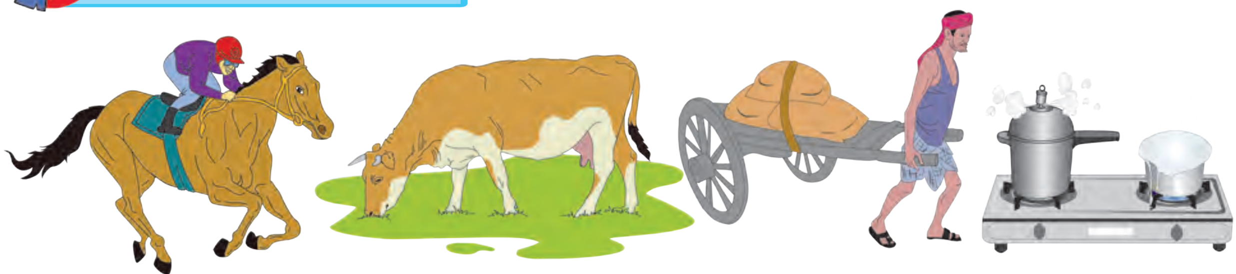
7. गती, बल व कार्य

निरीक्षण करा व चर्चा करा.



7.1 कार्य

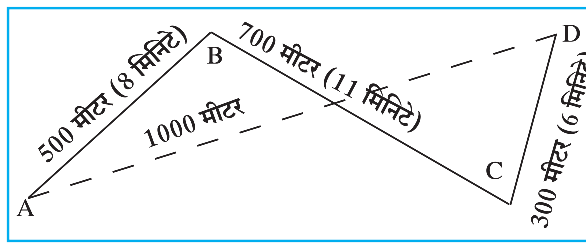
थोडे आठवा. गती म्हणजे काय ? गतीमध्ये बदल कशामुळे होतो ?

वस्तूवर बल कार्य करते तेव्हा तिच्या गतीमध्ये किंवा आकारामध्ये बदल होतो. हे आपण पाहिले आहे. आता बलाने कार्य कसे घडते ते पाहू.

अंतर व विस्थापन (Distance and displacement)

रणजितचे घर A या ठिकाणी आहे. D या ठिकाणी त्याच्या शाळेत पोहोचण्यासाठी त्याने कापलेले अंतर बाजूच्या चित्रात दाखवले आहे. रणजितने दिशेचा विचार न करता AB+BC+CD अंतर कापले. मात्र असे केल्यावर त्याचे विस्थापन AD इतके झाले. चित्रामध्ये रणजितचे घरापासून शाळेपर्यंत झालेले विस्थापन तुटक रेषा AD ने दाखवले आहे. AD हे रणजितच्या घरापासून शाळेपर्यंतचे सरळ रेषेतील कमीत कमी अंतर आहे.

एका विशिष्ट दिशेने सरळ रेषेत कापलेल्या कमीत कमी अंतरास विस्थापन असे म्हणतात.



7.2 अंतर व विस्थापन

अंतर : एखाद्या गतिमान वस्तूने दिशेचा विचार न करता, प्रत्यक्ष पूर्ण केलेल्या मार्गाची लांबी म्हणजे अंतर होय. अंतर ही अदिश राशी होय.

विस्थापन : एखाद्या गतिमान वस्तूने आरंभीच्या ठिकाणापासून अंतिम ठिकाणापर्यंत पोहोचण्यासाठी एका दिशेने पार केलेले कमीत कमी अंतर म्हणजे विस्थापन होय.

विस्थापनामध्ये अंतर व दिशा या दोन्ही गोष्टींचा विचार होतो म्हणून विस्थापन ही सदिश राशी आहे.

अंतर व विस्थापन या दोन्ही राशींचे SI व MKS मापन पद्धतीतील एकक मीटर (m) हेच आहे.

चाल व वेग (Speed and Velocity)

1. चाल म्हणजे काय ?
2. चाल काढण्याचे सूत्र कोणते आहे ?

जेव्हा आपण एखाद्या गाडीची चाल 40 किमी प्रतितास असे सांगतो तेव्हा दिशा सांगण्याची आवश्यकता नसते, परंतु वादळ एखाद्या निश्चित ठिकाणी येणार की नाही याची कल्पना येण्यासाठी दिशेचा उल्लेख करणे अनिवार्य ठरते.

वेग : वेग म्हणजे विशिष्ट दिशेने एकक कालावधीत वस्तूने कापलेले अंतर होय. वस्तूचा वेग खालील सूत्राच्या साहाय्याने काढता येतो.

$$\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{विस्थापनाला लागलेला वेळ (कालावधी)}}$$

चला एकक शोधूया.

कृती	चाल	वेग
सूत्र लिहा.	चाल =	वेग =
राशींची एकके लिहा.	अंतर : --- कालावधी: ---	विस्थापन : --- कालावधी: ---
सूत्रांमध्ये राशींऐवजी एकके ठेवा. तुम्हांला चाल व वेग यांचे एकक मिळेल.		

चाल किंवा वेगाचे एकक हे मीटर/सेकंद म्हणजे (m/s) असे लिहिले जाते.

वरील सूत्रांचा वापर करून आकृती 7.2 प्रमाणे रणजितचा शाळेत जाण्याचा वेग व चाल काढूया.

रणजितने घरापासून शाळेपर्यंत प्रत्यक्ष कापलेले अंतर = AB + BC + CD

= 500 मीटर + 700 मीटर + 300 मीटर = 1500 मीटर

रणजितला घरापासून शाळेपर्यंत पोहोचण्यासाठी लागलेला एकूण वेळ = 8 मिनिटे + 11 मिनिटे + 6 मिनिटे = 25 मिनिटे

रणजितचे घरापासून शाळेपर्यंत झालेले विस्थापन = 1000 मीटर

अ. रणजितचा शाळेत जाण्याचा वेग

$$\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{एकूण लागलेला वेळ}} = \frac{1000 \text{ मीटर}}{25 \text{ मिनिटे}} = \frac{40 \text{ मीटर}}{60 \text{ सेकंद}} = 0.66 \text{ मीटर/सेकंद}$$

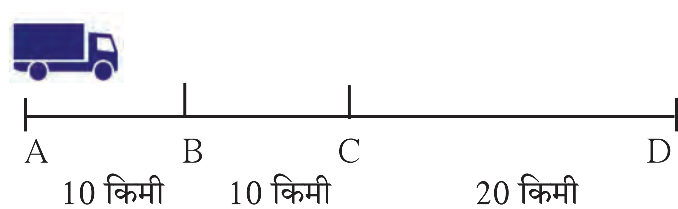
ब. रणजितची शाळेत जाण्याची चाल

$$\text{चाल} = \frac{\text{कापलेले अंतर}}{\text{वेळ}} = \frac{1500 \text{ मीटर}}{25 \text{ मिनिटे}} = \frac{60 \text{ मीटर}}{60 \text{ सेकंद}} = 1 \text{ मीटर/सेकंद}$$

रणजितने शाळेत जाताना कमीत कमी अंतराचा सरळ मार्ग घेतला नाही. त्यामुळे त्याचा वेग व चाल यांचे परिमाण वेगवेगळे आले. जर रणजित प्रत्यक्षात AD या सरळ मार्गाने गेला तर त्याचा वेग व चाल यांचे परिमाण एकच असेल.

सरासरी वेग व तात्कालिक वेग : एखादी वस्तू सरळ रेषेत जाताना सुद्धा तिचा वेग बदलू शकतो. उदाहरणार्थ, एक ट्रक A या ठिकाणापासून D या ठिकाणापर्यंत 40 किमी सरळ रेषेत जात आहे. म्हणजेच AD एवढे विस्थापन होईल.

त्याला लागणारा एकूण कालावधी जर 1 तास असेल, तर त्याचा सरासरी वेग 40 किमी/तास इतका होईल; परंतु AB हे 10 किमी अंतर ट्रकने 10 मिनिटांत, BC हे अंतर 20 मिनिटांत आणि CD हे अंतर 30 मिनिटांत पार केले असेल, तर



7.3 विस्थापन

$$\text{AB अंतराचा प्रतितास वेग} = \frac{10 \text{ किमी}}{10 \text{ मिनिटे}} = \frac{60 \text{ किमी}}{60 \text{ मिनिटे}} = 60 \text{ किमी /तास}$$

आता BC व CD अंतरासाठी वेग काढा. याचा अर्थ AB, BC व CD या भागांसाठी ट्रकचा वेग वेगवेगळा आहे, परंतु संपूर्ण रस्त्यासाठी सरासरी वेग 40 किमी /तास इतका आहे. एका विशिष्ट क्षणी असलेल्या वेगाला तात्कालिक वेग असे म्हणतात. हा वेगवेगळ्या वेळी वेगवेगळा असू शकतो.

त्वरण (Acceleration)

मागील उदाहरणात AB हे अंतर ट्रकने 60 किमी/तास इतक्या वेगाने, तर BC हे अंतर 30 किमी/तास इतक्या वेगाने पार केले आहे व CD हे अंतर 40 किमी/तास वेगाने कापले आहे, म्हणजे BC ह्या अंतरासाठीच्या वेगापेक्षा CD अंतरासाठीचा वेग जास्त आहे. वेगातील हा बदल किती सेकंदांमध्ये होतो, त्यावरून प्रतिसेकंदात होणारा वेगातील बदल काढता येतो. त्यालाच त्वरण असे म्हणतात. हे त्वरण कशामुळे घडते?

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेगातील बदल}}{\text{बदलास लागलेला कालावधी}}$$

ट्रकचा चालक त्वरकाचा (Accelerator) वापर करून वेग जास्त किंवा कमी करत असतो हे तुम्हांला माहीत आहे. स्प्रिंगवर चालणारी खेळण्यातील मोटार तुम्ही पाहिली असेल. सपाट जमिनीवर चावी देऊन सोडल्यावर ती सरळ जाते, परंतु एका बाजूने धक्का दिल्यास दिशा बदलून ती पुढे जाते. पुढे भिंतीला धडकल्यास थांबते म्हणजेच तिच्या वेगात बदल होतो. हा बदल कसा घडला? त्या मोटारीचा बाहेरील कशाशी तरी संपर्क आल्याने हे घडते. फुटबॉलच्या मैदानावर सरळ जात असणाऱ्या चेंडूची दिशा कशी बदलते? एखादा खेळाडू तो चेंडू पायाने ढकलून त्याची दिशा बदलताना आपण पाहतो. दिशा बदलण्यामुळे चेंडूचा वेग बदलतो, म्हणजेच त्वरण घडते. हे त्वरण घडवणारी जी काही आंतरक्रिया आहे, तिलाच **बल** असे म्हणतात. हे बल वस्तूवर कार्य करते.

जरा डोके चालवा.

त्वरण ह्या सदिश राशीचे एकक m/s^2 असे आहे. हे पडताळून पहा.

बल आणि त्वरण (Force and Acceleration)

करून पहा.

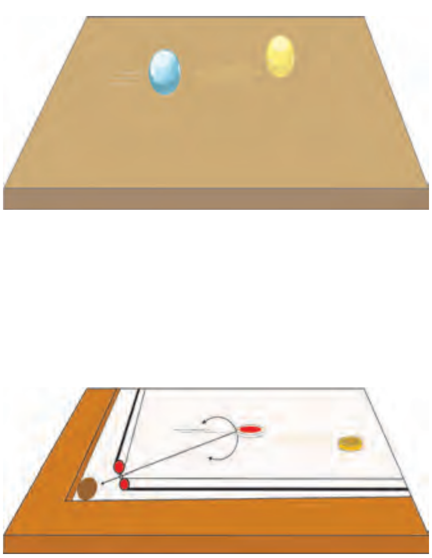
एका मोठ्या गुळगुळीत पृष्ठभागाच्या टेबलावर काचेची खेळातली गोटी घेऊन ती घरंगळत जाऊ द्या. काही वेळानंतर तिचा वेग मंदावेल व ती थांबेल. कॅरमबोर्डवर स्ट्रायकरने ढकललेली सोंगटीसुद्धा अशीच पुढे जाऊन थांबेल. कॅरमबोर्डवर पावडर टाकून सोंगटी ढकलल्यास ती जास्त काळ पुढे जात राहील व नंतर थांबेल.

यावरून काय लक्षात येते?

घर्षणबलामुळे सोंगटीचा वेग कमी होतो व सोंगटी थांबते. कॅरमबोर्ड व सोंगटी यांच्यातील घर्षण कमी केले, तर सोंगटी अधिक काळ चालत राहते. म्हणजेच एखाद्या गतिमान वस्तूवर कोणतेही घर्षण बल कार्य करत नसेल तर ती वस्तू एकसारख्या वेगाने चालत राहील.

बल आणि त्यामुळे घडणाऱ्या त्वरणासंबंधीचा अभ्यास प्रथम सर आयझॅक न्यूटन या शास्त्रज्ञाने केला.

न्यूटनचा गतिविषयक पहिला नियम : एखाद्या वस्तूवर बल कार्य करत नसेल, तर त्या वस्तूचा वेग बदलत नाही, अर्थात त्या वस्तूचे त्वरण घडत नाही. वेगळ्या शब्दांत सांगायचे झाले तर बल लावले नसताना वस्तू जर स्थिर असेल तर ती स्थिर राहील. तिला गती असेल, तर ती एकाच वेगाने व दिशेने सतत पुढे जात राहील.



7.4 बल आणि त्वरण

बल म्हणजे काय हे तुम्ही समजून घेतले आहे. बलामुळे वस्तूचे त्वरण घडते हे तुम्ही पाहिले. समजा, तुम्ही ‘मापन’ या पाठात पाहिलेले एक किलोग्रॅमचे प्रमाण घर्षण नसलेल्या पृष्ठभागावर ठेवले आणि $1 m/s^2$ इतक्या त्वरणाने ओढले, तर त्यासाठी लावलेल्या बलाला 1 N (1 न्यूटन) असे म्हणतात.

जरा डोके चालवा.

त्वरण ही सदिश राशी आहे. बल हीसुद्धा सदिश राशी आहे का?

करून पहा.

एका लाकडी गुळगुळीत टेबलावर 1 किलोग्रॅमचे वजन ठेवा. टेबलावर थोडी टाल्कम पावडर टाकून व्यवस्थित पसरवा. आता 1 किलोग्रॅमचे वजन $1 m/s^2$. इतक्या त्वरणाने ओढा. पुन्हा $2 m/s^2$ इतक्या त्वरणाने ओढा. म्हणजेच आता 2N इतके बल तुम्ही लावले. या प्रयोगासाठी बऱ्याच चाचण्या कराव्या लागतील.

बल हे त्याने निर्माण केलेल्या त्वरणाने मोजले जाते.

वस्तूवर बल लावल्याने होणारे विस्थापन आणि कार्य यांचा संबंध आपण मागील इयत्तेत पाहिला आहे. कार्य-ऊर्जा संबंधाची माहिती करून घेतली आहे. कार्य करण्याच्या क्षमतेलाच ऊर्जा म्हणतात, हेही आपण शिकलो आहोत.

बल, विस्थापन व कार्य (Force, Displacement and Work)

शेजारील आकृतीत लाकडी ठोकळा टेबलावर ठेवून दोरी लावून, ती कप्पीवरून नेऊन वजनाला बांधली आहे. पुरेसे वजन लावले असता ठोकळा पुढे सरकताना दिसेल.

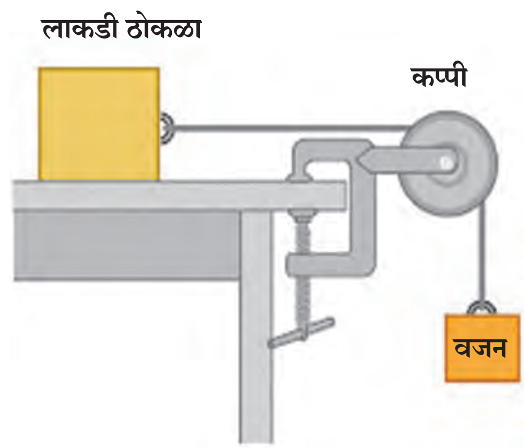
शेजारील आकृतीत कोणते बल लावले आहे? हे बल कसे वाढवता येईल? अधिक बल लावले तर काय होईल? लावलेल्या बलाने कार्य झाले असे कधी म्हणता येईल?

ठोकळा पुढे सरकल्यास त्याचे ‘विस्थापन’ झाले असे आपण म्हणू शकतो. विस्थापन झाल्यामुळे बलाने कार्य केले असे म्हणतात. हे कार्य मोजता येईल का? कार्य हे बल व विस्थापनावर अवलंबून असल्याचे आपल्याला माहीत आहे, म्हणूनच खालील सूत्रामध्ये त्यांचा संबंध स्पष्ट केला आहे.

बलाने केलेले कार्य (W) = वस्तूला लावलेले बल (F) × बलाच्या दिशेत झालेले वस्तूचे विस्थापन (s)

$W = F \times s$

SI पद्धतीत कार्याचे एकक ज्यूल (J) तर बलाचे एकक न्यूटन (N) आणि विस्थापनाचे एकक मीटर (m) आहे. CGS पद्धतीत कार्याचे एकक अर्ग (erg) आहे.



7.5 कार्य

टेबलावरील लाकडी ठोकळ्याला टेबलाच्या पृष्ठभागाशी समांतर असे 1 N इतके बल लावले आणि एक मीटर इतके ठोकळ्याचे विस्थापन केले, तर 1 ज्यूल इतके कार्य बलाने केले असे म्हणता येईल. या उदाहरणामध्ये झालेले विस्थापन हे बलाच्या दिशेतच झालेले आहे.

स्वाध्याय

1. **रिकाम्या जागी कंसातील योग्य पर्याय लिहा.**

(स्थिर, शून्य, बदलती, एकसमान, विस्थापन, वेग, चाल, त्वरण, स्थिर परंतु शून्य नाही, वाढते)

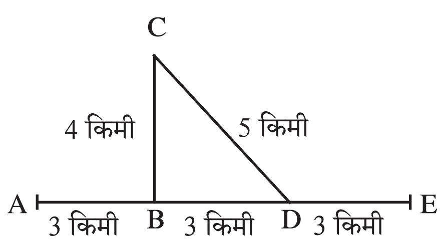
अ. जर एखादी वस्तू वेळेच्या समप्रमाणात अंतर कापत असेल, तर त्या वस्तूची चाल .... असते.

आ. जर वस्तू एकसमान वेगाने जात असेल तर तिचे त्वरण .... असते.

इ. .... ही राशी अदिश राशी आहे.

ई. .... म्हणजे विशिष्ट दिशेने एकक कालावधीत वस्तूने कापलेले अंतर.

2. **आकृतीचे निरीक्षण करा व प्रश्नांची उत्तरे द्या.**



सचिन आणि समीर मोटरसायकलवरून A या ठिकाणाहून निघाले. B या फाट्यापाशी वळून C येथे काम करून CD मार्गे ते D या फाट्याशी आले व पुढे E येथे पोहोचले. त्यांना एकूण 1 तास एवढा वेळ लागला. त्यांचे A पासून E पर्यंतचे प्रत्यक्ष कापलेले अंतर व विस्थापन काढा. त्यावरून चाल काढा. A पासून E पर्यंत AE या दिशेने त्यांचा वेग किती होता? या वेगाला सरासरी वेग म्हणता येईल का?

3. **खालील A गटामधील शब्दांची योग्य जोडी B व C गटांतून निवडा.**

A	B	C
कार्य	न्यूटन	अर्ग
बल	मीटर	सेमी.
विस्थापन	ज्यूल	डाईन

4. **तारेवर बसलेला पक्षी उडून एक गिरकी घेऊन पुन्हा बसलेल्या जागी येतो. त्याने एका गिरकीत कापलेले एकूण अंतर व त्याचे विस्थापन यांबाबत स्पष्टीकरण द्या.**

5. **बल, कार्य, विस्थापन, वेग, त्वरण, अंतर या विविध संकल्पना तुमच्या शब्दांत दैनंदिन जीवनातील उदाहरणांसह स्पष्ट करा.**

6. **एका सपाट व गुळगुळीत पृष्ठभागावर एक चेंडू A पासून D कडे घरंगळत जात आहे. त्याची चाल 2 सेमी/सेकंद इतकी असून B येथे आल्यावर मागील बाजूने C पर्यंत त्याला सतत ढकलले. C पासून D येथे गेल्यावर त्याची चाल 4 सेमी/सेकंद झाली. B पासून C पर्यंत जाण्यासाठी चेंडूला 2 सेकंद वेळ लागला, तर B व C दरम्यान चेंडूचे किती त्वरण घडले ते सांगा.**

7. **खालील उदाहरणे सोडवा.**

अ. एकसारख्या वेगाने चाललेल्या मोटारीला थांबवण्यासाठी 1000 N बल लावले, तरीही मोटार 10 मीटर अंतर चालून थांबली. या ठिकाणी कार्य किती झाले?

आ. 20 किलोग्रॅम वस्तुमानाची गाडी सपाट व गुळगुळीत रस्त्यावरून 2N इतके बल लावल्यावर 50 मीटर सरळ रेषेत गेली, तेव्हा बलाने किती कार्य केले?

उपक्रम :

सर आयझॅक न्यूटन यांच्या बल व त्वरण संदर्भातील अभ्यासाच्या विविध माहितीचा संग्रह करा व शिक्षकांबरोबर चर्चा करा.

♦ ♦ ♦