MAKİNE DİNAMİĞİ (1. Hafta)

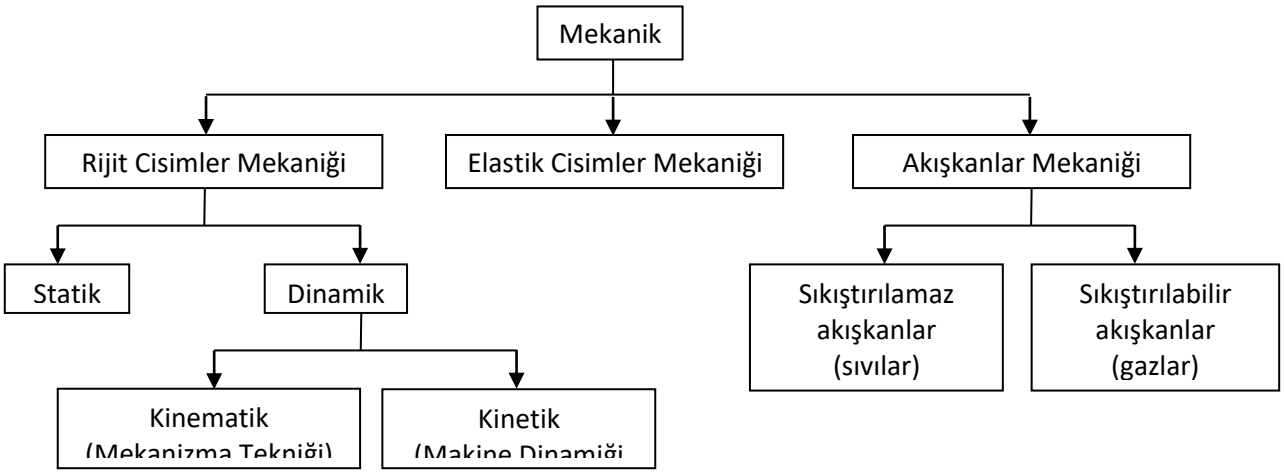
TEMEL KAVRAMLAR

Giriş

Günlük yaşantımızda çok sayıda makina kullanmaktayız. 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 harekete neden olan kuvvet ve momentlerin hesabı (**kinetik**). Dinamik sistemler ile statik sistemlerin farkı, hareketli sistemde bulunan ivmeler (hızlanma ve yavaşlamalar) nedeniyle ortaya çıkan **atalet kuvvetleri**dir. 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. Bu derste öğrendiğimiz tüm hesaplamaları hem paket program kullanarak (**Solidworks** veya Ansys) hem de kendi yazdığımız programları kullanarak (**C#** veya Excel) çözümlerin doğrulaması yapılacak. Derste daha çok analitik hesaplar anlatılacak fakat **doğrulamaları** nasıl yapılacağı gösterildikten sonra **ödev** olarak verilecektir.



Makina

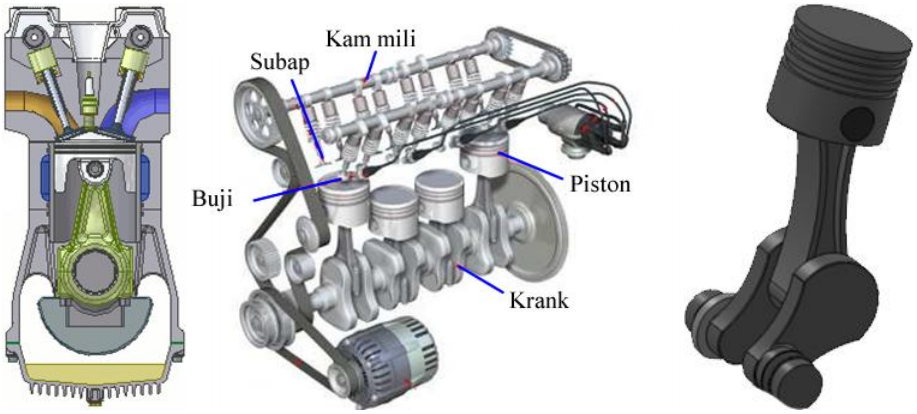
Bir enerjiyi alıp başka bir **enerjiye dönüştüren**, yada almış olduğu enerji ile **iş yapabilen** sistemlerdir. Bu tanım ile sadece ısıl işlem yada bilgi işlemi yapan makinalar tam olarak makina sayılmazlar. Makina, içerisinde **mekanizmaların** bulunduğu **hareketli sistemlerdir**. Makinalar kendi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

Örneğin içten yanmalı bir **motor makinadır**. 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 yer değişimi 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 edemez**ler. Bir mekanizma **genel bir amaç için** üretilmiştir. Aynı mekanizma bir çok makinada farklı görevler için kullanılabilir.

Örneğin motordaki bir **krank-biyel** mekanizması doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştüren bir mekanizmadır. Ayrıca supapları hareket ettiren **kam mili** ve ona bağlı uzuvlar bir mekanizmadır. Kam milindeki dönme hareketi supaplarda 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

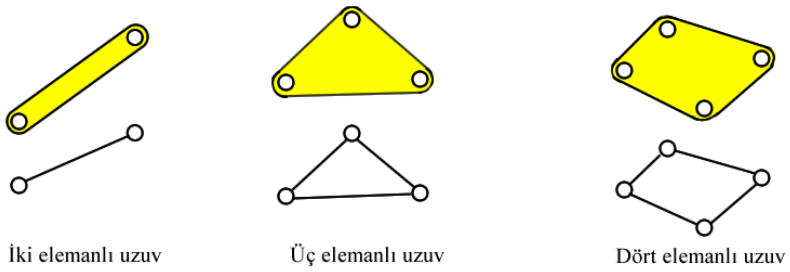
Mekanizmayı oluşturan, üzerinde **kuvvet ve moment** taşıyabilen **rijit parçalara uzuv** denir. Ayrı ayrı parçalar bir araya gelip sabit bir şekilde bağlanırsa ve **kendi** aralarında **izafi hareketleri yoksa** bu parçaların birleşmiş hali **tek bir uzuvdur**.

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.

Uzuvlar üzerinde bulunan **Kinematik Eleman**ların sayısına göre **isimlendir**ilebilir.

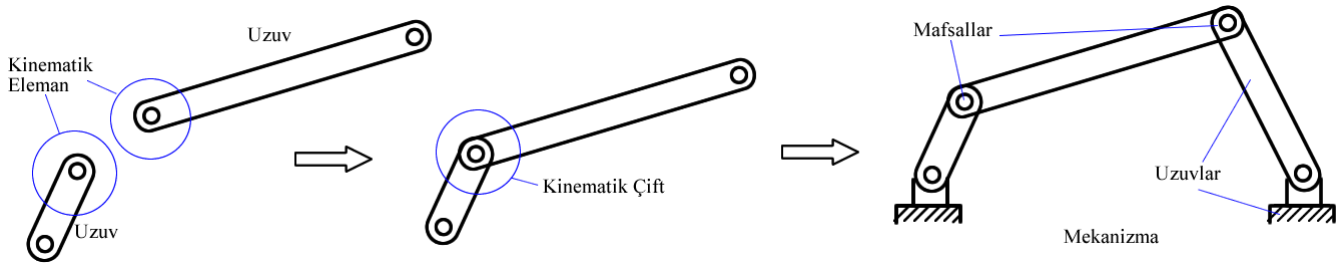
Kinematik Eleman

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



Kinematik Çift

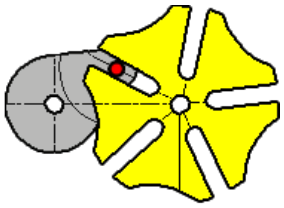
Mekanizmayı oluşturan uzuvlar, Kinematik Eleman olarak adlandırılan **mafsal** yada **temas noktaları**ndan birbirine bağlanarak Kinematik Çifti oluşturur. Mafsal kelimesi kinematik çift kavramını tam olarak karşılamaz. **Kinematik çift** içerisinde **noktasal, çizgisel** ve **yüzey temaslarının** tamamını bulundurur. 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.



Kinematik Çiftler

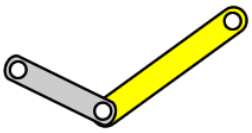
- Kapalı Kinematik Çiftler (İki eleman arasındaki temas mekanizmanın tüm hareketi süresince mevcut)
- Açık Kinematik Çiftler (Kinematik elemanlar hareketin tümü boyunca temas etmeyebilir)

Kapalı kinematik çift

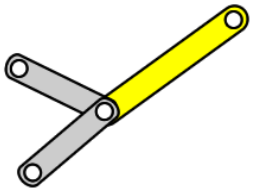


Açık Kinematik Çift

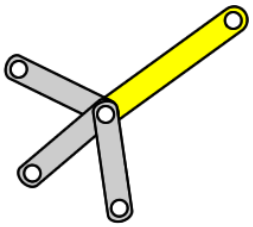
Mafsal noktasında bağlı olan elemanların sayısına göre isimlendirme yapılır ve buna **Mafsal Derecesi** denir. Mafsal derecesi= **UzuvSayisi -1** olarak hesaplanır.



Bir dereceli mafsal



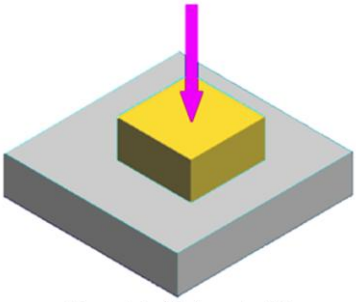
İki dereceli mafsal



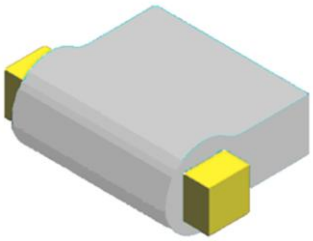
Üç dereceli mafsal

Kapalı Kinematik Çiftler

- **Kuvvet Bağlı** Kapalı Kinematik Çift (Kuvvet ile temas sağlanmaktadır)
- **Şekil Bağlı** Kapalı Kinematik Çift (Şekil ile temas sağlanmaktadır)



Kuvvet bağlı kapalı çift

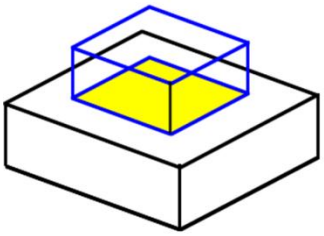


Şekil bağlı kapalı çift

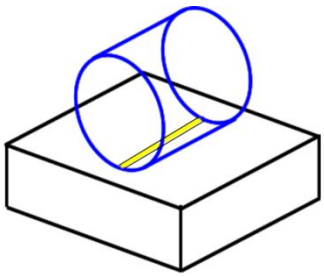
Temas Durumuna göre
Kinematik Çiftler

Basit Kinematik Çift
(Temas bir yüzey boyunca sağlanmaktadır)

Yüksek Kinematik Çift
(Temas bir nokta veya çizgi boyunca sağlanmaktadır)



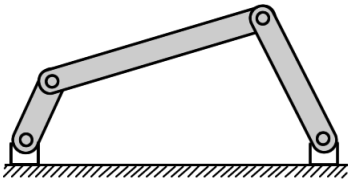
Temas yüzey boyunca



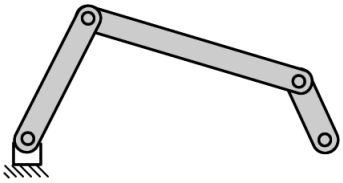
Temas çizgi boyunca

Kinematik Zincir

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



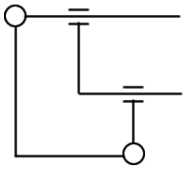
Kapalı kinematik zincir



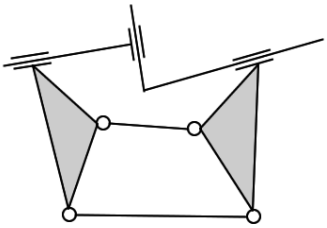
Açık kinematik zincir

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 **mekanizma**dır. Bu tanım mekanizma için verilebilecek bir başka tanımdır.

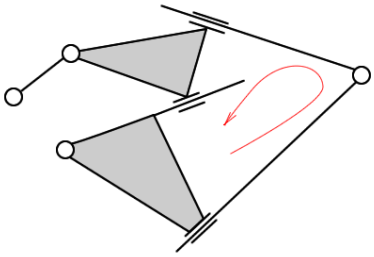
Kinematik zincirler oluşturulurken bazı hususlara dikkate dilmelidir.



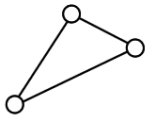
Zincir içerisinde iki kayar eleman paralel olarak kullanılmamalıdır



Zincir içerisinde kayar elemanlar birbirine doğrudan bağlanmamalıdır



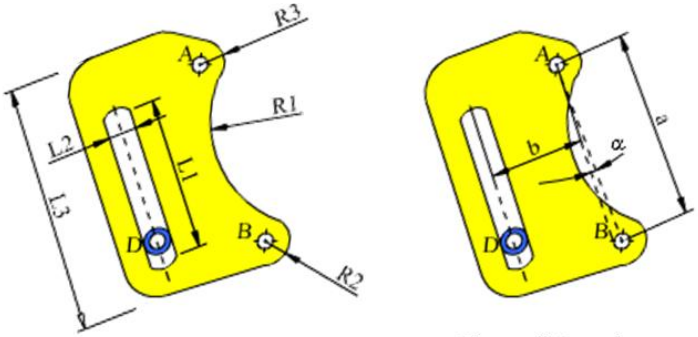
Hiç bir zincir halkasında ikiden az döner mafsal bulunamaz



Üç adet iki elemanlı uzuv birbirne bağlandığında katı cisim ortaya çıkar

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.

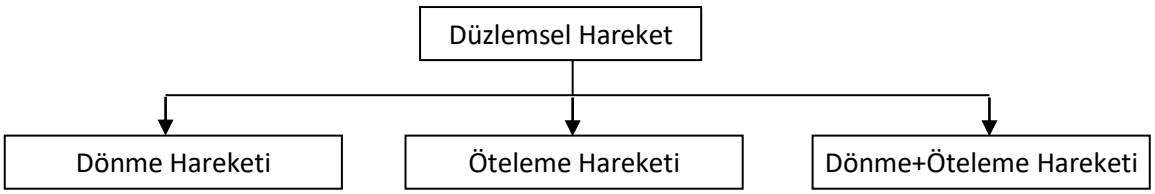


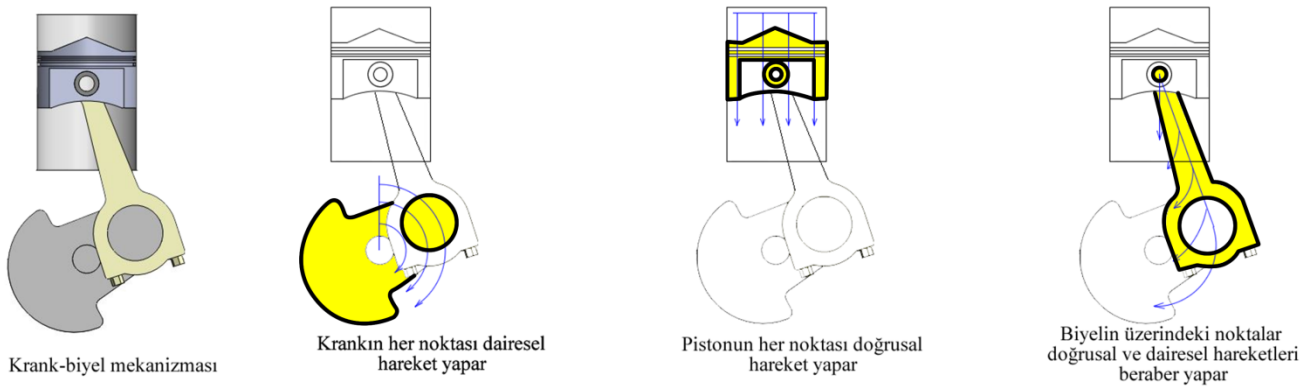
Geometrik Boyutlar Kinematik Boyutlar

Düzlemsel Hareket

Düzlemsel hareket 3 şekilde ele alınabilir.

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





Serbestlik Derecesi

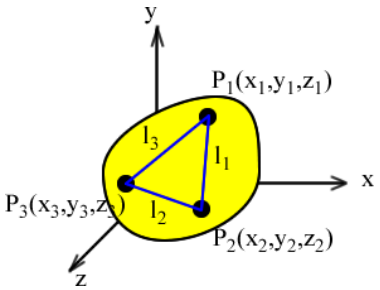
Bir cismin **uzaydaki** ya da düzlemdeki **konumunu** belirlemek için gerekli **bağımsız parametre** sayısıdır. Aynı şekilde Kinematik çiftlerinde konumlarını belirmek için serbestlik derecesinden bahsedebiliriz. Serbestlik derecesi o sistemin hareketlerini tümüyle kontrol edebilmek için gerekli olan 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 noktasının 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 üç tane 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.

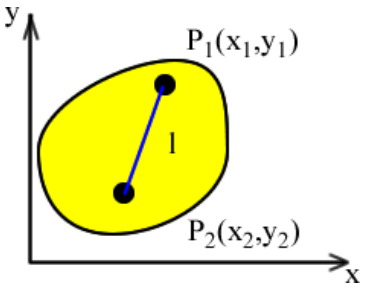
$$l_1^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$
$$l_2^2 = (x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (z_3 - z_2)^2$$
$$l_3^2 = (x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2$$



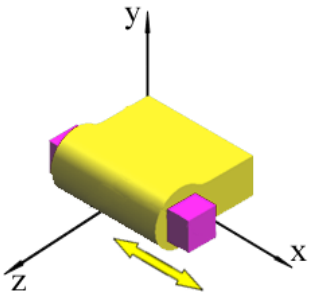
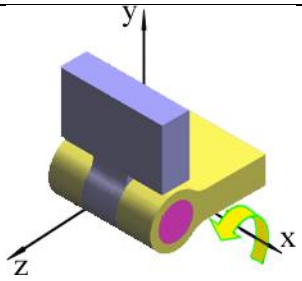
b) Düzlemde Bir Cismin Serbestlik Derecesi

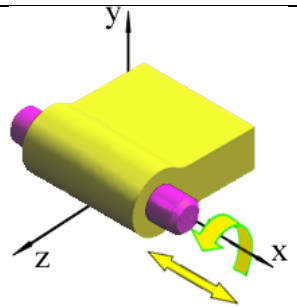
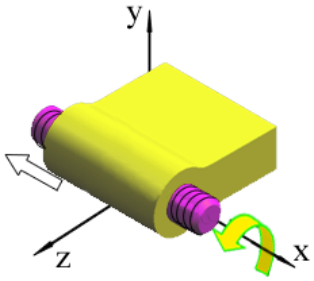
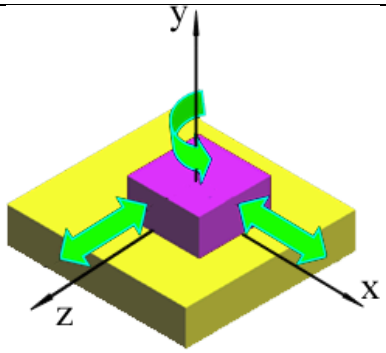
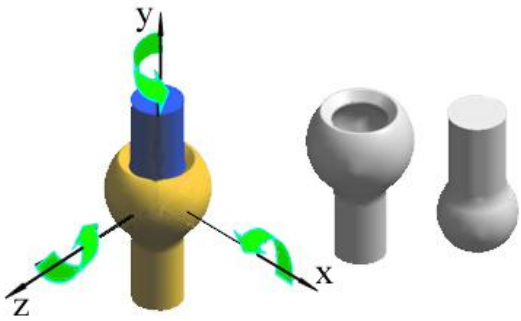
Bir cismin düzlemde konumunu belirlemek için en 2 tane noktaya ihtiyaç vardır. Her noktanında düzlemde konumu için iki parametreye ihtiyaç olacaktır P(x,y). Bu durumda toplamda 4 tane parametreye ihtiyaç olacaktır [($P_1(x_1,y_1)$, ($P_2(x_2,y_2)$)]. Fakat iki noktayı birbirine bağlayan bir denklem oluşturulursa (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 MafsalSadece x ekseni üzerinde hareket edebilmektedir. Serbestlik derecesi 1 dir.
Döner Mafsal		Sadece X ekseni üzerinde dönme vardır. Dolayısıyle serbestlik derecesi 1 dir.

Silindirik Mafsal		Sadece X ekseni üzerinde dönme ve öteleme yapabilir. Dolayısıyla serbestlik derecesi 2 dir.
Vida Mafsal		Dönme ve öteleme hareketi yapabilir ama bu iki hareket arasında bir ilişki söz konusudur. İki hareket birbirine bağımlıdır. Dolaysıyla serbestlik derecesi 1'dir.
Düzlemsel mafsal		Y ekseni üzerinde dönme, X ve Z eksenleri üzerinde öteleme yapabilir. Dolasıyla serbestlik derecesi 3 tür.
Küresel mafsal		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.

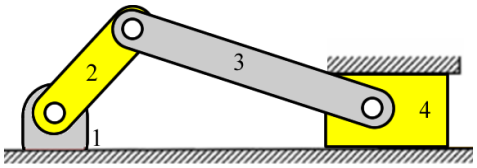
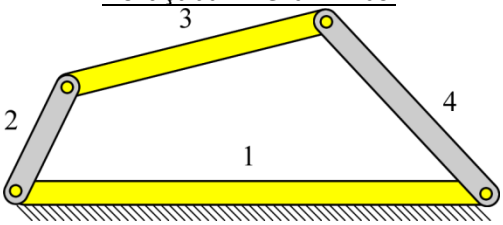
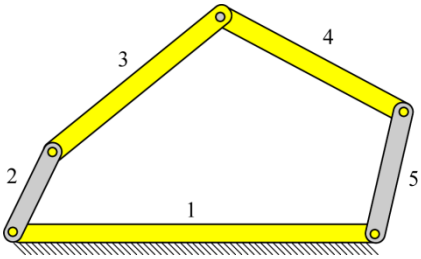
Serbestlik Derecesi Denklemi

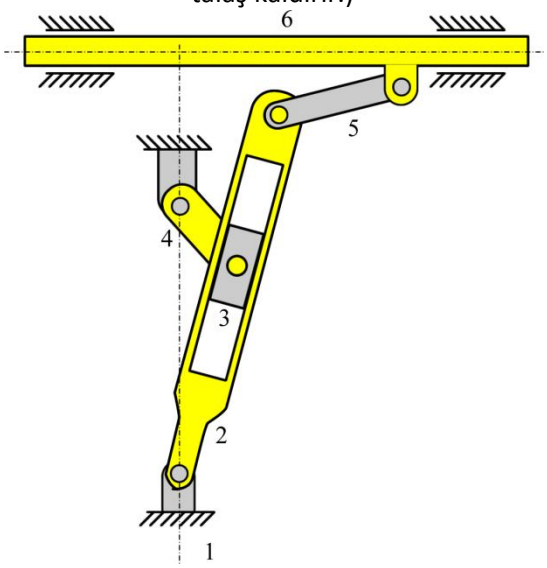
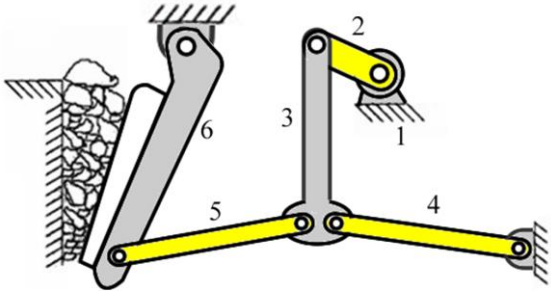
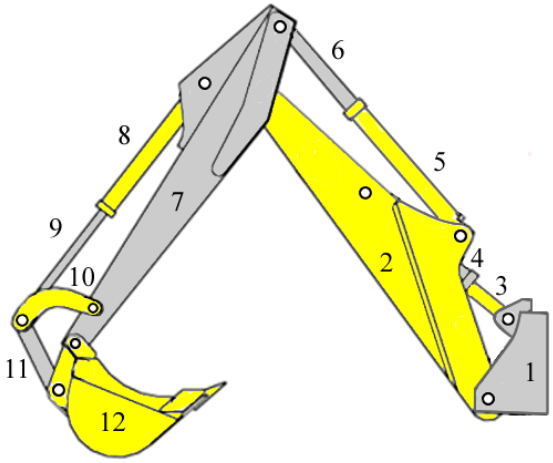
$$\boxed{F = \lambda\,(L - J - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i}$$

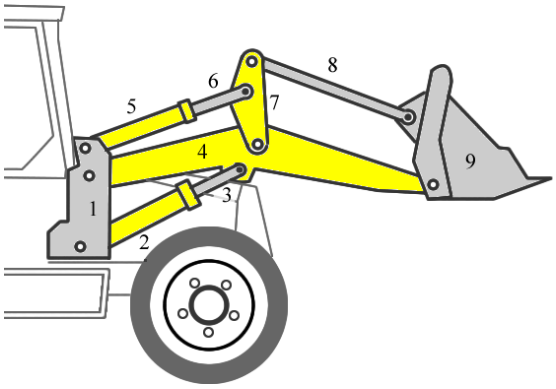
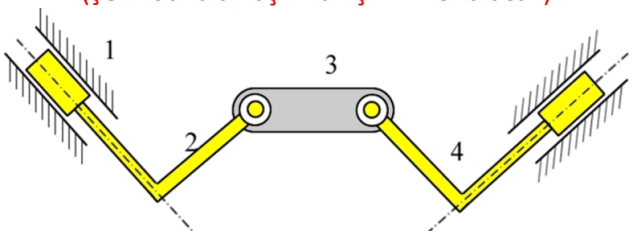
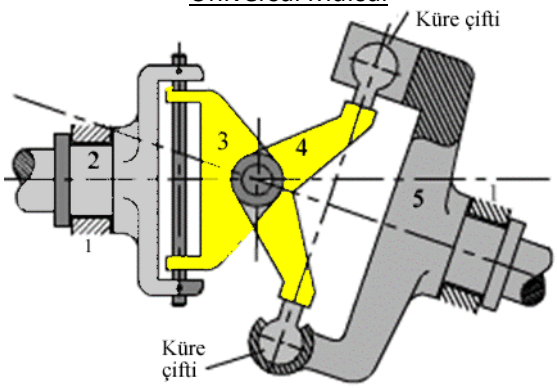
F: Mekanizmanın serbestlik derecesi
λ: Düzlemsel mekanizmalar için 3
λ: Uzaysal mekanizmalar için 6
L : Mekanizmadaki uzuv sayısı (sabit uzuv dahil)
J: Mekanizmadaki mafsal sayısı

f_i: Her bir mafsalın serbestlik derecesini ifade eder. Toplamda tüm mafsalların serbestlik derecesi hesaplanır ($\sum fi$)

Serbestlik Derecesi Hesaplanabilen Bazı Mekanizmalar

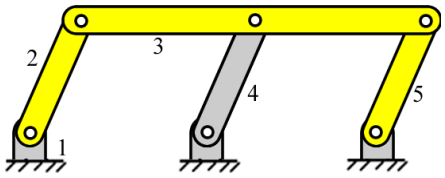
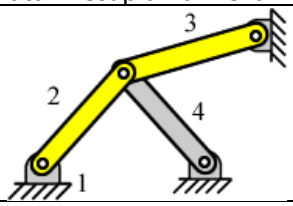
Krank biyel mekanizması  	**L=4** (uzuv sayısı) **J=4** (mafsal sayısı) (3 döner, 1 kayar mafsal) Tüm mafsalların serbestlik derecelerinin toplamı: **Σf**$_i$= (1-2, dönel, SD=1), (2-3, dönel, SD=1), (3-4,dönel, SD=1), (4-1, kayar, SD=1) (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli)**=4** **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(4-4-1)+4 **=1** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **1 motor** yeterlidir)
Dört çubuk mekanizması  	**L=4** (uzuv sayısı) **J=4** (mafsal sayısı) (4 döner mafsal) **Σf**$_i$= (1-2, dönel, SD=1), (2-3, dönel, SD=1), (3-4, dönel, SD=1), (4-1, dönel, SD=1) (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) **=4** **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(4-4-1)+4 **=1** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmanın tam kontrolü için 1 motor yeterlidir)
Beş çubuk mekanizması  	**L=5** (uzuv sayısı) **J=5** (mafsal sayısı) (5 döner mafsal) **Σf**$_i$=f_1+f_2+ f_3+f_4+f_5=1+1+1+1+1=**5** (1-2, dönel, SD=1), (2-3, dönel, SD=1), (3-4, dönel, SD=1), (4-5, dönel, SD=1), (5-1, dönel, SD=1) (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(5-5-1)+5 **=2** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmanın kontrolü için en az **2 motor** kullanmak gerekir)
Vargel mekanizması (geri gelirken hızlı, ileri giderken yavaş gider ve aynı zamanda daha büyük kuvvet üretir. Bu esnada kesici	**L=6** (uzuv sayısı) **J=7** (mafsal sayısı) (5 döner, 2 kayar mafsal)

talaş kaldırır.)  	**Σf**$_i$= (1-2, dönel, SD=1), (2-3, kayar, SD=1), (3-4,dönel, SD=1), (4-1, dönel, SD=1), (2-5, dönel, SD=1), (5-6, dönel, SD=1), (6-1, kayar, SD=1) (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) **=7** **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(6-7-1)+7 **=1** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **1 motor** yeterlidir)
<u>Taş kırma mekanizması (Toogle mekanizması)</u>  	**L=6** (uzuv sayısı) **J=7** (mafsal sayısı)(7 döner mafsal) **Σf**$_i$= (1-2, dönel, SD=1), (2-3, dönel, SD=1), (3-4, dönel, SD=1), (4-1, dönel, SD=1), (3-5, dönel, SD=1), (5-6, dönel, SD=1), (6-1, dönel, SD=1) (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) **=7** **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(6-7-1) +7 **=1** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **1 motor** yeterlidir)
<u>Kazıcı kepçe</u>  	**L=12** (uzuv sayısı) **J=15** (mafsal sayısı) (12 dönel, 3 kayar mafsal) (Tüm mafsalların serbestlik dereceleri toplamı) **Σf**$_i$= (1-2, dönel, SD=1), (1-3, dönel, SD=1), (3-4, kayar, SD=1), (4-2, dönel, SD=1), (4-5, dönel, SD=1), (5-6, kayar, SD=1), (6-7, dönel, SD=1) , (6-7, dönel, SD=1) , (7-8, dönel, SD=1) , (8-9, kayar, SD=1) , (9-10, dönel, SD=1) , (9-11, dönel, SD=1) , (10-7, dönel, SD=1) , (11-12, dönel, SD=1) , (7-12, dönel, SD=1) **=15** (Not:9 numara hem 10'na, hem de 11'e dönel bağlı. Bir mafsala iki kol bağlıysa serbestlik 1 alınır.3 kol bağlıysa 2 alınır. 4 kol bağlıysa 3 alınır.) **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(12-15-1) +15 **=3**

	(Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **3 piston** gerekiyor)
<u>Yükleyici kepçe</u>  	**L=9** (uzuv sayısı) **J=11** (mafsal sayısı) (9 döner, 2 kayar mafsal) **Σf$_i$**= (1-2, dönel, SD=1), (1-4, dönel, SD=1), (1-5, döner, SD=1), (2-3, kayar, SD=1), (3-4, dönel, SD=1), (5-6, kayar, SD=1), (6-7, dönel, SD=1) , (4-7, dönel, SD=1) , (7-8, dönel, SD=1) , (8-9, dönel, SD=1) , (4-9, dönel, SD=1)**=11** **λ=3** (Düzlemsel mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =3(9-11-1) +11 **=2** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **2 piston** gerekiyor)
<u>Uzaysal 4 çubuk mekanizması</u> (not pistonlar eksen boyunca hem ilerliyor ama dönmüyor-piston prizma şeklinde, 3 nolu uzvun mafsalları küresel mafsaldır) (Şekli daha anlaşılır bir çizim konulacak)  	**L=4** (uzuv sayısı) **J=4** (mafsal sayısı) (2 döner, 2 küresel mafsal) **Σf$_i$**=(1-2, dönel, SD=1), (2-3, küresel, SD=3), (3-4, küresel, SD=3), (4-1,döner, SD=1) **= 8** **λ=6** (Uzaysal mekanizmalar için) **F=** $\lambda\,(L-J-1)+\sum_{i=1}^{j} f_i$ =6(4-4-1)+8 **=2** (Mekanizmanın serbestlik derecesi) (Mekanizmayı tam kontrol edebilmek için **2 motor** yada piston gerekir)
<u>Üniversal Mafsal</u>  	Bu mekanizmanın serbestlik derecesini bulun.

<u>Serbestlik Derecesi Hesaplanamayan Bazı Mekanizmalar</u>

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.

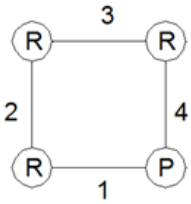
Örnek hatalı hesaplama mekanizması-1  	**l=5** (uzuv sayısı) **j=6** (mafsal sayısı: Tüm mafsallar dönel, SD=1 dir.) **Σf_i**=f_1+f_2+ f_3+f_4+ f_5+f_6=**6** (tüm mafsallar 1 serbestlik dereceli) **λ=3** (Düzlemsel mekanizma) **F**=3(5-6-1)+6 **= 0** Mekanizmanın serbestlik derecesi 0 çıkıyor ama mekanizma hareket edebiliyor. Dolayısı ile formül yanlış hesapladı. Bu mekanizmada aradaki 4 nolu elemanın harekete bir etkisi yoktur. Yada 2 ve 5 den birini çıkarsak bir şey değişmez. Mekanizma yine aynı hareketi yapabiliyor. O nedenle bu kol fazlalıktır. Çıkarılıp mekanizmanın serbestlik derecesi bulunmalı.
Örnek hatalı hesaplama mekanizması-2  	**F**=3(4-5-1)+5 **= -1** Sistem statik olarak belirsiz çıktı. Kollardan birini çıkarsak iki kol kalsa F=0 çıkar yani statiktir. Hareket etmez. Statik olarak hareket etmeyen bir sisteme fazladan kol eklemek durumu değiştirmez. Ancak formülde yanlış sonuca neden olur. Yani buradaki yapı 2 kola düşse yine kollar hareket etmez.

Mekanizmalar fazladan eklenen uzuvlar hatalı hesaplamaya yol açıyor. O yüzden harekete etkisi olan kollar dışarıda tutulmalı.

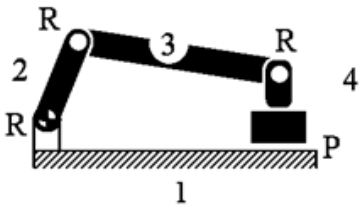
Kinematik Yer değişim (Kinematik Mübadele)

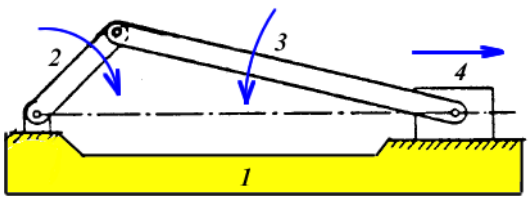
Kinematik yer değişim, kinematik **zincir içindeki** uzuvlardan her seferinde **bir başkasını sabit** olmasını sağlayarak, aynı zincirden farklı mekanizmalar oluşturma işlemidir.

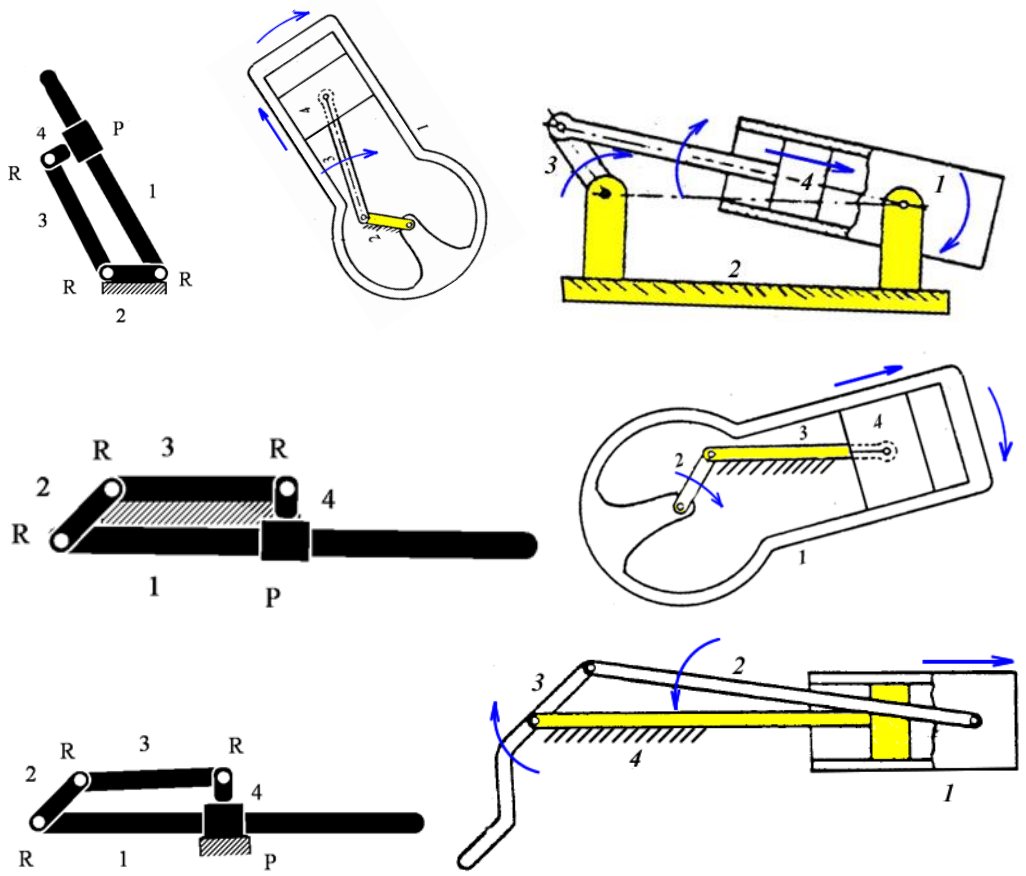
Örneğin üç tane dönebilen (Rotary=R) ve bir tane kayar mafsal (Piston=P) birleştirdiği üç çubuk ve bir pistonun oluşturduğu kinematik zinciri RRRP olarak gösterelim. Bu zincir üzerinde her seferinde bir başka elemanı sabitlersek farklı farklı mekanizmalar elde ederiz.



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

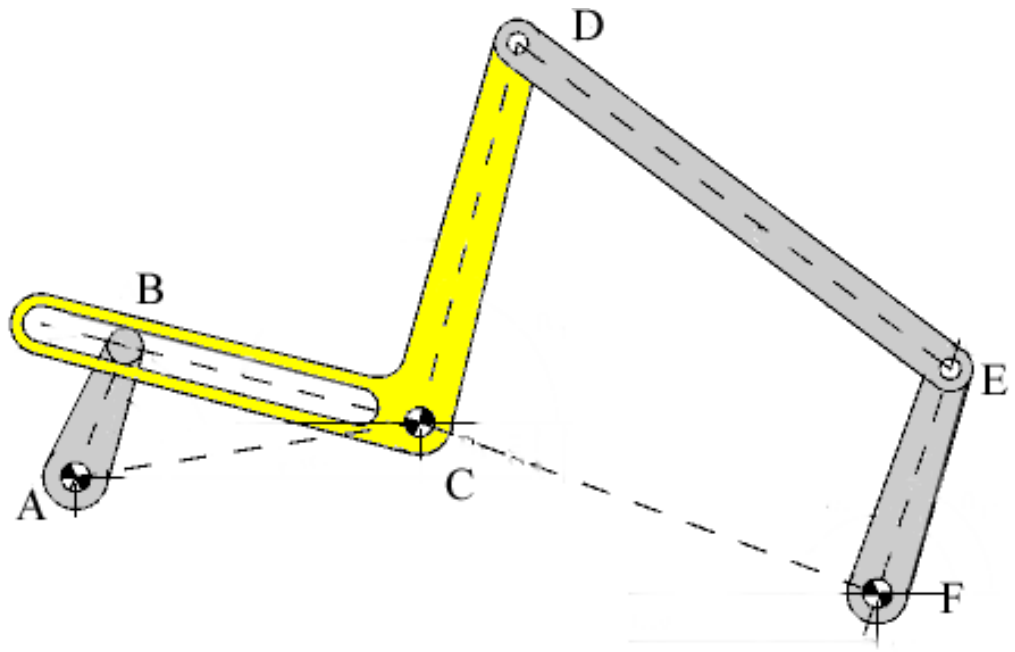






Mekanizmaların Seri Bağlanması

Şekildeki gibi bir mekanizma grubu iki ayrı mekanizma olarak kabul edilebilir. ABC mafsallarının olduğu grup bir Kol-Kızak mekanizmasıdır. CDEF mafsallarından oluşan mekanizma ise bir 4 çubuk mekanizmasıdır. Dolayısı ile Kol-Kızak mekanizması hesaplandığında BC çubuğunun açısal hızı aynı zamanda CD çubuğunun da açısal hızı olacağından birinin çıktısı diğer mekanizmaya girdi olarak verilip daha basit olacak olan iki ayrı mekanizma olarak çözmek mümkündür.

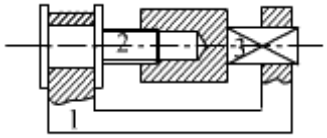
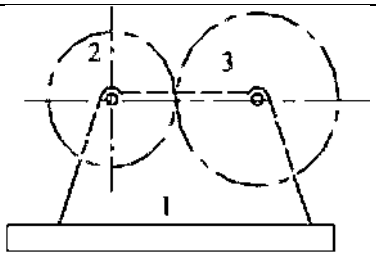
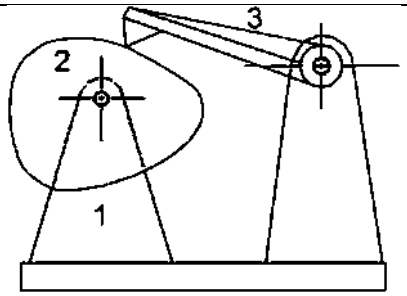
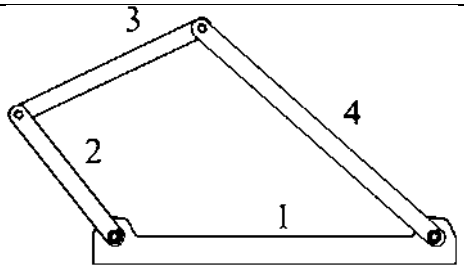
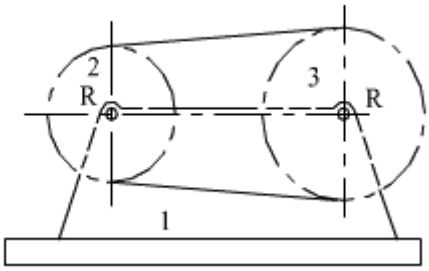
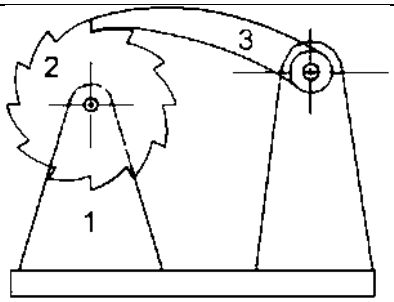


MEKANİZMALARIN SINIFLANDIRILMASI

Kesin olarak mekanizmaları sınıflandırmak mümkün olmamakla beraber, farklı şekillerde bir kaç başlık altında gruplandırma yapılabilir.

a) Uzuv şekillerine göre sınıflandırma

Mekanizmanın üzerindeki en önemli uzvun tipine göre gruplandırma yapılabilir.

1	Vida mekanizmaları	
2	Çark mekanizmaları	
3	Kam mekanizmaları	
4	Kol Mekanizmaları	
5	Kayış-kasnak mekanizmaları	
6	Cırcır veya mandal mekanizmaları	

b) Topolojik özelliklerine göre sınıflandırma

Günümüzde bir mekanizmada bu uzuvlardan bir kaçı bir arada bulunabilir. Bu durumda sınıflandırma zorluğu yaşanır. Bunun yerine mekanizmayı oluşturan özelliklere göre tipini belirlemek daha uygun olacaktır. Buna topolojik özelikler diyeceğiz ve aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

Topolojik (bağlantılılık, ayrılabilirlik, sayılabilirlik) özelliklerine göre ise;

a) Uzayda serbestlik durumuna göre (düzlemsel, küresel, uzaysal)
b) Serbestlik derecesi sayısına göre
c) Uzuv sayısına göre
d) Mafsal sayısına göre
e) Mafsal tiplerine göre

c) Hareket şekillerine göre sınıflandırma

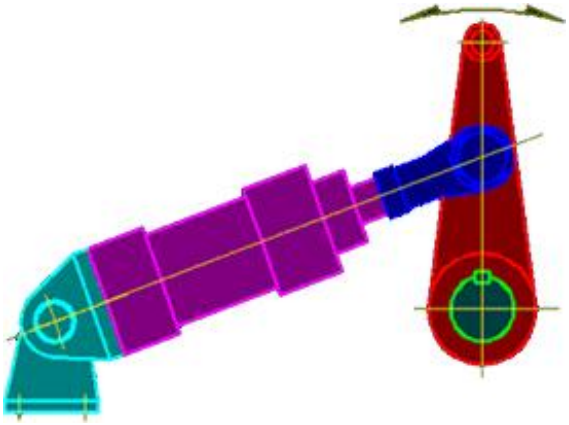
Mekanizmanın ürettiği hareket tipine göre aşağıdaki şekilde gruplandırma yapılabilir.

1. Salınım hareketi yapan mekanizmalar
2. Hareketi büyüten (yol,hız,ivme) mekanizmalar
3. Hareketi aktaran mekanizmalar
4. Hareketi çoklayan mekanizmalar
5. Yön değiştiren mekanizmalar
6. Kuvvet artıran mekanizmalar
7. Kesikli hareket üreten mekanizmalar
8. Yay etkisi üreten mekanizmalar
9. Paralel hareket üreten mekanizmalar
10. Kilitleme mekanizmalar
11. Boşluk alma mekanizmaları
12. Hassas ayar yapan mekanizmalar
13. Çene mekanizması
14. Salının hareketi yapan mekanizmalar
15. İleri-geri çalışan mekanizmalar
16. İndeksleme (kesikli ilerleme) yapan mekanizmalar
17. Tersine hareket üreten mekanizmalar
18. Düz-çizgi üretin mekanizmalar
19. Kaplinler
20. Kayıcı mekanizmalar
21. Durma ve bekleme mekanizmaları
22. Eğri çizgi üreten mekanizmalar
23. Sıkma ve konumlama mekanizmaları
24. Doğrusal hareketlendirici mekanizmalar

HAREKET ŞEKİLLERİNE GÖRE MEKANİZMA ÇEŞİTLERİ

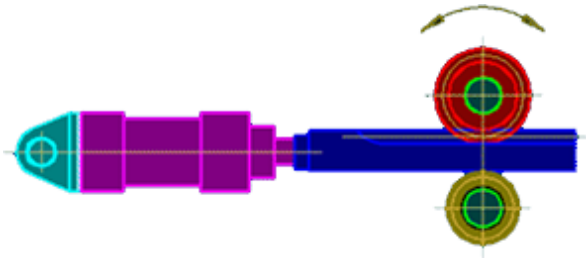
Mekanizma çeşitlerini sınıflandırma yapmadan ele alındığında çok sayıda mekanizma ile karşılaşılır. Bu mekanizmalar hakkında fikir edinmek tasarım esnasında ihtiyacı karşılayacak mekanizma türünü seçmede kolaylık sağlayacaktır. Aşağıda değişik tipte hareketleri sağlayan, hareketin şeklini yönünü yada büyüklüğünü değiştiren birçok mekanizma verilmiştir.

1. SALINIM HAREKETİ: Küçük Açılarda Dairesel Salınım



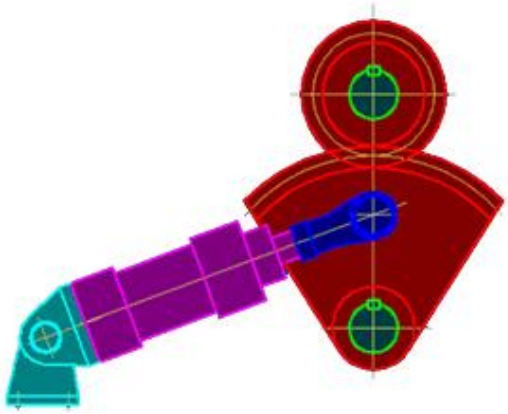
Bir mafsala bir silindir bağlayarak yaklaşık 120° ye kadar dairesel dönme verdirilebilir. Silindirin ekseninin mafsala göre konumu oluşan kuvveti önemli ölçüde etkiler. Kuvveti makul aralıkta tutmak için silindirin mafsalla dik açı yapacak şekilde çalışması istenir. Silindirin mafsal eksenine göre çok yatık olması dönmeyi sağlayan moment kolunun küçülmesine, silindirin daha büyük yükler oluşturmak zorunda kalmasına yol açar. Bu da daha büyük silindir, yatak vs. demektir. Büyük açılar istendiğinde başka mekanizmaların kullanılması daha uygundur.

2. SALINIM HAREKETİ: Büyük Açılarda Dairesel Salınım



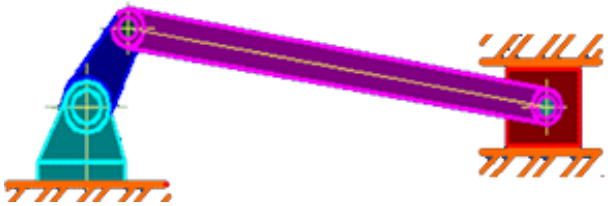
Kremayer ve pinyon büyük açılarda salınım elde etmenin en bilinen yoludur. Döner pnomatik silindirlerin önemli bir kısmı bu prensibi kullanır. Robotik uygulamalarda ince bir borunun içinden geçen bir kremayerle uzun kol boyunun ucundaki bir mili çevirerek düşük ataletli kompak bir kol tasarlamak mümkündür.Kremayerin arka tarafında oluşan kuvvetleri dengelemek için bir yayla kremayere baskı yapan bir makara yada benzer başka bir sistem yer almalıdır.

3. SALINIM HAREKETİ: Büyük Açılarda Dairesel Salınım



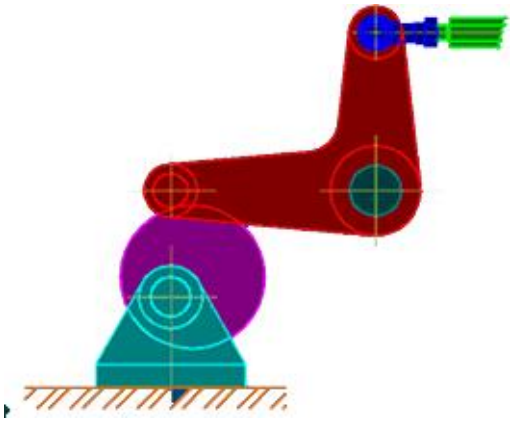
120° den daha büyük açılar elde etmede kremayer pinyon makanizmasındandan (2 nolu mekanizmadan) daha basit bir mekanizma iki adet evolvent dişli ile yapılandır. Lineer hareketler içermediğinden daha basit, ucuz ve güvenilirdir. Büyük dişliye maliyeti ve ağırlığı düşürmek için sadece yeteri kadar diş açılır.

4. SALINIM HAREKETİ: Krank Biyel Mekanizması



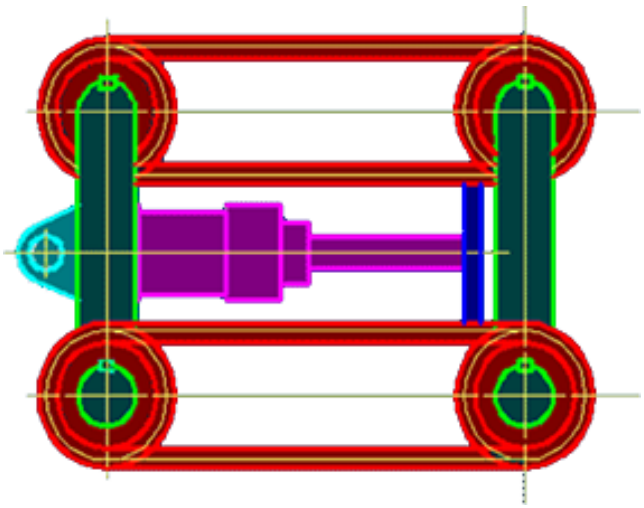
Krank-biyel mekanizması en bilinen mekanizmalardan biridir. Titreşim hareketleri elde etmede, eksantrik preslerde, parça sürmede vs. kullanılırlar. Krank-biyel mekanizmasının önemli bir özelliği de krankın belli konumlarında (0° ve 180°) küçük kuvvetlerle biyel tarafında çok büyük kuvvetler oluşturabilmesidir. Buna toggle mekanizması denir ve mekanizmalar dünyasının en önemli ayrıntılarından biridir.

SALINIM HAREKETİ: Kam Mekanizması



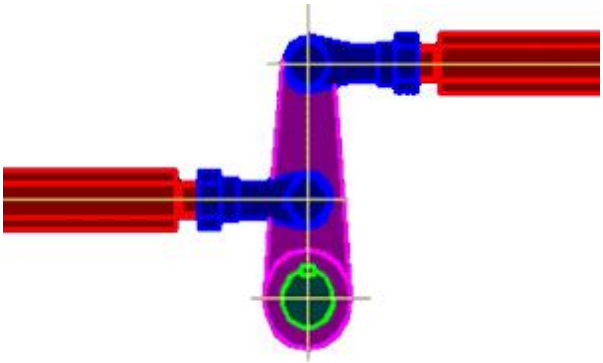
Yalpalı dairesel hareketi kesikli doğrusal harekete çevirir.

5. SALINIM HAREKETİ: Doğrusal Salınım



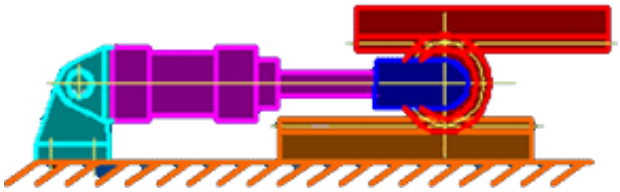
Halat kullanılarak doğrusal hareketten salınım yada salınım hareketinden doğrusal hareket elde etmek mümkündür. Asansörlerde, otomatik kapılarda motorun dairesel hareketi bir halat yardımıyla doğrusal harekete çevrilerek kapı açılır. Halat (yada zincirin) alt ve üst tarafları zıt yöne gittiklerinden karşılıklı kapıların açılıp kapanması sağlanabilir. Otomatik açılıp kapanan forklift çatalı tasarımları da örnek olarak verilebilir.

6. HAREKETİN BÜYÜTÜLMESİ: Hareketin yada Kuvvetin Büyütülmesi



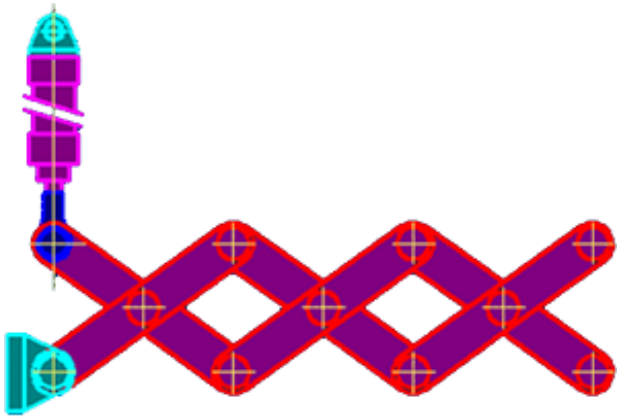
Mafsallar giriş hareketini büyütebilir, küçültebilir, yönünü değiştirebilir. Fakat kol açıları tüm hareket boyunca küçük farklılıklar gösterdiğinden hareket mutlak doğrulukla aktarılamaz. Bir çok amaç için bu küçük sapmalar sorun yaratmaz. Giriş ve çıkış kolları arasındaki mesafe rahatlikla 20-30 kat olabilir. Bu da 20 kg'lik bir kol kuvveti ile 500 kg yükü harekete geçirebilmek demektir. Bazı el aletlerinde yada aparatta mafsal boyları arasındaki büyük farklar yardımı ile kuvvet oluşturulur.

7. HAREKETİN BÜYÜTÜLMESİ: Hareketin İki Katına Çıkarılması



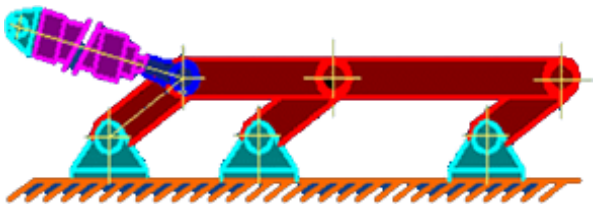
İki kremayer ve bir pinyon yardımıyla hareketi iki katına çıkartmak mümkündür. Çok esnek bir mekanizma olmamakla birlikte dişlilerin hasasiyeti bazı uygulamalarda bu mekanizmayı avantajlı hale getirebilir.

8. HAREKETİN BÜYÜTÜLMESİ: Makas ile Hareketin Büyütülmesi



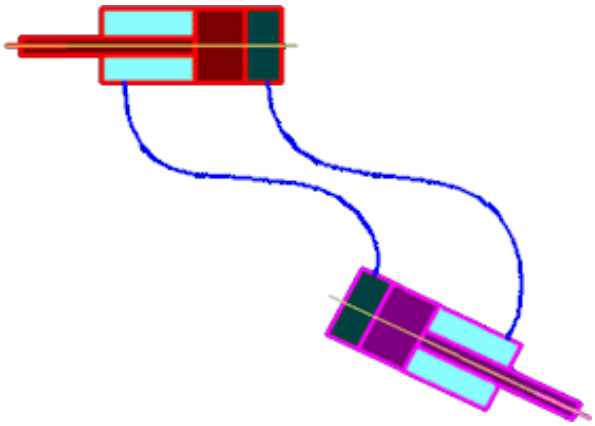
Mafsallarla uzun mesafeler elde etmek için çok kademeli makas mekanizması kullanılabilir. Yüksek kaldırma platformalarının bazıları bu prensibe göre çalışır. Fakat bu mekanizma daha çok açılıp toplanabilen makinalar tasarlamak için kullanılır. Açılıp kapanabilen güvenlik bariyerleri, konveyörler, perdeler bunlara örnektir.

9. HAREKETİN AKTARILMASI: Hareketin Mafsallar Yardımıyla Aktarılması



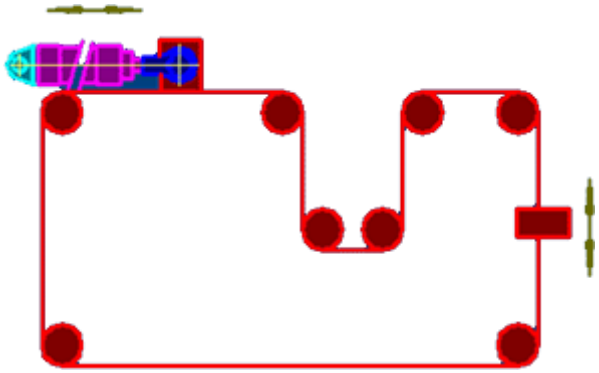
Mafsallar hareketi birbirine aktararak çok uzaklara oldukça hassas olarak iletebilirler. Elektrik direklerinde kontaktörlerin açılıp kapatılması, bazı araçlarda operatörün (sürücünün) mekanik olarak uzak noktaları kumanda etmesi (örneğin operatörün uzak noktaki kapıyı açıp kapatması.) gibi örnekler verilebilir.

10. HAREKETİN AKTARILMASI: Hidrolik Yardımıyla Hareketin Aktarılması



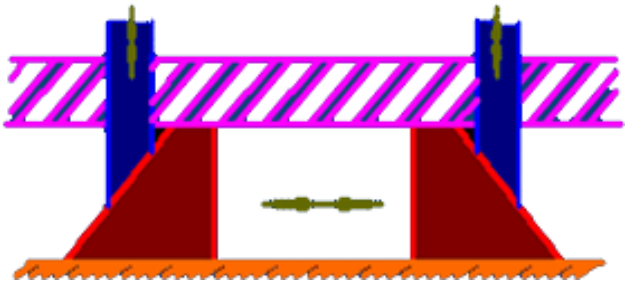
İki hidrolik silindir hareketi uzak noktaya taşımak için çok esnek bir yol sağlar. Birinci silindir pompa ikinci silindir motor görevi görür. Bir çok binek aracının fren sistemi bu prensibi kullanır.

11. HAREKETİN AKTARILMASI: Hareketin Halat Yardımıyla Aktarılması



Halatlar hareketi uzak noktalara aktarmakta kullanılabilirler. Sistemin basitliği, hafifliği, karmaşık ve dar yerlere adaptasyonu mafsallı sisteme göre avantajlıdır.

12. HAREKETİN AKTARILMASI: Hareketin Eğik Yüzey Aracılığıyla Aktarılması

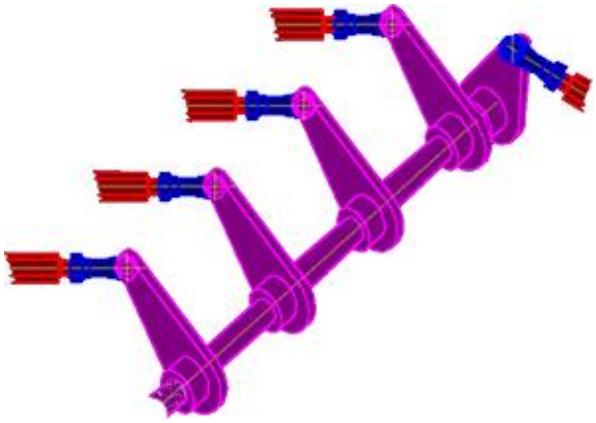


Eğik yüzeylerle hareket aktarmak bağlama takımlarında, kalıplarda, aparatlarda çok kullanılan bir yöntemdir. Şekildeki eğik bloklar yana doğru açıldığında üstündeki milleri itecektir.

13. HAREKETİN AKTARILMASI: Hareketin 90° Diğer Mile Aktarılması

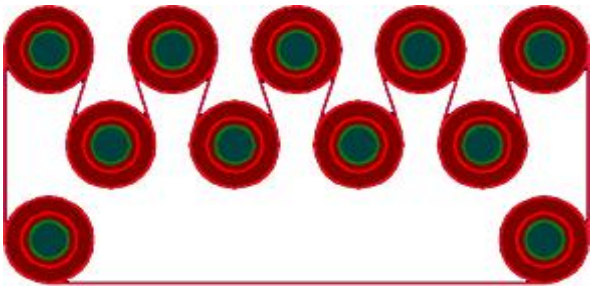
Mafsalar sadece birbirine paralel millerde değil birbirine açılı miller arasında da hareket aktarabilir.

14. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Mafsalla Çoklanması



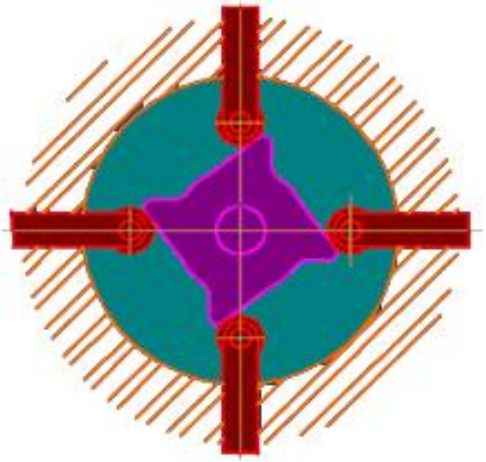
Uzun bir mil üzerine dizilmiş mafsallar mile gelen hareketi eşit miktarda alırlar. Bazı tarım makinelerinde veya bazı endüstriyel uygulamalarda çok noktaya hareket iletmek için kullanılır. Hareketin hemen hemen mutlak eşit iletilmesi geniş makinalarda makinanın her iki ucundaki parçaların birlikte hareket etmelerini sağlayabilir. Bazı apkant preslerinde karşılıklı iki hidrolik silindirin eşgüdümlü çalışabilmeleri için bir mile bağlanmış iki mafsal iki uca tutturulur. Herhangi bir uçta oluşacak fazla hareket diğer uca da aktarılır. Böylece geniş araliktaki iki nokta paralel hareket etmiş olur.

15. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Zincirle Çoklanması



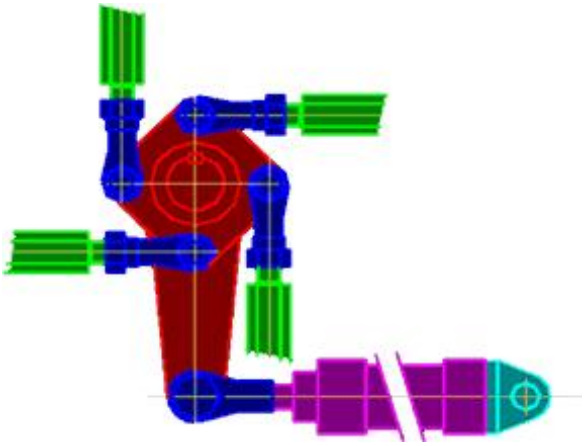
Bir zincir bir çok dişliye hareket verebilir. Fakat zincirin dişliyi iyi sarabilmesi güvenilir bir çalışma için gereklidir bu amaçla saptırma dişlileri kullanmak gerekebilir. Ayrıca zincirdeki uzamalar da zamanla sorun yaratabilir. uzamayı otomatik olarak karşılayan yaylı bir vasat dişli kullanmak gerekebilir. Zincirlerin ikişer ikişer birbirlerine hareket aktarmaları çok daha güvenilir bir çözümdür.

16. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Kamla Çoklanması



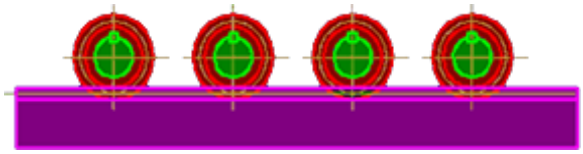
Bir daire etrafında yada yanyana dizilmiş millere dairesel yada doğrusal kamlar aracılığıyla hareket aktarılabilir. Kamın yüzeyi mil sayısı kadar birbirinin aynı profilden oluşur. Bağlama aparatları en yoğun kullanıldığı uygulama alanıdır. Bu mekanizmanın çok önemli bir varyasyonu ortadaki kamın bir koni olması halidir. Koni dönmek yerine ileri geri hareket ederek milleri hareket ettirir. Küçük koniklik eğimleri verilerek kuvvetten kazanmak yada küçük hareketleri kontrol etmek mümkündür.Bu mekanizma çap ölçme aletlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

17. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Mafsallarla Çoklanması



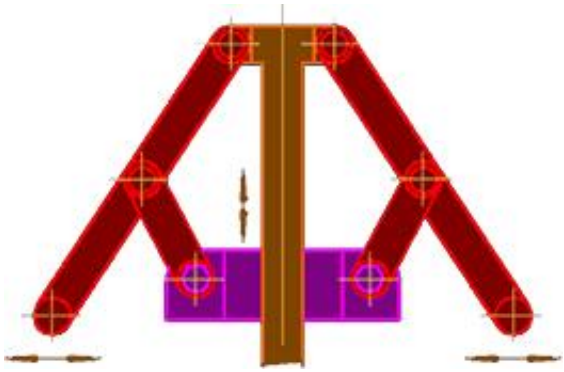
Bir dairenin etrafına dizilen kollarla açılıp kapanan mekanizmalar tasarlanabilir. Kol açıları çıkıştaki kuvveti belirlediğinden çok önemlidir. Kol eksenleri mil ekseninden geçecek şekilde dik konuma geldiğinde kollarda çok büyük yükler oluşabilir. Bu sebeple bağlama mekanizmalarında kullanılırlar

18. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Kremayer İle Çoklanması



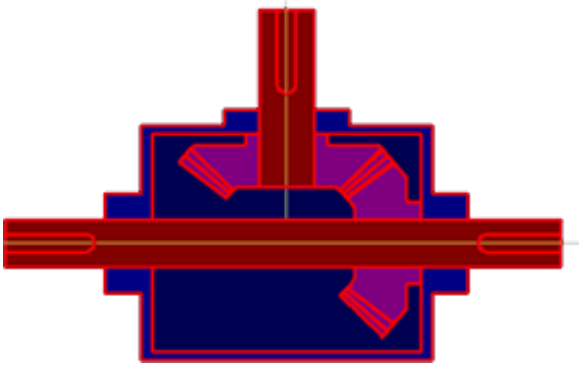
Kremayer-pinyon ikilisi bir çok yerde karşımıza çıkar. Çok sayıda mili belli miktar açıda dönderebilmek için çok iyi bir alternatiftir. Açılıp kapanan perdelerde paralel hareket istenen yerlerde kullanılabilir. Eğer sınırlı açıda hareket gerekiyorsa (120° den küçük) o zaman milleri mafsallarla birbirine bağlayarak yapılacak mekanizma daha pratik olacaktır.

19. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Hareketin Mafsallarla Çoklanması



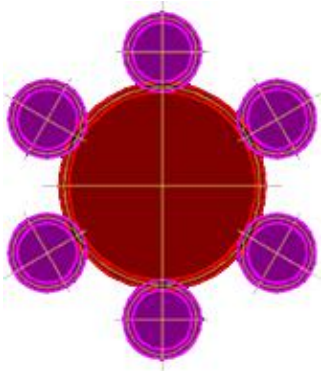
Mafsal mekanizması ile çoklu kapanıp açılabilen kollar tasarlamak mümkündür. Şemsiyeler, fotograf makinası ayakları, bazı pnomatik gripper mekanizmaları bu prensibi kullanır.

20. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Konik Dişli İle Hareket Dağıtma



Konik dişli kutuları hareketleri çeşitli yönlere dağıtmak için kulanılırlar. Bir konik dişli kutusu gelen hareketi 3 tarafına dağıtabilir.

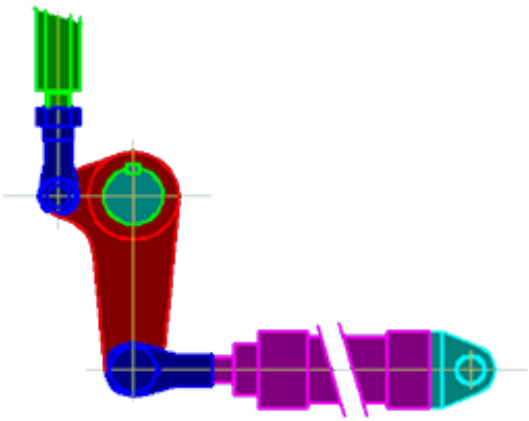
21. HAREKETİN ÇOKLANMASI: Dişliler İle Hareket Çoklama



Dişliler herzaman ne güvenilir mekanizmalardandır. Bir çok dişliyi aynı anda çevirmek gerektiğinde, özellikle bunlar bir daire etrafına dizilmişlerse doğal olarak ilk akla gelen yöntem dişlilerdir.

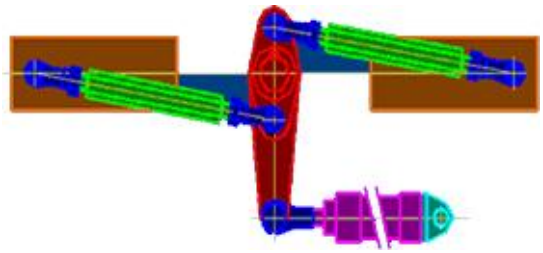
Ortadaki dişli sabit tutulup çevredeki dişlileri taşıyan gövde döndürülürse çevredeki dişliler hem ortadaki dişlinin etrafında hem kendi etrafında mikser hareketi yaparak dönerler.

22. KUVVET ARTIRMA:



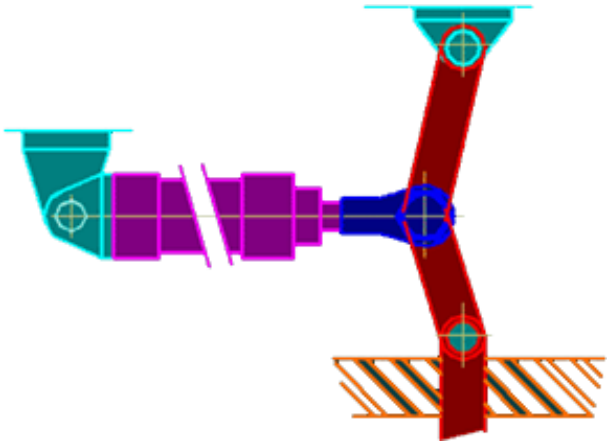
Mafsallarla hareketin yönü herhangi bir doğrultuya değiştirilebilir. Mafsal boyları istenilen hareket ve kuvvet miktarları sağlanacak şekilde seçilir. Fakat mafsal mekanizmaları hareketi hassas olarak aktaramazlar. Açılardaki değişim karşılıklı olarak eşit değişmediğinden çıkıştaki hareket girişten biraz farklı olacaktır.

23. KUVVET ARTIRMA: Çene Mekanizması



Çapraz yerleştirilen iki çene giriş hareketine göre birbirlerine yaklaşır yada uzaklaşır.Kolların çene ekseni ile yaptıkları açı sıfır olduğunda büyük kuvvetler oluşur. Her iki çene birbirinin mutlak simetriği olduğundan çenelerin hareketi de ortadan eşit mesafelerde olacaktır.

24. KUVVET ARTIRMA: Toogle Mekanizması

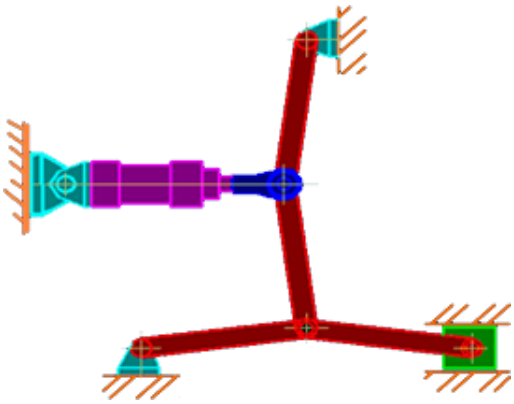


Toggle mekanizması en önemli mekanizmalar arasındadır. İki temel işlevi vardır.

Birincisi çok büyük kuvvetler oluşturabilmesidir. Büyük kuvvetler gerektiren yerlerde (örneğin eksantrik preslerde, enseksiyon preslerinde toggle prensibi çok kullanılır.

İkinci işlevi orta (kararsız) konumu atlayan toggle mekanizması hangi tarafta ise o taraftakikonumunu muhafaza etmeye çalışır. Bu özellik kilit mekanizmalarında ve elektrik anahtarlarında vs. kullanılır.

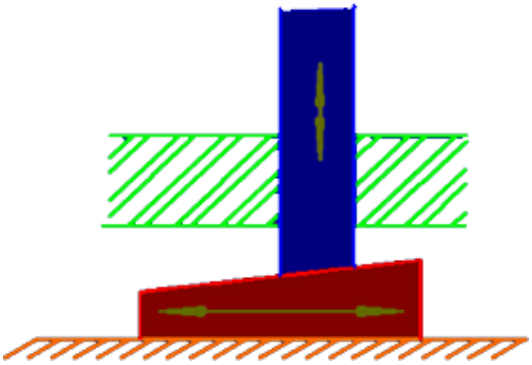
25. KUVVET ARTIRMA: İki Kademeli Toggle



Çok kademeli toggle mekanizması giriş kuvvetini çok daha fazla düşürmek için kullanılır. Enjeksiyon preslerinde kullanılır:

Not: Toggle sadece kuvvet artırmak için değil kilit ve switch mekanizmalarında da kullanılır orta kararsız konumu geçen toggle hangi tarafta ise o tarafta kalır. Bu özelliği sayesinde bağlama aparatlarında, kilit mekanizmalarında ve elektrik switchlerinde kullanılır.

26. KUVVET ARTIRMA: Kama Mekanizması



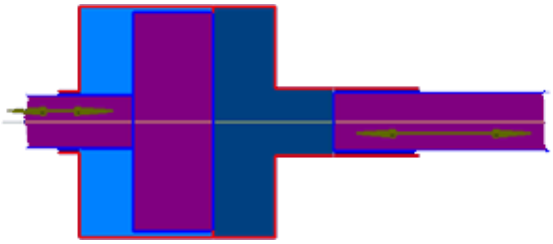
Eğimli kamalar çok yönlü mekanizmalardır.Çok çeşitli amaçlar için kullanılırlar.

1- Küçük kuvvetlerle büyük kuvvetler elde etme; Eğim sıfıra yaklaştıkça çıkış tarafındaki kuvvet sonsuza yaklaşır. Kama biçimindeki takozlar ağır yüklerin kaldırılmasında kullanılır.

2- Ayar mekanizması; Girişteki büyük hareketler çıkışta küçük hareketler sağlarlar. Birbiri üzerine kapatılmış iki konik parçanın dış yüzeyleri arasındaki mesafe değiştirilebilir. Bu prensip bazı lineer yataklarda boşluk almak yada ön gerilme oluşturmak için kullanılır.

3- Boşluk almak; Parçaların birbirine boşluksuz çalışması fakat toleransların kaba olması yada aşınmaların sorun yaratmaması isteniyorsa karşışılıklı parça yüzeylerine eğim verilebilir. Özellikle dairesel parçalarda eğimli yüzeyler boşluğun istenmediği takım tezgahları iş millerinde yoğun kullanılır.

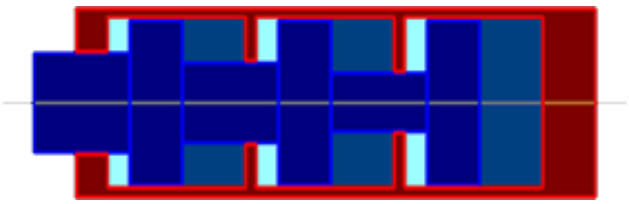
27. KUVVET ARTIRMA: Akışkanlar İle Kuvvetin Büyütülmesi-1



İki değişik çaplı hidrolik silindir birbirine bağlandığında ve küçük çaplı silindire kuvvet uygulandığında büyük silindirin çıkışında kuvvet büyür. Takım tezgahlarında kullanılan hidrolik mengeneler bu prensiple çalışır. Giriş tarafı bir vidan somun sistemiyle itilir. Parça sıkan tarafta çok büyük kuvvetler oluşturulur.

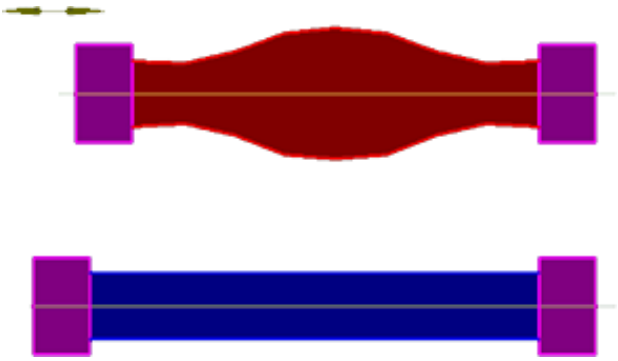
Küçük pnomatik güçler kullanarak çalışan bazı pres uygulamaları da bu prensibi kullanır. 6 bar lık pnomatik hava ile kesme bükme yada benzer işler yapabilen basit presler tasarlanabilir.

28. KUVVET ARTIRMA: Akışkanlar İle Kuvvetin Büyütülmesi-2



Ardarda bağlanmış silindirler Kuvveti birkaç kat artırırlar. Bazı pnomatik uygulamalarda yer kısıtlaması sebebiyle silindir çapını artırmak mümkün olmaz. Bu tür durumlarda 2 ila 4 piston tandem olarak birbirine bağlanır. Tabiki çap ve strok aynı kalmakla beraber silindirin boyu uzayacaktır.

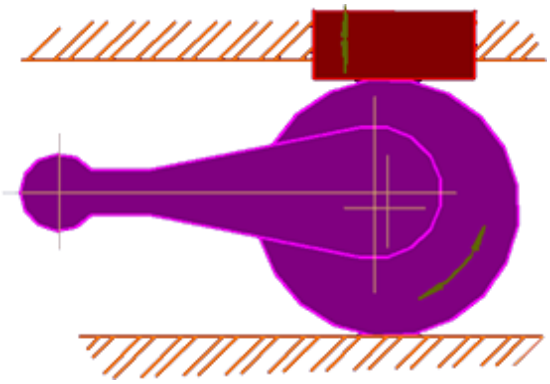
29. KUVVET ARTIRMA: Kas Silindir



Kas silindirler klasik silindirlere göre aynı hacimde 10 kata kadar daha büyük kuvvetler oluştururlar.

Strokları genellikle küçüktür. Bazı özel uygulamalara son derece uygundur. Ayrıca daha az hava tüketmeleri, hareketli parça barındırmamaları, vs. gibi çok çeşitli avantajları vardır. Birkaç kas birlikte çalıştırılarak büyük kuvvetler elde edilebilir.

30. KUVVET ARTIRMA: Eksantrik Disk



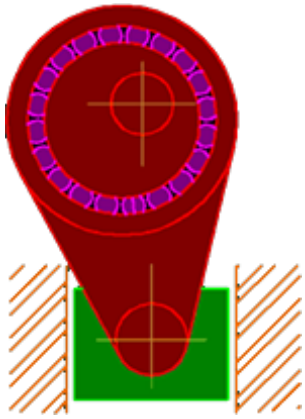
Eksantrik disk çok çeşitli amaçlarla kullanılır:

1-Kam: Dönen eksantrik disk dış yüzeyi izleyici makaraya salınım hareketi yaptırır. Bu hareketin uygun olduğu uygulamalarda özel kam profili yerine eksantrik bir disk kam olarak kullanılabilir.

2-Krank kolu: Krank kol boyunun çok küçük olması durumunda ayrı bir krank kolu yerine eksantrik disk kullanılır.

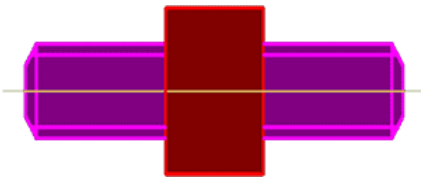
3-Esantrik disk bağlama aparatlarında sıkma mekanizması olarak kullanılabilir. Eksantriklik küçük olduğunda küçük giriş kuvvetleri büyük çıkış kuvvetleri oluşturabilirler. Genellikle otoblokaj şartları kolaylıkla sağlanabildiğinden ek bir tedbir almadan tek bir hareketle parça bağlama sağlanabilir.

31. KUVVET ARTIRMA: Eksantrik Kol



Krank kolunun küçük olduğu yerlerde krank kolu yerine eksantrik disk kullanılır. böylelikle sıfıra çok yakın uzunluklarda krank kolları mümkün olur.

32. KUVVET ARTIRMA: Vida Somun Mekanizması



Vida somun mekanizması en bilinen mekanizmalardan biridir. Çok değişik amaçlarla kullanılırlar:

1- Bağlama,

2- Lineer hareket elde etme; Vida döndüğünde somun lineer olarak ilerler. Bu özellik otomasyon tekniği açısından çok önemlidir. Robotik uygulamalarda en çok kullanılan kullanılan mekanizmalardan biridir.

3- Ayar mekanizması; Vida somun sisteminin oto-blokajlı olması, bir turda sadece bir hatve ilerlemesi ve kolayca hassasiyetin sağlanabilmesi onu ayarlanabilir mekanizmalarda en uygun seçim haline getirir.17 nolu mekanizmada tanıtıldığı şekilde iki ayrı hatve kullanıldığında çok küçük hareketler elde etmek de mümkündür.

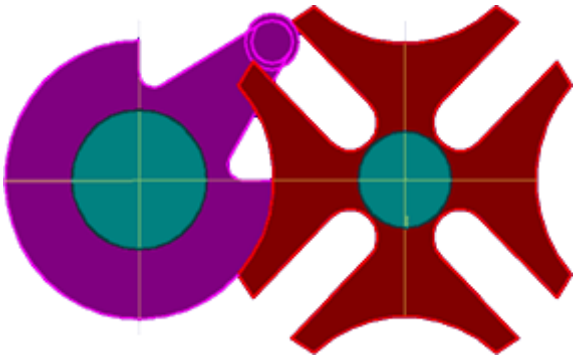
4- Konveyor; Vidalı konveyörler özellikle küçük tanecikli parçaların, tezgahlarda talaşın atılması gibi amaçlarla kullanılırlar. Basit ve sağlam yapılarından dolayı bu tür amaçlar için en iyi tercihtir.

5- Büyük kuvvet elde etme; Vidanın bir turunda hatvenin küçük ilerlemesi (yapılan iş sabit kalacağından) kuvvetin de aynı oranda yükseleceğini gösterir. Bu özellik preslerde, mengenelerde, el aletlerinde vs. çok kullanılır.

6- Redüktör mekanizması; Nihayetsiz vida ve çarkı temelde vida-somun mekanizmasıdır. Bu redüktörlerin otoblokajlı yapılabilmesi, küçük hacimlerde büyük redüksiyon sağlayabilmeleri giriş ve çıkış millerinin birbirine dik olması önemli avantajlarıdır. Bu mekanizma sadece redüktör amacı ile değil bazen ayarlanabilir mekanizmalar için de kullanılır. Vidanın bir turunda çark sadece bir diş döner. Böylelikle küçük açılar kolayca kontrol edilebilir.

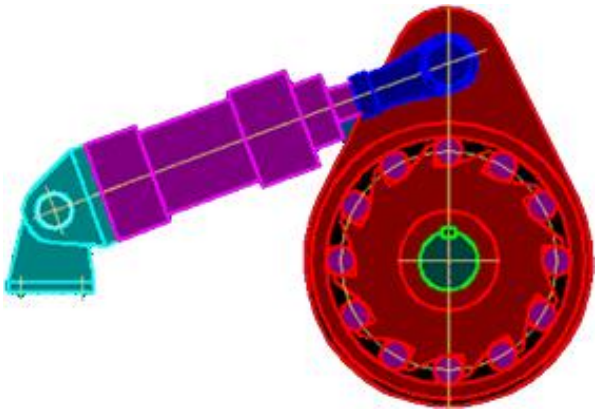
Not: Otoblokaj:Hiç bir kilit mekanizması kullanılmasa da, somun ancak vidanın döndürülmesi halinde ilerleyebilir, somuna dışardan uygulan hiç bir kuvvet vidanın dönmesini sağlayamaz.)

33. KESİKLİ HAREKET: Cenova Çarkı



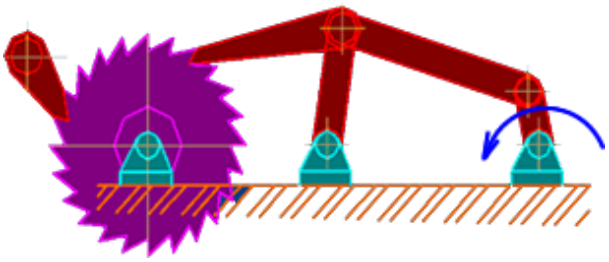
Kesik hareket elde etmenin en bilinen yollarından biri Malta haçı yada Cenova tekeridir. Kesik hareketle ilgili daha ayrıntılı bir yazı için...

34. KESİKLİ HAREKET: Tek Yönde Dairesel Kesikli Hareket



Tek yönlü rulmanlar kesik (indeks) ilerletme, ters dönüşü engelleme, bir volan yardımıyla kesik hareketleri düzgün dairesel harekete çevirme gibi bir çok amaçla kullanılabilir.

35. KESİKLİ HAREKET: Mandal Mekanizması



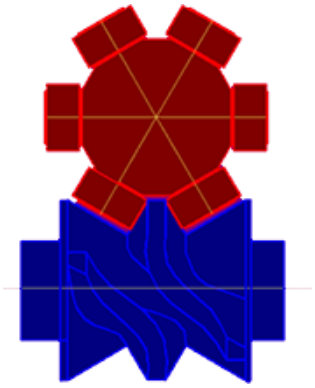
Mandal mekanizması da bir kaç farklı amaç için kullanılar:

1- Kesik hareket: Mandal diskini çeviren mekanizmanın geri dönüş zamanlarında mandal hareket etmez. Böylece kesik hareket elde edilmiş olur.

2- Geri dönüş kilidi: Bir milin ters yönde dönmesinin istenmediği yerlerde (örneğin yük kaldırma sistemlerinde) mandal mekanizması kullanılır.

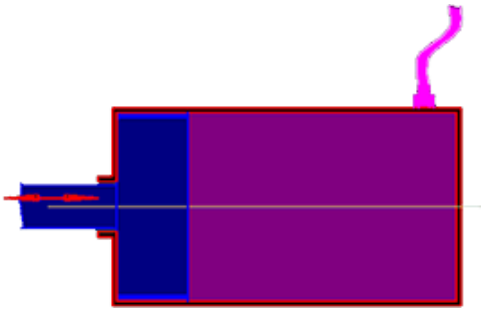
3- Açısal pozisyon kontrolu: Matkap ve benzeri operasyonlarda parçayı belirli açılarda çevirmek için mandal mekanizması kullanılabilir. Bir yöne serbestçe dönebilmesi indeks hareketlerini basitçe yapmasını sağlar.

36. KESİKLİ HAREKET: Kamlı Kesik Hareket Mekanizması



Kam yardımıyla kesik hareket en sağlıklı metoddur. Durma ve hareket zamanları daha esnek belirlenebilir. İvmeler ve dolayısıyla kuvvetler daha düşüktür. Fakat tasarım ve imalatı çok kolay değildir. Dünyada kamlı kesik hareket kutuları imal edip satan firmalar vardır.

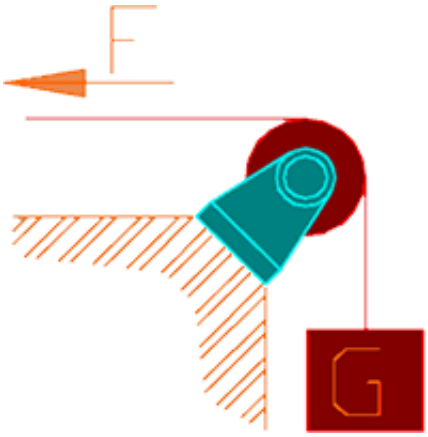
37. YAY ETKİSİ: Pnomatik Yay



Yay yerine pnomatik hava kullanmak cazip olabilir. Hava tüketimi sıfırdır. Bir regülatör yardımıyla basınç ayarlanabilir. Tüm hareket boyunca oluşan yay kuvveti sabittir. Yayın kırılma ihtimali olduğundan yaydan daha güvenilirdir.

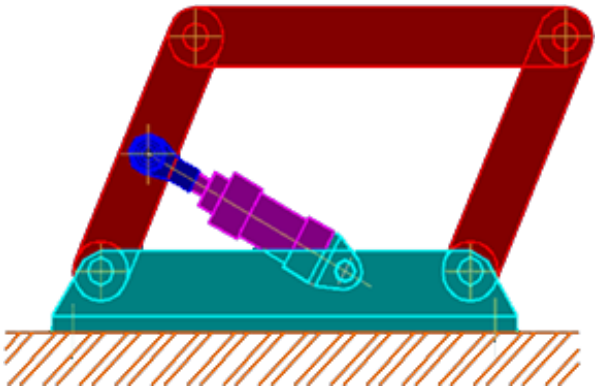
Dışarı ile bağlantısı olmayan silindirler içine hava konarak da yapılan yaylar vardır. Ağır iş makinalarında, pres işlerinde bu tür havayla çalışan yaylar kullanılmaktadır.

38. YAY ETKİSİ: Ağırlık Yardımıyla Yay Etkisi



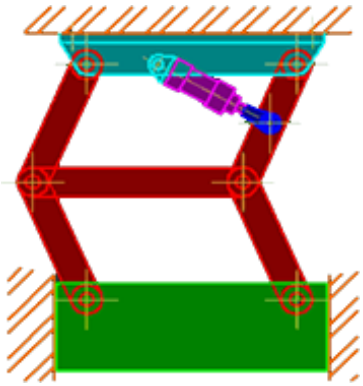
Ağırlık da yay gibi kullanılabilir. Kuvvetin sabit kalmasının önemli olduğu hassas uygulamalarda ağırlık kullanılabilir.

39. PARALEL HAREKET: Paralel Kol Mekanizması



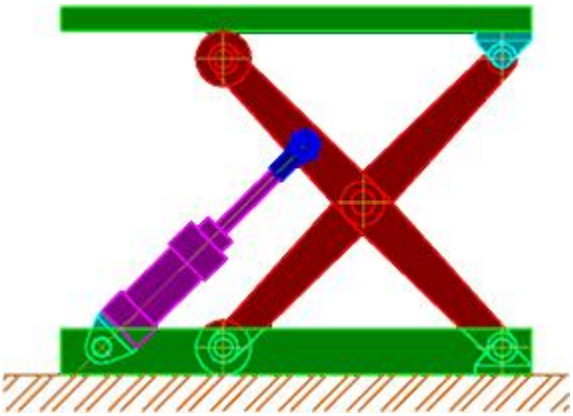
Eşkenar dörtgenden oluşan paralel kol en önemli mekanizmalardan biridir. Paralel hareketin önemli olduğu bir çok yerde paralel kol mekanizması görülebilir. Bazı ağırlık kaldırma platformları makas mekanizması yerine bu mekanizmayı kullanır. Ağırlığın sadece dikeyde değil değil, yatayda da yer değiştiriyor olması açıkça bir dezavantaj. Fakat sistemin basitliği yatay hareketin sorun yaratmadığı durumlarda makas mekanizmasına üstün kılar. Örneğin bazı araba kaldırma platformları bu prensibi kullanır.

40. PARALEL HAREKET: Paralel Hareket



Geniş bir parça ardarda iki paralel kol ile tutturulduğunda sürekli paralel kalmaya zorlanacaktır. Geniş bir parçayı dar bir kılavuz ile hareket ettirmek için kullanılabilir.

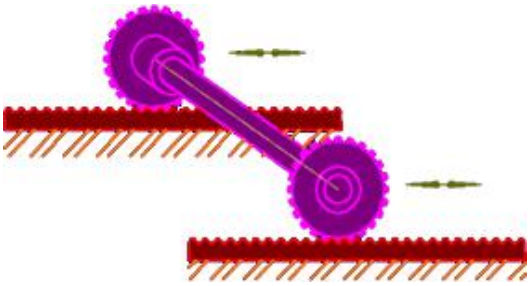
41. PARALEL HAREKET: Makas Mekanizması



Yük kaldırmak için kullanılan hidrolik platformları için en bilinen mekanizma makas mekanizmasıdır. Moment kolunun makul mesafe ve açıda olması için genellikle 30-40 santimetre açık pozisyondan başlarlar. Fakat kam yardımıyla 80 mm gibi çok düşük mesafelere kadar inen platformlar vardır. Transpalet seviseyinde olması dolayısıyla bu tip olanlar çok kullanışlıdır. İki yada daha çok kademeli platformlar da vardır.

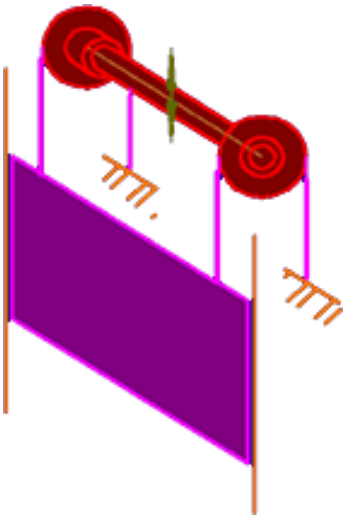
(Not: Hidrolik silindirin uygulanış şekli genellikle resimdekinden farklıdır. Alt ucu diğer yanda ve sabit ayak eksenine yada yakınına mafsallıdır. Üst ucu ise ortadaki eksen miline kaynatılmış uygun açı ve boydaki bir mafsala bağlanmıştır.)

42. PARALEL HAREKET: Uzak Aralıklarda Paralelliğin Sağlanması



Uzak aralıklı iki nokta arasında paralelliği sağlamanın bir yolu kremayer-pinyon sistemidir. Fabrika tavan vinçlerinde sıklıkla kullanılır. Fakat makinalarda da rahatlıkla karşılaşılabilinir.

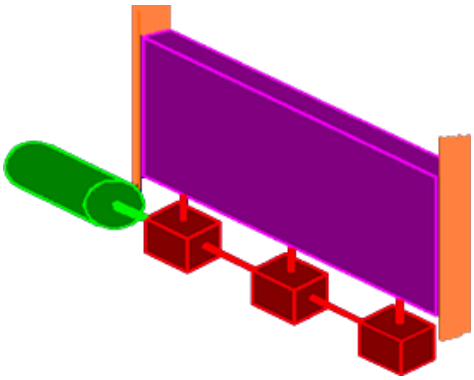
43. PARALEL HAREKET: Zincir Yardımıyla Paralel Kaldırma



Forkliftlerde kullanılan paralel kaldırma sistemi.

Bazı kapak sistemlerinde mil sabit tutulur ve zincirin arka uçları iki silindir vasıtasıyla hareket ettirilir.

44. PARALEL HAREKET: Hareket Vidaları İle Paralel Kaldırma

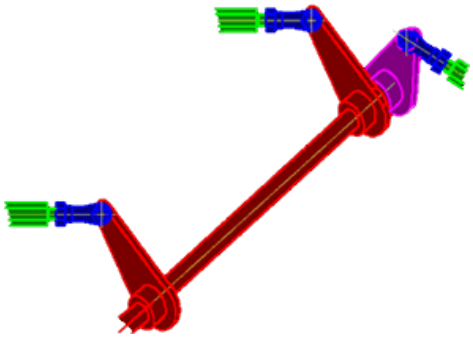


Hareket vidaları ve redüktörler kullanılarak paralel kaldırma sağlanabilir.

Not: Hareket vidalarının bir motor sistemiyle okuple olduğu ünitelere elektrikli-lineer-iş elemanı denir. böyle bir eleman hidrolik yada pnomatik silindirin alternatifi olabilir.

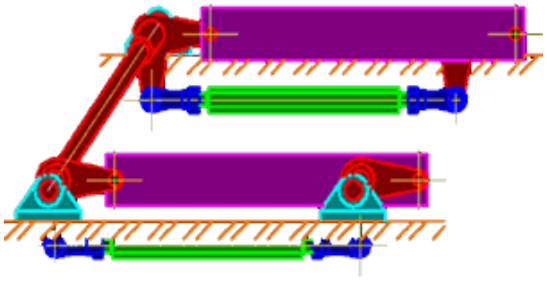
Akuple motorlu oyuk milli nihayetsiz redüktör ve ortasından geçen hareket vidası çok sık karşılaşılabilecek bir mekanizmadır. Motor döndükçe nihayetsiz vida ve bu mile bağlı hareket vidasının somunu döner. Hareket vidası dönüş yönüne göre içeri yada dışarı hareket ederek bir silindir gibi davranır.

45. PARALEL HAREKET: Mafsallar Yardımıyla Paralel Hareket



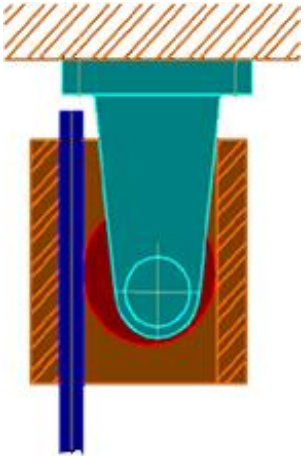
Makinalarda makinanın her iki tarafında paralel hareket elde etmek için kullanılabilir.

46. PARALEL HAREKET: Mafsallar Yardımıyla Paralel Hareket



Seviyesi ayarlanabilir bir kızak sistemi için şekilde görülen mekanizma kullanılabilir. Şekil sadece paralel hareketle ilgili kısmı göstermektedir. Tam bir sistem için mile bağlanacak ilave bir mafsal ve bu mafsalı çeviren vida somun mekanizması da gereklidir.

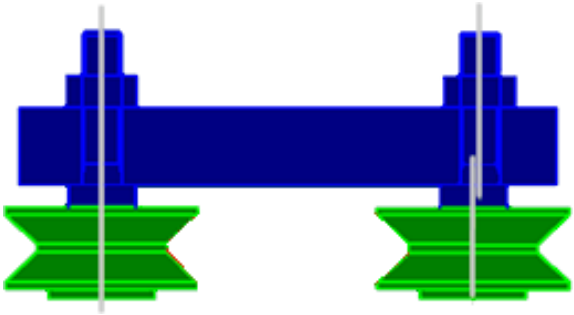
47. KİLİTLEME: Otoblokaj Mekanizması



Otoblokaj çok önemli bir özelliktir. Şekildeki halat eğer otoblokaj şartı sağlandı ise hiçbir kuvvet altında aşağı çekilemez. Kuvvet büyüdükçe halatı yerinde tutan sürtünme kuvveti de büyür ve böylece her türlü yüke karşı koyabilir.

Bir çok değişik otoblokaj mekanizması vardır. Şekil sadece onlardan biridir. Eksantrik mil yerine kama prensibi ile çalışan otoblokaj mekanizmaları yük kaldırma uygulamalarında daha çok kullanılırlar.

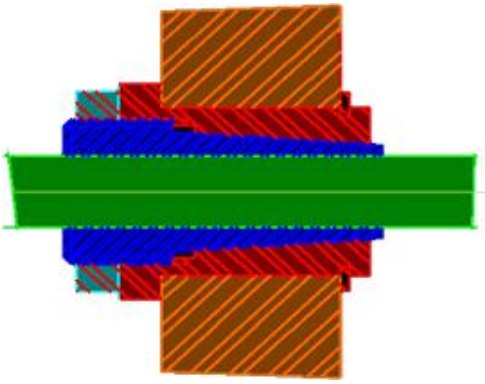
48. BOŞLUK ALMA: Boşluksuz Çalışma İçin Eksantrik Mil



Karşılıklı kullanılan makaralarda genellikle bir taraftakiler eksantrik eksene sahiptirler. Böylelikle imalattan yada işletmeden kaynaklanan boşluklar giderilebilir, sisteme arzu edilen ön gerilme verilebilir.

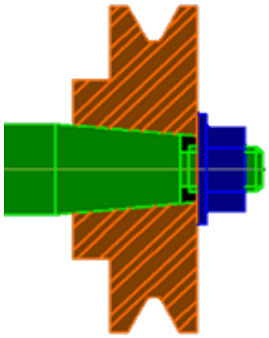
Eksantrik eksen uygulamasına yukardakine benzer başka yerlerde de rastlanabilir. Örneğin düşük uzamalı kayışlarda boşluk alma genellikle eksantrik eksene sahip vasat kasnaklarla yapılır.

49. BOŞLUK ALMA: Boşluğu Ayarlanabilir Yatak



Birbirine konik geçen iki kovan boşluk almak yada sıkı geçme elde etmek için güzel bir mekanizmadır. Bazı Boşluk istenmeyen kaymalı yatak uygulamalarında ve bazı zaman kayışı kasnaklarınını göbeklerinde (çabuk söküp takmayı sağlamak için) bu prensibi temel alan mekanizma vardır.

50. BOŞLUK ALMA: Konik Yüzeyli Bağlama



Konik yüzeyli mil bir çok bakımdan silindirik yüzeye üstündür.

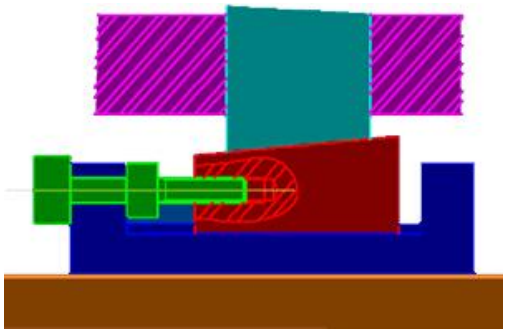
1- Sıfır boşluk,

2- İlk takmada sıfır yalpalama,

2- Kama kanalı gerekmez,

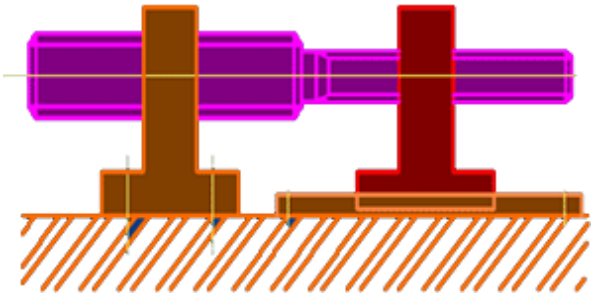
4- Baskı kuvveti ayarlanabilir.

51. HASSAS AYAR: Hassas Ayar Mekanizması



Bazı lineer yatak üreticileri şekilde görülen prensiple çalışan boşluk ayar parçaları üretmişlerdir. vidanın dönüş açısına bağlı olarak istenen ön gerilme verilebilir.

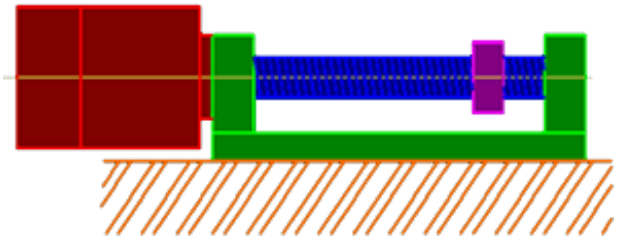
52. HASSAS AYAR: Farklı hatveli kombine vida ile hassas ilerleme



Birbirine yakın iki ayrı hatve ters yönlerde kombine edildiğinde vidanın bir turunda iki hatvenin farkı kadar hareket elde edilir. Örneğin 2 mm ve 1.75 mm lik iki hatve kullanıldığında ve bunlardan biri sağ diş diğeri sol diş yapıldığında vidanın herbir turunda sadece 0.25 mm çıkış elde edilir. 15° lik bir tur yaklaşık sadece 10 mikron ilerleme verir. Vidanın kolayca boşluksuz yapılabileceği düşünüldüğünde bu mekanizmanın birçok uygulama için çok pratik olduğu görülür.

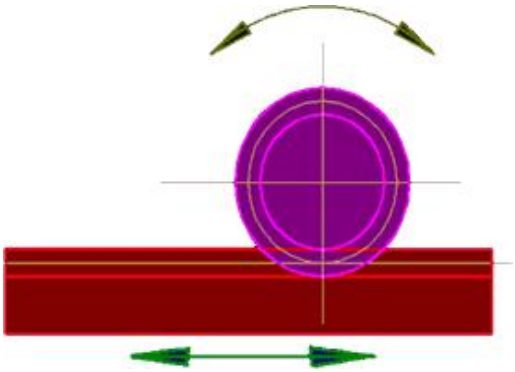
Bu kavram diş sayıları birbirine yakın dişlileri kullanarak dar hacimlerde büyük redüksiyon sağlayabilen redüktörlerde ve zincirli ceraskallarda da kullanılır.

53. DOĞRUSAL HAREKET: Hareket Vidası



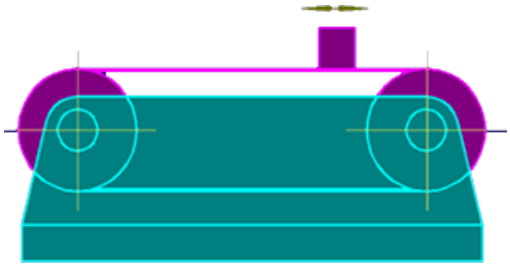
Hareket vidaları otomasyon uygulamalarının en önemli araçlarından biridir. En hassas hareket elde etme yöntemidir. Ayrıntılı bilgi için Makine elemanları-Hareket vidaları kısmına bakınız.

54. DOĞRUSAL HAREKET: Kremayer Pinyon



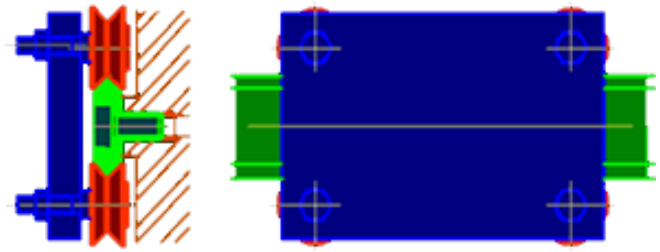
Kremayer-pinyon çifti bir çok amaç için kullanılabilir. Fakat en önemlisi muhtemelen otomasyon uygulamasıdır. Robotik uygulamalarda , Özellikle çok uzun eksenler için, alternatifleri olan zaman kayışları ve bilyalı hareket vidalarından üstündürler. Konfigirasyona göre kremayer ve pinyonun bağlı olduğu eksen açısından da avantaj sağlayabilir. Hareket vida motorlarının daima eksen üzerinde yer almak zorunda olmalarına karşılık kremayer-pinyon uygulamasında motor eksen üzerinde yer almaz. eksene kremayer bağlanır. Bu da çok hafif eksen imal etmeyi mümkün kılar.

55. DOĞRUSAL HAREKET: Zaman Kayışlı Lineer Hareket



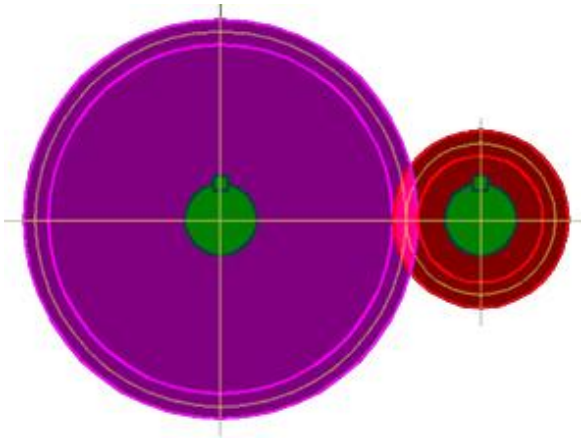
Otomasyon uygulamalarında hareket sağlamada kullanılan bir kaç metodtan birisi zaman kayışıdır. Daha ucuz olması sebebiyle çok büyük hassasiyet gerektirmeyen yerlerde hareket vidalarından üstündürler.

56. DOĞRUSAL HAREKET: Lineer Hareket Mekanizması



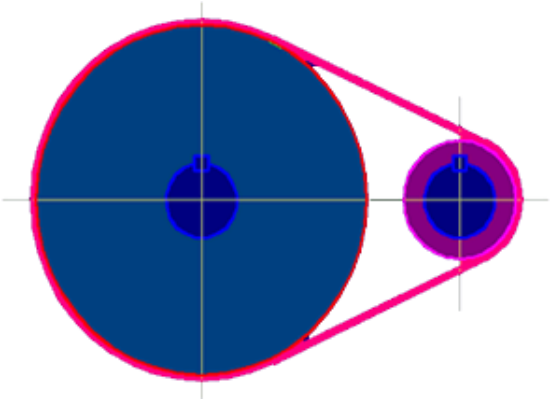
Otomasyon sistemlerinde kullanılan lineer hareket mekanizmalarından biri 'V' kanallı mekanizmadır. Basit ve kullanışlıdır.Bir çok uygulama için yeteri kadar hassasiyete hahiptir. Kanallar V yerine yuvarlak olarakda işlenebilir.

57. DAİRESEL HAREKET: Dişli Mekanizması



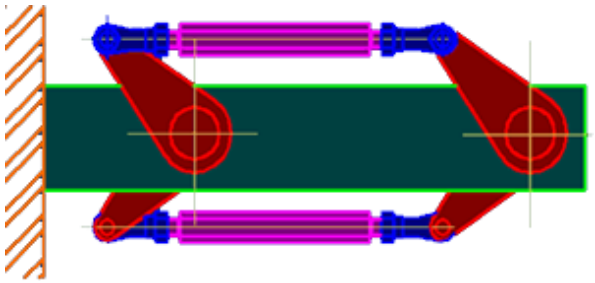
Dişliler hareketi senkron, hassas, sessiz iletebilirler. Tasarımları, imalatları kolaydır. Çok uzun ömürlüdürler. Verimlidirler. Bu özellikleri sayesinde kullanıldığı mekanizmalar da sağlam ve güvenilirdirler.

58. DAİRESEL HAREKET: Kayış Kasnak Mekanizması



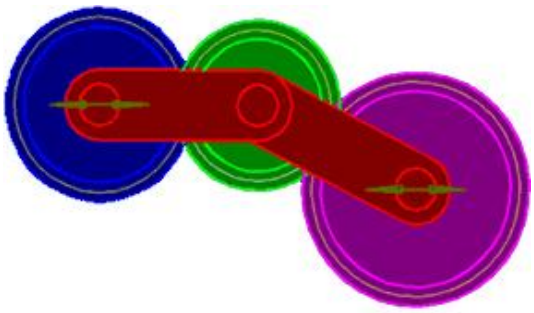
Genellikle motor çıkışlarında hareket aktarmak için kullanılırlar. Hassasiyet gerektirmezler, darbelere duyarsızdırlar. Buna karşılık hareketi senkron aktaramazlar (zaman kayışları hariç), belli devrin altındaki hızlarda çalışamazlar, belli bir ön gerilmeyle çalıştıklarından yataklarda yük oluştururlar, uzun eksen aralıklarında titreşimleri önlemek için vasat gergi sistemine ihtiyaç duyarlar.

59. DAİRESEL HAREKET: Tam Tur Mafsal Mekanizması



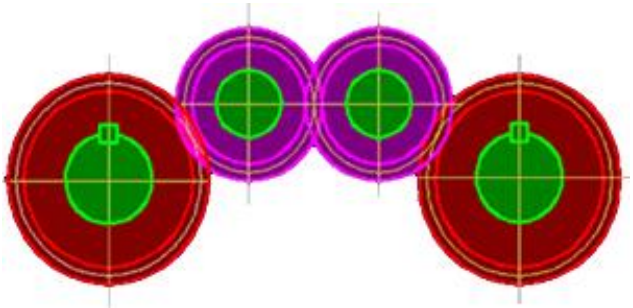
İki paralel kol mekanizması birbirlerine 90° açı ile bağlandığında hareketi bir dişliye ihtiyaç göstermeden uzak bir noktaya tam tur taşıyabilirler.

60. DAİRESEL HAREKET: Gezebilir Mile Hareket Aktarma



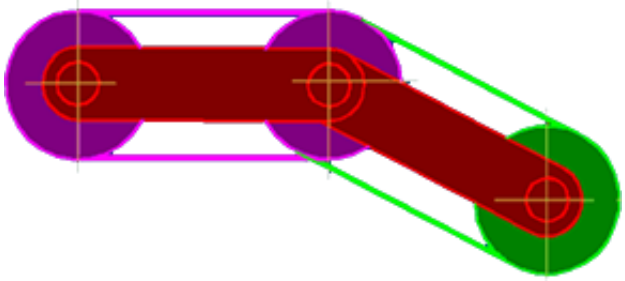
Bazı makinalarda dönen mil aynı zamanda hareket de eder. Yada gereken zamanlarda yeni konuma taşınıp sabitlenir. Böyle yerlerde iki mafsal ve bir vasat dişli yardımıyla hareket taşınabilir. Uçtaki millerin gezintisi dişler arasındaki uyumu değiştirmez. Fakat bir önemli ayrıntı; eğer miller sürekli gezinti halinde iseler (bir taraftan dönerken bir taraftan da ileri geri öteleme yapıyorlarsa çıkış hareketi düzgün dairesel olmayacaktır. Öteleme hareketin etkisi ile çıkış devri sinüzoidal bir hareket hapacaktır.

61. DAİRESEL HAREKET: Aralıklı İki Mil Arasında Hareket Aktarma



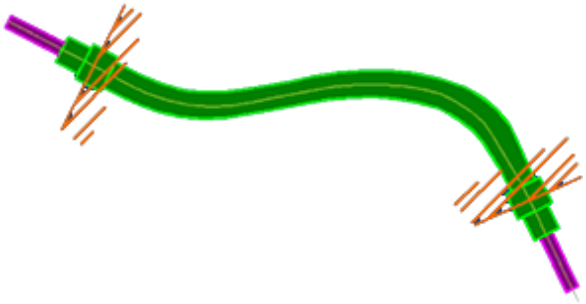
Aralıklı iki mil arasından vasat dişliler kullanarak hareket aktarılabilir. Vasat dişlilerin diş sayılarının kaç olduğu çukış devrini etkilemez. Fakat vasat dişlilerinin tek yada çift adet olması çıkış devrinin yönünü etkiler. Tek sayılı vasat dişlide giriş ve çıkış dişlileri aynı yönde dönerler.

62. DAİRESEL HAREKET: Gezebilir Mile Hareket Aktarılması



Bazı makinalarda dönen mil aynı zamanda hareket de eder. Yada gereken zamanlarda yeni konuma taşınıp sabitlenir. İki mafsal ve zaman kayışları ile gezinen millere sürekli hareket aktarmak mümkündür. Fakat bir önemli ayrıntı; eğer miller sürekli gezinti halinde iseler (bir taraftan dönerken bir taraftan da ileri geri öteleme yapıyorlarsa çıkış hareketi düzgün dairesel olmayacaktır. Öteleme hareketin etkisi ile çıkış devri sinüzoidal bir hareket hapacaktır.

63. DAİRESEL HAREKET: Esnek Mil İle Hareket Aktarılması

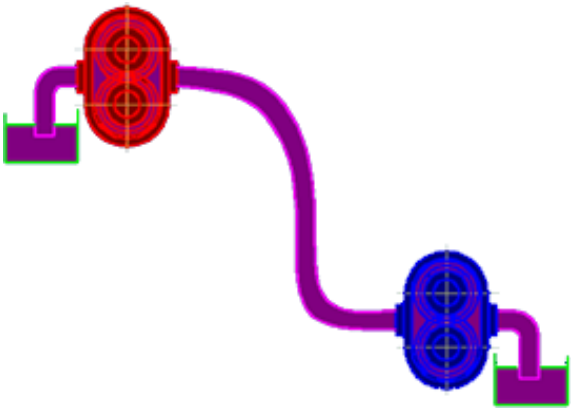


İki ayrı uygulamadan bahsedilebilir:

1- Dairesel hareket iletmek için kullanılan esnek miller; Örneğin otomobil hız gösterkeleri, bazı atelye el aletleri sayılabilir.

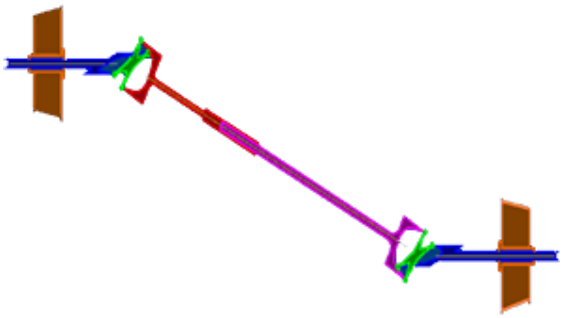
2- Öteleme hareketi iletmek için: Bunlarla daha sık karşılaşırız. Fren, debriyaj ve benzeri yerlerde çok kullanılırlar.

64. DAİRESEL HAREKET: Pompa Motor İle Hareket İletme



Hidrolik ünitenin zaten kurulu olduğu yerlerde elektrik motoru yerine hidrolik motor kullanmak daha pratik olabilir. Hidrolik motorları çok küçük olduğundan ataletin önemli sorun olduğu yerlerde tercih edilebilirler.

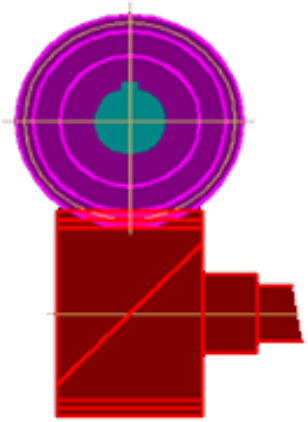
65. DAİRESEL HAREKET: Kardan Mili ve Üniversal Kavrama



Kardan mafsal yada üniversal kavrama konumu sürekli değişen, iki mili birbirine güvenli şekilde bağlamak için kullanılır. Genellikle otomobillerde kullanılırsa da endüstriyel uygulamalarda da azımsanmayacak derecede yaygındır. Eksenlerdeki tüm kaçıklıkları yüzde yüz güvenle telafi eder.

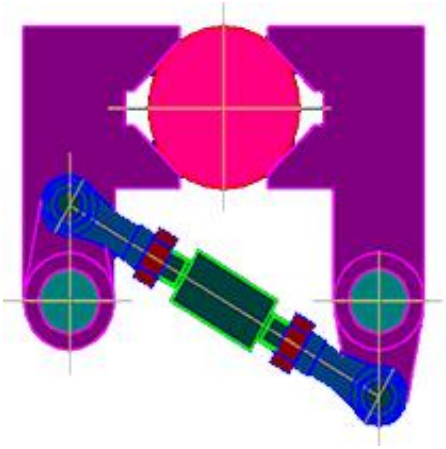
Bir önemli ayrıntı bir çok modelinde açılar çıkış hareketinin sinüzoidal olmasına sebep olur. Bunun istenmediği yerlerde düzgün dairesel hareket iletebilen tipleri kullanılabilir.

66. DAİRESEL HAREKET: Spiral Dişli

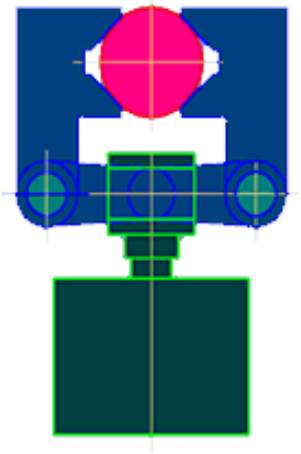


Spiral dişliler aslında helis dişlilerdir. Helis dişliler normalde karşılıklı sağ ve sol diş olurlar. Eğer iki aynı yönde helis dişli çakıştırılırsa eksenler paralel olmaz. Özellikle 45° lik iki helis dişlide eksenler birbirine dik olur. Doğal olarak bunun birçok pratik uygulaması vardır. Örneğin rulolu bantlar bu şekilde tahrik edilebilirler. Fakat spiral dişlilerin bazı sakıncaları kullanımlarını sınırlar.

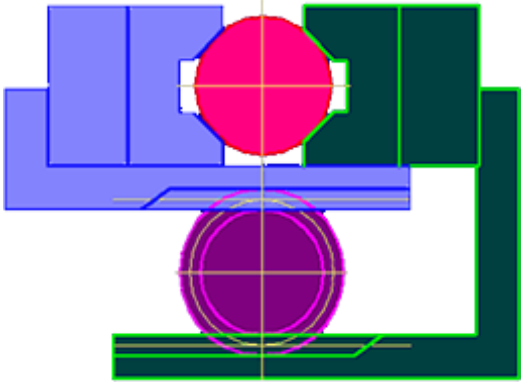
67. ÇENE MEKANİZMASI



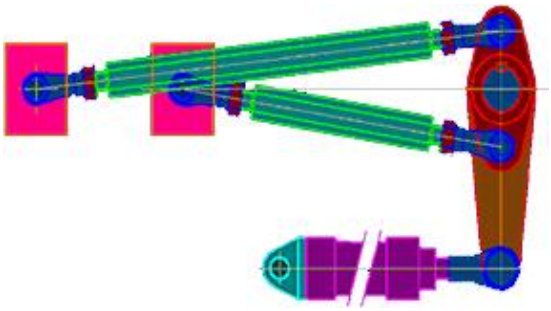
68. ÇENE MEKANİZMASI



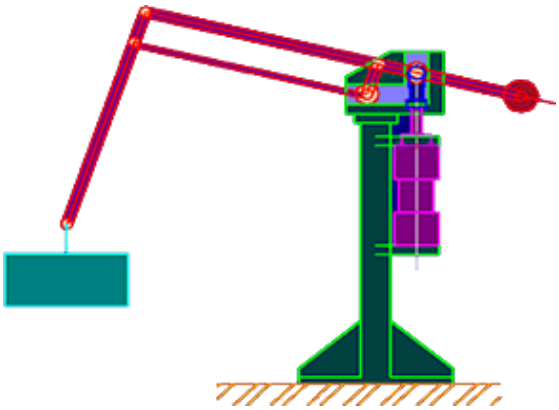
69. ÇENE MEKANİZMASI



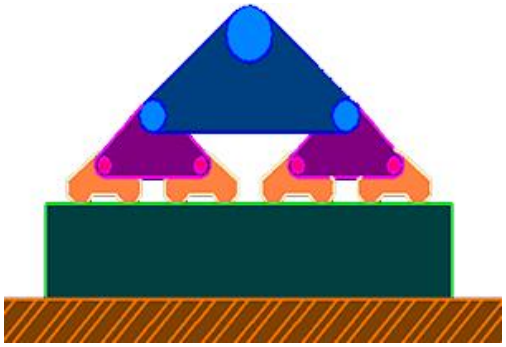
70. ÇENE MEKANİZMASI



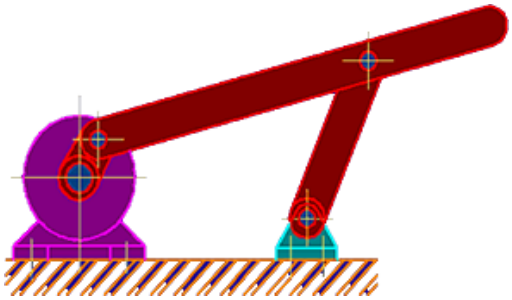
71. MANİPLATÖR MEKANİZMASI



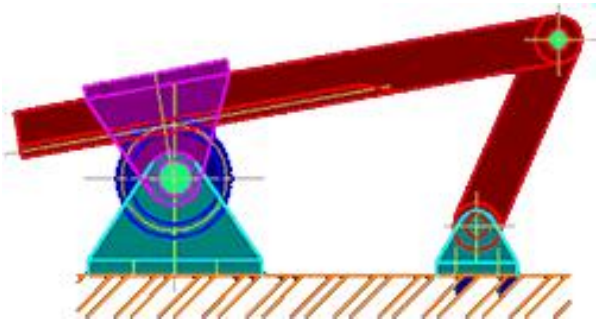
72. EŞİT BASKI MEKANİZMASI



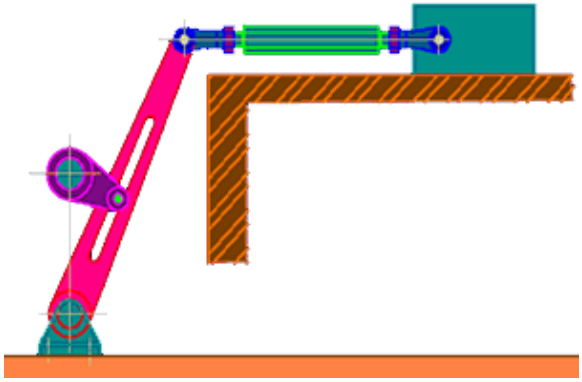
73. DÖRT ÇUBUK MEKANİZMASI



74. BÜYÜK AÇILARDA SALINIM ELDE ETME



75. ÇABUK GERİ DÖNÜŞ MEKANİZMASI

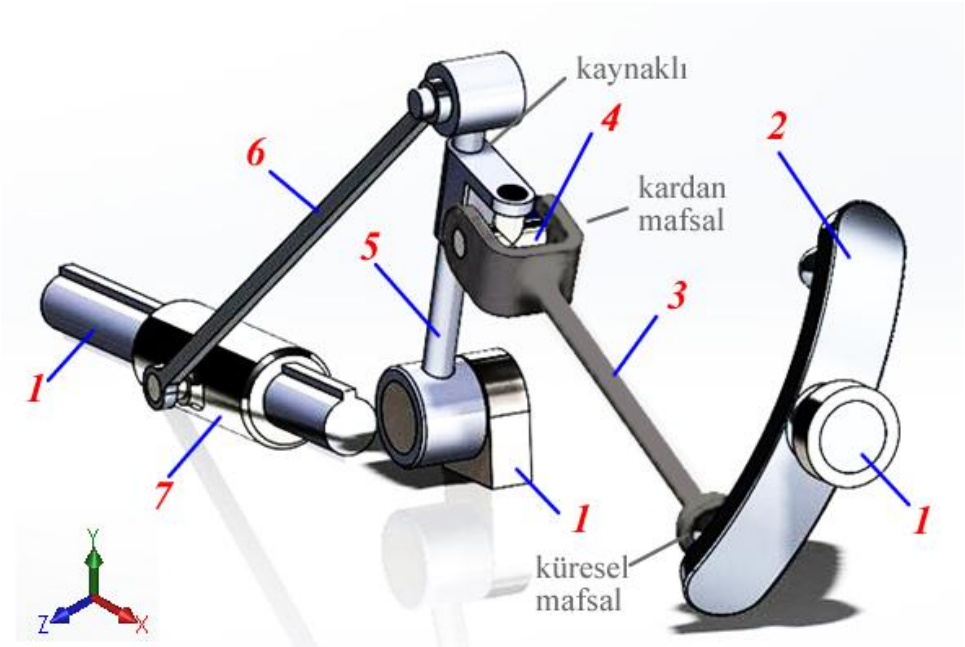


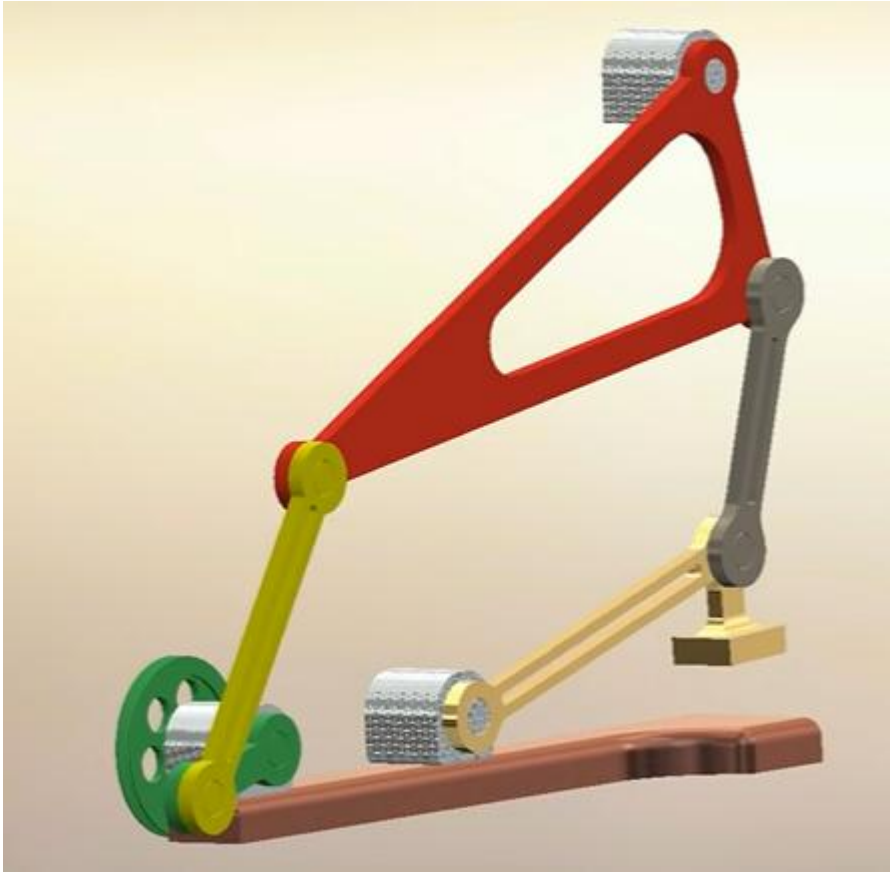
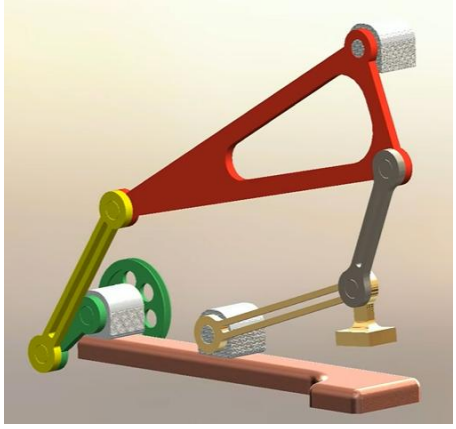
ÖDEVLER

Ödev 1: a) Serbestlik Derecesini bulun: Aşağıdaki mekanizmayı Solidworks de çizip, **serbestlik derecesini** bulun. Serbestlik derecesini konuyu araştırarak formülle bulmaya çalışın.

Solidworks'te montaj yaptıktan sonra uzuvlardan birini sabitleyip (7 nolu pistonu sabitleyin) diğer uçtaki döner kolu Mouse ile döndürmeye çalışın. Sistem dönmüyorsa serbestlik derecesi 1 demektir. Sistem hareket ediyorsa hala sabitlenecek başka yerler var demektir. Ona göre serbestlik derecesi 2 ye çıkar. Bu şekilde devam ederek kontrolünü yapabilirsiniz.

b) Animasyon Filmini Hazırlayın: Yukarıda verilen mekanizmayı Solidworks'de çizdikten sonra motorun bağlanacağı döndürme kolundan hareket verip, tam bir tur için mekanizmanın hareketli Gif uzantılı **animasyon dosyasını** oluşturun. Animasyonu nasıl oluşturacağınızı kendiniz araştırın. Bunun için Solidworks kullanacaksınız. Animasyonu nasıl yaptığınızı ve birkaç ekran görüntüsünü ödevin içine koyun. (Not güzel bir animasyon yapabildiyseniz maille gönderin, siteye ilgili sayfaya konulacak, köşesine (kendi adınızı-tercihli), Bölüm Adını ve Üniversite adını yazın. Küçük Punto olsun).



Ödev 2: Aşağıdaki mekanizmanın;

a) Katı model ve montajını çizerek oluşturun. Zayıf gözüken yerleri daha sağlam yapın (resimdeki çizim biraz hatalı). Daha gerçekçi çizin. Gerçek bir makinada kullanılacak mış gibi kolları ve şaseyi mantıklı oluşturun. Basma yüküne maruz kalan kollar eğilmemesi için daha kalın olmalıdır. Resimdeki çizim bu konuda hatalıdır.
b) Animasyon filmini hazırlayın. Webte yayınlanabilecek şekilde Gif yada uygun bir formatta oluşturun. Köşesine (kendi adınızı-tercihli), Bölüm Adını, ve Üniversite adını yazın. Küçük punta olsun.
c) Serbestlik derecesini hesaplayarak bulun. Yukarı ders notları içinde ilgili örnekler verildi.