

## RİJİT CİSİMLER: Denk Kuvvet Sistemleri

### Dış ve İç Kuvvetler

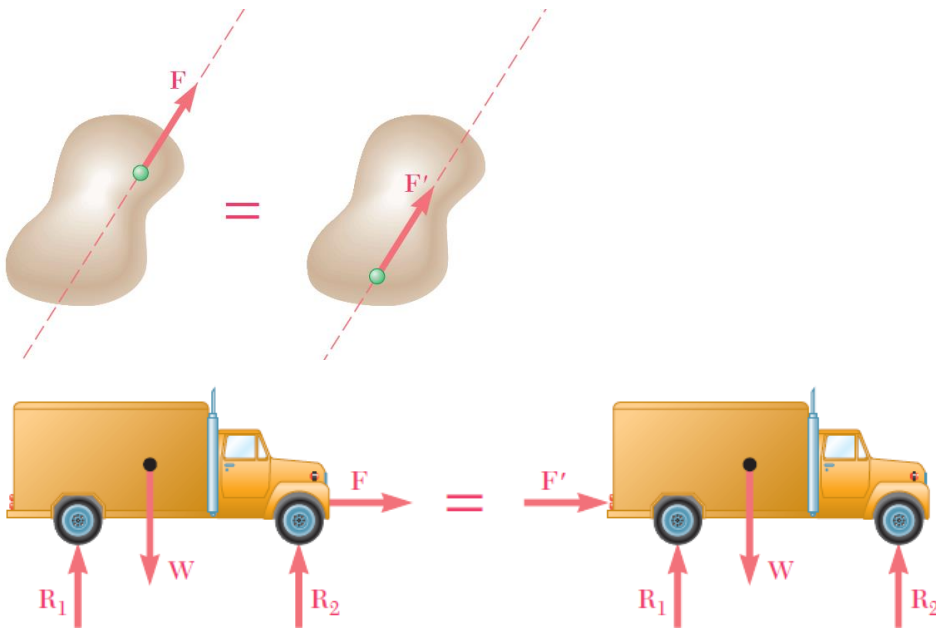
Cisme etkileyen bütün kuvvetlerle mesnetlerde oluşan reaksiyonlar **dış kuvvetler** olarak düşünülür. Bu kuvvetleri yüzey ve cisim kuvvetleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Tekil tipteki yüzey kuvveti sonlu bir alana yada tek bir noktaya etkilerken cisim kuvvetleri, çekim kuvveti veya manyetik kuvvetler gibi cismin her bir hacim elemanına etkide bulunur. Dünyanın cisimlere uyguladığı çekim kuvvetine ağırlık adını veriyoruz.

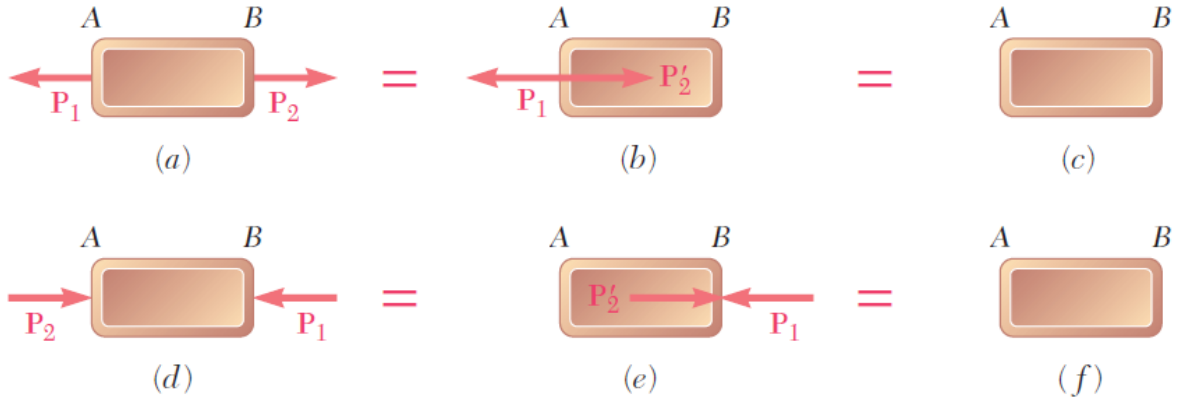
**İç kuvvetler** ise cismin bünyesini oluşturan malzeme parçaları arasındaki etkileşim kuvvetleri olarak algılanır. Cisme etkileyen yükler tekil veya yayılı kuvvetlerle kuvvet çiftleri olabilir. Eğer kuvvetin etkilediği alan elemanın boyutları ile kıyaslandığında küçük kalıyorsa kuvveti tekil kuvvet olarak kabul etmek mümkündür. Cisme yavaşça etki eden durağan yüklere **statik yükler**, aniden etkileyen yüklere de **darbe** yada **çarpma** yükleri denir. Yükün cisme binlerce defa etki edip kaldırılması ise **tekrarlı yükleme** olarak isimlendirilir.



### Taşınabilirlik İlkesi

Eğer rijit bir cisim bir noktasında etki eden bir  $F$  kuvveti, aynı büyüklükte ve doğrultuda fakat başka bir noktada etki eden bir  $F'$  kuvveti ile yer değiştirdiğinde, her iki kuvvetinde etki çizgisi aynı olması kaydıyla, rijit cismin denge veya hareket durumunun değişmeden kalacağını ifade eder.

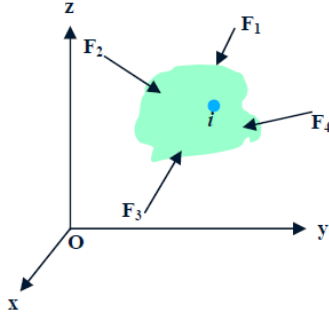




Taşınabilirlik ilkesi rijit cisimlerin hareket ve denge şartlarını bulmak için ve bu cisimlerin üzerine etkiyen dış kuvvetleri hesaplamak için serbestçe kullanılırken; iç kuvvetleri ve şekil değiştirmeleri bulunurken kullanılmamalıdır.

## RİJİT CİSİM DENGESİ

Kuvvet etkisindeki bir konstrüksiyon (yapı), rijit bir cisim gibi hareket etmiyorsa dengededir. Rijit cismin hareketi, ötelenme yada dönmedir veya ikisinin birleşimi şeklinde olabilir. Yapının dengede kalabilmesi için, yapıyı döndürmeye veya ötelemeye sebep olan kuvvet mesnet noktalarındaki tepki kuvvetleri ile dengelenmelidir.



İki boyutlu bir yapının herhangi bir yönde hareket etmemesi için gerekli olan şart, o yapının birbirine dik herhangi iki yönde hareket etmemesi şeklinde tanımlanabilir. Normal olarak (şart olmamak koşulu ile) bu yönler yatay ve dikey alınır. Yapıya herhangi bir yönde kuvvet etki etmez ise yapı o yönde harekete zorlanmaz. Bundan dolayı yatay yönde herhangi bir hareket olmaması için o yönde etki eden bütün kuvvetlerin toplamı sıfır olmalıdır ( $\Sigma F_x = 0$ ). Benzer şekilde, dikeyde hareket olmaması için ( $\Sigma F_y = 0$ ) olmalıdır.

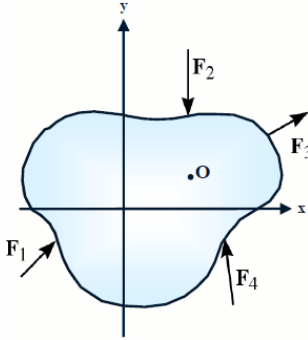
Bir yapının düzlem içinde dönmeme şartı, o yapının bir ekseninde dönmemesi ile belirlenir. Böylece, düzlemin herhangi bir noktasında kuvvetlerin bileşke momentinin olmaması lazım gelir. Bundan dolayı, düzlemde dönme olmaması için herhangi bir noktada momentlerin toplamı sıfır olmalıdır. Yani, sistemin içinde yada dışında noktaya göre alınan moment sıfır ( $\Sigma M = 0$ ) olmalıdır.



Rijit cismin dengede olabilmesi için gerek ve yeter şartlar;

$$\Sigma \mathbf{F} = 0 \quad \Sigma \mathbf{M}_O = \Sigma (\mathbf{r} \times \mathbf{F}) = 0$$

$$\begin{array}{ccc} \Sigma F_x = 0 & \Sigma F_y = 0 & \Sigma F_z = 0 \\ \Sigma M_x = 0 & \Sigma M_y = 0 & \Sigma M_z = 0 \end{array}$$



**İki boyutlu bir yapının tamamıyla dengede olabilmesi için;**

$\Sigma F_x = 0$ : bütün yatay kuvvetlerin cebirsel toplamı sıfıra eşit

$\Sigma F_y = 0$ : bütün dikey kuvvetlerin cebirsel toplamı sıfıra eşi;

$\Sigma M = 0$ : bütün kuvvetlerin herhangi bir nokta (eksen) etrafındaki momentlerinin cebirsel toplamı sıfıra eşit demektir.

Bunlar iki boyutlu (düzlem) yapıların statik dengesi için 3 denge denklemi olarak bilinir. Yukarıda denklemlerin sağlanabilmesi için yeterli bağların ve bunlara karşılık gelen mesnet reaksiyonların sağlanması lazımdır. Üç ayrı denklem ile üç bilinmeyen şiddeti belirlenebilir. Eğer yapı sadece yeterli mesnetlerle bağlanmışsa (3'ten fazla olmayan bilinmeyen reaksiyonlar), yapı yukarıdaki eşitliklerle tamamıyla analiz edilebilir ve statik olarak belirlidir (İzostatik). Eğer bilinmeyen sayısı üçten fazla ise, sadece yukarıdaki denklemleri kullanarak çözüm mümkün değildir ve yapı statik olarak belirsizdir (hiperstatik). Bu tip problemler, elastik cisim mekaniğinde cisimlerin şekil değiştirmelerine bağlı bilinmeyen sayısı kadar yeni denklem yazılabilirse bilinmeyen tepkiler bulunabilir. İki boyutlu yapılarda üçten az mesnet reaksiyonu varsa, eksik bağlıdır. Yapı rijit cisim olarak hareket eder. Bir cisim (yapı) üç yada daha çok noktadan bağlı olmasına rağmen yukarıdaki denklemlerden birini sağlamıyorsa böyle sistemlere yetersiz bağlı sistemler denir.

### Serbest Cisim Diyagramı

Rijit bir cismin dengesini ele alan bir problemi çözerken üzerine etkiyen bütün kuvvetleri dikkate almak gerekir. Bu sebeple problemin çözümündeki ilk adım incelenen rijit cismin serbest cisim diyagramını çizmektir. Serbest cisim diyagramı çizilirken takip edilmesi gereken önemli adımlar;

\* Kullanılacak serbest cismin seçimine bakarak karar verilmelidir. Daha sonra cisim zeminden ve diğer bütün cisimlerden ayrılmalıdır. Böylelikle soyutlanan cismin dış hatları çizilecektir.

\* Bütün dış kuvvetler serbest cisim gösteriminde belirtilmelidir.



\* Bilinen dış kuvvetlerin şiddetleri ve doğrultuları serbest cisim diyagramında açıkça ifade edilmelidir. Bu kuvvetlerin doğrultularını belirlerken, serbest cisim diyagramında gösterilen kuvvetlerin rijit cismin uyguladığı kuvvetler değil, rijit cisme uygulanan kuvvetler olduğu hatırlanmalıdır.

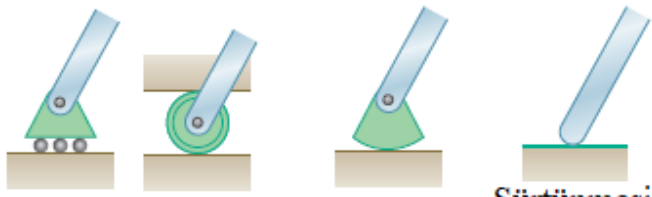
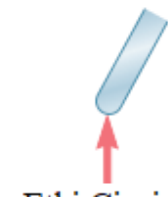
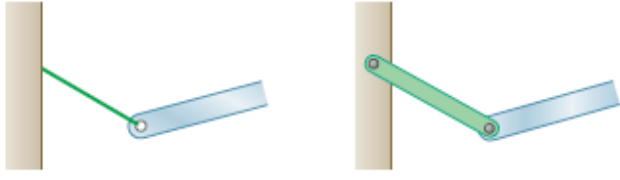
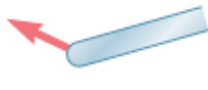
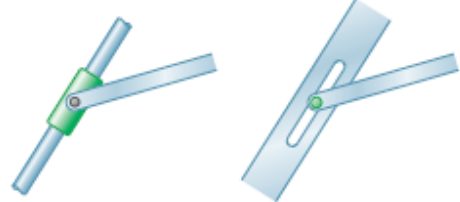
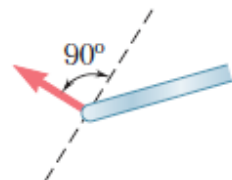

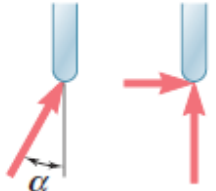

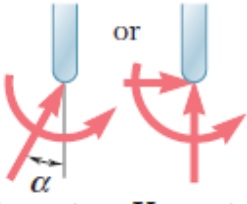
\* Bilinmeyen dış kuvvetler çoğunlukla zemin ve diğer cisimlerin, rijit cismin muhtemel hareketine engel olan tepkilerinden oluşur. Tepkiler serbest cisimi aynı konumda kalması için kısıtlar ve bu sebeple bazen kısıt kuvvetleri olarak isimlendirilir. Tepkiler serbest cismin desteklendiği veya diğer cisimlere bağlandığı noktalara uygulanır ve açıkça belirtilmelidir.

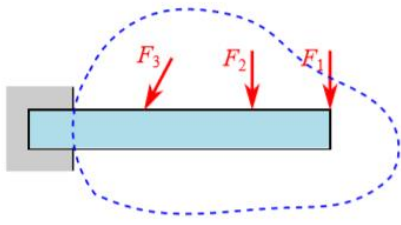
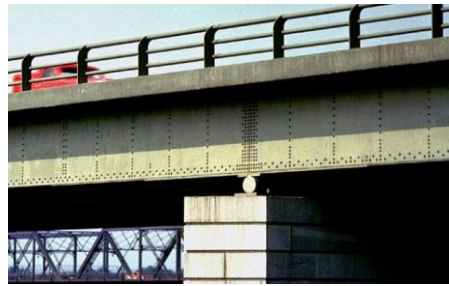
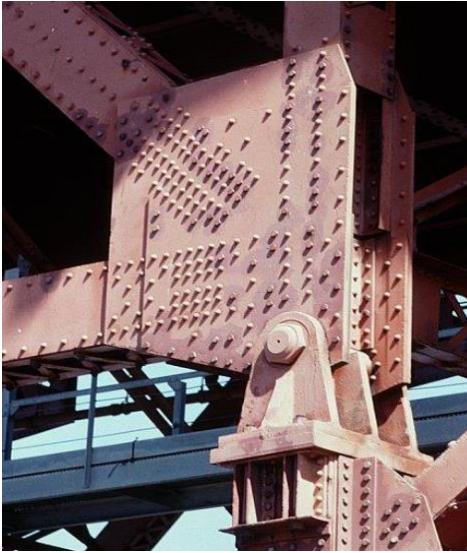
\* Serbest cisim diyagramı boyutlarında ihtiva etmelidir. Çünkü kuvvetlerin momentlerini hesaplarken kullanılabilirler.

### **İki Boyutlu Bir Yapı İçin Mesnet ve Bağlantılardaki Tepkiler**

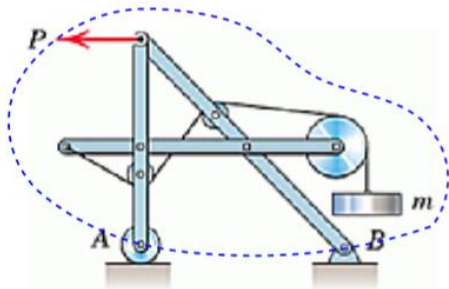
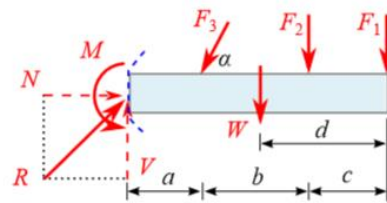
İki boyutlu bir yapıya uygulanan tepkiler üç çeşit mesnet veya bağlantıya karşılık gelen üç gruba ayrılabilir.

- 1- Etki çizgisi bilinen bir kuvvete denk tepkiler
- 2- Doğrultusu ve büyüklüğü bilinmeyen bir kuvvete denk tepkiler
- 3- Kuvvet ve kuvvet çiftine denk tepkiler

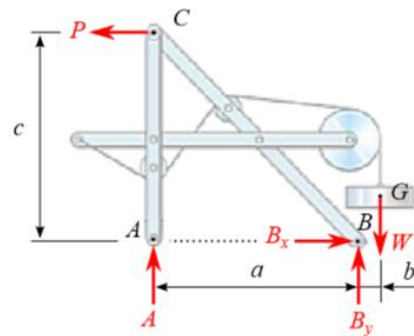
Mesnet veya Bağ	Tepki	Bilinmeyen Sayısı
 <p>Kayıcı Mafsal</p> <p>Sürtünmesiz Yüzey</p>	 <p>Etki Çizgisi Bilinen Kuvvet</p>	1
 <p>Kısa Kablo</p> <p>Pandül Ayak</p>	 <p>Etki Çizgisi Bilinen Kuvvet</p>	1
 <p>Sürtünmesi Çubuk Üzerinde Bilezik</p> <p>Kanal İçindeki Sürtünmesiz Pim</p>	 <p>Etki Çizgisi Bilinen Kuvvet</p>	1
 <p>Mafsal</p> <p>Pürüzlü Yüzey</p>	 <p>Doğrultusu Bilinmeyen Kuvvet</p>	2
 <p>Ankastre Mesnet</p>	 <p>Kuvvet ve Kuvvet Çifti</p>	3



Kirişin serbest cisim diyagramı

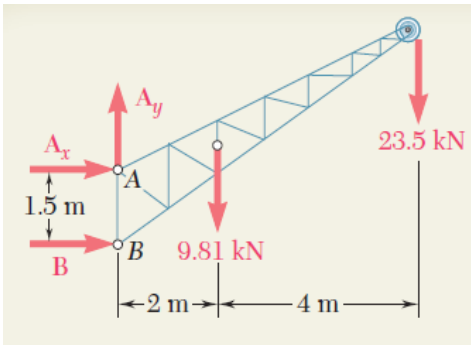
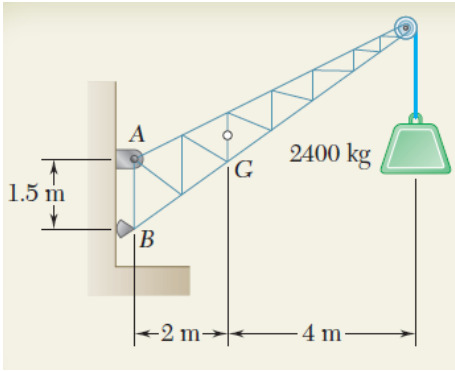


Çerçevenin tamamının serbest cisim diyagramı

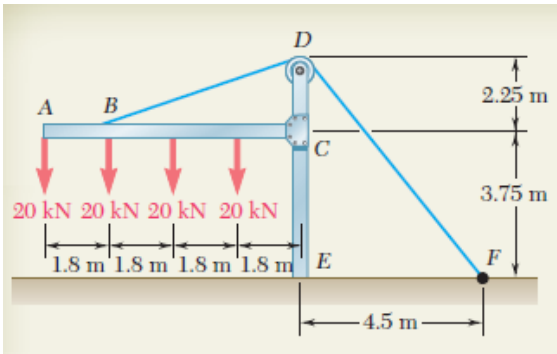




**Örnek:** Sabit bir vincin kütlesi 1000 kg'dır ve 2400 kg'lık bir sandığı kaldırmak için kullanılmaktadır. A'daki pim ve B'deki kayıcı mafsal ile yerinde tutulmaktadır. Vincin ağırlık merkezi G noktasındadır. A ile B'deki tepkilerin bileşenlerini bulunuz.

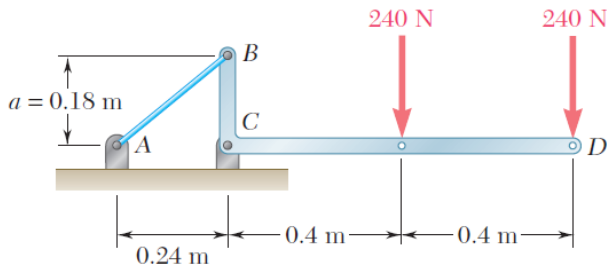


**Örnek:** Kablodaki gerilme kuvvetinin 150 kN olduğu bilindiğine göre E ucundaki tepkiyi bulunuz.

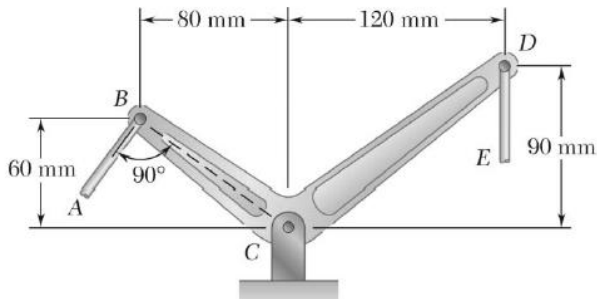




Örnek: Kablodaki kuvveti ve C'deki tepki kuvvetlerini belirleyiniz.



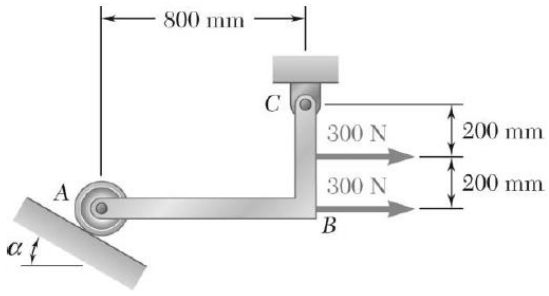
Örnek: AB kablосundaki çekme kuvveti 720 N olduğuna göre, a) DE kablосundaki çekme kuvvetini, b) C mesnedindeki tepki kuvvetlerini bulunuz





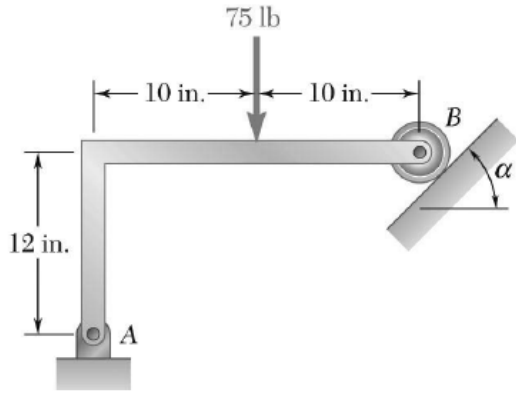


**Örnek:** A ve C'deki tepki kuvvetlerini belirleyiniz ( $\alpha=0$  ve  $\alpha=30$ )



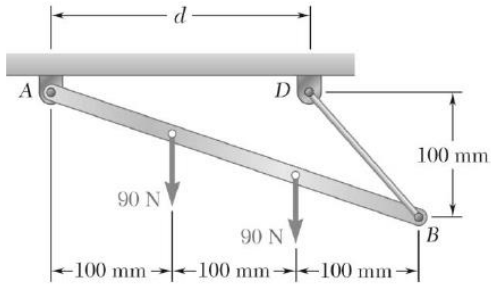


**Örnek:** A ve B'deki tepki kuvvetlerini bulunuz (  $\alpha=0$ ,  $\alpha=30$  ve  $\alpha=90$  derece)

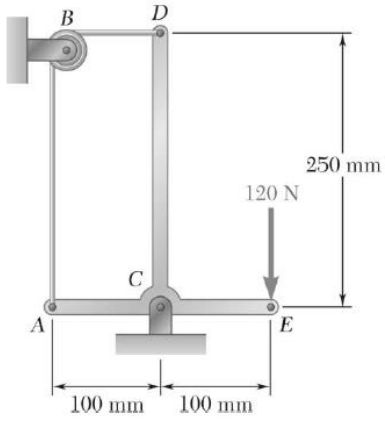




**Örnek:**  $d=200$  mm olduğuna göre; A'daki tepki kuvvetlerini ve BD kablosundaki kuvveti belirleyiniz.

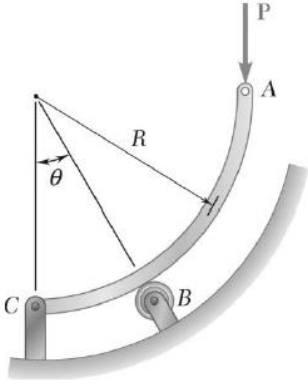


**Örnek:** ABD kablosundaki kuvveti ve C mesnedindeki kuvvetleri belirleyiniz.

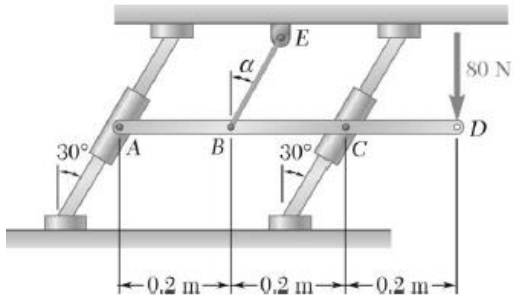




**Örnek:** ABC çubuğu eğilerek R yarıçaplı dairesel bir yay haline getirilmiştir. teta=30 derece olduğuna göre B'deki ve C'deki tepkiyi bulunuz.



**Örnek:**





**Örnek:**

