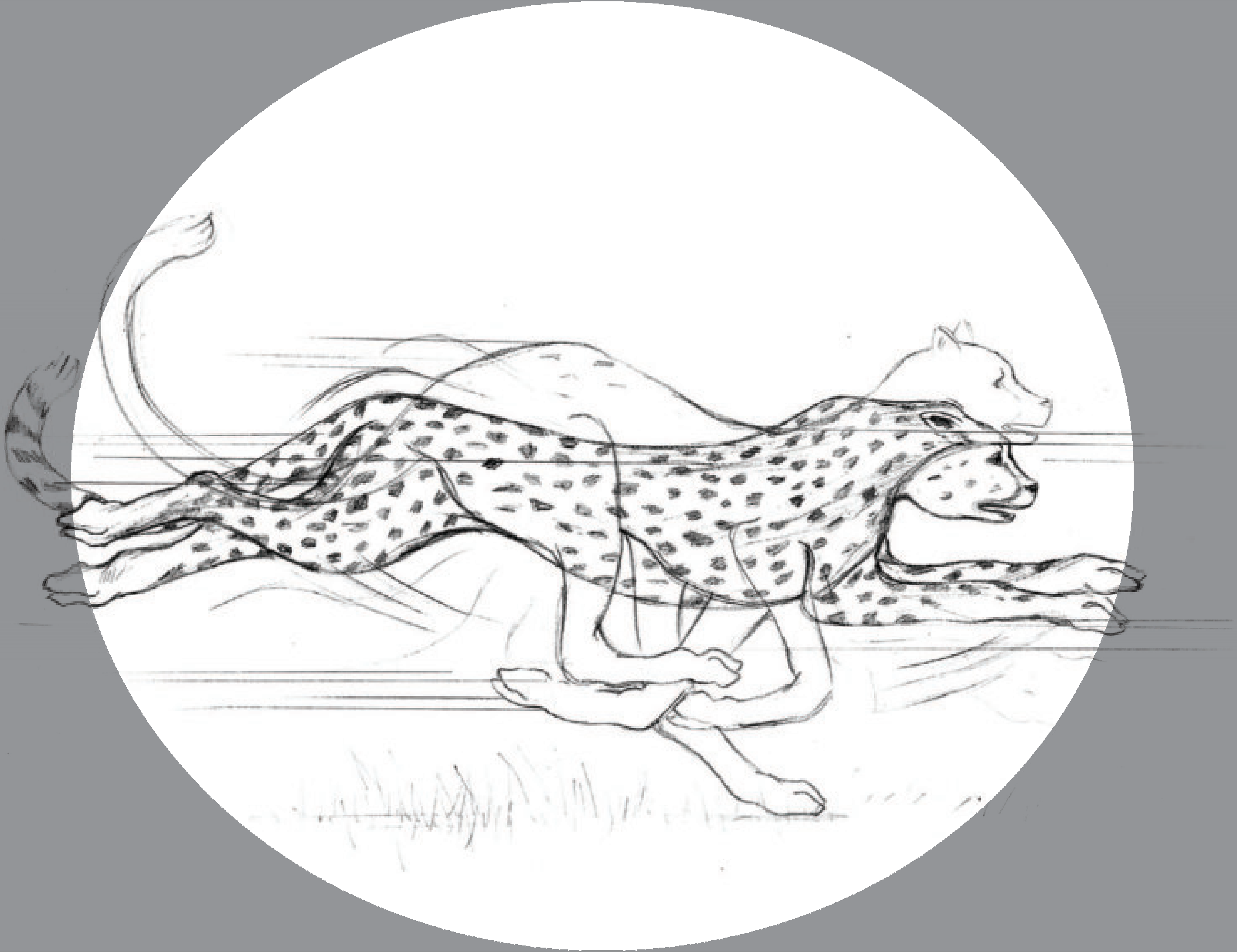
ઉચ્ચ પ્રાથમિક શાળા વિજ્ઞાન શૃંખલા

ગતિ અને બળ

ભાગ-1 ગતિ



एकलव्य

આર્ચ

સરળ અને સંયુક્ત ગતિ

ગતિના પ્રકારો

ગતિ એટલે શું ?

ગતિને ઓળખવી

ગતિનું માપન

ગતિ અને બળ

ભાગ-1 ગતિ

એક-પરિમાણિય ગતિમાં પ્રવેગ

સરેરાશ અને તત્કાલ ઝડપ

ગતિનું અનુમાન

ઝડપ

નિયમિત અને અનિયમિત ગતિ

एकलव्य
આર્ચ

'બળ અને ગતિ ભાગ -1 ગતિ'
લેખનઃ રમા ચારી, હિમાંશુ શ્રીવાસ્તવ, પ્રગ્યા શ્રીવાસ્તવ
ચિત્રોઃ શ્વેતા રાઈના, ડિઝાઈન અને વ્યવસ્થાપનઃ જીતેન્દ્ર ઠાકુર

Gujarati Translation of the book:
"Force and Motion Part-1 Motion" Published in English by Eklavya

આ પુસ્તકનો મુળ ગુજરાતી અનુવાદ આર્ચના શિક્ષણ કાર્યક્રમોમાં સહભાગી સ્વાતિ દેસાઈએ કર્યો અને વિષયવસ્તુની દષ્ટ્રીએ રેખાબેન મહેતાએ તેને ચકાસી શુધ્ધીકરણ કર્યું.

સ્વાતિ દેસાઈ: તેઓ છેલ્લા 17 વર્ષથી ધોરણ 9 થી 12 ના ગણિત, વિજ્ઞાનના શિક્ષણ સાથે જોડાયેલા છે. પ્રવૃતિલક્ષી શિક્ષણમાં રસ ધરાવે છે.બાળકોને વિષયમાં રસ પડે તેમજ પાયાની સમજણ ઊભી થાય તો આગળ જતાં તેઓ જાતે જ તેમના પ્રશ્નો ઉકેલતા થઈ જાય તેવું તેમનું માનવું છે.

રેખાબેન મહેતાઃ ગણિત વિભાગ, સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટીના નિવૃત પ્રાધ્યાપિકા છે. ગણિત શિક્ષણ અને સંશોધનમાં ઊંડો રસ ધરાવે છે. તેમણે 50 થી વધારે સંશોધન પત્રો પ્રકાશિત કર્યા છે.

પ્રવિણ મિલેનિયમ ટ્રસ્ટ-લંડનના સૌજન્ય અને સહકારથી
આવૃત્તિઃ ફેબ્રુઆરી 2021
પ્રતઃ 500
કાગળઃ 100 gsm મેપલિથો અને 300 gsm એફ.બી.બોર્ડ (કવર)
સહયોગ રાશિઃ રૂ.175.00

© એકલવ્ય-માર્ચ ૨૦૧૩.
આ પુસ્તકના કોઈપણ ભાગનો બિનધંધાકીય શૈક્ષણિક ઉદેશ્યથી કોપી - લેફ્ટ ચિહ્ન અંતર્ગત ઉપયોગ કરી શકાય છે. સ્રોત તરીકે મૂળ પ્રકાશકનો ઉલ્લેખ જરૂર કરવો અને એકલવ્યને સૂચિત કરવું.

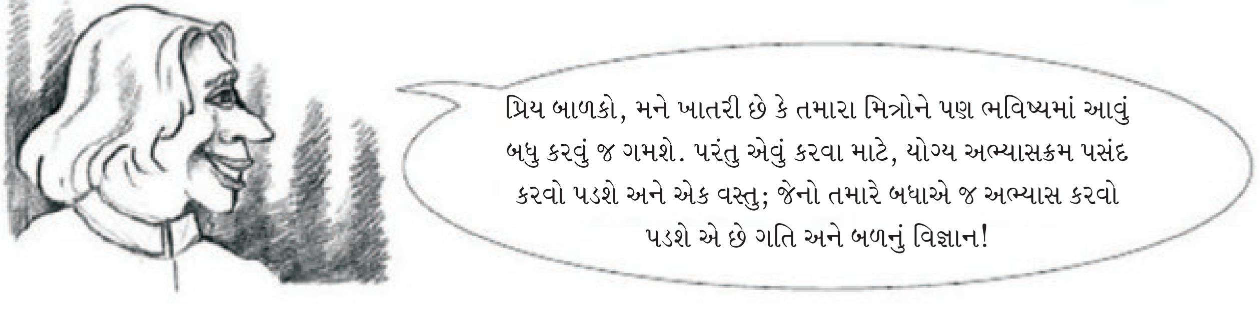
-: પ્રકાશક :-
ARCH
Nagariya, Taluka-Dharampur,
Dist-Valsad-396050 (Guj)
Email:arch.dharampur@gmail.com

-: મૂળ પ્રકાશક :-
Eklavya
Jamnalal Bajaj Parisar, Near
Fortune Kasturi, Jatkhedi
Bhopal, Madhya Pradesh-462 026

મુદ્રકઃ ઋત્વા પંડ્યા, અમદાવાદ, મો. 9898331531

કલામ સાથેની
પ્રેરણાત્મક પળો
તમે કયા પ્રકારનું કાર્ય કે કેરિયર બનાવવા ઇચ્છો છો ?

મારે સૂરજ ઉપર પહોંચી શકે તેવું રોકેટ બનાવવું છે.
મારે રેસિંગ કાર ચલાવવી છે.
મારે આપણે ઊડી શકીએ તેવી કૃત્રિમ પાંખો બનાવવી છે.
મારે છક્કો મારવાનું સહેલું પડે તેવું ક્રિકેટ બેટ બનાવવું છે.


પ્રિય બાળકો, મને ખાતરી છે કે તમારા મિત્રોને પણ ભવિષ્યમાં આવું બધુ કરવું જ ગમશે. પરંતુ એવું કરવા માટે, યોગ્ય અભ્યાસક્રમ પસંદ કરવો પડશે અને એક વસ્તુ; જેનો તમારે બધાએ જ અભ્યાસ કરવો પડશે એ છે ગતિ અને બળનું વિજ્ઞાન!

ઘણાં વર્ષોથી એકલવ્ય અને તેના શૈક્ષણિક રીસોર્સ ગૃપ ઉચ્ચ શાળા વિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમ વિશે વિચારણા કરી રહ્યું છે. હાલમાં ધોરણ-10 સુધી વિજ્ઞાનને એક સામાન્ય વિજ્ઞાન તરીકે જ શીખવવામાં આવે છે. તેમજ જે પુસ્તક અમલમાં લીધું છે તેનો મુખ્ય આશય વિદ્યાર્થીઓને ખુબ મોટી સંખ્યામાં જુદા જુદા મુદ્દાઓનું (ટોપીક) ઉપરછલ્લું જ્ઞાન આપવાનો છે. આથી અમને લાગે છે કે હોશંગાબાદ વિજ્ઞાન શિક્ષણ કાર્યક્રમની ફીલોસોફી અનુસાર શિક્ષકો એ વિદ્યાર્થીઓ માટે સંદર્ભ સામગ્રીની ખૂબ મોટી જરૂરીયાત છે. આ કાર્યક્રમ મધ્યપ્રદેશના કેટલાંક જિલ્લાની હજારેક શાળાઓમાં પાયાની શૈક્ષણિક પહેલ કરનારો બની રહ્યો હતો. એકલવ્યના સાથી મિત્રો વિજ્ઞાન શિક્ષક, વૈજ્ઞાનિકો, શિક્ષણશાસ્ત્રી અને બીજા જેમને શિક્ષણમાં રસ છે, તે બધાંના અગાધ પ્રયત્નોથી આ મોડ્યુલસની શ્રેણી તૈયાર થઈ છે. શાળાના અભ્યાસક્રમના વિષયોને આવરી લઈને તે વિષયોની બહોળી સમજણ આપી શકાય તે રીતે તેની રચના કરવામાં આવી છે.

ઉચ્ચ પ્રાથમિક શાળા વિજ્ઞાન શૃંખલા

આ 'ગતિ' એ 'ગતિ અને બળ' એવા બે ભાગમાંનું પ્રથમ મોડ્યુલ છે. એકલવ્ય દ્વારા લેવામાં આવેલા શિક્ષક તાલીમ સત્ર, વર્ગખંડના વર્ગોના પરિણામ સ્વરૂપ આ મોડ્યુલ તૈયાર થયું છે. એવું કહી શકાય કે તે શિક્ષકો માટેનું એક સંદર્ભ સાહિત્ય છે. દરેક વિભાગ સાથે તેની પેડાગોજીકલ નોટ્સ આપવામાં આવેલ છે (રાખોડી બેકગ્રાઉન્ડમાં લખાયેલું લખાણ). તે ચોક્કસ વિષયના વિકાસમાં ઉપયોગમાં લેવામાં આવતી તર્ક સંગતતાને વર્ણવે છે. ઘણી જગ્યાએ, જુદી જુદી પધ્ધતિઓ પણ સૂચવવામાં આવી છે. વિષયનું મુખ્ય લખાણ રોજીંદા જીવનના ઉદાહરણો, હેન્ડસ ઓન એક્ટિવિટી અને વિદ્યાર્થીઓને પ્રયત્ન કરવા પ્રેરે તેવા પ્રશ્નો કે તેમને વિચારવા અને ઉકેલવા માટેનો પ્રયત્ન કરવા જે વિષયને સમજવા પ્રેરે તેવું છે. પ્રવૃતિઓ એવી પણ છે કે જે પ્રયોગોના વિવિધ પાસાઓ અને ડેટા પૃથ્થકરણ અંગે વિદ્યાર્થીઓ માટેનું એક સાધન બને.

અનુક્રમણિકા

1.	મોડ્યુલ વિશે	06
2.	ગતિ એટલે શું	08
	પી.ટી.ઉષા શું કરી રહી છે ?	11
	ગતિના પ્રકાર	12
	સંયુક્ત ગતિ	14
3.	ગતિનું માપન	16
	ઝડપ	19
	ઝડપના એકમો	22
	પાંદડા કેવી રીતે પડે ?	26
	નિયમિત અને અનિયમિત ગતિ	27
	સરેરાશ અને તત્કાલીન ઝડપ	28
	ચાર રસ્તાઓ	35
4.	આલેખાત્મક પ્રસ્તુતિ	36
5.	એક-પરિમાણિય ગતિમાં પ્રવેગ	49
6.	ગતિનું અનુમાન	56

પરિશિષ્ટ-1	વિજ્ઞાન અને વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિઓ	64
પરિશિષ્ટ-2	આલેખ	68
પરિશિષ્ટ-3	માપનઃ મર્યાદા અને ભૂલો	82
પરિશિષ્ટ-4	પ્રોજેક્ટ માટેના કેટલાંક સૂચનો	87
પરિશિષ્ટ-5	સ્વાધ્યાય પ્રશ્નો	90
	જવાબવહી	100
	અનુક્રમણિકા	110

મોડ્યુલ વિષે

આપણે એવી દુનિયામાં રહીએ છીએ જે સતત ગતિશીલ છે. વસ્તુની કે માણસોની ગતિ કે ગતિશીલતા એવી છે જેના વિશ્વમાંથી આપણે દરરોજ પસાર થઈએ છીએ. કુદરતી વિજ્ઞાનની લગભગ તમામ શાખાઓ (ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયણશાસ્ત્ર અને જીવવિજ્ઞાન સહિત) અને એન્જિનિયરીંગની ગતિને સમજવી એ મૂળભૂત આવશ્યકતા છે. પદાર્થના મોટાભાગના ગુણધર્મો કે બાબતો તેનામાં રહેલા મૂળભૂત કારણો અનુસરીને જોઈ શકાય છે. તત્વના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો તેના ઈલેક્ટ્રોન અને પેટાઅણુઓની ગતિથી નક્કી થાય છે. જીવ વિજ્ઞાનમાં કોષો અને ઉપકોષીય એકમોનું હલનચલન (ગતિ), ચયાપચયની પ્રક્રિયાઓ તરફ દોરી જતી ક્રિયા-પ્રતિક્રિયાઓને સંચાલિત કરે છે. તેમજ અર્થશાસ્ત્ર પણ પૈસા કેવી રીતે ફરે છે તેનો અભ્યાસ છે.

જો કે જે સવાલ આપણને ઘણી વખત મૂંઝવણમાં મુકે છે તે એ કે, શું વસ્તુઓ ખરેખર આપણે જે રીતે અનુભવીએ છીએ તે રીતે આગળ વધી રહી છે કે નહીં. ચાલતી ટ્રેનની બારીમાંથી બહાર દેખાતા ઝાડ જોવાનો વિચાર કરો. શું તમે આગળ જઈ રહ્યા છો ? કે ઝાડ પાછળ જઈ રહ્યા છે ? એજ રીતે, સૂર્યને આપણે પૂર્વ દિશામાંથી ઉગીને પશ્ચિમ દિશામાં આથમતો જોઈએ છે. પરંતુ ખરેખર આધુનિક વિજ્ઞાન કહે છે કે પૃથ્વી તેની ધરી ઉપર પશ્ચિમથી પૂર્વ તરફ ફરતી હોવાથી આપણને સૂર્ય પૂર્વથી પશ્ચિમ તરફ આગળ વધતો દેખાય છે. આવાં ઉદાહરણો બતાવે છે કે આપણાં સાહજિક વિચારો દ્રષ્ટિ નિરીક્ષણ ઉપર આધારિત હોવાથી હંમેશા ગતિના વાસ્તવિક ચિત્રો આપતા નથી. તો પછી આપણે કેવી રીતે શોધી શકીએ કે શું થઈ રહ્યું છે ? વિજ્ઞાન નિયંત્રિત પરિસ્થિતિઓ (પ્રયોગો) અને તાર્કિક વિશ્લેષણ હેઠળ કરવામાં આવેલા નિરીક્ષણોના સંયોજનનો ઉપયોગ કરીને જવાબ શોધે છે, કોઈ પણ કુદરતી પ્રક્રિયાની સમજનો ઉપયોગ તેના વિષે સચોટ આગાહીઓ કરવા અને તકનિકો વિકસાવવા થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, ગતિ અને બળના નિયમો વિષેની આપણી જાણકારીને લીધે જ આપણે ગ્રહણના ચોક્કસ સમયની સચોટ આગાહી ઘણી અગાઉથી કરી શકીએ છીએ. આ જાણકારીના ઉપયોગથી આપણે રોકેટનો વિકાસ કર્યો કે જે ચંદ્ર ઉપર પહોંચ્યું અને પાછું પણ આવ્યું.

આ મોડ્યુલ તમને આવી ઘટનાઓ વિષે વિચારતા કરવાના પ્રયત્ન રૂપે તૈયાર કર્યું છે. અમે ગતિ અને ગતિ ઉપર અસર કરતાં બળના પૃથ્થકરણ માટેના ખ્યાલોનું વિશ્લેષણ કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે. આ મોડ્યુલ બે ભાગમાં વહેંચાયેલું છે. પહેલો ભાગ ગતિ(KYNEMETIC)ને વર્ણવે છે. અને બીજો ભાગ ગતિ અને બળનાં સંબંધ (DYNEMETICS) ઉપર આધારિત છે. ગતિને સમજવી પ્રમાણમાં સહેલી છે કારણ કે આપણે તે ઘટનાઓ જોઈ શકીએ છીએ. તેમજ ઝડપ અને પ્રવેગ જેવા તેના એકમોના માપનને દર્શાવી શકીએ છીએ અને સરળતાથી સમજી પણ શકીએ છીએ. જ્યારે બળનો ખ્યાલ વધારે અમૂર્ત છે અને તેનો અનુભવ માત્ર તેની ગતિ ઉપર અસરથી કરી શકાય છે. તેથી આપણે ગતિ-તેની વ્યાખ્યા, તેનું માપન અને તેની ગાણિતિક પ્રક્રિયાઓથી શરૂઆત કરીશું. ઉપરાંત સરળતા ખાતર આપણે માત્ર સીધી રેખાની ગતિનો જ હંમેશા વિચાર કરીશું. એક વખત ગતિના મૂળભૂત ખ્યાલ સમજાય જાય પછી સયુંક્ત / મિશ્ર ગતિ (વર્તુળાકાર, સર્પાકાર, આંદોલિત ગતિ તેમજ આવી વધુ પ્રકારની ગતિનું મિશ્રણ)નું પૃથ્થકરણ આ મૂળભૂત ખ્યાલો અથવા તે ખ્યાલોના આધારે સમજી શકાશે.

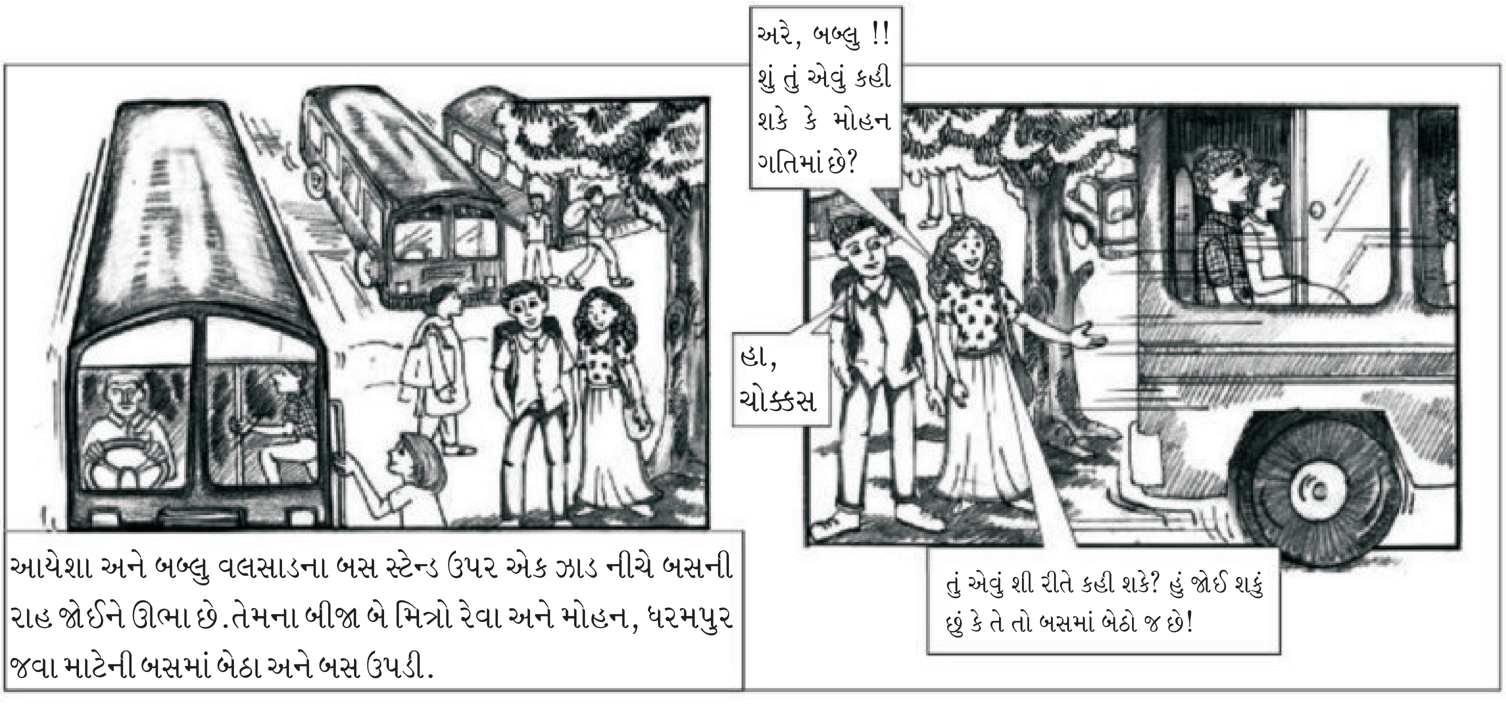
અમે એવું માની લઈએ છીએ કે જે કોઈ પણ આ મોડ્યૂલ વાંચી રહ્યું છે તેને માપન અને આલેખ વિષેની પાયાની સમજણ હશે જ, જો તે ન હોય તો અમે એવું સૂચન કરીએ છીએ કે તેઓ અંતે આપેલા બે પરિશિષ્ટ કે જે માપન અને આલેખ ઉપર રચાયેલા છે તે પહેલાં જોઈ લે. તેની જ સાથે એકલવ્ય દ્વારા પ્રકાશિત થયેલા બાળ વૈજ્ઞાનિકના ગતિને સંબંધિત પ્રકરણો પણ જોઈ લે.

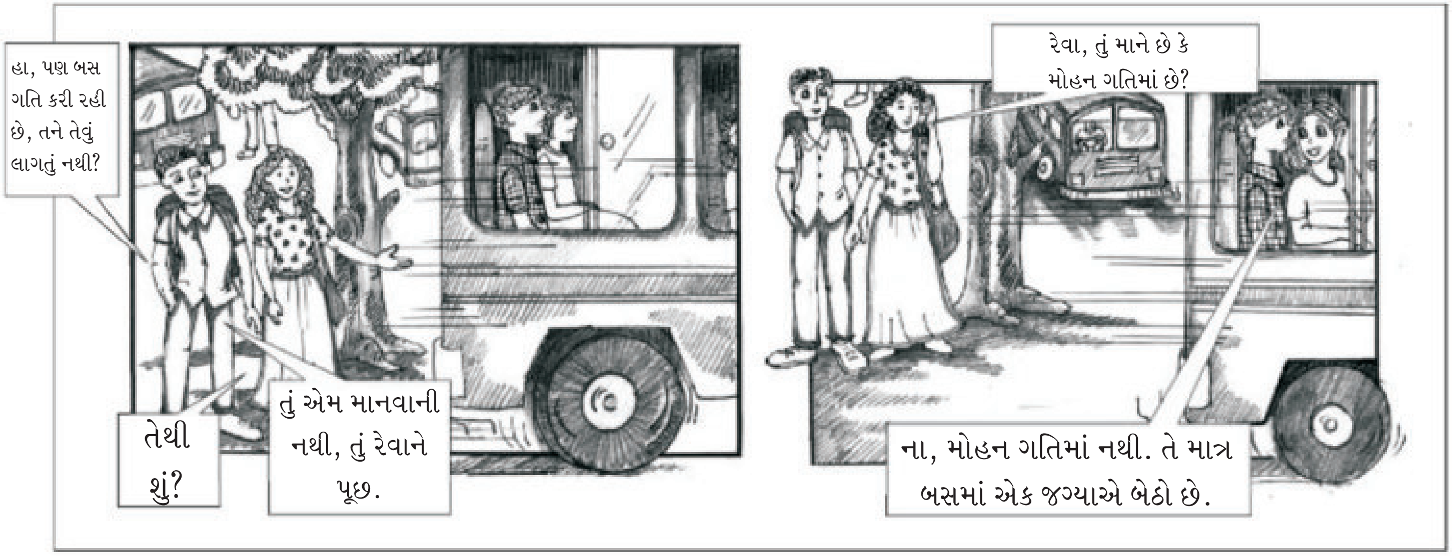
મોડ્યુલનું લખાણ વિવિધ ઉદારહણો અને પ્રવૃત્તિઓ સાથે જોડાયેલું છે. મોડ્યુલની રચના જેના વિષે ચર્ચા થઈ રહી છે તે વિષે વાચકને થોડું અટકીને વિચારી શકે તે રીતે કરવામાં આવી છે. કેટલાંક વિષયોની (દા.ત. વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિ, કોઈ પણ માપનની મર્યાદા અને ભૂલો વગેરે) પરિશિષ્ટમાં આપ્યું છે જેથી મુખ્ય લખાણ સરળતાથી વાંચી શકાય. અંતે આપેલા વૈચારીક પ્રશ્નો એક કસોટીરૂપે મૂકવામાં આવ્યા છે કે જે લખાણ / મોડ્યુલમાં ચર્ચા કરેલી વિગતો / વિભાવનાઓને યોગ્ય રીતે સમજી શકાય છે કે નહીં. તેથી આ મોડ્યુલમાંથી મહત્તમ પ્રાપ્ત કરવાં તે બધાને ઉકેલવાનો અને વાંચવાનો પ્રયાસ જરૂર કરશો. અને છેલ્લે વાંચી રહ્યા છે તે આપણે બધાં ને વધુ વાંચવા માટે, વધુ શીખવા, પ્રશ્નો કરવા અને વધુ પ્રયોગો કરવા ઝંઝોળીત કરી શકે, તો અમે અમારું લક્ષ્ય પ્રાપ્ત કરી શકીશું.

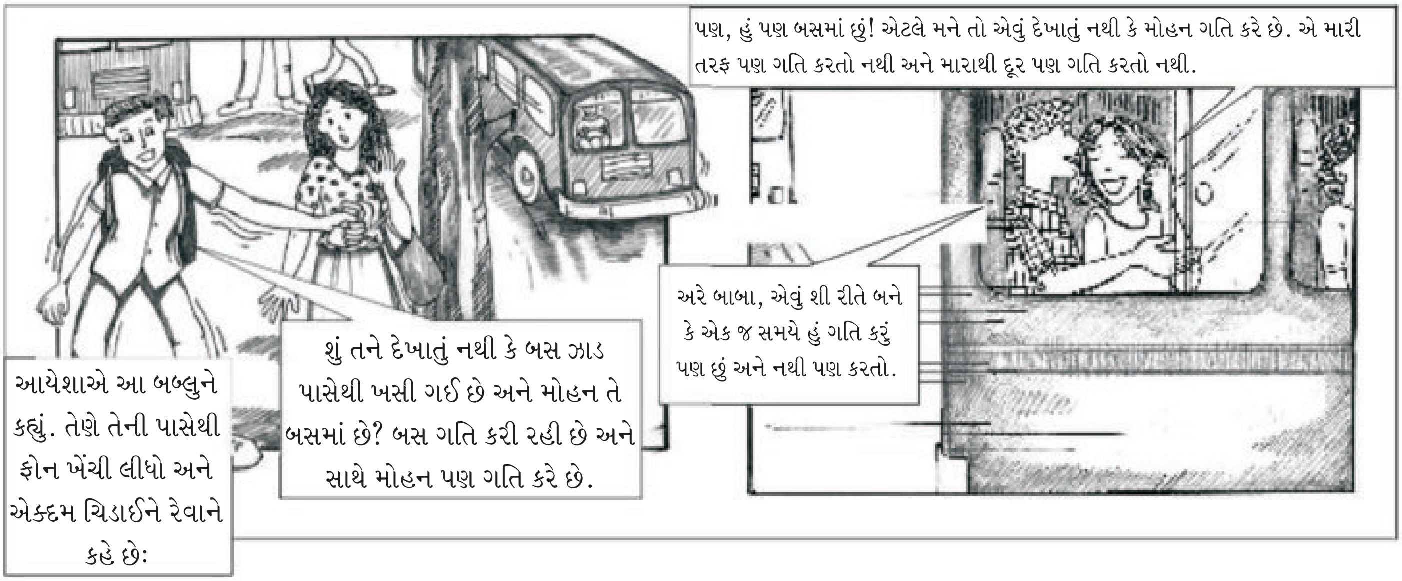
ગતિ એટલે શું?/ પદાર્થ ગતિમાં છે તેવું ક્યારે કહેવાય?

સારું પ્રારંભિક પગલું એ છે કે બાળકો શું જાણે છે, તે શોધી કાઢવું. તો તે માટે આપણે બાળકોને કંઈક આવા પ્રશ્નો પૂછી શકીએ, ''ગતિ એટલે શું?'' અથવા ''તમે કઈ રીતે કહી શકો કે પદાર્થ ગતિમાં છે?'' ધોરણ 8માં આવતા સુધીમાં બાળકો ગતિ વિષે કંઈક તો ભણ્યા હોય છે એટલે તેઓ કંઈક તો જવાબ આપશે. જો કે તેમની વ્યાખ્યા / વર્ણન પૂર્ણ નહીં હોય, પણ એવા ખૂટતા મુદ્દાઓને યોગ્ય ઉદાહરણોની ચર્ચા કરીને બહાર લાવી શકાશે.

દાખલા તરીકે , બાળકો માને છે કે ગતિ એટલે સમયની સાથે સ્થાનમાં ફેરફાર આમ તો આ બરાબર જ છે પરંતુ તે સંપૂર્ણ નથી. આ જવાબમાં જે ખૂટતી કડી છે તે એક ચોક્કસ કથનઃ તે એ કે વસ્તુના સ્થાનમાં ફેરફાર એ કોઈ ચોક્કસ સંદર્ભ બિંદુને આધારે છે. આ વાતને બહાર લાવવા માટે તમે નીચે આપેલી ચિત્રવાર્તાનો ઉપયોગ કરી શકો છો. તમે આ જ વાર્તાને ચાર બાળકો પાસે નાટક સ્વરૂપે પણ કરાવી શકો છો. પછી ચર્ચા કરો, જેથી બાળકો ''સંદર્ભ બિંદુ '' નું કોઈ પણ પ્રકારની ગતિ માટે મહત્વ કેટલું છે અને અવલોકનકર્તા માટે પણ ગતિને સમજવા માટે તેનું મહત્વ શું છે, તે બરાબર સમજી શકશે. તમે આવા બીજાં ઉદાહરણો પણ આપી શકો છો.



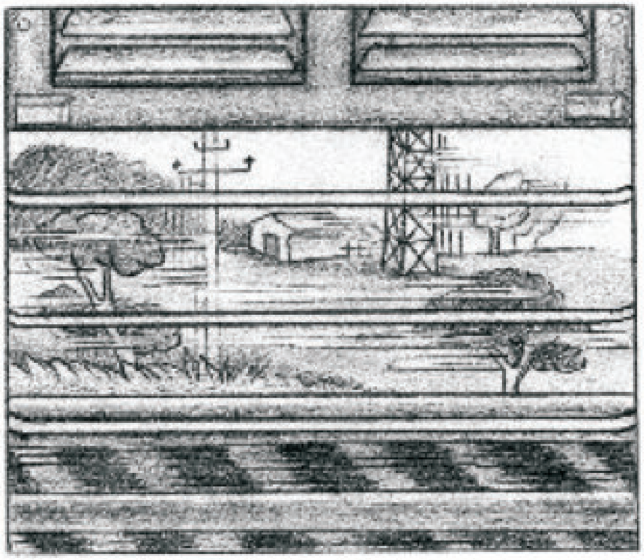




તમે શું વિચારો છો ? આપણે કઈ રીતે નક્કી કરી શકીશું કે કોઈ વસ્તુ ગતિમાં છે કે નહીં?

ઉદાહરણ-1 પવન ફૂંકાતો હોય એવી રાત્રે વાદળછાયા આકાશમાં ચંદ્રને નિહાળો. જ્યારે વાદળો ચંદ્રની આગળથી પસાર થાય છે ત્યારે તમે એવું વિચારો છો કે ચંદ્ર વાદળાઓની પાછળ ખસી રહ્યો છે. જો તમે એ જ સમયે વૃક્ષને પણ જોતાં હશો તો તમને શું લાગશે ?
વિચારો.

(આકૃતિ-1 વાદળો સાથે સંતાકૂકડી)



(આકૃતિ-2 ગતિ કરતી ટ્રેનમાંથી દેખાતાં બહારના દ્રશ્યો)

ઉદાહરણઃ-2 ગતિ કરતી ટ્રેનની બારીમાંથી બહારના દ્રશ્યો જોવા એ એક ઉત્કૃષ્ટ ઉદાહરણ છે. જ્યારે ટ્રેન ખુલ્લા મેદાનોમાંથી પસાર થતી હોય છે ત્યારે આપણને એવું લાગે છે કે ટ્રેનની નજીકના લેમ્પપોસ્ટ (થાંભલા) અને ઝાડ વિરુધ્ધ દિશામાં ગતિ કરી રહ્યાં છે, પરંતુ થોડા દૂર દેખાતા વૃક્ષો ટ્રેનની દિશામાં જ ગતિ કરતાં લાગે છે.આપણે તે જાણતા જ હોઈએ છે કે લેમ્પપોસ્ટ(થાંભલા) અને વૃક્ષો બંને મેદાનમાં સ્થિર જ છે. તો આવો દ્રષ્ટિ-ભ્રમ થવાનું કારણ શું?

પદાર્થની ગતિ, કોઈ એક સંદર્ભ બિંદુને સાપેક્ષ, અવલોકનકર્તાએ માપેલી ગતિ છે. આ સંદર્ભ બિંદુ જ્યાંથી અવલોકનકર્તા અવલોકન કરતો હોય તે જગ્યા હોઇ શકે અથવા કોઈક બીજું બિંદુ કે પદાર્થ કે જેને અવલોકનકર્તા જોઈ શકતો હોય. ઉદાહરણ તરીકે, જ્યારે આપણે દડાને કેચ કરવા જઈએ છીએ ત્યારે આપણે દડાની ગતિનું અનુમાન, આપણી જગ્યાને અનુલક્ષીને તેનું જે સ્થાન છે તેના પરથી લગાવીએ છીએ. જ્યારે લખતાં હોઈએ, ત્યારે આપણી પેનના સ્થાનને પાનાની લીટી અથવા પાનાની કિનારીને અનુલક્ષીને અનુમાનિત કરીએ છીએ. વિચારો કે તમે ચાલતી ટ્રેનમાં બેસીને કાગળ ઉપર લખી રહ્યા છો, આપણે અને કાગળ જેની ઉપર આપણે લખી રહ્યા છીએ, તે પણ ટ્રેન સાથે ગતિ કરે છે. તેમ છતાં આપણે લખી શકીએ છીએ (જો ટ્રેનની ગતિ હાલકડોલક થતી ન હોય), એવી રીતે કે જાણે આપણે કલાસરૂમમાં બેન્ચ ઉપર બેસીને લખીએ છીએ.

ઉપરના બંને ઉદાહરણોમાં જો કોઈ સામ્ય હોય તો તે એ છે કે સંદર્ભબિંદુને સ્થિર માની લઈને ગતિનું અવલોકન કરવામાં આવે છે. તેથી આપણી સીટ ગતિમાં છે કે નહીં તેની બહુ દરકાર નથી કરતા. જ્યાં સુધી આપણે હાથમાં કાગળ પકડી રાખી શકીએ છીએ ત્યાં સુધી પેપર ઉપર આપણે લખી શકીએ છીએ.
વિચારોઃ-જો આપણે ચાલતી ટ્રેનમાં દડો કેચ કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ તો શું થશે?

પી. ટી. ઉષા શું કરી રહી છે?

બાજુની આકૃતિ-૩ માં પ્રખ્યાત દોડવીર પી. ટી. ઉષાનો ફોટો જુઓ. તમે તેમાં શું જુઓ છો?

શું તમારો જવાબ આવો હતો? ‘‘પી. ટી. ઉષા દરિયાકિનારે દોડી રહી છે.’’ ફોટામાં તો તેનો એક પગ જમીન ઉપર અને બીજો પગ થોડો ઊંચકેલો દેખાય છે. તમે આ રીતે એક પગ ઊંચકેલો રાખીને તો ઊભા પણ રહી શકો છો ને!! કરીને જુઓ તો!!

કોઈ પણ સ્થિર ફોટા ઉપરથી આપણે કંઈ જ ચોક્કસપણે કહી શકીએ નહીં કે તે દોડે છે(ગતિ કરે છે) કે સ્થિર ઊભી રહી છે. આ માટે આપણે તેને જુદા જુદા સમયે જુદા જુદા સ્થળે જોવી પડે.

તેવી જ રીતે સૂર્ય, ચંદ્ર અને નક્ષત્રો માટે પણ, આપણે જ્યારે તેમને જોઈએ છીએ ત્યારે આપણને તેઓ સ્થિર દેખાય છે. પરંતુ જો આપણે તેને અડધા કલાક કે થોડા કલાકો પછી ફરી જોઈશું તો જ આપણને તે ખસ્યા છે તેમ દેખાશે.

આપણે ઘણી વખત આવા વાક્યપ્રયોગ કરતાં હોઈએ છીએ. ‘‘ હું અત્યારે ચાલી રહ્યો છું.’’ કે ‘‘તમે અત્યારે ખૂબ ઝડપથી ગાડી ચલાવી રહ્યા છો.’’ ‘‘અત્યારે’’ શબ્દ સમજવો થોડો મુશ્કેલ છે, કેમકે જ્યારે તમે ‘‘અત્યારે’’ શબ્દ વાપરો છો, ત્યારે તમે ખરેખર તો નાનો સમયગાળો, કે જે દરમ્યાન તમારી જગ્યા બદલાઈ ગઈ હોય છે, તેના વિષે વાત કરી રહ્યા છો. આની સ્પષ્ટતા ત્યારે થશે જ્યારે આપણે તત્કાલ અને સરેરાશ ઝડપ વિષે ચર્ચા કરીશું.

સમય અને ગતિ અનિવાર્યપણે એકબીજા સાથે સંકળાયેલા છે. આપણે ગતિને માપવા માટે સમયને જાણવો પડે અને સમયને માપવા તેની ગતિને જાણવી પડે. બધાં જ ઘડિયાળ એક ચોક્કસ ગતિને અનુસરતા હોવાથી આપણે ગતિનો અભ્યાસ કરતી વખતે સમયને પ્રમાણિત માપ તરીકે અનુસરી શકીએ. રેત-ઘડિયાળમાં રહેલી બધી રેતી ચોક્કસ સમયમાં નીચે સરકે છે, સૂર્ય ઘડિયાળમાં પડછાયો તેના ઉપર દોરેલા એક કાપાથી બીજા કાપા તરફ દરેક મિનિટે અને કલાકે પોતાનું સ્થાન બદલે છે, હમણાંના આધુનિક ઘડિયાળમાં સ્ફટિકો ચોક્કસ આવૃત્તિથી ધ્રુજે છે. અને ઈલેક્ટ્રોનિક ઘડિયાળમાં પરમાણુની આસપાસ ફરતા ઈલેક્ટ્રોનનો નિશ્ચિત સમય છે કે જે આપણાં માટે સમયને માપવાનું શક્ય બનાવે છે.

અભ્યાસ ઉપરથી જણાયુ છે કે ગતિને અનુલક્ષીને ઘણાં ખોટા ખ્યાલો ઊભા થવાનું કારણ સમયગાળાને, સ્થાનમાં ફેરફાર જેટલું મહત્વ આપવામાં આવતું નથી. આવું એટલે થાય છે કારણકે આપણે હંમેશા ખસતી વસ્તુને જ જોઈએ છે અને તેની જુદી-જુદી જગ્યાનું ચિત્ર જ આપણાં મગજમાં સંગ્રહિત થાય છે. પરંતુ સમયનો સીધો ખ્યાલ આવતો નથી, અને ઘણી વખત તો આપણે સમયગાળા વિષે સભાન પણ નથી હોતાં.

પી.ટી ઉષા, જેનું હુલામણું નામ પાયોલિ એક્સપ્રેસ છે, તે કેરાલાના એક નાના ગામડાની આજના સમયની ખૂબ જ સફળ સ્ત્રી રમતવીર (એથ્લીટ) છે. 1983-89 દરમ્યાન તેને એશિયન ટ્રેકમાં અને બીજી ફિલ્ડ રમતોમાં 13 સુવર્ણચંદ્રકો મળ્યા હતા.

લોસ ઍન્જેલસ 1984 ના ઑલ્મ્પીક્સમાં ઉષા પહેલી ભારતીય સ્ત્રી (અને પાંચમી ભારતીય) હતી. જે ઓલ્મ્પીક રમતની ફાઈનલ સધી પહોંચી અને 400 મીટર ટપ્પા દોડમાં સેમીફાઈનલમાં જીતી, ફાઈનલમાં માત્ર 1/100 મીટર/સેકન્ડ માટે તેણે બ્રોન્ઝ મેડલ ગુમાવ્યો. ઉષા અત્યાર સુધીમાં 101 આંતરરાષ્ટ્રીય ગેમ્સ જીતી છે. જકાર્તામાં 1985માં, છટ્ઠી એશીયન ટ્રેક અને ફીલ્ડ ચેમ્પ્યીનશીપમાં તેણે મેળવેલા 6 મેડલ્સ કે જેમાં 5 ગોલ્ડનો પણ સમાવેશ છે તે એકલ આંતરરાષ્ટ્રીય સ્પર્ધામાં એકલ એથ્લીટ તરીકેનો એક રેકોર્ડ છે.

નીચેનાં વિધાનો સાચા છે કે ખોટાં તેની ચર્ચા કરો.

અ. હું કાલે એક કલાક સુધી ચાલ્યો હતો.

બ. હું હંમેશા દોડતો હોઉં છું.

ક. તું સ્થિર ઊભો છે.

ડ. મોહન સ્થિર ઊભો રહીને તેના હાથ હલાવી રહ્યો છે.

અહીં આપેલા વિધાનો પૈકી કેટલાંક ઈરાદાપૂર્વક થોડા અસ્પષ્ટ હોય તેવા પસંદ કર્યા છે, આ જ કે આવા બીજાં વિધાનોની વિગતવાર ચર્ચા, સમય અને સંદર્ભ બિંદુ અંગેના બાળકોના ખ્યાલને વધુ દ્રઢ કરશે.

ગતિના પ્રકારો

વર્ગમાં રહેલા દરેક બાળકોને પોતાની જગ્યા ઉપર જ રહીને, આજુબાજુમાંથી ગતિમાન વસ્તુઓ શોધવા કહો. જવાબોની યાદી બનાવોઃ શિક્ષક વર્ગમાં ચાલે છે, રૂમમાં પંખો ફરી રહ્યો છે. બહાર ઝાડ ઉપર પાંદડા ફરફરે છે. આકાશમાં પક્ષીઓ ઊડી રહ્યા છે, બહાર લોબીમાં લોકો ચાલી રહ્યા છે. ઓરડામાં કીડી કે માખી ...વગેરે

કેટલાક આવા જવાબો પણ આવી શકે : આજુબાજુ જોતા બીજાં લોકોના માથા, આંખોના પલકારા, હલતી આંગળીઓ.. વગેરે.તમે કેટલા પ્રકારની ગતિ અંગે વિચારી શકો છો? આપણે ચાલવું, દોડવું, કૂદવું, હલવું, ધ્રુજવું, ગોળ ફરવું/ફેરવવું, પડવું વગેરે જેવા શબ્દો ગતિનું વર્ણન કરવા માટે વાપરીએ છીએ.

ગતિમાન પદાર્થ પોતાની ગતિ માટે જે માર્ગને અનુસરે છે તેને અનુરૂપ ગતિના નામો નીચે મુજબ છે.

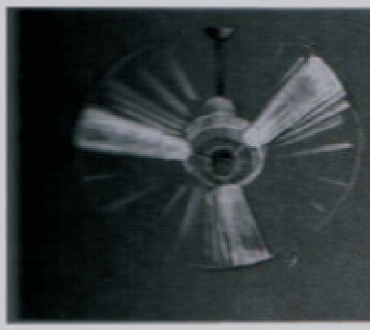
અ. સુરેખ - સીધી રેખામાં થતી ગતિ, જેવી કે સીધા રસ્તે ચાલતો માણસ કે મુક્તપતન કરતો પદાર્થ;

બ. વાંકીચૂકી(સર્પાકાર) - આગળ વધતી પણ દિશાઓ બદલતી ગતિ જેવી કે સાપની ગતિ;

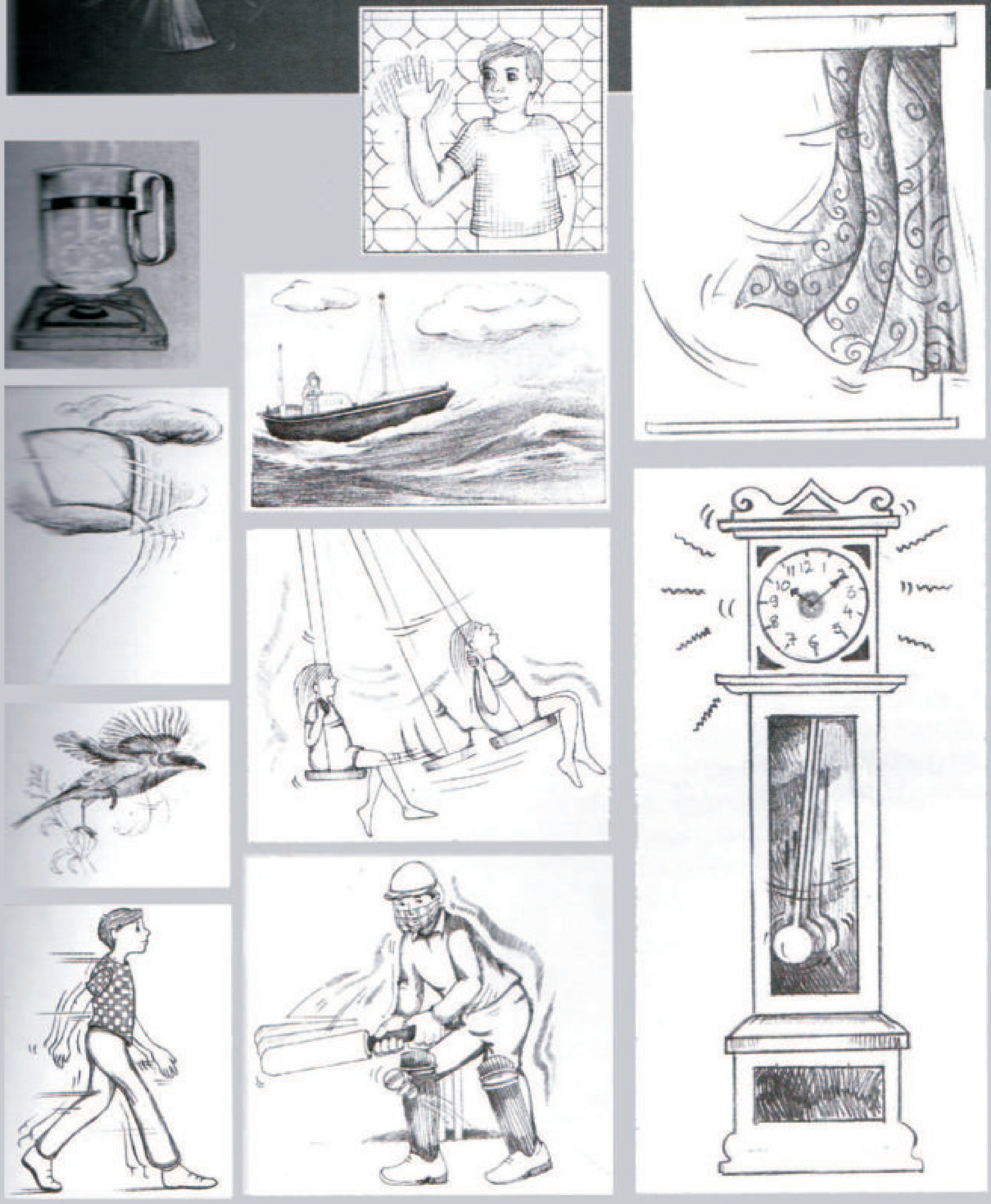
ક. વર્તુળાકાર - ગોળાકાર માર્ગે થતી ગતિ જેવી કે પંખાની ગતિ;

ડ. આવર્ત- તેની તે જ જગ્યાએ ચોક્કસ સમયાંતરે પાછી આવતી ગતિ, લોલકની ગતિની જેમ;

તમે જે ગતિ જુઓ છો તેની યાદીનો કોઠો બનાવી તેનું ઉપરના ચાર પ્રકારો મુજબ વર્ગીકરણ કરો.

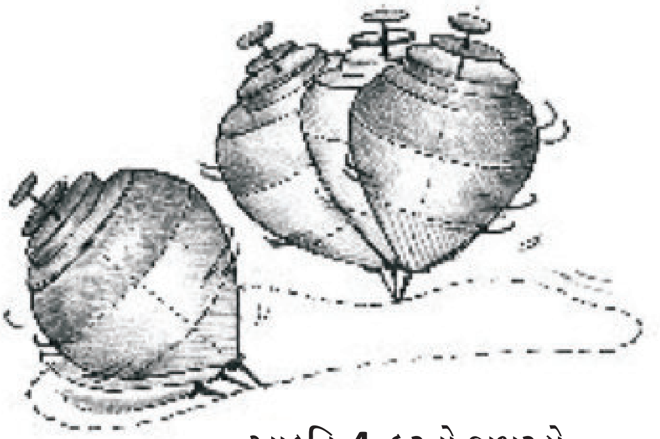


રોજિંદા જીવનમાં જોવા મળતી જુદી-જુદી ગતિ

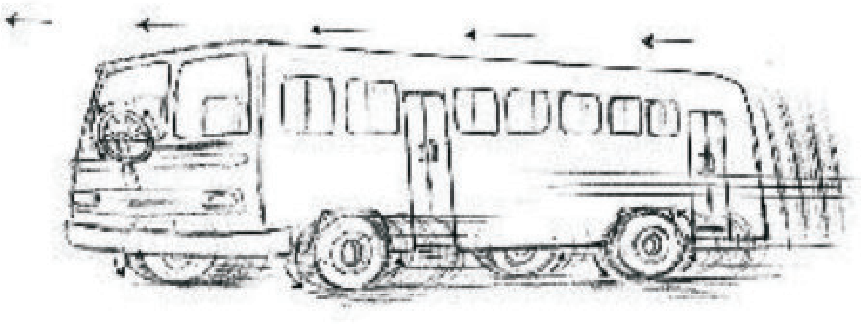


સંયુક્ત ગતિ (સંમિશ્રિત)

ઉદાહરણ -3. બાળકો જ્યારે ભમરડો ફેરવતા હોય છે. ત્યારે તમે તે નોંધ્યું હશે કે ભમરડો પોતાની ધરી ઉપર તો ગોળાકારે ફરે જ છે પણ સાથે જમીન ઉપર પણ ફરતો હોય છે.



આકૃતિ-4 ફરતો ભમરડો



ઉદાહરણ-4. ગતિ કરતી બસને જોઈએ તો , તેના ટાયર તેની ધરી ઉપર ગોળાકારે ફરે છે અને સાથે જ આગળ પણ વધે છે. તેનું સ્ટિયરિંગ બીજી ધરી ઉપર ફરે છે અને બસ સાથે આગળ પણ વધે છે.

આકૃતિ-૫. ગતિ કરતી બસના વિવિધ ભાગોની ગતિ.

ઉદાહરણ-5. તેવી જ રીતે ગતિ કરતી સાયકલના વિવિધ ભાગોની ગતિ જુદા-જુદા પ્રકારની ગતિનું સંયોજન છે. બાજુના ફોટામાં છોકરાને સાયકલ ચલાવતો બતાવ્યો છે તેને જુઓ. છોકરો અને સાઈકલ એક ચોક્કસ દિશામાં આગળ વધી રહ્યા છે. જ્યારે તેના પગ અને સાયકલના પેડલ ગોળાકાર ગતિ કરે છે. તેની સાથે જ સાયકલના પૈડાં તેની ધરી પર ગોળાકારે ફરતા ફરતા આગળ પણ વધી રહ્યા છે.

આકૃતિ-6 પ્રદૂષણ વિનાની ગતિ

તમારી આજુબાજુની ગતિમાન વસ્તુઓને જુઓ અને જુઓ કે આમાંની કઈ કઈ ગતિ સંયુક્ત ગતિ છે.(બે કે તેથી વધુ પ્રકારની ગતિનું સંયોજન) એવી જુદી-જુદી ગતિને ઓળખવાનો પ્રયત્ન કરો કે જેના સંયોજનથી એક સંયુક્ત ગતિ જોવા મળે છે.

પણ હવે અહીં આપણે આપણી ચર્ચાને ફક્ત સુરેખ ગતિ પૂરતી જ મર્યાદિત કરીશું. આપણે જોઈશું કે સુરેખ પથ પર થતી ગતિ પ્રમાણમાં ઘણી સરળ છે. આવી સુરેખ ગતિનું માત્રાત્મક વર્ણન પ્રમાણમાં સરળ છે. તેથી, આવા પ્રકારની ગતિમાં કોઈ પણ પ્રકારની જટિલ ગણતરી વગર તેના મૂળભૂત ખ્યાલને સમજવો વધુ સરળ રહે છે. સંયુક્ત ગતિને સમજવા તેને સરળ ભાગોમાં વહેંચીને તેના દરેક ભાગોનું સ્વતંત્ર રીતે વિશ્લેષણ કરી તે બધાને ભેગા કરી ફરીથી તેને સમજવામાં આવે છે. શીખવાની આ એક રીત છે. જ્યારે આપણે સિલાઈ શીખતા હોઈએ ત્યારે પહેલા ફાક ભરતા (સાદો ટાંકો) શીખીએ છીએ અને પછી ઓટણ અને ઉલટા ટાંકા ભરતા શીખીએ છીએ. અથવા તો, ભાષા શીખીએ ત્યારે ખૂબ બધા નવા શબ્દોથી બનેલું જટિલ લખાણ આપણી સામે આવે ત્યારે આપણે શબ્દકોષનો ઉપયોગ કરીએ છીએ, જે ઘણીવાર આપણને અઘરા લાગતાં શબ્દોને, બીજા સરળ સમાનાર્થી શબ્દોથી સ્પષ્ટ કરે છે. આપણે આ જ અભિગમ અપનાવીને ગતિને સમજીશું. આપણે તદ્દન સરળ રૂપરેખાથી શરૂ કરીશું. અને તે ગતિને સમજતા જઈને આપણે ગતિ માટેના નિયમો બનાવીશું અને તેના ઉપરથી બીજી જટિલ ગતિ માટેના નિયમો પણ બનાવીશું. આ રીતે કાર્ય કરતાં કરતાં, આપણે રોજિંદા જીવનની ગતિને સમજવા તરફ આગળ વધીશું.

> રોજિંદા જીવનની લગભગ બધી જ ગતિ સંયુક્ત હોય છે એટલે કે બે કે તેથી વધુ પ્રકારની ગતિનું સંયોજન હોય છે. જમીન પર ગબડતો દડો સુરેખ ગતિ કરતો હોય છે અને સાથે જ પોતાની ધરી પર પણ ગોળાકારે ફરતો હોય છે. આવા પ્રકારની જટિલ ઘટનાઓને સમજવા માટેનો એક અભિગમ એ છે કે આવી જટિલ ઘટનાને તેના સરળ મૂળભૂત ભાગોમાં વહેંચી દઈ, તેને આધારે સરળ ભાગોની ગતિ સમજાવવા માટેના નિયમો બનાવવા અને પછી બધા ભાગોને ભેગા કરી જટિલ ગતિના નિયમો મેળવવા. આને વિજ્ઞાનનો લઘુકરણીય અભિગમકહે છે.

લઘુકરણીય અભિગમ (Reductionist Approach)

કોઈ પણ ઘટનાને સમજાવવા માટેનો વિજ્ઞાનનો આ એક સરળ અભિગમ છે. તમે તે જોઈ શકો છો કે આપણે આગળ જે ઉદાહરણોની ચર્ચા કરી છે, તેમાંની લગભગ બધી એટલે કે આપણી આસપાસ જોવા મળતી બધી જ ગતિ સંયુક્ત જ છે, પછી એ બાળકની સાયકલ પરની ગતિ હોય કે રેલ્વે એન્જીનની ગતિ. આવી જટિલતાને સમજવા માટે, એક સરળ રીત એ છે કે, (જેનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે કરવામાં આવે છે), અવલોકન કરેલી પ્રક્રિયાને અસર કરતાં પરિબળો શોધવાનો પ્રયત્ન કરીએ તેને નોંધી લઈએ. બીજું પગથિયું તે દરેક અસર કરતાં પરિબળોનો અભ્યાસ કરવો. આ માટે આપણે દરેક પરિબળોને એક પછી એક લેતાં જઈશુ. એટલે કે કોઈ એક પ્રયોગ દરમ્યાન, આપણે પહેલા કોઈ એક પરિબળને બદલીએ, જ્યાં સુધી શક્ય હોય ત્યાં સુધી બાકી બધાં પરિબળોને અચળ રાખીને. હવે બીજા પ્રયોગ દરમ્યાન, તેમાંના બીજા પરિબળને બદલીશું, અને આ રીતે, આગળ વધતાં જઈને દરેક પરિબળને બદલતા જઈને એ સ્વતંત્ર રીતે પ્રક્રિયાને કેવી રીતે અસર કરે છે તેનો અભ્યાસ કરવાનું ચાલુ રાખીશું. ત્યાર પછી આપણાં પ્રયોગોના બધાં પરિણામોને ભેગા કરીને જટિલ પ્રક્રિયાને અજમાવવા અને સમજાવવા એકસાથે મૂકીશું.

અહીં, આપણે એક મોટી ધારણા બનાવી લઈએ છેકે- આખી ઘટના એ, ફકત તેને અસર કરતાં દરેક પરિબળોના પ્રભાવનો સરવાળો છે. એનો અર્થ એ થયો કે, આપણે એ ધારી લઈએ છીએ કે જ્યારે ઘટના ઉપર પ્રભાવ પાડતા બધાં જ પરિબળો એકબીજા સાથે પરસ્પર ક્રિયા કરતાં હોય ત્યારે આપણે ફક્ત નિહાળેલી ઘટના મેળવીએ છીએ. આને લઘુકરણીય અભિગમ કહે છે. કારણકે આપણે સમસ્યાને તેના ઘટકોમાં વહેંચી તેનું વિશ્લેષણ કરી અને સમજૂતી ઉપર પહોંચવાનો પ્રયાસ કરીએ છીએ. આ અભિગમમાં આપણે જે ધારણા રાખીએ છીએ તે પ્રમાણિત છે ? આપણી વિવિધ ભૌતિક અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાને સમજવામાં મળેલી આપણી બધી જ સફળતા આ અભિગમને અપનાવવાથી પ્રાપ્ત થઈ છે.

ગતિનું માપન

ફરીથી યાદ કરી લઈએ તો: કોઈપણ પદાર્થની ગતિ એટલે પદાર્થના સ્થાનમાં સમયની સાથે થતો ફેરફાર . પદાર્થના સ્થાનમાં આવેલો આ બદલાવ એક અવલોકનકર્તા દ્વારા સંદર્ભબિંદુની સાપેક્ષ માપવામાં આવે છે. ગતિના માપન માટે સંદર્ભ બિંદુની સાપેક્ષે સ્થાનમાં થતો ફેરફાર અને તેમાં કેટલો સમય ગયો તે માપવું પડે. જોકે, ઘણી વખત આપણે સંદર્ભ બિંદુને સ્પષ્ટરૂપે બતાવ્યા વિના એવું ધારી લઈએ છીએ કે બધાં માપ કોઇ એક સુવિધાજનક સંદર્ભબિંદુની સાપેક્ષ લેવામાં આવ્યા છે.

સંદર્ભબિંદુ અને અવલોકનકર્તા, ભેગા મળીને સંદર્ભ ચોકઠું બનાવે છે.

ચાલો, પહેલાં આપણે ગતિમાન પદાર્થના સ્થાનમાં થતાં ફેરફાર અંગે વિચારીએ. તેના ઉપરથી ગતિમાન પદાર્થે કેટલું અંતર કાપ્યું છે તે શોધી શકાશે.

અંતરના માપન માટે તમે કયા સાધનનો ઉપયોગ કરશો?

ઉદાહરણ -6: સમાન હોય તેવી બે વસ્તુઓ જેવી કે બે પેન્સિલ કે બે ડસ્ટર લો. તમારે અંતરનું માપ લેવા માટે માપપટ્ટી પણ જોઈશે. ટેબલ ઉપર બંને પેન્સિલને એકબીજાની પાસ-પાસે મૂકો અને તેનું સ્થાન ચોક વડે અંકિત કરો. બીજી પેન્સિલને પહેલી પેન્સિલને સમાંતર રાખીને થોડી આગળ ખસેડો.(આકૃતિ-7) બીજી પેન્સિલનું સ્થાન પણ અંકિત કરો. હવે, બીજી પેન્સિલે કેટલું અંતર કાપ્યું તેનું માપ લો. તમારા મિત્રોને પણ આજ રીતે માપ લેવા કહો. શું બધાંના માપ સરખા આવ્યા? જો નહીં તો કેમ આવું થયું?

આકૃતિ-7 પેન્સિલ કેટલી દૂર ખસી ?

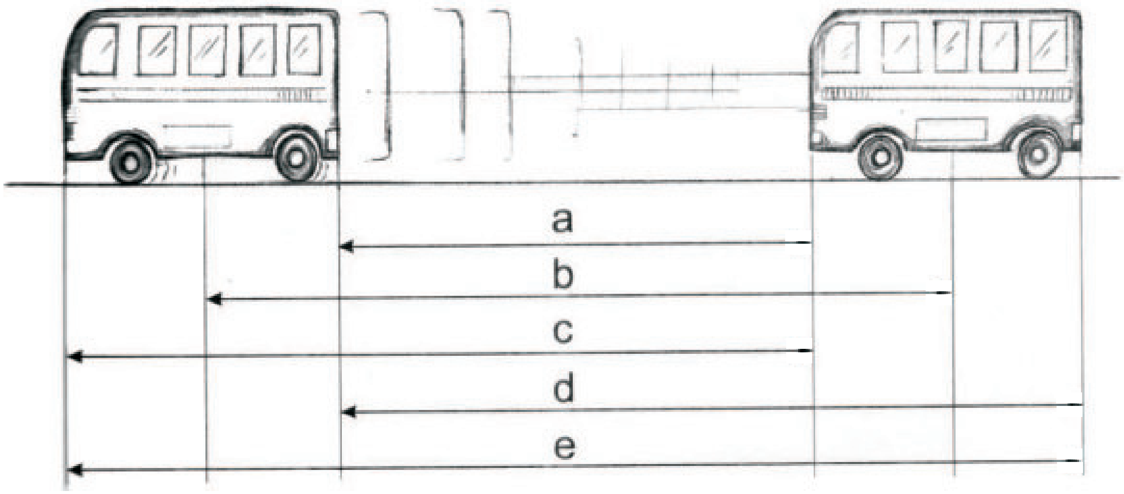
ઉદાહરણ -7: મારી પાસે સ્માયલીના ચિહ્નવાળો એક નાનો દડો છે. (આકૃતિ-8) હું આ દડાને ઓરડાના એક ખૂણામાંથી બીજા ખૂણા સુધી જમીન ઉપર ગબડાવું છું. જો ઓરડાનું માપ 10''x10'' છે તો,

અ. દડા વડે કપાયેલું ચોખ્ખું અંતર કેટલું?
બ. શું દડા ઉપર આવેલી સ્માયલીની એક આંખ દ્વારા કપાયેલું ચોખ્ખું અંતર દડાએ કાપેલા અંતર જેટલું જ છે?

આકૃતિ-8 સ્માયલી દર્શાવતા દડાની ગતિ

ઉપરના પ્રશ્નો નીચેના મુદ્દાઓની ચર્ચા તરફ લઈ જશે. પહેલા પ્રશ્નનો જવાબ એના ઉપરથી નક્કી થશે કે દડાને ઓરડાના ક્યા ખૂણામાંથી બીજા ખૂણામાં ગબડાવવામાં આવે છે - બાજુના કે ત્રાંસા, એટલે કે તેના વિકર્ણ બનાવતા, ખૂણા તરફ ગબડાવવામાં આવ્યો છે. વળી દડાનું દરેક બિંદુ સંયુક્ત ગતિ કરતું હોય છે, કે જયાં તેનું દરેક બિંદુ તેના કેન્દ્રની આસપાસ ગતિ કરે છે જે પોતે પણ ઓરડાની કોઈ એક ચોક્કસ દિશામાં ગતિ કરે છે. સામાન્ય રીતે આપણે દડાની કેન્દ્ર બિંદુ ઉપરની ગતિને જ 'દડાની ગતિ' તરીકે ઓળખીએ છીએ. જ્યારે આપણે તેની આગળ વધતી સુરેખ ગતિને જોઈએ છીએ, ત્યારે દડાની તેની ધરી પરની વર્તુળાકાર ગતિને અવગણીએ છીએ. તે સાથે જ તેણે કાપેલું અંતર માપતી વખતે દડાના ચોક્કસ આકારને કારણે આવતી ત્રુટિને પણ ધ્યાનમાં લેતા નથી. કઈ શરતોને આધારે આ ધારણાઓ માન્ય છે તેની ચર્ચા કરી શકાય.

ઉદાહરણ-8: નીચે આપેલા ચિત્રમાં, બસ જમણેથી ડાબી તરફ જઇ રહી છે(આકૃતિ-9), શું કોઈપણ અંકિત કરેલા અંતરને આપણે બસ દ્વારા બે ચોક્કસ બિંદુ વચ્ચે કાપેલા અંતર તરીકે લઈ શકીએ? જો હા, તો તમે કયું બિંદુ પસંદ કરશો? અને કેમ? જો ના, તો બસ દ્વારા કાપવામાં આવેલું યોગ્ય અંતર કયું હશે?

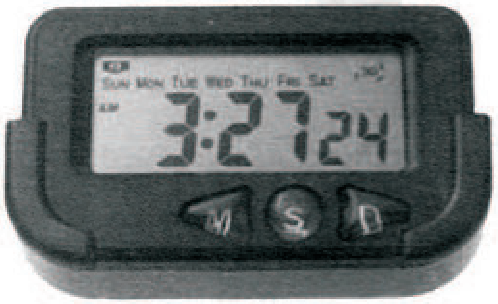


આકૃતિ-9 - ક્યાં બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર માપીશું? આગળનો છેડો / પાછળનો છેડો

ગતિમાન પદાર્થે કાપેલા અંતરને માપવામાં, બે મુદ્દાઓને ધ્યાનમાં લેવા પડે. પહેલો, વાસ્તવિક પદાર્થને ચોક્કસ કદ હોય છે અને બીજું, ગતિમાન પદાર્થના જુદા-જુદા ભાગો જુદા-જુદા પ્રકારની ગતિ કરતાં હોય છે. ઉપર આપેલું ઉદાહરણ આ બન્ને મુદ્દાઓને સમજાવવા માટે પૂરતું છે. બીજો મુદ્દો સમજાવવા માટે સાઈકલ કે બસનું ઉદાહરણ શ્રેષ્ઠ છે, કેમકે બાળકો આ બન્નેથી પરિચિત છે. અહી આપણે બસની ચર્ચા કરી છે , સાઈકલનું ઉદાહરણ બાળકોને કોયડા તરીકે આપી શકાય. બસની ખસવાની સ્થિતિનો અંદાજ લેવા માટે કઈ ધારણાઓ છે? આપણે બસની સ્થિતિમાં થતાં ફેરફારનું માપ લેતી વખતે બસના એક ચોક્કસ બિંદુને પસંદ કર્યું, તેની બદલાયેલી સ્થિતિને માપી અને ધાર્યું કે એટલા જ અંતરથી આખી બસે ગતિ કરી છે. પણ ત્યારે આપણે બસના પૈડાંની ગતિ અને તેમાં મુસાફરી કરતાં લોકોના હલનચલનને અવગણ્યા. તે સાથે જ આપણે એવું પણ ધારી લઈએ છીએ કે બસનો આકાર અને કદ બંને સ્થિતિમાં સરખા જ રહે છે. એટલેકે ખરેખર તો આપણે બસને એક નક્કર પદાર્થ(rigid body) તરીકે જ ધારી લીધી. આવા પ્રકારની આદર્શ પરિસ્થિતિને, વિજ્ઞાનમાં ઘણી વખત ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે કે જેથી અવલોકન કરવામાં આવતી ઘટનાઓની પાછળ રહેલા સાર્વત્રિક સિદ્ધાંતોને કોઈ પણ પ્રકારની જટિલ ગણતરીમાં ગુંચવાયા વગર તારવી શકાય.

આ વાત તો થઈ અંતર માપવાની તો ચાલો, હવે સમયના માપનને પણ જોઈએ. એટલે કે કોઈ ચોક્કસ ગતિ દરમ્યાન કેટલો સમય પસાર થયો ? તે આપણે માપવું છે. તમે કેવી રીતે માપશો કે ઘરેથી શાળાએ જવા માટે તમને કેટલો સમય લાગ્યો? શું આ જ રીતે તમે ઓરડાના એક છેડેથી ફેંકેલો દડો બીજા છેડે જાય તે માટે લાગતો સમય નોંધી શકશો? કરી જુઓ તો.

આ મોડ્યુલમાં પછીથી વર્ણવેલી કેટલીક પ્રવૃતિઓમાં અમે તમને સ્ટોપવોચ વાપરવાનું સૂચન કરીશું (આકૃતિ-10). સારી સ્ટોપવોચ, કે જે સેકન્ડના 100 માં ભાગ સુધીની ગણતરી દર્શાવે, તે તમારા પ્રયોગો માટે ખૂબ મદદરૂપ થશે. આકૃતિમાં આવી જ સ્ટોપવોચ બતાવી છે કે જે કોઈ પણ મોટા શહેરના બજારમાં મળી રહે છે. સામાન્ય રીતે સરળતાથી મળી રહેતી ધંધાકીય ડિજિટલ સ્ટોપવોચ બહુવિધ કાર્ય (multi functional) કરે છે. તેથી તમે ખરીદેલી સ્ટોપવોચની કાર્યપ્રણાલીમાં ફેરફાર કરી તેને ‘ટાઈમર’ પર ગોઠવવી પડશે. આ શીખવા માટે તમે સ્ટોપવોચ સાથેની નોંધ પોથીનો ઉપયોગ કરી શકો. તે ઉપરાંત તેને કેવી રીતે શરૂ કરવી, બંધ કરવી અને ફરી ગોઠવવી તે પણ શીખી શકો. બીજો વિકલ્પ તમારા મોબાઈલ ફોનમાં આપેલી સ્ટોપવોચનો ઉપયોગ કરવાનો છે.



આકૃતિ-10 સ્ટોપવોચ

બધાએ સાથે તાળી પાડવી

તાળી પડે ત્યારે ચાલુ અને તાળી પડે ત્યારે બંધ,જ્યારે તાળી પાડવામાં આવે કે વ્હિસલ વગાડવામાં આવે ત્યારે બધા વિદ્યાર્થીઓને એકસાથે સ્ટોપવોચ ચાલુ કરવા કહો અને એ જ રીતે તાળી કે વ્હિસલના અવાજ સાથે બંધ કરવા કહો. શરૂઆત કરો ત્યારે બે તાળી કે વ્હિસલના અવાજ વચ્ચે પૂરતો સમય રાખો. જેમ જેમ વિદ્યાર્થી સ્ટોપવોચથી પરિચિત થતાં જાય તેમ તેમ સમયગાળામાં ઘટાડો કરતાં જાઓ. એ જરૂરી છે કે તેઓ સ્ટોપવોચનો ઉપયોગ વધુમાં વધુ ચોકસાઈથી કરતા શીખે કે જેથી તેઓ આ જ મોડયુલમાં પછીથી આપેલા પ્રયોગો કરતી વખતે સારાં પરિણામો મેળવી શકે.

ક્લિક ક્લિક , ક્વીક ક્વીક

વિદ્યાર્થીઓને સ્ટોપવોચથી પરિચિત કરાવવાની બીજી એક રસપ્રદ પ્રવૃતિ છે, કે જેમાં તેમને પ્રતિક્રિયા સમય(રીએકશન ટાઈમ) નોંધવાનું કહેવામાં આવે છે. આ માટે તેમને તેમની સ્ટોપવોચ જેટલી ઝડપથી થાય એટલી ઝડપથી ચાલુ કરવા અને બંધ કરવા કહો. આ જ પ્રવૃતિને 20 થી 25 વખત કરાવો. વિદ્યાર્થીઓએ લીધેલા બધાં માપનનો સમાંતર મધ્યક એ, જે તે વિદ્યાર્થી માટેનો ‘સરેરાશ પ્રતિક્રિયા સમય’ છે. વર્ગમાં કરાતાં પ્રયોગો દરમ્યાન, તેણે લીધેલા માપનો, જો તેના સરેરાશ પ્રતિક્રિયા સમય કરતાં ખૂબ વધારે (ઓછામાં ઓછા 3-5 ગણા) હોય તો તે ડેટાને ભરોસાપાત્ર ગણી શકાય. તમે આને “બધા સાથે તાળીઓ/વ્હિસલ” ની પ્રવૃતિ દરમ્યાન ચકાસી શકો છો. બે તાળીઓ/વ્હિસલ વચ્ચેનો નાનામાં નાનો સમય જે તમે ચોકસાઈથી નોંધી શકો, તે માપવાની કોશિશ કરો.

ઝડપ

હવે આપણે અંતર અને સમયને માપવા વિષે પૂરતું શીખી લીધું છે. તો હવે આગળ વધીને જોઈએ કે આપણે ગતિને માપી શકીએ છીએ ? જેવું આપણે કોઈ ગતિમાન પદાર્થને જોઈએ તેની સાથે જ પહેલી નજરે એ ધ્યાનમાં આવે કે તે કેટલી ઝડપથી ગતિ કરે છે. ઝડપી કે ધીમું એ તે પદાર્થની ઝડપ ઉપરથી નક્કી કરી શકાય. દા. ત. તમને શાળાએ જવાનું મોડું થાય છે અને તમારો એક પાડોશી તમને સાઈકલ ઉપર અને બીજો પાડોશી મોટરસાઈકલ ઉપર મુકી જવા માટે કહે છે. તો તમે શાળાએ વહેલા પહોંચવા માટે કોને પસંદ કરશો? શા માટે ?

માધ્યમિક શાળામાં ભણતા (13-15 વર્ષના) વિદ્યાર્થીને ગતિના સંદર્ભે પદાર્થ ઝડપી છે કે ધીમો તેનો ખ્યાલ બરાબર હોય જ છે. તેમ છતાં ઝડપની જથ્થાકીય માપણી માટેની ચર્ચા કરવા માટે ઉપર મુજબના ઉદાહરણો બાળકોને આપી શકાય.

મોટરસાઈકલ એ સાઈકલ કરતાં વધુ ઝડપથી જાય છે, અને તમે તમારા પાડોશીની મોટરસાઈકલ ઉપર ઝડપથી પહોંચી શકશો. તેમ છતાં ઝડપ એ કોઈ એવું માપ નથી કે જેને સીધું માપી શકાય. તેની ગણતરી કરવા માટે પદાર્થે કાપેલા ચોક્કસ અંતરને તે માટે લાગેલા સમય વડે ભાગવું પડે.

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \frac{\text{પદાર્થે કાપેલું કુલ અંતર}}{\text{તે અંતર કાપવા માટે લાગતો કુલ સમય}}$$

નોંધ કરો કે આપણે ઝડપ સાથે 'સરેરાશ' ને જોડીને તેને વધુ પ્રમાણિત કરીએ છીએ. આ વિશિષ્ટ ઝડપની આપણે પછીથી ચર્ચા કરીશું.

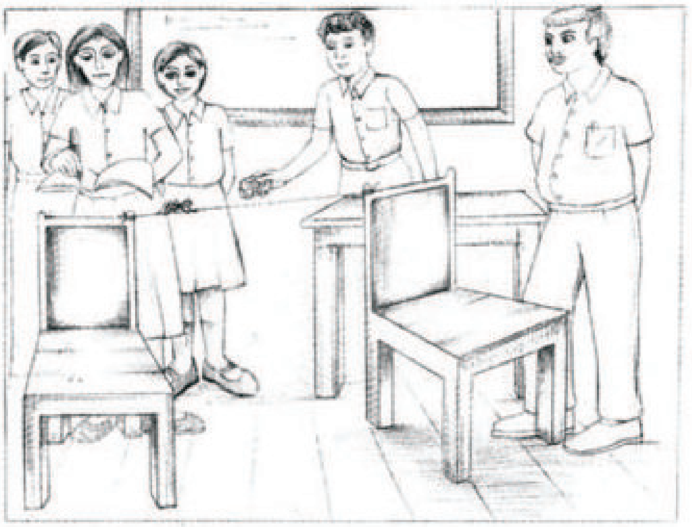
હવે પછીના પાનાંઓ પરની પ્રવૃત્તિઓ વર્ગખંડની એકવિધતાને તોડવા અને વિદ્યાર્થીઓને વિચાર કરતા કરવા માટે બનાવવામાં આવી છે. તેઓ દડાને ગબડાવીને, ચોક અથવા પથ્થરને હાથથી ખસેડીને અથવા જમીન પર ચાલતી કીડીઓનું નિરીક્ષણ કરીને કરી શકે છે- સીધી રેખામાં ગતિ કરતી કોઈપણ વસ્તુઓનું નિરીક્ષણ કરીને, જે એટલી ધીમેથી ગતિ કરતી હોય તે પ્રવૃતિ માટે લેવામાં આવેલ સમય સ્ટોપવોચનો ઉપયોગ કરીને માપી શકાય. વિદ્યાર્થીઓને ઘરેથી કોઈ આવા જ માપનો કરી લાવવા કહો અને વર્ગમાં પરિણામોની ચર્ચા કરો. જો સ્ટોપવોચ ઉપલબ્ધ ન હોય, તો સમયને, વૈકલ્પિક રીતે ઘડિયાળના સેકન્ડ કાંટા દ્વારા અથવા મોબાઈલ ફોનમાં આવેલી ઘડિયાળ દ્વારા માપી શકાય છે. અંતરનું માપન તે માપપટ્ટી કે મેઝર ટેપથી કરશે. જ્યારે પદાર્થ ખૂબ જ ઝડપથી ગતિ કરતો હોય. ત્યારે અલગ-અલગ વસ્તુઓ દ્વારા કાપવામાં આવેલા અંતરને માપવામાં અથવા પદાર્થ સીધી રેખામાં ગતિ કરતો ન હોય ત્યારે સમય અને અંતર માપવામાં કેવી કેવી સમસ્યાઓનો સામનો કરવો પડ્યો, તેની ચર્ચા કરવા માટે વિદ્યાર્થીઓને પ્રોત્સાહન આપો.

દોડતી કીડીઓ

આપણે બધાએ દડબડાટ કરતી કીડીઓને જોઈ જ છે. શું તેમની ગતિને સીધી-રેખાની ગતિ તરીકે વર્ણવી શકાય? તેમની ગતિનું અવલોકન કરો અને તેમની ઝડપ માપવાનો પ્રયાસ કરો. શું તમને તેની ઝડપ માપવામાં કોઈ સમસ્યા આવી? નીચેની પ્રવૃત્તિ તેમાં મદદ કરી શકે છે.

કેટલીક કીડીઓ ભેગી કરો, બને તો વિવિધ જાતની (ધ્યાન રાખો કે તે તમને ચટકે નહીં) હવે જમીનથી થોડે ઉપર બે બિંદુઓ વચ્ચે હવામાં ચુસ્ત રહે તેવી રીતે એક દોરીને ખેંચીને બાંધો. સ્ટોપવોચ ધરાવતો એક વ્યક્તિ ટાઈમકીપર તરીકે કાર્ય કરે છે. એક સમયે એક જ કીડીને દોરી ઉપર મૂકો. હવે કીડી દોરી પર ચાલતા તે અંતર કાપવા કેટલો સમય લે છે તે નોંધો. (આકૃતિ-13). આ માટે, જ્યાં તમે કીડી મૂકી છે ત્યાં દોરી પર એક ચિહ્ન અંકિત કરી શકો છો, અને સ્ટોપવોચ શરૂ કરો. દોરીના બીજા છેડા પર બીજું ચિહ્ન અંકિત કરો, અને જ્યારે કીડી ત્યાં પહોંચે ત્યારે સ્ટોપવોચ બંધ કરો. દરેક કીડી બે ચિહ્ન વચ્ચેનું અંતરને પૂર્ણ કરે તે માટેના સમયની નોંધ કરો. તે પછી તે બે ચિહ્ન વચ્ચેનું અંતર માપી લો. કોઈકવાર બે ચિહ્ન વચ્ચે કીડી દોરી પરથી નીચે પડી શકે છે. શું થોડાક અંતરે દોરી ઉપર ખાંડ રાખીને કીડીને દોરી પર રાખવામાં મદદ મળી શકશે? પ્રયત્ન કરો અને તમારા અવલોકનોનું કોષ્ટક તૈયાર કરો. તમે નીચે આપેલ કોષ્ટક-1 નો ઉપયોગ માર્ગદર્શિકા તરીકે કરી શકો છો.

આકૃતિ- 12. વિવિધ કીડીઓની શોધ.



આકૃતિ-13. ચુસ્ત રીતે ખેંચીને બાંધેલી દોરી ઉપર કીડી

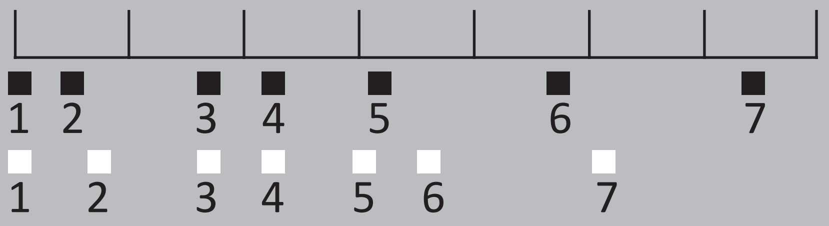
કોષ્ટક-1

નંબર	નામ	અંતર	લાગતો સમય	સરેરાશ ઝડપ
૧	કાળી કીડી	10 cm	2 s	5 cm / s
૨	લાલ કીડી	16 cm	4 s	4 cm / s
૩				

કઈ કીડી સૌથી ઝડપી હતી? (પ્રયોગ પછી, કીડીને તમે જ્યાંથી લઈ ગયા હતા ત્યાં પાછી મૂકી આવો.)
શું તમને લાગે છે કે માપ લેવામાં ભૂલની કોઈ શક્યતા હતી? ચર્ચા કરો કે તમે આવી ભૂલોને કેવી રીતે ઘટાડી શકો છો?

દટ્ટાની ચાલ

નીચેનું ઉદાહરણ, વિદ્યાર્થીઓને સરળતાથી કાલ્પનિક ગતિને દશ્યમાન કરવા માટે રચાયેલ છે. તે ઝડપ અને સ્થાન વચ્ચેનો સંબંધ અને તફાવત સ્પષ્ટ કરે છે. વિદ્યાર્થીઓ આ તફાવત સમજવામાં ઘણી વખત મૂંઝવણ અનુભવે છે.



(આકૃતિ-14) એકબીજાને સમાંતર રીતે ગતિ કરતાં બે દટ્ટાની 7 સેકન્ડ સુધી દરેક સેકન્ડે સ્થિતિઓ. ઉપરની રેખા દટ્ટાઓએ કાપેલું અંતર દર્શાવે છે.

એક સફેદ અને બીજા કાળા રંગના દટ્ટાને એકબીજાને સમાંતર સીધી રેખાઓ પર ખસેડવામાં આવે છે આકૃતિ-14માં અંકિત કરાયેલા ચોરસથી તેમની દરેક સેકન્ડ ની સ્થિતિ દર્શાવવામાં આવી છે. દટ્ટાને ડાબેથી જમણે ખસેડવામાં આવે છે.

1. કયા દટ્ટાની સરેરાશ ઝડપ સૌથી વધુ છે?

2. બંને દટ્ટા કયા સમયે એક જ સ્થિતિમાં હતા?

3. બંને દટ્ટા એક જ ઝડપે ક્યારે હતા?

A) 2 અને 3 સેકન્ડની વચ્ચે

B) 3 અને 4 સેકન્ડની વચ્ચે

C) 5 અને 6 સેકન્ડની વચ્ચે

D) ક્યારેય નહીં.

4. કાળો દટ્ટો ક્યારે પ્રથમ વખત સફેદ દટ્ટાથી આગળ થઇ જાય છે?

A. 1 અને 2 સેકન્ડની વચ્ચે

B. 2 અને 3 સેકન્ડની વચ્ચે

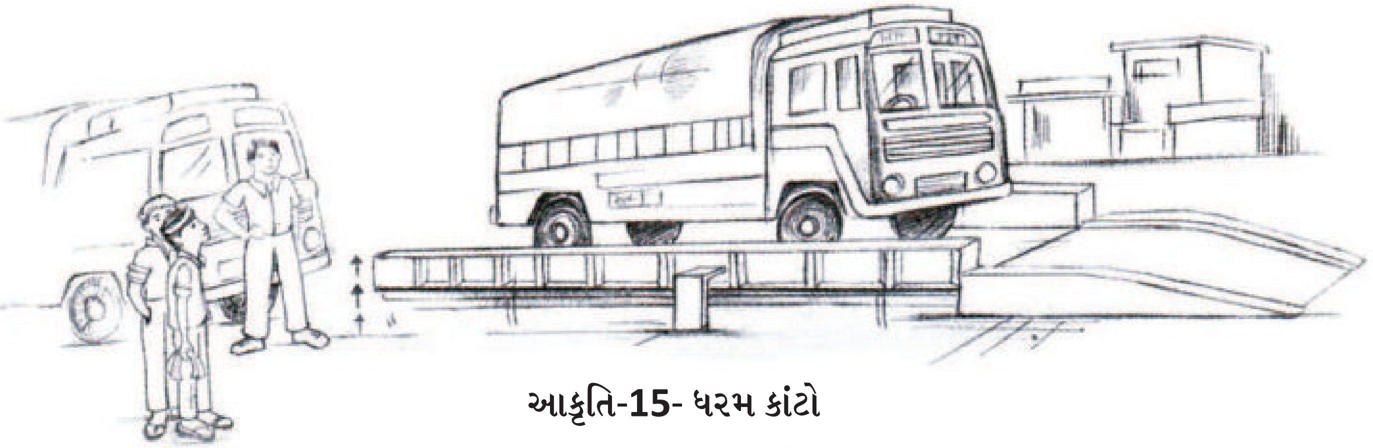
C. 3 અને 4 સેકન્ડની વચ્ચે

5.સફેદ દટ્ટો ક્યારે પ્રથમ વખત કાળા દટ્ટાથી આગળ થઇ જાય છે?

ઝડપના એકમો

ઉદાહરણ તરીકે ઝડપને લઈને 'એકમો'ના ખ્યાલને થોડો ઊંડાણથી સમજવા - શોધવા માટે આ એક સારો તબક્કો છે. જે સવાલોનો જવાબ અહી અમે આપવા માંગીએ છીએ તેનો અમારો હેતુ આ છે, (A) વિવિધ પરિસ્થિતિઓમાં જુદા જુદા એકમો શા માટે જરૂરી છે, અને (B) કિંમતોને એક એકમથી બીજા એકમમાં રૂપાંતરિત કેવી રીતે કરવાં.
કેટલાક તાલિમસત્રોમાં, અમે કંઈક વિચિત્ર જોયું. ઘણાં વિદ્યાર્થીઓ અને કેટલાક શિક્ષકો પણ ખાતરીપૂર્વક માને છે કે ગતિના એકમાત્ર શક્ય એકમો, મીટર / સેકન્ડ અને કિલોમીટર / કલાક છે. તેઓએ જોયું કે ગતિના એકમોનું રૂપાંતરણ (જે અંતર અને સમયની રાશિનો ગુણોત્તર છે), તે વજનના (દા.ત. કિલો અને ગ્રામ વચ્ચે) રૂપાંતરણ કરતાં થોડું વધુ જટિલ છે

શાકભાજી વેચનારો 250 ગ્રામ, 1 કિલોગ્રામ વગેરે જેવા એકમોમાં શાકભાજીનું વજન કરે છે, પરંતુ મોટા બજારોમાં ટ્રકમાં આવતા શાકભાજીનું વજન ટનમાં થાય છે. જેમ વજન માટે વિવિધ એકમો છે તેમ ઝડપના પણ વિવિધ એકમો હોઈ શકે છે. કેટલાક સામાન્ય ઉદાહરણોઃ કિ.મી. / કલાક (વાહનની ગતિને માપવા માટે વપરાય છે) અને મીટર / સેકન્ડ (પ્રયોગશાળામાં માપનમાં વપરાય છે). જો કે, અન્ય સંયોજનો પણ શક્ય છે
માઇલ / કલાક, ઇંચ / સે. વગેરે, એટલે કે અંતરના એકમને સમયના એકમો વડે વિભાજિત કરીને ઝડપનો એકમ શોધી શકાય છે.



આકૃતિ-15- ધરમ કાંટો

આકૃતિ-16 શાક બજાર

દોડતી કીડીની અગાઉની પ્રવૃત્તિમાં, તમે ગતિ માટે કેટલાક અન્ય એકમોનો ઉપયોગ કરી શકો છો? (સૂચનઃ અંતરનું માપ સે.મી.ના બદલે ઇંચમાં).

એકમોના રૂપાંતર

બસની સરેરાશ ગતિ 36 કિ.મી. / કલાક છે. તે સે.મી/સેકન્ડ માં કેટલી હશે?

આપણે જાણીએ છીએ કે 1 કિમી = 1000 મીટર = 1000 x 100 સે.મી. = 1,00,000 સે.મી.
અને 1 કલાક = 60 મિનિટ = 60 x 60 સેકન્ડ = 3600 સેકન્ડ
તેથી 1 કિમી / કલાક = 100,000 સેમી / 3600 સેકન્ડ

તેથી 36 કિમી / કલાક = 36 x 100,000 સે.મી./3600 સેકન્ડ = 1000 સે.મી. / સેકન્ડ

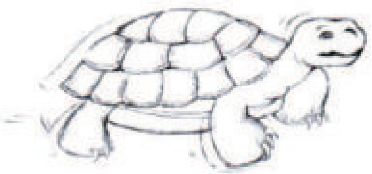
શું આના પરથી જુદી જુદી પરિસ્થિતિઓમાં જુદા જુદા એકમોની આવશ્યકતા લાગે છે?

- નીચે જણાવેલા ઉદાહરણોની ઝડપ માપવા માટે તમે કયા એકમોનો ઉપયોગ કરશો?
  (અ) કાચબો (ક) સાયકલ સવાર
  (બ) જેટ વિમાન (ડ) ઘૂંટણિયે ચાલતો બાળક
- એક બસ 6 મિનિટમાં 4 કિલોમીટર અંતર કાપે છે. જ્યારે બીજી બસ 10 મિનિટમાં ૩ માઈલ અંતર કાપે છે તો કઈ બસ ઝડપી છે?(1 માઈલ = 1.6 કિમી અંદાજે)
- જાણીતો પાકિસ્તાની ફાસ્ટ બોલર, શોએબ અખ્તર ('રાવલપિંડી એક્સપ્રેસ' તરીકે પણ ઓળખાય છે) 100 માઈલ / કલાકનો રેકોર્ડ બનાવવાનો પ્રયાસ કરી રહ્યો હતો. જો કે, સ્ટેડિયમના સ્પીડોમીટરમાં ઝડપ કિ.મી. / કલાકમાં મપાય છે. સ્ટેડિયમ સ્પીડોમીટર દ્વારા એક ઓવરમાં, 158.3 કિલોમીટર / કલાક, 155 કિ.મી. / કલાક, 142 કિમી / કલાક, 157.3 કિલોમીટર / કલાક, 148 કિ.મી. / કલાક અને 159.2 કિલોમીટર / કલાક નોંધાયેલ મૂલ્યો હતા.
  શું તમને લાગે છે કે આ ઓવરમાં તે તેના લક્ષ્ય સુધી પહોંચ્યો? / આંતરરાષ્ટ્રીય ક્રિકેટમાં સૌથી ઝડપી બોલિંગ માટેનો રેકોર્ડ શોધો

ઉદાહરણ 9. તમે નીચે પ્રમાણે કાર્ય કરીને કેટલાક વધુ રૂપાંતરણોનો અભ્યાસ કરી શકો છો

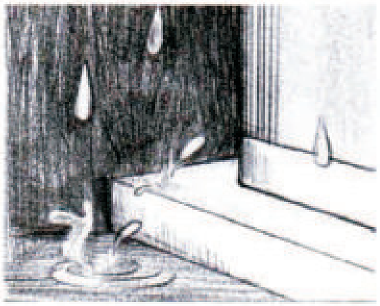
કોષ્ટક-2

નંબર	રૂપાંતરણ	માં	વાપરીને
1	સેમી / સેકન્ડ	મીટર / સેકન્ડ	1 મીટર = 100 સેમી
2	ઈંચ / સેકન્ડ	સેમી/ સેકન્ડ	1 ઈંચ = 2.54 સેમી
3	કિમી / કલાક	મીટર / સેકન્ડ	1 કિમી = 1000 મીટર અને 1 કલાક = 3600 સેકન્ડ



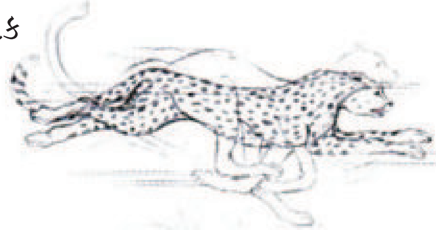
કાચબો 0.1 મીટર / સેકન્ડ

ચાલતી વ્યક્તિ 1.4 મીટર / સેકન્ડ



વરસાદનાં ટીપાં 9-10 મીટર / સેકન્ડ

દોડતી બિલાડી 14 મીટર / સેકન્ડ

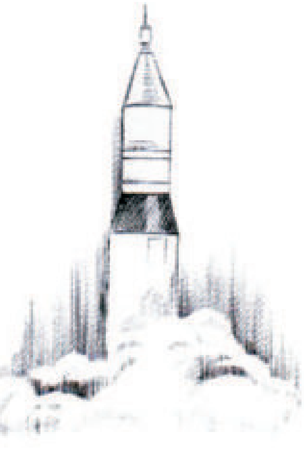


સાયકલ 20 - 25 કિલો મીટર / કલાક

દોડતો ચિત્તો 31 મીટર / સેકન્ડ

ફાસ્ટ બોલરના બોલની ઝડપ 90-100 માઈલ્સ / કલાક

બેડમિન્ટન નો શૉટ 80-90 મીટર / સેકન્ડ



જેટ પ્લેન 180 મીટર / સેકન્ડ

રોકેટ 5200 મીટર / સેકન્ડ

આ તબક્કે આપણી આસપાસ જે ઝડપ આપણને જોવા મળે છે તેની અનુભૂતિ લઈ લેવાનું યોગ્ય છે.
બાજુમાં આપેલા કોષ્ટકમાં કેટલીક લાક્ષણિક ગતિની ઝડપનું માપ આપેલું છે. વિદ્યાર્થીઓને સૂચિમાં વધુ વસ્તુઓ ઉમેરવા અને તેની ઝડપનું અનુમાન લગાવવા માટે કહો. ઝડપની માત્રાની અનુભુતિ મેળવવા માટે ચાલવાની ઝડપને સંદર્ભ તરીકે લો અને પછી બીજી ગતિ કેટલી ઝડપી અથવા ધીમી છે તેની સરખામણી કરો. ઉદાહરણ તરીકે, ઘરેલું બિલાડી મનુષ્યની સામાન્ય ચાલવાની સ્પીડ કરતાં દસ ગણી ઝડપે ચાલી શકે છે, જ્યારે ચિત્તો 20 ગણી ઝડપથી ચાલી શકે છે. લોકો કેટલી ઝડપથી દોડી શકે તે શોધવા માટે વિદ્યાર્થીઓને કહો- જેથી જોઈ શકાય કે આપણે બિલાડી અથવા આપણી પાછળ પડતા ચિત્તાની આગળ નીકળી શકીએ કે નહીં.

બોલિંગમાં તેજ બોલરની ઝડપ અને બેડમિન્ટનમાં શૉટની ઝડપમાંથી કોની ઝડપ વધુ હશે?

પ્રોજેક્ટ

1. ઝડપના માપન માટે કોઈ ગતિને પસંદ કરો. તે તમારા નાના ભાઈની ઘૂંટણિયા ભરવાની ગતિ હોઈ શકે છે, તમારા પાલતુ કૂતરાની ગતિ, સાયકલ ચલાવતા તમારા મિત્રની ગતિ, નહેરમાં વહેતા પાણીની ગતિ, કે પાંદડાની ઝાડ પરથી પડવાની ગતિ. ઝડપના માપન માટે તમે જે ગતિની પસંદગી કરી છે, તેના ઘણાં માપન કરો, સાથે જ જે પરિસ્થિતિમાં તમે માપન કર્યું છે તેની પણ નોંધ કરો. હવે માપનોનું વિશ્લેષણ કરો. (તમારા શિક્ષક પાસેથી થોડી માહિતી લઈ શકો). અને જુઓ કે અભ્યાસમાં લેવાયેલી ગતિની કોઈ એક લાક્ષણિક ગતિ માટે તમે કોઈ એક અંક ઉપર પહોંચી શકો છો કે નહીં.

2. વધુ પ્રાણીઓની લાક્ષણિક ગતિ શોધવાનો પ્રયાસ કરો. પ્રાણીઓનો(મનુષ્ય સહિત) તેમની ઝડપના વધતાં ક્રમમાં ચાર્ટ બનાવો. જો તમે સારું ચિત્રકામ કરી શકતા હોવ તો તમે ચિત્રો દોરીને સૂચિ બનાવી શકો છો. હવે જુઓ કે શિકારી તેમના શિકાર કરતા હંમેશા ઝડપી હોય છે!

પાંદડું કેવી રીતે પડે છે ?

શું તમે ઝાડ ઉપરથી પડતાં સૂકા પાનને જોયા છે ? જો ખૂબ જોરમાં પવન વાતો ન હોય તો પાંદડા નીચે પડતી વખતે એક તરફથી બીજી તરફ લહેરાતા હોય છે. નીચે આકૃતિ 17 અને 18 માં તેનો માર્ગ જુઓ. શું તમે માનો છો આ માર્ગની લંબાઈનું માપન એ મુક્ત પતન કરતા પથ્થરનું અંતર માપવા જેટલું સહેલું છે ? ચોક્કસ નથી જ. તો આપણે પાંદડાની ઝડપનો અંદાજ મેળવવા અંતર કઈ રીતે માપી શકીએ ?હા, જો આપણે ફક્ત પાંદડાની નીચે તરફની ગતિમાં જ રસ ધરાવતાં હોઈએ તો, આપણે તેની બાજુ-બાજુમાં થતી દોલન ગતિને અવગણીએ. ઝાડથી જમીન સુધીના સીધા અંતરને પાન દ્વારા લીધેલા સમય વડે ભાગવામાં આવે તો તેને પાંદડાની સરેરાશ ઝડપ ગણી શકાય. જો તમે આ ધારણા બાંધી લો અને જો પાંદડાની આંદોલિત ગતિ એ પાંદડાની મુક્ત પતન ગતિના અંતરની સરખામણીમાં ખૂબ નાની હોય તો તમે પાંદડાની સાચી ઝડપથી ખૂબ નજીક હોય તેવી કિંમત મેળવી શકો છો. શું તમે આવો કોઈ પ્રયોગ વિચારી શકો છો જે તમારી આ ધારણાને ચકાસી શકે ?

આકૃતિ-17 પવન વિના પડતા પાંદડા

આકૃતિ-18 તેજ પવનમાં પડતા પાંદડા

એ જ રીતે, જ્યારે વાસ્તવિક ગતિની ચકાસણી કરીએ ત્યારે આપણે ઘણી વખત માની લઈએ છીએ કે તેની ગતિ સીધી રેખામાં જ છે. અને બીજી દિશામાંની તેની નાની હલન-ચલનને અવગણીએ છીએ. જ્યારે આપણે આવાં બીજા ઉદાહરણોની ચર્ચા કરીશું તે આ ધારણાને આધારીત છે. જ્યારે તમે તમારી પ્રવૃત્તિઓ દરમ્યાન માપન કરો છો, ત્યારે તમારે આવી ધારણા કરવાને લીધે આવતી ત્રુટિ વિષે ચર્ચા કરી લેવી જોઈએ.

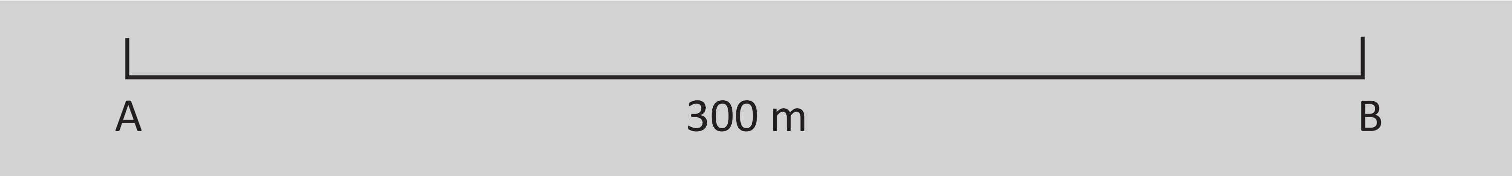
નિયમિત અને અનિયમિત ગતિ

જ્યારે તમે ઝડપના માપન માટેની પ્રવૃતિ કરાવતા હશો, ત્યારે કેટલાંક વિદ્યાર્થીઓ તો એવી નોંધ કરશે જ કે ઝડપ હંમેશ માટે શરૂઆતથી અંત સુધી સમાન રહેતી નથી. જો કોઈ પણ વિદ્યાર્થી આવું કોઈ અવલોકન ન કરે તો તમે તેમની સાથે નીચે મુજબના ઉદાહરણો લઈને ચર્ચા શરૂ કરો.

ધારો કે, આપણે તમારા ઘર નજીક આવેલા બસસ્ટોપથી તમારી સ્કૂલ સુધી આવતી સ્કૂલ બસની ગતિ ને નોંધી રહ્યા છીએ. બસ બસસ્ટોપ ઉપર આવી અને તમે તેમાં ચડી જાઓ છો. પછી બસનો ડ્રાઈવર ગીયર બદલશે અને બસ ગતિમાં આવશે. બસ કેટલાક સમય પછી સ્કૂલે પહોંચે છે, જ્યાં તે ઊભી રહે છે ત્યાં તમે બસમાંથી ઉતરી જાઓ છો. જો આપણે અગાઉની વ્યાખ્યા મુજબ ગણતરી કરીએ તો, આપણે તમારા ઘરથી સ્કૂલ સુધીનું અંતર માપવું અને તેને સ્કૂલ સુધી પહોંચવાના સમય વડે ભાગીશું કે જેથી બસની સરેરાશ ઝડપ મળી શકે. પરંતુ તમે એ પણ જોયું જ હશે કે જ્યારે બસ ચાલુ થઈ, ત્યારે તે ધીમી ઝડપે ગતિ કરતી હતી અને તેણે થોડા સમય પછી વધુ ઝડપ પકડી. તેનાથી ઉલ્ટું થયુ જ્યારે બસ તેના મુકામ ઉપર આવી. શું આનો અર્થ એવો થાય કે એક બસ સ્ટોપથી બીજા બસ સ્ટોપ દરમ્યાનની ગતિ દરમ્યાન, બસ જુદા જુદા સમયે જુદી જુદી ઝડપે ગતિ કરતી હશે ? આ કિસ્સામાં, આપણે બસની ઝડપ અંગે શું કહી શકીએ ? અને આપણે તે ઝડપ શી રીતે માપી શકીએ ?

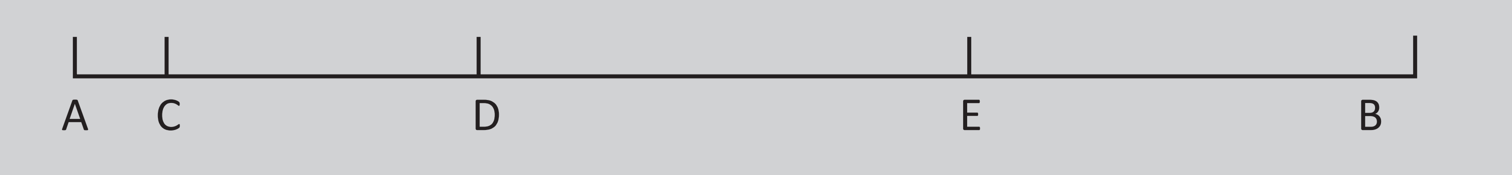
સરેરાશ અને તત્કાલ ઝડપ

ધારોકે એક બસ સીધી રેખામાં ગતિ કરીને બિંદુ A થી B સુધી 30 સેકન્ડમાં પહોંચે છે, (આકૃતિ-19). A થી B સુધીનું અંતર 300 મીટર છે. તો તેની સરેરાશ ઝડપ =300 m ÷ 30 s = 300/30 m/s=10 m/s



આકૃતિ-19

ધારોકે આપણે બિંદુ A અને B વચ્ચેના પણ કેટલાંક માપ લઈએ છીએ, (આકૃતિ-20). આપણે A થી C સુધીનું માપન અને C થી D સુધી અને એજ રીતે આગળ. અને ત્યાર બાદ આપણે આ દરેક અંતરાલ માટે ઝડપ માપીશું.



આકૃતિ-20

આપણને નીચે મુજબની કિંમતો મળે છે.

કોષ્ટક-3

બિંદુઓ	અંતર	લાગતો સમય	અંતરાલ માટેની ઝડપ
A-C	20 m	2 s	10 m/s
C-D	60 m	6 s	10 m/s
D-E	120 m	12 s	10 m/s
E-B	100 m	10 s	10 m/s

આપણે એ જોઈ શકીએ છીએ કે દરેક અંતરાલ માટેની સરેરાશ ઝડપ એટલી જ મળે છે જેટલી બિંદુ A થી B માટેની સરેરાશ ઝડપ હતી. એટલે કે 10 m/s તેથી આ પ્રકારની ગતિના ઉદાહરણને આપણે નિયમિત ગતિનું ઉદાહરણ કહીશું. એટલે કે તેની ઝડપ તેની ગતિ દરમ્યાન અચળ રહે છે.

વૈકલ્પિક રીતે આપણે ધારી લઈએ કે ઉપર મુજબના જ બિંદુઓ વચ્ચે લીધેલા માપનની કિંમત નીચે મુજબ મળે છે.

કોષ્ટક-4

બિંદુઓ	અંતર	લાગતો સમય	અંતરાલ માટેની ઝડપ
A-C	20 m	2 s	10 m/s
C-D	60 m	10 s	6 m/s
D-E	120 m	8 s	15 m/s
E-B	100 m	10 s	10 m/s

કોષ્ટકમાં આવેલી અંતિમ હરોળ દરેક અંતરાલ માટે તેની સરેરાશ ઝડપનું મુલ્ય આપે છે. પરંતુ અહીં, બિંદુ C અને D વચ્ચેનું 60 મીટરનું અંતર 10 સેકન્ડમાં કપાય છે. (જો કોષ્ટક-3 સાથે તુલના કરીએ તો તે 6 સેકન્ડ છે). તેથી બિંદુ C અને D વચ્ચેની સરેરાશ ઝડપ =60 m/10 s= 60/10 m/s = 6 m/s પરંતુ આ જ 300 મીટરનું અંતર કાપવા માટે લાગતો કુલ સમય તો હજી પણ 30 સેકન્ડ જ છે. (ટેબલ-4 ની ઉજી હરોળની કિંમતોનો સરવાળો કરો). શરૂઆતમાં આપણે બિંદુ A અને B વચ્ચેના અંતર માટેની સરેરાશ ઝડપ શોધી (જેમાં અંતરાલ CD પણ આવે છે), જે 10 m/s હતી. તો હવે આપણે આ એક જ અંતરાલ માટેની અલગ અલગ ઝડપને શી રીતે સમજાવી શકીશું ?

આવો પ્રશ્ન એટલા માટે ઉદ્‌ભવ્યો કે આપણે સરેરાશ ઝડપની ગણતરી માટે કુલ અંતર કાપવા માટે લાગતો કુલ સમય જ ધ્યાનમાં લઈએ છીએ. એનો અર્થ તો એવો થાય કે જો પદાર્થ A થી B ની વચ્ચે 10 m/s ની અચળ ઝડપે ગતિ કરે તો તેણે આ અંતર 30s માં પૂર્ણ કર્યુ હોત. તેનાથી કુલ અંતરના જુદા જુદા ભાગનું અંતર કાપવા કેટલો સમય લાગ્યો તેના વિષે કશું જાણી શકાતું નથી. જે આપણે ઉપર દર્શાવેલા કોષ્ટકમાં જોઈ શકીએ છીએ.

તમે જોઈ શકો છો કે કેટલાંક ભાગમાં તેની ઝડપ સરેરાશ ઝડપથી ઓછી હતી તો કેટલાક ભાગ માટે આ ઝડપ સરેરાશ ઝડપથી વધુ હતી. **આવા પ્રકારની ગતિ કે જેમાં ઝડપ બદલાતી રહેતી હોય તેને અનિયમિત ગતિ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.**

તમે એવું પૂછી શકો કે જો આપણે અંતરને વધુ નાના અંતરાલોમાં વિભાજીત કરીએ તો આપણે કેવી રીતે જાણી શકીએ કે ગતિ કરતા પદાર્થની ઝડપ નિયમિત રહે છે કે નહી. એનો જવાબ છે ચોક્કસપણે, આપણે નથી જ જાણી શકતા, કે જ્યાં સુધી આપણે આ નાના અંતરાલ માટેનું ખરેખર માપન ન કરીએ. તેથી ગતિ નિયમિત છે કે નહીં તે જાણવા માટેનો એક માત્ર રસ્તો એ છે કે, આપણે ગતિ કરતા પદાર્થની ઝડપને તેના ગતિપથને નાના અંતરાલોમાં વિભાજીત કરીને માપીએ.

નાનામાં નાનો કયો અંતરાલ છે, જેના માટે માપ લઈ શકાય ? તે માટે અંતર અને સમય માપવા માટેનાં તમારી પાસેનાં સાધનો (માપપટ્ટી, મેઝર ટેપ, ઘડિયાળ, મોબાઈલ ફોન વિ.) અને પ્રત્યેક સાધન પર જે નાનામાં નાનું માપ લઈ શકાય (જેને સાધનનું ‘લઘુતમ માપ’ કહે છે), તે નક્કી કરો. અંતરાલ તે પ્રમાણે નાનો રાખો. જેમ કે તમે સેકન્ડ કાંટાવાળી ઘડિયાળનો ઉપયોગ કરતાં હો તો તમે દરેક સેકન્ડે અંતર માપી શકો. પછી તમે દરેક સેકન્ડ માટે ઝડપ મેળવી શકો અને તેની મદદથી લાંબા સમય-અંતરાલ (જેમકે 15 મિનિટ) માટે ગતિ નિયમિત છે કે નહિ તે ચકાસો. આવા કિસ્સામાં, પ્રત્યેક સેકન્ડે માપેલી ઝડપને આપણે તત્કાલ ઝડપ કહીશું.

જો આપણે વધારે નાનો સમયગાળો માપી શકતા હોઈએ, ધારો કે સેકન્ડનો દસમો ભાગ, તો સેકન્ડનાં દસમાં ભાગને માપીને મેળવેલી ઝડપને તત્કાલ ઝડપ કહીશું. આ મોડયુલમાં પછીથી, આપણે આલેખ દ્વારા ગતિને કેવી રીતે દર્શાવવી તેની ચર્ચા કરીશું. અને ત્યારે આપણે જોઈ શકીશું કે અંતર-સમયનો આલેખ તત્કાલ ઝડપ માટે શી રીતે વાપરી શકાય. આપણે કોઈપણ રીત અપનાવીએ, તત્કાલ ઝડપ એ ‘‘સમય માપવા માટેના સાધનના લઘુત્તમ માપને આધારે મળતી સરેરાશ ઝડપ’’ દર્શાવે છે.

સરેરાશ શોધવું

બાળકો (બાળકો જ નહી ક્યારેક મોટાં પણ) ઘણી વખત અનિયમિત ગતિ માટેની સરેરાશ ઝડપ ગણવામાં ભૂલો કરતા હોય છે. જ્યારે બધા ગતિપથ માટેની ઝડપ બધા અંતરાલ માટે આપી હોય.

શિક્ષકોની પ્રશિક્ષણ શિબિર દરમ્યાન અમે એ જોયું કે દરની સરેરાશ ગણવામાં અને સાદી સંખ્યાની સરેરાશ ગપવામાં શું તફાવત છે ? તે ઘણાં લોકોને ચોક્કસપણે સમજાતું નથી. આ વિભાગમાં આપણે આ વિશેની ચર્ચા કરીશું. એક ઉદાહરણ તેમના પરીક્ષાના ગુણ અને ટકાવારીમાં ગુણ(ટકાવારી એ એક દર છે જે દરેક 100 માંથી મળેલા જથ્થાનું માપ સૂચવે છે) કે જેનાથી દરેક વિદ્યાર્થી પરીચિત છે. બીજું ઉદારહણ શાકભાજી બજારમાં થતી ખરીદીનું છે. જો જરૂરી લાગે તો તમે તમારા બાળકોના સામાજીક વાતાવરણ મુજબ બીજાં ઉદાહરણો મૂકી શકો છો.

નીચે આપેલી 7 સંખ્યાઓની સરેરાશ કિંમત શોધવા માટે આપણે તે બધી સંખ્યાઓના સરવાળાને 7 વડે ભાગવી પડશે. એટલે કે

67+ 55+ 87+64+73+42+38/7=60.9 મળશે.

પરંતુ ધારોકે આ સંખ્યાઓ ખરેખરમાં રીયાના રીપોર્ટ કાર્ડમાં દર્શાવેલા જુદા જુદા વિષયોમાં મેળવેલા ગુણ હોય કે જે કોષ્ટક-5 માં દર્શાવ્યા છે.

તો તેના કુલ ગુણની ટકાવારી શોધવા તેણે મેળવેલા ગુણના સરવાળાને મહત્તમ ગુણ વડે ભાગી તેને 100 વડે ગુણવું પડે. એટલે કે 426 / 600 x 100 = 71%

આકૃતિ-21 -દાદીમા, જુઓ મારું રીપોર્ટ કાર્ડ

કોષ્ટક-5

વિષય	વધુમાં વધુ ગુણ	મેળવેલ ગુણ	ટકાવારી
હિન્દી	100	67	67
અંગ્રેજી	100	55	55
ગણિત	100	87	87
સામાજીક વિજ્ઞાન	100	64	64
વિજ્ઞાન	100	73	73
કૌશલ્ય / કળા	50	42	84
સંગીત	50	38	76

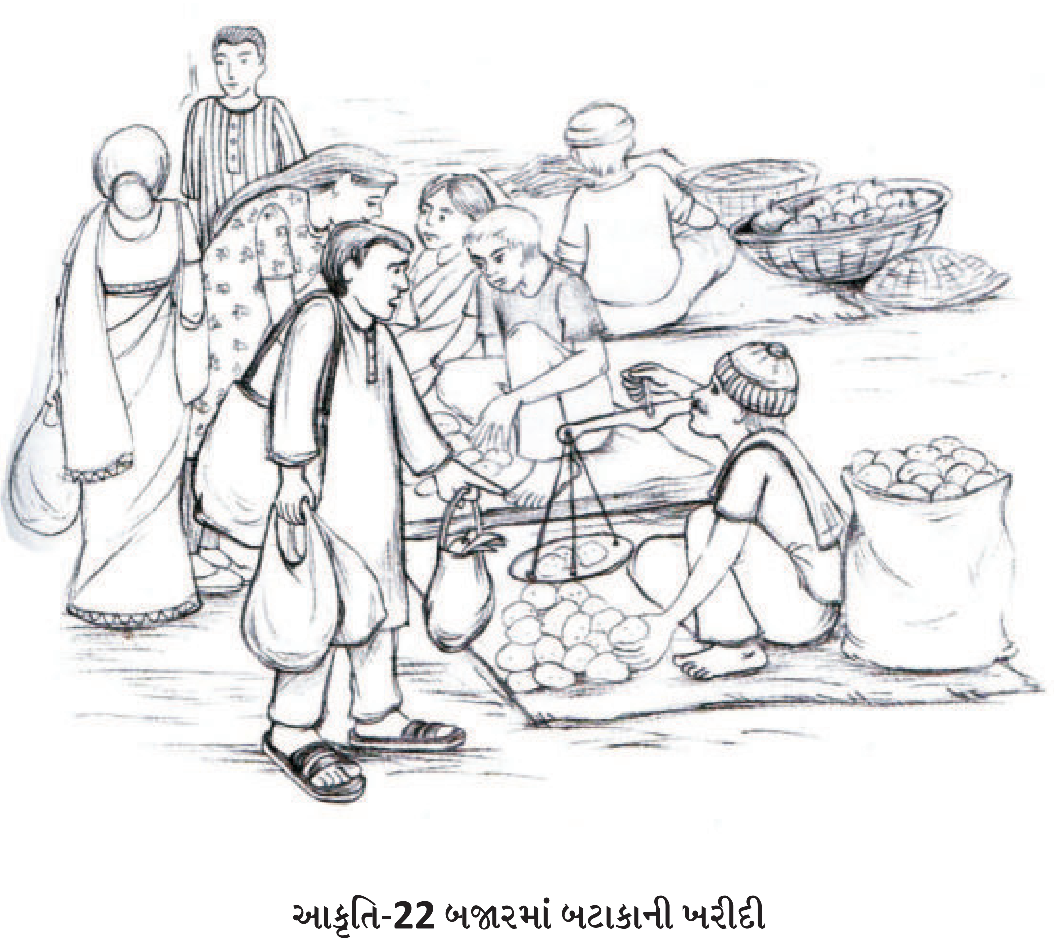
તેને બદલે જો આપણે સરેરાશ ટકાવારી શોધીએ (જેને ખોટી રીતે કુલ ટકાવારી બોલાય છે) તો આપણે જે દરેક વિષયની ટકાવારી શોધી છે (અંતિમ કોલમની સરેરાશ) તેનો મધ્યક અથવા સરેરાશ લેવી પડે એટલે કે 506 / 7 = 72.29%

જો આ સરેરાશ ટકાવારી સાચી હોય તો 72.29% x 600 / 100 કરવાથી તેણે મેળવેલા કુલ ગુણ કે જે 426 છે તે મળવા જોઈએ. પરંતુ અહીં તો જવાબ 433.74 મળે છે. તો આપણે ભુલ ક્યાં કરી ? જો આપણે આપણી ગણતરી તરફ પાછા જઈએ, તો આપણે એ જોઈ શકીએ છીએ કે આપણે ગુણોત્તરને વાસ્તવિક સંખ્યા તરીકે ગણીને તેની સરેરાશ લીધી. પરંતુ આવા કોઈપણ ગુણોત્તરના સમુહ માટે સરેરાશ લેવી હોય તો આપણે તે બધા અંકોનો સરવાળો કરી અને તે જેનાથી મળ્યા છે તે મહત્તમ ગુણના સરવાળાના ગુણોત્તરને 100 વડે ગુણવો પડે. એટલે કે અહીં આપણા ગુણ માટે 426 / 600 x 100 = 71% થશે.

તમે આવા બીજા સંખ્યાગણ માટે ગણતરી કરી શકો છો.

તમારા પિતાજી શાકભાજી માર્કેટમાં બટાકા ખરીદવા ગયા. તેમણે એક જગ્યાએથી 6 કિલો બટાકા રૂ.6/ કિલો ખરીધ્યા. બીજી એક જગ્યાએ તેમણે જુદા પ્રકારના બટાકા જોયા અને તે 2 કિલો બટાકા રૂ.10/ કિલોના ભાવે ખરીદ્યા. તો એમણે બટાકા માટે આપેલી સરેરાશ કિંમત કેટલી હશે ?

જો વિદ્યાર્થીઓ ઉપરની ગણતરી ન કરી શકે તો તમે તે ગણી બતાવો.



આકૃતિ-22 બજારમાં બટાકાની ખરીદી

તમારા પિતાજી 6 કિલો બટાકા 6 રૂ. / કિલો અને 2 કિલો બટાકા 10 રૂ. / કિલો ના ભાવે ખરીદે છે. હવે તમારે એ જાણવું છે કે સરેરાશ કેટલા રૂપિયામાં તેમણે બટાકા ખરીદ્યા ? જો તમે બે કિંમતનો ગાણિતિક મધ્યક શોધશો તો તે સરેરાશ દર, એક કિલો બટાકાની કિંમત 8 રૂ. / કિલો. મળશે. તમારા પિતાજી કુલ 8 કિલો બટાકા ખરીદી લાવ્યા છે. જો તેની સરેરાશ કિંમત 8 રૂ. / કિલો ગ્રામ હોય તો તેમણે કુલ 64 રૂ. (8 x 8) આપવા પડે. પરંતુ તેમણે ખરેખર તો (6 X 6 + 2 X 10) = 56 રૂ. આપ્યા છે. તો આપણે આપણી ગણતરીમાં કયાં ખોટા પડયા ?

ચાલો હવે કંઈક જુદી રીતે ગણતરી કરીએ. આ વખતે આપણે કેટલા રૂપિયા આપ્યા તેની ગણતરી કરીએ, 36 રૂ. પહેલી જગ્યાએ અને 20 રૂ. બીજી જગ્યાએ, આમ કુલ 56 રૂ. તેને કુલ કેટલા કિલોગ્રામ બટાકા ખરીધ્યા તેના વડે ભાગો. કે જે 6 કિલો + 2કિલો = 8 કિલો છે. એટલે કે આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે 56 રૂ. તેમણે 8 કિલો બટાકા માટે આપ્યા. 56 ને 8 વડે ભાગતા જવાબ મળશે, 7 રૂ./ કિલો જે સરેરાશ કિંમત છે.

પાછા સરેરાશ ઝડપના અંદાજ તરફ જઈએ, ત્યારે આપણે તે યાદ રાખવું જોઈએ કે ઝડપ એ પણ એક દર છે. તેથી, સરેરાશ ઝડપ ફક્ત ગાણિતીક મધ્યક (જુદી જુદી ઝડપની સરેરાશ) લઈને મળી શકે નહીં. તેને બદલે આપણે પહેલા કુલ અંતર પૂર્ણ કરવા માટે લાગતો કુલ સમય અને કુલ અંતર શોધી, તે બંનેનો ગુણોત્તર ગણતરીમાં લેવો પડે.

ઉદાહરણઃ 10 ધારોકે એક ગાડી 30 કિમી/કલાકની નિયમિત ઝડપે 180 કિમી. અને બીજા 220 કિમી. 55 કિમી /કલાકની નિયમિત ઝડપે પૂર્ણ કરે છે. તો તેની સરેરાશ ઝડપ નીચેની રીતે ગણી શકાશેઃ

કુલ અંતર = 180 કિમી. + 220 કિમી = 400 કિમી.

લાગતો કુલ સમય (180 કિમી÷ 30 કિમી /કલાક + 220 કિમી ÷ 55 કિમી/ કલાક)

=(180 ÷ 30 + 220 ÷ 55)કલાક

= 6 + 4 કલાક =10 કલાક

તેથી સરેરાશ ઝડપ = (400 ÷ 10) કિમી/કલાક = 40 કિમી/કલાક

ગતિમાપક (સ્પીડોમીટર)

વાહન ચાલક પોતાની સાથે ઝડપ માપવા માટે મેઝર ટેપ (મીટર પટ્ટી) કે સ્ટોપવોચ લઈ જતા નથી. તેમણે તો ફક્ત તેના ડેશ બોર્ડ ઉપર ફીટ કરેલા ઘડિયાળ જેવા દેખાતા સાધનના ડાયલ ને જ જોવાનું હોય છે. (આકૃતિ-24) આને સ્પિડો મિટર કહે છે. તે સીધુ ઝડપને કિમી/કલાકમાં દર્શાવે છે. તો, હવે કહો તો સ્પીડોમીટર કેવી રીતે વાહનની ઝડપ માપતું હશે ?

વાહનના ટાયર સાથે એક સંવેદક (સેન્સર) લગાવેલું હોય છે, જે ટાયર દ્વારા એક સેકન્ડમાં પૂર્ણ કરેલા ચક્રોની ગણતરી કરે છે. આ સંખ્યા, ટાયરના વ્યાસ સાથે મળીને વાહન દ્વારા એક સેકન્ડમાં વાહન દ્વારા કાપેલા અંતર અંગેનો અંદાજ લગાવે છે. આ ઝડપને km/h માં દર્શાવવામાં આવે છે. આકૃતિ-24 લાક્ષણિક ગતિમાપક

જુદા જુદા વાહનો જેવા કે મોટર સાયકલ, બસ, કાર વગેરેમાં લગાડેલા સ્પીડોમીટરને જોવાનો પ્રયત્ન કરો. શું તમને તેમની વચ્ચે કોઈ તફાવત જોવા મળ્યો. શું તમે વિચારીને કહી શકાશો કે કારમાં લગાડેલું સ્પીડોમીટર વિમાનમાં પણ લગાડી શકાય ?

આકૃતિ-24
લાક્ષણિક ગતિમાપક

ઉદાહરણ: 11 રાધિકા ચાલતી-ચાલતી શબાનાના ઘરે ગઈ અને પછી ત્યાંથી બન્ને જણાં પુસ્તક ખરીદવા સાયકલ ઉપર બજાર ગયા. ખરીદી કરી લીધા પછી, રાધિકા શબાનાને આવજો કહીને દુકાનેથી સીધી ચાલતા-ચાલતા ઘરે આવી ગઈ. નીચે આપેલા કોષ્ટકમાં અંતર અને સમય માટેની કોઈક કિંમત (તેના એકમ સાથે) લખો.

અંતે, રાધિકાના આખી મુસાફરી માટેની સરેરાશ ઝડપ શોધો.

આકૃતિ-23 બજારની મુસાફરી

કોષ્ટક-6

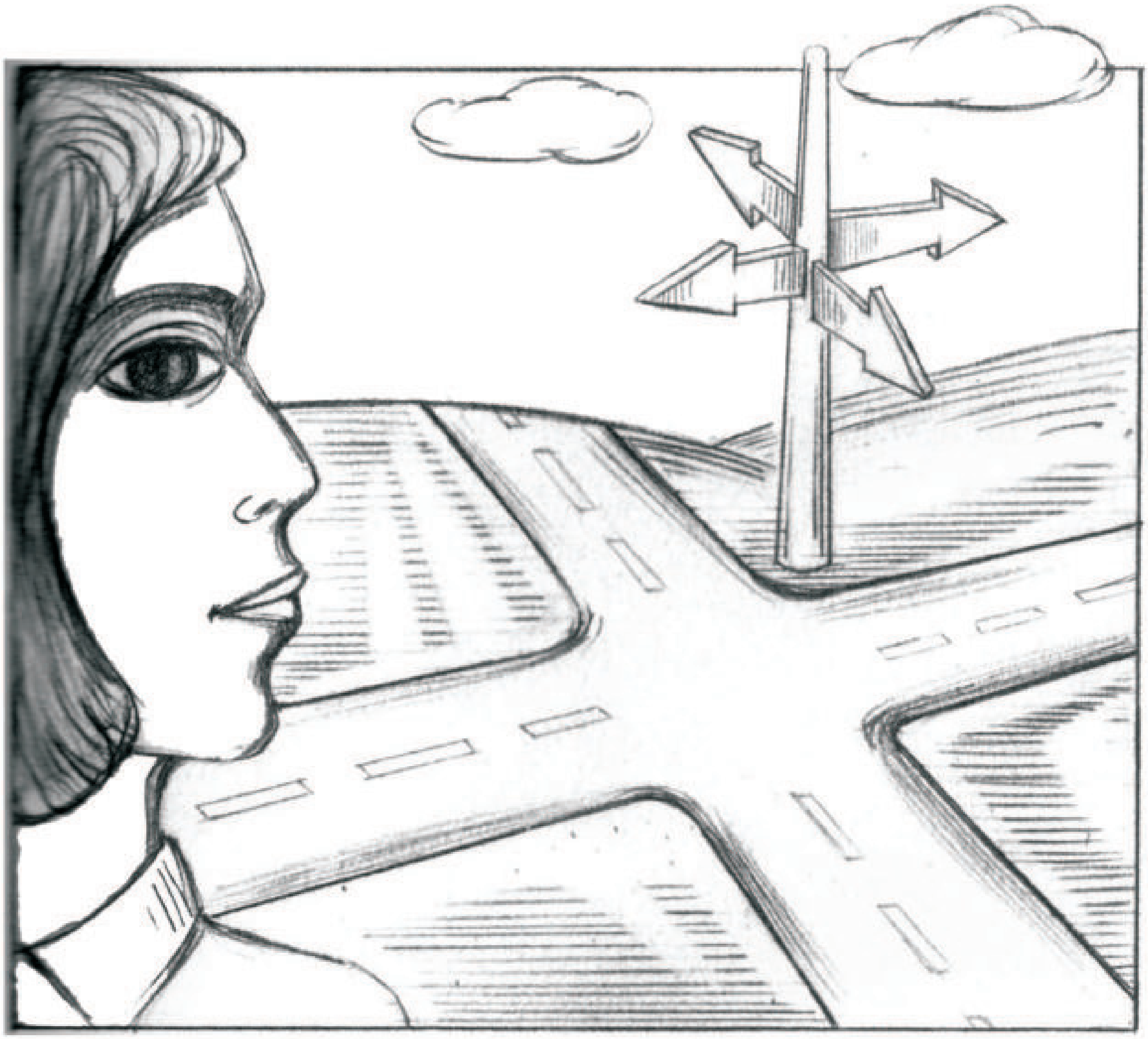
ક્રમ	માર્ગ	કાપેલું અંતર	લાગતો સમય	સરેરાશ ઝડપ
1	રાધિકાના ઘરથી શબાનાના ઘરે.			
2	શબાનાના ઘરેથી પુસ્તકની દુકાન			
3	પુસ્તકની દુકાનથી રાધિકાનું ઘર			

સાયકલના પૈડાને લાકડી વડે ગબડાવવાની રમત ગામમાં લોકપ્રિય છે. રમત (આકૃતિ-25) જો આ પૈડાનો વ્યાસ 40 સેમી હોય અને પૈડું એક સેકન્ડમાં 10 આંટા પૂર્ણ કરતું હોય, તો તેની ઝડપ કેટલી ?

આકૃતિ-25, પૈડું ચલાવતો સોનુ.

Hint: એક ચક્ર પૂર્ણ કરવાથી પૈડું તેના પરિઘ જેટલું અંતર કાપે છે. અને વર્તુળાકાર પૈડાનો પરિઘ તેના વ્યાસ કરતા આશરે 3.14 ગણો હોય છે.

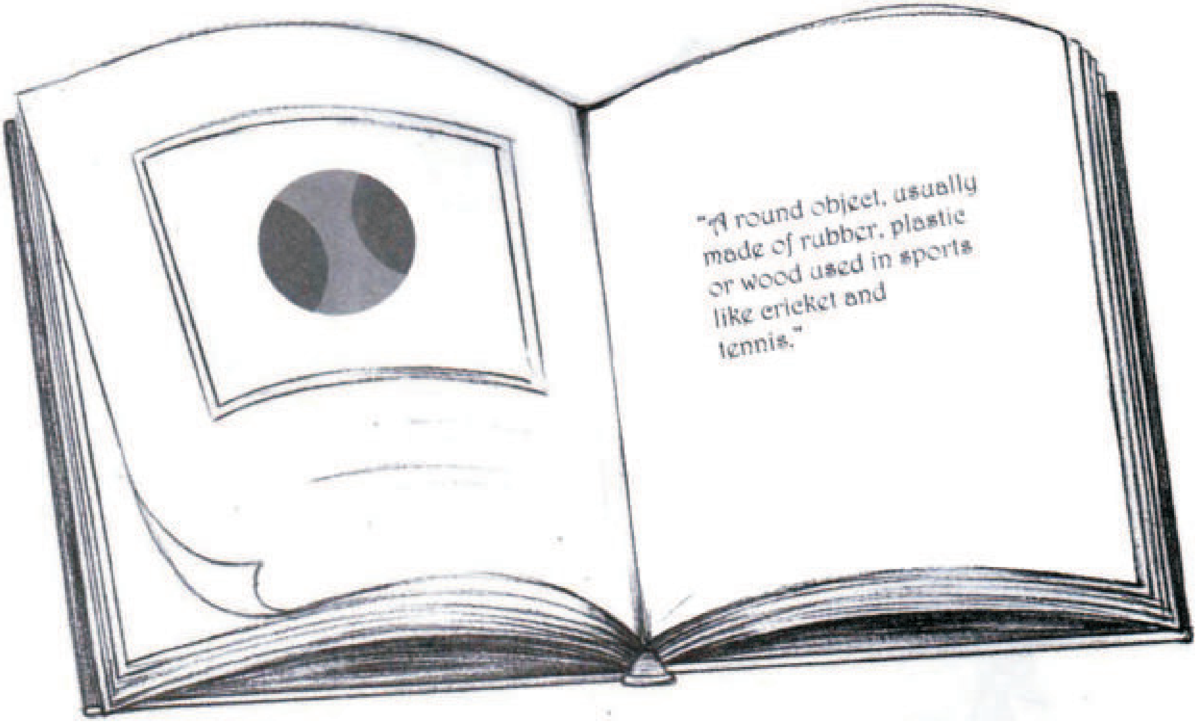
ચાર રસ્તા



આ તબક્કે આગળ વધવાની ઘણી પધ્ધતિઓ છે. વિદ્યાર્થીની પાર્શ્વભૂમિકા અનુસાર તમે આના પછીના પાનાં ઉપર આપેલી ગતિની આલેખાત્મક પ્રસ્તુતિ વિભાગ પર જઈ શકો છો, અથવા આ જ મોડયુલમાં પાછળથી આપેલ એક પરિમાણમાં ગતિના પ્રવેગની ચર્ચા પણ કરી શકો છો. તમે આ બે માંથી કોઈ પણ એક પસંદ કરી શકો છો, પણ અમે સૂચવીએ છીએ કે તમે બંને વિભાગની ચર્ચા કરો. સદિશ ગતિ, વેગ વગેરેની ચર્ચા આ જ શ્રેણીના બીજા મોડયુલમાં કરીશું.

આલેખ દ્વારા પ્રસ્તુતિ

એક ચિત્ર હજાર શબ્દ બરાબર હોય છે.



આકૃતિ-26 ('B'for ball)

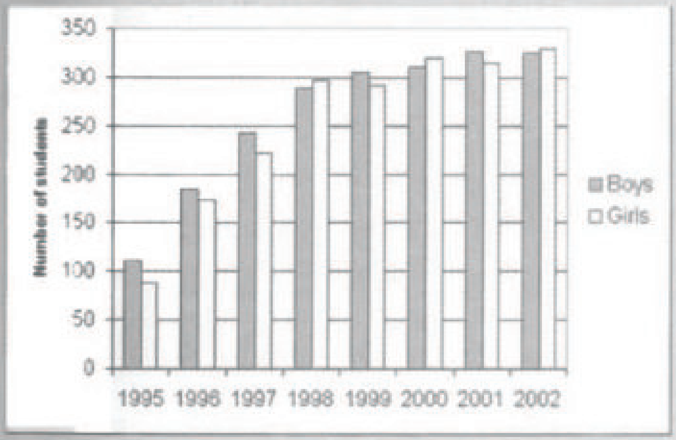
જો તમારે કોઈને દડા વિશેનું વર્ણન કહેવાનું હોય કે જેને દડો એટલે શું તે ખબર ન હોય, તો તમે ઉપર બતાવેલી આકૃતિમાંથી શું પસંદ કરશો. ડાબી બાજુ દર્શાવેલું ચિત્ર કે જમણી તરફ આપેલો ફકરો ?

ઘણી વખત માહિતી આપવા માટે ચિત્રનો ઉપયોગ થાય છે. આલેખ એ સંખ્યાકિય માહિતીનું ચિત્રાત્મક સ્વરૂપ છે. શું તમે ટીવી ઉપર ક્રિકેટ મેચ જોઈ છે ? ઘણી વખત, રન રેટ દર્શાવવા આલેખનો ઉપયોગ થાય છે. તમને એવું કેમ લાગે છે કે માહિતીને દર્શાવવા માટે આ સ્વરૂપ ઉપયોગી છે ? શું તમે ધારો છો કે આલેખનો ઉપયોગ આપણે ગતિનું વર્ણન કરવા માટે પણ કરી શકીએ ?

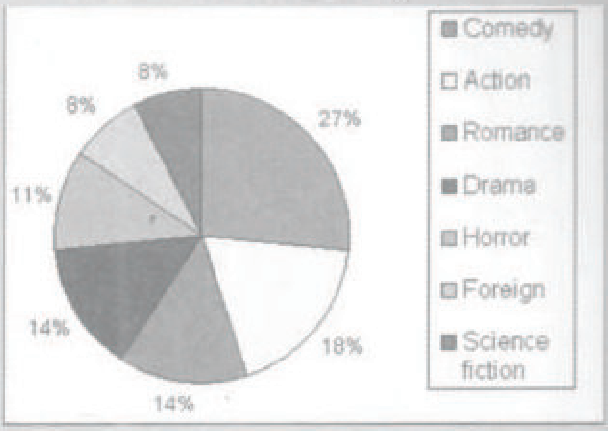
જો તમે આલેખ વિષે પહેલી વખત જ વાંચી રહ્યા હો તો, અમે તમને સૂચવીએ છીએ કે તમે પહેલા આલેખ વિશેના પરિશિષ્ટ-૨ પર જાઓ અને પછી આ વિભાગમાં પાછા આવો.

વિવિધ આલેખના ઉદાહરણો

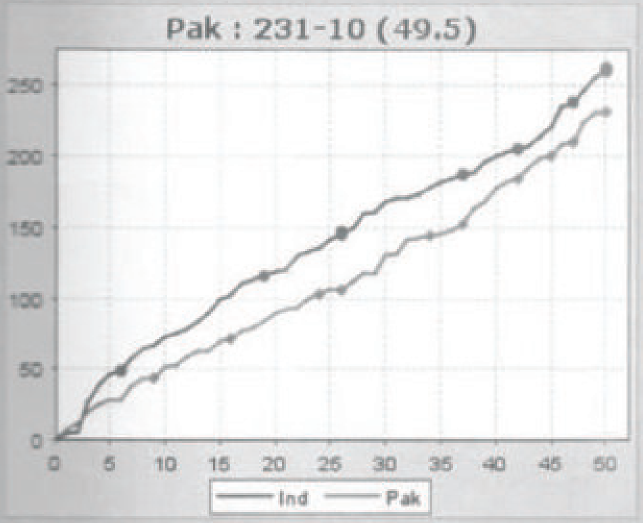
માધ્યમિક સ્કૂલમાં વપરાતુ ઈન્ટરનેટ



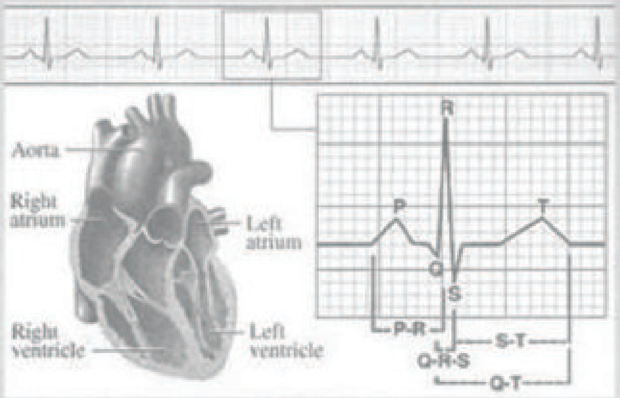
ફિલ્મના વિવિધ પ્રકાર મુજબની પસંદ.



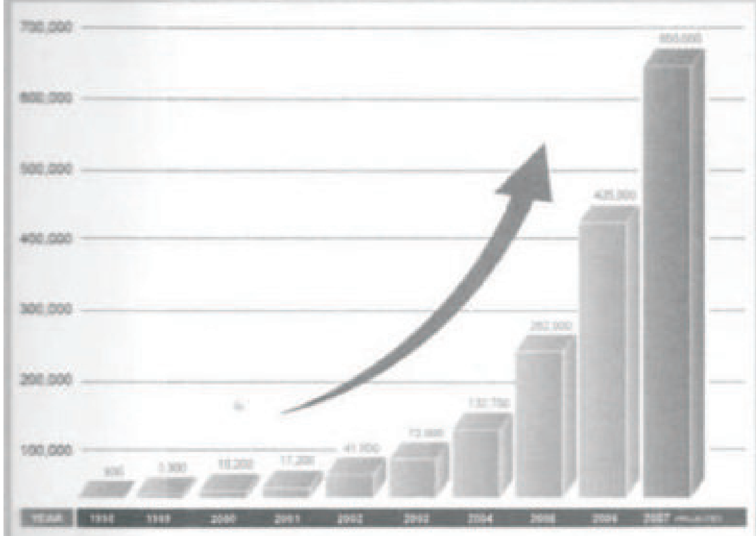
ભારત પાકિસ્તાન ક્રિકેટ મેચનો સ્કોર



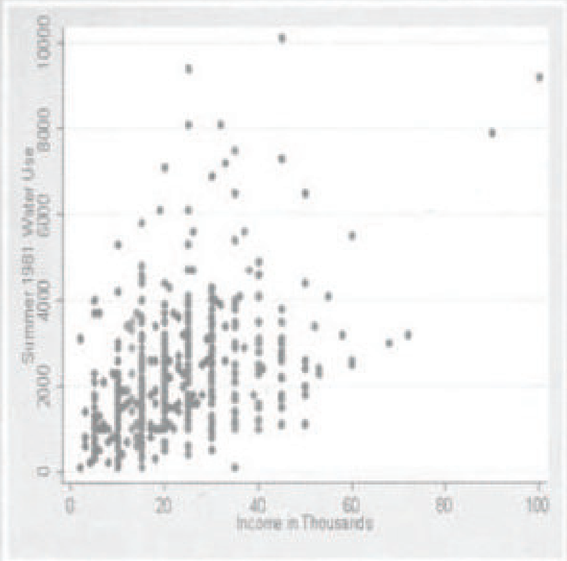
ઈલેક્ટ્રોકાર્ડીયોગ્રામ
હ્દયના સ્નાયુ દ્વારા થતા ધબકારાનું નિદર્શન



એક દાયકા દરમિયાન થયેલો એક કંપનીના વિકાસનો આલેખ.

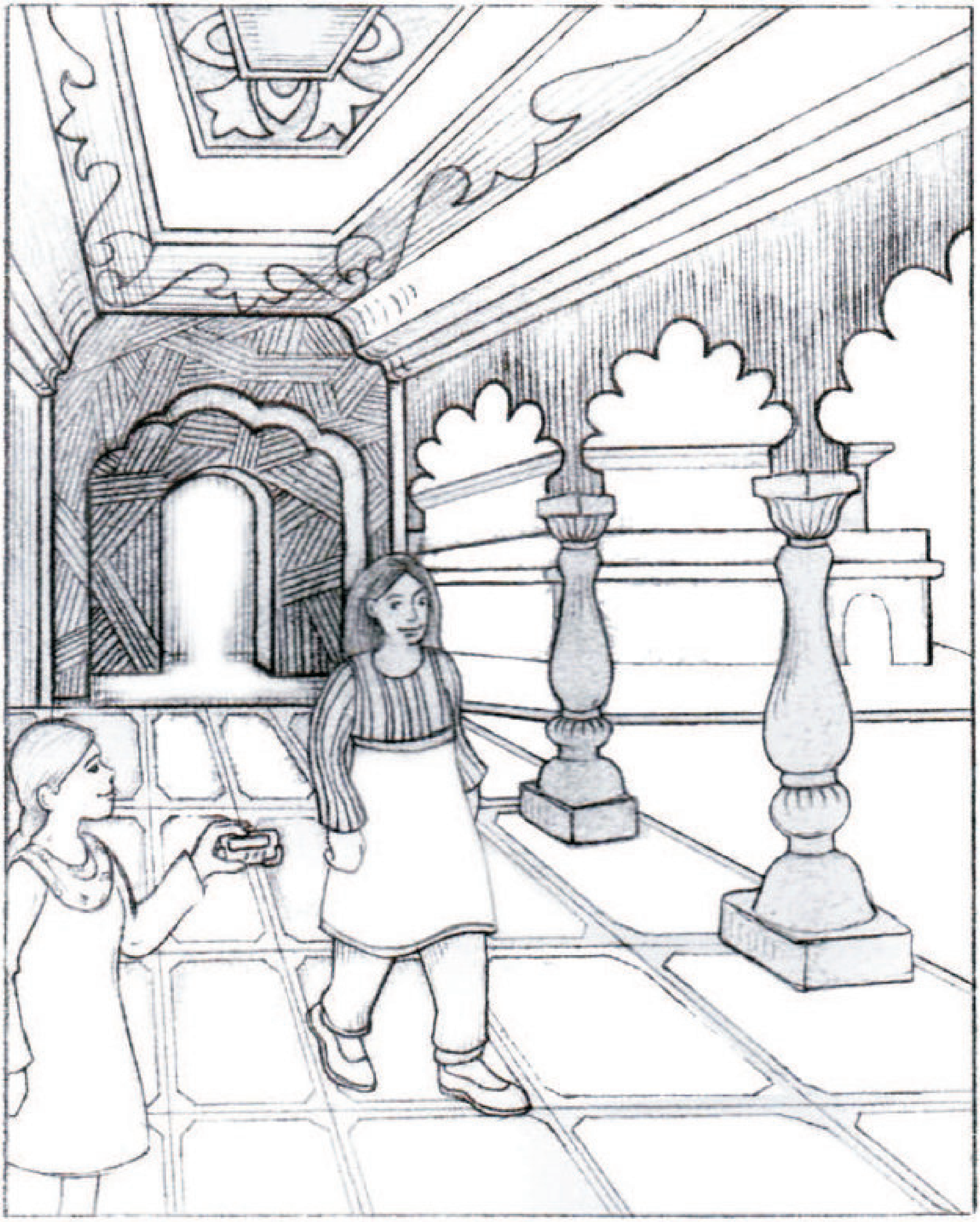


જુદાં જુદાં વેતન ધરાવતા
સમૂહ દ્વારા થતો પાણીનો વપરાશ.



ઉદાહરણ-12: એક દિવસ, હું અને મારી મિત્ર રીતુ એક જૂના મહેલની મુલાકાતે ગયાં. તેના હોલમાં મોટી ટાઈલ્સ લગાડેલી હતી. મેં રીતુને હોલમાં ધીમી ગતીએ ચાલવાનું કહ્યું. મેં સ્ટોપવોચના ઉપયોગથી દરેક ટાઈલ્સને પાર કરવા માટે લાગતો સમય નોંધવાનું ચાલુ રાખ્યું. જે માહિતી મળી તે કોષ્ટક-7 માં દર્શાવી છે.

આ કોષ્ટક વડે હું શું જાણી શકું? જો હું મારા સમયના વાંચનને તેની અગાઉની કિંમતમાંથી બાદ કરું તો મને જેતે ટાઈલ્સને પાર કરવા માટે રીતુએ લીધેલો સમય મળશે. (કોષ્ટક-8)



આકૃતિ-28 મહેલના હોલમાં પ્રયોગ કરી રહેલાં રીતુ અને રેહાના

કોષ્ટક-7

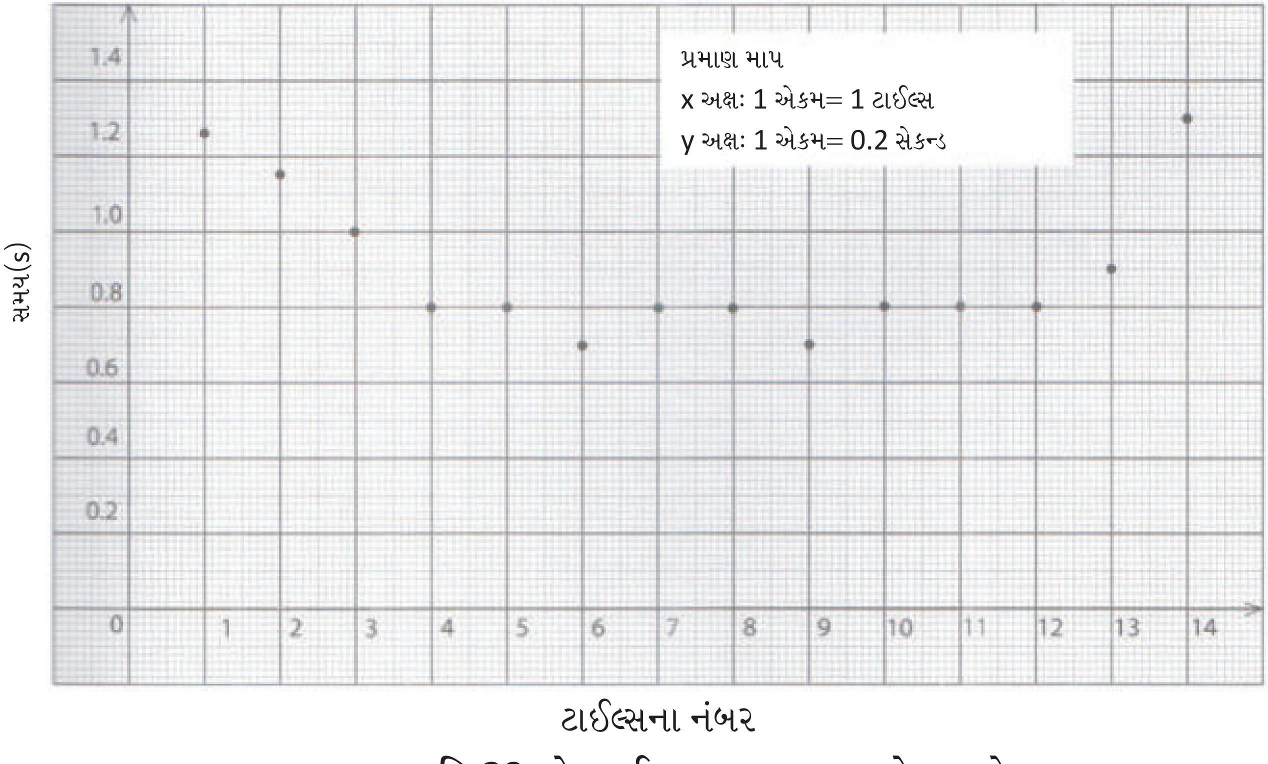
ટાઈલ્સ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
અંતર (મીટર)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
સમય (સેકન્ડ)	1.25	2.4	3.4	4.2	5.0	5.7	6.5	7.3	8.0	8.8	9.6	10.4	11.3	12.6

સરેરાશ ઝડપની ગણતરી કરવા ટાઈલ્સની લંબાઈને તે પસાર કરવા માટે લાગતા સમય વડે ભાગો. તમારી ગણતરીનું જે પરીણામ મળે છે એના પરથી રીતુની ગતિ વિષે શું જાણવા મળે છે ?

કોષ્ટક-8

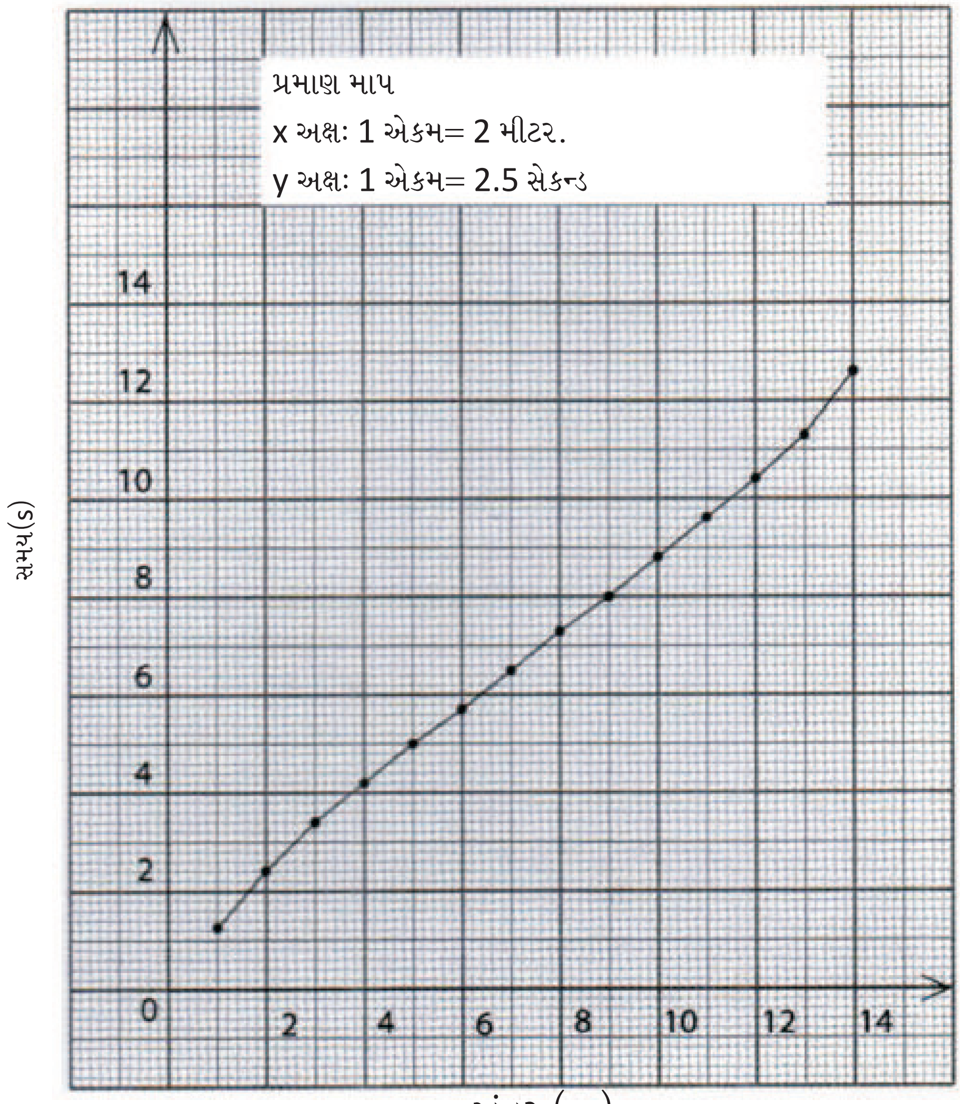
ટાઈલ્સ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
અંતર (મીટર)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
સમય (સેકન્ડ)	1.25	2.4	3.4	4.2	5.0	5.7	6.5	7.3	8.0	8.8	9.6	10.4	11.3	12.6
દરેક માટે સમય	1.25	1.15	1.00	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1.3

હવે હું આ માહિતીને આલેખ સ્વરૂપે પણ મૂકી શકું, જેમાં X–અક્ષ ઉપર ટાઈલ્સ નંબર અને Y–અક્ષ ઉપર સમય છે. (આકૃતિ-29)



આકૃતિ-29 દરેક ટાઈલ્સ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય.

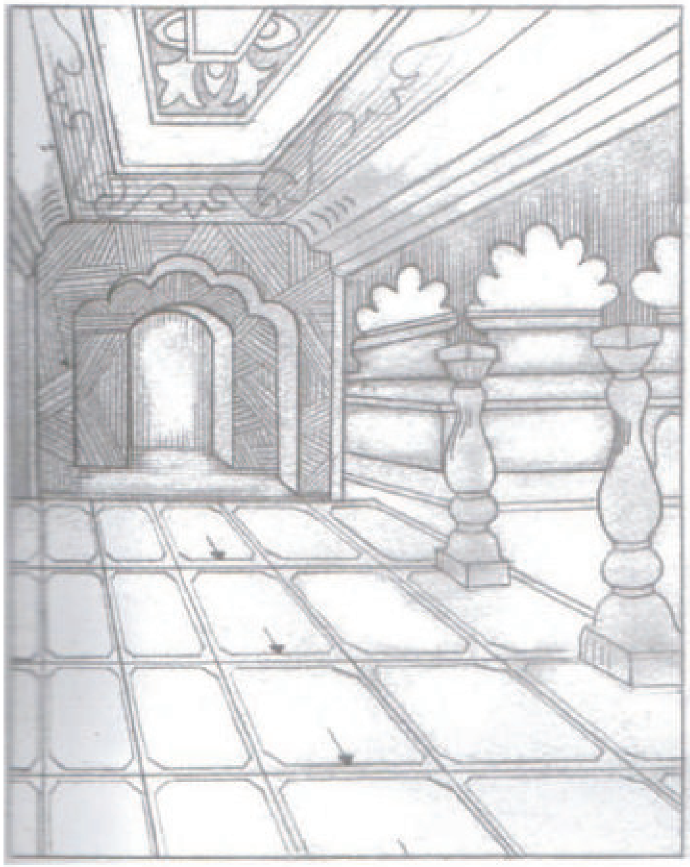
હું દરેક ટાઈલ્સની લંબાઈ જાણતો હોઉં તો હું સમય - અંતરનો આલેખ પણ દર્શાવી શકું (આકૃતિ-30)



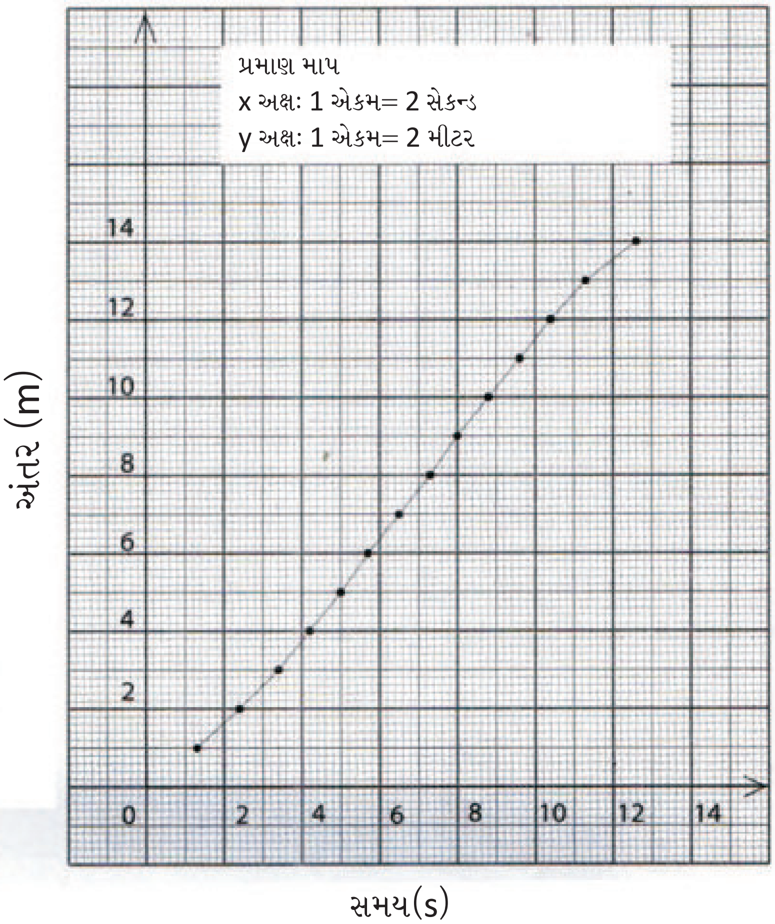
આકૃતિ-30 રીતુ દ્વારા હોલમાં રહેલી ટાઈલ્સને પસાર કરવા માટે લાગતો કુલ સમય.

આલેખને ધ્યાનથી જોતાં ખબર પડે છે કે આલેખના બિંદુઓ કોઈ એક સીધી લીટી ઉપર પડતા નથી. એટલે કે દરેક ટાઈલ્સ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય જુદો-જુદો છે. શું એવું ન હોય (જો હોલમાં રહેલી દરેક ટાઈલ્સ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય સરખો હોય તો) કે જેમાં દર્શાવેલ બિંદુઓ એક સીધી લીટી પર હોય (કેમ?)

વ્યાપક ગુંચવણ આલેખના અર્થઘટનમાં થાય છે તે, એ કે વિદ્યાર્થીઓ વિચારે છે કે આલેખ ઉપર દર્શાવેલી રેખાઓ એ તે ઘટનાની વાસ્તવિક સ્થિતિનું ચિત્ર દર્શાવે છે. દા.ત. અહીં દર્શાવેલા સમય - અંતરના ગ્રાફને લઈએ તો કેટલાક વિદ્યાર્થીઓ કલ્પના કરે છે કે તે ખરેખર રીતુ ચાલતી હતી તે જ માર્ગ દર્શાવે છે. કાગળ ઉપર ટાઈલ્સની રેખાઓ દોરો અને તેમને રીતુનો ચાલવાનો માર્ગ દોરવા કહો (આકૃતિ-31) પછી તમે આલેખ અને ચિત્ર વચ્ચેના તફાવતની વાત કરી શકો છો. સાચો માર્ગ જગ્યા ઉપરની તેનીસ્થિતિ દર્શાવે છે જ્યારે આલેખના બિંદુઓ તે બે બિંદુ વચ્ચેના અંતરનું માપ દર્શાવે છે. (આકૃતિ-32)



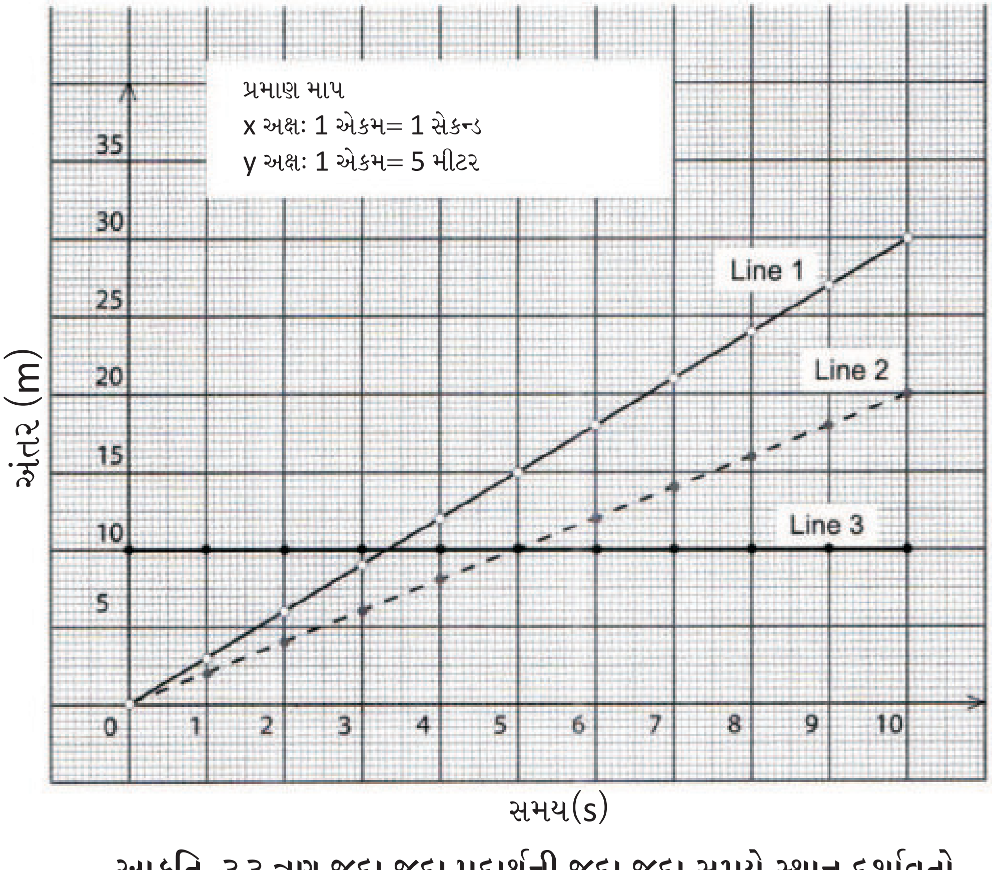
આકૃતિ-**31** રીતુ જ્યારે હોલમાં ચાલતી હતી તે માર્ગ.



આકૃતિ-**32** રીતુની ગતિ દર્શાવતો અંતર - સમયનો આલેખ.

યાદ રાખો આલેખ એ સંખ્યાનું ચિત્રાત્મક સ્વરૂપ છે નહીં કે પદાર્થનું.

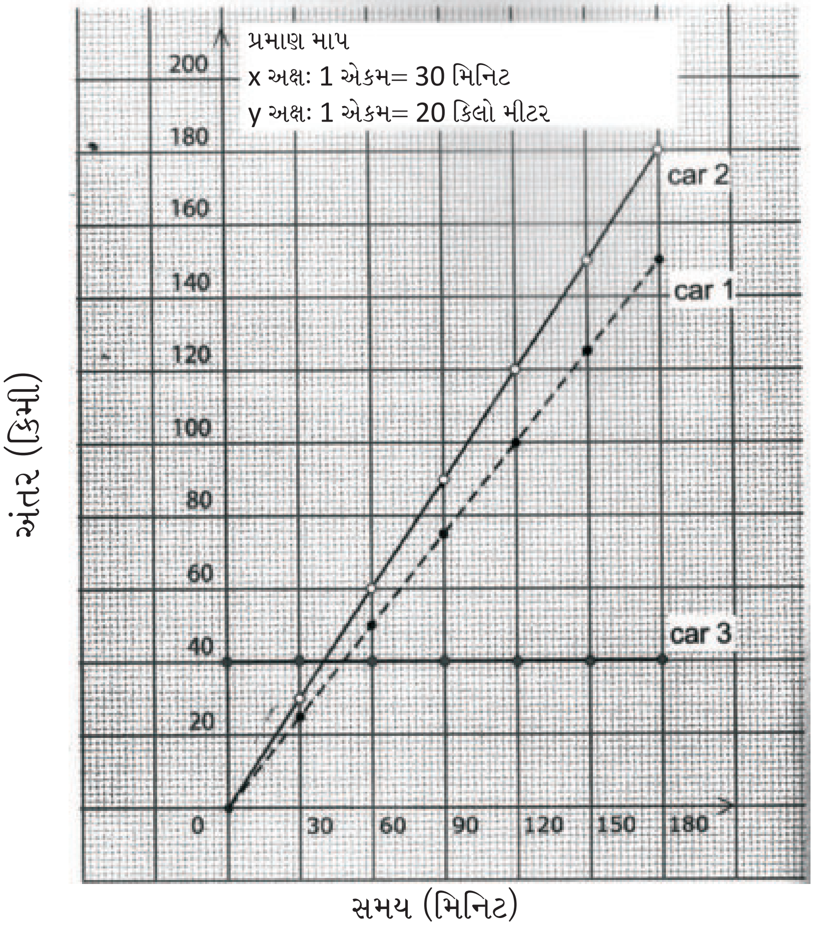
ઉ.દા.13: બાજુમાં દર્શાવેલી આ-૩૩ ઘણાં બધાં આલેખ દર્શાવે છે. સમયને આડા અક્ષ ઉપર અને અંતરને ઊભા અક્ષ ઉપર દર્શાવ્યો છે. ઊભો અક્ષ શરૂઆતના બિંદુને અનુલક્ષીને તેનું સ્થાન દર્શાવે છે. અહીં કઈ રેખા નિયમિત ગતિને દર્શાવે છે?



આકૃતિ-૩૩ ત્રણ જુદા જુદા પદાર્થની જુદા જુદા સમયે સ્થાન દર્શાવતો અંતર-સમયનો આલેખ.

ચાલો આપણે એ પણ જોઈએ કે અંતર-સમયનો આલેખ આપણને બીજુ શું દર્શાવે છે. તો પહેલાં આલેખ (આ-34) ને જુઓ, જે ત્રણ ગાડીનું જુદા જુદા સમયને અનુરૂપ સ્થાન દર્શાવે છે.

આલેખને જોઈને શું તારણ લગાવી શકાય ? પહેલું, કાર-૩ ની સ્થિતિ સમય સાથે અચળ છે. તેનો અર્થ એ થશે કે તે એક જ સ્થાન ઉપર છે અને ગતિ કરતી નથી. (ચોક્કસપણે સંદર્ભ બિંદુને અનુલક્ષીને). તેથી, અંતર - સમયના આલેખમાં દર્શાવેલી આડી રેખા પદાર્થ સ્થિર છે તેવું દર્શાવે છે.



આકૃતિ-34 અંતર-સમય, આલેખ જે ત્રણ કારની જુદા જુદા સમયે સ્થિતિ દર્શાવે છે.

હવે આલેખમાં કાર-1 ની રેખા જુઓ. તે માટેનો આલેખ પણ સીધી રેખા છે પરંતુ તે આડી રેખા નથી, તે અક્ષ સાથે કોઈ ચોક્કસ ઢાળ બનાવે છે. ચાલો હવે આલેખના અવલોકન બિંદુઓ પરની માહિતી મેળવીએ. શું તમે 30 મિનિટ, 60 મિનિટ, 90 મિનિટ ને અનુરૂપ અંતરને વાંચી શકો છો? આ અંતર અનુક્રમે 25 કિમી., 50 કિમી. અને 75 કિમી. છે. જો તમે એક નાની બાદબાકી કરો તો, તમે જોઈ શકશો કે કાર એક સરખા સમયગાળામાં એક સરખુ અંતર કાપે છે. કે જે, દર 30 મિનિટે ૨૫ કિમી. છે. જો તમે કોઈ પણ બે બિંદુ વચ્ચેની સરેરાશ ઝડપ માપશો, તો તે 50 કિમી. /કલાક (તમારે સમયના એકમ મિનિટને કલાકમાં રૂપાંતરીત કરવી પડશે) આમ, કાર-1 એ નિયમિત ઝડપે ગતિ કરે છે.

હવે આ જ પ્રવૃતિ કાર-2 માટે કરીશું તો તમે જોઈ શકશો કે તેની ગતિ પણ નિયમિત ગતિ છે. પરંતુ તેની ઝડપ કાર-1 કરતા જુદી છે. જે 60 કિમી /કલાક છે. ખરેખર તો, આલેખ ઉપરની કોઈ પણ સીધી રેખાની એ લાક્ષણીકતા છે કે Y અક્ષની કિંમતમાં થતો વધારો અને X અક્ષની કિંમતમાં થતો વધારાનો ગુણોત્તર (ratio) હંમેશા અચળ રહે છે. **અંતર-સમયના આલેખમાં તેનો અર્થ એ થાય કે ઝડપ નિયમિત છે.**

તમે એ પણ જોઈ શકો છો કે કાર-2 માટેની રેખાનો ઢાળ કાર-1 ની સરખામણીમાં વધુ સીધો (આકરા ઢાળ વાળો) છે. એનો અર્થ એ થાય કે કાર-2 દ્વારા કપાતુ અંતર વધુ ઝડપે બદલાય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, તે વધુ ઝડપ દર્શાવે છે. તેથી વધુ ત્રાંસો ઢાળ દર્શાવતી લાઈન વધુ ઝડપ દર્શાવે છે. **સીધી રેખાના ઢાળની કિંમત ગાણિતીક રીતે તેનો ઢાળ દર્શાવે છે. અને તે માટેની ગણતરી નીચેના બોક્સમાં દર્શાવી છે.**

$$\text{આલેખમાં દર્શાવેલ સીધી રેખાનો ઢાળ} = \frac{\text{Y - અક્ષની કિંમતનો તફાવત}}{\text{X - અક્ષની કિંમતનો તફાવત}} = \frac{\triangle Y}{\triangle X}$$

અહીં વિદ્યાર્થીઓ એ તારણ ઉપર આવવા જોઈએ કે જો અંતર વિરૂધ્ધ સમયનો આલેખ સીધી રેખા હોય તો, તે ગતિ ચોક્કસપણે નિયમિત હશે. તમે આવા બીજા કાલ્પનીક ડેટા માટે આલેખ દોરી ચોકસાઈ કરી શકો છો.

કોઈ પણ સીધી રેખાના ઢાળનું માપ એ X અક્ષની કિંમતને અનુરૂપ Y અક્ષની કિંમતમાં થયેલા ફેરફારનો ગુણોત્તર દર્શાવે છે. એટલે કે, જો X અક્ષની કિમતમાં 10 એકમનો ફેરફાર થાય અને જો તેને અનુરૂપ Y અક્ષની કિંમતમાં 20 એકમનો ફેરફાર થાય તો ઢાળની કિંમત $20 \div 10 = 2$, થાય

આજ રીતે, અંતર-સમયના આલેખમાં દર્શાવેલી રેખાનો ઢાળ એ અંતર અક્ષના ફેરફાર અને તેને અનુરૂપ સમય- અક્ષના ફેરફારના ગુણોત્તર જેટલો હોય છે. આ અંતર અને સમયનો ગુણોત્તર એ બીજુ કંઈ નહી પણ તેની સરેરાશ ઝડપ જ છે. તેથી આપણે તારણ પર પહોંચી શકીએ કે આપણે જે પદાર્થની ગતિનું નિરીક્ષણ કરી રહ્યા છે તેનો અંતર-સમયના આલેખમાં મળતો ઢાળ એ તે પદાર્થની સરેરાશ ઝડપ દર્શાવે છે.

જે અંતર-સમય આલેખ ક્ષૈતિજ રેખા હોય તો તે રેખા સમય-અક્ષને સમાંતર છે અને તે આ અક્ષ સાથે 0° નો ખૂણો બનાવે છે. તેથી આડી રેખાનો ઢાળ પણ શૂન્ય થાય અને તેથી તેની સરેરાશ ઝડપ જે તે રેખા દર્શાવે છે, તે પણ શૂન્ય છે.

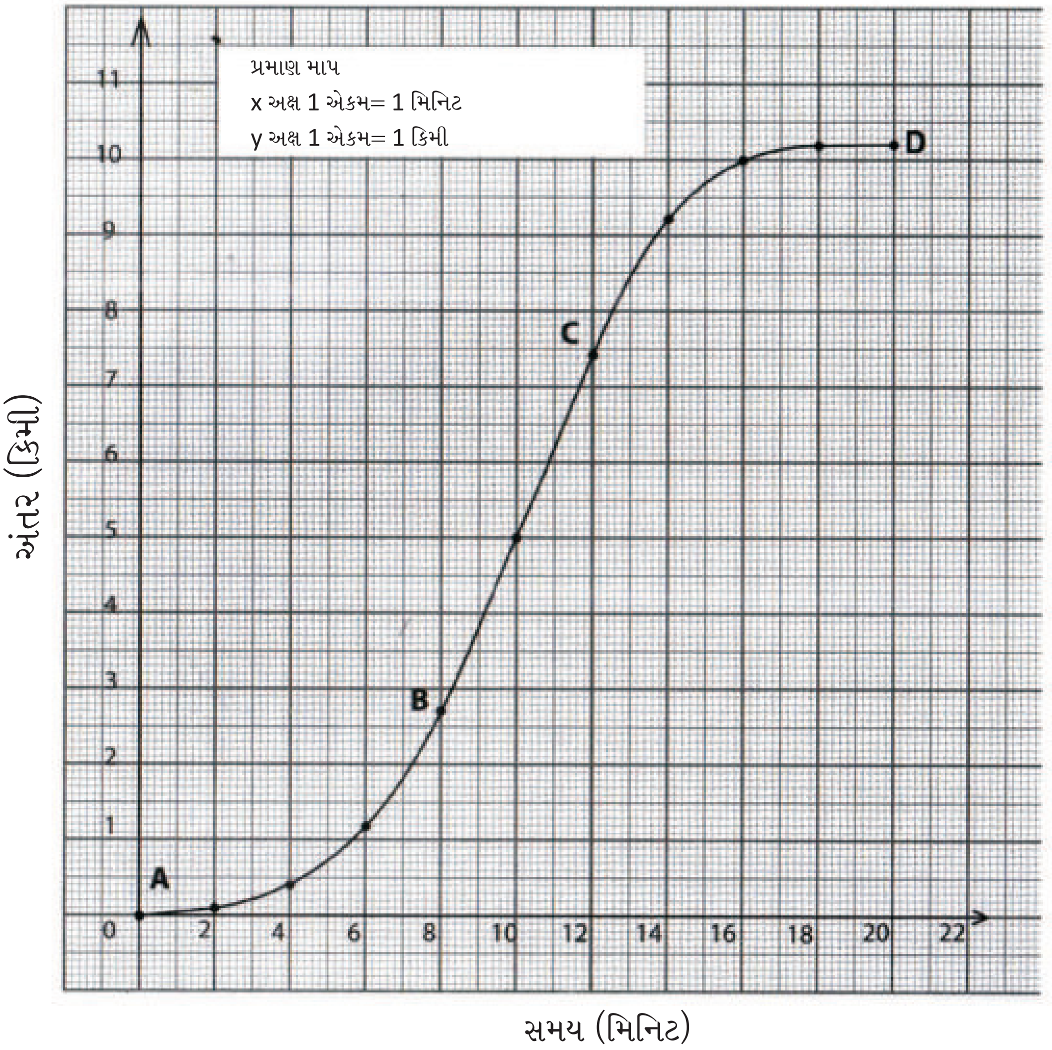
તમે આવું પણ પૂછી શકો કે ક્યારે અંતર-સમયનો આલેખ સીધી રેખા ન હોય ? ઉપરની ચર્ચા ઉપરથી આપણે કહી શકીએ કે સમયમાં થતા એકસરખા ફેરફાર માટે કાપેલુ અંતર જુદું જુદું હોય તો આવું બની શકે. ઝડપને અનુલક્ષીને, એનો અર્થ થશે કે જુદા-જુદા સમયે ઝડપ જુદી જુદી હશે - એટલે કે ઝડપ અનિયમિત હોય. તમે નિરીક્ષણ કર્યું છે તે લગભગ બધી જ ગતિ અનિયમિત હોય છે, તેથી આપણે તેમાંની કેટલીક માહિતીનો આલેખ દોરવાથી બાકીના ડેટા સરળતાથી મેળવી શકીએ છીએ.

આપણે પહેલું ઉદાહરણ રશીદની ટ્રેઈનની મુસાફરીનું લઈશું.

રશીદ અમદાવાદથી વલસાડ ટ્રેઈન દ્વારા મુસાફરી કરી રહ્યો છે. તેણે બે-બે મિનિટનાં સમયમાં ટ્રેઈને કેટલું અંતર કાપ્યું તેનો અંદાજ લગાવ્યો, જે તેણે રેલ્વે ટ્રેકની બાજુમાં આવેલા થાંભલાઓ ગણીને કર્યુ. આ અંદાજીત માપને તેણે આલેખ સ્વરૂપે દર્શાવ્યું. (આ-35) આ આલેખ ટ્રેઈન અમદાવાદથી ઉપડી વલસાડ સ્ટેશનને પહોંચી ત્યાં સુધીની ગતિને દર્શાવે છે. આલેખના નિરીક્ષણ દ્વારા ટ્રેઈન દ્વારા દરેક બે મિનિટમાં કપાયેલું અંતર નીચેના ટેબલમાં લખો.

કોષ્ટક-9

લાગતો સમય (મિનિટમાં)	કપાયેલું અંતર (મીટરમાં)
0-2 (પહેલી બે મિનિટમાં)	100
2-4 (બીજી બે મિનિટ)	400
4-6 (......,......)	
.....(......,......)	
.....(......,......)	
20-22 (......,......)	



આકૃતિ-35 આલેખ ટ્રેઈનની બિલિમોરાથી વલસાડ વચ્ચેની મુસાફરી દરમ્યાન ટ્રેઈન દ્વારા લાગતો સમય-કપાયેલું અંતર.

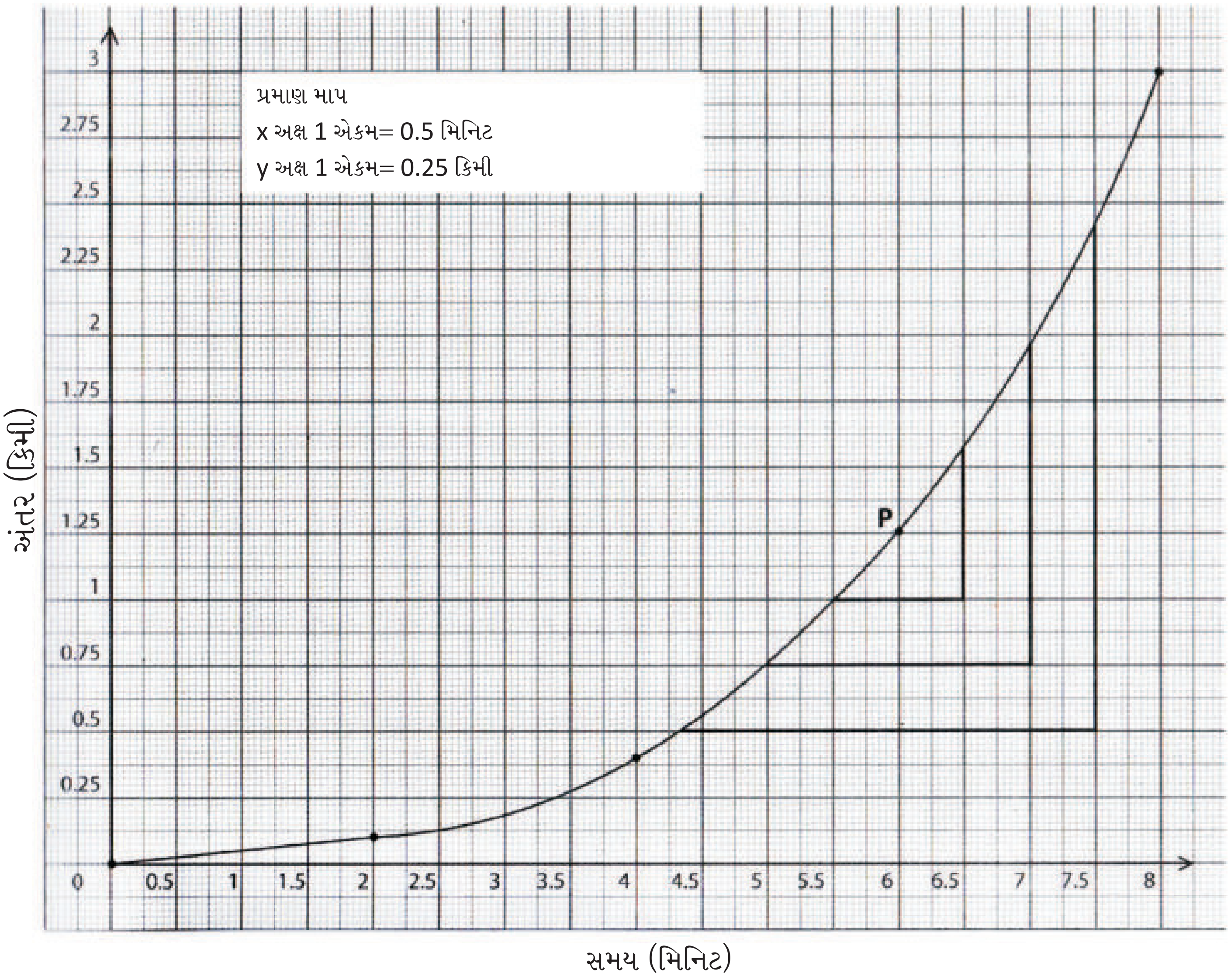
શું રશીદની ટ્રેઈન એક સરખું અંતર એકસરખા સમયમાં કાપે છે ? આલેખનો કયો ભાગ ટ્રેઈનની બદલાતી ગતિ, અનિયમિત ગતિ દર્શાવે છે ? આલેખનો કયો ભાગ ટ્રેઈનની નિયમિત ગતિ દર્શાવે છે ? કયા વિભાગમાં ટ્રેઈન સ્થિર થઈ ગઈ છે ?

આલેખમાં નિયમિત અને અનિયમિત ગતિનો વિભાગ જુઓ. ગતિના આલેખમાં વળાંકનો અર્થ થાય છે, પદાર્થની ગતિ આ વિભાગમાં સતત બદલાતી રહે છે. આલેખમાં 2- મિનિટના વિભાગો જુઓ. આલેખના વિભાગ AB વચ્ચેની તેની સરેરાશ ઝડપની ગોઠવણી જુઓ. વક્રરેખા એ ટ્રેઈન બિલિમોરા સ્ટેશન છોડ્યા પછી તેની ગતિમાં ક્રમશઃ થતો વધારો દર્શાવે છે. BC વિભાગમાં, જ્યાં આપણને સીધી લીટી જોવા મળે છે, ત્યાં ટ્રેઈનની ઝડપ એક સરખી રહે છે. CD વિભાગમાં, આપણને ફરીથી વળાંક મળે છે અને તેના દરેક 2 મિનિટના સમયગાળાનું અવલોકન કરીશું તો આપણે તે જોઈ શકીશું કે ઝડપ બદલાતી રહે છે. એટલે કે તે સતત ઘટતી ગતિનો નમૂનો દર્શાવે છે.

(1) t = 0 મિનિટ થી t = 6 મિનિટ વચ્ચે ટ્રેનની સરેરાશ ઝડપ કેટલી છે ?

(2) t = 4 મિનિટ થી t = 14 મિનિટ વચ્ચે ટ્રેનની સરેરાશ ઝડપ કેટલી છે ?

અત્યાર સુધી આપણે આલેખના ઢાળની કિંમત આપેલા સમયગાળામાં કપાયેલા અંતર ઉપરથી શોધતા હતા અને તેના ઉપરથી તે સમયગાળા દરમ્યાન તેની સરેરાશ ઝડપનો અંદાજ લગાવતા હતા. શું કોઈ આ આલેખ ઉપરથી તત્કાલ ઝડપની ગણતરી કરી શકે ? જો તમને યાદ હોય તો, તત્કાલ ઝડપ એટલે ઓછામાં ઓછા માપી શકાય તેવા સમયગાળા દરમ્યાનની ઝડપ.



આકૃતિ-36. અંતર-સમયનાં આલેખમાં તત્કાલ ઝડપ શોધવા માટે ઢાળની ગણતરી.

ઉપરોક્ત વ્યાખ્યાને અહીં વાપરો. આપણે સમયગાળાને ઘટાડીને પુરતી નાની કિંમત લઈને ઢાળની ગણતરી કરી શકીએ છીએ. સમય t=6 મિનિટ માટે આલેખમાં બિંદુ P દર્શાવ્યું છે.

આકૃતિ-36 માં બિંદુ P ની બન્ને તરફ ત્રણ અંતરાલો દર્શાવ્યા છે. જે દરેક બાજુ બાજુમાં આવેલા છે. આપણે જેમ જેમ બિંદુ P ની નજીક જતા જઈશું, તેમ અંતરાલના બે અંત્યબિંદુને જોડતી રેખા વક્ર પર પડશે. શું આપણે એવું ખાસ તકલીફ વગર ધારી લઈ શકીએ કે t = 5.5 મિનિટ અને & t = 6.5 મિનિટ વચ્ચેના વળાંકમાં તેની સરેરાશ ઝડપ એ બે બિંદુઓ વચ્ચેના અંતરાલની સીધી રેખાના ઢાળ જેટલી જ હશે ? તે સીધી રેખાના ઢાળને તેના મધ્યબિંદુ માટેની ઝડપ કહી શકાય, t = 6 મિનિટ ના બિંદુ ઉપરની ઝડપ એ t = 6 મિનિટ પર તત્કાલીન ઝડપ. આમ, કોઈ ચોક્કસ સમયે તત્કાલ ઝડપ એ તે ચોક્કસ સમય અંતરાલ માટેની સરેરાશ ઝડપ કહેવાય છે.

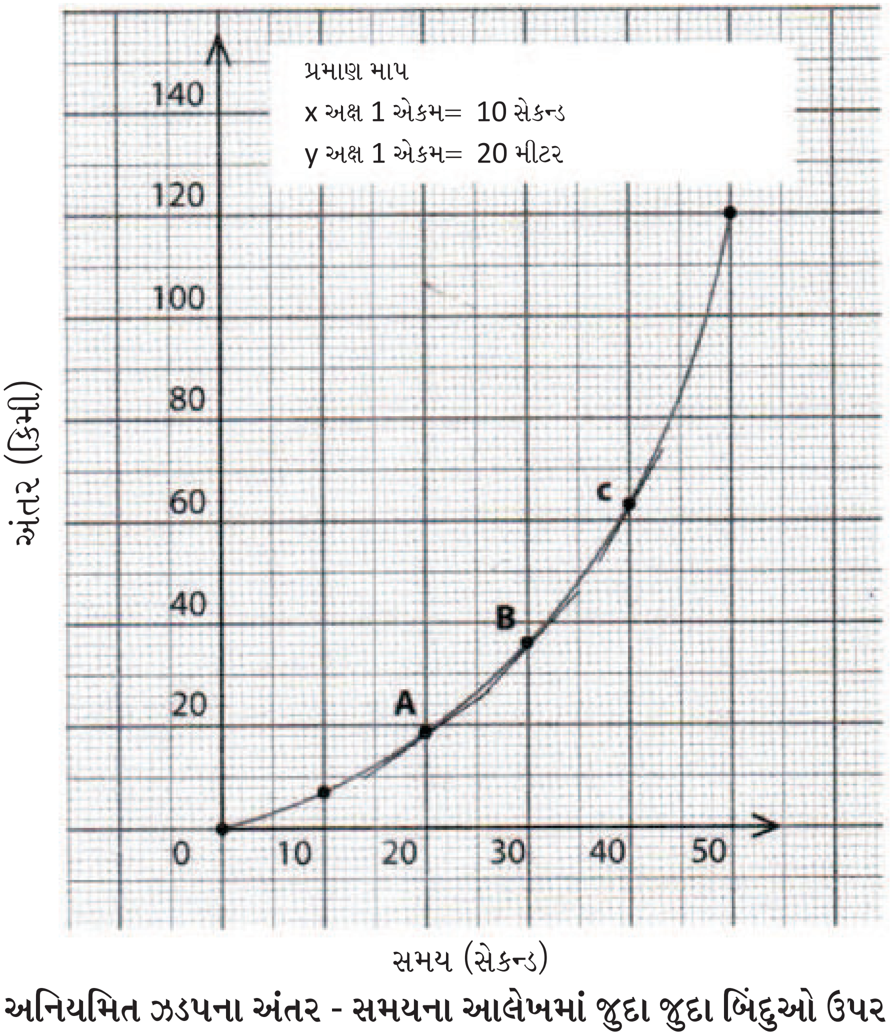
એ શરતે કે
(1) આ ચોક્કસ સ્થાન તે સમયગાળાને સમાવી લે છે.
(2) બે નજીકનાં બિંદુઓ વચ્ચેના વળાંકના ભાગનો ઢાળ એ શક્ય એટલો નાનો હોય કે જેથી તે લગભગ સીધી રેખા જેવો બને તેથી જ્યારે આપણે તેની ગણતરી નાના સમયગાળા માટે કરીએ, ત્યારે તે નોંધપાત્ર રીતે બદલાતો નથી.

જો આ વિભાગની લંબાઈ અત્યંત નાની (એટલે કે તે વિભાગને આપણે લગભગ એક બિંદુ જ ગણી શકીએ) તો આ સીધી રેખાને અનુરૂપ ઢાળ ને તે વળાંકના બિંદુ માટેનો સ્પર્શક (tangents) કહેવામાં આવે છે.

હવે આપણે ફરીથી પાછળ જઈએ, અને રશીદની ટ્રેઈનની ઝડપનો અંદાજ t = 6, 12 અને 18 મિનિટ પર શોધીએ.

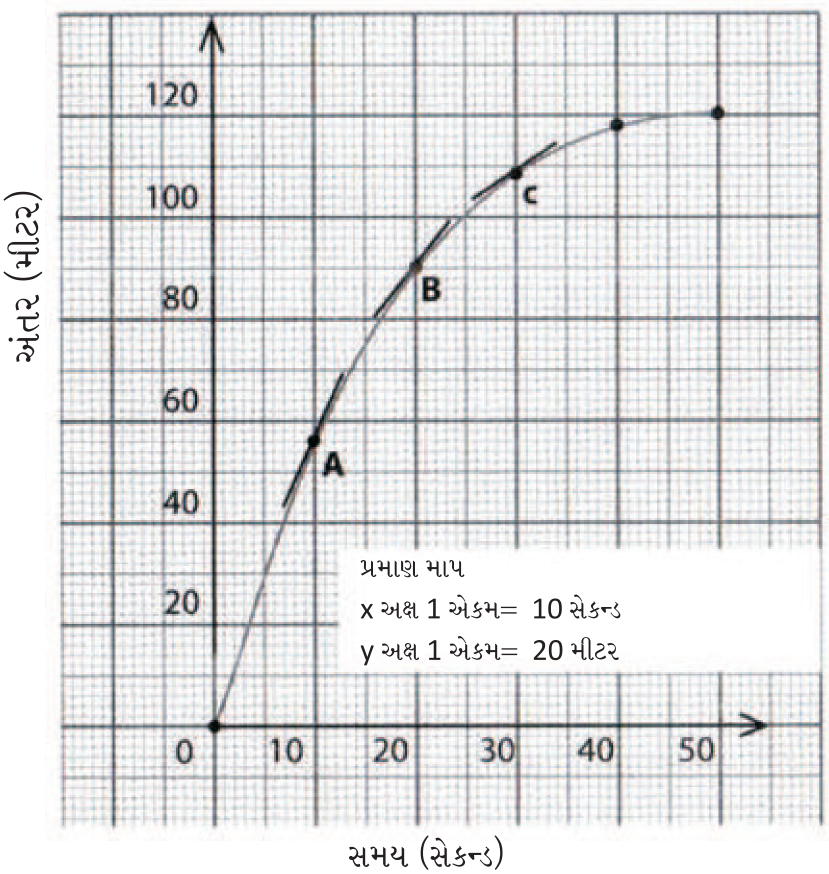
હવે એ ઢળતા સમતલ પાટીયા ઉપર ગબડતા દડા માટે અંતર-સમયનો આલેખ આકૃતિ-37 માં દર્શાવ્યો છે શું તમે તેને જોઈને કહી શકશો કે તેની ઝડપ વધી છે, ઘટી છે કે અચળ છે ?

પ્રયત્ન કરો અને આલેખના જુદા જુદા બિંદુઓ ઉપર થોડા સ્પર્શક (tangents) દોરો. યાદ રાખો કે, આપણે જે ચર્ચા કરી છે તે મુજબ સ્પર્શકને બે ખૂબ નજીકના બિંદુઓ વચ્ચેની સીધી રેખા સ્પર્શક વડે બદલી શકાય છે. આ રેખાઓના ઢાળની તુલના કરો. બિંદુ B ઉપર દોરેલા સ્પર્શકની સરખામણીમાં બિંદુ A પરનો સ્પર્શક X અક્ષ તરફ વધુ ઢળેલો છે. તમે એ જોઈ શકશો કે બિંદુ A ની સરખામણીમાં B અને B ની સરખામણી માં C આગળની ઢાળની કિંમત સતત વધતી જાય છે. એનો અર્થ એ કે તત્કાલ ઝડપ પણ (એટલે કે સ્પર્શકનો ઢાળ) વધતી રહેશે.



આકૃતિ-37, અનિયમિત ઝડપના અંતર - સમયના આલેખમાં જુદા જુદા બિંદુઓ ઉપર ઢાળની ગણતરી.

આ જ રીતે, જો એક ગાડીને બ્રેક લગાડવામાં આવી હોય તેની ગતિને દર્શાવવા માટેનો અંતર-સમયનો આલેખ દોરીએ. તો તમે જોઈ શકશો કે આલેખના જુદા જુદા બિંદુ ઉપરના ઢાળની કિંમત ઘટતી જાય છે અને તેથી તમે કહી શકશો કે તેની ઝડપ પણ ઘટતી જાય છે. (આકૃતિ-38)



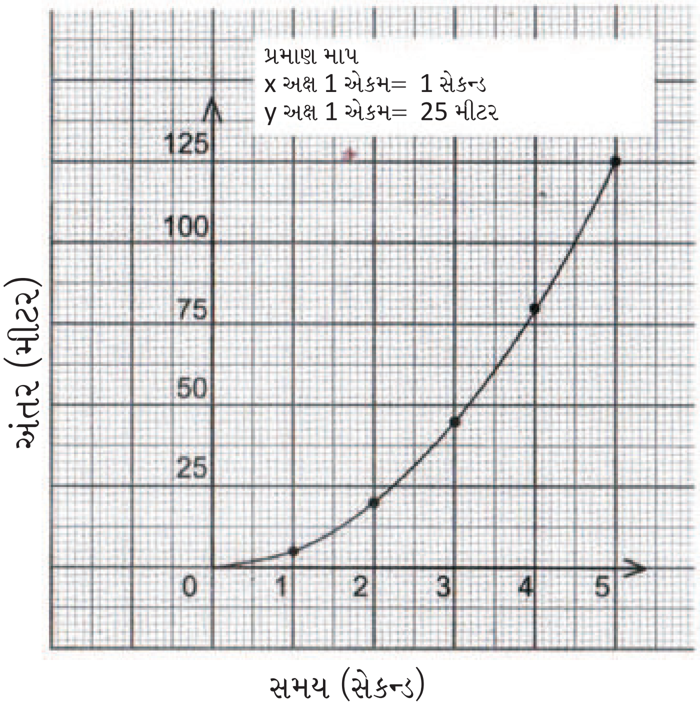
આકૃતિ-38 ગતિ કરતી ગાડી એ બ્રેક માર્યા પછીની ગતિના અંતર-સમયના આલેખમાં જુદા જુદા બિંદુ ઉપર ઢાળની ગણતરી.

અનિયમીત ગતિના આલેખ પરથી બદલાતી ઝડપની માહિતી શોધવા માટે વધુ મહેનત કરવી પડે છે. તેથી આપણે ઝડપ-સમયનો આલેખ દોરીએ, તે જ વધારે સારું છે.

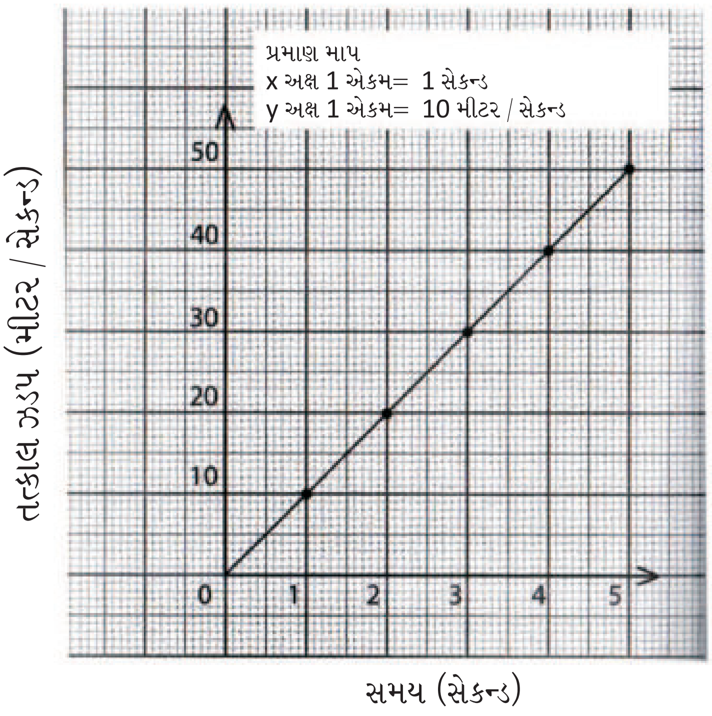
ઝડપ-સમયના આલેખમાં, પરંપરાગત રીતે તત્કાલ ઝડપને લંબ અક્ષ (Y અક્ષ) પર અને સમયને ક્ષૈતિજ અક્ષ(X અક્ષ) ઉપર દર્શાવીશું. કોષ્ટક-10 મુક્ત પતન કરતા પદાર્થના જુદા જુદા સમયે સ્થાન અને ઝડપ દર્શાવે છે. આકૃતિ-39 અને 40 એ નીચેની માહિતી માટે અનુક્રમે અંતર-સમયનો અને ઝડપ-સમયનો આલેખ દર્શાવે છે.

કોષ્ટક-10

અનુક્રમ	સમય (S)	શરૂઆતના બિંદુથી અંતર (m)	તત્કાલ ઝડપ (m/s)
1	1	5	10
2	2	20	20
3	3	45	30
4	4	80	40
5	5	125	50



આકૃતિ-39 અંતર-સમયનો આલેખ જે અનિયમિત ગતિ દર્શાવે છે.



આકૃતિ-40 આ જ અનિયમિત ગતિ માટે તત્કાલ ઝડપ-સમયનો આલેખ.

જો તમે ગતિ માટેના આલેખાત્મક સ્વરૂપને વધુ વિસ્તૃત રીતે જોવા ઈચ્છો તો પરિશિષ્ટ-2 માં આપેલી સામગ્રીનો ઉપયોગ કરી શકો છો. પ્રવેગ વિશે પ્રારંભ કરવા માટેનો એક રસ્તો વિદ્યાર્થીઓને જુદા જુદા ઝડપ-સમયના આલેખ દર્શાવવાના છે. તેમ છતાં, જો તમે આલેખનો ઉપયોગ કરવા ઈચ્છતા ન હો તો, તમે સીધા બાજુના પાના ઉપર આપેલ સરેરાશ ઝડપની ચર્ચા ઉપર જઈ શકો છો.

એક-પરિમાણીય ગતિમાં પ્રવેગ.

તમે જે રોજના ટ્રાફિકમાં ગાડીની ગતિ જુઓ છો તે અને રેસીંગ કારની ગતિમાં શું તફાવત છે ? પહેલો તફાવત તો એ કે રેસીંગ કારની ઝડપ સૌથી વધારે હોય છે.

બીજો તફાવત એ કે રેસીંગ કારનો ઝડપ પકડવાનો સમય ખૂબ જ ઓછો હોય છે. (ઓછા સમયમાં ઝડપી પીક-અપ) ‘પીક-અપ’ શબ્દ એટલે શું ? (તમને જાહેરાતનું આ સ્લોગન યાદ છે ? ‘0 to 60 in 8 s’) તે દર્શાવે છે કે વાહન કેટલી ઝડપથી તેની પોતાની ગતિ વધારી શકે છે. આ ગતિની અનિયમિતતાને માપવા માટેની એક રીત છે. જેનો વૈજ્ઞાનિક શબ્દ ‘પ્રવેગ’ છે. પ્રવેગ (એક પરીમાણિય ગતિ માટે) ને ગાણિતિક સ્વરૂપે નીચેના સમીકરણ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

$$\text{પ્રવેગનું મુલ્ય (a)} = \frac{\text{અંતિમ ઝડપ (V)} - \text{શરૂઆતની ઝડપ (U)}}{\text{આ ઝડપના ફેરફાર માટે લાગતો સમય (t)}}$$ *

ધારો કે, એક બસ 30 કિ.મી/કલાક ની ઝડપે ગતિ કરે છે, અને પછી એક મિનિટમાં તેની ઝડપ વધીને 50 કિ.મી. /કલાક થાય છે. તો બસનો પ્રવેગ નીચેની રીતે શોધી શકાશે.

ઝડપમાં ફેરફાર = 50 કિ.મી/કલાક - 30 કિ.મી/કલાક = 20 કિ.મી/કલાક

આ ફેરફાર માટે લાગતો સમય = 1 મિનિટ

$$\text{પ્રવેગનું મુલ્ય} = \frac{\text{20 કિ.મી/કલાક}}{\text{1 મિનિટ}} = \frac{\text{20 કિ.મી/કલાક}}{\text{1 / 60 કલાક}} = \text{1200 કિ.મી/કલાક}^2$$

અહીં એ નોંધ કરો કે આપણે સમયને મિનિટમાંથી કલાકમાં ફેરવ્યો છે. જો આપણે એવું ન કરીએ તો, પ્રવેગનું મુલ્ય 20 કિ.મી/કલાક. મિનિટ જેટલું થાય બન્ને એકમો આમ તો સરખા જ માન્ય છે. પરંતુ પરંપરાગત રીતે પહેલો એકમ જ વપરાય છે.

જો બસ એજ શરૂઆતની ઝડપમાંથી ધીમી થઈને 1 મિનિટમાં 10 કિ.મી/કલાક થતી હોય તો તેનો પ્રવેગ :

$$\text{પ્રવેગનું મુલ્ય} = \text{(10 કિ.મી/કલાક - 30 કિ.મી/કલાક)} \big/ \text{1 / 60 કલાક} = \frac{\text{-20 કિ.મી/કલાક}}{\text{1 / 60 કલાક}} = \text{- 1200 કિ.મી/કલાક}^2$$

---

* a,v,u,t, પ્રમાણભૂત ચિહ્નો છે.

અહીં પ્રવેગનું મુલ્ય ઋણ મળે છે. પ્રવેગનું મુલ્ય ઋણ મળતું હોય તેને વેગમંદતા (retardation) કે ઋણ પ્રવેગ (deceleration) કહે છે. એટલે કે પ્રવેગનું ધન મુલ્ય ઝડપમાં સમયની સાથે વધારો દર્શાવે છે. જ્યારે પ્રવેગનું ઋણ મુલ્ય ઝડપમાં સમયની સાથે ઘટાડો દર્શાવે છે. જો પ્રતિ પ્રવેગનું મૂલ્ય વધારે હોય તો તેનો અર્થ થશે ગતિ કરતા પદાર્થને થોડા સમયમાં અટકાવી શકાય. તેનો અર્થ એ કે પદાર્થ થોડા જ અંતરે પહોંચીને અટકી જશે.

હવે સમજાય છે કે જ્યારે આપણે કોઈ 'પાવર-બ્રેક' ધરાવતા વાહનની પાછળ આપણું વાહન ચલાવતા હોઈએ ત્યારે વચ્ચે વધારે અતંર કેમ રાખવું જોઈએ?

અહીં એવી પ્રવૃતિ મદદરૂપ થશે કે જેમાં પ્રવેગી ગતિ જોવા મળતી હોય. તમે મુક્ત પતન કરતા પથ્થરને ગતિના માપવાનું ઉદાહરણ લઈને શરૂ કરી શકો. આગળ કરેલા માપનને આધારે વિદ્યાર્થીઓ સ્ટોપવોચ વાપરવાનું અને મુક્ત પતન કરતા પથ્થરની જુદી-જુદી સ્થિતિ પરની ઝડપ માપવા દિવાલ ઉપર નિશાની મુકવાનું સૂચન કરી શકે. તમે એ જોઈ શકશો કે મુક્ત પતન કરતા પથ્થર માટે તેનો નીચે પડવાનો સમય એટલો ઓછો હોય છે કે તેને સ્ટોપવોચ વડે ચોકસાઈપૂર્વક માપવો મુશ્કેલ છે. કોઈક એવું સૂચન કરશે કે તમે છત ઉપર જઈને પથ્થરને છોડી દો. બધી જ શક્ય પધ્ધતિઓ અજમાવી જુઓ. જો માપન કરવું મુશ્કેલ જ લાગે તો, વિદ્યાર્થીઓને પૂછો કે નીચે પડતા પથ્થરની ગતિ નિયમિત છે કે નહીં, અને શા માટે? બધી જ અનિયમિત ગતિ પ્રવેગ ધરાવે છે.

એક વાર વિદ્યાર્થીઓ એવા નિર્ણય ઉપર પહોંચી જાય કે મુક્ત પતન કરતા પથ્થરનો સમય સ્ટોપવોચથી માપવો શક્ય નથી, પછી એની ચર્ચા કરો કે આવી મુશ્કેલીઓનો ઉકેલ શી રીતે મેળવી શકાય? એક રસ્તો છે કે એવું સાધન વાપરવામાં આવે કે જે ઝડપથી માપન કરી શકે. એવા સાધનો, જેવા કે ઈલેકટ્રોનિક સ્ટોપવોચ જે નાના સમયગાળાને પણ માપી શકે છે. બીજો રસ્તો એ છે કે પદાર્થના પતનની ગતિને ધીમી પાડી દેવામાં આવે. જુદા જુદા રસ્તાઓની ચર્ચા કરો કે કઈ રીતે આ માપન શક્ય બનશે. એક એવી પણ પદ્ધતિ છે કે આપણે તેને પ્રવાહીમાં પડવા દઈએ. બીજી રીત એ છે કે પદાર્થની ગતિને લંબ સમતલને બદલે ઢાળવાળી સપાટી લઈને કરાવવામાં આવે. ગેલિલીયો એ આ જ પધ્ધતિનો ઉપયોગ કરીને ગતિ અને જડત્વ ઉપરનો સિધ્ધાંત તારવ્યો હતો. દડાને ઢાળવાળી સપાટી ઉપર ગબડાવી પતનનો સમય વધારવો એ એમની શોધ હતી.

ગેલિલીયોએ એ નોંધ્યું કે બન્ને પ્રકારની ગતિની (મુક્ત પતન અને ઢળતી સમતલ સપાટી પરની ગતિ) ની લાક્ષણીકતા સરખી જ હોય છે કારણ કે બંનેમાં નિયમન કરતાં બળો સમાન છે. ઢળતી સપાટી ઉપર ગબડતા દડા ઉપરના બળો ગુરૂત્વાકર્ષણનું અને સપાટી દ્વારા લાગતા ઘર્ષણનું હોય છે. આપણે આ વિષયની ચર્ચા આ જ મોડયુલના બીજા ભાગમાં કરીશું. એજ રીતે, મુક્ત પતન માટે જે બળની અસર હેઠળ પદાર્થ પડે છે તે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ અને હવાનો પ્રતિરોધ હોય છે. એટલે કે બન્ને પ્રકારના ઉદાહરણમાં જે તફાવત છે તે બળની તીવ્રતાનો જ છે. લંબદિશામાં મુક્ત પતન એ ઢાળવાળી દિશામાં થતા મુક્તપતનનો લક્ષિત કિસ્સો છે. કારણ લંબસમતલને આપણે 90° ના ખૂણાવાળું સમતલ ગણી શકીએ.

નીચે આપેલી પ્રવૃત્તિ શિક્ષક દર્શાવી શકે અથવા વિદ્યાર્થીઓને 4 કે 5 ના ગૃપમાં પણ પ્રવૃત્તિ આપી શકાય. જેને માટે એટલા ઓછા સાધનોની જરૂર છે કે મોટાભાગની શાળાઓ સહેલાઈથી મેળવી શકે.

આ તબક્કે આપણે લંબ દિશામાં ગતિનું એક ઉદાહરણ લઈ શકીએ અલબત હજી તે એક પરીમાણિય જ છે. આનાથી પદાર્થની એક પરિમાણિય ગતિ હંમેશા આડા સમતલમાં જ હોય એવી વિદ્યાર્થીઓની વિચારણા અટકાવી શકાય (ખૂબ જ સામાન્ય ગેરસમજ)

આ પ્રવૃત્તિ દરમ્યાન, તમને એવી પણ તક મળશે કે જેમાં તમે ઝડપ અને પ્રવેગ વચ્ચેની પ્રવર્તતી ગુંચવણ વિષે ચર્ચા કરી શકશો. એ બાબત ઉપર ખૂબ જ ભાર આપો કે આ બન્ને સંપૂર્ણપણે બે જુદી રાશિ છે. કોઈ પદાર્થ ખૂબ જ ઝડપે પરંતુ શૂન્ય પ્રવેગ સાથે ગતિ કરતો હોય એવું પણ થઈ શકે. જ્યારે એનાથી ઉલ્ટું કોઈ પદાર્થ ખૂબ ધીમી ઝડપે ગતિ કરતો હોય પણ તેનો પ્રવેગ ખૂબ જ વધારે હોય. દા.ત. એક કાર જ્યારે સિગ્નલ લાલમાંથી લીલું થાય ત્યારે ચાલુ થાય છે. તેની શરૂઆતની ઝડપ શૂન્ય હોય છે પરંતુ તેનો પ્રવેગ ખૂબ મોટો હોય છે. કાર જ્યારે સિગ્નલને પસાર કરીને હાઈવે ઉપર આવે ત્યારે તેની ઝડપ ઘણી વધારે હોય છે, પરંતુ તેનો પ્રવેગ કદાચ શૂન્યની નજીક પણ હોઈ શકે.

આધુનિક ગેલિલીયો

હવે ચાલો કોઈ પ્રવેગી પદાર્થના કેટલાંક માપનો લેવાની કોશિશ કરીએ. આ પ્રવૃતિ પ્રખ્યાત વૈજ્ઞાનિક ગેલિલીયોએ સિમાચિહ્નરૂપ પ્રયોગ તરીકે 17 મી સદીમાં કરી હતી, તેનાથી પ્રેરીત છે. તેને માટે તમારે દડાને ગબડાવવા માટે એક પાટીયું, અંતર માપવા એક માપપટ્ટી અને સમયગાળો માપવા સ્ટોપવોચની જરૂર પડશે. તમે કાળાં પાટીયાનો પાછલો ભાગ, ટેબલની સપાટી કે ક્લાસ રૂમમાંથી બેંચનો ઉપયોગ પાટીયા તરીકે કરી શકશો. ફક્ત એટલી ખાતરી કરી લો કે પાટીયું સપાટ, ખાડા વગરનું અને ઓછામાં ઓછુ 1 મીટર લાબું હોય (જો પાટીયુ ઓછું લાબું હશે તો અંતરનું માપન મુશ્કેલ બનશે). પહોળાઈના ભાગે આડી રેખાઓ દોરીને પાટીયાને 45 સેન્ટીમીટરના બે સરખા ભાગમાં વહેંચી દો. સાથે જ પહેલી લાઈનની પહેલા 3-4 સે.મી. નાં અંતરે પણ નાની રેખા અંકિત કરી દો. તે દડાને મુક્ત કરવા માટેની નિશાની હશે. (આકૃતિ-41) હવે પાટીયાને જમીન ઉપર કે સપાટ ટેબલ ઉપર ગોઠવી તેના એક છેડાને 3-4 સે.મી. ઊંચું કરો હવે આ પાટીયું સમતલ સપાટીથી લગભગ 2° ડીગ્રીના ખૂણે ગોઠવાયું છે. નીચે આપેલા ચિત્રમાં આવા બે વિભાગમાં નીશાની કરેલ પાટીયાની ગોઠવણી દર્શાવી છે. તમે નાનો રબરનો કે પ્લાસ્ટીકનો દડો કે કાચની લખોટી નો ઉપયોગ ઢળતા પાટીયા ઉપર ગબડાવવા માટે કરી શકો છો.

(આકૃતિ-41 શિક્ષકોનું ગૃપ જેઓ ઢળતા પાટીયાની પ્રવૃતિ કરી રહ્યા છે. ચિત્રમાં સૌથી નીચે ડાબા ખૂણામાં માપપટ્ટી દડાને શરૂઆતની જગ્યા પર રાખવા માટે દર્શાવાય છે. જ્યારે માપપટ્ટી ખસેડી લેવામાં આવશે ત્યારે દડો તેની શરૂઆતની નિશ્ચિત જગ્યા ઉપરથી અને ઓછામાં ઓછી પ્રસ્થાન ઝડપે ગબડવાનું શરૂ કરશે.)

આ પ્રયોગમાં દડો ઢળતી સપાટી ઉપર ગબડતો હોય ત્યારે તેણે દરેક વિભાગને ઓળંગવા માટે લીધેલો સમય નોંધવાનો છે. આ માટે, દરેક વિભાગ માટે એક એક વ્યકિતને સ્ટોપવોચ સાથે ગોઠવી દો. ત્રીજી વ્યકિત દડાને શરૂઆતની રેખા ઉપરથી છોડશે. દરેક વિભાગને પસાર કરવા માટે લાગતો સમય નીચે આપેલા કોષ્ટકમાં નોંધવામાં આવશે. (કોષ્ટક-11) એક વખત આ દરેક વિભાગ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય નોંધાઈ જાય પછી તે વિભાગની લંબાઈને પસાર કરવા માટે લાગતા સમય વડે ભાગીને તેની સરેરાશ ઝડપ શોધી શકાશે.

બીજા બધા પ્રયોગોની જેમ, વિશ્વસનીય માહિતી મેળવવા માટે કેટલીક ચોક્કસાઈ લેવી જરૂરી છે. પહેલું, દરેક પ્રયત્ન વખતે શરૂઆતની રેખા સમાન જ હોવી જોઈએ. દા.ત. ડાબી તરફ સૌથી નીચેની આકૃતિ.41 માં શરૂઆતની લાઈનને સંમાતર બીજી ત્રણ નાની લાઈન દોરેલી દેખાય છે. એનો ઉદ્દેશ્ય એ જ છે કે દરેક વખતે દડો એક સમાન જગ્યાએથી છોડવામાં આવે. દડાને પાટીયા ઉપર ગબડાવતી વખતે શરૂઆતનું બિંદુ નક્કી કરવા આગળ દોરેલી લાઈનો પર આપેલા જુદા-જુદા બિંદુઓમાંથી કોઈ એક બિંદુ લેવું જોઈએ અને એવું બિંદુ નક્કી કરો કે જ્યાંથી પાટીયા પરથી દડો સીધો જ નીચે જાય અને આજુ બાજુ જતો ન રહે.બધા માટે શરૂઆતનું બિંદુ એક જ છે એ ચોક્કસ કરીએ એટલે પાટીયા પર કોઈ કાપા, નાના ખાડાઓને લીધે આવતી નાની નાની ભૂલોની કાળજી લેવાઈ જાય આ રીતે આપણે પધ્ધતિમાં થતી ભૂલોને બને એટલી ઓછી કરવાના પ્રયત્નો કરી શકીએ. પધ્ધતિની ભૂલોની વધુ વિગતો મેળવવા અને તેને કઈ રીતે નિવારી શકાય તેને માટે પરિશિષ્ટ-૩ ને જુઓ. બીજુ, એ પણ કાળજી લેવી જોઈએ કે દડો છોડતી વખતે એને કોઈ ધક્કો ન અપાય એટલે કે એને સ્થિર રાખીને જ છોડવો જોઈએ. થોડા મહાવરા સાથે આ કરી શકાય. દડાને તેની જગ્યા ઉપર રાખવા માટે માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરી અને પાટીયા ઉપરથી માપપટ્ટી ઊંચકીને દડો છોડવો એ પણ સારી રીત છે. ત્રીજુ, પ્રયોગનું વારંવાર પુનરાવર્તન કરવું જોઈએ. તે એટલા માટે કે એનાથી આકસ્મિક ભૂલોનો અંદાજ આવી શકે.

કોષ્ટક-11

અંતરાલની લંબાઈ:................સે.મી. =..............મીટર
દડો શાનો બનેલો છે ? :..............
સમતલનો ઢાળ:......................ડિગ્રી.

અંતરાલ નંબર	**અંતરાલ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય (S)**	**અંતરાલમાં સરેરાશ ઝડપ (m/s)**
પહેલો		
બીજો		

વૈકલ્પિક રીતે અવલોકનો નીચે પ્રમાણે પણ નોંધી શકાય. એક વિદ્યાર્થી પહેલા ભાગને પસાર કરતા કેટલો સમય લાગ્યો તે નોંધે અને બીજો વિદ્યાર્થી બંને વિભાગને પસાર કરતા કેટલો સમય લાગ્યો તે નોંધો. જેના આધારે બંને માપ માંથી દરેક વિભાગને પસાર કરવા માટે કેટલો સમય લાગ્યો તે શોધી શકાય.

જો પાટીયું પુરતું લાબુ હોય અને વિદ્યાર્થીઓમાં સમયના ચોક્કસ માપ મેળવવા માટે સ્ટોપવોચ વાપરવાની આવડત કેળવાઈ ગઈ હોય તો તમે પાટીયાને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચીને પણ આ પ્રયોગ ફરીથી કરી શકો.

કોષ્ટક-12

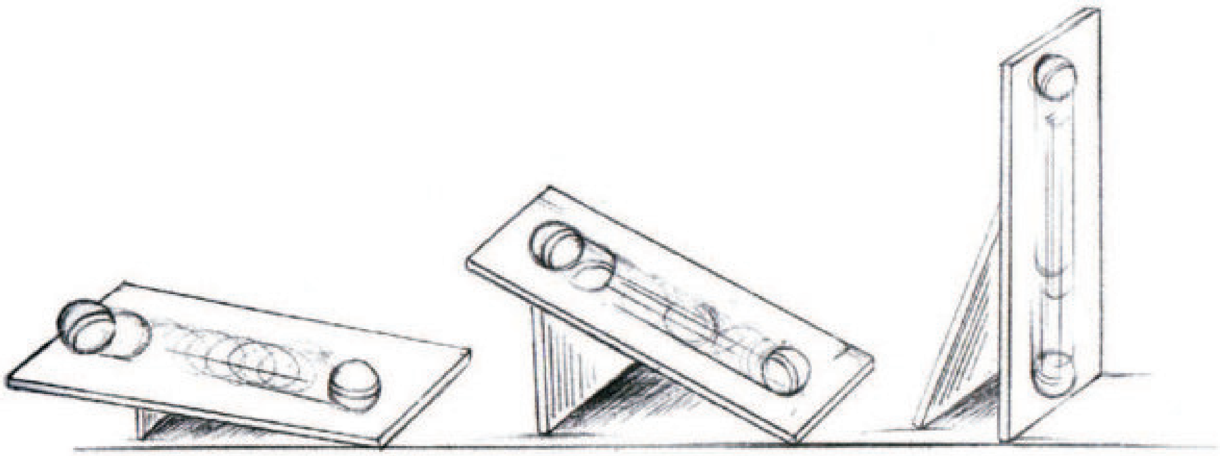
વિભાગ નં	વિભાગ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય (સેકન્ડ)	દરેક વિભાગ માટે સરેરાશ ઝડપ (મીટર/સેકન્ડ)
1	2.72	0.18
2	1.89	0.25
3	1.51	0.32
4	1.33	0.36
5	1.15	0.42
6	0.93	0.52

કોષ્ટક-12 તાલીમ - શાળા દરમ્યાન ખૂબ લાંબી એલ્યુમિનિયમ પ્લેટ વાપરીને કરેલા પ્રયોગના ડેટા દર્શાવે છે. એલ્યુમિનિયમ પ્લેટ 48 સેમીના એક એવા 6 વિભાગમાં વહેંચવામાં આવી હતી.

વિશ્લેષણઃ-

1. કોષ્ટક-12 નો બીજો સ્તંભ જુઓ. જેમ જેમ દડો પ્લેટ ઉપર આગળ વધે છે, તેમ તેમ તેને દરેક વિભાગને પસાર કરવા માટે લાગતો સમય સતત ઘટતો જાય છે, દરેક વિભાગની લંબાઈ સરખી હોવાથી એનો અર્થ એ થયો કે પછીના વિભાગોમાં દડો વધારે ઝડપથી ગતિ કરે છે. ઝડપ અને પ્રવેગ ગતિની આગળ મેળવેલી વ્યાખ્યાના આધારે આપણે એ તારણ કાઢી શકીએ કે દડો પ્રવેગી ગતિ કરી રહ્યો છે. અને આ પ્રવેગ ધન છે.

2. ત્રીજા સ્તંભમાં સરેરાશ ઝડપની ગણતરી દર્શાવી છે. જે દર્શાવે છે કે દડો જેમ જેમ નીચે તરફ ગતિ કરે છે તેમ તેમ તેની સરેરાશ ઝડપ વધી રહી છે. હવે, આપણે આ વિચારી શકીએ કે જો પ્લેટને વધુ વિભાગોમાં વહેંચવામાં આવે તો શું થયું હોત તે જ લંબાઈને 9 સરખા વિભાગોમાં વિભાજીત કરી શકાય. અને ત્યારે પણ તેની સરેરાશ ઝડપની કિંમત દરેક વિભાગ માટે અગાઉના વિભાગ કરતા વધારે જોવા મળી હોત. આ રીતે (પોતાની કલ્પનામાં) દરેક વિભાગને પેટા વિભાગમાં વહેંચવાથી, આપણે તે દલીલ સાથે જણાવી શકીએ કે દડો પ્લેટ ઉપર જેમ જેમ નીચે ગબડતો જશે તેમ તેમ તેની તત્કાલ ઝડપ (એટલે નાનામાં નાના સમય માટે સરેરાશ ઝડપની માપણી) સતત વધતી જાય છે.



આકૃતિઃ 42 લંબસહિત જુદા જુદા ખૂણાએ ગોઠવવામાં આવેલ પાટિયા ઉપર ગબડતો દડો.

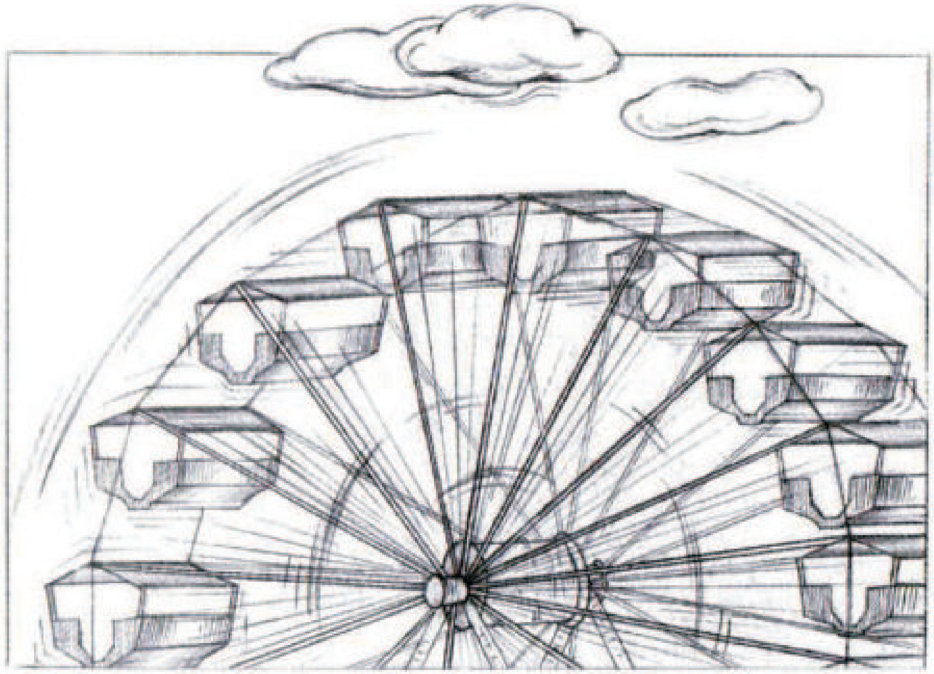
3. પ્લેટનો ખૂણો બદલો અને ઉપરનો જ પ્રયોગ પાછો કરો. (આકૃતિ-42) તમે તે શોધી શકશો કે, દરેક વિભાગને પસાર કરવા માટેનો સમય બદલાતો હોવા છતાં, દરેક વખતે પહેલાં વિભાગને પસાર કરવા માટે લાગતા સમય કરતા બીજા વિભાગને પસાર કરવા માટે લાગતો સમય ઓછો જ હોય છે. આ ત્યારે પણ સત્ય જ હશે જ્યારે આપણે પ્લેટને લંબ ઊભી રાખીશું, આ પરિસ્થિતિ દડાને પડતો મૂકી દેવા જેવી એટલે કે મુક્તપતન જેવી છે. તેથી આપણે એ તારણ કાઢી શકીશું કે મુક્ત પતન એ પણ પ્રવેગી ગતિ છે.

તમારી કલ્પના મુજબ પ્રવેગ માપવાની કોશિશ કરો. જેમ કે કીડી કે કંઈક ચાલતું હોય, ગબડતો દડો કે હવામાં ફેંકેલો પથ્થર. આ કરવા માટેની શ્રેષ્ઠ રીત એકબીજા સાથે ચર્ચા કરીને મેળવો.

આપણી આસપાસ પ્રવેગ

તમે શું માનો છો કે કોની ઝડપ વધારે છે, મેળામાંનાં મોટાં ચકડોળની કે શતાબ્દી એક્સપ્રેસ ટ્રેઈનની ? જો તમે એવું અનુમાન લગાવ્યું કે શતાબ્દી ટ્રેઈન, તો તમે સાચા છો. શતાબ્દી એક્સપ્રેસની ઝડપ મોટા ચકડોળ કરતાં લગભગ દસ ગણી વધુ હોય છે. તેમ છતાં જે રોમાંચ તમે મોટા ચકડોળમાં અનુભવો છો તે ટ્રેઈનની વાતાનુકુલિત આરામદાયક બેઠક ઉપર જતા ગેરહાજર હોય છે. તેનું એક કારણ એ પણ હશે કે એકધારી ગતિથી ચાલતી ટ્રેઈનમાં બેઠેલી વ્યકિતને પ્રવેગનો લગભગ કોઈ અનુભવ થતો નથી, જ્યારે ચકડોળમાં બેસતાં થતો પ્રવેગનો અનુભવ મુક્ત રીતે પડતા પદાર્થને થતા અનુભવ કરતા લગભગ 1.5 ગણો અનુભવાય છે. ટ્રેઈનમાં પણ આપણે તેની ગતિમાં આવતો ફેરફાર ઝડપ વધતાં - ઘટતાં કે વળાંક લેતી વખતે અનુભવી શકીએ છીએ. ગતિમાં થતો આવો ફેરફાર જ્યારે આપણે બસમાં હોઈએ અને ડ્રાઈવર એકદમ બ્રેક મારે ત્યારે વધુ પડતો જ અનુભવાય છે. જે આંચકો આપણે અનુભવીએ છીએ તે બસ અટકે તેનો (ઋણ) પ્રવેગ છે.

ચકડોળમાં, જ્યારે આપણે સૌથી ઉપર સૌથી નીચે કે વચ્ચે હોઈએ છીએ ત્યારે આપણે જુદી જુદી દિશાઓમાંથી બળનો અનુભવ કરીએ છીએ, આ સાથે જ ઉપર અને નીચે ખસવાની સંવેદનામાં વધારાનો રોમાંચ અનુભવાય છે. આપણે આજ મોડ્યુલના બીજા વિભાગમાં ગતિ ઉપર બળની બીજી અસરો વિષે શીખીશું.



આકૃતિ-43 મોટા ચકડોળમાં જુદું જુદું સ્થાન.

પ્રવેગની કેટલીક ચોક્કસ કિંમતો કોષ્ટક-13 માં દર્શાવી છે.

કોષ્ટક-13

ક્રમ	ગતિ	ચોક્કસ પ્રવેગનું મુલ્ય (મીટર / સેકન્ડ^2)
1	છોડી દીધેલો પથ્થર (મુક્ત પતન કરતો, પૃથ્વી પર)	9.8
2	છોડી દીધેલો પથ્થર (ચંદ્ર પર)	1.6
3	શોપિંગ મોલમાં લીફ્ટ	1
4	બંદૂકમાંથી છૂટેલી ગોળી	1,00,000
5	ઘરેલું કારનું પીક-અપ	3
6	રેસીંગ કારનું પીક-અપ	170

શું પ્રવેગ માપક હોઈ શકે ?

તમને એવી જીજ્ઞાસા થતી હશે કે ગતિ-માપક (સ્પીડોમીટર)ની જેમ કોઈ વાહનમાં પ્રવેગને માપવા અને દર્શાવવા માટેનું સાધન હોઈ શકે ? તો એનો જવાબ છે ''ના'' આપણા સામાન્ય વાહનોમાં આવુ કોઈ જ સાધન હોતું નથી. તેના શક્ય કારણો છે,

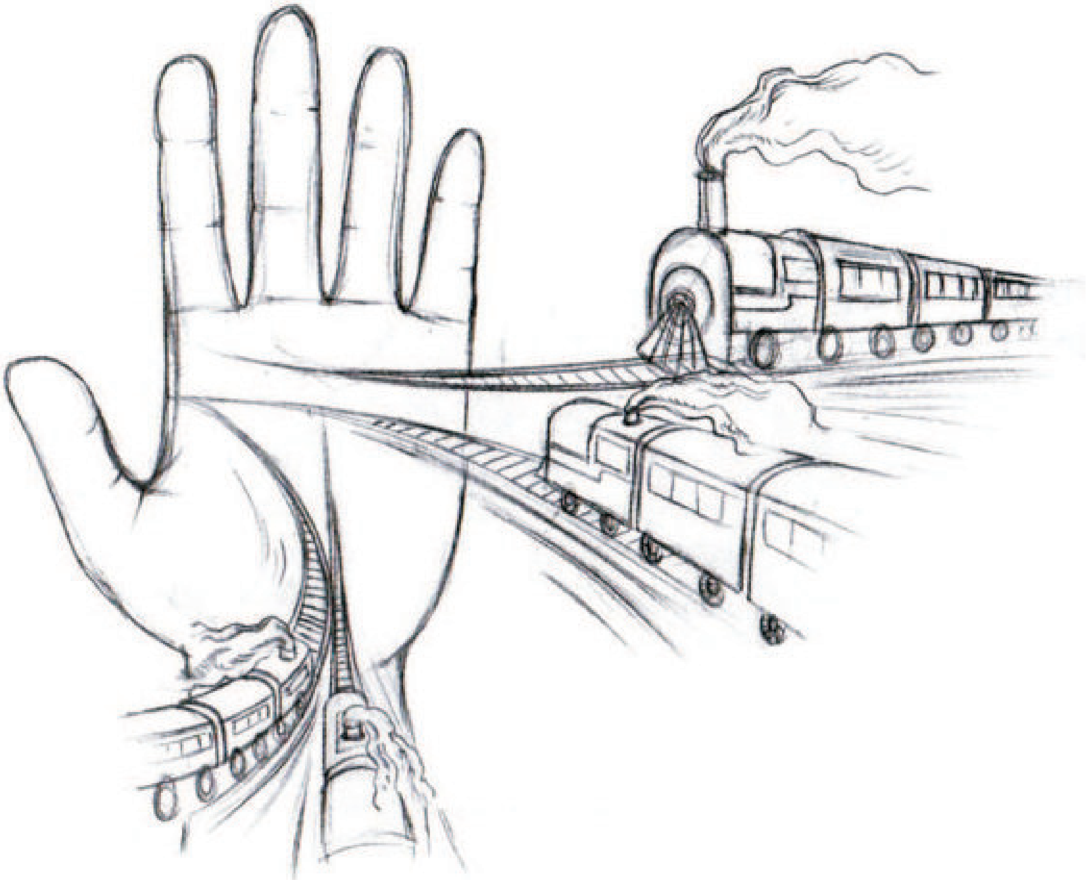
(અ) સામાન્ય પ્રકારના ડ્રાઈવિંગમાં ઝડપની માહિતી ડ્રાઈવર માટે પુરતી હોય છે.

(બ) અને આપણે જોયું તે મુજબ પ્રવેગ માપવાનું કાર્ય ખુબ જ ગૂંચવાડાભર્યું હોય છે.

પરંતુ તેમ છતાં પ્રવેગ-માપક નામનું સાધન છે તો ખરું, જો તમે કાર બનાવનાર કારખાનાની મુલાકાત લેશો તો તમે તે જોઈ શકશો. તેઓ તેનો ઉપયોગ એન્જીન અને બ્રેકની કાર્યક્ષમતાની ચકાસણી માટે કરે છે. પ્રવેગ માપકનો ઉપયોગ કાર, મશીન, મોટા બિલ્ડીંગ વગેરેમાં લાગતા આંચકા (વાઈબ્રેશન)નું માપન કરવા અને પ્રક્રિયા નિયંત્રણ સંરચના અને સલામતીની પ્રસ્થાપના માટે પણ થાય છે.

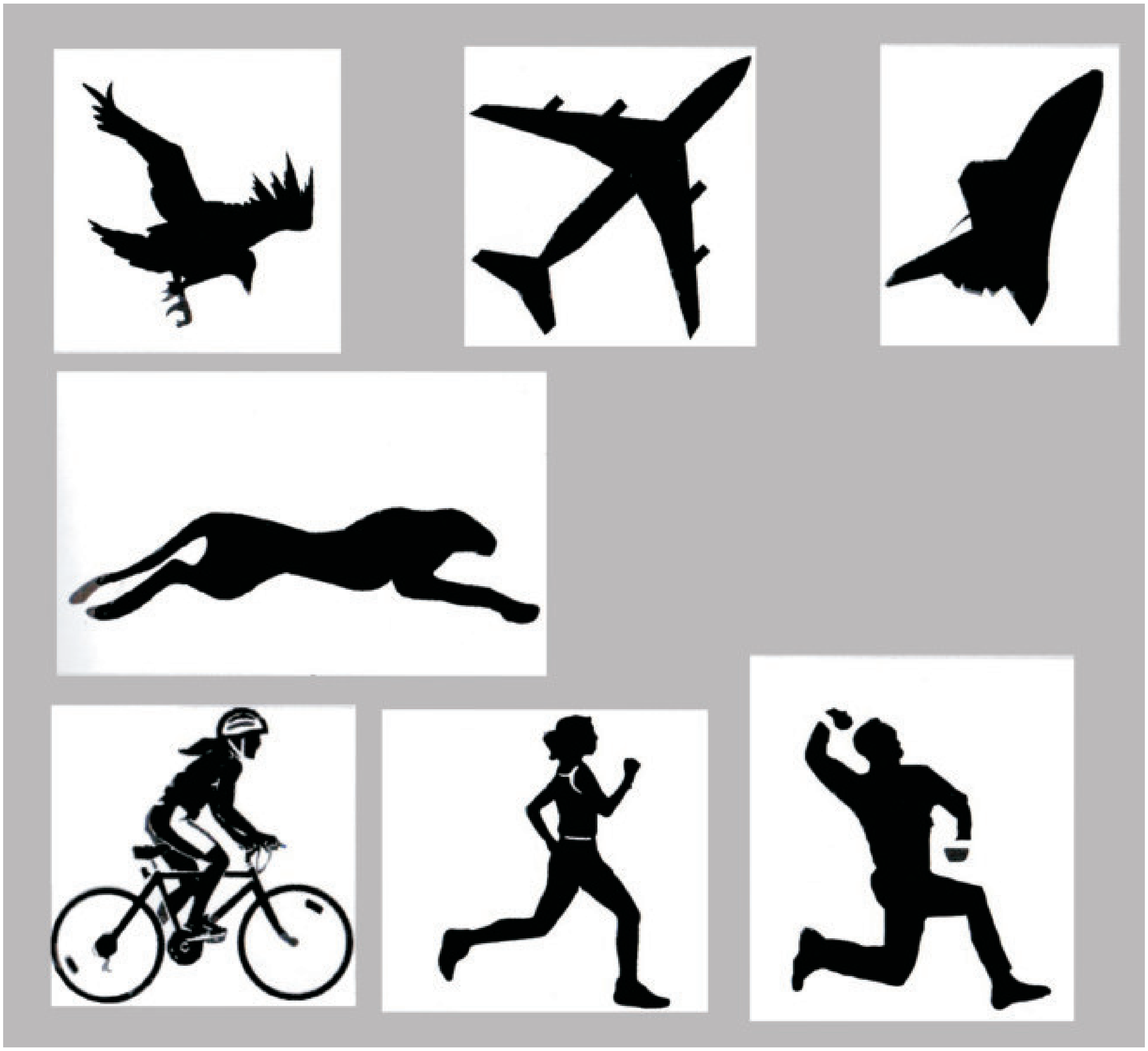
ચોક્કસ પ્રકારે ડિઝાઈન કરેલું પ્રવેગ માપક જે ગ્રેવી-મીટરના નામે ઓળખાય છે, તેનો ઉપયોગ ગુરૂત્વાકર્ષણમાં આવતા ફેરફારના માપન માટે થાય છે. પ્રવેગ માપકનો ઉપયોગ હાલમાં પ્રાણીઓની હલન ચલનની નોંધણી માટે, રમત-ગમતમાં ટ્રેનિંગમાં, રોકેટમાં અને વિડિયો ગેઈમમાં પણ થાય છે. તે હવે આધુનિક મોબાઈલ ફોનમાં પણ જોવા મળે છે.

ગતિનું અનુમાન



અત્યાર સુધીમાં આપણે ગતિને બે રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી. એક જુદા જુદા સમયે સ્થાન કે ઝડપ માપીને તેની કિંમત આપીને અને બીજુ આ જ માહિતીને આલેખ સ્વરૂપે દર્શાવીને, શરૂઆતમાં આ સારી પદ્ધતિ છે. પણ આપણે એ પણ ધ્યાન રાખવું જોઈએ કે વિજ્ઞાનનો એક મહત્વનો હેતુ એ પણ છે કે જો પૂર્વ પરિસ્થિતિ ખબર હોય તો કોઈ પણ પ્રક્રિયા સમયના સંદર્ભે કેવી રીતે બદલાશે તેની આગાહી પણ કરી શકાય. પાછા એ પ્રશ્ન ઉપર આવીએ કે આપણને ગતિની ગણતરી કરવાની જરૂર ક્યારે પડે, ચાલો, આપણા બહોળા ફેલાયેલા રેલ્વેના નેટવર્કનો વિચાર કરીએ. જો આપણે જુદા જુદા સમયે ગતિ કરતી ટ્રેઈનના સ્થાનની ગણતરી ન કરી શકીએ તો આપણે એક જ ટ્રેક પર ચાલતી ટ્રેનોની આવન જાવનનું સંકલન (કો-ઓર્ડીનેશન) શી રીતે કરી શકીએ ? શું તમે આવા બીજા કેટલાંક ઉદાહરણો વિચારી શકો ?

વિદ્યાર્થીઓ અત્યાર સુધીમાં તેમની આસપાસ જોવા મળતી જુદી-જુદી ગતિની ઘટનાઓનું માપન કરવામાં જાણકાર થઈ ગયા હોય છે. હવે, તેઓને ભૌતિક વિજ્ઞાનની મદદથી કોઈપણ કુદરતી ઘટનાને ગાણિતીક સમીકરણ સ્વરૂપે કઈ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય તેની સમજણ પણ આપી શકાય. વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં ઉપયોગમાં લેવાતી આ એક મહત્વપૂર્ણ રીત છે. કેમ કે આ મોડયુલ એક-પરિમાણીય ગતિ સુધી જ સીમિત હોવાથી આ સમીકરણોને અદિશ રૂપમાં જ વ્યક્ત કરવામાં આવ્યા છે.



આકૃતિ - 44 જુદા જુદા ગતિમાન પદાર્થો

ચાલો કોઈ ચોક્કસ ઉદાહરણ લઈએ, એક બસ ચોક્કસ દિશામાં 40 કિમી / કલાકની નિયમિત ઝડપે ગતિ કરે છે. શું તમે કહી શકશો કે આજ ઝડપે બસ ગતિ કરતી રહેશે તો તે 6 કલાક અને 30 મિનિટ પછી કેટલે દૂર પહોંચશે? અથવા એક બસ 20 કિમી./કલાકની ઝડપે જઈ રહી છે. તેને એ જ દિશામાં 120 કિમી./કલાક^2 નો પ્રવેગ આપવામાં આવે તો શું આપણે એ અનુમાન લગાવી શકીએ કે 30 મિનિટ પછી બસની ઝડપ કેટલી હશે ? તેનાથી ઊલટું, બસની ઝડપ 60 કિમી. / કલાક સુધી વધારવા માટે કેટલો સમય લાગશે, તે શોધી શકીએ ?

આવા પ્રશ્નોના જવાબ આપવા વિજ્ઞાન એક બીજા સાધનનો ઉપયોગ કરે છે, તે છે પદાર્થના ગુણધર્મોને અને ભૌતિક પ્રક્રિયાને ગાણિતીક સ્વરૂપે દર્શાવવી. આપણે અગાઉ જોઈ ગયા કે આપણે રેખીય ગતિની કેટલીક લાક્ષણિક્તાઓ જેવી કે અંતર, સમય, ઝડપ, પ્રવેગ વગેરેને વ્યાખ્યાયિત કરી અને માપી શકીએ છીએ. હવે આપણે એ જોઈશું કે આપણે શી રીતે આ રાશિઓ વચ્ચે ના સંબંધોને ગાણિતિક રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકીએ. એમના વચ્ચેનો આ સંબંધ ખરેખર તો ઘણી બધી ગણિતીય રાશિઓને સાંકળતા સમીકરણો જ છે.

એક પરિમાણિય ગતિમાં પ્રવેગની વ્યાખ્યા આપતી વખતે આપણે નીચેનું સમીકરણ લખ્યું હતું.

$$a = (v - u) \div t$$

જ્યાં u = શરૂઆતની ઝડપ, v = અંતિમ ઝડપ, t = ઝડપમાં ફેરફાર માટે લાગતો સમય અને a = પ્રવેગ.
આ જ સમીકરણને પ્રચલીત રૂપે નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$\boxed{V = u + at}$$ જેને ગતિનું પ્રથમ સમીકરણ કહેવામાં આવે છે

જો કોઈ વસ્તુ સ્થિર પ્રવેગી, ગતિમાં હોય તો આપણે જાણીએ છીએ કે ઝડપ અને સમય વચ્ચેનો સંબંધ રેખિય હશે. (આકૃતિ -40, પાના નંબરઃ 48 ઉપર આપેલો આલેખ) આ કિસ્સામાં સરેરાશ ઝડપ = (u + v) / 2 થશે.

આની સાબિતી આ મોડયુલમાં સમાવી શકાય તેમ નથી, પરંતુ એ યાદ રહે કે સરેરાશ કાઢવું ત્યારે જ શક્ય છે જ્યારે પ્રવેગ અચળ હોય. આપણે અગાઉ કરેલી ચર્ચા ઉપરથી એ જાણીએ છીએ કે
સરેરાશ ઝડપ = કાપેલું અંતર / તે માટે લાગતો સમય. જો આપણે અંતરને 's' વડે દર્શાવીએ તો.

$$(u + v) \div 2 = s \div t$$

આની ફરી ગોઠવણી કરીને લખતાં

$$s = (u + v) \times t \div 2$$

ગતિના પહેલા સમીકરણ મુજબ, v ની કિંમત મૂકતાં.

$$s = (u + (u + at) \times t \div 2$$
$$s = ½ (2ut + at^2)$$
$$\boxed{s = ut + ½ at^2}$$ જેને ગતિના દ્વિતીય સમીકરણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

હવે ઉપરના બંને સમીકરણોને એકત્ર કરી ફક્ત v,u,s અને a ને સમાવતો ત્રીજો સંબંધ શોધી શકાય.
પહેલા સમીકરણ v = u + at નો વર્ગ કરતાં.

$$v^2 = (u + at)^2$$

$$v^2 = u^2 + 2uat + a^2 t^2$$
$$v^2 = u^2 + 2a (ut + ½ at^2)$$ પરંતુ સમીકરણ-2 મુજબ $s = ut + ½ at^2$ તેથી
$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$\boxed{v^2 = u^2 + 2as}$$ જેને ગતિના તૃતિય સમીકરણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. જો પદાર્થની ગતિ ઘટતી હોય તો, આપણે પ્રવેગના માપને a ને બદલે -a લેવું જોઈએ.

અહીં વિદ્યાર્થીઓને આ ત્રણે સમીકરણોનો ઉપયોગ કરીને કેટલાંક કોયડા આપવા જોઈએ. પ્રચલિત પાઠય પુસ્તકમાં આપેલા પ્રશ્નો કે જે દડા, પથ્થર, વાહનોની ગતિ વિષે હોય છે, તે વિદ્યાર્થીને માટે થોડા કૃત્રિમ લાગે છે. તેમના રસને જાગૃત કરવા નીચે બે પ્રોજેક્ટ આપ્યા છે. આ પ્રોજેક્ટ ઉપર કાર્ય કર્યા પછી તેમને પ્રશ્નબેંકમાંથી બીજા પ્રશ્નો ઉકેલવા કહી શકાય. પ્રોજેક્ટ માટે, વિદ્યાર્થીઓએ લેખીત સૂચિ બનાવી પોસ્ટર સ્વરૂપે દિવાલ ઉપર રજૂ કરવું. તેઓ તેને ચિત્ર, ફોટોઝ દ્વારા આકર્ષક બનાવી શકે છે. તમે આવા વધુ ઉદાહરણો તૈયાર કરી જુદા જુદા જૂથ વચ્ચે સ્પર્ધા પણ રાખી શકો છો. આવાં પ્રોજેક્ટ તેમને ગતિના સમીકરણોના ઉપયોગથી ગણતરી કરવાનો મહાવરો પુરો પાડશે. આ પછી તેઓ પરિશિષ્ટ-5 માં આપેલા પરંપરાગત પ્રશ્નો ઉપર જઈ શકે.

પ્રોજેક્ટ-1, શક્કરપારા એક્સપ્રેસ

આપણું વિશાળ રેલ્વેતંત્ર યાદ છે ? રેલ્વેનું સમયપત્રક (ટાઈમ ટેબલ) બનાવતી વખતે ઘણી બાબતોની ગણતરી કરવી પડે છે, જેવી કે દરેક ટ્રેઈન બે સ્ટેશનોની વચ્ચે કેટલો સમય લેશે ? એક જ ટ્રેક ઉપર બે ટ્રેઈનની વચ્ચે કેટલા સમયનો અંતરાલ હોવો જોઈએ? વગેરે... આ ગણતરીઓ કરવા માટે ગતિના આ જ સમીકરણોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે જેની આપણે ચર્ચા કરતા હતા. જો તમે ઈચ્છો તો તમે પણ આવા એક કાલ્પનિક રેલ્વે તંત્રનું માળખું તૈયાર કરી શકો છો.

જ્યારે રાજાઓનું શાસન હતુ ત્યારે દરેક રાજયનું પોતાનું એક અલગ રેલ્વેતંત્ર હતું. ચાલો આપણે પણ આવા એક નાના પણ સમૃધ્ધ જાગીર કે જેમાં ત્રણ ગામો છે તેની કલ્પના કરીએ. જાગીરદાર શેઠ શકરકંદ શક્કરપારામાં રહે છે, શેરડીનો પાક ગનાગંજમાં લે છે અને ત્રીજુ ગામ મીલેરીઓમાં ખાંડ બનાવવાની મીલ છે. જાગીરદાર આ ગામોની વચ્ચે રેલ્વે દ્વારા મુસાફરી કરવા રેલ્વે માર્ગ બનાવવા ઈચ્છે છે. જે શેરડીને ખાંડમીલમાં મોકલી શકે. તેણે તેમના એન્જીનીયરને બોલાવ્યા અને શેરડીની સીઝન માટે ટ્રેઈનનું સમયપત્રક બનાવવા માટે કહ્યું.

(1) શક્કરકંદના સુપરવાઈઝર અને બીજા કેટલાંક કર્મચારીઓએ શક્કરપારાથી સવારમાં 8 વાગ્યે ગનાગંજ પહોંચી 9 વાગ્યા સુધીમાં મીલેરીઓ પહોંચવાનું છે.

(2) શક્કરકંદને દિવસના મધ્ય ભાગમાં ગનાગંજ પહોંચવું છે, ત્યાં બે કલાક ગાળવા છે અને પછી મીલેરીઆ પહોંચવું છે .ત્યાં બે કલાક ગાળવા છે અને પછી પાછા આવવું છે.

(3) ગાડીમાં શેરડી ભરવા માટે 2 કલાક જેટલો સમય લાગે છે. અને તેને મીલ ઉપર ખાલી કરતાં 1 કલાક થાય છે. જો શક્ય હોય તો ટ્રેઈનની રોજ ગનાગંજથી મીલેરીઆ વચ્ચે બે ટ્રીપ થવી જોઈએ કે જેથી તેની આજુબાજુમાં આવેલા ગામોની શેરડી પણ ગનાગંજથી ખાંડ મીલ સુધી પહોંચાડી શકાય.

(4) સાંજે શક્કરકંદના કર્મચારીઓએ પાછા મીલેરીઆ અને ગનાગંજથી પાછા શક્કરપારા પહોંચવાનું છે.

નાની મીટર-ગેજ ટ્રેઈન સરેરાશ 20 કિમી / કલાકની ઝડપ ધરાવે છે. ગનાગંજ અને મીલેરીઓ અનુક્રમે શક્કરપારાથી 20 કિમી અને 30 કિમી પશ્ચિમે આવેલા છે.

ટ્રેઈનના આંટા ઓછામાં ઓછા થાય તે મુજબ ટ્રેઈનનું સમય પત્રક તૈયાર કરો.

પ્રોજેક્ટઃ-2 ચાલો પિકનીક

તમે પાંચ મિત્રોએ પાસે જ આવેલા બીલપુડી ધોધ પર પિકનીક જવાનું વિચાર્યું. હવે ડ્રાઈવરને એ જણાવવાનું છે કે કયા સમયે તમને તમારા દરેકને ઘરેથી લઈ જાય. તમે એક સમય-પત્રક બનાવવાનું નક્કી કરો છો કે જેથી દરેકને ચોક્કસ સમય આપી શકાય. રહેઠાણ વિસ્તારમાં જીપ માત્ર 20 કિમી/કલાકની ઝડપે જ ચાલી શકે છે. પરંતુ તે જ્યારે મુખ્ય રસ્તા ઉપર હશે ત્યારે તે 60 કિમી/કલાકની ઝડપે ચાલશે. તમે ધોધ ઉપર 5 કલાક વિતાવવા ઈચ્છો છો અને તમારી માતા તમે સાંજે 6 વાગ્યા સુધીમાં પાછા આવી જાઓ એવું ઈચ્છે છે.

અંતરની વિગતો નીચે મુજબ છે.

તમારા ઘરથી આકાશનું ઘર-2 કિમી.

આકાશ થી પ્રિયાનું ઘર - 1 કિમી.

પ્રિયાના ઘર થી ભોલુંનું ઘર - 1.5 કિમી.

ભોલુના ઘર થી ગંગાનું ઘર- 3 કિમી.

ગંગાના ઘરથી ધોધ સુધીનું અંતર - 2 કિમી.

જીપ દરેક ઘરે 5 મિનિટ રોકાશે, અને પાછા ફરતી વખતે પણ દરેકને ઉતારવા માટે 5 મિનિટ રોકાશે. તમે એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ જવા માટેના પ્રવાસમાં જીપ ને લાગતા સમયની ગણતરી કરી શકો છો. અને ડ્રાઈવરને કહી શકો છો કે તમારા ઘરે તેણે કેટલા વાગ્યે આવી જવાનું છે

નીચે આપેલા સમય પત્રકમાં ખાલી જગા ભરોઃ

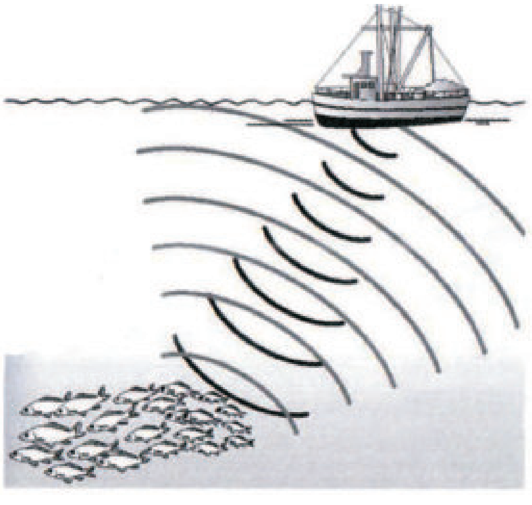
- તમારા ઘરે ડ્રાઈવર કેટલા વાગ્યે પહોંચશે.............am
- જીપ આકાશના ઘરે પહોંચશે............am
- જીપ પ્રિયાના ઘરે પહોંચશે............am
- જીપ ભોલુના ઘરે પહોંચશે............am
- જીપ ગંગાના ઘરે પહોંચશે............am
- જીપ ધોધ ઉપર પહોંચશે...........am
- જીપ ધોધ ઉપરથી પાછી નીકળશે...........pm
- જીપ ગંગાના ઘરે પહોંચશે............pm
- જીપ ભોલુના ઘરે પહોંચશે............pm
- જીપ પ્રિયાના ઘરે પહોંચશે............pm
- જીપ આકાશના ઘરે પહોંચશે............pm
- જીપ તમારા ઘરે પહોંચશે............pm

તો, હવે તમે શું વિચારો છો કે અંતર, સમય, ઝડપ અને પ્રવેગ વચ્ચેના સંબંધનો ઉપયોગ અહીં કઈ રીતે થશે, તે વિષે તમે શું ધારો છો ? નીચેના બોક્સમાં બીજા રસપ્રદ ઉદાહરણો આપ્યા છે.

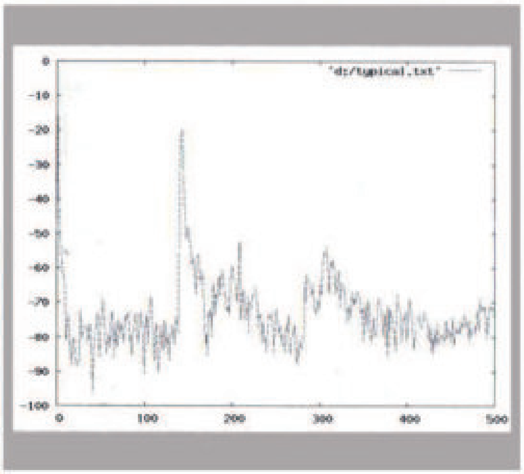
ચામાચિડીયુ અને સબમરીનમાં કઈ બાબત સરખી છે ?

ચામાચિડીયું એ ઊડી શકે તેવું સસ્તન પ્રાણી છે, કે જે પોતાનો અડધો સમય ઝાડ કે એવી કોઈ જગ્યા ઉપર ઊંધા લટકીને વિતાવે છે. સબમરીન પાણીમાં ચાલતું એક ઉચ્ચ શ્રેણીનું વાહન છે કે જે કેટલાઓ મહીનાઓ સુધી પાણીમાં જ ડુબેલું રહી શકે છે. તો આ બંનેમાં એવી કઈ બાબત સરખી હોઈ શકે ? ખરેખર આ બંને અવાજના તરંગોના સ્પંદનની ગણતરી કરીને એ જાણકારી મેળવે છે કે વસ્તુ પોતાનાથી કેટલી દૂર છે. ચામાચિડીયાની જોવાની શક્તિ કમજોર હોય છે તેમ છતાં તમે તેને રાત્રીના ઘોર અંધકારમાં પણ ઊડતાં જોયા હશે. કારણ કે તેઓ "જોવા માટે" પ્રકાશનો નહી, પરંતુ અવાજનો ઉપયોગ કરે છે. ચામાચિડીયુ ઉચ્ચ્-સ્વરકોટી ના ધ્વની સ્પંદનો છોડે છે. અને જ્યારે તે ધ્વની કોઈ વસ્તુ, જેવી કે વૃક્ષ, દિવાલ કે કોઈ જીવ જંતુને અથડાઈ છે ત્યારે પરાવર્તીત થઈ ચામાચિડીયા સુધી પાછો પહોંચે છે. ચામાચિડીયાનું મગજ મોકલેલા અને પાછા આવેલાં ધ્વની તરંગો વચ્ચે લાગતા સમયગાળાને સમજી શકે છે અને તેના આધારે ચામાચિડીયું પોતાનાથી વસ્તુ કેટલી દૂર છે તે અંતરનો અંદાજ લગાવી શકે છે.

માણસનું મગજ અને જ્ઞાનેન્દ્રીયો આવી કોઈ ક્ષમતા ધરાવતાં નથી, પરંતુ આપણે રડાર અને સોનાર જેવા સાધનો વિકસાવ્યા છે, જે આવું જ કાર્ય કરી શકે. સબમરીન સોનારનો ઉપયોગ પાણીમાં તેની આજુબાજુનું જોવા માટે કરે છે. ધ્વની તરંગો સતત છોડવામાં આવે છે અને તેને પરાવર્તિત થયા પછી પાછા આવવાનો સમય સતત નોંધવામાં આવે છે. (આકૃતિ-45). પાણીમાં ધ્વનિની ઝડપ જાણતાં હોવાથી વસ્તુના અંતરનો અંદાજ લગાવી શકાય છે. એટલું જ નહીં, પદાર્થ પરથી પરાવર્તીત થતા ધ્વનિ માટે લાગતા સમયનું સતત અવલોકન કરીને, આપણે તે વસ્તુ સ્થિર છે, સબમરીન તરફ આવી રહી છે કે દૂર જઈ રહી છે તે જાણી શકીએ. શીપમાં સોનારનો ઉપયોગ સબમરીનનું સ્થાન અને ઊંડા સમુદ્રમાં માછલીઓનું સ્થાન નક્કી કરવા અને દરિયાઈ જીવોનો અભ્યાસ કરવા માટે થાય છે. આવાં બીજાં ઉદાહરણો કે જેની ગણતરીમાં ઝડપ, સમય, અંતર, પ્રવેગનો ઉપયોગ થતો હોય તેવા રોજીંદા જીવનનાં ઉદાહરણો શોધી કાઢો.



આકૃતિઃ **45** શીપ પરથી છોડવામાં આવેલાં ધ્વનિતરંગો માછલીઓના ઝૂંડ પરથી પરાવર્તીત થઈને પાછા આવે છે.



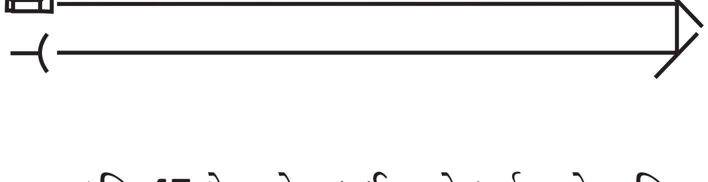
આકૃતિઃ **46** કાર્યરત સોનારના ડેટાનો ગ્રાફ.

ચંદ્ર આપણાથી કેટલો દૂર છે ?

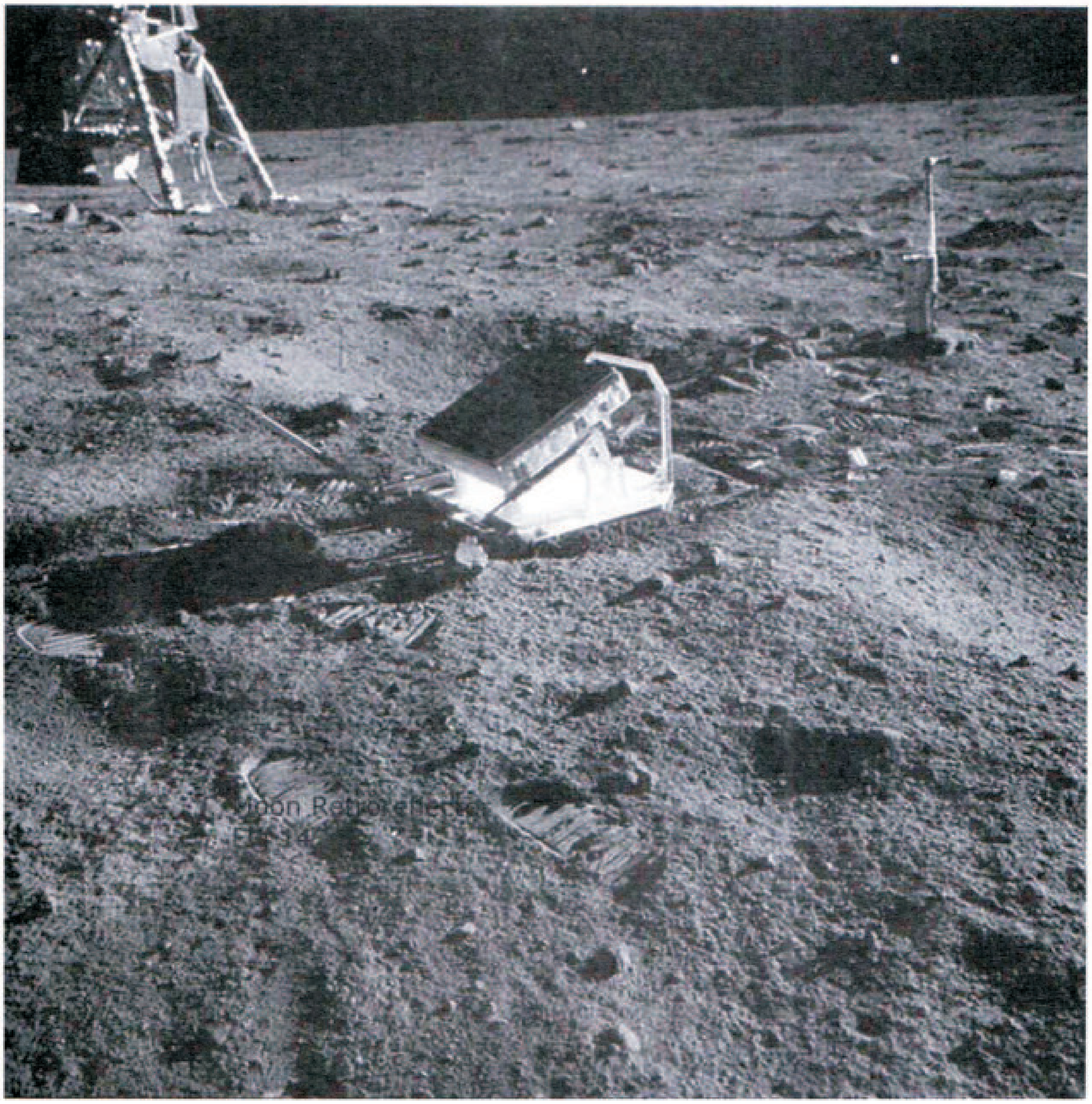
તમને ક્યારેય આશ્ચર્ય થયું છે કે પૃથ્વી અને તેના ચંદ્ર વચ્ચેનું અંતર કઈ રીતે શોધવામાં આવ્યું હતું ? સારું, ઈતિહાસમાં તેને માટે ઘણી જુદી જુદી રીતોનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે, પરંતુ ખૂબ જ ચોક્કસ અને સીધુ માપન એ રીતે કરવામાં આવ્યું છે કે કોઈ ચંદ્ર ઉપર જઈને પાછુ આવે તે માટે લાગતા સમયની નોંધ કરવી. પરંતુ ચંદ્ર તો પૃથ્વીથી ખૂબ દૂર છે એટલે કે જે પણ વસ્તુને ચંદ્ર ઉપર મોકલવામાં આવે તેની ઝડપ ખૂબ જ વધારે હોય તે ઈચ્છનીય છે. જેથી તેનો જવાનો અને આવવાનો સમય બહુ વધારે ન હોય. આપણને જે સૌથી ઝડપી ચાલનારી વસ્તુ ખબર છે તે છે પ્રકાશ ! (વૈજ્ઞાનિકો કાર્યક્ષમ અને ત્વરિત રહેવા પ્રયત્નો કરે છે) 1969 માં ચંદ્ર ઉપર ઉતરનારા અંતરીક્ષયાત્રીઓએ ચંદ્ર ઉપર પ્રતિ-પરાવર્તક તરીકે ઓળખાતા મોટા-મોટા અરીસાઓ મૂકી દીધા. (આકૃતિ-45), કેમકે પ્રકાશની ઝડપની ખૂબ જ ચોક્કસ જાણકારી હોવાથી, આપણે નીચેના સરળ સમીકરણનો ઉપયોગ કરીને ચંદ્ર અને પૃથ્વી વચ્ચેના અંતરની ગણતરી કરી શકીએ છીએ.

અંતર= પ્રકાશની ઝડપ x (પૃથ્વી ઉપરથી ચંદ્ર પરના અરીસા પરથી પરાવર્તિત થઈને પ્રકાશના તરંગોને પાછા આવવા માટે લાગતો સમય)÷2

પ્રકાશને ચંદ્ર ઉપર જઈને અરીસા પરથી પરાવર્તિત થઈને પાછા આવવાનો સમય લગભગ 2.5 સેકન્ડ હતો. સ્વભાવિક વાત છે કે પ્રકાશ તરંગોની અવધિ 2.5 સેકન્ડથી ખૂબ જ ઓછી હશે (શું તમે કહી શકશો કે એવું શા માટે) આ રીતે ચંદ્ર અને પૃથ્વી વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર માપવામાં આવ્યું તે 3,84, 467 કિલોમિટર (238,897 માઈલ) થયું. અહીં આપણે સરેરાશ અંતરની વાત એટલા માટે કરીએ છીએ કે ચંદ્ર અને પૃથ્વી વચ્ચેનું અંતર સમય સાથે-સાથે થોડું બદલાય છે. તમે કદાચ 'સુપરમુન' વિષે વાંચ્યું હશે. સમયે-સમયે ચંદ્ર પૃથ્વીની ખૂબ નજીક આવી જાય છે.



આકૃતિઃ 47 લેઝર રેન્જફાઈન્ડરને દર્શાવતુ રેખા ચિત્ર.



આકૃતિ:48 ચંદ્ર ઉપર એપોલો -11 ના અંતરીક્ષ યાત્રીઓ દ્વારા મૂકવામાં આવેલો પ્રતિ-પરાવર્તક.

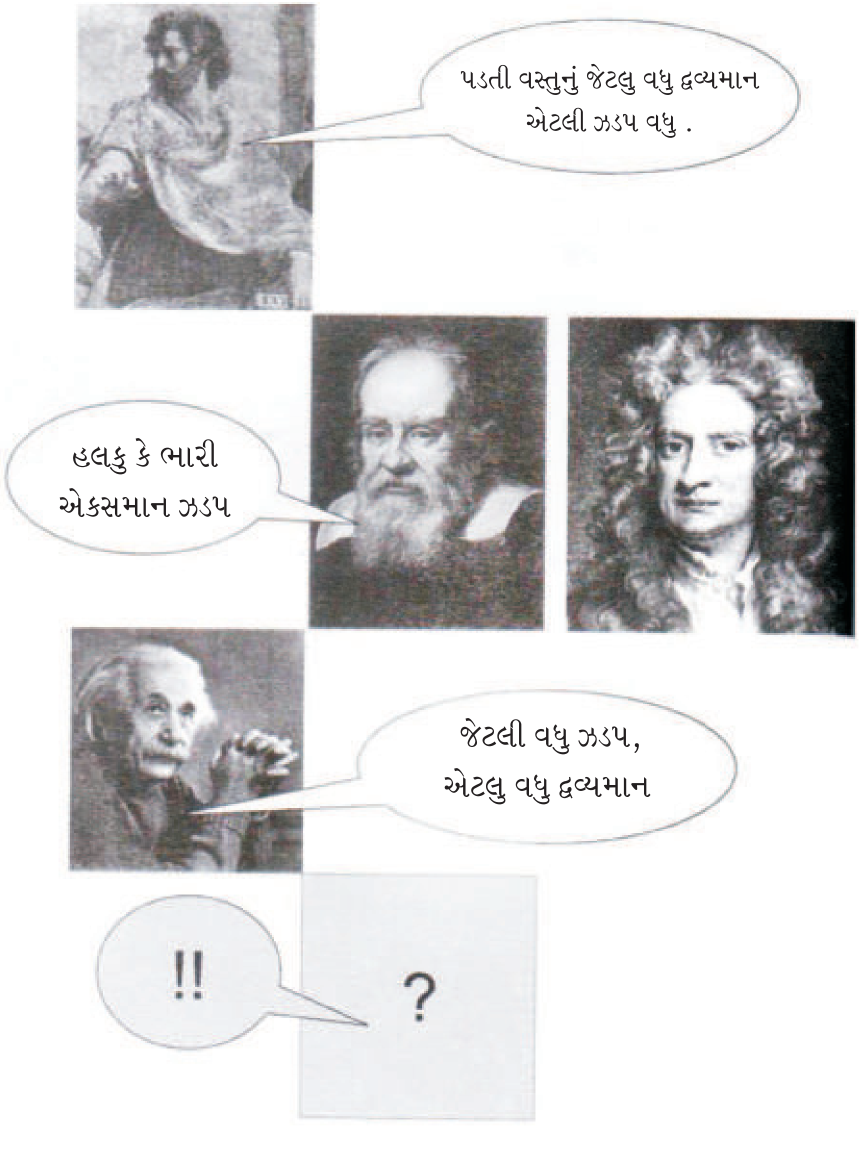
આશા રાખીએ કે અત્યાર સુધીમાં વિદ્યાર્થીઓના મનમાં ગતિ અને તેની સાથે જોડાયેલી વિવિધ સંકલ્પનાઓને લઈને ખૂબ બધું કુતુહલ જોવા મળી રહ્યું હશે અને તેઓ આ વિષયને હવે વધુ ઊંડાણથી (વિસ્તારપૂર્વક) સમજવા માટે તૈયાર થઈ ગયા હશે. આ પછીના મોડ્યુલમાં આપણે શરૂઆત આવા ગતિ અને પ્રવેગ શેને કારણે થાય છે તેની ચર્ચાથી કરીશું. આપણે સાથેસાથે ગતિ, પ્રવેગ અને બળના સદિશ હોવા વિશે પણ ચર્ચા કરીશું. ભલે કદાચ વિદ્યાર્થીઓને સદિશની જાણકારી ન હોય. તે ઉપરાંત આવતા મોડ્યુલમાં બળ અને ગતિની સંકલ્પનાના વિકાસનો ઈતિહાસ પણ સામેલ કર્યો છે. જેને લીધે વિદ્યાર્થીઓને સંકલ્પનાની સાચી સમજ મેળવવામાં મદદ મળશે. તેમજ વૈજ્ઞાનિક સિધ્ધાંતો કેવી રીતે શોધાયા તેનું એક ઉદાહરણ પણ પુરું પાડશે.

વિજ્ઞાન અને વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિઓ

આ પરિશિષ્ટ શિક્ષકો માટે છે. ગતિ અને બળની ધારણાની શોધ વિશેની ચર્ચાઓ આ શ્રેણીના બીજા ભાગમાં કરવામાં આવશે જયાં વાંચનારને વૈજ્ઞાનિક અભિગમ વિષેની જાણકારી મળશે. બે પ્રોજેક્ટના ઉદાહરણો આ પરિશિષ્ટના અંતે આપવામાં આવ્યા છે, જેનો ઉપયોગ શિક્ષકો કરી શકશે.

તમને ક્યારેય એવું આશ્ચર્ય થયુ છે કે વિજ્ઞાન શું છે અને વિજ્ઞાનને અભ્યાસના બીજા બધાં ક્ષેત્રોથી અલગ કેમ ગણવામાં આવે છે ? વિજ્ઞાનને વ્યાખ્યાયિત કરવાની એક રીત એ હોઈ શકે કે તે કોઈ બાબતને સમજાવવા માટેની એક પ્રક્રિયા છે અથવા બીજા શબ્દોમાં તેમાં વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિઓનો ઉપયોગ થાય છે. આમ, આપણે જોઈએ છીએ કે આપણી પાસે ગણિતીય-વિજ્ઞાન, ભૌતિક-વિજ્ઞાન, જીવ-વિજ્ઞાન અને ત્યાં સુધી કે સામાજીક વિજ્ઞાન પણ છે. આ બધા 'વિજ્ઞાન'નો વચ્ચે એક સમાનતા છે, તે છે વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિ.

ગતિ અને બળની આપણી સમજનો વિકાસ એ એક સરસ ઉદાહરણ છે એ સમજવા માટે કે વિજ્ઞાન અને વૈજ્ઞાનિક રીતો સમયની સાથે કેવી રીતે વિકાસ પામે છે. પ્રાચીન સભ્યતાઓમાં લોકો ફક્ત પોતાની ઈન્દ્રિયોના ભરોસે જ પોતાની આસપાસની દુનિયાનું નિરીક્ષણ કરતા હતા. અને તે સમયના (દાર્શનિક) વૈજ્ઞાનિકોએ આવા અવલોકનોના આધાર ઉપરથી જ ગતિ વિષેના પોતાના સિધ્ધાંત આપ્યા હતા. એમાંના એક પ્રભાવશાળી ફિલોસોફર હતા એરિસ્ટોલ ઈ.સ. પૂર્વે 384-322 એમનું એવું કહેવું હતુ કે પડતી વસ્તુની ઝડપ તેના દ્રવ્યમાનનાં પ્રમાણમાં વધતી જાય છે, અથવા ભારી વસ્તુઓ હલ્કી વસ્તુની તુલનામાં વધુ ઝડપથી નીચેની તરફ પડે છે. બીજા ફીલોસોફરોએ આ તર્ક ઉપર પ્રશ્ન ઉઠાવ્યો, પરંતુ સામાન્ય લોકોમાં તો એરીસ્ટોટલના સિધ્ધાંતની માન્યતા જ કાયમ રહી. આ પછી સમય અને અંતરના માપનની ટેકનોલોજીમાં પ્રગતિ થવાને કારણે ગતિના સિધ્ધાંતને પ્રાયોગીક રીતે ચકાસવાનું શક્ય બન્યું.



અંતે 17 મી સદીમાં ગેલીલિયો (ઈ.સ. 1564-1642) એ એક પ્રયોગ અને તેના અવલોકનોને તાર્કિક નિષ્કર્ષતાને આધારે એ બતાવ્યું કે બધી જ વસ્તુઓ, હલ્કી હોય કે ભારે, જો એક જ સરખી ઊંચાઈએથી નીચે પડવા દેવામાં આવે અને હવાને કારણે કોઈ અવરોધ ન હોય તો તે બધા એક સાથે એક જ સમયે જમીન પર આવશે. ત્યાર પછી અનેક વિજ્ઞાનિઓએ અને પરિષ્કૃત કરતા જઈને તેને વધુ સમૃધ્ધ બનાવ્યું. ન્યૂટન (ઈ.સ.1643-1727) એ પોતાના તે સમયના જ્ઞાનને એકત્ર કરી સમીકરણો અને નિયમોના સ્વરૂપે આપ્યા. ન્યૂટને એ પ્રસ્તાવીત કર્યુ કે કોઈ પણ વસ્તુનો પ્રવેગ (ઝડપમાં થતો ફેરફાર) તેના પર લાગતા બળના સમપ્રમાણમાં હોય છે. વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass) તેનો એક પ્રાકૃતિક ગુણ છે. અને તે અચળ છે.

ન્યૂટનની આ પ્રસ્તાવના ન્યૂટોનિયન યંત્રશાસ્ત્રનો આધાર બની ગઈ અને તે પૃથ્વી પરની બધી નિરક્ષિત ઘટનાઓ તેમ જ અવકાશીય ગતિની સમજ આપવા માટે યોગ્ય બનશે એવી અપેક્ષા રાખવામાં આવી. પરંતુ થોડા સમય પછી વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા કેટલાંક એવા અવલોકનો કરવામાં આવ્યા જે ન્યૂટનના નિયમોના અનુમાનો સાથે બંધબેસતા નહોતા. ખાસ કરીને, એ અવલોકન માટે વધારે વ્યાપક સિધ્ધાંતની આવશ્યક્તા જણાઈ. પ્રકાશની ઝડપ અચળ છે (એ નિર્દેશ તંત્ર (રેફરન્સ ફ્રેમ) પર નિર્ભર નથી) ત્યાર બાદ આઈન્સ્ટાઈન, લોરેન્ટઝ અને પોઈનકારે એ પોતાના કામથી વધારે ચોક્કસ સિધ્ધાંત આપ્યો જે સાપેક્ષતાનો સિધ્ધાંત કહેવાય છે.

વર્તમાન સમયમાં આઈન્સ્ટાઈન (ઈ.સ.1879-1955) દ્વારા પ્રસ્તાવિત સિધ્ધાંત સ્વીકારવામાં આવે છે. આ નિયમ અનુસાર જો કોઈ એક વસ્તુ ખૂબ ઝડપથી (લગભગ પ્રકાશની ગતિ જેટલી) ચાલી રહી હોય તો વસ્તુનું દ્રવ્યમાન વધી જાય છે. આ અસરનો પ્રભાવ આપણને ત્યારે જ જોવા મળશે જ્યારે વસ્તુ અતિશય ઝડપ (તેજ રફતાર)માં હોય પરંતુ તે સામાન્યતઃ જોવામાં આવતી નથી.

જો તમે ઉપરના પ્રેરેગ્રાફની તારીખો જોશો તો જણાશે કે એરિસ્ટોટલથી ગેલીલિયો સુધીનો સમય 2000 વર્ષ, ગેલીલિયો થી ન્યૂટન સુધીનો 85 વર્ષ અને ન્યૂટનથી આઈન્સ્ટાઈન સુધીનો 200 વર્ષ થી વધુનો હતો ત્યાં સુધીમાં ગતિને અનુલક્ષીને આપણી સમજણ સતત વધતી ગઈ.વિકાસ થતો ગયો આપણી શરૂઆતની સમજણ હતી કે ભારે વસ્તુઓ હંમેશા વધુ ઝડપથી નીચેની તરફ પડે છે. અને આ તેનો આંતરીક ગુણ છે. ત્યાર બાદ આ બાબતમાં સંશોધન થયું કે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળના પ્રભાવમાં (અને બાકીનું કોઈ બળ ન હોય ત્યારે) બધી જ વસ્તુઓ એક સમાન પ્રવેગ સાથે નીચે પડશે. ગેલીલિયોએ આ નિયમોને ધરતી પર થતી ગતિઓને સમજવામાં લગાડ્યો અને ન્યૂટનના ગુરૂત્વાકર્ષણના નિયમોએ અંતરીક્ષના પદાર્થોની ગતિની આપણી સમજને વધુ સારી બનાવી. પરંતુ આ નિયમોમાં એક વધુ સંશોધન આઈન્સટાઈને ઉમેર્યું અને જણાવ્યું કે ન્યૂટને આપેલા નિયમો એજ વસ્તુઓ પર લગાડી શકાય છે જેની ઝડપ પ્રકાશની તુલનામાં ખૂબ જ ઓછી હોય.

(તો શું આઈન્સટાઈન દ્વારા અપાયેલા ગતિના નિયમોને પાક્કા માની લેવામાં આવે ?)

પરંતુ આ અંત નથી. ભવિષ્યમાં વૈજ્ઞાનિકોને આ સિધ્ધાંતો સાથે અસંગતતા જણાય તો આ નિયમો ઉપર ફરીથી કામ કરવામાં આવશે. પરંતુ પ્રવર્તમાન સમય સુધી કોઈ પણ પ્રાયોગીક માપનોએ આ નિયમોનું કોઈ ખંડન કર્યું નથી. વૈજ્ઞાનિકો લગાતાર એ કોશિશમાં છે કે હજી વધુ સચોટ પરીક્ષણો તૈયાર કરવામાં આવે જેનાથી આ સિધ્ધાંતોને વધુ સારી રીતે પારખી શકાય. એ સંભવ છે કે આવનારા સમયમાં આ પ્રયોગોમાંથી એવા પરિણામો નીકળશે કે જે દર્શાવે કે આ સિધ્ધાંતોમાં કંઈક ગરબડ (ભૂલ) છે. ત્યારબાદ સૈધાંતિકો (થીયરીસ્ટ) આ નવા પરીણામો ઉપર કામ કરીને વધુ સારા સિધ્ધાંતો આપશે. જે નવા પરિણામોને સમજાવી શકે. વિજ્ઞાનના કોઈ પણ ક્ષેત્રમાં તમે આ જ પ્રકારની સતત વિકાસ પામતી, પ્રક્રિયાને જોઈ શકશો. જેમાં ઘણાં લોકોના કાર્યોને લઈને કોઈ વિષય - વસ્તુની સામૂહીક સમજ સમયની સાથે - સાથે હંમેશા વિક્સીત થતી જાય છે. કદાચ આને જ આપણે વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિ કહી શકીએ છીએ.

વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિ હમણાં ત્રણ પાયાના પથ્થરો પર આધારીત છે.

(1) ચોક્કસ અને હેતુલક્ષી અવલોકન (2) ગાણિતીક અને તાર્કિક વિશ્લેષણ (3) મોડેલિંગ.

આપણી સામે જે પ્રકારની સમસ્યા હોય તેના પ્રમાણે આનો ઉપયોગ જુદી-જુદી રીતે અને જુદા-જુદા ક્રમમાં કરવામાં આવે છે. કોઈ પણ પ્રશ્નનો ઉકેલ મેળવવાની વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિનું એક ઉદાહરણ નીચે મુજબ હોઈ શકે છે.

પહેલું પગથિયું: પ્રશ્ન પુછો - જેવા કે, શા માટે, કેવી રીતે, શું, કયાં, ક્યારે વગેરે, કોઈ પણ માટે, આ પ્રશ્ન તમારા મનમાં કોઈ ઘટના જોઈને કે તેના વિષયમાં વાંચીને કે સાંભળીને આવી શકે છે.

બીજું પગથિયું: એ શોધી કાઢો કે બીજાને આ વિષય અંગે કોઈ જાણકારી છે. આવું કરવા માટે બીજા લોકો સાથે વાતચીત કરી શકો છો. અને આ વિષયને અનુરૂપ પ્રાપ્ત સાહિત્ય (લેખીત માહિતી) વાંચી પણ શકો છો. આને પૃષ્ઠભૂમિ સંશોધન કહે છે. જો આવુ કરવાથી તમને તમારા પ્રશ્નનો સંતોષ-જનક જવાબ મળી જાય, તો તમે હવે બીજા પ્રશ્ન ઉપર જઈ શકો છો. (વિચારી શકો છો) એવુ પણ થઈ શકે કે પાછળથી કોઈ એવો મુદ્દો ઊભો કરે કે જેને તમે નજર અંદાજ કરી દીધો હતો અને જાણવા મળે કે તમે પ્રાપ્ત કરેલા જવાબમાં કેટલાક સુધારાની જરૂરીયાત છે. આ રીતે પ્રશ્નો કરવા અને તેના જવાબો ઉપર વારંવાર વિચાર કરીને તેમાં નવા પરિમાણ જોડતાં જવુ એ વિજ્ઞાનનું અભિન્ન અંગ છે. એક વૈજ્ઞાનિક સિધ્ધાંત (હઠાગ્રહથી વિપરીત) ત્યારે જ માન્ય ગણવામાં આવે છે જયારે કોઈ નવી હકીકત તેનું ખંડન કરવા ઊભી ન થાય જેવુ આવુ કંઈક થાય, જૂના સિધ્ધાંત ઉપર કામ કરવા લાગી જાય છે.

ત્રીજું પગથિયું: તમારા પ્રશ્નને અનુલક્ષીને એક પરિકલ્પના તૈયાર કરો. એનો અર્થ એ થયો કે તમે તમારી વર્તમાન સમજ અને જ્ઞાન ને આધારે તમારા જવાબ માટેનો એક તાર્કિક અંદાજ લગાવો છો. પરિકલ્પના એક પણ હોઈ શકે છે અથવા તમે વધારે પણ બનાવો જે તમારા અવલોકનની વૈકલ્પિક સમજ આપે.

ચોથું પગથિયું: કોઈ કસોટી કે પ્રયોગ વિચારો જેની મદદથી તમે તમારી પરિકલ્પનાની ચકાસણી કરી શકો કે તે સાચી છે કે નહીં. આ માટે તમારે ઘણીબધી બાબતોનું ધ્યાન રાખવું પડશે.

પહેલું તમે કરેલું પરીક્ષણ (કસોટી) નિષ્પક્ષ હોવું જોઈએ. પરીક્ષણ એવી રીતે તૈયાર કરેલું હોવું જોઈએ કે એને કરવાવાળાના કોઈ પણ પૂર્વગ્રહની અસર તેના પરીણામ ઉપર ન પડે. (જો કે આવું કરી શકવુ મુશ્કેલ છે) બીજું પરીક્ષણ એવી રીતે તૈયાર થવું જોઈએ કે તેમાં મળેલા પરીણામો અસ્પષ્ટ ન હોય. આવું સરળતાથી કરી શકાય જો પરીક્ષણને એવી રીતે તૈયાર કરવામાં આવે કે તેના પરીણામો સંખ્યારૂપે હોય. એટલે કે ત્રીજા પગથિયામાંની તમારી પરિકલ્પનાઓ એવી હોવી જોઈએ કે જેની ચકાસણી કરવા માટે પરીક્ષણો તૈયાર કરી શકાય. આવા પરીક્ષણને જ આપણે પ્રયોગ કહીએ છીએ.

પાંચમુ પગથિયું: પ્રયોગમાં મળેલાં પરીણામોનું વિશ્લેષણ કરો. આ પગથિયું ખૂબ જ કાળજીપૂર્વક અને પૂરી વિશદતા સાથે કરવું જોઈએ કે જેથી પ્રયોગ દરમ્યાન કોઈ પણ પ્રકારના પૂર્વગ્રહ કે અપૂર્ણતાની અસર નિવારી શકાય. આ પગથીયામાં એક ચોક્કસ જવાબ મળી શકે છે. નહી તો એ સમજી શકાય છે કે આપણા પ્રયોગમાં સુધારણાની જરૂર છે અથવા ઉપલબ્ધ સંસાધનો વડે પરીક્ષણ કરવું સંભવ નથી. ત્યારે, ક્યાં તો પ્રયોગ ફરીથી ગોઠવવાની જરૂર પડશે નહીં તો પછી એક નવી પરિકલ્પના બનાવવી પડશે. સામાન્ય રીતે ત્રીજાથી પાંચમાં પગથિયામાં લઘુકરણિય અભિગમ (જેની ચર્ચા આ પુસ્તકના 15 માં પાના ઉપર છે.) અપનાવવામાં આવે છે. આ પધ્ધતિથી કામ થયું કે નહી, તેનો નિર્ણય સાતમા પગથિયામાં લેવામાં આવશે.

છઠ્ઠું પગથિયું: પ્રયોગ દરમ્યાન તમને મળેલા પરીણામોને બની શકે એટલા વધુ લોકોને જણાવો. આ એક ખૂબ જ મહત્વનું પગથિયું છે, જેના વિના વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં પ્રગતિ થઈ શકતી નથી. આવુ કરવાનાં બે મુખ્ય કારણો છે. પહેલું, અન્ય લોકોને સ્વતંત્ર રીતે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરવાની અને અલગ-અલગ પ્રયોગો દ્વારા પરિકલ્પનાને ચકાસવાની તક મળે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો એનાથી પરિકલ્પના વિષે મોટા સ્તરે ચર્ચા-વિચારણા થાય કે જેથી તેમાં જો કયાંક કોઈ ક્ષતિ (loopholes છટકબારી છીંડું) રહી ગઈ હોય તો તે શોધાય (જવાની સંભાવના વધી જાય છે) જાય.

આવું કરવાનું એક બીજું કારણ એ છે કે જો તમે તમારી પરિકલ્પનાઓ અને પરીક્ષણો દરમ્યાન કોઈ શોધ કરી હોય તો કોઈ બીજી વ્યકિત તમારા દ્વારા કરવામાં આવેલી શોધના આધારે કોઈ બીજી શોધ પણ કરી શકે છે. આ માટે વૈજ્ઞાનિકોએ પોતાનું પ્રત્યાય કૌશલ્ય ધારદાર બનાવવું જોઈએ.

સાતમું પગથિયું: એક વખત જ્યારે પ્રયોગના પરીણામો ઉપર એક ચોક્કસ સમજણ બની જાય અથવા એનું વિશ્લેષણ પૂર્ણ થઈ જાય તો વિચાર આધીન ઘટનાને માટે એક સિધ્ધાંત કે મોડેલ તૈયાર કરી શકાય છે. સામાન્ય રીતે અહીં ઘટના વિષે એક ગાણિતીક મોડેલ બનાવવાની વાત હોય છે, કે જે ઘણાં બધાં પ્રયોગોના સંકલીત પરીણામો પર આધારીત હોય શકે છે. એક વૈજ્ઞાનિક વિષયને સંબંધી સિધ્ધાંત ત્યારે જ માન્ય ગણવામાં આવે છે કે જ્યારે તેના આધાર ઉપર આ વિષયના અગાઉના બધાં અવલોકનોની સાચી વ્યાખ્યા કરી શકાય. આવા સિધ્ધાંતો કંઈ કેટલીય રીતે ઉપયોગી થઈ શકે છે.

(અ) તે કોઈ કુદરતી ઘટનાને સમજાવી શકે અને તેના વિષે આગાહી કરી શકે (જેમકે ધરતીકંપની આગાહી)

(બ) તે આપણને આપણી આવશ્યકતા મુજબ ઘટનાને નિયંત્રીત કરવાની પધ્ધતિઓ શોધવામાં મદદ કરી શકે. (જેવી કે, પૃથ્વીની તરફ આગળ વધી રહેલા ધૂમકેતુને રોકવો) અને

(ક) તે આપણા જીવનની ગુણવત્તામાં સુધારણા લાવવા માટેની નવી ટેકનોલોજીને વિકસીત કરવામાં મદદ કરે છે. (જેવા કે ઊર્જાના નવા ટકાઉ સ્ત્રોતો)

જેવુ કે તમે સમજી શકો છો કે (**વિચાર આધીન વિષય પ્રમાણે ઉપર દર્શાવેલ રીત (recipe)ના ઘણાં સ્વરૂપ હોઈ શકે છે કેટલાક પગલાંઓના પુનરાવર્તનની જરૂર પડી શકે છે અને પડે છે**) એવું પણ નથી કે બધાં જ પગલાંઓને એક જ વ્યકિત કે સમૂહ દ્વારા કરવામાં આવે. (અને એવું ખરેખર થતું પણ નથી) ત્યાં સુધી કે બધાં પગલાંઓને એક જ જગ્યાએ કરવું પણ જરૂરી નથી. નીચે કેટલાક પરીકલ્પ આપવામાં આવ્યા છે. જેની ઉપર વિદ્યાર્થીઓ પોતાની રજાઓ દરમ્યાન કામ કરી શકે છે. પરીકલ્પના અંતે વિદ્યાર્થીઓએ એક રીપોર્ટ તૈયાર કરવો જોઈએ. જેમાં તેમણે ક્રમાનુસાર વર્ણન દ્વારા એ બતાવવું પડશે કે પરીકલ્પનાઓ પર કઈ રીતે સમજણ બનાવવામાં આવી અને તેને કેવી રીતે ઉકેલવામાં આવી. અને જો પ્રશ્ન અનુત્તર રહ્યો એટલે કે કોઈ ઉકેલ ન મળ્યો, તો તેની કઈ મર્યાદાઓ હોઈ શકે છે.

પ્રોજેક્ટ (પ્રકલ્પ):-

(1) કયા પ્રકારની ધાતુમાંથી /પદાર્થમાંથી બનાવેલું વાસણ રસોઈ બનાવવા માટે સહુથી શ્રેષ્ઠ હશે ?

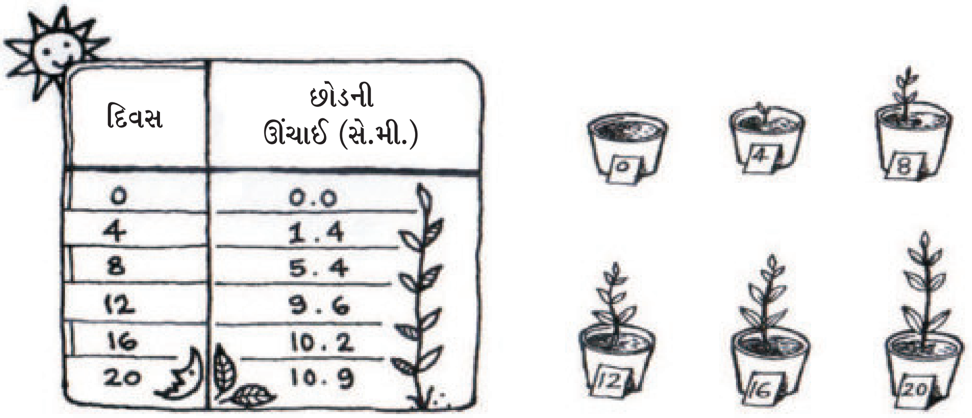
સૂચનઃ- સૌથી પહેલાં તો બધા જ અસરકારક કારણોની એક યાદી બનાવી લો કે જેની પદાર્થની પસંદગી ઉપર અસર થાય છે- જેવી કે ખાવાનું બનાવવાની રીત, કિંમત, સફાઈની સરળતા, કાટ અવરોધકતા, તાપમાનનું સમાન વિતરણ વગેરે. આ પસંદગીઓને બે વિભાગમાં વહેંચી લો, એક તો નૈસર્ગીક આવશ્યકતા (જેના વગર કામ ન ચાલી શકે) અને બીજી એવી (જરૂરી) કેટલીક ખૂબીઓ કે જેના હોવાથી તે વધુ સારુ કાર્ય કરી શકે. હવે આવા પદાર્થની શોધમાં લાગી જાઓ. એવુ બની શકે કે તમને આવા ઘણાં પદાર્થો મળે જે આ જરૂરીઆતોને પુરી કરી શકે. પરીણામ એવું હોવું જોઈએ કે જે સુચવે કે કંઈ પરિસ્થિતિમાં કયો પદાર્થ સૌથી વધુ યોગ્ય હશે. આનાથી આપણે એ પણ જાણી શકીએ છીએ કે જો ખાવાનું રાંધવા માટેના વાસણ બનાવવાનો કોઈ એક આદર્શ પદાર્થ હોય તો તેમાં કંઈ કંઈ લાક્ષણિકતા હોવી જોઈએ. જરૂરી નથી કે આ પ્રકલ્પમાં બાળકોએ પ્રયોગ કરવા પડે, પરંતુ બાળકોને કેટલાંક એવાં પરિક્ષણ કરવા માટે પ્રોત્સાહીત કરી શકાય જે આ તથ્યોની તપાસ રૂપે હોય અને જેના પરીક્ષણ કરી શકે કે કાગળના બનેલા એક કપમાં પાણીને ઉકાળવું શક્ય છે કે નહી, અથવા તો કયા પદાર્થમાંથી બનેલા વાસણમાં પાણી જલ્દી ઉકળે છે - સ્ટીલ કે એલ્યુમીનીયમ.

(2) મારા દાદી કહે છે કે રૂમમાં મોરના પીંછા રાખવાથી ઘરની ગરોળી (ઘિલોડી) ભાગી જાય છે. આ કલ્પનાની સત્યતા તમે કઈ રીતે ચકાસશો ?

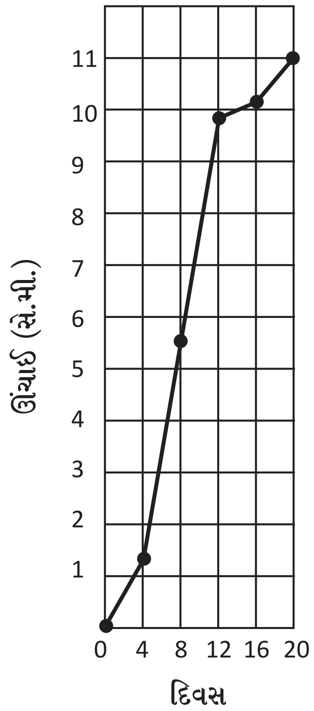
આલેખ

આ પરિશિષ્ટમાં ગતિનું વર્ણન કરનારા આલેખ કે ગ્રાફ પર એક વિસ્તૃત ચર્ચા કરવામાં આવી છે. આ પરિશિષ્ટને અમે બે વિભાગમાં વહેંચ્યું છે. પહેલા ભાગમાં (અ) આલેખ સાથે જોડાયેલા મૂળભૂત નિયમો વિષે બતાવવામાં આવ્યું છે. આ ભાગમાં એવા વિદ્યાર્થીઓ માટે માહિતી છે કે જેમણે ક્યાં તો ક્યારેય આલેખ વિષે કદી સાંભળ્યુ જ ન હોય અથવા એનો ખુબ જ ઓછો ઉપયોગ કર્યો હોય. બીજા ભાગમાં (બ) મુખ્ય મોડયુલની સામગ્રીને અનુરૂપ ગતિને દર્શાવતા આલેખ ઉપર ચર્ચા કરી છે. જો વિદ્યાર્થી આલેખથી સારી રીતે પરિચિત હોય તો ભાગ-અ ને છોડી સીધા ભાગ-બ ઉપર જઈ શકો છો.

અ: આલેખ-પરીચય



આકૃતિ:-1 છોડના વિકાસને દર્શાવતી જુદી જુદી પધ્ધતિઓ.



એક છોડની વૃધ્ધિ (તેની ઊંચાઈ) ને ઉપર જુદી જુદી રીતે દર્શાવાય છે. એક ટેબલ સ્વરૂપે, ઘણાં બધા ચિત્રોની શૃખંલા સ્વરૂપે અને એક આલેખના રૂપમાં

ત્રણે ચિત્રો આપણને જણાવે છે કે 20 દિવસમાં છોડની લંબાઈ સતત વધી છે. જોકે આલેખ બીજા બંને ચિત્રો કરતા ઘણું વધારે જણાવે છે. આપણે દર ચોથા દિવસે છોડની ઊંચાઈ જાણી શકીએ છીએ. આ સાથે જ એક નજરમાં આપણે એ પણ જાણી શકીએ કે છોડની વૃધ્ધિ/વિકાસનો દર 20 દિવસો દરમ્યાન એક સરખો રહેતો નથી. 12 માં દિવસ પછી છોડની ઊંચાઈ વધવાનો દર પહેલાને અનુલક્ષીને ઓછો થઈ ગયો. સાથે જ આલેખની મદદથી આપણે વચ્ચેના દિવસોમાં છોડની ઊંચાઈનો અંદાજ લગાવી શકીએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે 6ઠ્ઠા દિવસે છોડ આશરે 3 સેમી જેટલો લાંબો થયો હશે અને 10 માં દિવસે લગભગ 7.5 સેમી.

તો પ્રશ્ન એ થાય છે કે ખરેખર આલેખ હોય છે શું, અને આપણે એને કઈ રીતે બનાવી શકીએ ? હકીકતમાં આલેખ બે ચલ રાશિઓ વચ્ચેના સંબંધને દર્શાવતુ એક સચિત્ર વર્ણન હોય છે. (આલેખ કેટલા પ્રકારના હોય છે તે જાણવા માટે નીચેનું બોક્સ જુઓ શરૂઆતમાં દર્શાવેલા ઉદાહરણમાં પણ આવી જ એકબીજા સાથે સંકળાયેલી બે ચલ રાશિઓ હતી. દિવસોની સંખ્યા અને છોડની ઊંચાઈ. આ બન્ને વચ્ચે એ સંબંધ છે કે છોડની ઊંચાઈ જેમ જેમ દિવસો વધતા જાય તેમ તેમ વધે છે. આ ઉદાહરણમાં ‘‘દિવસોની સંખ્યા’’એ સ્વતંત્ર ચલ છે અને ‘‘છોડની ઊંચાઈ’’ એક આશ્રિત ચલ છે. આલેખ બનાવવાની પ્રક્રિયાને ‘આલેખન’ કહે છે. (Plotting)

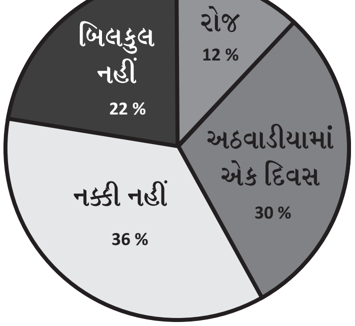
આલેખના પ્રકાર

અત્યાર સુધી આપણે જેની વાત કરી તે બધાં **રેખિય આલેખ** છે, જેનો ઉપયોગ કોઈ પણ બે માત્રાઓની વચ્ચેના સંબંધોને દર્શાવવા માટે કરવામાં આવે છે. ફ્રાંસના ગણિતજ્ઞ-દાર્શનિક રેને દ‘કાર્ટ (Rene Descartes) એ 17 મી સદીમાં આ પ્રકારના આલેખની શોધ કરી ભૂમિતિ અને બીજગણિતની વચ્ચે પ્રથમ એક વ્યવસ્થિત સંબંધ સ્થાપિત કર્યો. આવા કોઈ પણ આલેખમાં કોઈ એક બિંદુના X અને Y અક્ષના મુલ્યોને દ‘કાર્ટના નામ ઉપરથી કાર્ટેઝિયન યામ કહે છે.

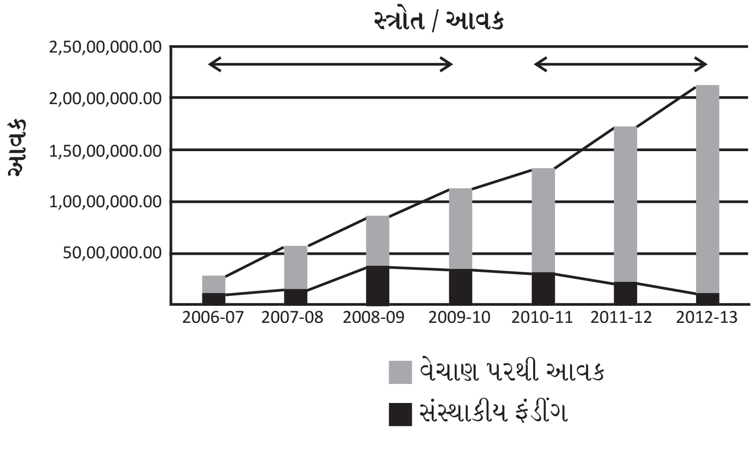
આ ઉપરાંત આલેખના બીજા વધુ પ્રકાર પણ છે. એક સ્તંભ આલેખ (બાર ગ્રાફ)ની મદદથી આપણે બે કે બે થી વધુ ચલની તુલના કરી શકીએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે, તમારી શાળા દર વર્ષે શાળાના જુદા જુદા ધોરણોમાં પાસ થનાર બાળકોની સંખ્યા દર્શાવવા માટે એક **સ્તંભ આલેખનો** ઉપયોગ કરી શકે છે. એક **વર્તુળાકાર આલેખ (પાઈ આલેખ)** વસ્તુઓના એક સમૂહમાં કોઈ એક વિશેષ ગુણની ટકાવારી મુજબનું વિતરણ દર્શાવવા માટે વાપરવામાં આવે છે. કદાચ તમે ચૂંટણી વખતે જનમત સર્વેક્ષણોના પરીણામો દર્શાવતો પાઈ આલેખ જોયો હશે. કેટલાંક ઉદાહરણો નીચે આપ્યા છે.

મેગેઝીન, સમાચાર પત્ર અને ટીવી પર આવતા આલેખોને ઓળખવાની કોશિશ કરો. વિચારો કે કેમ એક વિશેષ પ્રકારનો આલેખ આ સ્થિતિને દર્શાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવ્યો હશે. સાથે જ કોઈ પણ વિષયના પ્રોજેક્ટનો રીપોર્ટ તૈયાર કરતી વખતે પણ આલેખનો ઉપયોગ કરવાનો પ્રયત્ન કરો. તમે જોઈ શકશો કે આલેખ તમારા રીપોર્ટને વધુ સારી રીતે અને સરળતાથી સમજાવે છે.

તમે કેટલી વખત કસરત કરો છો ?



નાના રોકાણવાળી કંપનીનું નાણાકીય બજેટ



આકૃતિ-2

આલેખની રચના

ચાલો, આપણે રેખીય આલેખ બનાવવા માટેના પાયાના નિયમો પર એક નજર નાંખી લઈએ. ઉદાહરણ તરીકે આપણે એક ચોરસની બાજુની લંબાઈ અને તેની પરિમિતી વચ્ચેના સંબંધને લઈએ. કોષ્ટક-1 માં તેના કેટલાંક આંકડાઓ આલેખન માટે આપ્યા છે. એક આલેખપત્ર લો અને નીચે આપેલા નિર્દેશોનું પાલન કરતા જાવ.

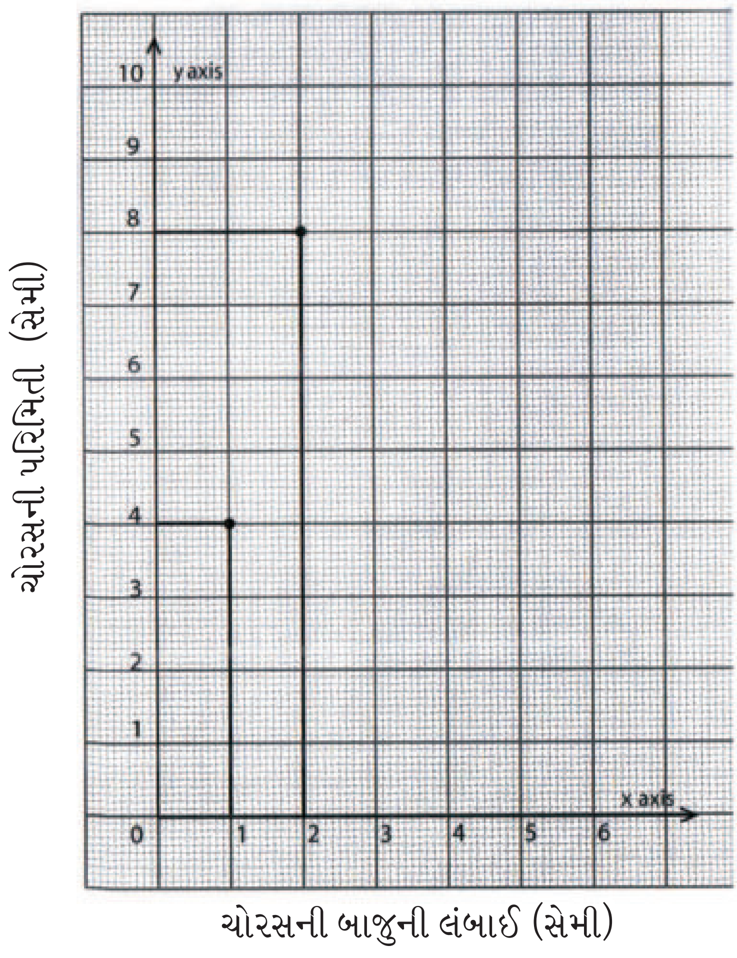
કોષ્ટક-1

વિભાગ નં	ચોરસની બાજુની લંબાઈ	પરિમિતી (સે.મી)
1	1	4
2	2	8
3	3	12
4	4	16
5	5	20

યામાક્ષો કેવી રીતે દોરવા અને આંકડાઓનું આલેખન (Plot) **કરવું.**

(1) સહુથી પહેલાં એ બે ચલને ઓળખો કે જેની વચ્ચેના સંબંધને આલેખ ઉપર દર્શાવવાનો છે. આપણા ઉદાહરણમાં ચોરસની બાજુની લંબાઈ સ્વતંત્ર ચલ છે. જ્યારે પરિમિતીએ આશ્રિત ચલ છે.

(2) આલેખ પત્રના નીચેના કિનારા પાસે એક આડી રેખા (ક્ષિતિજ રેખા) દોરો. હવે આલેખપત્રના ડાબા કિનારા ઉપર એક લંબ રેખા (ઉર્ધ્વરેખા) કંઈક એવી રીતે દોરો કે તે પહેલા દોરેલી રેખાને કોઈ એક બિંદુમાં છેદે. આડી રેખા X અક્ષ અને લંબ રેખા Y અક્ષ કહેવાય છે. એ ધ્યાનમાં રાખો કે આ બંને રેખાઓ આલેખપત્રની ઘાટી રેખાઓ ઉપર દોરી છે. (આ-3) એ બિંદુ કે જેની ઉપર આ બંને રેખાઓ એકબીજાને છેદે છે તેને ઉદ્ગમ બિંદુ કે સંદર્ભ બિંદુ કહે છે. X અક્ષની નીચે Y અક્ષની ડાબી તરફની ખાલી જગ્યા આ અક્ષ અંગેની માહિતી લખવાના કામમાં આવે છે. (જુઓ આકૃતિ-3)



આકૃતિ:3 - ચોરસની બાજુની લંબાઈ – પરિમિતી

(3) સ્વતંત્ર ચલ (અહી ચોરસની બાજુની લંબાઈ) ને X અક્ષ ઉપર દર્શાવાય છે. અને આશ્રિત ચલ ચોરસની પરિમિતિ ને Y અક્ષ પર.

(4) ઉદ્‌ગમ બિંદુને 'O' થી દર્શાવવામાં આવે છે. ડાબે થી જમણે વધતા જઈ X અક્ષ ઉપર 1 સેમી. ના અંતરે 1,2,3... આમ આજ રીતે આગળ પણ ચિહ્ન બનાવી લખતા જાઓ. એ ધ્યાનમાં રાખો કે બધાં જ આલેખમાં ચિહ્ન એક સરખા અંતરે જ મૂકાવુ જોઈએ.

(૫) તમારે પરિમિતીને Y અક્ષ ઉપર દર્શાવવાની છે. ટેબલ-1 ને જોવાથી સમજણ પડે છે કે સૌથી મોટા ચોરસની પરિમિતી 20 સેમી. તેથી, ઉદ્‌ગમ બિંદુ થી શરૂ કરી Y અક્ષ ને ૧ સેમી. ના બરાબર ભાગોમાં વહેંચતા જઈ 1 થી લઈને 20 સુધીના ચિહ્નો બનાવો.

આંકડાકિય માહિતીનું આલેખન.

(1) કોષ્ટક-1 માં દર્શાવ્યુ છે કે જે ચોરસની બાજુની લંબાઈ 1 સેમી છે, તેની પરિમિતી 4 સેમી છે. પ્રથમ ચોરસની બાજુની લંબાઈ કે જે એક સ્વતંત્ર ચલ છે. 1 સે.મી. છે. તેથી 1 સે.મી. ના ચિહ્ન પર એક લંબ રેખા દોરો. આ રેખા Y અક્ષને સમાંતર થવી જોઈએ. (આકૃતિ-3)

(2) આ ચોરસની પરિમિતિ 4 સેમી છે, અને પરિમિતિને આપણે Y અક્ષ ઉપર દર્શાવી છે. તેથી Y અક્ષના 4 સેમી ના ચિહ્ન પર X અક્ષને સમાંતર એક રેખા દોરો.

(3) ઉપરના બે પગલામાં જે રેખાઓ દોરવામાં આવી છે તે જે બિંદુ ઉપર એકબીજાને છેદે છે તેની ઉપર એક ગોળ ચિહ્ન કરો. આ તમારું પહેલું માહિતી બિંદુ છે.

માહિતી બિંદુઓ આલેખ પત્ર પરના એ બિંદુઓ છે. જે કોષ્ટકમાં આપેલ માહિતીને દર્શાવે છે.

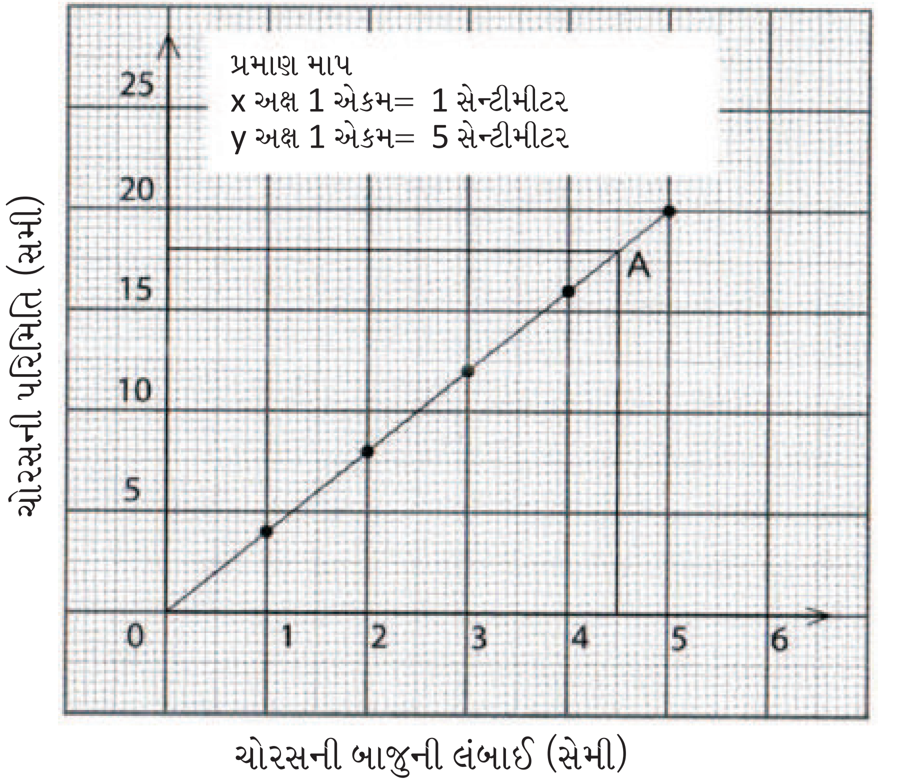
(4) આજ રીતે આગળ વધતા જઈને બીજા ચાર ચોરસનાં અંકોને પણ આલેખ ઉપર દર્શાવો.

(5) આ બિંદુઓને એક માપપટ્ટીની મદદથી જોડીને એક આલેખ રેખા બનાવી લો. આ બિંદુઓને સીધી રેખા વડે જોડવાની શું જરૂર છે? આગળ વધતા પહેલા થોડીવાર આ બાબત ઉપર વિચાર કરી લો.

આલેખમાં આંકડાઓને દર્શાવતી બે માહિતીઓને સીધી રેખાથી જોડવાને ''રેખીય અંદાજ''(linear approximation) કહેવાય છે.. આવું કરીને આપણે એ માની લઈએ છીએ કે (X ચલ અને Y ચલ) બે ચલોની વચ્ચે એક રૈખીક સંબંધ છે. હવે પ્રશ્ન એ થાય છે કે આ કઈ રીતે ઉપયોગી છે ? ચાલો, માની લઈએ કે આપણે એ ચોરસની પરિમિતી જાણવા માંગીએ છીએ જેની એક બાજુની લંબાઈ 4.5 સેમી છે. હવે બાજુની આ લંબાઈ માટે તો કોષ્ટકમાં કોઈ આંકડો આપ્યો નથી.

સામાન્ય રીતે આપણે તેની ગણતરી કરી લઈએ છીએ. (કેમકે અહીં આપણે ચોરસની બાજુની લંબાઈ અને પરિમિતી વચ્ચેનો સંબંધ જાણીએ છીએ.)

આમ છતાં, આપણે તેને આલેખ ઉપરથી વાંચી લઈએ તે સરળ છે. એક લંબ રેખા 4.5 સેમી ઉપરથી X અક્ષ ઉપર દોરો. આ બિંદુ જ્યાં તે રેખા આલેખને છેદે છે ત્યાં 'A' નામ આપો. (આકૃતિ-4) હવે આ A બિદુ માંથી X અક્ષને સમાંતર આડી રેખા દોરો જે Y અક્ષને છેદે છે. આ રેખા Y અક્ષને ક્યાં છેદે છે ? Y અક્ષ ઉપર આપેલા સ્કેલ માપ મુજબ આ બિંદુનું મુલ્ય વાંચો. એ 4.5 સેમી. માટેના ચોરસની પરિમિતીનું માપ હશે. (આવું એટલે થયું કે ચોરસની બાજુની લંબાઈ અને તેની પરિમિતી વચ્ચે સાચે જ એક રૈખિક સંબંધ છે) થોડો મહાવરો કર્યા પછી તમારે આવી રેખાઓ દોરવાની જરૂર પડશે નહી. તમે આલેખ પેપર ઉપર આવેલી ગ્રીડ લાઈનની મદદથી તેની કિંમત વાંચી શકશો.



આકૃતિ:4 આલેખની મદદથી આપેલી બાજુની લંબાઈવાળા ચોરસની પરિમિતી શોધવી.

આ રીતે આલેખની મદદથી આપણે બીજી માહિતી પણ મેળવી શકીએ છીએ કે જે કોષ્ટકમાં આપવામાં આવી નથી. બે માહિતી બિંદુઓ ઉપરથી વચ્ચેની કિંમતનો અંદાજ મેળવવાની ક્રિયાને અંતર્વેશન (interpolation) કહેવાય છે. હવે ધારોકે આપણે 6 સેમી. લંબાઈ માટે પરિમિતીનું માપ શોધવું છે. હવે જે રીતે 4.5 સેન્ટીમીટર લંબાઈના ચોરસ માટે પરિમિતિ શોધી હતી તે જ રીતે 6 સેન્ટીમીટર માટે પણ કરો. આ રીતે આલેખ રેખાને લંબાવીને આપેલ માહિતીથી વધારે માટે પણ અંદાજ મેળવી શકાય છે. તેને બહિર્વેશન (Extrapolation) કહે છે.

સ્કેલમાપ નક્કી કરવું.

આલેખના ઉપયોગથી સરળતાપૂર્વક માહિતી મેળવવા માટે એ જરૂરી છે કે આલેખમાં આંકડાઓને દર્શાવતી વખતે યોગ્ય સ્કેલમાપનો ઉપયોગ કરવામાં આવે. સ્કેલમાપનો અર્થ એવો થાય છે કે સ્વતંત્ર ચલ માટે યોગ્ય એકમ લઈને તેને X અક્ષ ઉપર 1 સેન્ટીમીટર બરાબર લેવું. અને તે જ રીતે આશ્રિત ચલ માટે યોગ્ય એકમ લઈને Y અક્ષ ઉપર 1 સેન્ટીમીટર લેવું. સ્કલેમાપ નક્કી કરતી વખતે નીચેની બાબતોનું ધ્યાન રાખવું જોઈએ.

(1) સ્કેલમાપ એવી રીતે નક્કી કરવું જોઈએ કે તેના સૌથી મોટા માપને (આંકડાને) પણ આલેખ પર દર્શાવી શકાય.

(2) સ્કેલમાપ એવું હોવું જોઈએ કે આલેખ પત્રના લગભગ બધા ભાગોનો ઉપયોગ થઈ શકે.

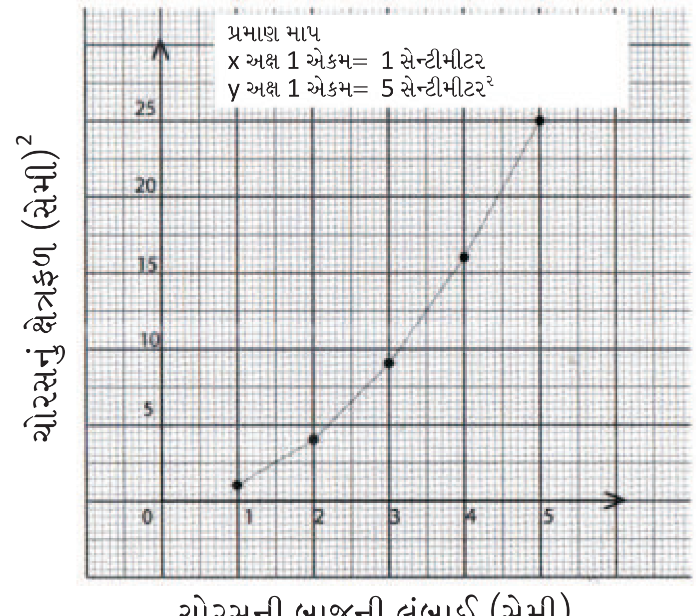
(3) સરળતાથી વિભાજીત કરી શકાય તેવા એકમ પસંદ કરો કે જેથી આલેખમાં દર્શાવેલા બિંદુઓની વચ્ચેના માપ વાંચવામાં પણ સરળતા રહે.

આ વાતને સ્પષ્ટ કરવા આપણે માહિતીના બે જુદા-જુદા ગણની મદદ લઈશું. આપણે જે આલેખપત્રનો ઉપયોગ કરીશું તેમાં ગ્રીડનું માપ 13 સેમી. X 7 સેમી. છે. આપણે ઉદ્‌ગમ બિંદુનુ સ્થાન નીચેની કિનારીથી 2 સેમી. ઉપર અને ડાબી બાજુથી 1 સેમી. દૂર લઈશું. આમ કરવાથી આપણને X અક્ષ 6 સેમી. લંબાઈની અને Y અક્ષ 11 સેમી. લંબાઈની મળશે.

ઉદાહરણ:-1: કોષ્ટકમાં ચોરસની જુદી-જુદી લંબાઈ માટે ક્ષેત્રફળનું માપ આપવામાં આવ્યું છે. કોષ્ટક મુજબ સૌથી મોટા ચોરસની બાજુની લંબાઈ (સ્વતંત્ર ચલ) ૫ સેમી. છે. X અક્ષની કુલ લંબાઈ 6 સેમી. થી ઓછી છે. તેથી આપણે બાજુની લંબાઈ દર્શાવવા માટે સ્કેલ માપ તરીકે X અક્ષ ઉપર 1 સેમી. બરાબર ચોરસની બાજુની 1 સેમી. લંબાઈ જેટલું લઈ શકીએ છીએ. હવે ચોરસના ક્ષેત્રફળનું સૌથી મોટું માપ 25 ચોરસ સેમી. (સેમી ^{2}) છે. કે જે Y અક્ષની કુલ લંબાઈ (13 સેમી) થી વધુ છે. હવે પ્રશ્ન એ થાય છે કે એને Y અક્ષ ઉપર કેવી રીતે દર્શાવી શકાય ? જો આપણે Y અક્ષ 1 સેમી ભાગને 1 (સેમી ^{2}) કે 2(સેમી ^{2}) જેટલું લઈએ તો કેટલાંક આંકડાઓને આપણે આલેખ ઉપર દર્શાવી શકીએ નહીં. પરંતુ જો આપણે Y અક્ષ ઉપર 1 સેમી બરાબર 5(સેમી ^{2})નું માપ લઈએ તો બધા આંકડાઓને આલેખ ઉપર દર્શાવી શકાય છે. X અક્ષ અને Y અક્ષ માટે ઉપર દર્શાવેલ સ્કેલમાપ લેવાથી આપણને આકૃતિ-5 માં દર્શાવ્યા મુજબ નો આલેખ મળશે. તમે એ જોઈ શકશો કે આલેખના કેટલાંક બિંદુઓ ગ્રીડની જાડી રેખાઓને બદલે વચ્ચે અંકિત થાય છે. તમે આવા બીજા સ્કેલ માપ લઈને આલેખ દોરવાની કોશિશ કરો અને શોધી કાઢો કે આપેલી માહિતીઓ માટે સૌથી સારુ સ્કેલમાપ કયું છે.

કોષ્ટક-2

નંબર	ચોરસની બાજુની લંબાઈ (સેમી)	ચોરસનું ક્ષેત્રફળ (સેમી)^2 ચો. સેમી.
1	1	1
2	2	4
3	3	9
4	4	16
5	5	25

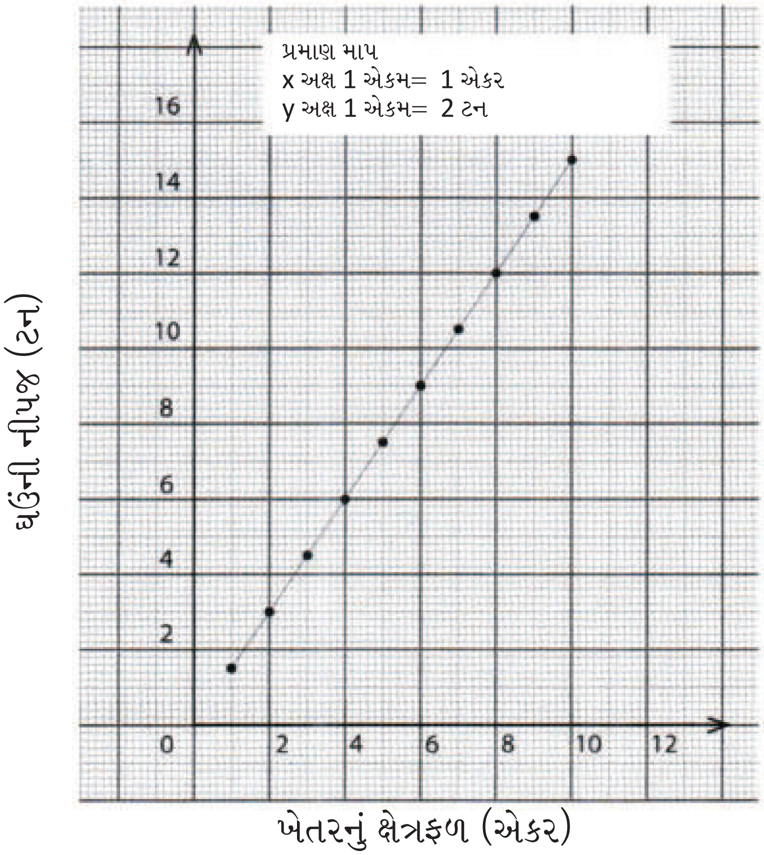


આકૃતિ:5 બાજુની લંબાઈ - ચોરસનું ક્ષેત્રફળ

ઉદાહરણ:૨ બીજુ ઉદારહણ પ્રતિ એકર ઘઉંના ઉત્પાદનનું છે. (કોષ્ટક-3 જુઓ) આ ઉદાહરણમાં આંકડાઓને આલેખ ઉપર દર્શાવવા માટે જે સ્કેલ માપ લેવામાં આવ્યું છે તે મુજબ X અક્ષ ઉપર 1 સેમી. = 2 એકર અને Y અક્ષ પર 1 સેમી=2 ટન છે. આલેખ જોઈને તમે એ અનુમાન લગાવી શકો છો કે કોઈ પણ માપી શકાય તેવી રાશિ (જથ્થો) ને આલેખ ઉપર દર્શાવી શકાય છે.

કોષ્ટક:3

પ્રતિ એકર ઘઉંનુ ઉત્પાદન		
ક્રમ	**ખેતરનું માપ (એકરમાં)**	**ઘઉંની ઉપજ (ટનમાં)**
1	1	1.5
2	2	3
3	3	4.5
4	4	6
5	5	7.5
6	6	9
7	7	10.5
8	8	12
9	9	13.5
10	10	15



આકૃતિ:6 ઘઉંનું ઉત્પાદન - આપેલા ખેતરનું ક્ષેત્રફળ

આલેખની મર્યાદાઓ.

ગણિતના બીજા સાધનોની જેમ આલેખને પણ પોતાની કેટલીક મર્યાદાઓ છે. જેનું ધ્યાન આલેખનો ઉપયોગ કરતી વખતે રાખવું જોઈએ.

(1) આલેખમાં સાચી જાણકારી માત્ર આલેખાયેલ માહિતી બિંદુઓ જ છે.

(2) કોઈ પણ આલેખમાં બિંદુઓને દર્શાવવામાં અને બિંદુઓને વાંચવાની ચોક્કસાઈમાં મર્યાદા હોય છે. તમારા માપન - ઉપકરણનાં લઘુત્તમ માપ વડે બે પાસપાસેના માહિતી બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર નક્કી થશે. તમારી પાસે આ બંને વચ્ચેની માહિતી મેળવવા માટે કોઈ સાધન નથી, તેથી તેમના વિષે તમારે અંદાજ લગાવવો પડશે. અહીંયા આપેલ ઉદાહરણોમાં એવું ધારવું સલામત છે કે બે માહિતી બિંદુ વચ્ચેનો આલેખ તેમને જોડતો રેખાખંડ છે.

(3) બહિર્વેશન કરતી વખતે એ વાતનો ખ્યાલ રાખવો જોઈએ કે અંદાજીત કિંમત વ્યવહારીક દૃષ્ટિએ સંભવ છે કે નહીં.

ગતિના સંદર્ભમાં પહેલી નજરે આલેખ ગતિને સચિત્ર દર્શાવે છે. સંશોધનમાં એ જાણવા મળ્યુ છે કે ઘણું ખરુ વિદ્યાર્થીઓમાં આલેખના અર્થઘટનને લઈને સામાન્ય ગેરસમજ એમાંથી ઉભી થતી જોવા મળે છે કે આવા આલેખને વ્યક્તિ કે વસ્તુ જે ગતિમાં છે તેના વાસ્તવિક રસ્તા સાથે સરખાવવામાં આવે છે. આલેખના બંને અંતિમ બિંદુઓને તેઓ ઘણી વખત ક્યાં તો મુસાફરીની શરૂઆત અને અંતિમ પડાવ માની લે છે અથવા રસ્તાનો અંત. ઢળતી રેખાને તેઓ રસ્તાનો ઢાળ જ માની લે છે અને બિંદુઓ ઉપર ઢાળમાં બદલાવ આવે તેને રસ્તાનો વળાંક સમજે છે. આ મુદ્દા ઉપર આપણે પહેલા પણ મુખ્ય ભાગમાં રીતુની મહેલની મુસાફરીવાળા ઉદાહરણમાં ચર્ચા કરી હતી. તમે પણ આગાઉ આપેલા ઉદાહરણની મદદથી આ ચકાસી શકો છો કે વિદ્યાર્થી એક આલેખ અને નકશા વચ્ચેનો તફાવત સમજે છે કે નહીં. આલેખની મદદથી ગતિને સમજવાની દિશામાં આગળ વધતા પહેલા આ પાયાના તફાવતને જાણી લેવો ખૂબ જરૂરી છે. અમારું તો એવું સૂચન છે કે વિદ્યાર્થીઓ સાથે પહેલાં ચર્ચા કરી તેમની પ્રવર્તમાન સમજણ - જાણવાની કોશિશ કરીને આગળ વધતા પહેલાં જ તેમની ગેરસમજને દૂર કરવામાં આવે.

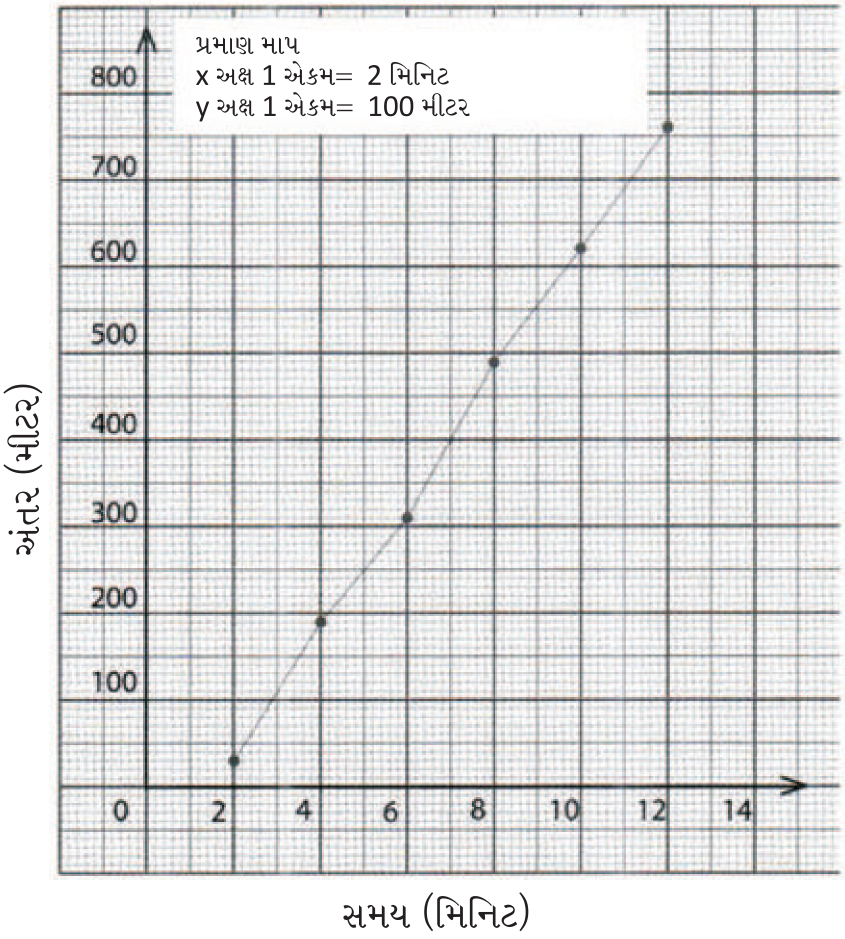
ચાલો આપણે એક ઉદાહરણ લઈએ જેમાં મુન્ની પોતાના ઘરથી સ્કૂલ તરફ જઈ રહી છે. આગળના પાના ઉપર જમણી બાજુ દર્શાવેલી આકૃતિ-8 મુન્ની અને સ્કૂલની વચ્ચેના રસ્તાને દર્શાવતા નકશાની છે અને ત્યાં જ ડાબી તરફ આ મુસાફરીનો અંતર-સમય. આલેખ આપવામાં આવ્યો છે. આ આલેખ દર બે મિનિટ પછી લેવામાં આવેલા વાંચન ઉપર આધારીત છે. આ વાસ્તવિક માપનને આલેખ પર બિંદુઓ દ્વારા દર્શાવવામાં આવ્યા છે. પાસ પાસેના બે બિંદુઓને રેખાથી જોડવામાં આવેલા છે. આ બંને ચિત્રોને આધારે નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ આપો.

(1) શું તમે નકશામાં જોઈને એ કહી શકો કે મુન્નીને ઘરેથી સ્કૂલે પહોંચવામાં કેટલો સમય લાગ્યો ?

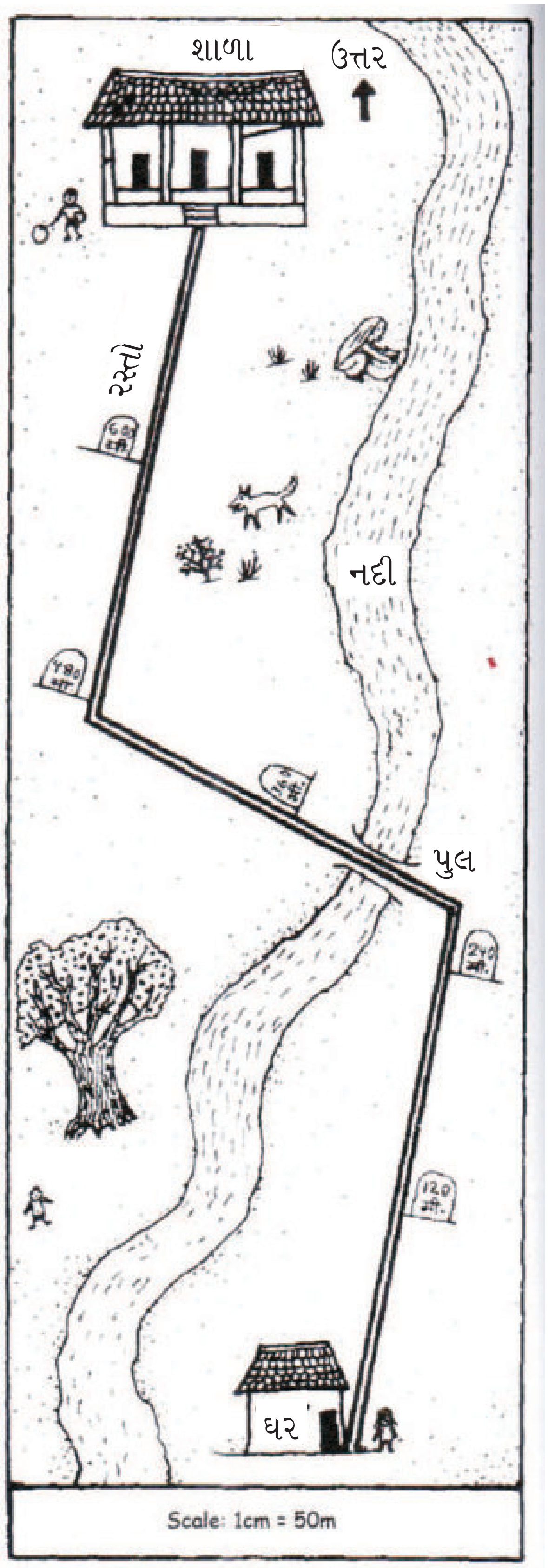
(2) અંતર-સમય આલેખને જોઈને શું તમે કહી શકો કે ઘરેથી સ્કૂલ સુધીના રસ્તામાં કેટલા વળાંક છે, અથવા તો કયા બિંદુએ રસ્તો અને નદી એકબીજાને ક્રોસ કરે છે ?

(3) મુન્નીએ પોતાની મુસાફરી દરમ્યાન 8 મિનિટ થી લઈને 10 મિનિટની વચ્ચે કેટલુ અંતર કાપ્યું?

(4) શું મુન્નીએ દરેક 2 મિનિટના સમયગાળામાં એક સરખુ અંતર કાપ્યું ?



આકૃતિ-7 મુન્નીએ કાપેલુ અંતર - લાગતો સમય



આકૃતિ-8 મુન્નીના ઘરથી તેની સ્કૂલ સુધીનો રસ્તો દર્શાવતો નકશો.

આગળના પાના ઉપર આપેલા પ્રશ્ન 3 અને 4 એ ચકાસવા માટે બનાવ્યા છે કે વિદ્યાર્થી આલેખમાંથી માંગેલી જાણકારી મેળવી શકે છે કે કેમ ? જો આવું કરવામાં તેને મુશ્કેલી પડે તો આગળ આપેલા સ્વાધ્યાયને ફરીથી કરાવવું જોઈએ.

B. ગતિના આલેખ

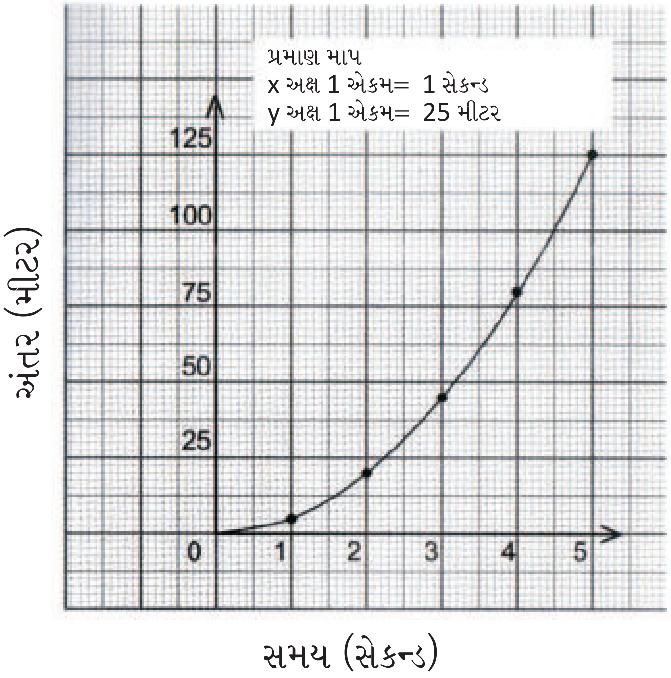
આ વિભાગમાં મુખ્ય ભાગમાં આપેલી ગતિના આલેખોની ચર્ચાને આગળ વધારીશું.

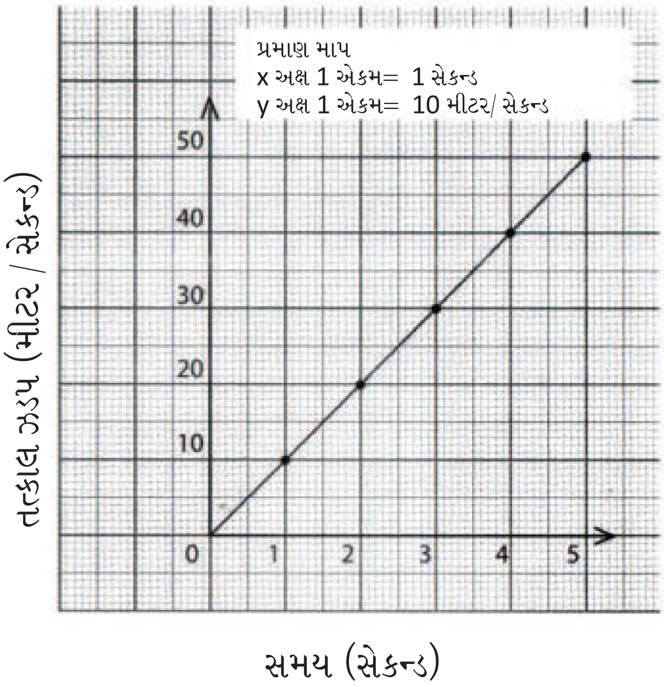
આપણે એ જોઈ ગયા કે અંતર-સમયના આલેખના ઢાળની કિંમત આપણને ગતિ કરતી વસ્તુની ઝડપ આપે છે. આપણે ઝડપ-સમયનો આલેખ પણ બનાવ્યો. શું આપણને તે ઝડપ-સમયના આલેખના ઢાળ ઉપરથી પણ કોઈ જાણકારી મળી શકે છે ? આપણે ફરીથી કોષ્ટકની માહિતીઓ (પાના નંબર-47)ને જોઈએ કે જે આપણને મુક્ત પતન કરતા પદાર્થની જુદા જુદા સમયે સ્થાન અને ઝડપની માહિતી આપે છે.

કોષ્ટક-4

માહિતી બિંદુ	સમય(સે)	શરૂઆતના બિંદુથી અંતર (મીટર)	તત્કાલ ઝડપ (મી/સે)
1	1	5	10
2	2	20	20
3	3	45	30
4	4	80	40
5	5	125	50

આ આંકડાઓ માટે આપણે જે આલેખ દોર્યા હતા તે આવા હતા.





આકૃતિ-9 આપેલી ગતિ માટે અંતર - સમય આલેખ. **આકૃતિ-10 એ જ ગતિ માટે તત્કાલ ઝડપ - સમયનો આલેખ.**

ઝડપ-સમયના આલેખનો ઢાળ એક ચોક્કસ સમયગાળા દરમ્યાન થતા ઝડપમાં બદલાવ અને સમયગાળાના ગુણોત્તરના સમપ્રમાણમાં હશે, જે ખરેખર તો પ્રવેગની વ્યાખ્યા જ છે. તેથી ઝડપ-સમય આલેખના ઢાળની કિંમત પ્રવેગ આપે છે.

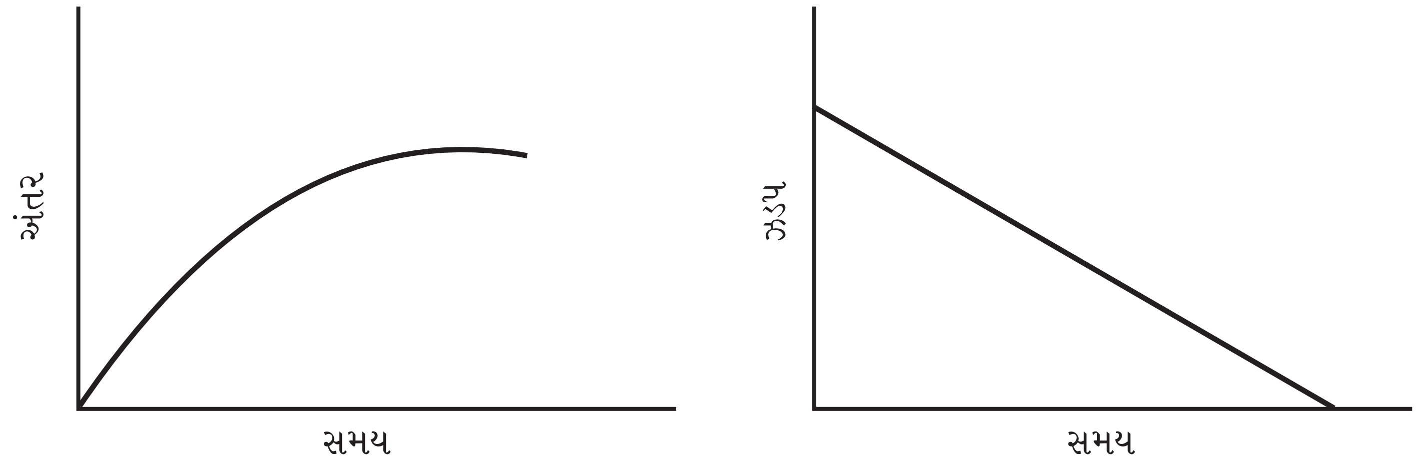
આકૃતિ-10માં આપેલા કોષ્ટકની માહિતી ઉપરથી પ્રવેગનું મુલ્ય ગણો. બંનેની તુલના કરીને ચકાશો કે બંને મુલ્ય સરખાં છે કે કેમ?

હવે પછીનું ઉદાહરણ એવા મુદ્દાઓને સમજવા માટે લીધું છે કે જેની ચર્ચા આપણે હજી સુધી નથી કરી. મુખ્ય વાત એ કે, અહીં સિધ્ધાંતોની (થીયરી) સમજણ મેળવવા માટે જે માહિતીનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે તે કાલ્પનીક છે. તેમ છતાં આ સિધ્ધાંત વાસ્તવિક પરિસ્થિતિમાં ઉપયોગી છે જ. કાલ્પનીક ઉદાહરણોને આધારે કોઈ મુદ્દાની પાયાની સમજણ ઊભી કરવાની આ પણ એક રીત છે. તે પછી અંતર-સમય અને ઝડપ-સમયના આલેખ પણ સાથે-સાથે આપવામાં આવ્યા છે કે જે તેમની વચ્ચેના આંતર સંબંધો (Co-relation)ની સમજણ મેળવવામાં મદદરૂપ થાય છે. સાથે જ, ઝડપ-સમયનો આલેખ એ એવા આલેખનું ઉદાહરણ છે કે જે ઉદ્‌ગમબિંદુ (શૂન્ય)માંથી શરૂ થતું નથી, એટલે કે જ્યાં $x = 0$ હોય ત્યાં y ની કિંમત 0 નથી.

તર્ક (દલીલ)ને આગળ વધારતા આપણે એવું તારવી શકીએ કે જો ઝડપ-સમયનો આલેખ એક સીધી રેખા હોય તો આ ગતિ માટેનો પ્રવેગ એક સરખો હશે. પરંતુ એક સમાન ઝડપ અને એક સમાન પ્રવેગ હોવામાં એક તફાવત એ છે કે પ્રવેગનું મૂલ્ય ઋણાત્મક પણ હોઈ શકે છે. કોષ્ટક-5 માં એક એવી ગતિ માટે સમય, અંતર અને તત્કાલ ઝડપની માહિતી આપી છે, જેમાં પ્રવેગ ઋણ છે. આકૃતિ-11 માં આ જ ગતિને માટે અંતર-સમય અને ઝડપ-સમયનો આલેખ બતાવવામાં આવ્યો છે.

કોષ્ટક-5

સમય (સે)	અંતર (મીટર)	તત્કાલ ઝડપ (મીટર/સે)
0	0	10
10	95	9
20	180	8
30	255	7
40	320	6
50	375	5
60	420	4
70	455	3
80	480	2
90	495	1
100	500	0



આકૃતિ-11 ઋણાત્મક પ્રવેગ ધરાવતી એક ગતિનો આલેખ

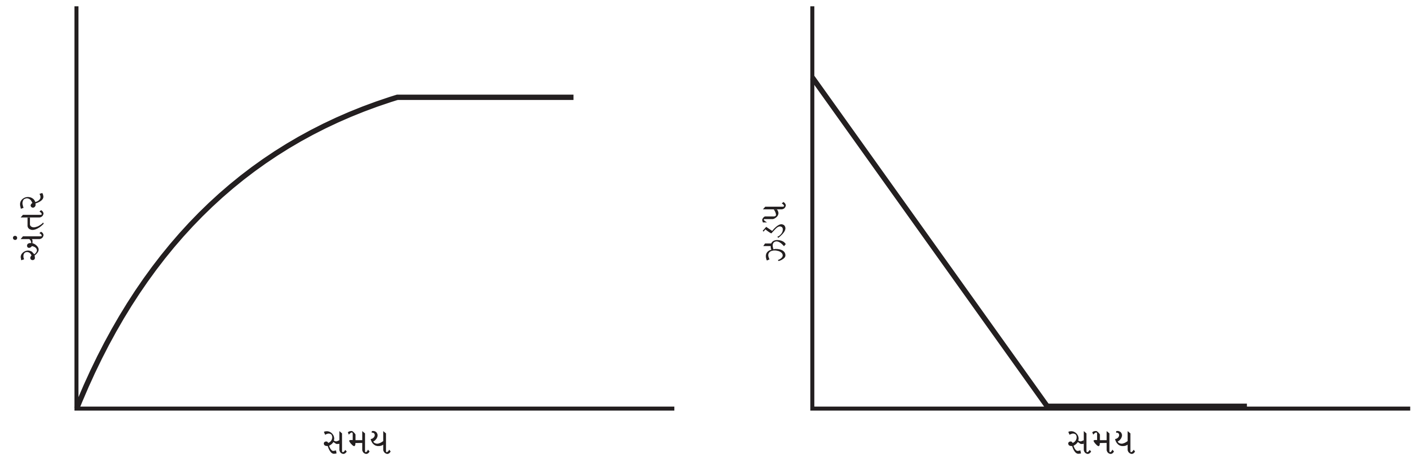
તમે એ જોઈ શકો છો કે કોઈ પણ ચલ માટે કિંમત આપવામાં આવી નથી કારણ કે અહીં સિધ્ધાંતોની સમજણ મેળવવા માટે કાલ્પનીક માહિતીઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે. તમે તમારી પોતાની માહિતીઓનું આલેખન કરીને જોઈ શકો છો. ચાલો, આપણે જોઈએ કે આલેખ આપણને શું કહે છે:

(1) સમયની શરૂઆતની કિંમત t=0 માટે અંતર પણ 0 છે. આનો અર્થ એ થશે કે આપણે t=0 સમયે વસ્તુની સ્થિતિને સંદર્ભ બિંદુ માની શકીએ છીએ. (ઉદ્ગમ બિંદુ)

(2) જો કે શરૂઆતમાં અંતર 0 હોવા છતાં તે ઝડપ 0 નથી (પહેલો મુદ્દો જુઓ)

(3) જેમ જેમ સમય વધી રહ્યો છે તેમ ઝડપ ઘટતી-ઘટતી શૂન્ય તરફ જઈ રહી છે. સાથે જ અંતર એ સમય સુધી વધે છે જ્યાં સુધી ઝડપ શૂન્ય નથી થઈ જતી.

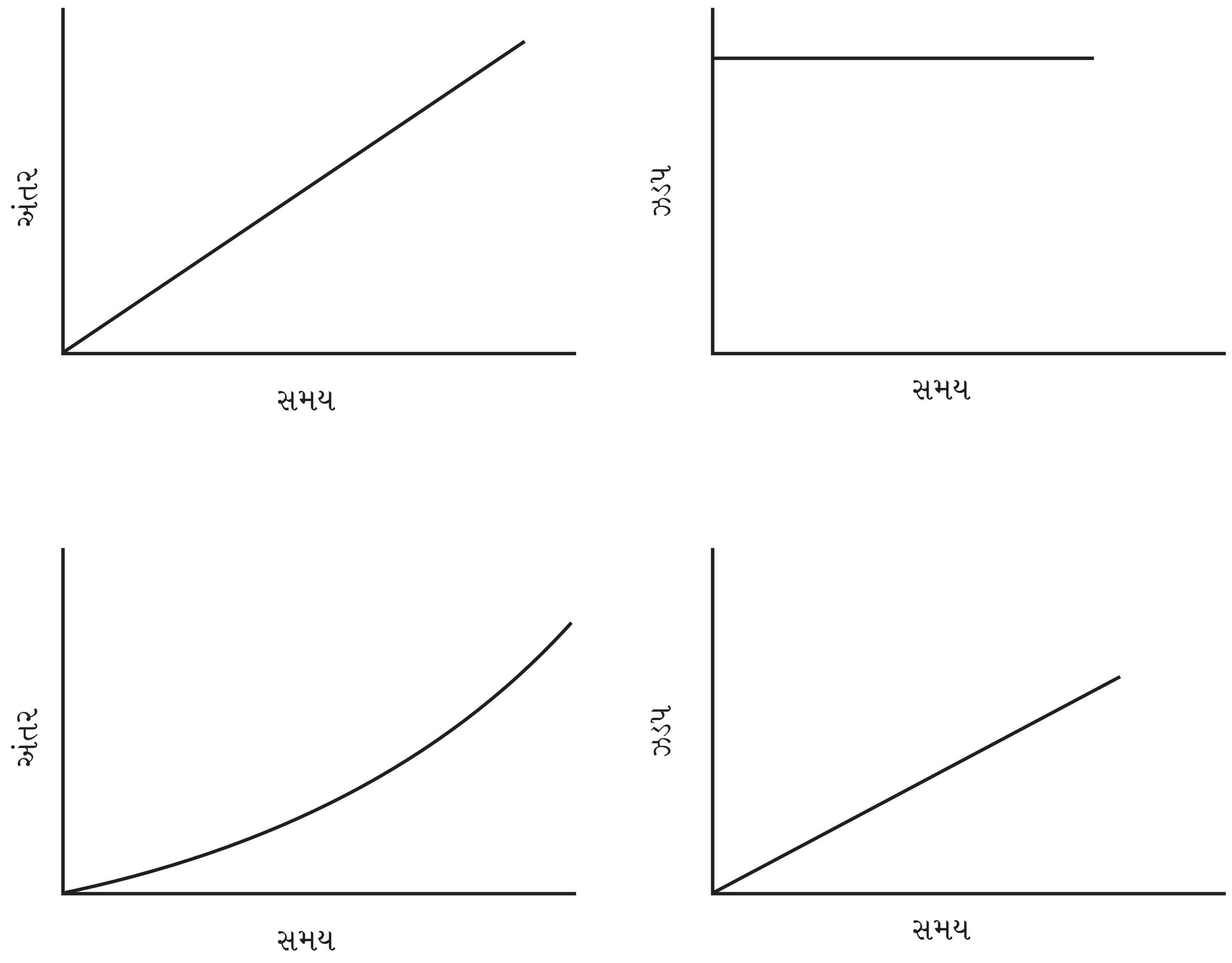
જો ત્યારબાદ ઝડપ શૂન્ય રહે છે તો આલેખ કંઈક નીચે મુજબ હશે.



આકૃતિ-12

તમે જોઈ શકો છો કે એક વખત ઝડપની કિંમત શૂન્ય થઈ ગયા પછી કપાયેલા અંતરમાં કોઈ જ તફાવત દેખાતો નથી એટલે કે તે વધતું નથી.

નીચે કેટલીક ગતિને માટેના અંતર-સમય અને ઝડપ-સમયના આલેખ આપવામાં આવ્યા છે. તમે આના આધારે ગતિ વિશે શું જાણી શકો છો ?



આકૃતિ- 13, અંતર-સમય અને તેને અનુરૂપ ઝડપ-સમયના આલેખ.

સમાચાર

જો તમે એવું માનતા હો કે અંતર-સમય આલેખ ફક્ત પુસ્તકોમાં જ જોવા મળે છે તો જરા 2009 ના આ સમાચાર ઉપર એક નજર કરો.

અલ્હાબાદ: આધુનિક ટેકનોલોજીને સતત અપનાવવાના પ્રયત્નોમાં લાગેલા ઉતર-મધ્ય રેલ્વેનો અલ્હાબાદ વિભાગ હવે ટ્રેઈનોના આવાગમન ઉપર ધ્યાન રાખવા માટે કમ્પ્યુટરાઈઝડ આલેખનની મદદ લેશે. જેમાં અલ્હાબાદ વિભાગ કે જે મુગલસરાયથી લઈને દિલ્હીથી નજીક ગાઝીયાબાદ સુધી ફેલાયેલુ છે, ત્યાંથી પસાર થતી ગાડીઓની વધુ સારી અને સુરક્ષિત અવર-જવર સુનિશ્ચિત થશે. 24X7 ટ્રેઈનના આવાગમનનો ચાર્ટ સમયસર દર્શાવવાનું તેને કંટ્રોલ કરવું અને ટ્રેઈનની સમયસર અવર જવર ઉપર દેખરેખ રાખવાનું મુશ્કેલ કાર્ય હવે આ કમ્પ્યુટરાઈઝડ સીસ્ટમને કારણે તેની નિર્ણય ક્ષમતા વધવાથી સરળ બનશે. કંટ્રોલ આલેખ, ટ્રેઈનોની ગતિનું અંતર સમયનું આલેખન સામાન્ય રીતે વિભાગિય અધિકારીઓ દ્વારા જાતે તૈયાર કરવામાં આવે છે અને જાતેજ તેનું અર્થ ઘટન પણ કરે છે. તે તરફનું પહેલું પગથિયું ટ્રેઈનની આવાગમન માટેના આલેખ તૈયાર કરવો તેનું અર્થઘટન કરવાનું કાર્ય હવે સંપૂર્ણપણે કમ્પ્યુટરાઈઝડ થઈ ગયું છે. તૈયાર થયેલી એપ્લીકેશન ટ્રેઈનની ગતિ ઉપર દેખરેખ રાખવાનું તેનો માર્ગ દર્શાવવાનું અને આવનારી ટ્રેઈનનો માર્ગ દર્શાવવાનું અને તેનું ફોરકાસ્ટ (અગાઉથી સમય દર્શાવવો, મોડી કે સમયસર) ઓટોમેટીકલી અને ખૂબ જ કાર્યક્ષમ રીતે કરે છે. જ્યારે કમ્પ્યુટરાઈઝ ચાર્ટ જોવામાં આવે છે ત્યારે તેમાં સુપરફાસ્ટ / મેઈલ ટ્રેઈન લાલ રંગથી, માલગાડી લીલા રંગથી અને પેસેન્જર ટ્રેઈન ભૂરા રંગથી દર્શાવવામાં આવે છે. જેવી ટ્રેઈન સ્ટેશન ઉપરથી પસાર થાય છે કે તરત જ કંટ્રોલ સ્ટેશન માસ્ટરને તેની જાણ થઈ જાય છે. તે માસ્ટર ચાર્ટ તરીકે ઓળખાતા આલેખ ઉપર તેની ગતિનો રેકોર્ડ રાખે છે. અહીં X અક્ષ ઉપર ચોક્કસ સ્થાને સ્ટેશનની વિગતો હોય છે. વિભાગિય કંટ્રોલર નિયમિત રીત ટ્રેઈન ટ્રેક ઉપર જેમ જેમ આગળ વધે તેમ તે આલેખને અપડેટ કરે છે. અને તેના વિવિધ વિભાગમાં આવતા સ્ટેશનો ઉપર ટ્રેઈનનો આવાનો સમય નોંધતા જાય છે.

હવે જ્યારે તમે ફરી રેલ્વે સ્ટેશન ઉપર ટ્રેઈનની રાહ જોતા અટકી ગયા હોવ ત્યારે ત્યાંના સ્ટેશન માસ્તરને તે ટ્રેઈન કંટ્રોલ ચાર્ટ બતાવવા માટે વિનંતી કરજો.

જો તમારી પાસે કમ્પ્યુટરની સુવિધા હોય તો આલેખ બનાવતા શીખો.

માપનઃ મર્યાદા અને ભૂલો

આ પરિશિષ્ટ શિક્ષકોને ધ્યાનમાં રાખીને બનાવવામાં આવ્યું છે. તેથી એમાં લીધેલા પ્રશ્નો પણ થોડા ઉચ્ચ સ્તરીય છે. જો કે આ અંગેની સમજ ખૂબ જરૂરી છે, જેથી શિક્ષક આ પુસ્તકમાં આપેલી ગતિવિધીઓનું સંચાલન સારી રીતે કરાવી શકે અને વિદ્યાર્થીઓમાં એ પ્રશ્નો વિશેની સમજણ પણ બનાવી શકે છે. જે કોઈ પણ માપન દરમ્યાન ઊઠી શકે છે.

આ પુસ્તકમાં ઘણી જગ્યાએ અમે માપનની વાત કરી સાથે જ અમે એ સાવચેતીની વાતો કરી છે કે જે કોઈ પણ જથ્થાના માપ લેતી વખતે રાખવી જોઈએ. આમ છતાં, તમે એ નોંધ્યું હશે. કે જ્યારે આપણે એ જ અવલોકન ફરીથી લઈએ ત્યારે તે અવલોકનનું મુલ્ય એકસરખું આવતુ નથી. આ એક ખૂબ જ વ્યવહારીક પ્રશ્ન છે, પરંતુ વિદ્યાર્થીઓ આ વાતને ત્યાં સુધી સમજી શકતા નથી જ્યાં સુધી તેઓ પોતાની જાતે કેટલાંક પ્રકારનું માપન ન કરે.તેથી જ અમે એ બાબત ઉપર ભાર મૂક્યો છે કે તમારે તમારા વર્ગના દરેક બાળકને માપન લેવાની તક આપવી જ જોઈએ. માપન લેવું એ એક ખૂબ જ મહત્વનું કૌશલ્ય (Skill) છે. પરંતુ ઘણી વખત આ બાબત સંતાયેલી રહે છે અને આપણે માપનને લગતા ઘણાં વૈચારીક મુદ્દાઓને અવગણીએ છીએ. આ વિભાગમાં અમે આવા કેટલાંક વૈચારીક (conceptual) પ્રશ્નો મૂકવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે.

પહેલો એક મુદ્દો તો એ છે કે તમે માપપટ્ટી (ફૂટપટ્ટી) ની મદદથી કોઈ પણ લંબાઈ માપી શકો કે નહીં. વળી અગાઉના પેરેગ્રાફમાં લીધેલો મુદ્દો કે કેમ એક જ પરિસ્થિતિમાં એક જ પ્રકારનું માપ એકસરખું આવતું નથી, એ એક ચકરાવામાં મૂકી દે એવું અવલોકન છે. જેનું માપન આપણે કરી રહ્યા છીએ એ અંતર હોય કે સમય એનું કોઈક ચોક્કસ માપ હોવું જ જોઈએ ને ! તો પછી અલગ-અલગ માપમાંથી આપણે કયું માપ લેવું જોઈએ, એમાંથી કયું માપ સૌથી સાચું હોઈ શકે ? અથવા કયા માપને આપણે સમૂળગું ખોટું ગણીને કાઢી જ નાખવું જોઈએ ? માપન સાથે જોડાયેલા આ પ્રશ્નો ખૂબ જ મહત્વના છે. આપણે માપનની મર્યાદાઓને સબંધિત પ્રશ્નોની ચર્ચાથી શરૂઆત કરીશું અને પછી કોઈ પણ પ્રયોગમાં ઉભી થતી ખામીઓ ક્યાંથી આવી તેના વિશે ચર્ચા કરીશું.

માપનની મર્યાદાઓઃ-

કોઈ સાધનથી થતું માપન મુખ્યત્વે બે પ્રકારની મર્યાદાઓથી અવરોધાય છે. (1) સાધનની પોતાની મર્યાદાઓ અને (2) સાધનનો ઉપયોગ કરતી વખતની મર્યાદાઓ. ચાલો, આ વાતને વિસ્તારથી સમજવાની કોશિશ કરીએ.

દરેક માપન માટેનું સાધન જે માપ આપે છે તેની ઓછામાં ઓછું માપ આપતી એક નીચેની સીમા હોય છે. લઘુત્તમ કે નાનામાં નાનું જે માપ માપી શકાય છે એનાથી નાનું માપ આપણે આ સાધનની મદદથી માપી શકતા નથી. ઉદાહરણ તરીકે 15 સેન્ટીમીટર લંબાઈ માપવા માટે જે માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તેનાથી 1 મિલીમીટરથી નાની લંબાઈને માપી શકાતી નથી. તમારી કાંડા ઘડિયાળ એક સેકન્ડ કે તેથી મોટા સમયગાળાને જ માપી શકે છે, એનાથી નાનો નહીં. ''એ નાનામાં નાનું માપ'' કે જે આ સાધનની મદદથી ચોક્કસપણે માપી શકાય છે તેને આ સાધનનું **'લઘુત્તમ માપ'** કહેવાય છે. જો તમારી માપપટ્ટી ઉપર નાનામાં નાનું ચિહ્ન એક મિલીમીટર અંતરે હોય તો, તે માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ 1 મિલીમીટર હશે. એનો અર્થ એ થયો કે જો તમારે 1 મિલીમીટરથી ઓછી લંબાઈની કોઈ વસ્તુનું માપન કરવું હોય તો આ માપપટ્ટી તમારે માટે કોઈ કામની નથી.

સાધનની મર્યાદા :

જેની ચર્ચા આપણે અગાઉ કરી તેનો અર્થ આ જ થાય છે. બાળકોને લઘુત્તમ માપની પૂર્વધારણા સમજાવવા માટે તમે તેમની પાસેની માપપટ્ટીની મદદથી બરાબર 3.41 સેન્ટીમીટર લાંબી એક લીટી દોરવા કહો કે જેથી તેઓ તેમાં આવનારી મુશ્કેલીઓને સમજી શકે.

આ વાત તો થઈ લઘુત્તમ માપની. પરંતુ એ પણ સંભવ છે કે સાધનનું ચોકસાઈ ભરેલું માપ એ તે સાધનથી લઈ શકાતા સારામાં સારા માપથી ઓછું પણ હોઈ શકે. તેનું સૌથી સારામાં સારું ઉદાહરણ છે, સ્ટોપવોચ. જે સ્ટોપવોચનો આપણે ઉપયોગ કરીએ છીએ તેનું લઘુત્તમ માપ હોય છે એક સેન્ટીસેકન્ડ (સેકન્ડનો 100 મો ભાગ) એટલે કે આ સ્ટોપવોચની મદદથી 1 સેન્ટીસેકન્ડનો સમયગાળો માપી શકાય છે. પરંતુ કોઈ પણ વ્યકિતને સ્ટોપવોચ ચાલુ કરીને બંધ કરવામાં જ 15 થી 20 સેન્ટીસેકન્ડ જેટલો સમય જોઈએ છે તેથી તમે આ કિંમતની નજીક કે તેનાથી ઓછા સમયનું માપ ચોક્કસાઈપૂર્વક લઈ શકતા નથી.

પ્રયોગમાં ચોકસાઈ (સત્યાર્થતા)

આપણે સાધનની માપવાની મર્યાદાઓ તથા વાપરવાની મર્યાદાઓમાં રહીને પણ જો સમયગાળો માપીએ તો પણ ચોક્કસ પરીણામો મળી શકે નહી તેવું બને. પ્રયોગમાં થતી ઘણી બધી બીજી ભૂલોને લીધે આવું થતું હોય છે. માપન સમયે આવનારી આ ભૂલોને મુખ્યત્વે આપણે બે અલગ-અલગ વર્ગમાં વહેંચીને સરખી રીતે સમજી શકીએ છીએ. વ્યવસ્થામાં થતી નિયમિત ભૂલો (Systematic Error) અને યાદચ્છીક કે આકસ્મિક ભૂલો (Random error)

નિયમિત ભૂલો (Systematic error):-

વ્યવસ્થામાં થતી ભૂલો (નિયમિત ભૂલો) એ છે કે જે ખામી ભરેલી પ્રાયોગિક ગોઠવણી કે ખામીયુક્ત સાધનને કારણે આવે છે

(A) પ્રાયોગિક ગોઠવણીમાં ખામીને લીધે ઉદભવતી નિયમિત ભૂલો

માની લો કે ઢળતા પાટીયાની પ્રવૃતિમાં પાટીયું એ રીતે ગોઠવાયુ હોય કે દડો સીધો ગબડવાને બદલે એક તરફ ગબડે તો ત્યારે આપણે એક જુદા જ અંતરને પાર કરવા માટેનો સમય માપીશું, એવું ધારીને કે આપણે જે ચિહ્નો આંકેલા હતા તે પસાર કરવા માટે દડાને એટલો જ સમય લાગે છે. આપણા પરીણામ ઉપર પણ આ ભૂલોની અસર દેખાશે. તેથી આવા પ્રકારની શકય ભૂલોને આપણે અગાઉથી જ ઓળખી લઈને સુધારી લેવી જોઈએ. જેમકે ઢળતા પાટીયાના પ્રયોગમાં પ્રયોગની શરૂઆતમાં જ આપણે પાટીયું એ રીતે મુકવું જોઈએ કે જેથી દડો સીધી રેખામાં નીચે તરફ ગબડે.

(B) ખામીયુક્ત સાધનને કારણે થતી ભૂલો:

જો સાધનનું માપાંકન (અંકન) (Calibration) જ સાચી રીતે થયું ન હોય તો પણ એ સાધન દ્વારા લીધેલા અવલોકનોમાં ભૂલો આવશે. જેનું માપન કરવાનું છે તેનું સાચુ માપ અને ખામીભર્યા સાધનથી લેવાતા માપમાં નિશ્ચિત પ્રમાણનો તફાવત આવે ત્યારે આ સમસ્યા જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે, જો માપપટ્ટી ઉપર ભૂલથી દરેક 1 ઈંચનું માપ 5% નાનું અંકિત થયું હોય, તો આ માપપટ્ટીથી દોરેલા એક 4 ઈંચના રેખાખંડ અને સાચા 4 ઈંચના રેખાખંડમાં 5% નો તફાવત હશે. એવી જ રીતે 6 ઈંચનું માપ એ 6 ઈંચની સાચી લંબાઈ કરતા 6 ઈંચના 5% જેટલું ઓછું આવશે.

પરંતુ એ જરૂરી નથી કે આ પ્રકારની ભૂલો ફક્ત ખોટા અંકનને કારણે જ થાય. એવું પણ થઈ શકે કે સાધનમાંજ કોઈ વિકૃતિ (ખામી) આવી ગઈ હોય - જેમકે એક લાકડાની માપપટ્ટી કોઈક કારણોસર થોડી વાંકી વળી ગઈ હોય તો એનાથી લીધેલા માપમાં સતત ભૂલો આવશે.

એક બીજા પ્રકારની ભૂલ થઈ શકે છે તે છે - શૂન્યને અંકિત કરવાની ભૂલ. આ ભૂલ ત્યારે આવે છે કે જ્યારે સાધનના સંદર્ભબિંદુ એટલે કે સાધનના શુન્યથી ખોટું માપ લેવાય. ઉદાહરણ તરીકે તમે એક દોરાની લંબાઈ માપતી વખતે દોરાનો એક છેડો 1 સેન્ટીમીટર પર રાખ્યો હોય અને બીજો છેડો 10 સેન્ટીમીટર ઉપર આવે તો ત્યારે દોરાની લંબાઈ 10 સેમી નહી હોય. આ ઉદારહણમાં દોરાની લંબાઈ તેના બંને છેડાની અનુરૂપ કિંમતના તફાવત જેટલી એટલે કે 10 સે.મી. - 1 સે.મી. = 9 સે.મી. બાળકો ઘણીવખત આ ભૂલ કરે છે. આવા કિસ્સામાં, માપવામાં આવેલી દરેક લંબાઈ અને સાચા માપમાં એક ચોક્કસ માપ એટલે કે 1 સેમી. નો તફાવત આવશે. આનો અર્થ એ પણ થશે કે જો તમે એક માપ '0' સેન્ટી મીટર અંકિત કરેલ બિંદુને સંદર્ભબિંદુ તરીકે લઈને અને બીજી કોઈ વ્યક્તિ કોઈ બીજા બિંદુને સંદર્ભબિંદુ તરીકે લે, જે રીતે ઉપરના ઉદારહણમાં દર્શાવ્યું છે તો અંતરનું માપ દરેક કિસ્સામાં લીધેલા સંદર્ભબિંદુ મુજબ જ ગણતરી કરશે.

વ્યવસ્થામાં થતી આવી ભૂલોને દરેક વખતે સરળતાથી શોધી શકાતી નથી, પરંતુ તેને દૂર કરી શકાય છે. જો આપણે પહેલેથી જ આવી ભૂલોના સંભવિત સ્રોતને લઈને સાવધાની રાખીએ અને તેને ઓળખી કાઢવાની કોશિશ કરીએ. તે પછી પ્રયોગની ગોઠવણીમાં અને પ્રયોગમાં ગોઠવવાતા સાધનોમાં જરૂરી ફેરફાર કરી શકાય છે. પ્રયોગ દરમ્યાન લેવામાં આવેલા અવલોકનો વિશ્વાસ યોગ્ય હોય, તે માટે જરૂરી છે કે સાધનોને સારી રીતે પ્રમાણિત કરી લેવામાં આવે.

આકસ્મિક ભૂલો (Random errors)

આકસ્મિક ભૂલો એટલે કે જે અચાનક (By chance) થતી હોય. જ્યારે પણ અવલોકનો નોંધવામાં આવે, ત્યારે તે શક્ય નથી કે દરેક વખતે એક જ પરિસ્થિતિ રાખીને અવલોકનો લેવાય, જેને કારણે એક જ પ્રયોગના જુદા-જુદા અવલોકનોમાં ફરક આવે છે.

આપણે પાછી એજ ઢાળવાળા પાટીયાની પ્રવૃતિને લઈએ. આ પ્રવૃતિમાં પાટીયા ઉપર નિશાની કરેલા બે બિંદુ વચ્ચે પસાર થવા માટે દડાને લાગતો સમય સ્ટોપવોચની મદદથી માપવાનો હોય છે. અહીં પ્રયોગકર્તાનો પોતાનો પણ એક લઘુત્તમ પ્રતિક્રિયા સમય (મિનિમમ રીએક્શન ટાઈમ) હોય છે, તેથી આ માપન લેવું ખુબ જ મુશ્કેલ છે કેમકે એકદમ એ જ ક્ષણે કે જ્યારે દડો અંકિત કરેલી રેખાને ઓળંગે ત્યારે જ સ્ટોપવોચને બંધ કે ચાલુ કરવું સંભવ નથી. આ પ્રકારની ભૂલોને ફક્ત પ્રયોગોને ધણીબધી વખત પુનરાવર્તિત કરી તેના સરેરાશ અવલોકનનો ઉપયોગ કરીને જ ઓછી કરી શકાય છે. આંકડાશાસ્ત્રની સામાન્ય સમજ મુજબ આપણે એ જાણીએ છીએ કે જેમ જેમ અવલોકનોની સંખ્યા વધારી અને તેનો સરેરાશ લઈશું, તો તે અવલોકનની સાચી કિંમતની આસપાસ તમે પહોંચી શકશો. પોતાની રીતે આમાંથી કોઈ પણ આંકડો એકદમ સાચો હશે નહીં. હા ! એના સરેરાશ આ બધામાં સૌથી ચોક્કસ કિંમત હશે.

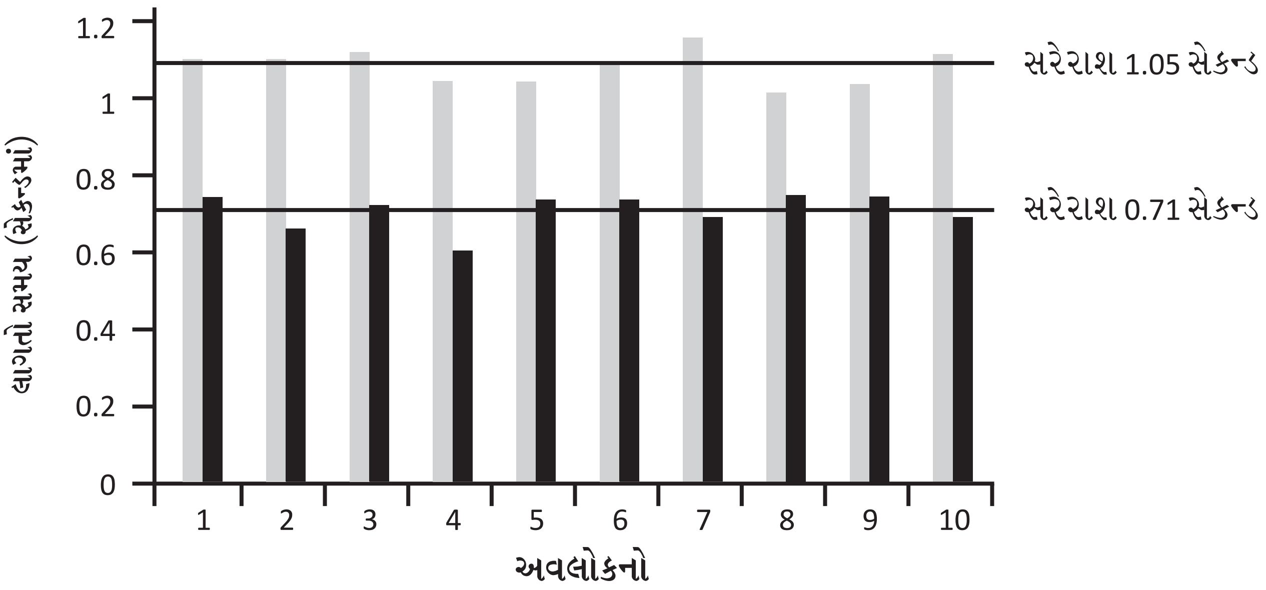
નીચે આપેલા ટેબલમાં નમૂના તરીકે ઢાળવાળા પાટીયાના પ્રયોગ માટે લીધેલા અવલોકનો દર્શાવવામાં આવ્યા છે. 45 સેન્ટીમીટર લાંબા બે અંતરાલને પસાર કરવા માટે દડાને લાગતો સમય નોંધવામાં આવ્યો છે.

કોષ્ટક:1

અવલોકન	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
અંતરાલ-1	1.06	1.06	1.07	1.03	1.03	1.05	1.11	1.00	1.01	1.07
અંતરાલ-2	0.74	0.66	0.72	0.73	0.63	0.74	0.68	0.70	0.75	0.70

એવું માની લઈએ કે આવલોકનકર્તા પૂરી કાળજીપૂર્વક આ અવલોકનો (માપન) લે છે એવી જાણ સાથે કે સાધનને સાચી રીતે કઈ રીતે વાપરવું અને સાધનની મર્યાદા કઈ છે. તમે જોઈ શકો છો કે બધી કિંમતો કોઈ પણ વિભાગ માટે એકસરખી નથી, જો આપણે આ અવલોકનો ને આલેખ સ્વરૂપે દર્શાવીએ તો આપણે એ જોઈ શકીશું કે માહિતીનું સરેરાશથી વિચલન બંને તરફનું છે. એટલે કે કિંમતો સરેરાશથી વધુ પણ છે અને ઓછી પણ છે.

આલેખમાં રાખોડી સ્તંભ, અંતરાલ-1 ને પસાર કરવા માટે સમય અને કાળો સ્તંભ, અંતરાલ-2 ને પસાર કરવા માટે દડાને લાગતો સમય દર્શાવે છે. અંતરાલ-1 ને પસાર કરવા માટે દડાને લાગતો સરેરાશ સમય 1.05 સેકન્ડ અને અંતરાલ-2 ને પસાર કરાવ માટેનો સરેરાશ સમય 0.71 સેકન્ડ દર્શાવે છે. જો તમે આ બંને વિભાગના સરેરાશની કિંમત ઉપરથી બે આડી રેખાઓ દોરશો, તો તમે એ જોઈ શકશો કે આંકડાઓનું વિચલન (સરેરાશથી વધારે - ઓછું) સરેરાશ કિંમતની બંને તરફ એટલે કે ઉપરની અને નીચેની તરફ જોવા મળશે.



આલેખઃ અંતરાલ 1 અને 2 માટે લાગતો સમય - અવલોકનો

આપણાં સારામાં સારા પ્રયત્નો છતાં અવલોકનોમાં આવતું આવું વિચલન, સમયમાં આવતો તફાવત કોઈ પણ રીતે પૂરેપૂરો નાબૂદ કરી શકાય નહીં. અને તેથી આપણે આ પ્રયોગને 8-10 વખત પુનરાવર્તિત કરીને તેને ઓછો કરી શકીએ. તેથી જો આપણે આ પ્રયોગને ઘણી વખત પુનરાવર્તિત કરીશું, તો પણ એમાં આવતી ભૂલોથી સંપૂર્ણ છૂટકારો મેળવી શકવાના નથી. કેટલીક ભૂલો તો હંમેશા રહેશે જ. હવે, જો તમે એ જાણવા ઈચ્છો કે કઈ રીતે તમારી પ્રાયોગિક કિંમત -સૈધ્ધાંતિક કિંમતની કેટલી નજીક છે. એટલે કે જો તમે આ ભૂલોનું પ્રમાણ જાણવા ઈચ્છતા હોવ તો જ્યારે તમે પ્રયોગની પુનઃ ચકાસણી કરો, ત્યારે તમે ભૂલોની ટકાવારીની ગણત્રી તમારા પ્રયોગ માટે કરી શકો. આ સામાન્ય રીતે વપરાતી પધ્ધતિ છે કે જેના દ્વારા પ્રયોગ દરમ્યાન થતી ભૂલોને વર્ણવી શકાય છે. એ બીજું કંઈ નહી પણ પ્રાયોગીક કિંમત અને અપેક્ષિત કિંમત સાથેનો ગુણોત્તર જ છે.

ભૂલોની ટકાવારી શોધવાનું ગાણિતીક સમીકરણ નીચે મુજબ છે.

$$\text{ભૂલોની ટકાવારી} = \frac{(\text{પ્રાયોગીક માપ} - \text{અપેક્ષિત કિંમત}) \times 100}{\text{અપેક્ષિત કિંમત}}$$

જો તમે સૈધ્ધાંતિક કે અપેક્ષિત કિંમત અગાઉથી જાણતા ન હોય, તો આપણે આ ભૂલોની માત્રા જાણી શકીએ નહી. પરંતુ તમે 'ગુરૂત્વાકર્ષણને કારણે મળતો પ્રવેગ' ની કિંમત શોધવા માટેના પ્રયોગની રચના કરી હોય કે જેની સૈધ્ધાંતિક કિંમત 9.8 મીટર / સેકન્ડ છે તો આવા પ્રયોગને સત્યાર્થતા ચકાસણી પ્રયોગ કહેવાય છે. જો આ પ્રયોગમાં પ્રવેગનું પ્રાયોગીક મુલ્ય 9.6મીટર/સેકન્ડ આવે છે, તો ભૂલની ટકાવારી થશે,

$$\text{ભૂલોની ટકાવારી} = \frac{(9.6 - 9.8) \times 100}{9.8}$$

$$= 2\% \text{ (લગભગ)}$$

જો તમને અહીં ભૂલોની ટકાવારી વધુ મળે છે (માની લો 10%) તો તમારે તમારો પ્રયોગ ફરી વખત કરવો જોઈએ. પ્રયોગ તૈયાર કરવાથી લઈને અવલોકનો નોંધવા સુધી. જો એવો કોઈ પ્રયોગ કરીએ કે જેમાં અપેક્ષિત માપ ખબર ન હોય, તો આપણે અવલોકનોના વિસ્તારની ચકાસણી કરવી પડશે. જો શ્રેણી (વિસ્તાર) સરેરાશ માપના 10% થી વધુ હોય તો ભૂલો ક્યા થાય છે તે શોધવા આપણે પ્રયોગ પાછો કરવો પડશે.

$$\text{ભૂલોની ટકાવારી} = \frac{(\text{મોટામાં મોટી કિંમત} - \text{સરેરાશ કિંમત}) \times 100}{\text{સરેરાશ કિંમત}}$$

આ રીતે આપણે જોયું કે સાધનોની મર્યાદામાં રહીને કામ કરીને અને બધાં જ પ્રકારની સાવચેતી રાખવા છતાં પણ આપણે ભૂલોને પુરેપુરી નાબૂદ કરી શકતા નથી. મુદ્દો એ છે કે, અવલોકનોમાં હંમેશા થોડા તફાવતો આવશે જ એટલે જ્યારે પણ તમે વર્ગમાં માપન અંગેની ચર્ચા કરો ત્યારે આ બાબત દરેક વખતે ફરીથી સમજાવવી જ જોઈએ. તમે આવી માપનની વધુ પ્રવૃત્તિઓ કરાવ્યા પછી તેની વૈચારીક બાબતોની ચર્ચા કરી શકો. આવી એક પ્રવૃત્તિ ટેબલની લંબાઈ માપવા માટેની કરી શકાય. લંબાઈ માપતી વખતે શું શું પાયાની ચોકસાઈ રાખવી જોઈએ તે અંગે ચર્ચા કરી, વિદ્યાર્થીઓને ટેબલની લંબાઈ જેટલી ચોકસાઈથી લેવાય તેટલી ચોકસાઈથી તે લેવાનું કહો.

એકવાર બધાં, લંબાઈનું માપન કરી લે પછી માપનની ચોકસાઈ અંગે, તેમાં થતી ભૂલો અંગે કે એવા મુદ્દા કે જેનાથી આંકડાકીય માહિતીમાં આવતી વધઘટની ચર્ચા કરી શકાય.

પરિશિષ્ટ-4

પ્રોજેક્ટ માટેના કેટલાંક સૂચનો

નીચે આપવામાં આવેલા પ્રોજેક્ટનો હેતુ વિદ્યાર્થીઓને આ પ્રોજેક્ટ કાર્ય દરમ્યાન ઊઠતા પ્રશ્નોને હલ કરવા માટે પોતાના પ્રયોગ તૈયાર કરવા માટેની તક આપવાનો છે.

સરેરાશ ઝડપનું માપનઃ-

તમે વિદ્યાર્થીઓને એવા પ્રયોગ તૈયાર કરવાનું કહી શકો છો કે જેમાં કોઈ ગતિમાન વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ શોધવાની હોય. આ માટે તમે નીચે આપેલા ગતિમાન પદાર્થોને લઈ શકો છો. એવી પણ શક્યતા છે કે તેઓ એવુ શોધી કાઢશે કે કેટલાંક પદાર્થોની ઝડપ ખરેખરમાં માપવી સામાન્ય ઉપલબ્ધ સાધનો દ્વારા શક્ય નથી. તેમ છતાં, આ પણ એક સરસ પ્રયત્ન છે કે શાની ઝડપ વ્યવહારમાં ઉપલબ્ધ સાધનો દ્વારા માપી શકાય તેમ નથી અને શા માટે? (એવું ધારી લો કે આ બધી જ ગતિ સીધી રેખામાં થાય છે) સાથે જ એની ચર્ચા પણ કરો કે તમે આપેલી પધ્ધતિમાં ક્યાં ક્યાં ભૂલો થવાની શક્યતા છે અને તમે તેને કઈ રીતે ઓછામાં ઓછી કરી શકશો.

(1) વિકેટ કિપરને મેદાનના દૂરના ક્ષેત્રથી ફેકાયેલો ક્રિકેટ બોલ.

(2) પવન

(3) વાદળ

(4) વરસાદના ટીપાં

(5) આગળ અને પાછળના બે નિશ્ચિત બિંદુ વચ્ચે જેટલી ઝડપથી હાલી શકે એટલી ઝડપથી હાલતો હાથ.

(6) આંદોલીત થતા બેટની ટોચ.

(7) સમતલ મેદાનમાં ચાલતો, સીડી પર ઉપર ચડતો અને નીચે ઉતરતો એક વ્યકિત.

(8) બંધ થતુ અને ખુલતું કેમેરાનું શટર

(9) વધતા નખના છેડા

(10) ઊડતું પક્ષી

(11) ગટરમાંથી વહેતું પાણી

(12) એક ગિટારના કંપીત તારનું મધ્યબિંદુ

પ્રવેગનું માપન:

(1) ઢાળવાળા પાટીયા (inclined plane) પર દડાને ગબડાવવાનો જે પ્રયોગ તમે કર્યો, તેમાં ગબડતા દડાનો પ્રવેગ શોધવા માટેની રીતો વિચારો.

(2) જો આપણે એવું ધારી લઈએ કે સાઈકલને બ્રેક મારવાથી ઉદ્ભવતો પ્રતિપ્રવેગ એક સરખો હોય છે તો શું તમે એવો પ્રયોગ વિચારી શકો કે જે આ પ્રતિપ્રવેગને માપી શકે.

20 મીટરની દોડ માટે સરેરાશ ઝડપ માપવી.

આ અંતર જેટલું દોડવા માટે લાગતો સમય માપવા માટેની આ પ્રવૃતિ એક ખુલ્લી જગ્યામાં થવી જોઈએ કે જેથી દોડવા માટે પુરતી જગ્યા મળી રહે. કોઈ એક વિદ્યાર્થીને 20 મીટર લાંબા સીધા પટ્ટા ઉપર દોડવા કહો. જે વિદ્યાર્થી આ અંતર દોડવા માટેનો સમય નોંધવાનો છે તેને અંતિમ લાઈન ઉપર ઊભા રહેવા કહો. આ વિદ્યાર્થી દોડનારા વિદ્યાર્થીને દોડ શરૂ કરવાનો ઈશારો કરશે અને ત્યારે જ સ્ટોપવોચ ચાલુ કરશે અને જ્યારે તે વિદ્યાર્થી અંતિમ રેખા ઓળંગશે ત્યારે જ સ્ટોપવોચ બંધ કરશે. અને નીચે આપેલા કોષ્ટકમાં સમયના અવલોકનો નોંધશે.

કોષ્ટક-1

ક્રમ નં	નામ	કુલ અંતર (મીટર)	લાગતો સમય (સેકન્ડ)	સરેરાશ ઝડપ (મીટર/સેકન્ડ)
1		20		
2		20		
3		20		
4		20		
5		20		

આ પ્રવૃતિ મોડ્યુલમાં આપેલી બીજી પ્રવૃતિઓ કરતા અલગ છે કેમકે આ પ્રવૃતિને ખુલ્લા મેદાનમાં કરવાની છે. જ્યારે બાળકો વર્ગખંડના માહોલથી કંટાળેલા લાગે ત્યારે આ પ્રવૃતિને એક સરસ મજેદાર રમત સ્વરૂપે પણ થઈ શકે છે. એક વખત આંકડાઓ નોંધી લેવામાં આવે ત્યાર પછી આ પ્રવૃતિ સાથે જોડાયેલી કેટલીક ભૂલો અને ચોકસાઈ વધારી આ પ્રયોગને શી રીતે કરી શકાય તેની વાતચીત કરવી.

એક ગબડતી લખોટીની ઝડપ માપવી.

ગબડતી લખોટીની ઝડપ માપવા માટે પહેલા વિદ્યાર્થીઓને કહો કે તેઓ 3-4 સભ્યોની ટીમ બનાવી લે. દરેક સમૂહમાંથી બાળકોને કહો કે તેઓ કોઈ એક બાળકને નક્કી કરે જે એક ચોક્કસ અંતર (માની લો 2 મીટર) સુધી લખોટીને ગબડાવશે. સમય માપવા માટે આગળ કરેલી પ્રવૃતિમાં આપેલી પધ્ધતિ અજમાવો. જો તમે ઈચ્છો તો સમતલ જગ્યાને બદલે ઢળતી જગ્યા ઉપર પણ લખોટીને ગબડાવી શકો છો. વિદ્યાર્થીઓને કહો કે તેઓ પોતાની જાતે જ લખોટીની ઝડપ માપે અને ભેગા કરેલા આંકડાઓને બીજા વિદ્યાર્થીઓને દર્શાવવા માટે એક કોષ્ટકમાં નોંધી લે.

આંખોની પલકોને ઝબકાવવામાં લાગતો સમયગાળો નોંધવો.

આ એક ખૂબ જ રસપ્રદ પ્રવૃતિ છે. જેમાં એક વિદ્યાર્થી સતત પોતાની સામાન્ય ઝડપે પોતાની આંખની પલકોને 20 વખત ઝબકાવશે (ખોલ-બંધ). જ્યારે પહેલો વિદ્યાર્થી પોતાની પલકો ઝબકાવતો હોય ત્યારે બીજા વિદ્યાર્થીને સ્ટોપવોચ લઈને આ માટે લાગતો સમય નોંધવા માટે કહો. સમૂહના દરેક સભ્યને પલકો ઝબકાવવા માટે કહો. આંવુ કરવાથી વિદ્યાર્થીઓ એકબીજા સાથે તુલના કરી શકશે કે કોણ વધુ ઝડપથી કે ધીમેથી પલક ઝબકાવે છે.

આ પ્રવૃતિ અગાઉની પ્રવૃતિ કરતા અલગ છે અને અહીં તેમને ઝડપની સમજ મળતી નથી. ઝડપ શોધવા માટે તો આપેલું અંતર પૂર્ણ કરવા માટે લાગતો સમય શોધવાનો હોય છે. પરંતુ આ પ્રવૃતિમાં તો આપણે એ શોધી રહ્યા છે કે કેટલા સમયમાં એક વિદ્યાર્થી 20 વખત પલક ઝબકાવે છે. સમયના એક એકમમાં પલક ઝબકાવવાની સંખ્યાને આપણે આવૃતિ કહીશું. આવૃતિના ખ્યાલની મદદથી આપણે કોઈ પદાર્થની નીયતકાલીન / આંદોલીત ગતિના ઝડપીપણા કે ધીમાપણાનો અંદાજ લગાવી શકીએ છીએ.

માટીના રોલને કાપવામાં લાગતો સમય નોંધવો.

આવૃતિના ખ્યાલને સમજવા માટે આ એક બીજી પ્રવૃતિ પણ કરી શકાય છે. આ પ્રવૃતિ માટે એક ભીની માટીનો નળાકાર બનાવો. જે આશરે 20 સેમી લાંબો અને ગોળાઈમાં 1 સેમી વ્યાસનો હોય. ત્યારબાદ દરેક વિદ્યાર્થીએ આવા નળાકારને ચપ્પુની મદદથી 20 ભાગોમાં કાપવાના છે. સાથે જ આ પ્રવૃતિને પૂર્ણ કરવા માટે લાગતો સમય પણ નોંધવાનો છે. જ્યારે બધાં વિદ્યાર્થી આ પ્રવૃતિ પૂર્ણ કરે.ત્યારે નળાકાર (રોલ) ને કાપવાની આવૃતિ શોધવા માટે દરેક વિદ્યાર્થી રોલના કાપેલા ટૂકડાની સંખ્યાને તે માટે લાગતા સમય વડે વિભાજીત કરશે. પ્રવૃતિ પૂર્ણ થશે ત્યારબાદ વિદ્યાર્થીઓને તેમના અવલોકનો માટેનો સરેરાશ સમય શોધવા પણ કહી શકાય.

સ્વાધ્યાય પ્રશ્નો

વૈચારિક પ્રશ્નો

(1) ચર્ચા કરો કે જ્યારે ટ્રેઈન સામેથી આવે છે ત્યારે તેની ઝડપ ખૂબ જ તેજ લાગે છે જ્યારે આપણી ટ્રેઈનની બાજુમાંથી બીજી ટ્રેઈન આગળ નીકળી જાય ત્યારે તે ખૂબ ધીમી લાગે છે આવુ કેમ ?

(2) ભારે વરસાદમાં અમીત પોતાની સાયકલ લઈને સ્કૂલે જઈ રહ્યો છે. વરસાદથી બચવા માટે તેણે છત્રી પોતાના એક હાથમાં પકડી છે. ત્યાં જ એક બસ સ્ટેન્ડ પાસેથી પસાર થતા ત્યાં ઊભેલા લોકોને જોઈને તે આશ્ચર્યચકિત થઈ જાય છે. તે જુએ છે કે સ્ટેન્ડ ઉપર ઉભેલા લોકોએ પોતાની છત્રી સીધી ઉપરની તરફ પકડી છે. જ્યારે તેણે આ જ વરસાદમાં પોતાની છત્રી થોડી સામેની તરફ ઝુકાવીને પકડી હતી. અમીત વિચારમાં પડી જાય છે કે આવું કેમ ? તમારી પાસે આનો કોઈ જવાબ છે ?

(3) તમને તમારી નાની બહેન પ્રશ્ન પુછે કે (આકાશમાં) ઉપર ઉડતા પક્ષીની સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ? તો તમારો જવાબ શું હશે ? તમે એની ચકાસણી શી રીતે કરશો કે તમારું અનુમાન સાચુ છે કે નહી ?

(4) જો તમને કોઈ વસ્તુની તત્કાલ ઝડપ શોધવાનું કહેવામાં આવે તો એ સમજાવો કે તમે તે શી રીતે શોધશો. એવા કયાં પરીબળો હશે, જે તત્કાલ ઝડપ શોધવા માટે જરૂરી હશે. શું તમે આવું કરવાની એક થી વધુ રીતો જણાવી શકો છો ?

(5) એક ઝાડ ઉપર એક ઘુવડ પોતાની ચાંચમાં એક પથ્થર પકડીને બેઠું છે. કેટલાંક સમય પછી તે પથ્થર તેની ચાંચમાંથી સરકીને નીચે પડી જાય છે. નીચે પડતા પથ્થરની ગતિ માટે નીચે કેટલીક બાબતો આપવામાં આવી છે. જેમાંથી સાચું હોય તેની પર √ ચિહ્નકરો.

(a) પથ્થરની શરૂઆતની ઝડપ શૂન્ય હશે.

(b) પથ્થર સીધી રેખામાં નીચેની તરફ પડશે.

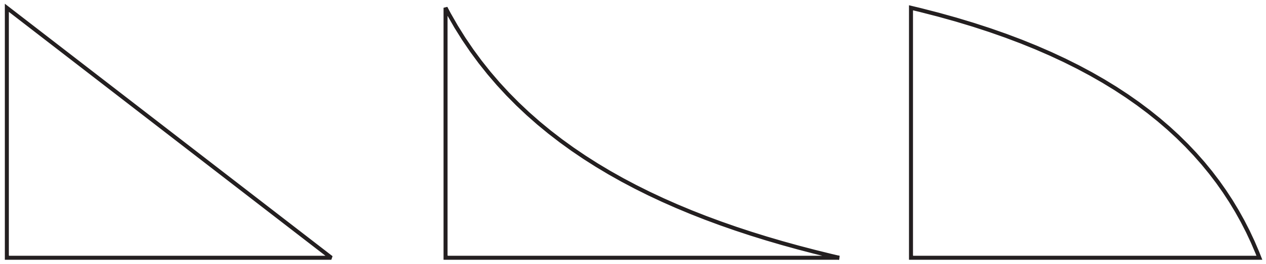
(c) પથ્થર એક સરખી ગતિથી નીચેની તરફ પડતો જશે, જ્યાં સુધી તે નીચે જમીન સાથે ન અથડાય.

(d) નીચે પડતા પથ્થરની ઝડપ ત્યાં સુધી સતત વધતી જશે જ્યાં સુધી તે નીચે જમીન સાથે નહીં અથડાય.

(e) જમીન પર અથડાય તેના તરત અગાઉ પથ્થરની ઝડપ સૌથી વધુ હશે.

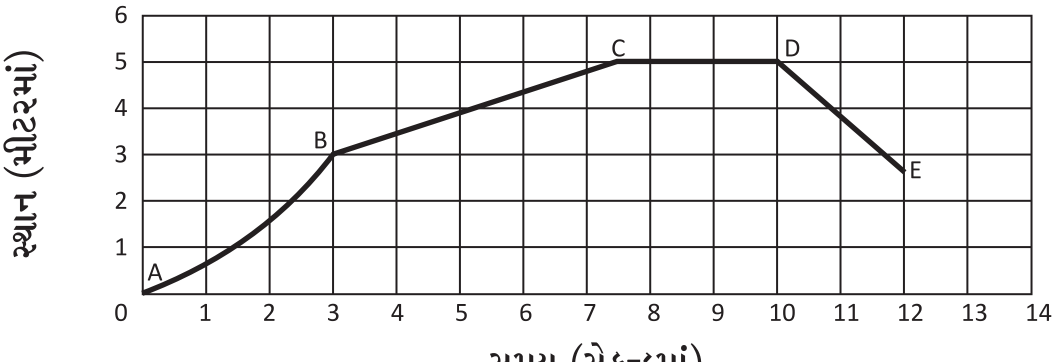
(6) એક નવી બની રહેલી બિલ્ડીંગના ચોથા માળેથી એક ઈંટ છટકીને નીચે પડવા માંડી તો શરૂઆતમાં તેનો પ્રવેગ કેટલો હશે ? જમીન પર અથડાવાના તરત પહેલા તેનો પ્રવેગ કેટલો હશે ? જો આપણે એવું માની લઈએ કે નીચેના દરેક માળ ઉપર લગાડેલી બારી તે માળના તળીયાથી સમાન ઊંચાઈએ છે તો શું નીચે પડતી ઈંટને આ બારીઓની વચ્ચેના અંતરને પસાર કરવા માટે લાગતો સમય એક સરખો હશે ? એ પણ વિચારો કે ઈંટ ચોથા માળને બદલે દસમાં માળથી પડે તો પણ તમારો જવાબ સરખો જ હશે ? કે જુદો ?

(7) આકૃતિ-1 માં ત્રણ અલગ અલગ પ્રકારનો ઢાળ દર્શાવવામાં આવ્યો છે. જો એક દડો આ ઢાળ ઉપરથી ગબડાવવામાં આવે તો કયા ઢાળ માટે પ્રવેગ સરખો હશે ? અને કયા ઢાળમાં પ્રવેગ બદલાતો રહેશે ? જો તમે કહો છો પ્રવેગ બદલાશે તો તે વધશે કે ઘટશે ?



આકૃતિ:1 જુદા જુદા ઢાળ ધરાવતી ઢળતી સપાટી.

(8) નીચે આપેલો અંતર-સમયનો આલેખ (આકૃતિ-2)
એક સીધી રેખામાં ચાલી રહેલી ગાડીની ગતિને દર્શાવે છે. તેના આધારે નીચે આપેલા સવાલના જવાબ આપો.



આકૃતિ:2 ગાડીનો અંતર - સમય આલેખ.

(a) કયા સમયગાળામાં ગતિ અટકી ગઈ છે ?

(i) AB (ii) BC (iii) CD (iV) DE

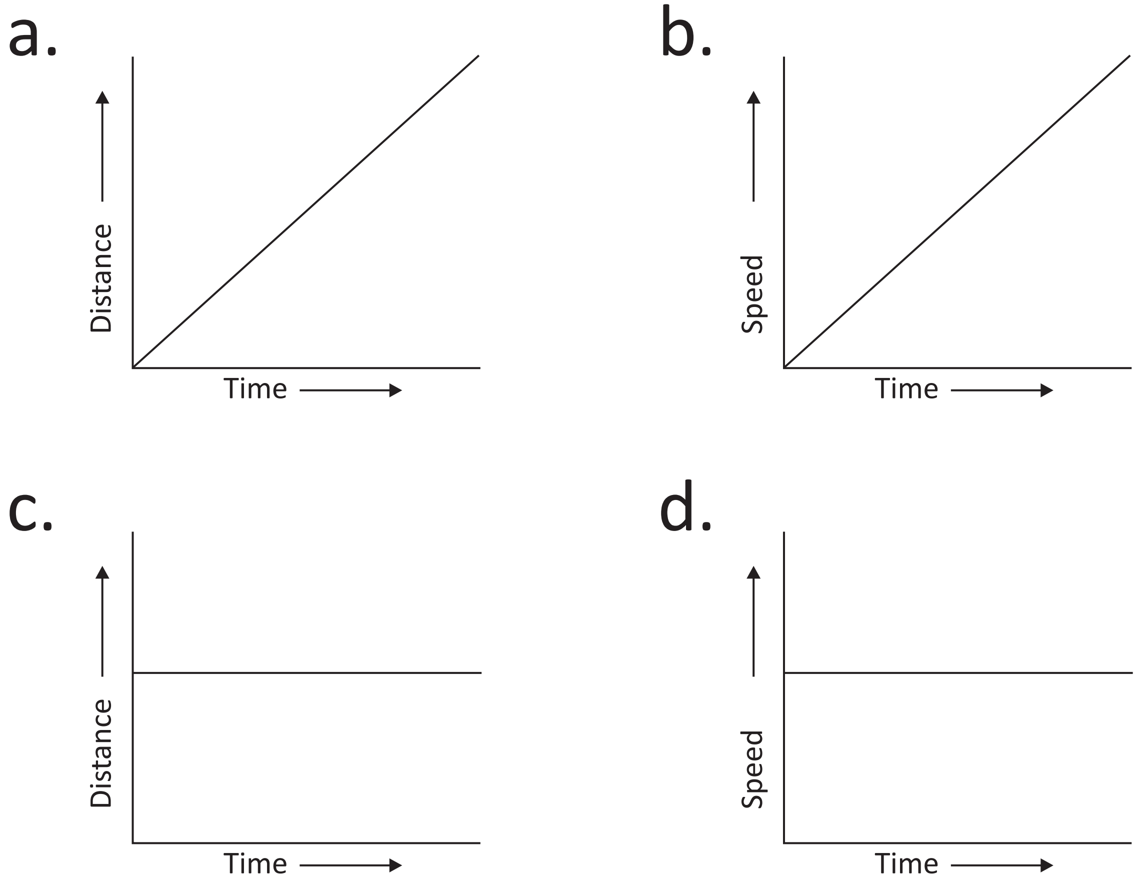
(b) કયા સમય ગાળામાં ગાડી પોતાની શરૂઆતની સ્થિતિ તરફ જઈ રહી છે ?

(i) AB (ii) BC (iii) CD (iV) DE

(c) BC અને DE માંથી કયા સમયગાળામાં ગાડીની ઝડપ વધું છે ?

(i) BC (ii) DE

(9) એક હેલીકોપ્ટર 50 કિમી / કલાકની નિયમિત ગતિથી પૂર્વ દિશા તરફ ઊડી રહ્યું છે. નીચે આપેલી આકૃતિમાં આલેખનો કયો ભાગ હેલીકોપ્ટરની ગતિને સાચી રીતે દર્શાવે છે.



આકૃતિ:3 હેલીકોપ્ટર માટે અંતર-સમય અને ઝડપ - સમય આલેખ.

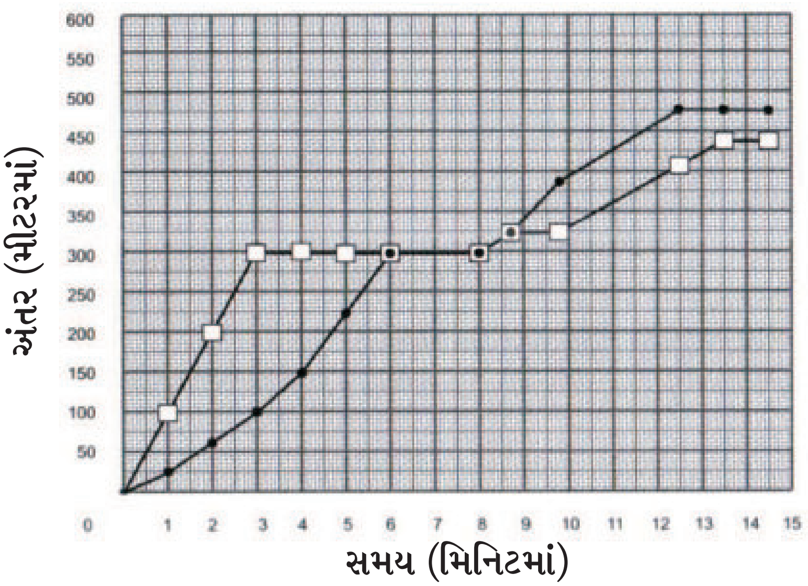
(10) આ એક ખુબ જૂની વાર્તા છે તમે કદાચ આગળ તે સાંભળી પણ હશે. આ વાર્તા છે સસલા અને કાચબાની દોડની. બંને વચ્ચે એ શરત લગાડવામાં આવી હતી કે કોણ દોડમાં જીતશે. દોડ શરૂ થાય છે અને શરૂઆતમાં સસલુ ખૂબ ઝડપથી દોડતું કાચબાથી ખૂબ આગળ નીકળી જાય છે. કાચબો પોતાની ધીમી ચાલ સાથે ધીરે - ધીરે સતત ચાલતો જાય છે. દૂર - દૂર સુધી કાચબાને નહીં જોઈને સસલુ એક ઝાડ નીચે આરામ કરવા રોકાઈ જાય છે અને તેને ઊંઘ આવી જાય છે. જ્યારે સસલાની ઊંઘ ઊડે છે. ત્યારે તે ઝડપથી દોડતો રેસ પૂર્ણ કરવા માટે ભાગે છે. પરંતુ જ્યારે તે દોડ પૂર્ણ કરવાની જગ્યા સુધી પહોંચે છે તો તેને ખબર પડે છે કે કાચબો તો તેના કરતા પહેલા ત્યાં પહોંચીને દોડ (રેસ) જીતી ચુક્યો છે.

કાચબા અને સસલાની આ દોડને આલેખ સ્વરૂપે દર્શાવો.

(11) 2012 ની ઓલમ્પિક રમતમાં પુરૂષોની 400 મીટર વિઘ્ન દોડમાં સુવર્ણ પદક જીતનાર ખેલાડીએ 47.63 સેકન્ડનો સમય લીધો. જ્યારે સ્ત્રીઓની આ જ દોડમાં સુવર્ણ પદક જીતનારી ખેલાડીએ 52.70 સેકન્ડનો સમય લીધો.

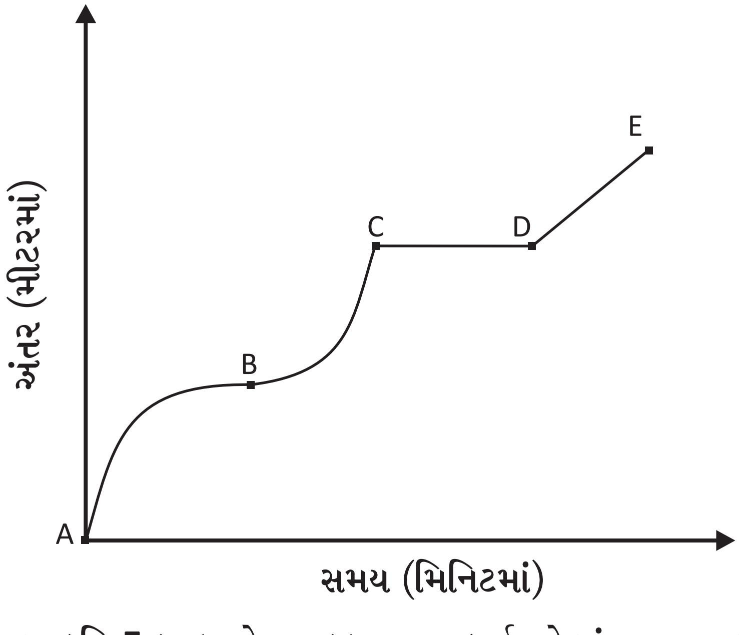
ખેલાડીઓએ 400 મીટરની આ દોડમાં 10 (વિઘ્નો) અંતરાલોને પાર કરવાના હતા. જો એવુ માની લેવામાં આવે કે દરેક વિઘ્નો એક સરખા અંતરે હતા તો કોઈ એક ખેલાડીને માટે ઝડપ-સમય આલેખ કેવો દેખાશે ? જો આ દોડમાંથી વિઘ્નો દૂર કરી દેવામાં આવે તો આ આલેખમાં કોઈ ફરક આવશે ? 400 મીટર રીલે દોડ (દરેક અંતરાલ માટે નવો દોડનાર ખેલાડી) માટે આલેખ કેવો હશે ?

(12) રમેશ (કાળા ગોળ) અને સુરેશ (સફેદ ચોરસ) દ્વારા તેમની મુસાફરી આકૃતિમાં દર્શાવવામાં આવી છે. આ આલેખને જોઈને રમેશ અને સુરેશની મુસાફરીની વાર્તા લખો.



આકૃતિ-4 રમેશ અને સુરેશની મુસાફરી દર્શાવતો અંતર-સમય આલેખ.

(13) જો તમે ક્યારેક સાયકલ ચલાવી હશે તો તમને એ વાતની ખબર જ હશે કે જ્યારે રસ્તો સીધો અને ખાડા ટેકરા વગરનો હશે ત્યારે તમને પેડલ મારવામાં કોઈ તકલીફ પડતી નથી પરંતુ જ્યારે કોઈ ઢાળ ઉપર તમારે ઉપર ચડવાનું હોય ત્યારે તમારી ઝડપ ધીમી થઈ જશે અને ઢાળ ઊતરતી વખતે ઝડપ વધી જાય છે. આકૃતિ-5 માં કમલાના એક આવા જ સાયકલ પ્રવાસને આલેખ દ્વારા દર્શાવ્યો છે. આલેખનું નિરીક્ષણ કર્યા બાદ એ જણાવો કે નીચેના વાક્યો સાચા છે કે નહીં.



આકૃતિ-5 કમલાનો સાયકલ પ્રવાસ દર્શાવતો અંતર-સમય આલેખ

(a) કમલા, પહેલા ઢાળ ચડયા પછી નીચે ઉતરી પછી તેણે થોડીવાર રોકાઈને આરામ કર્યો અને પછી સમતલ રોડ ઉપર સાયકલ ચલાવીને આગળ વધી ગઈ.

(b) કમલા સતત ઢાળ ઉપર તરફ જ સાયકલ ચલાવતી ગઈ.

(c) કમલા પહેલા ઢાળ પરથી નીચે ઉતરી. પછી સમતલ સડક પર આગળ વધી ઢાળ ઉપર ચડી અને અંતે રોકાઈ ગઈ.

(d) કમલા પહેલા ઢાળ ઉપર ચડી પછી થાક ઉતારવા થોડીવાર રોકાઈને આરામ કર્યો. ત્યારબાદ સમતલ સડક પર આગળ વધી ઢાળ પરથી નીચે ઉતરી ગઈ.

(e) આમાંથી કોઈ પણ નહીં.

(14) એક બાઈક 80 કિમી/કલાકની શરૂઆતની ઝડપે ચાલી રહી છે અને એક કાર જે 40 કિમી/કલાકની શરૂઆતની ઝડપે ચાલી રહી છે, તો શું બંનેને એક સરખા પ્રવેગથી ચલાવી શકાય ?

(15) એક ચાલતી વસ્તુની કોઈ એક સમયે ઝડપ શૂન્ય બરાબર છે. આ વાક્યના સંદર્ભમાં નીચેનામાંથી કઈ વાત સાચી હશે ?

(a) એ ચોક્કસ સમય બિંદુ ઉપર પ્રવેગ શૂન્ય હશે.

(b) જો પ્રવેગ બીજી 10 સેકન્ડ માટે તે બિંદુ પછી શૂન્ય રહેશે તો તે સમયગાળા દરમ્યાન તેની ઝડપ પણ શૂન્ય જેટલી થશે.

(c) જો તે બિંદુ પછીની 10 સેકન્ડ સુધી તેની ઝડપ શૂન્ય જેટલી હશે તો એ સમયગાળા દરમ્યાન તેનો પ્રવેગ પણ શૂન્ય જેટલો હશે.

(૧૬) એક દડાને પહાડની ઊંચાઈએથી કોઈક શરૂઆતની ઝડપે ઉપરની તરફ ફેંકવામાં આવે છે. એક ઊંચાઈ પર પહોંચ્યા પછી તે નીચેની તરફ પડવા માંડે છે અને નીચે જમીનને અથડાય છે. બીજી વખત આ જ દડાને એજ શરૂઆતની ઝડપ સાથે એજ પહાડની ઊંચાઈએથી નીચે ફેંકી દેવામાં આવે છે અને તે નીચે જમીનને અથડાય છે. આ બંને પરિસ્થિતિઓમાં જમીન પર અથડાવવાની થોડીવાર પહેલા દડાની ઝડપ પહેલાની સ્થિતિ બરાબર હશે કે વધારે હશે કે ઓછી હશે ?

સંખ્યાત્મક સવાલ

(17) એક 500 મીટર લાંબી ટ્રેઈન 10 મીટર / સેકન્ડની નિયમિત ઝડપે ચાલી રહી છે. તો તેને નીચે આપેલું અંતર કાપવા માટે કેટલો સમય લાગશે ?

(a) 250 મીટર લાંબો પુલ (b) એક ઈલેક્ટ્રીકનો થાંભલો

(18) બે કાર એક જ શરૂઆતની જગ્યાએથી, એક જ દિશામાં અને એક જ સડક ઉપર પણ અલગ-અલગ સમયે ગતિ કરવાનું શરૂ કરે છે. પહેલી કાર સવારે 10 વાગ્યા થી 40 કિમી / કલાકની નિયમિત ઝડપે ગતિ કરે છે જ્યારે બીજી કાર 1 કલાક પછી નિકળે છે અને 60 કિમી / કલાકની નિયમિત ઝડપે ચાલે છે. તો એ જણાવો કે પહેલી કારને ઓવરટેક કરવા માટે બીજી કારને કેટલા કલાકનો સમય લાગશે. અને આટલા કલાકમાં બંને કારે કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

(19) શ્રેયાને 2 કિમીનું અંતર ચાલીને જવાનું છે. તે પહેલા 1 કિલો મિટરમાં 6 કિમી / કલાકની ઝડપે ચાલે છે અને બીજા 1 કિલોમીટરના અંતરમાં 8 કિમી/કલાકની ઝડપે ચાલે છે. જો તેણે આટલું જ અંતર આટલા જ સમયમાં પણ નિયમિત ગતિથી ચાલીને પૂર્ણ કરવું હોય તો તેની ઝડપ કેટલી હોવી જોઈએ ? શું આ ઝડપ પહેલી બે ઝડપના સરેરાશ જેટલી હશે ?

(20) નીચે આપેલા ઉદાહરણોમાં તમારી સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?

(a) તમે 5 મીટર/સેકન્ડની ઝડપે 100 મીટર દોડો છો અને પછી 1 મીટર / સેકન્ડ ની ઝડપે 100 મીટર ચાલો છો.

(b) તમે 5 મીટર/સેકન્ડ ની ઝડપે 100 સેકન્ડ દોડો છો અને પછી 1 મીટર/સેકન્ડ ની ઝડપે 100 સેકન્ડ સુધી ચાલો છો.

(21) નીચે આપેલા કોષ્ટકમાં નિયમિત ઝડપે ગતિ કરતી એક વસ્તુની ચાર જુદી જુદી સ્થિતિ દર્શાવવામાં આવી છે.

કોષ્ટક-1

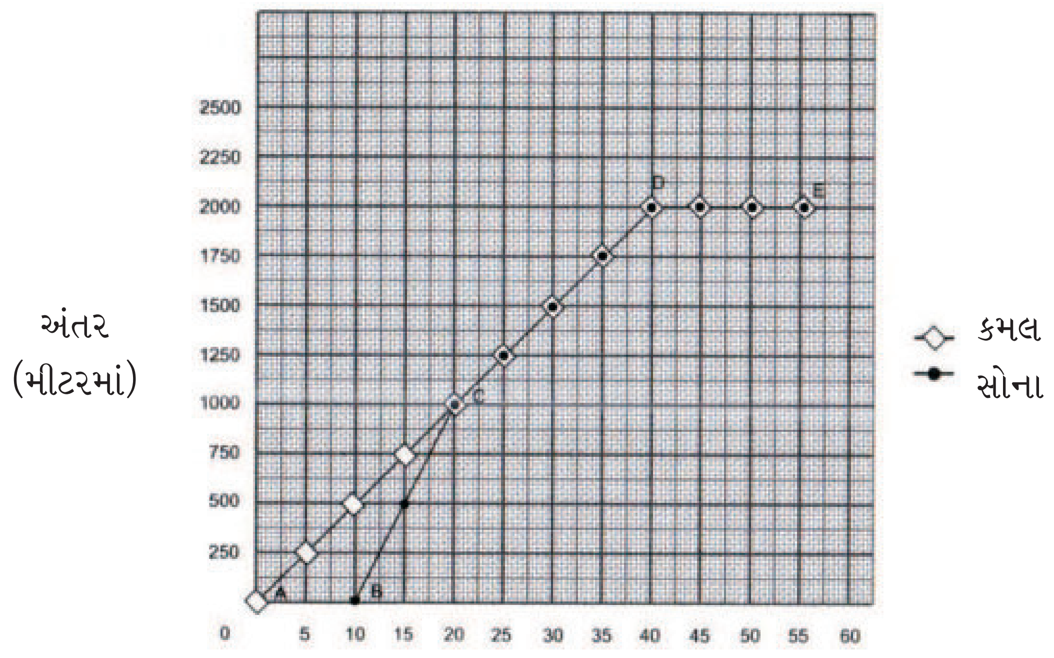
અંતર (સેમી)	**સમય (સેકન્ડ)**
0	0
3	9
5	15
7	21

(a) 20 મીટર / સેકન્ડે કહો કે તે વસ્તુ કેટલી ઝડપથી ચાલી રહી છે ?

(b) 18 સેકન્ડ પછી વસ્તુએ કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

(22) એક ગાડી પોતાની ઝડપ 5 સેકન્ડમાં 60 કિમી/કલાકથી 70 કિમી/કલાક કરી દે છે. બરાબર એટલા જ સમયમાં એક સાયકલ ચાલક પોતાની ઝડપ શૂન્યથી 10 કિમી / કલાક કરી દે છે. તો આ બંનેમાંથી કોનો પ્રવેગ વધુ છે ?

(23) કમલ અને સોનાએ સ્કૂલ છૂટયા પછી રામુની મીઠાઈની દુકાન જવાની યોજના બનાવી. સ્કુલ છૂટયા પછી જેવા તેઓ બહાર નીકળવા લાગ્યા, તેમના શિક્ષકે સોનાને બોલાવી લીધી. સોનાને ત્યાં જ રહેવા દઈ કમલ દુકાન તરફ ચાલવા માંડયો. કેટલાંક સમય પછી સોના પાછળથી દોડતી આવી અને કમલ સુધી પહોંચી ગઈ. પછી બંને એક સાથે રામુની દુકાને ગયા અને ત્યાં જલેબી ખાધી. આ આખો પ્રસંગ એક આલેખ દ્વારા આકૃતિ 6 માં દર્શાવ્યો છે.



આકૃતિ:-6 કમલ અને સોનાની સ્કૂલથી રામુની મીઠાઈની દુકાન સુધી પહોંચવાની મુસાફરીને દર્શાવતો અંતર-સમય આલેખ.

● આલેખને જોઈને નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ લખો.

(a) સ્કૂલે થી ચાલતા મીઠાઈની દુકાન સુધી પહોંચવા સુધીમાં કમલની સરેરાશ ઝડપ કેટલી છે ?

(b) સોના અને તેના શિક્ષક વચ્ચે કેટલો સમય વાતચીત થઈ ?

(c) કમલ સુધી પહોંચવામાં સોનાને કેટલો સમય લાગ્યો ?

(d) દોડતી વખતે સોનાની સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?

(e) કમલ સુધી પહોંચવામાં સોનાએ કેટલું અંતર કાપ્યું ?

(f) સ્કૂલથી લઈને મીઠાઈની દુકાન સુધીનું કુલ અંતર કેટલું છે ?

(g) કમલ અને સોના કુલ કેટલા અંતર સુધી સાથે ચાલ્યા ?

(h) કેટલા સમય સુધી બંને સાથે-સાથે ચાલ્યા ?

(24) તમે કદાચ આકાશમાં ઊડતા "લપલપીયા" કાચબાની વાર્તા તો સાંભળી જ હશે. બે હંસોએ એક લાકડીના છેડાને પોત-પોતાની ચાંચમાં દબાવી લીધી અને કાચબો આજ લાકડીને પોતાના દાંતમાં દબાવીને લટકી ગયો. જ્યારે બંને હંસો એક સાથે આકાશમાં ઉડયા ત્યારે કાચબાની પણ આકાશમાં મુસાફરી શરૂ થઈ. જયારે હંસો એક સુંદર તળાવની ઉપર 180 મીટરની ઊંચાઈ પરથી ઊડી રહ્યા હતા ત્યારે કાચબો નીચેનું સુંદર દૃશ્ય જોઈને મંત્ર મુગ્ધ થઈ ગયો અને એના મોંમાંથી બોલાઈ ગયું "વાહ !" હવે શું થયું હશે એનું અનુમાન તો તમે લગાવી જ શકો છો. પરંતુ સમજવા માટે નીચે પડતા કાચબાની ગતિને કોષ્ટક-૨ માં દર્શાવવામાં આવી છે.

કોષ્ટક: 2

સમય (સેકન્ડ)	નીચે પડતા કાપેલું અંતર મીટર
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125
6	180

(a) કાચબાની ગતિને એક આલેખ દ્વારા દર્શાવો.

(b) આલેખ કેવો દેખાઈ રહ્યો છે ?

(c) શું આલેખના આધારે તમે એ જણાવી શકશો કે કાચબાની ગતિ નિયમિત હતી કે અનિયમિત ?

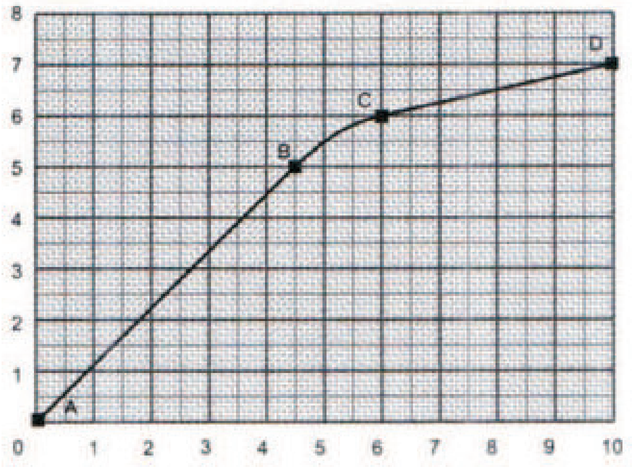
(d) 180 મીટરની ઊંચાઈએથી નીચે તળાવમાં પડતા કાચબાને કેટલો સમય લાગ્યો ?

(e) નીચે પડતા કાચબાની સરેરાશ ઝડપ કેટલી ?

(f) શું તમે સમય t=2 સેકન્ડે કાચબાની ઝડપ કેટલી હશે તે જણાવી શકો છો ?

(25) એક ગતિમાન વસ્તુની ગતિનું કાળજીપૂર્વક વિશ્લેષણ કર્યા બાદ જે જાણકારી મળી તેને આકૃતિમાં એક આલેખ દ્વારા દર્શાવવામાં આવી છે. આલેખ જોઈને નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ આપો.

અંતર (મીટરમાં)



સમય (સેકન્ડમાં)

આકૃતિ-7 એક વસ્તુની ગતિ દર્શાવતો અંતર-સમય આલેખ.

(a) કયા સમયે વસ્તુની ઝડપ સૌથી વધુ હતી અને તેની કિંમત કેટલી હતી ?

(b) કયા સમયે અથવા સમયગાળામાં વસ્તુની ઝડપ સૌથી ઓછી હતી અને તેની કિંમત કેટલી હતી ?

(c) t=1 સેકન્ડે તેની ઝડપ કેટલી હતી ?

(d) t = 8 સેકન્ડે તેની ઝડપ કેટલી હતી ?

(e) t = 7 સેકન્ડ અને t = 9.5 સેકન્ડની વચ્ચે વસ્તુએ કેટલું અંતર કાપ્યું ?

(f) t = 4 સેકન્ડ અને t = 7 સેકન્ડની વચ્ચે વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ કેટલી છે ?

(26) એક ગોદામમાંથી ભરેલી ટ્રક જ્યારે બહાર નીકળી તો તેનું મીટર - રીડિંગ 12345 કિમી. હતું. ત્રણ દિવસ પછી જ્યારે ટ્રક પાછી આવી ત્યારે તેનું મીટર - રીડિંગ 13245 કિમી હતું. તો આ દરમ્યાન ટ્રકની સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?

(27) એક સાયકલ સવાર પોતાની મુસાફરીની શરૂઆત શૂન્ય ઝડપે અને 1 મી/સે^{2} ના પ્રવેગ સાથે શરૂ કરે છે. જો શરૂઆતનો પ્રવેગ બીજી 4 સેકન્ડ સુધી જાળવી રાખે તો 4 સેકન્ડ પછી તેની ઝડપ કેટલી હશે ? આ દરમ્યાન તેણે કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

(28) એક બંદૂક જેની નળી 1 મીટર લાંબી હતી, એનાથી એક ગોળી છોડવામાં આવી. ગોળી નળીમાંથી 500 મીટર/સેકન્ડની નિયમિત ઝડપે નીકળી અને સામેની દિવાલમાં 5 સેમી અંદર સુધી ઘૂસી ગઈ.

(a) જો ગોળીના પ્રવેગના મુલ્યને સ્થિર માની લેવામાં આવે તો કહો કે ગોળી કેટલો સમય નળીમાં રહી.

(b) દિવાલ સાથે અથડાયા પછી ગોળીના પ્રતિપ્રવેગનું મુલ્ય કેટલું હશે ?

(29) એક વસ્તુ 3 મીટર / સેકન્ડની શરૂઆતની ઝડપે ચાલવાનું શરૂ કરે છે. સાથે પોતાની ગતિની દિશામાં જ 1 મી/સે^{2} જેટલા પ્રવેગ (સમાન) નો અનુભવ પણ કરે છે. તો

(a) શરૂઆતની 2 સેકન્ડમાં વસ્તુએ કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

(b) તેને 7 મી/સે ની ઝડપ પ્રાપ્ત કરતા કેટલો સમય લાગશે ?

(c) 7 મી/સે ની ઝડપે પહોંચવા લાગતા સમયમાં વસ્તુએ કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

(30) બે વસ્તુઓ ''A'' અને ''B'' સ્થિર અવસ્થામાંથી ચાલવાનું શરૂ કરી એક સીધી રેખામાં બરાબર સમય ''T'' સુધી ચાલે છે. વસ્તુ ''A'' પોતાનો શરૂઆતનો અડધો સમય ''a'' પ્રવેગથી ચાલે છે અને બાકીનો અડધો સમય ''2a'' પ્રવેગથી. ત્યાંજ વસ્તુ ''B'' શરૂઆતનો અડધો સમય ''2a'' પ્રવેગ સાથે પૂર્ણ કરે છે. તો આ બંનેમાં કઈ વસ્તુ વધારે અંતર કાપશે ? બંને વસ્તુ દ્વારા પૂર્ણ કરેલું અંતર અને અંતિમ ઝડપ શોધો.

Hint:- આ પ્રશ્નોના જવાબ મેળવવા માટે તમારે બીજ ગણિતની રીતોનો ઉપયોગ કરવો પડશે. એટલે એ સૂચન કરવામાં આવે છે કે વિદ્યાર્થીની બીજગણિતની સમજણ પાક્કી થઈ હોય તેમને જ આપવા.

(31) એક સુપરફાસ્ટ ટ્રેઈન 72 કિમી/કલાક ની ઝડપે ચાલી રહી હતી. ત્યારે જ ડ્રાઈવરની નજર 250 મીટર દૂર રેલ્વે લાઈનમાં ફસાયેલી એક ભેંસ ઉપર પડી. ભેંસને બચાવવા માટે તેણે તરત જ બ્રેક મારી દીધી. બ્રેક લગાડતાની સાથે જ ગાડી 1 મી/સે^{2} ના પ્રતિ પ્રવેગથી થોભવા માંડી. શું તમે બતાવી શકશો કે ભેંસ બચશે કે નહીં ?

(32) સામાન્ય રીત વાદળો ધરતીની સપાટીથી 1500 મીટરની ઊંચાઈએ ઊડતા હોય છે. જો આ ઊંચાઈએથી વરસાદના ટીંપા પડવાનું શરૂ કરે તો ધરતીની સપાટી પર પહોંચે ત્યારે તેની ઝડપ કેટલી હશે ?

(33) પાઈપમાં પડેલી તીરાડને કારણે પાણીના ટીપાં એક ચોક્કસ સમયગાળામાં સતત 9 મીટર નીચેની ટાઈલ્સ પર પડી રહ્યા છે. પાણીનું પહેલું ટીપું જ્યારે ટાઈલ્સ સુધી પહોંચ્યું બરાબર તેજ સમયે પાણીનું ચોથું ટીપું પડવાનું શરૂ કહે છે તો શું તમે આ સમયે પાણીના બીજા અને ત્રીજા ટીપાંની સ્થિતિ દર્શાવી શકો છો.

(34) 60 મીટરની ઊંચાઈથી એક દડો 20 મી/સે ની ઝડપે ઉપરની તરફ ઉછાળવામાં આવે છે. થોડા સમય પછી દડો નીચેની તરફ પડવા માંડે છે. પોતાની શરૂઆતની ઊંચાઈ સુધી પહોંચીને દડો સતત નીચે પડતો જમીન સાથે અથડાય છે.

(a) નીચે આવતા પહેલા દડો વધુમાં વધુ કેટલી ઊંચાઈ સુધી પહોંચ્યો હશે ?

(b) દડાને શરૂઆતની જગ્યા (જ્યાંથી દડો ઊછાળવામાં આવ્યો) એ આવતા કેટલો સમય લાગ્યો હશે ?

(c) જમીન સુધી પહોંચવામાં એને કેટલો સમય લાગશે ?

(એવું માની લો કે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળને કારણે લાગતો પ્રવેગ 10 મી/સે^{2} છે.)

જવાબવહી:

તાર્કિક પ્રશ્નો:

(1) Hint: સંદર્ભબિંદુના આધારે વિચારો

(2) બસસ્ટેન્ડ ઉપર ઊભેલા લોકો અને સાયકલ ચલાવી રહેલા અમીતને માટે સંદર્ભબિંદુ અલગ-અલગ છે. જેને કારણે બંને તરફના લોકો માટે વરસાદના ટીપાંની અનુમાનીત ગતિ અલગ-અલગ લાગશે. અને તેમને ટીપાની તીવ્રતા અને તેની દિશા પણ અલગ-અલગ લાગશે.

(3) કોઈ પણ વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ શોધવા માટે, તમારે એક અંતર નક્કી કરવું પડશે અને ત્યાર પછી જોવું પડશે કે અંતર પૂર્ણ કરવા માટે તે વસ્તુને કેટલો સમય લાગ્યો ?

(4) જો ગોળી જમીનની સપાટીને સમાંતર છોડવામાં આવી હશે તો બંદૂકની નળીમાંથી નીકળ્યા પછી પણ તેની ઝડપ બદલાશે નહીં.

(5) કોઈ પણ પ્રકાના અવરોધ વગર નીચે પડતી (મુક્ત પતન કરતી) બધી જ વસ્તુઓ એકસરખા પ્રવેગનો અનુભવ કરે છે. (ગુરૂત્વાકર્ષણ બળને કારણે), ભલે એને કોઈ પણ ઊંચાઈથી છોડવામાં આવી હોય. આ પ્રકારની ગતિમાં વસ્તુની ઝડપ સતત વધતી જતી હોય છે. તેથી એક સરખું અંતર કાપવા માટે લાગતો સમય ઓછો થતો જશે.

(6) પ્રશ્ન 5 મુજબ નોંધ.

(7) કોઈ પણ ઢાળ પરથી ગબડતા દડા માટે તેનો પ્રવેગ એ બાબત ઉપર આધારીત હશે કે ઢાળ કેટલો વધુ છે. એટલે ઢાળ જેટલો વધુ તેનો પ્રવેગ પણ વધુ.

(8) એક અંતર-સમય આલેખમાં કોઈ પણ રેખાનો ઢાળ તેની ઝડપ દર્શાવે છે. ઢાળ જેટલો વધુ તેની ઝડપ પણ વધુ પણ જ્યારે રેખા સમય અક્ષને સમાંતર થઈ જાય એટલે કે સમયની સાથે અંતરમાં ફેરફાર થતો નથી તો એનો અર્થ થશે કે વસ્તુ ઊભી રહી ગઈ છે.

(9) એક નિયમિત ગતિ દર્શાવવા માટે ઝડપ-સમયનો આલેખ સમય અક્ષને સમાંતર એક રેખા હશે. આ પ્રકારની ગતિ માટે કાપવામાં આવતું અંતર સમયની સાથે સતત વધતું જશે અને સમય અને અંતર વચ્ચેનો આંતરસંબંધ રેખીય હશે. તેથી અંતર-સમય આલેખ એક ઢાળવાળી સીધી રેખા હશે.

(14) હા, ચોક્કસ એવું થઈ શકે. પ્રવેગ એ સમયની સાથે તેની ઝડપમાં આવતા બદલાવને દર્શાવે છે. પ્રવેગને ઝડપ સમજવાની ભૂલ કરશો નહીં.

(15) ‘B’ અને ‘C’

(16) બંને પરિસ્થિતિમાં જમીન સાથે અથડાવા પહેલા દડાની ઝડપ એક સરખી જ હશે. પહેલી પરિસ્થિતિમાં દડો ઉપર સુધી જતાં જતાં પોતાની ઝડપ ગુમાવતો જશે જ્યારે તેની ઝડપ શૂન્ય થઈ જશે ત્યારબાદ દડો નીચે પડવા માંડશે. નીચે આવતી વખતે તેની ઝડપ વધતી જશે. પોતાની શરૂઆતની ઊંચાઈ (જ્યાંથી દડો ફેંકવામાં આવ્યો) સુધી આવતા સુધીમાં દડો એટલી જ ઝડપ મેળવી લેશે. ફરક એટલો જ કે પહેલા દડો ઉપર જતો હતો અને હવે નીચે. ત્યારબાદની વાત તો બંને પરિસ્થિતિમાં એકસરખી જ છે.

સંખ્યાત્મક પ્રશ્નો. (ગણિતીક પ્રશ્નો)

(17)ટ્રેઈનની લંબાઈ =500 મીટર

ટ્રેઈનની ઝડપ = 10 મીટર / સેકન્ડ

(a) પુલને પસાર કરવા માટે ટ્રેઈને કાપેલું અંતર =500 મી + 250 મી. =750 મીટર

માની લો કે ટ્રેઈનને પુલ પસાર કરવા માટે લાગતો સમય ‘t’ સેકન્ડ છે.

સરેરાશ ઝડપ = કાપેલું અંતર / લાગતો સમય

10 મી/સે = 750 મીટર / t

t = 75 સેકન્ડ **જવાબ**

(b) વીજળીના થાંભલાને પસાર કરવા લાગતો સમયઃ ટ્રેઈનની લંબાઈને અનુલક્ષીને થાંભલાની પહોળાઈ ખૂબ જ ઓછી હોય એટલે તેને એક બિંદુ તરીકે ગણી શકાય. એટલે આ અંતર ટ્રેઈનની લંબાઈ જેટલું જ હોય છે.

અહીં થાંભલાને પસાર કરવા માટે લાગતો સમય ધારોકે ‘t’ છે.

સૂત્ર મુજબ, સરેરાશ ઝડપ = અંતર / લાગતો સમય

10 મી/સે = 500 મી/ t સે

t = 50 સેકન્ડ **જવાબ**

(18) પહેલી કારની ઝડપ = 40 કિમી/કલાક

બીજી કારની ઝડપ = 60 કિમી/કલાક

પહેલી કારે 1 કલાક પહેલા મુસાફરીની શરૂઆત કરી છે. હવે ધારો કે બીજી કાર પહેલી કારને ‘t’ કલાકમાં ઓવરટેક કરે છે. એટલે પહેલી કાર (t + 1) કલાક ચાલી હશે અને બીજી કાર પહેલી કારને ઓવરટેઈક કરે ત્યારે બંને કારે કાપેલું અંતર સરખું હશે.

હવે સુત્ર મુજબ,

સરેરાશ ઝડપ = કાપેલું અંતર / તે માટે લાગતો સમય.

કાપેલું અંતર = સરેરાશ ઝડપ x તે માટે લાગતો સમય

પહેલી કાર દ્વારા કાપેલું અંતર = 40 x (t + 1) કિ.મી.

બીજી કાર દ્વારા કાપેલું અંતર = 60 x t કિ.મી.

40 x (t + 1) = 60 t બંને અંતર સરખાવતાં

40 t + 40 = 60 t

20 t = 40

t = 2 કલાક

એટલે કે બીજી કાર પહેલી કારને 2 કલાક પછી ઓવરટેક કરશે **જવાબ**

આ દરમ્યાન બીજી કાર દ્વારા કપાયેલું અંતર 60 કિમી / કલાક X 2કલાક = 120 કિ.મી. **જવાબ**

અને પહેલી કાર દ્વારા કપાયેલું અંતર 40 X (2+1) = 40 X 3 = 120 કિ.મી.

(19) શ્રેયાએ કાપેલું અંતર= 1 કિમી + 1 કિમી=2 કિમી. માની લો કે પહેલું અંતર કાપવા માટે લાગતો સમય t_1 કલાક છે. સમીકરણ વાપરતાં,

સરેરાશ ઝડપ=કાપેલું અંતર/લાગતો સમય.

6 કિમી / કલાક = $(1 \div t_1)$ કિમી/કલાક

$t_1 = 1/6$ કલાક

હવે બીજો એક કિમી કાપવા માટે લાગતો સમય t_2 છે.

8 કિમી/કલાક = $(1 \div t_2)$ કિમી/કલાક

$t_2 = 1/8$ કલાક

2 કિમી અંતર કાપવા માટે લાગતો સમય. = $t_1 + t_2 = (1/6 + 1/8)$ કલાક = 7/24 કલાક

જો શ્રેયા આટલું જ 2 કિમી અંતર $7/24$ કલાક માં જ પૂર્ણ કરે તો તેની ઝડપ.

$$\text{ઝડપ} = \frac{\text{અંતર}}{\text{સમય}} = \frac{2}{(7/24)}$$

$$= \frac{2 \times 24}{7}$$

$$= \frac{48}{7}$$

જે <7 કિમી/કલાક જે 6 કિમી/કલાક અને 8 કિમી/કલાકનો ગાણિતિક મધ્યક છે. **જવાબ**

(20)(a) સરેરાશ ઝડપ=કાપેલું અંતર/તે માટે લાગતો સમય.

કાપેલું અંતર = 100 મી. + 100 મી. = 200મી.

$$\text{પહેલા 100 મીટર માટે લાગતો સમય} = \frac{\text{અંતર}}{\text{ઝડપ}} = \frac{100\text{મી}}{5 \text{ મી/સે}} = 20 \text{ સે.}$$

બીજા 100 મીટર પસાર કરતા લાગતો સમય= અંતર / ઝડપ

= 100 મી. / 1 મી/સે

= 100 સેકન્ડ

200 મીટર અંતર કાપવા લાગતો કુલ સમય.

= 20 + 100 = 120 સેકન્ડ

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \frac{200\text{મી.}}{120\text{સે.}} = 1.67 \text{ મી./સે.}$$ **જવાબ**

(b) સરેરાશ ઝડપ = કાપેલું અંતર / લાગતો સમય

લાગતો કુલ સમય = 100 સે. +100 સે. =200 સે.

પહેલી 100 સે.દરમ્યાન કાપેલું અંતર = લાગતો સમય X સરેરાશ ઝડપ

= (100 સે) X 5 મીટર/સેકન્ડ

= 500 મીટર

બીજી 100 સે. દરમ્યાન કાપેલું અંતર = લાગતો સમય X સરેરાશ ઝડપ

= (100 સે) X 1 મીટર/સેકન્ડ

= 100 મીટર

કાપેલું કુલ અંતર = 500 મીટર + 100 મીટર = 600 મીટર

સરેરાશ ઝડપ = 600 મીટર/ 200 સેકન્ડ = 3 મીટર/સેકન્ડ **જવાબ**

(21) ઝડપ અચળ હોવાથી તે 20 સેકન્ડ માટે પણ સરખી જ રહેશે.

પહેલા અંતરાલ માટે = સ્થાનાંતર / લાગતો સમય

$$= \frac{(3 - 0) \text{ સે.મી}}{9 \text{ સેકન્ડ}}$$

= $^1/_3$ સેમી./સે.

= 0.33 સેમી./સે.

20 સેકન્ડ માટે ઝડપ = 0.33 સેમી/સે. **જવાબ**

18 સેકન્ડ પછી કાપેલું અંતર = ઝડપ / સમય

= $^1/_3$ સેમી./સે.x 18 સે

= 6 સેમી **જવાબ**

(22) કારનો પ્રવેગ = ઝડપમાં બદલાવ ÷ લાગતો સમય

= (70 - 60)કિમી / કલાક ÷ 5 સેકન્ડ

= 10 કિમી / કલાક ÷ 5 સે.

$$= \frac{(10 \times 1000)}{(5 \times 3600)} \text{ મી/સે}^2$$

કલાકને સેકન્ડમાં અને કિમીને મીટરમાં ફેરવતા.

= $^5/_9$ મી/સે ^{2}

જવાબ

સાયકલનો પ્રવેગ = ઝડપમાં બદલાવ ÷ લાગતો સમય

= (10-0)કિમી / કલાક ÷ 5 સેકન્ડ

$$= \frac{(10x1000)}{(5x3600)} \text{ મી/સે}^2$$

$= {}^5/_9$ મી/સે^{2} **જવાબ**

(23) (a) 40 મિનિટમાં કમલે 2000 મીટર અંતર કાપ્યું છે.

સરેરાશ ઝડપ = 2000/40 = 50 મીટર / મિનિટ

(b) સોનાએ 10 મિનિટ પછી ચાલવાનું શરૂ કર્યું. (બિંદુ B થી)

(c) આલેખ મુજબ સોના અને કમલ બિંદુ C ઉપર મળે છે તે માટેનો સમય t=20 સે. છે.

સોના B બિંદુ પરથી દોડીને કમલ સુધી પહોંચે છે. તેથી બિંદુ B થી બિંદુ C સુધીનો કુલ સમય=(20-10) મિનિટ આમ સોના 10 મિનિટમાં કમલ સુધી પહોંચી ગઈ.

(d) બિંદુ B અને બિંદુ C ની વચ્ચે સોના દોડી છે. સોનાએ 10 મિનિટ સુધી દોડતા રહીને 1000 મિટરનું અંતર કાપ્યું:

એ દરમ્યાન તેની સરેરાશ ઝડપ = $\frac{\text{1000 મીટર}}{\text{10 મિનિટ}}$

= 100 મીટર / મિનિટ

(e) 1000 મીટર (આલેખમાં બિંદુ C જોતા)

(f) 2000 મીટર (આલેખમાં બિંદુ D જોતા)

(g) 1000 મીટર (બંનેએ સાથે કાપેલું અંતર બિંદુ C અને D વચ્ચે Y અક્ષ ઉપર જોતા)

(2000-1000) મીટર =1000 મીટર

(h) બંને સાથે જે સમય માટે ચાલ્યાં તે બિંદુ C અને D વચ્ચે X અક્ષ ઉપર જોતા

=(40-20) મિનિટ = 20 મિનિટ

(24) (a) અંતર - સમય આલેખ.

(b) વધતો ઢાળ ધરાવતી એક વળાંકવાળી રેખા.

(c) કારણકે ઢાળ સતત બદલાય છે માટે કાચબાની ગતિ પણ અનિયમિત હશે.

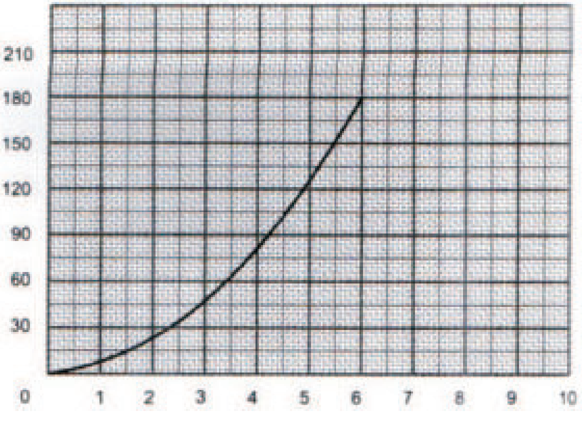
(d) 6 સેકન્ડ

(e) પૂર્ણ કરેલું અંતર = 180 મીટર

કુલ સમય= 6 સેકન્ડ

સરેરાશ ઝડપ= (180 ÷ 6) મીટર/સેકન્ડ

= 30 મીટર/સેકન્ડ



(f) 20 મી/સે (અંતર-સમય આલેખમાં t=2 સેકન્ડ માટે વક્રનો ઢાળ શોધો. અથવા ગતિના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને t=2 સેકન્ડ ઝડપ શોધો.)

(25) (a) અંતરાલ AB માટે ઝડપ =5 મી ÷ 4.5 સે.= 1.11 મી/સે.

(b) અંતરાલ CD માટે ઝડપ =1મી ÷ 4 સે.= 0.25 મી/સે.

(c) 1.11 મી/સે

(d) 0.25 મી/સે.

(e) t=7 સેકન્ડ માટે સ્થાન 6.25 મી. અને t=9.5 સે. માટે સ્થાન = 6.75 મી.

તેથી કાપેલું અંતર = (6.75-6.25) મી.= 0.5 મીટર

(f) સરેરાશ ઝડપ = કાપેલું અંતર / લાગતો સમય.

= (6.25-4.5)મી / (7-4) સેકન્ડ

= 1.75 ÷ 3 સેકન્ડ

= 0.58 મીટર / સેકન્ડ **જવાબ**

(26) ટ્રક દ્વારા કપાયેલું કુલ અંતર = (13245-12345)કિમી = 900 કિમી

આ માટે લાગતો સમય = 3 દિવસ

સરેરાશ ઝડપ = કપાયેલું કુલ અંતર / લાગતો સમય = (900 ÷ 3) = 300 કિમી / દિવસ

(27) આપેલ u = 0 મી/સે, a = 1 મીટર/સે^{2} t = 4 સેકન્ડ

ગતિના પહેલા સમીકરણ મુજબ v = u + at

= 0 મી/સે + (1મી/સે^{2} x 4 સે)

= 4 મી / સે **જવાબ**

ગતિના બીજા સમીકરણ પ્રમાણે, s = ut + ½ at^2

= (0 મી/સે x 4 સે)+(½x1 મી/સે^{2}x4^2 સે)

= 8 મીટર **જવાબ**

(28) (a) u = 0 મી/સે, V = 500 મી/સે, s = 1 મીટર પ્રવેગ અચળ છે. (ધારોકે 'a')

ધારોકે બંદૂકની ગોળીએ બંદૂકની નળી પસાર કરવા માટે લીધેલો સમય t છે.

ગતિના પહેલા સમીકરણ મુજબ v = at = 500 મી/સે

ગતિના બીજા સમીકરણનો ઉપયોગ કરતાં, $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$1 = 0 \times t + \frac{1}{2} at \times t$

$= \frac{1}{2} \times 500$ મી/સે $\times t$

= 250 મી/સે X t

⇨ t = 4 મીલી સેકન્ડ

(1 સેકન્ડ = 1000 મીલીસેકન્ડ)

જવાબ

(b) u = 500 મી/સે, V = 0 મી/સે અને S = 5 સેમી. = 0.05 મીટર

ગતિના ત્રીજા સમીકરણ મુજબ $V^2 = u^2 + 2as$

0 મી/સે^{2} = (500 મી/સે)^2 + 2 X a X 0.05 m

a = - 25,00,000 મી/સે^{2} (ખુબ વધારે)

જવાબ

દિવાલને કારણે ગોળી અટકી જાય છે. તેથી પ્રવેગ ઘટે છે. આમ પ્રવેગનું ઋણ મૂલ્ય સમજી શકાય છે.

(29) u = 3 મી/સે, a = 1 મી/સે^{2}

(a) 8 મીટર (ગતિના બીજા સમીકરણ પ્રમાણે)

(b) 4 સે (ગતિના પહેલા સમીકરણ પ્રમાણે) **જવાબ**

(c) 20 મીટર (ગતિના ત્રીજા સમીકરણ પ્રમાણે) **જવાબ**

(30) બીજો કિસ્સો (Hint:- સરળતા માટે મુસાફરી માટે લાગતો કુલ સમય 2t ધારી લો. અને ત્યાર બાદ દરેક અડધા ભાગ માટે ગતિના સમીકરણનો ઉપયોગ કરો.)

(31)ટ્રેઈનની ઝડપ = 72 કિમી / કલાક = 20 મીટર / સેકન્ડ

પ્રતિ પ્રવેગ = 1 મીટર / સેકન્ડ^2

ભેંસને બચાવવા માટે ડ્રાઈવરે ટ્રેઈનને 250 મીટર પહેલાં ઊભી રાખવી પડે.

ધારોકે ટ્રેઈન જ્યાં રોકાય છે તે અંતર ‘s’ છે.

ગતિના ત્રીજા સમીકરણનો ઉપયોગ કરીએ તો, $v^2 = u^2 + 2as$

$0 = 20^2 + 2 \times (-1) \times s$

s = 200 મીટર

ટ્રેઈન 200 મીટર અંતર કાપીને ઊભી રહી જશે, તેથી ભેંસ બચી જશે. **જવાબ**

(32) $s = 1500$ મીટર, $u = 0$, $a = 10$ મી/સે^{2}

ગતિનું ત્રીજુ સમીકરણ મુજબ, $v^2 = u^2 + 2as$

$$v^2 = 2 \times 10 \times 1500$$

$$v^2 = 30000$$

$$v = 173.2 \text{ મી/સે}$$

જવાબ

(33) ધારો કે બે ક્રમિક ટીપા વચ્ચેનો સમયગાળો ‘t’ છે. તેથી પહેલું ટીપું ફર્સ પર પડતા સુધીમાં 3t સમય લેશે. જ્યારે બીજા ટીપાં માટે 2t સમય અને ત્રીજા ટીપાં માટે t સમય લાગશે.

ગતિના બીજા સમીકરણનો ઉપયોગ પાણીના પહેલાં ટીપાં માટે કરવાથી.

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

$9 = 0 + \tfrac{1}{2} g (3t)^2$ (મુક્ત પતન કરતા ટીપાં માટે પ્રવેગનું મૂલ્ય g જેટલું થાય છે.)

$$t^2 = 2/g \text{ .... (1)}$$

બીજા ટીપાં માટે.

ધારોકે કાપેલું અંતર h_2 છે.

ગતિના બીજા સમીકરણનો ઉપયોગ કરતા.

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

$$h_2 = 0 + \tfrac{1}{2} g (2t)^2$$

$$h_2 = 2gt^2 \text{ .... (2)}$$

પહેલા સમીકરણ (1) માં મળેલી t^2ની કિંમત સમીકરણ (2) માં મુકતાં

$$h_2 = 2g \times (2/g)$$

$$h_2 = 4 \text{ મીટર}$$

આજ પ્રમાણે ત્રીજા ટીપાં માટે

ધારોકે કાપેલું અંતર h_3 છે.

ગતિનું બીજું સમીકરણ વાપરતા, $s = ut + \tfrac{1}{2} at^2$

$$h_3 = 0 + \tfrac{1}{2} g (t)^2$$

$$h_3 = \tfrac{1}{2} gt^2 \text{ .... (3)}$$

સમીકરણ 1 માંથી t^2ની કિંમત સમીકરણ (3) માં મૂકતા

$h_3 = \tfrac{1}{2} g \times (2/g)$

$h_3 = 1$ મીટર

પહેલું ટીપું જ્યારે ફર્સ ઉપર પડશે ત્યારે બીજુ અને ત્રીજું ટીપું છતથી અનુક્રમે 4 મીટર અને 1 મીટર ઊંચાઈએ હશે.

જવાબ

(34) જો આપણે એવું ધારી લઈએ કે ઉપર તરફની દિશામાં ધન લઈએ અને ‘a’ની કિંમત 10 મી/સે2 લઈએ તો:

$u = 20$ મી/સે, $v = 0$, $a = -10$ મી/સે^{2}

(a) ધારોકે દડા દ્વારા મેળવેલી સૌથી વધુ ઊંચાઈ = h

ગતિનું ત્રીજું સમીકરણ વાપરતા, $v^2 = u^2 + 2as$

$$0 = (20\text{મી/સે})^2 + 2X(-10\text{ મી/સે}^2)\ X\ h$$

$$h = 20 \text{ મીટર}$$

જવાબ

(b) એવી ગતિ કે જે એક સીધી રેખામાં હોય પરંતુ આગળ અને પાછળ બંને દિશાઓમાં, તો વસ્તુ દ્વારા કાપેલા અંતરની કિંમત શરૂઆતની અને અંતિમ બિંદુની વચ્ચેના ઓછામાં ઓછા અંતર જેટલી લેવામાં આવે છે કારણ કે જુદી જુદી ભૌતિક માત્રાઓની સદિશ પ્રકૃતિ અને તેમની વચ્ચેનો સંબંધ છે, જેના ઉપર વિસ્તારથી ચર્ચા આ શ્રેણીની આગલી કડીમાં લઈશું.

આ પ્રશ્નમાં, જ્યારે વસ્તુ તેની પહેલી સ્થિતિમાં થઈને પસાર થતી હશે તો વસ્તુનું શરૂઆતનું અને અંતિમ બિંદુ એક જ હશે. જેને કારણે તેના દ્વારા કાપેલા અંતરની કિંમત શૂન્ય થશે. એટલે કે, $s = 0$

સાથે જ $u = 20$ મી/સે, $a = -10$ મી/સે^{2}

ગતિના બીજા નિયમનો ઉપયોગ કરવાથી,

$$s = ut + \tfrac{1}{2} a t^2$$

$$0 = 20 \text{ મી/સે } X\ t + \tfrac{1}{2}(-10 \text{ મી/સે}_2)\ X\ t^2$$

$$0 = 20t - 5t^2$$

$$0 = 5t\ X\ (4 - t)$$

$\Rightarrow t = 0$ સેકન્ડ અથવા 4 સેકન્ડ થાય.

આ બંને જવાબ દડાની શરૂઆતની સ્થિતિ માટે સાચા છે. પહેલો જવાબ t=0 એ શરૂઆતનો સમય દર્શાવે છે. જ્યારે દડો પોતાની શરૂઆતની સ્થિતિમાં છે અથવા ઉપર તરફ જવાનું શરૂ કરે છે.

બીજો જવાબ t=4 સેકન્ડ એ સમયને દર્શાવે છે જ્યારે દડો નીચે આવતી વખતે પાછો પોતાની શરૂઆતનીસ્થિતિમાંથી પસાર થાય છે. એપલે કે t= 0 શરૂઆતનો સમય દર્શાવે છે, અને દડો એ જ સ્થિતિ ઉપર 4 સેકન્ડ પછી પાછો આવશે.

જવાબ

(C) નીચે જમીન સુધી પહોંચે ત્યાં સુધીમાં દડાને લાગતો સમય શોધતા પહેલા આપણે એ વિચારી લઈએ કે દડો જ્યારે 4 સેકન્ડ પછી પાછો પોતાની શરૂઆતની સ્થિતિમાં પહોંચશે ત્યારે તેની ઝડપ કેટલી હશે.

ગતિના ત્રીજા નિયમ મુજબ $v^2 = u^2 + 2as$

$$v^2 = 20^2 + 2 X (-10) X 0$$

$$v^2 = 20^2$$

$v = 20$ મીટર / સેકન્ડ

એટલે કે આપણી શરૂઆતની સ્થિતિ પર પાછો દડો આવે ત્યાં સુધીમાં શરૂઆતની ઝડપ મેળવી લીધી હશે. પરંતુ હવે તે નીચેની દિશામાં હશે. હવે આ v એ નીચે જતા દડા માટે શરૂઆતની ઝડપ થશે. માટે $v = u = 20$ મીટર/સેકન્ડ થશે.

હવે આપણે દડાને જમીન સુધી પહોંચવામાં લાગતો સમય બે ભાગમાં શોધી શકીએ છીએ.

જમીન સુધી પહોંચવા સુધીમાં દડાને લાગતો સમય = તેની શરૂઆતની સ્થિતિમાં પહોંચવા સુધી લાગતો સમય + શરૂઆતની સ્થિતિ સુધી પાછો પહોંચ્યા પછી જમીન સુધી પહોંચવામાં લાગતો સમય.

દડાનો તેને શરૂઆતની સ્થિતિમાં પાછો આવવાનો સમય તો આપણે શોધી જ ચૂક્યા છીએ. જે 4 સેકન્ડ છે. હવે ધારી લો કે શરૂઆતની સ્થિતિમાં પાછા આવ્યા પછી જમીન સુધી પહોંચવા માટે લાગતો વધારાનો સમય t સેકન્ડ છે.

ગતિના બીજા સમીકરણ મુજબ $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

જ્યાં $s = 60$ m

$u = 20$ m/s

$a = 10$ m/s^2

ગતિના બીજા સમીકરણમાં મૂકતા.

$$60 = 20 X t + \frac{1}{2} X 10 X t^2$$

$5t^2 + 20t - 60 = 0$ સમીકરણની ગોઠવણી કરતાં

$t^2 + 4t - 12 = 0$ સમીકરણને 5 વડે ભાગતાં

$$t^2 + 6t - 2t - 12 = 0$$

$$t(t + 6) - 2(t + 6) = 0$$

$$(t + 6)(t - 2) = 0$$

$t = -6$ અથવા $t = 2$

t ની ઋણ કિંમત (-6) વ્યવહારીક રીતે માન્ય નથી.

તેથી t = 2 સેકન્ડ જ સાચો જવાબ છે જે દડાની શરૂઆતની સ્થિતિ ઉપર પાછા પહોંચવાથી લઈને જમીન ઉપર પહોંચવામાં લાગે છે.તેથી દડો જમીન ઉપર પહોંચવાનો સમય 4 + 2 = 6 સેકન્ડ

જવાબ

અનુક્રમણિકા

A

Acceleration (પ્રવેગ) 49, 50, 53, 54, 55, 57, 58, 61, 65, 78, 79, 88

Accelerometer (પ્રવેગ માપક) 55

Average speed (સરેરાશ ઝડપ) 19, 26, 28, 29, 32, 39, 43,44, 45, 46, 52, 53, 54, 58, 87, 88

C

Change in position (સ્થાનમાં ફેરફાર) 8, 16

Complex motion (સંયુક્ત ગતિ) 7, 14, 15

D

Deceleration (પ્રતિ પ્રવેગ) 50, 88

Distance (અંતર) 16, 17, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 32, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 51, 58, 61, 62, 64

E

Equations of motion (ગતિના સમીકરણો) 58

Extrapolation (બહીર્વેશન) 65, 72

G

Galileo (ગેલેલિયો) 50, 51, 64, 65

Graphs (આલેખ) 36, 37, 40, 41, 42, 47, 68, 69, 70, 75, 77, 81

I

Idealisation (આદર્શ સ્થિતિ) 17

Inclined plane (ઢળતું પાટીયું) 46, 50, 51

Instantaneous speed (તત્કાલ ઝડપ) 28, 29, 45, 46, 47, 54, 77, 78

Interpolation (અંતર્વેશન) 72

L

Least Count (લઘુત્તમ માપ) 29, 75, 82, 83

Linear Motion (રેખિય ગતિ) 7, 15, 17, 57

M

Measurement (માપન) 7, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 50, 51, 62, 82,

Misconceptions (ગેરસમજ) 11, 50, 75,

Motion (ગતિ) 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 29, 39, 43, 45, 47, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 58, 61, 62, 64, 65, 68, 75, 77, 87,

N

Non-uniform motion (અનિયમિત ગતિ) 27, 29, 44, 47, 50,

P

Percent error (ક્ષતિની ટકાવારી) 86

Point of reference (સંદર્ભ બિંદુ) 8, 10, 16,

R

Random errors (આકસ્મિક ભૂલો) 83, 84

Reductionist approach (લઘુકરણીય અભીગમ) 15, 65

Rigid body (નક્કર પદાર્થ) 17

S

Scaling (અંકન) 72

Scientific method (વૈજ્ઞાનિક પધ્ધતિ) 64, 65

Slope (ઢાળ) 42, 43, 45, 46, 47, 75, 77, 78

Speed (ઝડપ) 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 42, 43, 46, 49, 50, 53, 54, 58, 61, 62, 64, 65, 77, 78, 79, 88, 89,

Speedometer (ગતિ માપક) 32

Stopwatch (સ્ટોપવૉચ) 18, 20, 50, 51, 82, 83, 84

Systematic error (પધ્ધતિની ભૂલો) 52, 83, 84

T

Time (સમય) 8, 11, 12, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 32, 38, 39, 43, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 58, 61, 62, 64, 65,

Types of motion (ગતિના પ્રકારો) 7, 11

U

Uniform motion (નિયમિત ગતિ) 27, 28, 42, 44

Units of speed (ઝડપના એકમો) 22

મુખ્યત્વે રમા ચારી, હિમાંશુ શ્રીવાસ્તવ અને પ્રજ્ઞા શ્રીવાસ્તવે આ મોડ્યુલના વિચારો ને નક્કર સ્વરૂપ આપ્યું, અને લખાણમાં ઢાળ્યું. મોડ્યુલના પ્રારંભિક નિવેશ પલ્લવી સુખતાનથર અને વિક્રમ ચૌરેએ આપ્યાં છે.

આ સાથે મોડ્યુલને તેના વિકાસના વિવિધ તબક્કે વિજયા એસ વર્મા, અમિતાભ મુખર્જી, સુશીલ જોશી, કમલ મહેન્દ્ર, અજય શર્મા, આમોદ કારખાનીસ, એસ.બી.વેલેનકર, વિષ્ણુ ભાટિયા અને ઉમા સુધીર દ્વારા વૈચારિક અને શૈક્ષણિક સ્તરે ખૂબ પ્રદાન મળ્યું છે. સુમિત ત્રિપાઠી, ભાસ બાપટ, એ.બી.સક્સેના, રેવા યુનુસ અને વિવિધ શાળાના શિક્ષકો દ્વારા પણ સૂચનો મળ્યા છે. સૌમ્યા ચક્રવર્તી અને પેટ્રિક દાસગુપ્તા દ્વારા અંતિમ તકનીકી સંપાદન કરવામાં આવ્યું છે.

આ મોડ્યુલમાં મૂકવામાં આવેલ વિચારોને ઘણાં શિક્ષક પ્રશિક્ષણ તાલીમ સત્રોના આધારે ક્રમબધ્ધ કરવામાં આવ્યાં હતા. ઈન્દોરની કેટલીક શાળાઓમાં મોડ્યુલના કેટલાક વિભાગો અજમાવવામાં આવ્યા હતા. આ મોડ્યુલના અંતિમ સંસ્કરણને આકાર આપવામાં આ અજમાયશી સત્રોનો પ્રતિભાવ અમૂલ્ય રહ્યો છે. પ્રવેગને માપવાની પધ્ધતિ કે જે મોડ્યુલના વિકાસમાં ઉપયોગમાં લેવામાં આવી હતી તે વ્હિર્લીબર્ડ ઈક્ટ્રોનિક્સ પ્રા.લિ. મુંબઈ (Whirlybird Electronics Pvt. Ltd, Mumbai)દ્વારા ડિઝાઈન કરેલા સેટઅપને કારણે શક્ય બની હતી. તેના ચિત્રો અને રચના અનુક્રમે શ્વેતા રૈના અને જીતેન્દ્ર ઠાકુર દ્વારા તૈયાર કરાયા છે. કેટલાક ફોટોગ્રાફ્સ ઈંદોરમાં શિક્ષક પ્રશિક્ષણ તાલીમ સત્રોના છે. -**એકલવ્ય**

વિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કરવાનો મુખ્ય હેતુ વૈજ્ઞાનિક વિચારણા અને તેના દ્વારા વૈજ્ઞાનિક વલણ કે દ્દષ્ટિબિંદુ વિકસાવવાનો છે. વિજ્ઞાન વિષયક માહિતી, વિજ્ઞાનના શબ્દો, સિદ્ધાંતોની સમજ કે લેબોરેટરીમાં પ્રયોગો ગોઠવી શકવાની આવડતને ‘વિજ્ઞાન અધ્યયન’ ન કહેવાય. આપણા રોજિંદા જીવનની પરિસ્થિતિઓમાં, વ્યાવહારિક સમસ્યાઓના ઉકેલમાં અને પ્રતિભાવ આપીએ ત્યારે આપણામાં વિજ્ઞાન-શિક્ષણ ચરિતાર્થ થયું ગણાય. વિજ્ઞાન વિષયને દૃઢ બનાવવા માટે તે પ્રવૃત્તિ વર્ગમાં કરાવવી શી રીતે, તે વખતે બાળકોની સાથે કેવી ચર્ચાઓ કરવી અને કેવી પ્રશ્નોત્તરી કરવી, તે પ્રવૃત્તિ સાથે બીજી કઈ પ્રવૃત્તિ કે ઉદાહરણ કરાવાય તે અંગેના કોઈ વધુ સંદર્ભ સાહિત્ય ખાસ કરીને ગુજરાતી ભાષામાં મળતા નથી એટલે બાળકોમાં તે વિષેની પાયાની સમજણ બનતી નથી. ઉપરાંત કુદરતી ઘટનાઓ જેવી કે ગતિ, પ્રકાશ વગેરેની શોધનો ઈતિહાસ ગુજરાતી ભાષામાં સુલભ નથી. તેથી આ અંગેની જાણકારી અને સમજ શિક્ષકો કે વિદ્યાર્થીઓને પ્રાપ્ત કરવામાં મુશ્કેલી પડે છે. વૈજ્ઞાનિક વલણના વિકાસ માટે વિજ્ઞાનનો ઈતિહાસ, વૈજ્ઞાનિકોની પરિશ્રમકથાઓ, સામાજિક-ધાર્મિક સંઘર્ષો વગેરેની સમજ ખૂબ જ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

જ્યારે પહેલી વખત અમારી પાસે એકલવ્ય દ્વારા તૈયાર કરાયેલી વિજ્ઞાન પુસ્તિકાઓ આવી, તેવું જ અમને થયું કે આવું સાહિત્ય જો ગુજરાતી ભાષામાં આપણા શિક્ષકો માટે તૈયાર થાય તો ખૂબ ઉપયોગી થાય તેવું છે. ખાસ કરીને કેન્દ્ર સરકારે પણ નવી શિક્ષણ નીતિમાં માતૃભાષામાં શિક્ષણ આપવા ઉપર વધુ ભાર મૂક્યો છે ત્યારે આવાં પુસ્તકો વિદ્યાર્થીઓ માટે પણ ખૂબ ઉપયોગી થાય. -**આર્ચ**

એકલવ્ય

એકલવ્ય એ એક બિન-સરકારી રજિસ્ટર્ડ સોસાયટી છે જે 1982 થી શિક્ષણ ક્ષેત્રે અને લોકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં કાર્યરત છે. તેનો મુખ્ય હેતુ બાળકના વાતાવરણને સંબંધિત એવી શૈક્ષણિક પ્રથાઓ અને સામગ્રીને વિકસિત કરવાનો છે જે રમત પ્રવૃત્તિઓ અને સર્જનાત્મક શિક્ષણ પર આધારિત હોય, પાછલાં કેટલાક વર્ષોમાં એકલવ્યએ પ્રકાશનને સમાવવા માટે તેના કાર્ય ક્ષેત્રને વિસ્તાર્યું છે. અમે ત્રણ સામયિક પ્રકાશિત કરીએ છીએ: 'ચકમક' એ બાળકો માટેનું એક માસિક વિજ્ઞાન સામયિક છે, 'સ્રોત' એ વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજીને લગતાં અવનવા સમાચાર આપતું સાપ્તાહિક સામયિક છે. અને 'સંદર્ભ' એ શિક્ષકો માટે વિજ્ઞાન અને શિક્ષણ માટેનું દ્વિમાસિક સામયિક છે. શિક્ષણ, લોકપ્રિય વિજ્ઞાન અને બાળકો માટે રચનાત્મક પ્રવૃત્તિ થાય તેવા પુસ્તકોના શીર્ષકો ઉપરાંત, અમે વિકાસના વિશાળ મુદ્દાઓના સંદર્ભ પુસ્તકો પણ પ્રકાશિત કરીએ છીએ.

અમને આ પુસ્તકની સામગ્રી અને ડિઝાઈન વિશે આપની ટિપ્પણીઓ અને સૂચનો જરૂરથી મોકલવા વિનંતી કે જેથી અમે અમારા ભાવિ પ્રકાશનોને વધુ રસપ્રદ, ઉપયોગી અને આકર્ષક બનાવી શકીએ.

સંપર્ક કરો: books@eklavya.in

Jamnalal Bajaj Parisar, Near Fortune Kasturi, Jatkhedi, Bhopal (MP) 462 026

આર્ચ

એક્શન રીસર્ચ ઈન કોમ્યુનીટી હેલ્થ એન્ડ ડેવલપમેન્ટ

છેલ્લા ૩૭ વર્ષથી કામ કરતી આર્ચ સ્વૈચ્છિક સંસ્થા છે. લોકોને આવરી લેતી આરોગ્યની અને શિક્ષણની સમસ્યાઓને સમજી, તેમાં તબક્કાવાર સુધારા કરવા માટે નવી નવી રીતો, પધ્ધતિઓ તથા સાધનો આર્ચ વિકસાવી રહ્યું છે.

હોશંગાબાદ વિજ્ઞાન શિક્ષણ કાર્યક્રમ તથા અરવીંદ ગુપ્તા જેવા કર્મશીલોની પ્રવૃત્તિમાંથી પ્રેરણા લઈને વિજ્ઞાનના વિવિધ પાસાની અસરકારક સમજણ ખૂબ આનંદ સાથે મળે તે માટે પણ આર્ચ પ્રયત્નશીલ છે. ગુજરાતમાં અને ખાસ કરીને અંતરિયાળ ગામોના બાળકો-શિક્ષકો માટે આવી પધ્ધતિઓનો પ્રસાર તથા વ્યવસ્થિત લાંબા ગાળાના કાર્યક્રમો પણ આ અંતર્ગત કરવામાં આવે છે.

સાથે સાથે બાળકો - વિદ્યાર્થીઓ ગણિત કેવી રીતે શીખે છે, ભાષા કેવી રીતે શીખે છે તેના અધ્યયનો-અભ્યાસ કરીને તે મુજબના કાર્યક્રમો અને મોડ્યુલ પણ વિકસાવવવામાં આવી રહ્યા છે.

સંપર્ક કરો:

arch.dharampur@gmal.com

ARCH-Dispansary, Nagariya, Ta.Dharampur, Di.Valsad-396050 (GUJ)

ગતિ અને બળ
ભાગ-1 ગતિ

બળ અને ગતિને વિજ્ઞાનના મુખ્ય વિષયોમાંના એક માનવામાં આવે છે અને તેથી ઉચ્ચ પ્રાથમિક અને માધ્યમિક ધોરણોમાં તે ભણાવવામાં આવે છે. જો કે આ વિષયને અછડતી રીતે જ પ્રસ્તુત કરવામાં આવે છે, એ ભૂલીને કે હાલમાં આપણી ગતિની સમજ તેમજ ઝડપ અને પ્રવેગ વગેરે જેવા ખ્યાલોનો વિકાસ છેલ્લા બે હજાર વર્ષના સમયગાળા દરમ્યાન થયો છે.

અમે આ અઘરા ખ્યાલોને પકડમાં લેવાનો પ્રયત્ન આ બળ અને ગતિના મોડ્યુલમાં કર્યો છે. આ પ્રથમ મોડ્યુલમાં અમે ગતિને વૈજ્ઞાનિક રીતે વર્ણવવા ઉપર વધુ ધ્યાન આપ્યું છે. મોડ્યુલ મુખ્યત્વે શિક્ષકોને ધ્યાનમાં રાખીને બનાવવામાં આવ્યું છે. તેમાં વિષયના નિષ્ણાંતો સાથેની વિસ્તૃત ચર્ચા અને શિક્ષકોના તાલીમ સત્રોમાં મળેલા પ્રતિભાવો કે જેનાથી ગતિની સમજણ વિકસે તેવી શ્રેણીબધ્ધ પ્રવૃતિઓ અહીં રજુ કરવામાં આવી છે.

एकलव्य
આર્ચ

સહયોગ રાશિ:175.00