

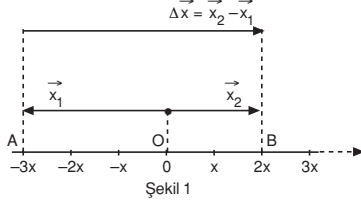
## DOĞRUSAL HAREKET

### 1. DOĞRUSAL HAREKET

Hareketli veya hareketsiz cisimleri tanımlarken sabit bir noktaya göre tanımlama yapılır. Seçilen bu sabit noktaya **referans noktası** denir. Referans seçilen bir noktaya göre hareketsiz olan bir cisim, bir başka referans noktasına göre hareketli olabilir. Hareket halindeki bir gemide duran bir cisim, gemi üzerindeki sabit bir noktaya göre hareketsizken, kıyıya göre hareket halindedir.

Bir hareketlinin, hareket süresince geçtiği noktaların geometrik yerine, **hareketlinin yörüngesi** denir. Yörüngesi doğru şeklinde olan bir cismin hareketine **doğrusal hareket** denir.

### 2. KONUM VE YER DEĞİŞTİRME



Bir hareketli Şekil 1 deki doğrusal yolda  $t_1 = t$  anında A noktasında,  $t_2 = 2t$  anında B noktasında olsun.

$\vec{OA} = \vec{x}_1$  : Hareketlinin  $t_1$  anında O noktasına göre konum vektörüdür.

$\vec{OB} = \vec{x}_2$  : Hareketlinin  $t_2$  anında O noktasına göre konum vektörüdür.

$\vec{AB} = \vec{\Delta x}$  : Hareketlinin  $\Delta t = t_2 - t_1$  zaman aralığındaki yer değiştirme vektörüdür.

Yer değiştirme vektörü,

$$\vec{\Delta x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$$

bağıntısıyla bulunur. Şekil 1 deki A noktasından B noktasına giden hareketlinin yer değiştirmesi,  $\Delta x = (+2x) - (-3x)$ ,  $\Delta x = +5x$  bulunur. + işareti, hareketlinin + yönde hareket ettiğini gösterir.

### ÖRNEK 1

Bir hareketli, bir düzlemde önce 40 metre doğuya, sonra 30 metre kuzeye yürüyor.

**Buna göre, hareketlinin yer değiştirme vektörünün büyüklüğü kaç metredir?**

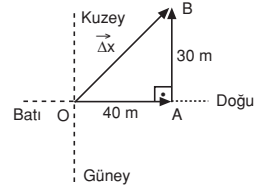
- A) 10      B) 30      C) 40      D) 50      E) 70

### ÇÖZÜM

Hareketli, şekildeki gibi O noktasından önce A ya, sonra A dan B ye gelmiştir. Bu hareketlinin yer değiştirme vektörü

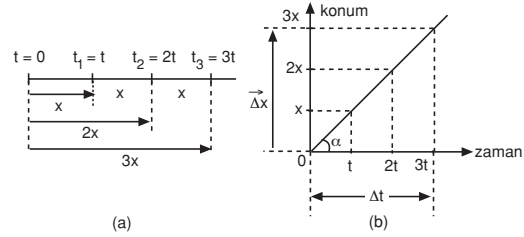
$\vec{\Delta x} = \vec{OB}$  dir. Yer değiştirme vektörünün büyüklüğü,  $|\vec{OB}|^2 = |\vec{OA}|^2 + |\vec{AB}|^2$  olduğundan,  $|\vec{OB}| = 50$  m dir.

**Yanıt : D**



### 3. DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET

Bir doğru üzerindeki cisim, eşit zamanlarda eşit yer değiştirmeler yapıyorsa, bu cismin hareketine **düzgün doğrusal hareket** denir.



Şekil 2 : Düzgün doğrusal hareket

Doğrusal bir yolda hareket eden bir hareketlinin yer değiştirmeleri Şekil 2 (a) daki gibi ise **konum-zaman** grafiği Şekil 2 (b) deki gibi olur.

Şekil 2 (b) deki **konum-zaman** grafiğinin eğimi hareketlinin hızına eşit ve sabittir. Hız vektörel bir büyüklük olup,  $v$  sembolüyle gösterilir.

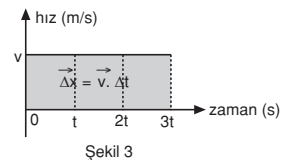
$\tan \alpha = \text{hız}$  dir.

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} \text{ dir.}$$

Bu hareketlinin **hız-zaman** grafiği Şekil 3 teki gibidir.

Şekil 3 teki **hız-zaman** grafiğinde taralı alan hareketlinin yer değiştirmesini verir. Yer

değiştirme  $\vec{\Delta x} = \vec{v} \cdot \Delta t$  bağıntısıyla bulunur.

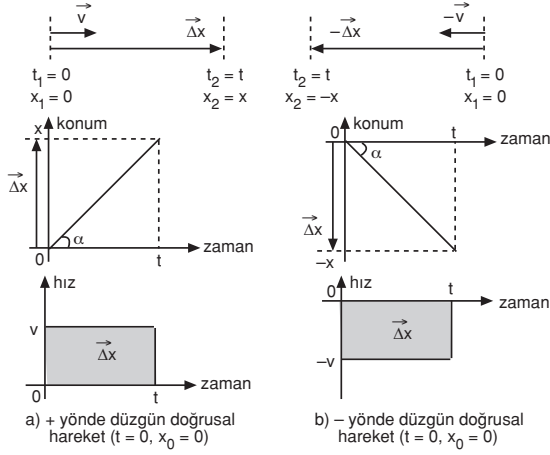


Şekil 3

Birim tablosu

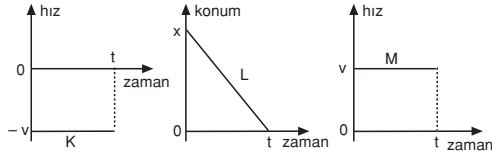
Nicelik	Yer değiştirme	Zaman	Hız
Sembol	x	t	v
Birim	metre	saniye	m/s

(+) ve (-) yönde düzgün doğrusal hareket yapan cisimlerin grafikleri Şekil 4 teki gibidir.



Şekil 4 : Düzgün doğrusal hareketin grafikleri

## ÖRNEK 2



Aynı doğrusal yörüngede hareket eden K, L, M araçlarından K ve M araçlarının hız-zaman, L aracının konum-zaman grafiği verilmiştir.

Buna göre, K, L ve M araçlarından hangileri 0-t zaman aralığında düzgün doğrusal hareket yapmaktadır?

- A) Yalnız K      B) Yalnız L      C) Yalnız M  
D) K ve M      E) K, L ve M

## ÇÖZÜM

0-t zaman aralığında K ve M araçları zıt yönlerde sabit hızlarla hareket etmektedir. L aracının konum-zaman grafiğinin eğimi sabit olduğundan L aracı da -x yönünde sabit hızla gitmektedir. K, L ve M araçlarının hızları sabit olduğundan üç araç düzgün doğrusal hareket yapmaktadır.

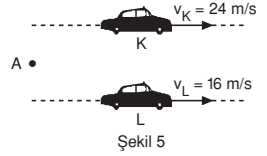
Yanıt : E

## 4. MUTLAK HIZ VE BAĞIL HIZ

Bir hareketlinin seçilen sabit bir noktaya göre hızına **mutlak hız** denir. Bir otomobilin yolun kenarında duran bir gözlemciye göre hızı otomobilin mutlak hızıdır. İki hareketlinin birbirine göre hızına ise **bağıl hız** denir. Bağıl hız hareketlilerin hareket doğrultusuna ve hareket yönüne göre değişir.

## I. Aynı Doğrultulu ve Aynı Yönlü Hareketlerde Bağıl Hız

Şekil 5 te görüldüğü gibi sabit A noktasına göre, v<sub>K</sub> = 24 m/s, v<sub>L</sub> = 16 m/s hızlarla (+) yönde ve aynı doğrultuda hareket eden K ve L araçlarını düşünelim. Bu araçlarda duran gözlemcilerden birinin, diğerine göre hızına **bağıl hız** denir.



Bağıl hız  $\vec{v}_{\text{bağıl}} = \vec{v}_{\text{gözlenen}} - \vec{v}_{\text{gözlemci}}$  bağıntısıyla bulunur. Şekil 5 de K deki gözlemciye göre L nin bağıl hızı;

$$\vec{v}_{\text{bağıl}} = \vec{v}_L - \vec{v}_K$$

$$v_{\text{bağıl}} = 16 - 24$$

$$v_{\text{bağıl}} = -8 \text{ m/s bulunur.}$$

K deki gözlemci L aracını (-) yönde 8 m/s hızla gidiyor gibi görür.

L deki gözlemciye göre, K nin bağıl hızı ise,

$$\vec{v}_{\text{bağıl}} = \vec{v}_K - \vec{v}_L$$

$$v_{\text{bağıl}} = 24 - 16$$

$$v_{\text{bağıl}} = +8 \text{ m/s bulunur.}$$

L deki gözlemci K aracını (+) yönde 8 m/s hızla gidiyor gibi görür.

## II. Aynı Doğrultuda ve Zıt Yönlü Hareketlerde Bağıl Hız

Şekil 6 da görüldüğü gibi sabit A noktasına göre v<sub>K</sub> = 24

m/s,

v<sub>L</sub> = -16 m/s hızlarla aynı

doğrultuda, zıt yönde hareket

eden K ve L araçlarını düşünelim. K de duran göz-

lemciye göre L nin hızı,

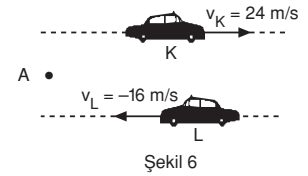
$$\vec{v}_{\text{bağıl}} = \vec{v}_L - \vec{v}_K$$

$$v_{\text{bağıl}} = -16 - (24)$$

$$v_{\text{bağıl}} = -40 \text{ m/s}$$

bulunur. K deki gözlemci L aracını (-) yönde 40 m/s hızla gidiyormuş gibi görür.

L deki gözlemciye göre, K nin hızı ise,



$$\vec{v}_{bağlı} = \vec{v}_K - \vec{v}_L$$

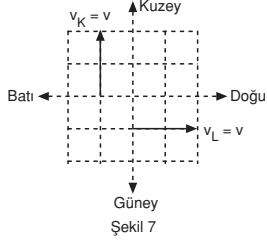
$$v_{bağlı} = 24 - (-16)$$

$$v_{bağlı} = +40 \text{ m/s}$$

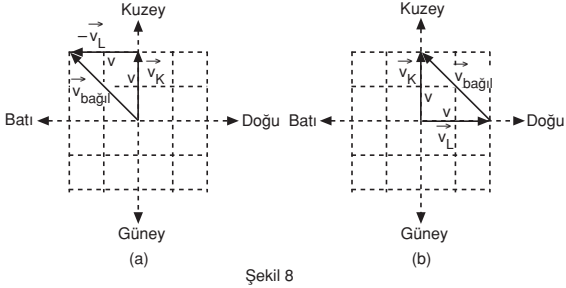
bulunur. L deki gözlemci K aracını (+) yönde 40 m/s hızla gidiyormuş gibi görür.

### III. Farklı Doğrultulu Hareketlerde Bağlı Hız

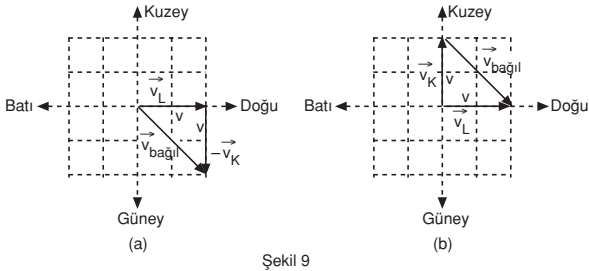
K hareketlisi, Şekil 7 deki gibi  $v$  büyüklüğünde hızla kuzeye, L hareketlisi ise  $v$  büyüklüğünde hızla doğu yönünde hareket etmiş olsun.



K hareketlisinin L deki gözlemciye göre hızı,  $\vec{v}_{bağlı} = \vec{v}_K - \vec{v}_L$  dir.  $\vec{v}_{bağlı}$  Şekil 8 (a) ve (b) deki gibi kuzeybatı yönünde  $\sqrt{2}v$  büyüklüğündedir.

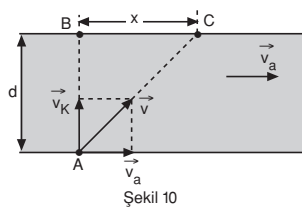


L hareketlisinin K deki gözlemciye göre hızı  $\vec{v}_{bağlı} = \vec{v}_L - \vec{v}_K$  dir.  $\vec{v}_{bağlı}$  Şekil 9 (a) ve (b) deki gibi güneydoğu yönünde  $\sqrt{2}v$  büyüklüğündedir.



### IV. Bileşik Hareketlerde Bağlı Hız

Şekil 10 da görüldüğü gibi, kıyıda duran bir gözlemciye göre, sabit  $\vec{v}_a$  hızı ile akan bir nehirde, A noktasından  $\vec{v}_K$  hızı ile AB yö-



nünde hareket etmiş olsun.  $\vec{v}_K$  hızına kayığın suya göre hızı denir. Kayık B noktasında değil de C noktasında karşı kıyıya çıkar.

Kayığın yere göre  $\vec{v}$  hızı,  
 $\vec{v} = \vec{v}_K + \vec{v}_a$  dir.

Kayık C noktasına çıkarken,  $\vec{v}_K$  hızı ile d yolunu,  $\vec{v}_a$  hızı ile x yolunu alır. Bu örnekte görüldüğü gibi iki ya da daha çok doğrultuda yer değiştiren hareketlere **bileşik hareket** denir.

Şekil 10 da,  
 $|AB| = d = v_K \cdot t$

$|BC| = x = v_a \cdot t$

$|AC| = v \cdot t$  olduğundan, karşıya çıkma süresi,

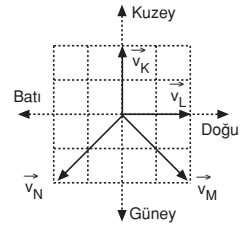
$$t = \frac{|AB|}{v_K} = \frac{|BC|}{v_a} = \frac{|AC|}{v} \text{ dir.}$$

### ÖRNEK 3

K, L, M ve N araçlarının yere göre hızları şekildeki gibidir.

Buna göre,

- I. K aracına göre L güneydoğuya gitmektedir.
- II. M aracına göre L kuzeye gitmektedir.
- III. N aracına göre M batıya gitmektedir.



yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I                      B) Yalnız III                      C) I ve II  
D) I ve III                      E) II ve III

### ÇÖZÜM

K aracındaki bir gözlemciye göre

L aracının hızı  $\vec{v}_{bağlı I} = \vec{v}_L - \vec{v}_K$

şekildeki gibi güneydoğu yönündedir.

M aracındaki bir gözlemciye göre L aracının hızı

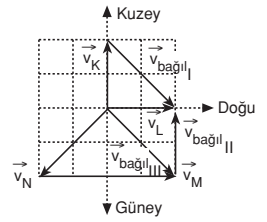
$\vec{v}_{bağlı II} = \vec{v}_L - \vec{v}_M$  şekildeki gibi

kuzey yönündedir.

N aracındaki bir gözlemciye göre M aracının hızı

$\vec{v}_{bağlı III} = \vec{v}_M - \vec{v}_N$  şekildeki gibi doğu yönündedir.

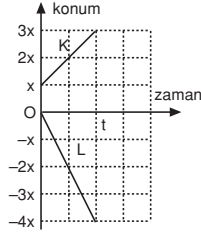
**Yanıt : C**



## ÖRNEK 4

K ve L araçlarının *konum–zaman* grafiği şekildeki gibidir.

0–t zaman aralığında K aracının yere göre hızı  $\vec{v}_K = \vec{v}$  ise, L aracının K ye göre hızı aşağıdakilerden hangisidir?



- A)  $3\vec{v}$  B)  $2\vec{v}$  C)  $\vec{v}$  D)  $-2\vec{v}$  E)  $-3\vec{v}$

## ÇÖZÜM

Her iki hareketli, düzgün doğrusal (sabit hızlı) hareket yapmaktadır. *Konum–zaman* grafiklerinde doğrunun eğimi =  $\tan\alpha$  hareketlinin hızını verir. 0–t zaman aralığında K aracının hızı

$$v_K = \frac{2x}{t} \Rightarrow \vec{v}_K = \vec{v} \text{ olduğuna göre,}$$

$$v_L = \frac{-4x}{t} \Rightarrow \vec{v}_L = -2\vec{v} \text{ dir. L aracının K aracına göre}$$

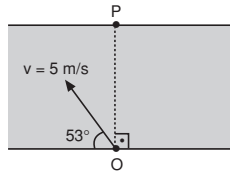
hızı şekildeki gibi  $-3\vec{v}$  dir.

**Yanıt : E**

## ÖRNEK 5

O noktasından suya göre şekildeki yönde,  $v = 5 \text{ m/s}$  hızla giden motor, P noktasında karşı kıyıya varıyor.

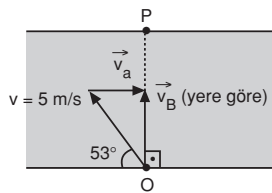
Buna göre, motorun yere göre hızının büyüklüğü kaç m/s dir? ( $\cos 53^\circ = 0,6$ ;  $\sin 53^\circ = 0,8$ )



- A) 3 B) 4 C) 5 D) 7,5 E) 8

## ÇÖZÜM

O noktasından hareket eden motor, P noktasında karşı kıyıya vardığına göre, yere göre hızı (bileşke hız), OP doğrultusunda olmalıdır. Motorun yere göre bileşke hızı, motorun suya göre hızı ile akıntının hızının bileşkesidir. Buna göre,



$\vec{v}_B = \vec{v} + \vec{v}_a$  dir. Motorun suya göre hızını, biri OP doğrultusunda, diğeri OP doğrultusuna dik iki bileşene ayıralım. OP doğrultusundaki dik bileşeni bileşke hıza eşit olduğundan  $v_B = v \cdot \sin 53^\circ$  den,  $v_B = 5 \cdot 0,8 = 4 \text{ m/s}$  dir.

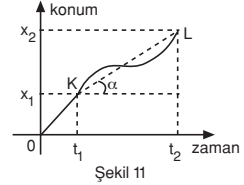
**Yanıt : B**

## 5. ORTALAMA HIZ VE ANI HIZ

**Ortalama Hız :** Bir hareketli  $\Delta t$  sürede değişen doğrusal hareket yaparak  $\Delta x$  kadar yer değiştirdiğinde ortalama hız vektörü,

$$\vec{v}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

Şekil 11 deki grafikte KL doğrusunun eğimi hareketlinin ortalama hızını verir.

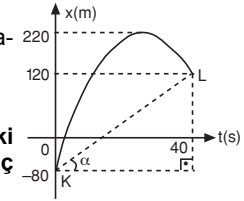


$$\tan\alpha = \vec{v}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} \text{ dir.}$$

## ÖRNEK 6

Bir hareketlinin *konum-zaman* grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, hareketlinin 0-40 saniye zaman aralığındaki ortalama hızının büyüklüğü kaç m/s dir?



- A) 5 B) 15 C) 20 D) 25 E) 30

## ÇÖZÜM

Grafikteki KL doğrusunun eğimi ortalama hızı verir.

$$\tan\alpha = v_{\text{ort}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{120 - (-80)}{40 - 0}$$

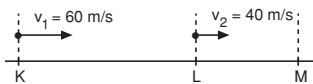
$$v_{\text{ort}} = \frac{200\text{m}}{40\text{s}}$$

$$v_{\text{ort}} = 5 \text{ m/s bulunur.}$$

**Yanıt : A**

## ÖRNEK 7

Bir hareketli şekildeki doğrusal yolun KL bölümünü sabit  $v_1 = 60 \text{ m/s}$  hızla, LM bölümünü sabit  $v_2 = 40 \text{ m/s}$  hızla alıyor.



Hareketli K den L ye 24 s de, L den M ye 16 s de geldiğine göre, KM arasındaki ortalama hızının büyüklüğü kaç m/s dir?

- A) 44 B) 46 C) 48 D) 50 E) 52

## ÇÖZÜM

$$v_{\text{ort}} = \frac{x_1 + x_2}{t_1 + t_2} = \frac{60 \cdot 24 + 40 \cdot 16}{24 + 16} = 52 \text{ m/s bulunur.}$$

**Yanıt : E**

**ÖRNEK 8**

Bir hareketlinin hız–zaman grafiği şekildeki gibidir.

**Buna göre, hareketlinin 0–6 saniye zaman aralığında ortalama hızının büyüklüğü kaç m/s dir?**

- A) 10    B) 5    C)  $\frac{3}{2}$     D)  $\frac{5}{3}$     E) 1

**ÇÖZÜM**

Hız–zaman grafiğinin zaman eksenini ile sınırladığı şekildeki taralı alanların toplamı hareketlinin yer değiştirmesini verir.

$$\vec{v}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \text{ olduğundan}$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} \text{ m/s dir.}$$

**Yanıt : D**

**Ani Hız (Anlık Hız):** Değişen doğrusal hareketlerde, hareketlinin herhangi bir zamandaki hızına **ani hız (anlık hız)** denir.

Şekil 12 deki gibi değişen doğrusal hareket yapan bir hareketlinin t anındaki ani hızı (anlık hızı), grafiğe A noktasından çizilen KL teğentinin eğimine eşittir.

$$\tan \alpha = \frac{\vec{v}}{\Delta \vec{x}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \text{ dir.}$$

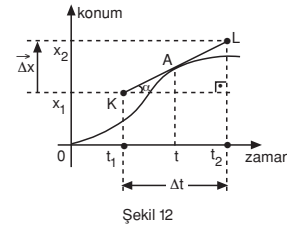
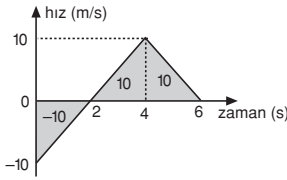
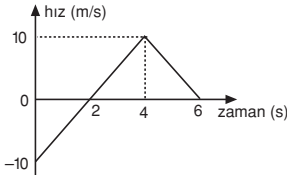
**6. ORTALAMA İVME VE ANİ İVME**

**Ortalama İvme :** Hızı zamana göre değişen hareketlinin hızında, birim zamanda meydana gelen değişme miktarına **ortalama ivme** denir.  $\Delta t$  sürede hızı  $\Delta v$  kadar değişen hareketlinin ortalama ivmesi,

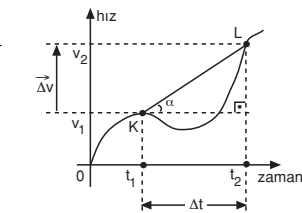
$$\vec{a}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

Şekil 13 teki hareketlinin KL arasındaki ortalama ivmesi |KL| doğrusunun eğimine eşittir.

$$\text{eğim} = \tan \alpha = a = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \text{ dir.}$$

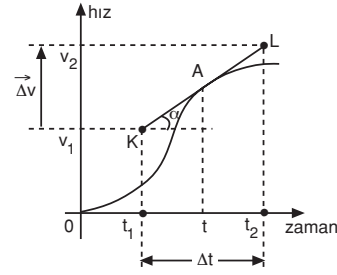


Şekil 12



Şekil 13

**Ani İvme (Anlık İvme) :**



Şekil 14

Değişen doğrusal hareketlerde, hareketlinin herhangi bir zamandaki ivmesine **ani ivme (anlık ivme)** denir.

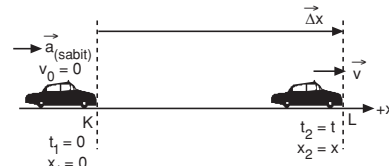
Şekil 14 teki gibi değişen doğrusal hareket yapan bir hareketlinin t anındaki ani ivmesi (anlık ivmesi), grafiğe A noktasından çizilen KL teğentinin eğimine eşittir.

$$\tan \alpha = \vec{a}_{\text{anlık}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ dir.}$$

**7. SABİT İVMELİ DOĞRUSAL HAREKETLER**

Yörüngesi doğrusal olan ve bu doğru üzerinde hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarlarda değişen (artan ya da azalan) cisimlerin hareketine **sabit ivmeli hareket** denir. Düzgün değişen doğrusal hareket, **düzgün hızlanan** ve **düzgün yavaşlayan** olarak iki çeşittir.

**a. Düzgün Hızlanan Doğrusal Hareket**

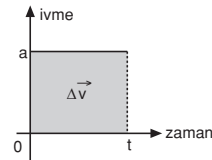


Şekil 15: Düzgün hızlanan doğrusal hareket

Yörüngesi doğrusal olan ve hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarda artan cisimlerin hareketine **düzgün hızlanan doğrusal hareket** denir.

Düzgün hızlanan doğrusal hareketlerde **hız** ve **ivme** vektörleri aynı yönlüdür.

Şekil 15 teki gibi doğrusal yolda K noktasında durmakta olan araç +x yönünde sabit  $\vec{a}$  ivmesiyle hareket ederek t sürede L noktasına gelmiş olsun.



Şekil 16: İvme-zaman grafiği

Düzgün hızlanan bir aracın **ivme-zaman** grafiği Şekil 16 daki gibidir. Şekil 16 daki **ivme-zaman** grafiğinde taralı alan aracın hız değişimini verir. Hız değişimi,

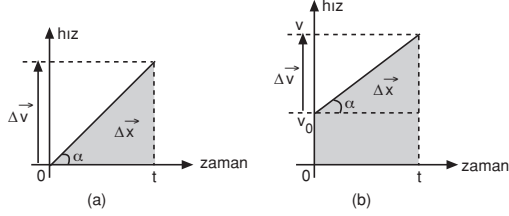
$$\Delta \vec{v} = \vec{a} \cdot \Delta t$$

bağıntısıyla bulunur. Aracın herhangi bir t anındaki hızı,

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \Delta \vec{v}$$

bağıntısıyla bulunur.

Aracın hız-zaman grafiği ise Şekil 17 (a) ve (b) deki gibidir.



Şekil 17 : Düzgün hızlanan doğrusal hareketle hız-zaman grafiği

a) v<sub>0</sub> = 0 iken hız-zaman grafiği

b) v<sub>0</sub> > 0 iken hız-zaman grafiği

Hız-zaman grafiklerindeki taralı alanlar yer değiştirmeyi verir.

Şekil 17 (a) da v<sub>0</sub> = 0 olduğundan yer değiştirme,

$$\text{Üçgenin alanı} = \Delta x = \frac{v \cdot t}{2} \text{ veya } \Delta x = \frac{1}{2} at^2$$

bağıntısıyla bulunur.

Şekil 17 (b) de v<sub>0</sub> > 0 olduğundan yer değiştirme,

$$\text{yamuğun alanı} = \Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$$

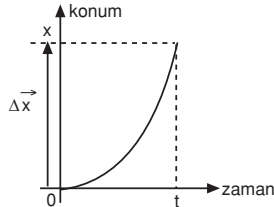
$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} at^2$$

bağıntısıyla bulunur.

Hız-zaman grafiklerinin eğimi ivmeyi verir. Bu nedenle

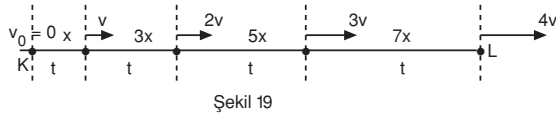
Şekil 17 (a) ve (b) den ivme,

$$\text{Eğim} = \tan \alpha = \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t_2 - t_1} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$



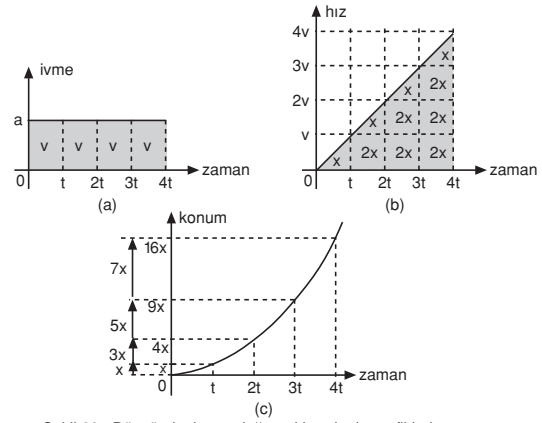
Şekil 18 : Düzgün hızlanan doğrusal hareketin konum-zaman grafiği

Düzgün hızlanan aracın t = 0 anındaki konumu x<sub>0</sub> ise konum-zaman grafiği Şekil 18 deki gibidir.



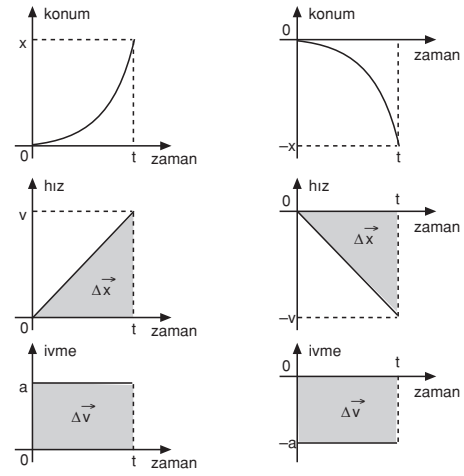
Şekil 19

Şekil 19 daki gibi doğrusal yoldan K noktasında ilk hızı sıfır olan bir hareketli düzgün hızlanarak 4t sürede L noktasına gelmiş olsun. Bu hareketlinin ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafiği Şekil 20 de (a), (b) ve (c) deki gibi olur.



Şekil 20 : Düzgün hızlanan doğrusal hareketin grafikleri

(+) ve (-) yönde düzgün hızlanan hareketlerin grafikleri Şekil 21 deki gibidir.



a) + yönde düzgün hızlanan doğrusal hareket

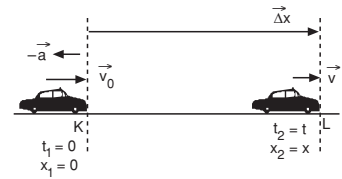
b) - yönde düzgün hızlanan doğrusal hareket

Şekil 21

### b. Düzgün Yavaşlayan Doğrusal Hareket

Düzgün yavaşlayan doğrusal harekette hız ve ivme vektörleri zıt yönlüdür.

Şekil 22 deki gibi doğrusal yolda düzgün yavaşlayan aracın ivme-zaman grafiği Şekil 23 teki gibidir.



Şekil 22: Düzgün yavaşlayan doğrusal hareket

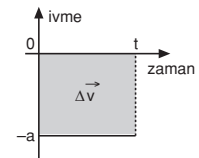
Şekil 23 teki ivme-zaman grafiğinde

taralı olan  $\Delta v$  hız değişimini verir.

$$\Delta v = -a \cdot t \text{ dir.}$$

İlk hızı v<sub>0</sub> olan düzgün yavaşlayan aracın t anındaki hızı ise,

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \Delta \vec{v} \text{ veya}$$



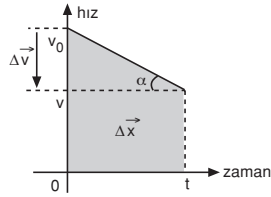
Şekil 23: İvme-zaman grafiği

$$v = v_0 - at$$

bağıntısıyla bulunur.

İlk hızı  $v_0$  olan düzgün yavaşlayan aracın hız-zaman grafiği ise Şekil 24 teki gibidir.

Şekil 24 teki grafiğin eğimi aracın ivmesini verir.



Şekil 24: Düzgün yavaşlayan doğrusal hareketin hız-zaman grafiği

$$\text{Eğim} = \tan \alpha = \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t_2 - t_1}$$

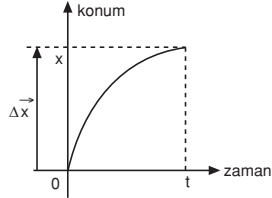
bağıntısıyla bulunur.

Şekil 24 teki hız-zaman grafiğindeki taralı alan yer değiştirmeyi verir.  $\Delta x$  yer değiştirme miktarı,

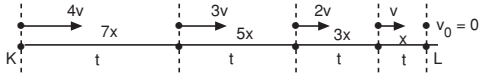
$$\text{yamuğun alanı} = \Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t \text{ veya}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2 \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

Düzgün yavaşlayan aracın  $t = 0$  anındaki konumu  $x_0 = 0$  ise, konum-zaman grafiği Şekil 25 teki gibidir.

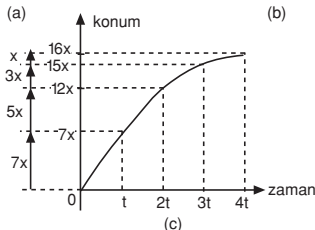
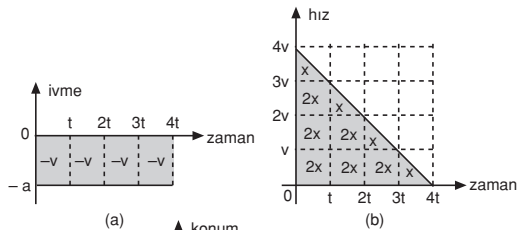


Şekil 25: Düzgün yavaşlayan doğrusal hareketin konum-zaman grafiği



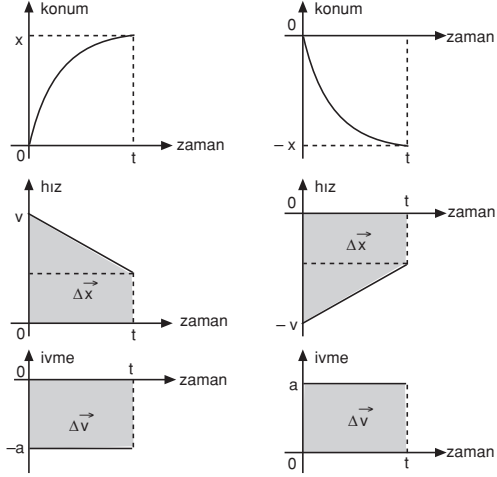
Şekil 26

Şekil 26 daki gibi doğrusal yolun K noktasında ilk hızı  $v_0 = 4v$  olan bir hareketli düzgün yavaşlayarak  $4t$  sürede L noktasına gelmiş olsun. Bu hareketlinin ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri Şekil 27 de (a), (b) ve (c) deki gibi olur.



Şekil 27 : Düzgün yavaşlayan doğrusal hareketin grafikleri

(+) ve (-) yönde düzgün yavaşlayan cisimlerin grafikleri Şekil 28 deki gibidir.

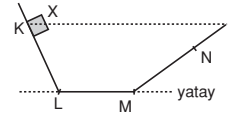


a) + yönde düzgün yavaşlayan doğrusal hareket b) - yönde düzgün yavaşlayan doğrusal hareket

Şekil 28

### MEF YAYINCILIK ÖRNEK 9

Düşey kesiti şekildeki gibi olan sürtünmesiz yolun K noktasından bırakılan X cismi L noktasından  $2v$ , N noktasından  $v$  hızı ile geçmektedir. Cisim KL yolunu  $t_1$ , LM yolunu  $t_2$ , MN yolunu  $t_3$  sürelerde alıyor.

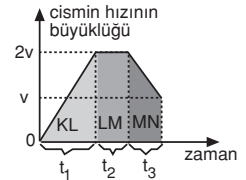


$|KL| = |LM| = |MN|$  olduğuna göre, bu yolları alma süreleri  $t_1$ ,  $t_2$  ve  $t_3$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $t_1 = t_2 = t_3$
- B)  $t_1 > t_2 > t_3$
- C)  $t_3 > t_1 > t_2$
- D)  $t_3 > t_2 > t_1$
- E)  $t_1 > t_3 > t_2$

### ÇÖZÜM

Cisim K noktasından bırakılınca KL yolu boyunca düzgün hızlanır, LM yolunda sabit hızla gider, MN yolunda düzgün yavaşlar. Cisim KN arasındaki hareketinin hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur. Grafikteki taralı alanlar cismin yer değiştirmesini verir.



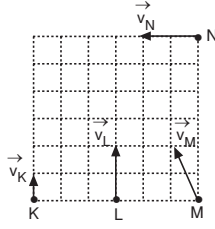
$|KL| = |LM| = |MN|$  olduğuna göre, taralı alanların eşit olabilmesi için bu yolları alma süreleri  $t_1 > t_3 > t_2$  olmalıdır.

**Yanıt : E**



## ÇÖZÜMLÜ TEST

1. K, L, M, N noktasal cisimleri sürtünmesiz yatay düzlemde şekilde belirtilen noktalardan sırasıyla  $\vec{v}_K, \vec{v}_L, \vec{v}_M, \vec{v}_N$  hızları ile aynı anda harekete başlıyorlar.

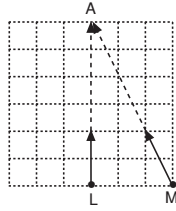


Buna göre, bu cisimlerden hangi ikisi birbiriyle çarpışabilir?

- A) K ile M      B) K ile L      C) L ile M  
D) M ile N      E) K ile N

## ÇÖZÜM

K, L, M ve N hareketlerinin eşit ( $t$ ) sürede yer değişimleri hızlarının büyüklüğü ile orantılıdır.  $3t$  süresi sonunda M ile L cisimlerinin yer değişimleri şekildeki gibi olacağından A noktasında çarpışırlar.

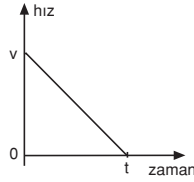


Yanıt: C

2. Bir aracın hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Grafikteki  $v$  ve  $t$  büyüklükleri bilindiğine göre aracın,

- I.  $0-t$  zaman aralığındaki yer değiştirmesi  
II.  $0-t$  zaman aralığındaki ivmesi  
III.  $t$  anındaki konumu



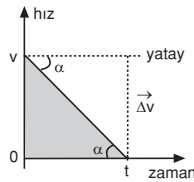
niceliklerinden hangileri bulunur?

- A) Yalnız I      B) Yalnız II      C) Yalnız III  
D) I ve II      E) II ve III

## ÇÖZÜM

Hız-zaman grafiklerinin zaman eksenine sınırlanmış şekildedeki taralı alan, cismin  $0-t$  zaman aralığındaki yer değiştirmesidir. Hız-zaman grafiklerinde doğrunun eğimi cismin  $0-t$  zaman aralığındaki ivmesidir.  $v$  ve  $t$  bilinenleri ile  $0-t$  zaman aralığında, cismin yer değiştirmesi ve cismin ivmesi bulunur. Cismin  $t = 0$  anında konumu belirsizdir. Bu nedenle cismin  $t$  anındaki konumu için bir şey söylenemez.

Yanıt: D



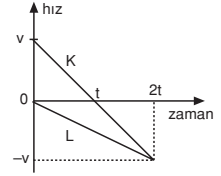
3. Doğrusal bir yolda  $t = 0$  anında yan yana olan K ve L araçlarına ait hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre,

- I. K aracı  $t$  anında yön değiştirmişdir.  
II. K ve L araçları  $t-2t$  zaman aralığında aynı yöne hareket etmiştir.  
III. K ve L araçları  $0-2t$  zaman aralığında birbirinden uzaklaşmıştır.

Yargularından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I      B) Yalnız II      C) I ve II  
D) II ve III      E) I, II ve III



## ÇÖZÜM

Hız-zaman grafiği verilen araçlardan, K aracı  $0-t$  zaman aralığında  $+x$  yönünde,  $t-2t$  zaman aralığında  $-x$  yönünde hareket etmiştir. L hareketlisi ise  $0-2t$  zaman aralığında  $-x$  yönünde hareket etmiştir.

Buna göre,

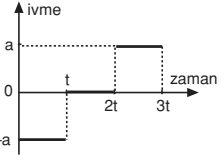
- I. K aracı  $t$  anında yön değiştirmişdir.  
II. K ve L araçlarının her ikisi de  $t-2t$  zaman aralığında  $-x$  yönünde hareket etmiştir.  
III. K-L araçları  $0-t$  zaman aralığında birbirlerinde uzaklaşmış,  $t-2t$  zaman aralığında ise araçlar aynı yöne hareket etmesine rağmen L aracı K den daha çok yol aldığından yine birbirlerinden uzaklaşmışlardır.

Yanıt: E

4. Doğrusal yolda  $t = 0$  anında durmakta olan bir cismin ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Cismin  $0-t$  zaman aralığında yer değiştirmesinin büyüklüğü  $x$  olduğuna göre,  $0-3t$  aralığında yer değiştirmesinin büyüklüğü kaç  $x$  tir?

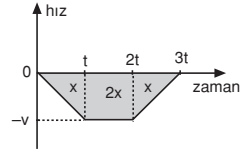
- A) 2      B) 3      C) 4      D) 6      E) 8



## ÇÖZÜM

İvme-zaman grafiği verilen cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir. Grafikteki taralı alanlar cismin yer değiştirmesini verir.  $0-t$  zaman aralığında cismin yer değiştirmesi  $x$  ise  $0-3t$  zaman aralığında cismin yer değiştirmesi grafikte görüleceği gibi  $4x$  tir.

Yanıt: C

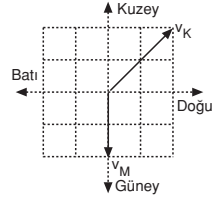


5. Yere göre hızları şekildeki gibi olan K ve M araçlarından K aracındaki bir gözlemci L aracını güneye gidiyormuş gibi görmektedir.

Buna göre, L aracına göre, M aracı,

- I. Kuzeye gitmektedir.  
II. Güneybatıya gitmektedir.  
III. Batıya gitmektedir.

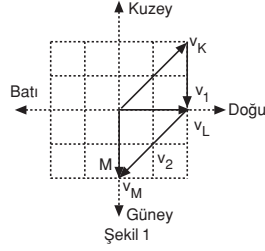
- Yargularından hangileri doğru olabilir?  
A) Yalnız I      B) Yalnız II      C) I ya da II  
D) I ya da III      E) II ya da III



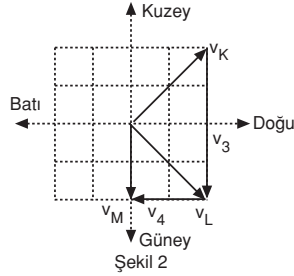


**ÇÖZÜM**

L aracının hızı Şekil 1 deki gibi doğuya  $v_L$  ise K aracı L yi  $v_1$  hızıyla güneye gidiyormuş gibi, L aracı ise M yi  $v_2$  hızıyla güneybatıya gidiyormuş gibi görür. II. önerme doğru olabilir.

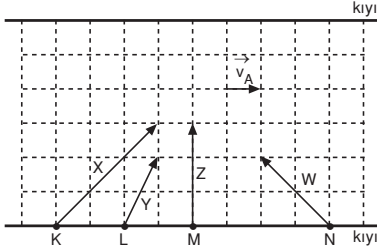


L aracının hızı Şekil 2 deki gibi güneybatı yönünde  $v_L$  ise K aracı L yi  $v_3$  hızıyla güneye gidiyormuş gibi, L aracı da M yi  $v_4$  hızıyla batıya gidiyormuş gibi görür. III. önerme doğru olabilir.



**Yanıt: E**

6.



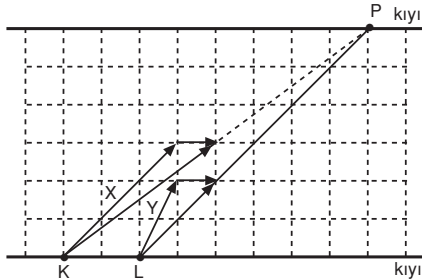
Yere göre akıntı hızı  $v_A$  olan bir ırmağın kıyısındaki K, L, M, N noktalarından yüzmeye başlayan X, Y, Z, W yüzücülerinin suya göre hız vektörleri şekildedir.

**Bu yüzücülerden hangi ikisi karşı kıyıya aynı noktadan çıkar?**

- A) X ile Y                      B) X ile W                      C) Y ile Z  
D) Y ile W                      E) Z ile W

(ÖSS-2006)

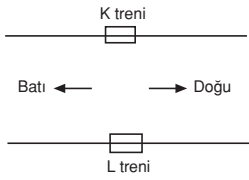
**ÇÖZÜM**



X ve Y yüzücülerinin yere göre hız vektörleri şekildedir. Bu nedenle X ve Y yüzücülerini karşı kıyıya aynı P noktasından çıkarlar.

**Yanıt: A**

7. K ve L trenleri birbirine paralel raylar üzerinde iken K trenindeki yolcu, L trenini doğu yönünde 6 m/s hızla gidiyormuş gibi görüyor.



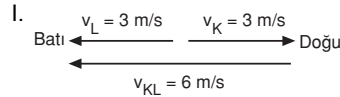
**Buna göre, K ve L trenlerinin yere göre hızları için;**

- I. K treni doğuya 3 m/s, L treni batıya 3 m/s hızla gitmektedir.
- II. K treni durmaktadır; L treni doğuya 6 m/s hızla gitmektedir.
- III. K treni doğuya 3 m/s, L treni doğuya 9 m/s hızla gitmektedir.
- IV. K treni batıya 9 m/s, L treni batıya 3 m/s hızla gitmektedir.

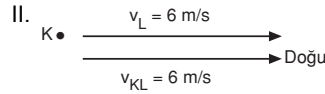
**yargılarından hangileri doğru olabilir?**

- A) I ya da II      B) I ya da III      C) II ya da III ya da IV  
D) I ya da III ya da IV      E) I ya da II ya da IV

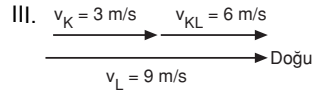
**ÇÖZÜM**



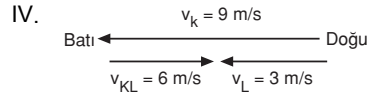
K treni doğuya 3 m/s L treni batıya 3 m/s büyüklüğünde hızlarla hareket ettiğinde K trenindeki yolcu L treninin şekildedeki gibi  $v_{KL} = 6$  m/s batıya gidiyormuş gibi görür.



K treni durgun L treni 6 m/s hızla doğuya hareket ettiğinde K trenindeki yolcu L trenini şekildedeki gibi  $v_{KL} = 6$  m/s hızla doğuya gidiyormuş gibi görür.



K treni doğuya 3 m/s, L treni doğuya 9 m/s hızlarla hareket ettiğinde K trenindeki yolcu şekildedeki gibi L trenini  $v_K = 6$  m/s hızla doğuya gidiyormuş gibi görür.



K treni batıya 9 m/s, L treni batıya 3 m/s hızlarla hareket ederse K trenindeki yolcu şekildedeki gibi L trenini  $v_{KL} = 6$  m/s hızla doğuya gidiyormuş gibi görür.

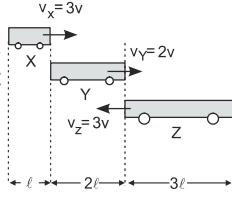
**Yanıt: C**

MEF YAYINCILIK

KONU TESTİ

1. Uzunlukları ve hızları şekilde verilen X, Y, Z araçları birbirine paralel yollarda hareket etmektedir.

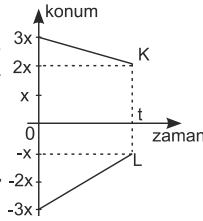
$t=0$  anında araçlar şekildeki konumlarındayken X aracı Y aracını  $t$  sürede tamamen geçtiğine göre, Z aracını kaç  $t$  sürede tamamen geçer?



- A)  $\frac{1}{3}$     B)  $\frac{1}{2}$     C) 1    D)  $\frac{3}{2}$     E) 2

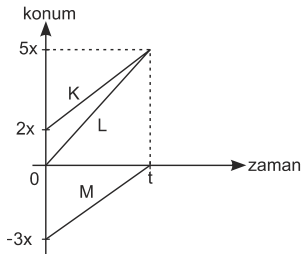
2. Aynı doğrusal yolda sabit hızlarla hareket eden K ve L hareketlilerinin *konum-zaman* grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, K ve L hareketlileri nerede, kaç  $t$  anında karşılaşır?



- A)  $x = 0$  konumunda,  $\frac{3}{2} t$  anında  
 B)  $x$  konumunda,  $2t$  anında  
 C)  $x$  konumunda,  $\frac{3}{2} t$  anında  
 D)  $-x$  konumunda,  $2t$  anında  
 E)  $x$  konumunda,  $\frac{5}{2} t$  anında

- 3.



Aynı doğrusal yolda hareket eden K, L ve M araçlarının *konum-zaman* grafikleri şekildeki gibidir.

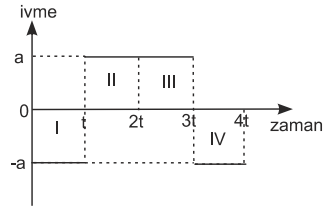
Buna göre,  $0-t$  zaman aralığında;

- I. K ve M araçlarının hız vektörleri eşittir.  
 II. L aracının hızının büyüklüğü M ninkinden fazladır.  
 III. L aracı M den uzaklaşmış, K ye yaklaşmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I    B) Yalnız II    C) I ve II  
 D) II ve III    E) I, II ve III

- 4.

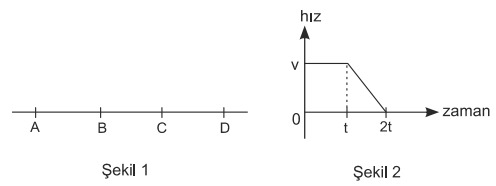


$t=0$  anında durgun halden harekete başlayan bir aracın doğrusal yoldaki *ivme-zaman* grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, araç hangi zaman aralıklarında hızlanan hareket yapmıştır?

- A) I ve II    B) I ve III    C) II ve III  
 D) II ve IV    E) III ve IV

- 5.

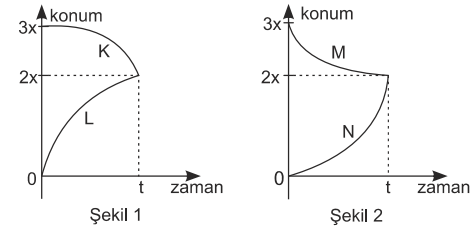


Hız- zaman grafiği Şekil 2 deki gibi olan bir araç  $t=0$  anında Şekil 1 deki doğrusal yolun A noktasındadır.

Araç  $2t$  anında D noktasında olduğuna göre, yolun BD bölümünü ne kadar sürede almıştır? (AD eşit bölmelidir.)

- A)  $\frac{t}{2}$     B)  $\frac{3t}{4}$     C) t    D)  $\frac{4t}{3}$     E)  $\frac{3t}{2}$

- 6.



Aynı doğrusal yolda sabit ivmeli hareket yapan K, L, M, N hareketlilerinin *konum-zaman* grafikleri şekillerdeki gibidir.

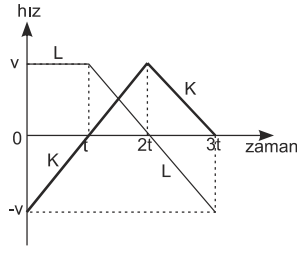
Buna göre,  $0-t$  zaman aralığında;

- I. K ve L birbirine zıt yönde düzgün hızlanan hareket yapmaktadır.  
 II. L ve M aynı yönde düzgün yavaşlayan hareket yapmaktadır.  
 III. L ve N nin yer değiştirmeleri eşit büyüklüktedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I    B) Yalnız II    C) Yalnız III  
 D) I ve III    E) II ve III

7.

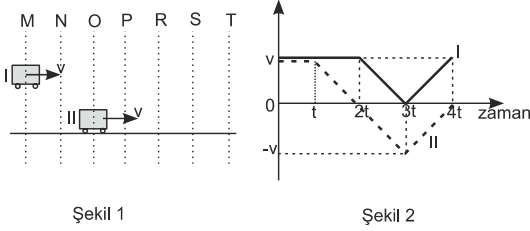


$t=0$  anında aynı doğrusal yolda, yan yana olan K ve L araçlarının hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

**Araçların  $t$  anında aralarındaki uzaklık  $3x$  olduğuna göre,  $3t$  anında aralarındaki uzaklık nedir?**

- A)  $x$     B)  $2x$     C)  $3x$     D)  $4x$     E)  $5x$

8.



Şekil 1

Şekil 2

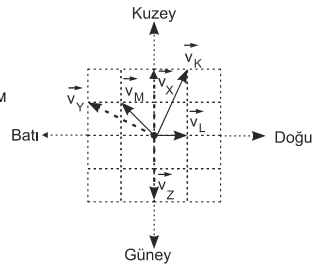
$t=0$  anında Şekil 1 deki doğrusal yolun M ve O çizgilerinde bulunan I ve II araçlarına ait hız-zaman grafiği Şekil 2 deki gibidir.

**$t$  anında II aracı R çizgisinde olduğuna göre  $4t$  anında araçlar hangi çizgidedir?**

- A) I. S de , II. R de                      B) I. T de , II. P de  
C) I. S de , II. P de                      D) I. N de , II. R de  
E) I. S de , II. T de

9.

Aynı düzlemde hareket eden K, L, M hareketlerinin  $\vec{v}_K, \vec{v}_L, \vec{v}_M$  yere göre hızları şekildeki gibidir.



**Buna göre;**

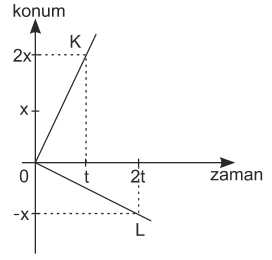
- I. K nin L ye göre hızı  $\vec{v}_x$  e eşittir.  
II. K nin M ye göre hızı  $\vec{v}_z$  ye eşittir.  
III. M nin L ye göre hızı  $\vec{v}_y$  ye eşittir.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) Yalnız III  
D) I ve II                      E) I ve III

10.

Konum-zaman grafikleri şekildeki gibi olan, aynı doğrusal yolda hareket eden K ve L araçlarından, K doğu yönünde  $2v$  büyüklüğündeki hız ile hareket etmektedir.

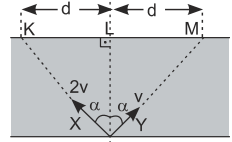


**Buna göre, K nin L ye göre hızının yönü ve büyüklüğü nedir?**

- A) Batı yönünde,  $\frac{5v}{2}$                       B) Doğu yönünde,  $\frac{5v}{2}$   
C) Doğu yönünde,  $\frac{3v}{2}$                       D) Batı yönünde,  $\frac{3v}{2}$   
E) Doğu yönünde,  $3v$

11.

Suya göre büyüklükleri  $2v$  ve  $v$  olan şekildeki hızlarla hareket eden X ve Y yüzücülerinden X,  $t$  süre sonra L noktasında karşı kıyıya ulaşıyor.



**Buna göre;**

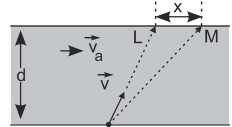
- I. Y nin karşı kıyıya ulaşma süresi  $2t$  dir.  
II. Y yüzücüsü M noktasının  $d$  kadar ötesinde karşı kıyıya ulaşır.  
III. Akıntı hızının büyüklüğü X in suya göre hızından küçüktür.

**yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?**

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) Yalnız III  
D) I ve II                      E) II ve III

12.

Genişliği  $d$ , akıntı hızı  $\vec{v}_a$  olan bir nehirde, K noktasından suya göre, şekildeki  $\vec{v}$  hızıyla hareket eden yüzücü L noktasından  $x$  kadar uzaklıkta M noktasında karşı kıyıya çıkıyor.



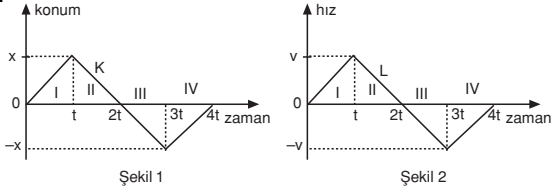
**Buna göre, x sürüklenme miktarının daha az olması için;**

- I.  $\vec{v}$  hızının büyüklüğü  
II.  $\vec{v}_a$  akıntı hızının büyüklüğü  
III.  $d$  nehir genişliği

**niceliklerinden hangileri daha küçük olmalıdır?**

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) I ya da II  
D) II ya da III                      E) I ya da II ya da III

13.

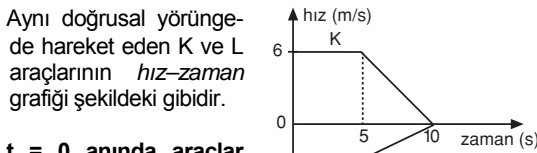


Şekil 1 de K hareketlisinin *konum-zaman*, Şekil 2 de L hareketlisinin *hız-zaman* grafikleri verilmiştir.

**Aynı doğrusal yolda hareket eden bu araçların 0-t zaman aralığındaki hareket yönleri aynı olduğuna göre, II, III, IV zaman aralıklarının hangilerinde K ile L yine aynı yönde hareket etmiştir?**

- A) Yalnız II      B) Yalnız III      C) Yalnız IV  
D) II ve III      E) II, III ve IV

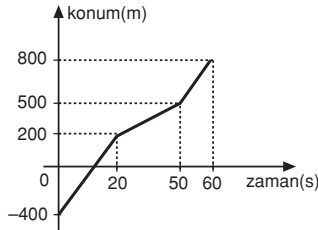
14.



**t = 0 anında araçlar yan yana olduğuna göre, K ve L araçları durduğu anda aralarındaki uzaklık kaç metredir?**

- A) 15      B) 30      C) 45      D) 60      E) 75

15.



Doğrusal yolda hareket eden bir cismin *konum-zaman* grafiği şekildeki gibidir.

**Bu cismin 0-60 s zaman aralığındaki ortalama hızı kaç m/s dir?**

- A) 20      B) 16      C) 15      D) 12      E) 8

16.

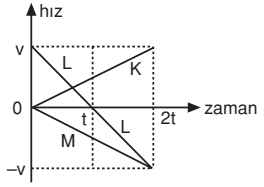
Aynı anda, aynı yerden harekete başlayan K, L, M araçlarının *hız-zaman* grafiği şekildeki gibidir.

**Buna göre,**

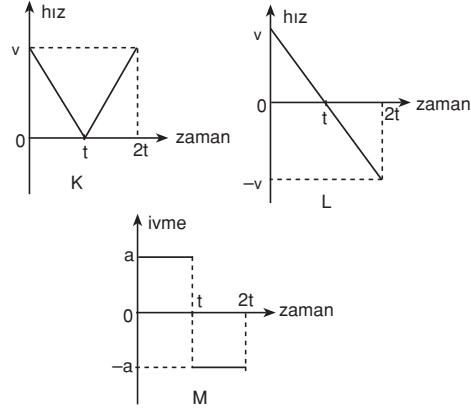
- I. K ve L araçları, 0-t zaman aralığında zıt yönde hareket etmektedir.  
II. L ve M araçları, t-2t zaman aralığında aynı yönde hareket etmektedir.  
III. 2t anında K ve M araçları L aracına eşit uzaklıktadır.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) I, II ve III      B) II ve III      C) I ve III  
D) I ve II      E) Yalnız I



17.

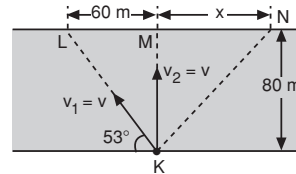


Aynı doğrusal yolda hareket eden K ve L araçlarının *hız-zaman*, M aracının *ivme-zaman* grafikleri şekildeki gibidir.

**Buna göre, hangi araçlar 2t anında, t=0 anında bulunduğu noktaya kesinlikle geri dönmüştür?**

- A) Yalnız K      B) Yalnız L      C) Yalnız M  
D) K ve M      E) L ve M

18.



80 metre genişliğindeki nehrin K noktasından suya göre  $v_1 = v$  büyüklüğündeki hızla L noktasına doğru hareket eden motor karşı kıyıya M noktasına çıkıyor. K noktasından suya göre  $v_2 = v$  büyüklüğündeki hızla hareket eden motor ise karşı kıyıya N noktasına çıkıyor.

**|LM| = 60 m olduğuna göre, |MN| = x uzaklığı kaç metredir?**

( $\sin 53^\circ = 0,8$ ;  $\cos 53^\circ = 0,6$ )

- A) 100      B) 80      C) 60      D) 48      E) 20

1.A 2.B 3.E 4.B 5.E 6.C 7.A 8.B 9.E 10.B 11.D 12.D 13.B 14.E 15.A 16.B 17.B 18.D