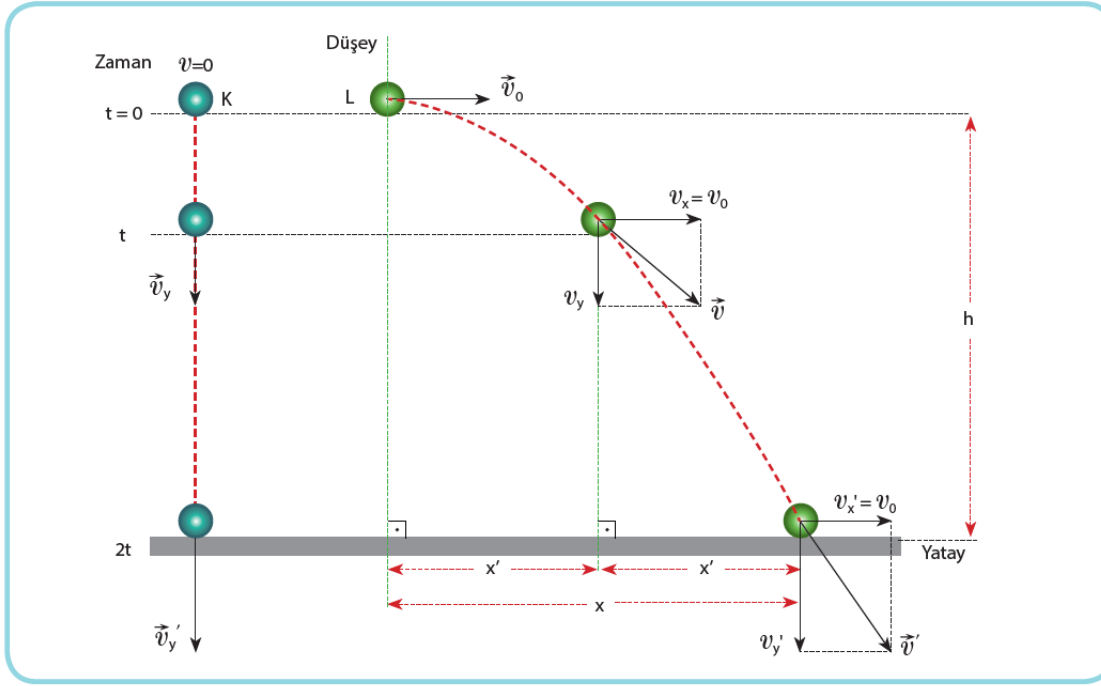


## ÜNİTE ÖZETİ

### 1.5. İKİ BOYUTTA HAREKET

#### A) YATAY ATIŞ HAREKETİ

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda yerden belli bir yükseklikten yatay olarak atılan cisim, atıldığı andan itibaren yalnızca çekim kuvveti etkisinde kalır. Bu etki altındaki cisim, düşey doğrultuda sabit ivmeli hareket yapar. Cisme atış anından sonra yatay doğrultuda etki eden herhangi bir kuvvet olmadığı için cisim sabit hızlı hareket yapar. Cisim aynı anda hem yatay hem düşey düzlemde hareket ettiği için cismin yaptığı hareket, bileşik harekettir.

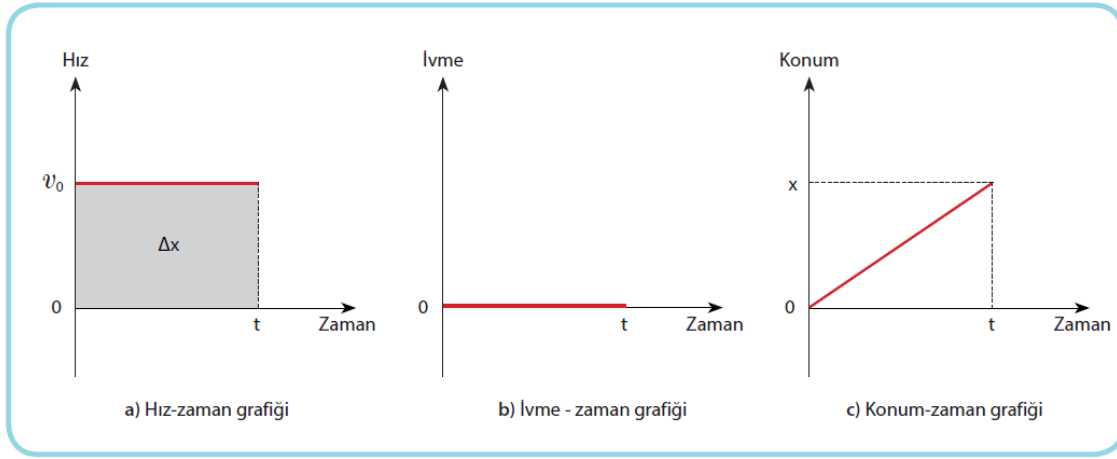


Cisim iki boyutta hareket ettiği için yatay ve düşey düzlemdeki hareketleri ayrı ayrı değerlendirilerek incelenir. Yatay ve düşey eksenler üzerindeki hareketler birbirinden bağımsız olarak ele alındığında harekete ait denklemler Tablo 1,9'daki gibi olur.

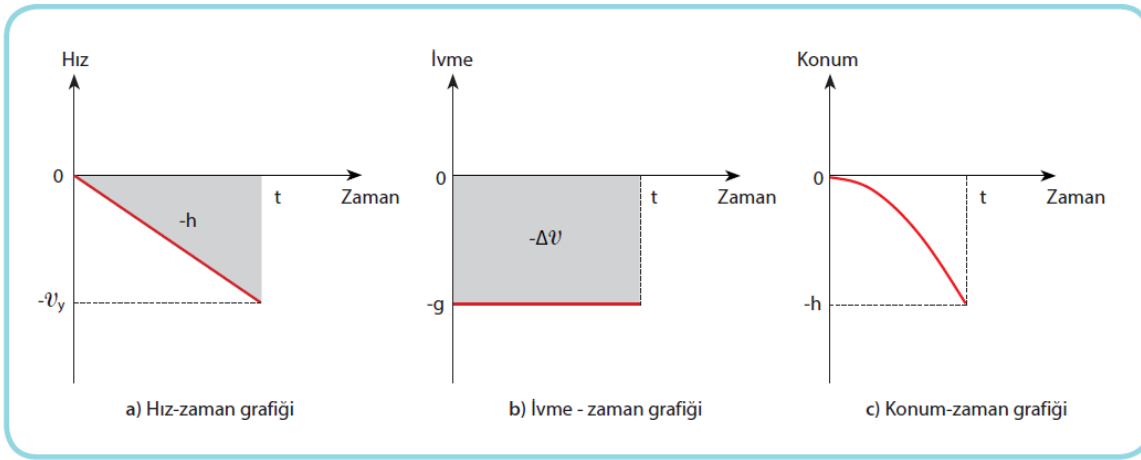
Tablo 1.9: Yatay Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri

| Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri | Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri | Cismin Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü                           |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $\vec{v} = \vec{g} \cdot t$                                            | $\Delta \vec{x} = \vec{v}_0 \cdot t$              | $\vec{v}_x = \vec{v}_0$                                            |
| $\vec{h} = \frac{1}{2} \vec{g} \cdot t^2$                              |                                                   | $\vec{v}_y = \vec{g} \cdot t$                                      |
| $v^2 = 2\vec{g} \cdot \Delta \vec{h}$                                  |                                                   | $\vec{v}_x$ ve $\vec{v}_y$ dik olduğundan<br>$v^2 = v_x^2 + v_y^2$ |

Cismin yatay ve düşey doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri Grafik 1.11 ve Grafik 1.12'deki gibi olur.



Grafik 1.11: Yatay atış hareketi yapan cismin yatay doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri

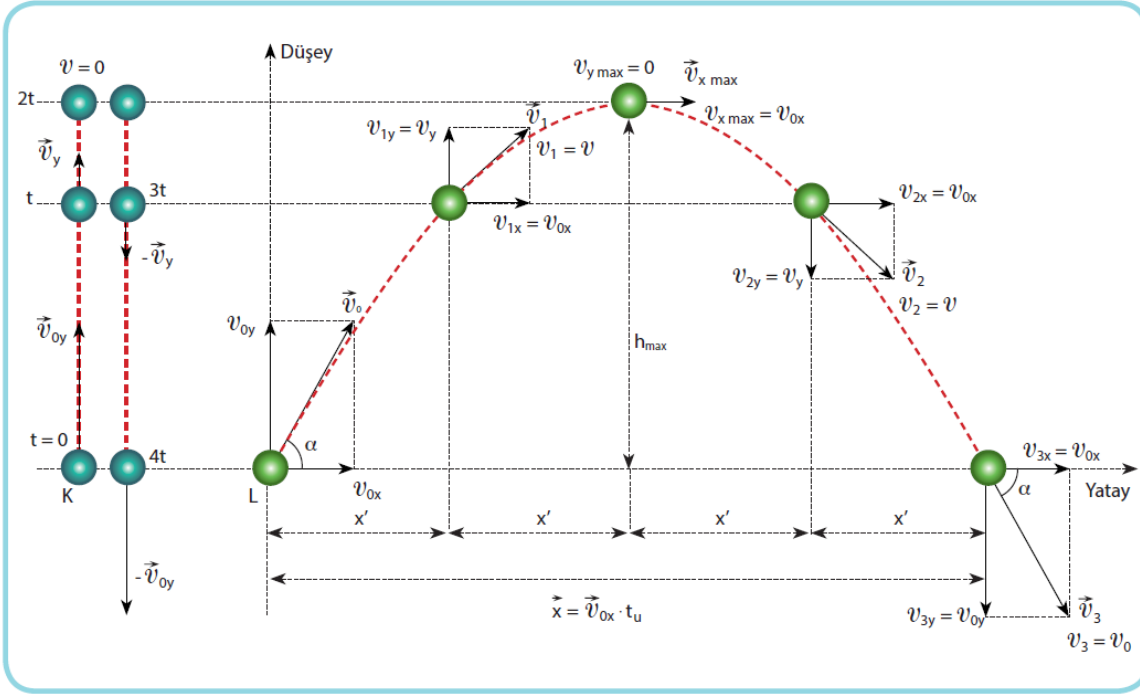


Grafik 1.12: Yatay atış hareketi yapan cismin düşey doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri

## B) EĞİK ATIŞ HAREKETİ

### Yukarı Yönde Eğik Atış Hareketi

Eğik atış hareketi, yatay düzlemle açı yapacak şekilde atılan cismin hareketidir. Güllü, cirit ve disk atan sporcuların atış şekli, eğik atışa örnek verilebilir. Hava direncinin ihmal edildiği ortamda eğik olarak atılan cisim, hem yatay hem de düşey doğrultuda ilerlediği için bileşik hareket yapar.



Eğik atış hareketinde cisim aynı düzleme düşerse çıkış süresi ( $t_c$ ) ile iniş süresi ( $t_i$ ) eşittir. Buna göre uçuş süresi ( $t_u$ )

$t_u = 2t_c = 2t_i$  olur.

Yukarı yönde eğik atış hareketi yapan cisim, maksimum yüksekliğe ulaştıktan sonra yatay atış hareketiyle aynı hareketi yapar. Eğik olarak atılan bir cismin izlediği yol paraboliktir.

Cismin hareket boyunca yatay doğrultuda aldığı en uzun mesafeye **menzil** ( $x$ ) denir. Hava direncinin ihmal edildiği ortamda eğik olarak atılan cismin yükselirken ve düşerken aynı yüksekliklerdeki hız büyüklükleri eşittir.

Eğik atış hareketine ait grafikler; yatay düzlemde sabit hızlı harekete, düşey düzlemde yukarıya doğru düşey atış hareketine ait grafiklerle aynı özellikleri taşır.  $V_0$  büyüklüğünde hızla harekete başlayan cisim,  $t_c$  çıkış süresinde maksimum yüksekliğe ( $h_{max}$ ) ve  $t_i$  iniş süresinde de atıldığı yüksekliğe ulaşır.

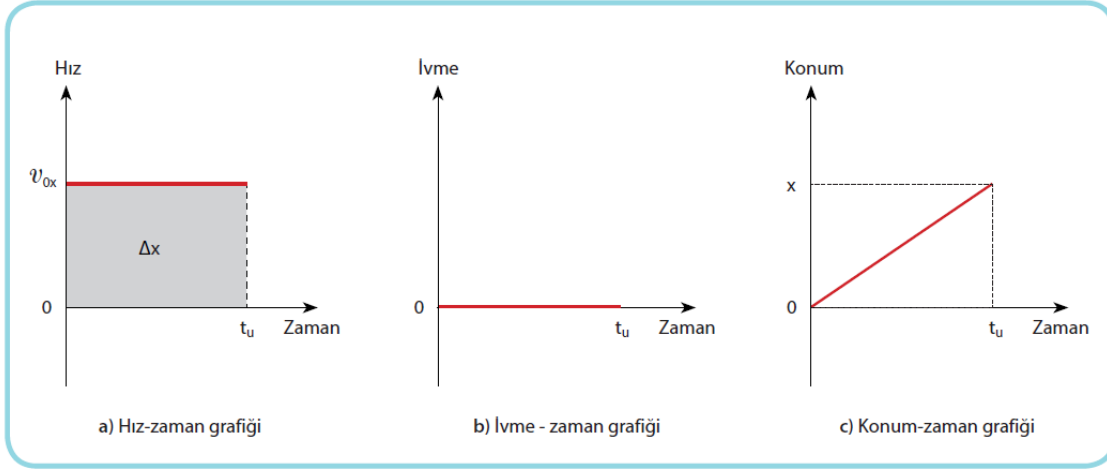
Eğik atış hareketi, yatay ve düşey eksenler üzerinde ve birbirinden bağımsız olarak ele alınıp incelenir.

Aşağı yön negatif alındığında harekete ait denklemler Tablo 1.10'da gösterildiği gibidir.

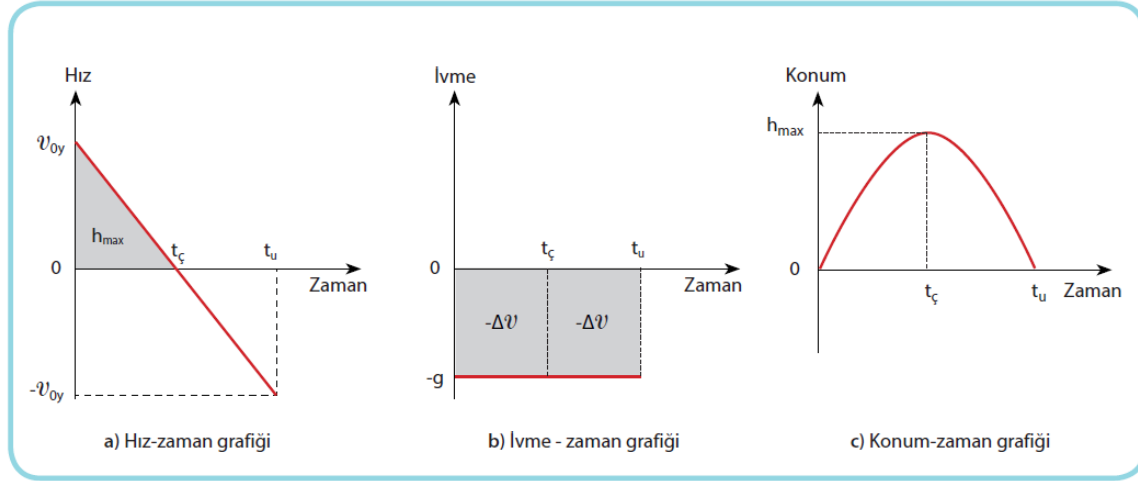
Tablo 1.10: Yukarı Yönde Eğik Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri

| Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri     | Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri  | Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\vec{v}_y = \vec{v}_{0y} - \vec{g} \cdot t_c$                             | $\Delta \vec{x}_{menzil} = \vec{v}_{0x} \cdot t_u$ | $\vec{v}_x = \vec{v}_{0x}$<br>$\vec{v}_y = \vec{v}_{0y} - \vec{g} \cdot t$<br>$v^2 = v_x^2 + v_y^2$ |
| $\vec{h}_{max} = \vec{v}_{0y} \cdot t_c - \frac{1}{2} \vec{g} \cdot t_c^2$ |                                                    |                                                                                                     |
| $v_y^2 = v_{0y}^2 - 2\vec{g} \cdot \Delta \vec{h}$                         |                                                    |                                                                                                     |

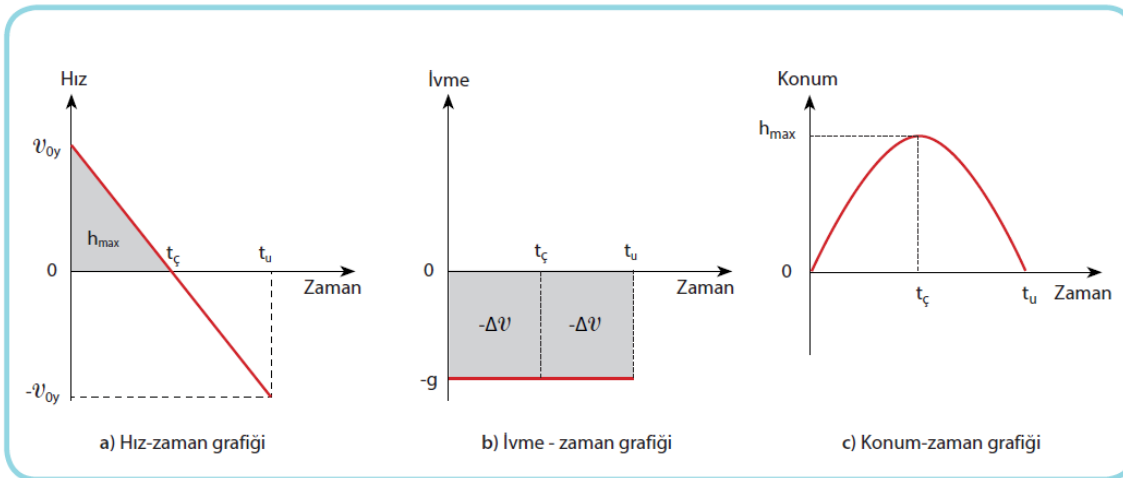
Eğik atış hareketinde aşağı doğru olan yön (-) seçilerek hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri çizildiğinde Grafik 1.13 ve Grafik 1.14'teki gibi olur.



Grafik 1.13: Eğik atış hareketinde yatay doğrultudaki hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri



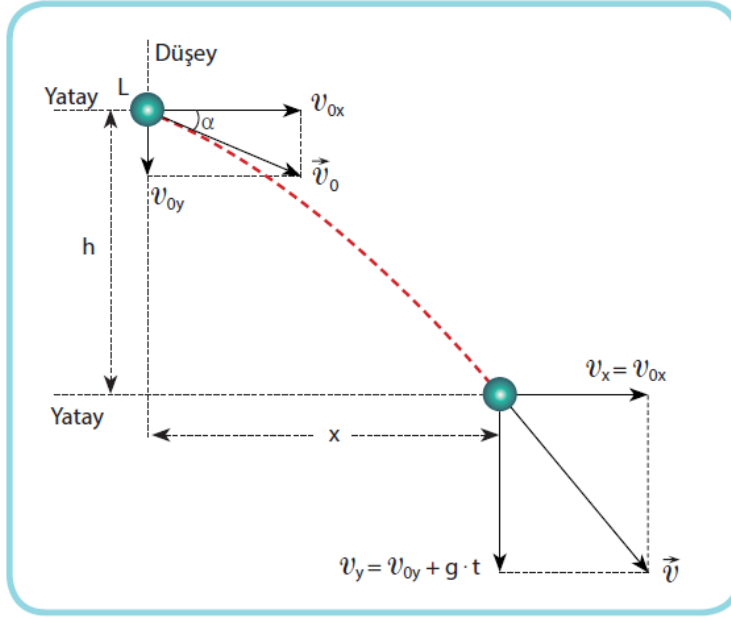
Grafik 1.14: Eğik atış hareketinde düşey doğrultudaki hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri



Grafik 1.14: Eğik atış hareketinde düşey doğrultudaki hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri

## Aşağı Yönde Eğik Atış Hareketi

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda yatayla  $\alpha$  açısı yapacak şekilde aşağı yönde eğik olarak atılan cisim, hem yatay hem de düşey doğrultuda ilerler.



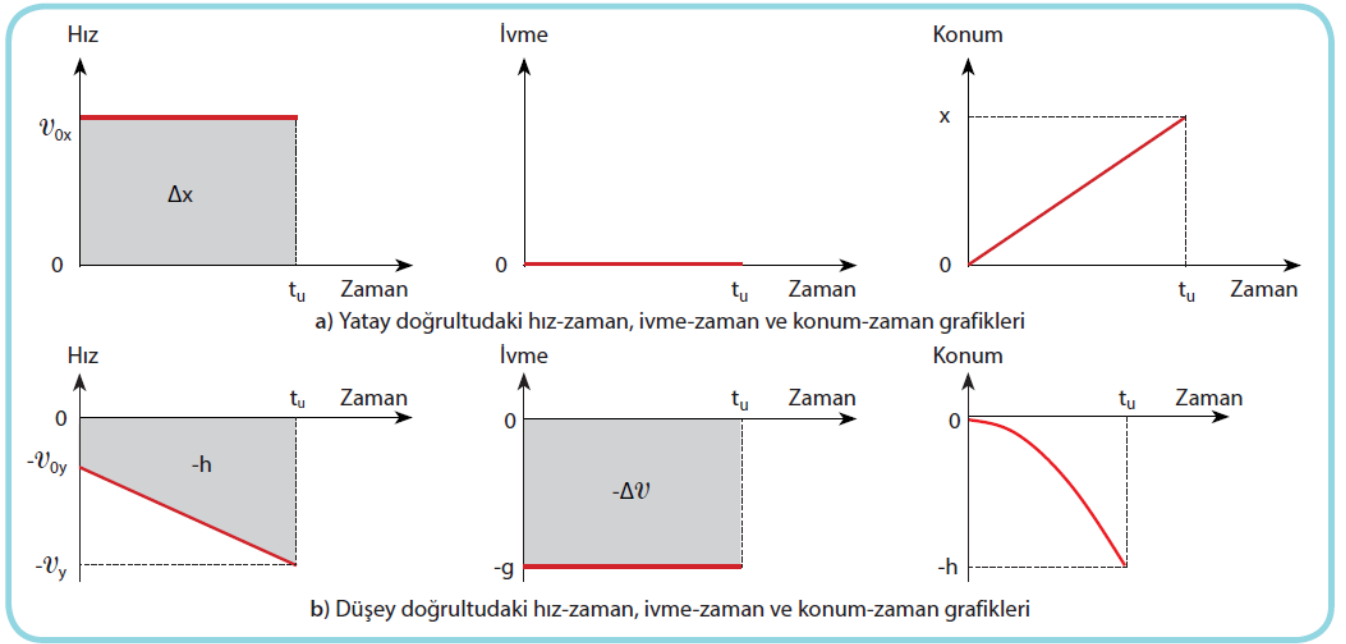
Şekil 1.45: Aşağı yönde eğik atış hareketi

İki boyuttaki hareket yatay ve düşey eksenler üzerinde ve birbirinden bağımsız olarak ele alınıp incelenir. Bu durumda harekete ait denklemler Tablo 1.11’de gösterilmiştir.

Tablo 1.11: Aşağı Yönde Eğik Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri

| Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri | Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri | Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\vec{v}_y = \vec{v}_{0y} + \vec{g} \cdot t$                           | $\Delta \vec{x} = \vec{v}_{0x} \cdot t$           | $\vec{v}_x = \vec{v}_{0x}$<br>$\vec{v}_y = \vec{v}_{0y} + \vec{g} \cdot t$<br>$v^2 = v_x^2 + v_y^2$ |
| $\vec{h} = \vec{v}_{0y} \cdot t_\zeta + \frac{1}{2} \vec{g} \cdot t^2$ |                                                   |                                                                                                     |
| $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2\vec{g} \cdot \Delta \vec{h}$                     |                                                   |                                                                                                     |

Aşağı yönde eğik atış hareketine ait grafikler yatayda sabit hızlı harekete ve düşeyde aşağıya doğru düşey atış hareketine ait grafik özellikleri taşır. Başlangıç noktası sıfır kabul edilen ve yerden  $h$  yüksekliğindeki noktadan  $V_0$  büyüklüğünde hızla harekete başlayan cisim  $t$  sürede yere düşer. Aşağı doğru olan yön (-) seçilirse hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri Grafik 1.15’teki gibi olur.



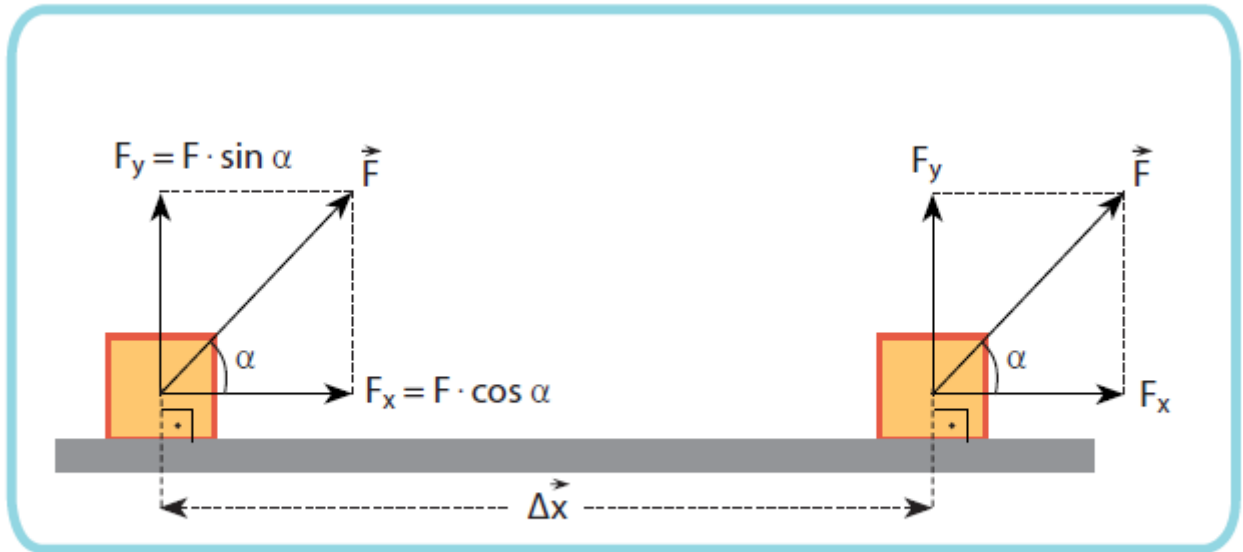
Grafik 1.15: Aşağıya doğru eğik atış hareketi yapan cisme ait grafikler

## 1.6. ENERJİ VE HAREKET

### A) İŞ VE ENERJİ

Bir cisme uygulanan kuvvetin iş yapabilmesi için cismin yer değiştireceği doğrultuda bir bileşene sahip olması ve kuvvet uygulanan cismin yer değiştirmesi gerekir. Enerji aktarımı yani iş yalnızca hareket doğrultusundaki kuvvetler tarafından yapılır. İş,

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x} \text{ ile bulunur.}$$



Şekil 1.46: Cismin yatay düzlemle açı yapacak şekilde kuvvet uygulanarak çekilmesi

Bir cisme Şekil 1.46'daki gibi kuvvet, sürtünmelerin ihmal edildiği düzlemde yer değiştirme doğrultusuyla  $\alpha$  açısı yapacak şekilde uygulanırsa yapılan iş  $W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$  ile ifade edilir.

## Hooke Yasası

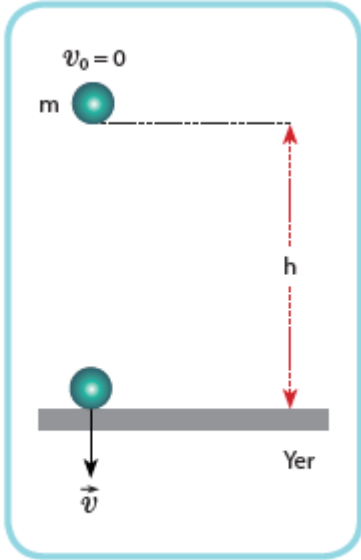
Bir yaydaki uzama veya sıkışma miktarı (x), uygulanan kuvvet (F) ve yay sabitine (k) bağlıdır. Bu değişkenler arasındaki ilişki  $\vec{F} = k \cdot \vec{x}$  ifadesi ile gösterilir. Bu ifadeye **Hooke (Huk) Yasası** denir.

Bir cisme kuvvet uygulanarak esnetilmesi ya da sıkıştırılması sırasında cisim üzerinde yapılan iş, cisme potansiyel enerji olarak aktarılır. Esnek cisimlerde depo edilen enerjiye **esneklik potansiyel enerjisi** adı verilir.

## B) MEKANİK ENERJİ VE KORUNUMU

Bir cismin sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjinin toplamına **mekanik enerji** denir. Mekanik enerji

$E_{\text{Mekanik}} = E_P + E_K$  şeklinde ifade edilir.



Şekil 1.50: h yüksekliğinden serbest düşen cisim

Yerden h yüksekliğinde tutulan m kütleli cismin hızı olmadığı için kinetik enerjisi (EK) de yoktur. Sadece yere göre  $E_P = m \cdot g \cdot h$  kadar potansiyel enerjisi vardır. Cisim serbest bırakıldığında aşağıya doğru düşerken yerden yüksekliği azaldığı için potansiyel enerjisi azalır. Hava direnci gibi etkiler ihmal edildiğinde cismin kaybettiği potansiyel enerji, cisimde kinetik enerjiye dönüşür (Şekil 1.50). Cisim yere çarptığı anda da potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerji olarak cisme aktarılır. Düşme sırasında potansiyel enerjideki azalma kinetik enerjideki artışı oluşturduğundan her an potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamı sabit kalır. Bu olaya **mekanik enerjinin korunumu** denir.

Bir sistemin enerjisi, mekanik enerjinin korunumu ilkesine göre

$E_{\text{ilk}} = E_{\text{son}}$

$E_P (\text{ilk}) + E_K (\text{ilk}) = E_P (\text{son}) + E_K (\text{son})$  olarak ifade edilebilir.

## C) SÜRTÜNME KUVVETİNİN YAPTIĞI İŞ

Sürtünme kuvvetinin ( $F_s$ ) olduğu yatay düzlem üzerinde  $V$  hızı ile fırlatılan cisim yavaşlayarak durur. Bu olayda cismin durmasının nedeni sürtünme kuvvetinin cismin hareketine karşı iş yapmasıdır. Cismin kinetik enerjisi sürtünme kuvveti nedeni ile sürtünen yüzeylerde ısı enerjisine dönüşür. Cisim durana kadar iş yapan kuvvet sürtünme kuvvetidir. Cisim x kadar yer değiştirdiğinde yol boyunca sabit olan sürtünme kuvvetinin yaptığı iş ( $W_s$ )

$W_s = \vec{F}_s \cdot \vec{x}$  olur.

## 1.7. İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM

### A) ÇİZGİSEL MOMENTUM

$\vec{v}$  hızı ile hareket eden m kütleli bir parçacığın kütle ve hızının çarpımından elde edilen terime çizgisel momentum denir. Çizgisel momentum hareketliliğin bir ölçüsüdür. Hareketli kütleye dair bir kavram olan çizgisel momentum P sembolü ile gösterilir ve SI' da birimi kg.m/s'dir.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

Çizgisel momentum, vektörel bir büyüklüktür. Çizgisel momentum vektörü her zaman hız vektörü ile aynı yönlüdür.

### B) İTME

Kuvvetin büyüklüğü ile etki süresinin çarpımı, kuvvetin etki miktarını ifade eder. Buna **itme** denir. İtme vektörel bir büyüklüktür ve her zaman kuvvet vektörü ile aynı yönlüdür. **I** sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi N.s'dir.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \text{ ile ifade edilir.}$$

### C) İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM ARASINDAKİ İLİŞKİ

Bir cisme uygulanan itme, cismin çizgisel momentumundaki değişime eşittir.

$$\vec{I} = \Delta \vec{P}$$

### Ç) ÇİZGİSEL MOMENTUMUN KORUNUMU

Dış kuvvet etkisi olmayan bir sistemde iki veya daha fazla parçacık etkileştiğinde sistemin toplam çizgisel momentumu sabit kalır. Yani bir sistemin toplam çizgisel momentumu her zaman sistemin ilk çizgisel momentumuna eşittir. Bu sonuca da **çizgisel momentumun korunumu** denir. Çizgisel momentumun korunumu; birbirini iten cisimler, çarpışan cisimler, çarpışma sonucu kenetlenen cisimler ve iç patlama sonucu parçalanmış cisimler gibi sistemler için de geçerlidir.

### D) ÇARPIŞMALAR

Sistemin kinetik enerjisinin korunduğu ya da korunmadığı durumlara göre çarpışmalar esnek ve esnek olmayan çarpışmalar olarak isimlendirilir. Bir sistemin çarpışmadan önceki ve sonraki kinetik enerjileri birbirine eşitse sistemin kinetik enerjisi korunmuştur. Bu tür çarpışmalara **esnek çarpışmalar** denir.

Çarpışma sırasında cisimlerde şekil değişikliği, yapışma, ses, ısı ya da ışık çıkması gibi durumlar oluşursa bu sistemin çarpışmadan önceki ve sonraki kinetik enerjileri birbirine eşit olmaz çünkü sistem enerji kaybeder. Bu tür çarpışmalara da **esnek olmayan çarpışmalar** denir. Esnek olmayan çarpışmalarda cisimler



Çarpışmadan sonra birbirine yapışarak hareket edebilir. Cisimlerin yapışması durumunda çarpışma **tamamen esnek olmayan çarpışma** olarak ifade edilir.

## 1.8. TORK

### A) TORK KAVRAMI

Bir kuvvetin cismi bir eksen ya da nokta etrafında döndürme etkisine **tork** denir. Tork, vektörel bir büyüklük olup **x** sembolü ile gösterilir. SI'da birimi **N.m**'dir.

### B) TORKUN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

Torkun büyüklüğü, uygulanan dik kuvvetin şiddetine ve dönme noktasına olan dik uzaklığına bağlıdır.

Torkun büyüklüğü bulunurken kuvvet ve konum vektörü birbirine dik ise ifade  $\tau = F.d$  şeklinde kullanılır.

Birimi **Newton. metre** dir (**N.m**).

## 1.9. DENG  VE DENG  őARTLARI

Bir cisme etkiyen net kuvvet sıfır ise o cismin dengelenmiş kuvvetlerin etkisinde olduğu ifade edilir. Bu durumda, cisim durmaktaysa durmaya; bir hızı varsa o hızla hareket etmeye devam eder. Her iki durumda da cisim dengededir.

### A) DENG 

Bir cismin dengede olabilmesi için cisme etkiyen toplam kuvvetin sıfır olmasının yanında toplam torkun da sıfır olması gereklidir.

### B) KÜTLE MERKEZİ VE AĞIRLIK MERKEZİ

Cisimlere etki eden kütle çekim kuvvetine **ağırlık** adı verilir. Cismi oluşturan parçacıkların ağırlıklarının bileşkesinin uygulama noktasına **ağırlık merkezi** denir. Yer  ekimi olmayan ortamlarda cismin ağırlığı olmadığı için ağırlık merkezi kavramından söz edilemez. Ancak yer çekimi olmadığında bile cisimler bir kütleye sahiptir. Cismin sahip olduğu kütlenin tamamının toplandığı kabul edilen noktaya cismin **kütle merkezi** denir. Düzgün geometrik şekle sahip homojen cisimlerde kütle merkezi, cismin geometrik merkezindedir. Kütle merkezi, skaler bir büyüklüğün merkezi iken ağırlık merkezi, vektörel bir büyüklüğün uygulama merkezidir.

## 1.10. BASİT MAKİNELER

Günlük yaşantımızda iş yapma kolaylığı sağlayan araçlara **basit makineler** denir. Basit makineler iş kolaylığı sağlamak amacıyla kullanılır ancak için yapılması için gereken enerjiden kazanç sağlanmaz. İdeal bir basit makinede kuvvetin yaptığı iş, yüke aktarılan enerjiye eşit olur. Kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü değiştirerek iş kolaylığı sağlayabilir. Basit makineler genellikle kuvvetten kazanç sağlamak için yapılmış araçlardır. Kuvvetten elde edilen bu kazanç **kuvvet kazancı** ya da **mekanik avantaj** adı verilir.

## A) KALDIRAÇLAR

Bir destek noktası üzerinde hareket edebilen sistemlere **kaldıraç** denir. Kaldıraçlar; destek noktasının, yükün ve kuvvetin konumuna göre üç gruba ayrılır.

## B) SABİT VE HAREKETLİ MAKARALAR

Merkezinden geçen eksen etrafında serbestçe dönebilen ve etrafına sarılı ipin çekilmesi ile dönme hareketi yapması sağlanan, tekerlek biçimindeki sistemlere **makara** denir. Makaralar, kuvvetten kazanç sağlamak ya da kuvvetin yönünü değiştirmek için kullanılır.

Merkezinden geçen sabit bir eksen etrafında dönen ve yükü taşıyan ip ile birlikte öteleme hareketi yapmayan makaralara **sabit makara** denir.

Etrafına sarılmış ip aracılığı ile dönerek yükü birlikte öteleme hareketi yapan makarayla oluşturulan sisteme **hareketli makara** denir. Bu tür makaralar, makaranın çevresinden geçen ipe bir kuvvet uygulandığında yük ile birlikte hareket eder.

## C) PALANGALAR

İki ya da daha fazla makaranın farklı şekillerde bağlanmasıyla elde edilen sisteme **palanga** denir. Palanga sistemi dengede ise sisteme etki eden net kuvvet sıfırdır.

## Ç) EĞİK DÜZLEM

Bir düzlemin bir kenarının alçak, diğer kenarının yüksek bir yere dayanmasıyla elde edilen eğimli yola **eğik düzlem** denir. Eğik düzlem, bir cismi bulunduğu yerden yükseğe çıkarabilmek için kullanılan en basit düzendir.

## D) ÇIKRIK

**Çıkrık**; merkezinden geçen eksen etrafında dönebilen bir silindir, silindirin merkezine bağlı bir kol ve üzerine sarılı halat ya da zincirden oluşmuş bir sistemdir. Bisiklet pedalı, kapı kolu ve kapı anahtarı çıkırık sistemi örnekleridir.

## E) ÇARKLAR

Bir merkez etrafında dönebilen ve çevresinde dişlerin sıralandığı disk şeklindeki çarklara **dişli** denir. Dişliler, birlikte ve eş zamanlı çalışması gereken mekanik parçalar arasında bağlantıyı sağlar. Günlük hayatta motorların, saatlerin ve bunun gibi mekanizmaların içerisinde dişli çarklar çokça kullanılır.

## F) KASNAKLAR

Bir merkez etrafında dönebilen ve etrafına kayış sarılabilen disk şeklindeki basit makinelere **kasnak** denir. Farklı merkezli kasnaklar etraflarına sarılan kayış ile birbirine bağlanır.

## G) VİDA

Bir eğik düzlemin silindir ya da konik cisim üzerine sarılması ile elde edilen basit makineye **vida** denir (Şekil 1.104). Vidalar, günlük hayatta genellikle parçaları birbirine birleştirmek için kullanılır.