



I.2.BİR BOYUTTA HAREKET

I.2.01. TEMEL TANIMLAR VE HAREKETLERİN TANIMI

Mekanikte cisimlerin hareketini inceleyen kısmına **dinamik** adı verilir. Dinamik **Kinematik** ve **Kinetik** olmak üzere iki kısma ayrılır.

1 -Kinematik, cisimlerin kütleleri ve cisme etkiyen kuvvetler ele alınmadan onların sadece hareketleri incelenir. Burada sadece zaman ile alınan yol arasındaki ilişkiyi veren hareket denkleminin kurulmasına çalışılır.

2- Kinetik, hareketle beraber, cisme etkiyen kuvvetler ile cismin kütlesi de ele alınarak, kuvvetlerle hareket arasındaki bağıntı incelenir.

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNAMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

Kinematik konusunun daha iyi anlaşılması bakımından bazı kavramların bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, hesaplamalarda hataya neden olmayacak şekilde konumunu geometrik bir nokta gibi niteleyeceğimiz çok küçük bir madde parçasına **maddi nokta** denir. Bir cismin hareketliliğini ve durgunluğunu tanımlamak amacıyla durgun kabul edilen bir ikinci cisim seçilir ve bu durağan cisme **referans sistemi** (*karşılaştırma sistemi*) adı verilir.

Maddi bir noktanın, seçilen bir referans sisteminin her noktasına olan uzaklığı zaman içinde değişmiyorsa, maddi nokta durağandır ve eğer referans sisteminin noktalarına olan uzaklığı zaman içinde değişiyorsa, maddi nokta hareketlidir denir.

Genelde hareketin referans noktası olarak yer küre seçilir ve buna bağlı olan uzaysal dik bir koordinat eksenleri belirlenir. Seçilen bu koordinat sisteminin eksenlerine göre maddi noktanın durağanlığı ve hareketi tanımlanır. Durağanlık ve hareket tamamen bağıl (*relatif*) bir kavramdır ve seçilen referans sistemine bağımlıdır. Örnek olarak trende oturan bir kimse trene göre durağan fakat yer küreye göre hareketlidir. Güneşe göre, yer küre hareketli, yer küredeki bir ev de yer küreye göre durağandır.

Yörünge, hareketli bir maddesel noktanın zamana bağlı birbiri ardına gelen konumlarını birleştiren sürekli çizgiye hareketin yörüngesi ve yörünge'nin birim zaman aralığındaki uzunluğuna da ötelenme (yol) denir. Hareketli maddi noktanın, yörüngesi üzerindeki konumunu belirlemek amacıyla, yörünge üzerinde bir başlangıç noktası ve bir pozitif hareket yönü seçilir.

Hareket bağıntısı; Yörünge üzerindeki maddesel noktanın, istenilen her andaki konumunu veren ifadeye hareket bağıntısı adı verilir.

Kinematik, belli bir zaman sonundaki bir cismin konumunu araştırıldığından, iki temel fiziksel büyüklüğe ihtiyaç duyulur. Bunlardan biri **zaman birimi** diğeri de **uzunluk birimi** dir. SI birim sistemine göre, zaman birimi **s** (saniye) ve uzunluk birimi **m** (metre) dir.

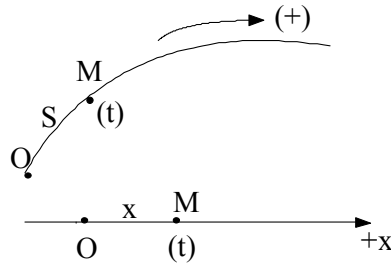
1.2.03. HAREKETLERİN GEOMETRİK VE ANALİTİK ANLAMI. HAREKET ÇEŞİTLERİ

Bir hareketin tanımı için yörüngesinin ve hareket yasalarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Maddesel noktanın hareket tanımı birçok değişik yolla yapılmaktadır. Genelde hareketin *geometrik tanımı* ve *analitik tanımı* en çok kullanılan iki tanımdır.

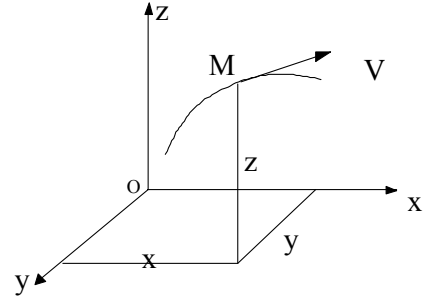
Hareketin geometrik tanımı; Burada hareketin yörüngesi ve bu yörünge üzerinde zamanın fonksiyonu olarak alınan yollar her an için belirlidir. Bunu yapabilmek için yörünge üzerinde, doğru veya yay parçasının, başlangıç noktası olarak belirlenen noktasından bir pozitif hareket yönü seçilir. Buna göre hareketli maddesel noktanın konumu yörünge üzerinde cebirsel bir s veya x sayısı ile belirlenir. s sayısına hareketlinin *eğrisel apsisi* ve x sayısına da hareketlinin *çizgisel apsisi* adı verilir (Şekil 01). Böylece hareket bağıntısı, zamanın fonksiyonu olarak,

$$s = f(t) \quad x = f(t)$$

dır. Hareketin bu şekilde tanımlanmasına geometrik tanım denilir.



Şekil 01.Hareketin geometrik tanımı.



Şekil 02.Hareketin analitik tanımı

Hareketin analitik tanımı; Hareketli maddesel noktanın M konumu, uzaysal dik koordinat sisteminde gösterilir. Böyle hareketlinin M konumu x , y ve z koordinatları zamanın fonksiyonu olarak,

$$x = f_1(t) \quad y = f_2(t) \quad \text{ve} \quad z = f_3(t)$$

bağıntılarıyla belirlenmiş olur.

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

Hareketin bu şekildeki tanımında, *analitik tanım* adı verilir. Burada, hareketli doğrusal hareket ediyorsa bağıntılardan biri, düzlemsel hareket ediyorsa bağıntılardan ikisi ve uzaysal olarak hareket ediyorsa bağıntılardan üçü birden kullanılır (Şekil 02) .

Hareket çeşitleri ;

*Hareketler yörüngelerine göre, **doğrusal** ve **eğrisel hareket** olmak üzere ikiye ayrılır. Örnek olarak, bir uçak pervanesinin dönmesindeki dairesel hareket, bir topun havadaki parabolik hareketi, uyduların uzaydaki hareketi eğrisel hareketlerdir. Ayrıca hareketler, hareket bağıntılarına $s=f(t)$ göre de, bağıntı eğer t 'ye göre birinci dereceden ise **düzgün hareket** ve bağıntı eğer t 'ye göre lineer bir fonksiyon değilse **değişen hareket** veya **ivmeli hareket** olmak üzere ikiye ayrılırlar. Örnek olarak hareket bağıntısı t 'ye göre ikinci dereceden ise hareke **düzgün değişen doğrusal hareket** adını alır.*

I.2.03. KONUM VEKTÖRÜ ORTALAMA HIZ

ANİ HIZ VE ORTALAMA İVME ANİ İVME

Bu bölümde bir boyutlu hareket, bundan sonraki bölümde ise iki ve üç boyutlu hareket incelenecektir. Tüm bu hareketlerin bir anlam ve tanım kazanması için, hız ve ivme gibi vektörel büyüklükler öncelikle incelenecektir.

Konum vektörü; bir cismin seçilen bir referans sitemine göre yerini belirler. Yer vektörünün zamana göre konumdaki herhangi bir yer değişimiyle $\Delta \mathbf{r}$ yer değişimi meydana gelir. Bu değişim son konum vektörüyle ilk konum vektörü arasındaki farktır;

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \quad (01)$$

Zamana bağlı konum vektörü uzaysal dik koordinat sisteminde,

$$\mathbf{r} = \mathbf{i} x + \mathbf{j} y + \mathbf{k} z \quad (02)$$

şeklinde gösterilir.

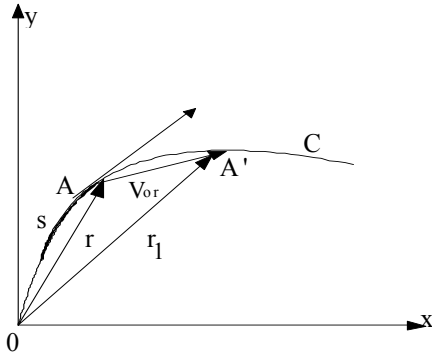
Ortalama hız; zamanın fonksiyonu olarak bir uzaysal konum vektörü,

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{i} x(t) + \mathbf{j} y(t) + \mathbf{k} z(t) \quad (03)$$

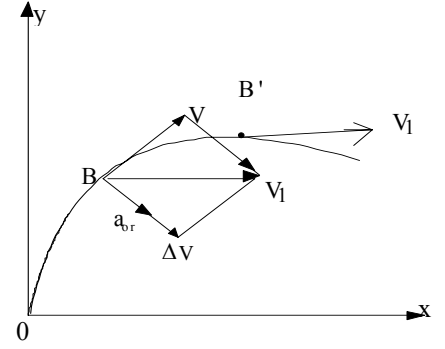
BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

şeklinde gösterilir. Burada x , y ve z hareketli maddesel noktanın t anındaki koordinatlarıdır. İki boyutlu dik koordinat sisteminde, hareketli maddesel noktanın t ve $t + \Delta t$ zamanlarına karşılık gelen A_1 ve A_2 konumlarını belirleyen $\mathbf{r}_1$ ve $\mathbf{r}_2$ konum vektörleri farkı $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ in, Δt zaman aralığına oranına *ortalama hız* adı verilir (Şekil 03),

$$\mathbf{v}_{or} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (04)$$



Şekil 03. Konum vektörü değişimi



Şekil 04 .Hız vektörü değişimi

Ani hız, Şekil 03 'ten yararlanarak ve matematiksel düşünceyle,

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (05)$$

dır. Burada, A' noktasının A 'ya sonsuz olarak yaklaştığındaki, hız vektörünün alacağı doğrultu A noktasında yörüngeye teğet olur ve bu hız vektörünün büyüklüğüne de ani hız adı verilir.

$$v = |\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| \quad (06)$$

Ayrıca, eğri yörünge üzerinde birim zamanda alınan yol s yayı ise, matematiksel olarak ani hızın büyüklüğünün,

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (07)$$

olduğu gösterilebilir. **SI birim sisteminde hızın birimi m/s 'dir**

Ortalama ivme; Eğrisel hareketlerde hızın daima yönü, doğrultusu ve ayrıca hız değeri de değişebilir. Bu durumda *eğrisel hareket daima ivmeli hareket* olacaktır. Hareketli maddesel noktanın t anındaki konumu B ve hızı $\mathbf{v}$, $t + \Delta t$ anındaki konumu B' ve hızı $\mathbf{v}_1$ olsun. Ortalama hızda olduğu gibi ortalama ivme de, $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}$ olacağından,

$$\mathbf{a}_{or} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \quad (08)$$

dır. $\mathbf{a}_{or}$ 'nın doğrultusu $\Delta \mathbf{v}$ 'nin doğrultusundadır (Şekil 04).

Hareket halindeki maddesel noktanın değişik zaman aralıkları içindeki hesaplanan ortalama ivmeleri farklı olmaları durumunda, maddesel noktanın değişken ivmesi vardır denir. İvme vektörel bir büyüklük olduğundan, büyüklüğü, yönü veya her ikisi de değişebilir. Bu durumlarda ivmenin belirli bir andaki değerinin hesaplanması istenebilir ve bu duruma karşılık gelen *ani ivme*,

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad (09)$$

olur. Ani ivmenin büyüklüğü,

$$a = |\mathbf{a}| = \left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| \quad (10)$$

şeklinde verilir. Eğer ivme sabitse bu durumda ani ivme ortalama ivmeye eşittir. **SI birim sisteminde ivmenin birimi m/s^2 'dir.**

I.2.04. TEK BOYUTLU SABİT İVMELİ HAREKET VEYA DÜZGÜN DEĞİŞEN DOĞRUSAL HAREKET VE DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET.

Tek boyutlu sistemde hareket referansımız geleneksel yönlendirilmiş x eksenini olacaktır. Burada vektörel ivme bileşenlerinden sadece skaler olan $a_x = a = \text{sabit}$ değeri vardır. İvme sabit olduğundan ortalama ivmede sabit olan ivmeye eşit olacaktır. Sabit ivmeli veya hareket denklemini t 'ye göre ikinci dereceden olan hareketin, A, B ve C belli katsayılar olmak üzere genel bağıntısı,

$$x = A + Bt + Ct^2$$

dır. Bu bağıntıya göre hareketin hızı ,

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 2Ct$$

ve ivmesi,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 2C$$

olur. Bağıntılardaki katsayıların fiziki anlamları, hareketin ilk koşulları ile belirlenir. Hareketli maddesel noktanın harekete başladığı ilk an olan $t=0$ anındaki ötelenmesi x_0 ve hızı v_0 ise, yukarıdaki bağıntılarda $t=0$ için, $x_0 = A$, $v_0 = B$ ve $a = 2C$ bulunur. Bu değerler hareket bağıntılarına iletilince, düzgün değişen doğrusal hareketin bağıntıları,

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (11)$$

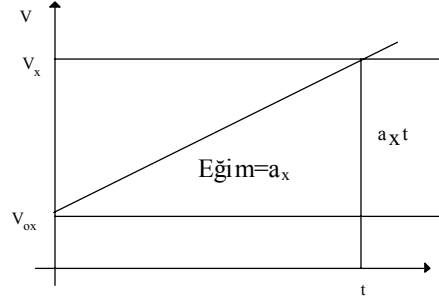
$$v = v_0 + a t \quad (12)$$

ve ikisi arasında t yok edilirse,

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (13)$$

olarak bulunur. (12) bağıntısındaki sabit ivmeli hareketin zamana göre değişimi Şekil 05 'de gösterilmiştir.

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET



Şekil 05. Sabit ivmeli hareketin zamana göre değişimi

Diğer taraftan, v_x zamana göre düzgün olarak değişiyorsa (sabit ivmeli hareket) herhangi bir zaman aralığındaki *ortalama hız, ilk hız ile son hızın toplamının yarısına eşit olur*: Buna göre, $t=0$ anında hız v_{ox} ve t anındaki hız v_x ise ortalama hız,

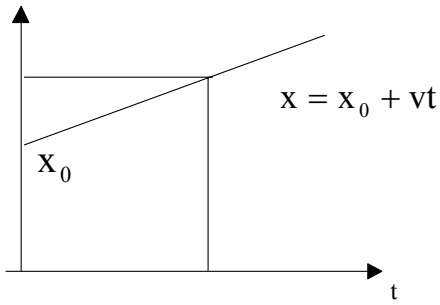
$$V_{ort.} = \frac{1}{2} (v_{ox} + v_x) \quad (14)$$

olur.

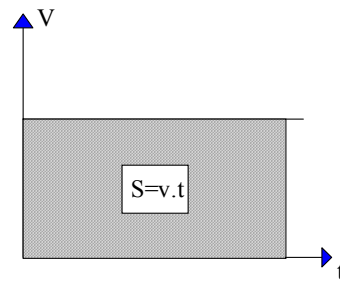
Hareketli maddesel nokta bir boyutta hareket yaptığında hızı sabitse ($v_x = \text{sabit}$) yani ivmesi sıfırsa ($a_x = 0$), bu tür harekete *düzgün doğrusal hareket* denir. (11) bağıntısından yararlanarak doğrusal hareketin genel ötelenme bağıntısı,

$$x = x_0 + vt \quad (15)$$

olarak bulunur. Düzgün doğrusal hareketin ötelenme - zaman değişimi (Şekil 06) 'da gösterilmiştir. Bu hareketin hız - zaman değişimi hız sabit olduğu için t eksenine paralel bir doğrudur ve bir t zamanı sonunda alınan yol taralı dikdörtgenin alanına eşittir (Şekil 07).



Şekil 06. Düzgün doğrusal hareketin yol-zaman değişimi.



Şekil 07. Hız zaman değişimi için alınan yol

I.2.05. HIZLANAN HAREKET, YAVAŞLAYAN HAREKET.

Bir maddesel noktanın hareketinde, hızın değeri zamanla mutlak değerce çoğalıyorsa harekete hızlanan hareket ve yavaşlıyorsa buna yavaşlayan hareket adı verilir. Bir hareketin hızlanan veya yavaşlayan olduğu hızının mutlak değerinin incelenmesiyle yani v^2 nin değişiminin incelenmesiyle anlaşılır. Buna göre, (11) bağıntısında $v_0=0$ ve $x_0=0$ olduğu zaman,

$$\frac{d(v^2)}{dt} = 2a \frac{dx}{dt} = 2av$$

bulunur. Burada;

i- a ve v artıyor yani pozitif yani hız ve ivme aynı işaretlidir ve hareket hızlanandır (Şekil8.a.)

ii- a ve v azalıyor yani hız ve ivme zıt işaretlidir ve hareket yavaşlayandır.(Şekil08.b).

iii- v sabitse a=0 olacaktır, (Şekil 08.c.)

(a). Hızlanan hareket .

(b).Yavaşlayan hareket

(c) Sabit hızlı hareket

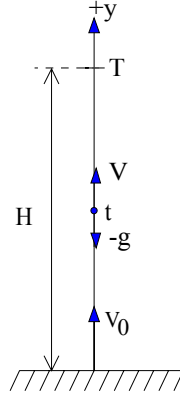
Şekil 08.a.b.c.Hızlanan ,yavaşlayan ve sabit hızlı hareket

Düzgün değişen hareket belirtilirken bunun düzgün yavaşlayan veya hızlanan olduğu söylenmelidir. (11), (12) ve (13) bağıntıları düzgün değişen doğrusal hareketin bağıntılarıdır. Bu bağıntılardaki ivmenin önündeki (+) işareti (-) işareti olarak alınırsa bu yavaşlayan hareketin bağıntılarını verir.

I.2.06. MADDESEL NOKTANIN DÜŞEY HAREKETİ

Yerçekimi ivmesi g 'nin büyüklüğünün sabit olduğunu ve hava direncinin önemsenmeyeceği öngörelim. Maddesel nokta ilk hızsız olarak yerküreden belli bir yükseklikten bırakılmış veya düşey olarak yukarı yönlü atılmış olsun. Bu koşullarda, maddesel noktaya etkiyen tek kuvvet düşey ve aşağı yönlü yerin kütle çekimi olduğundan, maddesel bir noktanın hareketinin yörüngesi düşey bir doğru üzerinde olacaktır. Bu koşullardaki maddesel noktanın önce *çıkış* sonrada *iniş hareketini* inceleyelim;

Çıkış hareketi; Bu harekette bir maddesel nokta, v_0 ilk hızı ile yukarı doğru atılmış ve hareketin yörüngesinin pozitif tarafı aşağıdan yukarı doğru olan y eksenini olsun (Şekil 09).



Şekil 09. v_0 ilk hızıyla düşey olarak yukarı atılan maddesel noktanın hareketi.

Bu hareketin tipi, esasında sabit ivmeyle yapılan doğrusal bir hareket veya düzgün değişen yavaşlayarak değişen doğrusal bir harekettir.

Burada düzgün değişen doğrusal hareketteki sabit ivmenin (a) yerini yer kütle çekim ivmesi (g) almıştır. Yer kütle çekim ivme vektörü, g 'nin doğrultusu yerküreye dik fakat yönü yerküreye doğrudur ve bu nedenle yukarı harekette yer kütle çekim ivmesinin büyüklüğü $-g$ olarak alınır. Bu söylenenler düzgün değişen doğrusal hareket bağıntılarında yerine iletilirse çıkış hareketinin bağıntıları,

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

$$y=v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (16)$$

$$v_y=v_0 - g t \quad (17)$$

$$v_y^2 = v_0^2 - 2gy \quad (18)$$

olarak yazılabilir. v_0 hızı ile atılan bir maddesel noktanın tepe noktasına kadar çıkması için geçen zaman, tepe noktasında (17) bağıntısındaki $v_y=0$ olacağından,

$$t_{\zeta} = \frac{v_0}{g} \quad (19)$$

olur. Tepe noktasının yüksekliği (H), (18) bağıntısında $v_y=0$ yapılarak ve $y_{\max}=H$ kullanılırsa,

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \quad (20)$$

olarak bulunur.

İniş hareketi; Maddesel nokta yerküreden belli bir yükseklikten aşağı doğru v_0 hızı ile atılmış veya ilk hızsız bırakılmış olabilir. Her iki durumda da maddesel noktanın hareketi düzgün değişen doğrusal ve hızlanan bir harekettir.

Maddesel nokta v_0 ilk hızı ile aşağı doğru atılırsa hareket bağıntıları,

$$y = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t \quad v = g t + v_0, \quad v^2 = v_0^2 + 2g y \quad (21)$$

ve maddesel nokta ilk hızsız bırakılırsa hareket bağıntıları,

$$y = \frac{1}{2} g t^2, \quad v = g t, \quad v^2 = 2.g.y \quad (22)$$

olur.

I.2.07. BİRİMLER VE BOYUTLARIN TUTARLILIĞI

Bir büyüklüğü ölçmek amacıyla referans olarak seçilen aynı cinsten büyüklüklere **birim** adı verilir. Bir büyüklüğü ölçmek demek, bu büyüklüğün seçilen birimi veya biriminin belli bir kesrinden ne kadara sahip olduğunun bilinmesi demektir. Fizik, geometri, mekanik ve başka bilim dallarında, her cins büyüklük için teorik olarak, bağımsız ve keyfi birimler seçilebilir. Böyle hareket edilince de, birimlerin korunması zor veya imkansız olabilir. Çeşitli kemiyetleri birbirine bağlayan bağıntılar üzerinde hesaplamalar yapılırken, bir çok çevirme katsayılarına ihtiyaç duyulur. Bu nedenle Dünya ülkeleri karışıklığın ortadan kaldırılması amacıyla SI birim sistemini benimsemişlerdir.

Bir denklem, çeşitli büyüklükleri ölçen sayılar arasında nümerik bir bağıntıdır. Denklemi oluşturan büyüklükler başka bir birim sistemi ile ölçülse dahi, denklemim geçerli olması gerekir. Buna göre teorik bir denklem için birim sisteminin belirtilmesine gerek yoktur. Yalnız teknik denklemlerde veya pratik amaçlar için geliştirilmiş denklemlerdeki çeşitli büyüklüklerin hangi birim sistemiyle ölçüldüklerinin belirtilmesi gerekir.

Çeşitli büyüklüklere ait boyutsal birimler bir denklem içersinde cebirsel büyüklükler gibi çarpılıp sadeleştirilebilirler. Böylece bir denklemdaki, büyüklükler yerine, bunların *boyut* (hızın büyüklük boyutu m/s,uzunluğunki m, ivmenininki m/s², vb) denklemleri yazılacak olursa, denklemin her iki tarafı için boyutça aynı sonucun elde edilmesi gerekir. **Yapılan bu işleme birim ve boyutların tutarlılığının kontrol edilmesi denir.** Örnek olarak, v=a.t denkleminde birinci tarafın birimi m /s. ikinci tarafı m/s² ve s. dir. Büyüklüklere cebirsel işlem uygulanabileceğinden,

$$m/s =(m/s^2).s$$

olacağından bu bağıntının her iki tarafındaki birimler birbirlerinin aynı olur. Bunun gibi

$$x=v_0.t+\frac{1}{2} a.t^2$$

bağıntısının her iki tarafının uzunluğu göstermesi gerekir,

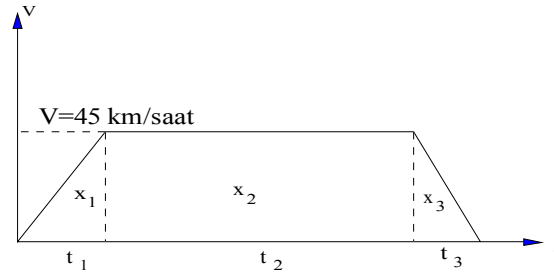
$$m=(m/s).s+(m/s^2).s$$

I.2.08. ÖRNEK PROBLEMLER.

1) Bir yeraltı metrosu iki istasyon arasını değişik üç türlü hareket yaparak 6 dakikada gidiyor. Bu hareketlerden birincisi, 300 m. üzerinde düzgün hızlanan, ikincisi 45 km / saat hızla düzgün hareket ve üçüncüsü 200 m. yol üzerinde düzgün yavaşlayan harekettir. **a-** Hareketin hız -zaman diyagramını çiziniz ve v 'nin fonksiyonu olarak her hareketin devam süresini, **b-** düzgün harekette alınan yolu ve düzgün değişen hareket ivmelerini, **c-** iki istasyon arasındaki uzaklığı hesaplayınız.

Çözüm; Hareketin hız zaman diyagramı (Şekil 10).da gösterilmiştir.

$$45 \text{ km/saat} = 45 \cdot 1000 / 3600 = 12,5 \text{ m/s..}$$



Şekil 10.Örnek problem 1.

a- Birinci hızlanan harekette $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$ ve $v = a_1 \cdot t_1$ bağıntılarından,

$$t_1 = 2 \frac{x_1}{v} = 2 \frac{300}{12,5} = 48 \text{ s.}$$

ikinci düzgün hareket;

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{x_2}{12,5}$$

üçüncü düzgün yavaşlayan hareket $x_3 = vt_3 - \frac{1}{2} a_3 t_3^2$ ve $v_3 = v - a_3 \cdot t$ ve metro durunca $v_3 = 0$

olacağından bu son bağıntılardan,

$$t_3 = 2 \frac{x_3}{v} = 2 \frac{200}{12,5} = 32 \text{ s}$$

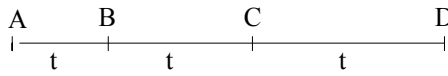
BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

b- $t_1+t_2+t_3=360$ s olacağından, $48+\frac{x_2}{12,5}+32=360$ ve $x_2=3500$ m.

$$a_1=\frac{v}{t_1}=\frac{12,5}{48}=0,26 \text{ m/s}^2 \quad a_3=\frac{v}{t_3}=\frac{12,5}{32}=0,39 \text{ m/s}^2$$

c - $x=x_1+x_2+x_3=300+3500+200=4000 \text{ m}=4 \text{ km.}$

2) İvmesi sabit olan bir hareketli ilk hızsız harekete geçerek bir x yolunu yürüyecektir. Bu yolu o şekilde üçe bölünüz ki her parça hareketli tarafından eşit zamanlarda yürünsün (Şekil11).



Şekil 11.Örnek problem 2.

Cevap ; Eşit zamanda gidilen parçalar, AB, BC ve CD olsun,

$$AB=\frac{1}{2} a.t^2 \quad AC=\frac{1}{2} a.(2.t)^2 \quad \text{ve} \quad AD=\frac{1}{2} a.(3.t)^2$$

olur. Birinci parça için

$$AB=\frac{1}{2} a.t^2$$

ikinci parça için;

$$BC=AC - AB=\frac{1}{2} a.(2.t)^2 - \frac{1}{2} a.t^2 = 3 \frac{1}{2} a.t^2$$

üçüncü parça için;

$$CD=AD - AC=\frac{1}{2} a(3.t)^2 - \frac{1}{2} a(2t)^2 = 5 \frac{1}{2} at^2$$

Bu üç parçanın toplamı alınacak yola eşit olduğundan,

$$X=AB+BC+CD=AB+3.AB+5.AB =9.AB \quad \text{ve}$$

$$AB=\frac{x}{9}, \quad BC=3 \frac{x}{9} \quad CD=5 \frac{x}{9} \quad \text{olur.}$$

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

3) Bir cisim yatay bir buz tabakası üzerinde itiliyor ve 5s. sonra 25 m. uzakta duruyor. Cisme verilen ilk hızı hesaplayınız.

Cevap; Cisim burada düzgün yavaşlayan bir hareket yapar. Buna göre cismin durması için geçen zaman ve alacağı yol,

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \text{ ifadesinde} \quad v_0 = at \quad a = \frac{v_0}{t} \text{ yerine konursa}$$

$$x = \frac{v_0 t}{2} \text{ elde edilir. Burada } v_0 = \frac{50}{5} = 10 \text{ m/s} \quad a = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}^2 \text{ olur.}$$

4) Bir uçak havalanırken pistte sabit ivme ile 30s. gittikten sonra havalanmaktadır, havalanma anındaki hızı hesaplayınız.

Cevap ; Başlangıçta uçak durduğuna göre ilk hız $v_0=0$ dır. $x = \frac{1}{2} a t^2$ ve $a = \frac{2x}{t^2}$ dir. Buradan,

$$a = 2 \frac{1200}{(30)^2} = \frac{24}{9} = 2,67 \text{ m/s}^2 \quad \text{ve kalkış anındaki hız,}$$

$$v = a \cdot t = \frac{24}{9} \cdot 30 = 80 \text{ m/s.} = 288 \text{ km/saat.}$$

5) Oto sürücülerinin ortalama reaksiyon süresi 0,7s. kadardır (reaksiyon süresi, sürücünün dur işaretini gördükten fren yapmaya kadar geçen zaman aralığıdır). Bir oto 16 m/s^2 'lik ivme ile yavaşlayabildiğine göre, işaret görüldükten duruncaya kadar, **a-**İlk hız 30 km/saat, **b-**İlk hız 60 km/saat olduğuna kadar gidilen yolu bulunuz.

Cevap; **a-**sürücü fren yapmaya kadar bir reaksiyon süresi geçtiğine göre, bu sürede oto o anda sahip olduğu hızla, bir x_0 yolunu alacaktır. Reaksiyon zamanı t_0 otonun ilk hızı v_0 ise, alınan yol $x_0 = v_0 t_0$ olur.

$$v_0 = 30 \text{ km/saat} = 30 \cdot 1000 / 3600 = \frac{25}{3} \text{ m/s.} \quad t_0 = 0,7 \text{ s. ve } x_0 = v_0 t_0 = \frac{25}{3} \cdot 0,7 = 5,8 \text{ m.}$$

Otonun duruncaya kadar aldığı yol,

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

$$x = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$$

dir. Oto durduğunda hızı sıfır olacağından,

$$v = v_0 - a \cdot t = 0, \quad \text{ve} \quad t = \frac{v_0}{a} = \frac{25/3}{16} = 0,52 \text{ s. olur.}$$

Değerler yol bağıntısında yerine iletilirse,

$$x = 5,8 + \frac{25}{3} \cdot 0,52 - \frac{1}{2} \cdot 16 \cdot (0,52)^2 = 7,97 \text{ m.} \quad \text{bulunur.}$$

$$\text{b-} \quad v_0 = 60 \text{ km/saat} = \frac{50}{3} \text{ m/s.}, \quad x_0 = \frac{50}{3} \cdot 0,7 = 11,66 \text{ m.}, \quad v = v_0 - a t = 0$$

dan,

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{50}{3} \cdot 16 = 1,04 \text{ s ve } x = 11,66 + \frac{50}{3} \cdot 1,04 - \frac{1}{2} \cdot 16 \cdot (1,04)^2 = 20,34 \text{ m.}$$

SONUÇ, *örnekten görüldüğü gibi hızın iki kat artması sonunda duruncaya kadar alınan yol , ilk hızda alınanın yolun yaklaşık iki buçuk katıdır. Bu nedenle şehir içi yollarda ölümcül kazaya neden olmamak için en güvenli sistem, trafik kurallarında verilen hızla arabayı kullanmakla sağlanır. Arabanız ne marka olursa olsun buna fazla güvenmeyiniz çünkü, reaksiyon süresi doğal olarak tüm erişkin insanlarda yaklaşıklıkla aynıdır.*

6) Trafik işareti yeşil yanar yanmaz, kavşakta bekleyen bir oto 6 m/s^2 lik ivme ile harekete başlıyor. Aynı anda 30 m/s. lik sabit hızla giden bir kamyon otoyolu geçiyor. **a-** oto hareket noktasından ne kadar uzakta kamyonu geçecektir?, **b-** otonun kamyonu geçme hızını bulunuz.

Cevap; **a-**İki hareketli aynı anda kavşaktan geçtiklerine ve bir süre sonrada aynı noktada birleştiklerine göre, bu iki nokta arasında iki aracın aldığı yol ve bu yolu almak için geçen zaman aynıdır. Ortak zaman t ise,

$$\text{Kamyonun aldığı yol, } x_1 = v \cdot t \text{ ve otonun aldığı yol} \quad x_2 = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{olur.}$$

$$x_1 = x_2 \quad \text{den} \quad t = \frac{2v}{a} \quad \text{bulunur.}$$

Verilen değerler yerine iletilirse,

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

$$t = \frac{2v}{a} = 2 \frac{30}{6} = 10s \quad \text{bulunur.}$$

Kamyon 10s de $x_1 = v \cdot t = 30 \cdot 10 = 300$ m yol alır. Oto kamyonu kavşaktan 300 m. sonra geçer.

b- Kamyonu geçerken otonun hızı, $v = v_0 + a \cdot t = 0 + 6 \cdot 10 = 60$ m/s olur.

7) Bir uçurumun kenarından bir taş serbest bırakılıyor ve 1s. sonra 60 m/s lik bir hızla ikinci bir taş düşey olarak aşağı doğru atılıyor. Uçurumun tepesinden ne kadar aşağıda ikinci taş birinci taşa yetişir?

Çözüm; Birinci taşın ilk hızı sıfırdır ve birinci taşın atılmasından t s. sonra ikinci taş birinci taşa yetişsin. Birinci taşın bu t s. de alacağı yol $h_1 = (1/2)gt^2$ dir. İkinci taş 1s sonra atıldığından birinciye yetişinceye kadar (t-1) s hareket eder ve $v_0 = 60$ m/s ilk hızla atıldığına göre bu sürede alacağı yol,

$$h_2 = v_0 \cdot (t-1) + \frac{1}{2} g \cdot (t-1)^2$$

olur. İkinci taş birinciye yetiştiğine göre $h_1 = h_2$ olacağından,

$$\frac{1}{2} g t^2 = v_0(t-1) + \frac{1}{2} g (t-1)^2 \quad \text{ve buradan,}$$

$$t = v_0 - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0} - g = 60 - \frac{1}{2} \frac{9,8}{60} - 9,8 \quad \text{ve } t = 1,09s \quad \text{bulunur.}$$

İki taşın karşılaştığı noktanın uçurumun tepesine olan uzaklığı,

$$h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} 9,8 \cdot (1,09)^2 = 5,82 \text{ m.dir.}$$

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

8) Bir balon 16 m/s lik hızla yükselmektedir ve balonun yerden 64 m . yükseklikte olduğu anda bir kum torbası bırakılıyor. **a-**kum torbasının atıldıktan, 0,25, 0,5, 1 ve 2s. sonraki yerini ve hızını hesaplayınız. **b-**kum torbasının atıldıktan sonra yere varması için geçen zamanı bulunuz.

Çözüm; **a-** Kum torbasının atıldığı noktanın koordinatları (0, 0) alınmıştır. Kum torbasının ilk hızı balonun hızına ($v_0=16$ m/s) eşit ve yukarı yönlü olur ve $t_1=0,25$ s yeri, yerden yüksekliği ve hızı

$$h_1 = v_0 \cdot t_1 - \frac{1}{2} g \cdot t_1^2 \quad h_1 = 16 \cdot 0,25 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot (0,25)^2 = 3,7 \text{ m.}$$

Bu durumda kum torbası

$$h = 64 + 3,7 = 67,7 \text{ m.} \quad \text{yükseklikte ve 0,25s deki hızı}$$

$$v_1 = v_0 - g \cdot t_1 = 16 - 9,8 \cdot 0,25 = 13,55 \text{ m/s} \quad \text{olur.}$$

$t_2=0,5$ s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_2 = 16 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot (0,5)^2 = 6,77 \text{ m.}, \quad h = 64 + 6,775 = 70,77 \text{ m,}$$

$$v_2 = v_0 - g \cdot t_2 = 16 - 9,9 \cdot 0,50 = 11,1 \text{ m/s}$$

$t_3=1$ s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_3 = 16 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 1^2 = 11,1 \text{ m.} \quad h = 64 + 11,1 = 75,1 \text{ m ve hızı,}$$

$$v_3 = 6 - 9,8 \cdot 1 = 6,2 \text{ m/s.}$$

$t_4=2$ s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_4 = 16 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 2^2 = 12,4 \text{ m.} \quad h = 64 + 12,4 = 76,4 \text{ m. ve hızı,}$$

$$v_4 = 16 - 9,8 \cdot 2 = -3,6 \text{ m/s. taş belli bir maksimumdan sonra inişe geçmiştir.}$$

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

b- Seçilen dik koordinat sistemine göre, yer referans olarak alınınca (0,0) balonun yerden bulunduğu yükseklik - 64 m olur. Buna göre serbest düşmede kullanılan $h=v_0t-(1/2)g.t^2$ bağıntısındaki, h değeri de - (negatif) olmalıdır ve buna göre,

$$-64=16.t - \frac{1}{2} 9,8.t^2 \quad \text{den}$$

$$4,9.t^2 - 16t - 64=0 \quad \text{ve} \quad t=5,6s \quad \text{bulunur.}$$

Negatif kökün fiziksel anlamı yoktur.

9) 4 m/s hızla yükselmekte olan bir balondan bırakılan bir kum torbası, atıldığından 6s sonra yere varıyor buna göre torbanın atıldığı andaki balonun yerden yüksekliğini hesaplayınız.

Çözüm; Bu sefer dik koordinat sistemi olarak yer küre (0,0) seçilsin , eğer kum torbası balonun yerden h yüksekliğinde bulunduğu noktada bırakılıyorsa, hareketlinin yörünge bağıntısı,

$$y=h+v.t - \frac{1}{2} g.t^2 \quad \text{olur. Kum torbası yere düşünce } y=0 \quad \text{ve geçen zaman } 6s$$

olacağından, bağıntıya göre,

$$0=h+4.6 - \frac{1}{2} 9,8.36, \quad \text{ve buradan } h=152,4 \text{ m.} \quad \text{bulunur.}$$

I.2.09. PROBLEMLER

1)Alarındaki uzaklık 900 km. olan A ve B gibi iki istasyondan aynı anlarda kalkan iki trenden A'nın hızı v_1 ve B'nin hızı v_2 dir. Karşılaşma noktası C den itibaren A treni B ye 4 saat ve B treni A ya 16 saat sonunda varıyorlar. **a**-trenlerin hızlarını,**b**-hareketlerinden sonra karşılaştıkları yere gelinceye kadar geçen zamanı, **c**-C noktasının A ve B istasyonlarına olan uzaklığını hesaplayınız.

Cevap; **a**- $v_1=75$ km/saat, $v_2=37,5$ km/saat **b**-8 saat, **c**- AC= 600 km ve BC= 300 km.

2) Derin bir kuyunun ağzından bırakılan bir taşın sesi 4 s sonra duyuluyor. Sesin havadaki yayılma hızı 340 m/s olduğuna göre, $g = 10 \text{ m/s}^2$ alarak kuyunun derinliğini hesaplayınız.

Cevap; 72,25 m.

3) 24,5 m/s. hızla düşey olarak yukarı doğru atılan bir topun 19,6 m yüksekliğe çıkması için geçen zamanı hesaplayınız.

Cevap; 1s ve 4 s.

4) 9 m/s hızla yükselen bir balondan 21 m. yükseklikteyken bir taş bırakılıyor. **a**-taşın yere düştüğü andaki hızını, **b**-taşın bırakıldıktan sonra yere düşünceye keder geçen zamanı, **c**-bu zaman sonunda balonun bulunacağı yüksekliği hesaplayınız.

Cevap ; **a**- $v=22,2$ m/s **b**- $t=3,18$ s **c**- $h=49,62$ m.

5) Aralarındaki uzaklık 50 m olan A ve B noktalarından karşılaşmak üzere hareket eden iki hareketliden, A da ki ilk hızsız, a ivmesiyle düzgün hızlanan bir hareket ve B den kalkan $v_0=5\text{m/s}^2$ ilk hızıyla ve aynı a ivmesiyle düzgün yavaşlayan bir hareket yapıyor. Bu iki hareketlinin karşılaşması için geçen zamanı bulunuz.

Cevap; $t=10$ s

6) Bir hareketli doğru bir yol üzerinde düzgün hızlanan bir hareketle yürümektedir. Bu hareketlinin ilk hızı v_0 ve ivmesi a dır. İkinci hareketli, birinciden 3s sonra ve $2v_0$ ilk hızı

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNEMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

ve 4a ivmesi ile aynı noktadan aynı yöne hareket etmiştir. Bu hareketlinin ne zaman ve nerede buluşacağını hesaplayınız.

Cevap; $t=6s$ $x=6.(v_0+3.a)$

7) Bir otoyla 108 km/saat hızla kaçmakta olan hırsızlar, motosikletli bir polisin yanından geçtikleri anda anında harekete geçen bir polis, hırsızları önce 12 s. süreyle $8/3 \text{ m/s}^2$ olan düzgün hızlanan bir hareketle sonra sabit hızla kaçanları takibe başlamıştır. **a-** polisin hırsızlara yetişeceği zamanı , **b-** bu sırada alınan yolu hesaplayınız.

Cevap; **a-** $t=96s$ **b-** 2880 m.

8) $1,5 \text{ m/s}$ hızla hareket eden bir oto, 4 m. süren ani bir fren yapıyorsa **a-** durma ivmesini, **b-**otonun duracağı süreyi hesaplayınız.

Cevap ; **a-** $a=0,28 \text{ m/s}^2$ **b-** 5,3s

9) 60 km/saat hızla giden bir tren gördüğü işaret üzerine, hızını 800 m.de 40 km/saat 'a indiriyor. Trenin yavaşlaması sabit ivmeyle olduğuna göre, **a-**ivmeyi, **b-**trenin 800 m.lik yolu alması için geçen zamanı bulunuz.

Cevap ; **a-** $a=1250 \text{ km/saat}$, **b-** $t=57,6s$

10) Işığın ve elektromanyetik dalgaların (radyo, televizyon, radar, vb.) havadaki yayılma hızları 300.000 km/s olarak alınırsa, radar tarafından bir uçak 300 mikro saniye de ($10^{-6}s=1 \text{ mikro saniye}$) algılandığına göre , uçağın radar noktasından olan uzaklığını bulunuz.

Cevap; 45 km.

11) Bir eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan bir topun 4s de 100 m. gittiği gözleniyor. **a-**topun ivmesini, **b-** top serbest olarak düşürülseydi aynı sürede alacağı yol ne olurdu?

Cevap; **a-** 12,5s , **b-** 78,4 m.

BÖLÜM 1.2. DİNAMİK-KİNAMATİK 1. TEK BOYUTTA HAREKET

12) 100 m/s hızla giden bir yolcu treninin makinisti, aynı yönde ve önünden giden başka bir trenin en arka noktasının 600 m. uzakta olduğunu görüyor. Önde giden trenin hızı 30.m/s..dir. Bu durumda yolcu treninin makinisti durabilmek amacıyla 4 m/s^2 lik sabit bir ivmeyle frenleme yapıyor. **a-** arkadaki tren öndeki trene çarpacak mıdır?, **b-** çarpışma olursa nerede olur ?.

Cevap; **a-**yolcu treni 25s de durabileceğinden ve fren yapılmaya başlanınca trenler arasındaki 600m.lik yol farkının 15s de alınması nedeniyle çarpışırlar. **b-**Öndeki tren 450 m. yolcu treni frene başladığı andan itibaren $600+450=1050 \text{ m}$