

3-PARÇACIK KİNETİĞİNDE KUVVET-KÜTLE-İVME TÖNTEMİ

→ Parçacık üzerine etki eden dengelenmemiş bir kuvvetin neden olduğu etkileri incelemek amacıyla Newton'ın ikinci temel kanununun doğrudan uygulamalarını içerir. Bu yöntem kuvvet ve ivme içeren problemleri çözmek için uygundur.

3.1. Hareket Denklemleri ve Problemlerin Çözümü

→ Newton'un ikinci temel kanunu, paracığın hareket denklemini verir.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

→ Bu denklem ötelenme hareketini temsil eder. Paracık olarak modellenen cisim doğrusal veya eğrisel bir yörüngede yalnızca ötelenme hareketi yapar. Bu ötelenme hareketi "kayarak ötelenme" şeklindedir ve "sürüklenme" olarak da tanımlanır. Böylece bir paracığın hareketini tanımlamak için bu denklem gerekli ve yeter kısıldır.

→ Cismin parçacık olarak modellenmesi: cismın üzerıne etkı eden tım kuvvetlerin cismın kütle merkezıne etkı etmesi yanı kütle merkezıne etkıyen eş noktasal kuvvetler olarak ele alınabılması anlamına geır.

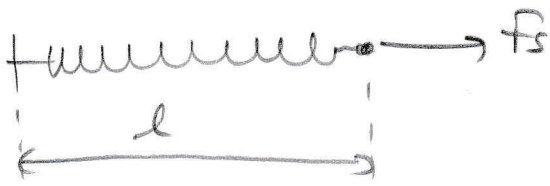
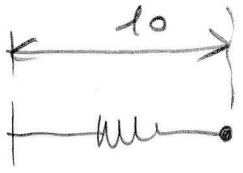
→ Serbest cism diyagramı (SCD) oluşturulırken parçacık üzerındeki etkısi incelenen kuvvetler aragıda verilmektedir.

→ 1. Ağırlık kuvveti (W): Her zaman dışeğ doğrultuda ve aşağı yönüdedır. Sabit bır kuvvettır ve sabit ivmeli harehete sebep olur.

$$\downarrow W = mg$$

→ 2. Bağlı ıperden gelen çekme kuvveti (T): ıpler yalnız çekme kuvvetını taşıır. Bu nedenle bu kuvvet çekme doğrultusu ve yönündedir. Sabit bır kuvvettır ve sabit ivmeli harehete sebep olur.

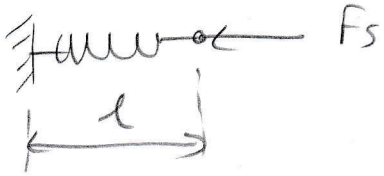
→ 3- Yay kuvveti (F_s): Lineer elastik yaylar yalnız kendi doğrultularında kuvveti taşırlar. Bu kuvvet ağırlık veya basma yönünde olabilir. Yay kuvveti $F_s = f(s)$ olduğundan değişken bir kuvvettir ve değişken ivmeli harekete sebep olur.



$$F_s = k \cdot s$$

$$s = l - l_0$$

$$F_s = k (l - l_0)$$



→ Yay paracık ile bağlı olduğunda yay kuvveti F_s 'ye artırlı "geri getirici kuvvet" denir ve daima yay kuvvetiyle ters yönlüdür.

→ 4. Dış kuvvet (F) = Paracığa hareket veren kuvvettir. Doğrultusu ve yönü problemlerde verilir veya hesaplanır. Kuvvetin değişken olması halinde ($F=f(t)$, $F=f(s)$, $F=f(v)$) değişken ivmeli harekete sebep olur ve sabit olması halinde ($F=f_c=abt$) sabit ivmeli harekete sebep olur.

→ 5. Temas düzleminde kaynaklanan kuvvetler (N, F_d):
 N normal kuvveti temas düzlemine dik doğrultuda etki eder.
 F_d sürtünme kuvveti temas düzlemine teget doğrultuda ve harekete ters yönde etki eder. N ve F_d arasında

$$F_d = \mu_s \cdot N \quad \text{ve} \quad F_d = \mu_k \cdot N$$

bağıntısı vardır.

→ 6. Sürüş kuvveti ($F_{sürüş}$): Temas düğleminde kaynaklanan ve sürtünme kuvvetine erit ancak cismin hareketiyle aynı yönde ortaya çıkan bir kuvettir. Cisim hareketini sürtünmeyi yendigi için kazandıysa (motor aracılığıyla veya hareketli zeminden dolayı) sürtünme kuvveti yerini sürüş kuvvetine bırakır.

$$F_{sürüş} = -F_d$$

→ 7. Etki-Tepki kuvveti (F_{AB}, F_{BA}): Birbiri ile temas halinde olan cisimler birbirlerine aralarında ki temas düğlemine dik doğrultuda erit eşit ve zıt yönlü etki-tepki kuvveti uygularlar.

→ Paracık kinetiğinde kuvvet-kütle-ivme yönteminde ilk olarak paracığın hareket yönü belirlenir ve buna uygun koordinat sistemi seçilir.

→ Bu yöntemi uygularken genel olarak iki tip problemle karşılaşılır. İlkinde paracığın ivmesi ya verilmiştir ya da bilinen kinematik koşullardan doğrudan belirlenebilir. Daha sonra, paracığın üzerine etki eden kuvvetler kuvvet analizi ile belirlenerek hareket denkleminde yerine koyularak problem çözülür.

→ İkinci tip problemde, paracığın üzerine etkiyen kuvvetler tanımlanmıştır ve ortaya çıkan hareketin belirlenmesi gerekir. Eğer kuvvetler sabit ise ivme de sabittir. Eğer kuvvetler zaman, konum veya hızın fonksiyonu iseler ivme de zaman, konum veya hızın fonksiyonu olur.

3.1.1. Sınırlanmış ve Sınırlanmamış Hareket

→ Her ikisi de Newton'un ikinci temel kanununun ifadesi olan hareket denklemleri ile tanımlanan iki farklı fiziksel hareket türü vardır.

→ İlki, paracığın mekanik bağlar ile bağlanmamış olduğu sınırlanmamış harekettir ve paracık ilk hareketi ve üzerine dış kaynaklardan uygulanan kuvvetlerin etkisi ile belirlenmiş bir yörünge izler. Uzanıkta olan bir uçağın veya roket ile manyetik alan içinde hareket eden bir elektron kısıtlanmamış harekete örnek olarak verilebilir.

→ İkinci tür, paracığın yörüngesinin kısmen veya tamamen sınırlayıcı kılavuzlar ile belirlendiği sınırlanmış harekettir. Bir buz hokeyi topunun hareketi yatay düzlemleri buz yüzeyi tarafından kısmen sınırlanmıştır. Raylar üzerinde giden bir tren ve hareketsiz bir mil üzerinde kayan bir bilezik daha fazla sınırlanmış harekete örnek verilebilir. Sınırlanmış hareket sırasında paracığa uygulanan bazı kuvvetler dış kaynaklardan etkijen kuvvetler, diğerleri ise sınırlayıcı kılavuzlardan etkijen tepki kuvvetleri olabilir.

Diğer kısıtlamalardan veya kılavuzlardan paracağı etkileyen tüm kuvvetler kuvvet analizinde göz önüne alınmalıdır.

→ Uygun koordinat sisteminin seçimi genellikle sınırlandırmanın sayısı ve geometrisi ile belirlenir.

→ Eğer bir vücut veya roketin serbest vücutta kitle merkezinin yaptığı gibi, paracık uzayda serbestçe hareket edebiliyorsa, herhangi bir anda paracığın konumunu tanımlamak için üç bağımsız koordinat gerektiğinden ötürü paracığın "üç serbestlik derecesi"ne sahip olduğu söylenir.

→ Buz hokeyi topunda veya bir kâşenin eğimli yüzeyinde kayan bir bilyede olduğu gibi paracık bir yüzey üzerinde hareket edecek biçimde sınırlanmışsa onun konumunu belirlemek için yalnızca iki koordinat gerekir ve bu durumda paracığın "iki serbestlik derecesi" vardır.

→ Eğer hareketli mil üzerinde kayan bilye gibi paracık sabit doğrusal bir yörünge izleyecek şekilde sınırlanmışsa paracığın konumu mil boyunca olacak olan tek koordinat ile belirlenebilir. Bu durumda paracığın "tek serbestlik derecesi" olacaktır.

3.2. Doğrusal Hareket

→ Hareket doğrusal olsa da kuvvetler en az üç eksen üzerinde etki eder.

→ m kütleli parçacığın doğrusal hareketinin yönünü x -doğrultusu olarak seçtiğimizi düşünürsek, y - ve z -doğrultularındaki ivmeler sıfır olur ve hareket denklemleri skaler formda aşağıdaki gibi yazılır.

$$\sum F_x = m a_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

→ Hareket boyunca bir koordinat yönü seçmekte özgür olmadığımız durumlarda, genel durumda her üç bileşenin de denklemleri mevcuttur ve skaler formda aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

$$\sum F_y = m \cdot a_y$$

$$\sum F_z = m \cdot a_z$$

Burada ivme ve bileşke kuvvet ağırdaki gibi verilir.

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

$$a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2}$$

$$\vec{EF} = E f_x \vec{i} + E f_y \vec{j} + E f_z \vec{k}$$

$$|\vec{EF}| = \sqrt{(E f_x)^2 + (E f_y)^2 + (E f_z)^2}$$

→ Bağlı sistemlerde her parçacık için ayrı ayrı hareket denklemleri oluşturulur. Her bir kitlelerin hareketi ayrı ayrı incelenir. Ancak pozitif yön - kinematik analiz yapılarak sadece bir kez tanımlanır.

3.3. Eğrisel Hareket

→ Düzlemde eğrisel yörüngeler boyunca hareket eden paracığın kinetiği bu bölümün konusudur.

→ Eğrisel harekette ivmenin en koordinat tanımı kullanılacaktır. Uygun koordinat sisteminin seçimi problemin koşullarına bağlıdır ve eğrisel hareket problemlerinin çözümünde verilmesi gerekli en temel kararlardan biridir.

→ Hareket denklemleri Kartezyen koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\sum F_y = ma_y$$

Burada $a_x = \ddot{x}$ ve $a_y = \ddot{y}$ dir.

→ Hareket denklemleri normal ve teğetsel koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_n = m a_n$$

$$\sum F_t = m a_t$$

Burada $a_n = \gamma \dot{\theta}^2 = v^2/\rho = v \dot{\theta}$ ve $a_t = \dot{v}$ ve $v = \rho \dot{\theta}$ dir.

→ Hareket denklemleri kutupsal koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_r = m a_r$$

$$\sum F_\theta = m a_\theta$$

Burada $a_r = \ddot{r} - r \dot{\theta}^2$ ve $a_\theta = r \ddot{\theta} + 2 \dot{r} \dot{\theta}$ dir.

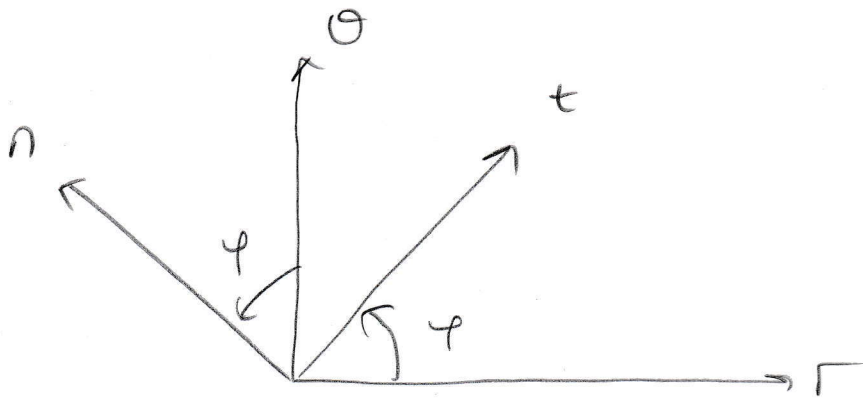
3.3.1. Kutupsal Koordinatlarda Normal ve Teğetsel Kuvvetler

→ Kutupsal koordinatları içeren en basit problem tipi, bir paracığın bilinen bir ivme ile hareket etmesine neden olan $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z$ bileşke kuvvet bileşenlerinin belirlenmesini gerektirir.

→ Ancak, verilen anda paracığın ivmeli hareketi tamamen belirlenmemişse, hareket denklemini çözebilme için paracık üzerine etkiyen kuvvetlerin doğrultuları veya büyüklükleri ile ilgili bazı bilgilere sahip olmak ya da bunları hesaplamak gerekir.

→ Normal kuvvet (N) ve sürtünme kuvveti (F_d), doğrultuları daima normal ve teğetsel koordinatlar açısından tanımlanabilen kuvvetlerdir. Normal ve teğetsel koordinatlar ile kutupsal koordinatlar arasındaki dönüşüm bilinirse bu kuvvetlerin doğrultuları kutupsal bileşenler açısından kolayca yazılabilir.

→ Normal ve teğetsel koordinatlar ile kutupsal koordinatlar arasında her zaman geçerli olan ve hesaplanabilen bir φ açısı vardır.



→ $r = f(\theta)$ olarak tanımlanmış şartıyla bu açı,

$$\tan \varphi = \frac{r}{\frac{dr}{d\theta}}$$

olarak tanımlıdır. Burada φ açısı, $(r-t)$ ve $(\theta-n)$ arasında tanımlanan bir açıdır.

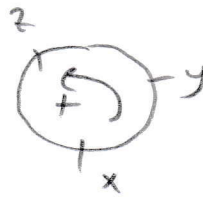
3.3.2. Uçayda Eğrisel Hareket

→ Hareket denklemleri kartezyen koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\sum F_y = ma_y$$

$$\sum F_z = ma_z$$



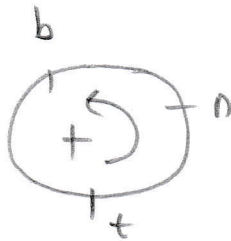
Burada $a_x = \ddot{x}$ ve $a_y = \ddot{y}$ ve $a_z = \ddot{z}$ dir.

→ Hareket denklemleri normal ve teğetsel koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_n = m \cdot a_n$$

$$\sum F_t = m \cdot a_t$$

$$\sum F_b = 0$$



Burada $a_n = r\ddot{\theta}^2 = v^2/r = v\dot{\theta}$ ve $a_t = \dot{v}$ ve $v = r\dot{\theta}$ dir.

→ Normal ve tegetsel koordinat sisteminde yörünge daima düzlemseldir ve n ve t doğrultularından oluşur. Ancak kuvvetler binormal doğrultuda da etki edebilir.

→ Normal kuvvet (N), düzlemde ($n-t$) her zaman normal doğrultudadır. Ancak 3 boyutlu uzayda ($n-t-b$) problemin geometrisine bağlı olarak normal ve/veya binormal doğrultuda olabilir.

→ Sürtünme kuvveti (f_d), düzlemde ($n-t$) ve uzayda ($n-t-b$) her zaman tegetsel doğrultudadır.

→ Hareket denklemi silindirik koordinatlarda skaler bileşenler cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$\sum F_r = m \cdot a_r$$

$$\sum F_\theta = m \cdot a_\theta$$

$$\sum F_z = m \cdot a_z$$

Burada $a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2$ ve $a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}$ ve $a_z = \ddot{z}$ dir.

→ Kesirsel ?