



0964CH08

# प्रकरण ७

## हालचाल

दैनंदिन जीवनात, आपण काही वस्तू स्थिरावलेल्या आणि काही गतिमान असलेल्या पाहतो. पक्षी उडतात, मासे पोहतात, रक्तवाहिन्या आणि धमन्यांमधून वाहते आणि गाड्या हालतात. अणू, रेणू, ग्रह, तारे आणि आकाशगंगा हे सर्व गतिमान असतात. वेळेनुसार जेव्हा एखादी वस्तूची स्थिती बदलते तेव्हा आपल्याला अनेकदा ती गतिमान असल्याचे आढळते. तथापि, अशा परिस्थिती असतात जिथे अप्रत्यक्ष पुराव्यांद्वारे गतीचा अंदाज लावला जातो. उदाहरणार्थ, धुळीची हालचाल आणि पानांची हालचाल पाहून आपण हवेच्या गतीचा अंदाज लावतो.

आणि झाडांच्या फांद्या. सूर्योदय, सूर्यास्त आणि ऋतू बदल या घटना कशामुळे होतात? हे पृथ्वीच्या हालचालीमुळे होते का? जर ते खरे असेल, तर आपल्याला पृथ्वीची हालचाल थेट का जाणवत नाही?

एखादी वस्तू एका व्यक्तीसाठी हालचाल करत असल्याचे आणि दुसऱ्यासाठी स्थिर असल्याचे भासू शकते. चालत्या बसमधील प्रवाशांसाठी रस्त्याच्या कडेला असलेली झाडे मार्गे सरकताना दिसतात. रस्त्याच्या कडेला उभ्या असलेल्या व्यक्तीला प्रवाशांसह बस हालचाल करत असल्याचे जाणवते.

तथापि, बसमधील एका प्रवाशाला त्याचे सहकारी प्रवासी निवांत असल्याचे दिसते. ही निरीक्षणे काय दर्शवतात?

बहुतेक हालचाली गुंतागुंतीच्या असतात. काही वस्तू सरळ रेषेत फिरू शकतात, तर काही वर्तुळाकार मार्गाने जाऊ शकतात. काही फिरू शकतात आणि काही कंपन करू शकतात. या सर्वांच्या संयोजनासह परिस्थिती असू शकते. या प्रकरणात, आपण प्रथम सरळ रेषेत वस्तूंच्या हालचालींचे वर्णन कसे करावे हे शिकू. अशा हालचाली साध्या समीकरणे आणि आलेखांद्वारे व्यक्त करायला देखील शिकू. नंतर, आपण वर्तुळाकार गतीचे वर्णन कसे करावे याबद्दल चर्चा करू.

### क्रियाकलाप ७.१

- तुमच्या वर्गाच्या भिंती स्थिर आहेत की हालचाल करत आहेत यावर चर्चा करा.

### क्रियाकलाप ७.२

- तुम्ही ज्या ट्रेनमध्ये बसला आहात ती स्थिर असतानाही हालचाल करत असल्याचे तुम्हाला कधी अनुभव आले आहे का?
- तुमचा अनुभव चर्चा करा आणि शेअर करा.

### विचार करा आणि कृती करा

कधीकधी आपल्या सभोवतालच्या वस्तूंच्या हालचालींमुळे आपण धोक्यात येतो, विशेषतः जर ती हालचाल अनियमित आणि अनियंत्रित असेल जसे की पूरग्रस्त नदी, चक्रीवादळ किंवा त्सुनामीमध्ये दिसून येते. दुसरीकडे, नियंत्रित हालचाल ही मानवांसाठी एक सेवा असू शकते जसे की जलविद्युत निर्मितीमध्ये. काही वस्तूंच्या अनियमित हालचालींचा अभ्यास करण्याची आणि त्यांना नियंत्रित करण्यास शिकण्याची आवश्यकता तुम्हाला वाटते का?

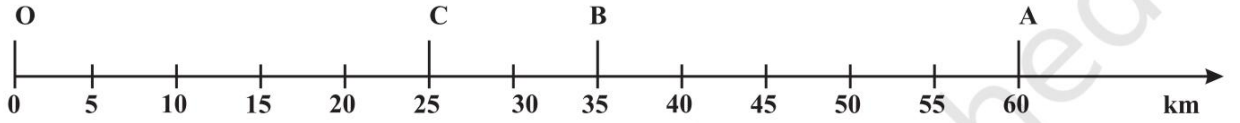
### ७.१ गतीचे वर्णन करणे

आपण एखाद्या वस्तूचे स्थान एका संदर्भ बिंदूद्वारे वर्णन करतो. हे आपण एका उदाहरणाद्वारे समजून घेऊया. समजा एका गावातील शाळा रेल्वे स्थानकापासून २ किमी उत्तरेस आहे. आपण रेल्वे स्थानकाच्या संदर्भात शाळेचे स्थान निर्दिष्ट केले आहे. या उदाहरणात, रेल्वे स्थानक हे संदर्भ बिंदू आहे. आपल्या सोयीनुसार आपण इतर संदर्भ बिंदू देखील निवडू शकलो असतो. म्हणून, एखाद्या वस्तूचे स्थान वर्णन करण्यासाठी आपल्याला मूळ नावाचा संदर्भ बिंदू निर्दिष्ट करावा लागेल.

### ७.१.१ सरळ रेषेवर हालचाल

सर्वात सोपा प्रकार म्हणजे सरळ रेषेवरील हालचाल. आपण प्रथम याचे वर्णन एका उदाहरणाद्वारे करूया. सरळ मार्गावर फिरणाऱ्या वस्तूच्या हालचालीचा विचार करा. वस्तूचा प्रवास O पासून सुरू होतो जो त्याचा संदर्भ बिंदू मानला जातो (आकृती 7.1). A, B आणि C वेगवेगळ्या क्षणी वस्तूची स्थिती दर्शवूया. सुरुवातीला, वस्तू C आणि B मधून फिरते आणि A पर्यंत पोहोचते.

मग ते त्याच मार्गाने परत जाते आणि C मधून B पर्यंत पोहोचते.



आकृती ७.१: सरळ रेषेवरील वस्तूची स्थिती

वस्तूने व्यापलेल्या एकूण मार्गाची लांबी  $OA + AC$  आहे, म्हणजेच  $60 \text{ किमी} + 35 \text{ किमी} = 95 \text{ किमी}$ .

हे वस्तूने कापलेले अंतर आहे. अंतराचे वर्णन करण्यासाठी आपल्याला फक्त संख्यात्मक मूल्य निर्दिष्ट करावे लागेल, गतीची दिशा निर्दिष्ट करावी लागणार नाही. काही विशिष्ट राशी आहेत ज्यांचे वर्णन फक्त त्यांची संख्यात्मक मूल्ये निर्दिष्ट करून केले जाते. भौतिक राशीचे संख्यात्मक मूल्य म्हणजे त्याचे परिमाण. या उदाहरणावरून, तुम्ही वस्तूच्या अंतिम स्थान C चे सुरुवातीच्या स्थान O पासूनचे अंतर शोधू शकता का? या फरकामुळे तुम्हाला वस्तूच्या O ते C पर्यंत A पर्यंतच्या विस्थापनाचे संख्यात्मक मूल्य मिळेल. एखाद्या वस्तूच्या सुरुवातीच्या स्थानापासून शेवटच्या स्थानापर्यंत मोजले जाणारे सर्वात कमी अंतर विस्थापन म्हणून ओळखले जाते.

विस्थापनाचे परिमाण एखाद्या वस्तूने प्रवास केलेल्या अंतराइतके असू शकते का?

(आकृती ७.१) मध्ये दिलेल्या उदाहरणाचा विचार करा. वस्तूच्या O ते A पर्यंतच्या गतीसाठी, कापलेले अंतर  $60 \text{ किमी}$  आहे आणि विस्थापनाचे परिमाण देखील  $60 \text{ किमी}$  आहे. O ते A पर्यंत आणि परत B पर्यंतच्या गती दरम्यान, कापलेले अंतर

$= 60 \text{ किमी} + 25 \text{ किमी} = 85 \text{ किमी}$  तर विस्थापनाचे परिमाण  $= 35 \text{ किमी}$ . अशाप्रकारे, विस्थापनाचे परिमाण ( $35 \text{ किमी}$ ) मार्गाच्या लांबी ( $85 \text{ किमी}$ ) च्या बरोबरीचे नाही. पुढे, आपल्याला लक्षात घ्यावे की गतीच्या मार्गासाठी विस्थापनाचे परिमाण शून्य असू शकते परंतु संबंधित अंतर कापले जात नाही. जर आपण वस्तूला O पर्यंत परत जाण्याचा विचार केला तर अंतिम स्थिती सुरुवातीच्या स्थितीशी जुळते आणि म्हणून, विस्थापन शून्य असते. तथापि, या प्रवासात कापलेले अंतर  $OA + AO = 60 \text{ किमी} + 60 \text{ किमी} = 120 \text{ किमी}$  आहे. अशाप्रकारे, दोन भिन्न भौतिक राशी - अंतर आणि विस्थापन,

एखाद्या वस्तूच्या एकूण गतीचे वर्णन करण्यासाठी आणि दिलेल्या वेळी तिच्या सुरुवातीच्या स्थितीच्या संदर्भात तिचे अंतिम स्थान शोधण्यासाठी वापरले जातात.

### क्रियाकलाप ७.३

- एक मीटर स्केल आणि एक लांब दोरी घ्या. • बास्केटबॉल कोर्टच्या एका कोपऱ्यापासून त्याच्या बाजूनी विरुद्ध कोपऱ्यापर्यंत चालत जा. • तुम्ही कापलेले अंतर आणि विस्थापनाचे परिमाण मोजा. • तुम्हाला कोणता फरक दिसेल?

या प्रकरणात दोघांमध्ये?

### क्रियाकलाप ७.४

- मोटारगाड्यांमध्ये प्रवास केलेले अंतर दाखवणारे उपकरण बसवले जाते. अशा उपकरणाला ओडोमीटर म्हणतात. भुवनेश्वर ते नवी दिल्ली अशी कार चालवली जाते. ओडोमीटरच्या अंतिम वाचन आणि सुरुवातीच्या वाचनातील फरक  $1250 \text{ किमी}$  आहे. • भारताच्या रोड मॅपचा वापर करून भुवनेश्वर आणि नवी दिल्लीमधील विस्थापनाचे परिमाण शोधा.

## वादविवाद

### प्रश्न

- एखादी वस्तू एका अंतर. त्यात शून्य असू शकते का? विस्थापन? जर हो, तर आधार तुमचे उत्तर उदाहरणासह.
- एक शेतकरी नदीच्या काठावरून पुढे जातो. बाजूच्या चौरस क्षेत्राची सीमा ४० सेकंदात १० मीटर. किती असेल? च्या विस्थापनाचे परिमाण २ मिनिटांच्या शेवटी शेतकरी २० त्याच्या सुरुवातीच्या स्थितीपासून सेकंद?
- खालीलपैकी कोणते खरे आहे? विस्थापन? (अ) ते शून्य असू शकत नाही. (ब) त्याची परिमाण पेक्षा जास्त आहे ने प्रवास केलेले अंतर वस्तू.

### ७.१.२ एकसमान हालचाल आणि गैर-एकसमान हालचाल

सरळ रेषेवरून फिरणारी वस्तू विचारात घ्या. रेषा. पहिल्या सेकंदात ती ५ मीटर प्रवास करू द्या, पुढच्या सेकंदात ५ मीटर जास्त, ५ मीटर तिसऱ्या सेकंदात आणि चौथ्या सेकंदात ५ मी.

या प्रकरणात, वस्तू प्रत्येकी ५ मीटर व्यापते दुसरे. वस्तू समान अंतर कापते म्हणून समान वेळेच्या अंतराने, ते असे म्हणतात की एकसमान गती. यातील वेळेचा मध्यांतर

हालचाल लहान असावी. आपल्या दैनंदिन जीवनात जीवनात, आपल्याला अशा हालचाली आढळतात जिथे वस्तू समान अंतराने असमान अंतरे पार करा उदाहरणार्थ, जेव्हा एखादी गाडी चालत असते तेव्हा वेळेचे गर्दीच्या रस्त्यावर किंवा एखादी व्यक्ती जॉगिंग करत असेल तर एका उद्यानात. ही काही उदाहरणे आहेत एकसमान हालचाल.

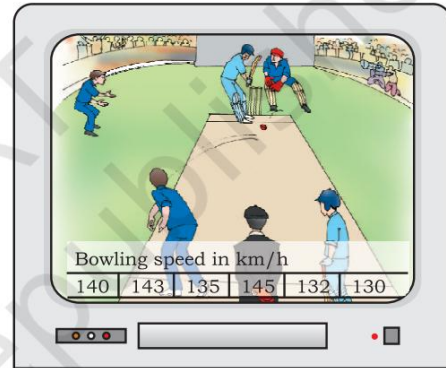
### क्रियाकलाप ७.५

- दोन घटकांच्या गतीसंबंधी डेटा वेगवेगळ्या वस्तू A आणि B मध्ये दिल्या आहेत तक्ता ७.१.
- त्यांचे काळजीपूर्वक परीक्षण करा आणि सांगा वस्तूंची गती आहे का? एकसमान किंवा नॉन-युनिफॉर्म.

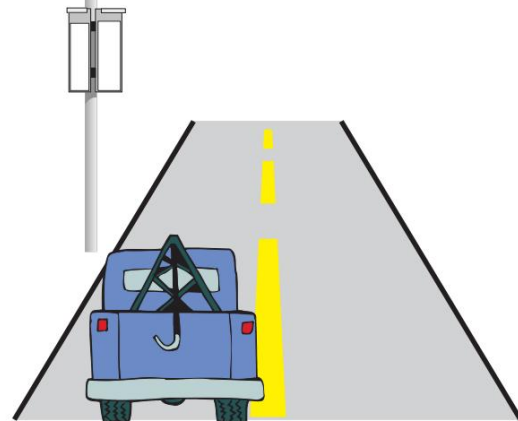
### तक्ता ७.१

वेळ	अंतर प्रवास केला वस्तू A मध्ये m	अंतर प्रवास केला वस्तू B मध्ये m
सकाळी ९:३० वाजता	१०	१२
सकाळी ९:४५	२०	१९
सकाळी १०:०० वाजता	३०	२३
सकाळी १०:१५	४०	३५
सकाळी १०:३० वाजता	५०	३७
सकाळी १०:४५	६०	४१
सकाळी ११:०० वाजता	७०	४४

### ७.२ गतीचा दर मोजणे



(अ)



(ब)

आकृती ७.२

आकृती ७.२ मध्ये दिलेल्या परिस्थिती पहा. आकृती ७.२(अ) मध्ये जर गोलंदाजीचा वेग १४३ किमी ताशी-१ असेल तर त्याचा अर्थ काय? आकृती ७.२(ब) मधील साइनबोर्डवरून तुम्हाला काय समजले?

वेगवेगळ्या वस्तूंना दिलेले अंतर कापण्यासाठी वेगवेगळा वेळ लागू शकतो.

त्यापैकी काही जलद गतीने हालचाल करतात तर काही हळूहळू. वस्तू ज्या वेगाने हालचाल करतात त्याचा वेग वेगवेगळा असू शकतो. तसेच, वेगवेगळ्या वस्तू एकाच वेगाने हालचाल करू शकतात. एखाद्या वस्तूच्या गतीचा दर मोजण्याचा एक मार्ग म्हणजे वस्तूने एकक वेळेत किती अंतर कापले हे शोधणे. या प्रमाणाला वेग म्हणतात. वेगाचे SI एकक मीटर प्रति सेकंद आहे. हे m s<sup>-1</sup> किंवा m/s या चिन्हाने दर्शविले जाते. वेगाच्या इतर एककांमध्ये सेंटीमीटर प्रति सेकंद (सेमी s<sup>-1</sup>) आणि किलोमीटर प्रति तास (किमी ता<sup>-1</sup>) यांचा समावेश आहे. एखाद्या वस्तूचा वेग निर्दिष्ट करण्यासाठी, आपल्याला फक्त त्याचे परिमाण आवश्यक आहे. वस्तूचा वेग स्थिर असणे आवश्यक नाही. बहुतेक प्रकरणांमध्ये, वस्तू एकसमान गतीमध्ये असतील. म्हणून, आपण अशा वस्तूंच्या गतीचा दर त्यांच्या सरासरी गतीच्या संदर्भात वर्णन करतो. वस्तूचा सरासरी वेग एकूण अंतर कापलेल्या एकूण वेळेने भागून मिळवला जातो. म्हणजेच,

$$\text{सरासरी वेग} = \frac{\text{प्रवास केलेले एकूण अंतर}}{\text{एकूण वेळ}}$$

जर एखादी वस्तू  $t$  वेळेत  $s$  अंतर प्रवास करते तर तिचा वेग  $v$  असेल,

$$v = \frac{s}{t} \quad (७.१)$$

हे एका उदाहरणाने समजून घेऊया. एक कार २ तासात १०० किमी अंतर पार करते. तिचा सरासरी वेग ५० किमी ताशी-१ आहे. ती कार कदाचित नेहमीच ५० किमी ताशी-१ वेगाने प्रवास करत नसेल.

कधीकधी ते यापेक्षा वेगाने प्रवास करत असेल तर कधीकधी हळू.

उदाहरण ७.१ एक वस्तू ४ सेकंदात १६ मीटर प्रवास करते आणि नंतर २ सेकंदात आणखी १६ मीटर प्रवास करते. त्या वस्तूचा सरासरी वेग किती आहे?

उपाय:

वस्तूने कापलेले एकूण अंतर = १६ मीटर + १६ मीटर = ३२ मीटर

एकूण लागलेला वेळ = ४ सेकंद + २ सेकंद = ६ सेकंद

हालचाल

सरासरी वेग =

$$\begin{aligned} & \frac{\text{प्रवास केलेले एकूण अंतर}}{\text{एकूण वेळ}} \\ &= \frac{३२ \text{ मीटर}}{६ \text{ सेकंद}} = ५.३३ \text{ मीटर सेकंद}^{-१} \end{aligned}$$

म्हणून, वस्तूचा सरासरी वेग 5.33 ms<sup>-1</sup> आहे.

## ७.२.१ दिशेने वेग

एखाद्या वस्तूच्या गतीची दिशा आणि गती यांचे स्पष्टीकरण केल्यास तिचा वेग अधिक व्यापक होऊ शकतो. या दोन्ही बाबींचे स्पष्टीकरण देणाऱ्या राशीला वेग म्हणतात.

वेग म्हणजे एखाद्या वस्तूचा एका निश्चित दिशेने जाणारा वेग. वस्तूचा वेग एकसारखा किंवा परिवर्तनशील असू शकतो. वस्तूचा वेग, गतीची दिशा किंवा दोन्ही बदलून तो बदलता येतो. जेव्हा एखादी वस्तू सरळ रेषेत परिवर्तनशील वेगाने जात असते, तेव्हा आपण त्याच्या गती दराचे परिमाण सरासरी वेगाच्या संदर्भात व्यक्त करू शकतो. आपण सरासरी वेग मोजतो त्याच पद्धतीने त्याची गणना केली जाते.

जर वस्तूचा वेग एकसमान दराने बदलत असेल, तर दिलेल्या कालावधीसाठी सुरुवातीच्या वेग आणि अंतिम वेगाच्या अंकगणितीय सरासरीने सरासरी वेग काढला जातो. म्हणजेच,

$$\text{प्रारंभिक वेग} + \text{अंतिम वेग सरासरी वेग} = २$$

$$\text{गणितीयदृष्ट्या, } v = \frac{v_u + v_f}{२} \quad (७.२)$$

जिथे  $v_{av}$  हा सरासरी वेग आहे,  $u$  हा प्रारंभिक वेग आहे आणि  $v$  हा वस्तूचा अंतिम वेग आहे.

वेग आणि वेगाची एकके समान आहेत, म्हणजेच, m s<sup>-1</sup> किंवा m/s.

## क्रियाकलाप ७.६

- तुमच्या घरापासून बस स्टॉप किंवा शाळेपर्यंत चालण्यासाठी लागणारा वेळ मोजा. जर तुमचा सरासरी चालण्याचा वेग ४ किमी ताशी-१ असेल तर तुमच्या घरापासून बस स्टॉप किंवा शाळेचे अंतर अंदाजे काढा.

- जोड्या वातावरण ढगाळ असते तेव्हा वारंवार मेघगर्जनेसह विजांचा कडकडाट होऊ शकतो. वीज चमकताना पाहिल्यानंतर मेघगर्जनेचा आवाज तुमच्यापर्यंत पोहोचण्यास थोडा वेळ लागतो.
- हे का घडते याचे उत्तर तुम्ही देऊ शकता का? • डिजिटल मनगटी घड्याळ किंवा स्टॉप वॉच वापरून हा वेळ मध्यांतर मोजा. • विजेच्या सर्वात जवळच्या बिंदूचे अंतर मोजा. (हवेतील ध्वनीचा वेग = ३४६ मीटर सेकंद -१.)

वादविवाद

१. वेग आणि वेग यांच्यातील फरक ओळखा.

प्रश्न

२. कोणत्या परिस्थितीत वस्तूच्या सरासरी वेगाचे परिमाण त्याच्या सरासरी वेगाइतके असते?

३. ऑटोमोबाईलचा ओडोमीटर काय मोजतो?

४. एखादी वस्तू गणवेशात असताना तिचा मार्ग कसा दिसतो?

हालचाल?

५. एका प्रयोगादरम्यान, एका अंतराळयानातून आलेला सिग्नल पाच मिनिटांत ग्राउंड स्टेशनवर पोहोचला.

अंतराळयानाचे ग्राउंड स्टेशनपासून किती अंतर होते? सिग्नल प्रकाशाच्या वेगाने प्रवास करतो, म्हणजेच  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ .

उदाहरण ७.२ एका कारचा ओडोमीटर प्रवासाच्या सुरुवातीला २००० किमी आणि शेवटी २४०० किमी दाखवतो. जर प्रवासाला ८ तास लागले असतील, तर कारचा सरासरी वेग किमी तास-१ आणि ms -१ मध्ये काढा .

उपाय: उपाय: उपाय:

गाडीने कापलेले अंतर,  $s = 2400 \text{ किमी} - 2000 \text{ किमी} = 400 \text{ किमी}$   
गेलेला वेळ,  $t = 8 \text{ तास}$   
गाडीचा सरासरी वेग आहे,

$$\text{वाव} = \frac{s}{t} = \frac{400 \text{ किमी}}{8 \text{ तास}} = 50 \text{ किमी ताशी-१}$$

$$= 50 \frac{\text{किमी } 1000 \text{ मी } 1 \text{ तास}}{\text{तास } 1 \text{ किमी } 3600 \text{ सेकंद}} = 18.1 \text{ मिलीसेकंद-}$$

१ गाडीचा सरासरी वेग ५० किमी ताशी-१ किंवा १८.१ मिलीसेकंद -१ आहे .

उदाहरण ७.३ उषा ९० मीटर लांबीच्या तलावात पोहते. ती एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत पोहते आणि त्याच सरळ मार्गाने परत येत एका मिनिटात १८० मीटर अंतर पार करते.

उषाचा सरासरी वेग आणि सरासरी वेग शोधा.

उपाय: उपाय: उपाय:

उषाने १ मिनिटात कापलेले एकूण अंतर १८० मीटर आहे.

१ मिनिटात उषाचे विस्थापन = ० मीटर

$$\begin{aligned} \text{सरासरी वेग} &= \frac{\text{एकूण कापलेले अंतर}}{\text{एकूण वेळ}} \\ &= \frac{180 \text{ मी } 180 \text{ मी } 1 \text{ मिनिट} \times 1 \text{ मिनिट } 1 \text{ मिनिट } 60 \text{ सेकंद}}{1} \\ &= 3 \text{ मीटर से-१} \\ \text{सरासरी वेग} &= \frac{\text{विस्थापन}}{\text{एकूण वेळ}} \\ &= \frac{0 \text{ मी}}{60 \text{ सेकंद}} \\ &= 0 \text{ मिलीसेकंद -१} \end{aligned}$$

उषाचा सरासरी वेग ३ मीटर सेकंद-१ आहे आणि तिचा सरासरी वेग ० मीटर सेकंद-१ आहे .

७.३ वेग बदलाचा दर

सरळ रेषेत वस्तूची एकसमान हालचाल होत असताना, वेग वेळेनुसार स्थिर राहतो. या प्रकरणात, कोणत्याही वेळेच्या अंतरासाठी वस्तूच्या वेगातील बदल शून्य असतो.

तथापि, एकसमान नसलेल्या गतीमध्ये, वेग वेळेनुसार बदलतो. वेगवेगळ्या क्षणी आणि मार्गाच्या वेगवेगळ्या बिंदूवर त्याची मूल्ये वेगवेगळी असतात. अशा प्रकारे, कोणत्याही वेळेच्या अंतराने वस्तूच्या वेगातील बदल शून्य नसतो.

आता आपण एखाद्या वस्तूच्या वेगातील बदल व्यक्त करू शकतो का?

अशा प्रश्नाचे उत्तर देण्यासाठी, आपल्याला त्वरण नावाचे आणखी एक भौतिक प्रमाण सादर करावे लागेल, जे प्रति युनिट वेळेत वस्तूच्या वेगातील बदलाचे मोजमाप आहे. ते म्हणजे,

वेग प्रवेगातील बदल =

वेळ लागला

जर एखाद्या वस्तूचा वेग सुरुवातीच्या मूल्य  $u$  पासून अंतिम मूल्य  $v$  पर्यंत  $t$  वेळेत बदलला, तर त्वरण  $a$  असेल,

$$a = \frac{v - u}{t} \quad (७.३)$$

या प्रकारच्या गतीला त्वरित गती म्हणतात. जर त्वरण वेगाच्या दिशेने असेल तर ते धन मानले जाते आणि जर ते वेगाच्या दिशेने विरुद्ध असेल तर ते ऋण मानले जाते. त्वरणाचे SI एकक  $m\ s^{-2}$  आहे.

जर एखादी वस्तू सरळ रेषेत प्रवास करत असेल आणि तिचा वेग वेळेच्या समान अंतराने समान प्रमाणात वाढतो किंवा कमी होतो, तर त्या वस्तूचा त्वरण एकसमान असल्याचे म्हटले जाते. मुक्तपणे पडणाऱ्या वस्तूची गती ही एकसमान त्वरण गतीचे उदाहरण आहे. दुसरीकडे, जर एखादी वस्तूचा वेग एकसमान दराने बदलत असेल तर ती वस्तू एकसमान त्वरणाने प्रवास करू शकते. उदाहरणार्थ, जर सरळ रस्त्यावरून प्रवास करणारी कार वेळेच्या समान अंतराने तिचा वेग असमान प्रमाणात वाढवत असेल, तर ती कार एकसमान त्वरणाने चालत असल्याचे म्हटले जाते.

क्रियाकलाप क्रियाकलाप क्रियाकलाप

७.८

तुमच्या दैनंदिन जीवनात तुम्हाला अशा अनेक हालचाली आढळतात ज्यामध्ये (अ) त्वरण गतीच्या दिशेने असते, (ब) त्वरण गतीच्या दिशेने विरुद्ध असते, (क) त्वरण एकसमान असते, (ड) त्वरण एकसमान नसते. • तुम्ही प्रत्येकी एक उदाहरण ओळखू शकता का ?

वरील प्रकारच्या हालचालीसाठी?

उदाहरण ७.४ एका स्थिर स्थितीपासून सुरुवात करून, राहुल त्याची सायकल पॅडलने चालवतो जेणेकरून

हालचाल

३० सेकंदात  $6\ ms^{-1}$  वेग गाठा. नंतर तो ब्रेक लावतो जेणेकरून पुढील ५ सेकंदात सायकलचा वेग  $4\ ms^{-1}$  पर्यंत कमी होईल. दोन्ही प्रकरणांमध्ये सायकलचा प्रवेग मोजा.

उपाय:

पहिल्या प्रकरणात: प्रारंभिक

वेग,  $u = 0$ ; अंतिम वेग,  $v = 6\ ms^{-1}$ ; वेळ,  $t = 30\ s$ .

समीकरण (७.३) वरून, आपल्याकडे आहे

$$a = \frac{v - u}{t}$$

वरील समीकरणात  $u$ ,  $v$  आणि  $t$  ची दिलेली मूल्ये बदलून, आपल्याला मिळते

$$a = \frac{(6\ ms^{-1} - 0\ ms^{-1})}{30\ s} = 0.2\ ms^{-2}$$

दुसऱ्या प्रकरणात: प्रारंभिक वेग,  $u = 6$

$ms^{-1}$ ; अंतिम वेग,  $v = 4\ ms^{-1}$ ; वेळ,  $t = 5\ s$ .

$$a = \frac{(4\ ms^{-1} - 6\ ms^{-1})}{5\ s}$$

$$= -0.4\ ms^{-2}$$

पहिल्या प्रकरणात सायकलचा प्रवेग  $0.2\ ms^{-2}$  आहे आणि दुसऱ्या प्रकरणात, तो  $-0.4\ ms^{-2}$  आहे.

## वादविवाद

१. तुम्ही कधी म्हणाल की एखादी वस्तू (i) एकसमान त्वरणात आहे? (ii) एकसमान नसलेले त्वरण?

## प्रश्न

२. एक बस  $4\ ms^{-2}$  सेकंदात तिचा वेग  $40\ km\ hr^{-1}$  वरून  $60\ km\ hr^{-1}$  पर्यंत कमी करते.

बसचा प्रवेग शोधा.

३. रेल्वे स्थानकापासून सुरू होणारी आणि एकसारख्या प्रवेगाने जाणारी ट्रेन  $10\ minutes$   $40\ km\ hr^{-1}$  वेगाने पोहोचते. तिचा प्रवेग शोधा.

## ७.४ गतीचे ग्राफिकल प्रतिनिधित्व

विविध कार्यक्रमांबद्दल मूलभूत माहिती सादर करण्यासाठी आलेख एक सोयीस्कर पद्धत प्रदान करतात. उदाहरणार्थ, एकदिवसीय क्रिकेट सामन्याच्या प्रसारणात, उभ्या पट्टी आलेख प्रत्येक षटकात संघाचा धावगती दर्शवितात. तुम्ही गणिताचा अभ्यास केल्याप्रमाणे, सरळ रेषेचा आलेख दोन चल असलेल्या रेषीय समीकरणाचे निराकरण करण्यास मदत करतो.

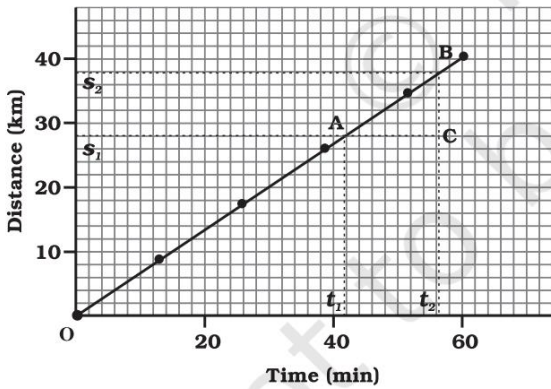
एखाद्या वस्तूच्या गतीचे वर्णन करण्यासाठी, आपण रेषा आलेख वापरू शकतो. या प्रकरणात, रेषा आलेख एका भौतिक राशीचे, जसे की अंतर किंवा वेग, दुसऱ्या राशीवर, जसे की वेळेवर अवलंबित्व दर्शवतात.

### ७.४.१ अंतर-वेळ आलेख

वेळेनुसार वस्तूच्या स्थितीत होणारा बदल सोयीस्कर पसंतीच्या प्रमाणात अंतर-काळ आलेखावर दर्शविला जाऊ शकतो.

या आलेखात,  $x$ -अक्षावर वेळ आणि  $y$ -अक्षावर अंतर घेतले आहे .

अंतर-वेळ आलेख विविध परिस्थितीत वापरले जाऊ शकतात जिथे वस्तू एकसमान गतीने, एकसमान गतीने हलतात, विश्रांतीवर राहतात इत्यादी.



आकृती ७.३: आकृती ७.३: आकृती ७.३: एकसमान वेगाने फिरणाऱ्या वस्तूचा अंतर-काळ आलेख

आपल्याला माहित आहे की जेव्हा एखादी वस्तू वेळेच्या समान अंतराने समान अंतर प्रवास करते तेव्हा ती एकसमान वेगाने हालते. यावरून असे दिसून येते की

वस्तूने कापलेले अंतर हे घेतलेल्या वेळेच्या थेट प्रमाणात असते. अशा प्रकारे, एकसमान गतीसाठी, वेळेच्या विरुद्ध कापलेल्या अंतराचा आलेख आकृती 7.3 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे एक सरळ रेषा असते.

आलेखातील OB भाग दाखवतो की अंतर एकसमान दराने वाढत आहे. लक्षात घ्या की, जर तुम्ही  $y$ -अक्षावर वस्तूने प्रवास केलेल्या अंतराच्या समान विस्थापनाचे परिमाण घेतले तर तुम्ही एकसमान गतीऐवजी एकसमान वेग हा शब्द देखील वापरू शकता .

एखाद्या वस्तूचा वेग निश्चित करण्यासाठी आपण अंतर-काळ आलेख वापरू शकतो. हे करण्यासाठी, आकृती 7.3 मध्ये दर्शविलेल्या अंतर-काळ आलेखाचा एक छोटासा भाग AB विचारात घ्या. बिंदू A पासून  $x$ -अक्षाला समांतर असलेली एक रेषा आणि बिंदू B पासून  $y$ -अक्षाला समांतर असलेली दुसरी रेषा काढा . या दोन्ही रेषा बिंदू C वर एकमेकांना भेटतात आणि ABC त्रिकोण तयार करतात. आता, आलेखावर, AC हा काळ मध्यांतर दर्शवितो (t

$t_2 - t_1$ ) तर BC हे अंतर ( $s_2 - s_1$ ) शी जुळते. आलेखावरून आपण पाहू शकतो की वस्तू A बिंदूपासून B कडे जात असताना, ती वेळेत ( $s_2 - s_1$ ) अंतर व्यापते -  $t_1$ ). म्हणून, वस्तूचा वेग,  $v$  (t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>) असे दर्शवता येते

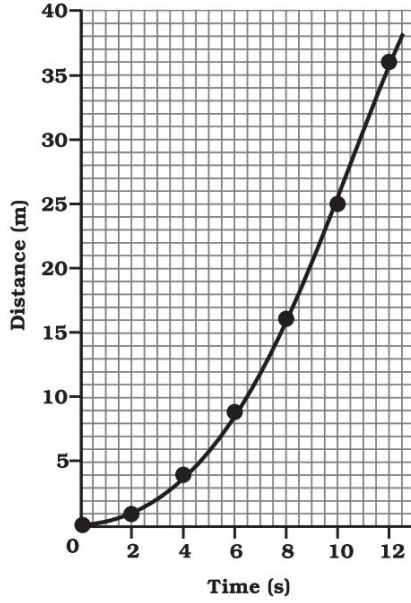
$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (७.४)$$

आपण प्रवेगक गतीसाठी अंतर-वेळ आलेख देखील काढू शकतो. तक्ता ७.२ मध्ये कारने दोन सेकंदांच्या अंतराने कापलेले अंतर दाखवले आहे.

### तक्ता ७.२: नियमित वेळेच्या अंतराने कारने कापलेले अंतर

वेळ सेकंदात अंतर मीटरमध्ये	
०	०
२	१
४	४
६	९
८	१६
१०	२५
१२	३६



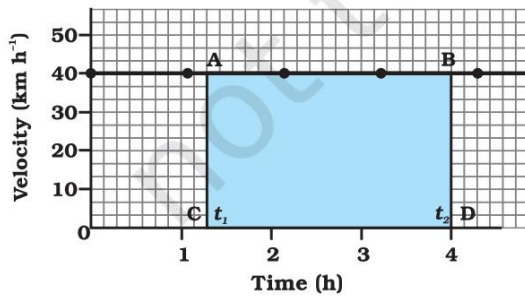


आकृती ७.४: एका गाडीचा अंतर-वेळ आलेख  
एकसमान वेग

कारच्या गतीसाठी अंतर-वेळ आलेख आकृती ७.४ मध्ये दाखवला आहे. लक्षात घ्या की या आलेखाचा आकार आधीच्या एकसमान गतीसाठीच्या अंतर-वेळ आलेखापेक्षा (आकृती ७.३) वेगळा आहे. या आलेखाचे स्वरूप वेळेसह कारने प्रवास केलेल्या अंतराचे अ-रेषीय फरक दर्शवते. अशा प्रकारे, आकृती ७.४ मध्ये दाखवलेला आलेख एकसमान गती नसलेली गती दर्शवतो.

### ७.४.२ वेग-वेळ आलेख

सरळ रेषेत फिरणाऱ्या वस्तूच्या वेळेनुसार वेगातील फरक वेग-काळ आलेखाने दर्शवता येतो. या आलेखात, x-अक्षाच्या बाजूने वेळ आणि वेग दर्शविला जातो.



आकृती ७.५: कारच्या एकसमान गतीसाठी वेग-वेळ आलेख

हालचाल

y-अक्षावर दर्शविले आहे. जर वस्तू एकसमान वेगाने फिरत असेल, तर तिच्या वेग-काळ आलेखाची उंची वेळेनुसार बदलणार नाही (आकृती 7.5). ती x-अक्षाला समांतर सरळ रेषा असेल. आकृती 7.5 मध्ये 40 किमी ताशी एकसमान वेगाने फिरणाऱ्या कारचा वेग-काळ आलेख दाखवला आहे. आपल्याला माहित आहे की वेग आणि वेळेचा गुणाकार एकसमान वेगाने फिरणाऱ्या वस्तूचे विस्थापन देतो. वेग-काळ आलेख आणि वेळ अक्ष यांनी वेढलेले क्षेत्रफळ विस्थापनाच्या परिमाणाइतके असेल.

आकृती 7.5 वापरून गाडीने किती अंतर कापले हे जाणून घेण्यासाठी, आलेखावरील वेळेच्या  $t$  आणि  $t_2$  शी संबंधित  $s$  बिंदूपासून लंब असलेल्या वेळेच्या  $t_1$  आणि  $t$  दरम्यान, 40 किमी h<sup>-1</sup> चा वेग उंची AC किंवा BD आणि वेळ (t लांबी AB) द्वारे दर्शविला जातो.

$s = t_2 - t_1$  ) द्वारे दर्शविले जाते

म्हणून, कारने  $t_1$  मध्ये हलवलेले अंतर ) असे व्यक्त करता येते  
वेळ (टी  $t_2$

$$s = \text{एसी} \times \text{सीडी}$$

$$= [(40 \text{ किमी ताशी} - 1) \times (t = 40 (t_2 - t_1) \text{ h})]$$

$$= (t_2 - t_1) \text{ किमी}$$

$$= \text{आयताचे क्षेत्रफळ ABDC (छायाचित्र 7.5).}$$

मध्ये

आपण वेग-वेळ आलेख काढून एकसारख्या प्रवेगित गतीचा अभ्यास करू शकतो. एका गाडीचे इंजिन तपासण्यासाठी ती सरळ रस्त्यावरून चालविली जात आहे याचा विचार करा. समजा, ड्रायव्हरच्या शेजारी बसलेली व्यक्ती दर 5 सेकंदांनी गाडीच्या स्पीडोमीटरचे वाचन लक्षात घेऊन तिचा वेग नोंदवते. वेळेच्या वेगवेगळ्या क्षणी कारचा वेग किमी -तास-1 मध्ये तसेच ms -1 मध्ये दाखवला आहे.

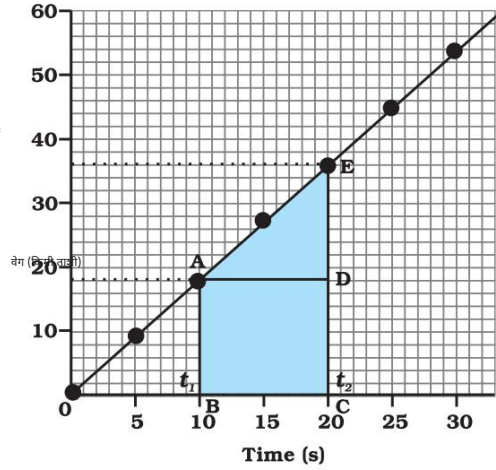
तक्ता ७.३ मध्ये.

### तक्ता ७.३: नियमित क्षणी कारचा वेग

वेळ (वेळे)	गाडीचा वेग (किमी ताशी-१) (मिसेकंद -१)	
०	०	०
५	२.५	९
१०	५.०	१८
१५	७.५	२७
२०	१०.०	३६
२५	१२.५	४५
३०	१५.०	५४



या प्रकरणात, कारच्या गतीसाठी वेग-वेळ आलेख आकृती 7.6 मध्ये दर्शविला आहे. आलेखाचे स्वरूप दर्शविते की वेग वेळेच्या समान अंतराने समान प्रमाणात बदलतो. अशा प्रकारे, सर्व समान प्रवेगित गतीसाठी, वेग-वेळ आलेख एक सरळ रेषा आहे.



आकृती ७.६: एकसमान प्रवेगांसह चालणाऱ्या कारचा वेग-वेळ आलेख.

तुम्ही गाडीच्या वेग-वेळ आलेखावरून गाडीने हलवलेले अंतर देखील ठरवू शकता.

वेग-काळ आलेखाखालील क्षेत्रफळ दिलेल्या वेळेच्या अंतराने कारने हलवलेले अंतर (विस्थापनाचे परिमाण) दर्शवते.

जर गाडी एकसारख्या वेगाने चालत असती, तर तिने प्रवास केलेले अंतर आलेखाखालील ABCD क्षेत्राद्वारे दर्शविले असते (आकृती 7.6). प्रवेगामुळे गाडीच्या वेगाचे परिमाण बदलत असल्याने, गाडीने प्रवास केलेले अंतर वेग-वेळ आलेखाखालील ABCDE क्षेत्राद्वारे दिले जाईल (आकृती 7.6).

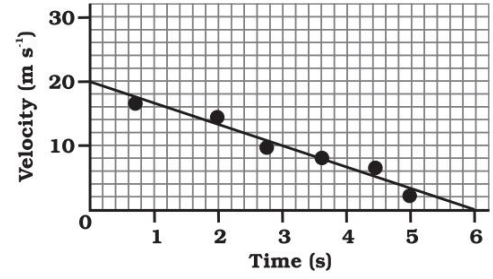
म्हणजेच,  $s =$

क्षेत्रफळ ABCDE

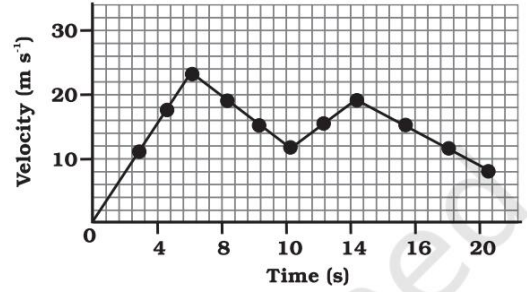
$=$  आयताचे क्षेत्रफळ ABCD + त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ ADE

$=$  अब्राहम  $\times$  इ.स.पू. +  $\frac{1}{2}$  (एडी  $\times$  डे) २

एकसमान नसलेल्या प्रवेगक गतीच्या बाबतीत, वेग-काळ आलेख कोणत्याही आकाराचे असू शकतात.



(a)



(b)

आकृती ७.७: एकसमान नसलेल्या प्रवेगक गतीमध्ये वस्तूचा वेग-काळ आलेख.

आकृती ७.७(अ) मध्ये वेग-काळ आलेख दाखवला आहे जो वेळेनुसार कमी होत असलेल्या वस्तूच्या गतीचे प्रतिनिधित्व करतो तर आकृती ७.७(ब) मध्ये वेग-काळ आलेख दाखवला आहे जो वेळेनुसार वस्तूच्या वेगातील एकसमान फरकाचे प्रतिनिधित्व करतो. हे आलेख समजून घेण्याचा प्रयत्न करा.

क्रियाकलाप क्रियाकलाप क्रियाकलाप

७.९

- तीन स्थानक A, B आणि C वरील ट्रेनच्या आगमन आणि सुटण्याच्या वेळा आणि स्थानक B आणि C मधील स्थानक A पासूनचे अंतर तक्ता 7.4 मध्ये दिले आहे.

तक्ता ७.४: A पासून स्थानक B आणि C चे अंतर आणि ट्रेनच्या आगमन आणि सुटण्याच्या वेळा

स्टेशन अंतर वेळ	वेळ	
	आगमन पासून निर्गमन (तास) (तास)	(किमी)
अ	०८:००	०८:१५
ब	०	११:१५
क	१२:१०	१३:००

- कोणत्याही दोन स्थानकांमधील ट्रेनची गती एकसारखी आहे असे गृहीत धरून अंतर-वेळ आलेख तयार करा आणि त्याचा अर्थ लावा.

#### ४. वेग-काळ आलेखाच्या खाली व्यापलेल्या क्षेत्राद्वारे मोजले जाणारे प्रमाण किती आहे?

- फिरोज आणि त्याची बहीण सानिया त्यांच्या सायकलने शाळेत जातात. दोघेही त्यांच्या घरापासून एकाच वेळी निघतात परंतु शाळेत पोहोचण्यासाठी वेगवेगळ्या वेळा घेतात जरी ते एकाच मार्गाने जातात.

तक्ता ७.५ मध्ये त्यांनी वेगवेगळ्या काळात कापलेले अंतर दाखवले आहे.

तक्ता ७.५: फिरोज आणि सानिया यांनी वेगवेगळ्या वेळी त्यांच्या सायकलवरून कापलेले अंतर

वेळ	फिरोजने सानियाने पार केलेले अंतर (किमी)	(किमी)
सकाळी ८:०० वाजता	०	०
सकाळी ८:०५	१.०	०.८
सकाळी ८:१०	१.९	१.६
सकाळी ८:१५ वाजता	२.८	२.३
सकाळी ८:२०	३.६	३.०
सकाळी ८:२५	-	३.६

- त्यांच्या गतीसाठी अंतर-काळाचा आलेख समान प्रमाणात तयार करा आणि अर्थ लावा.

### वादविवाद

#### प्रश्न

- एखाद्या वस्तूच्या एकसमान आणि एकसमान गतीसाठी अंतर-काळ आलेखांचे स्वरूप काय आहे?
- ज्या वस्तूचा अंतर-काळ आलेख काळ अक्षाला समांतर सरळ रेषा असतो, त्याच्या गतीबद्दल तुम्ही काय म्हणू शकता?
- जर एखाद्या वस्तूचा वेग-काळ आलेख काळ अक्षाला समांतर सरळ रेषा असेल तर त्याच्या गतीबद्दल तुम्ही काय म्हणू शकता?

## ७.५ गती समीकरणे

जेव्हा एखादी वस्तू एका सरळ रेषेत एकसमान प्रवेगाने फिरते, तेव्हा तिचा वेग, गती दरम्यानचा प्रवेग आणि तिने एका विशिष्ट वेळेच्या अंतरात कापलेले अंतर हे समीकरणांच्या संचाद्वारे जोडता येते ज्याला गती समीकरणे म्हणतात. सोयीसाठी, अशा तीन समीकरणांचा संच खाली दिला आहे:  $v = u + at$  (7.5)  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$  (7.6)  $2 = v^2 - u^2$  (7.7) जिथे  $u$  हा वस्तूचा प्रारंभिक वेग आहे जो वेळेसाठी एकसमान प्रवेगाने फिरतो,  $v$  हा अंतिम वेग आहे आणि  $s$  हा वस्तूने वेळेत  $t$  मध्ये प्रवास केलेले अंतर आहे. समीकरण (7.5) वेग-वेळ संबंध वर्णन करते आणि समीकरण (7.6) स्थिती-वेळ संबंध दर्शवते. समीकरण (7.7), जे स्थिती आणि वेग यांच्यातील संबंध दर्शवते, ते समीकरण (7.5) आणि (7.6) वरून  $t$  काढून टाकून मिळवता येते. ही तीन समीकरणे ग्राफिकल पद्धतीने काढता येतात.

उदाहरण ७.५ विश्रांतीपासून सुरू होणारी ट्रेन ५ मिनिटांत ७२ किमी ताशी-१ वेग गाठते. प्रवेग एकसमान आहे असे गृहीत धरून, (i) प्रवेग आणि (ii) हा वेग गाठण्यासाठी ट्रेनने कापलेले अंतर शोधा.

उपाय:

आपल्याला  $u = 0$  दिले आहे;  $v =$

72 किमी ताशी-1 = 20 मीटर से-1 आणि  $t = 5$  मिनिटे = 300 सेकंद.

(i) समीकरण (7.5) वरून आपल्याला

माहित आहे की  $(v - u)$

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$= \frac{20 \text{ मल्लिसेकंद} - 0 \text{ मल्लिसेकंद}}{300 \text{ चे दशक}}$$

$$\frac{20}{30} = \frac{2}{3} \text{ मल्लिसेकंद}$$

- (ii) समीकरण (7.7) वरून आपल्याला  $2 = v_2 - u_2$   
 $= v_2 - 0$  मिळतात, म्हणून,

$$\begin{aligned} \text{एस} &= \frac{\text{इंच}^2}{2 \text{ अ}} \\ &= \frac{(20 \text{ मिलीसेकंद})^{-1} \times 2}{2 \times (1/15) \text{ मिलीसेकंद}^{-1}} \\ &= 3000 \text{ मी} = 3 \\ &\text{किमी} \end{aligned}$$

ट्रेनचा प्रवेग २ मीटर सेकंद-१५ आहे.

आणि प्रवास केलेले अंतर ३ किमी आहे.

उदाहरण ७.६ एक कार ५ सेकंदात १८ किमी ताशी-१ ते ३६ किमी ताशी-१ या वेगाने एकसारखी गती घेते.

- (i) त्या वेळेत कारने कापलेले प्रवेग आणि (ii) अंतर मोजा.

उपाय:

आपल्याला दिले आहे की  $u = 18$   
 किमी ताशी-१ = ५ महसेकंद  $-1$   $v = 36$  किमी  
 ताशी-१ = १० महसेकंद  $-1$  आणि  $t = 5$  महसेकंद

- (i) समीकरण (7.5) पासून आपल्याकडे आहे

$$\begin{aligned} \text{अ} &= \frac{v_2 - u_2}{t} \\ &= \frac{10 - 5 \text{ महसेकंद}^{-1}}{5 \text{ सेकंद}} \\ &= 1 \text{ मिलीसेकंद}^{-1} \end{aligned}$$

- २ (ii) समीकरण (७.६) पासून आपल्याला

$$\begin{aligned} s &= ut + \frac{1}{2} at^2 \\ &= 5 \text{ महसेकंद}^{-1} \times 5 \text{ सेकंद} + \frac{1}{2} \times 1 \text{ मिलीसेकंद}^{-1} \times (5 \text{ सेकंद})^2 \\ &= 25 \text{ मीटर} + 12.5 \text{ मीटर} \\ &= 37.5 \text{ मीटर} \end{aligned}$$

गाडीचा प्रवेग १ मीटर सेकंद-२ आहे आणि कापलेले अंतर ३७.५ मीटर आहे.

उदाहरण ७.७ गाडीला लावलेले ब्रेक गतीच्या विरुद्ध दिशेने ६ मीटर सेकंद-२ इतका प्रवेग निर्माण करतात. ब्रेक लावल्यानंतर गाडीला थांबण्यासाठी २ सेकंद लागले तर या काळात ती किती अंतर पार करते ते मोजा.

उपाय:

आपल्याला  $= -6 \text{ ms}^{-2}$  दिले आहे ;  $t$   
 $= 2 \text{ s}$  आणि  $v = 0 \text{ ms}^{-1}$  समीकरण (7.5) वरून आपल्याला माहित आहे .  
 की  $v = u + at$   $0 = u + (-6 \text{ ms}^{-2}) \times 2 \text{ s}$  किंवा  $u = 12 \text{ ms}^{-1}$

समीकरण (7.6) वरून आपल्याला मिळते

$$\begin{aligned} s &= ut + \frac{1}{2} at^2 \\ &= (12 \text{ मिलीसेकंद}^{-1}) \times (2 \text{ सेकंद}) + \frac{1}{2} (-6 \text{ मिलीसेकंद}^{-2}) (2 \text{ सेकंद})^2 \\ &= 24 \text{ मीटर} - 12 \text{ मीटर} = \\ &= 12 \text{ मीटर} \end{aligned}$$

अशाप्रकारे, ब्रेक लावल्यानंतर गाडी थांबण्यापूर्वी १२ मीटर पुढे जाईल. आता तुम्हाला समजेल का की रस्त्यावर प्रवास करताना चालकांना वाहनांमध्ये काही अंतर राखण्याचा इशारा का दिला जातो?

## वादविवाद

### प्रश्न

१. विश्रांतीपासून सुरू होणारी बस २ मिनिटांसाठी ०.१ मीटर से-२ च्या एकसमान प्रवेगाने पुढे जाते . (अ) मिळवलेला वेग, (ब) प्रवास केलेला अंतर शोधा.

२. एक ट्रेन ९० किमी ताशी-१ वेगाने धावत आहे. ब्रेक लावले जातात जेणेकरून  $-0.५$  मीटर से-२ चा एकसमान प्रवेग निर्माण होईल. ट्रेन थांबण्यापूर्वी ती किती अंतरावर जाईल ते शोधा.

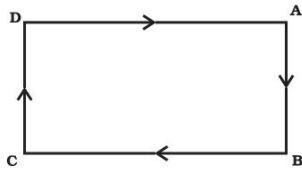
३. एका ट्रॉलीला झुकलेल्या विमानातून खाली जाताना २ सेमी  $s^{-2}$  इतका प्रवेग असतो. सुरुवातीनंतर ३ सेकंदांनी त्याचा वेग किती असेल ?

४. एका रेंसिंग कारचा एकसमान प्रवेग ४ मीटर सेकंद-२ असतो. सुरुवात केल्यानंतर १० सेकंदात ती किती अंतर कापेल ?

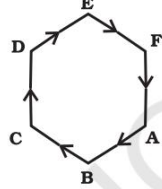
५. एका दगडाला ५ मीटर से-१ वेगाने उभ्या दिशेने फेकले जाते . जर दगडाच्या हालचालीदरम्यान त्याचा प्रवेग खालच्या दिशेने १० मीटर से-२ असेल , तर दगडाची उंची किती असेल आणि तिथे पोहोचण्यासाठी त्याला किती वेळ लागेल ?

## ७.६ एकसमान वर्तुळाकार गती

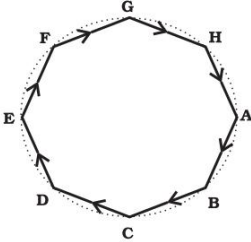
जेव्हा एखाद्या वस्तूचा वेग बदलतो तेव्हा आपण म्हणतो की ती वस्तू प्रवेगक आहे. वेगातील बदल तिच्या परिमाणात किंवा गतीच्या दिशेने किंवा दोन्हीमुळे होऊ शकतो. एखादी वस्तू तिच्या वेगाचे परिमाण बदलत नाही तर फक्त तिच्या गतीची दिशा बदलते असे उदाहरण तुम्हाला आठवते का?



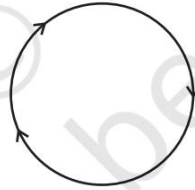
(a) आयताकृती ट्रॅक



(b) षटकोनी ट्रॅक



(c) अष्टकोनी आकाराचा ट्रॅक (d) वर्तुळाकार ट्रॅक



आकृती ७.८: वेगवेगळ्या आकारांच्या बंद ट्रॅकवरून खेळाडूची हालचाल.

बंद मार्गावर शरीराच्या हालचालीचे उदाहरण पाहू. आकृती ८.९ (अ) मध्ये एका खेळाडूचा आयताकृती ABCD ट्रॅकवरून मार्ग दाखवला आहे. समजा तो खेळाडू एका समान वेगाने धावतो.

ट्रॅकचे सरळ भाग AB, BC, CD आणि DA.

स्वतःला ट्रॅकवर ठेवण्यासाठी, तो कोपऱ्यांवर वेगाने आपला वेग बदलतो. एक फेरी पूर्ण करताना खेळाडूला त्याच्या हालचालीची दिशा किती वेळा बदलावी लागेल? हे स्पष्ट आहे की एकदा आयताकृती ट्रॅकवर जाण्यासाठी, त्याला त्याच्या हालचालीची दिशा चार वेळा बदलावी लागेल.

आता, समजा, आयताकृती ट्रॅकऐवजी, खेळाडू आकृती ७.८(b) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे षटकोणी आकाराच्या मार्गावर ABCDEF धावत आहे. या परिस्थितीत, खेळाडूला एक फेरी पूर्ण करताना सहा वेळा त्याची दिशा बदलावी लागेल. जर ट्रॅक षटकोणी नसून नियमित अष्टकोनी असेल, ज्याच्या आकृती ७.८(c) मध्ये ABCDEFGH ने दाखवल्याप्रमाणे आठ समान बाजू असतील तर काय होईल? असे दिसून येते की ट्रॅकच्या बाजूंची संख्या वाढत असताना खेळाडूला अधिकाधिक वेळा वळणे घ्यावी लागतात. आपण बाजूंची संख्या अनिश्चितपणे वाढवत असताना ट्रॅकच्या आकाराचे काय होईल? जर तुम्ही असे केले तर तुम्हाला लक्षात येईल की ट्रॅकचा आकार वर्तुळाच्या आकाराजवळ येतो आणि प्रत्येक बाजूची लांबी एका बिंदूपर्यंत कमी होते. जर खेळाडू वर्तुळाकार मार्गावर स्थिर परिमाणाच्या वेगाने हालचाल करत असेल, तर त्याच्या वेगात होणारा एकमेव बदल गतीच्या दिशेने बदल झाल्यामुळे होतो. म्हणून, वर्तुळाकार मार्गावरून फिरणाऱ्या खेळाडूची गती ही प्रवेगक गतीचे उदाहरण आहे.

आपल्याला माहित आहे की वर्तुळाचा परिघ

त्रिज्या  $r$  ची  $2\pi r$  ने दिली आहे .

जर खेळाडूला  $t$  त्रिज्याच्या वर्तुळाकार

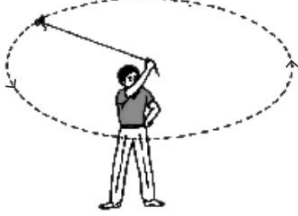
मार्गाभोवती एकदा जाण्यासाठी  $t$  सेकंद लागले, तर  $v$  चा वेग द्वारे दिला जातो

$$\text{मध्ये} = \frac{2 \text{ आर पी}}{\tau}$$

(७.८)

जेव्हा एखादी वस्तू वर्तुळाकार मार्गाने एकसमान गतीने हालचाल करते तेव्हा तिच्या गतीला एकसमान वर्तुळाकार गती म्हणतात.

- एका धाग्याचा तुकडा घ्या आणि त्याच्या एका टोकाला दगडाचा एक छोटा तुकडा बांधा. आकृती ७.९ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, दुसऱ्या टोकाला धागा धरून, स्थिर गतीने वर्तुळाकार मार्गाचे वर्णन करण्यासाठी दगड हलवा.



आकृती ७.९: स्थिर तीव्रतेच्या वेगासह वर्तुळाकार मार्गाचे वर्णन करणारा दगड.

- आता, धागा सोडून दगड जाऊ द्या.
- दगड सोडल्यानंतर तो कोणत्या दिशेने सरकतो हे तुम्ही सांगू शकाल का? • ही क्रिया काही वेळा पुनरावृत्ती करून आणि वर्तुळाकार मार्गाच्या वेगवेगळ्या स्थानांवर दगड सोडून, दगड ज्या दिशेने सरकतो ती दिशा तशीच राहते की नाही ते तपासा.

जर तुम्ही काळजीपूर्वक लक्षात घेतले तर, दगड सोडल्यावर तो वर्तुळाकार मार्गाच्या स्पर्शिके सरळ रेषेने पुढे सरकतो. कारण एकदा दगड सोडला की, तो त्या क्षणी ज्या दिशेने जात होता त्याच दिशेने पुढे जात राहतो. यावरून असे दिसून येते की दगड वर्तुळाकार मार्गावरून जात असताना प्रत्येक बिंदूवर हालचालीची दिशा बदलत असे.

जेव्हा एखादा खेळाडू क्रीडा स्पर्धेत हातोडा किंवा डिस्कस फेकतो तेव्हा तो हातात हातोडा किंवा डिस्कस धरतो आणि स्वतःचे शरीर फिरवून त्याला वर्तुळाकार गती देतो. इच्छित दिशेने सोडल्यानंतर, हातोडा किंवा डिस्कस ज्या दिशेने तो सोडला गेला त्याच दिशेने फिरतो, जसे वर वर्णन केलेल्या कृतीतील दगडाचा तुकडा. एकसमान वर्तुळाकार गतीने वस्तू हलवण्याची अनेक परिचित उदाहरणे आहेत, जसे की चंद्र आणि पृथ्वीची हालचाल, पृथ्वीभोवती वर्तुळाकार कक्षेत उपग्रह, स्थिर वेगाने वर्तुळाकार ट्रॅकवर सायकलस्वार इ.

## तुम्ही काय शिकलात



- गती म्हणजे स्थानातील बदल; त्याचे वर्णन हलवलेल्या अंतराच्या किंवा विस्थापनाच्या संदर्भात करता येते. • एखाद्या वस्तूची गती तिचा वेग स्थिर आहे की बदलत आहे यावर अवलंबून एकसमान किंवा अ-समान असू शकते. • एखाद्या वस्तूचा वेग म्हणजे प्रति युनिट वेळेत कापलेले अंतर आणि वेग म्हणजे प्रति युनिट वेळेत विस्थापन. • एखाद्या वस्तूचे प्रवेग म्हणजे प्रति युनिट वेळेत वेगातील बदल.

युनिट वेळ.

- वस्तूच्या एकसमान आणि एकसमान नसलेल्या गती आलेखांद्वारे दाखवता येतात. • एकसमान त्वरणाने हालणान्या वस्तूची गती खालील समीकरणांच्या मदतीने वर्णन करता येते, म्हणजे

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

जिथे  $u$  हा वस्तूचा प्रारंभिक वेग आहे, जो वेळे  $t$  साठी एकसमान त्वरण  $a$  ने फिरतो,  $v$  हा तिचा अंतिम वेग आहे आणि  $s$  हा वेळे  $t$  मध्ये तिने प्रवास केलेले अंतर आहे.

- जर एखादी वस्तू वर्तुळाकार मार्गाने एकसमान गतीने हालचाल करत असेल तर तिच्या गतीला एकसमान वर्तुळाकार गती म्हणतात.

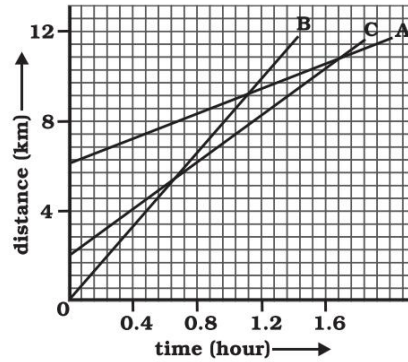


## व्यायाम

- एक खेळाडू २०० मीटर व्यासाच्या वर्तुळाकार ट्रॅकची एक फेरी ४० सेकंदात पूर्ण करतो. २ मिनिटे २० सेकंदांच्या शेवटी कापलेले अंतर आणि विस्थापन किती असेल?
- जोसेफ ३०० मीटर सरळ रस्त्याच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत २ मिनिटे ३० सेकंदात धावतो आणि नंतर वळून १०० मीटर धावून आणखी १ मिनिटात बिंदू C पर्यंत जातो. जाँगिंगमध्ये जोसेफचा सरासरी वेग आणि वेग किती आहे (अ) अ ते ब आणि (ब) अ ते क?
- अब्दुल शाळेत जाताना त्याच्या प्रवासाचा सरासरी वेग २० किमी ताशी-१ आहे असे मोजतो. त्याच मार्गाने परतताना, कमी रहदारी असते आणि सरासरी वेग ३० किमी ताशी-१ आहे. अब्दुलच्या प्रवासाचा सरासरी वेग किती आहे?
- सरोवरावर विश्रांतीपासून सुरू होणारी मोटरबोट ८.० सेकंदांसाठी ३.० मीटर सेकंड-२ या स्थिर वेगाने सरळ रेषेत वेग घेते. या काळात बोट किती अंतर प्रवास करते?
- ५२ किमी ताशी-१ वेगाने प्रवास करणाऱ्या कारचा चालक ब्रेक लावतो. आलेखावरील त्या कालावधीत कारने कापलेल्या अंतराचे प्रतिनिधित्व करणारा भाग सावलीत करा. (ब) आलेखाचा कोणता भाग एकसमान गती दर्शवतो?

गाडी?

- आकृती ७.१० मध्ये अ, ब आणि क या तीन वस्तूंचा अंतर-काल आलेख दाखवला आहे. आलेखाचा अभ्यास करा आणि खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या:

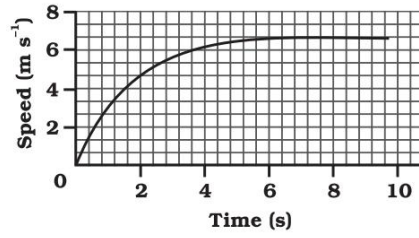


आकृती ७.१० आकृती ७.१० आकृती ७.१०

(अ) तिघांपैकी कोण सर्वात वेगाने प्रवास करत आहे? (ब) तिघेही रस्त्यावर एकाच ठिकाणी आहेत का? (क) जेव्हा B अ ला ओलांडतो तेव्हा C ने किती अंतर प्रवास केला आहे? (ड) B क ला ओलांडतो तेव्हा B ने किती अंतर प्रवास केला आहे?

७. २० मीटर उंचीवरून एका चेंडूला हळूवारपणे खाली सोडले जाते. जर त्याचा वेग १० मीटर से-२ च्या वेगाने वाढला तर तो किती वेगाने जमिनीवर आदळेल? किती वेळाने तो जमिनीवर आदळेल?

८. कारचा वेग-वेळ आलेख आकृती ७.११ मध्ये दाखवला आहे.



आकृती ७.११

(अ) पहिल्या ४ सेकंदात गाडी किती अंतर प्रवास करते ते शोधा. आलेखावरील त्या कालावधीत कारने कापलेले अंतर दर्शविणारा भाग सावलीत काढा.

(ब) आलेखाचा कोणता भाग एकसमान गती दर्शवतो? गाडी?

९. खालीलपैकी कोणत्या परिस्थिती शक्य आहेत ते सांगा आणि या प्रत्येक परिस्थितीचे उदाहरण द्या: (अ) स्थिर प्रवेग असलेली परंतु शून्य असलेली वस्तू

वेग

(ब) त्वरणाने परंतु एकसमान गतीने हालणारी वस्तू वेग.

(c) लंब दिशेने त्वरण असलेल्या एका विशिष्ट दिशेने हालचाल करणारी वस्तू.

१०. एक कृत्रिम उपग्रह ४२२५० किमी त्रिज्येच्या वर्तुळाकार कक्षेत फिरत आहे. पृथ्वीभोवती फिरण्यासाठी त्याला २४ तास लागतात का, याचा वेग काढा.