

MEKANİZMA TEKNİĞİ (1. Hafta)

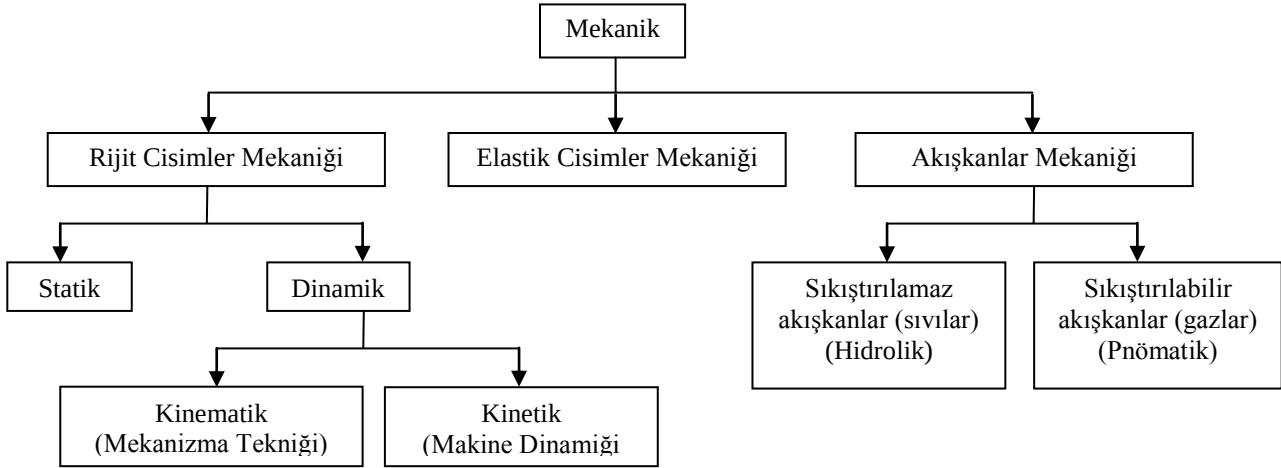
TEMEL KAVRAMLAR

Giriş

Günlük yaşamımızda çok sayıda makina kullanılmaktadır. Bu makinalar birçok yönüyle hayatımızı kolaylaştırmakta, yaşam kalitemizi artırmaktadır. Zaman geçtikçe makinalar değişime uğrasa da temel yapılarında fazla bir değişim gözlenmemektedir. Değişim daha çok makinalar üzerine eklenen, kendi kendini kontrol edebileceği otomatik ve akıllı sistemler yönünde olmaktadır. Bu yönüyle de tüm makinalar, mekatronik sistemlere doğru bir geçiş ve gelişim içerisinde bulunmaktadır.

Bu ders kapsamında makinaları bir alt bileşenlere ayırdığımızda ortaya çıkan mekanizmaların, hareketli mil ve volan gibi elemanların dinamik hesaplamaları yapılacaktır. Dinamik hesaplar iki kısımda ele alınabilir. Hareketi tanımlayan konum hız ve ivmelerin hesabı (kinematik) ve hareketi neden olan kuvvet ve momentlerin hesabı (kinetik). Dinamik sistemler ile statik sistemlerin farkı, hareketli sistemde bulunan ivmeler nedeniyle ortaya çıkan atalet kuvvetleridir. Statik kuvvetlerin üzerine bu kuvvetlerde eklendiği zaman dinamik kuvvetler olmuş olur. Atalet kuvvetlerinin hesabı için ivmelerin bilinmesi gerekir. İvmelerin hesabı içinde konum ve hızdan başlayarak tüm hesapların yapılması gerekir.

Günümüzde mühendislik artık analitik hesaplar yerine daha çok sonlu elemanlar yöntemini kullanan paket programlar ile yapılmaktadır. Burada hesaplanan değerler Ansys sonlu elemanlar programının sonuçları ile de karşılaştırılarak çözümlerin doğrulanması yapılacaktır. Ayrıca belli



Makina

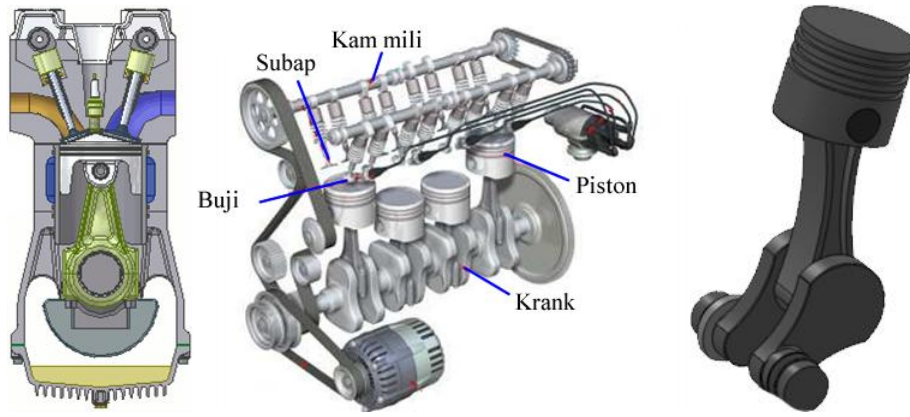
Bir enerjiyi alıp başka bir enerjiye dönüştüren, yada almış olduğu enerji ile iş yapabilen sistemlerdir. Bu tanım ile sadece ısı işlem yada bilgi işlemi yapan makinalar tam olarak makina sayılmazlar. Makina, içerisinde mekanizmaların bulunduğu hareketli sistemlerdir. Makinalar kendi kendine hareketini devam ettirebilen sistemlerdir. Bir makina belli özel bir amaç için üretilmiştir.

Örneğin içten yanmalı bir motor makinedir. Yakıttan almış olduğu kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Elde edilen mekanik enerji taşıtlarda kullanılarak yük ve insan taşınması sağlanır ve bir iş yapılmış olur (iş için kuvvet ve yerdeğişimi olması gerekir). Kaloriferde kullanmak üzere suyu ısıtan bir kazan tam olarak bir makina sayılmaz. Yada kullandığımız bilgisayarlar yine tam olarak bir makina sayılmazlar.

Mekanizma

Bir hareketi alıp, başka bir harekete dönüştüren, yada hareketi ileten sistemlerdir. Rijit cisimlerin (şekli değişmeyen) ve mafsalların birleştirilmesi ile elde edilir. Kendi kendine hareket edemezler. Bir mekanizma genel bir amaç için üretilmiştir. Aynı mekanizma bir çok makinede farklı görevler için kullanılabilir.

Örneğin motordaki bir krank-biyel mekanizması doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştüren bir mekanizmadır. Ayrıca subapları hareket ettiren kam mili ve ona bağlı uzuvlar bir mekanizmadır. Kam milindeki dönme hareketi subaplarda doğrusal harekete dönüşmektedir. Ayrıca krank ve kam milini birbirine bağlayan kayış –kasnak sistemi (triger kayışı) de bir mekanizmadır. Dönme hareketi kranktan alıp kam miline taşımaktadır (ayrıca ek bir çok sistemi daha çalıştırmaktadır).

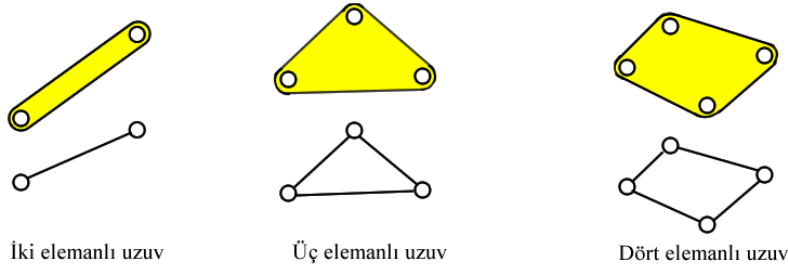


Uzuv

Mekanizmayı oluşturan, üzerinde kuvvet ve moment taşıyabilen rijit parçalara uzuv denir. Aynı ayrı parçalar bir araya gelip sabit bir şekilde bağlanırsa ve kendi aralarında izafi hareketleri yoksa bu parçaların birleşmiş hali tek bir uzuvdur.

Örneğin krank biyel mekanizmasındaki silindir, piston, biyel, krank birer uzuvdur. Silindir; içerisinde oluşan basıncı tutar. Piston; üzerindeki basıncı kuvvete dönüştürür. Biyel; aldığı kuvveti diğer ucundan kranka aktarır. Krank ise almış olduğu çevresel kuvveti momente dönüştür.

Bir katı cismin üzerinde bulunan Kinematik Elemanların sayısına göre uzuvlar isimlendirilebilir.

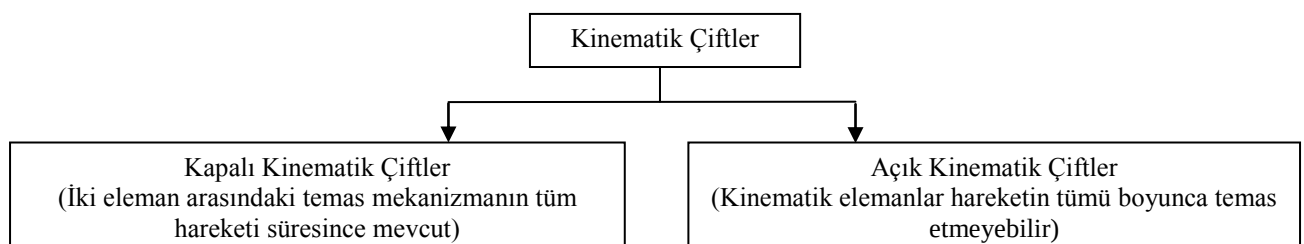
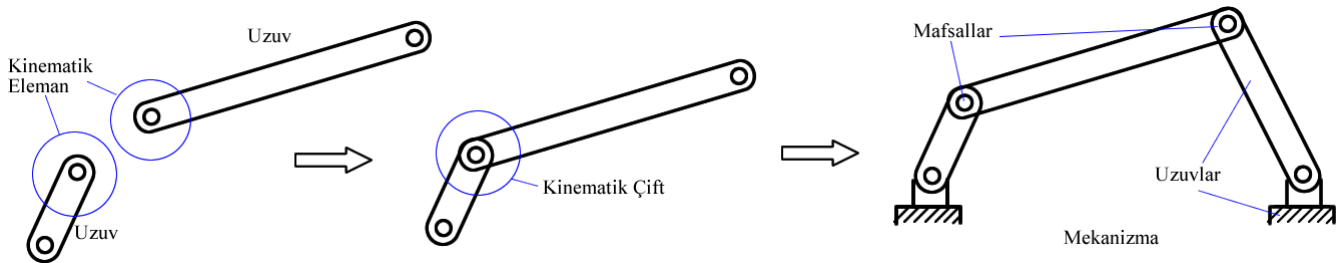


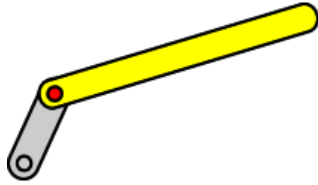
Kinematik Eleman

Uzuvların birbirine göre bağıl hareket yapabilecek şekilde bağlamak için kullanılan uzvun bir kısmına Kinematik Eleman denir.

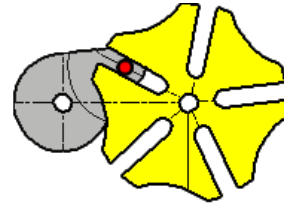
Kinematik Çift (Mafsal)

Mekanizmayı oluşturan uzuvlar, Kinematik Eleman olarak adlandırılan mafsal yada temas noktalarından birbirine bağlanarak Kinematik Çifti oluşturur. Mafsal kelimesi kinematik çift kavramını tam olarak karşılamaz. Kinematik çift içerisinde noktasal, çizgisel ve yüzey temaslarının tamamını bulundurmaz. Mafsal ise dönel bir şekilde bağlanan yüzey temaslarını içerir. Bir mekanizmayı diğerlerinden ayıran özellik rijit uzuvlardan daha çok kinematik çiftlerdir. Mafsal noktalarındaki hareket serbestlikleri, bu noktalarda cisimlerin birbirlerine göre bağıl hareketleri, her bir mekanizmayı diğerlerinden ayıran özellikleri oluşturur. İki uzuv arasında her temas kinematik çift değildir. İki uzuv arasında sadece 1 tane kinematik çift bulunabilir.



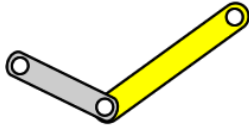


Kapalı kinematik çift

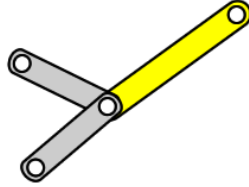


Açık Kinematik Çift

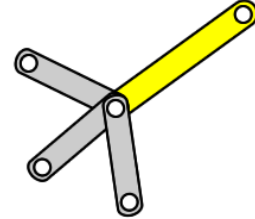
Mafsal noktasında bağlı olan elemanların sayısına göre isimlendirme yapılır ve buna Mafsal Derecesi denir. Mafsal derecesi= Uzunluk Sayısı -1 olarak hesaplanır.



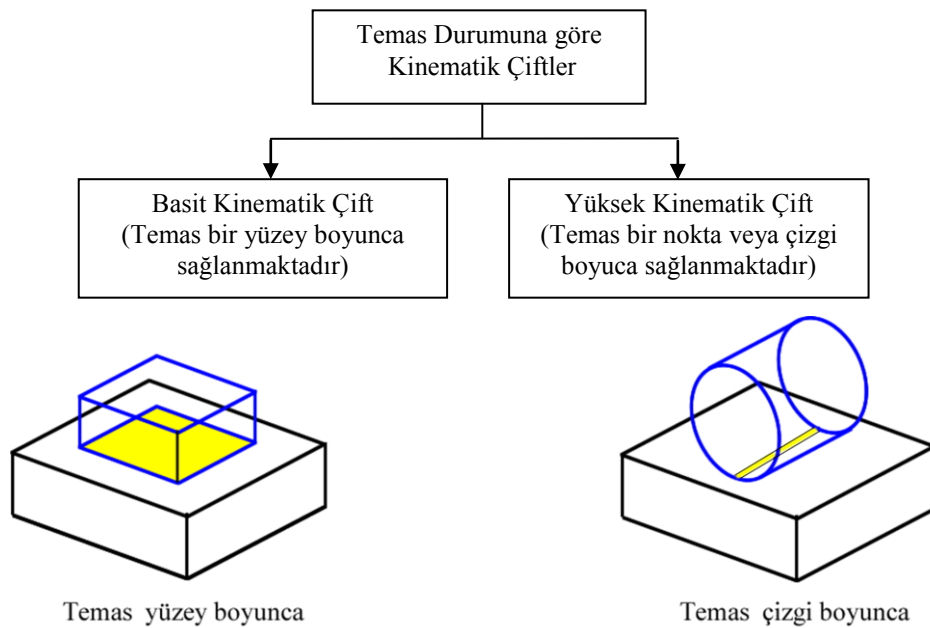
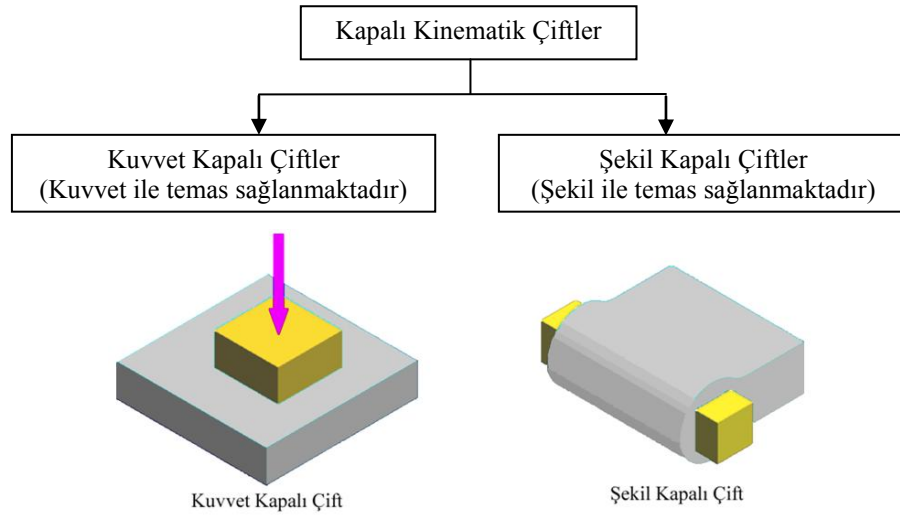
Bir dereceli mafsal



İki dereceli mafsal

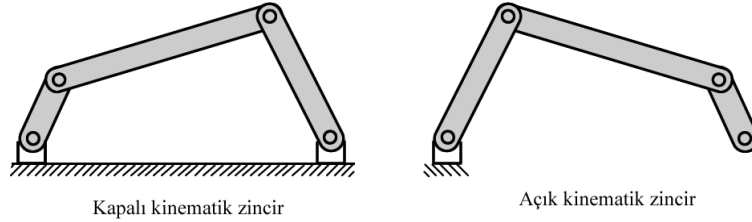


Üç dereceli mafsal



Kinematik Zincir

Birbirine kinematik çiftlerle bağlanmış uzuvlar bir zincir oluşturacaktır. “Kapalı kinematik zincir” ve “Açık kinematik zincir” şeklinde iki grupta ele alınabilir.

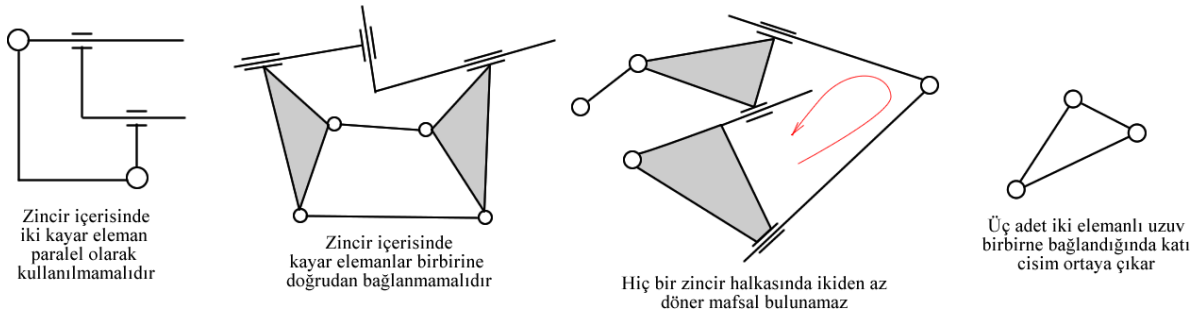


Kapalı kinematik zincir

Açık kinematik zincir

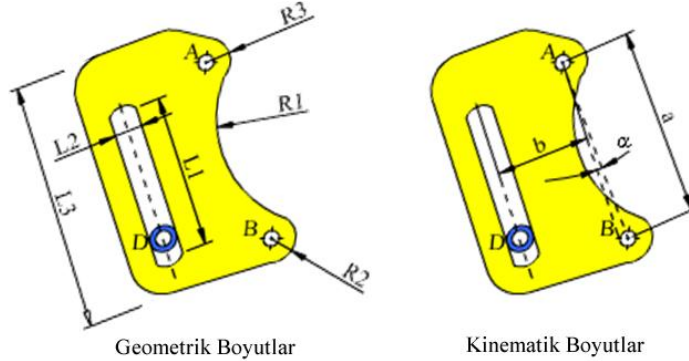
Kinematik zinciri oluşturan tüm uzuvların hareketi aynı düzlemde veya birbirlerine paralel düzlemlerde ise, bu kinematik zincirler "Düzlemsel kinematik zincir" dir. Uzuvların üzerinde bulunan noktaların tümü aynı merkezli küreler üzerinde hareket ediyor ise, "Küresel kinematik zincir" dir. En genel zincir ise "Uzaysal kinematik zincir" dir. Kinematik zincirde bulunan bir uzvun sabitleştirilmesi ile elde edilen sistem mekanizmadır. Bu tanım mekanizma için verilebilecek bir başka tanımdır.

Kinematik zincirler oluşturulurken bazı hususlara dikkate dilmelidir.



Geometrik Boyut, Kinematik Boyut

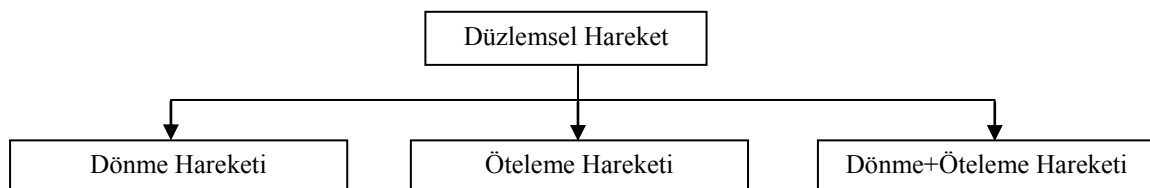
Mekanizma üzerindeki uzuvların üretimi için gerekli geometrik boyutlar çoğunlukla, kinematik açıdan bir anlam ifade etmeyebilir. Kinematik açıdan gerekli boyutlar hareketi etkileyen ölçülerdir. Bunun için aşağıdaki şekli inceleyin.

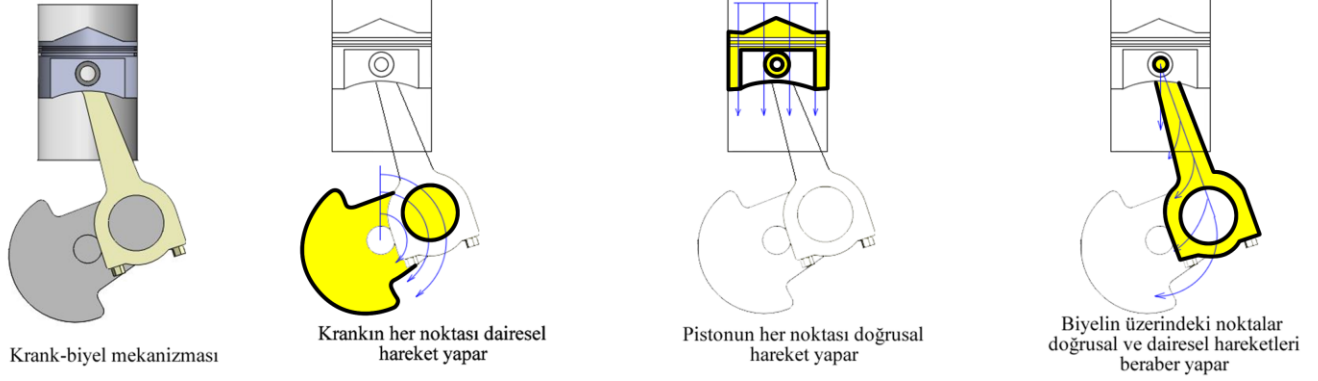


Düzlemsel Hareket

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.





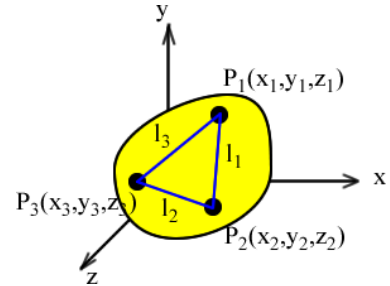
Serbestlik Derecesi

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 tane motor gerekir. Uzayda bir cismin serbestlik derecesi 6 dır. Düzlemde ise 3 tür.

a) Uzayda Bir Cismin Serbestlik Derecesi

Cismin uzayda konumunu belirlemek için en az üç tane noktasını konumunu bilmek gerekir. Her noktanın konumu içinde $P(x,y,z)$ olmak üzere üç parametreye ihtiyaç vardır. Dolayısı ile cismin üç noktası için toplam 9 parametre ihtiyaç olacaktır $[(P_1(x_1,y_1,z_1), (P_2(x_2,y_2,z_2), (P_3(x_3,y_3,z_3))]$. Fakat uzaydaki her iki nokta arasında bir bağıntı oluşturursak, ki bu bağıntı iki nokta arasındaki uzaklığı veren bağıntıdır, bu şekilde noktaları birbirine bağlayarak gerekli parametre sayısı azaltılabilir. Bu durumda üç nokta arasında üçtane de mesafe denklemi yazarsak gerekli parametre sayısı $9-3=6$ ya düşürülmüş olur. Yani uzaydaki bir cismin serbestlik derecesi 6 dır. Noktalar arasındaki mesafe denklemleri şu şekilde olacaktır.

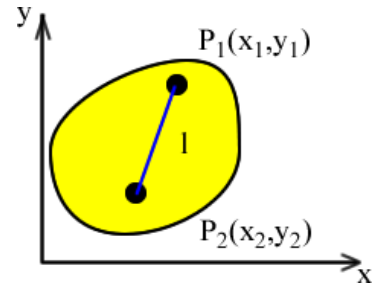
$$\begin{aligned} l_1^2 &= (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \\ l_2^2 &= (x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (z_3 - z_2)^2 \\ l_3^2 &= (x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2 \end{aligned}$$



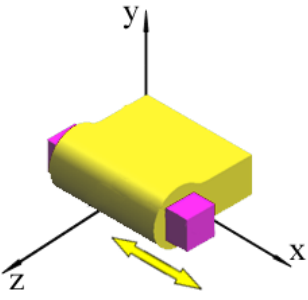
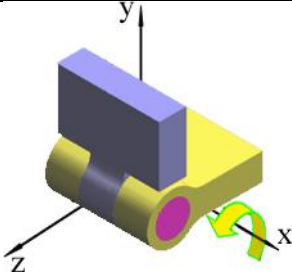
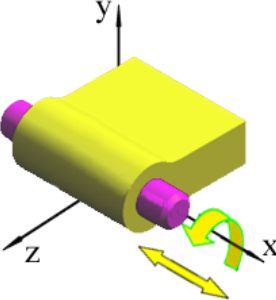
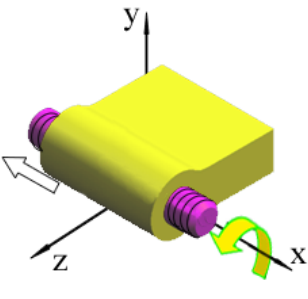
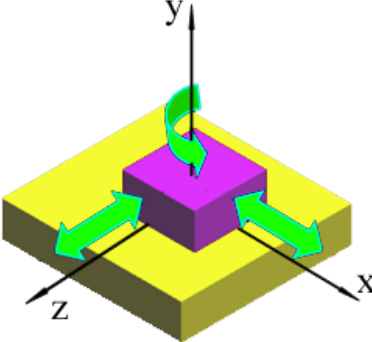
b) Düzlemde Bir Cismin Serbestlik Derecesi

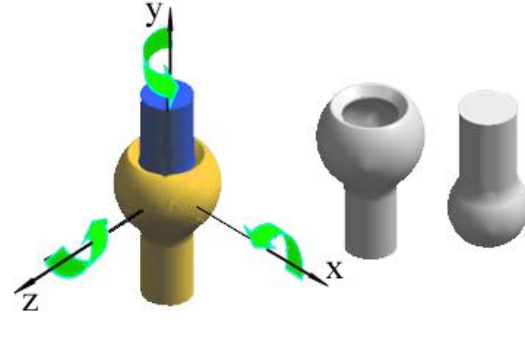
Bir cismin düzlemde konumunu belirlemek için en 2 tane noktaya ihtiyaç vardır. Her noktasında düzlemde konumu için iki parametreye ihtiyaç olacaktır $P(x,y)$. Bu durumda toplamda 4 tane parametreye ihtiyaç olacaktır $[(P_1(x_1,y_1), (P_2(x_2,y_2))]$. Fakat iki noktayı birbirine bağlayan bir denklem oluşturulursa (mesafe denklemi) gerekli parametre sayısı $4-1=3$ olacaktır. Yani düzlemde bir cismin konumunu belirlemek için 3 tane parametreye ihtiyaç vardır. İki nokta arasındaki mesafe denklemi şu şekilde olur.

$$l^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$



c) Kinematik Çiftlerin Serbestlik Derecesi

Prizmatik (kayar) Mafsal		Prizmatik Kayar Mafsal Sadece x ekseninde hareket edebilmektedir. Serbestlik derecesi 1 dir.
Döner Mafsal		Sadece X ekseninde dönme vardır. Dolayısıyla serbestlik derecesi 1 dir.
Silindirik Mafsal		Sadece X ekseninde dönme ve öteleme yapılabilir. Dolayısıyla serbestlik derecesi 2 dir.
Vida Mafsal		Dönme ve öteleme hareketi yapılabilir ama bu iki hareket arasında bir ilişki söz konusudur. İki hareket birbirine bağlıdır. Dolayısıyla serbestlik derecesi 1'dir.
Düzlemsel mafsal		Y ekseninde dönme, X ve Z eksenleri üzerinde öteleme yapılabilir. Dolayısıyla serbestlik derecesi 3 tür.

Küresel mafsals		X,Y ve Z eksenlerinde dönme yapabilir. Dolayısıyla serbestlik derecesi 3'tür.
-----------------	--	---

Bunlardan başka daha çok sayıda kinematik çift için serbestlik derecesi yazılabilir. Burada verilenler sadece birer örnektir.

d) Mekanizmanın Serbestlik Derecesi

Bir mekanizmanın serbestlik derecesi, bir mekanizmada bulunan tüm uzuvların konumunu belirlemek için gerekli olan parametre sayısıdır. Mekanizmanın tüm noktalarını kontrol altında tutabilmek için gerekli olan tahrik (motor) sayısı da diyebiliriz. Örneğin bir uzvundan hareket ettirdiğimizde tüm uzuvları hareket ediyorsa bu mekanizm bir serbestlik derecelidir. Gerekli olan parametre sayısı uzuvların boyutlarına bağlı değildir.

Serbestlik Derecesi Denklemi

$$F = \lambda (l - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

F : Mekanizmanın serbestlik derecesi

λ : Düzlemsel mekanizmalar için 3

λ : Uzaysal mekanizmalar için 6

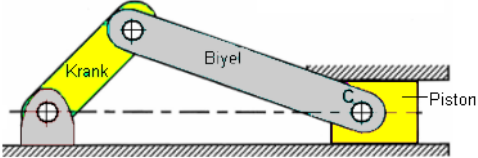
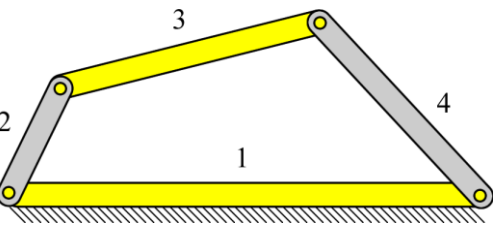
l : Mekanizmadaki uzuv sayısı (sabit uzuv dahil)

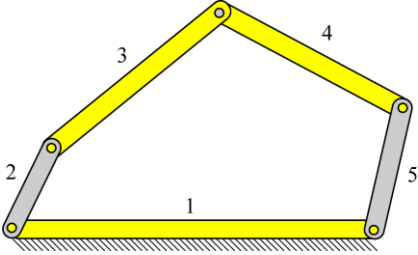
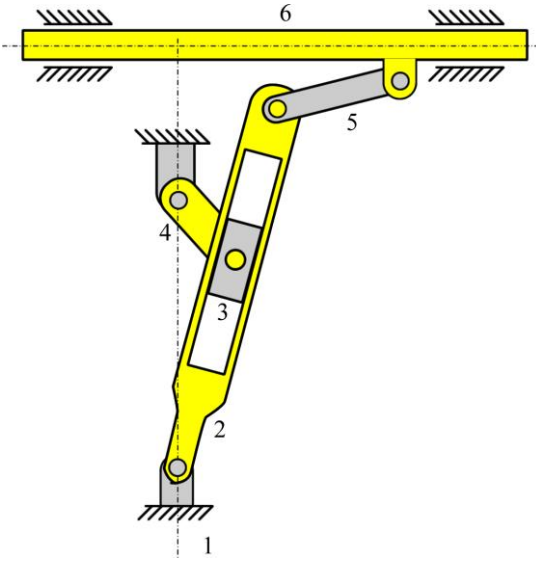
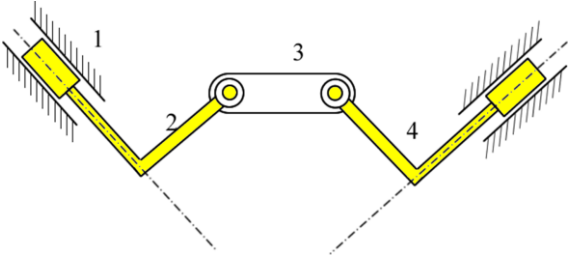
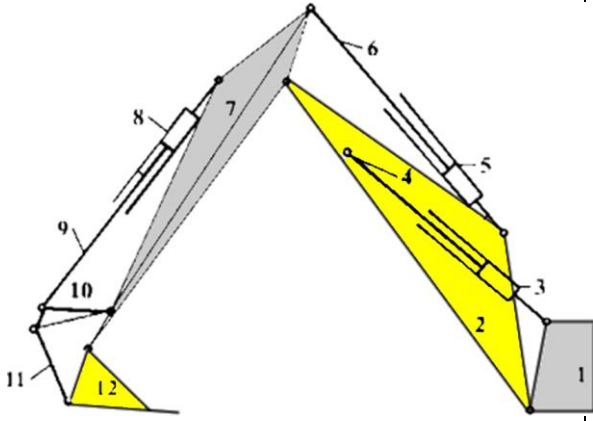
j : Mekanizmadaki mafsals sayısı

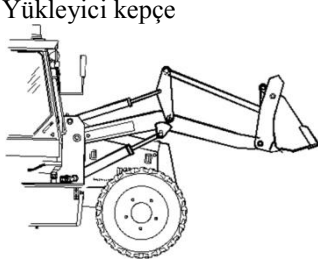
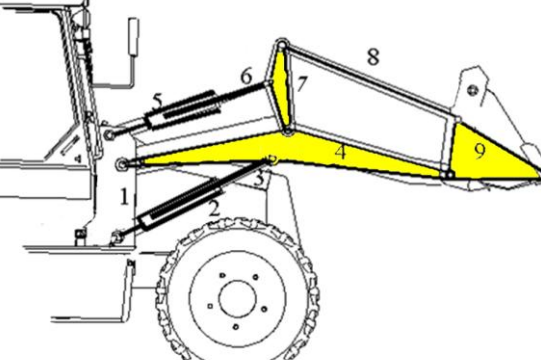
f_i : Mafsalın serbestlik derecesi

Serbestlik derecesi denklemi, birçok mekanizma için geçerli ise de bu denkleme uymayan mekanizmalar da bulunmaktadır. Bunun nedeni bu denklemin elde edilişi sırasında yapılmış olan varsayımlardır. Bu varsayımların en önemlisi mafsalların getirmiş olduğu hareket sınırlamalarının birbirlerinden bağımsız olmasıdır. Ancak uzuv boyutlarının belirli değerler alması durumunda bu varsayım geçerli olmayabilir ve mekanizma serbestlik derecesi denklemi bazı mekanizmalar için doğru sonuçlar vermeyebilir. Bu özel durumları görmeden önce denklemin geçerli olduğu mekanizmaların inceleyelim.

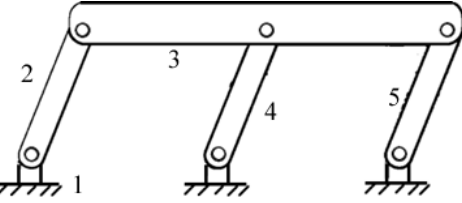
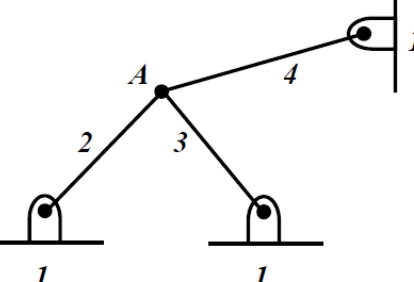
Serbestlik Derecesi Hesaplanabilen Bazı Mekanizmalar

Krank biyel mekanizması		$l=4$ (uzuv sayısı) $j=4$ (mafsals sayısı: 1-2 (dönel, SD=1), 2-3 (dönel, SD=1), 3-4(dönel, SD=1), 4-1(kayar, SD=1)) $\sum f_i = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 4$ (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) $\lambda=3$ (Düzlemsel mekanizma) $F=3(4-4-1)+4$ $F=1$ (Mekanizmanın serbestlik derecesi)
Dört çubuk mekanizması		$l=4$ $j=4$ $f_i=1$ (Tüm mafsallar için) $\sum f_i = 4$ $\lambda=3$ (Düzlemsel Mekanizma) $F=3(4-4-1)+4$ $F=1$

Beş çubuk mekanizması		$l=5$ $j=5$ $\Sigma f_i = 1+1+1+1+1=5$ $\lambda=3$ (Düzlemsel mekanizma) $F=3(5-5-1)+5$ $F=2$
Vargel mekanizması		$l=6$ $j=7$ $f_i=1$ (Döner ve kayar mafsallar) $\Sigma f_i=7$ $\lambda=3$ (Düzlemsel Mekanizma) $F=3(6-7-1)+7$ $F=1$
Uzaysal 4 çubuk mekanizması		$l=4$ $j=4$ (2 döner ve 2 küresel mafsal) $f_i=1$ (Döner mafsallar için) $f_i=3$ (Küresel Mafsallar için) $\Sigma f_i=1 \times 2 + 3 \times 2=8$ $\lambda=6$ (Uzaysal Mekanizma) $F=6(4-4-1)+8$ $F=2$
Kazıcı kepçe		$l=12$ uzuv sayısı $j=15$ (12 döner 3 kayar mafsal) $\lambda=3$ (düzlemsel mekanizma) $\Sigma f_i=15$ $F=3(12-15-1)+15$ $=3*(-4)+15$ $=-12+15$ $F=3$

		$l=9$ $j=11$ (9 döner mafs, 2 kayar mafs) $\Sigma f_i=11*1=11$ (Tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) $\lambda=3$ (Düzlemsel mekanizma) $F=3(9-11)+11$ $F=2$ (Mekanizman serbestlik derecesi)
---	--	---

Serbestlik Derecesi Hesaplanamayan Bazı Mekanizmalar

Örnek Mekanizma 1		$l=5$ (uzuv sayısı) $j=6$ (mafsal sayısı: Tüm mafsallar dönel, SD=1 dir.) $\Sigma f_i=f_1+f_2+f_3+f_4+f_5+f_6=6$ (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) $\lambda=3$ (Düzlemsel mekanizma) $F=3(5-6-1)+6$ $F=0$ (Mekanizmanın serbestlik derecesi 0 çıkıyor ama mekanizma hareket edebiliyor. Dolayısı ile formül hesaplamadı.)
Örnek Mekanizma 1		$M = 3(4-1) - 2(5) = -1$ Note that we had to count the pin at A twice – once for joining links 2 and 3, and once for joining links 3 and 4 (don't count it a third time!). A mobility less than zero indicates a statically indeterminate structure.

Burada verilenlerden başka daha çok sayıda mekanizma için serbestlik derecesi hesabı yapılabilir. Burada verilenler konunun anlaşılması için verilen birer örnektir.

Kinematik Yer değişim (Kinematik Mübadele)

Kinematik yer değişim, kinematik zincir içindeki uzuvlardan her seferinde bir başkasını sabit olmasını sağlayarak, aynı zincirden farklı mekanizmalar oluşturma işlemidir.

Örneğin üçtane dönebilen (Rotary=R) ve bir tane kayar mafs (Piston=P) birleştirdiği üç çubuk ve bir piston oluşturduğu kinematik zinciri RRRP olarak gösterelim. Bu zincir üzerinde her seferinde bir başka elemanı sabitleyerek farklı farklı mekanizmalar elde ederiz.

Aşağıdaki şekillerde sırasıyla önce 1 nolu elemanı sabitleyelim. Daha sonra 2,3,4 nolu elemanlar sabitlendiğinde her seferinde farklı çalışan bir mekanizma ortaya çıkmaktadır.

