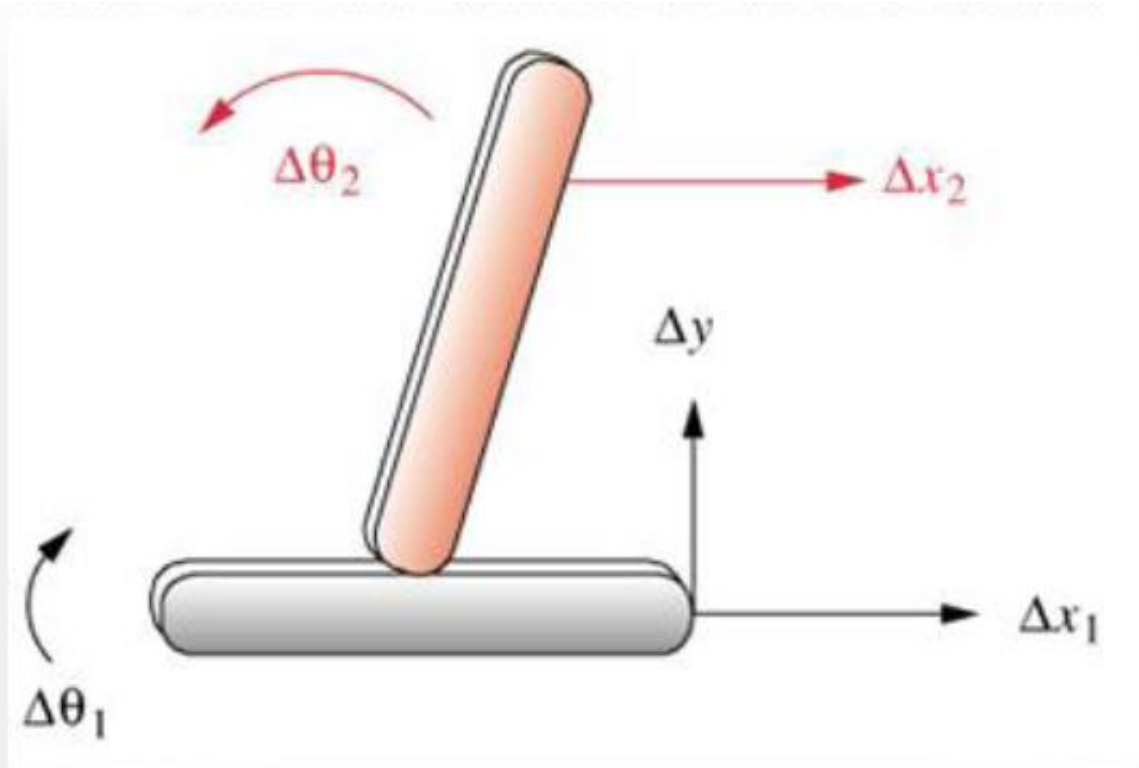
İki birbirinden bağımsız uzuv 6 serbestlik derecesine sahiptir. $DOF=6$

MAFSAL ÇEŞİTLERİ



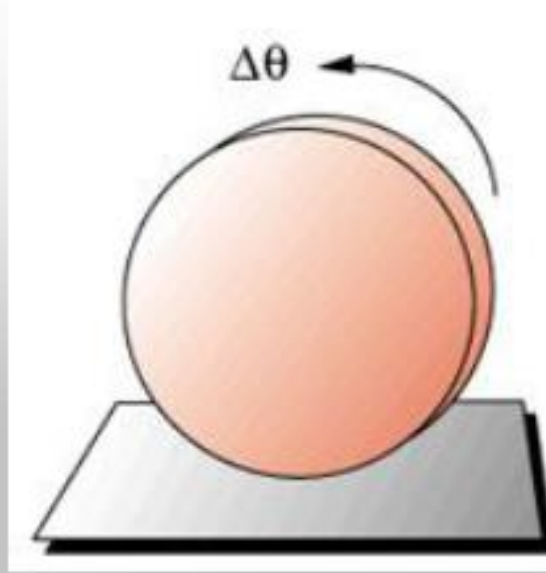
Tam bağlantı ile mesnetlenmiş ikili uzuv 4 serbestlik derecesine sahiptir. $DOF=4$
Bağlantılar serbestlik derecesini kaldırmaktadır.

MAFSAL ÇEŞİTLERİ



Birbirlerine Dönme ve Kayma bağlantısıyla
bağlanmış iki uzuv DOF=5

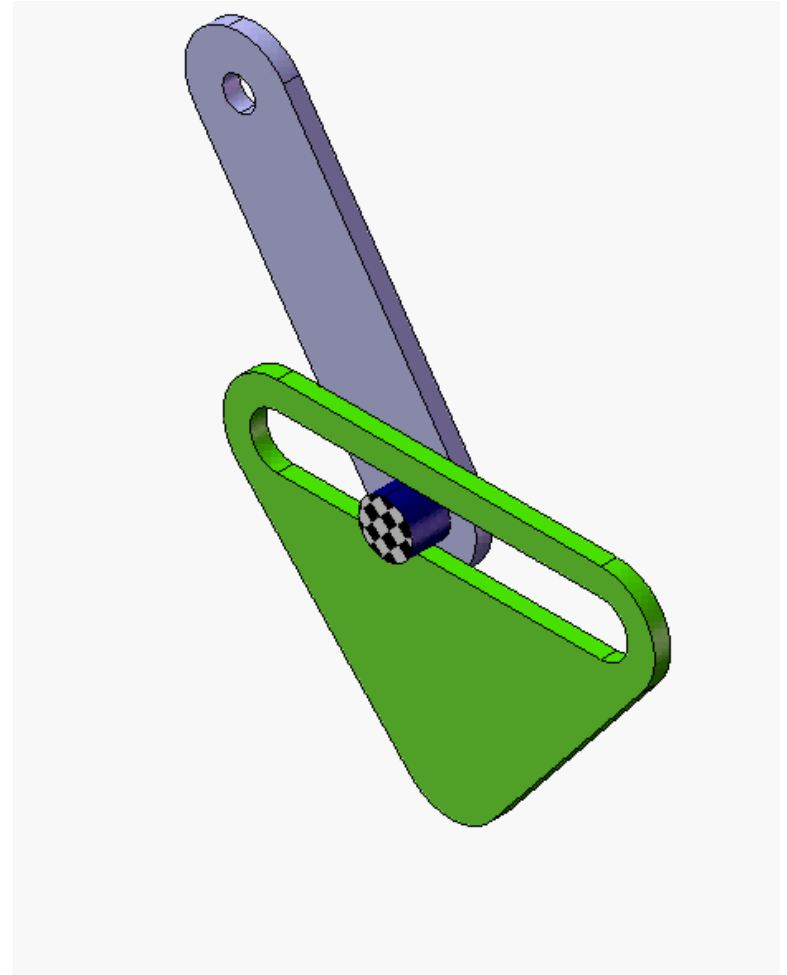
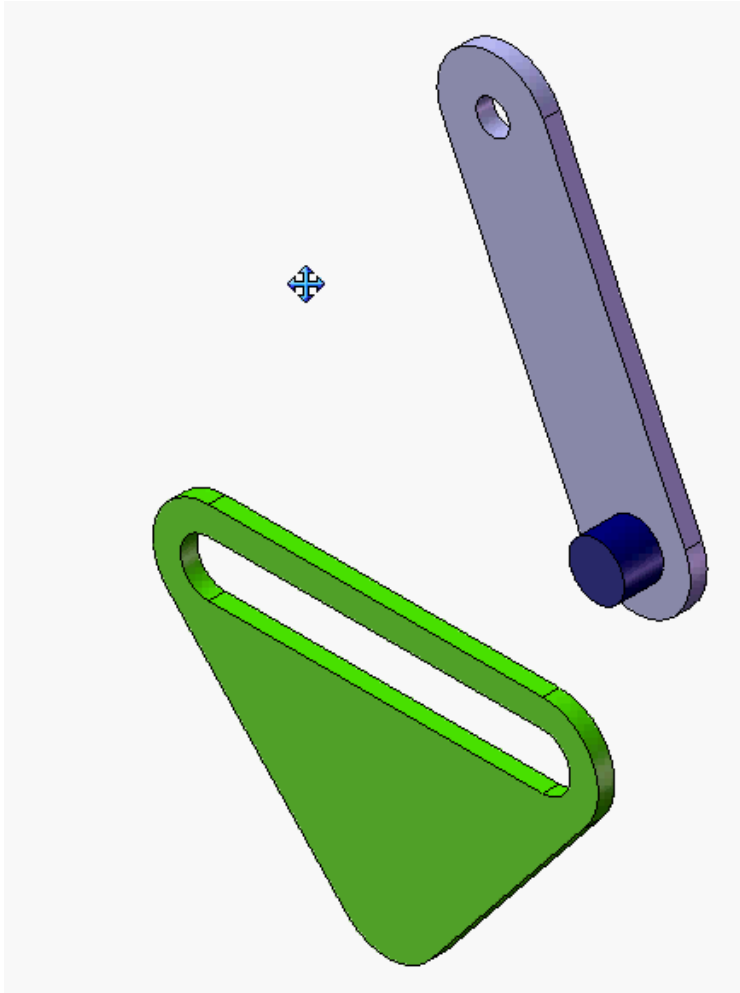
MAFSAL ÇEŞİTLERİ



Sürtünmeye bağlı olarak sadece Dönme, sadece Kayma veya Kayma ve Dönmeyi beraber yapabilir. Yüksek Eleman Çifti(2 Serbestlik dereceli)

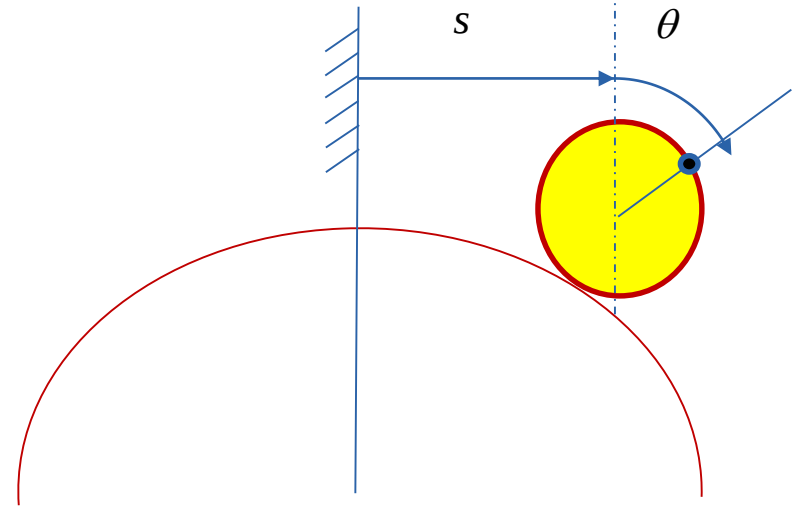
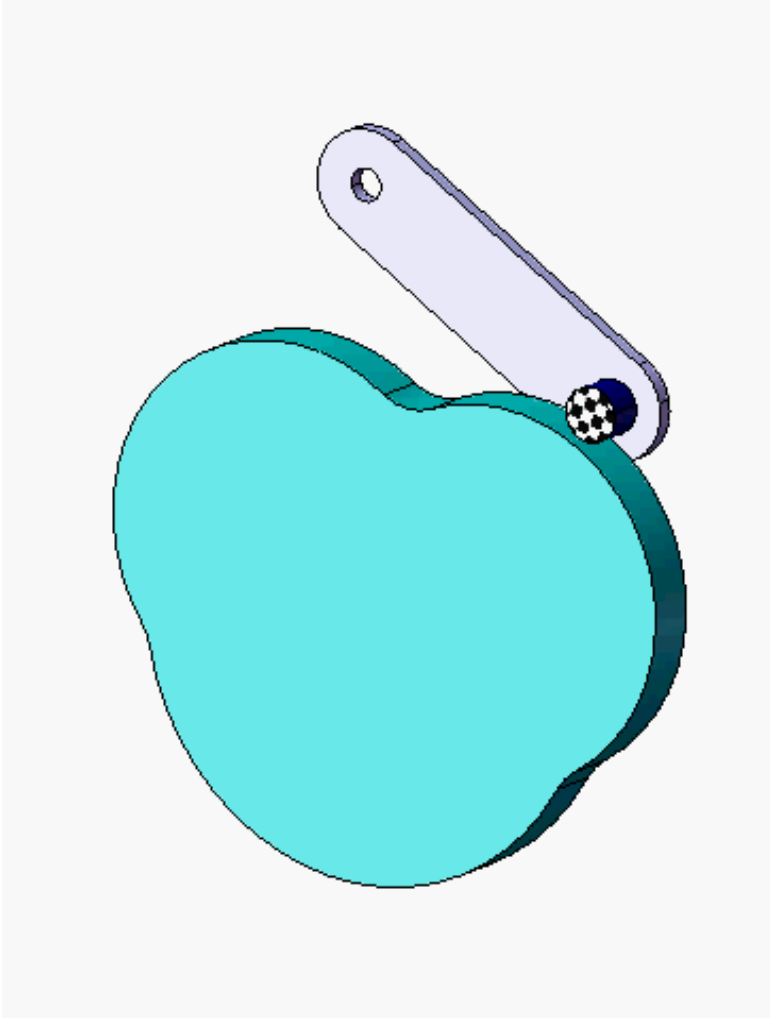
Çatal Mafsal (Kayar-Döner çift)

Serbestlik derecesi 2



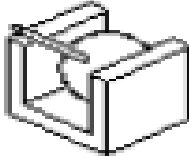
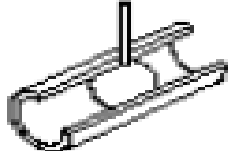
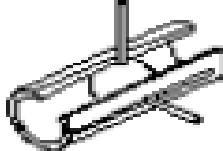
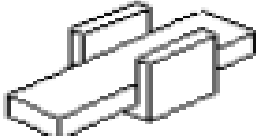
Kam Çifti

Serbestlik derecesi 2

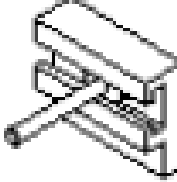
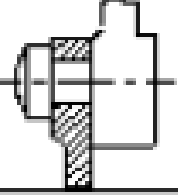
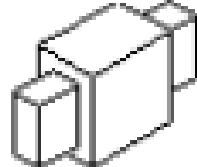


Kayarak yuvarlanma

MAFSAL TÜRLERİ

SERBESTLİK DERECESİ	DÖNME SERBESTLİĞİ	ÖTELEME SERBESTLİĞİ	İSİM	ŞEKİL KAPALI
5	3	2	<i>Paralel düzlem- küre çifti</i>	
4	3	1	<i>Küre-silindır çifti</i>	
	2	2	<i>Paralel düzlem-silindır çifti</i>	
3	3	0	<i>Küre-kabuk çifti</i>	
	2	1	<i>Kamalı küre-silindır çifti</i>	
	1	2	<i>Düzlem çifti</i>	

MAFSAL TÜRLERİ

2	2	0	<i>Kamalı küre-kabuk çifti</i>	
	2	0	<i>Torus</i>	
	1	1	<i>Silindir çifti</i>	
	1	1	<i>Kamalı silindir</i>	
1	1	0	<i>Döner çift</i>	
	0	1	<i>Kayar çift</i>	

Düzlemsel Hareket

Düzlemsel hareket 3 şekilde ele alınabilir.

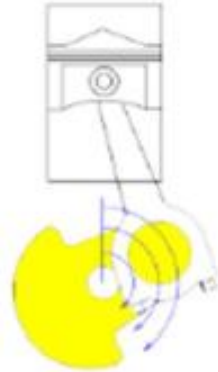
- ❑ **Dönme Hareketi:** Cismin üzerindeki tüm noktalar hareket boyunca dairesel yörünge çiziyorsa cisim dönüyor demektir. Krank-biyel mekanizmasında krankın hareketi gibi.
- ❑ **Öteleme Hareketi:** Cismin üzerindeki tüm noktalar hareket boyunca doğru çiziyorsa cisim öteleniyor demektir. Krank-biyel mekanizmasında Pistonun hareketi bu şekildedir.
- ❑ **Dönme + Öteleme Hareketi:** Her iki hareketin beraber olduğu hareketlerdir. Yine krank-biyel mekanizmasında biyelin hareketi bu şekildedir.

Düzlemsel Hareket

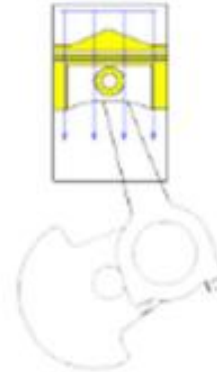
- **Dönme Hareketi**, cismin üzerindeki tüm noktalar hareket boyunca dairesel yörünge çiziyorsa cisim dönüyor demektir. Krank-biyel mekanizmasında krankın hareketi gibi.
- **Öteleme Hareketi**, cismin üzerindeki tüm noktalar hareket boyunca doğru çiziyorsa cisim öteleniyor demektir. Krank-biyel mekanizmasında Pistonun hareketi bu şekildedir.
- **Dönme+Öteleme Hareketi**, her iki hareketin beraber olduğu hareketlerdir. Yine krank-biyel mekanizmasında biyelin hareketi bu şekildedir.



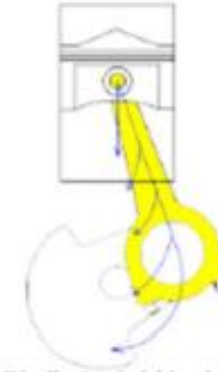
Krank-biyel mekanizması



Krankın her noktası dairesel hareket yapar



Pistonun her noktası doğrusal hareket yapar



Biyelin üzerindeki noktalar doğrusal ve dairesel hareketleri beraber yapar

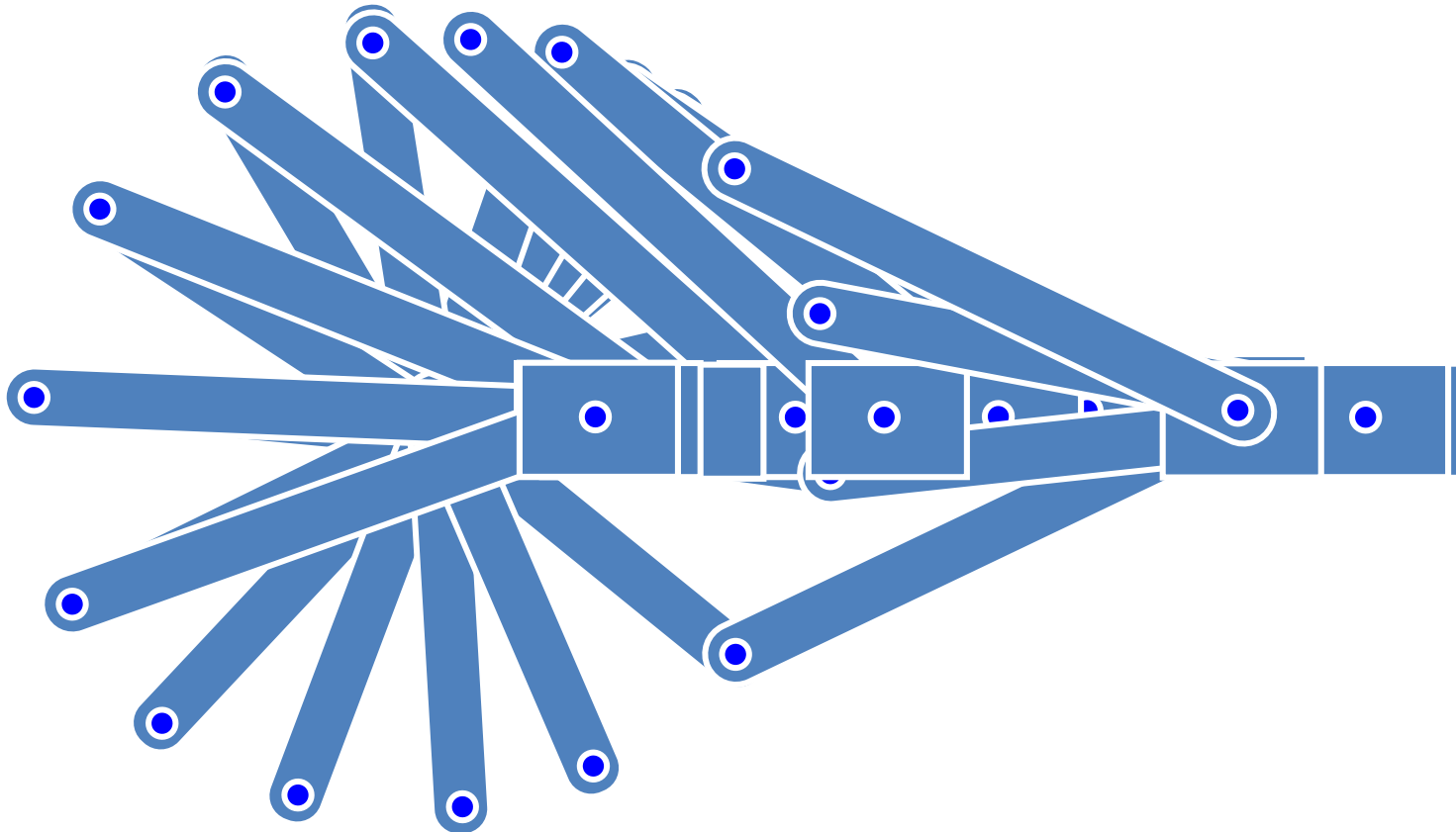
Düzlemsel Hareketler

Düzlemsel Hareketler

Dönel

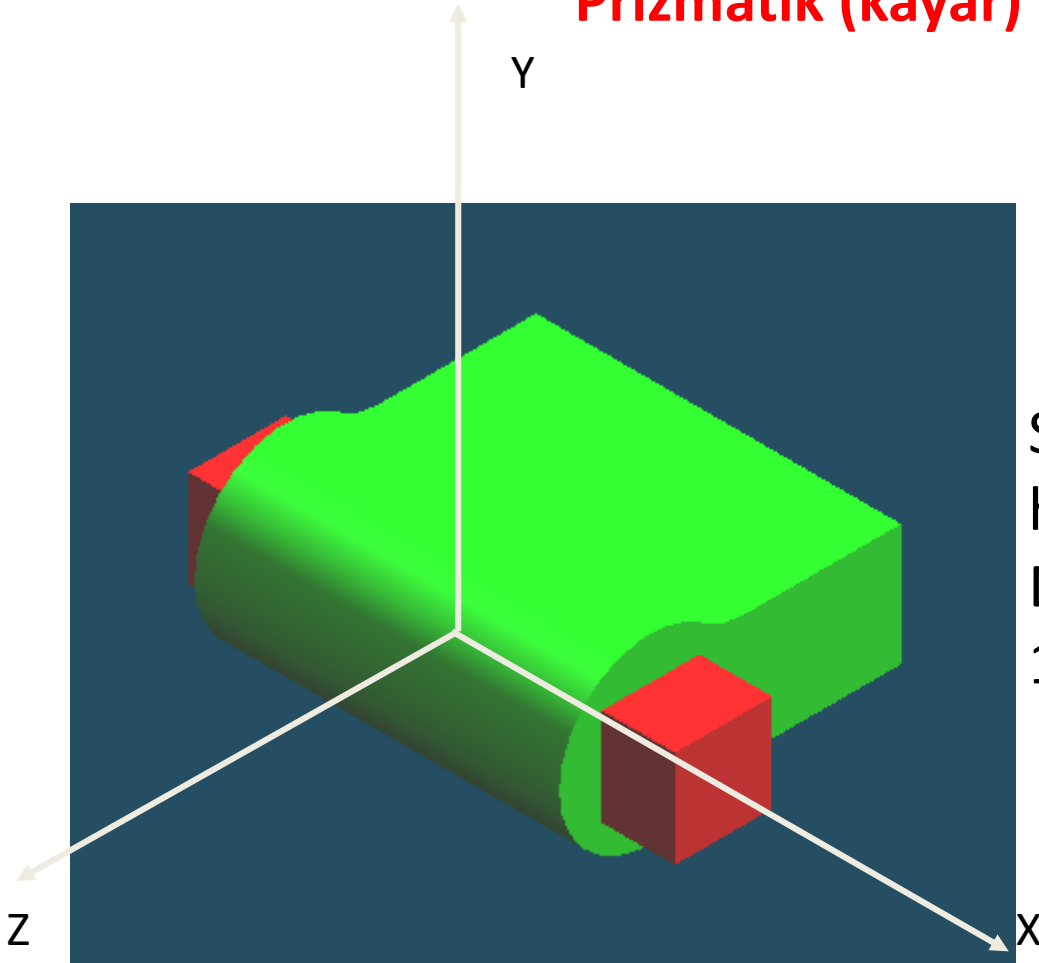
Öteleme

Dönel+Öteleme



Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

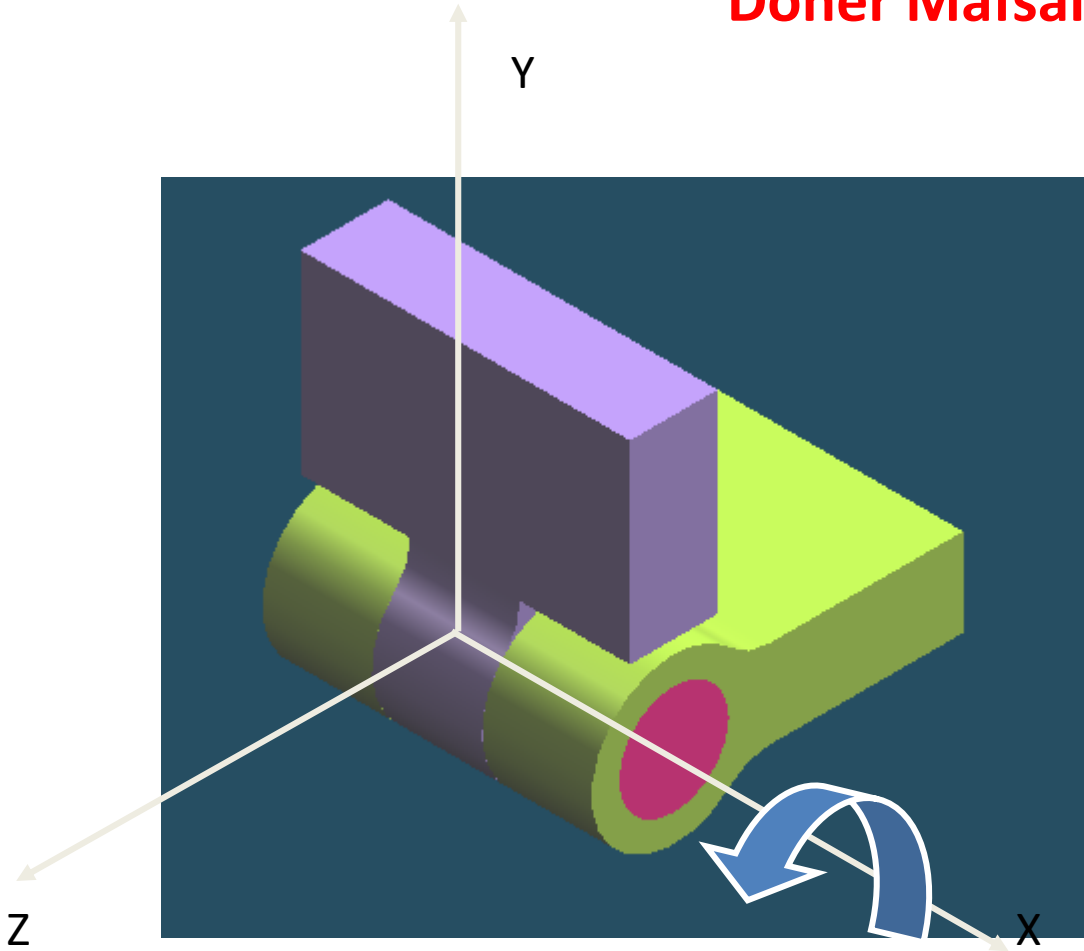
Prizmatik (kayar) Mafsal



Sadece X eksenini üzerinde hareket edebilmektedir. Dolayısıyla Serbestlik derecesi 1' dir.

Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

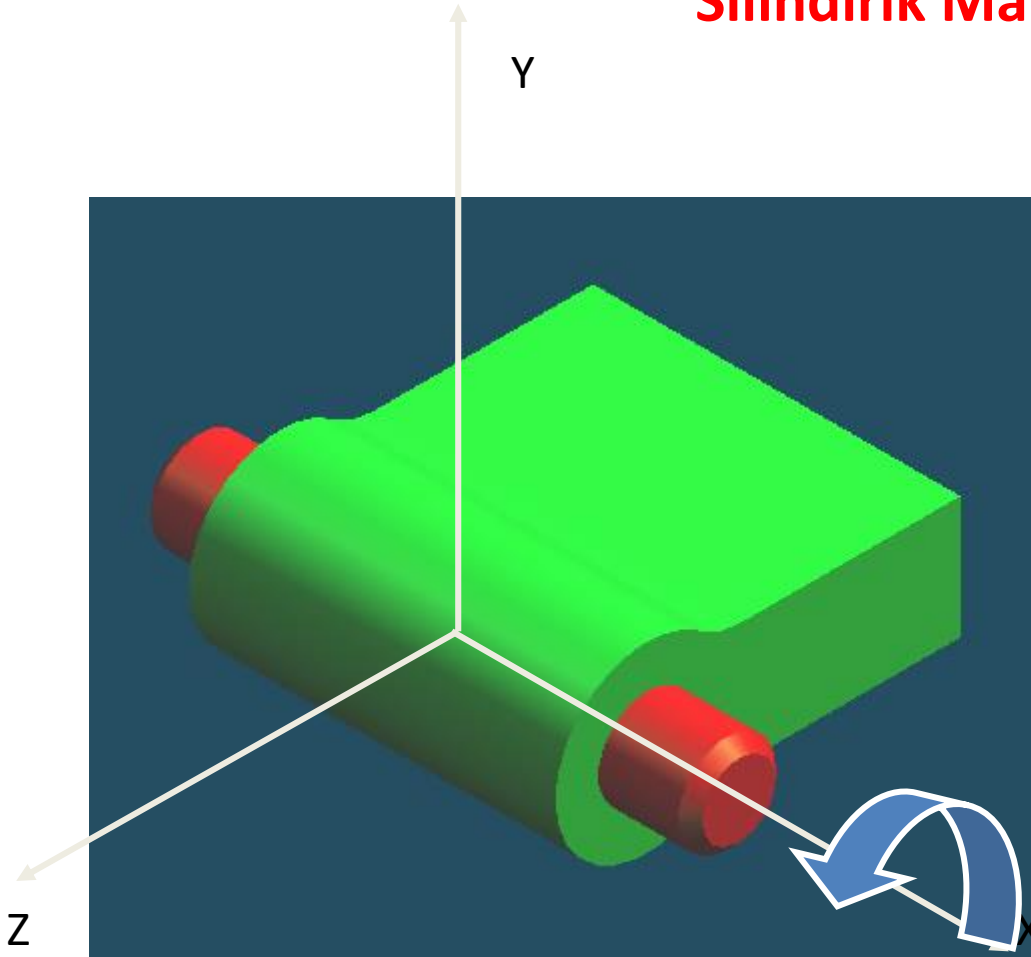
Döner Mafsal



Sadece X ekseninde dönmeye vardır. Dolayısı ile Serbestlik derecesi 1' dir.

Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

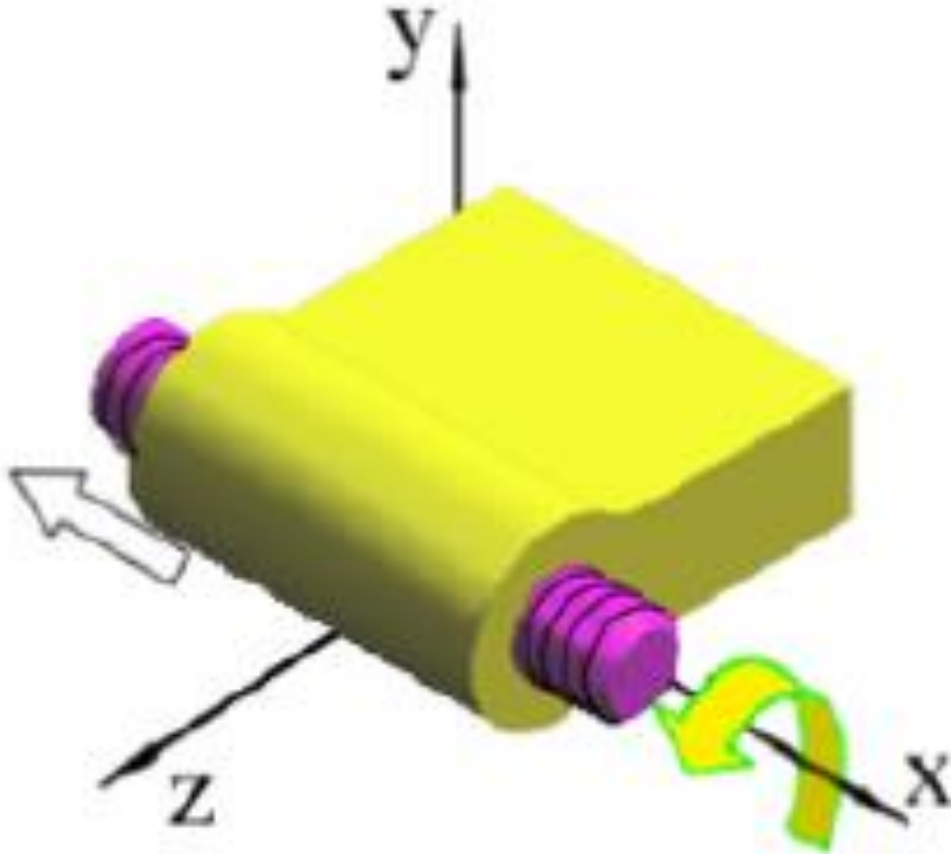
Silindirik Mafsal



Sadece X ekseninde dönmeye ve öteleme yapabilir. Dolayısı ile Serbestlik derecesi 2' dir.

Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

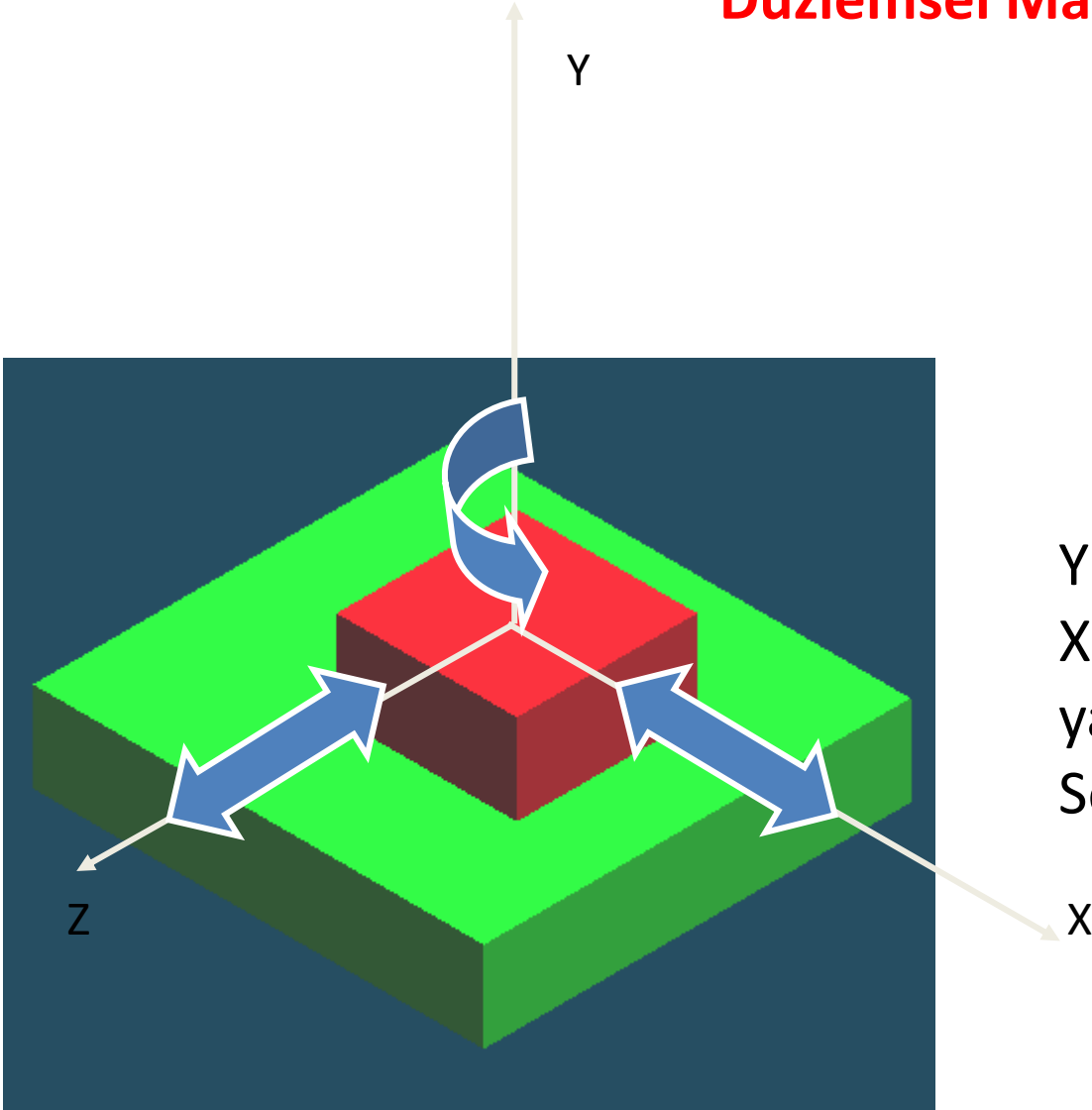
Vida Mafsal



Sadece X ekseninde dönmeye ve öteleme yapabilir. Ancak dönme ve öteleme hareketi arasında doğru bir ilişki söz konusudur. Dolayısı ile Serbestlik derecesi 1' dir.

Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

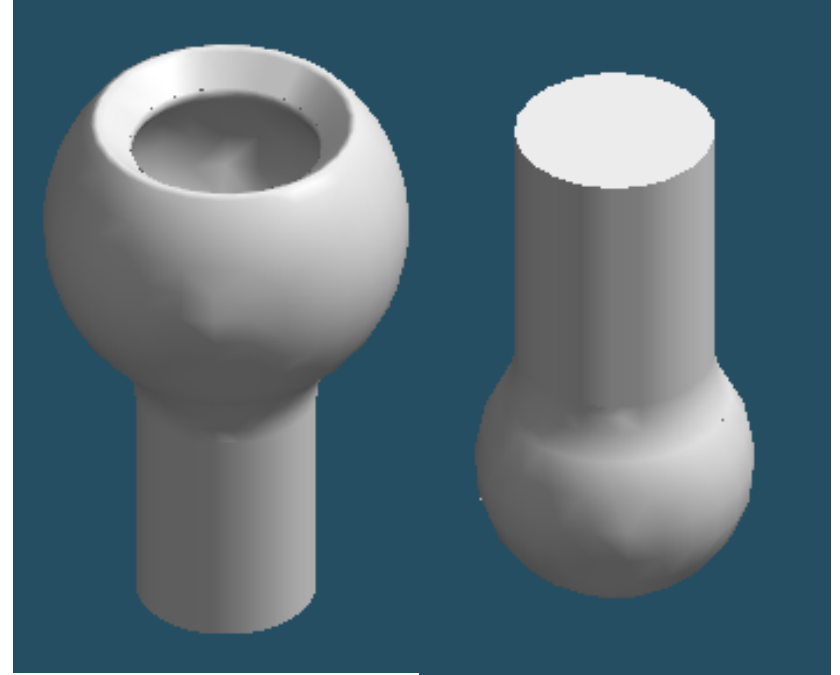
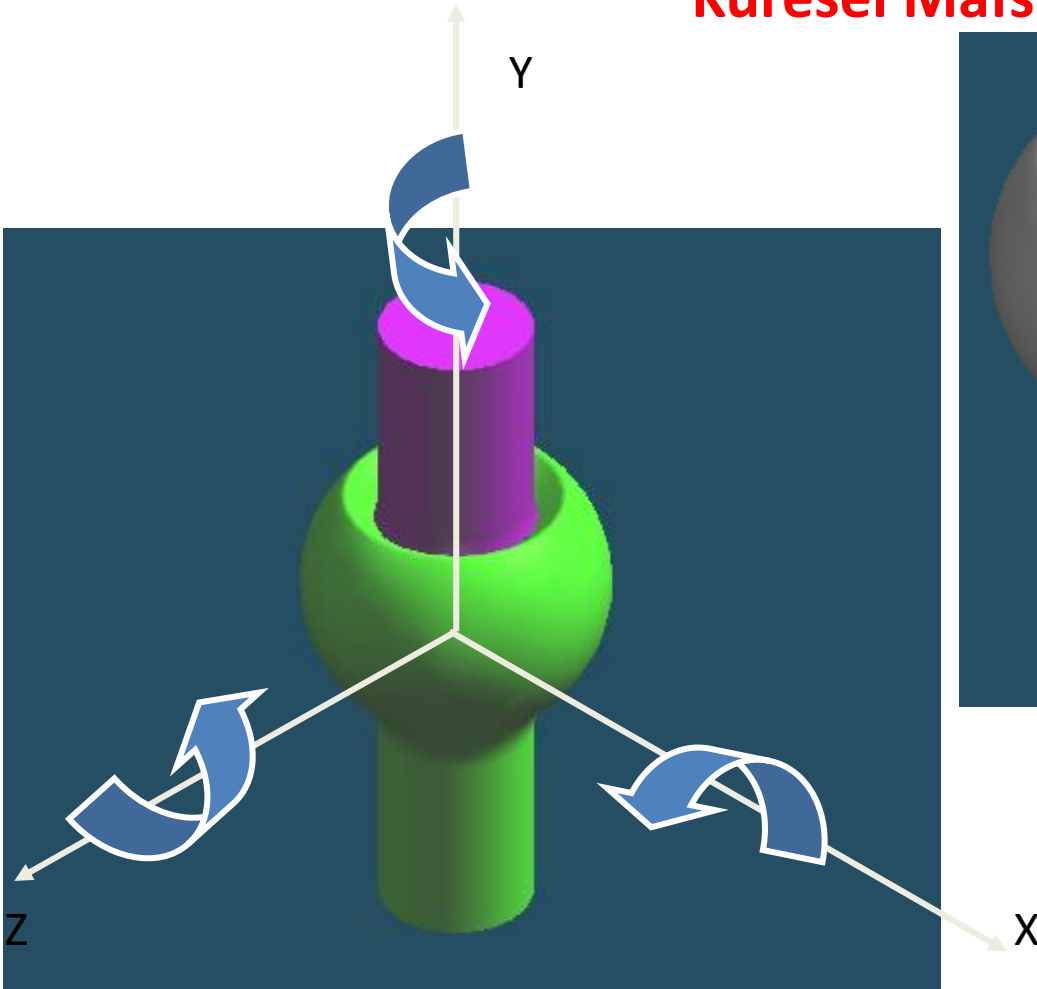
Düzlemsel Mafsal



Y ekseninde dönme ve X, Z ekseninde boyunca öteleme yapabilir. Dolayısıyla Serbestlik derecesi 3' dür.

Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

Küresel Mafsal



X, Y ve Z eksenlerinde dönme yapabilir. Dolayısı ile Serbestlik derecesi 3' dür.

Mafsal Derecesinin Bulunması

Bir kinematik çift (mafsal) ile birleştirilen rijit cisimlerin birbirlerine göre konumlarını belirlemek için gerekli olan bağımsız parametre sayısı "**mafsal serbestlik derecesi**" olarak adlandırılır.

Mekanizmalarda, asıl önemli olan kinematik çiftin (mafsalın) serbestlik derecesidir. Şekil hiçbir suretle önemli değildir. Çok değişik şekillere sahip olabilirler.

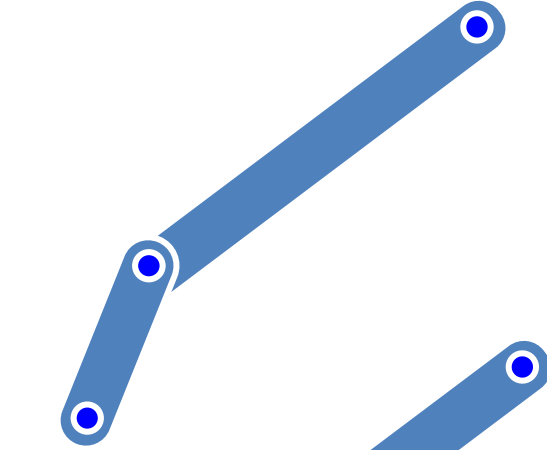
Birkaç kinematik eleman bir arada bağlanırsa, aralarında kinematik eleman sayısından bir eksik mafsal var demektir.

İki kinematik eleman $\Rightarrow$ 1 mafsal

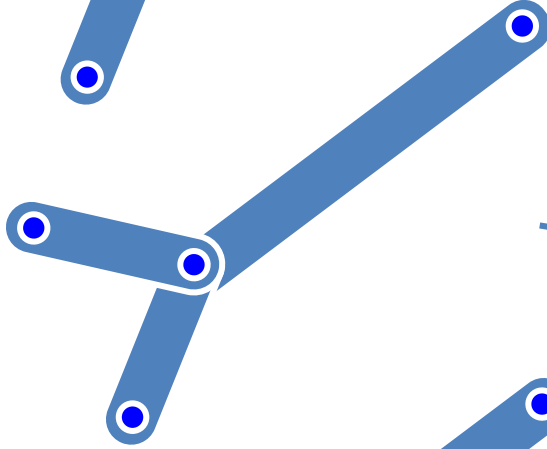
Üç kinematik eleman $\Rightarrow$ 2 mafsal

Dört kinematik eleman $\Rightarrow$ 3 mafsal olur.

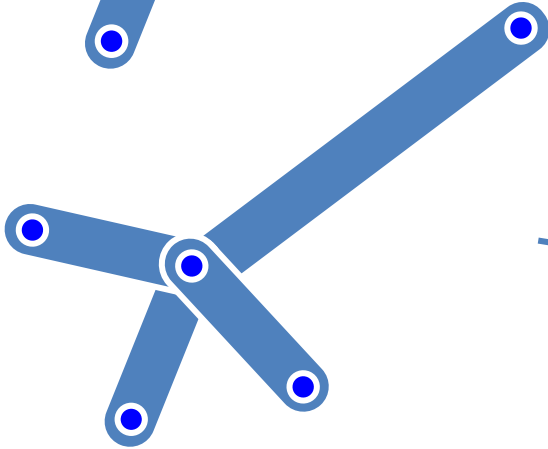
Mafsal Derecesinin Bulunması



Bir dereceli mafsal



İki dereceli mafsal



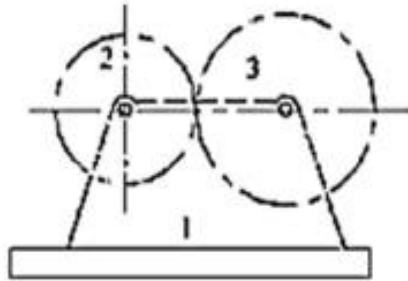
Üç dereceli mafsal

Mafsal derecesi=uzuv sayısı-1

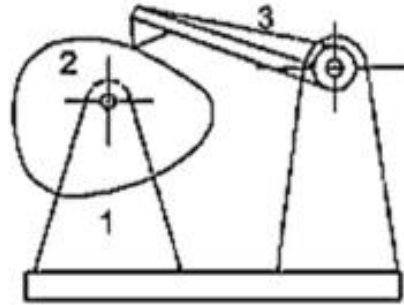
Mekanizmaların Sınıflandırılması

■ Uzun şekillerine göre sınıflandırma

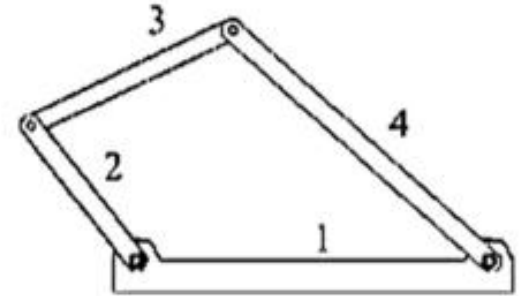
Mekanizmanın üzerindeki en önemli uzvun tipine göre gruplandırma yapılabilir.



Çark mekanizmaları



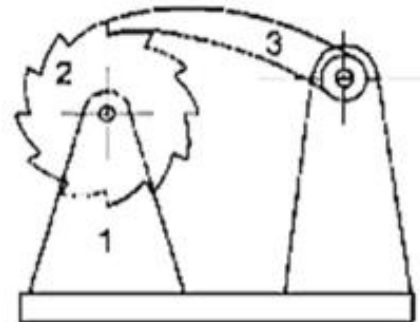
Kam mekanizmaları



Kol mekanizmaları



Kayış ve kasnak mekanizmaları



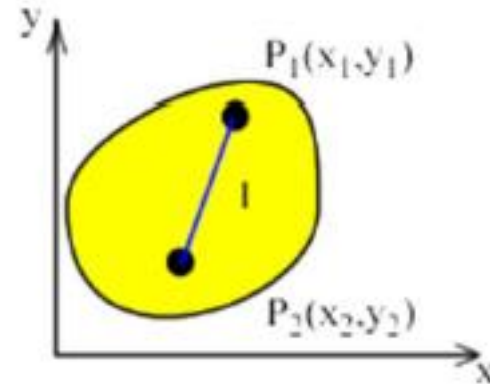
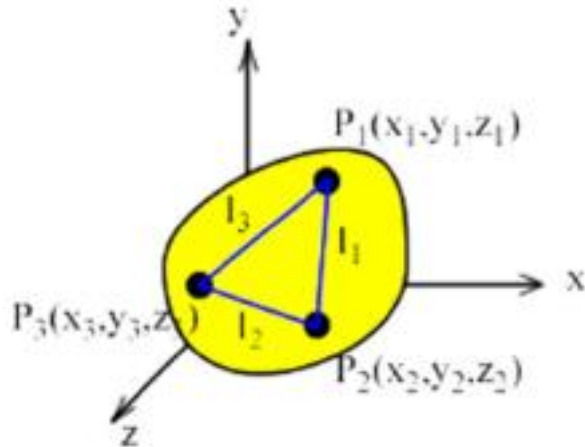
Mandal mekanizmaları

Serbestlik Derecesi

- Bir cismin uzaydaki yada düzlemdeki konumunu belirlemek için gerekli bağımsız parametre sayısıdır.
- Aynı şekilde Kinematik çiftlerinde konumlarını belirlemek için serbestlik derecesinden bahsedebiliriz. Serbestlik derecesi o sistemin hareketlerini tümüyle kontrol edebilmek için gerekli olan parametre sayısıdır.
- Farklı bir ifade ile sistemi kontrol etmek için gerekli olan motor sayısını da verir. Üç serbestlik dereceli bir sistemin tüm hareketlerini kontrol edebilmek için en az üç motor gerekir.

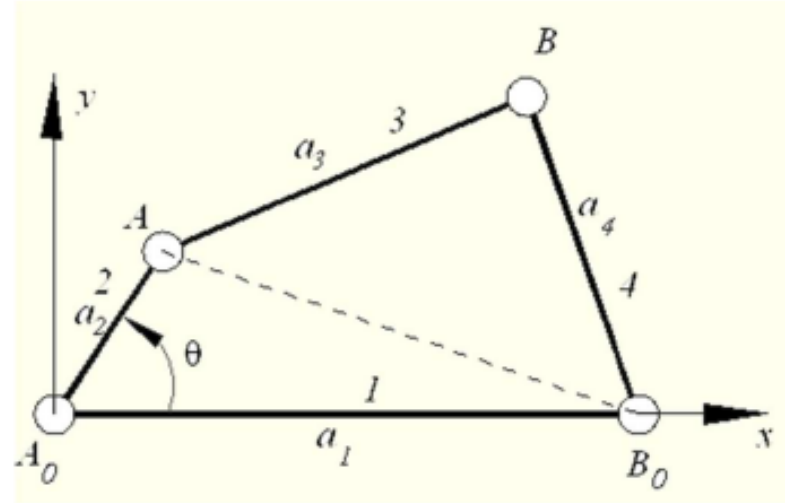
■ Uzayda Bir Cismin Serbestlik Derecesi

■ Düzlemde Bir Cismin Serbestlik Derecesi



Mekanizma Tekniği

Bir mekanizmanın serbestlik derecesi, bir mekanizmada bulunan tüm uzuvların konumunu belirlemek için gerekli olan parametre sayısıdır.



θ açısı değeri verildiğinde her bir uzuv üzerinde iki noktanın konumu (A_0B_0 (1 uzvu), A_0A (2 uzvu), AB (3 uzvu) ve BB_0 (4 uzvu)) bulunabildiğine göre, bu mekanizmada bulunan tüm uzuvların konumunu belirlemek için sadece bir parametre gerekmektedir.

Öyle ise, dört-çubuk mekanizmasının serbestlik derecesi 1' dir.

Grashof teoremi

Grashof teoremi; dört uzuvlu döner mafsallı bir zincirden kinematik yer değişim ile elde edilebilecek dört çubuk mekanizmalarının yapacağı hareketleri uzuv boylarına bağlı olarak belirler.

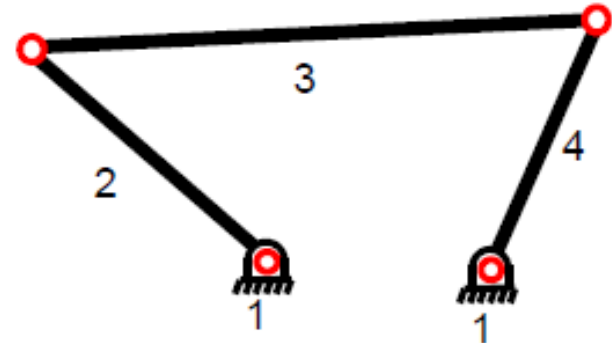
S: En kısa uzvun boyu

L: En uzun uzvun boyu

P,Q: Kalan diğer iki uzvun boyları olmak üzere

Eğer

$$S + L \leq P + Q$$



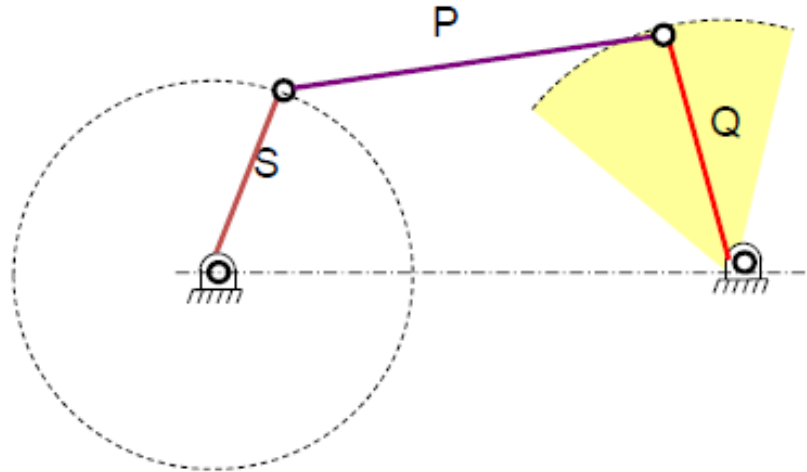
ise mekanizma Grashof 'tur denilir ve en az bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme** yapar.

Şayet bu eşitlik doğru değil ise mekanizma Grashof değildir denilir ve hiç bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme yapamaz**.

Dört çubuk mekanizmasının yapacağı hareket Grashof teoremi ve seçilen kinematik yer değişime bağlı olacaktır. En küçük uzva göre ters dönüşümler belirlenecek olursa:

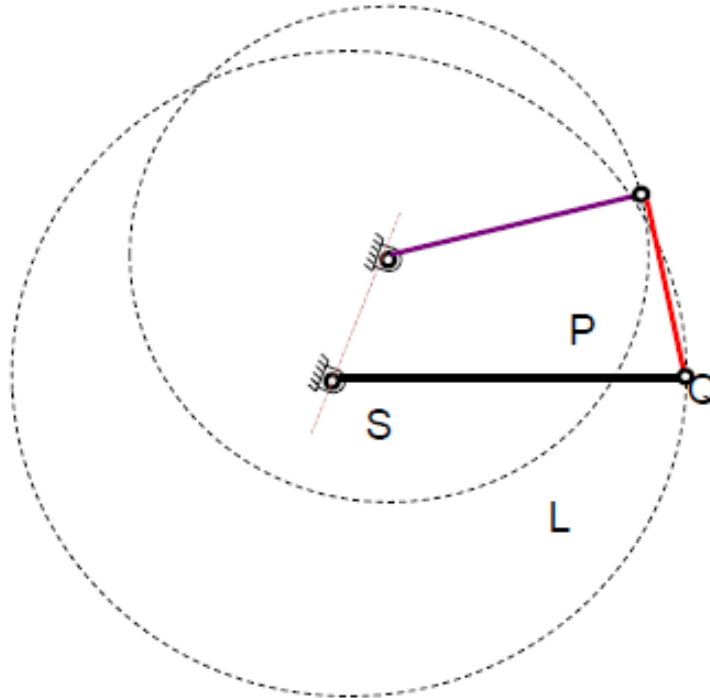
$$\text{I. } S + L < P + Q :$$

❖ Sabit uzuv en kısa uzva komşu ise **kol-sarkaç** elde edilir. En kısa uzuv tam dönme ve sabit uzva bağlı diğer uzuv ise sarkaç hareketi yapar.



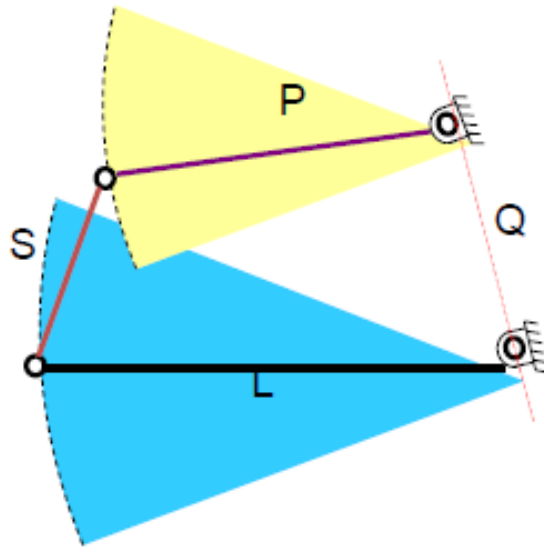
Dört çubuk mekanizmasının yapacağı hareket Grashof teoremi ve seçilen kinematik yer değişime bağlı olacaktır. En küçük uzva göre ters dönüşümler belirlenecek olursa:

$$\text{I. } S + L < P + Q :$$



❖ Sabit uzuv en kısa uzuv olursa **çift kol** mekanizması elde edilir. Sabit uzva bağlı uzuvların ikisi de tam dönme yapar.

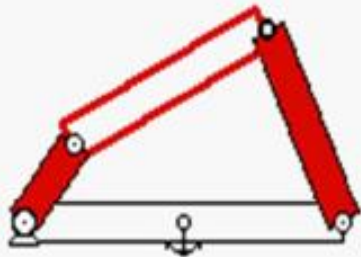
Dört çubuk mekanizmasının yapacağı hareket Grashof teoremi ve seçilen kinematik yer değişime bağlı olacaktır. En küçük uzva göre ters dönüşümler belirlenecek olursa:



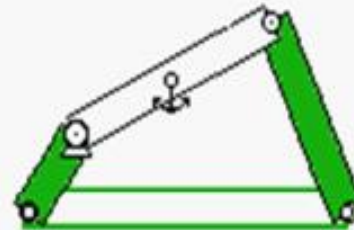
$$\text{I. } S + L < P + Q :$$

❖ Sabit uzuv en kısa uzvun karşısında ise **çift sarkaç** elde edilir.

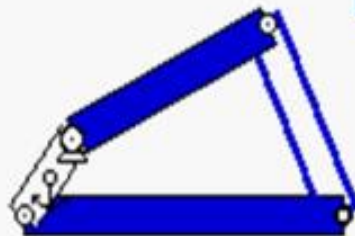
All inversions of the Grashof fourbar linkage



Kol - Sarkaç Kol
Mekanizması



Çift Kol Mekanizması



$$\text{II. } S + L > P + Q :$$

❖ Hangi uzuv sabit olursa olsun sadece değişik salınım açıları olan **çift sarkaç** mekanizmaları elde edilir.

$$\text{III. } S + L = P + Q :$$

❖ Bu durumda kol-sarkaç, çift-kol ve çift sarkaç mekanizmaları elde edilebilir. Ancak tüm uzuvların bir doğru üzerinde olduğu **kritik bir konum** oluşmaktadır. Bu kritik konumda krankın hafif bir sapması durumunda diğer iki uzvun nasıl hareket edeceği bilinemez.