

MÜHENDİSLİK MEKANİĞİ

STATİK

Behcet DAĞHAN

STATİK

İÇİNDEKİLER

1• GİRİŞ

- Skalerler ve Vektörler
- Newton Kanunları

2• KUVVET SİSTEMLERİ

- İki Boyutlu Kuvvet Sistemleri
- Üç Boyutlu Kuvvet Sistemleri

3• DENGE

- Düzlemde Denge
- Üç Boyutta Denge

4• YAPILAR

- Düzlem Kafes Sistemler
- Çerçeveler ve Makinalar

5• SÜRTÜNME

6• KÜTLE MERKEZLERİ ve GEOMETRİK MERKEZLER



STATİK

3

DENGE

STATİK

3.1

Düzlemde Denge

Bir cisme etki eden bütün kuvvetlerin bileşkeleri sıfır ise o cisim dengededir.
Veya, eğer bir cisim dengede ise o cisme etki eden bütün kuvvetlerin bileşkeleri sıfırdır.

Yani kuvvetlerin toplamı ve kuvvet çiftlerinin momentlerinin toplamı sıfırdır.

İç kuvvetler etki-tepki prensibine göre birbirine eşit şiddette, zıt yönde ve aynı tesir çizgisinde olduklarından dolayı birbirini sıfırlar.

Dolayısı ile denge problemlerinde sadece dış kuvvetler göz önüne alınır.

Bilinmeyen kuvvetleri bulmaya çalışırken bu denklemler kullanılır.
Bu denklemler denge için gerekli ve yeterli şartlardır.

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{M} = \Sigma \vec{M} = \vec{0}$$

Serbest Cisim Diyagramı

Yukarıdaki denklemleri uygulamadan önce hangi cismin veya sistemin dengesinin inceleneceği net bir şekilde belirlenmelidir.

Yapılacak ilk iş dengesi incelenecek cismi, hayali olarak diğer cisimlerden ayırıp çizmektir. Bu işleme serbest cisim diyagramı çizmek denir.



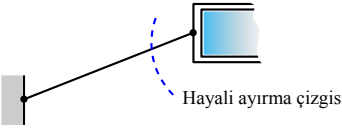
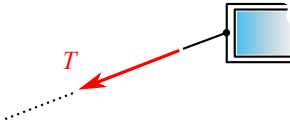
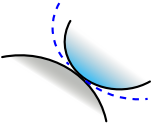
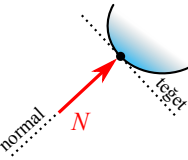
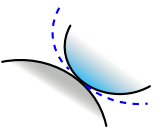
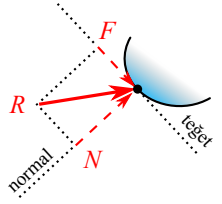
Mekanik problemlerinin çözümünde serbest cisim diyagramı çizmek en önemli adımdır.

Serbest cisim diyagramı çizerken, incelenecek cisme etki eden **bütün dış kuvvetler** diyagram üzerinde gösterilir.
Kuvvetlerin tesir çizgilerinin geçtiği noktalar arasındaki uzaklıklar biliniyorsa onlar da gösterilir.

Dış kuvvetleri gösterirken bilinmeyen kuvvetlerin yönü, eğer tahmin edilemiyorsa, keyfi olarak seçilebilir.
Yapılan hesaplamaların sonucunda seçilen yönün doğru olup olmadığı ortaya çıkacaktır.

Eğer dengedeki bir cisme etki eden kuvvet sistemi iki boyutlu ise o zaman düzlemde dengeden bahsederiz.

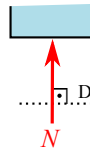
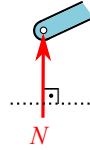
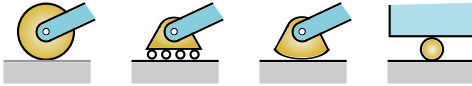
Düzlemde denge problemlerini çözmek amacı ile serbest cisim diyagramı çizerken faydalanmak üzere aşağıdaki tablo hazırlanmıştır.

Temas cinsi ve kuvvet kaynağı	İncelenecek cisme etkisi
<p>1. Kablo, kayış, zincir veya ip gibi esnek elemanlar</p>  <p>Hayali ayırma çizgisi</p>	<p>Bir ip, incelediğimiz cisme yalnızca çekme kuvveti uygulayabilir. Çekme kuvveti T nin tesir çizgisi ip ile çakışıktır.</p> 
<p>2. Sürtünmesiz yüzeyler</p> 	<p>Diğer cisim incelediğimiz cisme bir N kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvet daima itme kuvvetidir ve temas noktasında yüzeye diktir.</p> 
<p>3. Sürtülmeli yüzeyler</p> 	<p>Diğer cisim incelediğimiz cisme bir R kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvet daima itme kuvvetidir.</p> <p>$R^2 = F^2 + N^2$</p> <p>F : Teğetsel bileşen, sürtünme kuvveti N : Normal bileşen</p> <p>Sürtünme kuvveti daima kaymayı önleyici yöndedir.</p> 

Temas cinsi ve kuvvet kaynağı

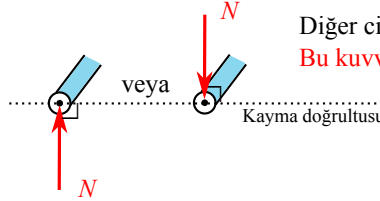
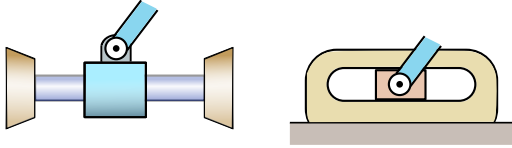
İncelenecek cisme etkisi

4. Tekerlekli mesnet



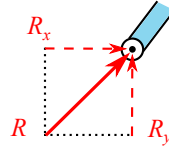
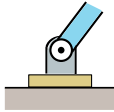
Diğer cisim incelediğimiz cisme bir N kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvet **daima itme kuvvetidir** ve **tekerlekli mesnedin dayandığı yüzeye diktir.**

5. Kayıcı mesnet



Diğer cisim incelediğimiz cisme bir N kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvet **kayma doğrultusuna diktir.**

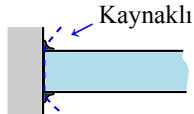
6. Sabit mesnet



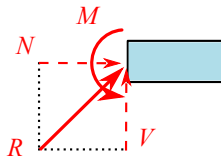
Diğer cisim incelediğimiz cisme bir R kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvet herhangi bir yönde olabilir.

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

7. Ankastre mesnet



Ankastre = Gömülü



Diğer cisim incelediğimiz cisme bir R kuvveti ve bir M kuvvet çifti uygulayabilir. Bu R kuvveti ve M kuvvet çifti herhangi bir yönde olabilir.

$$R^2 = N^2 + V^2$$

N : Normal kuvvet

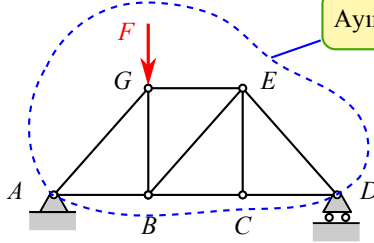
V : Kesme kuvveti

M : Eğilme moment

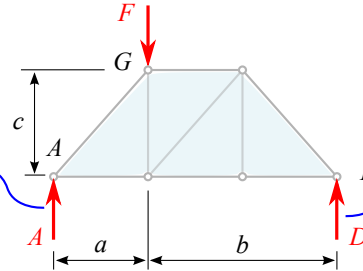
Örnek serbest cisim diyagramları

İncelenecek sistem diğer sistemlerden hayali olarak ayrılır.

Ayrırma çizgisi: Kapalı bir eğridir. Nereden geçtiği ve nereleri kestiği net bir şekilde belirli olmalıdır.



Kafes sistemin tamamının serbest cisim diyagramı



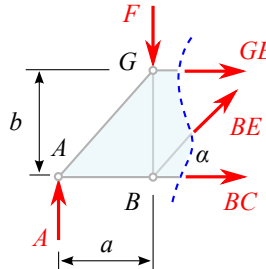
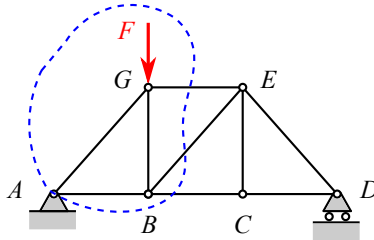
Sadece dış kuvvetler gösterilir.

Yüklemeye düşey olduğu için mesnet tepkisinin yatay bileşeninin doğmasına gerek kalmamıştır.

Etki yoksa tepki de olmaz.

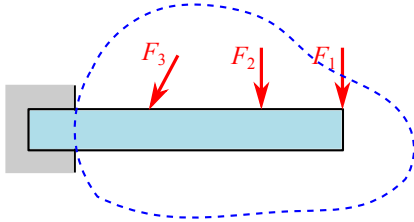
Tekerlekli mesnedin uyguladığı kuvvet daima dayanma yüzeyine diktir.

Kafes sistemin bir kısmının serbest cisim diyagramı

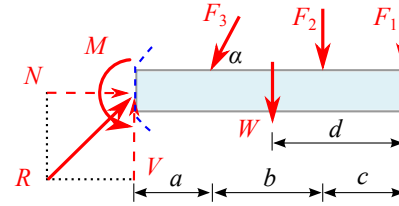


Bilinmeyen bir kuvvetin yönü keyfi olarak seçilir. Doğru yön hesaplamaların sonucunda bulunacaktır.

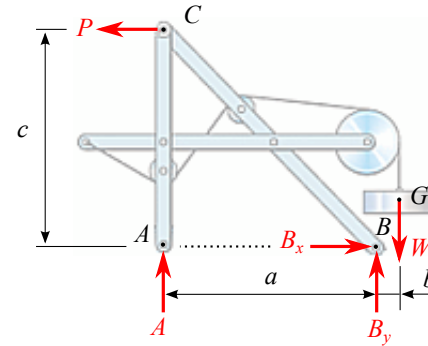
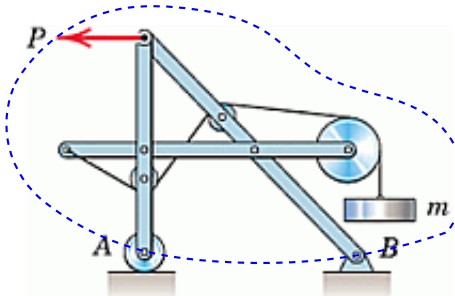
Not: Kafes sistemlerin kendi ağırlıkları taşıdıkları yüklere nazaran ihmal edilebilir.



Kirişin serbest cisim diyagramı



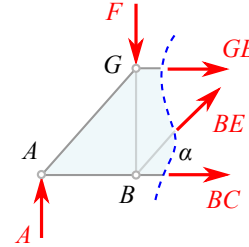
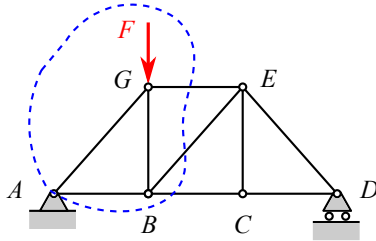
Çerçevenin tamamının serbest cisim diyagramı



Not: Çerçevelerin kendi ağırlıkları taşıdıkları yüklere nazaran ihmal edilebilir.

Serbest cisim diyagramı çizerken bilinmeyen kuvvetlerin yönleri ile ilgili bazı detaylar

Elimize örnek olarak bir kafes sistem alalım.



Burada kuvvetleri gösterirken kullanılan A , F , BC , BE , GE vb. semboller kuvvetlerin sadece şiddetini göstermektedir. Dolayısı ile daima pozitif olan değerlerdir.

Kuvvetlerin sadece şiddetlerini gösteren semboller kullanılırsa, hesaplanan sonucunda elde edilen negatif bir değer kuvvetin seçilen yönde değil zıt yönde olduğunu gösterir.

İleride detaylı olarak anlatılacak olan kafes sistemleri oluşturan parçalar yalnızca iki kuvvet taşıyan elemanlardır.

Bu parçaların taşıdığı kuvvetlerin tesir çizgileri parça ile çakışır. Ama hangi yönde oldukları her zaman kesin olarak kestirilemeyebilir.

Yönü kestirilemeyen kuvvetlerin yönü keyfi olarak seçilir.

Yapılan hesaplamaların sonucunda negatif olarak bulunurlarsa o zaman o negatif işaret kuvvetin seçilen yönde değil ters yönde olduğunu gösterir.

Not: Kafes sistemlerin kendi ağırlıkları taşıdıkları yüklere nazaran ihmal edilebilir.

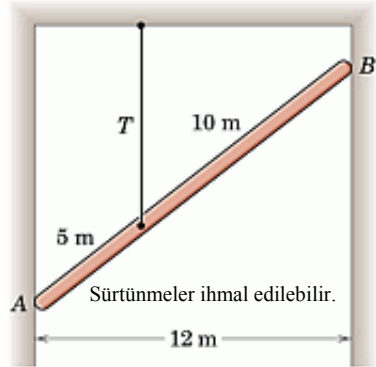
Serbest cisim diyagramı çizerken bilinmeyen kuvvetlerin yönleri ile ilgili bazı detaylar

F_x sembolü, F kuvvetinin x -bileşeninin hem yönünü hem de şiddetini gösterir. Yön gösteren işaret F_x in içindedir.

$$\Sigma F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}$$

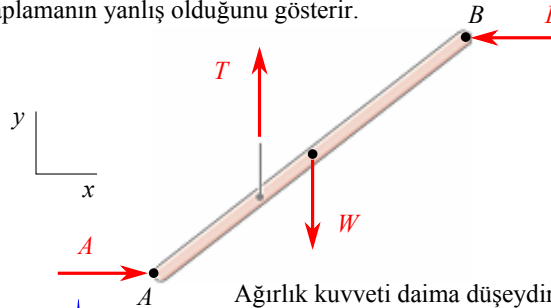


Bu işaretler daima + dır - olmaz.



Bir ip, incelediğimiz cisme ancak çekme kuvveti uygulayabilir. Çekme kuvveti T nin tesir çizgisi ip ile çakışiktır. T nin yönü kesinlikle böyledir. Eğer hesaplamamızın sonucunda negatif bir değer bulunursa bu durum T nin yönünün yanlış seçildiğini **göstermez**. Hesaplamamızın yanlış olduğunu gösterir.

Bu kuvvetin yönü kesinlikle bu şekildedir. Yani seçilen referans eksen takımına göre $B_x = -B$ dir. Bilinmeyen bir kuvvetin yönü hakkında kesin bir fikrimiz varsa o kuvveti başka bir yönde göstermemeliyiz.



Ağırlık kuvveti daima düşeydir ve aşağı yöndedir.

Yüzeyler arasındaki sürtünme ihmal edildiği zaman diğer cisim incelediğimiz cisme ancak dayanma yüzeyine dik olan bir itme kuvveti uygulayabilir. Bu kuvvetin yönü kesinlikle bu şekildedir. Seçilen referans eksen takımına göre $A_x = A$ dir.

Buradaki A , B , T ve W sembolleri kuvvetlerin sadece şiddetlerini gösteren sembollerdir.

Daima pozitifler.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$A_x + B_x + T_x + W_x = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} T_x = 0 \\ W_x = 0 \end{array} \right\} A_x + B_x = 0$$

$$A_x = A \rightarrow B_x = -A$$

Bu işaret B kuvvetinin yönünün yanlış seçildiğini **göstermez**.

Keyfi olarak seçilen x -eksenine izdüşümünün negatif yönde olduğunu gösterir. Şekilden de B_x in negatif olması gerektiği anlaşılmaktadır.

Serbest cisim diyagramını çizdikten sonra referans eksen takımı seçilerek denge denklemleri yazılır.
Eksenler, cismin şekline göre değil de kuvvetlere paralel seçilirse işlemler kolaylaşır.

Düzlemde denge denklemleri

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \Sigma \vec{F} = \vec{0} \quad : \text{Ötelenme ile ilgili denge şartı}$$

$$\vec{M} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = \Sigma \vec{M} = \vec{0} \quad : \text{Dönme ile ilgili denge şartı}$$

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0}$$

$$\Sigma \vec{M} = \vec{0}$$

İncelenen cisme etki eden iki boyutlu kuvvet sisteminin içinde bulunduğu düzlem x - y düzlemi ile çakıştırılırsa kuvvetlerin z -bileşeni olmaz.

$$\vec{R} = (F_{1x} \vec{i} + F_{1y} \vec{j}) + (F_{2x} \vec{i} + F_{2y} \vec{j}) + \dots + (F_{nx} \vec{i} + F_{ny} \vec{j}) = \vec{0}$$

$$\begin{aligned} \vec{R} &= \underbrace{(F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx})}_{= \Sigma F_x} \vec{i} + \underbrace{(F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny})}_{= \Sigma F_y} \vec{j} = \vec{0} \\ \Sigma F_x &= 0 \qquad \qquad \qquad \Sigma F_y = 0 \end{aligned}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

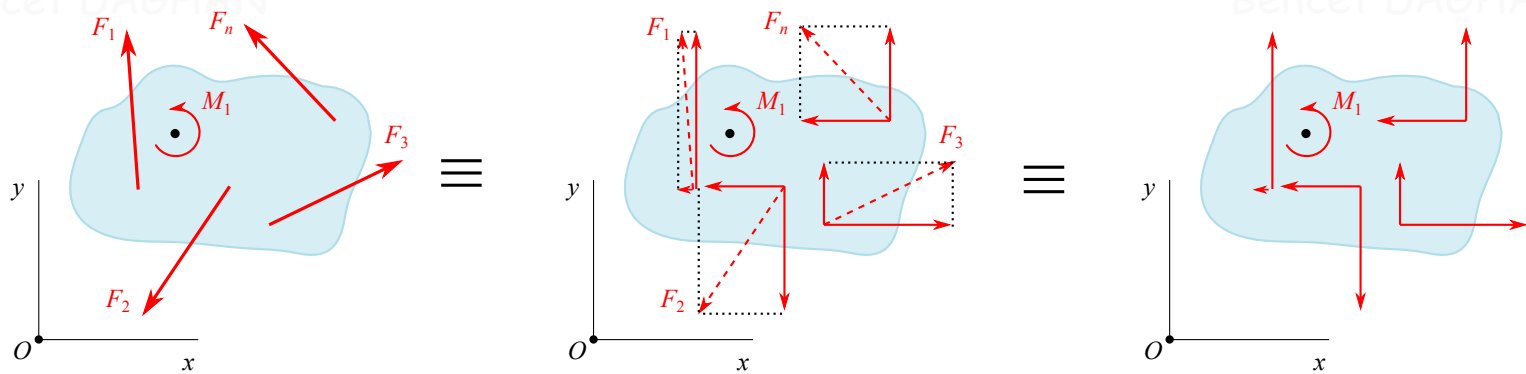
$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

Kuvvet çiftlerinin momentlerinin de sadece z -bileşeni olur, x ve y -bileşenleri olmaz.

$$\begin{aligned} \vec{M} &= \underbrace{(M_{1z} + M_{2z} + \dots + M_{nz})}_{= \Sigma M_z} \vec{k} = \vec{0} \\ \Sigma M_z &= 0 \end{aligned}$$

Kuvvetlerin içinde bulunduğu düzlemdeki herhangi bir noktaya göre moment alındığı zaman o noktadan geçen ve z -eksenine paralel olan bir eksene göre moment alınmış olur. $\Sigma M_A = \Sigma M_{Az} = \Sigma M_z$.
 z -ekseni keyfi olarak seçilen bir eksen olduğuna göre
 z -eksenine paralel herhangi bir eksene göre $\Sigma M = 0$ olması da denge şartını sağlar.



Keyfi olarak seçilen bir noktaya göre alınan momentlerin toplamının sıfır olması, kuvvet çiftlerinin toplamının sıfır olduğu anlamına gelir.

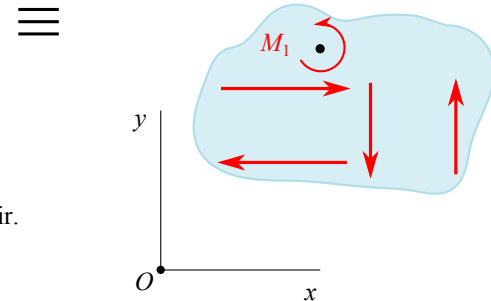
Bir cisme etki eden kuvvetler x ve y -bileşenlerine ayrıldığı zaman birbirine paralel kuvvetler elde edilir.

Eğer incelediğimiz cisim dengede ise x -doğrultusundaki kuvvetlerin toplamı sıfırdır.

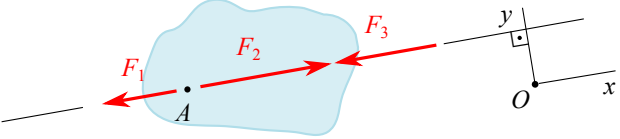
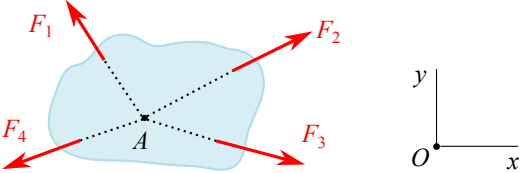
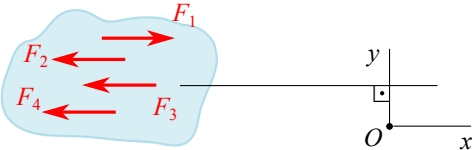
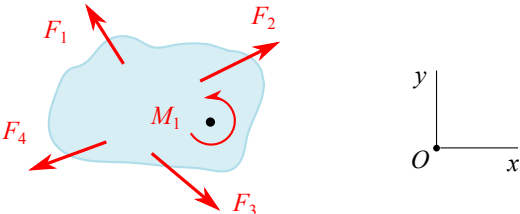
Ama toplamı sıfır olsa bile bileşikleri bir kuvvet çifti olabilir. Aynı şey y -doğrultusu için de geçerlidir.

Cisim dengede olduğu için bu kuvvet çiftlerinin ve diğer kuvvet çiftlerinin toplamı da sıfırdır.

Bir kuvvet çiftinin bütün noktalara göre momenti aynı olduğu için $\Sigma M = 0$ denkleminin hangi noktaya göre yazıldığı önemli değildir.



DÜZLEMDE DENGE KATEGORİLERİ

Kuvvet Sistemi	Serbest Cisim Diyagramı	Bağımsız Denklemler
1. Aynı tesir çizgisi üzerinde		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $0 = 0$ $\Sigma M_A = 0$ $0 = 0$
2. Bir noktada kesişen		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma M_A = 0$ $0 = 0$
3. Paralel		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $0 = 0$ $\Sigma M_A = 0$
4. Genel		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma M_A = 0$

Alternatif denge denklemleri

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_{x'} = 0$$

$$\Sigma F_{x''} = 0$$

$$\vdots$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_{y'} = 0$$

$$\Sigma F_{y''} = 0$$

$$\vdots$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$\vdots$$

Bu denklemlerin sadece 3 tanesi lineer bağımsızdır.

Düzlemde denge problemlerini çözerken yazılabilecek sonsuz tane denge denklemi vardır. Bu denklemlerin sadece 3 tanesi lineer bağımsızdır. Dolayısı ile bir cismin dengesini inceleyerek en fazla 3 bilinmeyen bulunabilir. Eğer denge kategorisi özel kategori ise bu sayı daha da azalır. 3 ten fazla denklem yazılacak olursa, fazla olan denklemler sağlama yapmak için kullanılabilir. Bilinmeyen sayısı 3 ten fazla ise, sadece bir cismin dengesini inceleyerek bilinmeyenlerin tamamını bulmak mümkün değildir. Böyle sistemlere **hiperstatik** sistem denir. Bilinmeyenlerin tamamını bulmak için yeterli sayıda cismin dengesi incelenerek çözüme gidilebilir.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
 $\Sigma F = 0$ denklemlerini yazdığımız doğrultular birbirine paralel olmamalıdır.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
 keyfi olarak seçilen A ve B noktalarından geçen doğru, keyfi olarak seçilen x -doğrultusuna dik olmamalıdır.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
 keyfi olarak seçilen A , B ve C noktaları aynı doğru üzerinde olmamalıdır.

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M_A &= 0 \end{aligned} \right\}$$

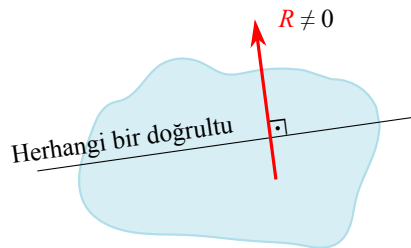
Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
 $\Sigma F = 0$ denklemlerini yazdığımız doğrultular birbirine paralel olmamalıdır.

Bileşkenin,

herhangi bir doğrultuya dik izdüşümü sıfır ise
 bu durum bileşkenin sıfır olduğunu göstermez.

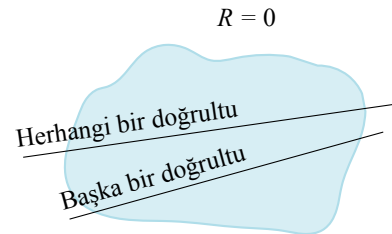
Bileşke o doğrultuya dik olabilir.

İzdüşümü sıfır olduğu halde kendisi sıfır olmayabilir

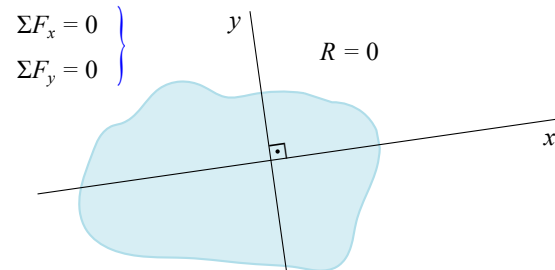
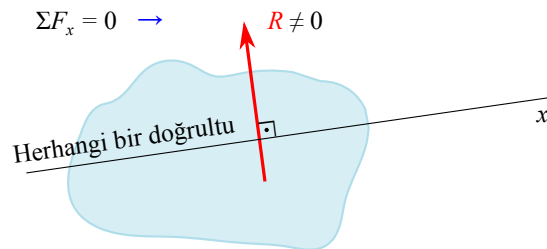


Bileşkenin,

herhangi bir doğrultuya **paralel olmayan**
 başka bir doğrultuya da dik izdüşümü sıfır ise
 o zaman bu durum bileşkenin sıfır olduğunu gösterir.



Herhangi bir doğrultuyu x-ekseni ile, başka bir doğrultuyu da y-ekseni ile karşılaştırabiliriz.



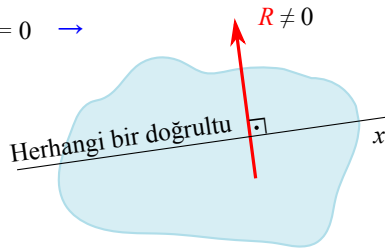
$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

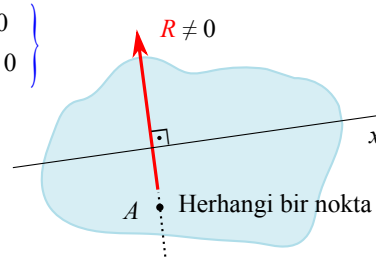
Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
keyfi olarak seçilen A ve B noktalarından geçen doğru, keyfi olarak seçilen x -doğrultusuna dik olmamalıdır.

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow$$



$$\Sigma F_x = 0$$

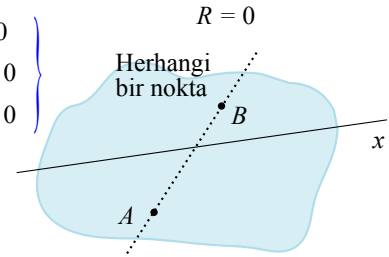
$$\Sigma M_A = 0$$



$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$



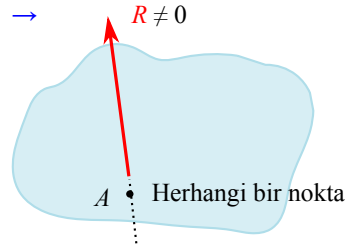
$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

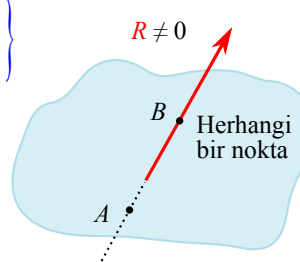
Bu üç denklem tipinde denklem yazılmak istenirse
keyfi olarak seçilen A , B ve C noktaları aynı doğru üzerinde olmamalıdır.

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow$$



$$\Sigma M_A = 0$$

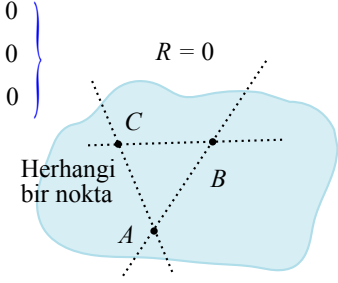
$$\Sigma M_B = 0$$



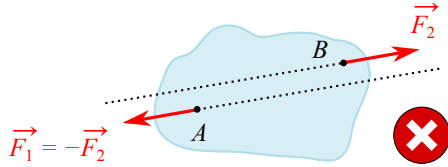
$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

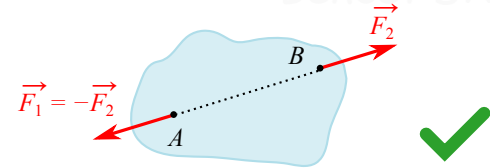


Yalnızca 2 kuvvet tesirindeki bir cisim



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$



Yukarıdaki durumda $R = 0$ şartı sağlanır.

Fakat bu iki kuvvet, kuvvet çifti oluşturmaktadır.

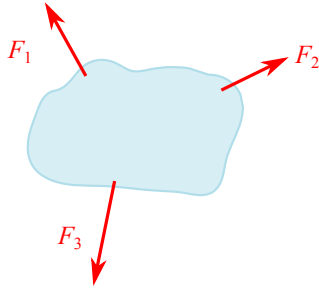
Bu cismin dengede olabilmesi için kuvvet çifti oluşturmamalıdır.

Dengedeki bir cisme yalnızca 2 kuvvet etki ediyorsa kuvvetlerin tesir çizgisi ortaktır.

Kuvvetlerin ortak tesir çizgisi uygulama noktalarını birleştiren doğrudur.

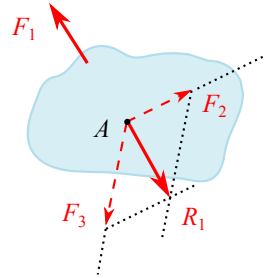
Kuvvetlerin sayısı 2 den fazla olsa bile 2 ye indirgendiği zaman da aynı özellik vardır.

Yalnızca 3 kuvvet tesirindeki bir cisim



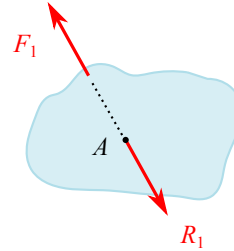
\equiv

F_2 ile F_3 ün tesir çizgilerinin kesiştiği noktaya A diyelim.

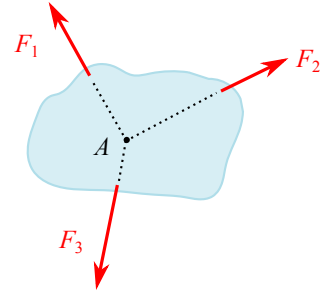


\equiv

F_1 in tesir çizgisi de A dan geçer.



\equiv



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

$$\vec{F}_1 = -(\vec{F}_2 + \vec{F}_3) = -\vec{R}_1$$

Dengedeki bir cisme yalnızca 3 kuvvet etki ediyorsa kuvvetlerin tesir çizgileri aynı noktada kesişir.

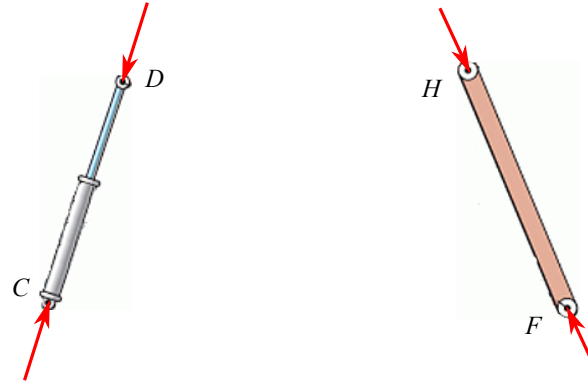
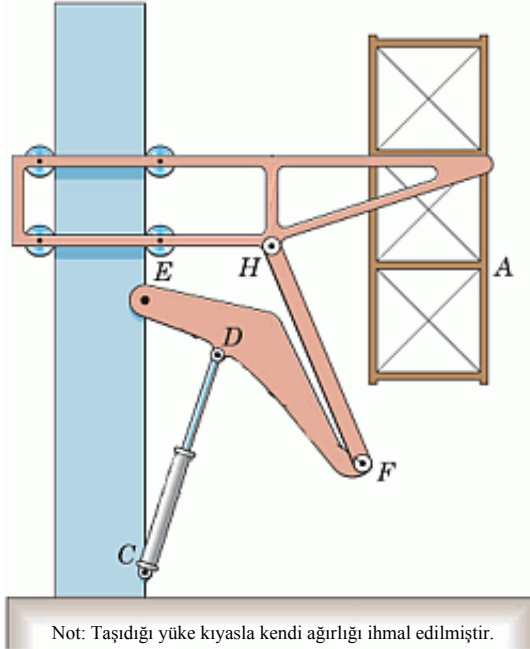
Kuvvetlerden ikisinin tesir çizgisi nerede kesişiyorsa 3. kuvvetin tesir çizgisi de oradan geçer.

Kuvvetlerin sayısı 3 ten fazla olsa bile 3 e indirgendiği zaman da aynı özellik vardır.

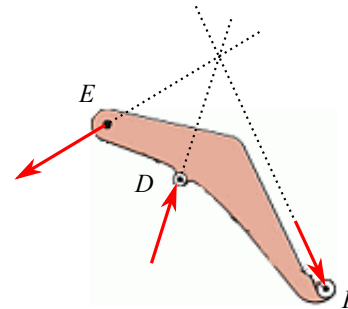
Behçet DAĞHAN

Behçet DAĞHAN

Yalnızca 2 kuvvet tesirindeki cisimler



Yalnızca 3 kuvvet tesirindeki cisimler



Behçet DAĞHAN

Behçet DAĞHAN

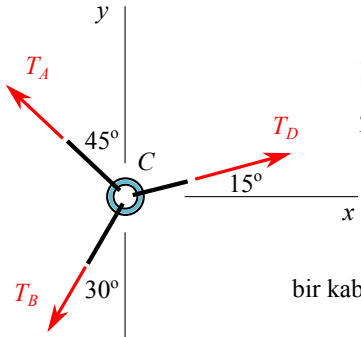
Örnek Problem 3/1

Üç tane kablo şekildeki gibi C halkası ile birbirine bağlanmıştır. 30 kg-lık silindirin ağırlığından dolayı AC ve BC kablolarında ortaya çıkan çekme kuvvetlerini bulunuz.

Verilenler:

$$m = 30 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

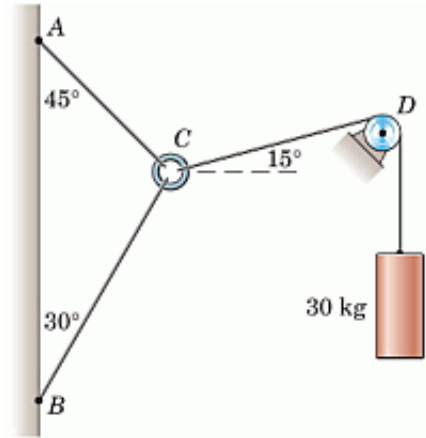


Çözüm

$$W = m g$$

$T_D = W$: Ağırlığın asılı olduğu kablo olduğu için

Makaraların sürtünmeleri ihmal edilirse
bir kabloun her yerinde aynı şiddette çekme kuvveti oluşur.



Hayali olarak kesildiği zaman incelenen bir kablo parçasına daima kablo doğrultusunda olan bir çekme kuvveti yerleştirilir.

Dengedeki bir cisme etki eden kuvvetlerin toplamı sıfır olduğu için kuvvet vektörleri uç uca eklenirse kapalı bir çokgen oluşur.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_{Ax} + T_{Bx} + T_{Dx} = 0$$

$$-T_A \sin 45^\circ - T_B \sin 30^\circ + T_D \cos 15^\circ = 0$$

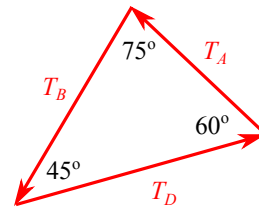
$$\Sigma F_y = 0$$

$$T_{Ay} + T_{By} + T_{Dy} = 0$$

$$T_A \cos 45^\circ - T_B \cos 30^\circ + T_D \sin 15^\circ = 0$$

$$T_A = 215 \text{ N}$$

$$T_B = 264 \text{ N}$$



$$\frac{T_A}{\sin 45^\circ} = \frac{T_D}{\sin 75^\circ} = \frac{T_B}{\sin 60^\circ}$$

İstenenler:

$$T_A = ?$$

$$T_B = ?$$

Örnek Problem 3/2

Şekildeki gibi yüklenmiş ve mesnetlenmiş olan dirsek dengededir. A ve B mesnetlerinde ortaya çıkan tepki kuvvetlerinin şiddetlerini hesaplayınız.

Verilenler:

$$F = 120 \text{ N}$$

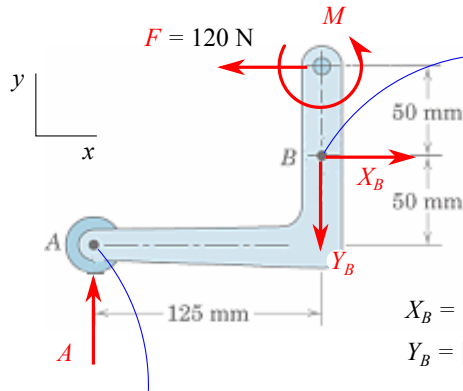
$$M = 20 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Kütle verilmediğine göre ağırlık ihmal edilecektir.

Bilinmeyen kuvvetlerin yönü tahminen çizilir.

Hesaplamanın sonunda yönleri ortaya çıkacaktır.

Çözüm



Sabit mesnette ortaya çıkan tepki kuvvetinin yönü ve şiddeti herhangi bir şekilde olabilir. Yani iki dik bileşeni olabilir.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$M + F(50) - A(125) = 0$$

$$20(10^3) + 120(50) - A(125) = 0$$

$$A = 208 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$A_x + B_x + F_x = 0$$

$$X_B - F = 0$$

$$X_B = F$$

$$X_B = 120 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y + F_y = 0$$

$$A - Y_B = 0$$

$$Y_B = A$$

$$Y_B = 208 \text{ N}$$

$$B^2 = X_B^2 + Y_B^2$$

$$B = 240 \text{ N}$$

$$B_x = 120 \text{ N}$$

$$B_y = -208 \text{ N}$$

İstenenler:

$$A = ?$$

$$B = ?$$

Tekerlekli mesnette doğan tepki kuvveti daima dayanma yüzeyine diktir ve itme kuvvetidir.

Örnek Problem 3/3

Düzgün bir şekle ve 150 kg kütleye sahip olan 15 m'lik direk iki dikey duvar ve bir dikey kablo tarafından şekildeki gibi dengede tutulmaktadır. A ve B noktalarındaki tepkileri hesaplayınız. Direk ile duvarlar arasındaki sürtünme ihmal edilebilir.

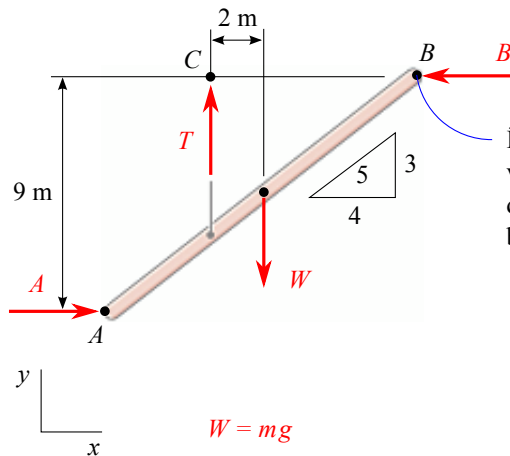
Verilenler:

$$m = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$L = 15 \text{ m}$$

Çözüm



$$W = mg$$

İncelediğimiz cisim diğer bir cisme dayanıyor ve aralarındaki sürtünme ihmal edilebiliyorsa diğer cisim incelediğimiz cisme ancak itme kuvveti uygulayabilir ve bu kuvvet temas noktasında dayanma yüzeyine diktir.

$$\Sigma M_C = 0$$

$$A(9) - W(2) = 0$$

$$A = (2/9) mg$$

$$A = 327 \text{ N}$$

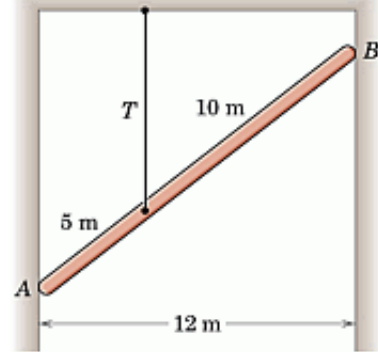
$$\Sigma F_x = 0$$

$$A_x + B_x + T_x + W_x = 0$$

$$A - B = 0$$

$$B = A$$

$$B = 327 \text{ N}$$



İstenenler:

$$A = ?$$

$$B = ?$$

Örnek Problem 3/4

Düzgün bir şekle sahip şekildeki kirişin birim boyunun kütlesi 50 kg dır. O mesnedindeki tepkileri hesaplayınız. Kirişe uygulanan şekildeki yükler düşey düzlemde yer almaktadır.

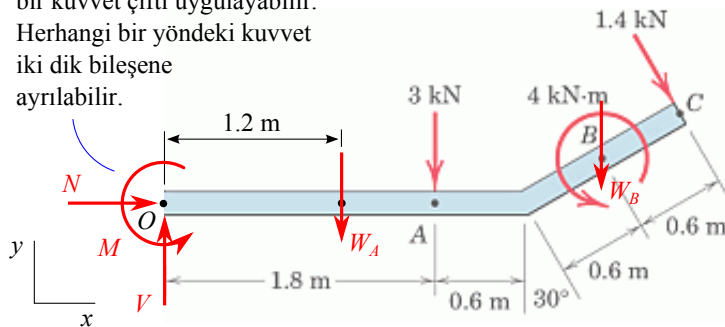
Verilenler:

$$m/L = 50 \text{ kg/m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Çözüm

İncelediğimiz cisim diğer bir cisme ankastre mesnet ile bağlanmış ise diğer cisim incelediğimiz cisme herhangi bir yönde bir kuvvet ve bir kuvvet çifti uygulayabilir. Herhangi bir yöndeki kuvvet iki dik bileşene ayrılabilir.



$$\Sigma F_x = 0$$

$$N + 1.4 \sin 30^\circ = 0$$

$$N = -0.7 \text{ kN}$$

Yön belirtir.

Seçilen yönde değil, ters yöndedir.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$V - W_A - 3 - W_B - 1.4 \cos 30^\circ = 0$$

$$V = 5.98 \text{ kN}$$

$$W = mg$$

$$W_A = (1.8 + 0.6) 50 (9.81) = 1177 \text{ N} = 1.18 \text{ kN}$$

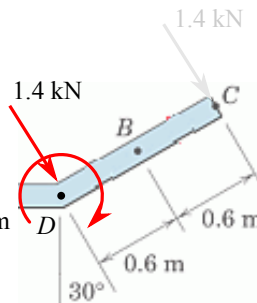
$$W_B = (0.6 + 0.6) 50 (9.81) = 589 \text{ N} = 0.59 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_O = 0$$

$$M - W_A (1.2) - 3 (1.8) + 4 - W_B (1.8 + 0.6 + 0.6 \cos 30^\circ) - 1.4 (0.6 + 0.6) - 1.4 \cos 30^\circ (1.8 + 0.6) = 0$$

$$M - W_A (1.2) - 3 (1.8) + 4 - W_B (2.92) - 1.4 (1.2) - 1.4 \cos 30^\circ (2.4) = 0$$

$$M = 9.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

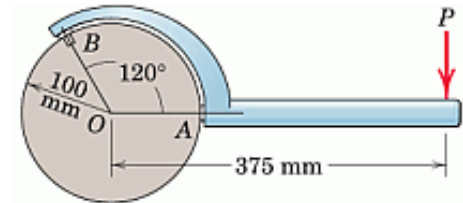


C noktasındaki 1.4 kN luk kuvvetin O noktasına göre momenti alınırken kuvvet önce D noktasına taşınmıştır.

Örnek Problem 3/5

Şekildeki eğri kollu anahtar, millerin döndürülmesi için kullanılmaktadır. 200 mm-lik bir çapa sahip olan mili döndürebilmek için, P kuvvetinin milin merkezi O ya göre momentinin 80 N·m olması gerektiğine göre, A noktasındaki temas kuvveti R yi bulunuz.

Anahtar ile yüzey arasındaki sürtünmeyi ve B noktasındaki pimin boyutlarını ihmal ediniz.



Verilenler:

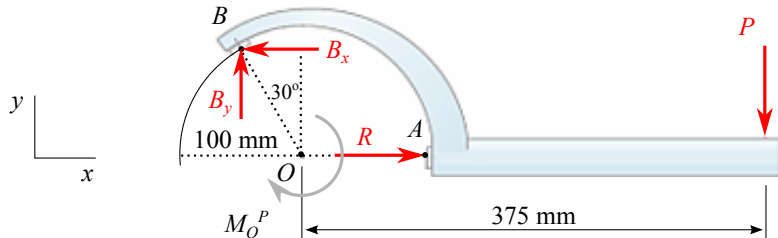
$$D = 200 \text{ mm}$$

$$M_O^P = 80 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$d = 375 \text{ mm}$$

$$\mu = 0$$

Çözüm



$$M_O^P = P(375) = 80(10^3)$$

$$P = 213 \text{ N}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R(100 \cos 30^\circ) - P(375 + 100 \sin 30^\circ) = 0$$

$$R(86.6) - P(425) = 0$$

$$R = 1047 \text{ N}$$

İstenenler:

$$R = ?$$