ઉચ્ચતર માધ્યમિક અભ્યાસક્રમ

312 - ભૌતિક વિજ્ઞાન

પુસ્તક-૧

અભ્યાસક્રમ સંયોજક

ડૉ.આલોકકુમાર ગુપ્તા

ભાષાંતર સહયોજક

ડૉ. રાજેશકુમાર

રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલયી શિક્ષણ સંસ્થાન

(MHRD *નીચે સ્વાયત્ત સંસ્થા, ભારત સરકાર*)

A-24-25, *સંસ્થાકીય વિસ્તાર, સેક્ટર* -62, *નોઈડા* -201309 (*યુ. પી.*)

વેબસાઈટ : www.nios.ac.in, *ટોલ ફ્રી નં.* . 18001809393

© રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલયી શિક્ષણ સંસ્થાન

મુદ્રણ :એપ્રિલ , 2015 પ્રત.........

સચિવ, રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલયી શિક્ષણ સંસ્થાન, એ-24-25, ઈન્સ્ટિટ્યૂશનલ એરિયા નેશનલ હાઈવે 24, સેક્ટર-62, નોઈડા-201309 દ્વારા પ્રકાશિત અને મુદ્રિત

અભ્યાસક્રમ સમિતિ

ચેરમેન

પ્રો. સી. કે. ઘોસ

રાષ્ટ્રીય કેન્દ્ર અંતર શિક્ષણમાં નવીનીકરણ

(NCIPE) ઇગ્નુ દિલ્હી.

મેમ્બર

શ્રી પુરાન ચંદ
સંયુક્ત સચિવ, (OBSE)
ન્યુ દિલ્હી-૧૧૦૦૩૪
પૂર્વોક્ત સંયુક્ત સભ્ય, KVS

અધ્યાપક બી. કે. શર્મા
નિવૃત અધ્યાપક
(ભૌતિક વિજ્ઞાન)
DESM, NCERT, ન્યુ દિલ્હી

શ્રી આર. પી. શર્મા
શૈક્ષણિક અધિકારી
(નિવૃત) (BSE),
ન્યુ દિલ્હી-૧૧૬૦૦૨

શ્રી કન્હૈયાલાલ અધ્યાપક (નિવૃત)
શૈક્ષણિક નિદર્શક દિલ્હી.

ડૉ. પી. કે. મુખર્જી
સહાયકાર અધ્યાપક (ભૌતિક વિજ્ઞાન)
દેશ બંધુ કોલેજ, ન્યુ દિલ્હી

લતે શ્રી, શેર સિંહ અધ્યાપક
નવયુગ સ્કૂલ, લોટીરોડ
દિલ્હી - ૧૧૦૦૦૩

શ્રી જયવીર સિંહ
ઝઉઊ (ભૌતિક વિજ્ઞાન)
હોલી ક્રોસ સ્કૂલ,
નજાફગ્રહ દિલ્હી-૧૧૦૦૪૩

ડૉ. કે. બી. થાયા
સહાયક પ્રો. UTE (SJM) વિશ્વવિદ્યાલય
કાનપુર

પ્રો. આર. આર. યાદવ
ભૌતિક વિજ્ઞાન વિભાગ,
વિશ્વવિદ્યાલય અલ્હાબાદ,
૨૧૧૦૦૨

પ્રો. એ. કે. જહાં
ભૌતિક વિજ્ઞાન વિભાગ,
કોમર્સ કોલેજ પટના-૮૦૦૦૧૬

પ્રો. વી. પી. શ્રી વાસ્તવ
નિવૃત અધ્યાપક
(ભૌતિક વિજ્ઞાન),
(DESM, NCERT),
ન્યુ દિલ્હી

પ્રો. બાલક દાસ
ભૌતિક વિજ્ઞાન વિભાગ, વિશ્વવિદ્યાલય
લખનઉ, ૨૨૬૦૦૭

ડૉ. આલોક કુમાર ગુપ્તા વિદ્યાપીઠ અધિકારી
રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલય શિક્ષણ સંસ્થા NOIDA

પાઠ્યક્રમ સમિતિ

અધ્યાપક સી. કે. ઘોશ
નિદર્શક NCIDE
ઇગ્નુ દિલ્હી

ડૉ. પી. કે. મુખર્જી સહાયકાર અધ્યાપક
(ભૌતિક વિજ્ઞાન)
દેશ બંધુ કોલેજ, ન્યુ દિલ્હી

લતે શ્રી, શેર સિંહ અધ્યાપક
નવયુગ સ્કૂલ, લોટીરોડ
દિલ્હી - ૧૧૦૦૦૩

શ્રી આર. એસ. દાશ
નિવૃત પ્રતિનિધિ અધ્યાપક
BRMVW વરિષ્ઠ માધ્યમિક સ્કૂલ,
લાજપત નગર-દિલ્હી-૧૧૦૦૨૪

શ્રી. ડી. સી. પાંડે
સહાયક નિદર્શક (નિવૃત)
શૈક્ષણિક નિદર્શક, દિલ્હી

શ્રી કન્હૈયાલાલ
અધ્યાપક (નિવૃત) શૈક્ષણિક નિદર્શક
દિલ્હી.

શ્રી. આર. કે. ચૌધરી PGT (ભૌતિક વિજ્ઞાન) નવયુગ સ્કૂલ,
લોટી રોડ, દિલ્હી

ડૉ. આલોક કુમાર ગુપ્તા વિદ્યાપીઠ અધિકારી
રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલય શિક્ષણ સંસ્થા NOIDA

કોર્ષ કોડિનર

ડૉ. આલોક કુમાર ગુપ્તા વિદ્યાપીઠ અધિકારી
રાષ્ટ્રીય મુક્ત વિદ્યાલય શિક્ષણ સંસ્થા NOIDA

આલેખ સમજાવનાર

શ્રી. ક્રિષ્ના આલેખન
૯૭૦, પશ્ચિમ વિનોદ નગર, દિલ્હી-૧૧૦૦૯૨

ભાષાંતર સમિતિ

ડૉ. વિમલ એસ. જોષી
આચાર્ય શ્રી આર. કે. પરીખ આર્ટસ/સાયન્સ કોલેજ
પેટલાદ

ડૉ. પુનિત સુથાર
આસીસ્ટન્ટ પ્રોફેસર
સી. યુ. શાહ સાયન્સ કોલેજ
અમદાવાદ

ડૉ. અંકુર પંડ્યા
આસીસ્ટન્ટ પ્રોફેસર
ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઓફ ટેકનોલોજી
નિરમા યુનિવર્સિટી
અમદાવાદ

અશ્વીનસિંહ એફ. ડોડીયા
એસોસિયેટ પ્રોફેસર આર્ટસ કોમર્સ સાયન્સ કોલેજ
ખંભાત જિ. આણંદ

ડૉ. દેવાંગ ડી. શાહ
આસીસ્ટન્ટ પ્રોફેસર મહેસાણા
અર્બન ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઓફ સાયન્સ
ગણપત યુનિવર્સિટી, ગણપત વિદ્યાનગર મહેસાણા

અનુક્રમણિકા

ક્રમ	પાઠનું નામ	પેજ નંબર
1.	એકમ, પરિમાણ અને સદિશ	1
2.	સરળ રેખીય ગતિ	26
3.	ગતિ, બળ અને ઊર્જા	53
4.	સમતલમાં ગતિ	78
5.	ગુરુત્વાકર્ષણ	102
6.	કાર્ય, ઉર્જા અને પાવર	128
7.	દૃઢ પદાર્થની ગતિ	165
8.	ઘન પદાર્થના સ્થિતિસ્થાપક ગુણધર્મો	190
9.	તરલના ગુણધર્મો	212
10.	વાયુનો ગતિવાદ	255
11.	થર્મોડાઈનેમિક્સ (ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર)	284
12.	ઉષ્મા પ્રસરણ અને સૌર ઉર્જા	304
13.	સરળ આર્વત ગતિ	325
14.	તરંગશાસ્ત્ર	345

- અભ્યાસક્રમ પર્થાથ નિરૂપણ તાર્કિક આધાર તર્ક

આપને બે શબ્દો

પ્રિય વિદ્યાર્થી

National Institute of Open Schooling (NIOS) ના સુધારેલા ભૌતિકશાસ્ત્રના અભ્યાસક્રમમાં આપનું સ્વાગત છે. આ ભૌતિકશાસ્ત્રનો અભ્યાસ ક્રમ આઠ મોડ્યુલમાં વિભાજિત કરીને અલગ વિષયો પર ત્રીસ પાઠનો સમાવેશ કરેલ છે. આઠ મોડ્યુલ મુખ્યત્વે મિકેનિકસ, વિદ્યુતશાસ્ત્ર, પ્રકાશ અને ભૌતિકશાસ્ત્રના બીજા ક્ષેત્રોમાં જરૂરી જ્ઞાન રજૂ કરેલ છે અને હકીકત છે કે મોટા ભાગની પરિસ્થિતિના પ્રસંશનીય વિકાસમાં, વધુ અદ્યતન પ્રગતિ માટે ભૌતિકશાસ્ત્ર નોંધાપાત્ર ભૂમિકા ભજવે છે.

આ આઠમાં મોડ્યુલમ સેમીકન્ડટર્સ, ઈલેક્ટ્રોનિકસ અને કોમ્યુનિકેશન નવા ચોક્કસ ઉપાયોગ લક્ષી ક્ષેત્રોનો સમાવેશ છે.

આ ભૌતિક શાસ્ત્રનો અભ્યાસક્રમ ત્રણ ભાગમાં છે. ભાગ - ૧ અને ભાગ - ૨ સૈધ્ધાંતિક ભાગ છે અને ભાગ - ૩ પ્રયોગશાળાનું કાર્ય છે. ભાગ - ૧ ચાર મોડયુલમાં સાત પાઠનો સમાવેશ થાય છે. મોડ્યુલ - ૧ માં ગતિ બળ અને ઉર્જા, મોડયુલ - ૨ ના બે પાઠમાં ઘનનું મિકનિકસ (યાંત્રિક) અને તરલ. મોડ્યુલ - ૩ ના ત્રણ પાઠ છે. જેમાં ઉષ્મા ભૌતિકશાસ્ત્ર અને મોડ્યુલ - 6 માં દોલનો અને તરંગો ના બે પાઠ છે. બીજા ભાગમાં અન્ય ચાર મોડ્યુલનો સમાવેશ થાય છે. જેમાં મોડ્યુલ - ૫ ના વિદ્યુતશાસ્ત્ર અને ચુંબકીયશાસ્ત્ર પર પાંચ પાઠ છે. મોડયુલ - 7 ના પરમાણુ અને ન્યુકિલયલ ના ચાર પાઠ છે. અને મોડ્યુલ - 8 ના સેમીકન્ડકટરની રચના અને કોમ્યુનિકેશન પર ત્રણ પાઠ છે.

જાહેર પરીક્ષા () પર સામગ્રીનું ભારણ ઘટાડવા માટેનું તે નક્કી કરવામાં આવ્યું છે કે. એકમો, પરિબળો અને સદિશો, સુરેખ રેખા પર ગતિ, સમતલમાં ગતિ, ગુરુત્વાકર્ષણ, દૃઢ પદાર્થોની ગતિ ઘનતા સ્થિતિ સ્થાપક ગુણધર્મો, વાયુઓનો ગતિવાર, ઉષ્મા વિનિમય અને સોલર ઉર્જા, સરળ આવર્ત ગતિ, પ્રકાશનું પરાવર્તન અને વક્રીભવન, પ્રકાશીય ઉપકરણો, પ્રકાશશાસ્ત્ર અને સંદેશા વ્યવહાર તંત્ર (કોમ્યુનિકેશન સીસ્ટમ) ઉચ્ચતર દર્શક પધ્ધતિ (ટી.એમ.એ.) દ્વારા ચકાસવામાં આવશે. અને બાકી ના પાઠથી મોડ્યુલો - 8 સુધી જાહેર પરીક્ષા મારફતની ચકાસણી માટે છે.

અમો આશા રાખીએ છીએ કે તમને આપેલી શીખવાની સામગ્રી તમને ફક્ત ઉપયોગી જ નહી પરંતુ તમને જીવન જરૂરી સકારાત્મક અભિગમ પૂરો પાડશે. આ નવી સ્વ ભણતર સામગ્રી તમને ભૌતિકશાસ્ત્રના એક નવા યુગ તરફ લઈ જશે. તેવી આશા.

અભ્યાસ ક્રમ વિશે કોઈ પણ પ્રકારની મુશ્કેલીઓ અને પ્રશ્નો વિશે અમને લખી શકો છો. તમારા પ્રતિભાવોની પ્રશંસા કરવામાં આવશે. આમ ટિપ્પણીઓ અને સુચનોનું સ્વાગત કરીએ છે. જેથી અમે પણ ભૌતિક શાસ્ત્રના સ્વ - ભણતર સામગ્રીના સુધાર અને સુરક્ષાઓ માટે મદદ કરશે.

આ અભ્યાસક્રમ તમને મજાનો અને રસપ્રદ બને તેવી અમને આશા.

લક્ષ્યાંક નક્કી કરો અને લક્ષ્યની હીટ કરો.

તમને બધાને સફળતા મળે.

પાઠ્યક્રમ સમિતિ

૨

સરળ રેખીય ગતિ

આપણે આપણી ચારે બાજુ અનેક વસ્તુઓ ને ચાલતા જોઈએ છીએ. મનુષ્યો, પશુઓ, વાહનોને જમીન પર ચાલતા દેખીએ છીએ. માછલી, દેડકાં તથા અન્ય જળચર પશુ જળમાં તરતા આપણે જોઈએ છીએ. પક્ષી અને વિમાન હવામાં ગતિ કરે છે. ભલે આપણે અનુભવ નથી કરતાં પણ જે પૃથ્વી પર આપણે રહીએ છીએ તે પણ પોતાના અક્ષ પર ફરતી સૂર્યની પરિક્રમા કરે છે. તેથી આ બિલકુલ સ્પષ્ટ છે કે આપણે એક ગતિમાન વિશ્વમાં રહીએ છીએ. એટલે આપણે ચારેબાજુના ભૌતિક વિશ્વ્ને સમજવા માટે ગતિ વિષય પર અધ્યયન કરવું બહુ જરૂરી છે. આ ગતિ એક રેખા (1D) સમતલમાં (2D) અથવા અંતરીક્ષમાં (3D) હોય છે. વસ્તુની ગતિ કેવળ એક દીશામાં હોય તો તેનો ‘સરળ રેખીય ગતિ’ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે, સીધા રસ્તા પર કાર ચલાવી, સીધી રેલગાડીનાં પાયા પર રેલગાડી ચલાવી, મુક્ત રૂપે પડતી વસ્તુની ગતિ, લિફટનું ચાલવું તથા સીધા ટ્રેક પર રમતવીરનું દોડવું વગેરે.

આ પાઠમાં સરળ રેખીય ગતિ વિશે અધ્યયન કરીશું. આગળના પાઠમાં તમે ગતિના નિયમો, સમતલમાં ગતિ તથા અન્ય પ્રકારની ગતિઓનું અધ્યયન કરીશું.

ઉદેશ્યો

સરળ રેખીય ગતિ

આ પાઠનું અધ્યયન કર્યા પછી તમે

- અંતર અને સ્થાનાંતર તથા ઝડપ અને વેગ વચ્ચે તફાવત કરી શકાય.
- તત્કાલીન વેગ, સાપેક્ષ વેગ અને સરેરાશ વેગની વ્યાખ્યા કરી શકાય.
- પૂર્વેગ અને તત્કાલીન પ્રવેગની વ્યાખ્યા આપી શકશો.
- એકસમાન અને અસમાન ગતિયોના વેગ - સમય આલેખની વ્યાખ્યા આપી શકશો.
- એકસમાન પ્રવેગની સાથે ગતિ સંબંધી સમીકરણોની વ્યાખ્યા આપી શકશો. અને
- ગુરુત્વબળ ની અંતગર્ત ગતિનું વર્ણન કરી શકશો અને
- ગતિના સમીકરણો પર આધારિત ઉદાહરણ પ્રશ્નોના જવાબ આપી શકશો.

૨.૧. ઝડપ અને વેગ

displacement
time taken

તમને ખબર હશે કે કોઈ વસ્તુ દ્વારા નક્કી કરેલ પથની કુલ લંબાઈ તેના દ્વારા (ચાલિત અંતર) કહેવાય છે જયારે વસ્તુના આરંભ અને અંતની સ્થિતિ વચ્ચેના અંતરને (સ્થાનાંતર) કહે છે. સ્થાનાંતર મૂળ રીતે બે સ્થિતિ વચ્ચેનું ઓછું અંતર છે. જેની એક નિશ્ચિત દિશા હોય છે. જેથી સ્થાનાંતર અને સદિશ રાશિ છે. જયારે અંતર એ અદિશ રાશિ છે તમે આ પણ શીખ્યા હશો કે સમયની સાથે અંતરમાં થતાં ફેરફારને ઝડપ કહે છે. જયારે વસ્તુના સ્થાનાંતરના દળને વેગ કહે છે. સરળ રેખીય ગતિ માં સદિશ રાશિમાં દીશા સંબંધી સંજ્ઞાઓને + અને – ચિહ્ન દ્વારા દર્શાવાય છે. આથી ગતિમાં સ્થાનાંતર વેગ અને પ્રવેગ જેવી સદિશ રાશિઓમાં નિરૂપણ કરવા આપણને સદિશ સંકેતોની જરૂરિયાત નથી પડતી.

૨.૧.૧. સરેરાશ પ્રવેગ :

જયારે કોઈ પદાર્થ જુદી - જુદી ગતિ કરતા વેગો સાથે આવતો હોય તો તેની ગતિને સરેરાશ વેગ દ્વારા નિર્દેશ કરાય છે. કોઈ પદાર્થનો સરેરાશ વેગ, સ્થાનાંતર - પરિવર્તનના દળના રૂપમાં વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. એટલે x_1 અને x_2 સમય t_1 અને t_2, માં પદાર્થની સ્થિતિઓના ગાણિતીક રૂપમાં આપણે સરેરાશ વેગને નીચે પ્રકારે દેખાડી શકાય છે.

$$\bar{v} =$$

$$= \qquad = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (2.1)$$

જયાં સ્થિતિ પરિવર્તન $x_2 - x_1$ ને Δx અને અહીં વેગની સંજ્ઞા પર નાની લાઈન ( ) વેગ. સરેરાશ વેગની સંજ્ઞા છે. વેગને v_{av} પણ લખી શકાય છે. કોઈ પદાર્થની સરેરાશ ઝડપ મેળવવા માટે તેના દ્વારા જતા રહેલા કુલ અંતર અને આ અંતર પર ચાલવા માટે લાગતા કુલ સમયથી વિભાજીત કરાય છે.

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \qquad (2.2)$$

જો સરળ રેખીય ગતિ સાથે સરખી સીધી દિશામાં હોય તો સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગના કદના માપ બરાબર હોય છે. તો પણ, હંમેશા આવું હોતું નથી. (જોવો ઉદાહરણ 2.2) નીચેના ઉદાહરણોની સહાયથી તમે સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ ચાલના અંતરને સમજી શકશો.

ઉદાહરણ : ૨. ૧. x- અક્ષ તરફ ગતિ કરી રહેલા પદાર્થની સ્થિતિ નું સમીકરણ $x = 20t^2$ છે. જયાં t સમય અને તેનું એકમ સેકન્ડ છે. અને સ્થિતિનું મીટર દ્વારા દર્શાવી છે. 3s થી 4s ના સમય અંતરાલમાં પદાર્થનો ઔસત વેગ શોધો.

ઉકેલ : આપેલ

$$x = 20t^2$$

ધ્યાન આપો કમે x નું એકમ મીટર અને t એકમ સેકન્ડ છે. એનો અર્થ એ થાય કે સામાનુપાતાંક (20) ની પરિમાણ ms^{-2} *છે.*

આપેલ સંબંધ દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે.

$$\bar{v} =$$

કારણ કે $t_1 = 3s$,

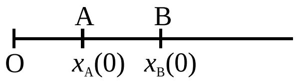
$$x_1 = 20 \times (3)^2$$

$= 20 \times 9 = 180$ m

એમ જ, $t_2 = 4$s

$x_2 = 20 \times (4)^2$

$= 20 \times 16 = 320$ m



$\therefore \quad \bar{\upsilon} = \quad = \quad = \dfrac{140 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 140$

ms^{-1}

તેથી ઔસત વેગ = 140 ms^{-1}.

ઉદાહરણ : - ૨.૨. એક માણસ 300 મીટરના વૃત્તાકાર ટ્રેક પર દોડે છે. અને 200 સેકન્ડમાં પાછો મૂળ સ્થાન પર આવી જાય છે. તો માણસની સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગ શોધો.

ઉકેલ : આપેલ છે.

$\dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ $\dfrac{(320 - 180)\text{ m}}{(4 - 3)\text{ s}}$ $\dfrac{\text{total distance travelled}}{\text{time taken}}$

ટ્રેકની લંબાઈ = 300m.

આ લંબાઈને માપવામાં લાગતો સમય = 200s

તેથી,

સરેરાશ ઝડપ =

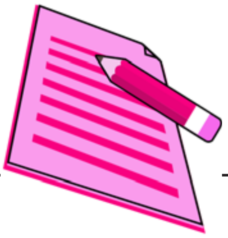
$= \dfrac{300}{200}$ ms^{-1} = 1.5 ms^{-1}

કારણ કે માણસ પાછો એ જ સ્થાન પર આવી જાય છે.

તેથી સરેરાશ વેગ = 0, એટલે સરેરાશ વેગ શૂન્ય થાય.

૨.૧.૨. સાપેક્ષ વેગ

જયારે આપણે એવું કહીએ છીએ કે બેલગાડી 10 કિલોમીટર પ્રતિ કલાક ના ગતિથી દક્ષિણ ની તરફ જાય છે. તો આનો અર્થ એ થાય કે ગાડી તેના પ્રારંભિક સ્થાનથી દક્ષિણ દિશાની તરફ ચાલે છે અને 1 કલાકના 10 કિલોમીટરનું



અંતર કાપે છે. એના માટે આપણે એક સંદર્ભ બિંદુની આવશ્યકતા હોય છે. વાસ્તવમાં કોઈ વસ્તુનો વેગ હંમેશા કોઈ બીજી વસ્તુની સરખામણીથી નિશ્ચિત કરી શકાય છે.

તેથી વેગ એક સાપેક્ષ રાશિ છે.

એક વસ્તુ A એક બીજી વસ્તુ B ના સાપેક્ષ તેની સ્થિતિ બદલી રહી છે. ઉદાહરણ માટે જો v_A અને v_B એક સરળ રેખા માં ચાલી રહયા છે. બે વસ્તુઓના વેગ A ની તુલનામાં B નો સાપેક્ષ વેગ $v_B - v_A$ હશે. એક વસ્તુની સાપેક્ષ સ્થિતિમાં બીજી વસ્તુની સાપેક્ષ પરિવૃતન દરને બીજી વસ્તુના સાપેક્ષના પહેલી વસ્તુને સાપેક્ષ વેગ કહે છે.

સાપેક્ષ વગેનું મહત્વ

એક વસ્તુની સ્થિતિ અને વેગ કોઈ બીજી વસ્તુને સાપેક્ષ નિશ્ચિત કરી શકાય છે. જો સંદર્ભ માટે વસ્તુ સ્થિર હોય તો વસ્તુની ગતિનું વર્ણન આસાનીથી કરી શકાય છે. આ પાઠમાં તમે શુધ્ધ ગતિના સમીકરણો વિશે જાણશો. પરંતુ યાદ રાખો કે જો સંદર્ભ માટે વસ્તુ ગતિ કરતી હોય તો આવી સ્થિતિમાં શું થાય ? આ પ્રકારની ગતિ સ્થિર પ્રેક્ષક ને દ્વિતિકાય તંત્રની ગતિ જોવા મળે છે. સાપેક્ષ ગતિની અવધારણા દ્વારા આસાનીથી જાણી શકાય છે.

માનો કે પદાર્થ A અને B ની પ્રારંભિક સ્થીતિ $x_A(0)$ અને $x_B(0)$. છે તો ધન x અક્ષ ની તરફ પદાર્થ A વેગ v_A અને પદાર્થ B વેગ v_B, થી ગતિ કરે છે. તો t સેકન્ડ પછી એમની સ્થિતિ નીચે મુજબ હશે.

$$x_A(t) = x_A(0) + v_A t$$

$$x_B(t) = x_B(0) + v_B t$$

B માટે A નું સાપેક્ષ અંતર

$$x_{BA}(t) = x_B(t) - x_A(t) = x_B(0) - x_A(0) + (v_B - v_A)\,t$$

$$= x_{BA}(0) + v_{BA} t$$

જ્યાં $v_{BA} = (v_B - v_A)$ A ના સાપેક્ષમાં B ને સાપેક્ષખ વેગ કહે છે. આ પ્રકારે સાપેક્ષ વેગની અવધારણના પ્રયોગ દ્વારા ટિનીકાપી સમસ્યા ને એક નિકાયી સમસ્યામાં રૂપાંતરિત કરી શકાય છે.

ઉદાહરણ : ૨.૩. એક રેલગાડી A ઉત્તર થી દક્ષિણ તરફ સીધા પાટા પર 60km h^{-1} ની ગતિથી ચાલી રહી છે. બીજી રેલગાડી B 70km h^{-1} ની ગતિથી દક્ષિણથી ઉત્તર તરફ જઈ રહી છે. A ની સાપેક્ષ B રેલગાડીનો વેગ શોધો.

નોંધ

ઉકેલ : દક્ષિણથી ઉત્તરની દીશાને ધનાત્મક માની લેતા આપણે પ્રાપ્ત થશે.

રેલગાડી B નો વેગ (v_B) = + 70km h^{-1}

અને રેલગાડી A નો વેગ (v_A) = – 60km h^{-1}

તેથી રેલગાડી A ના સાપેક્ષમાં B નો વેગ

$$= v_B - v_A$$

$$= 70 - (-60) = 130\text{km h}^{-1}.$$

ઉપરના ઉદાહરણમાં આપણે જોયું કે એક રેલગાડીના સાપેક્ષમાં બીજી રેલગાડીનો વેગ બન્નેના વેગના સરવાળા બરાબર હોય છે. એટલે જ તમારી રેલગાડીથી વિરુધ્ધ દિશામાં ચાલતી રેલગાડી બહુ જ તીવ્ર દિશામાં ચાલતી હશે તો એની ગતિ બહુ જ ધીમી હોય એવું લાગશે.

$\bar{a}$ Final velocity – Initial velocity / Time taken for change in velocity, $v_2 - v_1$ / $t_2 - t_1$

૨.૧.૩. પ્રવેગ :

બસ અથવા કારમાં યાત્રા કરતા સમયે તમે ધ્યાન આપ્યું હશે કે કયારેક એની ઝડપ તીવ્ર તો કયારેક ધીમી થઈ જાય છે. એટલે, એના વેગમાં સમયની સાથે પરિવર્તન થતાં રહે છે. જેમ કે વેગને સમથી સાથેની સ્થિતિમાં થતાં પરિવર્તન થી વ્યાખ્યાયિત કરાય છે. તેમજ પ્રવેગને વેગના પરિવર્તન સમય સાથે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. પ્રવેગ એક સદિશ રાશિ છે. તેનો એકમ m s^{-2} છે. એક પરિમાણીય ગતિમાં પ્રવેગ માટે કોઈ સદિશ અંકની આવશ્યકતા હોતી નથી. જેમ કે વેગના સંદર્ભમાં બતાવ્યા પ્રમાણે કોઈ પદાર્થનું સરેરાશ વેગ નીચે પ્રમાણે વ્યકત કરી શકાય છે.

સરેરાશ પ્રવેગ ($\bar{a}$) =

= = (2.3)

એક પરિમાણીય ગતિમાં પ્રવેગ એ જ દિશામાં હોય જેમાં કે ગતિ અથવા વેગ હોય તો પ્રવેગની દીશા ધનાત્મક હોય છે. પ્રવેગ ગતિની વિરુધ્ધ દિશામાં પણ હોઈ શકે છે. એવી સ્થિતિમાં પ્રવેગને ઋણાત્મક માની લેવામાં આવે છે. જેને આપણે પ્રતિ પ્રવેગ (decelreation) કહે છે. આથી આપણે કહી શકીએ કે પ્રવેગ, વેગમાં ફેરફારનો સમય દર છે. અને પ્રતિ પ્રવેગ, વેગની દિશાથી વિરુધ્ધ દીશાનો સમયદર છે.

ઉદાહરણ : ૨. ૪. પૂર્વની તરફ ગતિશીલ કારનો વેગ 3 સેકન્ડમાં 0 થી $12 ms^{-1}$ થઈ જાય છે. સરેરાશ પ્રવેગ શોધો.

ઉકેલ : આપેલ છે.

$$v_1 = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_2 = 12 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = 3.0 \text{ s}$$

$$a =$$

$$= 4.0 \text{ m s}^{-2}$$

પાઠ આધારિત પ્રશ્નો : ૨.૧

૧. શું આ સંભવ છે કે કોઈ આપેલ સમય - મધ્યાંતરમાં કોઈ ગતિશીલ પદાર્થની સરેરાશ ચાલ શૂન્યના હોય પરતું સરેરાશ વેગ શૂન્ય હોય ? જો હા તો આનું ઉદાહરણ આપીને સમજાવો.

....

૨. એક મહિલા 8 કિલોમીટર પ્રતિ કલાકની ઝડપથી બજાર ગઈ, બજાર બંધ જોઈને તે પોતાના ઘરે 10 કિલોમીટર પ્રતિ કલાકની ઝડપથી પાછી ફરી. જો એનું ઘર બજારથી બે કિલોમીટર દૂર હોય તો તેની સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગની ગણતરી કરો.

....

૩. શું એક ગતિશીલ પદાર્થને બીજી ગતિશીલ પદાર્થની તુલનમાં સાપેક્ષ વેગ શૂન્ય હોઈ શકે ? એક ઉદાહરણ આપો.

....

૪. એક વ્યકિત એક રેલગાડીની અંદર 1.0 m s^{-1} ના વેગથી રેલગાડીની ગતિની દિશામાં ચાલે છે. જો રેલગાડીનો વેગ 3.0 m s^{-1} હોય, તો

(અ) રેલગાડીમાં બઠેલા વ્યકિતને પોતાનો વેગ કેટલો લાગશે ?

(બ) પ્લેટફોર્મ પર બેઠેલા વ્યકિતને સાપેક્ષ એનો વેગ કેટલો હશે ?

....

૨.૨. સ્થિતિ સમય આલેખ (Position- Time- Graph).

જો તમે એક દડાને જમીન પર ગગડાવો છો. તો તમે જોશો કે વિભિન્ન સમયે દડાની વિભિન્ન સમયે દડાની વિભિન્ન સ્થિતિયો હશે. વિભિન્ન સમયે અને તે મુજબ દડાની વિભિન્ન સ્થિતિઓના મૂળ બિંદુથી અંતરને આલેખ પર પ્રકટ કરવાથી આપણને એક નિશ્ચિત રેખા પ્રાપ્ત થાય છે. આ પ્રકારની રેખાને સ્થિત - સમય આલેખ કહે છે. સામાન્ય રીતે, સમય x-અક્ષ પર દર્શાવે છે. અને પદાર્થની સ્થિતિને y- અક્ષ પર દર્શાવે છે.

હવે, આપણે મૂળ બિંદુને 20 મીટર દૂર વિરામ અવસ્થામાં પદાર્થ માટે એક સ્થિત - સમય આલેખ દોરીએ છીએ. પદાર્થની સ્થિતિ 1s, 2s, 3s, 4s અને 5s પછી શું હશે ? તમે મેળવશો કે આલેખ સમય અક્ષની સમાંતર સીધી રેખા આકૃતિ -૨.૧. માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે હશે.

૨.૨.૧. એક સમાન ગતિ માટે 'સ્થિતિ સમય આલેખ'

આવ, આપણે એક બીજી પરિસ્થિતિ પર વિચાર કરીએ, જેમાં એક પદાર્થ સમાન સમય અંતરાલમાં સમાન અંતર કાપે છે. ઉદાહરણ માટે જો પદાર્થ 1 સેકન્ડમાં 10m નું અંતર કાપે અને જો આપણે 5 સેકન્ડ સુધી કાપેલ અંતરના અધ્યયન કરીએ તો વિભિન્ન સમય પર પદાર્થ ની સ્થિતિ નીચે આપેલ કોષ્ટ દ્વારા બતાવી શકાય.

સમય(t) સેકન્ડમાં	1	2	3	4	5
સ્થિતિ (x) મીટરમાં	10	20	30	40	50

2.1

આ આંકડા નો આલેખ બનાવવા માટે x-અક્ષ પર સમય લેવો જેમાં 1cm ને 1 સેકન્ડ માનવું અને સ્થિતિનું y- અક્ષ પર લેવી જેમાં 1cm ને 10 મીટર ના બરાબર માનવું. સ્થિતિ સમય આલેખ આકૃતિ ૨.૨. ના બરાબર હશે.

i આલેખ એક સીધી રેખા છે. જે x-અક્ષ ને એક કોણ બનાવે છે.

એવી ગતિ જેમાં ગતિશીલ વસ્તુના વેગને અસર એકસમાન ગતિ કહેવાય છે. આના સ્થિતિ સમય આલેખ સમય અક્ષ પર જુકેલી હોય છે. (એક કોણ બનાવતી) સરળ રેખાના રૂપમાં હોય છે. બીજા શબ્દોમાં આપણે શકાય કે જ્યારે ગતિશીલ વસ્તુ સમાન સમય અંતરાલ માં સમાન અંતર નક્કી કરતી હોય. તો એની ગતિ એકસમાન એકસમાન ગતિ કહેવાય છે.

૨.૨.૨. અસમાન ગતિ માં સ્થિતિ સમય આલેખ

આવો હવે આપણે એક રેલગાડીના ઉદાહરણ લઈએ જે એક સ્ટેશન થી ઉપડે છે. ગતિ પકડે છે. તથા થોડા સમય માટે એકસમાન વેગથી ચાલે છે અને બીજા સ્ટેશન પર ઉભી રહેતા પહેલા ધીમી થઈ જાય છે. આ ઉદાહરણોમાં તમે જોશો કે સમય ના સમાન અંતરાલ માં કાપેલ અંતર સમાન હોતી નથી. આ પ્રકાર ના પદાર્થ માટે 'સ્થિતિ - સમય આલેખ' એક સતત વક્ર છે. તેથી પદાર્થના વેગમાં નિરંતર ફેરફાર થાય છે. એવી સ્થિતિમાં ખૂબ જ ઓછા સમય અંતરાલમાં સરેરાશ અથવા તાત્ક્ષણિક વેગની વ્યાખ્યા આપવી યોગ્ય છે. આવો એવું કરતાં શીખીએ.

૨.૨.૩. સ્થિતિ - સમય આલેખની વ્યાખ્યા. 2.3

આપે જોયું કે વિભિન્ન ગતિશીલ પદાર્થ વિભિન્ન હોઈ શકે છે. જો આ સમયે અક્ષ ને સમાંતર સીધી રેખા હોય તો તમે કહેશો કે પદાર્થ વિરામ અવસ્થામાં છે. (આકૃતિ - ૨.૧) પણ જો સીધી રેખા સમય અક્ષની તરફ નમે તો એ દર્શાવે છે કે ગતિ એકસમાન છે. (આકૃતિ - ૨.૨.)

(અ) સ્થિત - સમય આલેખથી વેગ : સ્થિત સમય આલેખનો આકાર ગતિશીલ પદાર્થ નો વેગ બતાવે છે. આકાર ના નિર્ધાર માટે સરળ રેખા પર (આકૃતી - ૨.૨.) માં કોઈ બે બિંદુ (A અને B) નક્કી કરો તથા x- અક્ષના સમાંતર રેખા ખેચવાથી ત્રિકોણ બનાવો. આ પ્રકારે પદાર્થનો સરેરાશ વેગ નીચે આપેલ છે.

$$\bar{v} = \qquad = \qquad = \qquad (2.4)$$

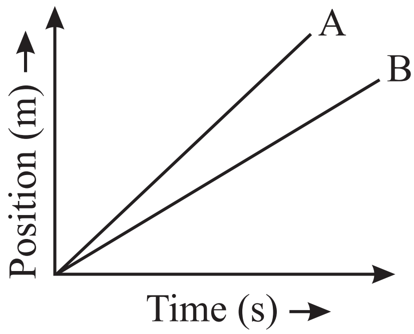
તેથી, પદાર્થ નો વેગ સરલ રેખા AB ના ઢાળ બરાબર છે.

એનાથી ખબર પડે છે કે 'સ્થિત - સમય આલેખ' દર્શાવતી સીધી રેખાનો જેટલો ઢાળ ($\Delta x/\Delta t$) હોય તેટલો જ વધારે પદાર્થનો વેગ હશે. ધ્યાન રહે કે ક્ષૈતિજ રેખાની સાથે સરળ રેખીય આલેખ દ્વારા બનાવેલ કોણના સ્પર્શકના ઢાળનું માપ છે. તેથી, $\tan \theta = \Delta x/\Delta t$.

otion
ying

આલેખ પર કોઈ બે સ્થિતિ ના સમયગાળા Δx અને સંગત સમયનો સમયગાળા Δt નો ઉપયોગથી ઢાળ દોરો અને આ પ્રકાર સમયગાળામાં સરેરાશ વેગનો માન પ્રાપ્ત કરવામાં થાય છે.

ઉદાહરણ : ૨.૫. બે પદાર્થો A અને B ના સ્થિતિ સમય આલેખ આકૃતિ 2.4. માં દોરેલ છે. તો તેમાં કોનો વેગ વધારે હશે ?



ઉકેલ : - પદાર્થ A નો વેગ વધારે હશે કારણ કે પદાર્થ A માટે આલેખનો ઢાળ વધારે છે.

(બ) તાત્ક્ષણિક વેગ : જેમ તમે શીખ્યા કે સીધી રેખાનો વેગ પ્રત્યેક ક્ષણ સમાન રહે છે, પરંતુ અસમાન ગતિના પ્રકરણમાં 'સ્થિતિ સમય આલેખ' વક્ર રેખાના રૂપમાં હોય છે. જે આકૃતિ - ૨.૫. માં દર્શાવ્યા છે. નક્કી કરેલ સમયગાળા ઢાળનો આકાર અને સરેરાશ વેગ જુદા - જુદા હોય છે. આ પ્રકારના પ્રકરણોમાં

$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ કોઈ સમય અથવા પદાર્થની સ્થિતિનો વેગ તાત્ક્ષણિક વેગ કહેવાય છે.

ધ્યાન આપો કે Δt સમયગાળામાં સરેરાશ વેગ G $\bar{v}$ =

જ્યારે Δt ને ઓછામાં ઓછું કરી શકાય તો સરેરાશ વેગ તાત્ક્ષણિક વેગના બરાબર હોય છે.

2.5

$\Delta t \rightarrow 0$, સીમા લેવાથી એ રેખાનો ઢાળ $(\Delta x/\Delta t)$ જે બિંદુ પર વક્ર છે. સ્પર્શ થાય છે તો તાત્ક્ષણિક વેગ બને છે. એથી જ એક સમાન ગતિ માટે સરેરાશ અને તાત્ક્ષણિક બરાબર હોય છે.

ઉદાહરણ : - ૨.૬. એક પદાર્થની 20 સેકન્ડ ગતિ સ્થિતિ સમય આલેખ આકૃતિ -2.6 માં દર્શાવ્યા બતાવો કે પદાર્થ દ્વારા નીચે લેખિત સમયગાળા માટે કેટલી ગતિથી અંતર કાપી શકાય

(i) 0 સેકન્ડ થી 5 સેકન્ડ (ii) 5 સેકન્ડથી 10 સેકન્ડ (iii) 10 સેકન્ડ થી 15 સેકન્ડ અને (iv) 15 સેકન્ડથી 17.5સેકન્ડ ના સંપૂર્ણ સમયગાળામાં પદાર્થની ઝડપ શું થશે ?

ઉકેલ :

i) 0 સેકન્ડથી 5 સેકન્ડ દરમિયાન કાપેલ અંતર = 4

m

∴ ઝડપ = =

ii) 5 સેકન્ડથી 10 સેકન્ડ દરમિયાન કાપેલ અંતર =

12 – 4 = 8 m

$$\therefore \text{ઝડપ} = \frac{(12-4)\text{ m}}{(10-5)\text{ s}} = \frac{8\text{ m}}{5\text{ s}} = 1.6\text{ m s}^{-1}$$

iii) 10 સેકન્ડથી 15 સેકન્ડ દરમિયાન, કાપેલ અંતર = 12 – 12 = 0 m

$$\therefore \text{ઝડપ} = \frac{\text{Distance}}{\text{Time}} = \quad = 0$$

iv) 15 સેકન્ડ થી 17.5 સેકન્ડ દરમિયાન કાપેલ અંતર = 12 m

$$\therefore \text{ઝડપ} = \quad = 4.8\text{ m s}^{-1}$$

હવે, તમે તમારી પ્રગતિ ચકાસવા માટે નીચે આપેલ પ્રશ્નોનો ઉકેલ શોધો.

પાઠગત પ્રશ્ન - ૨.૨.

૧. શૂન્ય પ્રવેગની ગતિ માટે સ્થિતિ - સમય આલેખ બનાવો.

....

૨. નીચે આપેલ આકૃતિમાં બે વિદ્યાર્થીઓ A અને B ના અંતર - સમય આલેખ દર્શાવે છે જે તેમની શાળાથી ચાલીને તેમના ઘર સુધી પહોંચે છે. આલેખ ને ધ્યાનથી જુઓ અને નીચેના પ્રશ્નોના જવાબ આપો.

(i) શું એક જ સમયે શાળાએ થી ચાલે છે.

નોંધ

(ii) કોણ શાળાથી વધારે દુર રહે છે .

....

(iii) શું બંને પોતાના ઘરે એક જ સમય પર પહુંચે છે.

....

(iv) કોણ વધારે ઝડપથી ચાલે છે ?

....

(v) તે શાળાથી કેટલા અંતરે એક બીજાને પાર કરે છે.

....

૩. કઈ પરિસ્થિતિમાં સરેરાશ વેગ તાત્ક્ષણિક વેગના બરાબર છે.

....

૪. નીચેના આલેખમાં કયો આલેખ સંભવ નથી. તમારા જવાબનું કારણ આપો.

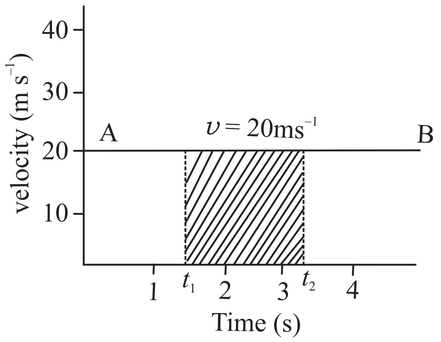
....

૨.૩. વેગ સમય આલેખ

સ્થિતિ સમય આલેખથી આપણે વેગ - સમય આલેખ બનાવી શકાય. વેગ - સમય - આલેખ બનાવા માટે સામાન્ય રીતે સમયને x- અક્ષ તથા વેગને y-અક્ષ પર લેવું પડે છે.

૨.૩.૧. એકસમાન ગતિ માટે વેગ - સમય આલેખ.

તમે જાણો છો કે, એકસમાન ગતિમાં પદાર્થનું વેગ અચળ રહે છે, અર્થાત્ સમયમાં પરિવર્તન ની સાથે વેગમાં કોઈ પરિવર્તન થતો નથી. આ પ્રકારની એકસમાન ગતિ માટે દોરેલ વેગ - સમય આલેખ સમય અક્ષના સમાંતર સરળ રેખાના રૂપમાં હોય છે. આકૃતિ - ૨.૬. માં બતાવ્યા પ્રમાણે.



૨.૩.૨. અસમાન ગતિ માટે વેગ - સમય આલેખ.

જો સમયના સાથે પદાર્થનો વેગ સમાન રૂપથી બદલાતાં ર હ`

છે. તો પ્રવેગ, એકસમાન રહે છે. આ પ્રકારના ગતિશીલ **2.10**

પદાર્થ માટે વેગ - સમયનો આલેખ સરળ રેખાના રૂપમાં હોય

છે, જેમ કે, સમય અક્ષની તરફ ઝૂકેલા હોય છે. જે આકૃતિ - ૨.૭.ના સરળ રેખા AB દ્વારા બનાવ્યું છે. આલેખથી સ્પષ્ટ છે કે એકસમાન સમયગાળા માં સમાન પરિમાણોથી વેગ વધે છે. પદાર્થનો સરેરાશ વેગ નીચેના સૂત્ર દ્વારા બતાવી શકાય છે.

$$\overline{a} = \quad = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$

= સફળ રેખાનો ઢાળ

કારણ કે સરળ રેખાનો ઢાળ સ્થિર હોય છે. તેથી પદાર્થ નો સરેરાશ વેગ અચળ રહે છે. જો અસમાન ગતિનો એવા અચળ રહે છે. આ પ્રકારની સ્થિતિમાં વેગ અ સમયનો આલેખનો ઢાળ દરેક ક્ષણ અલગ હોય છે. આકૃતિ - ૨.૮. માં બતાવ્યા પ્રમાણે અહીંયા જોઈ શકાય છે. વિભિન્ન બિંદુએ A, B અને C ઉપર θ_A, θ_B અને θ_C ના માન અલગ - અલગ હોય છે.

૨.૩.૩. વેગ - સમય આલેખની વ્યાખ્યા :

વેગ સમય આલેખની મદદથી આપણે, પદાર્થ દ્વાર નક્કી થયેલ અંતર અને વિભિન્ન ક્ષણોમાં પદાર્થનો વેગ પણ જાણી શકીએ વછીએ. આવો જોઈએ આવું આપણે આવું કેવી રીતે કરી શકીએ.

(અ) પદાર્થ દ્વારા નક્કી કરેલ અંતરનું નિર્ધારણ : આકૃતિ - ૨.૭ માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વેગ સમય આલેખ પર ફરીથી વિચાર કરો. આ આલેખમાં AB અચળ વેગ સાથે ગતિ દર્શાવે છે. જયારે CD અચળ મંદિત - ગતિ દર્શાવે છે. BC

એકસમાન ગતિ દર્શાવે છે. સમાન ગતિથી ચાલતો પદાર્થ t_1 થી t_2 સમયની વચ્ચે કાપેલ અંતર $s = v(t_2 - t_1) = t_1$ અને t_2 ગાળાની વચ્ચે વક્ર તથા સમય અક્ષ ની વચ્ચેનો ક્ષેત્રફળ છે. (આકૃતિ - ૨.૬) આ પરિણામને ને વ્યાપ્તિકરણ થી આકૃતિ - ૨.૭. માટે આપણને t_1 અને t_2 વચ્ચેના સમયગાળામાં કાપેલ અંતર મળે છે.

2.9

s = સમતલ ચતુર્ભુજ KLMN નું ક્ષેત્રફળ

$$= (½) \times (KL + MN) \times KN$$

$$= (½) \times (v_1 + v_2) \times (t_2 - t_1)$$

(બ) પદાર્થના પ્રવેગનું નિર્ધારણ : અમે જાણીએ છીએ કે કોઈ પદાર્થનું સમયની સાથે વેગ પરિવર્તનના દરને પ્રવેગ કહે છે. જો તમે આકૃતિ - 2.9 માં આપેલ વેગ સમય આલેખનું અવલોકન કરો. તો AB ચાપને ઢાળ દ્વારા સરેરાશ પ્રવેગ દર્શાવી શકાય છે. જે નીચે પ્રમાણે બતાવ્યું છે.

$\frac{dv}{dt} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

સરેરાશ પ્રવેગ ($\bar{a}$) = .

જો સમયગાળાને ખૂબ જ ઓછું કરી દેવામાં આવે તો સરેરાશ પ્રવેગ તાત્ક્ષણિક પ્રવેગ બની જાય છે. તેથી લાક્ષણિક પ્રવેગ.

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$ = સમય t ના સંગત બિંદુ પર સ્પર્શ રેખાનો ઢાળ છે.

$(t = t) =$

તેથી વેગ - સમય આલેખ આ કોઈ પણ બિંદુ પર સ્પર્શ રેખાનો ઢાળ = એ બિંદુ યા સમય પર પ્રવેગના પરિણામો આપે છે.

ઉદાહરણ : ૨.૭. ત્રણ પદાર્થ A,B અને C માટે વેગ સમય આલેખ આકૃતિ 2.9(a) માં દર્શાવ્યા છે.

(i) આમાંથી કોનો વધારે સરેરાશ પ્રવેગ છે અને કેટલો છે.

(ii) પહેલાં 3 સેકન્ડમાં આ પદાર્થ દ્વારા કાપેલ અંતરની ગણતરી કરો.

નોંધ

(iii) આ ત્રણ પદાર્થમાંથી કોણ તેમની પૂરી યાત્રામાં વધારે અંતર કાપે છે.

(iv) ૨ સેકન્ડ ના ક્ષણમાં ત્રણ પદાર્થનો વેગ શું હશે ?

ઉકેલ :

(i) કારણ કે v-t નો આલેખનો ઢાળ પ્રવેગ આપે છે અને પદાર્થ A ના માટે v-t આલેખનો ઢાળ અધિકત્તમ છે, એનો પ્રવેગ અધિક્તમ છે. **2.11**

$a = \quad = \quad = \quad = 2\ ms^{-2}$.

(ii) પદાર્થ દ્વારા કપાયેલ અંતર v-t આલેખના ક્ષેત્રફળની બરાબર હોય છે. પહેલા 3 સેકન્ડમાં

A દ્વારા કાપેલ અંતર = ક્ષેત્રફળ OA′L

$= (½) \times 6 \times 3 = 9$m.

B દ્વારા કાપેલ અંતર = ક્ષેત્રફળ OB′L

$= (½) \times 3 \times 3 = 4.5$ m.

C દ્વારા કાપેલ અંતર $= (½) \times 1 \times 3 = 1.5$ m.

(iii) યાત્રા પૂરી થવાથી B દ્વારા કાપેલ અંતર

$= (½) \times 6 \times 6 = 18$ m.

(iv) કારણ કે દરેક પદાર્થના માટે v-t આલેખ સરળ રેખા છે. એટલે તાત્ક્ષણિક પ્રવેગ સરેરાશ પ્રવેગના બરાબર છે. બે સેકન્ડ પર.

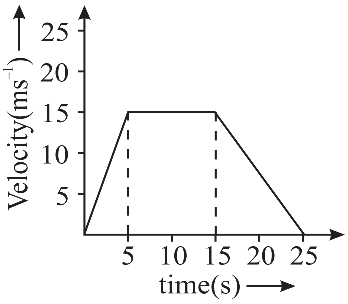
A નો વેગ $= 4\ m\ s^{-1}$

B નો વેગ $= 2\ m\ s^{-1}$

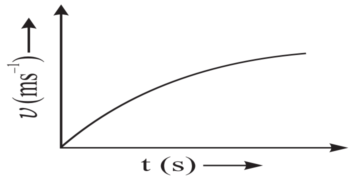
C નો વેગ $= 0.80\ m\ s^{-1}$ (લગભગ)

નોંધ

પાઠગત પ્રશ્નો ૨.૩



૧.સરળ રેખામાં ચાલતા કણ ની ગતિ સંલગ્ન $v - t$ આલેખમાં દર્શાવવામાં આવી છે. તો (I)વેગ, પ્રવેગ અને કાપેલ અંતર ના સંદર્ભમાં આલેખ નું વર્ણન કરો. (II) સરેરાશ ઝડપ શોધો.



૨. સલંગ્ન વક્ર કેવી પ્રકારની ગતિને દર્શાવે છે એકસમાન ગતિ પ્રવેગ ગતિ અથવા પ્રતિ પ્રવેગ ગતિ - સમજાવો.

૩. સલંગ્ન v-t આલેખ નો પ્રયોગ કરતાં $0 - 22$ સેકન્ડ સમયગાળા માટે (૧) કણનો સરેરાશ વેગ (૨) કણની સરેરાશ ઝડપ મેળવો. કણ સતત રૂપથી સરળ રેખીય ગતિ કરે છે.

૨.૪. ગતિના સમીકરણ

જેવી રીતે તમે જાણો છો કે પદાર્થની ગતિનું વર્ણન કરવા માટે આપણે ભૌતિક રાશિઓ જેવી કે અતંર, વેગ અને પ્રવેગનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. ગતિના સમીકરણોની મદદથી સ્થિર પ્રવેગની સ્થિતિમાં વેગ અને કાપેલ અંતરને શોધી શકીએ છીએ. આ ઉપયોગમાં આસાન છે અને તેના ગુણના અનુ પ્રયાગ છે.

૨.૪.૧. એકસમાન ગતિના અભિકરણ :

આ સમીકરણની તારવણી માટે આપણે પ્રારંભિક સમય $t_1 = 0$ ને શૂન્ય લઈએ. અર્થાત્ $t_2 = t$ વીતી ગયેલ સમય છે. પદાર્થની પ્રારંભિક સ્થિતિ, (x_1) અને સમય t પર x_2 અને v_2 કરતાં એને x અને v કહીશું. સમીકરણ 2.1 ના અનુસાર સમય t ના દરમિયાન સરેરાશ વેગ નીચે પ્રમાણે હશે.

$$\bar{v} = \frac{x - x_0}{t} \quad (2.4)$$

૨.૪.૨. એકસમાન પ્રવેગ યુક્ત ગતિનું પહેલું સમીકરણ જો પ્રવેગ આપેલ હોય તો ગતિના પહેલા સમીકરણ એક નિશ્ચિત સમય પછી પદાર્થનો વેગ નિર્ધારિત કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. જેમ તમને વ્યાખ્યા દ્વારા ખબર છે

કે.

$$\text{પ્રવેગ } (a) = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

જો $t_1 = 0$, $v_1 = v_0$ અને, અથવા $t_2 = t$, $v_2 = v$. તો

$$a = \qquad (2.5)$$

$$\Rightarrow \quad v = v_0 + at \qquad (2.6)$$

આ ગતિનું પહેલું સમીકરણ કહેવાય છે. અહીંયા પદાર્થનું શરૂઆતી ($t_1 = 0$ પર) વેગ છે અને ક્ષણ પરનો વેગ છે.

ઉદાહરણ : ૨.૮. એક ગાડી વિશ્રામાવસ્થામાં 10ms^{-2} ન પ્રવેગથી ચાલે છે. તો 5 સેકન્ડ બાદ એનો વેગ કેટલો હશે?

ઉકેલ : આપેલ છે.

પ્રારંભિક વેગ $\quad v_0 = 0$

પ્રવેગ $\quad a = 10 \text{ ms}^{-2}$

સમય $\quad t = 5\text{s}$

ગતિના પહેલાં સમીકરણનો ઉપયોગ કરતાં

$$v = v_0 + at$$

સમય $t = 5\text{s}$ પછી વેગ

$$v = 0 + (10 \text{ ms}^{-2}) \times (5\text{s})$$

$$= 50 \text{ ms}^{-1}$$

૨.૪.૨. સ્થિર (અચળ) પ્રવેગ વાળી ગતિનું બીજું સમીકરણ :

ગતિના બીજા સમીકરણનો ઉપયોગ અચળ પ્રવેગથી ચાલી રહેલ પદાર્થના સમય t ના પછીની સ્થિતિ શોધવા માટે

થાય છે.

ધારો કે જ્યારે $t = 0, x_1 = x_0; v_1 = v_0$ અને જ્યારે $t = t$, હોય તો $x_2 = x$; અને $v_2 = v$.

તેથી કાપેલ અંતર = આલેખની વચ્ચેનું ક્ષેત્રફળ $v - t$ graph

= સમલંબ ચતુર્ભુજ OABC નું ક્ષેત્રફળ

$= \quad (CB + OA) \times OC$

$x - x_0 = ½ (v + v_0)\, t$

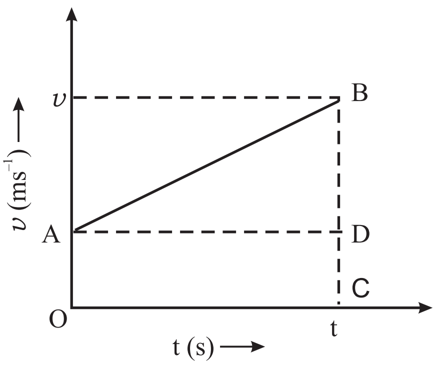
કારણ કે $v = v_0 +$ આપણે લખી શકીએ,

$$x - x_0 = ½ (v_0 + at + v_0)t$$

$$= v_0 t + ½\, at^2$$

અથવા $\qquad x = x_0 + v_0 t + ½\, at^2 \qquad (2.7)$

ઉદાહરણ : ૨૯ એક ગાડી A સીધા રસ્તા પર 60 km h^{-1} ની એકસમાન જઈ રહી હતી. બીજી ગાડી એની પાછળ 70 km h^{-1} ના એકસમાન વેગથી જઈ રહી છે. આ બનંને વચ્ચેની જ્યારે 2.5 km નું અંતર રહી ગયું ત્યારે ગાડી B ને 20 km h^{-1} થી પ્રતિપ્રવેગ કરવામાં આવી. કેટલા અંતર અને કેટલો સમય ગાડી B ને ગાડી A ને પકડવામાં લાગશે ?



2.12

ઉકેલ : માની લો કે B ગાડી A ગાડીને સમય t પછી x અંતરે પકડે છે. તો ગાડી A દ્વારા t સમય માં કાપેલ અંતર

$x = 60 \times t.$

ગાડી B દ્વારા t સમયમાં કાપેલ અંતર

$$x' = x_0 + v_0 t + ½\, at^2$$

$$= 0 + 70 \times t + ½\, (-20) \times t^2$$

$$x' = 70\,t - 10\,t^2$$

પરંતુ આ બે ગાડી વચ્ચેનું અંતર

$$x' - x = 2.5$$

$$\therefore \quad (70\,t - 10\,t^2) - (60\,t) = 2.5$$

અથવા $\quad 10\,t^2 - 10\,t + 2.5 = 0$

જે $t = ½$ કલાક આવશે.

$$\therefore \quad x = 70t - 10t^2$$

$$= 70 \times ½ - 10 \times (½)^2$$

$$= 35 - 2.5 = 32.5 \text{ km.}$$

૨.૪.૪. અચળ પ્રવેગવાળી ગતિનું બીજું સમીકરણ :

આ સમીકરણનો ઉપયોગ એ સ્થિતિમાં કરી શકાય કે જ્યાં પદાર્થનો પ્રવેગ, સ્થિતિ અને પ્રારંભિક વેગ ખબર હોય તથા અંતિમ વેગ અપેક્ષિત હોય અને સમય t ખબર ન હોય.

સમીકરણ (૨.૭) ને આપણે નીચે પ્રમાણે લખી શકીએ.

$$x - x_0 = ½\,(v + v_0)\,t.$$

સમીકરણ (૨.૬) પ્રમાણે.

$$t =$$

સમીકરણ (૨.૭) માં t નું મૂલ્ય મૂકતાં

$$x - x_0 = ½\,(v + v_0)$$

$$\Rightarrow \quad 2a\,(x - x_0) = v^2 - v^0$$

$$\Rightarrow \quad v^2 = \quad + 2a\,(x - x_0) \qquad (2.8)$$

આ ગતિનું ત્રીજું સમીકરણ છે.

તેથી અચળ પ્રવેગ માટે ગણિના ત્રણ સમીકરણ આ પ્રમાણે છે.

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + ½ at^2$$

અને $$v^2 = \quad + 2a (x - x_0)$$

ઉદાહરણ : ૨.૧૦. એક મોટર સાઈકલ સવાર એક સીધા રસ્તા પર 4m s^{-2} ના અંચળ પ્રવેગથી જઈ રહ્યો છે. શરૂઆતમાં તે 5 મીટરના અંતર પર હતો. ત્યારે તેનો વેગ 3m s^{-1} હતો.

(i) સમય t = 2s પર સ્થિતિ અને વેગ બતાવો.

(ii) મોટર સાઈકલ સવારની સ્થિતિ બતાવો જ્યારે વેગ 5ms^{-1} હોય.

ઉકેલ : આપેલ છે.

$$x_0 = 5m,\ v_0 = 3m\ s^{-1},\ a = 4\ ms^{-2}.$$

v_0^2

(i) સમીકરણ (૨.૭) નો ઉપયોગ કરવાથી

$$x = x_0 + v_0 t + ½ at^2$$

$$= 5 + 3 \times 2 + ½ \times 4 \times (2)^2 = 19m$$

સમીકરણ (૨.૬) થી

$$v = v_0 + at$$

$$= 3 + 4 \times 2 = 11ms^{-1}$$

Velocity, $v = 11ms^{-1}$.

(ii) સમીકરણનો ઉપયોગ કરવાથી

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

$$(5)^2 = (3)^2 + 2 \times 4 \times (x - 5)$$

$$\Rightarrow \quad x = 7m$$

તેથી મોટર સાઈકલ સવારની સ્થિતિ $(x) = 7m$.

૨.૫ ગુરુત્વાધીન ગતિ

તમે જોયું હશે કે જયારે આપણે કોઈ પદાર્થને ઉપરની દિશામાં ફેકીએ છીએ અથવા ઉંચાઈ ઉપરથી પથ્થર ફેકતાં આ બંને સ્થીતિઓમાં તે પૃથ્વી તરફ કેમ આવે છે અને કયા પ્રકાશનો પથ અપનાવે છે. આ એ પદાર્થ પર લાગતા પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણ બળના કારણે થાય છે. (પૃથ્વી તરફ કોઈ પદાર્થનું સ્વતંત્ર રીતે પડવું અચળ પ્રવેગ (લગભગ) ની ગતિનું અંક સામાન્ય ઉદાહરણ છે.) હવા પ્રતિરોધની ગેરહાજરીમાં એ જોવા મળે છે કે બધા જ પદાર્થો ભલે તેની સાઈઝ અથવા દ્રવ્યમાન કંઈ પણ હોય, તે સમાન પ્રવેગથી નીચે આવે છે. જો ગુરુત્વ જનીન પ્રવેગ ઉંચાઈની સાથે પરિવર્તન થયા કરે, પરંતુ પૃથ્વીની ત્રિજયાની તુલનામાં અવગણ્ય છે. અને ગતિની અવધિમાં આને સ્થિર ગણીએ છે. આના વ્યવાહારિક ઉપયોગ માટે હવા પ્રતિરોધક અને ઉંચાઈની સાથે પ્રવેગ માં ભિન્નતા નો પ્રભાવ અવગણ લઈ શકાય છે. ગુરુત્વના કારણે સ્વતંત્ર રૂપથી પડતો પદાર્થ પ્રવેગને g થી દર્શાવવામાં આવે છે. પૃથ્વી પર એનું પરિમાણ 9.8 ms^{-2} છે. ઉંચાઈ અને અક્ષાંશોમાં પરિવર્તન ના કારણે એન ભિન્નતાનું વિસ્તુત વિવેચન આ પુસ્તિકાના પાઠ - ૫ માં આપેલ છે.

ગેલિલિઓ (1564 – 1642)

એમનો જન્મ પીસા ઈટાલીમાં 1564 માં થયો હતો. એમને પડતા પદાર્થના નિયમોનું પ્રતિપાદન કરયું એમને એક દૂરબીન બનાવ્યું જે બે ગોલીય માટે ઉપયોગી થયું છે. 'ડાયલોગ્સ એબાઉટ ટૂ ગ્રેટ સિસ્ટમ ઓફ ધી વર્લ્ડ'' અને કન્વેસેસન્સ કંસરનિંગ ધ ન્યુ સાઈસેઝ'' એમની મહાન કૃતિઓ છે. એમને એ વિચારનું અનુમોદન કયુ કે પૃથ્વી સૂર્યની પરિક્રમા કરે છે.

ઉદાહરણ : ૨.૧૧. એક પથ્થરને 50m ની ઉંચાઈથી છોડી દેવામાં આવે છે અને એ સ્વતંત્ર રૂપથી નીચે પડે છે. નીચે આપેલની ગણતરી કરો. (i)2 s માં કાપેલ અંતર (ii) પૃથ્વી પર પહોંચવા માટે પથ્થરનો નંગ (iii) પડવાના 3 સેકન્ડ પછીનો વેગ

ઉકેલ : આપેલ છે.

ઉંચાઈ $h = 50$ m અને પ્રારંભિક $v_0 = 0$

પ્રારંભિક સ્થિતિ (y_0) ને શૂન્ય અને મૂળ્ બિંદુ 0 પર છે તેવું માનવું આના નીચે y- અક્ષ ઋણાત્મક હશે, કારણ

કે પ્રવેગ ઋણાત્મક y-અક્ષ ની દિશામાં નીચેની બાજુ છે. તેથી $a = -g = -9.8\ ms^{-2}$.

(i) *સમીકરણ ૨.૯ નો ઉપયોગ કરવાથી .*

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

અમને પ્રાપ્ત થાય છે.

$$y = 0 + 0 - \frac{1}{2} g t^2 = -\frac{1}{2} \times 9.8 \times (2)^2$$

$$= -19.6 m.$$

ઋણાત્મક નિશાની એ દર્શાવે છે કે અંતર બિંદુથી નીચે છે અને તે અર્ધોગામી દીશામાં છે.

(ii) *પૃથ્વી પર* $y = -50 m$,

સમીકરણ (2.8) *નો ઉપયોગ કરવાથી*

$$v^2 = v_0^2 + 2a\,(y - y_0)$$

$$= 0 + 2\,(-9.8)\,(-50 - 0)$$

$$v = 9.9\ ms^{-1}$$

(iii) *સમીકરણ* $v = v_0 + at$, *નો ઉપયોગ કરવાથી જ્યા,* $t = 3s$ *છે.*

$$\therefore \quad v = 0 + (-9.8) \times 3$$

$$v = -29.4\ ms^{-1}$$

આ દર્શાવે છે કે $t = 3\ s$ *પર પથ્થરનો વેગ* $29.4\ m\ s^{-1}$ *છે અને આ અધોગામી દીશામાં છે.*

હવે થોડા વિરામ પછી નીચેના પ્રશ્નોના જવાબ આપો.

ટિપ્પણી : અહીંયા એ વાત ધ્યાન આપવા યોગ્ય છે કે ગતિના સમીકરણોમાં આપણે નિશાની નો ઉપયોગ કરીએ છીએ. જેના અનુસાર ઉર્ધ્વ અને દક્ષિણવર્તી દીશાઓમાં રાશિઓનો ધનાત્મક અને અધોમુખી અને વામાવર્તી દિશાઓમાં રાશિઓ નો ઋણાત્મક લઈ શકાય છે.

નોંધ

પાઠગત પ્રશ્નો - ૨.૪

૧. એક પદાર્થ વિરામ અવસ્થા થી પ્રારંભ કરીને અચળ વેગ સાથેની 4 સેકન્ડમાં 40 મીટરનું અંતર કાપે છે. એના અંતિમ વેગ ગણો તથા કુલ અંતરના અડધો ભાગ નક્કી કરવામાં આવશ્યક સમય બતાવો.

....

૨. એક ગાડી એક રસ્તા પર 5 મીટર/સેકન્ડના અચળ પ્રવેગની સાથે ચાલે છે.શરૂઆતના 5 મીટરમાં એનો વેગ 3 મીટર/સેકન્ડ હતો. ૨ સેકન્ડ પછી એની સ્થિતિ અને વેગની ગણતરી કરો.

....

૩. એક પદાર્થને ઉર્ધ્વાધર દિશામાં કયા વેગથી ફેંકી શકાય કે તે ૨૫ મીટરની ઉંચાઈ સુધી પહોંચે છે. એ પણ બતાવો કે તે કેટલા સમય સુધી હવામાં રહેશે.

....

૪. એક દડા ઉપર હવામાં ફેંકવામાં આવ્યો એનો પ્રવેગ ફેકંતા વધારે હશે કે ફેંકયા ના થોડા સમય પછી

....

તમે જે શીખ્યા

- એક પદાર્થનું સ્થાનાતર અને સમયગાળાનો અનુપાત ને સરેરાશ વેગ કહેવાય છે.
- નક્કી કાપેલ અંતર ને લાગતા સમય ને ભાગવાથી સરેરાશ ઝડપ મળે છે.
- એક પદાર્થની સાપેક્ષિક સ્થિતિમાં બીજા પદાર્થના સાપેક્ષ પરિવર્તનનું અંતર બીજા પદાર્થના સાપેક્ષ પરિવર્તનનું અંતર બીજા પદાર્થના સાપેક્ષ પહેલા પદાર્થનું સાપેક્ષ વેગ કહેવાય છે.
- એકાંક સમયમાં વેગ થતો પરિવર્તન ને પ્રવેગ કહે છે.

- વિરામ સ્થિતિના પદાર્થનો સ્થિતિ - સમય આલેખ, સમય અક્ષની તરફ ઝુકેલી રેખાના રૂપમાં હોય છે.
- એક સમાન ઝડપના માટે સ્થિતિ - સમય આલેખ, સમય અક્ષની તરફ ઝુકેલી રેખાના રૂપમાં હોય છે.
- પદાર્થ દ્વારા સમાન સમયગાળામાં સમાન અંતર કાપવાને એકસમાન ગતિ કહે છે.
- સમયના કોઈ એક ક્ષણ યા તો એના પંથનો કોઈ એક બિંદુ પર પદાર્થનો વેગ એના તાત્ક્ષણિક વેગ કહેવાય છે.
- સ્થિતિ સમય આલેખનો ઢાળ વેગ બતાવે છે.
- સતત પ્રવેગની સાથે ગતિશીલ પદાર્થ ના માટે વેગ સમય આલેખ સમય અક્ષ પર નીચે નીમેલી સીધી રેખાના રૂપમાં હશે.
- વેગ સમય આલેખના અંતગર્ત વાળા ક્ષેત્રફળ કાપેલ અંતર બતાવે છે.
- પદાર્થનો સરેરાશ પ્રવેગનું પરિકલ્પના વેગ સમય આલેખના ઢાળથી નક્કી કરી શકાય છે.
- પદાર્થની ગતિની વ્યાખ્યા માટે નીચે આપેલ ત્રણ સમીકરણનો ઉપયોગ થાય છે.

υ_0^2

(i) $\upsilon = \quad + at$

(ii) $x = x_0 + \quad t + ½ at^2$

(iii) $\quad = \quad + 2a.(x - x_0)$

પાઠચાંત પ્રશ્નો

૧. સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગ વચ્ચેનો તફાવત આપો.

૨. એક ગાડી A 65 કિલોમીટર પ્રતિ કલાકની ઝડપે રસ્તા ઉપર જાય છે. એ જ દીશાના એક મોટર સાઈકલ B ની આગળ 80 કિલોમીટર /કલાક ની ઝડપથી જાય છે A ના સાપેક્ષ B નો વેગ કેટલો હશે ?

૩. એક ગાડી 30 મીટરનું અંતર કાપવા માટે કેટલો સમય લેશે જો એ વિરામ અવસ્થા થી 2.0 m s^2 ના દરે પ્રવેગ કરે છે.

૪. એક મોટર સાઈકલ ચાલક બે સ્થાનના વચ્ચેથી અડધું અંતર 30 km h^{-1} ની ઝડપ થી અને શેષ અડધા

નોંધ

ભાગે 60 kmh^{-1} ની ઝડપ નક્કી કરે છે. મોટર સાઈકલ ની સરેરાશ ઝડપની ગણતરી કરો.

૫. એક જલ પક્ષી સીધા દક્ષિણ બાજુ 25 કિલોમીટર દુર જવા માટે 20 કિલોમીટર પ્રતિકલાકે અચળ વેગથી ઉડે છે. આ જલ પક્ષીને આ અંતર કાપવા માટે કેટલો સમય લાગશે ?

૬. બેંગ્લોર - નઈ દિલ્લી ના હવાયાત્રા માં સરળ રેખીય અંતર 1200 કિલોમીટર છે. અને રેલગાડી થી અંતર 1500 કિલોમીટર છે. જો હવા યાત્રા દ્વારા 2 કલાકમાં યાત્રા પૂરી થાય છે અને રેલગાડીમાં 20 કલાક તો બંને યાત્રાઓ ની સરેરાશ ઝડપના અનુપાત બતાવો.

૭. એક ગાડી વિરામ અવસ્થાથી સીધા રસ્તા પર ગતિ કરતાં 5 સેકન્ડમાં 50 કિલોમીટર પ્રતિકલાક નો વેગ પ્રાપ્ત કરે છે. તો એનો સરેરાશ વેગ બતાવો.

૮. એક પદાર્થ 2.0 મીટર/ સેકન્ડના પ્રારંભિક વેગથી શરૂ કરીને 3 સેકન્ડ માટે 8.0 મીટર / સેકન્ડ પ્રવેગથી ગણિ કરે છે તો

(i) પદાર્થ પ્રવેગ અવધિમાં કેટલું અંતર કાપશે.

(ii) જો પદાર્થ પ્રારંભમાં વિરામ અવસ્થામાં હોય તો તે કેટલું અંતર કાપશે.

9. એક દડાનું એક પવર્તની શિખર ઉપરથી છોડવામાં આવે છે. પર્વતનું શીર્ષ શૂન્ય સ્તરપર લેતા અને ઉપરની સ્થિતિ ને ધનાત્મક દિશામાં લેતાં નીચેના આલેખ દોરો.

(i) અંતર - સમય આલેખ (ii) વેગ - સમય આલેખ (iii) ઝડપ - સમય આલેખ (iv) speed-time graph.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

2.1

1. Yes

2 $= \frac{4}{9} \times 20 = 8.89$ km

3. Yes

4. (a) 1 m s^{-1}

   (b) 2 m s^{-1}

2.2

1.Fig. 2.2.

2. (i) A, (ii) B

3. (a)

2.3

1. (i) (a)

   (b) $a =$ $= 3\ m\ s^{-2}$

   $\frac{\text{Distance covered}}{\text{Time taken}}$ (c) $a = \frac{\text{Area of OA BC}}{(25-0)} = 0\ m\ s^{-2}$.

   (d) . $a = \frac{0-15}{25-15} = -1.5\ m\ s^{-2}$.

   (ii) (a) Average speed =

$$= \frac{\left(\frac{1}{2}\times 15\times 5\right) + (15\times 10) + \left(\frac{1}{2}\times 15\times 10\right)}{25} = \frac{525}{50} = 10.5\ m\ s^{-1}.$$

$$= \left(\frac{20\times 15}{2}\right)m + \left(\frac{10\times 7}{2}\right)m = 185\ m.$$

$\therefore$ a= $= 8.4\ ms^{-1}$.

$$= \left(\frac{20\times 15}{2}\right)m - \left(\frac{10\times 7}{2}\right)m = 115\ m.$$

$\therefore =$ $= 5.22\ m\ s^{-1}$.

2.4

1. $x = x_0 + v_0 t + ½ at^2$

$40 = \quad \times a \times 16$

$\Rightarrow a = 5 \text{ ms}^{-2}$

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

$v = 20 \text{ m s}^{-1}$,

$20 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times t^2 \Rightarrow t = \quad \text{s}$

2. .(2.9), $x = 21$m, and using Eqn.(2.6), $v = 13 \text{ m s}^{-1}$.

3. $v = 0$, (2.10), $v_0 = 7 \quad \text{ms}^{-1} = 22.6 \text{ m s}^{-1}$.

Answers to Terminal Exercises

2. 15 km h^{-1}

3. 5.47 s

4. 40 ms^{-1}

5. 1.25 h

6. 8 : 1

7. 2.8 m s^{-2} (or 3000 km h^{-2})

8. (i) 42 m (ii) 36 m

11. O and 9.8 m s^{-2}.

3

ગતિ, બળ અને ઊર્જા

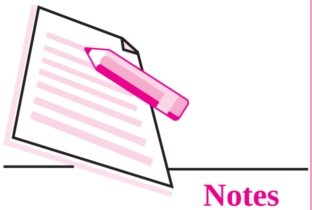
અગાઉના પ્રકરણમાં તમે પદાર્થની ગતિનું વર્ણન કરવા માટે સ્થાનાંતર, વેગ અને પ્રવેગ જેવી ભૌતિક રાશિઓનો અભ્યાસ કર્યો. પરંતુ અગત્યનો પ્રશ્ન એ છે કે પદાર્થને કોણ ગતિ કરાવે છે. અથવા જમીન પર ગબડતો ગોળો કયા કારણે અટકી જાય છે ? રોજિંદા જીવનમાં આપણે અનુભવીએ છીએ કે સ્થિર પદાર્થનું સ્થઆન બદલવા તેને આપણે ધક્કો મારવો પડે અથવા ખેંચવો પડે. આજ ફૂટબોલને ઉછાળીને દૂરનાં અંતરે મોકલવા માટે કીક મારવામાં આવે છે. ક્રિકેટ - દડાને છ- રન માટે બેટ્સમને બાઉન્ડ્રીની બહાર મોકલવો હોય તો બેટથી પૂરી તાકાત વડે ફટકાવરો પડે. તમે જાણો છો કે આ બધી ક્રિયાઓમાં સ્નાયુશક્તિ સંકળાયેલ છે. અને તેની અસર જોઈ શકાય છે.

આ છતાં, ઘણી સ્થિતિઓ એવી પણ છે કે જેમાં ક્રિયા પાછળનું કારણ જોઈ શકાતું નથી. જેમ કે, વરસાદનાં ટીપાં જમીન પર શાને લીધે પડે છે ? સૂર્યની ફરતે પૃથ્વી શાને લીધે ગોળ ફરે આ પ્રકરણમાં તમે ગતિના પાયાનાં નિયમો અને ગતિ બળને લીધે ઉદ્ભવે છે, તેવું ભણશો. બળની વિભાવનાનો આ ખ્યાલ ભૌતિકશાસ્ત્ર જુદી જુદી શાખાઓમાં અત્યંત ઉપયોગી છે. ન્યૂટને દર્શાવ્યું કે બળ અને ગતિ બંને એકબીજા સાથે ગાઢ રીતે જોડાયેલા છે. ગતિનાં નિયમો મૂળભૂત છે અને તેની મદદથી રોજિંદા જીવનની ઘટનાઓ સમજી શકાય છે.

ઉદ્દેશ્યો

આ પ્રકારણના અભ્યાસ પછી તમે સમજી શકશો :

- *જડત્વની અગત્યતાની સમજૂતી,*
- *ન્યૂટનનાં ગતિનાં નિયમો અને તનાં દૃષ્ટાંતરૂપ ઉદાહરણો,*
- *વગેમાનાં સંરક્ષણનાં નિયમની સમજૂતી અને તેનાં ઉદાહરણ,*
- *એક બિંદુગામી બળોનાં સંતુલન અંગેની વિભાવનાની સમજૂતી,*
- *ઘર્ષણાંકની વ્યાખ્યા તેમજ સ્થિત ઘર્ષણ, ગતિક ઘર્ષણ અને રોલિંગ ઘર્ષણ વચ્ચેનો ભેદ,*
- *ઘર્ષણ ઘટાડવાનાં જુદા જુદા ઉપાયો અને રોજિંદા જીવન ઘર્ષણની ભૂમિકા તેમજ,*



Notes

- *ગતિને લગતાં કોયડાઓનાં ઉકેલ માટે તંત્ર કયું લેવું તેમજ મુક્ત પદાર્થ રેખાકૃતિઓ (Free Body Diagrams) નો ઉપયોગ કરીને ન્યૂટનનાં ગતિનાં નિયમો આપેલ પરિસ્થિતિને લાગું પાડવાં.*

3.1 બળ અને જડત્વનો ખ્યાલ

આપણે સૌ જાણીએ છીએ કે બધા જ સ્થિર પદાર્થો પોતાની સ્થિતિ અથવા સ્થાન જાળવી રાખે છે. જ્યાં સુધી આ સ્થિર પદાર્થો પર કોઈ બાહ્યબળ લાગતું નથી. ત્યાં સુધી તેઓ સ્થિર સ્થિતિમાંથી ગતિમાં આવતાં નથી. તે જ રીતે, અચળ વેગથી ગતિ કરતાં પદાર્થની ગતિમાન અવસ્થામાં ફેરફાર કરવા માટે પણ બાહ્ય બળની જરૂર પડે છે. જે ગુણધર્મનાં લીધે પદાર્થ પોતાની સ્થિર અવસ્થા કે અચળ વેગી ગતિની અવસ્થાન ફેરફારનો વિરોધ કરે છે તેને "જડત્વ" કહે છે. પદાર્થનું દળએ પદાર્થનાં જડત્વનું માપ છે.

વાસ્તવમાં, જડત્વ એ અદ્ભૂત ગુણધર્મ છે. જો જડત્વ ન હગોય તો તમારા પુસ્તકો અથવા વર્ગનોંધો તમારા મોટા ભાઈ કે બહેન પુસ્તકોમાં ભળી જઈ શકે. તમારા કપડાંનો જથ્થો તમારા મિત્રનાં ઘરેથી મળી શકે, જે જિંદગીમાં અવ્યવસ્થા ઉત્પન્ન કરી શકે. આમ છતાં, પદાર્થની સ્થિર અવસ્થા કે અચળ ગતિ નિરપેક્ષ નથી તે યાદ રાખો. અગઉનાં પ્રકરણમાં તમે ભણ્યાં કે એક અવલોકનકારની દૃષ્ટિએ જે પદાર્થ સ્થિર હોય છે. તે જ પદાર્થ બીજા અવલોકનકારની દૃષ્ટિએ ગતિમાં હોઈ શકે. અવલોકનો દર્શાવે છે કે પદાર્થના વેગમાં પરિણામી બળ લાગતું હોય તો જ ફેરફાર થઈ શકે છે.

તમે 'બળ' શબ્દથી ખાસ પરિચિત છો જ. આપણાં રોજિંદા જીવનમાં ઘણી બધી પરિસ્થિતિઓમાં આપણે તેનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આપણે જ્યારે કોઈ પદાર્થને ખેંચતા હોઈએ, ધકેલતા હોઈએ, કિક મારતાં હોઈ કે ફટકારતાં હોઈએ ત્યારે આપણે તેનાં પર બળ લગાડીએ છીએ. વાસ્તવમાં બળને જોઈ શકાતું નથી, પરંતુ તેની અસરો જોઈ શકાય છે અથવા અનુભવી શકાય છે.

જ્યારે પદાર્થ પર બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે પદાર્થની સ્થિતિ પર નીચે મુજબની અસરો જોવા મળે છે.

(a) *બળ એ પદાર્થનો આકાર અને સાઈઝ બદલી શકે છે. દા.ત. ફૂગ્ગાના આકારમાં થતો ફેરફાર એ તેનાં પર લાગતાં બળનાં મૂલ્ય પર આધારિત છે.*

(b) *બળો એ પદાર્થની ગતિ પર અસર કરે છે. સ્થિર સ્થિતિમાં રહેલો પદાર્થ ગતિમાન સ્થિતિમાં અને ગતિમાં પદાર્થને સ્થિર સ્થિતિમાં લાવી શકાય છે. બળ ગતિની દિશા અથવા ગતિમાં પણ ફેરફાર કરી શકે છે.*

(c) *બળો એ પદાર્થને તેની અક્ષની આસપાસ પરિભ્રમણ કરાવી શકે છે. તમે આ વિશે પ્રકરણ સાતમાં ભાણશો.*

3.1.1 બળ અને ગતિ

બળ એ સદિશ રાશિ છે. આ કારણે, જ્યારે કોઈ પદાર્થ પર એકસાથે અનેક બળો લાગતાં હોય છે ત્યારે પરિણામી બળ પ્રકરણ-૧માં ચર્ચા કરી તે મુજબ સદિશતાં સરવાળાની રીતથી શોધવામાં આવે છે.

પદાર્થની ગતિને પદાર્થના સ્થઆનાંતર, વેગ વગેરે દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. આપણે એવી ઘણી બધી પરિસ્થિતિઓ અનુભવી છે, જેમાં પદાર્થનો વેગ સતત વધે છે અથવા ઘટે છે. દા.ત. મુક્ત પતન કરતો પદાર્થ જમીનને અડકે ત્યાં સુધી તેનો વેગ સતત વધે છે. આજ રીતે, સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગબડતો દડાનો વેગ સતત ઘટતો જાય છે અને અંતે શૂન્ય બને છે.

અનુભવથી આપણે જાણીએ છીએ કે પદાર્થની અવસ્થામાં ફેરફાર કરવા માટે પરિણામી અસંતુલિત બળની જરૂર પડે. પદાર્થની ગતિ દરમિયાન વેગમાં થતો ફેરફાર પદાર્થ પર લાગતાં બળની દિશા પર ધારિત છે. ગતિમાં પદાર્થ પર પરિણામી બળ લાગતું હોય તેની અને વેગની દિશા એક જ હોય તો વેગનાં મૂલ્યમાં વધારો થાય છે. જો પદાર્થ પર લાગતાં પરિણામી બળની દિશા પદાર્થની ગતિની દિશા વિરુદ્ધ હોય તો પદાર્થનાં વેગનાં મૂલ્યમાં ઘટાડો થાય

છે. જો કે, પદાર્થપર લાગતાં પરિણામી બળની દિશા પદાર્થના વેગની દિશાને લંબ હોય તો પદાર્થના વેગનું મૂલ્ય અચળ રહે છે. (વિભાગ ૪.૩ જુઓ) આવું બળ પદાર્થનાં માત્ર વેગની દિશામાં ફેરફાર કરે છે.

આથી, આપણે એવું તારણ કાઢી શકીએ કે જ્યાં સુધી પદાર્થ પર પરિણામી બળ લાગતું હોય ત્યાં સુધી પદાર્થના વેગમાં ફેરફાર થાય છે.

3.1.2 ગતિનો પ્રથમ નિયમ

જ્યારે આપણે કોઈ લખોટીને લીસી સપાટી પર ગબડાવીએ છીએ તો તે અમુક સમય પછી અટકી જાય છે. દેખીતી રીતે કહી શકાય કે તેનો વેગ ઘટે છે અને છેવટે શૂન્ય બને છે. હવે જો આપણે તેની ગતિ અચળ વેગથી ચાલુ રાખવા ઈચ્છતા હોઈએ તો તેનાં પર સતત બળ લગાડવું પડે.

આપણે એ પણ જોઈ શકીએ કે જો કોઈ ટ્રોલીને અચળ વેગથી ગતિ કરાવવી હોય તો તેને સતત ધક્કો મારવો પડે અથવા ખેંચવી પડે. અહીં જણાવેલ પરિસ્થિતિઓમાં, લખોટી કે ટ્રોલી પર કોઈ પરિણામી બળ લાગે છે ?

ગતિ અને જડત્વ

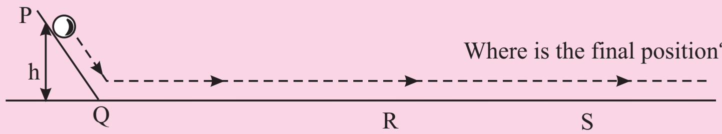
બાહ્યબળની ગેરહાજરીમાં પદાર્થ પોતાની સ્થિર અવસ્થા અથવા સુરેખ ગતિમાન અવસ્થા ચાલુ રાખે છે. તેવું સાબિત કરવા ગેલિલિયોએ પ્રયોગો કર્યા હતા. તેણે નોંધ્યું કે પદાર્થ જ્યારે ઢાળવાળી સપાટી ઉપરથી નીચે તરફ ગતિ કરે છે. ત્યારે તેનાં વેગમાં વધારો થાય છે એટલે કે પ્રવેગી ગતિ કરે છે. (આકૃતિ 3.1 a) અને જ્યારે ઢાળવાળી સપાટી પર નીચેથી ઉપરની તરફ ગતિ કરે છે ત્યારે તેનાં વેગમાં ઘટાડો થાય છે. એટલે કે પ્રતિપ્રવેગી ગતિ કરે છે. (આકૃતિ 3.1 b). તેણે અનુમાન લગાવ્યું કે જો ઢાળરહિત (સમક્ષિતિજ, સમતલ) સપાટી હોય તો પદાર્થની ગતિ પ્રવેગી કે પ્રતિપ્રવેગી હશે નહીં, એટલે કે સમક્ષિતિજ, સમતલ સપાટી પર પદાર્થ જો બાહ્યબળ ન લાગતું હોય તો અચળ ઝડપ/વેગ ગતિ કરે છે.

આકૃતિ 3.1 : Motion of a body on inclined and horizontal planes

બીજા એક પ્રયોગમાં તેણે આકૃતિ 3.2 માં દર્શાવ્યા મુજબની એકબીજાની સામસામે આવેલી બે ઢાળવાળી સપાટીઓ લીધી. સપાટી PQ નો ઢાળ ત્રણેય કિસ્સાઓમાં સમાન છે, જ્યારે સપાટી RS નો ઢાળ આકૃતિ 3.2 (a) માં આકૃતિ 3.2 (b) અને 3.2 (c) કરતાં વધુ છે.

(a) (b)

Notes



(c)

Fig. 3.2 : Motion of a ball along planes inclined to each other

સમતલ PQRS ની સપાટી ખૂબ લીસી છે અને ગબડતો પદાર્થ આરસપહાણની લખોટી છે. જ્યારે લખોટીને PQ સપાટી પરથી ગતિ કરાવવામાં આવે છે ત્યારે તે સામેની સપાટી RS પર તેટલી જ ઊંચાઈ સુધી પહોંચે છે. સપાટી RS નો ઢાળ જેમ જેમ ઘટાડવામાં આવે છે તેમ તેમ લખોટી PQ નાં ઢાળ જેટલી જ ઊંચાઈ પ્રાપ્ત કરે છે, પરંતુ આ માટે તે બીજી સપાટી પર વધુ અંતર કાપે છે. (આકૃતિ 3.2b). જ્યારે સપાટી RS સમક્ષિતિજ રાખવામાં આવે છે. ત્યારે લખોટી સપાટી PQ જેટલી ઊંચાઈ મેળવવા ગતિ ચાલુ રાખે છે. એટલે કે સમક્ષિતિજ સપાટી પર લખોટી અનંત અંતર સુધી પોતાની ગતિ ચાલુ રાખે, જો ઘર્ષણ ન લાગતું હોય તો.

સર આઈઝેક ન્યૂટન

(1642–1727)

ઈ.સ. 1642 માં ન્યૂટનનો જન્મ ઈંગ્લેન્ડના વુલ્સથોર્પ ખાતે થયો હતો. તેમણે કેમ્બ્રિજની ટ્રિનિટી કોલેજનો અભ્યાસ કર્યો અને મહાન વૈજ્ઞાનિક બન્યા. સફરજનની જમીન પર નીચે પડે છે. તેનાં અવલોકનની મદદથી ગુરુત્વાકર્ષણનો મૂળભૂત નીયમ તેમણે આપ્યો. તેમણે ગતિનાં નિયમ અને ગુરૂત્વાકર્ષણનાં નિયમને આવિષ્કૃત કર્યા. ન્યૂટન પ્રખર બુદ્ધિશાળી હતા અને વિજ્ઞાનનાં બધાજ ક્ષેત્રોમાં નોંધપાત્ર યોગદાન આપ્યું. ગણિત સહિતનાં ક્ષેત્રોમાં તેમનાં પ્રદાનો ખૂબ પ્રચલિત બન્યાં અને તેનાં દ્વારા આધુનિક વિજ્ઞાનનો પાયો નાંખ્યો. તેમણે લેટિન ભાષામાં "Principia" નામનું અને અંગ્રેજ ભાષામાં પ્રકાશવિજ્ઞાન ઉપર પુસ્તકો લખ્યાં હતા.

તાર્કિત રીતે તમે એવું પૂછ શકો : ટ્રોલીને સમાન રીતે ગતિ કરાવવા શા માટે સતત બળ લગાડવું પડે? આપણે જાણીએ છીએ કે, ગાડા પર લાગતા ઘર્ષણબળને પહોંચી વળવા ગાડાને આગળ ચલાવવા માટે ગાડા પર આગળ તરફ બળ લગાડવાની જરૂર પડે છે. એવુંજ ઘર્ષણબળ જે ટ્રોલી પર લાગતું હોય છે તેને પહોંચી વળવા ટ્રોલીને સતત ધક્કો મારવામાં આવે છે અથવા તો ખેંચવામાં આવે છે.

આઈઝેક ન્યૂટને ગેલિલિયોનાં તર્કબદ્ધ વિચારોને ગતિનાં નિયમ સ્વરૂપે મૂર્ત સ્વરૂપ આપ્યું, જે ન્યૂટનનાં ગતિનાં પ્રથમ નિયમ તરીકે ઓળખાય છે. આ નિયમ અનુસાર, જ્યાં સુધી કોઈ પદાર્થ પર અસંતુલિત બાહ્યબળ ન લાગે ત્યાં સુધી તે પદાર્થ સ્થિર અવસ્થામાં હોય તો સ્થિર અવસ્થામાં રહે છે અને અચળવેગી સુરેખ ગતિ કરતો હોય તો તે અચળ વેગી સુરેખ ગતિ ચાલુ રાખે.

તમે જાણો છો કે પદાર્થની સ્થિર અવસ્થા અને ગતિના અવસ્થાનો આધાર અવલોકનકારની સાપેક્ષે સ્થાન પર રહેલો છે. દોડતી કારમાં બેઠેલા બે વ્યક્તિઓમાંથી એક વ્યક્તિની સાપેક્ષે સ્થિર છે, પરંતુ એ જ વ્યક્તિ રોડ ઉપર ઉભેલાં વ્યક્તિની સાપેક્ષે ગતિમાં છે. આ કારણથી પસંદ કરેલી નિર્દેશ ફ્રેમની સાપેક્ષે સ્થન, વેગ, પ્રવેગ અને

બળમ થતાં ફેરફારો માપવામાં જોઈએ.

અસંતુલિત બાહ્યબળની ગેરહાજરીમાં જે નિર્દેશ ફ્રેમની સાપેક્ષે પદાર્થનો વેગ અચળ રહેતો હોય તેને જડત્વીય નિર્દેશ ફ્રેમ (inertial frame of reference) કહે છે. આ નામાભિધા પદાર્થનો જડત્વનો ગુણધર્મ સૂચવે છે. આ ગુણધર્મને લીધે પદાર્થ પોતાની ગતિની મૂળ અવસ્થા (સ્થિર/ગતિમાન) જાળવી રાખવાનો પ્રયત્ન કરે છે. પૃથ્વી સાથે જોડાયેલી નિર્દેશ ફ્રેમને બધા જ વ્યવહારિક હેતુઓ પૂરતી જડત્વીય નિર્દેશ ફ્રેમ ગણવામાં આવે છે.

હવે, તમને વિરામ લેવો ગમશે. નીચેનાં પ્રશ્નોનાં જવાબ આપો.

પાઠ્યપુસ્તકનાં પ્રશ્નો 3.1

1. પદાર્થ હંમેશાં તેના પર લાગતાં પરિણામી બાહ્યબળની દિશામાં ગતિ કરે છે - વિધાન સત્ય છે?
2. પદાર્થનાં જડત્વનું માપ કઈ ભૌતિક રાશિ આપે છે ?
3. પદાર્થનાં વેગનું મૂલ્ય અચળ રાખીને બળ વડે વેગની માત્ર દિશામાં ફેરફાર કરી શકાય ?
4. પદાર્થ પર જ્યારે બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે બળ દ્વારા પદાર્થમાં થતાં જુદાં જુદાં પ્રકારનાં ફેરફારો જણાવો.

3.2 વેગમાનની સંકલ્પના (Concept of Momentum)

તમે જોયું હશે કે ઓછા દળવાળો ક્રિકેટ બોલ વધુ વેગથી ગતિ કરતો હોય ત્યારે તેને રોકવાનું ફિલ્ડર માટે મુશ્કેલ હો છે. આજ રીતે, વધુ દળવાળો ટ્રક ઓછા વેગથી ગતિ કરતો હોય તો પણ તેને રોકવો મુશ્કેલ હોય છે. આ ઉદાહરણોથી સ્પષ્ટ છે કે પદાર્થની ગતિ પર બળની અસરનો અભ્યાસ કરવા માટે દળ અને વેગ એમ બંને ભૌતિક રાશિઓ અગત્યની છે.

પદાર્થના દળ m અને તેનાં વેગ $\mathbf{v}$ નાં ગુણાકારને તેનું રેખીય વેગમાન $\mathbf{p}$ કહે છે.

ગાણિતીક રીતે લખતાં,

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

રેખીય વેગમાનનો SI એકમ $kg\,ms^{-1}$ છે. તે સદિશ રાખે છે. તેનિ દિશા વેગની સદિશની દિશામાં જ હોય છે. પદાર્થનાં વેગનાં મૂલ્ય કે દિશા કે બંનેમાં ફેરફાર થાય તો પદાર્થનાં વેગમાં ફેરફાર થાય. આ મુદ્દો નીચેનાં ઉદાહરણોથી વધુ સ્પષ્ટ થઈ.

ઉદા. 3.1: માનાંકનું દળ 60 kg અને તે $1.0\ m\ s^{-1}$ જેટલા વેગથી યશરાજ તરફ ગતિ કરે છે. તેમજ 40 kg દળ ધરાવતો યશરાજ $1.5\ m\ s^{-1}$ જેટલાં વેગથી માનંક તરફ ગતિ કરે છે. તો બંનેનાં વેગમાન શોધો.

ઉકેલ : માનાંક માટે

$$\text{વેગમાન} = \text{દળ} \times \text{વેગ}$$
$$= (60\ kg) \times (1.0\ m\ s^{-1})$$
$$= 60\ kg\,ms^{-1}$$

યશરાજ માટે

$$\text{વેગમાન} = 40\ kg \times (-1.5\ ms^{-1})$$

Notes

$$= -60 \text{ kg ms}^{-1}$$

અહીં નોંધો કે માનાંક અને યશરાજનાં વેગમાનના મૂલ્ય સરખાં છે, પરંતુ બંને વિરૂદ્ધ દિશામાં ગતિ કરે છે.

ઉદા. 3.2: 2 kg દળવાળો એક પદાર્થ $t = 0$ s સમયે મુક્ત પતન કરે છે. તેનાં મુક્ત પતન દરમ્યાન, (a) $t = 0$, (b) $t = 1$ s અને (c) $t = 2$ s સમયે તેનું વેગમાન શોધો ?

ઉકેલ : (a) $t = 0$ s સમયે પદાર્થનો વેગ શૂન્ય હોય છે, તેથી પદાર્થનું શરૂઆતનું વેગમાન પણ શૂન્ય હોય છે.

(b) $t = 1$s, સમયે પદાર્થનો વેગ અધોદિશામાં 9.8 ms^{-1} (Hint : $v = v_0 + at$ સમી.માં, $v_0 = 0$ અને a = g તેમજ t = 1 s : તેથી, પદાર્થનું વેગમાન,

$$p_1 = (2 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ ms}^{-1}) = 19.6 \text{ kg ms}^{-1} \text{ (અધોદિશામાં)}$$

(c) $t = 2$ s સમયે, પદાર્થનો અધોદિશામાં વેગ 19.6 m s^{-1} હશે (Hint : $v = v_0 + at$ સમી.માં, $v_0 = 0$ અને a = g = 9.8 ms^{-1} અને t = 2 તેથી, પદાર્થનું વેગમાન,

$$p_2 = (2 \text{ kg}) \times (19.6 \text{ ms}^{-1}) = 39.2 \text{ kg ms}^{-1} \text{ (અધોદિશામાં)}$$

આમ, આપણે જોયું કે મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થના વેગમાનનું મૂલ્ય સતત એક જ દિશામાં (અધોદિશામાં) વધતું જાય છે. મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થના વેગમાનનાં મૂલ્યમાં શાને લીધે ફેરફાર થાય છે ?

ઉદા. 3.3: 0.2 kg દળવાળો રબરનો એક દડો દિવાલ સાથે 10 ms^{-1} ની ઝડપીથ થડાઈને મૂળદિશામાં તે જ ઝડ પાછો આવે છે તો દડાનાં વેગમાનમાં થતો ફેરફાર શોધો.

ઉકેલ : અહીં અથડામણ પહેલાં અને અથડામણ પછીનું દડાનું વેગમાન સમાન રહે છે, પરંતુ દિશા ઉલટાઈ જાય છે. અથડામણ પહેલાં એ પછીથી દરેક અવસ્થામાં દડાનાં વેગમાનનું મૂલ્ય 2 kgms^{-1} [p = mv = (0.2 kg) ×(10 ms^{-1}) મળશે.

જો પ્રારંભિક વેગમાનનો સદિત ધન x - અક્ષની દિશામાં લેવામાં આવે તો અંતિમ વેગમાનનો સદિશ ઋણ x - અક્ષ દિશામાં મળે. તેથી,

પ્રારંભિક વેગમાન $p_i = 2 \text{ kg ms}^{-1}$,

અંતિમ વેગમાન $p_f = -2 \text{ kg ms}^{-1}$

તેથી, દડાનાં વેગમાનમાં થતો ફેરફાર,

$$\begin{aligned} \text{તો } p &= p_f - p_i \\ &= (-2 \text{ kgms}^{-1}) - (2 \text{ kgms}^{-1}) \\ &= -4 \text{ kgms}^{-1}. \end{aligned}$$

અહીં ઋણ નિશાની દર્શાવે છે કે દડાનાં વેગમાનમાં 4 kg ms^{-1} નો ફેરફાર ઋણ x - અક્ષની દિશામાં થાય છે. દડા વેગમાનમાં આ ફેરફાર શાને લીધે થાય છે ?

હકીકતમાં રબનો દડો દિવાલ સાથે અથડાઈને ઓછી ઝડપથી પાછો આવે છે. આવા કિસ્સામાં વેગમાનનું મૂલ્ય પણ બદલાય છે.

3.3 ગતિનો બીજો નિયમ

હવે તમે એ જાણો છો કે અચળ વેગથી ગતિ કરતાં પદનું વેગમાન અચળ હોય છે. ન્યૂટનનો પ્રથમ નિયમ સૂચવે છે

Notes

કે, આવા પદાર્થ પર પરિણામી બળ બળ (ચોખ્ખુ બળ) લાગતું નથી.

ઉદા. 3.2 માં આપણે જોયું કે ગુરુત્વાકર્ષણની અસર હેઠળ મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થનું વેગમાન સમયની સાથે વધે છે. આ રીતે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળની અસર હેઠળ થતું પદાર્થનું પતન દર્શાવે છે કે પદાર્થના વેગમાનનાં ફેરફારને તેના પર લાગતા પરિણામી બળ અને માટે લાગેલા સમય સાથે કંઈક સંબંદ છે. ન્યૂટનનો બીજો નિયમ આ ત્રણ ભૌતિક રાશિઓ વચ્ચેનો પરિણામલક્ષી સંબંધ આપે છે.

આ નિયમ અનુસાર,

પદાર્થના વેગમાનમાં થતાં ફેરફારનો સમય-દર પર લાગતા પરિણામી બાહ્યબળના સપ્રમાણમાં હોય છે અને વેગમાનમાં થતો આ ફેરફાર પરિણામી બાહ્યબળની દિશામાંથી હોય છે.

એટલે કે, જો પરિણામી બળ F ને લીધે Δt સમયમાં પદાર્થના વેગમાનમાં થતો ફેરફાર Δp હોય તો,

$$\mathbf{F} \propto \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t}$$

અથવા $\mathbf{F}$

$\mathbf{F} =$

$$\mathbf{F} = k\, m\, \mathbf{a} \qquad (\text{as} \quad = \mathbf{a}) \qquad (3.1)$$

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ $k\,m$ $\left(\frac{\Delta \mathbf{p}v}{\Delta t\Delta t}\right)$

અચળાંક k નું મૂલ્ય m અને $\mathbf{a}$ ના એકમ પર આધાર રાખે છે. આ એકમ આપણએ એવા પસંદ કરી શકીએ કે જ્યાં $m = 1$ એકમ અને $a = 1$ એમક થાય ત્યારે બળ $\mathbf{F} = 1$ એકમ મળે.

$$1 = k \,.\, 1 .\, 1$$

એટલે કે, $k = 1$

સમી. (3.1) માં આ પરિણામ મૂકતાં,

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a} \qquad (3.2)$$

SI એકમમાં, $m = 1$ kg, $a = 1$ m s^{-2}, તેથી બાહ્યબળનું મૂલ્ય

$$F = 1\ \text{kg} \times 1\ \text{ms}^{-2} = 1\ \text{kg ms}^{-2}$$

$=$ બળનો 1 એકમ (3.3)

બળનો આ એકમ (i.e., 1 kg m s^{-2}) 1 ન્યૂટન કહેવાય છે.

નોંધો કે ગતિનો બીજો નિયમ એ બળનું મૂલ્ય આપે છે. તેથી બળનો SI એકમ i.e. 1 ન્યૂટન આ મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શક્યા. જે બળ વડે 1 Kg દળના પદાર્થમાં 1 ms^{-2} પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય બળને 1 ન્યૂટન કહે છે.

ઉદા. 3.3: 0.4 kg ધરાવતો એક દડો જમીન પર 20 ms^{-1} ના વેદથી ગબડે છે. અને 10s પછી સ્થિર થઈ છે તો દડાની ગતિને અટકાવનાર બળ શોધો. (સમગ્ર ઘટનામાં બળનું મૂલ્ય અચળ રહે છે તેમ ધારો.)

ઉકેલ : $m = 0.4$ kg, પ્રારંભિક વેગ $u = 20$ ms^{-1} અંતિમ વેગ v $= 0$ m s^{-1} અને $t = 10$s. તેથી,

Notes

$$|\mathbf{F}| = m|\mathbf{a}| \; = \; = \frac{0.4\ \text{kg}\ (-\ 20\ \text{ms}^{-1})}{10\ \text{s}}$$

$$= \; -\ 0.8\ \text{kg m s}^{-2} = -\ 0.8\ \text{N}$$

અહીં ઋણ નિશાની સૂચવે છે કે, દડા પર લાગતા બળની દિશ દડાની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં છે.

ઉદા. 3.4: 10 kg *દળ ધરાવતા પદાર્થ પર* 50 N *જેટલું અચળ બળ લગાડતાં તે પ્રારંભમાં* 10 m s^{-1} *ની ઝડપથી ગતિ કરે છે. જો આ બળ પદાર્થની ગતિની વરૂદ્ધ દિશામાં લાગતું હોય તો પદાર્થને સ્થિર થતાં કેટલો સમય લાગશે ?*

ઉકેલ : $m = 10$ kg, F = –50 N *(તો ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં)* $v_0 = 10$ ms^{-1} *અને* v = 0. *આપણે t શોધવો છે.*

$$F = ma$$

$$F = m\left(\frac{v - v_0}{t}\right)$$

$$\therefore \qquad -50\ \text{N} = 10\ \text{kg}$$

અથવા $$t = \frac{-100\ \text{kgms}^{-1}}{-50\ \text{N}} = \frac{100\ \text{kg ms}^{-1}}{50\ \text{kg m s}^{-2}} = 2\ \text{s}.$$

અહીં નોંધો કે અચળ દળ ધરાવતા પદાર્થને ન્યૂટનનો ગતિનો બીજો નિયમ લાગુ પડી શકાય છે. રોકેટના કિસ્સાની જેમ જેનું દળ સમય સાથે બદલાતું હોય તેને આ નિયમ લાગું પાડી શકાય ?

પાઠ્યપુસ્તક આધારિત પ્રશ્નો : 3.2

1. *જુદું જુદું દળ ધરાવતાં બે પદાર્થોનું વેગમાન સરખું હોય તો બંનેમાંથી કોણ વધુ ઝડપથી ગતિ કરશે ?*
2. *એક છોકરો એક દોડને* v_0 *વેગથી હવામાં ઉછાળે છે. જો આ દડો છોકરાના હાથમાં એ જ વેગથી પાછો આવે તો,*
   (a) *દડાનાં વેગમાનમાં ફેરફાર થાય ?*
   (b) *દાડના વેગમાનમાં મૂલ્યમાં ફેરફાર થાય ?*

3.4.1 ગતિનો ત્રીજો નિયમ

પદાર્થો વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓનાં અભ્યાસના આ ન્યૂટનને

ગતિનો ત્રીજો નિયમ આપ્યો :-

"દરેક આઘાતમાં હંમેશા સમાન મૂલ્યોનો અને વિરૂદ્ધ દિશામાં પ્રત્યાઘાત હોય છે."

Fig 3.3 : A book placed on a table exerts a force F_1 (equal to its weight mg) on the

અહીં ક્રિયાબળ અને પ્રતિક્રિયાબળ એટલે બળ. આમ, આકૃતિ ૩.૩ માં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે કોઈ પુસ્તકને ટેબલ પર મૂકવામાં આવે છે. ત્યારે તે ટેબલ પર કંઈક બળ લગાડે છે અને ટેબલ પણ તેટલાંજ મૂલ્યનું બળ ઉર્ધ્વદિશામાં પુસ્તક પર લગાડે છે. અહીં દર્શાંત બળો $\mathbf{F}_1$ અને $\mathbf{F}_2$ એકબીજાને નાબૂદ કરે છે ? યાદ રાખો કે $\mathbf{F}_1$ અને બંને જુદાં-જુદાં પદાર્થો પર ($\mathbf{F}_2$ ટેબલ પર અને $\mathbf{F}_2$ પુસ્તક પર) એક લાગતા હોય છે. તેથી તે બંને એકબીજાને નાબૂદ કરતાં નથી.

આપેલી પરિસ્થિતીમાં આઘાત અને પ્રત્યાઘાત હંમેશા જો જ હોય છે તેમાનું કોઈ એકમનું બીજા વગર અસ્તિત્વ હોતું નથી.

જો શાબ્દીક અર્થ જોઈએ તો પ્રત્યાઘાત હંમેશા આઘાત અનુસરે છે. તેમ કહેવાય, જ્યારે ન્યૂટનનાં ગતિનાં ત્રીજા ની પ્રમાણે આઘાત અને પ્રત્યાઘાત એકસાથે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. કારણ કે ન્યૂટનના ગતિનાં ત્રીજા નિયમને નીચે મુજબ લખી શકાય.

બે પદાર્થો વચ્ચેની આંતરક્રિયા તેટલાજ મૂલ્યનું બળ (પ્રદાર્થ ક્રિયા બળ) બીજો પદાર્થ પહેલા પદાર્થ પર લગાડે છે. આ બળોની દિશા પરસ્પર વિરૂદ્ધ હોય છે.

સદિશની રીતે, જો પદાર્થ 1 પર પદાર્થ 2 દ્વારા લગાવેલ બળ $\mathbf{F}_{12}$ હોય અને પદાર્થ 2 પર પદાર્થ 1 દ્વારા લાગતું બળ $\mathbf{F}_{21}$ હોય તો ન્યૂટનનાં ગતિના ત્રીજા નિયમ મુદ્દા.

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21} \qquad (3.4)$$

3.4.2 બળનો અઘાત (Impulse) :

ટૂંકા સમયગાળા માટે પદરાથ લગાડેલા બળની અસરને બળનો આઘાત કહે છે. બળના આઘાતને પદાર્થ પર લાગતા બળ (F) અને તે દરમ્યાનના સમયગાળા (Δt) નાં ગુણાંકાર વડે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

એટલે કે, બળનો આઘાત $= \mathbf{F}.\Delta t$

પદાર્થ પર બળ **F** લગાડવામાં આળે ત્યારે જો તેનો શરૂઆતનો અને અંતિમ વેગ અનુક્રમે **u** અને **v** હોય તો,

$$\text{બળનો આઘાત} = \frac{m\mathbf{v} - m\mathbf{u}}{\Delta t}\,.\,\Delta t$$

$$= m\mathbf{v} - m\,\mathbf{u}$$

$$= \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i$$

$$= \Delta\mathbf{p}$$

આમ, બળનો આઘાત એ રેખીય વેગમાનના ફેરફાર જેટલો હોય છે. બળનો આઘાત એ સદિશ રાશિ છે અને તેનાં SI એકમ $kgms^{-1}$ (અથવા N s) છે.

પાઠ્યપુસ્તકના પ્રશ્નો 3.3

1. જ્યારે ઊંચો કૂદકો લગાવનાર જમીનથી ઊંચે હોય છે ત્યારે કુદકો લગાવનારે ઊંચે ધકેલનાર બળ ક્યાંથી આવ્યું ?
2. નીચેની દરેક પરિસ્થિતિમાં આઘાત-પ્રત્યાઘત બળો નક્કી કરો :

(a) એક માણસ ફૂટબોલને કીક લગાવે છે.

(b) પૃથ્વી ચંદ્ર આકર્ષે છે.

(c) દડો દિવાલ સાથે અથડાય છે.

3. "અલમારીને આગળ ધકેલવા માટે એક માણસ ખૂબ વધુ બળ લગાડે છે, પરંતુ માણસ પાછળ ધકેલાતો નથી, કારણ કે અલમારી તેની ઉપર ઓછું બળ લગાડે છે." - આ વિધાન સાચું છે ? સમજાવો.

3.5 રેખીય વેગમાનનાં સંરક્ષણનો નિયમ

પ્રયોગો પરથી સાબિત કરવામાં આવ્યું છે કે જ્યારે બે પદાર્થો એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે છે ત્યારે તેમના વેગમાનનો સદિશ સરવાળો અચળ રહે છે. બે કરતાં વધુ પદાર્થો એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે તેનાં માટે પણ આ સાચું કર્યું છે. સામાન્ય રીતે, એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરતાં પદાર્થો તંત્ર રચે છે તેમ કહી શકાય. જો તંત્રમાના પદાર્થો તંત્રની બહારનાં પદાર્થો સાથે આંતરક્રિયા કરતાં ન હોય તો તેને બંધ તંત્ર અથવા અલગ કરેલું કહે છે. અલગ કરેલા તંત્રમાં પદાર્થોના વેગમાનોનો સદિા સરળ અચળ રહે છે. આ વિધાનને રેખીય વેગમાનનાં સંરક્ષણનો નિયમ :

આ પરથી કહી શકાય કે અલગ કરેલા તંત્રમાં રહેલાં પદાર્થોનું કુલ વેગમાન અચળ રહે છે, પરંતુ વ્યક્તિગત પદાર્થોનાં વેગમાન માત્ર મૂલ્ય કે દિશા કે બંનેમાં ફેરફાર થઈ શકે છે. તમે તાર્કિક દલીલ કરશો કે અલગ કરેલા તંત્રમાં રહેલ વ્યક્તિગત પદાર્થોનાં વેગમાનમાં શને લીધે ફેરફાર થઈ આ ફેરફાર તેમની વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓ અને મજબૂતઆઈને લીધે રેખીય વેગમાનનાં સંરક્ષણનો નિયમ એ અસંખ્ય ઘટનાઓમાં લવી પડે છે. દા.ત. સંઘાત (અથડામણો), વિસફોટ, ન્યુક્લિયર પ્રક્રિયાઓ, રેડિયોએક્ટિવ વિભંજન વગેરે.

3.5.1 વેગમાનનું સંરક્ષણ :- ન્યૂટનનાં ગતિના નિયમોનું એક પરિણામ

સમી. (3.1) પરથી, ન્યૂટનનાં ગતિનાં બીજા નિયમ પ્રમાણે, જ્યારે $\Delta \mathbf{p}$ સમય માટે પદાર્થ પર બળ $\mathbf{F}$ લાગતું હોય ત્યારે વેગમાનમાં થતો ફેરફાર Δt હોય તો,

$$\Delta \mathbf{p} = \mathbf{F}\,\Delta t$$

આ પરિણામ દર્શાવે છે કે, પદાર્થ પર જો કોઈ બળ લાગતું ન હતું. પદાર્થના વેગમાનનો ફેરફાર શૂન્ય થાય, એટલે કે પદાર્થનું વેગમાટે અચળ રહે છે. આ પરિણામ પદાર્થના તંત્રને પણ લાગુ પાડી શકાય.

આજ પરિણામ ન્યૂટનનાં ગતિનાં ત્રીજા નિયમની મદદથી મેળવી શકાય. બે પદાર્થો A અને B નું અલગ કરેલું તંત્ર ધ્યાનમાં છે. ધારો કે, આ બંને પદાર્થો એકબીજા સાથે Δt સમય માટે આંતરક્રિયા કરે બંને પદાર્થો એકબીજા પર જે બળો લગાડે તો તેને $\mathbf{F}_{AB}$ અને $\mathbf{F}_{BA}$ વડે દર્શાવતાં, ન્યુટનનાં ગતિનાં ત્રીજા નિયમ પ્રમાણે,

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$

અથવા $$\frac{\Delta \mathbf{p}_A}{\Delta t} = -$$

અથવા $$\Delta \mathbf{p}_A + \Delta \mathbf{p}_B = 0 \text{ or}$$

અથવા $$\Delta \mathbf{p}_{total} = 0$$

અથવા $$\mathbf{p}_{total} = \text{અચળ}$$

એટલે કે તંત્રના વેગમાનમાં ફેરફાર થતો નથી. બીજા શબ્દોમાં, તંત્રનું વેગમાન અચળ રહે છે.

3.5.2 વેગમાન સંરક્ષણનાં કેટલાંક ઉદાહરણો :

Notes

a) રાઈફલનું પાછું ધકેલાવું : રાઈફલમાંથી જ્યારે ગોળી છોડવામાં આવે છે ત્યારે ગોળી આગળ જાય છે અને રાઈફલ પાછળની દિશામાં ધકેલાય છે. વેગમાનનાં સંરક્ષણનાં નિયમનો ઉપયોગ કરીને પાછળ ધકેલાતી રાઈફલનો વેગ v_2 શોધી શકાય છે. ધારો કે M દળવાળી રાઈફલમાંથી છૂટેલી ગોળીનું દળ m છે.જો ગોળીનો વેગ v_1 હોય અને વેગમાનનું સંરક્ષણ થતું હોય તો,

$$m\mathbf{v}_1 + M\mathbf{v}_2 = 0$$

અથવા $$m\mathbf{v}_1 = -M\mathbf{v}_2$$

અથવા $$\mathbf{v}_2 = \qquad (3.5)$$

અહીં, ત્રણ નિશાની સૂચવે છે કે, $\mathbf{v}_2$ એ $\mathbf{v}_1$ ની દિશા કરતાં વિરૂદ્ધ છે. $m << M$ હોવાથી, પાછળ ધકેલાતી રાઈફલનો વેગ એ ગોળીનાં વેગ કરતાં નોંધપાત્ર ઓછો હશે.

b) સંઘાત (અથડામણ) : સંઘાતમાં આપણે સંઘાત (અથડામણ) પામતાં પદાર્થો તંત્ર રચે છે તમે કહી શકીએ. સંઘાત પામતાં પદાર્થો પર લાગતાં ઘર્ષણબળો જેવાં બાહ્ય બળોની ગેરહાજરીમાં આપણે પદાર્થો તંત્રને અલગ કરેલાં તંત્ર તરીકે લઈ શકીએ. સંઘાત પામતાં પદાર્થોની વચ્ચે લાગતાં આંતરક્રિયાઓ બળો સંઘાત પામતાં પદાર્થોનાં કુલ વેગમાનમાં ફેરફાર કરી શકતાં નથી.

કેરમબોર્ડની કુકરી સાથે સ્ટ્રાઈકરની અથડામણ અથવા બિલિયર્ડની રમતનાં દડાઓ વચ્ચેની અથડામણ સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થો વચ્ચેની અથડામણનો અભ્યાસ કરવામાં ઉપયોગી થશે.

ઉદા. 3.5 : સમાન દળ m ધરાવતી અને એકબીજા સાથે જોડાયેલ બે ટ્રોલીઓ પ્રારંભિક વેગ v થી ગતિ કરે છે. આ ટ્રોલીઓ તેમનાં જેવી જ સ્થિર પડેલી અને એકબીજા સાથે જોડાયેલી ત્રણ ટ્રોલી સાથે અથડાઈને એક જ દિશામાં ગતિ ચાલુ રાખે છે. તો અથડામણ પછી ટ્રોલીઓનો વેગ કેટલો હશે?

$\frac{2}{5}\frac{m}{M}\mathbf{v}_1$

ઉકેલ : ધારો કે, v' એ અથડામણ પછી ટ્રોલીઓનો વેગ છે.

અથડામણ પહેલાનું વેગમાન = 2 mv

અથડામણ પછીનું વેગમાન = 5 mv'

વેગમાન સંરક્ષણનાં નિયમ અનુસાર,

$$2mv = 5\,mv'$$

અથવા $$v' = \quad v$$

c) બોમ્બનો વિસ્ફોટ : જ્યારે બોમ્બ વિસ્ફોટ થાય છે ત્યારે તે ટૂકડાઓમાં વિભાજિત થાય છે અને મોટા પ્રમાણમાં ઊર્જા મુક્ત થાય છે. ધારો કે, પ્રારંભમાં સ્થિર પડેલો બોમ્બ બે ટૂકડાઓ A અને B માં વિભાજિત થાય છે. વિસ્ફોટ પહેલાં બોમ્બનું વેગમાન શૂન્ય છે, તેથી વિસ્ફોટ બાદ થયેલ બે ટૂકડાઓનું કુલ વેગમાન પણ શૂન્ય થશે. આ કારણે, બંને ટૂકડાઓ વિરૂદ્ધ દિશામાં ફંગોળાશે. જો બંને ટૂકડાઓના દળ સમાન હશે તો બંને ટૂકડાઓનાં વેગનાં મૂલ્યો પણ સમાન હશે.

d) રોકેટ પ્રોપલ્શન : રોકેટનું ઉડ્ડયન એ વેગમાન સંરક્ષણના નિયમનું અગત્યનું વ્યવહારિક ઉદાહરણ છે. રોકેટને બળતણટાંકી સહિત એક પિંડ તરીકે ગણી શકાય. બળતણ ટાંકીનાં તળિયે એક નોઝનલ હોય છે, જેમાંથી ઊંચા દબાણે વાયુ બહાર નીકળે છે. રોકેટના ઉડ્ડયન દરમિયાન બળતણનું દહન થતાં ઊંચા તાપમાને એ દબાણ બળતણવાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. ઊંચા દબાણને લીધે આ વાયુ નોઝલ વાટે ખૂબ મોટા વેગથી બહાર ધકેલાય છે. જેના પરિણામે વેગમાન સંરક્ષણનાં નિયમ અનુસાર આ વાયુ રોકેટને ઉપરની દિશામાં ધકેલે છે. જો M એ રોકેટનું દળ

હોય અને m એ **v** વેગથી દર રેકેન્ડે બહારન નીકળતાં વાયુનું દળ હોય તે t સેકન્ડમાં વાયુનાં વેગમાનમાં થતો ફેરફાર= m *v*t.

જો t સેકન્ડમાં રોકેટનાં વેગમાં થતો વધારો **V** હોય તો, વેગમાનમાં થતો વધારો = M**V**.

વેગમાન સંરક્ષણનાં નિયમ અનુસાર,

$$m\mathbf{v}t + M\mathbf{V} = 0$$

અથવા $= \mathbf{a} = -$

અથવા

તેથી, ગતિ કરતાં રોકેટનો પ્રવેગ**a** $= -$

3.6 ઘર્ષણ

તમે નોંધ્યું હશે કે, બેટ્સમેન્ રન લેવા માટે દડાને જમીન પર ગબડે તેમ ફટકારે છે, પરંતુ તે હંમેશ માટે જમીન પર ગબડવાનું ચાલુ રાખતો નથી. થોડું અંતર કાપ્યા પછી તે સ્થિર થઈ જાય છે. આમ, દડાન બેટ દ્વારા શરૂઆતનાં ધક્કા સમયે મળેલું વેગમાન શૂન્ય થતું જાય છે. આપણે જાણીએ છીએ કે દડાનાં વેગમાનનાં આ ફેરફાર માટે દડા પર લાગેલું કોઈક બળ જવાબાદર છે. આવા બળને ઘર્ષણબળ કહે છે. સંપર્કમાં રહેલાં પદાર્થો જ્યારે એકબીજાની સાપેક્ષે ગતિ કરે છે. ત્યારે આ બળ અસ્તિત્વમાં આવે છે. કોઈ પદાર્થનાં સ્થાનમાં ફેરફાર કરવો હોય તો ઘર્ષણબળનો સામનો કરીને તેને સમક્ષિતિજ સપાટીને સમાંતર ખેંચવો પડે અથવા ધક્કો મારવો પડે.

ઘર્ષણભલ એ સંપર્ક બળ છે અને તે હંમેશાં સપાટીઓને સમાંતર પદાર્થની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં લાગે છે. સામાન્ય રીતે એ જાણીતું છે કે ઘર્ષણ એ સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓનાં ખરબચડાપણઆને લીધે ઉદ્‌ભવે છે. આ કારણથી જરૂરિયાત અનુસાર સપાટીઓને ખરબચડી કે લીસી બનાવવાનાં ઈરાદાપૂર્વક પ્રયત્નો કરવામાં આવે છે.

ઘર્ષણબળ એ પદાર્થની ગતિને અવરોધે છે. તેને લીધે ઘસારો અને તૂટ પડે છે તેમજ યાંત્રિક ઊર્જાનાં વ્યય માટે પણ તે જવાબદાર છે. પરંતુ આ જ ઘર્ષણને લીધે આપણે ચાલી શકીએ છીએ, વાહનો ચલાવી શકીએ છીએ અને ચાલતાં વાહનોને રોકી શકીએ છીએ. આમ, ઘર્ષણ આપણાં જીવનમાં બે પ્રકારે ભાગ ભજવે છે. તેથી, કહી શકાય કે ઘર્ષણ એ જરૂરી અગત્યનું પરબિળ છે.

3.6.1 સ્થિર અને ગતિક ઘર્ષણ

આપણે સૌ જાણીએ છીએ કે સપાટી પર પદાર્થને ગતિ કરાવવા માટે અમુક લઘુત્તમ બળની જરૂર પડે. આ બાબતને સમજવા આકૃતિ 3.5 માં દર્શાવ્યા મુજબ એક બ્લોકને કોઈક સમક્ષિતિજ સપાટી પર સ્થિર પડેલો ધારો. બ્લોક પર થોડુંક બાહ્યબળ $\mathbf{F}_{ext}$ લગાડો. શરૂઆતમાં બ્લોક ખસતો નથી. આ તો જ શક્ય બને જો બ્લોક પર બીજું કોઈક બળ લાગતું હોય. આ બળને સ્થિત ઘર્ખણબળ (Static friction) કહે છે, જેને f_s સંજ્ઞા વડે દર્શાવાય છે. જેમ જેમ $\mathbf{F}_{ext}$ વધે છે, તેમ તેમ f_s પણ વધે છે અને જ્યાં સુધી તેનું મહત્તમ મૂલ્ય $\mathbf{F}_{ext}$ થાય ત્યાં સુધી તે $f_s^{(max)}$ ના મૂલ્ય જેટલું જ રહે છે. જ્યારે $\mathbf{F}_{ext}$ નું મૂલ્ય $\mathbf{F}_{max}$ કરતાં વધે છે ત્યારે બ્લોક ખસવાની શરૂઆત કરે છે. બ્લોક જ્યારથી ખસવાની શરૂઆત કરે છે. ત્યારથી તેમાં ગતિકઘર્ષણ ઉદ્‌ભવે છે. સમાન્ય અનુભવ એવો છે કે પદાર્થની અચળ વેગથી થતી ગતિ ચાલુ રાખવા માટે જેટલા બળની જરૂર પડે છે. તેના કરતાં વધુ બળની જરૂર તેને ગતિમાં

લાવવા માટે જોઈએ. આ કારણથી, સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓની જોડ વચ્ચે લાગતાં સ્થિત ઘર્ષણ બળની જરૂર તેને ગતિમાં લાવવા માટે જોઈએ. આ કારણથી, સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓની જોડ વચ્ચે લાગતાં સ્થિત ઘર્ષણબળનું મૂલ્ય તેમની વચ્ચેના ગતિક ઘર્ષણબળ કરતાં વધુ હોય છે. આકૃતિ 3.6 માં બાહ્યબળ સાથે ઘર્ષણબળમાં થતાં ફેરફારો દર્શાવે છે.

આપેલી સંપર્ક સપાટીઓની જોડ માટે, તમને એ જાણવાની ઈચ્છા થશે કે કયા પરિબળો પર $f_s^{(max)}$ અને f_k આધાર રાખે છે ? પ્રયોગો પરથી માલૂમ પડે છે કે $f_s^{(max)}$ એ લંબબળ $\mathbf{F}_N$ ના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

$$f_s^{(max)} \propto \mathbf{F}_N \quad \text{or} \quad f_s^{(max)} = \mu_s \mathbf{F}_N \qquad (3.6)$$

જ્યાં, μ_s ને સ્થિત ઘર્ષણાંક (**coefficient of static friction**) કહે છે. બ્લોક પર સપાટી વડે લાગતું લંબબળ $\mathbf{F}_N$ એ બ્લોક સપાટીને જેટલાં બળથી દબાવે છે. તેનાં પરથી શોધી શકાય છે. (આકૃતિ 3.5 જુઓ). બ્લોક પરનું લંબબળ $\mathbf{F}_N$ એ mg જેટલું હોય છે, જ્યાં m એ બ્લોકનું દળ છે.

$$f_s = \mathbf{F}_{ext} \quad f_s \le f_s^{max}, \text{ માટે તેથી,}$$

$$f_s \le \mu_s \mathbf{F}_N.$$

પ્રયોગો પરથી એ પણ માલૂમ પડ્યું છે કે, સપાટીઓની જોડ વચ્ચે લાગતું મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળ એ સંપર્ક સપાટીઓનાં ક્ષેત્રફળ પર આધાર રાખતું નથી.

Fig. 3.5 : Forces acting on the block

Fig. 3.6 : Variation of force of friction with external force

આજ રીતે,

$$f_k = \mu_k \mathbf{F}_N$$

જ્યાં μ_k = ગતિ ઘર્ષણાંક સામાન્ય રીતે, $\mu_s > \mu_k$ વધુમાં, અચળાંકો μ_s અને μ_k એ લાકડાની ઉપર લાકડું અથવા કોંક્રિટની ઉપર રબર જેવી સપાટીઓની જોડમાં વાસ્તવમાં અચળાંકો નથી. આપેલ મટી ની જોડ માટે $\boldsymbol{\mu}_s$ અને $\boldsymbol{\mu}_k$ ના મૂલ્યો સપાટીએ ખરબચડાપણું, તેમની સ્વચ્છતા, તાપમાન, ભેજ વગેરે પર આધાર રાખે છે.

Fig. 3.7 : Normal force on the block

ઉદા. 3.6: 2 kg દળનો એક બ્લોક સમક્ષિતિજ સપાટી પર પડેલો છે. બ્લોકની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો સ્થિત ઘર્ષણાંક 0.25 છે. તો બંને સંપર્ક સપાટીઓ વચ્ચે લાગતાં મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળનું મૂલ્ય શોધો.

ઉકેલ :

અહીં, $m = 2$ kg અને $\mu_s = 0.25$. સમી. (3.6) પરથી

$$f_s^{(max)} = \mu_s \mathbf{F}_N$$
$$= \mu_s m\mathbf{g}$$
$$= (0.25)\,(2\text{ kg})\,(9.8\text{ ms}^{-2})$$
$$= 4.9\text{ N.}$$

ઉદા. 3.7: 5 kg દળનો એક બ્લોક સમક્ષિતિજ સપાટી પર પડેલો છે. તેનો ગતિક ઘર્ષણાંક $\mu_k = 0.1$ છે. જો બ્લોકને સમક્ષિતિજ દિશામાં 10 N બળ લગાડીને ખેંચવામાં આવે તો બ્લોકનો પ્રવેગ શોધો.

ઉકેલ :

$f_k = \mu_k F_N$ અને $F_N = mg$, પરથી,

$$f_k = \mu_k mg$$
$$= (0.1)\,(5\text{ kg})\,(9.8\text{ ms}^{-2})$$
$$= 4.9\text{ kg ms}^{-2} = 4.9\text{ N}$$

બ્લોક પર લાગતું પરિણામી બળ $= F_{ext} - f_k$

$$= 10\text{ N} - 4.9\text{ N}$$
$$= 5.1\text{ N}$$

તેથી,

પ્રવેગ $= a = \quad = \quad = 1.02\text{ ms}^{-2}$

આમ, બાહ્યબળની દિશામાં બ્લોકનો પ્રવેગ 1.02 ms^{-2} હશે.

3.6.2 રોલિંગ ઘર્ષણ

સામાન્ય અનુભવ એવો છે કે પૈડાવાળા ગાડા જેવાં પદાર્થોને ધક્કો મારવાનું કે ખેંચવાનું સરળ હોય છે. પૈડાની ગતિ એ સરકવાને લીધે થતી ગતિ કરતાં જુદી છે. તે રોલિંગ ગતિ છે. રોલિંગ ગતિનાં કિસ્સામાં લાગતાં ઘર્ષણને રોલિંગ ઘર્ષણ કહે છે. સમાન લંબબળ માટે, રોલિંગ ઘર્ષ એ સ્થિત ઘર્ષણ કે ગતિ ઘર્ષણ કરતાં ખૂબ ઓછું હોય છે. દા.ત. જ્યારે ધાતુના પૈડાં એ ધાતુનાં પાટા પર ગબડે છે ત્યારે રોલિંગ ઘર્ષણ સ્થિત/ગતિક ઘર્ષણના $1/100^{th}$

માં ભાગનું થાય છે. ધાતુ ઉપર ધાતુની સપાટી માટે, રોલિંગ ઘર્ષણાંકનું મૂલ્ય 0.006 છે અને રબર ઉપર કોંક્રિટ માટે, રોલિંગ ઘર્ષણાંકનું મૂલ્ય 0.02 – 0.04 છે.

હવે, અમે ઈચ્છીશું કે તમે એક સાદી પ્રવૃત્તિ કરો.

પ્રવૃત્તિ 3.1

ટેબલ પર એક વજનદાર પુસ્તક મૂકો અથવા પુસ્તકોનો ઢગલો કરો અને તમારી આંગળીઓ વડે તેને ધકેલવાનો પ્રયત્ન કરો. હવે, ત્રણ કે તેથી વધુ પેન્સિલોને પુસ્તકોની નીચે મૂકો એ તેમને ફરીથી ધક્કો લગાવો. કયા કિસ્સામાં તમારે ઓછું બળ લગાડવું પડે છે ? તમારા અનુભવ પરથી શઉં નિષ્કર્ષ તારવશો.

3.6.3 ઘર્ષણ ઘટાડવાની રીતો

પૈડું એ માનવજાતની સૌથી મોટી શોધ ગણાય છે, તેનું કારણ એ છે કે

રોલીંગ ઘર્ષણ એ સ્થિત/ગતિક ઘર્ષણ કરતાં સરળ છે.

આ કારણે, ઘર્ષણ ઘટાડવા માટે મશીનોમાં બોલ-બેરિંગનો ઉપયોગ

થાય છે. આકૃતિ 3.8 માં દર્શઆવ્યા મુજબ બોલ-બેરિંગમાં

Fig. 3.8 : Balls in the ball-bearing

બે ધાતુની સમકેન્દ્રિય નળાકારની વચ્ચે ધાતુના ગોળાઓ મૂકવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે, બે નળાકારમાંથી કોઈ એકને બીજાની સાપેક્ષમાં ફેરવવામાં આવે છે. અહીં ગોળાઓનું પરિભ્રમણ એ લગભગ ઘર્ષણરહિત છે. બોલબેરિંગોનો ઉપયોગ મોટેભાગે બધા જ પ્રકારનાં વાહનો અને વિદ્યુત્ત મોટરોમાં થાય છે, જેમ કે વિદ્યુત પંખા.

ગ્રીઝ અથવા ઓઈલ જેવા ઊંજણો (લુબ્રિકન્ટો)નો સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓની વચ્ચે ઉપયોગ કરવાથી ઘર્ષણમાં નોંધપાત્ર ઘટાડો થાય છે. ભારે મશીનોમાં મશીનનાં ફરતાં ભાગો ઉપર ઓઈલને વહેતું રાખવામાં આવે છે. તે ફરતાં ભાગો વચ્ચેનું ઘર્ષણબળ ઘટાડે છે અને તેમને વધુ ગરમ થતાં અટકાવે છે. વાસ્તવમાં, લુબ્રિકન્ટોની હાજરીમાં ઘર્ષણનો પ્રકાર ડ્રાય ઘર્ષણથી તરલ ઘર્ષણ પ્રકારનો બદલાઈ જાય છે. તરલ ઘર્ષણ એ ડ્રાય ઘર્ષણ કરતાં નોંધપાત્ર ઓછું હોય છે.

વધુ દબાણવાળી શુદ્ધ હવાનું સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓ વચ્ચે વહન કરાવીને ઘર્ષણ ઘટાડી શકાય છે. એટલું જ નહીં, આને લીધે ફરતાં ભાગો ઉપર કચરો અને ધૂળ એકઠા થતા અટકે છે.

તરલ ઘર્ષણ

પ્રવાહી કે વાયુમાંથી ગતિ કરતાં અથવા પ્રવાહી કે વાયુ ઉપર ગતિ કરતાં પદાર્થોને પણ ઘર્ષણનો સામનો કરવો પડે છે. હવાના ઘર્ષણને કારણએ ઉલ્કાઓ સળગીને ભસ્મીભૂત થઈ જાય છે. નક્કર પદાર્થો વચ્ચેનાં ઘર્ષણથી વિપરીત તેવું તરલ ઘર્ષણ પદાર્થના આકાર પર આધાર રાખે છે. તેથી જ માછલીઓ ચોક્કસ આકારની હોય છે અને વધુ ઝડપથી ગતિ કરતા. એરોપ્લેન્સ અને વાહનોનો આકાર માછલી જવો હોય છે, જેને ધારા રેખી આકાર કહે છે. ઝડપના વધારા સાથે તરલ ઘર્ષણ ખૂબ જ ઝડપથી વધે છે વધુ ઝડપથી ગતિ કરતી કારમાં હવાનું ઘર્ષણ વધુ લાગવાને લીધે બળતણ વધુ વપરાય છે. મહત્તમ કાર્યક્ષમતા માટે કઉત્પાદકો આપણને 40-45 km h^{-1} ની ઝડપથી વહાન ચલાવવાની સલાહ આપે છે.

Notes

3.7 મુક્ત પદાર્થ રેખાકૃતિની રીત

યંત્રશાસ્ત્રમાં ન્યૂટનનાં ગતિનાં નિયમોને ઉપયોગ કરી કોયડાઓ મુક્ત પદાર્થ રેખાકૃતિની રીતની મદદથી સહેલાઈથી ઉકેલી શકાય છે. આપણે પરિસ્થિતિમાં પદાર્થ પર લાગતા બળોને રજૂ કરતી રેખાકૃતિને free body diagram (FBD) કહે છે. મુક્ત પદ રેખાકૃતિ દોરવાની રીત નીચે મુજબ વર્ણવી શકાય :

1. ગતિને લગતો જે કોયડો ઉકેલવાનો છે તેમાં આપેલ વર્ણને પ્રમાણે તંત્રની યાદી, સ્પષ્ટ રેખાકૃતિ દોરો.
2. તંત્રમાંથી પસંદગીનો ભાગ અલગ કરો. હવે આ ભાગ મુક્ત પદાર્થ કહેવાશે.
3. મુક્ત પદાર્થ પર લાગતા બધા બાહ્યબળોને ધ્યાનમાં લો અને બધા બળોને રજૂ કરતાં સદિશો મુક્ત પદાર્થોને અડકે તે રીતે અંકિત કરો, જેમાં બળોની કાર્યરેખા સ્પષ્ટ હોય.
4. હવે ન્યૂટનો ગતિનો બીજો નિયમ $\Sigma \mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$ લાગુ પાડો.

   (અથવા $\Sigma F_x = m\,a_x$ અને $\Sigma F_y = m\,a_y$)

યાદ રાખો : (i) પદાર્થ પર લાગતું પરિણામી બળ ગતિની દિશામાંજ હોવું જોઈએ. (ii) સંપૂર્ણ ઉકેલ મેળવવા માટે જેટલી અજ્ઞાત રાશિઓ હોય તેટલાં સ્વતંત્ર સમીકરણો મેળવવા જોઈએ.

ઉદા. 3.8 : m_1 અને m_2 દળવાળા બે બ્લોકસને દોરી વડે બાંધો. સમક્ષિતિજ, લીસી સપાટી પર મૂકેલા છે. સમક્ષિતિજ સપાટીને સંમાતર લાગતા બળ **F** વડે m_2 દળવાળા બ્લોકને ખેંચવામાં આવે છે, તો બ્લોક્સમાં ઉદ્‌ભવતું તણાવ શોધો. (તણાવ ને સમક્ષિતજ ધારો)

ઉકેલ : **a** = બળ **F** ની દિશામાં બ્લોકસનો પ્રવેગ

T = દોરીમાં તણાવ.

$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ સમી.નું ઘટકસ્વરૂપ m_1 અને m_2 દળવાળા તંત્રના મુક્ત પદાર્થ રેખાકૃતિને લગાડતા,

$$N - (m_1 + m_2)\,g = 0$$

અને

$$F = (m_1 + m_2)a$$

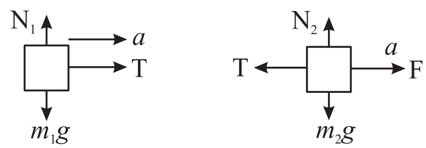
$$\Rightarrow \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

Fig 3.9: Free body diagram for two blocks connected by a string

$\Sigma F = ma$ સમી.નું ઘટકસ્વરૂપ m_1 નાં મુક્તપદાર્થ રેખાકૃતિને લગાડવાં,

$$N_1 - m_1 g = 0 \quad \text{and} \quad T = m_1 a$$

$$\Rightarrow \qquad T = m_1\left(\frac{F}{m_1 + m_2}\right)$$



અથવા $$T = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right).F$$

Fig 3.10

Notes

m2 ના મુક્ત પદાર્થ રેખાકૃતિને ΣF = ma સમી.ને ઘટક સ્વરૂપે લાગુ પાડીને ચકાસી જૂઓ કે a અને T માટે સરખાં સમીકરણ મળે છે.

ઉદા. 3.9 : *m_1 અને m_2 ($m_1 > m_2$) દળવાળા બે પદાર્થોને હલકી ન શકાય તેવી દોરી વડે જોડીને ઘર્ષણ રહિત ગરગડી પરથી પણ કરેલ છે. તો આ તંત્રનો પ્રવેગ અને જ્યારે તંત્રને સ્થિર સ્થિતિમાંથી મુક્ત કરવામાં આવે ત્યારે તંત્રને જોડતી દોરીમાં ઉત્પન્ન થતું તણાવ શોધો.*

ઉકેલ : *a = દળ m_1 ને લીધે અધોદિશામાં પ્રવેગ.*

= દળ m_2 ને લીધે ઉર્ધ્વદિશામાં પ્રવેગ. (શા માટે ?)

T = બંને દળને જોડતી દોરીમાં ઉદ્‌ભવતું તણાવ.

m_1 અને m_2 નાં તંત્રને ΣF = ma લાગુ પડતા,

$$m_1 g - T = m_1 a$$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

a અને T માટે બંને સમી.નો ઉકેલ મેળવતાં,

$$a = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right).g \qquad T = \left(\frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}\right) a$$

આ બક્કકે તમે m_1 અને m_2 જુદા-જુદા મૂલ્યો માટે મેળવેલા પરિણઆમો ચકાસી શકો છો. $m_1 = m_2$ અથવા $m_1 >> m_2$ લઈને જૂઓ કે a અને T ના મૂલ્યો ધારણા મુજબ મળે છે કે નહીં ?

ઉદા. 3.10 : *આકૃતિ 3.10 (a) માં દર્શાવ્યા મુજબ M = 10 kg*

ની એક ટ્રોલીને m = 2 kg દળવાળા બ્લોક સાથે એક દળરહિત ખેંચી

ન શકાય તેવી દોરી વડે જોડીને દોરીને ઘર્ષણ રહિત ગરગડી પરથી

પસાર કરેલ છે. ટ્રોલી અને સપાટી વચ્ચેનો ગતિક ઘર્ષણાંક (μ_k) = 0.02

છે તો

a) *ટ્રોલીમાં ઉદ્‌ભવતો પ્રવેગ અને*

b) *દોરીમાં ઉદ્‌ભવતું તણાવ શોધો*

Solution : *આકૃતિ (b) અને (c) અનુક્રમે ટ્રોલી અને બ્લોક માટેનાં મુક્ત*

Fig 3.11

પદાર્થ રેખાકૃતિ દર્શાવે છે.

a = બ્લોક અને ટ્રોલીનો પ્રવેગ

ટ્રોલી માટે $F_N = Mg$ અને

$T - f_k = Ma$ જ્યાં, $f_k = \mu_k F_N$

$= \mu_k Mg$

તેથી, $T - \mu_k Mg = Ma$ ...(1)

બ્લોક માટે : $mg - T = ma$ ...(2)

સમી (1) અને (2) નો સરવાળો કરતાં, $mg - \mu_k Mg = (M + m)\,a$

અથવા $a = \dfrac{(2\text{ kg})(9.8\text{ ms}^{-2}) - (0.02)(10\text{ kg})(9.8\text{ ms}^{-2})}{(10\text{ kg} + 2\text{ kg})}$

$= \dfrac{19.6\text{ kg ms}^{-2} - 1.96\text{ kg ms}^{-2}}{12\text{ kg}} = 1.47\text{ ms}^{-2}$

તેતી, $a = 1.47\text{ ms}^{-2}$

સમી. (2) પરથી $T = mg - ma = m(g - a)$

$= 2\text{ kg}\,(9.8\text{ ms}^{-2} - 1.47\text{ ms}^{-2})$

$= 2\text{ kg}\,(8.33\text{ ms}^{-2})$

તેથી, $T = 16.66$ N

પાઠ્યપુસ્તકના પ્રશ્નો 3.4

Fig. 3.12

1. m દળનો એક બ્લોક θ કોણવાળા ઢાળની ખરબચડી સપાટી પર મૂકેલ છે, તો ઉપર લાગતા વિવિધ બળો રેખાકૃતિમાં દર્શાવો.

2. 2 Kg અને 3 Kg દળના બે બ્લોકસ અનુક્રમે A અને 100 N નું બળ લગાડવામાં આવે ચે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બંને બોક્સને સમક્ષિતિજ, લીસી સપાટી એકબીજાને સ્પર્શ તે રીતે મૂક્યાં છે તો બ્લોક A વડે બળ B પર કેટલું બળ લાગશે ?

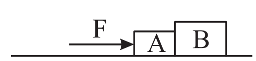


Fig. 3.13

3. જ્યારે 5kg દળનો કોઈ પદાર્થ દોરી વડે લટકાવવામાં આવે અને તેને

   (a) 2ms^{-1} વેગથી

   (b) 2ms^{-2} ના પ્રવેગથી જ્યાંથી લટકાવેલ છે તે રફ ઊંચકીને ગતિ કરવામાં આવે ત્યારે દોરીમાં ઉદ્દ્ભવતું તણાવબળ કેટલું હશે.

3.8 જડત્વીય અને અજડત્વીય નિર્દેસ ફ્રેમનો પ્રાથમિક ખ્યાલ

એકપારિમાણિક ગતિનાં અભ્યાસ માટે સંદર્ભબિંદુ (ઉગમબિંદુ) જરૂરી છે, પરંતુ જ્યારે દ્વિ અને ત્રિ-પારિમાણિક

ગતિનો અભ્યાસ કરવો હોય ત્યારે આપણે સંદર્ભરેખાઓનાં સમૂહનો ઉપયોગ કરવો પડે અને પદાર્થનું સ્થાન નક્કી થઈ શકે. આ સંદર્ભરેખામાં સમૂહને નિર્દેશ ફ્રેમ કહે છે.

દરેક ગતિએ અવલોકન કરનાર પર આધારિત છે. જો અવલકોનકારનું સ્થળ અને પરિસ્થિતિ બદલાય તો ગતિનું વર્ણન બદલાઈ જાય છે. દા.ત. એક ખોખું રેલ્વે પ્લેટફોર્મ પર પડેલું ધ્યાનમાં લે પ્લેટફોર્મ પર ઉભેલી વ્યક્તિ ખોખઆને સ્થિર કહેશે, જ્યારે અચળ વેગથી ગતિ કરતી ટ્રેનમાં બેઠેલ વ્યક્તિ ખોખું $-v$ વેગથી ગતિ કરે તેમ કહેશે. પરંતુ, (a) જેટલા પ્રવેગથી ગતિ કરતી ટ્રેનમાં બેઠેલા વ્યક્તિને દૃષ્ટિએ ખોખાનું વર્ણન કેવું હશે ? તે / તેણી જણાવશે કે બોક્સ $(-a)$ જેટલાં પ્રવેગથી ગતિ કરે છે. દેખીતી રીતે જ ન્યૂટનનો ગતિનો પહેલો નિયમ આ અવલોકનકાર માટે ખોટો પડે છે.

આમ ગતિનાં વર્ણન માટે નિર્દેશફ્રેમને અવલોકનકાર સાથે જોડવામાં આવે છે. જો અવલોકનકારની સાપેક્ષે ફ્રેમ (બીજી નિર્દેશફ્રેમ) સ્થિર હોય અથવા અચળવેગથી ગતિ કરતી હોય તો તેમાં જડત્વનાં નિયમનું સારી રીતે પાલન થાય છે. તેથી, આવી ફ્રેમોને જડત્વીય નિર્દેશફ્રેમો કહે છે. બીજી બાજુ, અવલોકનકારની ફ્રેમ પ્રવેગી ગતિ કરતી હોય, તો આપણે તેને અજડત્વીય નિર્દેશફ્રેમ કહીશું.

અજડત્વીય નિર્દેશ ફ્રેમમાં રહેલા m દળવાળા અને (a) પ્રવેગથી ગતિ કરતાં પદાર્થને ન્યૂટનનો ગતિનો બીજો નિયમ આભાસી બળ $m\,a$ નો સમાવેશ કરીને લાગુ પાડી શકાય. ચાકગતિ કરતાં પદાર્થ માટે આ બળ કેન્દ્રત્યાગી બળ કહે છે.

પાઠ્યપુસ્તકનાં પ્રશ્નો 3.5

1. એક ટ્રેનમાં ટેબલ પર અડધો પાણીથી ભરેલી પ્યોલ પડેલ છે. શું ગાડી ઉપડવાની શરૂ થશે ત્યારે સપાટી આડી રહેશે ?

2. જ્યારે કોઈ કાર ખૂબ ઝડપથી કોઈ વળાંકવાળા માર્ગ પર ગતિ કરતી હોય ત્યારે તે બહાર તરફ અટકી જાયછે. તો કારમાં બેઠેલા મુસાફરો કઈ રીતે કારની ગતિ સમજાવશે ? રોડ ઉપર ઉભેલ અવલોકનક આ ઘટના કઈ રીતે સમજાવશે ?

3. એક નાના કણનું દળ 6×10^{-10} kg છે. તેને એક સેન્ટ્રીફ્યુઝ પાણી ડુબાડવામાં આવે છે. ત્યારે $2\pi \times 10^3$ rad s^{-1} ના કોણીય વેગથી ગતી કરે છે. કણ ભ્રમણાક્ષથી 4 cm દૂર છે તો કણ પર લાગતું કુલ કેન્દ્રત્યાગી બળ ગણો.

4. પૃથ્વીની કોણીય ઝડપ કેટલી હોતી જોઈએ કે જેથી કેન્દ્રગામી બળને કારણે કોઈ વસ્તુ તેના પરથી દૂર ન થઈ જાય $g = 10$ m s^{-2} લો.

5. સંદર્ભ ફ્રેમમાં 2 kg નો એક મુક્ત પતન કરતો પદાર્થ લગાડેલ છે તે બળનું મૂલ્ય અને દિશા શું હશે ?

તમે જે શીખ્યા

- પદાર્થનું જડત્વ એટલે પદાર્થોનો પોતાની પોતાની સ્થિર કે અચળગતિમાં ફેરફાર કરવાનો ગુણધર્મ.
- ન્યૂટનનો ગતિનો પ્રથમ નિયમ - પદાર્થ પર જ્યાં સુધી બળ ન લાગતું હોય ત્યાં સુધી સ્થિર પદાર્થ સ્થિર અને ગતિમાન પદાર્થ અ મળવેગી ગતિ ચાલુ રાખે છે.
- કોઈ m દળવાળો એકકણ $\mathbf{v}$ વેગથી ગતિ કરતો હોય તો તેનું રેખીય વેગમાન $\mathbf{p} = m\,\mathbf{v}$ જ્યાં $\mathbf{p}$ એ

સદિશ રાશિ છે.

- ન્યૂટનનો ગતિનો બીજો નિયમ - પદાર્થના વેગમાનના ફેરફારનો સમય દર તેના પર લાગુ પાડેલા પરિણામી બાહ્યબળ જેટોલ હોય છે.
- ન્યૂટનના ગતિના બીજા નિયમ પ્રમાણએ અચળદળવાળા પદાર્થમાં ઉદ્‌ભવતો પ્રવેગ પદાર્થ પર લાગતા બાહ્યબળના સમપ્રમાણમાં હોય છે $\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$.
- ન્યૂટનની ગતિના ત્રીજા નિયમ પ્રમાણે બે પદાર્થો A અને B એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે તો પદાર્થ A વડે પદાર્થ B પર લાગતું બળ અને પદાર્થ B વડે પદાર્થ A પર લાગતા બળો સમાન મૂલ્યના અને પરસ્પર વિરૂદ્ધ દિશામાંના હોય છે.
- વેગમાનના સંરક્ષણના નિયમ પ્રમાણે જો કણોના તંત્ર પર લાગતુ પરિણામી બાહ્યબળ શૂન્ય હોયતો પદાર્થનું કુલ વેગમાન અચળ રહે છે, પછી ભલેને તેમની વચ્ચેના બળનો પ્રકાર ગમે તે હોય.
- જ્યારે કોઈ પદાર્થખસવાની કે ગબડવાની શરૂઆત કરે ત્યારે પદ પર લાગતા બળને ઘર્ષણ બળ કહે છે. ઘર્ષણબળ હંમેશા સંપર્ક સપાટી સમાંતર અને પદાર્થની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં હોય છે.
- પદાર્થ અને સપાટી વચ્ચે લાગતું મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળ $f_s^{(max)}$ એ પદાર્થ પર લાગતા લંબબળ $\mathbf{F}_N$ ના સમપ્રમાણમાં હોય છે. જ્યારે પદ ખસવાની અણી પરહોય ત્યારે આ મહત્તમ બળ ઉદ્‌ભવે છે.
- જો કોઈ પદાર્થ સપાટી પર ગબડતો હોય તો ગતિક ઘર્ષણબળનું મૂલ્ય $f_k = \mu_k \mathbf{F}_N$ જ્યાં μ_k એ સંપર્કમાં રહેલી સપાટી માટે ગતિક ઘર્ષણાંક છે.
- રોલ કે બોલબેરીંગનો ઉપયોગ કરી ઘર્ષણ ઘટાડી શકાય છે. અને તેની સાથે સંકળાયેલ ઉર્જાનો વ્યય પણ ઓછો કરી શકાય છે. કારણ કે રોલીંગ ઘર્ષણ એ ગતિક ઘર્ષણ કરતાં ખૂબ ઓછું હોય છે.
- ન્યૂટનના નિયમોનું પાલન ફક્ત જડત્વીય નિર્દેશફ્રેમમાં થાય છે. જડત્વીય નિર્દેશફ્રેમ એટલે એ ફ્રેમ કે જેમાં અલગ કરેલા પદાર્થનો પ્રવેગ શૂન્ય હોય છે.
- જો પદાર્થ સ્થિર સંતુલિત અવસ્થામાં હોય તો તેના પર લાગતા બધા બળોનો સદિશ સરવાળો શૂન્ય હોય છે. આ શરત એ બિંદુગામી પદાર્થો માટે આવશ્યક અને પર્યાપ્ત શરત છે.

પાઠયાંત પ્રશ્નો

1. નીચેનામાંથી કોણ હંમેશા પદાર્થ પર લાગતા પરિણામી બાહ્યબળની દિશામાં હોય છે ?

   (a) સ્થાનાંતર (b) વેગ

   (c) પ્રવેગ (d) વેગમાનનો ફેરફાર

2. જ્યારે પદાર્થ પર અચળ બાહ્યબળ લાગતું હોય ત્યારે નીચેનામાંથી કઈ ભૌતિકરાશિ બદલાતી નથી ક

   (a) સ્થાન (b) ઝડપ

   (c) વેગ (d) પ્રવેગ

   ઉદાહરણ આપી તમારા જવાબનું સમર્થન આપો.

3. 0.5 kg દળવાલા એક દડાને અમૂક ઉંચાઈએથી મુક્ત કરતાં તે 4s માં જમીન પર પહોંચે છે. તો દડાના વેગમાનમાં થતો ફેરફાર ગણો.

4. નીચેનામાંથી કયા કિસ્સામાં 2 kg દળના પદાર્થમાં વેગમાનમાં મોટો ફેરફાર થશે ?

(a) જ્યારે 10 N બળ 1 સેકન્ટ માટે લાગે ત્યારે ?

(b) જ્યારે 10 N બળ 1 મીની. માટે લાગે ત્યારે ?

વેગમાનમાં થતો ફેરફાર દરેક કિસ્સા માટે ગણો.

5. 0.2 kg દળનો એક દડો 6 ms^{-2} ના પ્રવેગથી હવામાં નીચે તર હવામાં છોડવામાં આવે છે. તો દડા પર લાગતું હવાનું ઘર્ષણ શોધો.

6. 20 kg દળનો એક લોજ દોરડાવડે અચળ પ્રવેગથી ઉચંકવામાં આ છે. બોજ 2 sec. માં 5 m ઉંચાઈ પ્રાપ્ત કરે છે. તો દોરડામાં ઉદ્‌ભવતું તણાવબળ શોધો રોકેટમાં m (દળ) સમય સાથે બદલ છે. આ કિસ્સા માટે ન્યૂટનના નિયમનું ગણિતિક સ્વરૂપ લખા. અને તે ભોતિક અર્થઘટન કરો.

7. 0.1 kg દળવાળો એક બોલ 10 m s^{-1} ના વેગથી દિવાલ સાથે અથડાઈને તેટલાંજ વેગથી આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વિચલત પામે છે. તો દડાના વેગમાનના મૂલ્યમાં થતો ફેરફાર ગણો.

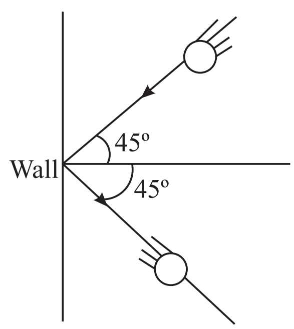


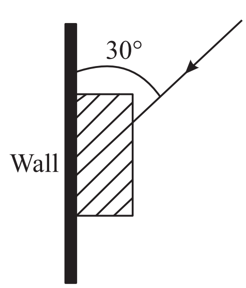
Fig. 3.14

8. એક મશિનગન એક મિનિટમાં 150 ગોળીઓ છોડે છે છતાં ગોળીની ઝડપ 900 m s^{-1} છે તથા દરેક ગોળીનું દળ 12 g છે તો મશીનગન પર લાગતું પ્રત્યાઘાતી બળ ગણો.

9. વધુ ઝડપથી ગતિકરતાં દડાનો કેચ કરતી વખતે શા માટે હાથ પાછળ ખેંચીને દડાને સ્થિર કરવામાં આવે છે. સમજાવો.

10. પ્રારંભમાં સ્થિર પડેલા 2 kg દળના પદાર્થ પર 20 N અચળ બળ 2 સેકન્ડ માટે લાગેછે. તો ગતિના પ્રારંભની
(a) 1 સેકન્ડ પછી અને (b) 3 સેકન્ડ પછી પદાર્થનો વેગ કેટલો હશે ?

11. અહિં દર્શાવેલ દિશામાં બ્લોક પર બળ દેવી રીતે લગાડવું જોઈએ કે જે ઉભી દિવાલ પરથી બ્લોકને સરકી પડતો અટકાવે ?



Notes

Fig 3.15

12. 1.2 kg દળનો એક બ્લોક સમક્ષિતિજ સપાટી પર પડેલો છે. સપાટી અને બ્લોક વચ્ચેનો સ્થિત ઘર્ષણાંક 0.5 જ્યારે બ્લોક પર લાગતાં બળનું મૂલ્ય સમક્ષિતિજ દિશામાં હોય ત્યારે બ્લોક પર લાગતા ઘર્ષણબળનું મૂલ્ય અને દિશા શોધો.

    (a) 0 N ? (b) 4.9 N ? (c) 9.8 N ?

13. સપાટી પર પડેલા એક બ્લોક માટે મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળ 10N છે. બ્લોકની સપાટીને સમાંતર 5 N બાહ્યબળ લગાડતા બ્લોક પર ઉદ્ભવતા ઘર્ષણ બળ ગણો ?

14. 5 kg દળના બ્લોકને 30 ના ખૂણે સ્થિર રાખવા માટે કેટલા લઘુત્તામબળની જરૂર પડે છે ? બ્લોક અને ઢાળની સપટી વચ્ચે સ્થિત ઘર્ષણાંક 0.25 છે.

15. બે બ્લોક P અને Q ના દળ અનુક્રમે $m_1 = 2$ kg અને $m_2 = 3$ kg છે. બંને બ્લોકને સમક્ષિતિજ, ઘર્ષણ રહિત સપાટી એકબીજાને સ્પર્શે તે રીતે મૂકને F = 10 N જેટલું બાહ્યબળ બ્લોક P પર સપાટીને સમાંતર લગાડવામાં આવે છે. તો

    (a) બ્લોકનો પ્રવેગ અને

    (b) બ્લોક P વડે Q પર લાગતું બળ શોધો.

16. બે બ્લોક P અને Q ના દળ $m_1 = 2$ kg અને $m_2 = 4$ kg આકૃતિ 3.16 માં દર્શાવ્યા મુજબ આ બંનેને કોઈ ત્રીજા બ્લોક કે જેનું દળ M છે. તેની સાથે જોડેલ છે. M કયા મહત્તમ મૂલ્ય માટે તંત્ર સંતુલનમાં હશે ? દરેક બ્લોક પર લાગતું ઘર્ષણભળ એ તેના પર લાગતા લંબબળ કરતાં અડધુ છે.

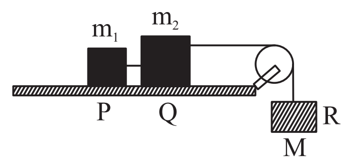


Fig. 3.16

17. સાઈકલની બ્રેકમાં ઘર્ષણબળની ભૂમિકા સમજાવો. જો ઓઈલના થોડા ટીંપા પૈંડાની ધાર પર મૂકવામાં આવે તો શું થશે.

18. 2 kg દળના એક બ્લોક નં. $\theta = 37^0$ ના કોણે ધકેલતાં તેનો વેગ 20 m s^{-1} થાય છે. તો બ્લોક સ્થિર થાય તે પહેલાં તેણે કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ? બ્લોક અને ઢાળની સપાટી વચ્ચેનો ગતિક ઘર્ષણાંક $\mu_k = 0.5$.

0 m s^{-2} અને $\sin 37^0 = 0.6$, $\cos 37^0 = 0.8$.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

3.1

1. ના, આ વિધાન બળ લગાડતાં પહેલાં જે પદાર્થ સ્થિર સ્થિતિ માપ હોય ફક્ત તેના માટે જ સાચું છે.
2. જડત્વીય દળ
3. હા, નિયમિત વર્તુળમય ગતિની જેમ.
4. બળ એ ગતિમાં ફેરફાર કરી શકે. તે પદાર્થને વિરૂપિત પણ કરી શકે.

3.2

1. જેનું દળ નાનું હોય તેવી વસ્તુ.
2. (a) હા (b) ના
3. મુક્ત પતન કરતાં દડાનું વેગમાન વધે છે, કારણકે દડાની ગતિની દિશામાં જ ગુરૂત્વાકર્ષી બળ લાગે છે અને તેથી વેગ વધે છે.
4. (b) કિસ્સામાં વેગમાનમાં થતો ફેરફાર વધુ છે. F અને Δt નો ગુણાકાર કે જે વેગમાનમાં ફેરફાર કરે છે.

   $\left(\text{as } F \propto \dfrac{\Delta p}{\Delta t}\right)$
5. ના ઝડપ અચળ છે. છતાં પદાર્થનો વેગ ગતિની દિશામાં ફેરફારના લીધે બદલાય છે. તેથી તેનું વેગમાન અચળ રહેતું નથી.

3.3

1. કૂદકો લગાવનાર પર જમીન ઉપર તરફ બળ લગાડે છે તેથી કૂદકો લગાવનાર ઉપર તરફ ધકેલાય છે. આ બળ એ કૂદકો લગાવનારે જમીન પર લગાડેલા બળનો પ્રત્યાઘાત છે.
2. (a) જે બળથી માણસ ફૂટબોલને કીક મારે છે તે બળ આઘાત અને જે બળ ફૂટબોલ માણસ પર લગાડે છે એ બળ પ્રત્યાઘાત હોય છે.

   (b) જે બળથી પૃથ્વી ચંદ્રને આકર્ષે છે તે બળ આઘાત અને ચંદ્ર એ પૃથ્વી પર જે બળ લગાડે છે તે પ્રત્યાઘાત હોય છે.

   (c) જે બળ દડો દિવાલ પર લગાડે છે તે બળ આઘાત અને દિવાલ દડા પર જે બળ લગાડે છે તે પ્રત્યાઘાત હોય છે.
3. ના, આ વિધાન ખોટું છે. અલમારી અને ભોંયતળિયાની વચ્ચેના ઘર્ષણબળ કરતાં માણસ દ્વારા અલમારીને લગાવેલ ધક્કાનું બળ વધી જાય ત્યારે અલમારી ગતિ કરે છે. ભોંયતળિયા દ્વારા માણસને લાગતાં વધુ ઘર્ષણબળને લીધે માણસ પાછળથી દિશામાં ધકેલાતો નથી. સરકતી સપાટી પર તે અલમારીને આગળ ધકેલી શકતો નથી.

3.4

Fig. 3.17

2. 40 N
3. (a) (5×9.8) N (b) $F = (5 \times 2)\text{ N} + (5 \times 9.8)\text{ N} = 59\text{ N}$

Notes

3.5

(1) જ્યારે ટ્રેન ઉપડે છે ત્યારે તેનો પ્રવેગ ધારો કે a છે. તેથી ટ્રેન સાથે સંકળાયેલ નિર્દેશફ્રેમને અનુલક્ષીને પાણી પર લાગતું કુલ બળ

$\mathbf{F} = m\,\mathbf{g} - m\,\mathbf{a}$

જ્યાં m એ પાળીનું અને કાચનું દળ છે. (આકૃતિ 3.16). પાણીની સપાટી એ F ને લંબ પોતાનું પોતાનું બનાવશે, જે નીચે દર્શાવ્યુ છે.

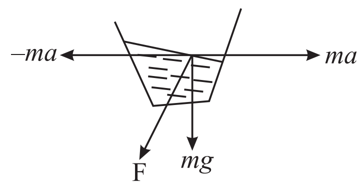


Fig. 3.18

(2) કારમાં બેઠેલ મુસાફરો માટે, કેન્દ્રત્યાગી બળ ($-mv^2/r$) કાર પર લાગશે. જો v વધારે હશે તો r મોટો થશે. રસ્તા પર ઉભેલા અવલોકનકાર માટે, કાર વળાંકવાળા રસ્તા પર ગતિ કરતી હોવાથી કારનો કેન્દ્રગામી પ્રવેગ v^2/r મળશે. અહીં પણ v વધારે હશે તો r મોટો થશે.

(3) કણ પર લાગતું કુલ કેન્દ્રત્યાગી બળ $\mathbf{F} = m\omega^2 r = (6 \times 10^{-10}\,\text{kg}) \times (2\pi \times 10^3\,\text{rad s}^{-1})^2 \times (0.04\,\text{m}) = 9.6 \times 10^{-4}\,\text{N}$.

(4) પદાર્થને ઝડપથી ઊંચે લઈ જવા માટે કેન્દ્રગામી બળ (= કેન્દ્રગામી બળ) એ પદાર્થનાં વજન કરતાં વધારે હોવું જોઈએ.

જો r પૃથ્વીની ત્રિજ્યા હોય તો, $= mg$

પરંતુ $v = r\omega$ હોવાથી,

$= g$

અથવા કોણીય ઝડપ $\omega =$

$\therefore$ કરતાં વધુ કોણીય ઝડપ પદાર્થને ઝડપથી ઊંચે ધકેલી શકે.

5. શૂન્ય (મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થનો કિસ્સો હોવાથી)

સ્વાધ્યાયના જવાબો

1. (d)

2. (a) જો પદાર્તનાં દ્રવ્યની અંદર આંતરિક બળો લાગતાં હોય તો તે બાહ્યબળનો સામનો કરે છે. કોઈ દિવાલ પર બળ લગાડવામાં આવે છે ત્યારે આવું બને છે.

(b) જો બળ પદાર્થ જે દિશામાં ગતિ કરતો હોય તેને લંબ હોય તો આ બળને કારણે પદાર્થની ગતિની દિશામાં ફેરફાર થાય છે પણ ઝડપમાં ફેરફાર થતો નથી.

3. $v = 0 + (-g) \times 4$

   $|v| = 40 \text{ m s}^{-1}$

   $\therefore \Delta P = m(v - u) = (0.5 \times 40) = 20 \text{ kg m s}^{-2}$

4. 10 N બળ 1s માટે લાગે ત્યારે.

5. 0.76 N

7. 250 N.

8. 27 N

10. (a) 10 m s^{-1} (b) 20 m s^{-1}

12. (a) 0 N (b) 4.9 N (c) ~7.5 N

13. 5 N

14. 14.2 N

15. (a) 2 m s^{-2} (b) 6 N

16. 3 kg

18. 20 m

Notes

4

સમતલમાં ગતિ

વિદ્યાર્થી મિત્રો, આપણે આગળ સુરેખ પથ પર એક પરિમણ ગતિના વર્ણન માટે જરૂરી ભૌતિક રાશિનો અભ્યાસ કર્યો. સમતલમાં કણની ગતિને તમે કેવી રીતે દર્શાવી શકશો ? દા.ત. દ્વિપરિમણમાં, આ વિશે આપણે ચર્ચા કરીશું. આ માટે નવી સંકલ્પના ઉમેરવી પડશે. દા.ત. જ્યારે દડાને ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રમાં ફેંકવામાં આવે છે. ત્યારે નિયમિત સમક્ષતિજ વેગ અને ગુરુત્વપ્રવેગ સાથે ગતિ કરે છે. આવી દ્વિપરિમણિક ગતિને પ્રક્ષિપ્ત ગતિ કહે છે.

પ્રકરણના અંતે આ પ્રશ્નોના જવાબ આપી શકીએ. ભૂકંપ અથવા પુર જેવી કુદરતી હોનારતમાં અસરગ્રસ્તો સુધી યોગ્ય જગ્યાએ દવા અથવા ફૂડ પેકેટ પહોંચાડવા માટે વિમાનની ઝડપ અને સ્થિતિ શું હોવી જોઈએ ? મહત્તમ સમક્ષતિજ અંતર મેળવવા માટે રમતવીરે ગોળાફેંક અથવા બરછી કેવી રીતે ફેંકવી જોઈએ ? વાહન રસ્તાના વળાંક સમયે રસ્તા પરથી નીચે ન ઉતરે તે માટે રસ્તાની રચના કેવી હોવી જોઈએ ? પૃથ્વીની આસપાસ વર્તુળાકાર કક્ષાએ ફરવા માટે ઉપગ્રહોની ઝડપ શું હોવી જોઈએ ? વગેરે....

આ પરિસ્થિતિ પ્રક્ષિપ્ત ગતિ અને વર્તળુકાર ગતિમાં ઊભી થાય છે. સામાન્ય રીતે વર્તુળાકાર ગતિ એ સમક્ષિતિજ દિશામાં વર્તુળ ગતિનો ઉલ્લેખ કરે છે. જો કે, સમક્ષિતિજ વર્તુણમાં ખસેડવા ઉપરાંત પદાર્થ ઉર્ધ્વ દિશા વર્તુળમાં પણ ખસી શકે છે. આપણે આ પ્રકારની ગતિ સમજવા માટે કોણિય ઝડપ, કેન્દ્રગામી બળનો ખ્યાલ રજૂ કરીશું.

ઉદ્દેશો :

- પ્રક્ષિપ્ત ગતિ અને વર્તુળાકાર ગતિ સમજવી અને તેમના ઉદાહરણ આપવા.
- ઉર્ધ્વ દિશાના વર્તુળમાં પદાર્થની ગતિ સમજાવી.
- પ્રક્ષિપ્ત પરિપથનું સમીકરણ તારવવું.
- વર્તુળાકાર ગતિમાં એક કણનો વેગ અને પ્રવેગ માટે સમીકરણ તારવવું.
- રેડિયલ અને સ્પર્શકીય પ્રવેગને વ્યાખ્યાયિત કરો.

4.1 પ્રક્ષિપ્ત ગતિ :

પ્રક્ષિપ્ત ગતિનો સૌથી પહેલો ઉલ્લેખ ગેલિલિયો દ્વારા કરવામાં આવ્યો હતો. તેમણે દર્શાવ્યું કે, સમક્ષિતિજ અને શિરોલંબ (ઊર્ધ્વ દિશા)માંની થતી ગતિ એકબીજાથી સ્વતંત્ર ગણી શકાય છે. આ નીચેની પ્રવૃત્તિ દ્વારા સમજી શકાશે.

સૌપ્રથમ ક્રિકેટની રમતના બે દડા લો. તેમાંથી એકને ઊંચી ઈમારત પરથી સમક્ષિતિજ દિશામાં નિર્દેશ કરીને ફેંકો એજ સમયે બીજો દડો પણ સમાન ઊંચાઈએથી નીચે તરફ ફેકોં શું જોવા મળશે તે નોંધો ?

બંને દડા એક સાથે જમીન પર પડતા જોવા મળશે આ દર્શાવે છે કે મુક્ત રીતે પડતા પદાર્થનું નીચે તરફનું પ્રક્ષિપ્ત પ્રવેગ સમાન હોય છે. વધુમાં સમક્ષિતિજ ગતિને પણ સ્વતંત્ર રીતે લઈ શકાય છે. આગળ, સમય અને અંતરનું માપ દર્શાવે છે કે સમક્ષિતિજ દિશાનો વેગ બદલાતો નથી અને ઊર્ધ્વ દિશાની ગતિને પણ સ્વતંત્ર રીતે લઈ શકાય છે.

બીજા શબ્દોમાં બે મહત્વના પદાર્થનું પ્રક્ષિપ્ત ગતિ આ પ્રમાણે છે.

1) પદાર્થનું સમક્ષતિજ દિશામાં અચળ વેગ

2) પદાર્થનું શિરોલંબ દિશામાં નીચેની તરફ અચળ પ્રવેગી ગતિ છે.

આ બે ગતિના સંયોજનથી પ્રક્ષિપ્તના વક્ર માર્ગમાં પરિણામે છે.

આકૃતિ 4.1 ના સંદર્ભે ધારો કે બિંદુ A પરથી એક છોકરો પ્રારંભિક સમાંતર (સમક્ષિતિજ દિશામાં ગતિ) ઝડપ સાથે એક દડો ફેંકે છે. ન્યુટનની ગતિના બીજા નિયમ પ્રમાણે આ દડા પર સમક્ષિતિજ દિશાનો કોઈપણ પ્રકારનો બળ નહિ હોય ત્યાં સુધી દડા પર સમક્ષિતિજ પ્રવેગ હશે. અહીં હવાના અવરોધને અવગણી શું દડા ઉપર બળ ત્યારેજ લાગશે જ્યારે તે છોકરાના હાથમાંથી મુકત રીતે છુટશે અને તે ગુરુત્વ બળ છે.

આકૃતિ 4.1: પ્રક્ષિપ્ત વક્રગતિ

તેથી, દડાની સમક્ષિતિજ દિશાની ઝડપ v_H બદલાતી નથી. પરંતુ, દડો જેવી ઝડપથી આગળ વધે

તેમ આકૃતિમાં દર્શાવવા પ્રમાણે ગુરુત્વને ક્રિયાને કારણે નીચે આવશે જે દડાનું સદશિ v_v બતાવે છે. v_v એ ઊર્ધ્વ દિશાના પદાર્થનો વેગ દર્શાવે છે. નોંધો કે $v = \sqrt{v_H^2 + v_v^2}$ અને તે ગતિપથનો સ્પર્શક છે.

પ્રક્ષયી ગતિની વ્યાખ્યા પ્રમાણે, આપણે નક્કી કરી શકીએ કે પદાર્થ કેટલી ઊંચાઈ એથી, કેટલે દૂર જશે અને ક્યાં સુધી તે હવામાં રહશે. જો આપણે ઈચ્છાતા હોય કે કોઈ પદાર્થને ચોક્કસ સુધી પહોંચાડ્યું હોય તો આ મુદ્દો એટલોજ ઉપયોગી બનશે. ઉદા. ફુટબોલની રમતમાં ગોલ કરતી વખતે, ક્રિકેટના દડાને સરહદ બહાર મોકલવા, પૂર કે અન્ય કુદરતી હોનારત વખતે અસરગ્રસ્તોને સાધન સામગ્રી પહોંચાડવા માટે.

4.1.1 મહત્તમ ઊંચાઈ, ઉડ્ડયનનો સમય અને પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ.

ચાલો, મહત્તમ ઊંચાઈ, ઉડ્ડયનનો સમય અને પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થના અવધિ નક્કી કરવા માટેની પ્રક્ષિપ્ત ગતિ ચકાસીએ. આ કાર્ય કરવા માટે આપણે હવા અથવા પવનના અવરોધને અવગણી શું. શિરોલંબ અને સમક્ષિતિજ દિશા દ્વારા આપણે પ્રક્ષિપ્ત ગતિના કણનો પ્રારંભિક વેગ જોઈ શકીશું. આકૃતિ 4.2 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે x - અક્ષને સમક્ષિતિજ દિશા અને y - અક્ષને શિરોલંબ દિશા તરીકે લો.

હવે ધારો કે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ નું પ્રારંભિક સ્થાન કે ઉદ્ગમ બિંદુ O છે જે $t = 0$. તમે જાણો છો તેમ ઉદ્ગમ બિંદુ આગળ યામાજ્ઞો $x = 0, y = 0$. છે. હવે ધારો કે પદાર્થને છોડો છો ત્યારે કોણ θ_0 આગળ તેનો પ્રારંભિક વેગ v_0 છે. x - અક્ષ પર રચાતા કોણને θ_0 ની પદાર્થની x અને y દિશા નીચે મુજબ છે.

$$v_{ox} = v_o \cos \theta_0 \quad (4.1\ a)$$

અને

$$v_{oy} = v_o \sin \theta_0 \quad (4.1\ b)$$

આકૃતિ 4.2 : મહત્તમ ઊંચાઈ, ઉડ્ડયનનો કુલ સમય અને પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ.

અનુક્રમે a_x અને a_y એ સમક્ષિતિજ દિશામાં અને ઊર્ધ્વ દિશામાં પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ પર લાગતો પ્રવેગ છે. પછી

$$a_x = 0; a_y = -g = -9.8 \text{ m s}^{-2} \quad (4.2)$$

Notes

પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ પર લાગતો પ્રવેગ એ ગુરૂત્વપ્રવગને કારણે અને પસંદ કરેલા યામ પદ્ધતિમાં હંમેશા ઋણ y દિશામાં હોય છે. માટે a_y ઋણ ચિહ્ન દેખાય છે.

a_y એ અચળ છે તે નોંધો. તેથી સમક્ષિતિજ દિશામાં અને ઊર્ધ્વ દિશામાં પદાર્થનો વેગ અને તેના મૂળ સમય t માટે સમીકરણ લખવા સમીકરણ (2.6) અને (2.9) નો ઉપયોગ કરીએ તે આ પ્રમાણએ છે.

સમક્ષિતિજ ગતિમાં $\quad v_x = v_{oax},\quad$ જો $a_x = 0$ (4.3a)

$$x = v_{ox}t = v_0 \cos \theta_0 t \tag{4.3b}$$

ઊર્ધ્વ દિશામાં ગતિ $\quad v_y = v_{oy} - g\,t = v_0 \sin \theta_0 - gt$ (4.3c)

$$y = v_{oy}t - ½g\,t^2 = v_0 \sin \theta_0 t - ½g\,t^2 \tag{4.3d}$$

પદાર્થનો વેગ અને શિરોલંબ સ્થિતિ સમીકરણ (2.10) આધારે આ પ્રમાણે દર્શાવાશે.

$$- g\,y = ½ \tag{4.3e}$$

$$\frac{(v_{0y}^2 \sin\theta_{0y}^2)}{g \quad g}$$

અહીં, તમે નોંધી શકશો કે સમક્ષિતિજ ગતિ જે સમીકરણ (4.3a અને b) પ્રમાણે અચળ ગતિ સાથે રહેશે અને લંબ દિશાની ગતિનું સમીકરણ (4.3c અને d)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે નીચે તરફ ઝડપથી ગતિ કરશે. અનુક્રમે બે ઘટકના સદિશનો સરવાળો આપણને કોઈપણ સમયે ઘટના પરનો વેગ અને પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થનું સ્થાન આપશે.

હવે, આ સમીકરણનો ઉપયોગ આપણે મહત્તમ ઊંચાઈ, ઉડ્ડયનનો કુલ સમય અને પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ જાણવા કરીએ.

(a) મહત્તમ ઊંચાઈ : જેમ પદાર્થ હવામાં પ્રસાર થશે તેમ તે તેની ઊંચાઈએ પહોંચનો અને પછી નીચેની તરફ આવશે. શરૂઆતમાં પદાર્થ મહત્તમ ઊંચાઈ મેળવશે ત્યારે પદાર્થનો વેગ ઊર્ધ્વ દિશામાં શૂન્ય થશે. આ ત્યારે જ શક્ય બને જ્યારે પદાર્થ ઉપર તરફ જવાનું બંધ કરે અને નીચેની તરફ આવવાનું શરૂ કરે તે પહેલા.

આથી, સમીકરણમાં (4.3c અને e) $v_y = 0$ મૂકતાં આપણને મળે.

$$0 = v_{oy} - g\,t,$$

માટે, મહત્તમ ઊંચાઈ મેળવવા માટે લાગતો સમય

$$t = \quad = \tag{4.4}$$

પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ દ્વારા પ્રાપ્ત કરેલ મહત્તમ ઊંચાઈ h હોય ત્યારે ઊર્ધ્વ દિશાનો વેગ શૂન્ય છે. માટે $v^2 - u^2 = 2\,a\,s = 2\,g\,h$, મૂકતાં મહત્તમ ઊંચાઈ આ રીતે મળશે.

Notes

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} \quad (\text{as } v = 0 \text{ and } u = v_0 \sin \theta) \qquad (4.5)$$

આ ગણતરીમાં હવા સાથેના અવરોધની આપણે અવગણના કરેલ છે. આ એક સંપૂર્ણપણ ઓછા વેગ સાથે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ માટેની સારી ધારણા છે.

સમીકરણ (4.4) પરથી, પદાર્થ કેટલા સમય માટે હવામાં રહેશે તે આપણે નક્કી કરી શકીએ અને એ ઉડ્ડયનનો કુલ સમય દર્શાવે છે.

(b) ઉડ્ડયનનો કુલ સમય : *પદાર્થને ઉડ્ડયનમાં લાગતો સમય એ તેની શરૂઆત અને જમીન સુધી પહોંચતા લાગતા સમય વચ્ચેનો તફાવત છે.* સમીકરણ 4.4 માં દર્શાવેલ દડાના ઉડ્ડયનનો અડધો સમય છે. તેના ઉડ્ડયનો કુલ સમય.

$$T = 2t = \frac{2 v_0 \sin \theta_0}{g} \qquad (4.6)$$

અંતે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થને સમક્ષિતિજ દિશામાં વહન કરતાં અંતરની આપણે ગણતરી કરી શકીશું. તેને અવધિ કરી શકાય છે.

(c) અવધિ : સરળતાથી સમજી શકાય કે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ એટલે ઉડ્ડયનના કુલ સમય અને સમક્ષિતિજ વેગનો ગુણાકાર માટે સમીકરણ (4.3b) અને (4.4) ઉપયોગથી આપણને મળશે.

$$R = (v_{ox})\ (2\,t)$$

$$= (v_0 \cos \theta_0) \frac{(2 v_0 \sin \theta_0)}{g}$$

$$= v_0^2$$

Since $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$, જેતાં દ્વારા અવધિ R મળશે.

(4.7)

સમીકરણ 4.7 ઉપરથી તમે જોઈ શકશો કે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ નીચેની બાબત ઉપર નિર્ભર કરે છે.

- તેનો પ્રારંભિક વેગ v_0 અને
- તેને આપવામાં આવેલ દિશા θ_0 છે.

હવે તમે નક્કી કરી શકશો કે ચક્રફેંક, હથોડો કે બરછી ને કયા કોણે ફેંકતાં તે મહત્તમ સમાંતર અંતર મેળવી શકાશે ? બીજા શબ્દોમાં કોણ એવો શોધો કે મહત્તમ વિસ્તાર હોય ?

સ્પષ્ટ છે કે કોઈપણ ઝડપે R મહત્વ મળે જ્યારે $\sin 2\theta_0 = 1$ અથવા $2\theta_0 = 90^0$.

તેથી, આપેલ ઝડપ v_0 એ R મહત્તમ હોય છે. θ_0 એ 45^0 જેટલું હોય છે.

Notes

ચાલો, ચોક્કસ પરિસ્થિતિમાં આ મૂલ્યો નક્કી કરીએ.

ઉદાહરણ 4.1 : ઈ.સ. 1996 માં સેન્ટેનીયલ ઓલિમ્પિક એટલાન્ટામાં યોજાયો હતો. એક સુવર્ણીચંદ્રક વિજેતા એ 19.6 મી સુધી હથોડો ફેક્યોં હતો. ધારો કે આ તેનો મહત્તમ વિસ્તાર હોય તો હથોડાના પ્રારંભિક ઝડપની ગણતરી કરો. હથોડાની મહત્તમ ઊંચાઈ શું હતી ? કેટલાં સમય સુધી તે હવામાં હતો ? આમ કરતાં જમીનથી વ્યક્તિનાં હાથની ઊંચાઈ અવગણવી.

ઉકેલ : જો આપણે જમીન થી ફેંકનારના હાથની ઊંચાઈ અવગણીએ તો પ્રક્ષેપણ બિંદુ અને અસરકારક બિંદુની યામાણોને ઉદ્‌ગમ સ્થાને લઈ શકાય. જ્યારે હથોળો મેળવેલ વિસ્તાર આવરી લે ત્યારે હથોળાનો વિસ્તાર $\theta_0 = 45^0$. સમાન છે. માટે સમી. - 4.7 ઉપરથી

$$R = \frac{v_0^2}{g}$$

અથવા $$v_0 = \sqrt{Rg}$$

$\therefore R = 19.6$ m. આપેલ છે. $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ મૂકતાં.

$$\therefore \quad v_0 = \sqrt{(19.6\text{ m}) \times (9.8\text{ ms}^{-2})} = 9.8\sqrt{2}\text{ ms}^{-1} = 14.01\text{ms}^{-1}$$

મહત્તમ ઊંચાઈ અને ઉડ્ડયનનો કુલ સમય અનુક્રમે સમી. (4.5) અને (4.6) માં આપેલ છે. v_0 અને $\sin\theta_0$ ની કિંમત સમીકરણ (4.5) અને (4.6) માં મૂકતા.

$$\text{મહત્તમ ઊંચાઈ, } h = \frac{\left(9.8\sqrt{2}\right)^2 \text{m}^2\text{s}^{-2} \times \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2}{2 \times 9.8\text{ms}^{-2}} = 4.9 \text{ m}$$

$$\text{ઉડ્ડયનનો કુલ સમય, } T = \frac{2 \times \left(9.8\sqrt{2}\right)\text{m s}^{-1}}{9.8\text{ m s}^{-2}} \times \sqrt{\frac{1}{2}} = 2 \text{ s}$$

હવે, તમે પ્રક્ષિપિત ગતિના ખ્યાલ અને તેના ઉપયોગ વિશેના અભ્યાસ કર્યા બાદ તમે તમારી સમજવૃત્તિ ચકાસવા માંગતા હશો. તો નીચેના પ્રશ્નોના ઉકેલ મેળવો.

પુરક પ્રશ્નો 4.1

1. નીચેની આપેલ સંદર્ભ (પરિસ્થિતિ) પરથી પ્રક્ષિપ્ત ગતિનું ઉદાહરણ ઓળખો.
   (a) તીર અંદાજ લક્ષને તીરથી વીંધે છે.
   (b) જ્વાળામુખીમાંથી વિસફોટના કારણે ખડકોનું બહાર આવવું.
   (c) ટ્રકનું પ્રવર્તીય રસ્તાઓ પર ફરવું.

(d) વિમાનમાંથી દારૂગોળાનું નીચેની તરફ છોડવું.

2. ત્રણ દડાને અલગ અલગ ખૂણાએ પ્રાપ્ત થતી સરખી મહત્તમ ઊંચાઈ આકૃતિ (4.3):

(a) શું દરેક દડાનો પ્રારંભિક વેગ ઊર્ધ્વ દિશામાં સમાન હશે ? જો ના તો કયો પદાર્થ સૌથી ઓછી ઊંચાઈ મેળવશે.

(b) શું દરેકનો ઉડ્ડયનનો કુલ સમય સરખો હશે ?

(c) કયો ઘટક સૌથી વધારે સમક્ષિતિજ દિશામાં વેગ પ્રાપ્ત કરે છે.

આકૃતિ 4.3 : પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થનો ગતિ પથ

3. એક સમતવીર લાંબી કૂદની રતમાં 8.90 m. નો વિક્રમી કૂદકો લગાવે છે. ધારો કે શરૂઆત કરતી વખતે તેની પ્રારંભિક ઝડપ 9.5 ms^{-1} છે. હવાના અવરોધની ગેરહાજરીમાં કેવી રીતે મહત્તમ અવધિ પ્રાપ્ત કરે.

$g = 9.78\ ms^{-2}$ લો.

4.2 પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થનો ગતિપથ

પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ જે પથ પર ગતિ કરે તેને પદાર્થનો ગતિપથ કહે છે. શું તમને આકૃતિ 4.1, 4.2 અને 4.3. માં દર્શાવેલ પદાર્થના ગતિપથનો આકાર યાદ છે.

તેમ છતાં આપણે પદાર્થની ગતિ વિશેના થોડા મુદ્દાઓની ચર્ચા કરી છતાં, આપણી પાસે હજુ અમૂક પ્રશ્નોના જવાબ નથી મળતાં. પદાર્થનો પથ અથવા ગતિપથ શું છે ? તેથી, પદાર્થના ગતિપથ માટેનું સમીકરણ નક્કી કરીએ.

પદાર્થનો ગતિપથ મેળવવા માટે સમીકરણ નક્કી કરવું ખૂબ સરળ છે. x અને y માટે સમીકરણ (4.3b) અને (4.3d) માંથી t ની કિંમત સમીકરણ (4.3d) મૂકતાં.

$$y = v_{oy} \quad - \qquad (4.8\ a)$$

જેમાં (4.1 a અને b), નો ઉપયોગ કરો. સમીકરણ (4.8a) મળશે.

$$y = (\tan \theta_0)\, x - \qquad x^2 \qquad (4.8\ b)$$

Notes

જેમાં $v_{oy} = v_0 \sin\theta$ અને $v_{ox} = v_0 \cos\theta$.

સમીકરણ (4.8) એ $y = a\,x + b\,x^2$, નું રૂપ જોવું છે. જે પરવલાયકારનું સમીકરણ દર્શાવે છે. જો હવાનો અવરોધ નહિવત હોય તો, કોઈપણ પદાર્થનો ગતિપથ ઉદ્‌ગમ સ્થાનથી સમક્ષિતિજ બનતો કોણ એ પરવલય અથવા પરવલયનો ભાગ છે. જે આકૃતિ 4.3 માં જુદા જુદા ખૂણાએ પદાર્થનો ગતિ માર્ગ જોઈ શકાય છે. પદાર્થના ઉકેલ મેળવવા માટે સમીકરણ (4.5) થી (4.7) સરળતાથી કરી શકાય છે. દા.ત. સમીકરણનો ઉપયોગ પ્રક્ષેપણના ઝડપ અને અવધિઓ લક્ષ્ય પર ટકરાવવા જરૂરી સમક્ષિતિજ દિશા સાથે રચાતા કોણની ગણતરી કરવા માટે થાય છે. જો પદાર્થ વધારે પડતું અંતર આવરી લે તો આ સમીકરણ પ્રક્ષિપ્ત ગતિની સંપૂર્ણ સમજ મેળવી શકાતી નથી. સંપૂર્ણ સમજ મેળવવા માટે આપણે પૃથ્વીના પરિભ્રમણનો સમાવેશ કરવો પડે. જે આપણા અભ્યાસની બહાર છે.

હવે, θ_0 થી સમક્ષિતિજ દિશા સાથે રચતો ખુણાનો વેગ v_0 સાથે પ્રક્ષિપ્ત ગતિના પ્રારંભિક બિંદુ (x_0, y_0) નું સમીકરણ મેળવીએ.

પ્રક્ષિપ્ત ગતિનું સમીકરણ

$$a_x = 0 \qquad a_y = -g \qquad (4.9\text{ a})$$

$$v_x = v_0 \cos\theta_0 \qquad v_y = v_0 \sin\theta - g\,t \qquad (4.9\text{ b})$$

$$x = x_0 + (v_0 \cos\theta_0)t \qquad y = y_0 + (v_0 \sin\theta)\,t - (½)\,g\,t^2 \qquad (4.9\text{ c})$$

ગતિપથનું સમીકરણ

$$y = y_0 + (\tan\theta)\,(x - x_0) - \frac{g}{2(v_0 \cos\ \theta_0)^2}\,(x - x_0)^2 \qquad (4.9\text{ d})$$

નોંધો કે, આ સમીકરણો અગાઉ ચર્ચા કર્યા કરતા વધુ સામાન્ય છે. પ્રારંભિક યામાક્ષો (0,0) ના બદલે (x_0, y_0) મૂકવામાં આવે છે. તમે પ્રક્ષિપ્ત ગતિના ગતિપથનું સામાન્ય સમીકરણ મેળવી શકો? આગળ વધતાં પહેલા પુરું કરો.

આમ, અત્યારસુધી તમે સમતલમાં કણની ગતિનો અભ્યાસ કર્યો. જે પ્રક્ષિપ્ત ગતિની શ્રેણીમાં મૂકી શકાય છે. પ્રક્ષિપ્ત ગતિમાં પ્રવેગનું મૂલ્ય અને દિશા બંને અચળ હોય છે. અન્ય પ્રકારમાં દ્વિપરિમાણીય ગતિ જેમાં પદાર્થના પ્રવેગનું મૂલ્ય અચળ હોય પરંતુ દિશા નહિ. આ નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ છે. સામાન્ય રીતે, વર્તુળાકાર ગતિએ સમક્ષિતિજ દિશામાં વર્તુળ ગતિનો સંદર્ભ આપે છે. જોકે એક શિરોલંબ દિશામાં વર્તુળાકાર ગતિ પણ શક્ય છે. આગળના વિભાગમાં આવ વિશે જાણવા મળશે.

એવાગેલિસ્ટા ટોરીસેલી
(1608 – 1647)

ઈટાલીનો ગણિતશાસ્ત્રી અને ગેલિલિયો ગેલીલીનો વિદ્યાર્થી તેમણે પારો બેરોમીટરની શોધ, પ્રક્ષિપ્તનો પ્રમેય, ટેલિસ્કોપમાં સુધારો કર્યો અને પ્રાથમિક માઈક્રોસ્કોપની શોધ કરી હતી. Nature abhors vaccum સામાન્ય રહ્યું. (toricelli) ટોરીસેલી નું પ્રમેય રજુ કર્યો.

4.3 વર્તુળાકાર ગતિ :

આકૃતિ 4.4a માં જુઓ, સ્થાન સદિશ $\mathbf{r}_1$ અને $\mathbf{r}_2$ એ કણના નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ માટે અનુક્રમે t_1 અને t_2, એ બે જુદા ફ્,ણનો સમય બતાવે છે. જ્યારે શબ્દ 'નિયમિત' એ અચળ ઝડપનો સંદર્ભ આપે છે. જેથી આપણે કહી શકે કે કણની ઝડપ અચણ છે. પણ તેના વેગ વિશે શું ? વેગ શોધવા માટે સરેરાશ વેગની વ્યાખ્યા યાદ કરો અને P_1 અને P_2 બિંદુ પર નિર્દેશ લાગુ કરો.

$$v_{av} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} = \qquad (4.10\text{ a})$$

એક ગ્રામોફોન રેકોર્ડની ગતિ, ગ્રાઈન્ડીંગ ચક્રની અચળ ઝડપ એક સામાન્ય ઘડિયાળના ફરતાં કાંટાં, વાહનનું એક ખૂણઆની આસપાસ ચક્ર મારવા, આ બધા ઉદાહરણો વર્તુળાકાર ગતિના છે. ગિયર્સ, ગરગડી અને ટાયરની હિલચાલ પણ વર્તુળાકાર ગતિમાં સમાવેશ થાય છે. ચક્કાર ગતિનું એક સાદામાં સાદી પ્રકારની ગતિ પણ નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ છે. અચળ ઝડપ પંફાની અને ગ્રાઈન્ડરના ચક્રની ગતિ તેના સૌથી વધુ પરિચિત ઉદાહરણ છે. પૃથ્વીની આસપાસ વર્તુળાકાર કક્ષા એ ફૂટના કૃત્રિમ ઉપગ્રહો એ નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિનું એક ઉદાહરણ છે. આપણને INSAT ગ્રીણીની ઉપગ્રહો અને બીજા કૃત્રિમ ઉપગ્રહો અતિશય પ્રમાણમાં ફાયદાકારક છે. તેથી, હવે નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ વિશે અભ્યાસ કરીએ.

4.3.1 નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ

વ્યાખ્યા પ્રમાણે, અચળ ઝડપથી વર્તુળાકાર માર્ગ પર ગતિ કરતાં કણની ગતિને નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ કહે છે.

(a) (b)

આકૃતિ 4.4: (a) નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિમાં કણનું સ્થાન
(b) નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ

આકૃતિ 4.4a માં સદિશા $\Delta\mathbf{r}$ દર્શાવેલ છે. હવે ધારો કે અંતરાલ સમયને નાનામાં નાનો બનાવતા તે શૂન્યની નજીક જાય છે. તો $\Delta\mathbf{r}$ શું થશે ? ચોક્કસ રીતે $\Delta\mathbf{r}$ ની દિશાશું છે. તેનો અભિગમ બિંદુ P_1 ખાતે વર્તુળનો સ્પર્શક $\Delta t \rightarrow 0$ છે. ગણિતકીય રીતે બિંદુ P_1 એ શરૂવાતી (પ્રારંભિક) વેગ દર્શાવે છે.

Notes

$\mathbf{v}$ =

આથી, નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિમાં સદિશીય વેગ સતત બદલાતો રહે છે. તમે કહી શકશો શા માટે? કારણકે વેગની દિશા અચળ હોતી નથી. (આકૃતિ 4.4b) પ્રમાણે કણ વર્તુળાકાર માર્ગે ફરતો હોવાથી તે સતત બદલાતો રહે છે. રૂપાંતરીત વેગના કારણે નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ એ પ્રવેગીય ગતિ છે. નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિમાં પ્રવેગ ને કેન્દ્રગામી પ્રવેગ તરીકે ગણાય છે. ચાલો, તેને ઊંડાણ પૂર્વક સમજી લઈએ.

કેન્દ્રગામી પ્રવેગ (Centripetal acceleraction)

ધારોકે, m દળ ધરાવતો કણ નિયમિત ઝડપ v થી વર્તુળમાં ફરે છે. ધારોકે બિંદુ A તેનું પ્રારંભિક સ્થાન છે. અને ગતિની દિશા AX તરફની છે. થોડા સમય(Δt)બાદ કણ બિંદુ B સુધી પહોંચે છે અને વેગ સ્પર્શક B દ્વારા દર્શાવેલ છે. જે BY દિશા તરફ હોય છે.

આકૃતિ 4.5(a) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બિંદુ A અને B માટે અનુક્રમે $\mathbf{r}$ અને $\mathbf{r}'$ એ સ્થાન સદિશો અને $\mathbf{v}$ અને $\mathbf{v}'$ એ કણનો વેગ છે. સદિશોના ત્રિકોણીય નિયમના ઉપયોગની બદલાતો વેગ $\Delta\mathbf{v}$ મેળવ્યો. તે કણનો માર્ગ ચક્કાર અને તેનો વગે સ્પર્શક તરફનો છે. $\mathbf{v}'$ અને $\mathbf{r}'$ ને લંબ અને $\mathbf{v}'$

અને $\Delta\mathbf{r}$ ને લંબ છે. તેનો સરારેશ પ્રવેગ $\Delta\mathbf{v}$ તરફ છે અને તે(દાત. સરેરાશ પ્રવેશ)

$\left(\text{limit}\ \Delta t \to 0\ \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}\right)$

$\Delta\mathbf{r}$ ને લંબ છે.

સ્થાન સદિશો $\mathbf{r}$ અને $\mathbf{r}'$ વચ્ચેનો ખૂણો $\Delta\theta$ લો. પછી સદિશોનો વેગ $\mathbf{v}$ અને $\mathbf{v}'$ વચ્ચે ખૂણો $\Delta\theta$ થશે કેમ કે સદિશોનો વેગ અને સ્થાન સદિશો હંમેશા એકબીજાને લંબરૂપે હોય છે.

નક્કી કરો કે દિશા બદલાતી હોવાથી તનો વેગ પણ બદલાય છે, વર્તુળની બહાર એકબિંદુ O લો. રેખા OP ને સમાંતર અને બરાબર AX (or $\mathbf{v}$) અને રેખા OQ ને સમારંતર અને બરાબર By (or $\mathbf{v}'$). જે $|\mathbf{v}| = |\mathbf{v}'|$, OP = OQ. PQ ને જોડો, તમને આકૃતિ (4.5b) માં ત્રિકોણ OPQ મળશે.

(a) (b)

આકૃતિ 4.5

હવે, ત્રિકોણ OPQ માં અનુક્રમે બિંદુ A અને બિંદુ B માટે OP અને OQ ભૂજાઓ વેગ સદિશ દર્શાવે છે. તેથી ભૂજા PQ એ અને દિશા દ્વારા તેનો તફાવત દર્શાવે છે. બીજા શબ્દોમાં મૂલ્ય અને દિશામાં એ વગેમાં થતો ફેરફાર એ બરાબર PQ છે. કણ જ્યારે A થી B તરફ જાય તેનો સમય Δt છે.

$\therefore$ પ્રવેગ = વેગના દરમાં થતો ફેરફાર

a =

જો Δt ખૂબ નાનો હોય તો AB પણ ખૂબ જ નાનો બને અને લગભગ એક સીધી રેખા દર્શાવે છે. પછી Δ ACB અને ΔPOQ તેના સમૃદ્ધિબાજ ત્રિકોણના સમાવેશ ખૂણા જેટલી હોય છે. આ ત્રિકોણ માટે આવી રીતે અને તેથી

=

અથવા $= \frac{v}{r}$

[વેગના સદિશોના મૂલ્યો $\mathbf{v}_1$ અને $\mathbf{v}_2 = v$ (કહો)]

અથવા =

પરતું કણનો પ્રવેગ છે તેથી

કેન્દ્રગામી પ્રવેશ, a =

તેથી $v = r\,\omega$, કેન્દ્રગામી બળ તીવ્રતા દ્વારા આપવામાં આવેલ.

$F = m\,a = \quad = m\,r\omega^2.$

જો Δt ખૂબ નાને હોય તો, $\Delta\theta$ પણ ખૂબ નાનો થાય છે. અને $\angle OPQ = \angle OQP = 1$ એ કાટખૂણે છે.

આમ PQ એ OP ને લંબ છે. બિંદુ A જે સ્પર્શક AX ને સમાંતર છે. હવે AC એ AX ને પણ લંબ છે. તેથી AC એ PQ ને સમાંતર છે. તે બતાવે છે કે કોઈપણ બિંદુ એ કેન્દ્રગામી બળ આગળ ત્રિજ્યા સાથે કેન્દ્ર તરફ કામ કરે છે.

જે ન્યુનત્તમ કેન્દ્રગામી બળ વક્રાકાર માર્ગમાં ખસેડવા માટે પદાર્થ પર લાગુ પડે છે. તે બતાવી શકાય છે. આવા બળની ગેરહાજરીમાં પદાર્થની ગતિ એ સીધી રેખામાં હોય છે.

આ અનુભવ કરવા માટે, તમે એક સરળ પ્રવૃત્તિ કરી શકો છો.

Notes

પ્રવૃત્તિ 4.1

પથ્થરનો એક નાનો ટૂકડો લો અને તેને દોરીના એક છેડે બાંધો તમારી આંગળીઓ પર બીજો છેડો પકડી રાખો અને પછી પથ્થરને સમક્ષિતિજ દિશામાં અથવા ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળાકાર રીતે ફેરવવાનો પ્રયત્ન કરો. ઓછી ઝડપથી તેનું પરિભ્રમણ શરૂ કરો અને ધીમે ધીમે તેમાં વધારો કરો. પરિભ્રમણની ઝડપ ઓછી હોય છે ત્યારે શું થાય છે, જ્યારે પથ્થર ગોળ ફરે છે. ત્યારે શું તમે આંગળીઓ પર ખેંચાણ અનુભવો છો. તમે દોરીનો છેડો પકડી રાખ્યો છે ત્યાંથી તેને છોડો છો ત્યારે તે પથ્થરનું શું થાય છે ? તમે આ કેવી રીતે સમજાવી શકશો ?

પ્રવૃત્તિ 4.2

એક મીટર લંબાઈનો એક એલ્યુમિનિયમ ચેનલ લો અને આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તેને મધ્યમાંથી ગોળાકારરૂપે વાળવું. જો જરૂરી હોય તો અમુક તકનીકી વ્યક્તિની મદદ લો.

Fig. 4.6: દડો તેની પૂરતી ઊંચાઈ ધરાવતા બિંદુએ ઢાળ પરથી ગોળાકાર રીતે ગબળવાનું શરૂ કશે.

એક કાચની લખોટીને જમણી બાજુથી ચેલનની અલગ - અલગ ઊંચાઈથી નીચેની તરફ ગબળાવો અને જુઓ કે દરેક કિસ્સામાં લખોટી ગોળાકાર પૂર્ણ કરે છે કે નહીં અથવા શું તેને ન્યુન્યતમ ઊંચાઈથી (તેથી વેગ)ની ઓછી ઈંચાઈથી નીચે ગબળાવવામાં આવે તો ચક્રપૂર્ણ કરે છે કે નહીં. તમે કેવી રીતે સમજાવશો ?

કેન્દ્રગામી બળના કેટલાક ઉપાય

(i) ***કેન્દ્રગામી :*** *જુદી જુદી ઘનતા ધરાવતા પદાર્થોને અલગ કરવા માટે* Spining *(ધરી ભ્રમણ) ઉપકરણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જ્યારે બે જુદી જુદી ઘનતા ધરાવતા બે પદાર્થના મિશ્રણને એક પાત્રમાં ખૂબ ઝડપથી ફેરવવામાં આવે છે. ભારે પદાર્થ (ઘટક) પર કેન્દ્રગામી બળ વધુ હશે તેનો પરિણામ રૂપે તે પાત્રમાં બાહ્ય સ્થાન પર જશે અને તેને અલગ કરી શકાય છે. આ ઉપકરણ યુટેનિયમને છૂટા પાડવા માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. રસાયણિક પ્રયોગ શાળામાં રસાયણિક પદાર્થનું વિશ્લેષણ માટે વપરાય છે.*

આકૃતિ 4.7: પારો અને પાણી એક પાત્રમાં ફરે છે. તેથી પાણી અંદરની બાજુ રહે છે. કેન્દ્રગામી બળ, ગુરુત્વાકર્ણ બળ એ વધુ ધનતા ધરવતા પદાર્થ માટે વધારો હોય છે.

(ii) કાદવ વાહનના ટાયર સાથે ત્યાં સુધી ચૌટી રહે છે. જ્યાં સુધી તેની ઝડપ ખૂબ વધારવામાં ન આવે અને તેમાંથી તે સ્પર્શકીય રીતે છુટું પડે છે. જે આકૃતિમાં (4.8) માં જોઈ શકાય.

આકૃતિ 4.8: ઝડપની ફરતા ટાયર પરથી કાદવ અથવા પાણી તેના સ્પર્શક આગાળથી છૂટા પડે છે.

(iii) **ગ્રહોની ગતિ :** સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી અને અન્ય ગ્રહો વર્તુળાકાર ગતિ જરૂરી કેન્દગ્રામી બળ સૂર્ય વડે ગ્રહ પર લાગતા ગુરુત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા પુરુ પડાય છે.

ઉદાહરણ 4.2 : અવકાશ પાણીઓ અવકાશમાં ઊંચા પ્રવેગના ઉડ્ડયનનો અનુભવ કરે છે. આવી પરિસ્થિતિઓ માટે તાલીમ કરેલાં તેઓને એક બંધ ગુટીકામાં રાખવામાં આવે છે. જે ફરતી ભૂજામાં અંતે સ્થિર છે. તેની ત્રિજ્યા 15 m ની છે. ગુટીકા એ ગોળાકાર માર્ગની આસપાસ ઘૂમે છે. જેમકે સમક્ષિતિજ દિશામાં પથ્થરનો દોરી સાથે બાંધીને વર્તુળાકાર ફેરવવું. તે એક મિનિટમાં ૨૪ પરિભ્રમણના દરે ફરે તો ગુટીકાનું કેન્દ્રગામી બળ શોધો.

ઉકેલ : વર્તુળાકાર પથનો પરિધ $2\pi \times$ ત્રિજ્યા (r) $= 2\pi \times 15$ m. જો ગુટિકા એક મિનિટમાં

અથવા 60 સેકન્ડમાં 24 પરિભ્રમણ પૂર્ણ કરે તો એક પરિધ પૂર્ણ કરવા માટે લાગતો સમય s.

આથી,

ગુટીકાની ઝડપ : $v = \quad = \quad = 38\ \text{ms}^{-1}$

આ કેન્દ્રગામી પ્રવેગનું મૂલ્ય

$$a = \frac{v^2}{r} = \qquad = 96 \text{ ms}^{-2}$$

નોંધ : કેન્દ્રગામી પ્રવેશ એ ગુરુત્વાકર્ષણ કરતા 10 ઘણો વધુ છે.

4.3.2 ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળની ગતિ

જ્યારે પદાર્થ વર્તુળાકર સમક્ષિતિજ દિશામાં ફરે ત્યારે તેનો રેખિયવેગ બદલાતો રહે છે. પરંતુ કોણીય વેગ અચળ રહે છે. જ્યારે પદાર્થ ઉર્ધ્વદિશામાં વર્તુળાકાર ફરે ત્યારે ગુરુત્વપ્રવેગને કારણે તેનો કોણીય વેગ પણ અચળ રહી શકો નથી.

$$\frac{(38 \text{ ms}^{-1})^2}{15 \text{ m}}$$

આકૃતિ 4.9

M દળ ધરાવતો એક પદાર્થ લો તેને દોરીના એક છેડે બાંધી ઘડિયાળની વિરૂદ્ધ દિશા, ઊર્ધ્વદિશામાં વર્તુળાકાર રીતે ફેરવો. જેની બિંદુ O આગળ તેની ત્રિજ્યા r છે. પદાર્થ ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળાકાર માર્ગે ફરે છે ત્યારે સૌથી ન્યુનત્તમ બિંદુ P આગળ મહત્તમ ઝડપ પ્રાપ્ત કરે છે. પદાર્થ બિંદુ Q સુધી ખસે ત્યાં સુધી તેની ઝડપમાં ઘટાડો થયા છે અને બિંદુ Q આગળ લઘુત્તમ મળે છે. વર્તુળાકાર માર્ગ પર પદાર્થ બિંદુ Q થી P તરફ જાય છે. ત્યારે તેની ઝડપ વધે છે.

આકૃતિ 4.9 માં બતાવ્યા પ્રમાણે P ખાતે પદાર્થ પર લાગતા બળનું વજન 'mg' અને દિશામાં દોરી પર લાગતું તણાવ બળ T_1 છે. તેજ રીતે બિંદુ Q માટે પદાર્થ પર લાગતા બળનું વજન 'mg' છે અને તે દિશામાં દોરીનું તણઆવ બળ T_2 બિંદુ P અને Q ધપાસે પદાર્થનો વેગ અનુક્રમે V_1 અને V_2 છે.

P પાસે,

$$T_1 - mg = \frac{mv_1^2}{r}$$

અથવા

$$T_1 = \frac{mv_1^2}{r} + mg$$

નોંધ : બિંદુ P આગળ, બળ $(T_1 - mg)$ PQ તરફ લાગે છે. તેજ રીતે બિંદુ Q,

$$T_2 + mg = \frac{mv_2^2}{r}$$

અથવા
$$T_2 = \frac{mv_2^2}{r} - mg$$

પદાર્થનું દોરી સાથે કોઈપણ slaking વિના વર્તુળમાર્ગે ગતિ કરવા માટે,

$$T_2 \geq 0$$

દા.ત. બિંદુ Q આગળ તણાવનું લઘુત્તમ મૂલ્ય શૂન્ય થશે.

જ્યારે, $T_2 = 0$,

વર્તુળના ઉંચા બિદુંએ લઘુત્તમ વેગ, $\sqrt{gr}$

$$\omega_2 =$$

વર્તુળના ન્યુનત્તમ બિંદુ (P) ખાતે લઘુત્તમ વેગ (v_1) છે. ઉચ્ચત્તમર બિંદુ (Q) આગળ તેનો વેગ (v_2) છે. હોય જે

સંબંધનો ઉપયોગ કરી,, $v^2 - u^2 = 2as$, આપણી પામે

($s = 2r$ અને g ઋણ છે.)

અથવા

અથવા

તેથી, પદાર્થ ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળની આસપાસ ફરે ત્યારે તેના ન્યુનત્તમ બિંદુ આગળ મળતો ઓછામાં ઓછો વેગ છે.

અથવા

તે બતાવે છે કે પદરાથ ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળકાર માર્ગે ફરે છે ત્યારે કોણીય વેગ પણ બદલાતો રહે છે.

પૂરક પ્રશ્નો 4.2

1. નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ, (a) ઝડપ અચળ હોય છે ? (b) વેગ અચળ હોય છે ?(c) પ્રવેગીક મૂલ્ય અચળ હોય છે ? (d) અગળ પ્રવેગ છે ? બતાવો.
2. એક ઊર્ધ્વ દિશામાં ગતિ કરતાં પદાર્થના કોણીય વેગમાં શું પરિવર્તન આવે છે. તે સમજાવો.
3. એક રમતવીર ગોળાકાર માર્ગની આસપાસ $9.0\ \text{ms}^{-1}$ ઝડપે દોડે છે. અને તેનો કેન્દ્રગામી

પ્રવેશ 3 ms^{-2} છે. તો આ ગોળાકાર માર્ગની ત્રિજ્યા શું હશે ?

4. સૌથી મોટી પાર્ટીકલ એસીલેટર એ ફરમી (Fermi) એસીલેટર માં 2.0 km વ્યાસ ધરાવતા એક ખાલી નલિકામાં પ્રોટોનને પ્રકાશની ઝડપની લગભગ સમાન ઝડપ (99.99995%) સાથે ગોળાકાર રૂપે પરિભ્રમણ કરવામાં આવે તો આ પ્રોટોનનું કેન્દ્રગામી પ્રવેગ શું થશે ?

   જ્યાં $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1} લો

4.4 નિયમિત વર્તળાકાર ગતિના ઉપયોગ

અત્યાર સુધી તમે વર્તળમાં ફરતા કરણની ગતિનો અભ્યાસ કર્યો છે. તેમ પણ અગાઉના પાઠમાં ન્યુટનના નિયમનો અભ્યાસ કર્યો છે. ન્યુટનના બીજા નિયમ પ્રમાણે ચક્કાર ગતિમાં કણ ગતિ કરે છે ત્યારે બળ તેના પર કામ કરે છે, તેવું કહી શકાય છે.

આ બળની દિશા એ મૂલ્ય શું છે આ વિભાગમાં આપણે આ વિશે શિખીશું. ત્યારબાદ આપણે નિયમિત વર્તુળાકારમાં ન્યુટનની ગતિના નિયમનો ઉપયોગ કરીશું. તેની મદદથી આપણે સમજી શકીશું કે વળાંકવાળા રસ્તાઓ પર એક તરફ ઢાળ કેમ હોય છે. અથવા જ્યારે વિમાન વળાંક લે ત્યારે વિમાન ચાલક પોતાની જગ્યાએ દબાણ શા માટે અનુભવે છે.

સૌપ્રથમ આપણે નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિમાં પદાર્થ પર લાગતુ બળ નક્કી કરીએ. ધારો કે કણ અચળ ઝડપ v થી r ત્રિજ્યામાં વર્તુળાકારે ફરે છે. ન્યુટનની ગતિના બીજા નિયમ પ્રમાણે પદાર્થ પર લાગતું બાહ્યબળ દ્વારા તેના પ્રવેગ પર આધાર રાખે છે.

$$\mathbf{F} = -\frac{mv^2}{r}\hat{\mathbf{r}}, \quad |\mathbf{F}| = \frac{mv^2}{r} \qquad (4.19)$$

સમી. (4.19) આપવામાં આવેલ મૂલ્ય સાથે બાહ્ય બળ વર્તુળના કેન્દ્ર તરફની દિશામાં લાગતુ હોવું જોઈએ જે બળને કેન્દ્રગામી બળ કહે છે. અહીં સમજવા અને યાદ રાખવાની એક મહત્વપૂર્ણ બાબત એ છે કે 'કેન્દ્રગામી બળ' એ ગુરૂત્વાકર્ષણ અથવા વિદ્યુતબળ જેવી ક્રિયા પ્રતિક્રિયા કરતું નથી. આ પદ આપણને કહે છે કે નિયમિત વર્તુળકારા ગતિમાં એક કણ પર અમૂક મૂલ્ય લાગતા તેનું ચોખ્ખું બળ કેન્દ્ર તરફ નિર્દેશિત કરે છે. આ બળ કેવી રીતે આપવામાં આવે છે તે આપણને જાણવા મળતું નથી.

આમ, બળ દ્વારા તમને બે પદાર્થો વચ્ચે ગુરૂત્વાકર્ષણ પુરી પાડી શકાય છે. દા.ત. સૂર્યની ફરતે ભ્રમણ કરતાં ગ્રહોની ગતિ એ કેન્દ્રગામા બળ બંને વચ્ચે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા પુરી પાડવામાં આવે છે. તેમજ વળાંક લેતી ગાડી માટે કેન્દ્રગામી બળ રસ્તા અને ગાડીના ટાયર વચ્ચે થતા ઘર્ષણ દ્વારા મેળવી શકાય છે. અથવા / અને ઢોળાવ રસ્તાના સમતલીય ઘટની સામાન્ય અસર દ્વારા તમે આ વિચારોને થતો જ સમજી શકો, જ્યારે ચોક્કસ પરિબળમાં મુકી તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે.

4.4.1 રસ્તાઓનો ઢોળાવ

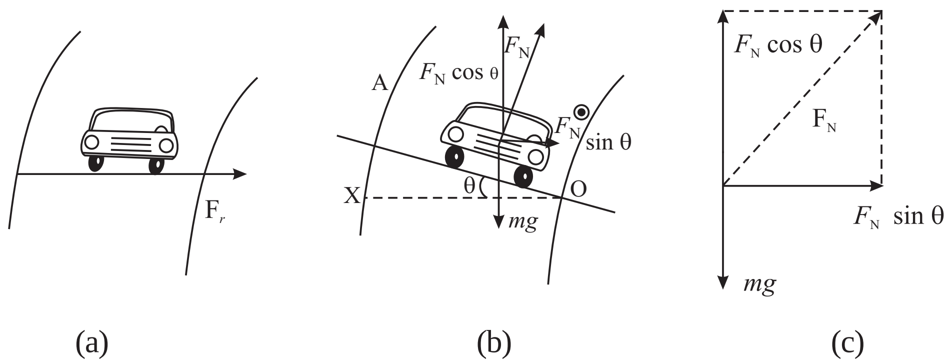
સાઈકલ સવારી કરતી વખતે અને તીવ્રવળાંક લેતી વખતે આપણને એવો અનુભવ થતો હોય કે કોઈ રસ્તાની બહાર ફેંકવાનો પ્રયાસ કરી રહ્યો છે. આમ કેમ થાય છે. તેવું તમે ક્યારે વિચાર્યું ?

Notes

ગોળાકાર (વર્તુળાકાર) રસ્તા ઉપર રહેવા માટે પૂરતા પ્રમાણમાં કેન્દ્રગામી બળ આપવામાં ન આવે તો તમે બહાર ફેંકાઈ જાવ છો. કેટલાંક બળ ટાયર અને રસ્તા વચ્ચે થતાં ઘર્ષણ દ્વારા પુરી પાડવામાં આવે છે. પરંતુ તે પુરતા પ્રમાણમાં ન પણ હોય શકે. તમે જ્યારે ગતિધીમી કરો જ્યારે જરૂરી પુરતા કેન્દ્રગામી બળમાં ઘટાડો થાય છે અને તમે સહજતાથી વળાંક લઈ લો છો.

હવે ધારો કે, દળ m ની ગાડી v ઝડપ સાથે ઢોળાવવામાં રસ્તા પર છે. (આકૃતિ 4.10) ગાડીને વર્તુળાકાર માર્ગ પર નિયમિત ગતિ રાખવા માટે બળ ફરજિયાત પણે વર્તુળના કેન્દ્રની દિશા તરફ હોવું જોઈએ. અને તેનું મૂલ્ય mv^2/r બરાબર હોવું જોઈએ. અહિં r એ વળાંકવાળા ભાગની ત્રિજ્યા દર્શાવે છે.

હવે જો રસ્તો સરખો હોય તો રસ્તા અને ટાયર વચ્ચેનું ઘર્ષણબળ અને ગાડીને વર્તુળાકાર માર્ગ પર રાખવા માટે જરૂરી કેન્દ્રગામી બળ પુરું પાડે છે. આના કારણએ ટાયરને વધારે નુકસાન થશે અને તે વળાંક બહુ સુરક્ષિત ન હોઈ શકે. માટે રસ્તાઓ ઢોળાવવાળા હોય છે. ઢોળાવવાળા એટલે વર્તુળાકાર રસ્તાની અંદર તરફથી કિનારી નીચી અને બહારની કિનારી ઊંચી રાખવામાં આવે છે. તેથી સાચુ છે કે રસ્તાઓ ઓછા ઘર્ષણ પર આધાર રાખે તેવી રચના કરવામાં આવે છે. દા.ત. જ્યારે ગાડીના ટાયર લીસા હોય અથવા રસ્તા પર પાણી કે બરફ હોય ત્યારે લાગતું ઘર્ષણ નહિંવત હોય ચે. ગાડીને પોતાના માર્ગ પર રાખવા માટે વળાંકવાળા રસ્તાઓને ઢોળ આપવામાં આવે છે.ત્યારે ઘર્ષણ નહિંવહ હોય છે.

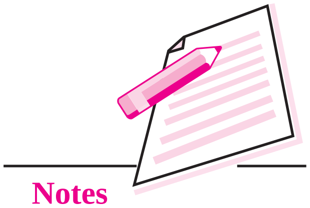


આકૃતિ 4.10 : (a) સમતલ રસ્તા પર વળાંક લેતી ગાડી, (b) ઢોળાવવાળા રસ્તાપર વળાંક લેતી ગાડી, (c) લંબચોરસ ઘટકમાં ગાડી ઉપર F_N સાથે લાગતું બળ. સામાન્ય રીતે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે θ મોટો હોતો નથી.

ચાલો હવે મુક્ત ગાડીના રેખાકૃતિના વિશ્લેષણ કરવા માટે રસ્તાના ઢોળવનો જરૂરી કોણ θ ના એક સમીકરણ મેળવવા માટે, તીક્ષણ વળાંક અને મહત્તમ સલામત ઝડપ ગોઠવવામાં આવે છે.

માની લો કે જ્યારે ગાડીના ટાયર અને રસ્તા વચ્ચે ઘર્ષણબળ લાગતું નથી. ગાડી પર લાગતું બળ એ ગાડીનું વજન mg અને $\mathbf{F}_N$ એ સામાન્ય પ્રતિક્રિયાનું બળ છે. $\mathbf{F}_N$ નું સમાંતર પદાર્થ દ્વારા કેન્દ્રગામી બળ આપવામાં આવે છે. આથી, તેના સમક્ષિતિજ અને શિરોલંબ દિશાના પદાર્થમાં $\mathbf{F}_N$ બળ સ્વિકારતા આપણે લખી શકીએ છીએ કે

$$F_N \sin\theta \;= \qquad (4.20a)$$



Notes

ઊર્ધ્વ પ્રવેગ બળ નથી, કારણ કે $\mathbf{F}_N$ એ ઊર્ધ્વ ઘટક ગાડીના વજન સમાન છે.

$$F_N \cos\theta = mg \qquad (4.20b)$$

આપણી પાસે બે સમીકરણ સાથે બે અજ્ઞાન પણ છે. જે F_N અને θ છે θ ને નક્કી કરવા માટે આપણએ F_N ને કાઢી નાંખીએ સમીકરણ (4.20 a) ને સમીકરણ (4.20 b) માંથી ભાગતાં આપણને,

$$\tan\theta = \qquad = \frac{v^2}{rg}$$

અથવા $$\theta = \tan^{-1} \qquad (4.21)$$

θ ની પસદંગી અને સિમિત v માટે સમીકરણ (4.21) ને આપણે કેવી રીતે મૂલવીએ ? સૌપ્રથમ સમીકરણ (4.21) માં દર્શાવવામાં આવે છે કે ઢોળાવનો કોણ વાહનના દળની મૂક્ત છે. તેથી મોટી ટ્રક અને અન્ય ભારે વાહનો પણ ઢોળાવવાળા રસ્તા પર અવર-જવર કરી શકે છે.

બીજુ, વધુ ઝડપ માટે અને તીવ્ર વળાંક માટે θ પ્રમાણમાં મોટો હોવો જોઈએ (i.e. r ની નીચી કિંમત માટે) આપવામાં આળેલ θ માટે જો v કરતાં ઝડપ વધુ હોય તો વાહન વળાંકના ઢોળાવવાળા રસ્તાના બહારની કિનારી તરફ વહન કરશે. જેથી વાહન ડ્રાઈવરએ વળાંક પર નિયત ગતિ મર્યાદાની અંદર જ વાહન ચલાવવું જોઈએ અથવા તે રસ્તાની બહાર ધકેલાઈ જશે તેથી અકસ્માત થઈ શકે છે.

$mv^2 \quad v^2 \quad (50\ \mathrm{ms^{-1}})^2$

$rgm \quad rg \quad (300\,\mathrm{m})\,(9.8\ \mathrm{ms^{-2}})$

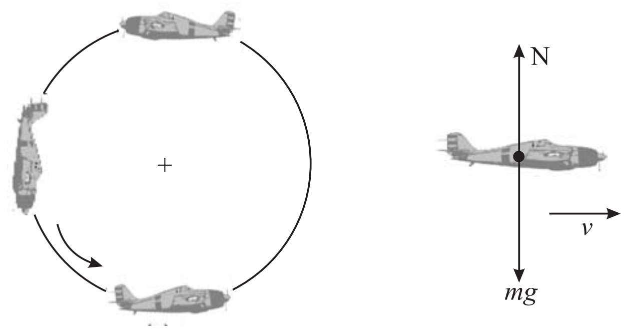
સામાન્ય રીતે, ઘર્ષણ બળને કારણે તેની ઝડપથી મર્યાદા v ની બીજી બાજુ પર છે. જો વાહનો ઝડપ મર્યાદાની અંદર રહેતો વાહનો વળાંકોની આસપાસ સ્થિર વર્તુળાકાર માર્ગ જાળવી શકે છે. ચોક્કસ આંકડાકિય માહિતી મેળવવા માટે ધારોકે વર્તુળવાળા માર્ગની ત્રિજ્યા 300 મીટર છે. વાહનની ઝડપ 50 $\mathrm{ms^{-1}}$ છે. ઢોળાવવાળા વળાંકનો કોણ શું હોવો જોઈએ તમે સમીકરણ 4.21 નો ઉપયોગ કરી શકો અને ગણો

$$\theta = \tan^{-1} \qquad = \tan^{-1}(0.017) = 1^0$$

તમો બીજા ઉપાયો પસંદ કરી શકો છો.

4.4.2 હવાઈ જહાજ (વિમાન)નું લંબરૂપે વર્તુળાકાર પરિભ્રમણ

પ્રજાસત્તાક દિવસે અને બીજા કોઈ દિવસે ભારતીય હવાઈ દળ દ્વારા કરવામાં આવતાં પ્રદર્શનમાં તમે જોયું હશે કે વિમાન ચાલક (પાયલોટ) હવાઈ જહાજને વર્તુળાકાર ચક્રમાં ઉડાવે છે. (આકૃતિ 4.11a). અમુક પરિસ્થિતિમાં વર્તુળાકાર ચક્રમાં તળિયે આવતાં વિમાન ચાલક પોતે પોતાની ખુરશી સાથે સજ્જડ રીતેનું દબાણ અનુભવશે. ચાલો આમ કેમ થાય છે તે સમજીએ. (આકૃતિ 4.11a) વર્તુળાકાર ચક્રના તળીએ દળની ધરવતા વિમાન ચાલક માટે મુક્ત પદાર્થની રેખાકૃતિ બતાવે છે.



આકૃતિ 4.11: (a) વર્તુળાકાર ચક્રમાં હવાઈ જહાજ (b) સૌથી નીચા (લઘુત્તમ) બિંદુ પર વિમાન ચાલક માટે મૂક્ત પદાર્થની રેખાકૃતિ.

વિમાનચાલક પર લાગતું બળ mg છે. અને ખુરશી દ્વારા લાગતું સામાન્ય બળ N છે. ઉપરની તરફ લંબરૂપે લાગતું બળ $N - mg$ અને આ કેન્દ્રગામી પ્રવેગ પુરું પાડે છે.

$$N - mg = m\,a$$

અથવા $$N - mg = m\,v^2/r$$

અથવા $$N = m\,(g + v^2/r)$$

મૂળ પરિસ્થિતિમાં જો $v = 200\ \text{ms}^{-1}$ અને $r = 1500$ m લઈએ તો આપણને મળશે.

$$N = m\,g \qquad = m\,g \times 3.7$$

માટે, ફેક્ટર 3.7 જેટલું વિમાનચાલક ઉપર ગુરુત્વ પ્રવેગ બળ વધતું હોય તેમ અનુભવાય છે. અને જો આ બળ તેની માત્ર કરતાં વધી જાય તો વિમાચાલક સામે ક્ષણભર માટે અંધાક છવાઈ જશે અને તેના માટે અને હવાઈ જહાજ માટે ખતરારૂપ બનવાની શક્યતા છે.

પૂરક પ્રશ્નો 4.3

1. જ્યારે વિમાન અચળ ઝડપે ઊડે ત્યારે વળાંક લેતી વખતે સામાન્ય ઢોળાવ પ્રાપ્ત કરે છે. શા માટે વિમાન ઢોળાવ લે તે સમજાવો ? વિમાન માટે એક મૂક્ત પદાર્થની રેખાકૃતિ દોરો ($\mathbf{F}_a$ વિમાન પર હવા દ્વારા અમલમાં લેવાયેલ બળ છે.) ધારોકે વિમાન મુસાફરીની ઝડપ $v = 100\ \text{ms}^{-1}$ છે. વળાંક લેતી વખતે 30^0 નો ઢોળાવા કોણ બનાવે છે. તો વળાંકના વક્તા ત્રિજ્યા શું છે.

આકૃતિ 4.12

Notes

2. ગાડીના મહત્તમ ઝડપની ગણતરી કરો. જેની સમક્ષિતિજ રસ્તા પર વળાંક લેતી વખતે ત્રિજ્યા 100 m છે. ટાયર અને રસ્તા વચ્ચેનો ઘર્ષણ ગુણાંક 0.90 છે. $g = 10\ \text{ms}^{-2}$ લો.

3. વિવિધ શો ખાતે કરવામાં આવતા એક રસપ્રદ ક્રિયામાં ડોલ વર્તુળના હોય પર ઊર્ધ્વ હોય ત્યારે તેમાંથી પાણી બહાર ન આવે તે રીતે ઊર્ધ્વ દિશામાં વર્તુળમાં પાણીની ડોલને ઘુમાવો. આ યુક્તિ સફળતા પૂર્વક કરવા માટે ડોલની ઝડપ ચોક્કસ ન્યુનત્તમ મૂલ્ય કરતાં વધારે હોવી જોઈએ. વર્તુળની ટોચ પર ડોલની લઘુત્તમ ઝડપ માટે ત્રિજ્યા R માટેનું સમીકરણ તારણો. R = 1.0 m માટે ઝડપની ગણતરી કરો.

WHAT YOU HAVE LEARNT

- **તમે શું શીખ્યા :** પ્રક્ષિપ્ત ગતિ ચોક્કસ દિશામાં અચળ વેગ સાથે જેની ગતિ વ્યાખ્યાયિત થયેલ છે અને અચળ પ્રવેગ એ દિશાના વેગને લંબ હોય છે.

$$a_x = 0 \qquad a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos\theta \qquad v_y = v_0 \sin\theta - g\,t$$

$$x = x_0 + (v_0 \cos\theta)\,t \qquad y = y_0 + (v_0 \sin\theta) - ½ - g\,t^2$$

$\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{r\,g}$

- ઊંચાઈ $h =$

- ઉડ્ડયનનો કુલ સમય $T = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$

- પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$

- પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થના ગતિપથનું સમીકરણ $y = (\tan\theta_0)\,x - \frac{g}{2(v_0 \cos\theta_0)^2}\,x^2$

- જ્યારે કણની ઝડપ અચળ હોય છે. ત્યારે તે વર્તુળાકાર ગતિ નિયમિત છે. અચળ ઝડપ v ખાતે એક વર્તુળની ત્રિજ્યા r માં નિયમિત વર્તુળાકાર ગતિ હેઠળ એક કણની કેન્દ્રગામી પ્રવેગક નીચે પ્રમાણે છે.

$$\mathbf{a}_r = -\frac{v^2}{r}$$

જ્યાં કણ માટેનું વર્તુળના મધ્યમાંની નિર્દેશિત કરેલ એકમ સદિશ છે. આ કણની ઝડપ v તેનો ક્ષેણીય ઝડપ ω સાથેનો સંબંધ $v = r\,\omega$ છે.

- કણ પર લાગતું કેન્દ્રગામી બળ જે આવેલ છે.

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}_r = \qquad = m\,r\,\omega^2$$

Notes

- જ્યારે પદાર્થ ઉર્ધ્વ દિશાના વર્તુળમાં ફરે ત્યારે તેનો કોણીય વેગ રહેતો નથી.
- ઊર્ધ્વ દિશામાં ફરતાં વર્તુળનો ન્યુનત્તમ વેગ તેના મહત્તમ અને ન્યુનત્તમ બિંદુ આગળ તેનો લધુત્તમ વેગ અનુક્રમે   અને   છે.

સ્વાધ્યાય

1. ગોળાકાર રસ્તે વળાંક લેતી વખતે શા માટે સાઈકલ સવાર આગળની તરફ વાંકો વળે છે ?
2. બાહ્ય રેલનાં રેલ્વે ટ્રેકનો વક્રભાગ આંતરિક રેલ્વે ટ્રેકના સંદર્ભમાં શા માટે ઊભા હોય છે ? તે સમજાવો.
3. જો કણ અચળ ઝડપ સાથે ગોળાકાર ગતિ કરે તો તેનો પ્રવેગ કણ અચળ હશે ?
4. રસ્તા પર ઊભેલા એક નિરિક્ષક દ્વારા જોવા મળેલ સમક્ષિતિજ રસ્તા પરથી પસાર થતી બસની બારીમાંથી ફેંકેલો પથ્થર જમીન સુધી પહોંચવા માટે કયા માર્ગનું પાલન કરશે તે જણાવો ?
5. એક દોરી તુટ્યા વગર 100 N મહત્તમ બળ ટકાવી શકે છે. 1 m લાંબી દોરીના એક છોડે 1kg ધરાતવું દળ બાંધો અને તેને સમક્ષિતિજ સમતલમાં ફેરવો. આ દોરીને તોડ્યા વગર ફેરવીને પદાર્થની મહત્તમ ઝડપ માટેની ગણતરી કરો ?
6. 50 m ની ત્રિજ્યા ધરાવતાં એક વળાંક પર એક મોટર સાયકલીસ્ટ 10 m s^{-1}. ની ઝડપે પસાર કરે છે. ત્યારે વળાંક લેતી વખતે તેનો કેન્દ્રગામી પ્રવેશ શું હશે ?
7. બંદુકમાંથી સમક્ષિતિજ સાથે 30^0 ના કોણે છોડેલી ગોળી ની શરૂઆતથી ઝડપ 300 ms^{-1} છે. કયા અંતરે બંદુકમાંથી છોડેલી ગોળી જમીનને અથડાશે ?
8. એક ઘડિયાળના બીજા હાથની લંબાઈ 10 cm છે. આ હાથના ટોચની ઝડપ શું છે ?
9. તમે ઘોડાની પીઠ પર બેઠેલા અને મોટર સાઈકલ પરથી વિશાળ અંતર સાથે કુદકો લગાવતા અભિનેતાઓને તમે હિન્દી ફિલ્મોમાં જોયા હશે. આ સમસ્યા માટે એક સાહસિક મોટર સાયકલ સવાર 100 km h^{-1} ની વેગ સાથેનું અંતર પાર કરવાનો પ્રયાસ નક્કી કરે છે. બાજુ પર ઢોળવનો કોણ 45^0 છે. તો તે કેટલા મોટા અંતર પાર શકે તેની ગણતરી કરો ?
10. એક રોલ છોડતા રચતો કોણ 30^0 સાથે તેનો વેગ 500 m s^{-1} નો છે. રોલ પોહંચે તેની મહત્તમ ઊંચાઈ અને તેની અવધિની ઊર્ધ્વ અને સમક્ષિતિજ દિશાના પદાર્થોના વેગની ગણતરી કરો.
11. એક વિમાન જમીન ઉપર 200 m ની ઉંચાઈ પરથી ફુડ પેકેટ છોડે છે અને તે 200 kmh^{-1} ની અચળ ઝડપે સમક્ષિતિજ દિશામાં ઉડ્ડયન કરે છે. પેકેટને જમીન પર પડતાં કેટલો સમય લાગશે ? પેકેટને જમીન પર લાવવા માટે કયા બિંદુ આગળથી તેને મુક્ત કરશે ?
12. એક ઘર્ષણ રહિત ટેલબ પર વર્તુળાકાર માર્ગ ફરતાં એક દળ m ની ઝડપ v છે. અને તે ટેલબના છિદ્રમાંથી દોરી દ્વારા લટકાવેલ દળ M સાથે તે જોડાયેલ છે. દળ M ને આરામ જ (સ્થિર)માં રહેતો હોય તો તેના માટે દળ m ની ઝડપ નક્કી કરો.

આકૃતિ 4.13

આકૃતિ 4.14

13. એક ગાડી 60 kmh^{-1} ની ઝડપે 200 m ત્રિજિયા ધરાવતો એક વળાંક પર વર્તુળાકાર ફરે છે. મુસાફરનું દળ m = 90 kg છે. તેના પર લાગતું કેન્દ્રગામી બળ શું છે.

પુરક પ્રશ્નોના જવાબો

4.1

(1) (a), (b), (d)

(2) (a) હા (b) હા (c) દડાની મહત્તમ અવધિ સાથે

(3) મહત્તમ અવધિ

[illegible]

= = 9.23 m

આથી તેનો તફાવત 9.23 m – 8.90 m = 0.33 m છે.

4.2

(1) (a) હા (b) ના (c) હા (d) ના

વેગ અને પ્રવેશ અચળ નથી કારણ કે તેની દિશા સતત બદલાતી રહે છે.

(2) હા, ગુરુત્વ પ્રવેગને કારણે ક્ષેણીય વેગ બદલાય છે.

(3) તેથી,

a = , r = = = 27 m

(4) a = =

$= 9 \times 10^{13}\ ms^{-2}$

4.3

(1) આ કિસ્સો ઢોળાવવામાં રસ્તાઓ જેવાં જ છે. જો વિમાન ઢોળવ લેતો વર્તુળની ત્રિજ્યા સાથે પદાર્થ પર હવા દ્વારા અમલમાં લેવાયેલ બળ L કેન્દ્રગામી પ્રવેગ પુરું પાડે છે. આકૃતિ 4.15 એ મુક્ત પદાર્થની રેખાકૃતિ છે. વળાંકની ત્રિજ્યાએ

$$R = \qquad = \left(\frac{100 \text{ ms}^{-1}}{10 \text{ ms}^{-2} \times \tan 30^{\circ}}\right)^2 = 10\sqrt{3}\,\text{m} = 17.3 \text{ m}$$

આકૃતિ 4.15

(2) ઘર્ષણનું બળ એ જરૂરી કેન્દ્રગામી બળ ગુરુ પાડે છે.

$$F_s = \mu_s N =$$

જો રસ્તો સમક્ષિતિજ $N - mg$

આથી $\quad \mu_s\, mg =$

અથવા $\quad v^2 = \mu_s g\, r$

અથવા $\quad v = (0.9 \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 100 \text{ m})^{½}$

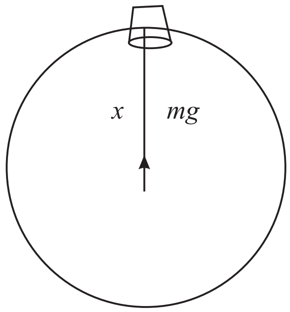
$v = 30 \text{ ms}^{-1}.$

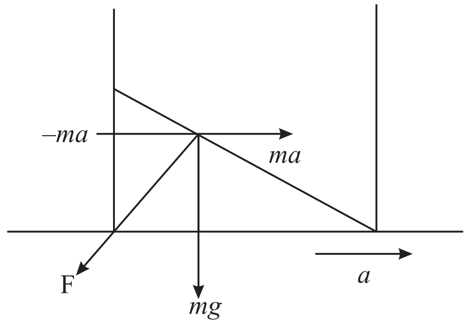
(3) આકૃતિ 4.16 એ વર્તુળના ટોચ પર ડોલ માટેની મુક્ત રેખાકૃતિ દર્શાવેલ છે. ડોલનું પાણી બહાર ન આવે તે રીતે વર્તુળાકાર માર્ગે ફેરવો, બળ mg એ જરૂરી કેન્દ્રગામી પ્રવેગ પુરું પાડે છે.

$$mg =$$

અથવા $\quad v^2 = Rg$

$\therefore \quad v =$





આકૃતિ 4.16

આકૃતિ 4.17

આ ઊર્ધ્વદિશામાં વર્તુળના ટોચ પર ડોલની ઝડપ લઘુત્તમ કિંમત છે. R = 1.0 m અને g = 10 ms^{-2} લો. આપણને મળશે

$v = 10\ m\ s^{-1} = 3.2\ ms^{-1}$

સ્વાધ્યાયના જવાબ

5. 10 ms^{-1}

$\sqrt{\frac{3m\,g\,r}{m}}$

6. 2 ms^{-2}

7. 900 m

8. $1.05 \times 10^{-3}\ ms^{-1}$

9. 77.1 m

10. v_x = 250 ms^{-1}

vy = 250 ms^{-1}

ઊર્ધ્વ ઊંચાઈ = 500 m

સમક્ષિતિજ અવધિ = 3125 m

11. t = 20 s, 999.9 m

12. v =

13. 125 N

5

ગુરુત્વાકર્ષણ

શું તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે ઉપર ફેકેલો દડો હંમેશા જમીન પર પાછો કેમ પડે છે ? અથવા ઉપર ઉપર ઉછાળેલો સિક્કો જમીન પર પડે છે. માનવ જાતિના ઉત્પત્તિકાળથી આ ઘટાનાએ આશ્ચર્ય સર્જ્યું છે. આ પ્રશ્નનો ઉત્તર ૧૭મી સદીમાં સર આઈઝેક ન્યૂટને આપ્યો. તેમણે સાબિત કર્યું કે પદાર્થોના પૃથ્વી તરફ આકર્ષિત થવાનો ગુણધર્મ ગુરુત્વાકર્ષણ બળને આભારી છે. તેમણે એ પણ સાબિત કર્યું કે પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ તેમજ સૂર્યની આસપાસ ગ્રહોની ગતિ માટે પણ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ જ જવાબદાર છે, તે સાર્વત્રિક બળ છે. અર્થાત્ તે બ્રહ્માંડમાં સર્વત્ર વ્યાપક છે. હકિકતમાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળના કારણે જ આખુ બ્રહ્માંડ બંધાયેલું છે.

આ પ્રકરણમાં આપણે ન્યુટનના ગુરુત્વાકર્ષણ બળના સિદ્ધાંત વિશે અભ્યાસ કરીશું. આપણે પૃથ્વીના ખેંચાણના કારણે પદાર્થોમાં ઉત્પન્ન થતા પ્રવેગ વિશે પણ ચર્ચા કરીશું. આવા પ્રવેગને ગુરુત્વપ્રવેગ કહેવાય છે. જે પૃથ્વી સપાટી પર દરેક જગ્યાએ અચળ રહેતો નથી. આપણે ગુરુત્વાકર્ષી પ્રવેગમાં થતાં ફેરફાર માટે જવાબદાર પ્રાચલોની પણ અભ્યાસ કરીશું. આપણે ગુરુત્વીય સ્થિતીમાન અને સ્થિતીઉર્જા વિશે પણ અભ્યાસ કરીશું. અંતે આપણે અવકાશ સંશોધનના ક્ષેત્રમાં ભારતની સિદ્ધિઓ અને કેટલાંક અગત્યના કાર્યક્રમો વિશે ચર્ચા કરીશું.

ઉદ્દેશ્યો

આ પ્રકરણના અભ્યાસ પછી તમે

- *ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત સમજી શકશો,*
- *અવકાશીય પદાર્થોના ગુરુત્વીય પ્રવેગનું મુલ્ય શોધી શકશો,*
- *અક્ષાંશ, ઉંડાઈ અને ઉંચાઈ સાથે ગુરુત્વીય પ્રવેગમાં થતો ફેરફાર સમજી શકશો,*
- *ગુરુત્વીય સ્થિતિમાન અને ગુરુત્વીય સ્થિતિઉર્જા વચ્ચેનો તફાવત સમજી શકશો,*
- *ગ્રહોની ગતિ માટે જવાબદાર બળને સમજી કેપલરના નિયમો સમજી શકશો,*
- *કક્ષિય વેગ અને પલાયન વેગની ગણતરી કરી શકાશો,*

Notes

- કૃત્રિમ ઉપગ્રહ કેવી રીતે છોડવામાં આવે છે તે સમજી શકશો,
- ધ્રુવીય અને વિષુવવૃત્તિય ઉપગ્રહ વચ્ચેનો ભેદ સમજી શકશો,
- ઉપગ્રહમાં ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ બનવાની જરૂરી શરત સમજી શકશો,
- ભૂસ્થિર ઉપગ્રહની ઉંચાઈ તેમજ તેની ઉપયોગીતા સમજી શકશો,
- અવકાશ વિજ્ઞાનમાં ભારતની સિદ્ધિઓ સમજી શકશો,

5.1 ગુરુત્વાકર્ષનો સિદ્ધાંત

એવું કહેવાય છે કે જ્યારે ન્યૂટન વૃક્ષ નીચે બેઠાં હતા ત્યારે વૃક્ષ પરથી સફરજન નીચે પડ્યું. આ પરથી તેમણે વિચાર્યું કે સફરજન તેમજ સઘળાં પદાર્થો જમીન પર પટકાય છે. જેથી એવું કોઈ બળ જરૂર અસ્તિત્વ ધરાવતું હોવું જોઈએ કે જેનાં કારણે પદાર્થો પૃથ્વી સપાટી પર પડે છે. તેમણે વિચાર્યું કે શું આ બળનાં કારણે જ ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરે છે ? તેમણે તર્ક લગાવ્યો કે ચંદ્રની ગતિની દિશા ભ્રમણ કક્ષામાંના દરેક બિંદુએ તેનાં સ્પર્શકની દિશામાં હોવી જોઈએ. (આકૃતિ. 5.1). ન્યૂટને કેપ્લરનાં નિયમો પરથી તારવ્યું કે સૂર્ય અને તેની આસપાસ ઘૂમતાં ગ્રહો વચ્ચેનું બળ $1/r^2$ પ્રમાણે બદલાય છે. આ પરિણામ પરથી તેમણે દર્શાવ્યું કે આ એજ બળ છે જેનાં કારણએ ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ઘૂમે છે. આ પરથી તેમણે ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક સિદ્ધાંત આપ્યો.

Fig. 5.1 : At each point on its orbit, the moon would have flown off along a tangent but

$\frac{m_1 m_2}{r_2}$

બ્રહ્માંડનો દરેક કણ બીજાં કણને એક એવાં બળ દ્વારા આકર્ષે છે જે તેમનાં દળનાં ગુણાકારનાં સમપ્રમાણમાં અને તેમની વચ્ચેનાં અંતરનાં વર્ગનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. આમ, જો m_1 અને m_2 દળ ધરાવતાં બે કણો વચ્ચેનું અતર r હોય તો તેમની વચ્ચે લાગતાં બળનું મૂલ્ય નીચે પ્રમાણે આપવામાં આવે છે.

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

અથવા
$$F = G \qquad (5.1)$$

અહીં, G ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક અચળાંક છે તેનું મૂલ્ય બ્રહ્માંડમાં દરેક જગ્યા પર કોઈપણ બે પદાર્થો માટે એકસમાન હોય છે. અર્થાત્ બે કણ વચ્ચે લાગતું બળ પૃથ્વી પર ધારો કે F હોય તો બ્રહ્માંડમાં કોઈપણ જગ્યાએ આ બળ F જેટલું જ હોય છે.

ગુરુત્વાકર્ષણ બળની અગત્યની ખાસિયત એ છે કે તે હંમેશા આકર્ષી બળ છે. જે કુદરતનાં મૂળભૂત બળોમાંનું એક છે.

યાદ રાખો કે અહીં લાગતું આકર્ષણ બળ પારસ્પરિક હોય છે. અર્થાત્ m_1 દ્વારા m_2 પર તેમજ m_2 દ્વારા m_1 પર બળ લાગે છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે બળ સદિશ રાશિ છે. આનો અર્થ એ થાય કે શું આપણે સમી. (5.1) માં ફેરફાર કરવો

જોઈએ? જેનો ઉત્તર છે. સમી. બળનું મૂલ્ય અને દિશા એમ બંને દર્શાવતું હોવું જોઈએ. આકૃતિ 5.2 માં દર્શાવ્યા મુજબ, m_1 અને m_2 વચ્ચે લાગતું બળ તેમને જોડતી રેખા પર હોય છે. m_1 દ્વારા m_2 પર લગાડવામાં આવતું બળ F_{12} દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે અને તેમની વચ્ચેનાં અંતરને r_{12} દ્વારા દર્શાવાય છે. આથી ગુરુત્વાકર્ષણનાં સિદ્ધાંતને તેના સદિશ રૂપે નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$\mathbf{F}_{12} = G \qquad (5.2)$$

જ્યાં, m_1 થી m_2 તરફનો એકમ સદિશ છે.

આજ પ્રમાણે, m_2 દ્વારા m_1 પર લગાડવામાં આવતાં બળને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

$$\mathbf{F}_{21} = - G \qquad (5.3)$$

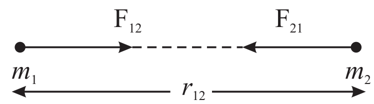


Fig. 5.2 : The masses m_1 and m_2 are placed at a distance r_{12} from eact other. The mass m_1 attracts m_2 with a force F_{12}.

જે = હોવાથી, સમી. (5.2) અને (5.3) પરથી.

$$(5.4)$$

જ્બળો $\mathbf{F}_{12}$ અને $\mathbf{F}_{21}$ સમાન મૂલ્યનું પરંતુ વિરૂદ્ધ દિશાના બળો છે. યાદ રાખો કે અને એમક મૂલ્ય ધરાવે છે. જો કે તેમની દિશા પરસ્પર વિરૂદ્ધ છે. આપણી આ પ્રકરણમાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળનું માત્ર મૂલ્ય જ ધ્યાનમાં લઈશું.

ન્યૂટન G નું મૂલ્ય નિશ્ચિત કરી શક્યાં ન હોતા. જેનું મૂલ્ય સૌપ્રથમ 100 વર્ષ બાદ કેવેન્ડિશ નામનાં વિજ્ઞાનીએ શોધ્યું. જે મુજબ તેનું મૂલ્ય 6.67×10^{-11} Nm^{2}kg^{-2} છે. G નું મૂલ્ય આટલું સૂક્ષ્મતમ હોવાનાં કારણે આપણે બીજાં પદાર્થો દ્વારા આપણાં પર લગાડવામાં આવતાં બળનો અનુભવ કરી શકતાં નથી.

ઉદાહરણ 5.1 : કેપ્લનાં ત્રીજા નિયમ અનુસાર, જો ગ્રહનું સૂર્યથી સરેરાશ અંતર r હોય અને T તેનો ભ્રમણ કાપી હોય તો $r^3 / T^2 =$ અચળ દર્શાવો કે ગ્રહ પર લાગતું બળ તેમની વચ્ચેનાં અંતરનાં વર્ગનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે.

ઉત્તર : સરળતા ખાતર ધારો કે ગ્રહની કક્ષા વર્તુળાકાર છે. આથી ગ્રહ પર લાગતું કેન્દ્રગામી બળ

$$F =$$

જ્યાં, v કક્ષિય વેગ છે. , હોવાથી

$$F = m \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \Big/ r$$

અથવા
$$F = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

પરંતુ $T^2 \propto r^3$ અથવા $T^2 = Kr^3$ (કેપ્લરનો ત્રીજો નિયમ)

જ્યાં, K સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે,

$$\therefore \qquad F = \qquad = \frac{4\pi^2}{K} \times \qquad = \qquad .$$

અથવા $\qquad F \propto \qquad (\because \qquad$ અચળ$)$

આગળ વધતાં પહેલાં ચાલો તમારો વિકાસ ચકાસીએ.

પાઠગત પ્રશ્નો 5.1

1. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ એક પરિભ્રમણ પૂર્ણ કરવા 27.3 દિવસનો સમયગાળો લે છે. જે સ્થિર તારાઓની સાપેક્ષે છે. (પૃથ્વીની સાપેક્ષે આ પરિભ્રમણ કાળ 29.5 દિવસનો છે.) ચંદ્રની કક્ષાની ત્રિજ્યા 3.84×10^8 m (પૃથ્વીની ત્રિજ્યા કરતાં 60 ગણી વધારે) છે. ચંદ્રનાં કેન્દ્રગામી પ્રવેગની ગણતરી કરો અને દર્શાવો કે આ મૂલ્ય 9.8 ms^{-2} ને 3600 વડે ભાગતાં મળતાં મૂલ્યની બહુ જ નજીક જેથી ગુરુત્વાકર્ષણમાં ફેરફારની ખાતરી થઈ શકે.

2. સમી. (5.1), પરથી G નું પારિમાણિક સૂત્ર લખો.

3. સમી. (5.1) નો ઉપયોગ કરી દર્શાવો કે 1 m. દૂર રહેલા 1kg દળ ધરાવતાં બે પદાર્થો વચ્ચે લાગતાં બળનાં મૂલ્ય તરીકે G ને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે.

4. નિશ્ચિત અંતરે રહેલા F બે દળો વચ્ચે લાગતાં બળનું મૂલ્ય ધારો કે F છે. જો (i) દળોમાં ફેરફાર કર્યા વગર અંતર બમણું કરવામાં આવે તો (ii) અંતરમાં ફેરફાર કર્યા વગર દરેકનું દળ બમણું કરવામાં આવે તો અને (iii) અંતર અને બંને દળના મૂલ્ય બમણાં કરવામાં આવે તો શું થશે ?

5. 50 kg અને 60 kg દળ ધરાવતાં બે પદાર્થો એકબીજાથી 1m અંતરે રહેલાં છે. તેમની વચ્ચે લાગતું ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ શોધો.

5.2 ગુરુત્વીય પ્રવેગ

આપણે જાણીએ છીએ કે ન્યૂટનના દ્વિતિય નિયમ મુજબ, કોઈ m દળ ધરાવતાં પદાર્થ પર **F** જેટલું બળ લગાડતા તેમાં **a** જેટલો પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \qquad (5.5)$$

પદાર્થ પર પૃથ્વીનાં કારણે લાગતું બળ (ગુરુત્વીય બળ) પણ પદાર્થમાં પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરે છે. જેથી પદાર્થ પ્રવેગીત થાય છે. ગુરુત્વીય બળનાં કારણે ઉદ્‌ભવતાં પ્રવેગને ગુરુત્વીય પ્રવેગ કહેવાય છે. જેને g દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. સમી. (5.1) મુજબ, પૃથ્વી સપાટી પર કોઈ m દળ ધરાવતાં પદાર્થ પર લાગતું ગુરુત્વીય બળનું મૂલ્ય

$$F = G \qquad (5.6)$$

જ્યાં, M પૃથ્વીનું દળ છે. અને R પૃથ્વીની ત્રિજ્યા છે. સમી. (5.5) અને (5.6) પરથી

$\frac{4\pi^2 M m}{r^2 K r^3}$

$$mg = G$$

અથવા $$g = G \quad (5.7)$$

ગુરુત્વ પ્રવેગ g દિશા હંમેશા પૃથ્વીનાં કેન્દ્ર તરફ હોય છે. આ દિશાને આપણે લંબ દિશા તરીકે ઓળખીએ છીએ. આકૃતિ 5.3 પૃથ્વીના અલગ અલગ સ્થળો પર લંબ દિશાએ દર્શાવે છે. પૃથ્વી સપાટી પર g નું મૂલ્ય 9.8 ms^{-2} લેવામાં આવે છે.

ઉપગ્રહ કે ગ્રહનું દળ અને ત્રિજ્યા જ્ઞાત હોય તો તેનું પૃથ્વી તરફનું ગુરુત્વાકર્ષણ સમી. (5.7) પરથી માલૂમ પડે છે કે પદાર્થ પર લાગતો ગુરુત્વપ્રવેગ તેના દળ પર આધાર રાખતો નથી. અર્થાત્ ભારે દડો અને હલકો દડો એક સમાન ઉંચાઈએથી પડવા દેવામાં આવે તો તે બંને સાથે જ જમીન પર પડે છે.

પ્રવૃત્તિ 5.1

એક કાગળનો ટૂકો અને પથ્થર લો. એક નિશ્ચિત ઉંચાઈથી તે બંનેને એક સાથે પડતા મૂકો. તે બંનેના પથનું વિશ્લેષણ કરો અને તે બંને કયા સમયે જમીન પર પડે છે. તે સમયગાળો નોંધો ત્યારબાદ એક ભારે અને એક હલકો એમ બે પથ્થર લો તે બંનેને એકસમાન ઉંચાઈએથી એકસમાન સમયે પડતાં મૂકો અને તે બંને ક્યા સમયે જમીન પર પડે છે. તે સમયગાળો નોંધી. ગુરુત્વાકર્ષણની અસર હેઠળ પદાર્થ પૃથ્વી સપાટી તરફ લંબદિશામાં પડે છે. પૃથ્વી સપાટીથી ઓછી ઊંચાઈઓ પર ગુરુત્વપ્રવેગ બહુ બદલાતો નથી. આથી, પ્રારંભિક અને અંતિમ વેગ માટેના ગતિના સમીકરણો તેમજ પદાર્થ દ્વારા કોઈ t સમયગાળામાં કપતું અંતર નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$v = u + gt$$

$$s = ut + (\quad)gt^2$$

અને $$v^2 = u^2 + 2gs. \quad (5.8)$$

અહીં g હંમેશા અધોદિશામાં હોય છે અને તે પદાર્થની ગતિની દિશા પર આધાર રાખતો નથી. g જેટલા ગુરુત્વપ્રવેગ સાથે પડતા પદાર્થની ગતિને તેનું મુક્ત પતન કહે છે.

સમીકરણ (5.8) દર્શાવે છે કે જો પદાર્થ તેની સ્થિર સ્થિતિમાં પડે તો તે t સમયગાળામાં $h = (1/2)gt^2$ જેટલું અંતર કાપે છે. આમ કોઈ એક ભારે સિક્કાને કોઈ h ઊંચાઈએથી પડતો મુકતા અને સ્ટોપવોચની મદદથી સમયગાળો નોંધતા ઉપરોક્ત સમકીરણ પરથી g નું મુલ્ય જાણી શકાય છે. જોકે પ્રયોગ શાળામાં તમે g નું મુલ્ય સાદા લોલકના પ્રયોગ પરથી જાણી શકશો.

આકૃતિ 5.3 : *કોઈ સ્થળે લંબદિશા તે સ્થળે પૃથ્વીનાં કેન્દ્ર તરફથી દિશા છે.*

તમને થશે કે પદાર્થ પર પૃથવી દ્વારા લગાડવામાં આવતા ગુરુત્વાકર્ષણ બળની ગણતરી માટે આપણે કણ અને પૃથ્વીની ત્રિજ્યા જેટલા અંતરને પૃથ્વી અને કણ વચ્ચેનું અંતર કેમ માનીએ છીએ. આ પ્રશ્નો ઉત્તર પદાર્થનું ગુરુત્વકેન્દ્ર સ્પષ્ટ કરે છે. આ એક એવું બિંદુ છે કે જ્યાં સમગ્ર પદાર્થને એકબિંદુવત્ત

દળ તરીકે કલ્પવામાં આવે છે.

ધાતની બનેલી રીંગનું ગુરુત્વકેન્દ્ર ક્યાં હોય છે ? તે રીંગના કેન્દ્ર પર હોવું જોઈએ. પરતું આ બિંદુ પદાર્થના દળની બહાર હોય છે. આનો અર્થ એ થયો કે પદાર્થનું ગુરુત્વકેન્દ્ર તેની બહાર હોઈ શકે. તમારું પોતાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર ક્યાં હોય છે તે નાભિની નીચે કોઈ જગ્યા પર હોય છે. પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર એક એવું બિંદુ છે કે જ્યાં સમગ્ર પદાર્થનું દળ કેન્દ્રીત થયેલું હોય છે. સમાન ગુરુત્વાકર્ષી ક્ષેત્રમાં ગુરુત્વકેન્દ્ર દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પર હોય છે. ગુરુત્વકેન્દ્ર અથવા દ્રવ્યમાન કેન્દ્રનો ઉપયોગ આપણી ગણતરીઓ સરળ બનાવે છે.

યાદ રાખો કે G અને g બંને અલગ ભૌતિક રાશિઓ દર્શાવે છે. G ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક અચળાંક છે. જે દરેક સ્થળે અચળ રહે છે. જ્યારે g ગુરુત્વપ્રવેગ છે. જે દરેક જગ્યાએ બદલાય છે.

ચાલો હવે તમારી પ્રગતિ ચકાસીએ,

You may like to answer a few questions to check your progress.

પાઠગત પ્રશ્નો 5.2

1. પૃથ્વીનું દળ 5.97×10^{24} kg અને તેની ત્રિજ્યા 6.371×10^{6} m. છે. પૃથ્વી સપાટી પર g નું મુલ્ય ગેણો.

2. પૃથ્વીની ત્રિજ્યા વિષુવવૃત્ત પર 6378 km છે. જ્યારે ધ્રુવો પર તે 6357 km. છે. ધ્રુવો અને વિષુવવૃત્ત પર g ના મુલ્યોની સરખાણી કરો. at the poles and at the equator.

3. એક કણને ઉર્ધ્વદિશામાં ફેંકવામાં આવે છે.(i) કણ ઉપર તરફ જાય ત્યારે, (ii) જ્યારે કણ મહત્તમ ઉંચાઈએ હોય ત્યારે, (iii) જ્યારે કણ અધોદિશમાં ગતિ કરે ત્યારે, (iv) કણ જમીન પર પટકાય ત્યારે, g ની દિશા કઈ હશે ?

4. ચંદ્રનું દળ 7.3×10^{22} kg અને તેની ત્રિજ્યા 1.74×10^{6} m. છે. તેની સપાટી પર ગુરુત્વપ્રવેગ શોધો.

5.3 g ના મુલ્યમાં ફેરફાર

5.3.1 ઊંચાઈ સાથે g માં ફેરફાર

સમીકરણ 5.7 ની જમણીબાજુના છેદમાં રહેલો R^2 દર્શાવે છે કે g નું મુલ્ય પૃથ્વીના કેન્દ્રથી અંતરના વર્ગ સાથે વધે છે. આથી પૃથ્વી સપાટીથી R જેટલા અંતરે અર્થાત્ પૃથ્વીના કેન્દ્રથી 2R જેટલા અંતરે g નું મૂલ્ય ચોથા ભાગનું થાય છે. જો કે પૃથ્વી સપાટથી h જેટલા અંતર (ઉંચાઈએ) g નું મૂલ્ય g_h નીચે પ્રમાણે લખી શકાય

$$g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

$$= \frac{GM}{R^2\left(1+\frac{h}{R}\right)^2}$$

$$= \qquad (5.9)$$

જ્યાં $g = GM/R^2$ પૃથ્વી સપાટી પર ગુરુત્વીય પ્રવેગ દર્શાવે છે. આથી,

$$= \qquad = 1 + \qquad +$$

(h/R) નાની રાશી હોવાથી, $(h/R)^2$ નું મુલ્ય પણ ઘણું જ નાનુ થાય છે. તેથી તે અવગણ્ય છે. આમ,

$$g_h = \qquad (5.10)$$

આવા ખ્યાલનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય છે તે સમજવા માટે ચાલો એક ઉદાહરણ જોઈએ.

ઉદાહરણ 5.2 : 10 km. ની ઉંચાઈએ ઉડતા અદ્યતન વિમાન માટે ચાલો g નું મુલ્ય શોધીએ. પૃથ્વીની ત્રિજ્યા 6400 km અને પૃથ્વી સપાટી પર g જનું મુલ્ય 9.8 ms^{-2} લો.

ઉત્તર : સમીકરણ (5.8) પરથી

$$g_h = \qquad = \qquad = 9.77\ ms^{-2}.$$

5.3.2 ઉંડાઈ સાથે g માં ફેરફાર

આકૃતિ 5.4 માં દર્શાવ્યા મુજબ પૃથ્વીની અંદર d જે ઉંડાઈએ કોઈ એક બિંદુ P ધ્યાનમાં લો. ધારોકે પૃથ્વીએ સમાન ઘનતા ρ ધરાવતો ગોળો છે. બિંદુ P નું પૃથ્વી અંતર $r = (R - d)$ છે. $(r - d)$ ત્રિજ્યાનો ગોળો દોરો બિંદુ P પર મુકેલા દળ દ્વારા (i) d જેટલી જાડાઈના પટ્ટા દ્વારા અને (ii) r ત્રિજ્યાના ગોળા દ્વારા ગુરુત્વાકર્ષણ બળ લગાડવામાં આવે છે. અહીં, પટ્ટામાં રહેલા બધા કણોના કારણે લાગતા બળ એકબીજાની અસર નાબુદ કરે છે. અર્થાત્ પટ્ટામાં રહેલા પદાર્થ જથ્થાના કારણએ P બિંદુ પર રહેલા કણ પર લાગતું બળ શૂન્ય હોય છે. આથી બિંદુ P પર ગુરુત્વીય પ્રવેગની ગણતરી માટે આપણે $(r - d)$ જેટલી ત્રિજ્યા ધરાવતા ગોળનું દળ જ ધ્યાન લેવું પડે. અહીં $(r - d)$ ત્રિજ્યાના ગોળાનું દળ M' છે.

$$M' = \qquad \rho\,(R - d)^3 \qquad (5.10)$$

બિંદુ P પર રહેલા કણ પર લાગતો ગુરુત્વીય પ્રવેગ,

$$g_d = G \qquad = \qquad \rho\,(R - d) \qquad (5.11)$$

Notes

આકૃતિ 5.4 : *પૃથ્વીના કેન્દ્રથી $r = R - d$ જેટલા અંતરે d ઉંડાઈ રહેલું બિંદુ P*

*નોંધો કે d વધતા $(R - d)$ ઘટે છે. અર્થાત્, પૃથ્વીમાં અર્ધ તરફ જતાં **g** નું મુલ્ય ઘટે છે. પૃથ્વના કેન્દ્ર પર અર્થાત $d = R$ ગુરુત્વપ્રવેગ શુન્ય થઈ જાય છે. ઉપરાંત નોંધો કે $(R - d) = r$ પૃથ્વીના કેન્દ્રથી અંતર છે. આથી, ગુરુત્વપ્રવેગ r ના સમપ્રમાણમાં હોય. આકૃતિ 5.5 દર્શાવે છે કે પૃથ્વી સપાટીથી દૂરના અંતરે તેમજ પૃથ્વીના કેન્દ્રથી g ના મુલ્યમાં ફેરફાર કેવી રીતે થાય છે.*

$$\frac{(R-d)}{R}$$

આકૃતિ 5.5 : *પૃથ્વીના કેન્દ્રથી અંતર સાથે g ના મુલ્યમાં થતો ફેરપાર*

ઉપરોક્ત સમીકરણો પરથી સરળતાથી સમજી શકાય છે કે,

$$g_d = g \qquad = g\left(1 - \frac{d}{R}\right),\ 0 \le d \le R \qquad (5.12)$$

સમીકરણો (5.9) અને (5.12) પરથી સમજી શકાય છે કે, ઉંચાઈ અને ઉંડાઈ સાથે g નું મુલ્ય ઘટે છે.

પૃથ્વીનું આંતરિક બંધારણ

આકૃતિ 5.6 : *પૃથ્વીનું આંતરિક બંધારણ પૃથ્વીના ત્રણ સ્તરો તેમના દળ સહિત.*

આકૃતિ 5.6 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પૃથ્વીનું મોટા ભાગનું દળ તેના કેન્દ્રની આસપાસ રહેલું છે. બાહ્ય સપાટીનું સ્તર ઘણું જ હલકું હોય છે. ગણતરીમાં પૃથ્વીની ત્રિજ્યા ઘટાડતા g ના મુલ્યમાં થતો ફેરફાર ઉંડાઈ સાથે ઘણો જ સુક્ષ્મત્તમ હોય છે. આથી g નું મુલ્ય અમુક ઉંડાઈ સુધી વધે છે. અને ત્યારબાદ ઘટવાનું શરૂ થાય છે. આનો અર્થ એ થાય છે કે પૃથ્વીને એકસમાન ગોળો માનવો ભૂલ ભરેલું છે.

5.3.3 અક્ષાંસ સાથે g ના મુલ્યમાં ફેરફાર

આપણે જાણીએ છીએ કે પૃથ્વી તેની ધર પર ભ્રમણ કરે છે. જેના કારણે પૃથ્વી સપાટી પર રહેલો દરેક પદાર્થ વર્તુળાકાર ગતિ કરે છે. ગુરુત્વાકર્ષણની ગેરહાજરીમાં આ દરેક પદાર્થ તેની વર્તુળાકાર કક્ષાના સ્પર્શકની દિશામાં ઉડી જઈ શકે છે. પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ આપણને પૃથ્વી સપાટી સાથે જકડી રાખે છે. આપણે એ પણ જાણી છીએ કે કોઈ કણની વર્તુળાકાર ગતિ ચાલુ રાખવા માટે કેન્દ્રગામી બળની જરૂર પડે છે. ગુરુત્વાકર્ષણનો એક નાનો ભાગ કેન્દ્રગામી બળ પુરુ પાડે છે. આથી, પૃથ્વી સપાટી પર રહેલા પદાર્થો પર લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ થોડું ઓછું હોય છે. વિષુવવૃત્ત પર પૃથ્વીના ભ્રમણની અસર મહત્તમ હોય છે અને ધ્રુવો પર આ અસર સંપૂર્ણપણે નાબુદ થઈ જાય છે. જો g_λ λ જેટલી ઉંચાઈએ g નું મૂલ્ય હોય અને ધ્રવો પર તેનું મૂલ્ય g જેટલું હોય તો,

$$g_\lambda = g - R\omega^2 \cos\lambda, \qquad (5.13)$$

જ્યાં ω પૃથ્વીનો કોણીય વેગ છે અને R તેની ત્રિજ્યા છે. ધ્રુવો પર $\lambda = 90^0$ હોવાથી $g_\lambda = g$ હોય છે.

ઉદાહરણ 5.3 : *ધ્રુવો પર g નું મૂલ્ય શોધો.*

ઉત્તર : *ધ્રુવો પર પૃથ્વીની ત્રિજ્યા* = 6357 km = 6.357×10^6 m

તેમજ પૃથ્વીનું દળ = 5.97×10^{24} kg

સમી. (5.7) *નો ઉપયોગ કરતાં,*

ધ્રુવો પર g નું મૂલ્ય = $[6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24} / (6.357 \times 10^6)^2]$ ms^{-2}

= 9.853 ms^{-2}

ઉદાહરણ 5.4 : $\lambda = 60^o$ *પર g નું મૂલ્ય શોધો. પૃથ્વીની ત્રિજ્યા* 6371 km *છે.*

ઉત્તર : *પૃથ્વીનો ધરીભ્રમણ કાળ* = 24 *કલાક* = $(24 \times 60 \times 60)$ s

$\therefore$ પૃથ્વીનાં ધરીભ્રમણની આવૃત્તિ $= 1/T$

તેમજ પૃથ્વીની કોણીય આવૃત્તિ $\omega = 2\pi/T = 2\pi/(24 \times 60 \times 60)$

$= 7.27 \times 10^{-5}$

$\therefore R\omega^2 \cos\lambda = 6.371 \times 10^6 \times (7.27 \times 10^{-5})^2 \times 0.5 = 0.017 \text{ ms}^{-2}$

હવે $g_0 = g - R\omega^2 \cos\lambda$, હોવાથી,

g_λ (at latitude 60 degrees) $= 9.853 - 0.017 = 9.836 \text{ ms}^{-2}$

પાઠગત પ્રશ્નો 5.3

1. પૃથ્વી સપાટી પર g નાં મૂલ્ય કરતાં અડધું મૂલ્ય મેળવવા માટે આપણે કઈ ઉંચાઈએ જવું પડે?
2. કેટલી ઉંડાઈએ g નું મૂલ્ય પૃથ્વી સપાટી કરતાં 80% જેટલું થશે ?
3. દિલ્હીનો અક્ષાંશ 30^0 પૂર્વ છે. દિલ્હીનાં g ના મૂલ્યમાં ફેરફાર ગણો.

5.4 દળ અને વજન

પદાર્થ જેટલાં બળ સાથે પૃથ્વી તરફ ખેંચાતું રહે છે તેને તે પદાર્થનું વજન કહેવાય છે. જો પદાર્થનું દળ m હોય તો તેનું વજન

$$W = mg \tag{5.14}$$

વજન એક પ્રકારનું બળ હોવાથી તેનો એકમ ન્યૂટન છે. જો તમારું દળ 50 kg હોય તો તમારું વજન $50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 490 \text{ N}$ થશે.

દરેક સ્થળે g નું મૂલ્ય અલગ અલગ હોવું પદાર્થનું વજન સ્થળ સાથે બદલાયા કરે છે.

ધ્રુવો પર વજન વધુ હોય છે. જ્યારે વિષુવવૃત્ત પર ઓછું હોય છે કારણકે પૃથ્વીની ત્રિજ્યા ધ્રુવો પર લઘુત્તમ અને વિષુવૃત્ત પર મહત્તમ હોય છે.

પદાર્થનું દળ ક્યારેય બદલાતું નથી. દળ એ પદાર્થનો આંતરિક ગુણધર્મ છે. આથી તે જેતે પદાર્થ માટે અચળ રહે છે.

5.4.1 ગુરૂત્વીય સ્થિતિમાન અને સ્થિતિઉર્જા

સંરક્ષી બળની અસર હેઠળ પદાર્થની સ્થિતિ ઉર્જાને (પદાર્થમાં સંગ્રહયેલી ઉર્જા તરીકે) વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.

સંરક્ષી બળની વિરૂદ્ધમાં પદાર્થ પર લાગતાં બળ F દ્વારા જો તેનું સ્થાનાંતર dr જેટલું થાય તો તેની સ્થિતિઉર્જામાં થતો ફેરફાર dU નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$dU = -F.dr$$

r અંતરે અલગ રહેલાં બે દળો m અને M વચ્ચે લાગતું ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ.

$$F =$$

$\therefore$ ગુરૂત્વીય સ્થિતિ ઉર્જા

$$dU =$$

અથવા
$$U = GMm\int_{\infty}^{r}\frac{1}{r^2}dr = -\frac{GMm}{r}$$

એકબીજાથી r અંતરે રહેલાં બે દળો m અને M વચ્ચેનું ગુરુત્વીય સ્થિતિમાન ઉર્જા

$$U = -\frac{GMm}{r} + \text{ a constant}$$

જ્યારે r અનંત હોય ત્યારે ગુરુત્વીય સ્થિતિઉર્જા શૂન્ય હોય છે. જેથી અચળાંક શૂન્ય બને છે. અને

થાય છે.

એકમ દળની ગુરુત્વીય સ્થિતિઉર્જાને પદાર્થનું ગુરુત્વીય સ્થિતિમાન કહેવાય છે. આથી,

ગુરૂત્વીય સ્થિતિમાન

જે અદિશ રાશિ છે અને તેનો અકમ J/kg. છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 5.4

1. જો તમે ચંદ્રની સપાટી પર હોય તો તમારું દળ અને વજન કેટલું હશે ?
2. તમારાં પૃથ્વી પરનાં વજનની સરખામણી મંગળ પરનાં વજન સાથે કરો. તમારું દળ કેટલું હશે ? મંગળનું દળ = 6×10^{23} kg અને તેની ત્રિજ્યા = 4.3×10^{6} m.
3. પદાર્થોનું વજન કરવા માટે તમે બે પ્રકારની તુલાઓ જોઈ હશે. એકમાં બે પતરાં હોય છે. એક પતરામાં વજનીયાં મૂકવામાં આવે છે એ બીજા પતરામાં જે પદાર્થનું વજન કરવાનું હોય તેને મૂકવામાં આવે છે. બીજા પ્રકારની તુલામાં સ્પ્રિંગ હોય છે. જેમાં સ્પ્રિંગનાં એક છેડે રહેલાં ટ્રક પર પદાર્થને લટકાવી તેનું વજનું માપન કરવામાં આવે છે. ધારો કે બટાકા ભરેલી એક થેલીનું વજન તમે બંને પ્રકારની તુલાથી કરો છો અને તે બંને એક જ વજન દર્શાવે છે હવે તમે આ બંને તુલાઓને ચંદ્ર પર લઈ જાઓ છો અને બટાકાની થેલીનું વજન કરો છો. શું આ બંને તુલાઓ દ્વારા થતાં વજનનાં માપનમાં કંઈ ફેરફાર થશે ?
4. ગુરુત્વીય સ્થિતિમાનનો SI એમક આપો.

5.5 ગકોલરનાં નિયમો

પ્રાચીન સમયમાં એવું માનવામાં આવતું હતું કે બધાં જ અવકાશીય પદાર્થો પૃથ્વીની આસપાસ ઘૂમે છે. જો કે 15 મી સદીમાં પોલેન્ડનાં અવકાશ વિજ્ઞાની કોપરનિકર્સ દાવો કર્યો કે બધાં ગ્રહો સૂર્યની આસપાસ ઘમૂે છે. 16 મી સદીમાં ગેલેલિયોએ તેમનાં દૂરબીનની મદદથી પરીક્ષણો કરી કોપરનિક્સનાં દાવાને સમર્થન આપ્યું. બીજા

યુરોપીયન ખગોળશાસ્ત્રી ટાયકોબ્રાહે અવકાશીય પદાર્થોના પરીક્ષણ કર્યા. જે પરથી તેમના સહાયક કેપ્લરે અવકાશીય ગતિના નિયમો આપ્યા. કેપ્લરે ગ્રહોની ગતિઓ માટે ત્રણ નિયમો આપ્યા. જે નીચે મુજબ છે.

1. ગ્રહની કક્ષા ઉપવલયાકાર હોય છે, જેમાં સૂર્ય તેની નાભિ (Foci) પર હોય છે. (Fig. 5.7).

આકૃતિ 5.7 : ગ્રહની કક્ષા ઉપવલયાકાર હોય છે જેમાં સૂર્ય તેની નાભિ પર હોય છે. ગ્રહને A થી B સુધી અને C થી D સુધી પહોંચતા લાગતો સમય એકસમાન હોય છે.

2. સૂર્યને ગ્રહ સાથે જોડતી રેખા દ્વારા એકમ સમયમાં આવરી લેવામાં આવતું ક્ષેત્રફળ સમગ્ર કક્ષા પર અચળ હોય છે. (આકૃતિ 5.7)

3. સૂર્યની આસપાસ ગ્રહના પરિભ્રમણ કાળનો વર્ગ સૂર્યથી તેના સરેશા અંતરના ઘનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. અર્થાત્ r, $T^2 \alpha r^3$.

ચાલો આપણે ત્રીજા નિયમ વિશે વિસ્તૃત ચર્ચા કરીએ, તમને ખ્યાલ હશે કે ન્યુટને આ નિયમનો ઉપયોગ કરી સૂર્ય અને ગ્રહો વચ્ચે લાગતું બળ $1/r^2$ પ્રમાણે બદલાય છે તેમ દર્શાવ્યું હતું (ઉદાહરણ 5.1). તદ્ઉપરાંત બે ગ્રહોના ભ્રમણકાળ અનુક્રમે T_1 અને T_2 હોય તેમજ સૂત્ર તેમનું સરેરાશ અંતર અનુક્રમે r_1 અને r_2 હોય તો ત્રીજા નિયમ અનુસાર

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}$$

$$= \qquad (5.15)$$

જે ઘણું અગત્યનું સમીકરણ છે. દા.તા. જો T_1, r_1 અને r_2 જ્ઞાન હોય તો T_1 મેળવી શકાય છે.

ઉદાહરણ 5.5 : જો સૂર્યથી બુંધનું અંતર 57.9×10^9 m. હોય તો તેનો પરિભ્રમણ કાળ શોધો. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર 1.5×10^{11} m છે.

ઉકેલ : આપણે જાણીયે છીએ કે પૃથ્વીનો પરિભ્રમણકાળ 365.25 દિવસ છે. આથી T_1 = 365.25 days અને $r_1 = 1.5 \times 10^{11}$ m છે. $r_2 = 57.9 \times 10^9$ m (બુધ માટે) આથી બુધનો પરિભ્રણ કરી T_2 નીચેના સમકીરણથી મેળવી શકાય.

=

બધી રાશિઓના મુલ્યો મુક્તા,

$T_2 =$ = days

= 87.6 days.

આ પ્રમાણે બીજા બધા ગ્રહોના પરિભ્રમણ કાળ શોધી શકાય છે. નીચે આપેલ કોષ્ટક 5.1 માં સૂર્યમાળાના ગ્રહોની માહિતી આપી છે.

કોષ્ટક 5.1 : સૂર્યમાળાના ગ્રહો વિશેની માહિતી

Name of the planet	Mean distance from the Sun (in terms of the distance of earth)	Radius ($x10^3$ km)	Mass (Earth Masses)
Mercury	0.387	2.44	0.53
Venus	0.72	6.05	0.815
Earth	1.0	6.38	1.00
Mars	1.52	3.39	0.107
Jupiter	5.2	71.40	317.8
Saturn	9.54	60.00	95.16
Uranus	19.2	25.4	14.50
Neptune	30.1	24.3	17.20
Pluto	39.4	1.50	0.002

જે તંત્રમાં બંધનબળ ગુરુત્વાકર્ષણ હોય તેના માટે કેપ્લરના નિયમનો ઉપયોગ થઈ શકે છે. દા.ત. ગુરુ અને તેના ઉપગ્રહો માટે કેપ્લરના નિયમોનો ઉપયોગ કરી શકાય છે.

ઉદાહરણ 5.6 : એક માનવસર્જીત ઉપગ્રહનો પરિભ્રણ કાળ 1 દિવસ છે જેની ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ કહેવાય છે. પૃથ્વીની સપાટીથી તેની ઉંચાઈ ગણો. પૃથ્વીથી ચંદ્રનું અંતર 60 R_E છે (R_E પૃથ્વી ત્રિજ્યા છે), અને તેનો પરિભ્રમણ સમય 27.3 દિવસ છે.

ઉકેલ : ભૂસ્થિર ઉપગ્રહનો પરિભ્રમણ કાળ T_2 એક દિવસ છે. ચંદ્ર માટે T_1 = 27.3 days અને $r_1 = 60\ R_E$, અને T_2 = 1 day. સમીકરણ (5.15) પરથી

$$r_2 = \left[\frac{r_1^3 T_2^2}{T_1^2}\right]^{1/3} = \left[\frac{(60^3\ R_E^3)(1^2\ \text{day}^2)}{27.3^2\ \text{day}^2}\right]^{1/3} = 6.6\ R_E.$$

અહીં, ઉપગ્રહનું અંતર પૃથ્વીના કેન્દ્રથી લીધું છે. આથી પૃથ્વી સપાટીથી તેની ઊંચાઈ શોધવા માટે આપણે R_E જેટલું અંતર બાદ કરવું પડે. આથી પૃથ્વી સપાટીથી ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ ઉંચાઈ 5.6 R_E હશે.

5.5.1 ગ્રહોનો કક્ષીય વેગ

જો કોઈ ગ્રહનો પરિભ્રમણ કાળ T અને સૂર્યથી તેનું અંતર r હોય તો તે T સમયગાળામાં 2πr જેટલું અંતર કાપે છે. આથી તેનો કક્ષીય વેગ

$$v_{orb} = \qquad (5.16)$$

કક્ષીય વેગ શોધવા માટે બીજી રીતે પણ છે. ગ્રહ પર લાગતું કેન્દ્રગામી બળ જ્યાં m વતેનું દળ છે. આ બળ સૂર્ય અને ગ્રહ વચ્ચે ગુરુત્વાકર્ષણ બળના કારણે હોય છે. જો સૂર્યના દળ M હોય તો ગ્રહપર લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ $\frac{GmM_s}{r^2}$ આ બંને બળોને સરખાવતા,

$$= \frac{G\ M_s}{r^2},$$

આથી,

$$v_{orb} = \qquad (5.17)$$

$\frac{2\pi r}{T}$ $\frac{mv_{orb}^2}{r}$ $\sqrt{\frac{GM_s}{r}}$

નોંધો કે ઉપરોક્ત સમીકરણમાં ગ્રહના દળનો ઉલ્લેખ નથી. ગ્રહનો કક્ષીય વેગ સૂર્યથી તેના અંતર પર જ આધાર રાખે છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 5.5

1. આપણી ગેલેક્ષીમાં ઘણી બધી ગ્રહમાળાઓ આવી છે. શું તેમના પર કેપ્લરના નિયમોનો ઉપયોગ કરી શકાય.

2. બે માનવસર્જીત ઉપગ્રહો પૃથ્વી સપાટીથી 1000 km અને 2000 km અંતરે ઘુમી રહ્યા છે. આ બંનેમાંથી કોનો પરિભ્રમણકાળ વધારે હશે ? જો પહેલા ઉપગ્રહનો પરિભ્રમણકાળ 90 min હોય તો બીજાનો પરિભ્રમણ કાળ શોધો.

3. સૂર્યમાળામાં સેડના નામનો એક નાનો ગ્રહ હમણાંજ શોધાયો છે. તેનું સૂર્યથી અંતર 86 AU છે. (AU સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર દર્શાવે છે. 1 AU = 1.5×10^{11} m છે.) તેનો પરિભ્રમણ કાળ વર્ષ શોધો.

4. પૃથ્વીની આસાપાસ ફરતા ઉપગ્રહના કક્ષીયવેગનું સમીકરણ મેળવો.

5. સમીકરણ (5.16) અને (5.17) નો ઉપયોગ કરી કેપ્લરનો ત્રીજો નિયમ મેળવો.

5.6 પલાયન વેગ

આપણે જાણીએ છીએ કે ઉપર ફેંકેલો દડો પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણના કારણે પાછો ફેંકાય છે. જો તમે તેને વધારે

જોરથી ફેંકો તો પણ અમુક ઉંચાઈએ પહોંચ્યા પછી તે અંતે જમીન પર જ પટકાય છે. તો શું એવું સંભવ છે કે દડાને એકવાર ફેંક્યા પચી જમીન પર પાછુંન આવે ? તેનો ઉત્તર હા છે. પૃથ્વીના ખેંચાણમાંથી મુક્ત થવા માટે પદાર્થને જરૂરી લઘુત્તમ વેગને પલાયન વેગ કહેવાય છે.

દેખીતી રીતે પદાર્થનો પલાયન વેગ તેના દળ પર આધારીત હોય છે. કારણ કે પૃથ્વીનું ખેંચાણ પદાર્થના દળના સમપ્રમાણમાં હોય છે. આ ઉપરાંત પલાયન વેગ પદાર્થની ત્રિજ્યા પર પણ આધારિત હોય છે.

પૃથ્વી માટેનું પલાયન વેગ નીચે પ્રમાણે આપવામાં આવે છે.

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2G\,M}{R}} \tag{5.18}$$

જ્યાં M પૃથ્વીનું દળ અને R તેની ત્રિજ્યા છે. બીજા કોઈ ગ્રહ માટે પલાયન વેગ જાણવા માટે તેનું દળ અને ત્રિજ્યા ઉપરોક્ત સમીકરણમાં મુકવું પડે.

એવું નથી કે પલાયન વેગ સાથે ગતિ કરતા પદાર્થ પર પૃથ્વીનું ખેંચાણ બળ લાગતું નથી. તે તેની પર લાગતું જ હોય છે. પદાર્થનો વેગ અને પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ એમ બંને પદાર્થ પર એકસાથે લાગે છે. જેથી, ઉંચાઈ સાથે પદાર્થનો વેગ ઘટતો જાય છે. હા એવું જરૂર બની શકે કે વેગ શૂન્ય બનતા પહેલા બળ શૂન્ય બને. જેથી પદાર્થ પૃથ્વીના ખેંચાણમાંથી મુક્તબની જાય.

પાઠગત પ્રશ્નો 5.6

1. પૃથ્વીનું દળ 5.97×10^{24} kg છે અને તેની ત્રિજ્યા6371 km. છે. પૃથ્વી પરની પલાયન વેગ શોધો.
2. ધારોકે પૃથ્વી તેનું દળ બદલ્યા વિના તેની ત્રિજ્યા ચોથા ભાગમાંદરી દે તો તેના માટે પલાયન વેગ કેટલો હશે ?
3. કોઈ કલ્પીત ગ્રહ X નું દળ પૃથ્વી કરતાં આઠ ગણું વધારે અને ત્રિજ્યા બમણી છે. પૃથ્વીના પલાયન વેગના સંદર્ભમાં તે ગ્રહનો પલાયન વેગ કેટલો હશે ?

5.7 કૃત્રિમ ઉપગ્રહો

ઓસ્ટ્રેલિયાના સિડનીમાં રમાતા ક્રિકેટ મેચ આપણે ભારતમાં જીવંત જોઈએ છીએ. શું તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે આવું કેવી રીતે શક્ય બને છે ? આ બધું પૃથ્વીની આસપાસ ફરતા કૃત્રિમ ઉપગ્રહોને આભારી છે. તમને થશે કે કૃત્રિમ ઉપગ્રહો કક્ષામાં તરતા કેવી રીતે મુકી શકાય છે ?

આકૃતિ 5.8 : *પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણ કરતો ઉપગ્રહ*

આપણે જાણીએ છીએ કે પ્રક્ષેપ ગતિમાં પ્રક્ષેપકને સમક્ષિતિજ દિશાથી કોઈ અનેક ખૂણે ફેંકતા તેનો પથ પરવલય થાય છે. આકૃતિ 5.8 *માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વધારે બળ સાથે પદાર્થ ફેંકતા તે વધારે અંતર સુધી પહોંચે છે. અને ત્યારબાદ પૃથ્વી પરી પાછો પડે છે. અર્થાત્ વધારે બળ એટલું વધારે અંતર. આમ એક સમય પછી પ્રક્ષેપક પૃથ્વીની કક્ષામાં પહોંચી જાય છે અને કૃત્રિમ ઉપગ્રહ બને છે.*

કૃત્રિમ ઉપગ્રહને કક્ષામાં મુકવા માટે તેને પૃથ્વી સપાટી 200 km *ઉપર લઈ જવામાં આવે છે. જેથી પૃથ્વીના વાતાવરણમાં ઘર્ષણના કારણે ઉર્જાની વ્યય લઘુત્તમ થાય છે. ત્યારબાદ તેની લગભગ* 8 kms^{-1} *જેટલા સમક્ષિતિજ વગેથી ધકેલવામાં આવે છે.*

$\frac{v_{sec}}{\sqrt{2}}$

કૃત્રિમ ઉપગ્રહોની કક્ષા પણ કેપ્લરના નિયમોનું પાલન કરે છે. કરાણ કે તેનું સંચાલક બળ પૃથ્વી અને ઉપગ્રહ વચ્ચેનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ જ હોય છે.

યાદ રાખો કે કૃત્રિમ ઉપગ્રહનો કક્ષીય વેગ પલાયન વેગ કરતાં ઓછો હોવો જોઈએ. નહીં તો તે પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણમાંથી મુક્ત બની જાય છે. અને પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણ કરી શકતો નથી. પલાયન વેગ અને ઉપગ્રહના કક્ષીય વેગના સમીકરણ પરથી લખી શકાય કે,

$$v_{orb} = \qquad (5.19)$$

આકૃતિ 5.9: *વિષુવવૃત્તીય અને ધ્રુવીય કક્ષાઓ*

આકૃતિ 5.9 *માં દર્શાવ્યા મુજબ કૃત્રિમ ઉપગ્રોહની કક્ષાઓ બે પ્રકારની હોય છે. જે ઉપગ્રહને તરતા મુકવા*

માટેના હેતુ પર આધારિત હોય છે. રીમોટ સેન્સીંગ માટે ઉપયોગમાં લેવાતા ઉપગ્રહો ધ્રુવીય કક્ષાઓમાં ઘુમે છે. જે લગભગ 800 km. ની ઉંચાઈએ હોય છે. જો ઉપગ્રહ 300 km. થી ઓછી ઉંચાઈએ હોય તો તે વાતાવરણના કણો સાથે ઘર્ષણ અનુભવી ઉર્જાનો વ્યય કરે છે. ધ્રુવીય ઉપગ્રહોનો ભ્રમણ કાળ 100 minutes હોય છે. આવી પુનરાવર્તીય ગતિ દરમિયાન આકૃતિ 5.10 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઉપગ્રહ સમગ્ર પૃથ્વીનું નીરીક્ષણ કરે છે. કારણ કે તે પૃથ્વીની અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે.

માહિતીના આદાનપ્રદાન (communication) ના હેતુ માટે ઉપગ્રહોને વિષુવવૃત્તીય કક્ષાઓમાં ઘણી વધારે ઉંચાઈ પર તરતા મુકવામાં આવે છે. આમાંના મોટા ભાગનાં ઉપગ્રહો ભુસ્થિર (**geo-synchronous)** હોય છે.જેમનો ભ્રમણકાળ પૃથ્વીના ધરી ભ્રમણકાળ જેટલો જ હોય છે. અર્થાત્ 24 hours જેટલો હોય છે. તેમની ઉંચાઈ 36000 km. પર નિશ્ચિત હોય છે. તેમનો પરિભ્રમણકાળ પૃથ્વી જેટલો જ હોવાથી પૃથ્વી પરથી જોતાં તે સ્થિર દેખાય છે. આવા ઉપગ્રહોનું સંયોજન સમગ્ર પૃથ્વીના નિરીક્ષણો આવરી શકે છે. જેથી માહિતી સંદેશાઓ પૃથ્વીના કોઈપણ જગ્યાથી બીજી જગ્યા પર મોકલી શકાય છે.

આકૃતિ 5.10: ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ દ્વારા પૃથ્વીનું પરીક્ષણ

5.7.1 ભારતીય અવકાશ સંશોધન સંસ્થા

ભારત એક વિશાળા વસ્તી ધરાવતો દેશ છે. જેના માટાભાગની વસ્તી ગ્રામ્ય વિસ્તારોમાં રહે છે અને વરસાદ પર આધાર રાખે છે. આથી હવામાન આગાહી એક અગત્યનો મુદ્દો બની રહે છે. આ ઉપરાંત વિશાળ વસ્તી માટે કોમ્પ્યુનીકેશન પણ અગત્યનો મુદ્દો છે. ઉપગ્રહ ટેકનોલોજી આવા બધા હેતુઓ પુરા પાડે છે. આ હેતુસર ઈ.સ. 1969 માં ભારત સરકારે ઈસરોની સ્થાપના કરી જેના વડા ડૃ. વિક્રમ સારાભાઈ હતા. તેમનું લક્ષ્ય ભારતની પ્રજાને ઉપગ્રહથી શિક્ષણ આપવાનું હતું. ઈસરોએ કોમ્યુનિકેશ માટે અવકાશીય તંત્રો, ટેલીવીઝ પ્રાસણ, રિમોટ સેંન્સિગ અને વૈજ્ઞાનિક સંશોધન માટેના કાર્યક્રમો બનાવ્યો. ઈસરો દ્વારા પોલાર સેટેલાઈટ લોંચ વેહીકલ્સ (PSLV) અને જીયોસિન્ક્રોનસ લોંચ વેહીકલ્સ (GSLV) પણ બનાવ્યા. વૈજ્ઞાનિક કાર્યક્રમોમાં નીચેની બાબતોનો અભ્યાસ થાય છે.

(i) આબોહવા, વાતાવરણમાં થતો વૈશ્વિક ફેરફાર,

(ii) પૃથ્વીની ઉપરનું વાતાવરણ,

(iii) ખગોળ શાસ્ત્ર

(iv) હિંદ મહાસાગર

તાજેતરમાં જ ઈસરોએ EduSat નામનો શૈક્ષણિક ઉપગ્રહ તરતો મુક્યો છે. જે વિશ્વનો આ પ્રકારનો પ્રથમ ઉપગ્રહ છે. જેની મદદથી યુવા વિદ્યાર્થીઓ પૃથ્વી પર અલગ અલગ જગ્યા પરથી પણ એક સાથે અભ્યાસ કરી શકે

છે.,

આકૃતિ 5.11: PSLV **આકૃતિ 5.12: GSLV**

1. ધારો કે માનવજાત મંગળ પર વસવાટ કરે અને મંગળ પરથી ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ તરતા મુકે છે. મંગળને ભ્રમણ કાળ 24.6 hours છે. તેનું દળ 6.4×10^{23} kg અને ત્રિજ્યા 3400 km. છે. મંગળની સપાટીથી ઉપગ્રહની ઉંચાઈ કેટલી હોવી જોઈએ ?
2. અવકાશમાં ટેલીસ્કોપની અગત્યતા જણાવો.

તમે જે શીખ્યા

- બ્રહ્માંડના કોઈ પણ બે કણો વચ્ચે ગુરુત્વાકર્ષણબળ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તે તેમની વચ્ચેનાં અંતરનાં વર્ગનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં અને તેમનાં દળોનાં ગુણાકારનાં સમપ્રમાણમાં હોય છે.
- ગુરુત્વાકર્ષણનો અચળાંક G સાર્વત્રિક છે. પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બધાં પદાર્થોને તેની તરફ આકર્ષે છે.
- પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બધાં પદાર્થોને તેની તરફ આકર્ષે છે.
- પૃથ્વી સપાટી નજીકમાં ગુરુત્વપ્રવેગ 9.8 ms^{-2} છે. તેનું મૂલ્ય પૃથ્વી પર જુદી જુદી જગ્યાએ જુદું જદું હોય છે. કારણે કે પૃથ્વીનો આકાર એકસમાન નથી.
- ઊંચાઈ, ઉંડાઈ અને અક્ષાંશ સાથે ગુરુત્વપ્રવેગ બદલાય છે.
- પદાર્થનું વજન તેની પર લાગતું ગુરુત્વબળ છે.

- M અને m દળ ધરાવતાં બે કણો વચ્ચે ગુરુત્વીય સ્થિતિ ઉર્જા છે, જ્યા r તેમની વચ્ચેનું અંતર છે.
- કેપ્લરનાં પ્રથમ નિયમાનુંસાર, ગ્રહની કક્ષા લંબગોળાકાર ઉપવલયાકાર છે. જ્યાં સૂર્ય તેની એક નાભિ પર રહે છે.
- જો પદાર્થ પૃથ્વી પરનાં પલાયન વેગ કરતાં વધુ વેગ ધરાવે તો તે પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણની બહાર નીકળી જાય છે.

પાઠયાંત પ્રશ્નો

1. આપણે જાણીએ છીએ કે ગુરુત્વાકર્ષણ પારસ્પરીક બળ છે. જો એમ હોય તો શું તેનો અર્થ એવો થાય કે સફરજન પણ પૃથ્વીને આકર્ષે છે ? જો ઉત્તર હા હોય તો પૃથ્વી તેની પ્રતિક્રીયમાં કેમ ચલિત થતી નથી ?
2. અમુક નિશ્ચિત અંતરે રહેલાં બે કણો વચ્ચેનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ જાણવા માટે આપણે પૃથ્વી એક પ્રયોગ કરીએ છીએ, જેમાં ધારો કો બળનું મૂલ્ય F છે. આપણે સમગ્ર પાર્યોગિક સાધનોને ચંદ્ર પર લઈ જઈએ છીએ અને ત્યાં પ્રયોગ કરીએ છીએ. તો ચંદ્ર પર આ બંને કણો વચ્ચે લાગતું બળનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?
3. ધારો કે પૃથ્વી તેનાં દળમાં ફેરફાર કર્યા વિના તેનું કદ બમણું કરે છે. જો તમારું અત્યારનું વજન 500 N હોય તો વિસ્તરણ બાદ તમારું વજન કેટલું હશે ?
4. ધારો કે પૃથ્વી તેનું ગુરુત્વાકર્ષણ એકાએક ગુમાવી દે તો પૃથ્વી પરનું જીવન શું ટકી રહેશે ?
5. આકૃતિ 5.6 માં પૃથ્વીનું બંધારણ દર્શાવ્યું છે. પૃથ્વીના પોપડાની નીચે (25 km નીચે) અને પથ્થરના સ્તરની નીચે (2855 km ની નીચે) g નું મૂલ્ય શધો.
6. ચંદ્રના પરીભ્રમણ સમય અને તેની કક્ષાની ત્રિજ્યા પરથી પૃથ્વીનાં દળનું સમીકરણ મેળવો.
7. ધારો કે પૃથ્વી પર તમારું વજન 500 N છે તો ચંદ્ર પર તે કેટલું થશે ? ચંદ્ર પર તમારું દળ કેટલું થશે ?
8. પૃથ્વી સપાટીથી 800 km ઊંચાઈએ એક ધ્રુવીય ઉપગ્રહ તરતો મુકવામાં આવે છે. તેનો કક્ષીય વેગ અને પરીભ્રમણ કાળ શોધો.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

5.1

1. ચંદ્રનો પરીભ્રમણ કાળ $T = 27.3\text{d}$

$= 27.3 \times 24 \times 3600 \text{ s}$

ચંદ્રની કક્ષાનિ ત્રિજ્યા $R = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$

ચંદ્રનો ક્ષીય વેગ $v =$

કકેન્દ્રગામી પ્રવેગ $= v^2/R$

Notes

$$= \quad \cdot \frac{1}{R} =$$

$$=$$

$$= \frac{4\pi^2 \times 3.84}{(27.3 \times 2.4 \times 3.6)^2} \times 10^{-2}\ ms^{-2}$$

$$= .00272\ ms^{-2}$$

કેન્દ્રગામી પ્રવેગની ગણતરીમાં g *કને* 3600 *થી ભાગતાં, એ જ મૂલ્ય મળે છે :*

$$= \frac{9.8}{3600} ms^{-2}$$

$$= 0.00272\ ms^{-2}$$

2. F =

F *બળ છે.* $\therefore$ G = =

[illegible] $\times 10^8$ m / ([illegible] $24 \times 3600)^2\ s^2$

3. F = G

જો m_1 = 1kg, m_2 = 1kg, r = 1m, then F = G

એક સમાન દળ 1 kg *વાળા બે પદાર્થો વચ્ચેનું અંતર* 1 m. *હોય તો તેની વચ્ચે લાગતું બળ* G *જેટલું હોય છે.*

4. (i) F α $1/r^2$, *જો* r *બમણું થાય ેત બળ ચોથાં ભાગનું થશે.*

(ii) F α m_1m_2, *જો* m_1 *અને* m_2 *બંને*

(iii) F α ,

કજો દરેક દળ બમણું થાય તો અંતર પણ બમણું થશે, આથી,

F *માં ફેરફાર થતો નથી.*

5. F = G ; $G = 6.68 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \quad .$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times 3 \times 10^{3}\ \text{N}$$

$$= 2 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

5.2

1. $g = \dfrac{GM}{R^2}$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \qquad .$$

$$= \qquad \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.81\ \text{m s}^{-2}$$

2. *ધ્રુવો પર* g

$$g_{pole} =$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} .$$

$$= \qquad \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.81\ \text{ms}^{-2}$$

આજ પ્રમાણે

$$g_{eguator} = \qquad \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.79\ \text{ms}^{-2}$$

3. *g કનું મૂલ્ય હંમેશા અધોદિશામાં લંબ હોય છે.*

4. $g_{moon} = 6.67 \times 10^{-11} \qquad \times$

$$= \qquad \times 10^{-1} \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1.61\ \text{m s}^{-2}$$

Notes

5.3

1. *ધારો કે પૃથ્વીનાં કેન્દ્રથી* r *અંતરે* g *કનું મૂલ્ય* g_1 *જેટલું છે.*

   પૃથ્વીની બહાર,

   તો =

   જો $g_1 = g/2 \Rightarrow r^2 = 2R^2 \Rightarrow r =$ $R = 1.412\,R$

   $\therefore$ *આથી, પૃથ્વી સપાટીથી ઊંચાઈ* $= 1.4142\,R - R$

   $= 0.4142\,R$

2. *પૃથ્વીની અંદર તેનાં કેન્દ્રથી અંતરમાં ફેરફારની સાથે* g *બદલાય છે. ધારો કે* d *જેટલી ઉંડાઈએ* g *નું મૂલ્ય* g_d *અછે.*

   તો =

   જો g_d = 80%, *હોય તો,*

   =

   $\therefore$ $d = 0.2\,R$

[illegible]

3. *સમી.* 5.3 *માં આપણે ગણતરી કરી હતી કે* $\omega = 7.27 \times 10^{-5}$ rad s^{-1}

$\therefore$ $R\omega^2 \cos 30^\circ = 6.37 \times 10^6 \times (7.27 \times 10^{-5})^2\ s^{-2}$. $= 0.029\ ms^{-2}$

   ધ્રુવો પર g $= 9.853\ m\ s^2$

   (*ઉદાહરણ* 5.2 *પ્રમાણે*)

   $\therefore$ *દિલ્હીમાં* g $= 9.853\ ms^{-2} - 0.029\ ms^{-2}$

   $= 9.824\ ms^{-2}$

4. *સમીકરણ* (5.9) *પ્રમાણે*

$$g_h = \quad = \frac{9.81\,\text{m s}^{-2}}{1 + \frac{2000\,\text{km}}{6371\,\text{km}}}$$

$$= \quad = 7.47\ \text{m s}^{-2}$$

   r *સાથે ફેરફાર કરતાં*

$g =$

$= 6.67 \times 10^{-11}$.

$= 7.33\ ms^{-2}$

જે વધુ ચોક્કસાઈ પૂર્વકનાં પરીણામો આપે છે. કારણ કે સમી. (5.9) *h << R માટે છે. આ કિસ્સામાં h << R નથી.*

5.4

1. *ચંદ્ર પર g નું મૂલ્ય પૃથ્વી કરતાં છઠ્ઠા ભાગનું હોવાથી તમારું વજન પણ ચંદ્ર પર પૃથ્વી પરનાં વજન કરતાં છઠ્ઠા ભાગનું થશે. જો કે તમારું દળ અચળ રહેશે.*

2. *મંગળનું દળ* $= 6 \times 10^{23}$ kg

   મંગળની ત્રિજ્યા $= 4.3 \times 10^{6}$ m

   $\therefore \quad g_{\text{Mars}} = G\frac{M}{R^2} = 6.67 \times 10^{-11}$. $= 2.16$

   $=$ $= 0.22$

   અઆથી તમારું વજન પૃથ્વી પરનાં વજન કરતાં ચોથાં ભાગનું હશે. દળ અચળ રહેશે.

3. *બે પતરાં ધરાવતી તુલાઓ હકીકતમાં દળની સરખામી કરે છે. કારણ કે બંને પતરાં માટે g નું મૂલ્ય સમાન છે. જેથી તેની અસર નાબૂદ થાય છે. બીજા પ્રકારની તુલા, સ્પ્રીંગ, તુલામાં વજન મપાય છે. બે પતરાં વાળી તુલા પૃથ્વી અને ચંદ્ર પર એકસમાન વાંચન ન દર્શાવશે. જ્યારે સ્પ્રીંગ તુલા બટકાની થેલીનું પૃથ્વીનાં તેનાં વજન કરતાં છઠ્ઠા ભાગનું વજન દર્શાવશે.*

4. *ગુરુત્વીય સ્થિતિમાનનો એકમ* J/kg. *છે.*

5.5

1. *હા, જ્યાં પણ પદાર્થો વચ્ચે લાગતું બળ ગુરુત્વાકર્ષી હોય ત્યાં કેપ્લરનાં નિયમોનું પાલન થાય છે.*

2. *અકોલરનાં તૃતિય નિયમાનુસાર*

   $=$ or $T^2 \propto r^3 \Rightarrow T \propto r^{3/2}$

   આથી, વધુ ઉંચાઈ પર રહેલાં ઉપગ્રહનો ભ્રમણકાળ વધુ હોય છે.

   ધારો કે, $T_1 = 90$ min, $\quad r_1 = 1000$ km + 6371 km

Notes

$$r_2 = 2000 \text{ km} + 6371 \text{ km}$$

[પૃથ્વીનાં કેન્દ્રથી]

$$\therefore \quad = \quad = (90 \text{ min})^2$$

$$T_2 = 108.9 \text{ min}$$

3. કેપ્લરનાં ત્રીજા નિયમ મુજબ,

$$= \frac{r^3_{earth}}{r^3_{sedna}}$$ [સૂર્યથી અંતર]

$$T_{earth} = 1 \text{ yr.}, \; r_{earth} = 1 \text{ AU}$$

$$T^2_{sedna} = \frac{(1\text{yr})^2 (86 \text{ AU})^3}{(1\text{AU})^3} (86)^3 \text{yr}^2$$

$$\therefore \quad T_{sedna} = 797.5 \text{ વર્ષ}$$

4. જો પૃથ્વીનાં કેન્દ્રથી r અંતરે રહેલા m દળવાળા ઉપગ્રહનો કક્ષીય વેગ v હોય તો ગુરુત્વાકર્ષણ બળને કેન્દ્રગામી બળ સાથે સરખાવતાં,

$$\sqrt{6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \times 10^{24} \text{kg}}{6.371 \times 10^6 \text{ m}}}$$

$$\frac{mv^2}{r} = \quad \Rightarrow v =$$

જ્યાં M પૃથ્વી દળ છે.

5. સમી. (5.16) અને (5.17) કપરથી,

$$= \frac{GM}{r} \Rightarrow T^2 =$$

or $T^2 \propto r^3$.

5.6

1. $$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$=$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 5.97 \times 10}{6.371}} \; 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

$$= 11.2 \times 10^3 \text{ ms}^{-1} = 11.3 \text{ kms}^{-1}$$

2. v_{esc} α

જો R ચોથા ભાગનો બને તે, v_{esc} બમણો થાય.

3. v_{esc} α

જો M કઆઠ ગણો બને અને R બમણો થાય તો,

then

v_{esc} α or v_{esc} *બમણો થાય.*

5.7

1. $(R + h)$

$$\Rightarrow (R + h)^3 = \frac{GM}{4\pi^2} T^2$$

$$=$$

$$= 8370 \times 10^{18} \text{ m}$$

$$R + h = 20300 \text{ km}$$

$$h = 26900 \text{ km}$$

2. (a) *રેખાકૃતિઓ વધુ સ્પષ્ટ*

   (b) x-ray *કટેલિસ્કોપી વગેરે.*

Answers to Terminal Problems

3. 125 N

5. □ g, 5.5 ms^{-2}

7. વજન = , દળ 50 kg ચંદ્ર અને પૃથ્વી પર

8. T , $v = 7.47$ km s^{-1}

500 1 6 hN

Notes

6

કાર્ય, ઉર્જા અને પાવર

આપણે જાણીએ છીએ કે પદાર્થ પર બળ લગાડતાં તે ગતિ કરે છે જેને ન્યૂટનનાં ગતિનાં નિયમો દ્વારા સમજી શકાય છે. ગતિમય પદાર્થ પર બળ લાગતાં તેનો વેગ (દિશા અને મૂલ્ય) પમ બદલાય છે. આ પ્રકરણમાં આપણે કાર્ય અને ઉર્જાનાં ખ્યાલ વિશે ચર્ચા કરીશું. અધ્યતન સમાજને વિવિધ કાર્યો કરવા માટે ઘણી બધી ઉર્જાની જરૂર પડે છે. સમય સાથે કાર્યો અને તેની પદ્ધતિ પણ બદલાતી રહી અને સાથે સાથે તે કાર્યો કરવા માટેની ઊર્જા પણ બદલાતી રહી છે. આમ, ઉર્જા અને કાર્ય એકબીજા સાથે ધનિષ્ટ સંબંધ ધરાવે છે. કાર્ય કરવાના સમયદરને પાવર કહેવાય છે.

ઉદેશ્યો

આ પ્રકરણ શીખ્યા પછી તમે :

- બળ દ્વારા થતું કાર્ય અને તેનો એકમ વ્યાખ્યાયિત કરી શકશો.
- બળ દ્વારા થતાં કાર્યની ગણતરી કરી શકશો.
- કાર્ય - ઉર્જા પ્રમેય સમજી શકશો.
- ઉર્જાનો અર્થ સમજાવી શકશો.
- ગુરૂત્વીય તેમજ સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિઉર્જાનાં સમીકરણ મેળવી શકશો.
- ભૌતિક તંત્રો માટે ઉર્જા સંરક્ષણનો નિયમ સમજાવી શકશો.

6.1 કાર્ય

જુદા જુદા વ્યક્તિઓ માટે કાર્યનો અર્થ અલગ અલગ થાય છે. અભ્યાસ કરતી વખતે આપણે માનસિક કાર્ય કરીએ છીએ. જ્યારે કારીગર ઈંટો અને સિમેન્ટ મકાનની ઉપર લઈ જાય ત્યારે તે શારીરિક કાર્ય કરે છે કે જે ગુરુત્વાકર્ષણની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. પરંતુ વિજ્ઞાનમાં કાર્યની અર્થ નીચે પ્રમાણે છે.

આકૃતિ 6.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ પદાર્થ પર અચળ બળ F લાગતો તે d સ્થાનાંતર કરે છે. આ સ્થાનાંતર સમક્ષિતિજ સપાટી પર સીધી રેખામાં થાય છે. આમ, સ્થાળાંતરની દિશામાં બળના ઘટકનું મુલ્ય અને પદાર્થનું

Notes

સ્થાળાંતરના ગુણાકારને પદાર્થ પર થતું કાર્ય કહેવાય છે.

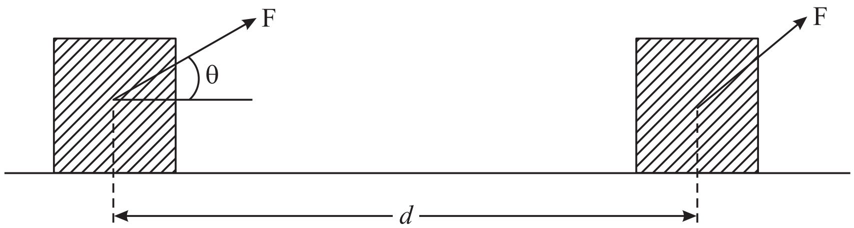


Fig 6.1 : A force F on a block moves it by a horizontal distance d. The direction of force makes an angle θ with the horizontal direction.

જો પદાર્થ પર લાગતું બળ F હોય અને તેનાથી થતું પદાર્થનું સ્થાળાંતર d હોય અને તેમની વચ્ચેનો ખૂણો θ હોય તો, સ્થાનાંતરની દિશામાં બળનો ઘટક $F \cos \theta$ હશે. આથી, બળ **F** દ્વારા થતું કાર્ય.

$$W = F \cos\theta . d \quad (6.1)$$

સદિશના રૂપમાં થયેલા કાર્યને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

$$W = \mathbf{F} . \mathbf{d} \quad (6.2)$$

જો $d = 0$ હોય તો $W = 0$ થશે. અર્થાત્ બળનું મૂલ્ય ગમે તેટલું હોય તો પણ જો સ્થાનાંતર શુન્ય હોય તો પદાર્થ પર કોઈ કાર્ય થતું નથી. આ ઉપરાંત બળ અને સ્થાનાંતર સદિશ હોવા છતાં પણ કાર્ય અદિશ છે.

પ્રવૃત્તિ 6.1

તમે તમારા મિત્રો સાથે ઓરડાની દિવાલને ધક્કો મારો. તમારા દ્વારા લગાડાતા બળનું મુલ્ય ગમે તે હોય તે છતાં પણ દિવાસ ખસસે નહીં. આમ, આ કિસ્સામાં થતું કાર્ય શૂન્ય કહેવાય. કાર્યનો એકમ સમીકરણ 6.2 પરથી ન્યુટન મીટર એટલે કે જૂલ છે.

જો પદાર્થ પર એક ન્યુટન બળ લાગતા તેનું સ્થાનાંતર 1 મીટર થાય તો થતું કાર્ય એક જૂલ છે તેમ કહેવાય.

ઉદાહરણ 6.1 : કાર્યની પારિમાણીક સૂત્ર મેળવો.

ઉકેલ

W = બળ × સ્થાનાંતર

= દળ × પ્રવેગ × સ્થાનાંતર

કાર્યનું પરિક્ષણ = $[M] \times [LT^{-2}] \times [L]$

$= [ML^2T^{-2}]$

ઉદાહરણ 6.2 : સમક્ષિતિજ સપાટીની 60^0 ના ખૂણે પદાર્થ લાગતું બળ 6N છે. પદાર્થને સમક્ષિતિજ દિશામાં 2m સ્થાનાંતર કરાવવા માટે જરૂરી કાર્યની ગણતરી કરો.

ઉકેલ : સમીકરણ (6.2) પરથી,

$$W = Fd \cos\theta$$
$$= 6 \times 2 \times \cos 60^o$$
$$= 6 \times 2 \times (½)$$

Notes

$= 6\ J$

ઉદાહરણ 6.3 : કોઈ એક વ્યક્તિ 5 kg બટાકાને ભોંયતળિયા પરથી 4m ઊંચે રહેલા પહેલા માળે લઈ જાય છે. કાર્યની ગણતરી કરો.

ઉકેલ : બટાકાને ઉપર તરફ લઈ જતાં ગુરુત્વાકર્ષની વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય થાય છે. આથી,

$$\text{Force} = mg$$
$$= 5\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m s}^{-2}$$
$$= 49\ \text{N}$$
$$\text{Work done} = 49 \times 4\ (\text{N m})$$
$$= 196\ \text{J}$$

6.1.1 ધન અને ઋણ કાર્ય

સમીકરણ (6.2) પરથી સમજી શકાય છે કે બળ અને સ્થાનાંતર વચ્ચેનો ખૂણો θ પણ અગત્યની છે. હકીકતમાં તેના પરથી જ માલૂમ પડે છે કે કાર્ય ધન છે કે ઋણ, નીચે આપેલું ઉદહારણ ધ્યાનમાં લો.

આકૃતિ 6.2 (a) માં $+x$ દિશામાં ગતિ કરી ગાડી દર્શાવી છે. જેના પર લાગતું બળ F તે જ દિશામાં લગાડવામાં આવે છે. તેથી ગાડીની ઝડપ વધે છે. અહીં બળ અને સ્થાનાંતર બંને એકજ દિશામાં હોવાથી $\theta = 0^o$ થતું કાર્ય નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$W = Fd \cos 0^o$$
$$= Fd \qquad (6.4)$$

આ કિસ્સામાં થતું કાર્ય ધન છે.

આકૃતિ 6.2 : સમક્ષિતિજ રોડ પર ગાડી ગતિ કરે છે. a) ગાડીની ગતીની દિશામાં F લાગે છે, જેથી તે પ્રવેગીત થાય છે. b) ગાડીની ગતિની વરૂદ્ધ દિશામાં લાગતું બળ F છે.

આકૃતિ 6.2 (b) કમાં ગાડી $+x$ દિશામાં ગતિ કરે છે. પરંતુ તેની પર લાગતું બળ **F** તેની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં લાગે છે. જે ગાડીને રોકે છે. અહીં, $\theta = 180^o$ આથી,

$$W = Fd \cos 180^o.$$
$$= -Fd \qquad (6.5)$$

આમ, આ કિસ્સામાં થતું કાર્ય ઋણ છે. ઉપરોક્ત ઉદાહરણો પરથી સમજી શકાય છે,

a) ગાડીનું એક્સેલીટેર દબાવતા ગાડી પર લાગતું બળ તેની ગતિની દિશામાં હોવાથી ગાડીની ઝડપ વધે છે અને થતું કાર્ય ધન છે.

b) ગાડીને બ્રેક મારતા તેની પર લાગતું બળ ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં હોવાથી ગાડીની ઝડપ ઘટે છે. અને તે સ્થિર થઈ જાય છે. આ કિસ્સામાં થતું કાર્ય ઋણ છે.

c) જો બળ અને તેના કારણે થતું સ્થાનાંતર એકબીજાને લંબ $\theta = 90^o$ હોય તો કોઈ કાર્ય થતું નથી.

6.1.2 ગુરૂત્વાકર્ષ બળ દ્વારા થતું કાર્ય

આકૃતિ 6.3(a) પ્રમાણે કોઈ દળ m ને h ઊંચાઈએ લઈ જવામાં આવે છે. અને આકૃતિ 6.3(b) માં પદાર્થ m ને h ઊંચાઈએથી નીચે લાવવામાં આવે છે. બંને કિસ્સાઓમાં પદાર્થનું વજન mg છે.

આકૃતિ 6.3 (a) માં દર્શાવ્યા મુજબ થતું કાર્ય બળ mg ની વિરૂદ્ધ દિશામાં (અધોદિશામાં) છે. અને થતું સ્થાનાંતર ઉર્ધ્વદિશામાં ($\theta = 180^\circ$) છે. આથી,

$$W = Fd \cos 180^\circ$$

$$= - mgh$$

(a) (b)

આકૃતિ 6.3 : (a) ગુરૂત્વાકર્ષ બળની વિરૂદ્ધ દિશામાં પદાર્થને ઉપર તરફ લઈ જવામાં આવે છે.
(b) પદાર્થ નીચે પડે છે.

આકૃતિ 6.3(b) માં પદાર્થ નીચે પડે છે. આ કિસ્સામાં બળ mg અને સ્થાનાંતર d બંને એકજ દિશામાં ($\theta = 0^\circ$) છે. આથી થતું કાર્ય

$$W = Fd \cos 0^\circ$$

$$= + mgh \qquad (6.6)$$

જ્યારે પદાર્થને ઉપર લઈ જવામાં આળે ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા થતું કાર્ય ઋણ છે. પરંતુ વ્યક્તિ દ્વારા થતું કાર્ય ધન છે. પદાર્થ નીચે લાવતા ગુરુત્વાકર્ષબળ દ્વારા થતું કાર્ય ધન છે. પરંતુ વ્યક્તિ દ્વાર થતું કાર્ય ઋણ છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 6.1

1. વર્તુળમય ગતિ કરતા કણ પર બળ લાગે છે. કણ પર લાગતા બળ દ્વારા થતું કાર્ય શોધો.
2. નીચેના દરેકનું એક ઉદાહરણ આપો, બળ દ્વારા થતું કાર્ય.
   (a) શૂન્ય છે.

(b) ઋણ છે.

(c) ધન છે.

3. 2 kg. યદળ વાળી અનાજવાળી થેલીને 5 M ઊંચાઈએ લઈ જતાં.

(a) ઊર્ધ્વબળ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ?

(b) ગુરુત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ?

4. બળ **F** = (2$\hat{\mathbf{i}}$ + 3) N દ્વારા થતું સ્થાનાંતર d = (– + 2) m ?કાર્યની ગણતરી કરો.

5. કણ પર **F** = (5 +3) N જેટલું બળ લાગતા થતું સ્થાનાંતર **d** = (3 + 4)m છે.

(a) સ્થાનાંતરનું મુલ્ય શોધો ?

(b) બળનું મુલ્ય શોધો ?

(c) બળ દ્વારા થતું કાર્ય શોધો ?

6.2 ચલિત બળ દ્વારા થતું કાર્ય

પદાર્થ પર લાગતું બળ હંમેશા અચળ રહે તેવું હોતું નથી. અમુક કિસ્સાઓમાં કાર્ય માટે જવાબદાર બળ સમય સાથે બદલાતો રહેતો હોય છે. ચાલો હવે આપણે પદાર્થના સ્થાન સાથે બદલાતા બળ F(x) વિશે ચર્ચા કરીએ. ચલિત બળ દ્વારા થતું કાર્ય શોધવા માટે ધોરો કે પદાર્થ કોઈ સ્થળ x_i થી કોઈ બીજા સ્થળ x_f સુધી સ્થાનાંતર અનુભવે છે. જ્યાં x_i પ્રારંભિક સ્થાન અને x_f અંતિમ સ્થાન છે. આ કિસ્સામાં સ્થાનાંતરના સુક્ષ્મતમ અંતરાલો Δx પર કાર્યની ગણતરી કરવામાં આવે છે. અહીં Δx અટલો સુક્ષ્મતમ છે કે જેથી દરેક અંતરાલ માટે બળ F(x) અચળ ગણી શકાય Δx જેટલા નાના સ્થાનાંતર દરમિયાન થતું કાર્ય.

$$\Delta W = F(x)\,\Delta x \qquad (6.7)$$

આકૃતિ 6.4(a) માં દર્શઆવેલ લીટીઓવાળો ભાગ એ થતું કાર્ય દર્શાવે છે. અહીં x_i અને x_f વચ્ચે બળ દ્વારા થતું કાર્ય આવા ક્ષેત્રફળના બૈજિક સરવાળા બરાબર થાય છે.

$$W = \Delta W$$

$$= F\,(x)\,\Delta x \qquad (6.8)$$

આકૃતિ 6.4 : ચલિત બળ F પદાર્થ પર પ્રારંભિક સ્થાન x_i થી આંતિમ સ્થાન x_f સુધી ખસેડે છે.

આમ, x_i અને x_f વચ્ચે બળ દ્વારા થતું કુલ કાર્ય નીચે પ્રમાણે આપી શકાય છે

Notes

$$W = \qquad (6.9)$$

6.2.1 સ્પ્રિંગ દ્વારા થતું કાર્ય

ચલિત બળનું સાદુ ઉદાહરણ સ્પ્રિંગ દ્વારા લગાડવામાં આવતું બળ છે. ચાલો આપણે આ કિસ્સામાં થતા કાર્યનું સૂત્ર મેળવીએ.

$kx\sum_{m} F(x)\,\Delta x$
$\lim \Delta x \to 0$

આકૃતિ 6.5 : *સ્પ્રિંગ અને દળનું ત્ર જેમાં એક છેડો દ્રઢ આધાર સાથે અને બીજો છેડો દળ m છે. આ તંત્ર લીસી સમક્ષિતિજ સપાટી પર છે.*

*આકૃતિ 6.5(a) અવગણ્ય દ્રવ્યમાનવાળી સ્પ્રિંગની સંતુલનસ્થિતિ દર્શઆવી છે. કે જેમાં તેના એક છેડે m દળ ધરાવતો પદાર્થ જોડેલ છે અને તેનો બીજો છેડો કોઈ દ્રઢ આધાર સાથે જોડેલો છે. આ તંત્રને લીસા સમક્ષિતિજ ટેબલ પર મુક્યું છે. ધારો કે દળ m ની પ્રારંભિક સ્થિતિ $x = 0$ છે. હવે ધારો કે બાહ્યબળ **F** દ્વારા સ્પ્રિંગનું સંકોચન કરવામાં આવે છે. સ્પ્રિંગની સ્થિતિ સ્થાપકતાના કારણએ સ્પ્રિંગમાં આંતરિક બળ $\mathbf{F}_s$ ઉદ્દ્ભવે છે. x વધતા આ બળ $\mathbf{F}_s$ પણ વધતું જાય છે. અને જ્યારે સંકોચન $x = x_m$ પર મહત્તમ બને ત્યારે તે **F** જેટલું થાય છે.*

હૂકના નિયમ પ્રમાણે (નાના x માટે જ), $|\mathbf{F}_s| = kx$, જ્યાં k સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક છે. અહીં $\mathbf{F}_s$ ની દિશા સંકોચનની વિરૂદ્ધ હોવાથી,

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_s = -kx \qquad (6.10)$$

*સ્પ્રિંગના સંકોચનના કિસ્સામાં બાહ્યબળની દિશા ડાબી તરફ અને સ્થાળાંતરની દિશા પણ ડાબી તરફ હોય છે. આથી, થયેલું કાર્ય (બાહ્યબળ દ્વારા) ધન છે. જોકે સ્થાનાંતરની એજ દિશા માટે જમણી બાજુએ સ્પ્રિંગમાં પુનઃ સ્થાપકબળ ઉદ્દ્ભવે છે. અર્થાત્ **F** અને **x** વિરૂદ્ધ દિશામાં હોય છે. આમ, સ્પ્રિંગ બળ દ્વારા થતું કાર્ય ઋણ હોય છે. આમ, બાહ્યબળ દ્વારા થતું કાર્ય ધન હોય છે. જ્યારે સ્પ્રિંગબળ દ્વારા થતું કાર્ય ઋણ હોય છે. અને તેનું મૂલ્ય (½) હોય છે.*

*ધારો કે $x = 0$ પર બળ $\mathbf{F}_s = 0$ છે. x વધતા $\mathbf{F}_s$ પણ વધે છે. અને $x = x_m$ પર તે **F** બને છે, અહીં સ્થાનાંતર*

સાથે બળમાં ફેરફાર રેખીય હોવાથી સંકોચન દરમિયાન સરેરાશ બળ લગભગ = થાય છે.

આમ, બળ દ્વારા થતું કાર્ય

$$W = \text{બળ} \times \text{સ્થાનાંતર}$$

$$= \quad . \mathbf{x},$$

પરંતુ $|F_s| = k\,|x_m|$ આથી,

$$W = \quad k\,x_m \times x_m$$

$$= \quad k\,x^2_m \qquad (6.11)$$

આકૃતિ 6.6 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આલેખાત્મ રીતે પણ થયેલું કાર્ય મેળવી શકાય છે.

આકૃતિ 6.6: *લીટીવાળા ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ થયેલા કાર્ય જેટલું હોય છે.*

લીટીવાળા ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ

$$= \quad \text{પાયો} \times \text{ઊંચાઈ}$$

$$W = \quad x_m \times kx_m$$

$$= \quad kx_m{}^2 \qquad (6.12)$$

Notes

પ્રવૃત્તિ 6.2

સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક શોધવો :

આકૃતિ 6.7 (a) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ એક સ્પ્રિંગને લંબ રીતે લટકાવો. તેના એક છેડે m દળ ધરાવતી બ્લોક લટકાવો કે જેથી સ્પ્રિંગની લંબાઈ વધશે. લંબાઈમાં થતો આ વધારો નોંધો. ધારો કે આ વધારો આકૃતિ 6.7 (b) માં દર્શાવ્યા મુજબ S છે. હવે વિચારો કે સ્પ્રિંગ વધારે લાંબી કેમ થતી નથી. આનું કારણ પુનઃ સ્થાપક બળ હોય છે કે જેની દિશા ઉપર તરફ હોય છે. પુનઃ સ્થાપક બળનું મુલ્ય નીચે
આપેલા સમીકરણ પરથી શોધી શકાય.

$$F_s = k.s$$

અથવા $$mg = k.s$$

આથી, $$k = \qquad (6.13)$$

1mg
2s

આકૃતિ 6.7 : વજન લટકાવતા સ્પ્રિંગની લંબાઈમાં થતો વધારો

ઉદાહરણ 6.4: $k = 100\ Nm^{-1}$. બળ અચળાંક વાળી એક હલકીસ્પ્રિંગ સાથે 2 kg દળ જોડતા, સ્પ્રિંગને 10 cm ખેંચવા માટે લગાડવામાં આવતા બળ દ્વારા થતું કાર્ય શોધો.

ઉકેલ :-

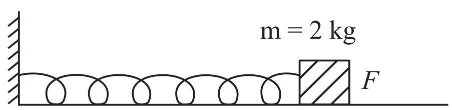


Fig. 6.8: A mass m = 2 kg is attached to a spring on a horizontal surface.

$$W = \quad kx^2$$

$$= \quad \times 100 \times (0.1)^2$$

$$= 50 \times 0.01 = 0.5\ J$$

પાઠગત પ્રશ્નો 6.2

1. બળ અચળાંક વ્યાખ્યાયિત કરી તેનો SI એકમ આપો.
2. કોઈ સ્પ્રિંગ પર 10 N બળ લગાડતા તે 1cm લાંબી થાય છે. જો તેની લંબાઈમાં 5 cm વધારો કરવો હોય તો કેટલું બળ લગાડવું પડે ? આ બળ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે.

6.3 પાવર

આપણે બળ દ્વારા થતાં કાર્યની ગણતરી કરી, પરંતુ આવી ગણતરીમાં આપણે ક્યારેય સમયને ધ્યાનમાં લીધો નથી. હકીકતમાં કાર્ય કેટલા સમયમાં થાય છે તે અતિ મહત્વનું છે. કાર્ય કરવાના સમયદરને પાવર કહેવાય છે.

જો ΔW સમયમાં થતું કાર્ય Δt હોય તો, સરેરાશ પાવર નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

સરેરાશ પાવર =

ગાણિતીક રીતે, આપણે આ પ્રમાણે લખી શકીએ,

$$P = \qquad (6.14)$$

થતાં કાર્યનો સમયદર અચળના હોય તો તત્કાલીન પાવર P નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

$$P = \qquad (6.15)$$

આ પરથી પાવરનો SI યુનિટ નીચે પ્રમાણે લખી શકાય :

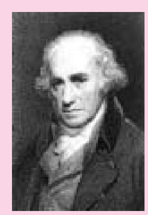
$$P =$$

= જૂલ / સેકન્ડ = વૉટ

આથી, પાવરનો SI એકમ વૉટ છે. તેને W થી દર્શાવાય છે. પાવરના સામાન્ય એકમો કિલોવૉટ અને મેગાવૉટ છે.

$$1\ \text{kW} = 10^3\ \text{W}, \qquad \text{and} \qquad 1\ \text{MW} = 10^6\ \text{W}$$

જેમ્સ વૉટ
(1736–1819)



જેમ્સ વૉટ સ્કોટીસ સંશોધક અને મિકેનીકલ એન્જીનીયર હતા. તેમણે વરાળયંત્રની કાર્યક્ષમતા વધારવા માટે કાર્ય કર્યું. જેનાથી ઔદ્યોગિકક્રાંતિ સફળ બની. તેણે પાવરના એકમ તરીકે અશ્વશક્તિ અર્થાત હોર્સપાવર આપ્યો.

ઉદાહરણ 6.5 : પાવરનું પારિમાણીક સૂત્ર મેળવો.

ઉકેલ : આપણે જાણીએ છીએ કે, $P =$

= બળ ×

$\therefore$ *P* ના પરિણામ = [દળ] × [પ્રવેગ] ×

= [M] × ×

= $[ML^2T^{-3}]$

બ્રિટીશ પ્રણાલીમાં પાવરના એકમ તરીકે હોર્સ પાવર જાણીતો છેજે મોટો એકમ છે.

1hp = 746 W (6.16)

આમ, પાવરના એકમને ઉર્જાના એકમ તરીકે ઓળખી શકાય. કાર્યનો આવો જ એક એકમ કિલો વોટ અવર **(kilowatt hour)** છે. જે ઈલેક્ટ્રીક માપન માટે ઉપયોગી છે.

કિલો વોટ અવર (kWh) = 1 kW × 1 hour

= 10^3 W × 3600 s

= × 3600 s

= 36,00,000 J = 3.6×10^6 J

અથવા 1 kW h = 3.6 MJ (મેગા ઝૂલ) (6.17)

ઘરમાં વપરાતી વિદ્યુત ઉર્જા કિલોવૉટ અવરમાં માપવામાં આવે છે : 1kW h = 1 Unit

[distance]
[time]

પાઠગત પ્રશ્નો 6.3

1. 10 s માં 100 kg દળ ધરાવતા પદાર્થને 8 m ઉપર લઈ જવામાં આવે છે. આ ક્રિયા દરમિયાન પાવરની ગણતરી કરો.
2. 10 હોર્સપાવરને કિલોવૉટમાં રૂપાંતરીત કરો.

6.4 કાર્ય અને ગતિઉર્જા

આપણે જાણીએ છીએ કે કાર્ય કરવાની ક્ષમતાને ઉર્જા કહેવાય છે. રસ્તા પર ફરતાં વાહનો પેટ્રોલ, ડીઝલ CNG જેવા બળતણમાંથી ઉર્જા મેળવેલ છે. ગતિ કરતાં દરેક પદાર્થો ઉર્જા ધરાવે છે. આ પ્રકારની ઉર્જાને ગતિઉર્જા કહેવાય છે.

ધારો કે m દળ, ધરાવતા પદાર્થ પર F જેટલું અચળ બળ લાગતા તે ગતિની દિશામાં સીધી લીટી પર ગતિ કરે છે. આ બળ અચળ પ્રવેગ *a* ઉત્પન્ન કરે છે, તે જેથી F = m*a*. ધારોકે કોઈ t_1 સમયે પદાર્થની ઝડપ v_1 છે. અને t_2 સમયે તેની ઝડપ v_2 છે અને તે $t = (t_2 - t_1)$ સમયગાળામાં s જેટલું અંતર કાપે છે, આથી,

= + 2*as*

અથવા *a* = (6.18)

આ સમીકરણને ન્યૂટનના બીજા નિયમ સાથે સરખાવતા

$$F = m \times$$

આપણે જાણીએ છીએ કે બળ દ્વારા થતું કાર્ય,

$$W = Fs$$

આથી, $W = m \times \quad s$

$$=\quad -$$

$$= K_2 - K_1 \qquad (6.19)$$

જ્યાં $K_2 =$ અને $K_1 =$ અનુક્રમે અંતિમ અને પ્રારંભિક ગતિઉર્જા દર્શવા છે.

$K_2 - K_1$ ગતિઉર્જામાં થતો ફેરફાર છે કે જે બળ દ્વારા થતાં કાર્ય બરાબર છે. ગતિઉર્જા અદિશ ‌‌‌ાશી છે કે જે પદાર્થના દળ અને તેના વેગના વર્ગના ગુણાકાર પર આધારિત હોય છે.

કાર્ય ઉર્જા પ્રમેય પદાર્થ પર લાગતા બધા બળોના પરિણામી બળ દ્વારા થતું કાર્ય તે પદાર્થની ગતિઉર્જામાં થતાં ફેરફાર જેટલું હોય છે.

ઉદાહરણ 6.6 : 10 kg દળ ધરાવતા પદાર્થની પ્રારંભિક ઝડપ 4.0 m s^{-1} છે. હવે 2 સેકન્ડ માટે પદાર્થ પર 30 N બળ લાગુ પાડવામાં આવે છે.

(i) 2 સેકન્ડ પછી પદાર્થની અંતિમ ઝડપ કેટલી હશે ?

(ii) આ સમયગાળા દરમિયાન થતું કાર્ય કેટલું હશે ?

(iii) પ્રારંભિક ગતિઉર્જા કેટલી હશે ?

(iv) અંતિ ગતિઉર્જા કેટલી હશે ?

(v) આ સમયગાળા દરમિયાન પદાર્થ કેટલું અંતર કાપશે ?

(vi) દર્શાવો કે થતું કાર્ય ગતિઉર્જાના ફેરફાર જેટલું છે ?

ઉકેલ :

(i) બળ $(F) = ma$

અથવા $a = F/m$

$$= 30/10$$

$$= 3 \text{ m s}^{-2}$$

અંતિમ ઝડપ $v_2 = v_1 + at$

$$= 4 + (3 \times 2) = 10 \text{ m s}^{-1}$$

(ii) 2 સેકન્ડમાં કપાતું અંતર

$$s = ut + \quad at^2$$

$$= (4\times2) + \quad (3\times4)$$

$$= 8 + 6 = 14 \text{ m}$$

થયેલું કાર્ય $W = F \times S$

$$= 30 \times 14 = 420 \text{ J}$$

(iii) પ્રારંભિક ગતિઉર્જા

$$K_1 =$$

$$= \quad (10 \times 16) = 80 \text{ J}$$

(iv) અંતિમ ગતિઉર્જા

$$K_2 =$$

$\frac{1}{2}mv_2^2$

$$= \quad (10 \times 100) = 500 \text{ J}$$

(v) કપાયેલું અંતર 2 સેકન્ડમાં = 14m

(vi) ગતિઉર્જામાં ફેરફાર

$$K_2 - K_1 = (500 - 80) = 420 \text{ J}$$

સ્પષ્ટ છે કે આ થયેલું કાર્ય જેટલું છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 6.4

1. કણ માટે ગતિઉર્જાનું ઋણ મુલ્ય શક્ય છે ? શા માટે ?
2. કણની ગતિઉર્જામાં થતો ફેરફાર કેટલો થાય જો
   (a) કણની ઝડપ v થી વધારીને $2v$ કરવામાં આવે.
   (b) કણનું દળ m અડધું કરવામાં આવે. ?
3. 3.6 J ગતિઉર્જા ધરાવતી કણ 180 N m^{-1} બળ અચળાંકવાળી સ્પ્રીંગ સાથે અથડાય છે. સ્પ્રિંગનું મહત્તમ

સંકોચન શોધો.

4. 1000 kg દળ ધરાવતી ગાડી 90 km h^{-1} ની ઝડપે ગતિ કરી રહી છે. બ્રેક લગાડતા 15 m અંતર કાપી ગાડી સ્થિર થાય છે. બ્રેક દ્વારા લગાડવામાં આવતું સરેરાશ બળ કેટલું હશે ? બ્રેક મારતા 25 s પછી ગાડી રોકાય તો બ્રેકનો સરેરાશ પાવર કેટલો હશે ?

5. કોઈ સ્પ્રિંગનું સંકોચન કરવા લગાડવામાં આવતા બાહ્યબળ દ્વારા 375 J કાર્ય થાય તો સ્પ્રિંગ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ?

6.5 સ્થિતિ ઉર્જા

પદાર્થની સ્થિતિના કારણે તેમાં સંગ્રહાયેલી ઉર્જાને પદાર્થની સ્થિતિઉર્જા કહેવાય છે. ચાલો હવે આપણે તેના વિશે ચાર્ચા કરીએ.

6.5.1 ગુરુત્વીય ક્ષેત્રમાં સ્થિતિઉર્જા

ધારો કે કોઈ વ્યક્તિ m જેટલા દળને પૃથ્વીની સપાટી થી h_1 ઊંચાઈએથી h_2 ઊંચાઈએ લઈ જાય છે. આ ઉપરાંત ધારો કે ગુરુત્વીય પ્રવેગનું મુલ્ય અચળ રહે છે. અહીં દળને $h = (h_2 - h_1)$ જેટલા અંતરે ગુરુત્વાકર્ષીબળની વિરૂદ્ધ લઈ જવામાં આવે છે. આ બળનું મુલ્ય mg છે અને તે અધોદિશામાં હોય છે. આથી વ્યક્તિ દ્વારા થતું કાર્ય

$$W = \text{બળ} \times \text{સ્થાનાંતર}$$

$$= mgh \qquad (6.20)$$

અહીં થતું કાર્ય ધન છે. અને તે ઉર્જાના રૂપમાં સંગ્રહાય છે. આ ઉર્જાને પદાર્થની ગુરુત્વીય સ્થિતિઉર્જા કહેવાય છે. તેની પાસે કાર્ય કરવાની ક્ષમતા હોય છે. જોઆ દળને મુક્ત કરવામાં આવે તો તે નીચે પડશે અને આ ઘટનામાં કાર્ય થઈ શકે છે.

અહીં, ઊંચાઈ h_1 યાદચ્છિક છે. આથી, શૂન્ય સ્થિતિઉર્જા પણ યાદચ્છિક હોય છે, સામાન્યરીતે પૃથ્વીની સપાટી પર રહેલા બિંદુને શૂન્યસ્થિતિઉર્જા વાળું બિંદુ ગણવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 6.7 : એક ટ્રક ખાંડની થેલીઓથી ભરેલી છે. ખાંડની થેલીઓ સાથેનું ટ્રકનું દળ 100,000 kg છે. ટ્રક એક કલાકમાં 700 m ની ઊંચાઈએ પર્વત પર ચઢે છે. ટ્રકના એન્જિન દ્વારા ઉત્પન્ન થતો સરેરાશ પાવર કેટલો હશે ?

ઉકેલ :

$$W = mgh$$

$$= (100{,}000 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ m s}^{-2} \times 700 \text{ m})$$

$$= 9.8 \times 7 \times 10^7 \text{ J}$$

$$= 68.6 \times 10^7 \text{J}$$

લાગતો સમય = 1 કલાક $= 60 \times 60$ s

$= 3600$ s

સરેરાશ પાવર, $P = W / t$

$=$

$= 1.91 \times 10^5$ W

આપણે જાણીએ છીએ કે 746 W= 1 hp

$$\therefore \qquad P = \frac{1.91\times10^5}{746} = 2.56 \times 10^2 = 256 \text{ hp.}$$

ઉદાહરણ 6.8 : *જળવિદ્યુત ઉર્જા ઉત્પન્ન કરતા પાવર સ્ટેશનમાં એક સેકન્ડમાં 51 m ઊંચાઈએથી 1000 × 10^3 kg પાણી પડે છે.*

(i) *પાણી દ્વારા થતું કાર્ય શોધો.*

(ii) *આદર્શ સ્થિતિમાં કેટલો પાવર ઉત્પન્ન થાય છે ?*

ઉકેલ :

(i) ઊંચાઈ પર પાણીની સ્થિતિ ઉર્જા = mgh

$$\text{P.E.} = (1000 \times 10^3 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ m s}^{-2}) \times (51 \text{ m}).$$

$$= 9.8 \times 51 \times 10^6 \text{ J}$$

$$= 500 \times 10^6 \text{ J}$$

પાણી તેની સ્થિતિઉર્જા ગુમાવે છે. જે ટર્બાઈનને ઘુમાવવા માટે કાર્ય કરવામાં વપરાય છે.

$$W = \text{બળ} \times \text{સ્થાનાંતર}$$

$$= mg \times h$$

$$= 1000 \times 10^3 \times 9.8 \times 51 \text{ J}$$

$\frac{1}{2}$

$$= 500 \times 10^6 \text{ J}$$

$$= 500 \text{ M J}$$

(ii) એક સેકન્ડમાં થતું કાર્ય

$$P = W/t$$

$$= \frac{500 \text{ M J}}{1 \text{ s}}$$

$$= 500 \text{ MW}$$

6.5.2 સ્પ્રિંગમાં સ્થિતિઉર્જા

આપણે જાણીએ છીએ કે સ્પ્રિંગને ખેંચવા માટે કે તેનું સંકોચન કરવા માટે બાહ્યબળ જરૂરી છે. ધારો કે કોઈ સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક k છે, આ સ્પ્રિંગનું સંકોચન x જેટલા અંતર સુધી કરવામાં આવે છે. સમીકરણ 6.11 પરથી

$$W = \quad kx^2$$

આ કાર્ય સ્પ્રિંગમાં સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિ ઉર્જાના રૂપમાં સંગ્રહ પામે

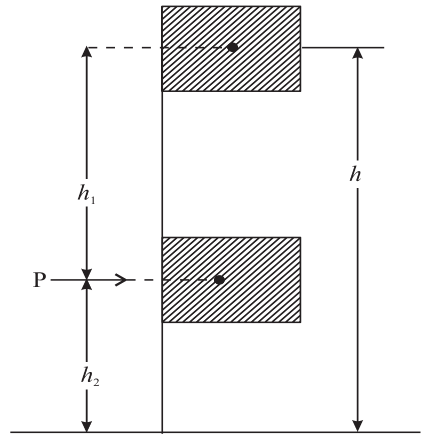
આકૃતિ 6.9 : *m દળને h_1 ઊંચાઈએથી h_2 ઊંચાઈએ લઈ જવામાં*

Notes

છે. જ્યારે સ્પ્રિંગને છોડવામાં આવે ત્યારે તે ઉછળે છે અને સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિઉર્જા દળ m ની ગતિ ઉર્જામાં ફેરવાય છે.

6.5.3 ઉર્જાનું સંરક્ષણ

ઉર્જા ઘણા બધા સ્વરૂપો છે. આ રૂપો એકમાંથી બીજામાં રૂપાંતર પામી શકે છે. ઉર્જા સંરક્ષણના નિયમ પ્રમાણે અલગ કરેલા તંત્રની કુલ ઉર્જા હંમેશા અચળ રહે છે. માત્ર ઉર્જાનું સ્વરૂપ બદલાય છે. અલગ કરેલા તંત્રમાં જો કોઈ એકપ્રકારની ઉર્જાનો વ્યય થાય તો તેના ભોગે કોઈ બીજા પ્રકારની ઉર્જાની પ્રાપ્તિ થાય છે. આમ, ઉર્જાનો ઉદ્ભવ કે નાશ શક્ય નથી.



આકૃતિ 6.10 : પૃથ્વી સપાટીથી દળ m ને h ઊંચાઈએ લઈ જવામાં આવે છે.

થર્મલ પાવર સ્ટેશનમાં કોલસાની રાસાયણિક ઉર્જા વિદ્યુતઉર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે કે જે મશીનોને ચલાવે છે. આ મશીનોમાં વિદ્યુતઉર્જાનું યાંત્રિક ઉર્જા, પ્રકાશઉર્જા અથવા ઉષ્માઉર્જામાં રૂપાંતરણ થાય છે.

(a) પદાર્થના મુક્ત પતન દરમિયાન યાંત્રિક ઉર્જાનું સંરક્ષણ

ધારો કે કોઈ m દળવાળા પદાર્થને h ઊંચાઈએ લઈ જવામાં આવે છે. આ દરમિયાન થતું કાર્ય mgh છે. જે પદાર્થમાં સ્થિતિઉર્જા રૂપે સંગ્રહ પામે છે. ધારો કે આ પદાર્થને મુક્ત રીતે પડવા દેવામાં આવે, ત્યારે ચાલો આપણે પદાર્થની ઉર્જાની ગણતરી કરીએ. ધારો કે પદાર્થની ઉર્જા પૃથ્વી સપાટીથી $h_2 = h - h_1$ છે. (આકૃતિ 6. 10). કોઈ બિંદુ P પર સ્થિતિ ઉર્જા = mgh_2.

જ્યારે પદાર્થ મુક્ત રીતે પડે છે. ત્યારે તે પ્રવેગીત થાય છે, ત્યારે તે પ્રવેગીત થાય છે અને વેગ મેળવે છે. આ પદાર્થનો વેગ નીચેના સમીકરણ પરથી મેળવી શકાય.

$$v^2 = u^2 + 2gs \qquad (6.21)$$

જ્યાં u એ h_1 ઊંચાઈ પર પ્રારંભિક વેગ છે. અર્થાત્ જ્યારે $u = 0$ ત્યારે $s = h_1$ આથી

$$v^2 = 2gh_1$$

બિંદુ P પર ગતિઉર્જા નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$K.E = mv^2$$

$$= \times 2gh_1$$

$$= mgh_1 \qquad (6.22)$$

આમ, બિંદુ P પર કુલ ઉર્જા

ગતિઉર્જા + સ્થિતઉર્જા $= mgh_1 + mgh_2$

Notes

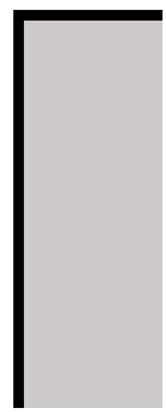
$$= mgh \qquad (6.23)$$

આમ, કુલ ઉર્જા સંરક્ષિત રહે છે.

(b) *સ્પ્રિંગ પર આંદોલિત દળ માટે યાંત્રિક ઉર્જાનું સંરક્ષણ*

આકૃતિ 6.11 *માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ એક સ્પ્રિંગનો એક છેડો દૃઢ આધાર સાથે અને બીજા છેડે લાકડાનો બ્લોક જોડ્યો છે. આ તંત્રને લીસા સમક્ષિતિજ ટેબલ પર મુક્યું છે. સ્પ્રિંગની મુક્ત પ્રારંભિક અવસ્થામાં તેનો મુક્ત છેડો* x_0 *પર છે. કોઈ* m *દળ વાળો લાકડાનો બ્લોક* v *વેગથી ગતિ કરી સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડાને અથાય છે જેથી સ્પ્રિંગ* x_m *જેટલા અંતર સાથે સંકોચાય છે. જે મહત્તમ સંકોચન છે.* x_0 *પર દળ અને સ્પ્રિંગના તંત્રની કુલ ઉર્જા* mv^2 *છે. જે દળની ગતિઉર્જા દર્શાવે છે. અહીં, સ્પ્રિંગની સ્થિતિઉર્જા શૂન્ય છે. મહત્તમ સંકોચનના બિંદુ પર સ્પ્રિંગની સ્થિતિઉર્જા અને ગતિઉર્જા* 0 *છે. આથી કુલ ઉર્જા થશે. આથી,*

$$= \qquad (6.24)$$



$\frac{1}{2}kx_m^2$

આકૃતિ 6.11 : *v વેગથી ગતિ કરતા m દળનો બ્લોક સમક્ષિતિજ સપાટી પર સ્પ્રિંગ સાથે અથડાય છે.*

K.E + P.E (*અથળામણ પહેલા*) = K.E. + P.E. (*અથળામણ બાદ*)

$$+ 0 = 0 + \qquad (6.25)$$

અર્થાત કુલ ઉર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે.

ઉદાહરણ 6.9 : *લીસી વક્રસપાટી* 0.5 kg *દળવાળો બ્લોક લપસે છે, અને કોઈ બિંદુ* B *પર* 2.5m *જેટલું લંબ સ્થાનાંતર કરી સમક્ષિતિજ સપાટી પર પહોંચે છે, (આકૃતિ* 6.12) *ઉર્જા સંરક્ષણના નિયમના આધારે,* i) *બિંદુ* A *પર બ્લોકની ઉર્જા. અને* ii) *બિંદુ* B *પર બ્લોકની ઝડપ શોધો.*

ઉકેલ :

i) *સ્થિતિઉર્જા* (A *પર)*

આકૃતિ 6.12 : *વક્રસપાટી પર બ્લોક*

$A = mgh = (0.5) \times (9.8) \times 2.5$ J

$= 4.9 \times 2.5$ J $= 12.25$ J

A પર ગતિઉર્જા = 0 અને

કુલ ઉર્જા = 12.25 J

ii) A બ્લોકની કુલ ઉર્જા તેની B પર કુલઉર્જા બરાબર થવી જોઈએ.

કુલ ઉર્જા (A પર) (P.E. + K.E.) at A = 12.25 J

કુલ ઉર્જા (B પર) (P.E. + K.E.) at B = mv^2

અહીં B પર સ્થિતિઉર્જા 0 હોવાથી ત્યાં કુલઉર્જા ગતિઉર્જા જેટલી હશે.

$\therefore \quad mv^2 = 12.25$

$v^2 =$

$= 12.25 \times 4$

$v^2 = 49.00$

આથી $\quad v = 7.0$ ms^{-1}

6.5.4 સંરક્ષિત અને અસંરક્ષિત બળો

(a) Conservative forces

આકૃતિ 6.13 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ પદાર્થ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ હેઠળ બિંદુ A પરથી બિંદુ B પર ગતિ કરે ત્યારે થતું કાર્ય આ બે બિંદુ વચ્ચેના લંબ અંતર પર આધાર રાખે છે. અહીં, થતું કાર્ય A થી B પર જતાં પથ પર આધાર રાખતું નથી. જો કોઈ બળ આ નિયમને અનુસરે તો તેને સંરક્ષિત બળ કહેવાય છે.

(a)

દા.ત. : ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ, સ્થિતિસ્તાપક બળ અને સ્થિર વિદ્યુતબળ સંરક્ષીબળો છે. આકૃતિ 6.13 (a) માં

W_{AB} (પથ 1 પર) = W_{AB} (પથ 2 પર)

(b)

આકૃતિ 6.13 (b) માં પદાર્થની તેવીજ બે સ્થિતિઓ દર્શાવી છે. પદાર્થ પથ 1 પર A થી B પર પહોંચે છે અને પથ 2 પર B થી A પર પ્પાછી જાય છે. સંરક્ષિબળની વ્યાખ્યા મુજબ

આકૃતિ 6.13 : a) પદાર્ત બે અલગ પથ પર A ર B સુધી જાય છે. b) પદાર્થ પથ 1 પર A થી B પર પહોંચે છે અને પથ 2 પર B થી A પર પાછો

W_{AB} (પથ 1 પર) $= -W_{BA}$ (પથ 2 પર)

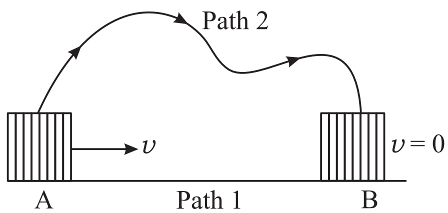
અથવા $\quad W_{AB} + W_{BA} = 0 \quad (6.27)$

જ્યારે પદાર્થ બંધ પથ પર ગતિ કરી તેના પ્રારંભિકબિંદુ પર પહોંચે છે. ત્યારે તેના પર સંરક્ષીબળ દ્વારા થતું કાર્ય શૂન્ય હોય છે.

(b) અસંરક્ષિબળો

ઘર્ષણબળ અસંરક્ષી બળનું શ્રેષ્ઠ ઉદાહરણ છે. આકૃતિ 6.14 માં ખબબચડી સમક્ષિતિજ સપાટી દર્શાવી છે. બિંદુ A પર આ સપાટી પરથી m દળવાળો બ્લોક v વેગથી ગતિ કરે છે.

સીધી રેખા પર ગતિ કરી આ બ્લોક બિંદુ B પર અટકી જાય છે. બિંદુ A પર બ્લોકની ગતિઉર્જા $E = \frac{1}{2} mv^2$ છે. આ ઉર્જા B કબિંદુ પર ના તો સ્થિતિઉર્જા જેટલી ના તો ગતિઉર્જા જેટલી હોય છે. આ કિસ્સામાં તેની ઉર્જાની વ્યય થાય છે. શું તમે જાણો છો કે આ ઉર્જા ક્યાં જાય છે. અહીં હકીકતમાં ઉર્જાનું સ્વરૂપ બદલાય છે. અહીં, થતું કાર્ય ઘર્ષણબળની વિરૂદ્ધ દિશામાં થાય છે અથવા કહી શકાય કે ઘર્ષણબળ બ્લોક પર ઋણ કાર્ય કરે છે અને તત્રની ગતિઉર્જા ઉષ્માઉર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે. હવે બ્લોકને પથ ર પર એજ ગતિઉર્જા E સાથે A થી B સુધી લઈ જવામાં આવે છે. તે કદાચ બિંદુ B પર પહોંચી પણના શકે અને અધવચ્ચે જ રોકાઈ જાય. આમ, પદાર્થને B સુધી પહોંચાડવા માટે આ પથ પર વધારે કાર્ય કરવું પડે. આમ, કહી શકાય કે આ કિસ્સામાં થતું કાર્ય પથ પર આધારિત હોય છે.



આકૃતિ 6.14: ખરબરડી સપાટી v જેટલા પ્રારંભિક વેગ સાથે બ્લોકની ગતિ.

પાઠગત પ્રશ્નો 6.5

1. આકૃતિ 6.15 માં ત્રિકોણ ABC દર્શાવ્યો છે જ્યાં AB સમક્ષિતિજ અને BC લંબ રેખા છે. અહીં AB = 3m, BC = 4m અને AC=5m. 2 kg દળ ધરાવતો કોઈ બ્લોક A પર છે.
   a) બ્લોકને A થી B પર લઈ જતાં
   b) B થી C પર લઈ જતાં,
   c) C થી A પર લઈ જતાં,
   d) બ્લોક B થી C પર લઈ જતાં ગુરુત્વાકર્ષ બળ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ? ધન અથવા ઋણ.
2. આકૃતિ 6.16 માં 0.5 kg દળ ધરાવતો દળો સમક્ષિતિજ સપાટીથી 10m ઊંચાઈએ કોઈ બિંદુ A પર છે. કાર્યઊર્જામાં નિયમની મદદથી નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો. મુક્તા પતનમાં
   a) બિંદુ B પર બોલની ઝડપ કેટલી હશે ?
   b) બિંદુ C પર બોલની ઝડપ કેટલી હશે ?
   c) બિંદુ A થી C પર લઈ જવા ગુરુત્વકર્ષણ બળદ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ? (યોગ્ય નીશાની આપો)
3. આકૃતિ 6.17 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ ત્રાંસી સપાટીની ટોચ પરથી એક બ્લોક લસરે છે. અહીં BC ની લંબાઈ 2m છે. જે સમક્ષિતિજ સપાટી સાથે 30° નો ખૂણો બનાવે છે. બ્લોકનું દળ 2 kg. છે. બિંદુ B

?પર બ્લોકની ગતિઉર્જા 15.6 J છે. ઘર્ષણના કારણે (અસંરક્ષી બળ)ના કારણે કેટલી સ્થિતિ ઉર્જાનો વ્યય થશે ? ઘર્ષણ બળ કેટલું હશે ?

4. આકૃતિમાં સાદા લોલકનું સ્થાનાંતર x અને E ના વક્રો A અને B દર્શાવ્યા છે. કયો વક્ર લોલકની સ્થિતિઉર્જા દર્શઆવે છે અને કેમ ?

5. જ્યારે તંત્ર પર અસંરક્ષી બળ લાગે છે ત્યારે તેની કુલ યાંત્રિક ઉર્જા શું અચળ રહે છે ?

6.6 સ્થિતિસ્થાપક અને અસ્થિતિસ્થાપક સંઘાત

ચાલો આપણે બે પદાર્થોના તંત્રની ચર્ચા કરીએ, અહીં આપેલું તંત્ર બંધ છે. અર્થાત તેની પર કોઈ બાહ્ય બળ લાગતું નથી. જ્યારે બે પદાર્થો એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે તેને સંઘાત (અથળામણ) કહેવાય છે.

ચાલો આપણે બે દડા વચ્ચે થતાં સંઘાતની ચર્ચા કરીએ. આ અથડામણ હેડઓન અથડામ છે. આવી અથડામણમાં અથડામણ પામતાં તેમના કેન્દ્રને જોડતી રેખા પર ગતિ કરે છે. આવી અથડામણ બે પ્રકારની હોય છે.

(i) **સ્થિતિ સ્થાપક સંઘાત :** જો બે પદાર્થો વચ્ચેનીઉ આંતરક્રિયાના બળો સંરક્ષી હોય તો તેની કુલગતિ ઉર્જા સંરક્ષી રહે છે. અર્થાત્ અથડામણ પછી અને અથડામણ પહેલાની ગતિઉર્જા એકસમાન હોય છે. આવા સંઘાતને સ્થિતિસ્થાપક કહેવાય છે.

(ii) **અસ્થિતિસ્થાપક સંઘાત :** જ્યારે અથડામણ પામતા બે પદાર્થો અથડામણ બાદ એકબીજા સાથે ચોંટીને આગળ વધે અને એક પદાર્થની જેમ વર્તે તેને અસ્થિતિ સ્થાપક સંઘાત કહે છે. દા.ત. ટાર્ગેટમાં ઘુસતી બુલેટ.

6.6.1 સ્થિતિસ્થાપક સંઘાત (હેડઓન)

આકૃતિ 6.19 માં દર્શઆવ્યા પ્રમાણે ધારો કે બે બોલ A અને B ના દળ m_A અને m_B છે. જે એકબીજા સાથે હેડઓન સંઘાત અનુભવે છે. ધારોકે આ બે બોલના સંઘાત પહેલાના વેગ અનુક્રમે v_{Ai} અને v_{Bi} છે તેમજ સંઘાત પછીના v_{Af} અને v_{Bf} છે. હવે ગતિઉર્જા અને વેગમાનના સંરક્ષણના નિયમોનો ઉપયોગ કરતા,

Fig. 6.19 : Schematic representation of Head-on collision (a) Elastic collision; (b) In elastic collision

વેગમાનના સંરક્ષણ માટે

$$m_A v_{Ai} + m_A v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \qquad (6.28)$$

ગતિઉર્જાના સંરક્ષણ માટે,

$$m_A \quad + \quad m_{Bi} = \quad m_A \quad + \quad m_B \qquad (6.29)$$

Notes

અહીં, માત્ર બે અજ્ઞાન રાશીઓ છે (દડાઓની સંઘાત પછીના વેગો) અને બે સ્વતંત્ર સમીકરણો (6.28) *અને* (6.29) *છો. તેમના ઉકેલ મુશ્કેલ નથી પરંતુ લાંબા છે. આથી આપણે માત્ર પરિણામો જોઈશું.*

$$(v_{Bf} - v_{Af}) \qquad = -(v_{Bi} - v_{Ai}) \qquad (6.30)$$

$$v_{Af} = \qquad + \qquad (6.31)$$

$$v_{Bf} = -\frac{2m_A v_{Ai}}{m_A + m_B} + \qquad (6.32)$$

હવે આપણે કેટલાક ખાસ કિસ્સાઓ વિશે ચર્ચાઓ કરીશું.

કિસ્સો I : *ધારોકે સંઘાત પામતા બે દડાઓ એકસમાન છે. અર્થાત્* $m_A = m_B = m$.

$$v_{Af} = v_{Bi} \qquad (6.33)$$

અને

$$v_{Bf} = v_{Ai} \qquad (6.34)$$

આમ જો બે એકસમાન દડાઓ એકબીજા સાથે હેડઓને અથડામણ અનુભવે તો અથડામણો પછી તેમના વેગ અદલાબદલી થાય છે.

અથડામણ પછી :

i) *અથડામણ પહેલા* A *અને* B *ના વેગ એકસમાન છે.*

ii) *અથડામણ પહેલા* B *નો વેગ* A *ના વેગ જેટલો હોય છે.*

કિસ્સો II : *આ કિસ્સામાં અથડાણ પામતા દળો અસમાન છે. ધોરકે* m_B *એ* m_A *કરતાં ઘણો જ વધારે છે અને કણ* B *સ્થિર છે.*

$$m_B >> m_A \text{ and } v_{Bi} = 0$$

આથી m_B *ની સાપેક્ષ* m_A *અવગણ્ય છે. સમીકરણ* (6.31) *અને* (6.32) *પરથી.*

$$v_{Af} \approx -v_{Ai}$$

અને

$$v_{Bf} \approx 0$$

અથડામણ બાદ ભારે કણ સ્થિર જ રહે છે. આજ પ્રમાણે હલકો કણ તેના પથ પર પ્રારંભિક વેગથી પાછો ફરે છે.

1 બે સખત બોલ પરસ્પર અથડાય છે, જેમાનું એક સ્થિર છે,

a) શું એ શક્ય છે કે અથડામણ પછી બંને સ્થિર થાય ?

b) અથડામણ પછી કોઈ એકના સ્થિર રહેવાની શક્યતા કેટલી ?

2. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સીધી રેખા પર ત્રણ સમાન દડા A B C નું બનેલું તંત્ર છે. B અને C એકબીજાના સંપર્કમાં છે અને તે સ્થિર છે. A વેગ v થી ગતિ કરી B સાથે હેડઓન સંઘાત અનુભવે છે. અથડામણ પછી ત્રણેય વેગ કેટલા હશે ? સમજાવો.

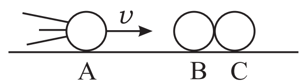


Fig. 6.20

3. 2 kg દળ ધરાવતો બોલ 4 kg દળ વાળા બોલ B સાથે હેડઓન અથડામણ કરે છે. દડો A $+x$ દિશામાં 50 m s^{-1} અને દડો B $-x$ દિશામાં 40 m s^{-1} ના વેગથી ગતિ કરે છે. અથડામણ પછી A અને B ના વેગ કેટલા હશે ? અહીં અથડામણ સ્થિતિસ્થાપક છે.

Fig. 6.21

4. 1 kg દળ ધરાવતી ગોલીને છોડતા તે 1 kg દળ ધરાવતા લાકડાના બ્લોકમાં ઘુસી જાય છે. અથડામણ પહેલા ગોલીનો વેગ 90m/s છે.

a) અથડામણ પછી તંત્રનો વેગ કેટલો હશે ?

b) અથડામણ પહેલા અને પછી ગતિઉર્જાઓ શોધો.

c) આ સંઘાત સ્થિતિ સ્થાપક છે કે અસ્થિતિસ્થાપક,

d) અથડામણમાં કેટલી ઉર્જાની વ્યય થાય છે ?

5. બે દડાઓ વચ્ચેના સ્થિતિસ્થાપક સંઘાતમાં સંઘાત પછી દરેક દડાની ગતિઉર્જા બદલાય છે ?

તમે જે શીખ્યા

- અચળ બળ F દ્વારા થતું કાર્ય

$$W = \mathbf{F.d} = Fd\cos\theta$$

જ્યાં θ એ F અને d વચ્ચેનો ખૂણો છે. કાર્યનો એકમ જૂલ છે. કાર્ય અદિશ રાશી છે.

- સ્થિતિ સ્થાપક બળ દ્વારા થતું કાર્ય હૂકના નિયમને અનુસરે છે. જેના પ્રમાણે $W = kx^2$ જ્યાં k સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક છે.
- k નો એકમ ન્યૂટન / મીટર છે.
- કાર્ય કરવાના સમયદરને પાવર કહેવામાં આવે છે. તેનો એકમ જૂલ / સેકન્ડ અથવા વૉટ છે.
- તંત્રની યાંત્રિક ઉર્જા બે પ્રકારની હોય છે. (i) ગતિઉર્જા (ii) સ્થિતિઉર્જા
- v વેગથી ગતિ કરતા દળ m ની ગતિઉર્જા $E = mv^2$ છે. જે અદિશ રાસી છે.

- કાર્ય ઉર્જાના નિયમ પ્રમાણે બધા બળો દ્વારા થતું કાર્ય પદાર્થની ગતિઉર્જાના ફેરફાર બરાબર થાય છે.

$$W = K_f - K_i = \Delta K$$

- કણ પર સંરક્ષી બળો દ્વારા થતું કાર્ય તેના યાંત્રિક ઉર્જાના ફેરફાર બરાબર હોય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો સંરક્ષી બળોની અસર હેઠળ યાંત્રિક ઉર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે.

$$\Delta E = (E_f - E_i) + (E_f - E_i)$$
$$= (\Delta E)_p + (\Delta E)_k$$

- સંરક્ષી બળો દ્વારા થતું કાર્ય પદાર્થના પથ પર આધારિત હોતું નથી. તે માત્ર પદાર્થની પ્રારંભિક અને અંતિમ સ્થિતિ પર આધાર રાખે છે.
- અસંરક્ષી બળો માટે થતું કાર્ય પથ પર આધારિત હોય છે અને કુલ યાંત્રિક ઉર્જા સંરક્ષીત હોતી નથી.
- સ્પ્રિંગના સંકોચન કે ખેંચાણ દરમિયાન તેમાં સંગ્રહ પામતી ઉર્જાને સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિઉર્જા કહેવાય છે.
- પૃથ્વી સપાટીની નજીક કોઈ દળ m માં સંગ્રહ પામતી ઉર્જાને ગુરુત્વીય સ્થિતિ Mgh સ્થિતિઉર્જા કહેવાય છે.
- અલગ કરેલા તંત્રમાં ઉર્જાનું એક માંથી બીજા રૂપમાં રૂપાંતર થાય છે. પરંતુ ઉર્જાનો નાશ કે ઉદ્‌ભવ શક્ય નથી.
- સ્થિતિસ્થાપક સંઘાતમાં ગતિઉર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે. જ્યારે અસ્થિતિસ્થાપક સંઘાતમાં તેનું સંરક્ષણ થતું નથી.

પાઠયાંત પ્રશ્નો

1. જો બે કણો સમાન ગતિઉર્જા ધરાવતા હોય તો શું તેમના વેગમાન પણ સમાન હશે ? સમજાવો.
2. કોઈ ગતિમય કણ સ્થિર કણ સાથે અતડાય છે. શું એ શક્ય છે કે અથડામણ પછી બંને સ્થિર થઈ જાય ?
3. તંત્ર પર જ્યારે અસંરક્ષી બળો લાગે ત્યારે શું તેની યાંત્રિક ઉર્જા અચળ રહે છે ?
4. એક દડાને 20 m s^{-1} ના વેગથી ઉર્ધ્વ દિશામાં ફેંકતા,
   (a) કયા બિંદુએ તેની ગતિઉર્જા મહત્તમ હશે ?
   (b) કયા બિંદુએ તેની સ્થિતિઉર્જા મહત્તમ હશે ?
5. 3 kg દળ વાળો બ્લોક 20m s^{-1} ના વેગથી ગતિ કરી 1200 N m^{-1} બળ અચળાંક વાળી સ્પ્રિંગ સાથે અથડાય છે. સ્પ્રિંગનું મહત્તમ સંકોચન શોધો.
6. ઉપરોક્ત પ્રશ્ન 5 માં જ્યારે બ્લોકની ગતિ ઉર્જા સ્પ્રિંગની સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિઉર્જા કરતા બમણી હોય ત્યારે સ્પ્રિંગનું સંકોચન કેટલું થશે ?
7. એક ઈલેક્ટ્રીક બલ્બનો પાવર 60 W છે. જો આ બલ્બ 12 કલાક / દિવસ ચાલે તો 30 દિવસમાં વપરાતી વિદ્યુતઉર્જા ગણો.
8. 120 m ની ઊંચાથી દર સેકન્ડે 1000 kg પાણી પડે છે. પડતા પાણીની આ ઉર્જા વીજળી ઉત્પન્ન કરવા માટે થાય છે. વ્યયની ગેરહાજરીમાં ઉત્પન્ન થતાં પાવરની ગણતરી કરો.

9. હાઈવે પર 1200 kg દળવાળી ગાડીની ઝડપ 90 km h^{-1} છે. ગાડીને રોકવા માટે ગાડી ચાલક બ્રેક લગાડે છે. આથી ગાડી 3 સેકન્ડમાં રોકાય છે. બ્રેક દ્વારા સરેરાશ પાવરની ગણતરી કરો.

10. 400 g દળ ધરાવતો દડો 5 m s^{-1} ના વેગથી ગતિ કરી સ્થિર રહેલા 600 g દળ ધરાવતા બીજા બોલ સાથે હેડઓન અથડામણ (સ્થિતિસ્થાપક) અનુભવે છે. અથડામણ પછી દડાઓનો વેગ શોધો.

11. 10 g દળ ધરાવતો દડો 500 m s^{-1} ના પ્રારંભિક વેગ સાથે ગતિ કરે છે. જેથી તે સ્થિર 20 kg દળવાળા લાકડાના બ્લોકમાં ઘુસી જાય છે.

    (a) આ અથડામણ પછી બ્લોકનો વેગ શોધો.

    (b) અથડામણમાં કેટલી ઉર્જાનો વ્યય થશે ?

12. કોઈ સમક્ષિતિજ સપાટી પર 6 kg પર દળ ધરાવતો પદાર્થ સ્થિર પડ્યો છે. હવે આ પદાર્થ પર 15 N જેટલું સમક્ષિતિજ બળ લગાડવામાં આવે છે. જેથી પદાર્થ 10 sec માં 100 m જેટલું અંતર કાપે છે.

    (a) બળ દ્વારા કેટલું કાર્ય થશે ?

    (b) 10 sec પછી બ્લોકની ગતિઉર્જા કેટલી હશે ?

    (c) ઘર્ષણ બળની દિશા અને મુલ્ય કેટલું હશે ?

    (d) ગતિ દરમિયાન ઉર્જાનો વ્યય કેટલો હશે ?

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

6.1

1. લાગતું બળ કણની ગતિને લંબ કાર્ય કરતું હોવાથી બળ દ્વારા કાર્ય થતું નથી.

2. (a) કાર્ય શૂન્ય થાય છે, જ્યારે (i) પદાર્થનું સ્થળાંતર ન થતું હોય ત્યારે અને (ii) સ્થળાંતર અને બળ વચ્ચેનો ખૂણો 90° હોય ત્યારે.

    જ્યારે પદાર્થ સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગતિ કરે છે ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા થતું કાર્ય શૂન્ય હોય છે.

    (b) જ્યારે પદાર્થને ઉર્ધ્વદિશામાં ફેંકવામાં આવે ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ દ્વારા થતું કાર્ય ઋણ હોય છે.

    (c) જ્યારે કણ બળની દિશામાં ગતિ કરે ત્યારે થતું કાર્ય ઘન હોય છે.

3. (a) $W = mgh = 2 \times 9.8 \times 5 = +98$ J

    (b) ગુરૂત્વાકર્ય બળ દ્વારા થતું કાર્ય –98 J

4. $\mathbf{F} = (2\ \ + 3\ \ )$ $\quad$ $\mathbf{d} = (-\ \ + 2\ \ )$

    $W = \mathbf{F.d}$ $\quad$ $= (2\ \ + 3\ \ ) . (-\ \ + 2\ \ )$

    $-2 + 6 = \mathbf{4}$

5. $\mathbf{F} = (5\ \ + 3\ \ )$ $\quad$ $\mathbf{d} = (3\ \ + 4\ \ )$

(a) $|\mathbf{d}| =$ = = **5** m

(b) $|\mathbf{F}| =$ = = 5.83

(c) $W = \mathbf{F.d}$ = (5 + 3) . (3 + 4)

= 15 + 12 = 27 J

6.2

1. એકમ અંતર દીઠ પુનઃ સ્થાપકબળને બળઅચળાંક કહેવાય છે. જેનો એકમ N m^{-1} છે.

2. $k =$ = = 100 N m

As $F = kx$ for $x = 50$ cm. $F =$

= 50 N.

$W = \frac{1}{2}kx^2 =$

= 1.25 N m = 1.25 J.

(0.5 m)× $\left(\frac{5}{100}\times\frac{5}{100}\right)$ m^2

6.3

1. $P = \frac{mgh}{t} = \frac{(100\times9.8\times8)}{10\text{ s}}$ J = 784 W.

2. 10 H.P = (10 × 746) W = W

= 7.46 kW

6.4

1. k.E. = $\frac{1}{2}mv^2$. તે ક્યારેય ઋણ હોતું નથી કારણકે

(i) m ક્યારેય ઋણ હોતું નથી.

(ii) v^2 હંમેશા ધન હોય છે.

2. (a) K.E = $mv^2 = E$

v ને $2v$ કરતાં, K.E ચાર ગણી અને E= 4E થાય છે.

(b) m ને કરતાં $E =$ બને છે.

Notes

3. સ્પ્રિંગની સ્થિતઉર્જા = kx^2 = 3.6 J

∴ x^2 = = = 0.04 m

and x = 0.2 m = 20 cm.

4. $v^2 = u^2 - 2as$ અંતિમ વેગ શૂન્ય છે એ પ્રારંભિક વેગ $\frac{90 \text{ km}}{\text{h}}$ = 25m s^{-1}

∴ = a = = 20.83 m s^{-2}

$F = ma$ = 1000 × 20.83 = 20830 N.

Power = $\frac{W}{t}$ = = 12498 W

5. બાહ્યબળ દ્વારા થતું કાર્ય = 375 J

સ્પ્રિંગ દ્વારા થતું કાર્ય = – 375 J

6.5

1. (a) O, સ્થિતિઉર્જામાં ફેરફાર થતો નથી.

(b) સ્થિતિઉર્જામાં ફેરફાર = mgh = 2 × 9.8 × 4 = 78.4 J

(c) સ્થિતિઉર્જામાં ફેરફાર = 78.4 J.

(d) – 78.4 J.

2. (a) સ્થિતિઉર્જામાં ફેરફાર = mgh = 0.5 × 9.8 × 4 = 19.6 J

K.E. at B = mv^2 = 19.6 J

v^2 =

$v^2 = 78.4 \Rightarrow v = 8.85$ m s^{-1}

(b) v = 14 m s^{-1}

(c) mgh = 0.5 × 9.8 × 10 = 49.0 J (+ ધન)

W = +49 J

3. BC = 2m

= sin30°

Notes

AC = BC sin30°

= 2 ×   = 1

C થી B સુધી સ્થિતિઉર્જામાં થતો ફેરફાર = mgh = 2 × 9.8 × 1 = 19.6 J

પરંતુ B પર ગતિઉર્જા is = 15.6 J

ઉર્જાનો વ્યય = 19.6 – 15.6 = 4J

આ વ્યય ઘર્ષણબળનાં કારણે છે.

$4J = F \times d = F \times 2$

$F = 2N$

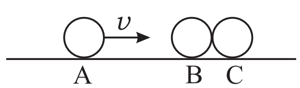
4. સાદાં લોલકનાં આંદોલન દરમિયાન $x = 0$ પર ગતિઉર્જા મહત્તમ હોય છે અને $x = x_m$ પર તે લઘુત્તમ હોય છે. જ્યારે $x = 0$ પર સ્થિતિઉર્જા લઘુત્તમ હોય છે અને $x = x_m$ પર તે મહત્તમ હોય છે. આમ, A સ્થિતિઉર્જા 98 દર્શાવે છે.

5. ના

6.6

1. (a) ના, કારણકે તે રેખીય વેગમાનનાં સંરક્ષણના નિયમની વિરૂદ્ધ છે.

   (b) ના

2. 

$v_A = 0,\ v_B = 0,\ v_C = v$

∵ આ સ્થિતિ માત્ર (i) રેખીય વેગમાન અને (ii) કુલ ગતિઉર્જાનાં સંરક્ષણનાં નિયમોનું પાલન કરે છે.

3. v_{Af} = +

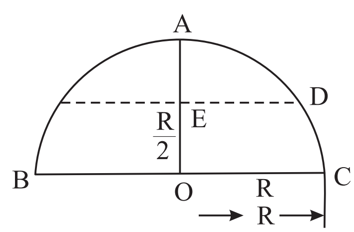
$$= \frac{2 \times 4 \times (-40)}{6} - \frac{50(-2)}{6}$$

$$= -\frac{320}{6} + \frac{100}{6}$$

$$= -\frac{220}{6}$$

$$= -35 ms^{-1}.$$

$$v_{Bf} = -\frac{2m_A v_{Ai}}{m_A + m_B} +$$



$=$

$= \frac{200}{6} - \frac{80}{6}$

$= \frac{120}{6} = 20\ ms^{-1}$.

દડો A 35 m s^{-1} ના વેગથી પાછો ફેંકાય છે અને દડો B 20 m s^{-1} ના વેગથી ગતિ ચાલુ રાખે છે.

4. (a) 1.76 ms^{-1}.
   (b) 81 J અને 1.58 J
   (c) Inelastic collision
   (d) 79.42 J
5. હા, પણ બંને દડાની કુલ ઉર્જા સંઘાત પછી અને પહેલાં એકસમાન જ રહે છે.

પાઠ્યાંત પ્રશ્નોના ઉત્તર :

5. 1 m.
6. 0.707 m
7. 21.6 kW
8. 1.2 mega watt
9. 125 kW
10. m s^{-1}, m s^{-1}
11. (a) 0.25 m s^{-1} (b) 1249.4 J
12. (a) 1500 J (b) 1200 J
    (c) 3 N ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં
    (d) 300 J
13. (a) 0.625 J (b) m s^{-1} (c) 0.313 J
14. (a) 0.72 J (b) 0.4 J
15. (a) 37.5 kW (b) 1.125×10^5 J

7

દૃઢ પદાર્થની ગતિ

અગાઉના પ્રકરણમાં આપણે એક પદાર્થની ગતિની ચર્ચા કરી જેમાં તે પદાર્થને બિંદુમય દળ લેવામાં આવ્યો હતો. જે યંત્રશાસ્ત્રના નિયમો સમજવા માટે ઘણું ઉપયોગી સાબિત થયું. પરંતુ હકીકતમાં પદાર્થ ઘણાબધા નાના કણોનો બનેલો છે. તો શું આપણે ગતિના ઘણા બધા સમીકરણો લખવા પડે ? અને તે પણ દરેક કણ માટે કે પછી બીજો કોઈ સરળ માટે હોઈ શકે. આવા પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવવાની પ્રક્રિયામાં તમે દ્વવ્યમાન કેન્દ્ર અને જડત્વની ચાકમાત્ર જેવી રાશીઓ વિશે અભ્યાસ કરશો.

ઉદેશ્યો

આ પ્રકરણનો અભ્યાસ કર્યા પછી તમે,

- દૃઢ પદાર્થને દ્વવ્યમાન કેન્દ્ર વ્યાખ્યાયીત કરી શકાય.
- દૃઢ પદાર્થની ગતિ રેખીય અને ચક્રીય ગતિઓનું સંયોજન તેવું સમજાવી શકશો,
- જડત્વની ચાકમાત્રને વ્યાખ્યાયીત કરી સમાંતર અક્ષર લંબઅક્ષ પ્રમેયો સમજી શકશો,
- ટોર્ક વ્યાખ્યાયીત કરી શકશો અને તેના દ્વારા ઉત્પન્ન થતી ચક્રીય ગતિની દિશા શોધી શકશો,
- દૃઢ પદાર્થો માટે ગતિનું સમીકરણ લખી શકશો,
- કોણીય વેગમાનના સંરક્ષણનો, નિયમ સમજી શકશો.

7.1 દૃઢ પદાર્થ

અગાઉ જણાવ્યા પ્રમાણે બિંદુમય દળો આપણી સરળતાખાતર લીધા હતા. એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે ત્યારે તેમના કદની સાપેક્ષ તેમની વચ્ચેનું અંતર ઘણું જ વધારે હોય છે. આથી તેમનું કદ અવગણી શકાય છે. જેમને બિંદુમય દળો કહેવામાં આવે છે. શું તમે બે દાહરણો એવા આપી શકો કે તેમના કિસ્સાઓમાં પદાર્થનું કદ મહત્વનું ના હોય ? તારાઓનું કદ ગેલેક્ષીના કદ કરતા નાનું હોય છે. આથી તારાઓને બિંદુમય દળો તરીકે કલ્પી શકાય. આજ રીતે પૃથ્વી અને ચંદ્રના તંત્રમાં ચંદ્રનું કદ અવગણ્ય છે. પરંતુ જ્યારે આપણે પદાર્થની ગતિ તેના ધરીની સાપેક્ષ અભ્યાસ કરતા હોઈએ ત્યારે પદાર્થનું કદ ઘણું જ મહત્વનું હોય છે. જ્યારે આપણે તંત્રની ચક્રીય ગતિનો અભ્યાસ કરીએ ત્યારે તેના ઘટક કણો વચ્ચેનું અંતર અચળ રહે છે. તેમ માનીએ છીએ. કણોના આવા તંત્રને દૃઢપદાર્થ કહે છે.

Notes

આમ, તંત્રની ગતિ દરમિયાન તેના ઘડક કણો વચ્ચેનું અંતર બદલાતું ના હોય તેને દ્રઢ પદાર્થ કહેવાય છે.

*આ વ્યાખ્યા પરથી માલૂમ પડે છે કે ગતિ દરમિયાન દ્રઢ પદાર્થનો આકાર બદલાતો નથી. જો કે બિંદુવત દળની જેમ દ્રઢ પદાર્થનો આકાર બદલાતો નથી. જો કે બિંદુવત દળની જેમ દ્રઢ પદાર્થનું અસ્તિત્વ પણ આદર્શ છે. કારણકે વધુ બળ આપતા પણ તેના ઘટક કણો વચ્ચેના અંતર માત્ર સૂક્ષ્મત્તમ મુલ્યમાં જ બદલાય છે. આથી કુદરતમાં સંપૂર્ણ પણે દ્રઢ પદાર્ત અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી. આથી ઘન પદાર્થને આંશિક પણે દ્રઢ પદાર્થ કલ્પી શકાય છે. ક્રિકેટનો દડો, લાકડાનો બ્લોક, પૃથ્વી, ચંદ્ર વગેરેને આ પ્રકરણમાં દ્રઢ પદાર્થ તરીકે લઈશું. શું પાણી ભરેલી ડોલને દ્રઢ પદાર્થ કહી શકાય ? દેખીતી રીતે તે દ્રઢ પદાર્થ નથી કારણ કે ડોલને બાજુથી દબાવતા તેનો આકાર બદલાય છે.*You may now like to check what you have understood about a rigid body.

પાઠગત પ્રશ્નો 7.1

1. *કોઈ એક ફ્રેમ* 6 *લાકડાની પટ્ટીઓથી બનેલી છે. આ પટ્ટીઓ એકબીજા સાથે સખત રીતે જોડાયેલી છે. શું આ તંત્રને દ્રઢ પદાર્થ કહી શકાય ?*
2. *શું રેતીના ઢગલનિ દ્રઢ પદાર્થ કહી શકાય ? તમારો ઉત્તર સમજાવો.*

7.2 દ્રઢપ્રદાર્થનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર

કેટલા કણોથી બનેલા રીજીડ પદાર્થો વિશે ચર્ચા કરતા પહેલા ચાલો આપણે એક સાદો કિસ્સો જોઈએ. ધારો કે એક તંત્ર સમાન દળ વાળા બે કણોનું બનેલું છે અને આ કણો દ્રવ્યમાન રહીત અને ખેંચાય નહીં તેવા સળિયા દ્વારા જોડાયેલા છે. શું આવા તંત્રને દ્રઢ પ્રદાર્થ કહી શકાય.

આ તંત્રમાં બે કણો વચ્ચેનું અંતર બદલાતું ન હોવાથી, તેને દ્રઢ પદાર્થ કહી શકાય.

આકૃતિ 7.1 *માં દર્શાવ્યા અનુસાર ધારો કે બે કણો સમક્ષિતેજ સપાટીથી* Z_1 *અને* Z_2 *ઊંચાઈએ રહેલા છે. વળી, આ કણો જે ક્ષેત્રમાં રહેલા છે તે ક્ષેત્ર માટે ગુરુત્વાકર્ષણ એકસમાન છે. આથી, દરેક કણ પર લાગતું બળ* mg *છે.*

આકૃતિ 7.1 : *બે કણનું તંત્ર*

આ તંત્ર પર લાગતું કુલ બળ 2mg *થશે. હવે આપણે એક એ બિંદુ* C *તંત્રમાં કોઈ જગ્યા પર શોધવું પડે કે જેથી તે સમાન સપાટીથી કોઈ* Z *ઊંચાઈએ રહેલું હોય અને તંત્રની ગતિ બે કણોની ગતિને રજૂ કરે. કણ* 1 *અને કણ* 2 *ની સ્થિતિઉર્જા અનુક્રમે* mgz_1 *અને* mgz_2 *છે.* C *બિંદુ પર રહેલા કણની સ્થિતિઉર્જા* 2mgz *થશે. અહીં* C *બિંદુ પર રહેલા કણની સ્થિતિઉર્જા બંને કણોની સંયુક્ત સ્થિતિઉર્જા બરાબર થશે. ાથી,* Since this must be equal to the combined potential energy of the two particles, can write

$$2\,mgz = mgz_1 + mgz_2 \qquad (7.1)$$

અથવા

$$z = \frac{z_1 + z_2}{2} \qquad (7.2)$$

અહીં નોંધો કે બિંદુ C *રબે કણોની વચ્ચે છે. જો બે દળો અસમાન હોય તો આ બિંદુ તેમની મધ્યમાં ના હોઈ શકે. જોકે દળ* m_1 *રઅને કણ* m_2 *રહોય તો સમીકણ* 7.1 *પરથી,*

$$(m_1 + m_2)\,gz = m_1gz_1 + m_2gz_2 \qquad (7.3)$$

Notes

આથી $z =$ (7.4)

અહીં બિંદુ C ને તંત્રનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર કહેવાય છે. જે માત્ર ગાણિતીક સાધન છે. અને તેનું ભૌતિક અસ્તિત્વ હોતું નથી.

ઉદાહરણ 7.1 : ઉપરોક્ત કિસ્સામાં 1 કણનું દળ બીજા કરતા બમણું છે. તો ચાલો તેનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર શોધીએ.

ઉકેલ : $m_1 = m$ અને $m_2 = 2\,m$, તો સમીકરણ (7.4) પરથી

$$z = \frac{m\,z_1 + 2\,m\,z_2}{(m + 2\,m)} = \frac{z_1 + 2\,z_2}{3}$$

જે તંત્ર ઘણા બધા કણોનું બનેલું હોય તો સમીકરણ (7.4) પરથી દ્રવ્યમાન કેન્દ્રને નીચે પ્રમાણે વ્યાખ્યાયીત કરી શકાય. કોઈ યામ પદ્ધતિની સાપેક્ષ કોઈ કણનું દળ m_1 રછે. જેના યામ (x_1, y_1, z_1) હોય તેને તેજ પ્રમાણે દળ m_2 ના યામ (x_2, y_2, z_2) .... (આકૃતિ 7.2) હોય તે દ્રવ્યમાન કેન્દ્રના યામ નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

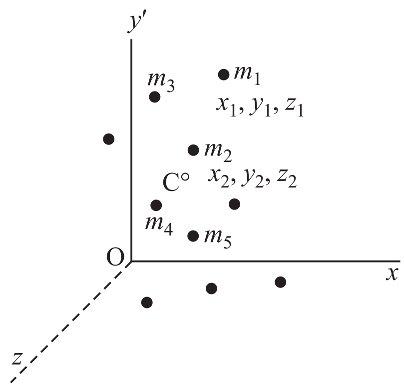
$$x = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \ldots}{m_1 + m_2 + \ldots}$$

$$= \frac{\sum_{i}^{N} m_i\, x_i}{\sum_{i=1}^{N} m_i} \qquad (7.5)$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, x_i}{M}$$

આજ રીતે
$$y = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, y_i}{M} \qquad (7.6)$$

અને
$$z = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, z_i}{M} \qquad (7.7)$$



આકૃતિ 7.2 : ઘણા બધા કણોથી બનેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર

જ્યાં પદાર્થનું કુલ દળ M દર્શાવે છે.

આપણે દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર ચોક્કસાઈ પૂર્વક કેમ જાણવું જોઈએ ?

આપણે જાણીએ છીએ કે સ્થાનાંતરનો સમયદર વેગ દર્શાવે છે. અને વેગનો સમયદર પ્રવેશ દર્શાવે છે. જો કણ 1 ના પ્રવેગનો x અક્ષનો ઘટક a_{1x} અને તેજ પ્રમાણે બીજા ઘટકોને ધ્યાનમાં લેતા સમીકરણ (7.5) પરથી

$$M\,a_x = m_1\,a_{1x} + m_2\,a_{2x} + \ldots \qquad (7.8)$$

જ્યાં ax દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પ્રવેગનો x ઘટક છે. આજ પ્રમાણે y અને z અક્ષ પર પ્રવેગના સમીકરણ લખી શકાય. આવા સમીકરણોને એક સમીકરણ તરીકે લખી શકાય.

Notes

$$M\mathbf{a} = m_1\mathbf{a_1} + m_2\mathbf{a_2} + ... \quad (7.9)$$

પરંતુ દળ પ્રવેગનો ગુણાકાર બળ આપે છે. m_1a_1 કણ 1 પર લાગુ પડતા બળ દર્શાવે છે. આજ પ્રમાણે $m_2\,\mathbf{a_2}$ કણ 2 પર લાગતું કુલ બળ છે. આમ, સમીકરણની જમણી બે પદાર્થ પર લાગતું કુલ બળ દર્શાવે છે.

પદાર્ત પર લાગતા બળો બે પ્રકારના હોઈ શકે. કેટલા બળો પદાર્ત પર બાહ્ય ઉદ્‌ગમો દ્વારા લાગતા હોય છે. જેમને બાહ્યબળો કહેવાય છે. દા.ત. ગુરુત્વાકર્ષણ બળ. કેટલાક બાહ્ય પદાર્થના કણોની આંતરક્રિયાના કારણએ ઉદ્‌ભવે છે. જેમને આંતરબળો કહેવાય છે. દા.ત. સંશક્તિ બળ દૃઢ પદાર્થના ક્રિયામાં આંતરિક બળોનો સરવાળો શૂન્ય હોય છે. કારણ કે તેઓ એકબીજાની અસરને નાબુગ કરે છે. આથી, પદાર્થના કણોનું વ્યક્તિત્વ પ્રવેગ બાહ્યબળોના પરિણામી અથવા તેમના સરવાળાના કારણે હોય છે. આથી સમીકરણ (7.9) નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$M\mathbf{a} = \mathbf{F}_{ext} \quad (7.10)$$

આમ, પદાર્થનું દ્વ્યમાન કેન્દ્ર એક એવું બિંદુ છે જે પદાર્થનું સમગ્ર દળ કેન્દ્રીય થયેલું કલ્પી શકાય અને જે પદાર્થ પર લાગતા બાહ્યબળોના સરવાળા દ્વારા ચલિત થયું કલ્પ આવે છે. આમ હવે આપણે તંત્રને (પદાર્થના) હજારો કણોને ધ્યાનમાં લીધા વગર માત્ર તે પદાર્થને દ્વ્યમાન કેન્દ્ર નિશ્ચિત કરી તેની ગતી નક્કી કરી શકાય છે. અહીં, તેની ગતિ નક્કી કરી શકાય છે. અહીં, દ્વ્યમાન કેન્દ્રની ગતિ બાહ્યબળો દ્વારા નક્કી થાય છે તેમજ આંતરિક બળો કોઈ ભાગ ભજવતા નથી. જે એક મહત્વપૂર્ણ નિશ્કર્ષ છે.

તમને પ્રક્ષિપ્ત ગતિ ખ્યાલ હશે. તમે યાદ કરી શકો કે પ્રક્ષેપક કયા પથ પર ગતિ કરે છે ?

આપણે જાણીએ છીએ કે આવી ગતિનો પથ પરવલયાકાર હોય છે. ધારોકે પ્રક્ષેપક એક બોંબ છે જે હવામાં કોઈ જગ્યા પર ફૂટે છે અને તેના ઘણા બધા ટુકડા થાય છે. બોંબનો આ વિસ્ફોટ આંતરિક બળોના કારણે થાય છે. અહીં, બાહ્યબળમાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. અર્થાત્ ગુરૂત્વાકર્ષણ બળમાં ફેરફાર થતો નથી. આથી, પક્ષેપકનું દ્વ્યમાન કેન્દ્ર તેજ પરવલય પથ પર ગતિ ચાલુ રાખે છે કે જે પથ પર જો બોંબનો વિસ્ફોટ ના થયો હોય તો તે ગતિ ચાલુ રાખ. (આકૃતિ 7.3) બોંબના ટુકડાઓ અલગ અલગ દિશાઓમાં જુદા જુદા પરવલયાકાર પથ પર ઉડી શકે છે. પરંતુ આ ટુકડાઓનું દ્વ્યમાન કેન્દ્ર તો મુળ પરવલય પથ પર જ હશે.

આ પરથી આપણે દૃઢપદાર્થના દ્વ્યમાન કેન્દ્રની અગત્યતા સમજી શકીએ છીએ. ચાલો આપણે ઉદાહરણ દ્વારા તંત્રનું દ્વ્યમાન કેન્દ્ર મેળવવાની પદ્ધતિ જોઈએ.

ઉદાહરણ 7.2 : ધારો કે 1 મીટર બાજુની લંબાઈ ધરાવતા ચોરસના ખૂણાઓ પર ચાર દળો 1.0 kg, 2.0 kg, 3.0 kg અને 4.0 kg ગોઠવ્યા છે. આ તંત્રનું દ્વ્યમાન કેન્દ્ર ક્યાં હશે ? ઉકેલો

ઉકેલ : ધારોકે આપેલું ચોરસ સમતલ (x,y) માં છે. વળી ધારોકે કે ચોરસનો એક ખૂણો યામતંત્રના ઉદ્‌ગમ પર છે અને તેની બાજુઓ x અને y અક્ષોપર છે. ચાર દળોના યામ અનુક્રમે m_1 (0,0), m_2 (1.0,0), m_3 (1.0,1.0) અને m_4 (0, 1.0) ?જ્યાં બધા અંતર
મીટરમાં છે. (આકૃતિ 7.4).

સમીકરણો (7.5) અને (7.6) પરથી

x =

m

= 0.5 m

અને y =

આકૃતિ 7.4 : ચોરસના ખૂણાઓ આવેલા ચર

$$\frac{1.0 \times 0 + 2.0 \times 0 + 3.0 \times 1.0 + 4.0 \times 1.0}{1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0} \text{ m}$$

$$= 0.7 \text{ m}$$

આમ, તંત્રના દ્રવ્યમાં કેન્દ્રના યામ (0.5 m, 0.7 m) *છે. આકૃતિ* 7.4 *માં* C *થી દર્શાવેલ છે. નોંધો કે દ્રવ્ય કેન્દ્ર ચોરસના કેન્દ્ર પર નથી. તેમ છતાં ચોરસ સમમતિ ધરાવે છે.*

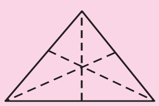
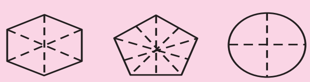
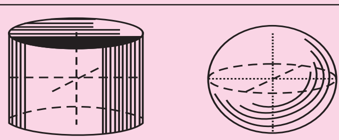
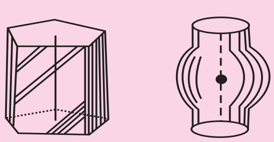
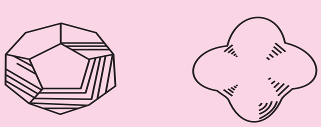
દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પરના હોવાનું કારણ શું હોઈ શકે. ઉત્તર મેળવવા માટે બધ દળને સમાન લઈ દ્રવ્યમાન કેન્દ્રના યામની ગણતરી કરો.

7.2.1 કેટલાક પદાર્થોનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર

આકૃતિ 7.3 : પક્ષેપકનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર

ફેલાયેલા પદાર્થના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની સ્થિતિ સરળતાથી મેળવી શકાતી નથી. દૃઢ પદાર્થના બધા કણોનું દળ એકમ હોય છે અને તેઓ પદાર્થમાં સમાન પણે વિતરીત થયેલા તેવું માનવાથી ગણતરી થોડી સરળ બને છે. જોકે દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની અગત્યતા સમજી ટેબલ 7.1 *માં કેટલા નિશ્ચિત સંમિત પદાર્થોના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની સ્થિતિ આપેલી છે.*

ટેબલ 7.1 કેટલાક નિશ્ચિત સંમિત પદાર્થોના દ્રવ્યયાનો

Figure	Position of Centre of Mass
	*Triangular plate* Point of intersection of the three medians
	*Regular polygon and circular plate* At the geometrical centre of the figure
	*Cylinder and sphere* At the geometrical centre of the figure
 from the based	*Pyramid and cone* On line joining vertex with centre of base and at h/4 of the height measured from
	*Figure with axial symmetry* Some point on the axis of symmetry
	*Figure with centre of symmetry*

Notes

At the centre of symmetry

દ્રવ્યમાન કેન્દ્રવીશે બે બાબતો ધ્યાનમાં રાખવા જેવી છે : (i) તે પદાર્થની બહાર હોઈ શકે છે. ચેમાં રીંગ. (ii) જ્યારે બે પદાર્થો એકબીજાની આસપાસ ગતિ કરતાં હોય ત્યારે તે હકીકતમાં એકબીજાના સામાન્ય દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની ફરતે ગતિ કરતા હોય છે. દા.ત. બાયનરી તંત્રમાં તારા એકબીજાના સમાન્ય દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની આસપાસ ફરતા હોય છે. પૃથ્વી અને સૂર્યના તંત્રમાં પણ તે બંને સમાન્ય દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની આસપાસ ફરે છે. પરંતુ પૃથ્વીની સાપેક્ષ સૂર્યનું દ્રવ્યમાન ઘણું જ વધારે હોવાથી આ તંત્રનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર સૂર્યની નજીક હોય છે.

ચાલો આપણે તમારી પ્રગતિ ચકાસીએ.

પાઠગત પ્રશ્નો 7.2

1. આકૃતિ 7.5 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે A, B, C, D અને E ના દળ અનુક્રમે 1.0 kg, 2.0kg, 3.0 kg, 4.0 kg અને 5.0 kg છે. આ તંત્રના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની સ્થિતિના યામ શોધો.

2. m_1 બાજુની લંબાઈ ધરાવતા સમબાજુ ત્રિકોણના ખૂણાઓ પર કણો m_1 =1 kg, m_2 = 2 kg, અને m_3 = 3 kg રહેલા હોય 3 તો આ તંત્રના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રના યામની સ્થિતિ મેળવો.

આકૃતિ 7.5

3. દર્શાવો કે બે કણોના તેમના સામાન્ય દ્રવ્યમાન કેન્દ્રથી અંતરોનો ગુણોત્તર તેમના દળોના ગુણોત્તરના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

7.3 દૃઢપદાર્તની રેખીય અને ચક્રીય ગતિઓની સરખામણી

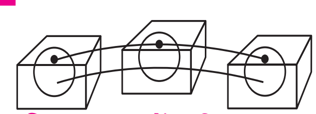
જ્યારે કોઈ દૃઢ પદાર્થ એવી રીતે ગતિ કરે કે જેથી તેના ઘટક કણો એકબીજાથી સમાંતર પથ પર ગતિ કરે (આકૃતિ 7.6) તો તેવી ગતિને રેખીય ગતિ કહેવામાં આવે છે. અહીં બધાજ કણો એકસરખી ગતિ કરતા હોવાથી તેમનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પણ એકસમાન પથ પર ગતિ કરે છે. આથી પદાર્થની રેખીય ગતિને તેના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની ગતિ તરીકે ઓળખી શકાય. આપણે જોયું કે આવી ગતિને સમીકરણ (7.10) પ્રમાણે લખી શકાય.

$$M\,\mathbf{a} = \mathbf{F}_{ext}$$

હવે તમે સમજ્યાં કે પદાર્થના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રને નિતિ કરવાનો ફાયોદ શું છે ? તેની મદદથી પદાર્થની રેખીય ગતિ એક કણની રેખીય ગતિ તરીકે વર્ણવી શકાય છે. કે જેના પર પદાર્થનું સમગ્ર દળ કેન્દ્રીય થયું હોય. આ સમજવામાં નીચેની પ્રવૃત્તિ કરો.

પ્રકૃતિ 7.1

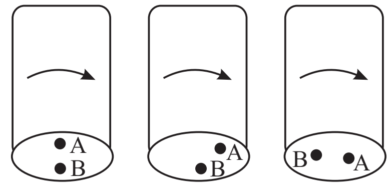
એક લાકડાનો બ્લોક લો. તેની કોઈપણ સપાટી પર બે કે ત્રણ નિશાનીઓ કરો. હવે નિશાનીવાળી સપાટી તમારી સામે રાખી બ્લોકને સમક્ષિતિજ ભોંયતળિયા પર ધક્કો મારો. નિશાનીઓ દ્વારા આવરી લેવાતા પથ નોંધો. તમે જોશો કે બધી નિશાનીઓના પથ ભોંયતળિયાની સમાંતર અને આથી એકબીજાથી સમાંતર છે. આકૃતિ (7.6) અહીં પથની લંબાઈઓ પણ સમાન છે.



આકૃતિ 7.6 : ભોંયતળિયા પર રેખીય ગતિ કરો લાકડાનો

પ્રવૃત્તિ 7.2

ચાલો આપણો બીજા એક સાદો પ્રયોગ કરીએ લાકડાનો નળાકાર ટુકડો લો. તેની સમતલ સપાટી પર બે નિશાની કરો. હવે નળાકારને તેની સમતલ સપાટી તમારી સામે રહે તેમ હળવેથી સરકાવો. તમે જોશો કે આકૃતિ (7.7) દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ એક નિશાની A ભોંયતળિયાની સમચક્રીય ગતી કરે છે. આમ, નળાકાર રેખીય ગતિની સાથેસ ચક્રીય ગતિ પણ કરે છે.



આકૃતિ 7.7 : નળાકારની ચક્રીય ગતિ

જ્યારે દૃઢ પદાર્થ રેખીય અને ચક્રીય ગતિ એક સાથે કરતો હોય ત્યારે જો તેનું કોઈ એક બિંદુ ચોંટેલ હોય તો તે રેખીય ગતિના કરી શકે અને તે માત્ર ચક્રીય ગતિજ કરી શકે છે.

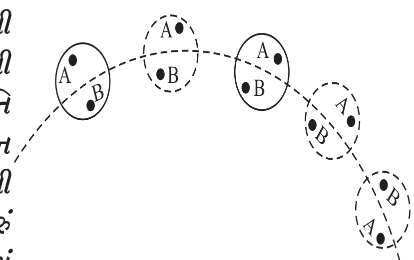
તમે પથ્થરોને દળવાની પ્રક્રિયા (ચક્કી) જોઈ હશે.

પથ્થરનો હાથો વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરે છે. પથ્થર પરના બધાં બિંદુઓ પણ પથ્થરના કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષની આસપાસ ચક્રિય (વર્તુળાકાર) ગતિ કરે છે. (આકૃતિ7.8).

દ્રઢ પદાર્થની એવી ગતિ કે જેમાં પદાર્થનાં બધાંજ ધાક કણો સમકેન્દ્રિય વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરે તેને ચક્રિય ગતિ કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ 7.8 : દળવાના પથ્થરનું ભ્રમણ

અગાઉ આપણે જોયું કે દ્રઢ પદાર્થની રેકીય ગતિ એક કણની ગતિનાં સમીકરણ દ્વારા વર્ણવી શકાય છે. તમે આ પ્રકારનાં સમીકરણથી પરિચિત છો. આથી આ પ્રકરણમાં આપણે માત્ર દ્રઢ પદાર્થની ચક્રિય પદાર્થની ગતિ વિશે ચર્ચા કરીશું. હવેથી તેની રેખીય ગતિ થતી નથી. ગાણિતીક સરળતા માટે, ધારો કે આ બિંદુ દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર આથી, પદાર્થનું ભ્રમણ દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષ થશે. પૃથ્વીનું તેની અક્ષ પર ભ્રમણ ચક્રિય ગતિનું એક સારું ઉદાહરણ છે. (આકૃતિ 7.9) આપણે અગાઉનાં પ્રકરણોમાં જોયું કે પદાર્થનું દળ મહત્વનો ભાગ ભજવે છે. પદાર્થનું દળ તેના પર લાગતાં બળનાં કારણે તેનાં દ્વારા પ્રાપ્ત થતાં પ્રવેગનું વર્ણન કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. શું આપણે પદાર્ધનું ચક્રિય ગતિ માટે આવી જ રાશિ વ્યાખ્યાયિત કરી શકીએ ? ચાલો આપણે શોધીએ.



આકૃતિ 7.9 : પૃથ્વી ભ્રમણ

7.3.1 જડત્વની ચાકમાત્રા

ધારો કે (દૃઢપદાર્થનું દ્વ્ય કેન્દ્ર છે.) વળી ધારોકે (આકૃતિ 7.10) માં દર્શાવ્યા મુજબ તે આ બિંદુમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે.

ધારો કે ભ્રમણ અક્ષથી r_1, r_2, r_3... અંતરે રહેલા કણોના દળ m_1, m_2, m_3... છે અને તેમના વેગ અનુક્રમે υ_1, υ_2, υ_3

આકૃતિ 7.10 : Rotation of a plane

છે. આથી કણ m_1 ણગતિઉર્જા $m_1\,\upsilon_1^2$. થશે. આજ પ્રમાણે m_2 ની ગતિઉર્જા (½) m_2 છે. આ પ્રમાણે બધાજ કણોની ગતિઉર્જાઓનો સરવાળો પદાર્થની કુલ ગતિઉર્જા આપે છે. જો પદાર્થની કુલ ગતિ ઉર્જા T હોય તો,

$$T = (½)\, m_1 \quad + (½)\, m_2 \quad + \ldots$$

$$= \qquad (7.11)$$

જ્યાં ણપદાર્તના બધા જ કણોની ગતિઉર્જાનો સરવાળો દર્શાવે છે.

પ્રકરણ 4 માં આપણે જોયું કે કોણીય વેગ (ω) અને રેખીયવેગ (v) વચ્ચે સંબધ v=rw છે. આથી, સમીકરણ (7.11) માં તેનો ઉપયોગ કરતા.

$$T = \qquad (7.12)$$

નોંધો કે ઉપરોક્ત સમીકરણમાં (w) સાથે i જોડેલો નથી. કારણકે દઢ પદાર્થના બધા જ કણનો કોણીય વેગ સમાન છે. આમ સમી. (7.12) ને ફરીથી જોઈએ.

$$T = \frac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^{i=n} m_i\, r_i^2\right)\omega^2$$

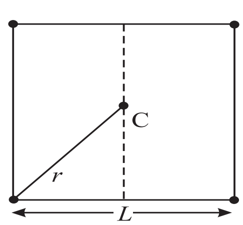
$$= \frac{1}{2}\, I\, \omega^2 \qquad (7.13)$$

રાશી, $I = \qquad (7.14)$

ને પદાર્થની જડત્વની ચાકમાત્રા કહેવાય છે.

ઉદાહરણ 7.3 : L જેટલી બાજુની લંબાઈ ધરાવતા ચોરસના ખૂણાઓ પર સમાન દળ m ધરાવતા ચાર કણ આવેલા છે. આ ચોરસના કેન્દ્રમાંથી પસાર અક્ષ કે જે સમતલને લંબ છે તેની સાપેક્ષ જડત્વની ચાકમાત્રા શોધો.

ઉકેલ : દરેક કણનું ભ્રમણ અક્ષથી અંતર $r = L$ થશે. આથી,



આકૃતિ 7.11

$$I =$$

$$= 4m\, r^2$$

$$= 4\,m\left(\frac{L}{\sqrt{2}}\right)^2 \qquad \text{(Since } \quad \text{).}$$

$$= 2\,m\,L^2$$

અહીં યાદ રાખવું જરૂરી છે કે જડત્વની ચાકમાત્રા ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષે વ્યાખ્યાયીત થાય છે. આથી, જડત્વની ચાકમાત્રાને ધ્યાનમાં લઈએ ત્યારે ભ્રમણ અક્ષ નિશ્ચિત હોવી જરૂરી છે. જડત્વની ચાકમાત્રાનો એકમ kg m^2 છે.

દૃઢ પદાર્થની જડત્વની ચાકમાત્રા નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$I = M K^2 \qquad (7.15)$$

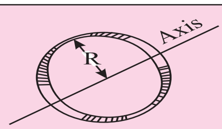
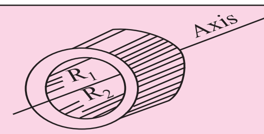
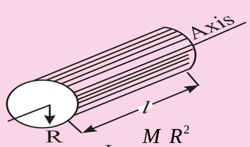
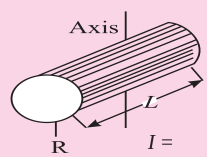
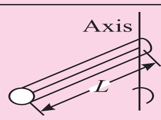
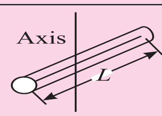
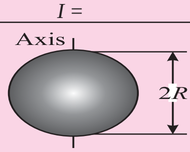
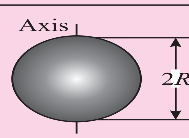
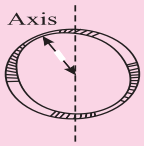
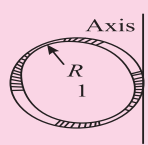
જ્યાં M એ પદાર્થનું કુલ દળ છે. અને K પદાર્થના ગાયરેશનની ત્રિજ્યા છે. ગાયરેશનની ત્રિજ્યા એટલે ભ્રમણ અક્ષથી એવું અંતર કે જે બિંદુએ પદાર્થનું સમગ્રદળ કેન્દ્રિત થયેલું છે તેવું માનવામાં આવે જેથી પદાર્થની જડત્વની ચાકમાત્રા જે તે અક્ષની આસપાસ દળના વિતરણ પર આધાર રાખે છે. જે ઉદાહરણ 7.3 માં જોઈ શકાય છે. ધારોકે વિરૂદ્ધ ખૂણાઓની એક જોડ પર m દળ ધરાવતા વધારના દળ મુકવામાં આવે છે. આથી, દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર C માંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષ તંત્રની જડત્વની ચાકમાત્રા

$$I = m r^2 + 2m r^2 + m r^2 + 2m r^2$$
$$= 6m r^2$$

અહીં નોંધે કે જડત્વની ચાકમાત્રા $2mL^2$ થી બદલાઈને $3\ mL^2$ થાય છે.

સમીકરણ (7.13) ધ્યાનમાં લઈ રેખીય ગતિ કરતા પદાર્થની ગતિઉર્જા માટેના સમીકરણ સાથે તેની સરખામણી કરો. તમે જોશો કે ભ્રમણ ગતિમાં જડત્વની ચાકમાત્રા દળનો ભાગ ભજવે છે. અને રેખીય ઝડપનો ભાગ કોણીય ઝડપ ભજવે છે.

ટેબલ 7.2 કટેલાક સમાન પદાર્થોની જડત્વની ચાકમાત્રા

 Hoop about central axis $I = MR^2$	 Annular cylinder (or ring) about cylinder axis $I =$ (+)
 Solid cylinder about cylindrical axis $I = \frac{M R^2}{2}$	 Solid cylinder (or disk) about a central diameter $I =$ +
 Thin rod about an axis passing through its centre and normal to its $I =$	 Thin rod about an axis passing through one $I =$
 Solid sphere about any diameter $I =$	 Thin spherical shell about any diameter $I =$
 Hoop about any diameter $I =$	 Hoop about any tangent line $I =$

A. જડત્વની ચાકમાત્રાનું અર્થઘટન

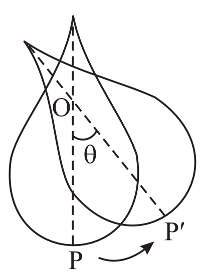
ભ્રમણ ગતિમાં જડત્વની ચાકમાત્રા અને રેખીય ગતિમાં દળ એકસમાન ભાગ ભજવે છે.

જેવી રીતે પદાર્થનું દળ તેની રેખીય ગતિની અવસ્થા ફેરફારનો વિરોધ કરે છે તેજ પ્રમાણે જડત્વની ચાકમાત્રા પદાર્થ કોણીય ગતિમાં ફેરફારનો વિરોધ કરે છે. ઘણા બધા યંત્રો કે કોણીય ગતિ ઉત્પન્ન કરતા હોય તેમના એક ઘટક તરીકે રહેલી ડીશ વધારે જડત્વની ચાકમાત્રા ધરાવે છે. દા.ત. વરાળયંત્ર અને ઓટોમોબાઈલ યંત્ર વધુ જડત્વની ચાકમાત્રા ધરાવતી ડીશને ફલાયવીલ કહેવાય છે. ફલાયવીલનું કાર્ય સમજવા માટે નીચેનું ઉદાહરણ ધ્યાનમાં લો. ધારો કે યંત્ર વાહનચાલક એકાએક વાહનની ઝડપ વધારવા ઈચ્છે, તેની વધારે મોટી જડત્વની ચાકમાત્રાના કારણે ફલાયવીલ તેના આ પ્રયત્નનો વિરોધ કરે છે. આજ પ્રમાણે તે એકાએક ઝડપના ઘટાડાનો પણ વિરોધ કરે છે. આમ, ફલાયવીલ તેની વધુ ઝડત્વની ચાકમાત્રા સાથે ઝાટકવાળી ગતિ રોકે છે અને મુસાફરીને આરામદાયક મુસાફરી કરાવે છે.

આપણે જોયું કે કોણીય ગતિમાં કોણીય વેગ રેખીય વેગ જેવી ભાગ ભજવે છે. કોણીય પ્રવેગ (α) કોણીય વેગમાં થતો ફેરફારનો સમયદર હોવાથી તે રેખીય ગતિ માટે પ્રવેગને અનુરૂપ ભાગ ભજવે છે.

B. એકસમાન ભ્રમણ કરતાં દ્રઢ પદાર્થ માટે ગતિનાં સમીકરણ

ધારો કે કોઈ શંકુ તેનાં કોઈ O બિંદુમાંથી પસાર થથી અને તેનાં સમતલને લંબ અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે. આકૃતિ (7.12) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જો અચળ કોણીય વેગ ω સાથે ભ્રમણ કરતો હોય તો તે t સેકન્ડ જેટલાં સમયમાં θ જેટલાં કોણે ફરશે. કે જેથી



7.12

$$\theta = \omega t \qquad 7.16(a)$$

જો કે શંકુ પર અચળ ટાંકે લાગતું હોય તો તે અચળ કોણીય પ્રવેગ અનુભવશે. નીચેનાં સમીકરણો તેની કોણીય ગતિ દર્શાવે છે.

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t \qquad 7.16(b)$$

જ્યાં, ω_f અંતિમ કોણીય વેગ અને ω_i પ્રારંભિક કોણીય વેગ છે.

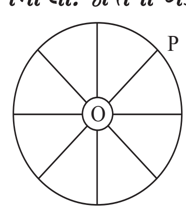
$$\theta = \omega_i t + \quad \alpha t^2 \qquad 7.16(c)$$

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\,\alpha\,\theta \qquad 7.16(d)$$

જ્યાં, θ એ t સેકન્ડમાં થતું કોણીય સ્થાનાંતર દર્શાવે છે.

ઉપરોક્ત સમીકરણને કાળજીપૂર્વક જોતાં માલૂમ પડે છે કે તેઓ રેખીય ગતિનાં સમીકરણો સાથે ઘણી જ સામ્યતા વધારે છે.

ઉદાહરણ 7.4 : સાઈકલનું ચક્ર સમક્ષિતિજ અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરવા માટે મુક્ત છે. (આકૃતિ 7.11) જે સૌપ્રથમ સ્થાયી છે. તેનાં પર દોરેલી કોઈ રેખા OP ધ્યાનમાં લો. જો તેનો એકસમાન કોણીય પ્રવેગ 2.5 rad s^{-2} હોય તો રેખા OP કેટલાં કોણે ગતિ કરશે ?



7.13

Notes

ઉકેલ : રેખા OP નું કોણીય સ્થાનાંતર

$$\theta = \omega_0 t + (½)\, \alpha\, t^2$$
$$= 0 + (½) \times (2.5 \text{ rad s}^{-2}). \times 4 \text{ s}^2$$
$$= 5 \text{ rad}$$

આપણે ઉપર જોયું કે દ્રઢ પદાર્થની ભ્રમણ ગતિ માટે તેનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર અચળ રાખવામાં આવે છે. જો કે ઘણીવાર દ્રવ્યમાન કેન્દ્રનાં બદલે બીજું કોઈ બિંદુ પણ અચળ રાખવું પડતું હોય છે. અર્થાત્ પદાર્થ આ બિંદુની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરી શકે છે. આ કિસ્સામાં ભ્રમણ અક્ષ આ નિશ્ચિત બિંદુમાંથી પસાર થાય છે. આ બિંદુની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા દ્રવ્યમાન કેન્દ્રની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા કરતાં અલગ હોય છે. આ બંને જડત્વની ચાકમાત્રાઓ વચ્ચેનો સંબંધ જડત્વની ચાકમાત્રાનાં પ્રમેયોથી નક્કી થાય છે.

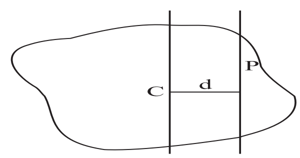
7.3.2 જડત્વની ચાકમાત્રાનાં નિયમો :

બે અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રાઓને જોડતાં પ્રમેયો બે છે. જેમાંની એક અક્ષ પદાર્થનાં દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે.

(i) સમાંતર અક્ષ પ્રમેય અને

(ii) લંબ અક્ષ પ્રમેય

ચાલો આપણે આ પ્રમેયો વિશે ચર્ચા કરી અને તેમની ઉપયોગીતા જોઈએ.



આકૃતિ 7.14 : કોઈ બિંદુ P

(i) સમાંતર અક્ષ પ્રમેય

ધારો કે દ્રઢ પદાર્થ દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર ન હોય તેવાં કોઈ બિંદુ P માંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે. આ અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી સમાંતર અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા જાણવાથી શોધી શકાય છે. જેને સમાંતર અક્ષ પ્રમેય કહેવાય છે. જે નીચે પ્રમાણે છે : દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષની સમાંતર કોઈ અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાક દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષ જડત્વની ચાકમાત્રા અને સમાંતર અક્ષો વચ્ચેનાં લંબ અંતરના વર્ગ (d^2) અને દળ (M) ના ગુણકારનાં સરવાળા બરાબર હોય છે. જો ઈચ્છિત જડત્વની ચાકમાત્રા I હોય અને દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર સમાંતર અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા I_C હોય છે.

$$I = I_C + M\, d^2 \qquad (7.17)$$

જ્યાં M પદાર્થનું દળ છે અને d બે સમાંતર અક્ષો વચ્ચેનું લંબ અંતર છે. (આકૃતિ 7.12). આ વિધાનને સમાંતર અક્ષ પ્રમેય કહેવાય છે.

(ii) લંબ અક્ષ પ્રમેય

આકૃતિ 7.13 માં દર્શાવ્યા મુજબ ધારો કે એકબીજાને પરસ્પર લંબ હોય તેવી ત્રણ અક્ષો ધ્યાનમાં લો જેમાંની બે ધારો કે x અને y પદાર્થનાં સમતલમાં છે અને ત્રેજી અક્ષ 2 આ સમતલને લંબ છે. લંબ અક્ષોની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રાઓનો સરવાળો z અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા બરાબર હોય છે.

અર્થાત્

$$I_z = I_x + I_y \qquad (7.18)$$

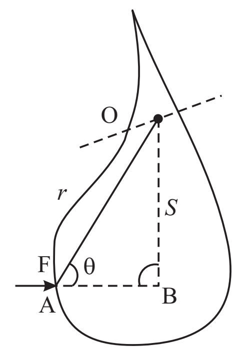
આકૃતિ 7.15 : *લંબ અક્ષ પ્રમેય*

આકૃતિ 7.16 : *વર્તુળની જડત્વની ચાકમાત્રા*

7.3.3 ટોર્ક અને કપલ

પ્રવૃત્તિ 7.3

તમે ક્યારેય એવું નોંધ્યું છે કે બારણાંનાં મિજાગરથી દૂધના બિંદુએ બળ લગાડતાં તે સરળતાથી ખૂલી શકે છે ? મિજાગરાથી નજીકનાં બિંદુએ બળ લગાડતાં શું થાય છે ? આવી પ્રવૃત્તિ કેટલીક વખત કરો. તમને સમજાશે કે બારણું ખોલવા મિજગારથી નજીકનાં બિંદુએ લગાડવું પડતું બળ તેનાંથી દૂરના બિદુંએ જરૂરી બળ કરતાં ઘણું બધું વધારે હોય છે. આવું કેમ બને છે ? ચાલો આપણે આવાં પ્રશ્નોનાં ઉત્તરો મેળવીએ.



આકૃતિ 7.17 : *પદાર્થનું ભ્રમણ*

ધારો કે પદાર્થમાં કોઈ નિશ્ચિત બિંદુ O છે અને પદાર્થ આ બિંદુમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રણ કરી શકે છે. (આકૃતિ 7.17) માં રેખા AB પર રહેલાં બિંદુ A પર ધારો કે F જેટલું બળ લગાડવામાં આવે છે. જો રેખા AB બિંદુ O માંથી પસાર થતી હોય તો તો બળ F પદાર્થને ભ્રમણ કરાવી શકતું નથી. રેખા AB બિંદુ O થી જેટલી દૂર હોય તેટલી સરળતાથી બળ F પદાર્તને O ની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરાવી શકે છે. બળની ભ્રમણ કરાવતી અસરને ટોર્ક હેવાય છે. જેનું મૂલ્ય નીચે પ્રમાણે આપવામાં આવે છે.

$$\tau = F\,s = F\,r\sin\theta \qquad (7.19)$$

આકૃતિ 7.18 : *જમણાં હાથનો નિયમ*

જ્યાં s ભ્રમણ અક્ષ અને જે રેખા પર બળ લગાડવામાં આવે છે તેમની વચ્ચેનું અંતર છે.

ટોર્કનો એકમ ન્યૂટન મીટર (Nm) છે. ટોર્ક સાદેશ રાશિ છે. સમી. (7.19) નું સાદેશ રૂપ

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} \qquad (7.20)$$

*જે ટોર્કની દિશા અને મૂલ્ય આપે છે. પદાર્થ કઈ દિશામાં ભ્રમણ કરેશે ?τ સટીક **r** અને **F** ના સમતલને લંબ દિશામાં હોય છે. જે અહીં પેપરનું સમલતલ છે. (આકૃતિ 7.18). જો આપણે આપણાં જમણાં હાથનાં અંગુઠાને એવી રીતે લંબાવીએ કે જેથી આંગળીઓનો વળાંક **r** to **F** ની દિશા દર્શાવે. તે અંગુઠાની દિશા **τ** ની દિશા દર્શાવે છે..*

આકૃતિ 7.18 માં બળની ભ્રમણ દિશા દર્શાવી છે. કાગળની અંદરની દિશામાં સમતલને લંબ છે.

જે પદાર્થની ઘડિયાળની કાંટાની દિશામાં ગતિ દર્શાવે છે.

ઉદાહરણ 7.5 : આકૃતિ 7.19 માં સાયકલનું પેડલ દર્શાવેલ છે. ધારોકે તમારો પગ ઉપર છે અને તે પેડલને નીચેની દિશામાં ધકેલે છે. (i) તમે કેટલું ટોર્ક લગાવશો ? (ii) મહત્તમ ટોર્ક લગાડવા માટે તમારે પગ કયા સ્થાને હોવો જોઈએ ?

આકૃતિ 7.19 : સાયકલનું પેડલ (a) $\tau = 0$ જ્યારે ઉપર હોય ત્યારે; (b) જ્યારે τ મહત્તમ હોય ત્યારે.

ઉકેલ : (i) જ્યારે તમારો પગ ઉપર હોય ત્યારે બળની પ્રતિકાય રેખા પેડલના કેન્દ્રમાંતી પસાર થાય છે. આથી, $\theta = 0$, અને $\tau = Fr \sin\theta = 0$.

(ii) મહત્તમ ટોર્ક મેળવવા માટે $\sin\theta$ નું મુલ્ય મહત્તમ હોવું જોઈએ. અર્થાત્ $\theta = 90^o$ હોવું જોઈએ. જ્યારે તમારો પગની સ્થિતિ B પર અને તમે પડેલને નીચે તરફ ધકેલો ત્યારે આવું બને છે.

જો પદાર્થ પર ઘણા બધા ટોર્ક લાગતા હોય તો લાગતું કુલ ટોર્ક તે બધા ટોર્કના સાદેશ સરવાળા જેટલું હોય. (આકૃતિ 7.20) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પદાર્થ પર લગાતા બે સમાન પરંતુ વિરૂદ્ધ દિશામાં બળો ધ્યાનમાં લો. ધારોકે પદાર્થ બિંદુ O માંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરવા માટે મુક્ત છે. પદાર્થ પર લાગતા બે ટોર્કના મુલ્યો

$$\boldsymbol{\tau}_1 = (a + b) F$$

અને

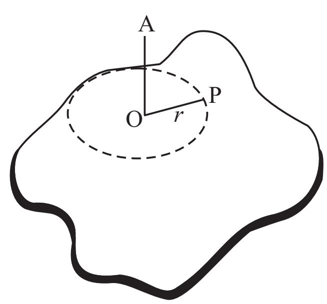
$$\boldsymbol{\tau}_2 = a F.$$

આકૃતિ 7.20 : પદાર્થ પર લગલ્તા બે વિરૂદ્ધ દિશાના બળો

તમે જોશો કે આવા ટોર્કના કારણે ઉદ્ભવનતી ભ્રમણની અને વિરૂદ્ધ દિશામાં હોય છે. આથી, કુલ ભ્રમણની અસરનું મુલ્ય વચ્ચે ટોર્કની દિશામાં હોય છે. કે જે આ કિસ્સામાં $\boldsymbol{\tau}_1$ છે.

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\tau}_1 - \boldsymbol{\tau}_2 = \mathbf{bF} \qquad (7.21)$$

આમ, નિષ્કર્ષ તારવી શકાય કે, અલગ અલગ ક્રિયાની રેખા ધરાવતા બે સમાન પરંતુ વિરૂદ્ધ દિશાના બળો કપલ ઉત્પન્ન કરે છે કે જેનું ટોર્ક બળ અને તેમની વચ્ચેના લંબ અંતરના ગુણાકાર બરાબર હોય છે.



આકૃતિ 7.21 : અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરતો દઢ પદાર્થ

આકૃતિ 7.21 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ બિંદુ O ની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરતો દઢ પદાર્થ ધ્યાનમાં લો. દેખીતી રીતે કોઈ બિંદુ P અક્ષની સાપેક્ષે r જેટલી ત્રિજ્યાના વર્તુળમાં ભ્રમણ કરે છે. જો આ વર્તુળાકાર ગતિ અસમાન હોય તો કણ પર કેન્દ્રવતી તેમજ સ્પર્શકની દિશામાં બળ લાગે છે. અહીં લાગતું કેન્દ્રીય બળ કેન્દ્રગામી $m\,\omega^2 r$ છે. જે કણને વર્તુળાકાર ગતિ કરાવે છે. આથી, વગેનું મુલ્ય બદલવા માટે સ્પર્શીય બળ અનીવાર્ય છે કે દરેક સમયે વર્તુળાકાર પથના સ્પર્શકની દિશામાં હોય છે. તેનું મૂલ્ય ma હોય છે. જ્યાં a સ્પર્શીય પ્રવેગ છે. કેન્દ્રવર્તી બળ ક્યારેય ટોર્ક જન્માવતું નથી. તમે જાણો છો શા માટે ? સ્પર્શીય બળ ટોર્ક ઉત્પન્ન કરે છે. જેનું મુલ્ય mar હોય છે. આથી ટોર્કનું

Notes

મુલ્ય $m\ r^2\alpha$ છે. કારણકે $m=r\alpha$ જ્યાં α કોણીય પ્રવેગ છે. પદાર્થના બધાજ કણોને ધ્યાનમાં લેતા.

$$\tau = \quad m_i r_i^2 \alpha = \qquad \alpha$$

$$= I\ \alpha. \qquad (7.22)$$

જ્યાં α આપેલા સમયે બધા કણો માટે એકસમાન છે.

ઉપરોક્ત સમીકરણ અને $\mathbf{F} = m\ a$ વચ્ચેની સમાનતા દર્શાવે છે કે ભ્રમણ ગતિમાં $\boldsymbol{\tau}$ એવો જ ભાગ ભજવે છે. જેવો ભાગ રેખીય ગતિમાં બળ **F** ભજવે છે. કોષ્ટક 7.3 માં રેખીય ગતિ અને ચાકગતિની રાશિઓની યાદી આપેલી છે. આ કોષ્ટકની મદદથી જો તમે રેખીય ગતિનું સમીકરણ જાણતા હોય તો તે પરથી તેને અનુરૂપ કોણીય ગતિ માટેનું સમીકરણ લખી શકાય છે.

કોષ્ટક 7.3 : રેખીય અને કોણીય ગતિઓની અનુરૂપ શારીઓ

Translational Motion		Rotation about a Fixed Axis	
સ્થાળાંતર	x	કોણીય સ્થળાંતર	θ
વેગ	$\upsilon =$	કોણીયવેગ	$\omega =$
પ્રવેગ	$a =$	કોણીયપ્રવેગ	$\alpha =$
દળ	M	જડત્વની ચાકમાત્રા	I
બળ	$F = m\ a$	ટોર્ક	$\tau = I\ \alpha$
કાર્ય	$W = \quad dx$	કાર્ય	$W = \quad d\theta$
ગતિઉર્જા	$\frac{1}{2} M\ \upsilon^2$	ગતિઉર્જા	$(\frac{1}{2})\ I\ \omega^2$
પાવર	$P = F\upsilon$	પાવર	$P = \tau\ \omega$
રેખીય વેગમાન	$M\ v$	કોણીય વેગમાન	$I\ \omega$

સમીકરણ (7.22) ની મદદથી આપેલા ટોર્ક દ્વારા પદાર્થમાં ઉત્પન્ન થતો કોણીય પ્રવેગ મેળવી શકાય છે.

ઉદાહરણ 7.6 : 1.0 kg દળ અને 0.1m ત્રિજ્યા ધરાવતી સમાન પ્લેટ તેના કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે તેના સમતલને લંબ ઘર્ષણ રહીત ભ્રમણ કરે છે. આકૃતિ (7.22) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અવગણ્ય દ્રવ્યમાન વાળી દોરી તેના કેન્દ્ર પર પસાર થાય છે. જેના એક છેડે 0.1 kg દળ લટકાવેલ છે. (i) પ્લેટનો કોણીય પ્રવેગ, (ii) એક સેકન્ડમાં ભ્રમણ કરતી પ્લેટનો ખૂણો અને (iii) એક સેકન્ડ બાદ પ્લેટનો કોણીય વેગ શોધો. $g = 10\ \mathrm{ms}^{-2}$

આકૃતિ 7.22

Notes

ઉકેલ : (i) જો પ્લોટની ત્રિજ્યા R અને તેનું બળ M વહોય તો કોષ્ટક 7.2 પરથી તેની જડત્વની ચાકમાત્રા I = (½) M R^2 થાય. જો દળના કારણે લાગતું બળ F=mg હોય તો સમીકરણ (7.22) પરથી

$$\alpha = \tau / I = FR/I = 2F/MR$$

$$= \frac{2\times(0.1\text{kg})\times(10\text{ms}^{-2})}{(1.0\,\text{kg})\times(0.1\,\text{m})} = 20 \text{ rad s}^{-2}.$$

(ii) પ્લેટ જે ખૂણા θ સાથે ભ્રમણ કરે છે તે માટે સમીકરણ (7.16) વનો ઉપયોગ કરતાં પ્રારંભિક કોણીય વેગ 0 હોવાથી.

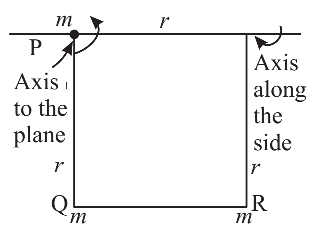
$$\theta = (½) \times 20 \times 1.0 = 10 \text{ rad}$$

(iii) એક સેકન્ડ બાદના વેગ માટે,

$$\omega = \alpha\, t = 20 \times 1.0 = 20 \text{ rad s}^{-1}$$

પાઠગત પ્રશ્નો 7.3

1. r બાજુની લંબાઈ ધરાવતા ચોરસના દરેક ખૂણા પર દરેકનું દળ **m** હોય તેવા ચાર કણ મૂક્યા છે. આ ચોરસના સમતલને લંબ અને એક ખૂણામાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા શોધો. આ ઉપરાંત ચોરસની કોઈએક બાજુમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા શોધો. તમારું પરિણઆમે લંબઅક્ષ પ્રમેયની મદદથી ચકાસો.



2. ઘન ગોળના ગાયરેશનની ત્રિજ્યા શોધો. જ્યાં ભ્રમણ અને ગોળાના સ્પર્શકમાંથી પસાર થાય છે. (કોષ્ટક 7.2 નો ઉપયોગ કરી શકો છે.)

7.4 કોણીય વેગમાન

કોષ્ટક 7.3 પરથી સમજી શકાય કે રેખીય વેગમાનને અનુરૂપ કોણીય વેગ છે. તેનું ભૌતિક અર્થઘટન સમજવા માટે નીચેની પ્રવૃતિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 7.4

જો તમે કોઈ એક ટેબલ કે જે ઘર્ષણ રહિત ભ્રમણ કરી શકે, તેને પકડી શકો તો એક રસપ્રદ પ્રયોગ કરી શકાય છે. તમારા મિત્રને તેના હાથ બાળીને ટેબલ પર બેસવાનું કહો. ટેલબને ઝડપથી ઘુમાઓ, ભ્રમણની ઝડપ માપન કરો. તમારા મિત્રને તેના હાથ ખોલી દેવાનું કહી ફરી ઝડપનું માપન કરો. શું તમે ટેલબના ભ્રમણની ઝડપમાં ફેર નોંધ્યો ? ફરીથી તમારા મિત્રને હાથ વાળી દેવાનું કહી ટેબલની ઝડપમાં થતો ફેરફાર નોંધો.

ચાલો આપણે સમજીએ કે ઉપરોક્ત બંને કિસ્સામાં ટેબલના ભ્રમણની ઝડપનો ફેરફાર કેમ થાય છે. આ ધારો કે કોી એક પદાર્થમાં રહેલા કોઈ એક નિશ્ચિત બિંદુમાંથી પસાર થતી ધોરોકે z અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ ગતિ પદાર્થના બધા બિંદુઓ ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષે વર્તુળાકાર ગતિ કરે છે. જેમનો કોણીય વેગ ω આકૃતિ 7.20 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અક્ષમની r_i અંતરે રહેલા કોઈ બિંદુવર્તકણને ધ્યાનમાં લો. જેનો રેખીય વેગ $v_i = r_i\omega$ અને તેનું વેગમાન $m_i r_i \omega$ થશે. રેખીય વેગમાં અક્ષથી અંતરના ગુણાકારને કોણીય વેગમાં L કહેવામાં આવે છે. બધા કણો માટેના

આવા ગુણાકારનો સરવાળો કરતાં.

$$L \qquad = \sum_i m_i \omega r_i \; r_i = \qquad\qquad \omega$$

$$= I\,\omega \qquad (7.23)$$

Fig. 7.23

યાદ રાખો કે અહીં બદા કણો માટે કોણીય વેગમાન એકસમાન છે અને ઉપરોક્ત સમીકરણમાં કૌંસમાંનું પદ જડત્વ ચાકમાત્રા

છે. રેખીય વેગમાનની જેમજ કોણીય વેગમાન પણ સદેશ રાશી છે. સમીકરણ (7.23) કોણીય વેગમાન **L** નો ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષ ઘટક દર્શાવે છે. કોણીય વેગમાનનો એકમ kg $m^2 s^{-1}$ છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે ω નો ફેરફારનો દર α અને $I\,\alpha = \tau$. આથી કોણીય વેગમાનના ફેરફારનો દર τ જેટલો હોય છે. સદિશના રૂપમાં ભ્રમણ કરતા પદાર્થની ગતિનું સમીકરણ નીચે પ્રમાણએ લખી શકાય.

$$= \boldsymbol{\tau} \; = I \qquad = I\,\alpha \qquad (7.24)$$

7.4.1 કોણીય વેગમાનનું સંરક્ષણ

આકૃતિ (7.24) દર્શાવે છે કે પદાર્થ પર ટોર્ક ન લાગતો હોય ત્યારે $\qquad = 0$ અર્થાત્ કોણીય વેગમાનમાં કોઈ

ફેરફાર થતો નથી. અર્થાત્ કોણીય વેગમાન અચળ રહે છે અને સિદ્ધાંતને કોણીય વેગમાનના સંરક્ષણનો નિયમ કહેવાય છે. રેખીય વેગમાન અને ઉર્જા સંરક્ષણના નિયમની જેમ જ આ સિદ્ધાંત પણ ભૌતિક શાસ્ત્રમાં બહુ અગત્યતા ધરાવે છે.

કોણીય વેગમાનના સંરક્ષણના નિયમ પરથી નીચે આપેલ પ્રશ્નોના ઉત્તરો મળો શકે છે. હવામાં ઉડતી રમકડાની છત્રીને દિશા કેમ નિશ્ચિત હોય છે જ્યારે તે હવામાં ઉડે છે ત્યારે તેની પર ટોર્ક લાગતું નથી. જેથી તેનું કોણીય વેગમાન એક રહે છે. કોણીય વેગમાન સદિશ રાશી હોવાથી તેની અચળતા નિશ્ચિત દિશા અને મુલ્ય આપે છે. આથી છત્રીની દિશા તે હવામાં હોય ત્યારે પણ કોઈક નિશ્ચિત રહે છે.

ભ્રમણ કરતા ટેલબ પર રહેલા તમામ મિત્રાના કિસ્સા જ્યારે ટેબલ પર ટોર્ક ન લાગતું હોય ત્યારે ટેબલ અને તમામ મિત્રનું કોણીય વેગમાન સંરક્ષિત રહે છે. જ્યારે તેના હાથ લંબાવેલ હોય છે ત્યારે તેના તંત્રની જડત્વની ચાકમાત્રામાં વધારો થાય છે. આથી સમીકરણ (7.23) પરથી કોણીય વેગ ઘટે છે. આ પ્રમાણે જ્યારે તેના હાથ વાળેલા હોય ત્યારે તેના તંત્રમાં જડત્વની ચાકમાત્રા ઘટે છે. જેથી કોણીય વેગ વધે છે. અહીં, નોંધો કે આ ફેરફાર ભ્રમણ અક્ષથી કણોના અંતરમાં ફેરફારના કારણે જડત્વની ચાકમાત્રાના બદલાવને આભારી છે.

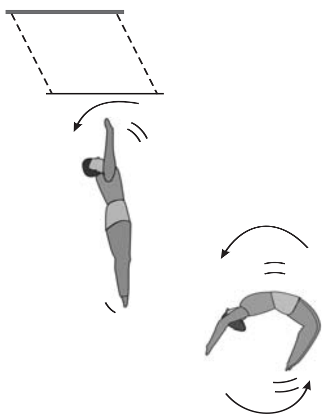
ધારોકે આપણી પાસે દળ M અને ત્રિજ્યા R ધરાવતો દડો છે. હવે તેની પર ટોર્ક લગાવતા તે ભ્રણ કરે ત્યારબાદ ટોર્કને હટાવી લેવામાં આવે છે. બાહ્ય ટોર્કની ગેરહાજરીમાં દડાનો કોણીય વેગમાન અચળ રહે છે. દડાની

જડત્વની ચાકમાત્રા (2/5) $M R^2$ હોવાથી તેનું વેગમાન નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$L = M R^2\omega \qquad (7.25)$$

જ્યારે ω કોણીય વેગ છે. હવે ધારોકે દડાની ત્રિજ્યા કે પ્રકારે ઘટી જાય છે. કોણીય વેગમાનની સંરક્ષીત કરવા માટે ω માં વધારો થવો જોઈએ અને જેથી દડો વધારે ઝડપ ફરે છે અને આવું જ કંઈક તારાઓના કિસ્સામાં બને, જેમને પલ્સાર કહેવામાં આવે છે.

જ્યારે R માં વધારો થાય ત્યારે કોણીય વેગમાનનું સંરક્ષણ થવા માટે ω માં ઘટાડો થવો જરૂરી છે. જે સમીકરણ (7.2) પરથી સમજી શકાય છે. જો ત્રિજ્યાના બદલે તંત્રની જડત્વની ચાકમાત્રા બદલાય તો ω પણ બદલાશે. આ પ્રકારની રસપ્રદ અસર માટે નીચેનો ફકરો વાંચો.



7.24

દિવસની લંબાઈ અચળ રહેતી નથી.

વિજ્ઞાનીઓએ ઘણાજ સૂક્ષ્મતમ અને અનિશ્ચિત ફેરાફરો પૃથ્વીની ધરીભ્રમણ ગતિ દરમિયાન નોંધ્યા છે. અર્થાત્ દિવસની દંબાઈ, તેમાં ફેરફાર થવાનું એક કારણ હવામાનમાં ફેરફાર છે. તેમાં ફેરફારનાં કારણે પૃથ્વી વાતાવરણમાં રહેલી હવામાં ઘણો મોટો ફેરફાર થાય છે. જેનાં કારણે પૃથ્વીની અક્ષ (ધરી)ની ફરતે દળ વિતરણમાં ફેરફાર થાય છે. જેનાં કારણે પૃથ્વીની જડત્વની ચાકમાત્રા બદલાય છે. જોકે પૃથ્વીનું કોણીય વેગમાન $L = I\omega$ અચળ રહેતું હોવાથી I માં ફેરફાર થાય તો પૃથ્વીની ભ્રમણ ઝડપમાં ફેરફાર થાય છે. જેથી દિવસની લંબાઈમાં ફેરફાર થાય છે.

રમતવીરો તેમનું કૌશલ્ય બતાવવા માટે કોણીય વેગમાન સંરક્ષણના નિયમનો હોંશીયારી પૂર્વક ઉપયોગ કરે છે. એશિયન રમતો, ઑલમ્પિક જેવી રાષ્ટ્રીય કે આંતરાષ્ટ્રિય સ્પર્ધાઓમાં તમે ડાઈવર્સને કૂદકો મારીને તરતાં જોયાં હશે. કૂદકો મારતી વખતે, ડાઈવરપોતાની જાતને થોડું ભ્રમણ કરાવે છે. જેથી તેનાં શરીરને થોડું કોણીય વેગમાન મળી રહે. જ્યારે તે હવામાં હોય છે. ત્યારે તેનાં શરીર પર કોઈ ટોર્ક લાગતું ન હોવાથી તેનું કોણીય વેગમાં અચળ રહે છે. આકૃતિ (7.24) માં દર્શાવ્યા મુજબ, જ્યારે તે તેનાં શરીરને વાળે છે ત્યારે તેની જડત્વની ચાકમાત્રા ઘટે છે. જેથી તેની ભ્રમણગતિ ઝડપી બને છે. જ્યારે તે તેનાં શરીરને ખોલે છે ત્યારે તેની જડત્વની ચાકમાત્રા વધે છે અને તેની ભ્રમણગતિ ધીમી બને છે. આ રીતે ડાઈવર તેનાં શરીરનાં આકારને કાબૂમાં કરીને પાણીમાં પડતાં પહેલા પોતાનું કૌશલ્ય પ્રદર્શીત કરે છે.

ઉદાહરણ 7.7 : *ઘર્ષણ રહતિ બેરિંગવાળા ચાકગતિ કરતાં પ્લોટફોર્મ પર શીલા ઉભી છે. તે તંત્રની ભ્રમણ અક્ષથી 1 m દૂર ઊભી છે અને તેના દરેક હાથમાં 2.0 kg દળ ધરાવતા પદાર્થ છે. તંત્રની પ્રારંભિક ઝડપ 10 ભ્રમણ પ્રતિ મિનીટ તો a) તંત્રનો પ્રારંભિક કોણીય વેગ s^{-1} માં, b) ભ્રમણ અક્ષથી પદાર્થને 0.2 m અંતરે લાવતાં કોણીય વેગ અને (c) તંત્રની ગતિઉર્જામાં ફેરફાર, d) જો તંત્રની ગતિઉર્જામાં વધારો થાય તો તેનું કારણ શોધો ? (એવું ધારો કે શીલા અને પ્લેટફોર્મની જડત્વની ચાકમાત્રા $I_{SP} = 1.0$ kg m^2 અચળ રહે છે.)*

ઉકેલ : (a) 1 ભ્રમણ = 2π radian

∴ પ્રારંભિક કોણીય વેગ ω = $= 1.05 \text{ rad s}^{-1}$

(b) કોણીય વેગમાનનાં સંરક્ષણના નિયમનો ઉપયોગ કરતાં, પ્રારંભિક જડત્વની ચાકમાત્રા

$$I_i = I_{SP} + m \quad + m$$

$$= 1.0 \text{ kg m}^2 + (2.0 \text{ kg}) \times (1 \text{ m}^2) + (2.0 \text{ kg}) \times (1 \text{ m}^2)$$

$$= 5.0 \text{ kg m}^2.$$

પદાર્થોને 0.2 m નાં અંતરે લાવતાં, અંતિમ જડત્વની ચાકમાત્રા

$$I_t = I_{SP} + \quad +$$

$$= 1.0 \text{ kg m}^2 + 2.0 \text{ kg} \times (0.2)^2 \text{m}^2 + 2.0 \text{ kg} \times (0.2)^2 \text{m}^2$$

$$= 1.16 \text{ kg m}^2.$$

કોણીય વેગમાનનું સંરક્ષણ થવાથી,

$$I_i\omega_i = I_f\,\omega_f$$

અથવા $\omega_f =$

$$=$$

$$= 4.5 \text{ rad s}^{-1}$$

ધારોકે ભ્રમણની ગતિઉર્જામાં થતો ફેરફાર ΔE છે. આથી

$$\Delta E = \frac{1}{2} I_f \quad - \frac{1}{2} I_i$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.16 \text{ kg m}^2 \times (4.5)^2 (\text{rad s}^{-1})^2 - \quad \times 5.0 \text{ kg m}^2 \times (1.05)^2 (\text{rad s}^{-1})^2$$

$$= 9.05\text{J}$$

અહીં, અંતિમ ગતિઉર્જા પ્રારંભિક ગતિઉર્જા કરતાં વધુ હોવાથી તંત્રની ગતિઉર્જામાં વધારો થાય છે.

(d) જ્યારે શીલા પદાર્થોને અક્ષ તરફ ખેંચે છે ત્યારે તે તંત્ર વચ્ચે કાર્ય કરે છે. આ કાર્ય તંત્રની ગતિઉર્જામાં વધારો કરે છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 7.4

1. હાઈડ્રોજન અણુમાં રહેલાં બે પરમાણુંઓ એકસમાન છે. જે દરેકનું દળ m છે અને તેમની વચ્ચેનું અંતર d છે. અમું બંને પરમાણુઓના મધ્યમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ચાકદતિ કરે છે. જેની કોણીય ઝડપ ω

છે. અણુનું કોણીય વેગમાન શોધો.

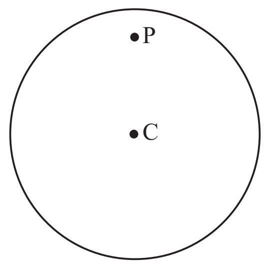
2. 2.0 kg *દળ અને* 20 cm *ત્રિજ્યાવાળી એક સમાન વર્તુળાકાર પ્લેટ તેનાં વ્યાસની સાપેક્ષે* 10 rad s^{-1} *ની કોણીય ઝડપથી ભ્રમણ કરે છે. ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષે તેનું કોણીય વેગમાન શોધો.*

3. *લંબ રીતે રાખેલાં કોઈ ચક્રની તેની અક્ષની સાપેક્ષે કોણીય ઝડપ* ω *છે. હવે આ ચક્ર કરતાં અડધું દળ અને સમાન ત્રિજ્યાવાળા અને પ્રારંભિક વેગ શૂન્ય હોય તેવાં બીજા કોઈ ચક્ર પહેલાં ચક્રની એક્સેલ પર મૂકવામાં આવે છે. આવા તંત્રની સંયુક્ત કોણીય ઝડપ શોધો.*

4. *એવું કહેવાય છે કે વાદળોના સંકોચનનાં કારણે પૃથ્વી બની હતી. ધારો કે ભૂતકાળમાં ક્યારેક પૃથ્વીની ત્રિજ્યા અત્યાર કરતાં* 25 *ગણી વધારે હોય તો તે સમયે તેની અક્ષની ફરતે ધરીભ્રમણ સમય કટલો રહ્યો હશે ?*

7.5 કોણીય અને રેખીય ગતિ એકસાથે

આપણે નોંધ્યું કે જો દ્રઢ પદાર્થમાં કોઈ બિંદુ નિશ્ચિત ન હોય તો તે પદાર્થ કોણીય ગતીની સાથે સાથે રેખીય ગતિ પણ ધરાવી શકે. દ્રઢ પદાર્થની સામાન્ય ગતિમાં (સંયુક્ત ગતિમાં) આ બંને પ્રકારની ગતિઓનો સમાવેશ થાય છે. કોઈ ઓટોમોબાઈલ ચક્ર ધારો કે સમક્ષિત સમતલ પર ગતિ કરે છે. ધારો કે તમે વર્તુળાકાર સપાટીનું અવલોકન કરો છો. (*આકૃતિ* 7.25). *વર્તુળાકાર સપાટીનાં કેન્દ્ર* C *અને કોઈ બિંદુ* P *પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરો. યાદ રાખો કે ચક્રનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર અક્ષના કેન્દ્ર પર આવે છે. અને* C *અક્ષનું અંત્યબિંદુ છે. તે ઘૂમે છે તેથી તમે જોશો કે બિંદુ* P *બિંદુ* C *સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે. અહીં, બિંદુ* C *પણ ગતિની દિશામાં ખસે છે. આમ, ચક્ર કોણીય અને રેખીય ગતિ ધરાવે છે. જો દ્રવ્યમાન કેન્દ્રનો વેગ* v_{cm} *હોય તો ગતિ દરમિયાન ગતિઉર્જા*



આકૃતિ 7.25

$\frac{1}{2} M v_{cm}^2$

$$(KE)_{tr} = \qquad (7.26)$$

જ્યાં M *દલ છે. જો* ω *ચાકગતિની (ભ્રમણગતિ) કોણીય ઝડપ હોય તો ભ્રમણની ગતિઉર્જા*

$$(KE)_{rot} = \quad I\,\omega^2 \qquad (7.27)$$

જ્યાં I *જડત્વની ચાકમાત્રા છે. પદાર્થની કુલ ગતિઉર્જા આ બંને પ્રકારની ગતિઉર્જાઓનો સરવાળા બરાબર હોય છે. જ્યારે પદાર્થ ત્રાંસા સમતલ પર (ઢાળ પર) ગતિ કરે છે ત્યારે તે રેખીય અને કોણીય ગતિઓનો એક રસપ્રદ કિસ્સો બની રહે છે.*

ઉદાહરણ 7.8 : *ધારો કે કોઈ દ્રઢ પદ્રાથનું દળ* M, *ત્રિજ્યા* R *અને જડત્વની ચાકમાત્રા* I *છે. તે* h *ઊંચાઈએથી ઢાળ પર સરકે છે.* (*આકૃતિ* 7.26) *તેનાં પ્રવાસનાં અંતે તેની રેખીય ઝડપ* v *અને કોણીય ઝડપ* ω *છે. ધારો કે ઘર્ષણના કારણે થતો ઉર્જાનો વ્યય અવગણ્ય છે. તો* v *નું મૂલ્ય* h *ના પદમાં શોધો.*

આકૃતિ 7.26 : *ઢળતાં સમતલ પર દ્રઢ પદાર્થની ગતિ*

ઉકેલ : *ઉર્જા સંરક્ષણનાં નિયમ મુજબ, ઢાળવાળા સમતલનાં તળિયે રેખીય અને કોણીય ગતિઉર્જાનો સરવાળો તે પદાર્થની h ઉંચાઈએ સ્થિતિઉર્જા બરાબર થવો જોઈએ. આથી*

$$Mv^{2} + ½ I \omega^{2} = M g h \qquad (7.28)$$

જો પદાર્થ લપસ્યા વગર માત્રા સરકતો જ હોય તો $v = R\,\omega$ *લખી શકાય. જેથી સમી.* (7.28), *માં મૂકતાં,*

$$M v^{2} + \quad I \quad = M g h \qquad (7.29)$$

જે પદાર્થ ગોળો હોય તો તેની અક્ષની સાપેક્ષ જડત્વની ચાકમાત્રા MR^{2} *થશે જેથી સમી.* (7.29) *પરથી,*

$$M v^{2} + \qquad = M g h$$

અથવા $\qquad v = \qquad$ (7.30)

શું આ પ્રશ્નમાં તમે કાંઈ રસપ્રદ જોયું ? રેખીય વેગ ગોળાનાં દળ અને ત્રિજ્યા પર આધારિત નથી. અર્થાત્ કોઈપણ પદાર્થનો અને કોઈપણ ત્રિજ્યાવાળો ગોળો ત્રાંસાં ઢોળાવવાળા સમતલ પર એકસમાન વેગથી સરકશે.

પાઠ્યગત પ્રશ્નો 7.5

1. *એક ઘન ગોળો ત્રાંસી સપાટી પર લપસ્યાં વગર સરકે છે. તેનો વેગ ઢાળની ઉંચાઈનાં પદમાં કેટલો હશે ?*

2. *કોઈ એક ઘન નળાકાર ત્રાંસી સપાટી પર લપસ્યા વગર સરકે છે. તેની ગતિઉર્જાનો કેટલો અંશ રેખીય હશે ?*

3. *સમક્ષિતિજ સપાટી સાથે* 30^{0} *નો ખૂણો બજાવતાં ઢાળ પર* 2 kg *દળ અને* 10cm *ત્રિજ્યા ધરાવતો સમાન ગોળો તેની સ્થિર સ્થિતિમાં છોડવામાં આવે છે.* (a) *તેનો કોણીય પ્રવેગ,* (b) *સમતલ પર રેકીય પ્રવેગ અને* (c) 2m *અંતર કાવ્યા પદથી તેની ગતિઉર્જા મેળવો.*

તમે જે શીખ્યા

- *દ્રઢ પદાર્ત રેખીય તેમજ ચક્રિય ગતિ દરાવી શકે છે.*
- *દ્રઢ પદાર્થના રેખીય ગતિનાં સમીકરણને તેના દ્રવ્યમાં કેન્દ્રની ગતિનાં પદમાં લખી શકાય છે.*
- *જો દ્રઢ પદાર્થમાં કોઈ એક બિંદુ નિશ્ચિત હોય તો તે માત્ર ચાકગતિ કરે છે.*
- *ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા* .
- *રેખીય ગતિમાં દળ અને ચક્રિય ગતિમાં જડત્વની ચાકમાત્રા એક સમાન ભાગ ભજવે છે.*
- *દ્રઢ પદાર્થ પર લાગતાં બળ* **F** *ની ભ્રમણ અસરને ટોર્ક કહેવાય છે.* $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$.
- *પદાર્થ પર બાહ્ય ટોર્ક લગાડતાં તેનાં કોણીય વેગમાન ફેરફાર થાય છે.*
- *જ્યારે પદાર્થ પર કોઈ ટોર્ક નં લાગતું હોય ત્યારે તેનું કોણીય વેગમાન અચળ રહે છે.*

પાઠ્યાંત પ્રશ્નો

1. *પદાર્થનું વજન* Mg *તેનાં દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પર હોય છે. શું આનો અર્થ એનો થઈ શકે કે પૃથ્વી બીજા કણોને આકર્ષી શકતી નથી ?*

$\sum_i m_i r_i^2$

2. *શું પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર તેની બહાર કોઈ શકે ? બે ઉદાહરણો સાથે તમારો ઉત્તર આપો.*
3. *કાર્બન મોનોકસાઈજનાં અણુમાં બે પરમાણુઓ ન્યૂક્લિઅસ* 1.13×10^{-10}m *અંતરે છે. તો અબુનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર ક્યાં હશે ?*
4. 5.0 kg *અને* 0.20 *ત્રિજ્યા ધરાવતી ચક્કીનું ચક્ર* 100 rad s^{-1} *નાં કોણીય વેગથી ભ્રણ કરે છે. તેની ગતિઉર્જા શોધો. તેને મૂક્ત પતન કરાવતાં આટલી ગતિઉર્જા મેળવવા માટે તેને કેટલી ઊંચાઈઓએ છોડવો પડે ?* (g = 10.0 m s^{-2} *લો*).
5. 1.0 m *વ્યાસવાળું ચક્ર* 2rev s^{-1} *?ની પ્રારંભિક કોણીય ઝડપ સાથે નિશ્ચિત અક્ષની સાપેક્ષે ભ્રમણ કરે છે. તેને કોણીય પ્રવેગ* 3 rev s^{-2} *છે.*

   (a) 2 *સેકન્ડ બાદ તેનો કોણીય વેગ શોધો.*

   (b) *આ સમય દરમિયાન ચક્ર કયા કોણએ ફરશે ?*

   (c) t =2 s *પર ચક્રની ધરી પરનાં બિંદુનો કેન્દ્રગામી પ્રવેગ કેટલો હશે ?*

   (d) t = 2 s *પર ચક્રની ધરી પરનાં બિંદુનો કેન્દ્રગામી પ્રવેગ કેટલો હશે ?*
6. 20 rads^{-1} *ની કોણીય ઝડપ સાથે ફરતું ચક્ર લાગતાં ટોર્કની અસર હેઠળ* 4.0 seconds *માં સ્થિર થાય ચે. ભ્રમણ અક્ષની સાપેક્ષ ચક્રનાં જડત્વની ચાકમાત્રા* 0.20 kg m^2 *હોય તો પહેલી* 2 *સેકન્ડમાં લાગતાં*

ટોર્ક દ્વારા થતું કાર્ય શોધો.

7. એક એક્સેલ (ધરી) પર બે ચક્રો ગોઠવ્યા છે. ચક્ર A ની જડત્વ ચાકમાત્રા 5×10^{-2} kg m^2 અને B માટે તે 0.2 kg m^2 છે. ચક્ર A 600 rev min^{-1} ના દરથી ગતિ કરે છે. જ્યારે B સ્થિર હવે A અને B ને એક કલરા સાથે જોડતાં તે બંને સાથે ભ્રમણ કરે છે.

   (a) તે કઈ ઝડપ સાથે ફરશે ?

   (b) જોડાણ પહેલાં અને પછી ચક્રિય ગતિ ઉર્જાની સરખામણી કેવી રીતે કરી શકાય ?

   (c) કલચ લગાવતાં જો ચક્ર A 10 ભ્રમણ કરતું હોય તો કલચ દ્વારા લગાડવામાં આવતું ટોર્ક કેટલું હશે ?

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

7.1

1. હા, કારણકે ફ્રેમમાં બિંદુઓ, વચ્ચેનું અંતર બદલાતું નથી.

2. ના, રેતીનાં કણો વચ્ચેનું અંતર કોઈપણ વિક્ષોભ બદલી શકે છે. આથી રેતીનાં ઢગલાને દ્રઢ પદાર્થ ના કહી શકાય.

7.2

1. આપેલાં પાંચ દળ 1 kg, 2kg, 3kg, 4kg અને 5kg નાં યામ અનુક્રમે A (–1, –1), B (–5, –1), C (6, 3), D (2, 6) અને E (–3, 0) છે. આથી તંત્રનાં દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાં યામ.

   Hence, coordinates of centre of mass of the system are

$$x = \frac{-1\times 1 - 5\times 2 + 6\times 3 + 2\times 4 - 3\times 5}{1+2+3+4+5} = 0$$

$$y = \frac{-1\times 1 - 1\times 2 + 3\times 3 + 4\times 6 + 0\times 5}{1+2+3+4+5} = \frac{30}{15} = 2.0$$

2. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાએ કોઈ ત્રણ કણોનું બનેલું તંત્ર છે. ઉદ્‌ગમ પર મૂકેલા 2 kg દળ સાથેની અક્ષ ધ્યાનમાં લો.

$$x = \qquad\qquad \text{m} = 0.5\ \text{m}$$

$$y = \frac{2\times 0 + 1\times \frac{\sqrt{3}}{2} + 3\times 0}{1+2+3} = \frac{\sqrt{3}}{12}\ \text{m}$$

આમ, દ્રવ્યમાન ન કેન્દ્રનાં યામ $\left(\frac{3.5}{6}, \frac{\sqrt{3}}{12}\right)$

3. ધારોકે બે કણો x-અક્ષ પર છે અને x-ઘટકો o અને x અછે. દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાં યામ

$$X = \qquad = \frac{m_2 x}{m_1 + m_2},\ Y = 0$$

X પણ દ્રવ્યમાન કેન્દ્રથી m_1 અંતર છે.

$$x - X = x - \frac{m_2 x}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 x}{m_1 + m_2}$$

$$\therefore \frac{X}{x + X} =$$

આમ, દ્રવ્યમાન કેન્દ્રથી અંતરો તેમનાં દળનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે.

7.3

1. ખૂણાઓમાંનાં કોઈ એકમાંથી પસાર થતાં સમતલને લંબ અક્ષની સાપેક્ષે અને ચોરસનાં સમતલને લંબ તંત્ર જડત્વની ચાકમાત્રા.

$= m\,r^2 + m\,(2\,r^2) + m\,r^2 = 4\,m\,r^2$

બાજુમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા $= m\,r^2 + m\,r^2 = 2\,m\,r^2$

$$\frac{m_1 \times 0 + m_2 \times x}{m_1 + m_2}$$

ચકાસણી : QP $= m\,r^2 + m\,r^2 + 2\,m\,r^2$ ની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા છે. હવે, લંબ અક્ષ પ્રમેય મુજબ, SP ($2mr^2$) ની સાપેક્ષ જડત્વની ચાકમાત્રા + QP ($2\,m\,r^2$) ની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા બિંદુ P માંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા અને ચોરસનાં સમતલને લંબ જડત્વની ચાકમાત્રા એકસમાન હોય છે. જે સાચું હોવથી પરિણામમાંથી ચકાસણી થાય છે.

2. ગોળાનાં સ્પરશકમાંથી પસાર થતી અક્ષની સાપેક્ષે ગોળાની જ.ચા.

$= \quad M\,R^2 + M\,R^2 = \quad M\,R^2$ સમાંતર અક્ષ પ્રમેયાનુસાર

જો ગાયરેશનની ત્રિજ્યા K, હોય તો, $M\,K^2 = \quad M\,R^2$. તેથી

ગાયરેશનની ત્રિજ્યા $K = R$

7.4

1. કોણીય વેગમાન

$$L = \left(m\frac{d^2}{4} + m\frac{d^2}{4}\right)\omega$$

$$L = \frac{m\,d^2\omega}{2}$$

2. વ્યાસની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા

$L = I\,\omega = m\,\frac{r^2}{4} \times \omega$

વ્યાસની સાપેક્ષે જડત્વની ચાકમાત્રા =

$\therefore L = 20\text{ kg} \times \qquad \times 10\text{ rad s}^{-1} = 0.2\text{ kg m}^2\text{s}^{-1}$.

3. કોણીય વેગમાનનાં સરક્ષણનાં નિયમાનુંસાર

$I_1\omega = (I_1 + I_2)\,\omega_1$

જ્યાં, I_1 મૂળ ચક્રની જડત્વની ચાકમાત્રા, I_2 બીજા ચક્રની જડત્વની ચાકમાત્રા, ω પ્રારંભિક કોણીય ઝડપ, ω_1 અંતિમ કોણીય ઝડપ

$m\,r^2\,\omega = \qquad \omega_1$

$\omega = \quad \omega_1 \Rightarrow \omega_1 = \quad \omega$

4. ધારોકે પૃથ્વીનો અત્યારનો પરિભ્રમણ સમય T અને પહેલાનો T_0 છે. આથી, કોણીય વેગમાનનાં સંરક્ષણનાં નિયમ અનુસાર.

$M\,(25\,R)^2 \times \qquad = \quad M\,R^2 \times$

$= \quad M\,R^2 \times$

આથી, $T_0 = 6.25\ T$

આમ, પૃથ્વીનો ભૂતકાળનો પરિભ્રમણ સમય અત્યારનો સમયકાળ કરતાં 6.25 ગણો વધારે હતો.

7.5

1. ઘન ગોળા માટે સમી. (7.29) નો ઉપયોગ કરતાં.

$m v^2 + \quad I\,\omega^2 = m\,g\,h$

અથવા, $\quad m\upsilon^2 + \quad \times \quad m\,r^2\,. \quad = m\,g\,h$

$\because\ \omega = \upsilon/r.$

આથી $\upsilon =$

2. ઘન નળાકાર માટે, $I =$

$\therefore$ કુલ ગતિઉર્જા $\frac{1}{2} m\,\upsilon^2 + \quad I\,\omega^2 = \quad m\,\upsilon^2 + \qquad .\ \frac{\upsilon^2}{R^2} = \frac{3}{4} m\,v^2$

$\omega = \upsilon/r$

આમ, સ્થળાંતરીય ગતિઉર્જાનો ભાગ = =

ઉપરોક્ત Q-1 મુજબ ગણતરી કરતાં : v =

Notes

Answers to Terminal Problems

3. કાર્બન પરમાણુથી 0.64 Å દૂર
4. 125 J, 2.5 m
5. (a) 16 π rad s^{-1} (b) 20 π rad (c) 25 m s^{-1} (d) 1280 m s^{-2}
6. 30 J
7. (a) 4 π rad s^{-1} (b) $E_i = 5\,E_f$ (c) 49 p N m
9. T = 5 × 10^4 N m, KE = 5 × 10^6 J
10. 7.5 rad, τ = 5 × 10^{-2} J

$\frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{3}{4}mv^2}$ $\frac{2}{3}$ $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$

9

તરલના ગુણધર્મો

આગળના પ્રકરણમાં તમે જોયું કે, ઘન પદાર્થના આંતર આણ્વિય બળો તેમની સ્થિતિ સ્થાપકતાના ગુણધર્મો માટે જવાબદાર છે. શું પ્રવાહી અને વાયુઓ માટે પણ સમાન સ્થિતિ છે ? (તેમને સંયુક્ત રીતે તરલ કહે છે કારણ કે, અનુરૂપ શરતો હેઠળ તેઓ વહેવાની પ્રકૃતિ ધરાવે છે) શું તમે ક્યારેય તમારા ક્ષેત્ર/રાજ્ય/ પ્રદેશની નદી પરના ડેમના ક્ષેત્રની મુલાકાત લીધી છે ? જો હા, તો તમે નોંધ્યું હશે કે જેમ જેમ આપણે ઊંડાણમાં જઈએ તેમ તેમ દિવાલોની જાડાઈ વધતી જાય છે શું તમે તેની સાથે સંકળાયેલ ભૌમિતિક સિદ્ધાંત વિશે વિચાર્યું, તે જ રીતે, શું તમે માની શકો તે હાઈડ્રોલિક લિફ્ટના પ્લેટફોર્મ પર ઊભા રહીને તમે એક ગાડી, ટ્રક અથવા હાઈને પોતાના શરીર દ્વારા ઊંચકી શકો ? શું તમે ક્યારેય સર્વિસ સેન્ટરના હાઈડ્રોલિક જેકના પ્લેટફોર્મ પર ગાડીને જોઈ છે ? તમે જોયું હશે કે મચ્છરો શાંત પાણી પર બેસી અથવા ચાલી શકે છે. પરંતુ આપણે તે કરી શક્તા નથી. તમે આ બધા અવલોકનોને પ્રવાહીના ગુણધર્મો જેવા કે, હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ, પાસ્કલનો નિયમ અને આ પ્રકરણમાં તમે તેના વિશેનો અભ્યાસ કરશો.

તમે અનુભવ્યું છે કે તમે પાણીની અંદર કરતાં જમીન પર વધુ ઝડપથી ચાલી શકો છો ?જો તમે પ્રાણી અને મધ અલગ અલગ નળીમાં રેડશો તો મધ કરતાં પાણી સરળતાથી બહાર આવી જશે. આ પ્રકરણમાં આપણને પ્રવાહીના એ ગુણધર્મો વિશેનો અભ્યાસ કરીશું જેના કારણે વહનમાં આ તફાવત જોવા મળે છે. તમે અનુભવ્યું હશે કે જ્યારે નર્મ પ્લાસ્ટિક અથવા રબરની પાણીનો પ્રવાહ લાંબા અંતર સુધી થાય છે. શું તમે જાણો છો કે ક્રિકેટર બોલને કેવી રીતે સ્વિંગ કરે છે (ફેરવે) છે ? વિમાન કેવી રીતે જમીન પર ઊતરે છે ? આ રસપ્રદ અવલોકનોને બર્નોલીના સિદ્ધાંતના આધારે સમજાવી શકાય. આ વિશે તમે આ પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો.

ઉદેશ્યો

આ પ્રકરણના અભ્યાસ બાદ,

- *પ્રવાહીની અંદર ચોક્કસ ઊંડાઈ રહેલ હાઈડ્રોસ્ટોટિક દબાણ ગણો.*

- બાયોન્સી અને આર્કિમિડિઝનો સિદ્ધાંત વર્ણવો.
- પાસ્કલનો નિયમ જણાવો અને હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ, હાઈડ્રોલિક લિફ્ટ અને હાઈડ્રોલિક બ્રેક સમજાવો.
- પૃષ્ઠતાણ (સપાટીનું તણાવ) અને સપાટીની ઊર્જા સમજાવો.
- કેપીલરી ટ્યૂબમાં વધતાં પાણીનું સૂત્ર તારવો.
- તરલની રેખીય અને વર્તુળાકાર ગતિ વચ્ચેનો તફાવત આપો.
- પ્રવાહીની ગતિનો જટિલ વેગ વ્યાખ્યાયિત કરો અને રેનોલ્ડનો આંક ગણો.
- શ્યાનતા વ્યાખ્યાયિત કરો અને પ્રવાહીની શ્યાનતા પર આધારિત રોજિંદા જીવનના ઉદાહરણ સમજાવો.
- બર્નોલીના સિદ્ધાંત જણાવો અને તેને કેટલાક રોજિંદા જીવનના અનુભવો પર લાગુ પાડો.

9.1 હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ :-

કાગળો પર કાણુ પાડતાં સમયે, તમે અનુભવ્યું હશે કે સપાટ કરતાં અક્ષિયાળી પીન દ્વારા કાર્ય સરળતાથી થાય છે. જો ક્ષેત્રફળ વિશાળ હોય, તો તમારે વધુ બળ આપવાની જરૂર પડે છે. તેથી, આપણે કહી શકીએ કે, સમાન બળ માટે, નાના ક્ષેત્રફળ માટે અસર વધુ હોય છે. એકમ ક્ષેત્રફળ પરની બળની આ અસરને દબાણ કહે છે. આકૃતિ જુઓ. તે ડેમની બાજુની દીવાલનો આકાર દર્શાવે છે. નોંધો કે તે આધાર પાસે વધુ જાડી છે. શું આપણે આવા આકારનો આપણા ઘરની દિવાલો માટે ઓરડાની દિવાલો સમાન જાડાઈની હોય છે. શું તમને મૂળભૂત ભૌમિતિક ગુણધર્મ ખબર છે કે જેથી આપણે આ બદલાવ અમલમાં મૂકીએ છીએ ?

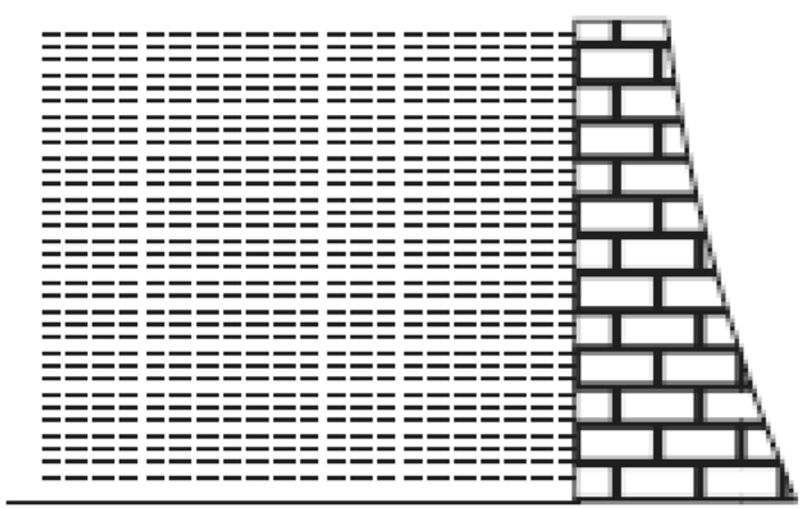


Fig. 9.1 : The structure of side wall of a dam

આગળના પ્રકરણ પરથી, તમને યાદ હશે કે જ્યારે ઘન પદાર્થો પર બાહ્ય બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે તેઓ સ્પર્શીય પ્રતિબળ ઉત્પન્ન કરે છે કારણ કે તેમના આંતરઆણ્વિય બળનું મૂલ્ય ખૂબ વધારે હોય છે. પરંતુ તરલ સ્પર્શીય પ્રતિબળ ધરાવતા નથી અને જ્યારે પદાર્થને તરલમાં જોડવામાં આવે ત્યારે તરલને કારણે પદાર્થ પર તેની સપાટીને લંબ બળ લાગે છે. તરલ પાત્રના બધા બિંદુઓ પર તેની સપાટીને લંબ દિશામાં બળ લગાડે છે.

તરલ દ્વારા એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ લાગતા લંબ બળને દબાણ કહે છે. આપણે તેને દ્વારા દર્શાવીએ છીએ.

સ્થિર તરલ દ્વારા લાગતા દબાણને હાઇડ્રોસ્ટેટિક દબાણ કહે છે.

દબાણનો એકમ છે અને તેને ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક બ્લેઈઝ પાસ્કલની યાદમાં પાસ્કલ પણ કહે છે.

9.1.1 પ્રવાહીની અંદરના બિંદુએ હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એક પાત્રમાં પ્રવાહી લો અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ તથા ઊંચાઈ ધરાવતા એક લંબ નળાકારની કલ્પના કરો ધારો કે પ્રવાહી દ્વારા નળાકારના તળિયાની અને ઉપરની સપાટી પર લાગતા દબાણ અનુક્રમે અને છે તેથી, પ્રવાહી દ્વારા નળાકારના તળિયે ઉપરની દિશામાં લાગતું બળ અને નળાકારની ઉપરની સપાટી પર નીચેની દિશામાં લાગતું બળ છે.

$= \rho . g . h . A$

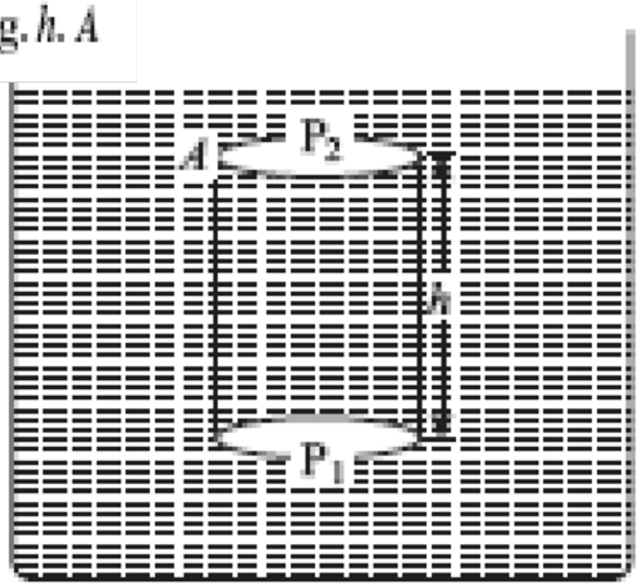


Fig. 9.3 : An imaginary cylinder of height *h* in a liquid.

ારનું કદ

ગતું પરિણામી બળ શૂન્ય હોવું જોઈએ.

લાગતું દબાણ આ મુજબ આપી શકાય.

ના સમપ્રમાણમાં વધતું હોવાથી ડેમની દિવાલની

ઉપરની ખૂલ્લી સપાટી પર નળાકારની ઉપરની સપાટી ધારીએ તો ના બદલે (વાતાવરણનું દબાણ) મળશે. જો આપણે દ્વારા દર્શાવીએ તો સપાટીની નીચે

ઊંડાણમાં નિરપેક્ષ દબાણ આ થશે.

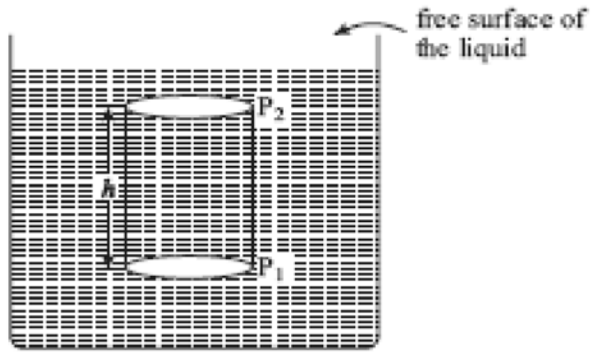


Fig. 9.4 : Cylinder in a liquid with one face at the surface of the liquid

નોંધો કે, સમીકરણ દ્વા આપેલ સૂત્ર નળાકારના ક્ષેત્રફળને લાગતું કોઈ પદ ધરાવતું નથી. તેનો મતલ એ કે પ્રવાહીનું આપેલ ઊંડાઈએ દબાણ વાસણના આકારથી સ્વતંત્ર અને સમાન રહે છે.

ઉદાહરણ 9.1 :-

એક મીટર જાડાઈ ધરાવતી સિમેન્ટની બનેલ એક દીવાલ જેટલું બાજુનું દબાણ સહન કરી શકે છે. ઊંડાઈએ પાણીના બંધની બાજુની દીવાલની જાડાઈ શું હોવી જોઈએ ?

ઉકેલ : પાણીના બંધ (ડેમ) ના તળિયાની બાજુની દીવાલ પરનું દબાણ આ મુજબ આપી શકાય,

$$P = h\,d\,g$$
$$= 100 \times 10^3 \times 9.8$$
$$= 9.8 \times 10^5\ Nm^{-2}$$

આપણી દિવાલની જાડાઈ ગણી શકીએ કે જે જેટલું દબાણ સહન કરી શકે.

તેથી, દિવાલની જાડાઈ,

9.1.2 વાતાવરણીય દબાણ :-

આપણે જાણીએ છીએ કે, પૃથ્વીની આસપાસ સુધી વાતાવરણનું આવરણ છે. વાતાવરણ દ્વારા લાગતાં દબાણને વાતાવરણીય દબાણ કહે છે. જર્મન
ીય દબાણ
યોગ કર્યો.
ચનો વ્યાસ
જકડાયેલ
પની વચ્ચે
ાવી ત્યારે
દૂર કરવા

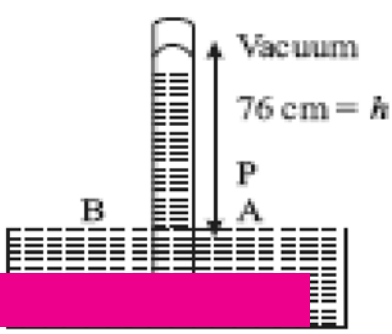


Fig: 9.6 : Toricelli's Barometer

ટોરીસેલીએ વાતાવરણીય દબાણનું મૂલ્ય માપવા હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણના સૂત્રનો ઉપયોગ કર્યો.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, તેમણે લાંબી, ઘનતા ધરાવતા પારાથી ભરેલ એક ટ્યૂબ લીધી અને પારાના ભરેલ પાત્ર (ટબમાં) ઊભી રીતે ઊલટી ગોઠવી. તેમણે અવલોક્યું કે ખૂલ્લી સપાટીથી સુધી પારાનો સ્તંભ ટ્યૂબમાં ભરેલ રહે છે.

સમતુલ્ય સ્થિતિમાં વાતાવરણીય દબાણ પારા દ્વારા સ્તંભ પર લાગતાં દબાણ જેટલું હોય છે.

9.2 ઉત્પ્લાવકતા

આપણો સામાન્ય અનુભવ છે કે, પાણીમાં પદાર્થને ઊંચકવો એ હવા કરતાં સરળ છે તેનું કારણ એ છે કે તરલ દ્વારા પદાર્થ ઉપરની દિશામાં બળ લાગે છે. પદાર્થ પર તરલ દ્વારા લાગતાં આ બળને ઉત્પ્લાવકતા કહે છે.

તરલની અંદર મૂકેલ પદાર્થ પર લાગતાં ઉત્પ્લાવક બળની પ્રકૃતિ આર્કિમિડિઝે શોધી હતી. તેના અવલોકનોના આધારે તેને નિયમ આપ્યો કે જેને હવે આર્કિમિડિઝનો સિદ્ધાંત કહે છએ. આ સિદ્ધાંત મુજબ, જ્યારે કોઈ પદાર્થને તરલમાં આંશિક કે સંપૂર્ણ પણે ડૂબાડવામાં આવે ત્યારે તેના પર લાગતું ઉત્પ્લાવક બળ તેણે વિસ્થાપિત કરેલ તરલના વજન જેટલું હોય છે.

ઉત્પ્લાવક બળ હેઠળના પદાર્થની અલગ અલગ પરિસ્થિતિઓ આકૃતિમાં દર્શાવેલ થછે.

આકૃતિ માં દર્શાવેલ ગરમ હવાથઈ ભરેલ બલૂનની ગતિ ઉત્પ્લાવક બળનું અન્ય ઉદાહરણ પૂરું પાડે છે.

ગરમ હવા એ ઠંડી હવા કરતાં ઓછી ઘનતા ધરાવતી હોવાથી, ઉપરની દિશામાં લાગતાં ચોખ્ખા

ઉત્પ્લાવક બળને કારણે બલૂન ગતિ કરે છે.

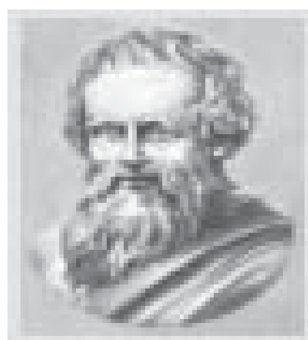
- **તરી શકતાં પદાર્થો :-**

તમે પાણીની સપાટી પર તરતો લાકડાનો ટુકડો અવલોક્યો હશે. શઉં તમે સમતુલ્ય તેના પર લાગતાં બળોને ઓળખી શકો ?

બધાં બળોમાંનું એક બળ ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ છે જેને તેને નીચેની તરફ ખેંચે છે. જો કે વિસ્થાપિત થયેલ પાણી તેના પર ઉપરની દિશામાં ઉત્પ્લાવક બળ લગાડે છે. આ બળો સમતુલ્ય સ્થિતિમાં એકબીજાને સમતોલે છે અને પદાર્થ પાણી પર તરે છે અને એમ કહી શકાય. તેનો મતલબ એ કે તરતો પદાર્થ તેના પોતાના વજન જેટલું તરલ વિસ્થાપિત કરે છે.

આર્કિમિડિઝ :-

(287-212 B.C)



આ ગ્રીક ભૌતિક વિજ્ઞાની, ઈજનેર અને ગણિત શાસ્ત્ર કદાચ

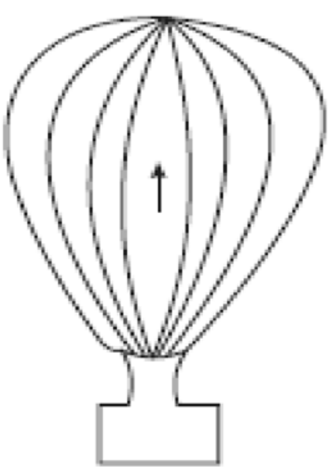


Fig. 9.8: Hot air balloon floating in air

ૈજ્ઞાનિક હતાં. તેઓ પદાર્થ પર લાગતાં ઉત્પ્લાવક ય માટે વિખ્યાત છે. આજે પણ આર્કિમિડિઝ સ્ક્રૂ ાવાળી ભ્રમણ કરતી ટ્યૂબ છે કે જે શીપ પરથી ાતી હતી. તેમણે કેટપોલ્ટની શોધ કરી અને પ્રણાલીને પુલી) માં વિભાજિત કરી.

ાર્કિમિડિઝને તેના શહેર સીરાક્યુઝ ના રાજા હીરોને નો બનેલો છે કે અન્ય ધાતુઓથ મિશ્રિત છે તે તાજને નુકસાન પહોંચાડ્યા વિના ચકાસવા નાહતા સમયે, આર્કિમિડિઝને તેનો ઉકેલ મળઅયો, તેમણે પાણીમાં ડૂબાડેલ હાથ અને ાતો આંતરિક વજન ઘટાડો નોંધાયો.

શોધ માટે એટલો બધો ઉત્તેજિત થઈ ગયો કે તે શહેરની ગલીઓમાં પૂર્ણ રીતે તૈયાર થયા કહેવા લાગ્યા ''યુરેકા, યુરેકા'' એટલે કે મેં શોધી લીધું છે.

9.3 પાસ્કલનો નિયમ :-

બસ દ્વારા મુસાફરી કરતી વખતે તમે નોંધ્યું હશે કે ડ્રાઈવર તેના પગ દ્વારા માત્ર થડું બળ આપીને બસને અટકાવે છે શું તમે હાઈડ્રોલિક જેક અથવા લિફ્ટ જોઈ છે કે જે ગાડી અથવા ટ્રકને જોઈતી ઊંચાઈ સુધી

ઊંચકે છે ? આ ઉદ્દેશ માટે તમે મોટરની દુકાનની મુલાકાત લઈ શકો રૂની ગાંસડી હાઈડ્રોલિક પ્રેસની મદદથી બાંધવામાં આવે છે જે આ જ સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

આ સાધનો પાસ્કલના નિયમ પર આધારિત છે, જે આ મુજબ છે :

કોઈ પણ બંધ માત્રામાં દબનીય હોય તવા તરલના જથ્થા પર જો કોઈ પણ એક બિંદુએ બહારથી દબાણ આપવામાં આવે, તો તે દબાણ તરલના પ્રત્યેક ભાગમાં એક સમાન રીતે પ્રસરે છે. અને તે પાત્રની દરેક સપાટી પર લંબ દિશામાં લાગે છે.''

9.3.1 પાસ્કલના નિયમની ઉપયોગિતા :-

(A) હાઈડ્રોલિક પ્રેસ / સમતુલા/ જેક/ લિફ્ટ :-

તે પાસ્કલના નિયમ પર આધારિત સરળ સાધન છે. જેનો ઉપયોગ ભારે વજનને થોડા બળના પ્રયોગથી ઊંચકવા થાય છે. આકૃતિમાં તેની સામાન્ય ગોઠવણ ક્ષેત્રફળ ધરાવતા નાના પિસ્ટન પર લગાડવામાં આવે છે. બીજી બાજુ, ક્ષેત્રફળ ધરાવતા મોટા પિસ્ટનને પ્લેટફોર્મ સાથે જોડેલ છે. જેના પર ભારે વજન મૂકી શકાય છે. નાના પિસ્ટન પરનું દબાણ બંન્ને પિસ્ટન વચ્ચેના ભાગમાં રહેલ પ્રવાહી દ્વારા બીજા પિસ્ટન તરફ જાય છે. બંન્ને બાજુ દબાણ સમાન હોવાથી, નાના પિસ્ટન પરનું દબાણ

પાસ્કના નિયમ મુજબ, ક્ષેત્રફળ ધરાવતા મોટા નળાકાર તરફ સમાન દબાણ લાગે છે.

મોટા પિસ્ટન પર લાગતું બળ

દબાણ-ક્ષેત્રફળ

સમીકરણ પરથી આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે,

જેટલા ગુણોત્તરથી. $F_2 = \text{pressure} \times \text{area} = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$

થોડા બદલાવ સાથે આ જ ગોઠવણી હાઈડ્રોલિક પ્રેસ, હાઈડ્રોલિક સમતુલા અને હાઈડ્રોલિક જેક વગેરેમાં વપરાય છે.

(B) હાઈડ્રોલિક જેક અથવા ગાડી લિફ્ટ :-

ઓટો મોબાઈલ સાર્યસ સેન્ટરમાં, તમે જોયું હશે કે ગાડીઓ, બો અને ટ્રકોને જોઈતી ઊંચાઈઓ સુધી ઊંચકવામાં આવે છે કે જેથી કારીગર તેમની નીચેનું કાર્ય કરી શકે.

આ કાર્ય દબાણ દ્વારા કરવામાં આવે છે, જેને પ્રવાહી દ્વારા મોટી સપાટી તરફ મોકલી ગાીને ઊંચકવા જેટલું જરૂરી બળ પૂરું પાડવામાં આવે છે.

(C) હાઈડ્રોલિક બ્રેક :-

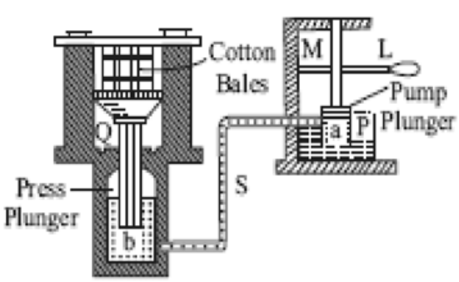


Fig. 9.11(b) : Hydraulic press

C

Fig. 9.11(a) : Hydraulic balance

ારા મુસાફરી કરતી
, ડ્રાઈવર તેના પગ
વાહનને અટકાવે છે.
કાર્યરત નળાકારના
ય પૈડાના બ્રેક ડ્રમની
વે છે. સમાન સમયે
વાહન તરત જ અટકે

પ્રશ્નો 9.1 :-

1. બરફ પર સ્કિઈંગ માટેના જૂતાં મોટા પરિમાણના કેમ બનાવવામાં આવે છે ?

2. દરિયાના તળિયાનું ઊંડાઈએ દબાણ ગણો. દરિયાના પાણીની ઘનતા વાતવરણીય દબાણ અને લો.

3. વજન ધરાવતો એક હાથી હાઈડ્રોલિક લિફ્ટના ક્ષેત્રફળ ધરાવતા મોટા પિસ્ટન પર ઊભો છે. શું વજન ધરાવતો, ક્ષેત્રફળ ધરાવતો નાના પિસ્ટન પર ઊભેલો એક છોકરો હાથીને ઊંચકી અથવા સમતોલી શકે ?

4. એક ધારદાર સોયને તમારી ચામડી પર દૂબાવતાં તમને દુઃખે છે પરંતુ જો એક સળિયા દ્વારા સમાન બળ લગાડવામાં આવે, તો તમારી ચામડીને કશું જ થતું નથી. શા માટે ?

5. વજન ધરાવતા એક પદાર્થને એક મોટી હાઈડ્રોલિક લિફ્ટના ક્ષેત્રફળ ધરાવતા નાના પિસ્ટન પર મૂકેલ છે.

આ હાઈડ્રોલિક લિફ્ટના મોટા પિસ્ટન પર સમતોલી શકાય તેટલું મહત્તમ વજન ગણો.

9.4 પૃષ્ઠતાણ :-

આપણો, સામાન્ય અનુભવ છે કે બાહ્ય બળની ગેરહાજરીમાં, પ્રવાહીના ટીપાં હંમેશા ગોળાકાર હોય છે જો તમે ઓછી ઊંચાઈએથી પારાની થોડી માત્રા નાંખો તો તે નાના ગોળાકાર ટીપાંરૂપે ફેલાઈ જાય છે. નળીમાંથી અથવા ફુવારામાંથઈ પડતાં પાણીના ટીપાં પણ ગોળાકાર હોય છે શઉં તમે જાણો છો કેમ ? તમે બાળપણમાં સાબુના પરપોટાની રમત માણી હશે. પરંતુ તમે શુદ્ધ પાણીના પરપોટા બનાવી શક્તા નતી. આ બધા અનુભવો પ્રવાહીના લાક્ષણિક ગુણધર્મને કારણે થાય છએ. જેને આપણે પૃષ્ઠતાણ કહીએ છીએ. આને સમજવા, તમે નીચે આપેલ પ્રવૃત્તિ કરો.

● પ્રવૃત્તિ 9.1 :-

1. સાબુનું દ્રાવણ તૈયાર કરો.

2. તેમાં થોડી માત્રામાં ગ્લિસરીન ઉમેરો.

3. એક સાંકડી મજબૂત પ્લાસ્ટિક અથવા કાચની ટ્યૂબ લો. તેનો એક છેડો સાબુના દ્રાવણમાં એવી રીતે ડૂબાડો કે જેથી થોડું દ્રાવણ તેમાં પ્રવેશે.

4. તેને બહાર કાઢો અને તેના બીજા છેડે તમારા મોઢાથી હવા ફૂંકો.

5. સાબુનો વિશાળ પરપોટો બનશે.

ટ્યૂબને એક ઝટકો આપો કે જેથી પરપોટો છૂટો પડીને હવામાં તરે.

પૃષ્ઠતાણ કેવી રીતે રચાયું તે સમજવા માટે, ચાલો આપણે આંતરઆણ્વિય બળોનું જ્ઞાન ફરી યાદ કરીએ. આગળના પ્રકરણમાં, આપણે ્ણુઓ/પરમાણુઓના કેન્દ્રથી અંતરમાં થતાં ફેરફાર સાથે આંતરઆણ્વિય બળોમાં થતાં ફેરફારનો અભ્યાસ કર્યો છે. આંતરઆણ્વિય બવો બે પ્રકારના હોય છે. સંસક્તિ અને આસક્તિ સંસક્તિ બળો સમાન પદારથના અણુઓ વચ્ચે આકર્ષણની લાક્ષણિકતા ધરાવે છે. જ્યારે આસક્તિ બળો અલગ અલગ પદાર્થના ધાતુઓ વચ્ચે આકર્ષણ બળની લાક્ષણિકતા ધરાવે છે આસક્તિ બહળને કારણે જ આપણે કાગળ પર લખી શકીએ છીએ. ગમ, ફેવીકોલ વગેરે મજબૂત આસક્તિ બળ દર્શાવે છે.

અમે આશા રાખીએ છીએ કે હવે તમે સમજાવી શક્શો કે, પાણી કાચને ભીનો કરે છે જ્યારે પારો કરતો નથી.

પ્રવૃત્તિ 9.2 :-

કાચ અને પાણીના અણુઓ વચ્ચે આસક્તિ બળ દર્શાવવા.

1. કાચની એક શુદ્ધ શીટ લો.
2. પાણીના થોડા ટીપાં તેના પર મૂકો.
3. પાણી ધરાવતી સપાટી નીચેની તરફ રાખો.
4. પાણીની ટીપાંનું અવલોકન કરો.

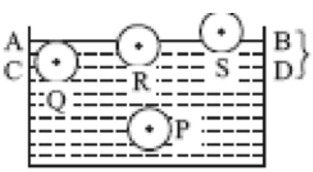
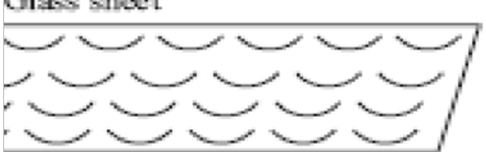


Fig 9.13 : Resultant force acting on P and Q is zero but molecules R and S experience a net vertically downward force.



main stuck to the glass sheet

ત્તિ બળને કારણે પાણીના

અણુઓ દર્શાવેલ છે. ધારો કે, એક અણુ જે પ્રવાહીની અંદર રહેલું છે તે બાકીની બધી બાજુઓના અણુઓ દ્વારા આકર્ષિત થાય છે. જો કે સપાટીના પરના અણુઓ માટે આવી સમાન પરિસ્થિતિ નથી.

અણુઓ અને જે સપાટીના સ્તર પર રહેલા છે, તે ચોખ્ખું પરિણામી બળ નીચેની દિશામાં અનુભવે છે, કારણ કે ગોળાના ઉપરના અર્ધ ભાગ પર આકર્ષણ બળ લગાડતાં અણુઓની સંખ્યા તેના નીચેના અર્ધભાગ પર આકર્ષણ બળ લગાડતાં અણુઓની સંખ્યા કરતાં ઓછી છે. જો આપણે પ્રવાહીની સપાટી અથવા પ્રવાહી બવાને અલગ પાડતી સપાટી ના ઉપરના અડધા ભાગમાં રહેલ પ્રવાહીના અણુઓને ધ્યાનમાં લઈએ, તો પણ પ્રવાહીના અણુઓની ઓછી સંખ્યાને કારણે અણુઓ નીચેની તરફ ચોખ્ખું બળ અનુભવશે. તેથી, જો કોઈ પણ પ્રવાહી અણુ

સપાટી પર આવે, તો આ ચોખ્ખા બળની વિરુદ્ધ કાર્ય કરવું પડે કે જે તેમની સ્થિતિ ઊર્જા વધારે છે, આનો મતલબ એ સપાટીનું સ્તર વધારાની ઊર્જા ધરાવે છે, જે ને પૃષ્ઠ ઊર્જા કહે છે.

પ્રણાલીને સંતુલનમાં રહે તે માટે તેની સ્થિતિ ઊર્જા ન્યૂનત્તમ હોવી જોઈએ. તેથી, સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ન્યૂનત્તમ હોવું જોઈએ. તેથી સ્થિર પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી ન્યૂનત્તમ પૃષ્ઠ ક્ષેત્રફળ મેળવવાની વૃત્તિ ધરાવે છે. આના કારણે સપાટી/પૃષ્ઠમાં તાણ સર્જાય છે, જેને પૃષ્ઠતાણ કહે છે. પૃષ્ઠતાણ એ પ્રવાહીની સપાટીનો ગુણધર્મ છે, જેને કારણે તે પોતાની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ઘટાડવાની વૃત્તિ ધરાવે છે. પરિણામ સ્વરૂપે, પ્રવાહીની સપાટી મેમ્બ્રેન (પટલ) ની જેમ ખેંચાય છે. તમે તેનું અસ્તિત્વ સોયને પાણીની સપાટી પર યોગ્ય રીતે મૂક્તાં તરતી જોઈને અનુભવી શકો છે. ચાલો હવે આપણે, આને ભૌમિતિક રીતે સમજીએ. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ સ્થિર પ્રવાહીની સપાટી પર એક કાલ્પનિક રેખા ને ધ્યાનમાં લો.

આ રેખાની કોઈ પણ બાજુની સપાટી બીજી બાજુની સપાટી પર ખેંચાણ બળ પ્રેરે છે.

પ્રવાહીની સપાટીના સમતલમાં એકમ લંબાઈદીઠ લાગતાં બળને પૃષ્ઠતાણ કહે છે.

જ્યાં પૃષ્ઠતાણ દ્વારા દર્શાવેલ છે અને એ લંબાઈની કાલ્પનિક રેખાને લંબ પ્રવાહીની સપાટીની સ્પર્શની દિશામાં લાગતા કુલ બળનું મૂલ્ય છે. (આકૃતિ) પૃષ્ઠતાણનો એકમ અને પરિમાણ છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ,

ચાલો આપણે એક લંબ ચોરસ ફ્રેમ લઈએ કે જે તેની એક બાજુ પર સરક્તો તાર ધરાવતો હોય. હવા ફ્રેમને સાબુના દ્રાવણમાં ડૂબાડો અને બહાર કાઢો. ફ્રેમ પર સાબુના દ્રાવણનું સ્તર રચાશે અને બે સપાટીઓ હશે. બંન્ને સપાટીઓ સરક્તા તારના સંપર્કમાં હશે, જેથી આપણે કહી શકીએ કે, તાર પર પૃષ્ઠતાણ આ બંન્ને સપાટીઓને લીધે હોય છે.

ધારો કે, સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ અને તારની લંબાઈ છે.

દરેક સપાટી દ્વારા તાર પર લાગતું બળ જેટલું છે.

તેથી, તાર પર કુલ બળ

ધારો કે, સપાટીઓ જેટલી ખેંચાય છે. તારને સમતુલ્ય સ્થિતિમાં રાખવા, આપણે જેટલું એકસમાન બાહ્ય બળ આપવું પડશે. જો આપણે તારને અચળ ઝડપથી જેટલા અંતર સુધી ખેંચીને સ્તરની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ વધારીએ, તો (આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ) સ્તર પર થયેલ કાર્ય આ પ્રમાણે આપી શકાય.

જ્યાં એ બંન્ને સપાટીઓને ક્ષેત્રફળમાં થતો કુલ વધારો છે.

ધારો કે, આપણે તેને દ્વારા દર્શાવીએ, તો સ્તર પર થયેલ કાર્ય આ મુજબ લખી શકાય,

બાહ્ય બળ દ્વારા થયેલ આ કાર્ય નવી સપાટીમાં સ્થિતિ ઊર્જા સ્વરૂપે સંગ્રહાય છે. અને તેને પૃષ્ઠઊર્જા કહે છે. પછીની પુનઃગોઠવણી કરતાં આપણને પૃષ્ઠતાણ માટે આ સૂત્ર મળે છે.

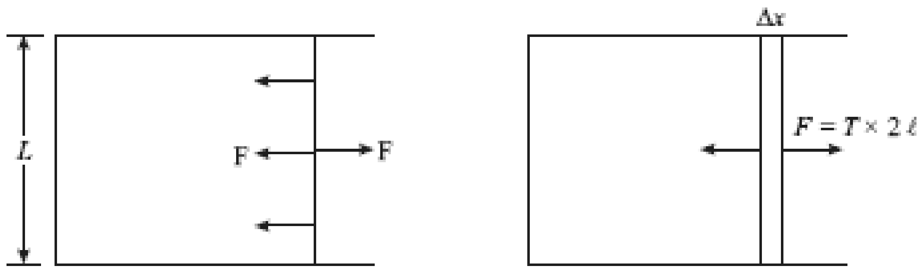


Fig. 9.15: A Film in equilibirum

તેથી, પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ તેની મુક્ત સપાટીના ક્ષેત્રફળમાં એક એકમ જેટલો વધારો કરવા થતાં કાર્ય બરાબર હોય છે. આપણે એવું પણ કહી શકીએ કે, એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ પૃષ્ઠ ઊર્જા એટલે પૃષ્ઠતાણ.

આપણે કહી શકીએ કે, પૃષ્ઠતાણ એટલે પ્રવાહીના પૃષ્ઠના સ્તર અથવા પ્રવાહી અને હવા જેવા બીજા પદાર્થ વચ્ચેનું સ્તરનો ગુણધર્મ.

- તે પ્રવાહીની મુક્ત સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ઘટાડવા પ્રયત્ન કરે છે.
- તે પ્રવાહી મુક્ત સપાટી પરની કોઈ પણ રેખાને લંબ દિશામાં અને તેની સપાટીના સ્પર્શકની દિશામાં લાગે છે.
- તે આંતરઆણ્વિય બળ છે જે તાપમાન પર આધારિત છે અને તાપમાન સાથે ઘટે છે.
- નીચે દર્શાવેલ એક સરળ પ્રયોગ પ્રવાહીની સપાટી પરના પૃષ્ઠતાણનો ગુણધર્મ દર્શાવે છે.

પ્રવૃત્તિ :-૯.૩

આકૃતિ આકૃતિ

તારની એક પાતળી વર્તુળાકાર ફ્રેમ લો. અને તેને સાબુના દ્રાવણમાં ડૂબાડો. તમે જોઈ શકશો કે તેના પર સાબુના દ્રાવણનું સ્તર રચાય છે. હવે, નાનો વર્તુળાકાર લૂપ ધરાવતો રૂનો એક દોરો લો અને તેને યોગ્ય રીતે સાબુના સ્તર પર મૂકો આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, લૂપ અનિયમિત આકારમાં સ્તર પર રહે છે. હવે, એક સોય લો અને તેની ટોચનો લૂપની અંદરના ભાગમાં રહેલ સાબુના સ્તર પર સ્પર્શ કરાવો. તમે શું અવલોકન કર્યું ?

Fig 9.16 (a) : A soap film with closed loop of thread

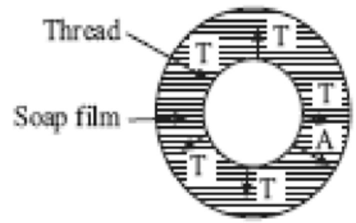


Fig. 9.16 (b) : The shape of the thread without inner soap film

તમે જોઈ શકશો કે, આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ રૂના દોરાનું લૂપ વર્તુળાકાર આકાર ધરાણ કરે છે. શરૂઆતમાં દોરાની બંન્ને બાજુએ સાબુના દ્રાવણનું સ્તર હતું. બંન્ને તરફની સપાટીઓ દ્વારા તેના પર ખેંચાણ લાગતું હતું અને પૃષ્ઠતાણના ચોખ્ખા બળનું મૂલ્ય શૂન્ય હતું. જ્યારે સોય દ્વારા અંદરની બાજુ રહેલું સ્તર તોડવામાં આવ્યું ત્યારે બાહ્ય સપાટી દ્વારા દોરા પર તેને વર્તુળાકાર આકારમાં લાવવા ખેંચાણ લાગ્યું, જેથઈ તે ન્યૂનત્તમ ક્ષેત્રફળ ધારણ કરી શકે.

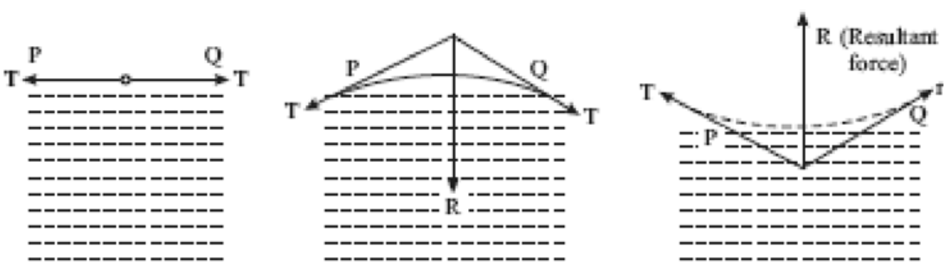
9.4.2 પૃષ્ઠતાણની ઉપયોગિતાઓ :-

ચોમાસાની ઋતુમાં શુદ્ધ સ્થિર પાણી પર સંવર્ધન કરતાં મચ્છરોને કારણે ડેંગ્યુ, મેલેરિયા અને ચિકનગુનિયા જેવા રોગો ફેલાય છે શું તમે મચ્છરોને પાણીની સપાટી પર જોયાં છે ? પૃષ્ઠતાણને કારણે તેઓ પાણીમાં જઈ શક્તા નથી. પ્રવાહીની સપાટીના જે બિંદુઓ પર મચ્છરોના પગ સ્પર્શે ત્યાં મચ્છરના વજનને કારણે સપાટીના સ્પર્શકની દિશામાં હોય છે. તેથી તે સમક્ષિતિજ સાથે અમુક ખૂણો બનાવતી દિશામાં લાગે છે. તેનો લંબ ઘટક ઉપરની દિશામાં હોય છે. આકૃતિ માં દર્શાવ્યા મુજબ ઉપરની દિશામાં ચોક્કસ લંબાઈની સ્પર્શક

રેખાની દિશામાં લાગતું કુલ બળ નીચેની દિશામાં લાગતાં મચ્છરના વજન બળ દ્વારા સમતોલાય છે.

(b) અંતર્ગોળાકાર સપાટી પરનું વધારાનું દબાણ :-

ધારો કે, આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર એકમ લંબાઈ ધરાવતી રેખા સપાટીનો નાનો ભાગ છે. જો સપાટી સમતલ હોય છે. ઊ. દા. તો સપાટીના સ્પર્શકની દિશામાંની બંન્ને બાજુઓ પરનું પૃષ્ઠતાણ સમતોલનમાં રહે છે અને પરિણામી સ્પર્સીય બળ શૂન્ય થાય છે. (આકૃતિ) પરંતુ જો સપાટી બહિર્ગોળ (આકૃતિ) અથવા અંતર્ગોળ (અથવા) હોય, તો રેખા ની બંન્ને બાજુઓ પર રહેલ પૃષ્ઠતાણને કારણે લાગતાં બળને કારણે સપાટીની ગોળાકાર સપાટીના કેન્દ્ર પર પરિણામી બળ મળે છે. તેથી જ્યારે પણ સપાટી ગોળાકાર હોય ત્યારે ગોળાકાર સપાટીના કેન્દ્ર પર પૃષ્ઠતાણને કારણે દબાણ લાગે છે. તેથી, પ્રવાહીની ગોળાકાર સપાટી પર અંતર્ગોળ બાજુ પર હંમેશા વધારાનું દબાણ હોય છે. (આકૃતિ)



(a) plane surface (b) convex surface (c) concave surface

Fig. 9.18

...ા સંપર્કમાં રહેલ પ્રવાહીના ...ટીપાંની ત્રિજ્યા અને એ ...ની બાજુથી બહિર્ગોળ છે.)

જો ટીપાંની ત્રિજ્યામાં વધારાના જેટલાં અચળ દબાણને કારણે વધારો થાય, તો ગોળાકાર ટીપાંની સપાટીના ક્ષેત્રફળમાં થતો વધારો આ મુજબ આપી શકાય.

જ્યાં આપણે ની બે ઘાત ધરાવતા પદને અવગણ્યું છે.

ક્ષેત્રફળમાં વધારા માટે ટીપાં ર થયેલ કાર્ય,

વધારાની પૃષ્ઠઊર્જા

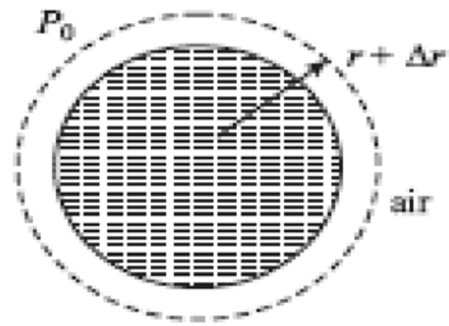


Fig. 9.19 (a) : A spherical drop

જો ટીપું સમતુલ્ય અવસ્થામાં હોય, તો આ વધારાની પૃષ્ઠઊર્જા દબાણમાં ફેરફાર અથવા વધારાના દબાણના કારણે થતાં વિસ્તરણમાં તયેલ કાર્યના બરાબર હોય છે.

થયેલું કાર્ય

સમીકરણ અને પરથી,

અથવા

(ii) પાણીમાં હવાનો પરપોટો :-

આકૃતિ

હવાનો પરપોટો પણ એક જ સપાટી ધરાવે છે, જે અંદરની સપાટી છે. (આકૃતિ) તેથી, ત્રિજ્યા ધરાવતા, પૃષ્ઠતાણ ધરાવતા પ્રવાહીમાં રહેલ હવાના પરપોટાની અંદર લાગતું વધારાનું દબાણ આ મુજબ આપી શકાય.

(iii) હવામાં તરતો સાબુના પાણીનો પરપોટો :-

આકૃતિ

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ સાબુના પાણીનો પરપોટો સમાન પૃષ્ઠફળ ધરાવતી બે સપાટીઓ ધરાવે છે. (ઉ. દા. બાહ્ય અને અંદરની સપાટી) તેથી, હવામાં તરતાં સાબુના પાણીના પરપોટાની અંદર લાગતું વધારાનું દબાણ આ મુજબ આપી શકાય.

જ્યાં એ સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ છે.

તે સમાન ત્રિજ્યા ધરાવતાં ગોળાકાર ટીપાંની અથવા પાણીમાં રહેલ હવાના પરપોટાની અંદરના દબાણ કરતાં બમણું છે.

હવે, તમે સમજી શકો છો કે સાબુના દ્રાવણમાં પરપોટા બનાવવા માટે વધારાનું થોડું દબાણ કેમ જરૂરી છે.

ઉદાહરણ 9.3 -

(i) હવામાં રહેલ સાબુના દ્રાવણનો ગોળાકાર પરપોટા

(ii) પાણીમાં રહેલ હવાના પરપોટા

(iii) પાણીના ગોળાકાર ટીપાંની અંદર ને બહારની સપાટી પર રહેલ દબાણનો તફાવત ગણો.

દરેકની ત્રિજ્યા છે.

પાણીનું પૃષ્ઠતાણ

અને સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ

ઉકેલ :-

(i) ત્રિજ્યાના સાબુના દ્રાવણના પરપોટા અંદર રહેલ વધારાનું દબાણ,

(ii) પાણીમાં રહેલ હવાના પરપોટાની અંદર રહેલ વધારાનું દબાણ

(iii) પાણીના ગોળાકાર ટીપાંની અંદર રહેલ વધારાનું દબાણ

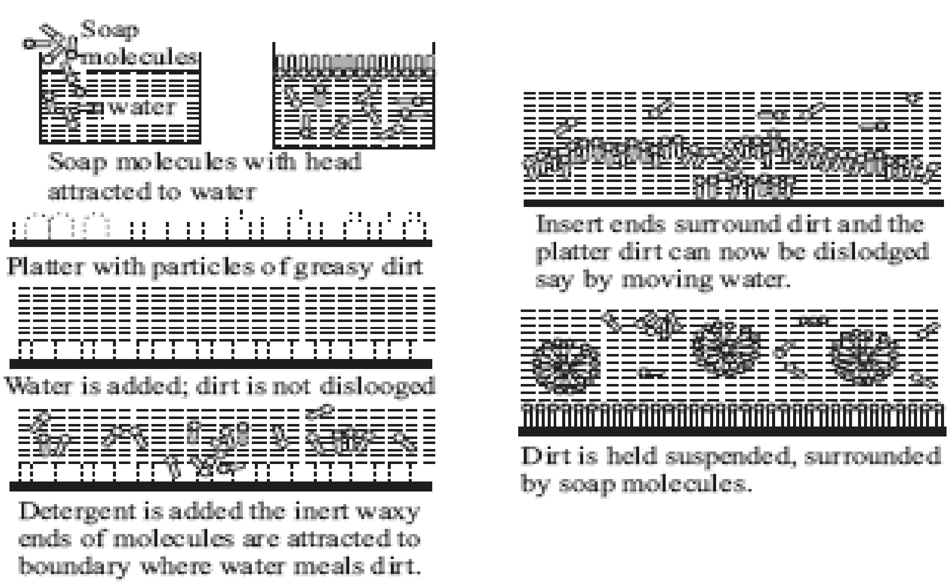


Fig: 9.20 : Detergent action

તમે વિવિધ જાહેરાતો જોઈ હશે કે જેમાં ડિટરજન્ટ કપડાં પરના ઓઈલના નિશાનને સરળતાથી દૂર કરે છે. પાણી સફાઈના માધ્યમ તરીકે વપરાય છે. સાબુ અને ડિટરજન્ટચ પાણીનું પૃષ્ઠતાણ ઘટાડે છે તે ધોવા માટે અને સફાઈ માટે ઉપયોગી છે કારણ કે શુદ્ધ પાણીનું ઊંચું પૃષ્ઠતાણ તેને કાપડાના ફાઈબર ર રહેલા ઓઈલના અણુઓ અથવા ધૂળનાં રજકણો સુધી પહોંચવા દેતું નથી. હવે, તમે જાણો છો કે શુદ્ધ પાણી કરતાં સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ સાબુના દ્રાવણ કરતાં પણ ઓછું હોય છે. તેથી ડિટરજન્ટ સાબુ કરતાં વધુ અસરકારક ફાઈબર પર રહેલ ધૂળના રજણોની પક્કડ નબળી પાડે છે. જેથી કપડાંને નીચવતાં ધૂળના રજકણો સરળતાથી દૂર થાય છે. ડિટરજન્ટ ઉમેરતાં, તેના અણુઓ પાણી તથા ઓઈલને આકર્ષે છે. જેથી પાણી ઓઈલનું પૃષ્ઠતાણમાં મોટો ઘટાડો જોવા મળે છે. તે આવા સ્તર બનાવવા માટે પણ ઉપયોગી છે. ઉ. દા. પાણી તથા ડિટર્જન્થી ઘેરાયેલ ધૂળના રજકણ આ પ્રકારની ડિટરજન્ટ દ્વારા બનતી સપાટી બનવાની પ્રક્રિયા માત્ર કપડાં સાફ કરવા નહીં પરંતુ ઓઈલ ખનીજ કાચી ધાતુઓ પાછા મેળવવવાની પ્રક્રિયામાં ઉપયોગી છે.

d. પાણી પરનું મઈણનું બળ તમે અભ્યાસ કર્યો કે પ્રવાહીમાં અશુદ્ધિઓ ઓગળતાં પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ ઘટે છે. જો તમે કપૂરની ગોટી મીણના બતકના તળિયે લગાડો અને તેને સ્થિર પાણીની સપાટી પર તરતું મૂકશો, તો તમે અવલોકશો કે, તે એક અથવા તે બે મિનિટ બાદ આમ તેમ ગતિ શરૂ કરે છે.

તેનું કારણ પાણીમાં ઓગળતું કપૂર છે. જેથી બતકની નીચે રહેલ પાણીનું પૃષ્ઠતાણ બાકીના પ્રવાહી કરતાં ઘટે છે આને લીધે પૃષ્ઠતાના બળનો ચોખ્ખો તફાવત મળે છે, જેથી બતક ગતિ કરે છે.

હવે, ચકાસણી કરવાનો સમય છે કે તમે કેટલું શીખ્યા છો ?

પ્રશ્નો 9.2 :-

1. સંસક્તિ અને આસક્તિ બળો વચ્ચે શું તફાવત છે ?
2. પ્રવાહીના નાના ટીપાં ગોળાકાર કેમ ધારણ કરી લે છે ?
3. શું ઘન પદાર્થો પણ પૃષ્ઠતાણનો ગુણધર્મ દર્શાવે છે કેમ ?
4. સમતલ સપાટી પર ઢોળતાં પારો શા માટે ગોળાકાર ટીપાંઓ રૂપે છવાઈ જાય છે ?
5. નીચેનામાંથઈ કોનું વધારાનું દબાણ વધુ છે ?

(i) ત્રિજ્યા ધરાવતો પાણીમાં રહેલ હવાનો પરપોટો પાણીનું પૃષ્ઠતાણ છે.

(ii) ત્રિજ્યા ધરાવતો હવામાં રહેલા સાબુના પાણીનો પરપોટો.

સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ છે.

સંપર્કકોણ :-

તમે અવલોકન કરી શકો છો કે પાત્રમાં રાખેલ પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી વણકાર હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, જ્યારે કાચની બરણીમાં પાણી ભરીએ ત્યારે તે અંતર્ગોળાકાર બને છે. પરંતુ જ્યારે આપણે પેરાફિન મીણના પાત્રમાં પાણી ભરીએ, ત્યારે પાણીની સપાટી બહિર્ગોળ બને છે. તે જ રીતે, જ્યારે કાચની બરણીમાં પારો ભરીએ ત્યારે તેની સપાટી બહિર્ગોળ બને છે. તેથી આપણે પાત્રમાં પ્રવાહીની સપાટીનો જે આકાર જોઈએ છીએ તે પ્રવાહી, પાત્રની જાત અને પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી ઉપરના માધ્યમ પર આધારિત છે. તેના માટે આપણે સંપર્કકોણ વિશે સમજીએ.

પ્રવાહીની સપાટીને સ્પર્સક સમતલ, પાત્રની દિવાલના સ્પર્શક સમતલ સાથે સ્પર્શતા બિંદુએ જે ખૂણો બનાવે છે તને સ્પર્શ ખૂણો કહે છે. પ્રવાહીની અંદરથી માપવામાં આવતો હોવાથી સંપર્કકોણ કહે છે.

આકૃતિ કાચની બરણીમાં અને પેરાફિનની બરણીમાં રહેલ પાણી માટે સંપર્ક કોણ (સ્પર્શ ખૂણાઓ) દર્શાવે છે. અંતર્ગોળ સપાટી માટે સંપર્ક કોણ લઘુકોણ હોય છે. ઉ. દા. કાચ સાથે પાણી અને બહિર્ગોળ સપાટી માટે સંપર્ક કોણ (સ્પર્શ ખૂણો) ગુરૂકોણ (કરતાં વધુ) હોય છે. ઉ. દા. પેરાફિનમાં પાણી અથવા કાચની નળીમાં પારો.

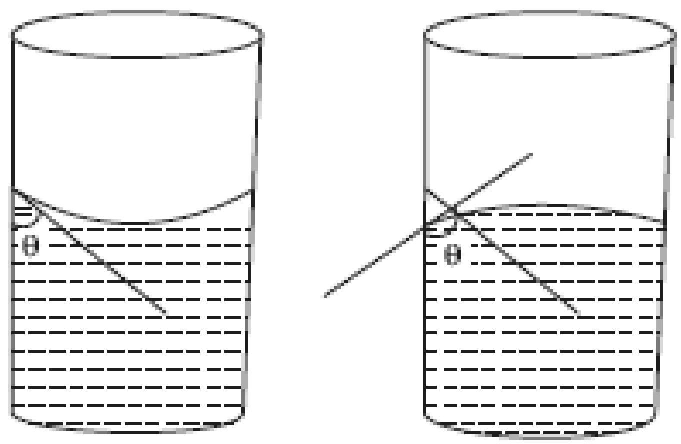


Fig 9.21 : Nature of free surface when water is filled in (a) glass jar, and (b) paraffin wax jar

પાત્રમાં રહેલ પ્રવાહીની સપાટી પાસે સપાટીના અણુઓ પર વિવિધ બળોની અસર હોય છે. પ્રવાહી માત્ર નીચેના ભાગમાં હોવાથી, આકૃતિ માં દર્શાવ્યા અનુસાર, પાસે અણુ પર લાગતું પરિણામી સંસક્તિ બળ સમાન રીતે લાગે છે. તે જ રીતે સમપ્રમાણતાને કારણે, પાત્રની દિવાલોને લંબરૂપે પરિણામી આસક્તિ બળ બહારની તરફ લાગે છે. બળ ને બે પરસ્પર લંબ ઘટકોમાં વિભાજિત કરી શકાય. જે લંબરૂપે નીચેની તરફ લાગે છે અને જે સીમાને લંબ દિશામાં લાગે છે સંપર્કકોણ (સ્પર્શખૂણા) નું મૂલ્ય અને ના સાપેક્ષ મૂલ્યો પર આધારિત છે.

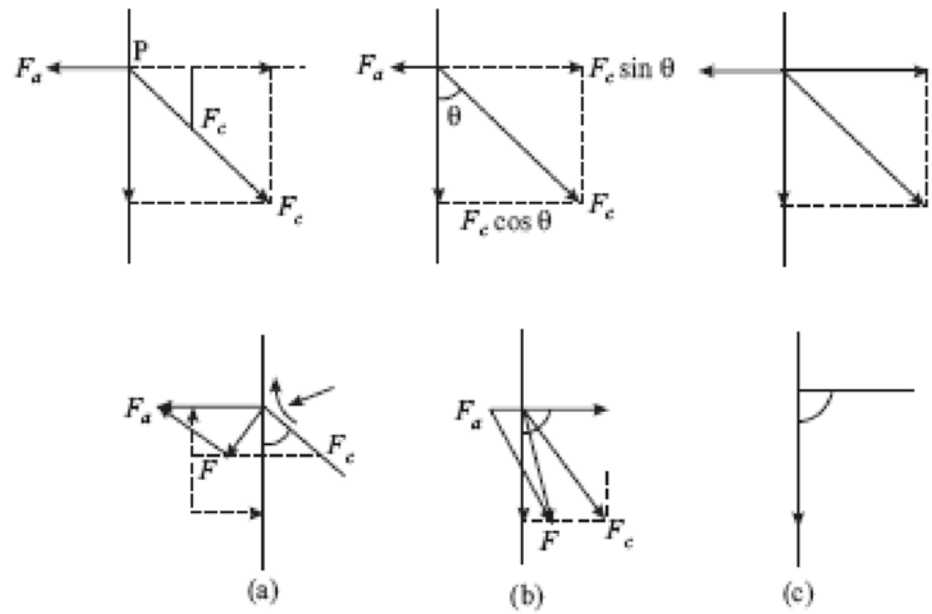


Fig. 9.22 : Different shapes of liquid meniscuses

***કિસ્સો* I :-**

જો તો ચોખ્ખું સમક્ષિતિજ બળ બહારની તરફ લાગશે અને તથા નું પરિણામી બળ દિવાલની બહારની તરફ લાગશે. પ્રવાહી અને સતત ઘર્ષણ સહન કરી શક્તા ન હોવાથી તેની સીમાની નજીકના બધા અણુઓ લંબરૂપે ગોઠવાઈ જાય છે, જેથી પ્રવાહીની સપાટીના સ્પર્શક રૂપે નો કોઈ ઘટક લાગતો નથી. દેખીતી રીતે, સીમા નજીકથી આવી સપાટી અંતર્ગોળ હોય છે. (વર્તુળની ત્રિજ્યા દરેક બિંદુએ વર્તુળની પરિમિતિને લંબ હોવાથી)

કાચની ટ્યૂબમાં (નળીમાં) ભરેલ પાણીના કિસ્સામાં માટે આ સાચું છે.

***કિસ્સો* II :-**

જો હોય, તો પરિણામી સમક્ષિતિજ દિશામાં અને લંબરૂપે નીચેની દિશામાં પ્રવાહીના નીચેના ભાગમાં લાગે છે સીમા પાસે પ્રવાહીની સપાટી તેનાથી લંબરૂપે જાતે ગોઠવાઈ જાય છે અને તેથી બહિર્ગોળ સપાટી બને છે.

કાચની ટ્યૂબમાં ભરેલ પારાના કિસ્સામાં આ સાચું છે.

***કિસ્સો* III :-**

જ્યારે ત્યારે પરિણામી બળ લંબરૂપે નીચેની દિશામાં લાગે છે તેથી સીમા નજીકની પ્રવાહીની સપાટી સમક્ષિતિજ અથવા સમતલ બને છે.

9.6 કેશાકર્ષણ :-

તમે વધારાની શઆહી સૂચી લે તેવા નોટબુકના શાહી સૂચક કાગળનો ઉપયોગ કર્યો હશે. શાહી સૂચક કાગળના હવાના સાંકડા અંતરોમાં શાહી વધે છે. તે જ રીતે, જો કપડાંનો નીચેનો છેડો ભીનો હોય, તો પાણી ધીમે ધીમે ઉપરની તરફ વધે છે છોડ અને વૃક્ષોને આપેલ પાણી તેની અસંખ્ય રક્તવાહિનીઓ દ્વારા મૂળથી ડાળીઓ તથા પાંદડા સુધી પહોંચે છે શું તમે જાણો છો કે ખેડૂતો તેમના ખેતરોને માત્ર વરસાદ પછી ખેડે છે કે જેથી જમીનના ઉપરના સ્તર પર રચાયેલ વાહિનીઓ તૂટી જાય, જમીન પર ભરાયેલ પાણી છોડ સુધી પહોંચી શકે. બીજી તરફ, આપણે જાણીએ છીએ કે, જ્યારે કેશનળીને પારામાં ડૂબાડવામાં આવે, ત્યારે તેની અંદર રહેલ પારાનું સ્તર બહારના સ્તર કરતાં ઓછું હોય છે. આ એલિવેશન અથવા નાના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતી (કેશનળી) ખૂલ્લી નળીમાં રહેલ પ્રવાહીના દબણનો સિદ્ધાંત છે. તે પૃષ્ઠતાણને કારણે થાય છે અને કેશાકર્ષણ તરીકે ઓળખાય છે.

કેશનળીમાં પ્રવાહીની ઊંચે ચડવાની અથવા નીચે ઊતરવાની ઘટનાને કેશાકર્ષણ કહે છે.

9.6.1 કેશનળીમાં પ્રવાહીની ઊંચે ચડવાની ઘટના :-

ચાલો, આપણે પાણી જેવા પ્રવાહીમાં ડૂબાડેલી કેશનળી લઈએ.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર, ટ્યૂબ (નળી) ની અંદરની સપાટી અંતર્ગોળ કાચ અને પાણી વચ્ચે લાગતાં આસક્તિ બળ સંસક્તિ બળ કરતાં વધુ હોવાથી આ અસર જોવા મળે છે.

ચાલો, આપણે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર પ્રવાહી, હવા વચ્ચેની સપાટીની નજીકના ચાર બિંદુઓ અને ધ્યાનમાં લઈએ.

...જ ઉપરના દબાણ કરતાં

...ની ત્રિજ્યા છે.

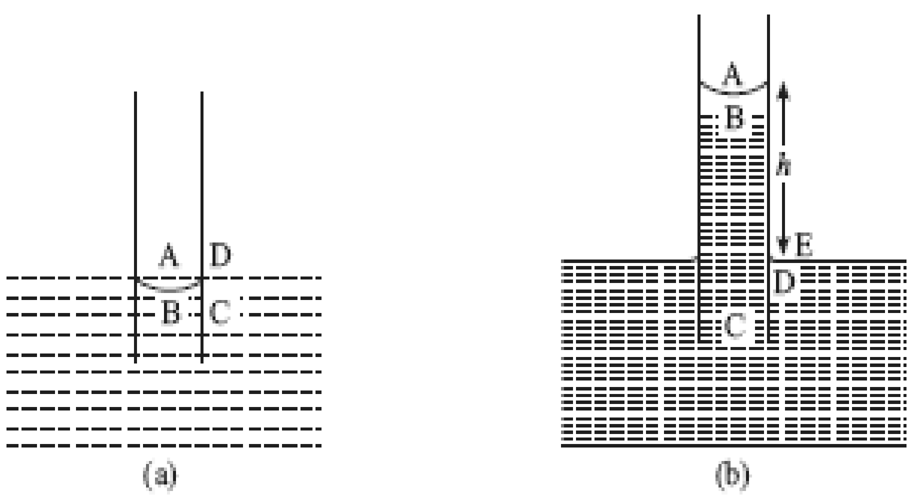


Fig. 9.23 : Capillary action

પરંતુ પરનું દબાણ પરના દબાણ જેટલું છે. અને તેનું મૂલ્ય વાતાવરણીય દબાણ જેટલું છે. પરનું દબાણ પરના દબાણ જેટલું તેથી ઉપરનું દબાણ પરના દબાણ કરતાં ઓછું છે. પરંતુ આપણે જાણીએ છીએ કે, પ્રવાહીના સમાન સ્તર પર રહેલ બધા બિંદુઓ પર દબાણ એકસમાન હોય છે. તેથી, બિંદુ પરના દબાણની ખામી પૂર્ણ કરવા બહારના ક્ષેત્રમાંથી ટ્યૂબમાં પાણીનું વહન શરૂ થાય છે.

તેથી, ઊંચાઈના પ્રવાહી સ્તંભનું દબાણ થાય ત્યાં સુધી કેશનળીમાં ચોક્કસ ઊંચાઈ સુધી પ્રવાહીનું વહન થાય છે. (આકૃતિ) ત્યારબાદ, પાણી વધતું અટકે છે.

આ શરત હેઠળ,

જ્યાં એ પ્રવાહીની ઘનતા અને ગુરૂત્વાકર્ષણને કારણે મળતો પ્રવેગ છે.

જો કેશનળીની ત્રિજ્યા અને સંપર્કકોણ હોય, તો આકૃતિ પરથી આપણે લખી શકીએ કે,

ના આ મૂલ્યને સમીકરણમાં મૂકતાં,

આકૃતિ

ઉપરના સૂત્ર પરથી કહી શકાય કે, જો ટ્યૂબ (નળી) ની ત્રિજ્યા ઓછી હોય, તો પ્રવાહીનો વધારો વધુ ઊંચાઈ સુધી થશે.

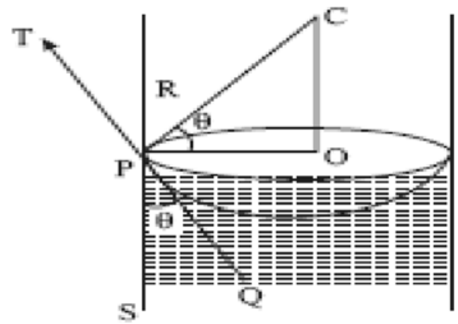


Fig. 9.24 : Angle of contact

પ્રશ્નો 9.3 :-

1. શું સંપર્કકોણનું મૂલ્ય પ્રવાહીના પૃષ્ઠતાણ પર આધાર રાખે છે ?

2. ઘન અને પ્રવાહીનો સંપર્કકોણ કરતાં ઓછઓ છે શું પ્રવાહી ઘનને ભીનું કરશે ? જો કેશનળી ઘનની બનેલ હોય, તો પ્રવાહી તેમાં ઊંચે ચડશે કે નીચે ઉતરશે ?

3. થર્મોમિટરની રચનાના સમયે, પારા ધરાવતા પાત્રમાં કેશનળી ડૂબાડીને કેશનળીમાં પારો મેળવવો કેમ મુશ્કેલ છે ?

4. પૃષ્ઠતાણ ધરાવતા પાણી ધરાવતાં પાત્રમાં કેશનળી ડૂબાડતાં તેમાં નો વધારો થતો હોય તો કેશનળીની ત્રિજ્યા ગણો. પાણીની ઘનતા સંપર્કકોણ શૂન્ય અને છે.

5. એક ફાનસના વાટમાં કેરોસીન ઓઈલનો વધારો કેવી રીતે થાય છે ?

૯.૭ શ્યાનતા :-

જો તમે બીકરમાં રાખેલ પ્રવાહીને કાચના સળિયા વડે વચ્ચેથી હલાવો, તો તમે નોંધશો કે, પ્રવાહીની દીવાલની નજીકથી ગતિ અને વચ્ચેની ગતિ સમાન નથી.

ત્યારબાદ બે અલગ પ્રવાહીનો (જેમ કે ગ્લિસરીન અને પાણી) નો એકસમાન નળીમાં પ્રવાહ જુઓ. તમે જોઈ શકશો કે, પાણી ઝડપથી પાત્રની બહાર વહે છે, જ્યારે ગ્લિસરીન ધીમેથી વહન પામે છે. દરેક પ્રવાહીમાં સ્ટીલનો બોલ (દડો) નાંખો. પાણી કરતાં ગ્લિસરીનમાં સ્ટીલનો બોલ્ડ ધીમેથી પડે છે. આ અવલોકનો દર્શાવે છે કે, પ્રવાહી લાક્ષણિક ગુણધર્મ ધરાવે છે. કે જેના પર તેની ગતિ આધારિત છે. આ ગુણધર્મને શ્યાનતા કહે છે. ચાલો, હવે આપણે શ્યાનતા કવી રીતે નિર્માણ પામ`છે તેનો અભ્યાસ કરીએ.

9.7.1 શ્યાનતા :-

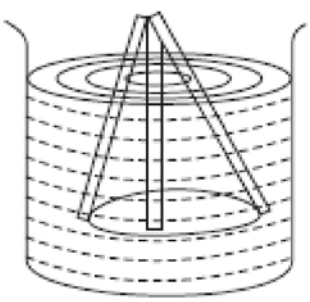


Fig. 9.25: Water being stirred with a glass rod

આપણે જાણીએ છીએ કે, એક પદાર્થ બીજા પદાર્થ પર સરકે ત્યારે તેમની વચ્ચે ઘર્ષણ બળ લાગે છે. તે તરલનું વહન થાય, તરલના બે પાસપાસેના સ્તરો એકબીજા પર સ્પર્શક બળ લગાડે છે. આ ંચાણ લાગે છે, જે તેમની વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિનો વિરોધ કરે છે. તરલનો આ ગુણધર્મ છે કે જેના ેના સ્તરો વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિ અવરોધાય છે તેને શ્યાનતા કહે છે. આકૃતિ ટ્યૂબમાં વહન વાહીને દર્શાવે છે ટ્યૂબની દીવાલના સંપર્કમાં રહેલ પ્રવાહીના સ્તરને ઘન દીવાલ અને પ્રવાહી ર્ષણને કારણે સ્થિર ગણી શકાય. અન્ય સ્તરો ગતિમાં છે અને સપાટીથી અંતર ને અનુરૂપ અલગ ધારો કે, સપાટીથી અંતરે રહેલ સ્તરનો વેગ અને અંતરે રહેલ સ્તરનો વેગ છે.

તેથી, લંબરૂપે જેટલા અંતરમાં થતાં ફેરફારને કારણે વેગમાં જેટલો ફેરફાર થાય છે. રાશિને વેગ પ્રચલન કહે છે.

તરલના બે સ્તરો વચ્ચે લાગતું શ્યાનતા બળ

- સંપર્કમાં રહેલ સ્તરના ક્ષેત્રફળના સમપ્રમાણમાં હોય છે.
- પ્રવાહીના પ્રવાહની લંબ દિશામાં મળતાં વેગ પ્રચલનમાં સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આ બંન્ને સંયુત રૂપે લખાં,

અથવા

જ્યાં એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.

અને તેને શ્યાનતા ગુણાંક કહે છે.

ઋણ નિશાની દર્શાવે છે કે બળ ઘર્ષણની પ્રકૃતિ ધરાવે છે અને ગતિનો વિરોધ કરે છે.

શ્યાનતા ગુણાંકનો એકમ છે (પ્રણાલીમાં, શ્યાનતા ગણાંકનો એકમ છે.

શ્યાનતા ગુણઆંકના પરિમાણ છે.

શું તમે ક્યારેય પૂર સમયે નદી જોઈ છે ? શું તે શહેરમાં પૂરો પાડવામાં આવતાં પાણીના પુરવઠાના વહન જેવો હોય છે ? ના, તો તેઓ કેવી રીતે અલગ પડે છે ? આવા પ્રશ્નોનો ઉકેલ મેળવવા ચાલો આપણે પ્રવાહીના વહનના પ્રકારનો અભ્યાસ કરીએ.

9.8.1 ધારારેખી વહન :-

તરલકણના ગતિમાર્ગને પ્રવાહ રેખા કહે છે. માર્ગ પરના આપેલ બિંદુ પરથી પસાર થતો દરેક કણ જો આગળના કણોની જેમ વહનનો સમાન માર્ગ પરથી પસાર થતો હોય, તો આવા વહનને ધારારેખી વહન કહે

છે. વક્ર અથવા માર્ગ કે જેના કોઈ પણ બિંદુ પાસેનો સ્પર્શક તે બિંદુ પરના પ્રવાહીના વેગની દિશા દર્શાવતો હોય તેને ધારારેખા કહે છે. સ્થાયી વહનમાં, ધારા રેખાઓ પ્રવાહ રેખાની દિશામાં હોય છે. (આકૃતિ) નોંધો કે, ધારા રેખાઓ ક્યારેય એકબીજાને છેદતી નથી, કતારણ કે છેદન બિંદુ પર બે સ્પર્શક કે જે વેગની બે અળગ દિશાઓ દર્શાવે તે અશક્ય છે.

જ્યારે ટ્યૂબમાં વહન પામતાં પ્રવાહીના ક્રિટિકલ વેગ કરતાં વહનનો વેગ ઓછો હોય, ત્યારે ગતિ ધારારેખી કહેવાય. આવા કિસ્સાણાં આપણે પ્રવાહીના પ્રવાહની સંપૂર્ણ જાડાઈને એકબીજા પર આવેલ કેટલાક સમતલ સ્તરોની બનેલી માની શકીએ. જેમ કે, એકના પર બીજાનો પ્રવાહ આવા વહનને સ્તરીય વહન કહે છે.

જો વહનનો વેગ ક્રિટિકલ વેગ કરતાં વધુ હોય, તો ધારા રેખાનં મિશ્રણ થાય છે. અને વહનનો માર્ગ અનિયમિત બને છે. આવી ગતિને પ્રક્ષુબ્ધ વહન કહે છે.

9.8.2 સાતત્યનું સમીકરણ :-

જો અદબનીય, શ્યાનતા વિહીન તરલ અસમાન આડછેદ ધરાવતી ટ્યૂબમાં વહન પામે તો ધારારેખી વહન પાસે આવતા કોઈ પણ બિંદુએ

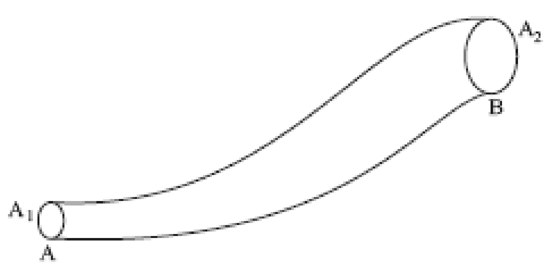


Fig. 9.28: Liquid flowing through a tube

છેડાઓ તરલની ઝડપ અનુક્રમે અને

હોય અને તરલની ઘનતા હોય, તો

ટ્યૂબના છેડા દ્વારા પ્રવેશતું તરલ એક સેકંડમાં જેટલું અંતર કાપે છે પ્રતિ સેકંડે પ્રવેશતા પ્રવાહીનું કદ તેથી,

બિંદુ પર પ્રતિ સેકંડ પ્રવેશતા પ્રવાહીનું દળ

તે જ રીતે, બિંદુ પરથી પ્રતિ સેકંડ બહાર નીકળતાં પ્રવાહીનું દળ

ટ્યૂબની અંદર તરલ ભરાઈ રહેતું નથી, તેથી ટ્યૂબના દરેક આડછેદમાંથી પસાર થતાં પ્રવાહીનું દળ સમાન હોવું જોઈએ. તેથી, આપણે આ મુજબ લખી શકીએ,

અથવા

આ સૂત્રને સાતત્યનું સમીકરણ કહે છે.

9.8.3 ક્રિટિકલ વેગ અને રેનોલ્ડ અંક :-

આપણે જાણીએ છીએ કે જ્યારે વહનનો વેગ ચોક્કસ મૂલ્ય ક્રિટિકલ વેગ કરતાં ઓછું મૂલ્ય ધરાવતો હોય, ત્યારે ધારારેખી વહન થાય છે. પરંતુ જ્યારે વહનનો વેગ ક્રિટિકલ વેગ કરતાં વધી જાય ત્યારે વહન પ્રક્ષુબ્ધ બને છે.

કોઈ પણ પ્રવાહીના ક્રિટિકલ વેગનું મૂલ્ય નીચેના પરિબળો પર આધારિત છે.

- પ્રવાહીની પ્રકૃતિ ઉ. દા. પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક
- પ્રવાહી જે ટ્યૂબ નળીમાંથી વહન પામે, તેનો વ્યાસ
- પ્રવાહીની ઘનતા

પ્રયોગો દર્શાવે છે કે,

તેથી, આપણે લખી શકીએ કે,

જ્યાં એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે અને તેને રેનોલ્ડ અંક કહે છે. તેના કોઈ પરિમાણ નથી. પ્રયોગો દર્શાવે છે કે જો નું મૂલ્ય કરતાં ઓછું હોય, તો વહન સ્તરીય હોય છે. જ્યારે નું મૂલ્ય અને ની વચ્ચેનું હોય, ત્યારે વહન અસ્થાયી હોય છે. અને કરતાં વધુ હોય ત્યારે વહબન પ્રક્ષુબ્ધ બને છે.

ઉદાહરણ 9.1 :-

હૃદય ચક્રના આરામના ભાગ દરમ્યાન ધમનમાં લોહીની સરેરાશ ઝડપ લગભગ છે. શું વહન સ્તરીય છે કે પ્રક્ષુબ્ધ ?

લોહીની ઘનતા અને

ઉકેલ :-

સમીકરણ પરથી, રેનોલ્ડ અંક

આપણે મૂલ્યો સમીકરણમાં મૂકતાં,

હોવાથી, વહન અસ્થાયી છે.

9.9 સ્ટફિસનો નિયમ :-

જ્યોર્જ સ્ટફિસએ શ્યાનતા ગુણાંક અને વેગ થી ગતિ કરતાં ઊંચી શ્યાનતા ધરાવતા પ્રવાહીમાં પડતાં ત્રિજ્યા ધરાવતા ગોળાકાર પદાર્થ પર સ્પર્સકની દિશામાં પાછળની તરફ લાગતાં શ્યાનતા બળ નું મૂલ્ય આપતો પ્રયોગ મૂલક નિયમ આપ્યો. આને સ્ટફિસનો નિયમ કહે છે.

સ્ટૉક્સના નિયમ અનુસાર,

અથવા

જ્યાં એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.

પ્રાયોગિક રીતે જાણવા મળ્યું છે કે,

તેથી સ્ટૉક્સનો નિયમ આ મુજબ લખી શકાય.

પરિમાણની રીત દ્વારા સ્ટૉક્સના નિયમને નીચે મુજબ તારવી શકાય :

- સ્ટૉક્સના નિયમ મુજબ, શ્યાનતા બળ નીચેના પરિબળો પર આધારિત છે.
- માધ્યમનો શ્યાનતા ગુણાંક
- ગોળાકાર પદાર્થની ત્રિજ્યા
- પદાર્થનો વેગ

તેથી,

અથવા

જ્યાં એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.

બંન્ને બાજુએ પરિમાણો લેતાં,

અથવા

બંન્ને બાજની ઘાત સરખાવતાં, અને સમીકરણોને સાદુ રૂપ આપતાં,

9.9.1 ટર્મિનલ વેગ :-

આકૃતિ

ચાલો, આપણે ઘનતા ધરાવતાં પ્રવાહીમાં પડતાં ત્રિજ્યા અને ઘનતા ધરાવતાં ગોળાકાર પદાર્થને ધ્યાનમાં લઈએ.

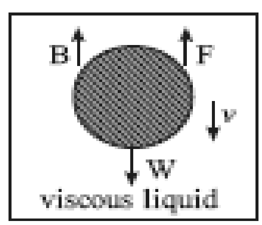


Fig. 9.29 : Force acting on a sphere falling in viscous fluid

પદાર્થ પર લાગતાં બળ નીચે મુજબ છે :

(i) પદાર્થનું વજન બળ જે નીચેની દિશામાં લાગે છે.

(ii) શ્યાનતા બળ જે લંબરૂપે ઉપરની દિશામાં લાગે છે.

(iii) ઉત્પ્લાવક બળ જે ઉપરની દિશામાં લાગે છે.

આ બળોની અસર હેઠળ, કોઈ એક ક્ષણે પદાર્થ પર લાગતું ચોખ્ખું બળ શૂન્ય થાય છે. (વેગ વધવાની

સાથે શ્યાનતા બળ વધતું હોવાથી) તેથી, પદાર્થ અચળ વેગ સાથે નીચે પડે છે, જેને ટર્મિનલ વેગ કહે છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે,

આ બળોના મૂલ્ય આ મુજબ છે.

જ્યાં ટર્મિનલ વેગ છે.

અને

જ્યારે પદાર્થ ટર્મિનલ વેગ મેળવે છે.

ત્યારે ચોખ્ખું બળ શૂન્ય હોય છે.

તેથી,

9.9.2 સ્ટૉક્સના નિયમની ઉપયોગિતાઓ :-

(A) પેરાશૂટ

જ્યારે સૈનિક ઉડતાં વિમાન પરથી કૂદે છે ત્યારે તે ગુરૂત્વાકર્ષણને કારણે લાગતાં પ્રવેગથી નીચે પડે છે પરંતુ હવાની શ્યાનતાને કારણે તેની ગતિ અવરોધાયા છે અને ટર્મિનલ વેગ પ્રાપ્ત ન થાય ત્યાં સુધી વેગ ઘટતો જાય છે. ત્યારબાદ સૈનિક અચળ વેગથી નીચે પડે છે. અને નિશ્ચિત ક્ષણે જમીનથી થોડા અંતરે તેનો પેરાશૂટ ખોલે છે કે જેથી તે જમીન પર સલામતીથી ઊતરી શકે.

(B) વરસાદના ટીપાંનો વેગ :-

જ્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણને કારણે વરસાદના ટીપાં નીચે પડે છે, ત્યારે હવાની શ્યાનતા તેની ગતિનો વિરોધ કરે છે. જ્યારે શ્યાનતા બળ ગુરૂત્વાકર્ષણ જેટલું થાય ત્યારે ટીપું ટર્મિનલ વેગ મેળવે છે તેથી પૃથ્વી પર પહોંચતાં વરસાદના ટીપાં ઊંચી ગતિ ઊર્જા ધરાવતા નથી.

ઉદાહરણ 9.2 :-

ટર્મિનલ વેગ ધરાવતાં હવામાં પડતાં વરસાદના ટીપાંની ત્રિજ્યા શોધો.

અને આપેલ છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે,

ટર્મિનલ વેગ આ મુજબ આપી શકાય :

પદોની પુનઃગોઠવણી કરતાં,

પ્રશ્નો 9.4 :-

1. ધારારેખી વહન અને પ્રક્ષુબ્ધ વહન વચ્ચેનો તફાવત આપો.

2. શું વહેતા પ્રવાહીમાં બે ધારા રેખાઓ એકબીજાને છેદી શકે ?

3. શ્યાનતા ધરાવતા પ્રવાહીનો ક્રિટિકલ વેગ જે ભૌતિક રાશિઓ પર આધારિત છે તેના નામ આપો.

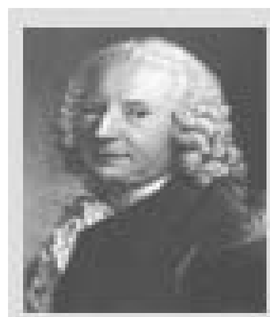
4. જો હવાનો શ્યાનતા ગુણાંક અને ઘનતા હોય, તો ત્રિજ્યા ધરાવતાં વરસાદના ટીપાંનો ટર્મિનલ વેગ ગણો.

પાણીની ઘનતા

5. જ્યારે ટબલરમાં રાખેલ પ્રવાહીને હલાવવામાં આવે અને પછી થોડા સમય સુધી મૂકી રાખવામાં આવે, તો તે સ્થિર થઈ જાય છે શા માટે ?

ડેનીઅલ બર્નોલી

(1700-1782)



સ્વિઝ ભૌતિકવિજ્ઞાની અને ગણિત શાસ્ત્રી ડેનીઅલ બર્નોલી, ગણિત શાસ્ત્રીઓના કુટુંબમાં 8 ફેબ્રુઆરી 1700 એ જન્મ્યા હતાં. તેમણે હાઈડ્રોડાયનેમિક્સમાં મહત્ત્વપૂર્ણ યોગદાન આપ્યું. તેમનું પ્રખ્યાત કાર્ય, હાઈડ્રોડાયનેમિકા માં પ્રકાશિત થયું. તેમણે દબાણ અને તાપમાનમાં થતાં ફેરફાર સાથે વાયુની વર્તણૂંકમાં થતો ફેરફાર સમજાવ્યો, જેના કારણે વાયુઓની ગતિના સિદ્ધાંત વિકસ્યા.

તેઓ ગાણિતીક ભૌતિક વિજ્ઞાનના સ્થાપક તરીકે જાણીતા છે. રસાયણ લેબોરેટરીમાં પાત્રને ઝડપથી વહેતાં પાણી દ્વારા ટ્યૂબ સાથે જોડી અવકાશ સથાપવા બર્નોલીનો સિદ્ધાંત વપરાય છે.

9.10 બર્નોલીનો સિદ્ધાંત :-

ઉપર તરફ વળતી જોઈ હોવાનો અનુભવ ચોક્કસ કર્યો હશે. આ બધું બર્નોલીના સિદ્ધાંત દ્વારા સમજી શકાય છે.

બર્નોલીનો સિદ્ધાંત આ મુજબ છે :

જ્યાં તરલનો વેગ વધુ હોય ત્યાં દબાણ ઓછું હોય અને જ્યાં તરલનો વેગ ઓછો હોય, ત્યાં દબાણ વધુ હોય.

9.10.1 વહેતા તરલની ઊર્જા :-

વહેતું તરલ ત્રણ પ્રકારની ઊર્જા ધરાવે છે. આપણે ગતિ ઊર્જા અને સ્થિતિ ઊર્જા વિશે જાણીએ છીએ. તરલની તૃતીય પ્રકારની ઊર્જા દબાણ ઊર્જા છે તે તરલના દબાણને કારણે છે. દબાણના તફાવત અને કદના ગુણાકારને દબાણ ઊર્જા કહે છે. જો પ્રવાહીનો દળ, ઘનતા ધરાવતો તત્ત્વ દબાણ તફાવત ની અસર હેઠળ ગતિ કરતો હોય, તો

દબાણ ઊર્જા જૂલ

એકમ દળ દીઠ દબાણ ઊર્જા

9.10.2 બર્નોલીનું સમીકરણ :-

બર્નોલીએ એક સમીકરણ વિકસાવ્યું જે આ સિદ્ધાંતને રાશિઓના સ્વરૂપમાં દર્શાવે. આ સમીકરણ વિકસાવવા ત્રણ મહત્ત્વપૂર્ણ ધારણાઓ કરવામાં આવેલ છે.

1. તરલ અદબનીય છે.

ઉ. દા. પહોળી ટ્યૂબ (નળી) થી સાંકળી ટ્યૂબમાં જતાં તેની ઘનતામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી.

2. તરલ શ્યાનતાવિહિન છે અતવા શ્યાનતાની અસરને ધ્યાનમાં લેવામાં આવતી નથી.

તરલની ગતિ ધારારેખી છે.

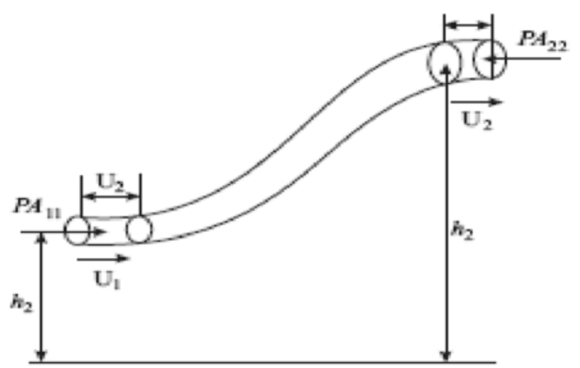


Fig. 9.30

આકૃતિમાં દર્શાવેલ બદલાતું આડછેદ ધરાવતી એક ટ્યૂબને ધ્યાનમાં લો.

ધારો કે બિંદુ પર દબાણ, આડચેદનું ક્ષેત્રફળ વહનનો વેગ અને જમીનથી ઊંચાઈ છે.

બિંદુ પર દબાણ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ વહનનો વેગ અને જમીનથી ઊંચાઈ છે.

અને બિંદુઓ વહનનળીના કોઈ પણ બે બિંદુઓ હોઈ શકે.

માટે, બર્નોલીના સમીકરણને આ મુજબ લખી શકાય.

અચળ

તરલની દબાણ ઊર્જા, ગતિ ઊર્જા અને સ્થિતિ ઊર્જા નો સરવાળો ધારા રેખી ગતિ માટે અચળ રહે છે.

1. તમારા હાથમાં કાગળની શીટ લો.

2. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર, કાગળના સમક્ષિતિજ ભાગને હળવેથી દબાવો કે જેથી કાગળ નીચેની બાજુ વાંકુ વળે.

3. સમક્ષિતિજ રેખાને સમાંતર કાગળ પર ફૂંક મારો.

કાગળને જુઓ. તે ઉપરની તરફ જાય છે કારણ કે, ઝડપ વધે છે અને કાગળની ઉપરની બાજુ પરનું દબાણ ઘટે છે.

9.10.3 બર્નોલીના સિદ્ધાંતની ઉપયોગિતાઓ :-

આપણા જીવનમાં બર્નોલીના સિદ્ધાંતની ઘણી બધી ઉપયોગિતાઓ છે. સામાન્ય રીતે જોવા મળતી કેટલીક ઘટનાઓ બર્નોલીના સિદ્ધાંતના આધારે સમજાવી શકાય.

(A) વહન મીટર અથવા વેન્ચ્યુરીમીટર :-

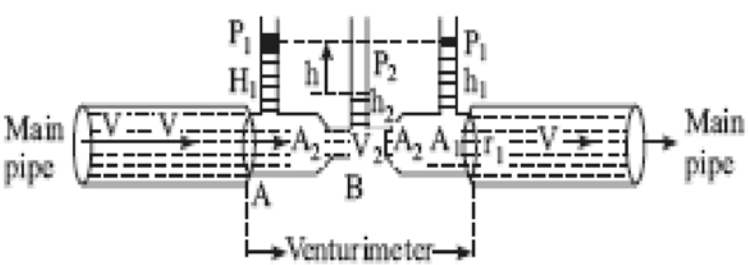


Fig. 9.32 : A Venturimeter

તે નળીમાં વહન પામતા પ્રવાહીનો વહન દર માપવા માટે વપરાતું સાધ છે.

આકૃતિ વહનનળી સાથે જોડવામાં આવે છે. તે મોનોમીટર ધરાવે છે.કે જેના બે છેડા ટ્યૂબના અને બિંદુઓ પરના અનુક્રમે અને આડછેદના ક્ષેત્રફળ સાથે જોડેલ હોય છે.

ધારો કે, મુખ્યનળીની જમીનથી ઊંચાઈએ સમક્ષિતિજ રાખવામાં આવેલ છે. બર્નોલીના સિદ્ધાંત પરથી, વેન્ચ્યુરીમીટરમાંથી વહન પામતાં થી ના પ્રવાહીના સ્થાયી વહન માટે આપણે આ મુજબ લખી શકીએ :

પરની કુલ ઊર્જા = પરની કુલ ઊર્જા

પદોની પુનઃગોઠવણી કરતાં,

તે દર્શાવે છે કે, વધુ વેગ ધરાવતાં બિંદુઓ ઓછું દબાણ ધરાવે છે. (કારણ કે, દબાણ ઊર્જા અને ગતિ ઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે.) આને વેન્ચ્યુરીનો સિદ્ધાંત કહે છે.

વેન્ચ્યુરીમીટરમાં સ્થાયી વહન માટે,

પર પ્રતિ સેકંડ પ્રવેશતું પ્રવાહીનું કદ

માંથી પ્રતિસેકંડ બહાર નીકળતું પ્રવાહીનું કદ

તેથી,

(પ્રવાહીને અદબનીય ધારવામાં આવ્યું છે. ઉ. દા. સાંકડા ભાગ પર વેગ વધુ હોય છે.)

સમી માં આ પરિણામનો ઉપયોગ કરતાં,

આપણે કહી શકીએ કે, સાંકડા ભાગ પર દબાણ ઓછું હોય છે.

જો વેન્ચ્યુરીમીટરના બે છેડા વચ્ચેનો સ્તર તફાવત દર્શાવતો હોય, તો

અને

આના પરથી આપણે નોંધીએ કે,

કારણ કે આપેલ વેન્ચ્યુરીમીટર માટે બાકીના બધા પરિમાણો અચળ છે.

તેથી,

જ્યાં અચળ છે.

પ્રતિ સેકંડ વહન પામતા પ્રવાહીનું કદ

અથવા

જ્યાં અન્ય અચળાંક છે.

બર્નોલીના સિદ્ધાંતની ઘણા બધા સાધનોની રચનામાં ઉપયોગિતા છે. જેમકે એટોમાઈઝર, સ્પ્રે ગન, બન્સેન બર્નર, કાર્બ્યુરેટર, એરોફોઈલ વગેરે.

(i) એટોમાઈઝર :-

આકૃતિમાં એટોમાઈઝર દર્શાવેલ છે જ્યારે રબરના બલ્બ ને દબાવવામાં આવે, ત્યારે ટ્યૂબ દ્વારા હવા ફૂંકાય છે અને તે સાંકડી કોતરમાંથી ઊંચા વેગ સાથે બહાર આવીને તેના પાડોશમાં ઓછા

દબાણનું ક્ષેત્ર રચે છે તેથી પાત્રમાંથી આવતું પ્રવાહી (અત્તર અથવા રંગ) નોઝલ માંથી બહાર આવવવા ટ્યૂબ દ્વારા સૂચાઈ જાય છે. પ્રવાહી નોઝલ સુધી પહોંચે ત્યારે ટ્યૂબ દ્વારા હવાનો પ્રવાહ ફૂંકાય છે જે પ્રવાહીને સ્પ્રેમાં રૂપાંતરિત કરે છે.

(ii) સ્પ્રે ગન :-

જ્યારે પિસ્ટન ગતિ કરે છે, ત્યારે તે સાંકડા છિદ્રમાંથી ઊંચા વેગ સાથે હવા બહાર ફેંકે છે કે જે તેની નજીકના ક્ષેત્રને નીચા દબાણવાળું ક્ષેત્ર બનાવે છે. પાત્ર સાથે જોડાયેલ ની નીચે ફુલતી સાંકડી ટ્યૂબ દ્વારા પ્રવાહી (ઊ. દા. જંતુનાશક) સૂચાય છે. પ્રવાહી છેડા સુધી પહોંચતા પિસ્ટન દ્વારા ફૂંકાયેલ હવા દ્વારા ફેલાઈ જાય છે. (આકૃતિ)

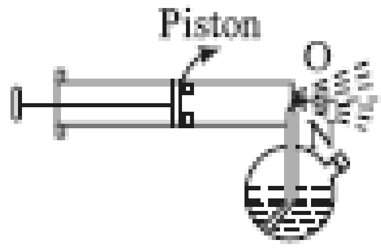


Fig. 9.34: Spray gun

(iii) બન્સેન બર્નર :-

જ્યારે નોઝલમાંથી વાયુ બહાર નીકળે છે, ત્યારે તેના ઊંચા વેગને કારણે તેની નજીકમાં નીચું દબાણ રચાય છે. તેથી, બાજુના છિદ્રમાંથી હવા ધસી આવે છે અને વાયુ સાથે મિશ્રિત ... ગાવતાં, આ મિશ્રણ ગરમ ... ાગે છે.

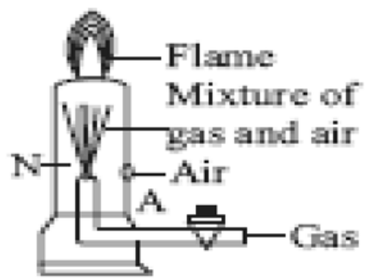


Fig. 9.35: Bunsen Burner

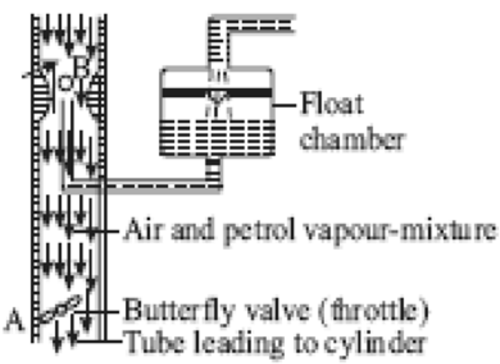


Fig. 9.36: Carburettor

... રમાં વપરાતું ... હવા અને ... રું પાડે છે. ... દ્વારા ઊર્જા ... તિને કારણે ... થી બહારથી ઊંચા વેગ સાથે હવા ધસી આવે છે. આને કારણે નોઝલ પાસે નીચું દબાણ સર્જાય છે. (દાબને કારણે પાસે હવાનો વેગ વધુ હોય છે) અને તેથી પેટ્રોલ નોઝલ ની બહાર આવે છે અને હવા સાથે મિશ્રિત થાય છે આ પેટ્રોલ અને હાની બાષ્પના મિશ્રણ દ્વારા ઈંધણ રચાય છે અને તે ટ્યૂબ દ્વારા નળાકારમાં પ્રવેશે છે.

(કેટલીક વાર કાર્બન અથવા અન્ય પ્રકારની અશુદ્ધિને કારણે નોઝલ સ્થગિત થાય છે ત્યારે તે પેટ્રોલનું વહન ચકાસે છે તથા એન્જિનને ઈંધણ ન મળતાં તેનું કાર્ય અટકે છે તેથી નોઝલને ખોલીને શુદ્ધ કરવું જરૂરી છે.)

(v) એરોફોઈલ :-

જ્યારે ઘન પદાર્થ હવામાં ગતિ કરે છે ત્યારે ધારારેખાઓ રચાય છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એરોપ્લેન/વિમાનનો આકાર બનાવવામાં આવ્યો છે જ્યારે વિમાન રનવે પર દોડતું હોય ત્યારે ઊંચો વેગ ધરાવતી હવાની ધારા રેખાઓ રચાય છે ઉપરની બાજુએ વધારે ધારારેખાઓનો કારણે તે ક્ષેત્ર વધુ વેગ ધરાવતો બને છે તેથી નીચેના ભાગ કરતાં ઓછું દબાણ ધરાવે છે. દબાણનો આ તફાવત વિમાનને ઉપર ઊડાવે છે.

વધુ ધારારેખાઓને કારણે રચાતાં ઊંચા વેગવાળા ક્ષેત્રમાં દબાણ ઓછું હોય છે.

આ સિદ્ધાંતના આધાર પર નીચે કેટલાક રસપ્રદ ઉદાહરણો આપેલ છે :

a) આકર્ષિત ડિસ્કનો વિરોધાભાસ

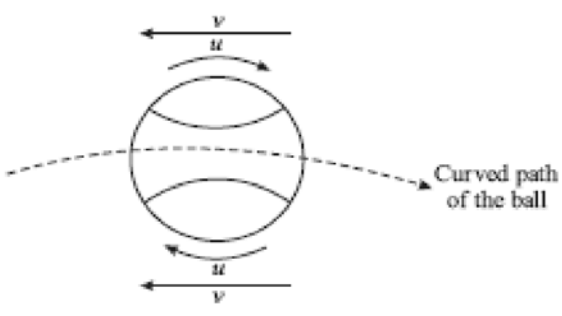
જ્યારે એકની ઉપર એક મૂકેલ બે કાર્ડબોર્ડ શીટની વચ્ચેની જગ્યામાં સાંકડી ટ્યૂબ વડે હવા ફૂંકવામાં આવે, (આકૃતિ) ત્યારે નીચેની ડિસ્ક ઉપરની ડિસ્ક તરફ આકર્ષિક થઈને તેની સાથે ચોંટી જાય છે અને તેની સાથે ઉપર તરફ ઊંચકાય છે આને આકર્ષિત ડિસ્કનો વિરોધાભાસી કહે છે.

b) પાણીના જેટ પર પીંગ-પોંગ બોલનું નૃત્ય

તે ખાલી હળવો ગોળાકાર બોલ છે. (પીંગ પોગ બોલ અથવા ટેનિસ બોલ) તેને ટ્યૂબના જેટ ધરાવતાં છેડા પરથી લંબરૂપે ઉપરની તરફ આવતા પાણીના પ્રવાહની ઉપર યોગ્ય રીતે મૂકવામાં આવે છે. તે આમ-તેમ તેનું નૃત્ય ચાલુ રાખે છે અને જમીન પર પડતો નથી. (આકૃતિ) જ્યારે બોલ ડાબી બાજુ ખસે છે ત્યારે મોટા ભાગનો પ્રવાહ જમણી બાજુએ પસાર થાય છે અને વધુ વેગવાળું ક્ષેત્ર બનાવે છે. ડાબી બાજુની સરખામણીએ જમણી બાજુ દબાણ ઓછું હોય છે. અને બોલ ફરીથી જેટના પ્રવાહના કેન્દ્ર તરફ ધક્કો લાગે છે.

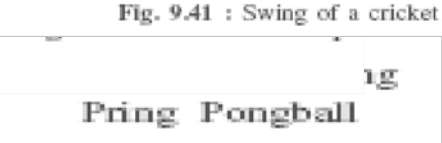
c) પાણીનો વેક્યુમ પંપ અથવા એસ્પિરેટર અથવા ફિલ્ટર પંપ :-

આકૃતિ ફિલ્ટર પંપ દર્શાવે છે કે યોગ્ય નીચા દબાણ ઉત્પન્ન કરવા વપરાય છે. ટ્યૂબના જેટ ધરાવતા સાંકડા છેડામાંથી નળ દ્વારા આવતું પાણી બહાર નીકળે છે. નોઝલના



...ઝલ ની આસપાસ ... ખાલી કરાવવામાં ... ણીના પ્રવાહ સાથે ... નેટ બાદ, પાત્રમાં ... દ્વારા ઘટે છે.

Fig. 9.41 : Swing of a cricket ball



...પિનિંગ બોલ નાંખે છે, ત્યારે તે હવામાં વક્રાકાર માર્ગ પર ગતિ કરે છે. આને બોલનું ...થી જોઈ શકાય કે જ્યારે બોલ આગળની દિશામાં ગતિ કરે છે ત્યારે બોલ દ્વારા છોડાયેલા જગ્યા હવા વેગથી ધારણ કરે છે. જ્યારે બોલ સ્પિન થાય છે ત્યારે તેની આસપાસ રહેલું હવાનું સ્તર પણ બોલની સાથે વેગથી ગતિ કરે છે તેથી બોલની ઉપર હવાનો વેગ થાય છે અને બોલની નીચે હવાનો વેગ થાય છે તેતી બોલની ઉપર અને નીચેના દબાણના

તફાવતને કારણે બોલ વક્રાકાર માર્ગ પર ગતિ કરે છે.

ઉદાહરણ 9.3 -

વિશાળ ટાંકીના તળિયાની દિવાલમાં રહેલ નાના છિદ્ર દ્વારા પાણી બહાર વહે છે.

જ્યારે ટાંકીમાં પાણીના સ્તરની ઊંચાઈ થાય ત્યારે ની ઝડપ કેટલી હશે ?

ઉકેલ :-

ધારો કે, તળિયા પાસેનું છિદ્ર છે. સપાટી બિંદુ થી છિદ્ર સુધી પાણીના વહન માટેની એક વહન નળીની કલ્પના કરો. આપણે બિંદુઓ અને માટે નાના દળ ના ધારારેખી વહન માટે બર્નોલીના સિદ્ધાંત લાગુ પાડી શકીએ.

પર કુલ ઊર્જા = પર કુલ ઊર્જા

પર, વાતાવરણીય દબાણ, જમીનથી ઊંચાઈ

ર, જમીનથી છિદ્રની ઊંચાઈ

ધારો કે, પાત્રમાં પાણીના સ્તરની ઊંચાઈ

અને પાણીની ઘનતા

બર્નોલીના સિદ્ધાંત પરથી અને મૂલ્યો સમીકરણમાં મૂક્તાં,

અથવા

પ્રશ્નો 9.5 :-

1. ઘણી વાર વાવાઝોડાને કારણે ઘરના ટીનનાં બનેલાં છાપરાં ઊડી જાય છે. શું બર્નોલીનું સમીકરણ આ ઘટના સમજાવી શકે ?

2. જ્યારે તમે છોડને પાણી નાંખતાં સમયેપાણીની નળીના મુખને દબાવો ત્યારે પાણી લાંબા અંતરે જાય છે શા માટે ?

3. વહેતાં પ્રવાહીની મુશ્કેલીઓ દૂર કરવા માટેની બર્નોલીના સિદ્ધાંતની ઉપયોગિતાઓ માટેની જરૂરી શરતો કઈ છે ?

4. અનિયમિત આડછેદ ધરાવતી સમક્ષિતિજ નળીમાંથી પાણીનું વહન થાય છે. જ્યારે વેગ છે ત્યારે પારાનું દબાણ છે. જ્યારે વેગ હોય ત્યારે તે બિંદુ પર દબાણ શોધો.

5. ક્રિકેટની રતમમાં બોલર બોલની માત્ર એક જ બાજુ કેમ ચમકાવે છે ?

તમે જે શીખ્યા

- ઘનતા ધરાવતા પ્રવાહીની મુક્ત સપાટીથી ઊંડાઈએ હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ આ મુજબ આપી શકાય.
- તરલમાં મૂકેલ પદાર્થ પર ઊર્ધ્વ દિશામાં લાગતાં બળને ઉત્પ્લાવક બળ કહે છે.
- પાસ્કલના નિયમ મુજબ, કોઈ પણ બંધ પાત્રમાં અદબનીય હોય તેવા પ્રવાહીના કોઈ પણ એક બિંદુએ બહારથી દબાણ આપવામાં વે, તો તે દબાણ પ્રવાહીના પ્રત્યેક ભાગમાં એકસરખી રીતે પ્રસરે છે અને તે પાત્રની દરેક સપાટી પર લંબ દિશામાં લાગે છે.
- પ્રવાહીની સપાટી પર રહેલાં પ્રવાહીના અણુઓ સ્થિતિ ઊર્જા ધરાવે છે, તેને પૃષ્ઠઊર્જા કહે છે.
- સપાટી પરની કાલ્પનિક રેખા પર એકમ લંબાઈ દીઠ લાગતાં બળને પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ કહે છે.
- તે મપાય છે.
- કોઈ પણ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ પ્રવાહીની સપાટીનો મહત્ત્વ પૂર્ણ ગુણધર્મ છે.
- તે ખેંચેલ મેમ્બ્રેનની જેમ વર્તે છે.
- સંપર્કકોણ એ પ્રવાહીની સપાટીના સ્પર્શક અને પાત્રની દિવાલ વચ્ચે સંપર્ક બિંદુ પાસે બનતો ખૂણો છે તે પ્રવાહીની અંદર મપાય છે.
- કેશનળીમાં પ્રવાહીની સપાટી અંતર્ગોળ કે બહિર્ગોળ હોય છે આ વક્રાકાર પૃષ્ઠતાણને કારણે હોય છે.

- કેશનળીમાં થતો વધારો આ મુજબ આપી શકાય :
- પ્રવાહીની સપાટીની અંતર્ગોળ બાજુએ વધારાનું દબાણ આ મુજબ આપી શકાય :

જ્યાં એ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ છે.

પ્રવાહીમાં રહેલ હવાના પરપોટા માટે અને

જ્યાં એ સાબુના દ્રાવણનું પૃષ્ઠતાણ છે.

હવામાં રહેલ સાબુના દ્રાવણના પરપોટા માટે

- કપડાં માટે ડિટરજન્ટ વધુ સારા સફાઈ કર્તા છે. કારણ કે, તે પાણી ઓઈલનું પૃષ્ઠતાણ ઘટાડે છે.
- તરલના ક્રમિક સ્તરો વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિને અવરોધતો તરલનો ગુણધર્મ તેની શ્યાનતા તરીકે ઓળખાય છે.
- જ્યારે પ્રવાહીનો વેગ ક્રિટિકલ વેગ કરતાં વધી જાય ત્યારે વહન પ્રક્ષુબ્ધ બને છે. ક્રિટિકલ વેગ પ્રવાહીની પ્રકૃતિ અને ટ્યૂબના વ્યાસ પર આધારિત છે. (અને)
- એકમ વેગ પ્રચલનના ક્ષેત્રમાં ગતિ કરતાં પ્રવાહીના એકમ ક્ષેત્રફળ ધરાવતાં એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલ બહે અનુક્રમિક સ્તરો વચ્ચે લાગતા સ્પર્શક એવા પાછળની દિશામાંના શ્યાનતા બળના મૂલ્યને શ્યાનતા ગુણાંક કહે છે.
- સ્ટફિસના નિયમ અનુસાર શ્યાનતા ગુણાંક ધરાવતાં પ્રવાહીમાં પડતાં, ત્રિજ્યા તથા વેગ ધરાવતાં ગોળાકાર પદાર્થ પર લાગતું સ્પર્શક પાછળની દિશામાંનું શ્યાનતા બળ આ મુજબ આપી શકાય.
- બર્નોલીના સિદ્ધાંત અનુસાર, સ્થાયી વહન દર્શાવતા અદબનીય પ્રવાહીના દળના તત્ત્વની કુલ ઊર્જા ગતિ દરમ્યાન અચળ રહે છે.
- ગાણિતિક રીતે,

વહનનળીના કોઈ પણ બે બિંદુઓ અને માટે બર્નોલીનું સમીકરણ લાગુ પાડતાં,

પાઠયાંત પ્રશ્નો

1. પ્રવાહી સ્તંભને કારણે લાગતા હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણનું સૂત્ર તારવો.
2. પાસ્કલનો નિયમ જણાવો. હાઈડ્રોલિક પ્રેસની કાર્ય પદ્ધતિ સમજાવો.
3. પૃષ્ઠતાણને વ્યાખ્યાયિત કરો. તેનું પારિમાણિક સૂત્ર શોધો.
4. પ્રવાહીની સપાટીઓ ખેંચાયેલ મેમ્બ્રેનના જેવી વર્તણૂંક દર્શાવે છે દર્શાવતો પ્રયોગ સમજાવો.

5. ઊંડાઈ સુધી પ્રવાહીથી ભરેલ પાત્રમાં હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ છે. આ જ પાતની ઊંડાઈએ બાજુની દીવાલ પરના છિદ્ર પર કેટલું હાઈડ્રોસ્ટેટિક દબાણ હશે ?

6. હાઈડ્રોલિક લિફ્ટમાં દળ ધરાવતા ભારે પથ્થરને ઊંચકવા માટે કેટલું વજન જોઈએ ? બે પિસ્ટનના આડછેદના ક્ષેત્રફળોનો ગુણોત્તર છે. શું આઉટપુટ કાર્ય ઈનપુટ કરતાં વધુ છે ? સમજાવો.

7. પ્રવાહીથી ભરેલ એક કેશનળી બહિર્ગોળ સપાટી ધરાવે છે. જો આસક્તિ બળ, સંસક્તિ બળ અને સંપર્કકોણ હોય, તો નીચેનામાંથી કયો સંબંધ સારો છે ?

8. પાણીનું વિશાળ ટીપું બનાવવા સમાન ત્રિજ્યા ધરવતા પાણીના ટીપાં જરૂરી છે. પાણીના ટીપાંના તાપમાન પર શું અસર થશે કેમ ?

9. કેશાકર્ષણ એટલે શું ? કેશનળીમાં પ્રવાહીના ઊંચે ચડવા અને નીચે ઉતરવા માટે કયા પરિબળો જવાબદાર છે ?

10. લંબાઈ અને ત્રિજ્યા ધરાવતી કેશનળીમાં ઘનતા ધરાવતા પ્રવાહીનો થતો વધારો ગણો.

કેશનળીમાં રહેલ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ છે.

11. પાણના પરપોટાની સરખામણીએ સાબુના પાણીના પરપોટા હવામાં ફૂંકવા શા માટે સરળ છે ?

12. તેલવાળા કપડાંની સફાઈ માટે સાબુના સ્થાને ડિટરજન્ટ કેમ વપરાય છે ?

13. બે એકસમાન ગોળાકાર ફુગ્ગાને હવા દ્વારા અલગ પરિમાણના બનાવેલ છે અને સાંકડી નળીની મદદથી જોડેલ છે તમારા મતે, નીચેનામાંથી કયું અવલોકન સાચું છે ?

(i) જ્યાં સુધી નાના ફુગ્ગામાં હવા હશે ત્યાં સુધી બધી હવા મોટા ફુગ્ગા તરફ ઘસતી જશે.

(ii) જ્યાં સુધી બંન્ને ફુગ્ગાના પરિમાણ સરખાં ન થાય ત્યાં સુધી મોટા ફુગ્ગાની હવા નાના ફુગ્ગામાં ઘસશે.

14. જો ફુગ્ગાઓના સ્થાને અલગ પરિમાણના બે સાબુના પરપોટા લેવામાં આવે, તો તમારો જવાબ શું હશે ?

15. સ્તરીય વહન અને પ્રક્ષુબ્ધ વહન વચ્ચેનો તફાવત જણાવો. ક્રિટિકલ વેગને વ્યાખ્યાયિત કરો.

16. કઈ પ્રક્રિયામાં વધુ દબાણ સંકળાયેલ છે ? ત્રિજ્યા ધરાવતાં હવાના પરપોટાને સાબુના દ્રાવણમાં ફુલાવવામાં કે હવામાં સાબુનો પરપોટો બનાવવામાં શા માટે ?

17. શ્યાનતા અને શ્યાનતા ગુણાંકને વ્યાખ્યાયિત કરો. શ્યાનતા ગુણાંકના એકમ અને પારિમાણિક સૂત્ર મેળવો.

કોણ વધુ શ્યાનતા ધરાવે છે. પાણી કે ગ્લિસરીન ?

18. રેનોલ્ડ અંક એટલે શું ? તેનું મહત્ત્વ શું છે ?

19. બર્નોલીનો સિદ્ધાંત જણાવો. વિમાનના ભાગની રચનામાં તેની ઉપયોગિતા સમજાવો.

20. કારણ સમજાવો.

(i) સ્પિનિંગ ટેનિસ બોલ વક્રાકાર માર્ગ પર ગતિ કરે છે.

(ii) પિંગ પોંગ બોલ પાણીના જેટ પર કોઈ પણ બાજુએ પડ્યા વિના નૃત્ય કરે છે.

(iii) પાણીની નળીના છિદ્રને દબાતવાં તે નાનું બને છે ત્યારે વહનનો વેગ વધે છે.

(iv) શ્યાન તરલમાં પડતો નાનો ગોળાકાર બોલ થોડા સમયમાં અચળ વેગ ધારણ કરે છે.

(v) જો સપાટ કાચની થાળી પર પારો રેડવામાં આવે, તે નાના ગોળાકાર ટીપાં સ્વરૂપે વિખેરાઈ જાય છે.

21. શ્યાનતા અને ઘનતા ધરાવતા પ્રવાહીમાં બનતા વ્યાસના હવાના પરપોટાનો ટર્મિનલ વેગ ગણો. પાણીમાં બનતા આવા જ પરપોટાનો ટર્મિનલ વેગ કેટલો હશે ?

પાણી માટે,

22. પાણીનું વહન કરતી વ્યાસ ધરાવતી નળી વ્યાસ જેટલું દાબ ધરાવે છે.

જો નળીમાં વેગ હોય, તો ગણો.

(i) દાબમાં વેગ અને

(ii) સ્રાવદર ઘન મીટર/સેકંડમાં

23.(i) ત્રિજ્યા ધરાવતો સ્ટીલ બોલ ગ્લિસરીનની ટાંકીમાં પડતો હોય તો જે ક્ષણે તેનો પ્રવેગ મુક્ત પતન પામતાં પદાર્થના પ્રવેગ કરતાં અડધો થાય ત્યારે તેનો વેગ કેટલો હશે ?

(ii) બોલનો ટર્મિનલ વેગ કેટલો હશે ? સ્ટીલ અને ગ્લિસરીનની ઘનતા અનુક્રમે અને ગ્લિસરીનની શ્યાનતા છે.

24. વ્યાસ ધરાવતી પાઈપ (નળીમાં) ની ઝડપથી એ પાણીનું વહન થાય છે.

(i) રેનોલ્ડ અંક કેટલો હશે ?

(ii) વહનની પ્રકૃતિ કેવી હશે ?

એ પાણીની શ્યાનતા = એ પાણીની શ્યાનતા

25. આધુનિક વિમાન જેટલા પંખ ક્ષેત્રફળને ઉંચકી શકે છે.

ધારો કે, વિમાનના પંખ પરથી હવાનું વહન ધારારેખી છે. જો પંખની નીચેની સપાટીથી પસાર થતી હવાનો વેગ હોય, તો ને ઊંચકવા માટે ઉપરની સપાટી પરથી પસાર થતી હવાનો વેગ કેટલો હોવો જોઈએ ?

હવાની ઘનતા

26. બદલાતા આડછેદ ધરાવતી પાઈપ (નળી) માં સમક્ષિતિજ દિશામાં પાણીનું વહન થાય છે. જે બિંદુએ વહનનો વેગ તે બિંદુએ જો પાણીનું દબાણ દ્વારા જેટલું હોય, તો જે બિંદુએ વહનનો વેગ હોય, તે બિંદુએ દબાણ કેટલું હશે ?

(પાણીની ઘનતા)

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

9.1

1. કારણ કે ત્યારબાદ, વ્યક્તિનું વજન મોટા ક્ષેત્રફળ પર લાગતું હોવાથી બરફનું દબાણ ઘટે છે.

2.

3. છોકરાના વજન દ્વારા લાગતું દબાણ

   હાથીના વજન દ્વારા લાગતું દબાણ

   છોકરો હાથીને સમતોલી શકે છે.

4. કારણ કે, સળિયાના મોટા ક્ષેત્રફળને કારણએ ત્વચા/ચામડી પર લાગતું દબાણ ઓછું હોય છે.

5.

9.2

1. સમાન પદાર્થના અણુઓ વચ્ચે લાગતાં આકર્ષણ બળને સંસક્તિ બળ અને અલગ અલગ પદાર્થના અણુઓ વચ્ચે લાગતાં આકર્ષણ બળને આસક્તિ બળ કહે છે.

2. પૃષ્ઠતાણને કારણે પૃષ્ઠફળ (સપાટીનું ક્ષેત્રફળ) ન્યૂનત્તમ બને છે અને આપેલ કદ માટે, ગોળો ન્યૂનત્તમ પૃષ્ઠફળ ધરાવે છે.

3. ના, તેઓ સમજડતાથી જકડાયેલ અણુઓ ધરાવે છે.

4. પૃષ્ઠતાણને કારણે લાગતાં બળોને કારણે

5. પાણીમાંના હવાના પરપોટા માટે,

   હવામાંના સાબુના પાણીના પરપોટા માટે,

9.3

1. ના

2. હા, પ્રવાહી વધશે.

3. પારો બહિર્ગોળ સપાટી ધરાવે છે અને સંપર્ક કોણ ગુરૂકોણ છે કેશનળીમાં પારાનું ઘટતું સ્તર તેના પ્રવેશવાનું કાર્ય મુશ્કેલ બનાવે છે.

4.

5. કેશાકર્ષણને કારણે

9.4

1. જો માર્ગના આપેલ બિંદુ પરથી પસાર થતો દરેક કણ, પહેલાના કણની જેમ વહનની સમાન રેખા પર ગતિ કરતો હોય, તો વહન ધારારેખી કહેવાય. જો તે અનિયમિત હોય, તો પ્રક્ષુબ્ધ વહન કહેવાય.

2. ના, નહિંતર સમાન વહન બે દિશાઓ ધરાવે.

3. ક્રિટિકલ વેગનો આધારે પ્રવાહીની શ્યાનતા પ્રકૃતિ, ટ્યૂબનો વ્યાસ અને પ્રવાહીની ઘનતા પર રહેલો છે.

4.

5. શ્યાનતા બળને કારણે

9.5

1. હવાનો ઊંચો વેગ ઉપરના ભાગ ઓછા દબાણનું ક્ષેત્ર રચે છે.

2. ક્ષેત્રફળમાં ઘટાડો વધુ દબાણનું ક્ષેત્ર બનાવે છે.

3. તરલ અદબનીય અને શ્યાનતા વિહીન (અથવા ખૂબ ઓછી) હોવું જોઈએ. ગતિ ધારારેખી હોવી જોઈએ.

4.

5. જેથી બે સપાટીઓ ધરાવતી ધારારેખાઓ અલગ છે બોલની સ્વિંગમાં વધારો થાય છે.

6.

12

ઉષ્મા પ્રસરણ અને સૌર ઉર્જા

અગાઉના પ્રકરણમાં તમે ઉષ્મા ગતિશાસ્ત્રના નિયમોનો એભ્યાસ કર્યો. ઉષ્મા ગતિશાસ્ત્રીય તંત્રમાં ઉર્જાના પ્રવાહ અને તેની દિશા આ નિયમના આધારે નક્કી થાય છે.આ પ્રકરણમાં ઉષ્મા પ્રસરણની પ્રક્રિયાનો અભ્યાસ કરશો. ગ્રહરૂપી આપણી પૃથ્વી પરની જીવસૃષ્ટિએ સૂર્યમાંથી મળતી ઉર્જાને આભારી છે. સૂર્યમાંથી ઉદ્‌ભાવતી વિકરિણ રૂપી ઉર્જા પૃથ્વી પર પહોંચતા પહેલાં શૂન્યાવકાશ તથા દ્રવ્ય-માધ્યમાંથી પસાર થાય છે. શું આપ જાણો છો કે દરેક વ્યક્તિ ૭૦ વોટ ના દરથી ઉર્જાનું વિકિરણ કરે છે. ઉત્સજીવ કરે છે. અહીં આપણે વિકિરણનો વિગતે અભ્યાસ કરીશું. આ અભ્યાસ થકી આપણે આપણાથી ખૂબજ દૂર રહેલા તારાઓના તાપમાન નક્કી કરવાની પ્રક્રિયા જાણી શકીશું.

ઉષ્મા પ્રસરણની બીજી પ્રક્રિયા છે. વહન, ઉષ્માના વહન માટે દ્રવ્ય માધ્યમની જરૂરીયાત છે. આ પ્રક્રિયા સમજવા એક દૃષ્ટાંત સમજીએ. જ્યારે ધાતુના સળીયાને એક છેડાએથી ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે થોડાક સમયબાદ તેનો બીજો છેડો પણ ગરમ થાય છે. આજ કારણના લીધે કેટલાક સાધનો, ઓજાર, ઉપકરણો વગેરેને ઉષ્માના અવાહક એવા લાકડાના હાથા લગાડવામાં આવે છે. આપણા ઘરની બહારની દિવાલો ઉપર પડતી ઉષ્મા ઉર્જા આપણા ઘરની અંદર ઉષ્મા વહનના લાધે જ દાખલ થાય છે. ઉષ્મા વિનિયમનું એક બીજું ઉદાહરણ સમજીએ. જ્યારે ધાતુના વાસણમાં પાણી ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે, તળીયે પાસે રહેલા પાણીના અણુઓ પહેલાં ગરમ થાય છે. ગરમ થયેલા આ અણુઓ ઉષ્મા ઉર્જા સાથે પાણીની ઉપરની સપાટી તરફ જાય છે અને ધીમે ધીમે પ્રસરણ આ રીતે સમગ્ર પાણી ગરમ થાય છે. ઉષ્માની આ પદ્ધતિને ઉષ્મા જમીન કહે છે. આ પ્રકારની પ્રક્રિયાઓ કેટલીક કુદરતી ઘટનાઓ માટે જવાબદારછે, જેવી કે ચોમાસું, આ એકમમાં તમે ઉષ્મા વિનિમયનો વધુ અભ્યાસ કરશો.

Notes

ઉદ્દેશ્યો

આ પ્રકરણના અભ્યાસના અંતે :

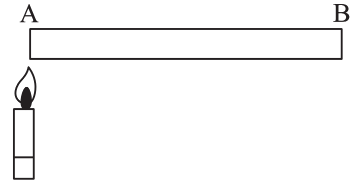
- તમે ઉષ્માવહન, ઉષ્મા જાળ અને ઉષ્માનો તફાવત સમજી શકશો,
- તમે ઉષ્મા વાહકના અચળાંકને વ્યાખ્યિત કરી શકશો,
- તમે તંત્ર - વસ્તુની વિકિરણ ક્ષમતા અને શોષણ ક્ષમતાની વ્યાખ્યા આપી શકશો,
- તમે ગ્રીન હાઉસ અસર અને તેના પૃથ્વની સજીવ સૃષ્ટિના પરિણામોનું વર્ણન કરી શકશો,
- તમે કાળા પદાર્તના વિકિરણના નિયમોનો ઉપયોગ જાણી શકશો.

12.1 ઉષ્મા પ્રસરણની પદ્ધતિઓ

અગાઉના પ્રકરણમાં તમે ઉષ્માગતિ શાસ્ત્રના નિયમોનો અભ્યાસ કર્યો. બીજા નિયમની પૂર્વધારણા અનુસાર તત્કાલન વહનની દિશા એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા વધુ તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફથી નીચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફ હોય છે. બંને પદાર્થોના તાપમાન સમાન થાય ત્યાં સુધી ઉષ્મા પ્રસરણની પ્રક્રિયા ચાલે છે. તમનેયાદ હશે કે ગતિશાસ્ત્રના સિદ્ધાંત મુજબ, વાયુનું તાપમાન તેની ગતિઉર્જા સામે સંકળાયેલું છે. તેનો અર્થ એણ થાય કે જુદાં જુદાં તાપમાને રહેલા વાયુના અણુઓ જુદી જુદી ગતિઉર્જાનું કંઈક સરેરાશ મૂલ્યો ધરાવતા હોય છે. ઉષ્મા પ્રસરણ માટેની જુદી જુદી ગણ પદ્ધતિઓ છે. (૧) ઉષ્મા વહન (૨) ઉષ્માનયન (૩) ઉષ્મા વિકિરણ.

ઉષ્માવહન અને ુષ્માનયની પ્રક્રિયામાં પરમાણું કે અણુની ગતિ દ્વારા ઉષ્માનું પ્રસરણ થાય છે. ચાલો આપણે સમજીએ આવું કેવી રીતે થાય છે.

ઘન પદાર્થોમાં સામાન્ય રીતે ઉષ્માનું પ્રસરણ ઉષ્માવહન દ્વારા થાયછે. આપણે જાણીએ છીએ કે, ઘન પદાર્થોમાં પરમાણુઓ એકબીજા સાથે મજબૂતાઈથી જકડાયેલા હોય છે. જ્યારે ઘન પદાર્થને ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે તેઓ પોતાનું સ્થઆન જાળવી રાખીને તેમના મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ દોલનો કરે છે. ચાલો આપણે સમજીએ ક, ધાતુના સળીયાનો એક છેડો, આકૃતિ 12.1 માં બતાવ્યા મુજબ ગરમ કરવામાં આવે તો આ પરમાણુઓની ગતિનું શું થાય છે. જ્યારે છેડો A ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે A છેડે રહેલા પરમાણુંઓ ગરમ થાય છે અને તેમની ગતિઉર્જામાં વધારો થાય છે તેમના દોસનોનો કંપવિસ્તાર વહે છે. પરિણામે, ગતિઉર્જામાં થતાં વધારની અસર બાજુમાં જ રહેલા અન્ય કણો કે પરમાણુઓને પહોંચે છે. જેના લીધે પડોશી પરમાણુઓનો કંપવિસ્તાર વધે છે. અને પડોશી પરમાણુની ગતિઉર્જા વધે છે. આમ, પડોશી પરમાણુંઓને ગતિઉર્જા પહોંચાડવાની પ્રક્ર્યા આગળ વધે છે અને છેડો B પણ ગરમ થાય છે. આમ A છેડો ગરમ કરતાં થોડા સમય પછી B છેડો પણ આપોઆપ ગરમ થાય છે. કારણ કે A છેડાને મળતી ઉર્જાનું વહન B છેડા સુધી થાય છે. કારણકે ગતિઉર્જા તાપમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. આમ, પરમાણુથી પરમાણું દ્વારા ઉષ્માનું થતું પ્રસરણ એ ઉષ્માવહન છે. આ પ્રક્રિયામાં, પરમાણુઓનું સ્થાનાંતર થતું નથી પણ માત્ર તેઓ મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ દોલનો કરે છે અને એકબીજાને ઉર્જા પહોંચાડે છે.

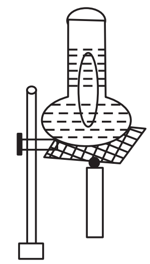


આકૃતિ 12.1 : ધાતુના સળિયામાં ઉષ્મા પ્રસરણ

ઉષ્માનયની પ્રક્રિયામાં, પ્રવાહીના અણુઓ ઉષ્મા મેળવે છે અને ઉપરની તરફ સ્થાનાંતર કરે છે. આને નિહાળવા માટે, ફ્લારકમાં થોડું પાણી લો અનેતેના તળીયે પોટેશીયમ પરમેંગેનેટ ($KMnO_4$) ના થોડાક દાણાં નાખો. ફ્લાસ્કના તળીયે બન્સન બર્નરની જ્યોત રાખો. તળીયાની નજીક રહેલા પાણી ગરમ થશે તેમ તે વિસ્તરણ

પામશે. પાણીની ઘનતા ઘટશે અને બ્યુયન્ટ બળના કારણે પાણી ઉપર તરફ અસશે. ગરમ પાણી ઉપર ખસતાં તેની જગ્યા ઠંડુ પાણી કે જેની ઘનતા ઓછી છે તે લેશે નીચે તરફ આવશે. આકૃતિમાં નીરની નિશાની દ્વારા ઠંડા-ગરમ પાણીનું સ્થળાંતર દર્શાવ્યું છે.

આમ, ગરમ પાણીનો ઉપર તરફ અને ઠંડા પાણીનો નીચે તરફ ઉષ્માનયન પ્રવાહ રચાય છે અને પરિણામે,, ફ્લાસ્કનું પાણી ગરમ થશે. $KMnO_4$ ના લીધે પાણીના થતાં લાલ રંગના લીધે ઉષ્માનયન પ્રવાહ જોઈ શકાય છે.



આકૃતિ 12.2 : જ્યારે પાણીને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે ઉષ્માનયન પ્રવાહ રચાય છે.

ઉષ્મા વિકિરણ માં તરંગો દ્વારા ઉર્જાનું વહન થાયછે. આગળનાવિભાગમાં તમે આ તરંગોની લાક્ષમઈકતા વિષે ભણશો. આ પ્રકારના તરંગો શૂન્યાવકાશમાંથી પસાર થઈ શકે છે અને તેમના પ્રસારણ માટે કોઈ દ્રવ્યા માધ્યમની હાજરીની જરૂરીયાત નથી. સૂર્યમાંથી આપણને મળતી ઉર્જા મોટાભાગે ઉષ્મા વિકિરણથી મળે છે.

આ પ્રક્રિયાઓનો એક પછી એક આપણે વિગતે અભ્યાસ કરીશું.

12.1.1 વહન

આકૃતિ 12.3 માં બતાવ્યા મુજબ, જેના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ **A** હોય તથા જાડાઈ d હોય તેવા લંબચોરસ ચોસલાનો વિચાર કરો. તેના સામસામેના છેડાઓના તપામાન T_h અને T_c છે. અહીં $(< T_h)$ છે.

અહીં એક છેડેથી બીજા છેડે ઉષ્માનું થતું પ્રસરણ જુદા જુદા પરિબળો પર આધારીત છે તે જોઈએ. સાહજીક રીતે આપણી અનુભવી શકીએ છીએ કે, જેમ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ A મોટુ તેમ ઉષ્મા પ્રસરણ વધારે, (અર્થાત્ $Q \alpha 1/d$) જેમ તાપમાન તફાવત (તાપમાન - પ્રચલન) $(T_h - T_c)$ નું મૂલ્ય વધારે તેમ ઉષ્માપ્રસરણ વધારે અને જેમ ઉજા પ્રસરણ માટેનો સમય t વધારે તેમ પ્રસરણ નામની ઉષ્મા Q નું મૂલ્ય વધારે.

ઉપરોક્ત ચર્ચા પરથી, ત્રાસિતીક રીતે આપણે લખી રાખીએ કે,

$$Q \ \alpha \ \frac{A(T_h - T_c).t}{d}$$

$$Q = \qquad (12.1)$$

અહીં K એક અચળાંક છે અને તે ચોસલાના દ્રવ્યના પ્રકાર પર આધારીત છે. તેને તે દ્રવ્યનો ઉષ્મીયવાહકના અંક કે ઉષ્મીય વાહતા. ઉષ્માવહકતાની વ્યાખ્યા નીચે મુજબ આપી શકાય.

સમી. 12.5 તાપમાન પ્રચલન $(T_h - T_C) = 1K$, $A = 1$ મીટર, $t = 1$ સેકન્ડ તો $K = Q$ થાય, આમ, "એકમ જડાઈ ધરાવતા પદાર્થના એકમ આડછેદ દીઠ, એકમ તાપમાન - પ્રચલન ધરાવતા સમતલમાંથી એકમ સમયમાં પસાર થતાં ઉષ્માના જથ્થાને તે પદાર્થની ઉષ્માવાહકતા કહે છે." ઉષ્મા વાહકતાનો SI એકમ $W m^{-1} k^{-1}$ છે. કેટલાક દ્રવ્યો માટે K ની કિંમત કોષ્ટક 12.1 માં દર્શાવી છે.

આકૃતિ 12.3 : જ્યારે સામસામા છેડાના T_h અને T_c સપાટીના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ A અને જાડાઈ d હોય તેવા ચોસલામાં થતુ ઉષ્મા વહન.

ઉદાહરણ : એક ઘનાકાર થર્મોકોલનું બોક્સ બરફથી ચિક્કાર ભરેલું

Notes

છું, જેની બાજુઓ 30 cm અને જાડાઈ 5.0 cm છે. જો બહારનું તાપમાન 45°C હોય તો 6 કલાકમાં પીગળતા બરફના જથ્થાનું માપ શોધો. (થર્મોકોલ માટે $K = 0.01\ J\ s^{-1}\ m^{-1}\ °C^{-1}$ તથા બરફની ઉષ્માગલન ઉર્જા $335\ J\ g^{-1}$ છે.

ઉપાય: બોક્સની એક સપાટીમાંથી બોક્સની અંદર દાખલ થતી ઉષ્માના જથ્થાનું મૂલ્ય સમી. (12.1) પરથી મેળવી શકાય :

$$Q =$$

$$= (0.01\ J\ s^{-1}\ m^{-1}°C^{-1}) \times (900 \times 10^{-4}\ m^2) \times (45°C) \times (6 \times 60 \times 60\ s) / (5 \times 10^{-2}\ m)$$

$$= 10496\ J$$

આ બોક્સને છ બાજુઓ હોવાથી, બોક્સમાં દાખલ થતી કુલ ઉર્જા

$$Q = 10496 \times 6\ J$$

પીગળતા બરફના જથ્થાનું દળ મેળવવા માટે Q ને L વડે ભાગતાં :

$$m = Q/L$$

$$=$$

$$= 313 \times 6\ g = 1878\ g$$

$KA(\theta_h - T_c)t$ $10496J \times 6$ / $335\ Jg^{-1}$

Table 12.1 : Thermal Conductivity of some materials

દ્રવ્ય	ઉષ્મ વાહકતા ($Wm^{-1}K^{-1}$)
તાંબુ	400
એલ્યુમિનિયમ	240
કોન્ક્રીટ	1.2
કાચ	0.8
પાણી	0.60
અબરખ	0.20
હવા	0.025
થર્મોકોલ	0.01

આપણે કોષ્ટક 12.1 પરથી જોઈ શકીએ છીએ કે તાંબા અને એલ્યુમિનિયમ જેવી ધાતુઓ ઉંચી વાહકતા ધરાવે છે. અર્થાત્ તાંબામાં ઉષ્માનું વહન એલ્યુમિનિયમ કરતાં વધારે સરળતાથી થઈ શકે છે. આ જ કારણે રસોઈના વાસણો અને ગરમ કરવા માટેના વાસણો તાંબાના બનાવવામાં આવે છે. બીજુ બાજુ, હવા અને થર્મોકોલ ઘણી ઓછી ઉષ્માવાહકતા ધરાવે છે. જે પદાર્થો માટે K નું મૂલ્ય ખૂબ નીચું હોય તેવા પદાર્થોને ઉષ્મીય અવાહકો કહે છે. શિયાળામાં આપણે ઉનની બનાવટના વસ્રો પહેરીએ છીએ. કારણકે ઉનના તાંતણાઓમાં ભરાયેલી હવા આપણા શરીરમાંથી ઓછી ઉષ્માનો વ્યય થવા દે છે. ઉન એ ઉષ્માનું સારું અવાહક છે. કારણકે તેના તાંતણાઓમાં હવા ભરાઈ જાય છે. અહીં ભરાતી ઉષ્મા આપણને ગરમીનો અહેસાસ કરાવે છે. એકબીજા ઉપર, ઉપરા ઉપરી પહેરેલા સુતરાઉ કપડાં (cotton cloths) માં હવા ભરાયેલી રહેલતાં ઠંડી અટકાવે છે. ઉનાળાની અંદર બરફને જલદીથી ખગળતો અટકાવવા માટે થર્મોકોલના આઈસ બોક્સમાં રાખવામાં આવે છે. ઘણી વખત શણની બનેલી કોથળીમાં બરફને વિંટાળવામાં આવે છે. કારણ શણની પણ ઉષ્મા વાહકતા ઓછી છે.

12.1.2 ઉષ્માનયન (convection)

આપણે સામાન્ય અનુભવ એવો છે કે ગરમીના દિવસોમાં તળાવ કે સમુહના કિનારે ચાલતાં આપણને ઠંડી લહેરોનો અનુભવ થાય છે. તમે જાણો છો કે આવું કેમ બને છે ? ચાલો આપણે જાણીએ.

તળાવ કે સમુદ્રની સપાટી ઉપરના પાણીના સતત બાષ્પીભવનને કારણે, પાણીનું તાપમાન નીચું જાય છે. આકૃતિ (Fig.12.4) માં દર્શાવ્યા મુજબ, કિનારે રહેલી ગરમ હવા ઉપર થાય છે, પરિણામે કિનારે હવાનું દબાણ નીચું બને છે અને આના કારણે પાણીની સપાટી પર રહેલી ઠંડી હવા કિનારા તરફ આવે છે, આ ઉષ્માવહન પ્રવાહની

ચોખ્ખી અસર એ છે કે કિનારેથી ઉષ્માનું સ્થળાંતર પાણી તરફ થાય છે. અહીં ઉષ્માના પ્રસરણનો દર ઘણા બધા પરિબળો પર આધારીત છે. ઉષ્માવહનની જેમ, ઉષ્મા નયન માટે કોઈ સરળ સમીકરણ નથી. તમે છતાં, ઉષ્માનયન દ્વારા પ્રસરણ પામતો ઉષ્માનો દર બંને સપાટીના તાપમાનના તફાવત (તાપમાન -પ્રચલન) અને તેમના ક્ષેત્રફળ પર આધારિત છે.

12.1.3 વિકિરણ

વિકિરણ એટલે પદાર્થની સપાટી પરથી સતત ઉત્સર્જાતી ઉર્જા. આ ઉર્જાને વિકરિણ ઉર્જા કહે છે અને તે વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો સ્વરૂપે હોય છે. આ તરંગો પ્રકાશના વેગ જેટલા વેગથી (3×10^8 ms^{-1}) થી ગતિ કરે છે અને તેઓ શૂન્યાવકાશ અને હવામાંથી પસાર થઈ શકે છે. ચળકતી સપાટી પરથી તેમનું પરાવર્તન થઈ શકે છે અને લેંસનો ઉપયોગ કરી તેને કેન્દ્રીટે પણ કરી શકાય છે. દરેક પદાર્થો પોતાના તાપમાનને અનુસાર જુદી જુદી તરંગ લંબાઈના વિકિરણોનું ઉત્સર્જન કરે છે. સૂર્ય, 6000 K તાપમાને, વર્ણપટના દૃશ્ય વિભાગના તરંગોને અનુરૂપ ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરે છે. પૃથ્વી, આદર્શ વિકિરણ તાપમાને, 295 K એ, વિદ્યુત ચુંબકીય વર્ણપટના પાર-રક્ત (ઉષ્મીય) વિસ્તારમાં ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરે છે. માનવ શરીર પણ પાર-રક્ત વિભાગમાં ઉત્સર્જન કરે છે.

ચાલો, આપણે એક સાદો પ્રોયગ કરીએ. ડાર્કરૂમમાં પ્લેટીનમનો એક વાયરનો ટુકડો લો. તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરો. તમે નોંધી શકશો કે તાર ગરમ થયો છે. ધીમે ધીમે તેમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહનું મૂલ્ય વધારો. થોડા સમય પછી, તારમાંથી ઉત્સર્જન થશે. હવે જ્યારે થોડેક વધારે વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરશો તો, તાર આછા લાલ રંગ સાથે ચમકશે. જે બતાવે છે કે માનવ આંખને અસર કરી શકે તેવા લાલ રંગના પૂરતી તીવ્રતાવાળા વિકિરણોનું ઉત્સર્જન કરે છે. આ ઘટના આશરે, 525°C તાપમાને બને છે. હવે જ્યારે વિદ્યુત પ્રવાહનું મૂલ્ય વધારીશું ત્યારે તારનું તાપમાન પણ ક્રમશઃ વધશે. હવે આશરે જ્યારે આ તાપમાન આશરે 900°C એ પહોંચશે ત્યારે આછા લાલ રંગને બદલે ચેરીલાલ રંગનું વિકિરણ ઉત્સર્જન પામશે. અને ક્રમશઃ 1100°C તાપમાને નારંગીથી પીળા રંગનું (તાપમાન આશરે 1250°C) નું ઉત્સર્જન થશે અને અંતે 1600°C તાપમાને તે સફેદ બનશે. આનો અર્થ તમે શું કાઢશો ? આ બતાવે છે કે તેજસ્વી પદાર્થ દ્વારા ઉત્સર્જના રંગપરથી તેનું તાપમાનનો અંદાજ નક્કી કરી શકાય છે. બીજું કે, તાપમાન વધવા સાથે, પૂરતી તિવ્રતાવામાં ટૂંકી તરંગ લંબાઈના તરંગોનું ઉત્સર્જન થાય છે. નારંગી, પીળો વગેરે કરતાં લાલ પ્રકાશની તરંગ લંબાઈ વધારે છે. આનાથી ઉલટા ક્રમનો વિચાર કરીએ તો, તમે એવી દલીલ કરી શકો કે 525°C થી ઓછા તાપમાને, તે લાલરંગની તરંગલંબાઈવાળા તરંગો કરતાં લાંબી તરંગ લંબાઈના તરંગોનું ઉત્સર્જન કરે કે જે માત્ર તેની ઉષ્મીય અસરથી નોંધી શકાય.

આકૃતિ 12.4 : ઉષ્માનયન પ્રવાહ કિનારે રહેલી ગરમ હવા ઉંચે ચડે છે અને ઠંડા પાણી તરફ જાય છે. ઉષ્માનયન પ્રવાહ પાણી તરફથી કિનારા તરફ ઠંડી હવાની લ્હેર દ્વારા અનુભવાય છે.

લાવો હવે તપાસીએ કે તમે ઉષ્માપ્રસરણની પ્રવૃત્તિઓ વિષે કેટલું શીખ્યા.

પ્રશ્નો 12.1

1. ઉષ્માવહન અને ઉષ્માનયનનો તફાવત લખો.
2. K ના એકમોની ચકાસણી કરો. $Js^{-1} m^{-1} °C^{-1}$.

3. શિયાળામાં માણસો તેમના શરીરને ઉનીવસ્ત્રોમાં વિંટાળતા હશે ?

4. 1 m^2 સપાટીનું ક્ષેત્રફળ અને 1 m જાડાઈ ધરાવતું ઉષ્માવહકતા અંક K વાળા દ્રવ્યનો સમઘન છે. બંને સામાસામા છેડાઓ વચ્ચે 1°C તાપમાનનો તફાવત (તાપમાન - પ્રચલન) છે. એક સેકન્ડમાં સપાટીમાંથી પસાર થતી ઉર્જાની ગણતરી કરો અને તે પરથી K ની આંખ્યિક વ્યાખ્યા આપો.

5. ઉનાળા દરમ્યાન, જમીન પ્રમાણમાં વધારે ગરમ થાય છે. પરંતુ, સમુદ્ર ઉપરની હવા વધારે ગરમ થતી નથી. સમુદ્ર લહેરો માટે આ જવાબદાર ગણી શકા, સમજાવો.

12.2 વિકિરણના નિયમો

કોઈ પણ તાપમાને, પદાર્થ દ્વારા ઉત્સર્જની વિકિરણ-ઉર્જા એ જુદી જુદી તંરગલંબાઈના તરંગોનું મિશ્રણ હોય છે. આ તંરગોમાંથી તીવ્રતમન રંગની તંરગ લંબાઈ ધારો કે તેમાં હશે. તાંબાના ટુકા માટે 400^0C તાપમાને તેની આશરે 5×10^{-4} cm અથવા 5 μm હશે. તરંગ લંબાઈના અમૂલ્ય કરતાં વધારે અથવા ઓછા મૂલ્યો માટે તીવ્રતામાં ઘટાડો થાય છે. જે આકૃતિ Fig. 12.5 પરથી સ્પષ્ટ છે.

દેખીતી રીતે, જે તે વક્ર આલેખ્ ને સમક્ષિતિજ અક્ષ વચ્ચેનું ક્ષેત્રફળ એ જે તે તાપમાને વિકિરણનો કુલ દર રજૂ કરે છે. આકૃતિ 12.5 માં રજૂ કરેલા વક્રો પરથી નીચૈના બે સત્યોની તમે ખરાઈ કરી શકશો.

1) જે તાપમાનોએ વિકિરણનો દર (કે જે વક્ર દ્વારા સમક્ષિતિજ અક્ષ સાથે ઘેરાતા ક્ષેત્રફળ વડે રજૂ થાય છે તે) તાપમાનના વધવા સાથે ખૂબજ ઝડપથી વધે છે.

2) દરેક વક્રને નિશ્ચિત મહત્તમ ઉર્જા અને અનુવર્તી તરંગ લંબાઈ λ_m હોય છે. λ_m એ તાપમાન વધવા સાથે ટૂંકી તરંગલંબાઈ તરફ સ્થળાંતર પામે છે.

આ બીજું સત્ય એ વેઈનના સ્થળાંતર નિયમથી રજૂ થઈ શકે છે. વિનનો નિયમ કહે છે કે પદાર્થનું તાપમાન વધારવામાં આવે તો $\boldsymbol{\lambda_m}$ ટૂંકી તરંગ લંબાઈ તરફ સ્થળાંતર પામે છે. આ નિયમ ચુસ્ત રીતે પાત્ર કાળા પદાર્થો માટે માન્ય છે. ગાણિતિક રીતે, આપણે કહી શકીએ કે, **T** તાપમાનને વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરતાં પદાર્થ માટે $\boldsymbol{\lambda_m}$ **T** ગુણાકાર અચળ રહે છે.:

$$\text{અર્થાત્, } \lambda_m T = \text{અચળ} \qquad (12.2)$$

સમી. (12.2) માં આપતા અચળાંકનું મૂલ્ય 2.884×10^{-3} mK છે. આ નિયમ, આપણને વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરતાં પદાર્થો, અવકાશમાં રહેલા પદાર્થો અહિતનું તાપમાન નક્કી કરવાની સરળરીત પૂરી પાડે છે. ચંદ્રના ઉત્સર્જન વર્ણપટ માટે λ_m = 14 પાસે પીક મળે છે. સમી. (12.2) નો ઉપયોગ કરતાં,

$$T = \frac{2884 \text{ micron K}}{14 \text{ micron}} = 206\text{K}$$

અર્થાત્, ચંદ્રની સપાટીનું તાપમાન 206K છે.

વિલકેમ વેઈન
(1864 – 1928)

વિલકેમ વેઈનએ પૂર્વ પ્રુસીઆના એક જમીનદાર પુત્ર હતા. જેને 1911 માં નોબલીનામ મળ્યું હતું. પ્રુસીઆમાં શાળાનું શિક્ષણ પૂર્ણ કર્યા બાદ, કોલેજ શિક્ષણ માટે તેઓ જર્મની ગયા હતા. બર્લિંગ યુનિવર્સિટી ખાતે તેમણે મહાન ભૌતિકશાસ્ત્રી હેલ્મહોલ્ટ્ઝના માર્ગદર્શન નીચે અભ્યાસ કરી 1886 માં ધાતુ સપાટીમાં પ્રકાશના વિવર્તન વિષય ઉપર તેમને ડૉક્ટરની પદવી મેળવી.

તેમની વ્યવસાયિક કારકીર્દી ખૂબજ જ્વલંત રહી તેઓ 1869 માં એઈક્ષ-તા-ચેપલ ખાતે ફિલીપ લીનર્ડના અનુગામી બની ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાધ્યાપક બન્યા. 1899 માં તેઓ Giessen University ખાતે ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાધ્યાપક બન્યા અને 1900 માં વુર્ઝ બર્ગખાતે ડબલ્યુસી રોન્જનના અનુગામી તથા તેમને 1902 માં, લુડવીગ બોલ્ટ્ઝમેનના અનુગામી તરીકે લિપઝીગ યુનિવસિટી ખાતે આમંત્રણ મળ્યું અને 1906 માં બર્લિન યુનિવર્સિટી ખાતે કુડના પુરોગામી તરીકે આમંત્રણ મળ્યું. પરંતુ, તેઓએ આ નિમંત્રણોનો અસ્વીકાર કર્યો. 1920 માં તેઓની નિમણૂંક ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાધ્યાપક તરીકે મુનિસ ખાતે થઈ અને તેઓ અંત સુધી ત્યાંજ રહ્યાં.

12.2.1 *ક્રિર્ચોફનો નિયમ*

આગળ નોંધ્યુ તેમ, દ્રવ્ય પર જ્યારે વિકિરણ આયાત થાય છે ત્યારે અંશતઃ પરાવર્તન, અંશતઃ શોષણ અને અંશતઃ પારગમન થાય છે. જો કોઈ નિશ્ચિત તરંગલંબાઈ λ *અને આપેલી સપાટી માટે* r_λ, a_λ *અને* t_λ *એ કુલ આપાત ઉર્જાના અંશ તરીકે, અનુક્રમે, પરાવર્તન પામતી ઉર્જા, શોષણ નામની ઉર્જા અને પારગમન પામની ઉર્જા. આપણે લખી શકીએ કે*

$$1 = r_\lambda + a_\lambda + t_\lambda \qquad (12.3)$$

આકૃતિ 12.5 : *કાળા પદાર્થ માટે જુદા જુદા તાપમાનોએ આવૃત્તિ સાથે તીવ્રતામાં થતો ફેરફાર*

પદાર્થ સંપૂર્ણ કાળો પદાર્થ ત્યારે જ કહેવાય કે જ્યારે $r_\lambda = t_\lambda = 0$ *અને* $a_\lambda = 1$ *થાય. અર્થાત્, સંપૂર્ણ કાળા પદાર્થ પર આપાત થતું વિકિરણ સંપૂર્ણ પણે શોષાઈ જશે. વ્યવહાર કે કુદરતમાં આવો સંપૂર્ણ કાળો પદાર્થ અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી. દિવાની પેરા એ વધુમાં વધઉ કાળા પદાર્થ થાય. તે આશારે 96% દશ્યપ્રકાશનું શોષણ કરે છે અને પ્લેટીનમ બ્લેક એ 98% શોષણ કરે છે. લાંબી તરંગ લંબાઈના પ્રકાશનું પારગમન શોધી શકાયું છે.*

સંપૂર્ણ કાળાપદાર્થથી વિરૂદ્ધ રીતે, સંપૂર્ણ શ્વેતપદાર્થની વ્યાખ્યા નીચે મુજબ આપી શકાય. જે પદાર્થ માટે $a_\lambda = 0$, $t_\lambda = 0$ *અને* $r_\lambda = 1$. *હોય તેવા પદાર્થને સંપૂર્ણ શ્વેતપદાર્થ કહે છે. સફેદ ચોકનો ટુકડો એ અંદાજીત રીતે સંપૂર્ણ શ્વેત પદાર્થ થાય. આનો અર્થ એ થયો કે સારા ઉત્સર્જકો એ સારા શોષકો પણ હોય. પરંતુ, દરેક પદાર્થ તેના સુધી પહોંચની વિકિકરણ ઉર્જાનું શોષણ કે પરાવર્તન કરે. તેથી આપણે કહી શકીએ કે, સારો શોષક એ ખરાબ પરાવર્તક હોય (અથવા સારો ઉત્સર્જક હોય)*

કાળાપદાર્થની બનાવટ

પ્રાયોકિ હેતુઓ માટે, સંપૂર્ણકાળા પદાર્થની રચના કરવામાં કિર્‌ઓફના નિયમનો ઉપયોગ થાય છે. અચળ તાપમાને રહેલા તથા λ *અને* $\lambda + d\lambda$ *વચ્ચેની તરંગલંબાઈવાળઆ વિકિરણો ધરાવતા બંધ પાત્ર (enclosure) નો વિચાર કરો. આ બંધ પાત્રમાં નાનું છિદ્ર કરો અને તેમાથી બહાર આવતા વિકિરણનું નિરીક્ષણ કરો. આ વિકિરણ દિવાલો સાથે અનેક પરાવર્તનો અનુભવે છે. આમ, જો પાત્રની દિવાલની સપાટીની પરારવ્તન શક્તિ (ક્ષમતા)* r, *અને ઉત્સર્જન ક્ષમતા* e_λ *છે, તો આમાંથી બહાર આવતું કુલ વિકિરણ નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય.*

$$E_\lambda = e_\lambda + e_\lambda r_\lambda + e_\lambda r^2 + e_\lambda r_\lambda^{\ 3} + ...$$

Notes

$$= e_\lambda (1 + r_\lambda + r_\lambda^2 + r_\lambda^3 + ...)$$

$$= \qquad (12.4)$$

પરંતુ, કિર્ચોફના નિયમ પરથી, $\quad = E_\lambda$

$$e_\lambda = E_\lambda a_\lambda \qquad (12.5)$$

જ્યાં E_λ લએ કાળાપદાર્થનું ઉત્સર્જન છે. હવે જો દિવાલો અપારદર્શક ધારવામાં આવે તો અર્થાત્ $(t = 0)$ તો સમી. (12.3) પરથી આપણે લખી શકીએ કે,

$$a_\lambda = 1 - r_\lambda \qquad (12.6)$$

આ પરિણામને સમી. (12.5) માં લખતાં,

$$e_\lambda = E_\lambda (1 - r_\lambda)$$

અથવા

$$E_\lambda = \qquad (12.7)$$

$\frac{e e_\lambda}{1_{\overline{\lambda}} r_\lambda}$

સમી. (12.4) અને (12.7) ને સરખાવતાં આપણે નોંધી શકીએ કે આ છિદ્રમાંથી બહાર આવતું વિકિરણ એ સંપર્ણકાળી ઉત્સર્જક સપાટી પરથી આવતા વિકિરણને મળતું હોય છે. જેમ છીદ્ર નાનું તેમ, ઉત્સર્જનનું વિકિરણ સંપૂર્ણ કાળું, તેથી આપણે જોઈ શકીએ કે, નાની બખોલ ધરાવતું સમાંગ રીતે ગરમ કરેલું બંધપાત્ર એ ઉત્સર્જન માટે સંપૂર્ણકાળા પદાર્થ તરીકે વર્તે છે.

આ પ્રકારનું બંધપાત્ર આપાત્ વિકિરણ માટે સંપૂર્ણ કાળાપદાર્થ તરીકે પણ વર્તશે. આ છિદ્રમાં પ્રવેશનું કોઈપણ વિકિરણ પાત્રની આંતરીક અનેક પરાવર્તનનો અનુભવશે અને બહાર આપવા શક્તિમાન હશે નહીં. આ પ્રક્રિયા વધુ સારી રીતે કરવા માટે અંદરની બાજુએ કાળા રંગે રંગેલી છે. તેથી આ બંધપાત્ર સંપૂર્ણ શોષક છે. અને સંપૂર્ણકાળા પદાર્થ તરીકે વર્તે.

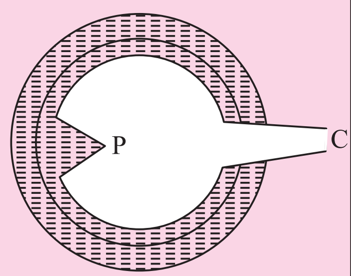


Fig. 12.6 : Fery's black body

આકૃતિ 12.6 માં ફેરી કાળો પદાર્થ બતાવ્યો છે. પહેલા ગોળા સ્વરૂપે એક બખોલ (કેવીટી) છે. બખોલની અંદરની બાજુએ કાળા દ્રવ્યનો ઢોળ ચઢાવ્યો છે. જેમાં શંક્વાકારનું છીદ્ર O છે. આ છિદ્રની સામે શંકવાકારનું છઈદ્ર ઉપસેલો ભાગ P છે. જેના લીધા સીધું ઈલેની સામે આવેલી સપાટીમાંથી સીધું ઉત્સર્જન ટાળી શકાય છે. નહીંતર સંપૂર્ણ કાળાપદાર્થની ગરજ ના સારે.

પ્રવૃત્તિ 12.1

તમે ભણી ગયા કે કાળી સપાટી, સફેદ ચળકતી સપાટી કરતાં વધારે ઝડપથી ઉષ્માવિકિરણનું શોષણ કરે છે. તમે નીચે જણાવેલો રુપો પ્રયોગ કરી આ અસરને નિહાળી શકો.

આકૃતિ 12.7 : કાળી અને ચળકતી સપાટી દ્વારા શોષાતી ઉષ્માનો તફાવતની રજૂઆત

બે ધાતુની તકિઓ A અને B લો. તકિત A ની એક સપાટીને કાળો રંગ ચઢાવો અને B ની એક સપાટીને ચળકતી બનાવો. વિદ્યુત ઉષ્મક (હીટર) લો. ઉભા સ્ટેન્ડ પર હીટર એવી રીતે બેસાડો કે જેથી કાળી સપાટી અને ચળકતી સપાટી તેની સામે રહે. હીટરથી બંને સપાટીઓ સરખા અંતરે રહે તેનું ધ્યાન રાખો. બંને સપાટીઓની બાકીની સપાટીઓ પર મીણથી કોર્ક (બૂચ) ફીટ કરો. હીટરની સ્વીચ ચાલુ કરો. ધાતુની બંને તક્તિો એક સમાન છે. અને હીટરથી સરખા અંતરે હોવાથી, તેઓ સરખી માત્રાં વિકિરણ મેળવશે. તમે જોઈ શકશો કે કાળો રંગ ચઢાવેલી સપાટી પરથી બૂચ પહેલાં પડશે. આમ થવાનું કારણ એ છે કે કાળો રંગ ચઢાવેલી તક્તિ, સફેદ તક્તિ કરતાં વધારે ઉષ્મા (ગરમી)નું શોષણ કરે છે. આ સાબિત કરે છે કે કાળી સપાટીી ઉષ્મીય વિકિરણોની સારી શોષક છે.

12.2.2 ઉત્સર્જન-પાવર અને શોષણ-પાવર

એક સરખા તાપમાને રહેલા જુદા પદાર્થો અલગ અલગ માત્રાં ઉષ્મા ઉર્જા ઉત્સર્જીત કરે છે. ગરમ પદાર્થની વિકિરણ ઉત્સર્જન કરવાની ક્ષમતાને ઉત્સર્જન પાવર કહે છે. નિશ્ચિત તાપમાને ઉત્સર્જક પદાર્થના કુલ ઉત્સર્જન પાવરને આ મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. "નિશ્ચિત તાપમાને ઉત્સર્જકની સપાટી પરના એકમ ક્ષેત્રપળ દીઠ પ્રતિ સેકન્ડે ઉત્સર્જતી કુલ ઉર્જાને કુલ્ત્સર્જન પાવર કહે છે." જે પરિસરના ઉપરાંત પદાર્થના તાપમાન પર આધાર રાખે છે. તેનો એકમ $Jm^{-2}s^{-1}$ છે. એક જ નિશ્ચિત તાપમાને, કાળા પદાર્થનો કુલ ઉત્સર્જન પાવરનું મૂલ્ય મહત્તમ (E_b) હોય છે. "આપેલ સપાટીના કુલ ઉત્સર્જન પાવર E તેજ પરિસ્થિતિમાં રહેલા સંપૂર્ણ કાળા પદાર્થની સપાટીના કુલ ઉત્સર્જન-પાવર E_b ના ગુણોત્તરને આપેલ સપાટીની ઉત્સર્જકતા ε કહેવામાં આવે છે. આમ, ઉત્સર્જનકતા,

અથવા

અહીં ઉલ્લેખનીય છે કે E અને E_b બંને તાપમાન પર આધારીત છે. ઉત્સર્જકતા એ પણ અચળ નથી. તેવું મૂલ્ય તાપમાન સાથે થોડુંક બદલાય છે.

જ્યારે વિકિરણ ઉર્જા પદાર્થ પર આપાત થાય છે. ત્યારે ઉર્જાના કેટલાક ભાગનું શોષણ થાય છે. પદાર્થ પર આપાત થતી વિકિરણ ઉર્જાનું શોષણ કરવાની ક્ષમતાને શોષણ-પાવર (a) કહે છે. પદાર્થ દ્વારા શોષાતી ઉષ્મા

એ પદાર્થ પર આપાત થતી ઉર્જાના ગુણોત્તરને કુલ શોષણ-પાવર કહે છે. શોષણ-પાવર (a) એ પદાર્થ ઉપર આપાત થતી ઉર્જાનો એક અંશ (ભાગ) છે જે શોષાય છે. સંપૂર્ણ કાળા પદાર્થ માટે $a = 1$ છે.

આપેલી તરંગ લંબાઈના વિકિરણનું શોષણ કરાની પદાર્થની ક્ષમતા જાણવીએ ઘણી વખત રસપ્રદ છે. આવી નિશ્ચિત પરિસ્થિતિમાં, સ્પેક્ટ્રલ શોષણ પાવર પદ a_λ નો ઉપયોગ થાય છે. આમ, સંપૂર્ણ કાળા પદાર્થ માટે સ્પેક્ટ્રલ શોષણ-પાવર $a_{b\lambda} = 1$ છે. પ્રાયોગિક રીતે જાણી શકાયું છે કે ઉષ્મીય વિકિરણના સારા ઉત્સર્જકો પણ સારા શોષકો હોય છે. આ બતાવે છે કે ઉત્સર્જન-પાવર અને શોષણ-પાવર એક બીજા સાથે ઘનિષ્ઠ રીતે સંકળાયેલા છે.

12.2.3 સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમેનનો નિયમ

પ્રાયોગિક અવલોકનોને આધારે, સ્ટીફન અને બોલ્ટ્ઝમેન એ તારવ્યું કે પદાર્થની સપાટીમાંથી દર સેકન્ડે ઉત્સર્જતી વિકિરણ-ઉર્જા તેના નિરપેક્ષ તાપમાન ચર્તુઘાતના સમપ્રમાણમાં હોય છે :

$$E = Ae \quad T^4 \tag{12.8}$$

જ્યાં σ કએ સ્ટીફન - બોલ્ટ્ઝ્મેન અચળાંક છે અને તેનું મૂલ્ય 5.672×10^{-8} $\text{Jm}^{-2}\,\text{s}^{-1}\,\text{K}^{-4}$ છે. તાપમાન કેલ્વીનમાં દર્શાવ્યું છે, e એ ઉત્સર્જકતા અથવા સાપેક્ષ-ઉત્સર્જન છે તે સપાટીના પ્રકાર અને તાપમાન પર આધારિત છે. e કની કિંમત 0 અને 1 કની વચ્ચે હોય છે, પોલિશ કરેલી ધાતુઓ માટે તેનું મૂલ્ય નાનું અને સંપૂર્ણ કાળા પદાર્થો માટે તેનું મૂલ્ય 1 હોય છે.

સમી. (12.8) પરથી તમે વિચારી શકો કે તમામ પદાર્થોની સપાટીઓ અવિરતપણે ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરતી હોય તો, તેઓની તમામ આંતરિક ઉર્જાનું ઉત્સર્જન થઈને કેમ તેઓ નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાને ઠંડા નથી થઈ જતાં ? જો તેમને કેટલીક રીતે ઉર્જા મળતી ન હોય તો આમ, કદાચ થઈ શકે. વાસ્તવમાં, તમામ પદાર્થો એક સાથે ઉર્જાનું ઉત્સર્જન અને શોષણ કરે છે. જો પદાર્થ અને પરિસરનું તાપમાન સમાન હોય તો, ઉષ્મા શોષણનો દર અને ઉષ્મા ઉત્સર્જનનો દર સમાન હોય છે, આમ, ઉર્જામાં ચોખ્ખો વધારો કે ઘટાડો થતો નથી. તાપમાનમાં ફેરફાર થતો નથી. તેમ છતાં, પરિસર કરતાં પદાર્થનું તાપમાન ઓછું હોય તો, શોષણનો દર, ઉત્સર્જનના દર કરતાં વધારે હોય છે. જ્યાં પરિસર / ઓરડાના તાપમાનના મૂલ્ય સુધી તેના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. એજ રીતે, પરિસર કરતાં પદાર્થનું તાપમાન વધારે હોય તો, ઉત્સર્જનનો દર, શોષણના દર કરતાં વધારે હશે. ઉર્જામાં ચોખ્ખો ઘટાડો થશે. આથી, T_1 તાપમાને રહેલા પદાર્થને T_2 તાપમાનવાળા પરિસરમાં રાખવામાં આવે ત્યારે, દર સેકન્ડે ઉર્જામાં થતાં ચોખ્ખા ઘટાડાની માત્રા Enet દ્વારા રજૂ થાય છે.

$$E_{net} = Ae \quad (T_1^4 - T_2^4) \text{ for } T_1 > T_2 \tag{12.5}$$

ઉદાહરણ 12.2 : 100 W ના પ્રકાશીત બલ્બની ફીલામેન્ટની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ નક્કી કરો. $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\,\text{K}^{-4}$, અને ફીલોમેન્ટની ઉત્સર્જકતા $e = 0.3$ આપ્યા છે.

ઉકેલ : સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમેનના નિયમનુસાર,

$$E = eA \quad T^4$$

જ્યાં E = ઉર્જા ઉત્સર્જન દર, A = સપાટીનું ક્ષેત્રફળ T = સપાટીનું તાપમાન છે. આથી, ઉપરોક્ત સમી કરણને ફરીથી લખી શકાય.

$$\frac{\sigma E}{e\sigma T^4}$$

$$A =$$

આપેલા મૂલ્યો અવેજ કરતાં,

Notes

$$A = \frac{100\ \text{W}}{0.3 \times (5.7 \times 10^{-8}\ \text{Wm}^{-2}\ \text{K}^{-4} \times (3000\text{K})^4}$$

$$= 7.25 \times 10^{-5}\ \text{m}^2$$

હવે તમે શું સમજ્યા છો તે ચકાસવાનો સમય છે.

પ્રશ્નો 12.2

1. કઈ તરંગ લંબાઈના મૂલ્ય એ કેવીટી ઉત્સર્જક 300K તાપમાને મહત્તમ વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરશે ?
2. ઉનાળા દરમ્યાન આપણે આછા રંગના વસ્ત્રો કેમ પેહરીએ છીએ ?
3. કાળા પદાર્થના ઉત્સર્જન વર્ણપટના પ્રાયોગિક અભ્યાસ પરથી આપણે કયા તથ્યો તારવી શકીએ તે જણાવો.
4. 28°C ત્વચા તાપમાન ધરાવતો માણસ 22°C તાપમાન ધરાવતા ઓરડામાં છે. ત્વચાની ઉત્સર્જકતા એક એકમ એ માણસની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ 1.9 m^2 ધારવામાં આવે તો, આ માણસના વિકિરણ પાવરની ગણતરી કરો.
5. પદાર્થના ઉત્સર્જન-પાવર અને શોષણ-પાવરને વ્યાખ્યાયિત કરો. સંપૂર્ણ કાળો પદાર્શ શું છે ?

આગળના વર્ગોમાં તમે ભણી ગયા કે પૃથ્વી પર પ્રાપ્ત તમામ ઉર્જાનો મૂળભૂત સ્ત્રોત એ સૂર્ય છે. સૂર્ય વિપુળ માત્રામાં પ્રકાશ અને ઉષ્મા સ્વરૂપે ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરે છે અને તેમાંથી માત્રા થોડોક અંશ ઉર્જા પૃથ્વી દ્વારા મેળવવામાં આવે છે. જે પૃથ્વીની સપાટી પરના જીવો માટે એ જરૂરીયાત કરતાં ઘણી વધારે છે. તેથી, સૌરઉર્જાનો અસરકારક ઉપયોગ આપણી ઉર્જાની જરૂરીયાતનો ઉકેલ કોઈક દિવસ આપશે.

સૌર વિકિરણોને લગતા કેટલાક પ્રશ્નો નીચે મુજબ વર્ણવ્યા છે.

1. સૌર અચળાંક

પૃથ્વી પર પહોંચતી કુલ સૌર ઉર્જા ગણવા માટે, આપણે પહેલાં દર સેકન્ડે એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ પૃથ્વી દ્વારા એ સૂર્ય અચળાંક કહેવાય છે. પૃથ્વી માટેનો સૌર અચળાંક 1.36×10^3 W m^{-2} જણાયો છે. સૌર અચળાંકનો પૃથ્વીની સપાટીના ક્ષેત્રફળ સાથેનો ગુણાકાર આપણને પ્રતિ સેકન્ડ મેળવવાની કુલ ઉર્જા આપે છે. ગાણિતીક રીતે,

$$Q = 2\pi R_e^2 C$$

જ્યાં R_e એ પૃથ્વીની ત્રિજ્યા અને C એ સૌર અચળાંક છે.

અહીં નોંધો કે માત્ર પૃથ્વીની સપાટીનો અડધો ભાગ જ એક સમયો પ્રકાશિત થતો હોવાથી પૃથ્વીની સપાટીનો માત્ર અડધો ભાગ ગણતરીમાં લીધો છે. તેથી,

$$Q = 2 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6\ \text{m})^2 \times (1.36 \times 10^3\ \text{W m}^{-2})$$

$$\simeq 3.5 \times 10^{17}\ \text{W}$$

$$\simeq 3.5 \times 10^{11}\ \text{MW}$$

સૂર્યમાળાના અન્ય ગ્રહો માટે સૌર અચળાંકની ગણતરી કરવા માટે, આપણે સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમેનનાં નિયમનો ઉપયોગ કરીએ, કે જે સૂર્ય દ્વારા દર સેકન્ડે ઉત્સર્જાની કુલ ઉર્જા આપે :

$$\in = (4\pi r^2)\ \sigma T^4$$

જ્યાં r ?એ સૂર્યની ત્રિજ્યા અને T ?તેનું તાપમાન છે.

જો ગ્રહની ભ્રમણકક્ષાની ત્રિજ્યા R હોય તો,

$$E = \qquad (12.6)$$

Notes

અને સૂર્યથી R′ અંતરે ભ્રમણ કરતા ગ્રહ ઉપર સૌર અચળાંક (E′) નીચે મુજબ હશે.

$$E' = \left(\frac{r}{R'}\right)^2 \sigma T^4 \qquad (12.7)$$

તેથી $$\frac{E'}{E} = \qquad (12.8)$$

પૃથ્વી અને સૂર્યના અંતર કરતાં મંઘલ અને સૂર્યનું અંતર 1.52 ગણું છે. તેથી, મંગળ ઉપર સૌર અચળાંક

$$E' = E \times$$

$$= 6 \times 10^2\ \text{W m}^{-2}$$

$\left(\frac{Rd}{R52}\right)^2 \frac{}{4\pi R^2} = \left(\frac{r}{R}\right)^2 \sigma T^4$

2. ગ્રીન હાઉસ અસર

યોગ્ય માત્રાના સૌર વિકરણો પૃથ્વી પરની સજીવ સૃષ્ટિ માટે જરૂરી છે. સજીવો માટે અનુકૂળ તાપમાન પુરું પાડવામાં પૃથ્વીનું વાતાવરણ મહત્વનો ભાગ ભજવે છે. આ માટે ગ્રીન હાઉસ અસર એ ઘણી બધી પ્રક્રિયાઓમાંની એક છે.

ગ્રીન હાઉસમાં, છોડવાઓ, ફૂલો, ઘાસ વગેરે એખ કાચના માળખાં વડે ઘેરાયેલા હોય છે. કાચ ટૂંકી તરંગ લંબાઈ ધરાવતા પ્રકાશને પસાર થવા દે છે. છોડવાઓ દ્વારા આ વિકિરનું શોષણ થાય છે. પરિણામે, આ વિકિરણ લાંબી તરંગ લંબાઈના ઉષ્મીય વિકિરણો પારરક્ત વિકરણોમાં પુનઃ વિકિરીત થાય છે. આ લાંબી તરંગ લંબાઈના વિકિરણો માટે કાચ અંશતઃ અપાર દર્શક હોવાથી એ ગ્રીનહાઉસમાંથી બહાર નીકળી શકતા નથી અને ઉષ્મીય વિકરણો ગ્રીન હાઉસમાં જ જળવાઈ રહે છે અને એક રીતે “ગરમાવો” (Warm) આપે છે.

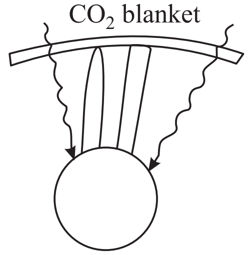


Fig. 12.8 : Green house effect

આ પ્રકારની અસર આપણાં વાતાવરણમાં જોવા મળે છે. પૃથ્વીના વાતાવરણમાં રહેલો કાર્બન ડાયોક્સાઈડ કે જે દશ્ય પ્રકાશ માટે પારદર્શક છે. આમ, સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ વાતાવરણમાંથી પસાર થઈ પૃથ્વીની સપાટી સુધી પહોંચે છે. પૃથવીની સપાટી આ પ્રકારશનું શોષણ કર્યા બાદ તેને પારસ્કત વિકિરણ તરીકે ઉત્સર્જીત કરે છે. પરંતુ, હવામાં રહેલો કાર્બન ડાયોક્સાઈડએ પાર-રક્ત વિકિરણો માટે અપારદર્શક છે. CO_2 આ વિકિરણોને વાતાવરણમાંથી બહાર જવા દેવાને બદલે પૃથ્વી પર પરાવર્તિત કરે છે. પરિણઆમ સ્વરૂપે, પૃથ્વીના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. આ અસર ગ્રીન હાઉસ અસર તરીકે ઓળખાય છે.

વિકસિત અને વિકાસશીલ દેશો દ્વારા વિપુલ માત્રામાં વાતાવરણમાં થતું CO_2 ના ્ત્સર્જનને લીધે ગ્રીન હાઉસ અસરમાં વધારો થાય છે, જેને લીધે ગ્લોબલ વોર્મિંગ થાય છે, જે પૃથ્વી પરથી અજીત સૃષ્ટિના અસ્તિત્વ સામે ગંભીર ખતરો પેદા કરે છે. સંયુક્ત રાષ્ટ્રો (United Nathons) ના તાજા અહેવાલમાં તમામ દેશોને CO_2 ના ઉત્સર્જન પર કાપ મૂકવાની પ્રેરક વિનંતી કરે છે, કારણકે ઠંડા પ્રદેશોનો બરફ ખબૂજ વધારે દરથી પીગળી રહ્યો છે. ભવિષ્યની જાણકારી મુજબ, મોટી નદીઓમાં વિનાશક પુરથી સમુદ્રની સપાટી વધવાની સાથે અકલ્પનીય વિનાશ નોંતરી શકે એમ છે. એકવાર ઠંડા પ્રદેશના બરફ પીગળવાની શરૂઆત થતાં પાણીની અછત અને જમીનનું ધોવાણ થશે. આ બધાના લીધે ખોરાકની સાલમતીનો મોટો ભય સતાવી રહ્યો છે. વધુમાં, હવામામાં થતાં બદલાવના લીધે કેટલાંક પ્રદેશોમાં દુષ્કાળ અને ભૂખમરો તથા કેટલાંક પ્રદેશોમાં પૂરની પરિસ્થિતિ નિર્માણ થઈ શકે.

ભારતીય સંદર્ભમાં, હકારાત્મક પ્રયત્નો-પગલાનાં અભવે અંદાજ 2030 સુધીમાં ગંગાના મેદાનોમાં ગંભીર પ્રશ્નો સર્જાઈ શકે. તળીય વિસ્તારોમાં આવેલ ફળદ્રૂપ જમીન પર સમુદ્રનું પાણી ફરી વળે, લાખો લોકો પૂરમાં તણાઈ જાય, અકલ્પનીય પાયમાલી્ ને વિનાશ લાવશે. આ ઐતિહાસિક ઘટનામાં તમે કેવી રીતે ફાળો આપી શકો

12.4 ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ

ન્યૂટનનો શીતનના નિયમ મુજબ જો ગરમ પદાર્થ અને પરિસર વચ્ચે તાપમાનનો તફાવત નાનો હોય તો તે ગરમક પદાર્થના ઠંડા પડવાનો દર (શીતનનો દર) પરિસર અને ગરમપદાર્થના તાપમાન સરેરાશ ફેરફારના સમપ્રમાણમાં હોય છે. સીફન-બોલઝમેનના નિયમ પરથી આ નિયમ તારવી શકાય છે .

T તાપમાને રહેલો પદાર્થ એ બીજા T_o તાપમાનવાળા પદાર્થ દ્વારા ઘેરાયેલો છે. જો દર સેકન્ડે પ્રતિ એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ ગરમ પદર્થના ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર

$$E = e\sigma(\mathrm{T}^4 - \quad)\mathrm{A} \qquad (12.9)$$

પણ, $\mathrm{T}^4 - \quad =$. તેથી (12.10)

$$E = e\sigma(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)(\mathrm{T}^3 + \mathrm{T}^2\,\mathrm{T}_0 + \mathrm{T}\,T_0^2 + \quad)\mathrm{A}$$

જો $(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)$ નું મૂલ્ય ઘણું નાનું હોય તો $\mathrm{T}^3, \mathrm{T}^2\mathrm{T}_0, \mathrm{T}$ અને અને ને અંદાજીત ને અંદાજીત રીતે લખાય.

$$\therefore \quad E = e\sigma(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)\,4 \quad \mathrm{A}$$
$$= k(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)$$

જ્યાં $k = 4e\sigma \quad A$. તેથી,

$$E\alpha\,(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0) \qquad (12.11)$$

આ ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ છે.

વિસ્તૃત પ્રશ્નો 12.3

1. પૃથ્વીની સપાટી પર રહેલા 40m પહોળા અને 50m લાંબા વિસ્તાર દ્વારા સૂર્યમાંથી મળતી ઉર્જાની ગણતરી કરો ?
2. માનવ જાત દ્વારા અશ્મિભૂત બળતરણના વધારે પડતા ઉપયોગથી પૃથ્વી પરની સજીવસૃષ્ટિ સામે કયા પડકારો ઉભા થયા છે ?

3. પ્રવાહી માટે શીતનવક્રનો આકાર કેવો હશે ?

તમે જે શીખ્યા

- ગરમ પદાર્થથી ઠંડા પદાર્થ તરફ ઉષ્માનું વહન થાય છે. ત્રણ પદ્ધિતઓ દ્વારા ઉષ્મા પ્રસરણ થાય છે, ઉષ્માહવન, ઉષ્માનય, ઉષ્મા વિકિરણ.
- ઉષ્માવહનમાં, અણુ / પરમાણુથી બીજા અણુ / પરમાણુ દ્વારા ઉષ્મા પ્રસરણ થાય છે. આ અણુ / પરમાણુ તેમના મધ્યમાન સ્થઆનની આસપાસ દાખન કરતા હોય છે.
- ઉષ્મા નયનમાં, અણુઓની ગતિ મારફતે ઉષ્મા પ્રસરણ થાય છે. ઉષ્મા વિકિરણમાં વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો દ્વારા ઉષ્મા પ્રસરણ થાય છે.
- ઉષ્માવહનમાં પ્રસરણ પામતી ઉષ્મા Q નીચેના સમીકરણથી દર્શાવાય.

$$Q = \frac{K(T_h - T_c)At}{d}$$

- વીનનો નિયમ : T(K) તાપમાને રહેલા પદાર્થ દ્વારા ઉત્સર્જાતી ઉર્જાના પણપટનો મહત્તમ પીક λ_m એવો હોય છે કે $\lambda_m T$ = અચળ (= 2880 μK)
- સ્ટીફન - વોલ્ટઝમેનનો નિયમો : T(K) તાપમાને રહેલા ઉર્જા સ્રોત દ્વારા ઉત્સર્જાતી ઉષ્માનો દર $E = e\sigma AT^4$

શોષણ પાવર નીચે મુજબ વ્યાખ્યાયિત થઈ શકે.

$$a = \frac{\text{Total amount of energy absorbed between } \lambda \text{ and } \lambda + d\lambda}{\text{Total amount of incident energy between } \lambda \text{ and } \lambda + d\lambda}$$

- હસપાટીના ઉત્સર્જન પાવર e_λ એ નિયત તાપમાને આપેલ પદાર્થની એખ ચોરસમીટર ક્ષેત્રફળવાળી સપાટીમાંથી દર સેકન્ડે એકમ તરંગ લંબાઈ દીઠ ઉત્સર્જતી વિકિરણ ઉર્જા છે.
- પૃથ્વી માટેનો સૌર અચળાંક 1.36×10^3 Jm^{-2} s^{-1} છે.
- ન્યૂટનના નિયમ મુજબ, પદાર્થના ઠંડા પડવાનો દર પરિસર અને પદાર્થના તાપમાનના તફાવતને સમપ્રમાણમાં હોય છે.

પાઠચાંત પ્રશ્નો

1. આકૃતિ (Fig.12.9) માં બતાવ્યા મુજબ, બે દિવાલવાળી કાચની બોટલને ધાતુના પાત્રમાં ફીટ કરી છે. બોટલમાં પ્રવાહી ભરેલું છે કે જેનુ આપણે તાપમાન અચળ જાળવી રાખવું છે. આકૃતિ દ્યાનથી નિહાળી એ સમજાવો કે આ ફલાસ્કની રચના ઉષ્મા વહન, ઉષ્માનયન અને વિકિરણ ત્રણેય દ્વારા થતાં ઉષ્મા પ્રસરણને લઘુત્તમ રાખે છે.

Fig. 12.9

2. *એક તારાની વિકિરણ ઉર્જાના મહત્તમ મૂલ્યને અનુરૂપ તરંગ લંબાઈ* 4000 A° *છે. તે તારાનું તાપમાન ગણો.* ($1A^o = 10^{-8}$ cm).
3. *જેના આવરણની દિવાલોનું તાપમાન* 1000 C^0. *હોય તેવા આવરણમાં કાળો ઢોલ કરેલો* 2cm *ત્રિજ્યા ધરાવતો નક્કાર ગોળો રાખેલો છે. આ ગોળાનું તાપમાન* 127° C *જેટલું અચળ જાળવી રાખવા માટે કેટલા દરથી ગોળાની ઉર્જા આપવી જોઈએ.*
4. *"સારો શોષક એ સારો ઉત્સર્જક હોવો જોઈએ." આ વાક્ય ઉપ્ર ટીપ્પણી કરો.*
5. *જેના તળીયાની જાડાઈ* 0.5cm *અને વ્યાસ* 50 cm *છે. તેવા તાંબાના ઘડાને, તેનૌ તળીયાની સાપટીનું તાપમાન* 110°C *જળવાઈ રહે તે રીતે, બર્નર પર રાખેલો છે. સ્થાયી ઉષ્મા પ્રવાહ તળીયામાંથી ઘડામાં દાખલ થાય છે કે જેથી વાતાવરણના દબાણે પાણી ઉકળે, ઘડાના તળીયાની અંદરની સપાટીનું ખરેખરું તાપમાન* 105°C *છે. એક કલાકમાં કેટલા કિલોગ્રામ પાણી ઉકળી શકશે ?*
6. *ઉષ્મીય વાહકના અચળાંકને વ્યાખ્યાયિત કરો, જેના પર તે આધારીત છે તેવા પરિબળોની યાદી બનાવો.*
7. *ઉષ્મા પ્રસરણની ઉષ્માવહન અને ઉષ્માનયન પદ્ધતિ વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો.*
8. *એક સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા જો બે અથવા વધારે સળિયાઓ શ્રેણીમાં જોડ્યા હોય તો, દર્શાવો કે તેમને સમતુલ્ય ઉષ્મીય અવરોદ એ દરેક સળિયાના પોતાના ઉષ્મીય અવરોધના સરવાળા જેટલો હોય છે.*

   [*નોંધ : ઉષ્મીય અવરોધ એ ઉષ્મીય વાહકતાનો વ્યસ્ત છે.*]
9. *જુદા જુદા દ્રવ્યના ઉષ્મીય વાહકતા અંકોનો ગુણોત્તર* 4:3 *છે. આ દ્રવ્યોના બનેલા બે સમાન માડાઈવાળા સળીયાઓનો ઉષ્મીય અવરોધ સમાન રાખવા માટે તેમની લંબાઈઓનો ગુણોત્તર કેટલો રાખવો પડે ?*
10. *શિયાળાની રાત્રે આકાશ વાદળ આચ્છાદિત હોય તેના કરતાં ખુલ્લા આકાશ વખતે વધારે ઠંડી કેમ અનુભવાય છે ?*
11. *સમાન તાપમાને હોવા છતાં બંને લાકડાનો એક ટુકો અને એવોજ તાંબા અથવા લોખંડનો ટુકડો તાપમાને સ્પર્શથી વધારે ગરમ હોય તેવું દેખાય છે ?*
12. *ચિનાઈ માટીના કપ કરતાં ધાતુના કપમાં ગરમ ચાની ચુસ્કી લેવી કેમ વધારે અઘરી છે ?*
13. *સુતરાઈ કપડાં કરતાં ઉની કપડાં કેમ વધારે હુંફાળાં હોય છે ?*
14. *બે સમાન જાડાઈના કાપડના સ્તરો શા માટે એ જ કાપડના ડબલ જાડાઈનું ના એક સ્તર કરતાં વધારે હુંફ આપે છે.*
15. *પૃથ્વીના ઉપગ્રહની અંદર ઉષ્મા વિકિરણથી પાણી ઉકાળી શકાય ?*

16. એક 500 W નો બલ્બ પ્રકાશે છે. આપણે એક ધીય 5 cm ઉપર અને બીજો હાથ 5 cm નીચે રાખીએ તો ઉપરના હાથમાં શા માટે વધારે ગરમી અનુભવાય છે ?

17. જુદા જુદા દ્રવ્યોના બે વાસણોના કદ અને પરિમાણ એક સમાન છે. 0°C તાપમાને તેમાં એક સમાન જથ્થાનો બરફ ભરેલો છે. બંને વાસણોમાં રહેલો બરફ સંપૂર્ણપણે પીગળતાં અનુક્રમે 25 મિનિટ અને 20 મિનિટ લાગે છે. બંને વાસણોની ધાતુઓની ઉષ્મીય વાહકતાઓની સરખામણી કરો.

18. 20.0 cm લંબાઈના અને 4.0 cm વ્યાસ ધરાવતા તાંબાના સળીયાની ઉષ્મીય અવરોધકરતા ગણો. તાંબાની ઉષ્મીય વાહકતા = 9.2×10^{-2} છે. સળીયાના બંને છેડા વચ્ચેનો તાપમાનનો તફાવત 50°C છે. ઉષ્માવહનનો દર શોધો.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

12.1

1. ઉષ્માહવનએ ઘનપદાર્થોમાં ઉષ્મા પ્રસરણનો મુખ્ય પ્રકાર છે કે જેમાં કણો તેમની બાજુના પરમાણુઓને ઉર્જા આપે છે.

   ઉષ્માનયનમાં પ્રવાહીના કણો ઉંચા તાપમાનવાળા વિસ્તારમાંથી નીચા તાપમાનવાળા વિસ્તારમાં જાય છે અને તેથી ઉલટું પણ.

2. $$K = \frac{Qd}{t\,A(Q_2 - Q_1)}$$

   $$= \frac{J}{s}\,\frac{m}{m^2\,{}^{o}C}$$

   $$= J\,s^{-1}\,m^{-1}\,{}^{o}C^{-1}$$

3. ઉનના તાંતણામાં રહેલી હવા શરીરમાંથી ગરમી બહાર જતી રોકે છે અને આ રીતે જાહેરનારને હુંફાળો અનુભવ થાય છે.

4. ઉષ્મા વાહકતા અંક એ આંકાડાકીય રીતે, $1m^2$ આડછેદની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા અને 1m જાડાઈના સમઘનના સામ સામેના છેડા વચ્ચેનો તાપમાનનો તફાવત 1°C હોય ત્યારે એક સેકન્ડમાં પ્રસરણ પામતી ઉર્જાના મૂલ્યને બરાબર હોય છે.

5. દિવસ દરમ્યાન, જમીન એ પાણી કરતાં વધારે ગરમ થાય છે અને સમુદ્રની સપાટી પરની હવા જમીનની નજીકની હવા કરતાં વધારે ઠંડી હોય છે. જમીન પર રહેલી સૂકી ગરમ હવા હવામાં ઉંચે જાય છે અને જમીન આગળ ઓછા દબાણવાળો વિસ્તાર સર્જે છે. આવા લીધે સમુદ્રની ઠંડી લહેરો સર્જાય છે. કારણ સમુદ્ર પરથી ભેજવાળી હવા કરિનારા તરફ આવે છે. રેતી કરતાં પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ક્ષમતા વધારે હોવાથી રેતી ઝડપથી ઠંડી થાય છે. જે ઉલટી પ્રક્રિયા માટે જવાબદાર છે અને રાત્રિ દરમ્યાન જમીનની લહેરો સર્જાય છે.

Notes

12.2

1.

$$= \frac{2880\mu K}{300K}$$

$$= 9.6\mu$$

2. *દિશા સૂચન : કારણ કે આછા રંગો ઓછી ઉષ્મા શોષે છે.*
3. *દિશા સૂચન :* (a) $\lambda_m T = S$ (b) $t = \sigma T^4$
4. 66.4 W.

12.3

1. *સૌર અચળાંક* x *ક્ષેત્રફળ*

   $= 2.7 \times 10^5$ W

2. *હવામાં* CO_2 *નો સતત વધારો ગ્રીન હાઉસ અસરમાં વધારો કરે છે અને ગ્લોબર વૉર્મિંગ થાય છે, જેના લીધે ઠંડા પ્રદેશનો બરફ પીગળવાના લીધે પૃથ્વીની જમીન પર પૂર સર્જાય.*

3. *ચરઘાતાંકીય ઘટાડો / ક્ષય.*

દાખલાના જવાબો :

2. 7210 K

3. 71.6×50^{-11} W

5. 4.7×10^5 kg

9. 3 : 4

17. 4 : 5

18. 10.9 m $^{\circ}C^{-1}$ W^{-1}, 0.298 W

PHYSICS

વિદ્યાર્થીનો સ્વા. અધ્યયન - ૩

મહત્તમ ગુણ : 50

સમય : 1½ **કલાક**

સૂચનાઓ :

- દરેક પ્રશ્નોના ઉત્તરો અલગ કાગળ પર લખો.
- તમારી ઉત્તરવહી ઉપર નીચે જણાવેલ વિગતો લખો.
    - નામ
    - એનરોલમેન્ટ ક્રમાંક
    - વિષય
    - સ્વઅધ્યયન ક્રમાંક
    - સરનામું
- તમારું સ્વ અધ્યયન તમારા અભ્યાસ કેન્દ્ર પર તમારા વિષય શિક્ષક પાસે તપાસી લેવડાવવું જેથી તમે તમારી કામગીરી બાબતે હકારાત્મક પ્રતિભાવ મેળવી શકો.

તમારા સ્વઅધ્યયન NIOS મોકલવાની જરૂર નથી

1. અણુઓની ગતિ કયા તામપાને થોભી જાય છે ?

   (1)

2. આદર્શ વાયુઓની આંતરીક ઉર્જા કયા પ્રકારની (ગતિઉર્જા / કે સ્થિતિઉર્જા) છે ?

   (1)

3. એક કેલેરીની વ્યાખ્યા આપવા માટે પાણીના તાપમાનમાં થતો ફેરફાર 14.5° C થી 15.5° C નો ઉલ્લેખ

   શા માટે કરવામાં આવે છે ?

   (1)

4. કયા તાપમાને એક્સિપસ અને ફેરનહીટ સ્કેલ એક વીલ પર સંપાન થાય છે ?

   (1)

5. "આંતરકી ઉર્જા ઘન છે" આ વિધાન શું સંકેત આપે છે ?

   (1)

6. તમામ વ્યવહારિક એન્જીન્સ (યંત્રો)ની કાર્યક્ષમતા કાર્નોટના એન્જીનની કાર્યક્ષમતા કરતાં ઓછી હોય છે

તેના બે કારણો લખો.

(1)

7. ઉષ્મા એન્જીનનો સિદ્ધાંત સમજાવવા માટે કયો આલેખ (ડાયગ્રામ) અગત્યનો ભાગ ભજવે છે ?

(1)

8. ઉષ્મા વાહકના અંકના પરિણામ લખો.

(1)

9. કાર્નોટ એન્જીનની બે મર્યાદાઓ લખો.

(2)

10. દરેક વાયુને બે વિશિષ્ટ ઉષ્માઓ હોય છે, જ્યારે પ્રવાહી અને ઘનપદાર્થો માટે વિશિષ્ટ ઉષ્માનાં માત્ર એક

મુલ્ય હોય છે, શા માટે ?

(2)

11. રેફ્રીજરેટર નીચા તામપાને રહેલ કુલીંગ કોઈલમાંથી ગરમ પરિસરમાં ઉષઅમા પ્રસરણ કરે છે. શું આ

થર્મોડાયનેમિક્લના બીજા નિયમથી વિરૂદ્ધ નથી ? તમારો જવાબ સમજાવો.

(2)

12. સમાન લંબાઈના બે સળિયા X અને Y છે. બંને સળિયાના છેડાઓના તાપમાન અનુક્રમે T_1 અને T_2 છે.

($T_1 > T_2$). X અને Y સળીયામાં સમાન દરેથી ઉષ્મા વહેવાનો દર રાખવાની શરત શું હોય ?

(2)

(2)

13. થર્મોડાયનેનિક્સનો પ્રથમ નિયમ જણાવો. આકૃતિ દર્શાવે છે કે વાયુને સ્થિતિ - 1 માંથી સ્થિતિ - 2 માં લઈ જ્યાં માટે ત્રણ માંગો (Paths) છે. દરેક પાથ માટે વાયુ દ્વારા થતાં

કાર્યની ગણતરી કરો.

(4)

[Hint : માર્ગ $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ $w_{13} + w_{32} = 0 + p\Delta v = 0.455$

માર્ગ $1 \rightarrow 2$

માર્ગ $1 \rightarrow 4 \Rightarrow 2$ $w_{14} + w_{42} = p\Delta v + 0 = 0.15t$]

14. કાર્નોટ ચક્રની એક નિશ્ચિત પ્રક્રિયા માટે P - V આલેખ આકૃતિ (a) માં બતાવ્યો છે. તેને T-V અને T-S આલેખોમાં રજૂ કરો.

(4)

(a)

Hint :

$$w_{12} = \frac{1}{2}(10+3)\times10^{3}\times15\times10^{-6} = 0.3t$$

15. સમતાપી, સમોષ્મી, સમદાબી અને સમ કદી પ્રક્રિયાઓ વચ્ચેનો તફાવત સ્પષ્ટ કરો.

(4)

16. થર્મોડાયનેમિક્સનો શૂન્ય ક્રમનો એ પ્રથમ નિયમ લખો. થર્મોડાયનિમિક્સના પ્રથમ નિયમની મર્યાદાઓ ચર્ચો.

(4)

17. થર્મોડાયનેમિક્સનો બીજો નિયમ લખો અને સમજાવો.

(4)

18. નીચે શબ્દોનો અર્થ શું છે ?

Notes

(*i*) *ઘન પદાર્થની ઉષ્મા વાહકતા* (*ii*) *ધાતુના સળીયાથી ચલિત અવસ્થા* (*iii*) *ધાતુના સળીયાની સ્થિર અવસ્થા*

(*iv*) *ઉષ્મા-વાહકતા અંક*

(4)

19. *કાર્નોટ ચક્ર સંક્ષિપ્તમાં સમજાવો અને તેની કાર્યક્ષમતા માટેનું સમીકરણ તારવો.*

(5)

20. *ઉષ્મા યંત્ર* (engine) *શું છે ? તેની કાર્યક્ષમતા માટેનું સૂત્ર તારવો. રેફીજરેટરની કાર્ય પદ્ધતિ માટેનો સિદ્ધાંત સમજાવો. તેની કાર્યક્ષમતા અચળાંક માટેનું સમી. તારવો. રેફીજરેટરની કાર્યક્ષમતા અચળાંક અને ઉષ્મા એન્જીનની કાર્યક્ષમતા માટેનો સંબંધ મેળવો.*

2 + 2 + 1 = (5)

14

તરંગશાસ્ત્ર

તમે નોધ્યું હશે કે તળાવના સ્થિર પાણીમાં જયારે એક પથ્થર ફેંકવામાં આવે, ત્યારે તે તે બિંદુથી વૈકલ્પિક (alternate) સ્થળમાં ઘટ્ટ રિંગ અને દબાણ ઉપસી આવે છે અને પાણીના સ્તર પર ફેલાય છે. જો તમે સ્ટ્રોના ટુકડો પાણીના સ્તર પર મૂકો, તો તમે અવલોકન કરી શકશોકે તે તેના સ્થાને ઉપર નીચે ગતિ કરે છે. અહીં, પાણીના કણો તેમના સ્થાન પર ઉપર - નીચે ગતિ કરે છે. પરંતુ હજુ એવું કંઈક છે કે જે બહા તરફ ગતિ કરે છે. આપણે તેને તરંગ કહીએ છીએ તરંગ વિવિધ પ્રકારના હોય છે. પ્રગામી અને સ્થિતિ, યાંત્રિક અને વિદ્યુતચુંબકીય તેમનું વર્ગીકરણ સંગત અને લંબગત તરંગોમાં પણ થઈ શકે છે કે જેનો આધાર યાંત્રિક તરંગના કિસ્સામાં તરંગના પ્રસરણની દિશાની સાપેક્ષે પદાર્થના કણની ગતિની દિશા પર છે તથા વિદ્યુત ચુંબકીય (e.m.) તરંગના કિસ્સામાં વિદ્યુતીય અને ચુંબકીય સદિશો પર છે તરંગો આપણા અસ્તિત્વ ની ખૂબ નજીક છે.

હવામાં ગતિ કરતાં ધ્વનિ તરંગો આપણા માટે સાંભળવું શક્ય બનાવે છે. પ્રકાશના તરંગો કે જે અવકાશમાં પણ ગતિ કરી શકે છે તેના લીધે આપણે વસ્તુઓ જોઈ શકીએ છીએ અને રેડિયો તરંગો કે જે પ્રકાશની ઝડપે વિવિધ સંકેતો ધરાવે છે. તે આપણને આપણા વ્હાલા લોકો સાથે કોમ્પ્યુનિકેશન વિવિધ સ્વરૂપે જોડેછે. હકીકતમાં, તરંગની ઘટના સાર્વત્રિક છે.

આપણા સંગીતના સાધનો, રેડિયો, ટી.વી. ના કાર્યની પધ્ધતિ સમજવા તરંગ સમજવું જરૂરી છે શું તમે તરંગો વિના જીવનની ગુણવત્તા વિચારી શકો ? આ પ્રકરણમાં તમે તરંગના પાયાના નિયમો અને તરંગશાસ્ત્ર વિશે અભ્યાસ કરશો.

ઉદેશ્યો

આ પ્રકરણના અભ્યાસ બાદ,

- લંબગત અને સંગત તરંગોનું પ્રસરણ સમજાવો અને $v = \nu\lambda$ સંબંધ સમજાવો.
- વાયુમાં સંગત તરંગોના વેગ માટેનું લાપ્લાસનું સૂત્ર લખો અને લાપ્લાસનો સુધાર સમજાવો
- વાયુમાં સંગત તરંગોના વેગ જે પરિબળો પણ આધાર રાખે છે. તેમની ચર્ચા કરો.
- તણાવવાળી દોરીમાં લંબગત તરંગોની રચના સમજાવો.
- સરળ આવર્ત તરંગનું સમીકરણ મેળવો
- સંપાતીકરણના સિધ્ધાંતોના આધારે તરંગના લીટ્સ, વ્યતીકરણ અને કળા તફાવતની ઘટના સમજાવો.
- સ્થિત તરંગોની રચના સમજાવો અને ઓર્ગન પાઈપ અને તણાવવાળ દોરીમાં આવર્તની ચર્ચા કરો.
- ડોપ્લર અસરની ચર્ચા કરો અને તેનો યાંત્રિક અને પ્રકાશીય પ્રણાલીઓ માટે ઉપયોગ કરો.
- વિદ્યુતચુંબકીય અને વર્ણપટના વિવિધ ભાગોની તરંગલંબાઈ શ્રેણી અને તેની ઉપયોગીતાઓ જણાવો.

14.1 તરંગ પ્રસરણ

સ્ટ્રોના ટુકડાની ગતિ પરથી, તમે એવું વિચારી શકો છો કે તરંગો ઊર્જા ધરાવે છ આ તરંગો દળનું પરિવહન કરતા નથી ભરતીના તરંગોમાં આ પાસાનું વિશદ પ્રદર્શન જોઈ શકાય છે. તમને સુનામ દ્વારા થયેલ બદબાદ યાદ છે. ? ઊંડા દરિયા ભૂંકપ દ્વારા નિર્માણ પામેલ 20m ઉંચાઈ ધરાવતા તરંગો, ઈન્ડોનેશિયા, થાઈલેન્ડ, શ્રીલંકા અને ભારત ભારે જાનમાલના નુકશાનનું કારણ છે.

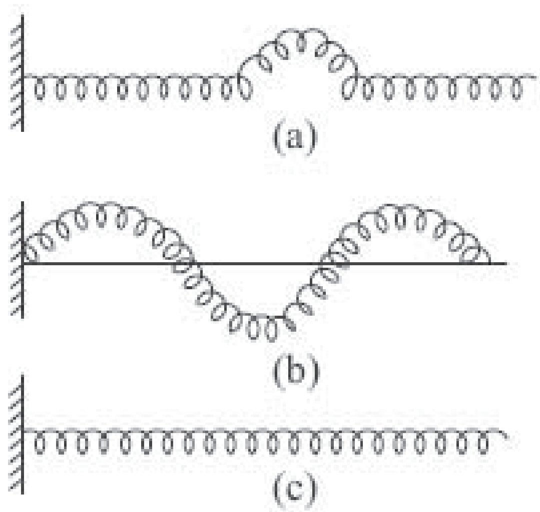
માધ્યમમાં તરંગો કેવી રીતે ગતિ કરે છે તે સમજવા ચાલો એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ :- 14.1

એક લાંબી સ્પ્રીંગ કોઈલ લો કે જેને સ્લિન્કી કહે છે અને તેને લીસા ભોંયતળિયા અથવા બેન્ચ પર રાખી,

નોંધ

એક છેડો જડિત અને બીજો મુક્ત છેડે હાથમાં રાખી ખેંચો અને બાજુઓ પર તેને એક ઝટકો આપો. (આકૃતિ. 14.1(a)) તમે અવલોકન કરશોકે કિંકની રચના થાય છે ક જે જડિત છેડા તરફ નિશ્ચિત ઝડપથી ગતિ કરે છે. કિંકઅ ટૂંકા ગાળાનું તરંગ છે. આ મુક્ત છેડાની ડાબી અને જમણી બાજુની સતત ગતિ ચાલુ રાખો. તમે પલ્સની હારમાળા જડીત છેડા તરફ ગતિ



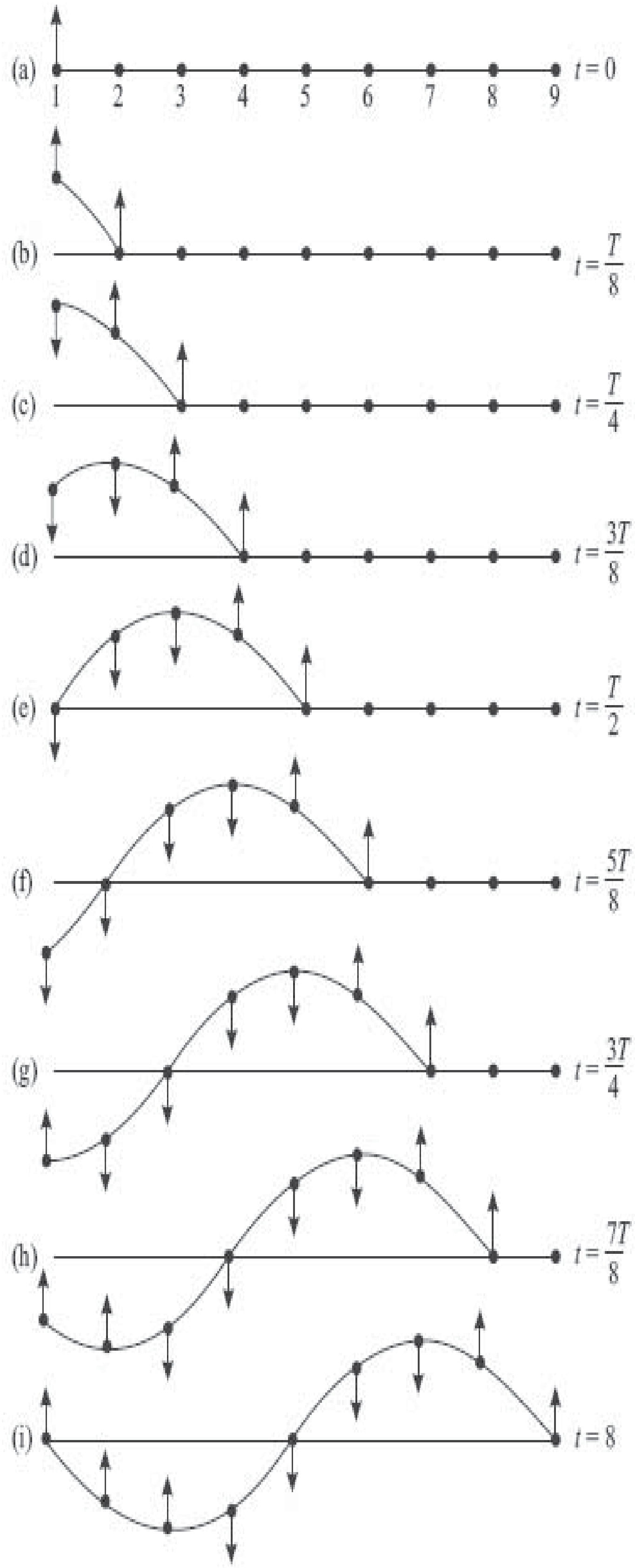
14.1

કરતી નિહાળશો. આ સ્પ્રિંગમાં ગતિ કરતું લંબગત તરંગ છે. (આકૃતિ. 14.1 (b)).

અન્ય પ્રકારનું તરંગ પણ સ્લિન્કીમાં ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આના માટે સ્લિન્કી ને સીધી રાખો અને તેને લંબાઈ તરફ ધક્કો લગાડો તેથી સંઘનનું એક પલ્સ સ્પ્રિંગ પર ગતિ કરે છે. હાથને પાછળ તરફ અને આગળ તરફ અચળ દરે ગતિ કરાવતાં તમે તેની લંબાઈ પર સંઘનન અને વિઘનને ગતિ કરતા જો શકશો. (આકૃતિ. 14.1(c))

14.1.1. લબંગત તરંગોનું પ્રસરણ

આકૃતિ. 14.2. જુઓ તે તરંગ પ્રસરણ માટેનું એક યાંત્રિક મોડેલ દર્શાવે છે. તે સમાન દળ ધરાવતા, સમાન અંતરે રહેલ અને એકબીજાથી સમાન સ્પ્રિંગો દ્વારા જોડાયેલ ગોળાકાર બોલની હાર ધરાવે છે. ચાલો, આપણે કલ્પના કરીએ કે યોગ્ય સાધન દ્વારા બોલ - 1 ને ડાબી બાજુએથી સરળ આવર્ત ગતિ (S.H.M.) કરાવવામાં આવે છે, જેની દિશા બોલની હારથી લંબ છે, તથા આવર્તકાળ T છે. બધા બોલ, સ્થિરતાની જડત્વાને કારણે સમાન સમયે, દોલન શરૂ નહી કરે. એક બોલથી બીજા બોલ સુધી ગતિ એક પછી એક એમ પસાર થાય છે, ચાલો, આપણે ધારીએ કે એક બોલથી બીજા બોલ સુધી જવામાં વિક્ષોભને લાગતો સમય T/8s ના સમયગાળ વિક્ષોભ માર્ક 1 પરના કણથી માર્ક 2 પરના કણ સુધી ગતિ કરે છે.



14.2 :

$$k = \qquad (14.3)$$

આપણે k ને પ્રસરણ અચળાંક કહીએ છીએ તમે કદાચ ω ને યાદ કરતા હશો કે જે એક સમયમા કળામાં થતો ફેરફાર દર્શાવે છે પરંતુ સમય T કાળમાં થતો ફેરફાર 2π છે.

$$\omega = \quad = 2\pi v \qquad (14.4)$$

સમીકરણ (14.3) ને સમીકરણ (14.4) દ્વારા વિભાજિત કરતાં (ભાગતાં) આપણને તરંગવેગનું સૂત્ર મળે.

$$v = \quad =$$

અથવા $v = v\lambda$ (14.5)

ચાલો, હવે આપણે સંગ તરંગોના પ્રસરણ વિશે સમજીએ.

નોંધ

14.1.2 સંગત તરંગનું પ્રસરણ

આકૃતિ.14.3

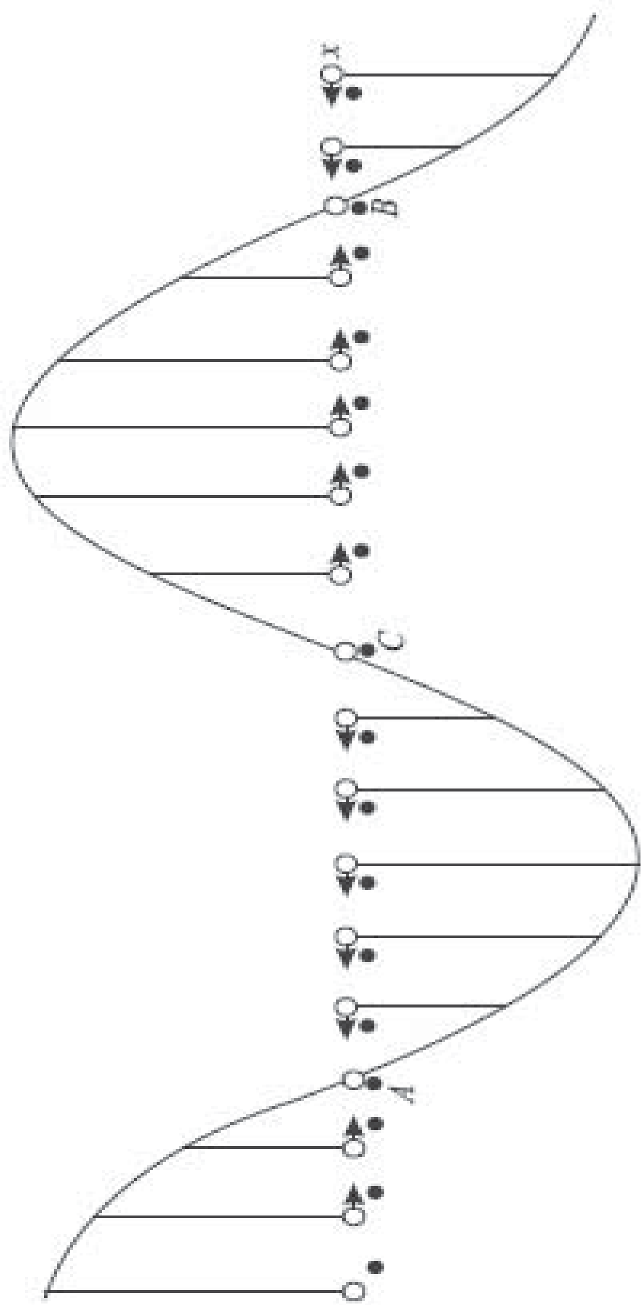
$\frac{2\pi v}{2\pi/\lambda}$

સંગત તરંગોમાં, કણોનું સ્થાનાંતર તરંગના પ્રસરણની દીશામાં હોય છે. આકૃતિ. 14. 3 માં ખાલી વર્તુળો સમાન અંતરે માધ્યમમાં રહેલ કણોના મધ્યમાન સ્થાનો દર્શાવે છે. તીરની નિશાની (વિશાળ કરેલ) આપેલ સમયે તેમના સંગત સ્થાનાંતરો દર્શાવે છે તમે અવલોકન કરશો કે તીર લંબાઈ કે દિશામાં સામાનતા ધરાવતા નથી. ઘન વર્તુળના સ્થાન કે જે તીરના શીર્ષ અનુસાર કણોના તાત્ક્ષણિક સ્થાનો દર્શાવે છે. તેના પરથી આ સમજી શકાય છે જમણી બાજુના સ્થાનાંતરો આલેખમાં + y-અક્ષ તરફ અને ડાબી બાજુના સ્થાનાંતરો –y-અક્ષ તરફ દર્શાવેલ છે.

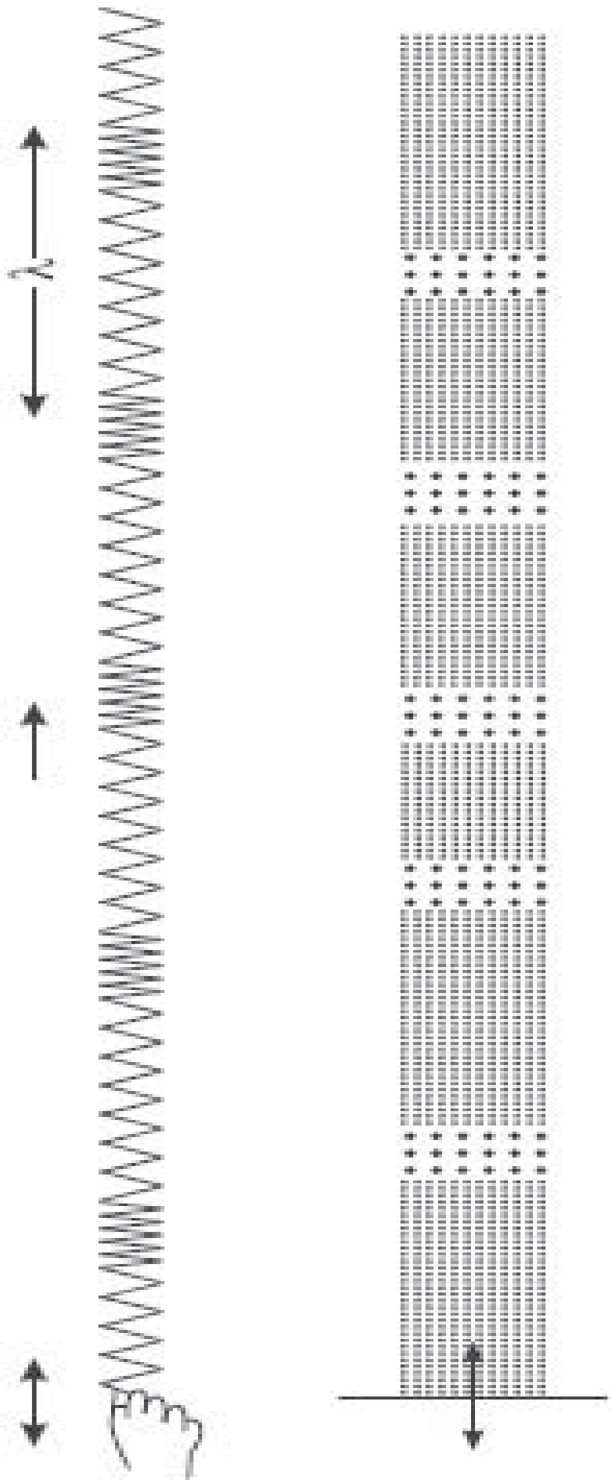
જમણી બાજુ દિશા ધરાવતા દરેક તીર માટે આપણે ઉપરની રેખા તે પ્રમાણમાં દોરીએ છીએ. તે જ રીતે, ડાબી બાજુ દિશા ધરાવતા દરેક તીર માટે તેટલા પ્રમાણમાં નીચે તરફની રેખા દોરવામાં આવે છે. આ રેખાઓના શીર્ષને જોડતા બનતા આલેખ પરથી, આપણે જાણી શકીએ છીએ કે આ આલેખ લંબગત તરંગના સ્થાનાંતર - સમયના આલેખને મળતો આવે છે. જો આપણે ઘન વર્તુળોને જોઈએ, તો આપણે નોંધી શકીએ કે, A અને B સ્થાનોની આસપાસ કણો એક સાથે ભેગા થાય છે. જ્યાં C સ્થાને તેઓ એકબીજાથી છુટા પડે છે. આ સંઘનન અને વિઘનના ક્ષેત્રો દર્શાવે છે. તે વધુ ઘનતા (દબાણ) ધરાવતા અને ત્યારબાદ

સરેરાશ કરતાં ઓછી ઘનતા ધરાવતા વિસ્તારો છે. હવામાં પ્રસરણ કરતું ધ્વનિ તરંગ સંગત તરંગો જેવું છે કે જેને તમે સ્પ્રિંગ પર ઉત્પન્ન કરી શકો છો. (આકૃતિ. 14.4)

ચાલો, હવે આપણે સરળ આવર્ત તરંગનું સમીકરણ મેળવીએ.

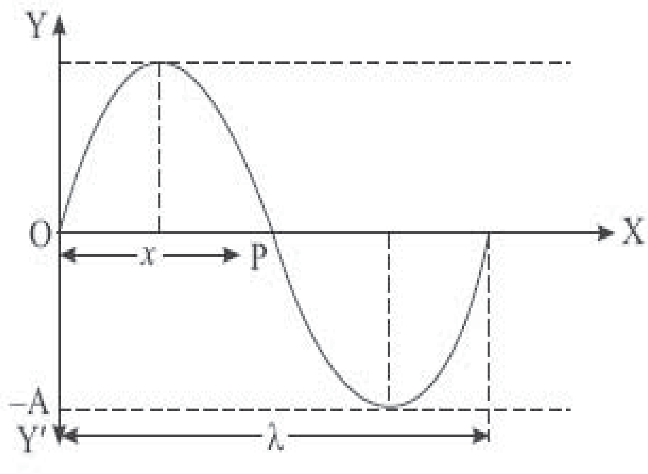


14.3



14.4

14.1.3. એક પરિમાણમાં સરળ આવર્ત તરંગનું સમીકરણ



14.5

આકૃતિ. 14.5

ચાલો, આપણે ધારીએ કે સરળ આવર્ત તરંગ OX પર પ્રસરણ કરે છે. (આકૃતિ. 14.5) આપણે ધારીએ છીએ કે તરંગ લંબગત છે અને કણના કંપનો YOY′ પર છે. ચાલો, આપણે $t = 0$ એ સ્થાનાંતર

$$y = a \sin \omega t \qquad (14.6)$$ સમીકરણ દ્વારા દર્શાવીએ.

ત્યારબાદ, ધારો કે બિંદુ P પર તે સમયે કંપનોની કળા ϕ જેટલી પાછળ તો

$$y = a \sin (\omega t - \phi) \qquad (14.7)$$

ચાલો, આપણે OP = x મૂકીએ. એકમ અંતરમાટે કળાના ફેરફાર k હોવાથી, આપણે $\phi = kx$ લખી શકીએ.

તેથી, સરળ સમીકરણ (14.7) પરથી $y(x, t) = a \sin (\omega t - kx)$ (14.8)

$\omega = 2\pi/t$ અને $k = 2\pi/\lambda$, હોવાથી, આપણે સમીકરણ (14.8) ને આ રીતે ફરી

લખી શકીએ. $y\ (x, t)\ = a \sin 2\pi$ (14.9)

તરંગ વેગ ($v = \lambda$/T) ના પદમા, આ સમીકરણ આ મુજબ લખી શકાય.

$$y\ = a \sin \quad (v\ t - x) \qquad (14.10)$$

સમીકરણ (14.8) મેળવવા, આપણે O પર તરંગની પ્રારંભિક કળા શૂન્ય લીધેલ છે. પરંતુ, જો O પર પ્રારંભિક કળા ϕ_0 હોય, તો તરંગનું સમીકરણ આ થશે.

$$y\ (x,t)\ = a \sin [(\omega t - kx) + \phi_0]$$

(14.11)

તરંગના બે બિંદુઓ વચ્ચેનો કળા - તફાવત

ચાલો, આપણે OX પર ગતિ કરતાં બે સરળ આવર્ત તરંગો ધ્યાનમાં લઈને અને તેઓને આ સમીકરણો દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે.

$$y\ = a \sin (\omega t - kx) \qquad (14.8)$$

$\frac{2\pi}{\lambda}x$ અને $$y\ = a \sin [\omega t - k\ (x + \Delta x)]$$

(14.12)

તેમની વચ્ચેનો કળા તફાવત

$$\Delta\phi\ = k\Delta x = \quad .\Delta x\ \ = - \qquad (x_2 - x_1)$$

(14.13)

જ્યાં Δx ને આ બે બિંદુઓ વચ્ચેનો પથ તફાવત કહે છે. અહીં, ઋણ નિશાની દર્શાવે છે કે પછી સ્થાન ધરાવતો બિંદુ પછીના સમયે સમાન કળા મેળવે છે.

Δt સમય અંતરાલમાં સમાન સ્થાન પર કળા - તફાવત :

આપણે સમય અંતરાલ Δt માં સમાન સ્થાન પરના બે તરંગોને ધ્યાનમાં લઈએ છીએ. પ્રથમ તર્ગ માટે, કળા ને આ મુજબ આપી શકાય.

$$\phi_1 = \qquad t_1 -$$

નોંધ

અને બીજા તરંગ માટે, કળા

$$\phi_2 = \qquad .$$

તેમની વચ્ચેનો કળા - તફાવત

$$= \quad (t_2 - t_1)$$

$$= 2\pi\nu\ (t_2 - t_1) \qquad [14.13(a)]$$

$$= \quad \nu$$

ઉદાહરણ - **14.1 :** એક પ્રગામી આવર્ત તરંગને $y = 10^{-4} \sin (100\pi t - 0.1\pi x)$ દ્વારા દર્શાવાય છે ગણો. (i) આવૃત્તિ (ii) તરંગ લંબાઈ અને (iii) વેગ y અને x મીટરમાં છે.

ઉકેલ : -

$y = \text{A} \sin$

we get (i) $2\pi\nu = 100\ \pi \Rightarrow \nu = 50$ Hz

(ii) $\quad = 0.1\ \pi \Rightarrow \lambda = 20$ m

(iii) $v = \nu\lambda = 1000\ \text{ms}^{-1}$

14.1.4. લંબગત અને સંગત તરંગો

લંબગત તરંગો	સંગત તરંગો
(i) કણોના સ્થાનાંતર તરંગના પ્રસરણ દિશા હોય છે.	(i) કણોના સ્થાનાંતર તરંગા પ્રસરણની ની દિશાને લંબ હોય છે. મ ાં
(ii) લંબગત તરંગો શૃંગ અને ગર્તના આગળ માધ્યમમાં પ્રસરણ સમાન લાગે છે.	(ii) સંગત તરંગો સઘનન વિઘનન વધતા હોય તેવા લાગે છે.
(iii) લંબગત તરંગો માત્ર ઘનમાં અથવા વાયુમાં	(iii) સંગત તરંગો ઘન, પ્રવાહી અને

પ્રવાહીના સપાટી પર મોકલી શકાય.	ગતિ કરી શકે છે.
(iv) લંબગત તરંગના કિસ્સામાં, સ્થાનાંતર આપેલ સમયે વિવિધ બિંદુઓ પર રહેલ કણોનું માત્ર સ્થાનાંતર દર્શાવે છે.	(iv) સંગત તરંગના કિસ્સામાં આલેખ અંતર આલે તરંગનું પોતાનું ચિત્ર આપે છે.

સંગત અને લંબગત યાંત્રિક તરંગોના પ્રસરણ માટે માધ્યમના મહત્વપૂર્ણ ગુણધર્મો આ મુજબ છે. (i) માધ્યમના કણો દળ ધરાવતા હોવા જોઈએ. (ii) માધ્યમ સ્થિતિ સ્થાપકતા જરૂરી હોય છે. પરંતુ લંબગત તરંગોને જડત્વના મોડ્યુલસ જરૂરી હોય છે. જો કે, પ્રકાશ તરંગો અને અન્ય વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો કે જે લંબગત છે તેમને પ્રસરણ માટે કોઈ પદાર્થનું માધ્યમ જરૂરી નથી.

પાઠગત પ્રશ્નો - 14.1

1. સંગત અને લંબગત તરંગો વચ્ચેનો તફાવત જણાવો.
2. કળા તફાવત અને પથ તફાવત વચ્ચેનો સંબંધ લખો.
3. બે સરળ આવર્તો તરંગો અનુક્રમે $y_1 = a \sin(\omega t - kx)$ અને $y_2 = a \sin[(\omega t - kx) + \phi]$ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. આ બે તરંગો વચ્ચેનો કળા - તફાવત શું છે ?

14.2. સ્થિતિસ્થાપક માધ્યમમાં સંગત અને લંબગત તરંગોનો વેગ

વાયુમાં ધ્વનિના વેગ માટે ન્યૂટનનું સૂત્ર વાયુના માધ્યમમાં ધ્વનિનો વેગનો સંબંધ મેળવવા, ન્યૂટને ધાર્યું કે વાયુમાં પસાર થતા સમયે ધ્વનિ તરંગો દ્વારા સંઘનન અને વિઘનન સમતાપી સ્થિતિમાં સર્જાય છે.એનો મતલબ એ કે કદ અને દબાણમાંઅચળ તાપમાને ફેરફાર થાય છે. આવી શરતો હેઠળ, ન્યૂટને વાયુમાં ધ્વનિ તરંગના વેગને આ સમીકરણ દ્વારા આપવાની સંમતિ દર્શાવી,

$$v = \sqrt{\frac{P}{\rho}} \qquad (14.15)$$

હવા માટે પ્રમાણભૂત તાપમાન અને દબાણે $P = 1.01 \times 10^5\ Nm^{-2}$ અને $\rho = 1.29\ kg\ m^{-3}$ છે.

આ મૂલ્યોને સમીકરણ (14.15) માં મૂકતાં

$$v = \qquad = 280\ ms^{-1}$$

વાદળોના અથડાવવાથી ગર્જના અને વીજળી ઉત્પન્ન થાય છે, ગર્જનાની ધ્વનિનો અવાજ વીજળી થયા પછી આપણે સાંભળીએ છીએ. કારણ કે, પ્રકાશનો વેગ હવામાં ધ્વનિના વેગ કરતાં ખૂબ વધારે છે. વીજળીના અવલોકન અને ધ્વનિને સાંભળવા વચ્ચેનો સમય અંતરાલ માપતાં, ધ્વનિ હવામાનના વેગને માપી શકાય છે. સુધારેલ રીત દ્વારા, હવામાં ધ્વનિનો વેગ 0^0C એ $333\ ms^{-1}$ માપવામાં આવ્યો છે. ન્યૂટનના સૂત્ર દ્વારા મૂલ્યમાંની પ્રતિશત ત્રુટિનો અદાંજ લગાડવામાં આવેલ છે અને પ્રાયોગિકરીતે તે $\frac{333-280}{333} \times 100\% = 16\%$ આ ત્રુટિ પ્રાયોગિક ત્રુટિ તરીકે ખૂબ વધારે છે.

તેથી, ન્યૂટનની ધારણા કે'ધ્વનિ હવામાં પસાર થતાં હવામાં સંઘનન અને વિઘનન સમતાપ સ્થિતિમાં સર્જાય છે માં ખામી હોવી જોઈએ.

14.2.2 લાપ્લાસનો સુધારો

લાપ્લાસે દર્શાવ્યું કે, હવાના સ્તરોમાં ધ્વનિના પસાર થવાને કારણે થતાં દબાણના ફેરફારો સમોષ્મી સ્થિતિ હેઠળ નીચેના કારણોને લીધે થાય છે.

(i) હવા ઉષ્માની ખરાબ વાહક છે.

(ii) ધ્વનિ દ્વારા સર્જાતા સંઘનન અને વિઘનન ખૂબ જ ઝડપી છે તેથી સંઘનનમાં દ્વારા ઉષ્માનું દૂર થવું અને વિઘનનમાં તેનું વહન એવું શક્ય નથી.

સમોષ્મી શરતો હેઠળ,

$$E = \gamma P,$$

જ્યાં, $\gamma =$

તેથી, $v =$ (14.16)

હવા માટે, $\gamma = 1.4$. તેથી STP, એ ધ્વનિનો વેગ

$$v =$$

$$= 333 \text{ms}^{-1}$$

આ મૂલ્ય પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલ મૂલ્યની ઘણી નજીક છે.

14.2.3. *વાયુમાં ધ્વનિ ના વેગ પર અસર કરતાં*

(i) *તાપમાનની અસર*

લાપ્લાસના સૂત્ર પરથી

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

ઘનતા દળ અને કદનો ગુણોત્તર હોવાથી, આ સૂત્રને આ મુજબ લખી શકાય.

$$=$$

PV = nRT, *સમીકરણનો ઉપયોગ કરતાં, જ્યાં* n *એ વાયુના* m *દળમાં રહેલ મોલની સંખ્યા છે.*

$\sqrt{1.4 \times 1.01 \times 10^5 / 1.29}$ $\sqrt{\frac{PV}{M}}$ 333 t 546 2×273

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\frac{M}{n}}}$$

$$= \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \qquad (14.17\text{ a})$$

જ્યાં m *એ ગ્રામ અણુનું દળ છે. આ પરિણામ દર્શાવે છે કે,*

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$\Rightarrow \qquad v = v_0 \qquad + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\simeq 333 + \qquad t$$

$$\simeq 333 + 0.61t \qquad (14.17\text{b})$$

નોંધો કે, તાપમાનના નાના ફેરફારો માટે, તાપમાનમાં દરેક (અંશ) ડિગ્રી સેલ્સિયસના વધારા સાથે

નોંધ

હવામાં ધ્વનિનો વેગ 0.61 ms^{-1} જેટલો વધે છે.

(ii) દબાણ ની અસર

જ્યારે આપણે વાયુના દબાણમાં વધારો કરીએ છીએ ત્યારે તે સંધોચાય છે પરંતુ તેની ઘનતા એ દબાણના સમચલનમાં વધે છે. ઉ.દા. P/ρ અચળ રહે છે. એનો મતલબ એ કે, દબાણની વાયુમાં રહેલ ધ્વનીના વેગ પર કોઈ અસર થતી નથી.

(iii) ઘનતાની અસર

આદર્શ તાપમાન અને દબાણ હેઠળ રહેલ બે વાયુઓને ધ્યાનમાં લેતાં,

$$v \ \alpha$$

જો આપણે, ઓક્સિજન અને હાઈડ્રોજનમાં ધ્વનિના વેગને સરખાવીએ, તો આપણને આ મુજબ મળે

$$= \sqrt{\frac{\rho_{hydrogen}}{\rho_{oxygen}}} = \sqrt{\frac{M_{hydrogen}}{M_{oxygen}}} = \sqrt{\frac{2}{32}} =$$

આદર્શ તાપમાન અને દબાણ હેઠળ

આ દર્શાવે છે કે λહાઈડ્રોજનમાં ધ્વનીનો વેગ ઓક્સિજનમાં ધ્વનીના વેગ કરતાં 4 ગણો છે. શું આ પરિણામ પ્રવાહી અને ઘન માટે પણ માન્ય છે ? તમે આ પ્રશ્નનો ઉત્તર આગામી ઉપવિભાગમાં મેળવી શકશો.

(iv) હવામાં ધ્વનિના વેગ પર ભેજની અસર

જેમ હવામાં ભેજ વધે (તાપમાન અને દબાણ અચળ રાખતાં), તેમ ઘનતા ઘટે છે અને તેથી હવામાં ધ્વનિનો વેગ વધે છે.

Example 14.2 : કયા તાપમાને હવામાં ધ્વનિની ઝડપ તેના S.T.P. પરના મૂલ્ય કરતાં બમણો થાય છે ?

Solution : આપણે જાણીએ છીએ કે,

બંને બાજુ વર્ગ લેતાં અને પદોને ફરી ગોઠવતાં,

$$\therefore \qquad T = 273 \times 4 = 1092k$$

14.2.4 *(ખેંચેલી) તણાવવાળી દોરીઓમાં તરંગોનોવેગ*

તણાવવાળી દોરીમાં લંબગત તરંગનો વેગ આ મુજબ આપી શકાય,

$$v = \sqrt{\frac{F}{m}} \qquad (14.18\ a)$$

જ્યાં F *એ દોરીનું તણાવ અને* m *એ તારનું એકમ લંબાઈ દીઠ દળ છે સ્થિતિસ્થાપક માધ્યમમાં સંગત તરંગોનો વેગ આ મુજબ આપી શકાય,*

$$v = \qquad (14.18b)$$

જ્યાં E *સ્થિતિસ્થાપકતા છે. નોંધનીય છે કે સ્થિતિસ્થાપકતા નું મૂલ્ય ઘનમાં વધુ હોવાથી, સંગત તરંગનો વેગ વાયુઓ અને પ્રવાહીઓ કરતાં ઘનમાં વધુ હોય છે. હકીકતમાં,* $v_g < v_\ell < v_s$.

પાઠગત પ્રશ્નો 14.2

$\sqrt{E/\rho}$

1. *ન્યૂટનની તેનું સૂત્ર મળવવા માટેની ધારણા શું હતી ?*

2. *ન્યૂટનના સૂત્રમાં શું ખોટું હતું ?*

3. *દર્શાવો કે, દરેક* 1^0C *તાપમાન વધારા સાથે, હવામાં ધ્વનિનો વેગ* 0.61 ms^{-1} *જેટલો વધે છે.*

4. *જે તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ તેના* 7^0C*પરના વેગના મૂલ્ય કરતાં* (3/2) *ગણો થાય તે તાપમાન ગણો.*

5. *તણાવવાળી (ખેંચેલી) દોરીનાં તરંગના વેગનું સૂત્ર લખો.*

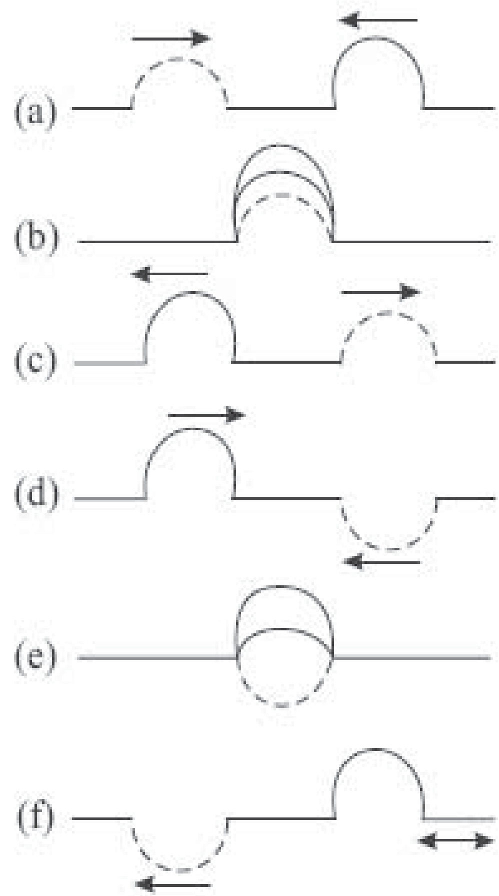
6. *ધારો કે, એકમ લંબાઈદીઠ* m *દળ ધરાવતી તણાવવાળી (ખેંચેલી) દોરી પરના તરંગની તરંગલંબાઈ* λ *અને તેની આવૃત્તિ* n *છે.* n, λ, F *અને* m *વચ્ચેનો સંબંધ લખો. જો,* $\lambda = 2\ell$, *તો* n, l, F *અને* m *વચ્ચે શું સંબંધ હશે?*

14.2. *સ્થિતિસ્થાપક માધ્યમમાં સંગત અને લંબગત તરંગોનો વેગ*ì

આકૃત્તિ 14.6 *માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે,તણાવવાળી (ખેંચેલી) સ્લિન્કિપર અલગ કંપવિસ્તાર ધરાવતા બે તરંગ શૃંગ ઉત્પન્ન કરો અને ધ્યાનથી જુઓ. શૃંગ વિરુદ્ધ દિશાઓમાં ગતી કરે છે તેઓ મળે છે*

અને તેમની વચ્ચેના મધ્યબીંદુ પર સંપાત થાય છે [આકૃત્તિ 14.6(b)] અને પછી છૂટા પડે છે. ત્યારબાદ, તેઓ સંપાત થયા પહેલાની દિશામાં જ ગતિ ચાલુ રાખે છે. તદઉપરાંત તેમનો આકાર પણ બદલાતો નથી. [Fig. 14.6(c)]

હવે, આકૃત્તિ 14.6(d) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સ્લિન્કી પર એક શૃંગ અને એક ગર્ત ઉત્પન્ન કરો. તે બંને વિરુદ્ધ દિશામાં ગતિ કરે છે તેઓ મળે છે [આકૃત્તિ 14.6(e)] ,સંપાત થાય છે અને ત્યારબાદ છૂટા પડે છે. દરેક પોતાની ગતિ સંપાત થયા પહેલાની દિશામાં જ ચાલુ રાખે છે અને દરેક સંપાત થયા પહેલાના આકાર જેવો જ આકાર ધરાવે છે. પ્રયોગ ફરીથી કરો અને બે પલ્સના જે બિંદુ પર સંપાત થાય છે તેનું ધ્યાનથી અવલોકન કરો [(આકૃત્તિ. 14.6(b) અને (e)] . તમે નોંધશો કે જ્યારે શૃંગ સંપાત થાય છે, ત્યારે પરિણામી શૃંગ મોટું હોય છે અને જ્યારે શૃંગ તથા ગર્ત સંપાત થાય છે, ત્યારે પરિણામી શૃંગ મળે છે પરંતુ નાના પરિણામનું આપણેઆ પરિણામનો સારાંશ આ મુજબ આપી શકીએ.જે બિંદુઓ પર બે પલ્સ સંપાત થાય છે ત્યાં પરિણામી સ્થાનાંતર દરેક તરંગ પલસ દ્વારા થતા સ્થાનાંતરના સદિશ સરવાળા જેટલું હોય છે આને સંપાતીકરણનો સિદ્ધાંત કહે છે.() () () ()



14.6

આકૃત્તિ 14.6 .

આ પ્રવૃત્તિ માત્ર સંપાતીકરણનો સિદ્ધાંત જ નહીં પરંતુ બે અથવા વધુ તરંગો એકબીજાથી સ્વતંત્ર રહીને સમાન અવકાશમાં ગતિ કરી શકે છે તેમ પણ દર્શાવે છે દરેક એવી રીતે ગતિ કરે છે જાણે કે અન્ય કોઈ હાજર જ ન હોય. તરંગોના આ મહત્વપૂર્ણ ગુણધર્મને કારણે એક જ સમયે અવકાશમાં રહેલ વિવિધ રેડિયો સ્ટેશનો દ્વારા તરંગો પ્રસારિત થતા હોવા છતાં આપણે ચોક્કસ રેડિયો સ્ટેશનને સાંભળી શકીએ છીએ. આપણે આ સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ તરંગો નું વ્યતીકરણ, બીટ્સની રચના અને સ્થિર અથવા સ્થિત તરંગોને સમજાવવા કરીશું.

14.3.1 તરંગોનું પરાવર્તન અને પરિવહન

આપણે આપણી ચર્ચા દોરીઓ અને સ્પ્રિંગ પર ઉત્પન્ન થયેલા યાંત્રિક તરંગો સુધી સીમિત રાખીશું. શું થાય છે અને જ્યારે લંબગત તરંગનો શૃંગ દોરીના જડિત છેડા તરફ ગતિ કરે છે ત્યારે જ કેમ થાય છે ? તે સમજવા ચાલો આપણે નીચેની પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 14.3

આકૃત્તિ (14.7 (a) માં દર્શાવ્યા અનુસાર, સ્લિનકીનો એક છેડો જડિત આધાર સાથે બાંધો. (સ્લિન્કીને સમક્ષિતિજ રાખી, તેના મુક્ત છેડાને આંચકો આપતા લંબગત તરંગનું પલ્સ ઉત્પન્ન થાય છે કે જે સ્લિન્કિના જડિત છેડા તરફ ગતી કરે છે (આકૃત્તિ. 14.7(a)) તમે અવલોકશો કે, જડિત છેડાથી પલ્સ પાછી ધકેલાય છે. પાછા ધકેલાવાથી શૃંગ એ ગર્ત બનીને વિરુદ્ધ દિશામાં ગતિ કરે છે. શું તમને કારણ ખબર છે ? પલ્સ જડિત છેડાને મળતું હોવાથી, તે આધાર પર બળ

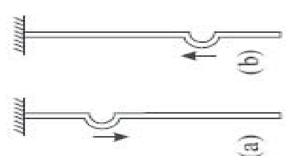


Fig.14.8

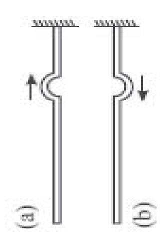


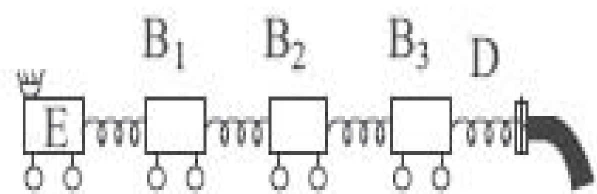
Fig. 14.7

લગાવે છે. સમાન અને વિરુદ્ધ પ્રતિક્રીયા માત્ર તરંગ પલ્સ ના પ્રસરણની દિશા જ નહીં પરંતુ તરંગ પલ્સના સ્થાનાંતરની દિશા પણ ઊલટાવી દે છે. (આકૃત્તિ 14.7(b)). આધાર સ્લિન્કી કરતાં ઘણો વજનદાર હોવાથી, તેને ઘટ્ટ માધ્યમ ગણી શકાય વિરુદ્ધ દિશામાં ગતિ કરતાં તરંગ પલ્સને પરાવર્તિત તરંગ પલ્સ કહે છે. તેથી, આપણે કહી શકીએ કે, જ્યારે પરાવર્તન ઘટ્ટ માધ્યમથી થાય છે ત્યારે પરંગ π જેટલો કળા-તફાવત અનુભવે છે, તેની કળા ઊલટાઈ

ચાલો, હવે આપણે પાતળા માધ્યમથી પરાવર્તન થતા શું થાય છે તે જોઈએ. આ માટે, આપણે અન્ય પ્રવૃત્તિ કરીશું.

પ્રવૃત્તિ 14.4

જડિત આધાર પરથી એક જડ રબરની ટ્યૂબ લટકાવો. ત્યારબાદ ટ્યૂબ પર નીચે તરફ ગતિ કરતાં તરંગ પલ્સ ઉત્પન્ન કરો. યુક્ત છેડા પરથી પરાવર્તન પામી, તરંગ પલ્સ ઉપરની તરફ ગતિ કરે છે પરંતુ તેના સ્થાનાંતરની દિશામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. ઉ.દા. શૃંગ એ શૃંગ તરીકે જ પાછું ફરે છે કેમ ? તરંગ પલ્સ જ્યારે ટ્યૂબના મુક્ત છેડા પર પહોંચે છે ત્યારે તે પાતળી સરહદ પાથી પરાવર્તન પામે છે. (નોંધો કે, રબરની ટ્યૂબ



14.9

કરતાં હવા પાતળું માધ્યમ છે) તેથી, તરંગ પલસના સ્થાનાંતરની દિશામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. તેથી, પાતળા માધ્યમથી પરાવર્તન થતાં, કળામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી.

તમે પ્રશ્ન કરી શકો : શું લંબગત તરંગો પણ સમાન રીતે જવર્તન કરે છે ? આકૃત્તિ . 14.9 જુઓ કે જે ડબ્બાઓની હારમાળા દર્શાવે છે. હવે, ધારો કે, એન્જિન E જમણી બાજુ થોડું ખસે છે. એન્જિન E અને પ્રથમ ડબ્બા વચ્ચેની બફર સ્પ્રિંગ સંકોચાય છે અને ડબ્બા B_1 ને જમણી બાજુ ધકેલે છે. ત્યારબાદ તે પોતાનો મૂળભૂત આકાર મેળવવા પ્રયત્ન કરે છે. આ સંકોચાયેલી સ્પ્રિંગ વિસ્તરણ પામવાથી, તે તૃતીય

ડબ્બા તરફ થોડી ખસે છે આ રીતે જડિત સ્ટેન્ડ D.સાથે સંપર્કમાં રહેલ છેલ્લી બફર સ્પ્રિંગમાં સંકોચન થાય છે. જડિત સ્ટેન્ડ અને છેલ્લા ડબ્બા વચ્ચેની સ્પ્રિંગ વિસ્તરણ પામતાં, માત્ર છેલ્લો ડબ્બો ડાબી બાજુ ગતી કરે છે. એન્જિન અને તેની જમણી તરફના પ્રથમ ડબ્બા વચ્ચે સંકોચન પહોંચે ત્યાં સુધી આ પ્રક્રિયા ચાલુ રહે છે તેથી, સંકોચન એ સંકોચન તરીકે પાછુ ફરે છે પરંતુ ત્યારબાદ ડબ્બાઓ ડાબી તરફ ગતિ કરે છે . આ યાંત્રિક નમૂનામાં, બફર સ્પ્રીંગ અને ડબ્બા એક માધ્યમ બનાવે છે. ડબ્બાઓ આ માધ્યમના કણો છે અને તેમની વચ્ચેની સ્પ્રીંગ સ્થિતિસ્થાપકતાનાબળો દર્શાવે છે.

તેથી, જ્યારે ઘટ્ટ માધ્યમથી પરાવર્તન થાય છે, ત્યારે લંબગત તરંગો કોઈ પણ પ્રકારના ફેરફાર વિના પરંતુ માત્ર નિશાનીના ફેરફાર સાથે પરાવર્તન પામે છે અને પાતળા માધ્યમથી પરાવર્તન થાય,ત્યારે લંબગત તરંગોનિશાનીના ફેરફાર વિના પણ પ્રકારના ફેરફાર સાથે પરાવર્તન પામે છે. 'પ્રકારના ફેરફાર' નો મતલબ થાય કે વિઘનન એ સંઘનન તરીકે અને સંઘનન એ વિઘનન તરીકે પરાવર્તન પામે છે.

પ્રશ્નો 14.3 **Questions 14.3**

1. વિરુદ્ધ દિશાઓમાં ગતિ કરતાં બે તરંગો સંપાત થાય ત્યારે શું થાય છે ?
2. જ્યારે સમાન રેખા પર સમાન વેગ સાથે ગતિ કરતી સમાન દળ ધરાવતી બે સખોટીઓ મળે ત્યારે શું થાય ?
3. દોરી પર વિરુદ્ધ દિશાઓમાં ગતી કરતાં બે સમાન તરંગ પલ્સ મળે છે. (i) જ્યારે તરંગો સમાન કળામાં હોય ત્યારે (ii) જ્યારે તરંગો વિરુદ્ધ કળામાં હોય ત્યારે શું થશે ?
4. જ્યારે દોરી પર ગતિ કરતો એક લંબગત તરંગ પલ્સ દોરીના જડિત છેડા પર પહોંચે ત્યારે શું થાય છે ?
5. જ્યારે દોરી પર ગતિ કરતો એક તરંગ પલ્સ દોરીના મુક્ત છેડા પર પહોંચે ત્યારે શું થાય છે ?
6. સંઘનન ધરાવતું તરંગ જ્યારે (i) પાતળા માધ્યમ (ii) ઘટ્ટ માધ્યમ પરથી પરાવર્તન પામે ત્યારે શું થાય છે ?

14.4 સમાન દિશામાં ગતિ કરતાં તરંગોનું સંપાતીકરણ

સમાન દિશામાં ગતિ કરતાં તરંગોનું સંપાતીકરણ તેમના કળા અને આવૃત્તિના આધારે બે અલગ ઘટનાઓ દર્શાવે છે. (i) વ્યતીકરણ (ii) બીટ્સ ચાલો, આપણે હવે આ ઘટનાઓની ચર્ચા કરીએ.

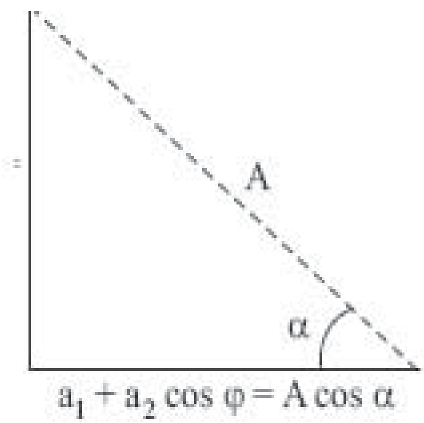
14.4.1 તરંગોનું વ્યતીકરણ

ચાલો, આપણે તરંગોના સંપાતીકરણને લીધે સર્જાયેલ વ્યતીકરણની મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ તીવ્રતાઓનો ગુણોત્તર ગણીએ. કોણીય આવૃત્તિ w તથા a_1 અને a_2 કંપવિસ્તાર ધરાવતા બે સરળ આવર્ત તરંગો ધ્યાનમાં લો. બંને સમાન વેગ $v = \omega/k$ પરંતુ અચળ કળા તફાવત ϕ સાથે x – અક્ષ પર ગતિ કરે છે. આ તરંગોને આ સમીકરણો દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

$$y_1 = a_1 \sin (\omega t - kx)$$

અને

$$y_2 = a_2 \sin [(\omega t - kx) + \phi]$$



14.10

બંને તરંગો સમાન સમાન દિશામાં સમાન વેગ થી સમાન રેખા પર ગતિ કરતાં હોવાથી તેઓ સંપાત થાય છે. સંપાતીકરણના સિધ્ધાંત અનુસાર, આપેલ સમયે, આપેલ સ્થળે પરિણામી સ્થાનાંતર

$\omega = 2\pi/T$ અને $k =$ તરંગ નંબર.

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin (\omega t - kx) + a_2 \sin [(\omega t - kx) + \phi]$$

જો આપણે $(\omega t - kx) = \theta$, મૂકીએ તો

$$y = a_1 \sin\theta + a_2 \sin (\theta + \phi)$$

$$= a_1 \sin\theta + a_2 \sin\theta \cos\phi + a_2 \sin\phi \cos\theta$$

ચાલો, આપણે $a_2 \sin\phi = A \sin\alpha$

અને $a_1 + a_2 \cos\phi = A \cos \alpha$ મૂકીએ.

તો

$$y = A \cos\alpha \sin\theta + A \sin \alpha \cos\theta$$

$$= A \sin (\theta + \alpha)$$

θ નું મૂલ્ય મૂકતાં

$$y = A \sin [(\omega t - kx) + \alpha]$$

તેથી, પરિણામી તરંગની કોણીય આવૃત્તિ ω તથા કંપવિસ્તાર A છે. જે આ મુજબ આપી શકાય.

$$A^2 = (a_1 + a_2 \cos\phi)^2 + (a_2 \sin\phi)^2$$

$$= \quad + \quad \cos^2\phi + 2a_1a_2 \cos\phi + \quad \sin^2\phi$$

$$A^2 = \quad + \quad + 2\, a_1a_2\cos\phi \qquad (14.18)$$

સમીકરણ (14.18) નાં ϕ એ બે સંપાત થયેલા તરંગો વચ્ચેનો કળા તફાવત છે. જો બે તરંગો વચ્ચેનો કળા તફાવત છે. જો બે તરંગો વચ્ચેનો પથ - તફાવત કળા - તફાવત ,જેટલો હોય તો

$\phi =$, જ્યાં એ એકમ અંતર દીઠ કળામાં ફેરફાર છે.

જ્યારે પથ તફાવત ના યુગ્મ ગુણાંકમાં હોય ઉદાહરણ $p = 2m$ તો કળા તફાવત આ મુજબ આપી શકાય. $\phi = (2\pi/\lambda) \times (2m\, \lambda/2) = 2m\pi$. Since $\cos 2\pi = +1$,હોવાથી સમીકરણ (14.18) પરથી,

$$A^2 = \quad + \quad + 2a_1a_2 = (a_1 + a_2)^2$$

જ્યારે સમરેખીય તરંગો સમાન કળામાં હોય તથા સમાન દિશામાં ગતિ કરતા હોય ત્યારે, સંપાતીકરણના પરિણામે મળતાં તરંગનો કંપવિસ્તાર દરેક તરંગના કંપવિસ્તારના સરવાળા બરાબર થાય.

આપેલા સ્થાને, તરંગની તીવ્રતા તેના કંપવિસ્તારના સરવાળા બરાબર થાય છે.

$$I_{max} \;\alpha\; (a_1 + a_2)^2$$

જ્યારે $p = (2m + 1)\, \lambda/2$, ત્યારે $\phi = (2m + 1)\, \pi$ અને $\cos\phi = -1$. તેથી સમીકરણ (14.18),

નોંધ

મળે છે. $A^2 = \quad + \quad - 2a_1a_2 = (a_1 - a_2)^2$

આ દર્શાવે છે કે જ્યારે સમાન દિશામાં ગતિ કરતાં બે સમરેખીય તરંગોની કળામાં ના અયુગ્મ ગુણાંક નો તફાવત હોય, ત્યારે તેમના સંપાતીકરણના પરિણામે મળતાં તરંગનો કંપવિસ્તાર દરેક તરંગના કંપવિસ્તારના તફાવત બરાબર થાય.

તેથી, $I_{min} \alpha (a_1 - a_2)^2$

આમ, $\quad = \quad$ (14.19)

જો $a_1 = a_2$ તો પરિણામી તરંગની તીવ્રતથા શૂન્ય થાય. આ પરિણામો દર્શાવે છે કે વ્યતીકરણ એ તરંગોના સંપાતીકરણને લીધે અવકાશમાં થતું ઊર્જાનું મહત્વપૂર્ણ પુર્નવિતરણ છે.

14.2 બીટસ

આપણે જોયું કે, સમાન દીશામાં પ્રસરણ પામતા સમાન આવૃત્તિ ધરાવતા તરંગોના સંપાતીકરણ દ્વારા વ્યતીકરણનું નિર્માણ થાય છે. હવે, ચાલો આપણે જાણીએ કે લગભગ સમાન આવૃત્તિ ધરાવતા તરંગોના સંપાતીકરણનું શું પરિણામ મળે છે. સૌપ્રથમ ચાલો આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ :-

સમાન આવૃત્તિ 512 Hz ધરાવતાં બે સ્વરકાંટા લો. ચાલો,આપણે તેમને A અને B નામ આપીએ.

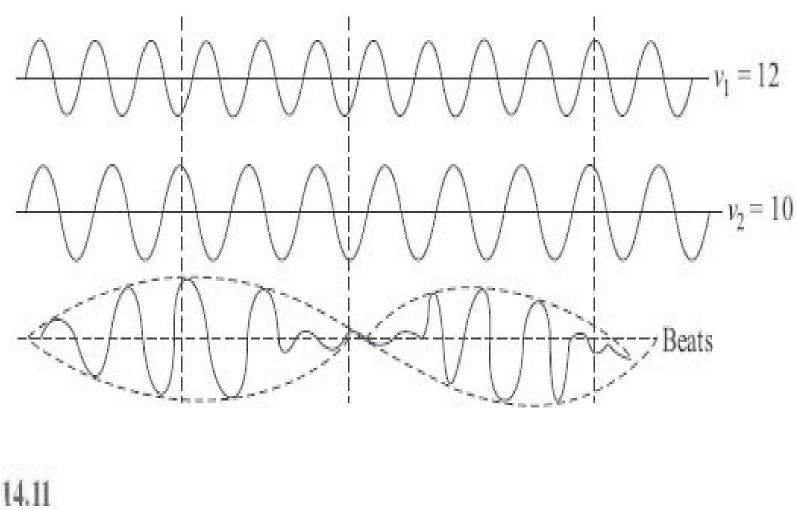
સ્વરકાંટા B ના દાંતાને થોડુંક મીણ લગાડો. હવે તેમને એક સાથે રબરની હથોડી દ્વારા વગાડો. એક સાથે રબરની હથોડી દ્વારા વગાડો. તેમના સ્ટેમને ટેબલની સપાટી પર દબાવો અને તમારું અવલોકન નોંધો. તમે અવલોકન કરશો કે ધ્વનિની તીવ્રતા વારાફરતી મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ થાય છે. તીવ્રતાના મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ બનવાના ક્રમિક પરિવર્તનને બીટસ કહે છે. એક વા મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ આને એક બીટ કહે છે. B ના દાંતા પર થોડું મીણ લગાડવાથી તમે જાણશો કે બીટ્સની સંખ્યા વધે છે.

B ના દાંતાઓ પર મીણ લગાડવાથી કદાચ એક પણ બીટસ ન સંભળાય. પણ તેનું કારણ એ છે કે આપણા કાન એક સેકન્ડના દસમા ભાગ કરતાં ઓછા અંતરાલમાં ઉત્પન્ન થયેલા બે ધ્વનિઓને અલગ સાંભળવ સક્ષમ નથી. ચાલો, હવે આપણે બીટસ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે.

(a) *બીટસની રચના : -*

ધારો કે આપણી પાસે બે સ્વરકાંટા A *અને* B *છે જેની આવૃત્તિ અનુક્રમે* N *અને* $N + n$ *છે.* n *એ* 10*કરતાં નાની સંખ્યા છે એક સેકન્ડમાં* A *એ* N *કંપનો પૂરા કરે છે. પરંતુ* B $N + n$ *કંપનો પૂરાકરે છે. એક સેકન્ડમાં સ્વરકાંટા* A *કરતાં* B *એ* n *જેટલાં વધુ કંપનો પૂરા કરે છે. બીજા શબ્દોમાં,* 1s *માં* B *એ* A *કરતાં* n *જેટલાં કંપનો વધુ મેળવે છે. અને તેથી તે* A *કરતાં* (1/n) s *માં* 1 *કંપન અને* (1/2n) s *માં અડધું કંપન મેળવે છે. ધારો કે* $t = 0$ *શરૂઆતમાં, બંને સ્વરકાંટા સમાન કળામાં કંપન કરતાં હોય છે. તો* (1/2n)s *બાદ* B *એ* A *કરતાં અડધુ કંપન મેળવશે. તેથી તે વિરુધ્ધ કળામાં કંપન કરશે.જો* A *અવલોકનના તરફનું સંઘનન તરંગ મોકલે તો* B *વિઘનનનું તરંગ મોકલે. અને કાને મેળવેલ પરિણામે તીવ્રતા શૂન્ય થશે.* (1/n)s *બાદ* B *એ એક પૂર્ણ કંપન મેળવશે. જો હવે,* A *અવલોકનકાર તરફ સંઘનનનું તરંગ મોકલે. તો* B *પણ સંઘનનનું તરંગ મોકલે. અવલોકેલી તીવ્રતા મહત્તમ બનશે.* (3/2n)s *બાદ, બંને સ્વરકાંટા ફરીથી વિરુધ્ધ કળામાં કંપન કરે છે. અને તેથી તીવ્રતા ફરી ન્યૂનત્તમ બનશે. આ પ્રક્રિયા ચાલ્યા*

$\frac{1}{2n}s$ *કરે છે. અવલોકનકાર* (1/n)s *માં* 1 *બીટ સાંભળશે. અને તેથી એક સેકન્ડમાં* n *બીટસ સાંભળશે. તેથી, એક સેકન્ડમાં સાંભળેલ બીટ્સની સંખ્યા બે સ્વરકાંટાની આવૃત્તિઓ તફાવત બરાબર હોય છે. જો એક સેકન્ડમાં* 10 *થી વધુ બીટસ ઉત્પન્ન થાય, તો બીટસ અલગ - અલગ સંભળાતા નથી. બીટની આવૃત્તિ* n *અને બીટના આવર્તકાળ* $1/n$ *છે.*



14.11

(b) આલેખની રીત :- (a) 12 cm લાંબી રેખા દોરો. તેને 1 cm નો એક એવા 12 સરખા ભાગમાં વિભાજિત કરો. આ રેખા પર 1 cm લાંબી અને 0.5 cm ઊંચાઈ ધરાવતી 12 Hz તરંગલંબાઈઓ દોરો. આ એક 12 Hz આવૃત્તિ ધરાવતું તરંગ દર્શાવે છે. રેખા પર (b) 1.2 cm લાંબી અને 0.5 cm.ઊંચાઈ ધરાવતી 10 તરંગલંબાઈઓ દોરો. આ 10Hz આવૃત્તિ ધરાવતું તરંગ દર્શાવે છે.(c) પરિણામી તરંગ દર્શાવે છે. આકૃતિ. 14.11 ખરેખર તરંગો નથી, પરંતુ સ્થાનાંતર સમય આલેખો છે. તેથી, પરિણામી તીવ્રતા વારાફરતી મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ થાય છે. એક સેકન્ડમાં ઉત્પન્ન થયેલા બીટસની સંખ્યા Δv છે તેથી, બીટ આવૃત્તિ સંપાત થયેલ તરંગોની આવૃત્તિઓનો તફાવત થયેલ તરંગોની આવૃત્તિઓનો તફાવત બરાબર છે.

ઉદાહરણ :- **14.3 :** એક અજ્ઞાત આવૃત્તિનો સ્વરકાંટો, 500 Hz ના બીજા સ્વરકાંટા સાથે સેકન્ડ દીઠ 5 બીટસ આપે છે. અજ્ઞાત સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ શોધો.

ઉકેલ :- $v' = v \pm n = 500 \quad 5$

$\Rightarrow$ અજ્ઞાત સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ 495 Hz અથવા 505 Hz હશે.

ઉદાહરણ : - **14.4 :** વ્યતીકરણમાં તીવ્રતાના મહત્તમ અને ન્યૂનત્તમ મૂલ્યોનો ગુણોત્તર 9 છે. સંપાત થયેલા તરંગોના કંપવિસ્તારના ગુણોત્તર શું હશે ?

ઉકેલ : - , જ્યાં $r =$.

તેથી આપણે લખી શકીએ કે,

$= 3$

તમે સરળ રીતે તેને $r =$ મેળવવા ઉકેલી શકો. ઉ.દા. એક તરંગના કંપવિસ્તાર બીજા કરતા બમણો છે.

પાઠગત પ્રશ્નો :- 14.4

1. જો બે તરંગોની તીવ્રતાઓનો ગુણોત્તર 1:16 હોય અને તેઓ વ્યતીકરણ ઉત્પન્ન કરતાં હોય,

તો ગુણોત્તર I_{max}/I_{min} ગણો.

2. ધ્વનિના બે ઉદ્દગમોમાંથી ઉત્સર્જાતા v અને v + 4 આવૃત્તિઓ ધરાવતા તરંગો સંપાત થાય છે. તમે શું અવલોકન કરશો. ?

3. v અને v + Δv આવૃત્તિઓ ધરાવતા બે તરંગો સંપાત થાય છે , તો બીટ્સની આવૃત્તિ શું થશે ?

4. સ્વરકાંટા A અને B 5 બીટસ પ્રતિ સેકન્ડ ઉત્પન્ન કરે છે. A એક દાંતા પર એક નાની રિંગ લગાડતા, ફરી 5 બીટ્સ પ્રતિ સેકન્ડ ઉત્પન્ન થાય છે જો B ની આવૃત્તિ 512 Hz હોય તો રિંગ લગાડયા પહેલાં A ની આવૃત્તિ કેટલી હશે ? તમારા ઉત્તરનું કારણ આપો.

14.5 વિરુધ્ધ દિશામાં ગતિ કરતાં સમાન આવૃત્તિ ધરાવતાં તરંગોનું સંપાતીકરણ

અત્યાર સુધી આપણે સમાન દિશામાં ગતિ કરતા સમરેખીય તરંગોના સંપાતીકરણની ચર્ચા કરી છે. આવા તરંગોમાં સંપાતીકરણની ચર્ચા કરી છે. આવા તંરગોમાં, માધ્યમના ગુણધર્મો પર આધારિત વેગ સાથે શૃંગ અને ગર્ત અથવા વિઘનન અને સંઘનન માધ્યમમાં ગતિ કરે છે. સમાન તરંગલંબાઈ અને સમાન કંપવિસ્તાર ધરાવતા તથા માધ્યમમાં સમાન રેખા પર સમાન ઝડપથી એકબીજાની વિરુધ્ધ દિશામાં ગતિ કરતાં પ્રગામી તરંગોના સંપાતીકરણથી સ્થિર અથવા સ્થિત તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. આ તરંગોમાં, અવલોકનકારની સાપેક્ષે શૃંગ અને ગર્ત અથવા સંઘનન અને વિઘનન સ્થિર રહે છે.

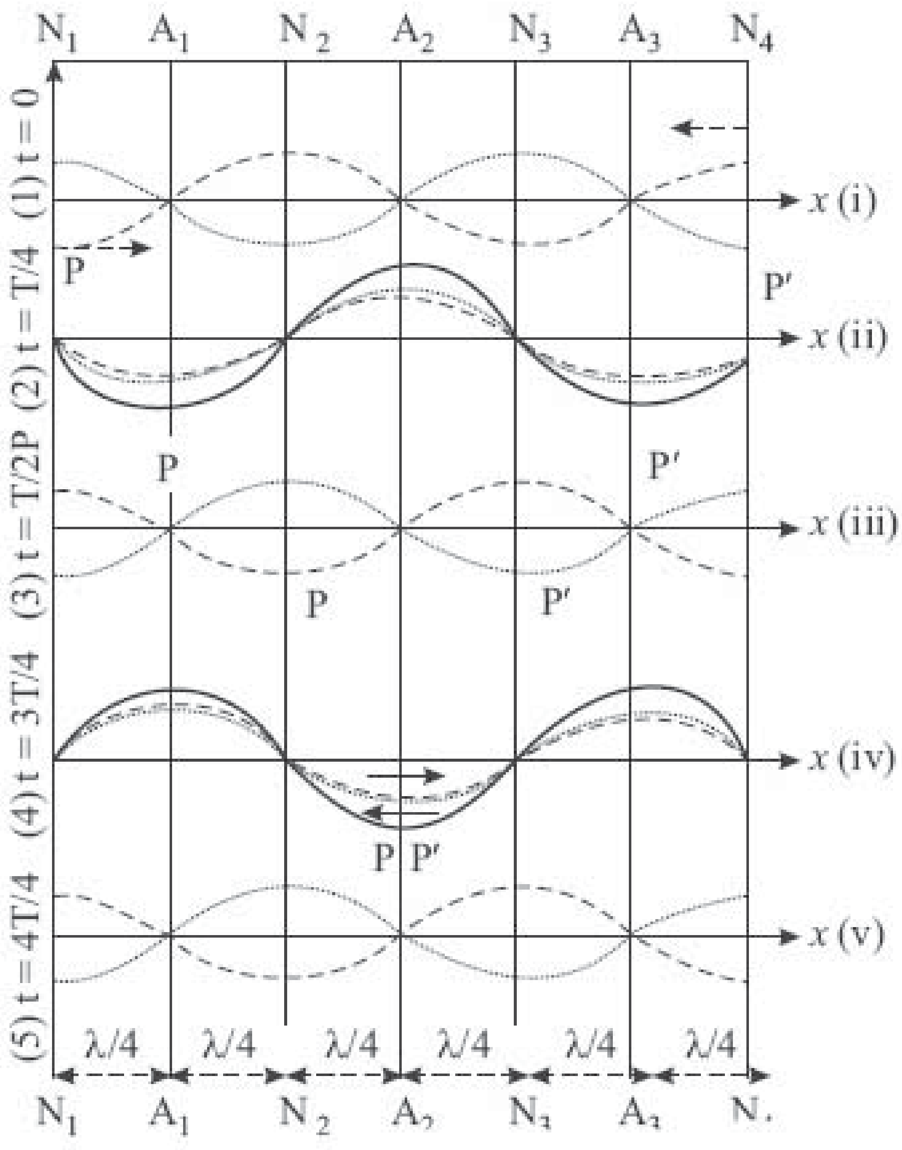
14.5.1 સ્થિત (સ્થિર) તરંગોની રચના

સ્થિત તરંગોની રચના સમજવા માટે, આકૃતિ. 14.12 જુઓ કે જેમાં આપણે આપાત, પરાવર્તિત અને પરિણામી તરંગોના સ્થાન, દરેક T/4s એટલે કે કંપનના આવર્તકાળના ચર્તુથાંશ ભાગ માટે દર્શાવ્યો છે.

(i) શરૂઆતમાં $t = 0$, [આકૃતિ. 14.12(i)] બિંદુવત વળાંક દ્વારા દર્શાવેલ આપાત તરંગ અને લીટીવાળા વળાંક દ્વારા દર્શાવેલ પરાવર્તિત તરંગ વિરુધ્ધ કળામાં છે. તેથી, દરેક બિંદુએ પરિણામી સ્થાનાંતર શૂન્ય છે. બધા કણો તેમને અનુરૂપ મધ્યમાન સ્થાન પર છે.

(ii) $t = T/4$s [આકૃતિ. 14.12(ii)] એ, આપાત તરંગ λ/4 જેટલું જમણી બાજ આગળ વધ્યું છે જે બિંદુ P ના સ્થાનાંતર દ્વારા દર્શાવ્યું છે અને પરાવર્તિત તરંગ λ/4 જેટલું ડાબી બાજુ આગ વધ્યું છે. જે બિંદુ P′ ના સ્થાનાંતર દ્વારા દર્શાવ્યું છે જાડા સતત વળાંક દ્વારા પરિણામી તરંગ દર્શાવ્યું છે તે

જોઈ શકાય છે કે દરેક બિંદુએ પરિણામી સ્થાનાંતર મહત્તમ છે તેથી દરેક બિંદુએ કણનો વેગ શૂન્ય છે અને તાણ મહત્તમ છે.



14.12

આકૃતિ. 14.12

(iii) t = T/2s [આકૃતિ. 14.12(iii)] આપાત તરંગ અંતર λ/2 જેટલું જમણી બાજુ આગળ વધ્યું છે. જે બિંદુ P ના સ્થાનાંતર દ્વારા દર્શાવ્યુંછે. અને પરાવર્તિત તરંગ λ/2 અંતર જેટલું ડાબી બાજુ

આગળ વધ્યું છે. જે બિંદુ P′ ના સ્થાનાંતર દ્વારા દર્શાવ્યું છે. દરેક બિંદુએ સ્થાનાંતર વિરુધ્ધ દિશામાં હોવાથી, પરિણામી શૂન્ય જાડી રેખા દ્વારા દર્શાવેલ છે.

(iv) t = 3T/4s એ [આકૃતિ. 14.12(iv)] બંને તરંગો ફરીથી સમાન કળામાં છે. દરેક બિદુંએ પરિણામી સ્થાનાંતર મહત્તમછે`. કણનો વેગ શૂન્ય છે. પરંતુ તાણ મહત્તમ શક્ય મૂલ્ય ધરાવે છે.

(v) t = 4T/4s એ [આકૃતિ. 14.12(v)],દરેક બિંદુએ આપાત અને પરાવર્તિત તરંગો વિરુધ્ધ કળામાં છે. પરિણામી તરંગ સીધી રેખા છે. (સળંગ જાડી રેખા દ્વારા દર્શાવેલ છે.) દરેક બિંદુના પરનો તાણ $\Delta y/\Delta x$ દર્શાવેલ છે.

નોંધો કે,

- બિંદુઓ N_1, N_2, N_3 અને N_4 પર કંપવિસ્તાર શૂન્ય છે પરંતુ તાણ મહત્તમ છે. આવા બિંદુઓને નિસ્પંદ બિંદુઓ કહે છે.
- A_1, A_2 અને A_3 બિંદુઓ પર કંપવિસ્તાર મહત્તમ છે. પરંતુ તાણ ન્યૂનત્તમ છે. આવા બિંદુઓને પ્રસ્પં બિંદુઓ કહે છે.
- બે અનુક્રમિક નિસ્પં અથવા બે અનુક્રમિક પ્રસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેનુ અંતર $\lambda/2$ છે.
- નિસ્પંદ અને ત્યારબાદ આવતાં પ્રસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું અંતર $\lambda/4$ છે.
- સ્થિત તરંગના દોલનનો આવર્તકાળ એ સ્થિત તરંગની રચના કરતાં સંપાતીકરણ પામેલ બે ગતિ કરતાં તરંગના આવર્તકાળ બરાબર હોય છે.
- એક બિંદુની સાપેક્ષે ઊર્જા વારાફરતી આગળ અને પાછળ તરફ વધે છે. પરંતુ સરેરાશ રીતે, એક બિંદુ પરનો ઊર્જા પ્રવાહ શૂન્ય છે.

બે સદિશ, સમરેખીય, સમાન ઝડપથી વિરુધ્ધ દીશામાં ગતિ કરતાં તરંગોના સંપાતીકરણથી સ્થિત તરંગો રચાય છે. તેઓને સ્થિત તરંગો કહે છે. કારણ કે તરંગ રચના આગળ ગતિ કરતી નથી. પરંતુ વારાફરતી સંકોચાય છે અને વિસ્તરણ પામે છે ઊર્જા માત્ર આગળ અને પાછળ તરફ વધે છે. અને સરેરાશ રીતે, બિંદુ પરથી ઊર્જાનો કોઈ ચોખ્ખો પ્રવાહ મળતો નથી.

14.5.2 સ્થિત તરંગનું સમીકરણ

નોંધ

નોંધ

માધ્યમમાં $v = \omega/k$ વેગથી ગતિ કરતાં એક સરળ આવર્ત તરંગનું સમીકરણ આ મુજબ છે.

$$y_1 = -a \sin(\omega t - kx)$$

ઘટ્ટ માધ્યમથી પરાવર્તન પામી, ધારો કે તરંગ X– અક્ષ પરથી સમાન રેખા પર વિરુધ્ધ દિશામાં π જેટલા કળા ફેરફાર સમીકરણ આ મુજબ મળે.

$$y_2 = a \sin(\omega t - kx)$$

તેથી, બે તરંગોના સંપાતીકરણને લીધે આપેલ બિંદુએ અને આપેલ સમયે મળતું પરિણામી સ્થાનાંતર આ મુજબ છે.

$$y = y_1 + y_2$$

$$= a \sin(\omega t - kx) - a \sin(\omega t - kx)$$

ત્રિકોણમિતિનો ઉપયોગ કરતાં, $\sin A - \sin B = 2 \operatorname{Sin}(A - B)/2, \cos(A + B)/2$ ઉપરનું સૂત્ર આ સરળ સ્વરૂપ ધારણ કરે છે.

$$y = -2a \sin kx \cos \omega t \qquad (14.20)$$

ચાલો, આપણે $-2a \sin kx = A$ મૂકીએ, તો

$$y = A \cos \omega t$$

સમીકરણ (14.20) કોણીય આવૃત્તિ ω અને કંપવિસ્તાર $2a \sin kx$ ધરાવતું પરિણામી તરંગ દર્શાવે છે. આ સ્થિત તરંગનું સમીકરણ છે. પરિણામી તરંગનો કંપવિસ્તાર કોણીય આવૃત્તિ ω સાથે અવકાશમાં દોલન કરે છે કે જે કળા ફેરફાર પ્રતિ મીટર છે. આવા બિંદુઓ પર કે જ્યાં $kx = m\pi = m\lambda/2$, $\sin kx = \sin m\pi = 0$ છે તેથી, $A = 0$,

જે બિંદુઓ પર કંપવિસ્તાર શૂન્ય હોય તેમને નિસ્પંદ બિંદુઓ કહે છે. આવા બિંદુઓ પર $\Delta y/\Delta x =$ મહત્તમ એટલે કે તાણ મહત્તમ હોય છે. સ્પષ્ટ રીતે, બે નજીકત્તમ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર $\lambda/2$ છે.

બિંદુઓ કે જ્યાં $kx = (2m + 1)\pi/2$ અથવા $x = (2m + 1)\lambda/2 \times \lambda/2\pi = (2m + 1)\lambda/$

4

નોંધ

Sin $kx = \sin (2m + 1) \pi/2 = \pm 1$.

તેથી A મહત્તમ થશે. આવા બિંદુઓ પર તાણ $\Delta y/\Delta x$ શૂન્ય હોય. સ્પષ્ટ રીતે, આવા બે પાડોશી બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર $\lambda/2$ હોય. આ બિંદુઓ કે જયાં કંપવિસ્તાર મહત્તમ પરંતુ તાણ શૂન્ય હોય તેમને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ કહે છે.

અહીં, નોંધી શકાય કે, નિસ્પંદ બિંદુઓ પર, કણનો વે ગ શૂન્ય છે અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પણ, કણનો વેગ $\Delta y/\Delta t$ મહત્તમ છે. તેથી, કોઈ પણ બિંદુ પરનો સરેરાશ ઊર્જા પ્રવાહ શૂન્ય છે. ઊર્જા માત્ર આગળ અને પાછળ તરફ વધે છે. તેથી જ, આ તરંગોને સ્થિર અથવા સ્થિત તરંગો કહે છે.

14.5.3 પ્રગામી અને સ્થિત તરંગો વચ્ચેનો તફાવત

ચાલો, આપણે પ્રગામી અને સ્થિત તરંગો વચ્ચેના મુખ્ય તફાવતોનો સારાંશ જોઈએ.

પ્રગામી તરંગો	સ્થિત તરંગો
1. માધ્યમની ઘનતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા (અથવા તણાવ) ના આધારે માધ્યમની ચોકકસ શરતો શૃંગ અને ગર્ત અથવા સંઘનન અને વિઘનન ચોક્કસ ઝડપ સાથે ગતિ કરે છે.	બે નિસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેના માધ્યમના ભાગ સંકોચન અને વિસ્તરણ પામે છે. માધ્યમના દરેક કણ લોલકની જેમ આમ- તેમ કંપન કરે છે.
2. બધા કણોના કંપનનો કંપવિસ્તાર સમાન હોય છે.	નિસ્પંદ બિંદુઓ પર કંપવિસ્તાર શૂન્ય પરંતુ પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર કંપવિસ્તાર મહત્તમ હોય છે.
3. બધા કણો તેમના માધ્યમના સ્થાનો પરથી મહત્તમ વેગ સાથે એક પછી એક પસાર થાય છે.	નિસ્પંદ બિંદુઓ પર કણનો વેગ શૂન્ય અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર મહત્તમ હોય છે.
4. એક કણથી બીજા કણ સુધી ઊર્જાનું વહન ચોક્કસ ઝડપે થાય છે.	માધ્યમના એક ભાગમાં ઊર્જા આગળ અને પાછળ વધે છે. પરંતુ બિંદુ પરથી પસાર થતી

	નથી.
5. પ્રગામી તરંગમાં, કણો તેમનો મહત્તમ વેગ એક પછી એક મેળવે છે.	સ્થિતિ તરંગોમાં, વિવિધ બિંદુઓ પર મહત્તમ વેગ અલગ હોય છે. શૂન્ય પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર મહત્તમ હોય છે. પરંતુ બધા કણો તેમના અનુરૂપ મહત્તમ વેગ એક સાથે મેળવે છે.
6. પ્રગામી તરંગોમાં, દરેક ભાગ એક પછી પર એક સમાન તાણ અનુભવે છે.	સ્થિત તરંગોના કિસ્સામાં, નિસ્પંદ બિંદુઓ તાણ અને મહત્તમ અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર શૂન્ય હોય છે.
7. એવું કોઈ બિંદુ નથી કે જ્યાં ઘનતાનો ફેરફાર થતો ન હોય.	પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર ઘનતામાં કોઈ ફેરફાર નથી. પરંતુ નિસ્પંદ બિંદુઓ પર ઘનતામાં મહત્તમ ફેરફાર થાય છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 14.5

1. શું સ્થિત તરંગોના કિસ્સામાં બિંદુ પરથી ઊર્જાનું વહન થાય છે. ? તમારા ઉત્તરનું કારણ આપો.
2. બે અનુક્રમિક નિસ્પંદ બિંદુઓ અને એક નિસ્પંદ અને ત્યારબાદ આવતાં પ્રસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું અંતર શું હોય ?
3. દબાણ નિસ્પંદ બિંદુઓ એ સ્થાનાંતર પ્રસ્પંદ બિંદુઓ અને દબાણ પ્રસ્પંદ બિંદુઓ એ સ્થાનાંતર નિસ્પંદ બિંદુઓ છે સમજાવો.
4. હવામાં 170Hz આવૃત્તિ ધરાવતાં સ્થિત તરંગોની રચનામાં થાય છે જો તરંગોનો વેગ $340\ ms^{-}$

^{1} હોય, તો (i) બે નજીકત્તમ નિસ્પંદ બિંદુઓ (ii) બે નજીકત્તમ પ્રસ્પંદ બિંદુઓ (iii) નજીકત્તમ નિસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું ઓછામાં ઓછું અંતર કેટલું હશે ?

14.6 સંગીતમય ધ્વનિની લાક્ષણિકતાઓ

સંગીતમય ધ્વનિની લાક્ષણિકતાઓ એક સંગીતમય ધ્વનિને બીજાથી અલગ તારવવા આપણને મદદરૂપ થાય છે.

14.6.1 પીચ (PITCH)

પીચ એ સંગીતમય ધ્વનિની લાક્ષણિકતા છે કે જે આપણને સ્વરને 'ઊંચા કે નીચા' માં વર્ગીકૃત કરવા સક્ષમ બનાવે છે તે વ્યકિતલક્ષી રાશિ છે કે જેને કોઈ સાધન દ્વારા આપી શકાય નહી. તે આવૃત્તિ પર આધારિત છે જો કે બંને વચ્ચે એક થી એક એવા સંબંધ અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી. કર્કશ, તીક્ષ્ણ અને તીવ્ર ધ્વનિને ઊંચા પીચવાળી ધ્વનિ કહેવાય. પરંતુ નીરસ, સીધા અને સરળ સ્વરને નીચા પીચવાળો ધ્વનિ કહેવાય. સિંહની ગર્જના ઊંચી તીવ્રતા ધરાવતી હોવા છતાં નીચા પીચની છે. બીજી તરફ, મચ્છરનું ગણગણવું નીચી તીવ્રતાનું હોવા છતાં ઊંચા પીચનું છે.

14.6.2 લાઉડનેસ

ધ્વનિની લાઉડનેશ શ્રોતાના કાન દ્વારા અનુભવાતી ધ્વનિની તીવ્રતાની વ્યકિતલક્ષી અસર છે આપેલા બિંદુએ સપાટીને લંબરૂપ, પ્રતિ સેકન્ડ એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ વહન પામતી ઉર્જાની સરેરાશ માત્રાને તરંગની તીવ્રતા કહે છે. કાન, તીવ્રતાઓ મોટા ગાળા માટે સંવેદનશીલ છે. તેથી, અંકગણિત તીવ્રતાના સ્કેલ કરતાં લોગ સ્કેલ વધુ અનુરૂપ છે.

સાંભળવાની થ્રેશોલ્ડ અને ધ્વનિની તીવ્રતા

ધ્વનિની તરંગની તીવ્રતાના સ્તર β ને આ સમીકરણ દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.

$$\beta = 10 \log I/I_0 \qquad (14.21)$$

જયાં I_0 એ સંદર્ભ તીવ્રતા છે, જેનું મૂલ્ય 10^{-12} Wm^{-2} છે. આ મૂલ્ય નાનામાં નાનો જે ધ્વનિ સંભાળી શકાય તેને અનુરૂપ છે. તીવ્રતાના સ્તરને (ડેસીબલ) માં દર્શાવાય છે. જેને ટૂંકમાં db કહે

છે.શ્રાવ્યના (સાંભળવાની ક્ષમતા) ના ગાળામાં, આવૃત્તિ સાથે માનવ કાનની સંવેદનશીલતા પણ બદલાય છે. કોઈ પણ આવૃત્તિ પર શ્રાવ્યતા થ્રેશોલ્ડ એ તે આવૃત્તિ પરના ધ્વનિની ન્યૂનત્તમ તીવ્રતા છે.

આકૃતિ. 14.13

અનુભવાતી લાઈડનેશ માટે સોન **(sone)** પ્રમાણભૂત છે જયારે 1 કિલો હર્ટઝ આવૃત્તિ, 40db તીવ્રતા ધરાવતો ધ્વનિ બંને કાન પર હાજર હોય ત્યારે શ્રોતા દ્વારા અનુભવતી લાઉડનેસને સોન કહે છે. આકૃતિ 14.13 માં દર્શાવેલ આલેખમાં આવૃત્તિઓના અને તીવ્રતાઓના ગાળા દર્શાવેલ છેકે જેના માટે કાન સંવેદનશીલ છે. હકીકતમાં, તે હર્ટઝમાં આવૃત્તિ વિરુધ્ધ ડેસીબલમાં તીવ્રતાના આલેખ છે. આ આલેખ સારી શ્રાવ્યતા માટેનું શ્રાવ્ય ક્ષેત્ર દર્શાવે છે નીચેના મુદ્દાઓ નોંધી શકાય.

- આલેખનો નીચેનો ભાગ કે જયાં શ્રાવ્યતા થ્રેશોલ્ડ 5db આસપાસ છે. તે દર્શાવે છે કે 2000 Hz થી 3000 Hz ની વચ્ચેની આવૃત્તિઓ માટે કાન સૌથી વધુ સંવેદનશીલ છે. સામાન્ય રીતે, શ્રાવ્યતા થ્રેશોલ્ડ શૂન્ય ડેસિબલ છે.

- આલેખ ઉપરના ભાગને અનુરૂપ તીવ્રતાઓ પર શ્રાવ્યતાથી અગવડતા અને દર્દ સુધીના ફેરફાર થાય છે. આ વળાંક સંવેદનશીલતાનો થ્રેશોલ્ડ છે.
- તીવ્રતા સાથે લાઉડનેસ વધે છે. પરંતુ આ બંને વચ્ચે કોઈ ચોક્કસ સંબંધ નથી.
- સમાન તીવ્રતા પરંતુ અલગ આવૃત્તિ ધરાવતા શુધ્ધ સ્વરો સમાન લાઉડનેસ ઉત્પન્ન કરે તેવું જરૂરી નથી.
- ઉપરના વળાંકની ઊંચાઈ 120 db ના સ્તરે બધી આવૃત્તિઓ માટે અચળ છે.

ધ્વનિ તરંગોની તીવ્રતા નીચેના પરિબળો પર આધારિત છે.

- કંપનનો વિસ્તાર : $I \alpha a^2$ જ્યાં a એ તરંગનો કંપવિસ્તાર છે.
- અવલોકનકાર અને ઉદગમ વચ્ચેનું અંતર : $I \alpha 1/r^2$ જ્યાં r એ અવલોકનકારનું ઉદ્દગમથી અંતર છે. (તેને બિંદુવત્ ધારતાં)

3. તીવ્રતા તરંગની આવૃત્તિના વર્ગન સમપ્રમાણમાં હોય છે. ($I \alpha v^2$).
4. તીવ્રતા માધ્યમની ઘનતાના સમપ્રમાણમાં હોય છે. ($I \alpha \rho$).

14.6.3 ગુણવત્તા

તે ધ્વનિતરંગોની લાક્ષણિકતા છે કે જેના દ્વારા બે અલગ સાધનોના સમાન પીચ અને તીવ્રતા ધરાવતા સ્વરો વચ્ચેનો તફાવત જાણી શકાય છે. સ્વરકાંટા સિવાય કોઈ પણ સાધન શુધ્ધ ધ્વનિ એટલે કે એક ચોક્કસ આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને ઉત્પન્ન કરી શકે નહી. સામાન્ય રીતે, જ્યારે n આવૃત્તિ ધરાવતો ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે, ત્યારે ઊંચી આવૃત્તિઓ $2n$, $3n$, $4n$ ... ધરાવતાં ધ્વનિ પણ ઉત્પન્ન થાય છે આ ધ્વનિઓ અલગ કંપવિસ્તાર અને કળા સંબંધો ધરાવે છે. ઉત્સર્જાયેલા તરંગોનું પરિણામી તરંગ ઉત્સર્જાયેલ ધ્વનિની ગુણવત્તા નિશ્ચિત કરે છે. લાઉડનેસ અને પીચની જેમ ગુણવત્તા પણ વ્યકિતલક્ષી રાશિ છે. તેનો આધાર પરિણામી તરંગના સ્વરૂપ પર રહેલો છે.

14.6.4 ઓર્ગન પાઈપ (નળી)

તે પવન સાધનનું સૌથી સરળ સ્વરૂપ છે. લાકડા અથવા ધાતુની બનેલી, સંગીતમય ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરતી પાઈપ (નળી) ને ઓર્ગન પાઈપ કહે છે. વાંસળીએ ઓર્ગન પાઈપનું ઉદાહરણ છે. જો પાઈપના બંને છેડા

ખુલ્લા હોય, તો તેને (ખુલ્લી) ઓપન (પાઈપ) નળી કહે છે. જો કે, એક છેડો બંધ હોય, તો તેને કલોઝડ પાઈપ (બંધ નળી) કહે છે. જયારે આપણે યોગ્ય રીતે .ફૂંકીએ ત્યારે લગભગ શુધ્ધ સ્વર સાંભળવા મળે છે. આ શુધ્ધ સ્વરને મૂળભૂત સ્વર કહે છે. પરંતુ જયારે આપણે બળપૂર્વક ફીંકીએ ત્યારે મૂળભૂત સ્વરની આવૃત્તિના અભિન્ન ગુણાંકમાં દ્વારા મળતી આવૃત્તિઓના સ્વર પર સંભળાય છે. તમે નળમાંથી ડોલમાં

પડતા પાણીના ધ્વનિ અલગ તારવી શકો છો. આ આવૃત્તિઓને ઓવરટોન્સ કહેછે.

નોંધો કે,

Note that

- પાઈપના બંધ છેડા પબ, હવાના કણોની કોઈ ગતિ ન પણ હોય અને બંધ છેડો નિસ્પંદ બિંદુ હોવું જોઈએ.
- પાઈપના ખુલ્લા છેડા પર, ઘનતામાં થતો ફેરફાર શૂન્ય હોવો જોઈએ કારણ કે આ છેડો વાતાવરણના સંપર્કમાં છે ઉપરાંત, તાણ શૂન્ય હોવાથી આ છેડો પ્રસ્પંદ બિંદુ હોવું જોઈએ.

(a) ઓપન પાઈપ (ખુલ્લી નળી) : હવાના કંપનોની સૌથી સરળ સ્થિતિને મૂળભૂત મોડ કહે છે કે જે

curves represented wave form of the longitudinal standing waves.

તેથી, ઉત્સર્જાયેલ સ્વરની આવૃત્તિ,

$$n_3 = \quad = \quad = 3n_1$$

ઉત્પન્ન થયેલા સ્વરને તૃતીયા હાર્મોનિક અથવા દ્વિતીય ઓવરટોન કહે છે.

(b) ક્લોઝડ પાઈપ : આકૃત્તિ 14.15(a) માં ક્લોઝડ પાઈપમાં હવા સ્તંભ કંપન કરી શકે તેની સૌથી સરળ રીત દર્શાવી છે. ખુલ્લા છેડા પર એક પ્રસ્પંદ બિંદુ અને બંધ છેડા પર એક નિસ્પંદ બિંદુ છે.ઉત્પન્ન થયેલા તરંગની તરંગલંબાઈ આ મુજબ આપી શકાય.

$$l = \lambda/4 \text{ or } \lambda = 4l$$

તેથી, ઉત્સર્જાયેલ સ્વરની આવૃત્તિ

$$n_1 = v/\lambda = v/41$$

ઉત્પન્ન થયેલ સ્વરને મૂળભૂત સ્વર કહે છે. વધુ જોરથી ફૂંક મારતાં વધુ એક નિસ્પંદ અને પ્રસ્પંદ બિંદુ ઉત્પન્ન થશે (આકૃત્તિ. 14.15(b)) ઉત્પન્ન થયેલા સ્વરની તરંગલંબાઈ આ મુજબ આપી શકાય,

$$l = \quad + \quad = \quad \text{or } \lambda =$$

ઉત્સર્જાયેલ સ્વરની આવૃત્તિ આ થશે,

$$n_3 = \quad = \quad = 3n_1$$

આને પ્રથમ ઓવરટોન અથવા મૂળભૂતનું તૃતીય હાર્મોનિક કહે છે. તેનાથી પણ વધુ જોરથી ફૂંકતા વધુ એક નિસ્પંદ અને પ્રસ્પંદ બિંદુ ઉત્પન્ન થશે આકૃતિ. 14.15(C) ઉત્પન્ન થયેલ સ્વરની તરંગલંબાઈ આ મુજબ આપી શકાય,

$$l = \quad + \quad + \quad + \qquad \text{or } \lambda =$$

ઉત્સર્જાયેલ સ્વરની આવૃત્તિ આ થશે,

$$n_3 = \quad = \quad = 5n_1$$

ઉત્પન્ન થયેલ સ્વરને દ્વિતીય ઓવરટોન અથવા મૂળભૂતનું પાંચમું હાર્મોનિક કહે છે. ઓપન અને ક્લોઝડ પાઈપ દ્વારા ઉત્સર્જાયેલ સ્વરોની સરખામણી કરતાં, તમે. જાણશો કે ઓપન પાઈપ ક્લોઝ્ડ પાઈપ કરતાં ઓવરટોન માટે વધુ સમૃદ્ધ છે. ક્લોઝ્ડ પાઈપમાં, યુગ્મ ક્રમનાં હાર્મોનિક નથી.

ઉદાહરણ **14.5 :** બે ઓર્ગન પાઈપ - એક ઓપન અને એક ક્લોઝ્ડ સમાન લંબાઈની છે. તેમની મૂળભુત આવૃત્તિઓનો ગુણોત્તર ગણો.

ઉકેલ :

$\therefore$ ઓપન પાઈપ દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ સ્વરની આવૃત્તિ $= 2 \times$ ક્લોઝ્ડ પાઈપ દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ મૂળભૂત સ્વરની આવૃત્તિ.

પ્રશ્નો 14.6

1. પીચ એ આવૃત્તિ સાથે કેવી રીતે સંબંધિત છે ?
2. સમાન આવૃત્તિ, અને સમાન તીવ્રતા ધરાવતા પરંતુ બે અલગ સાધનો દ્વારા ઉત્પન્ન કરેલ બે ધ્વનિઓને તમે સંગીતમય ધ્વનિની કઈ લાક્ષણિકતા દ્વારા અલગ તારવી શકો ?
3. તમારા મિત્રના અવાજને પારખવા મદદરૂપ એવી ધ્વનિની લાક્ષણિકતાનું નામ આપો.
4. ઓપન અને ક્લોઝ્ડ ઓર્ગન પાઈપમાં, ઓવરટોન માટે કઈ પાઈપ વધુ સમૃદ્ધ છે ?

નોંધ

5. સમાન લંબાઈની (1) ઓપન પાઈપ (ii) ક્લોઝ્ડ પાઈપ દ્વારા ઉત્સર્જાયેલ સ્વરોની આવૃત્તિઓનો ગુણોત્તર શું છે ?

6. ઓપન પાઈપના મૂળભૂત સ્વરની આવૃત્તિ પર તાપમાનની શું અસર થશે ?

અવાજનું પ્રદૂષણ

જ્યારે ધ્વનિનો અનુભવ શ્રાવ્યતાથી અગવડતા સુધી બદલાય ત્યારે અવાજનું પ્રદૂષણ થાય છે અને જો તે લાંબા સમય સુધી રહે તો માનવીના અમુક અંગો પર તેની આડ અસરો થાય છે. ઉદ્યોગો દ્વારા અને વિજ્ઞાન દ્વારા મળેલ આધુનિક સંસાધનોના માનવી દ્વારા થતા અનુચિત ઉપયોગને કારણે પણ અવાજ ઉત્પન્ન થાય છે. અહીં, અવાજના ઉદ્‌ગમો અને તેમની માનવી પર થતી અસકોનો સારાંશ દર્શાવેલ છે.

ટેબલ **14.1 :** અવાજના ઉદ્ગમો અને તેમની અસરો

ઉદ્ગમ	તીવ્રતા સ્તર	અનુભવાયેલી અસર
શ્રાવ્યતાનું થ્રેશોલ્ડ	0 (=10^{-12} Wm^{-2})	માત્ર શ્રાવ્ય
પાંદડાનો ખડખડાટ	10	શાંત
ધીમેથી કાનમાં કહેવું	20	શાંત
નીચે અવાજે રેડિયો	40	શાંત
શાંત ઓટોમોબાઈલ	50	થોડો ઊંચો
સામાન્ય વાતચીત	65	ઊંચો અવાજ
વ્યસ્ત શેરીનો ટ્રાફિક	70 થી 80	ઊંચો અવાજ
મોટરબાઈક અને ભારે વાહનો	90	ખૂબ ઊંચો અવાજ
જેટ એન્જિન આશરે 35m દૂર	105	અસ્વસ્થ
વીજળી	120 (=1 Wm^{-2})	-
જેટવિમાન ટેક ઓફ સમયે	150	પીડાદાયક અવાજ

(a) અવાજના પ્રદૂષણની અસરો

1. તે શ્રાવ્યતાને (સાંભળવાની ક્ષમતાને) ક્ષતિ પહોંચાડે છે 85 અથવા 85db થી વધુ અવાજમાં લાંબા સમય સુધી રહેતા કાનના અંદરના ભાગને ગંભીર ઈજા થાય છે.
2. તે હૃદયના ધબકારાનો દર વધારે છે અને આંખની કીકીનું પ્રસરણ કરે છે.
3. તે માનસિક તણાવ, ચિંતા અને ડર ઉત્પન્ન કરે છે.
4. તેનાથી ગંભીર માથાનો દુઃખાવો થાય છે કે જેનાથી ઊલટી થઈ શકે છે.

(b) અવાજનું પ્રદૂષણ દૂર કરવાની રીતો :

1. રહેઠાણ વિસ્તારથી દૂરના ભાગમાં જુના ઉદ્યોગોને લઈ જવા અને નવા ઉદ્યોગો સ્થાપવા જોઈએ.
2. મશીનની સારી સંભાળ, ગતિમાન ભાગોમાં નીયમિત રીતે તેલ અને ઊંજણ નાખવું.
3. એન્જિન અને મશીનોની વધુ સારી ડિઝાઈન બનાવવી.
4. લાઉડસ્પીકર અને એમ્પ્લિફાયરના ઉપયોગ પર પ્રતિબંધ રાખવો.
5. ધાર્મિક, રાજકીય અને લગ્નપ્રસંગો પર ફટાકડા, બેન્ડ અને લાઉડસ્પીકરના ઉપયોગ પર પ્રતિબંધ રાખવો.
6. ધ્વનીના પથને અવરોધવા રસ્તાઓ પર વૃક્ષો વાવવા.
7. ધ્વનીના પથને ધ્વનિનું શોષણ કરતાં પદાર્થો દ્વારા અવરોધવો.
8. રૂ નો ઉપયોગ કરવો.

શોક તરંગો

જ્યારે તરંગોનો ઉદ્દગમ ધ્વનિ તરંગો કરતાં વધુ ઝડપથી ગતી કરે ત્યારે શોક તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. આનું ાજણીતું ઉદાહરણ શ્રોતા દ્વારા સાંભળવામાં આવતો વિસ્ફોટક ધ્વનિ છે, જે શ્રોતાના માથા પરથી સુપરસોનીક વિમાન પસાર થતાં સંભળાય છે. નોંધનીય છે કે જે પદાર્થ ધ્વનિની ઝડપથી વધારે ઝડપથી ગતી કરે છે તે પોતે, જ ધ્વનિનું ઉદ્દગમ છે.

14.7 વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો :

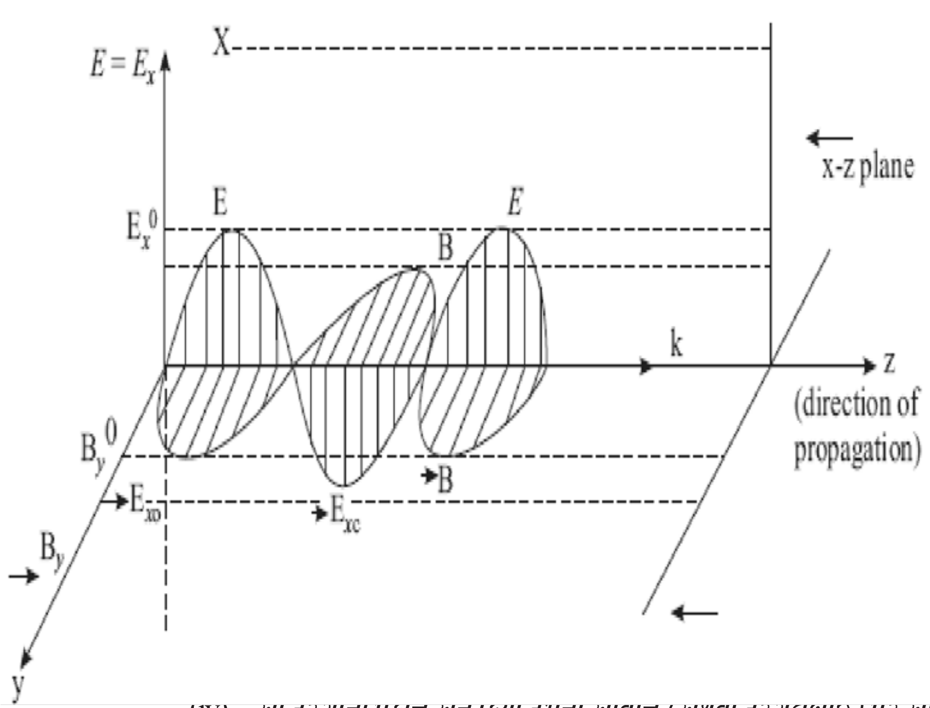
તમે જાણો છો કે પ્રકાશ વિદ્યુતચુંબકીય (e.m) તરંગ છે.તેની તરંગલંબાઈનો ગાળો 4000ºA થી 7500ºA છે. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું ટૂંકમાં વર્ણન નીચે આપેલ છે :

14.7.1 Properties of e.m. waves

The following properties of e.m. waves may be carefully noted.

(*i*) *વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો લંબગત પ્રકૃત્તીના છે.*

(*ii*) *તે એકબીજાથી અને પ્રસરણની દિશાથી* (k) *લંબ એવા દોલન કરતાં વિદ્યુતીય* (**E**) *અને ચુંબકીય* (**B**) *ક્ષેત્ર ધરાવે છે* $\mathbf{E} = c\mathbf{B}$. [*જુઓ આકૃતિ* .14.16]



c (પ્રકાશનો વેગ) થી

ારિમીટીલિટી ધરાવતા

$< c$

(iv) *આ તરંગોની પ્રકૃતિ અને ક્રિયા તેમની આવૃત્તિ (અથવા તરંગલંબાઈ) પર આધારિત છે. મેક્સવેલના સિદ્ધાંતે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની શક્ય તરંગલંબાઈઓ પર કોઈ પ્રતિબંધ રાખેલ નથી અને તેથી* 6

$\times 10^{-13}$ ની તરંગલંબાઈથી શરૂ કરી વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો સફળતાપૂર્વક ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યા છે. ઘણી લાંબી તરંગલંબાઈઓ કે જે રેડિયો પ્રસારણ તરંગોને અનુરૂપ છે તેના પર કોઈ મર્યાદા નથી. ખૂબ લાંબાથી ખૂબ ટૂંકા સુધીની બધી તરંગલંબાઈઓનો આખો ગાળો વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ કહેવાય.

જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ

(1831 – 1879)

વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્રના સિદ્ધાંતો માટે સ્કોટિશ ગણિતશાસ્ત્રી અને ભૌતિકશાસ્ત્રી મેક્સવેલપ્રખ્યાત છે. તેમના વિદ્યુતચુંબકીય સિદ્ધાંતોના સમીકરણો પરથી તેમણે દર્શાવ્યું કે તેઓ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું અસ્તિત્વ દર્શાવે છે કે જે પ્રકાશની ઝડપથી ગતિ કરે છે, તેથી પ્રકાશ અને વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્ર સંબંધિત છે. ક્લોસીઅસની સાથે તેમણે વાયુઓની ગતિઊર્જાના સિદ્ધાંતો વિકસાવ્યા. તેમણે ઉષ્માના આંકડાકીય સિદ્ધાંતો વિકસાવયા. તેઓ વિવિધ રસ ધરાવતા મનુષ્ય હતા. તેમણે ઊર્જાના સમભાગના સિદ્ધાંતો વિકસાવયા, દર્શાવયું કે સ્નિગ્ધતા તાપમાને સાથે બદલાય છે. અને શનિની રીંગને સમજાવવા પ્રયત્નો કર્યા.

14.7.2 વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ

મેક્સવેલે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો (e.m. waves) વિચાર આપ્યો જ્યારે હર્ટ્ઝ, જે.સી.બોઝ, માર્કોની અને અન્યએ સફળતાપૂર્વક પ્રાયોગિક રીતે જુદી - જુદી તરંગલંબાઈઓ ધરાવતા આવા તરંગો ઉત્પન્ન કર્યા. જો કે, બીજી બધી રીતોમાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનો ઉદ્દગમ પ્રવેગિત વિદ્યુતભાર છે. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો તેમની ઉત્પતિની રીતના આધારે વર્ગીકૃત થાય છે અને તે અનુસાર તેમને નામ આપવામાં આવેલ છે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના વિવિધ વર્ગો દ્વારા વર્ણપટના ચોક્કસ ભાગોમાં સંપાતીકરણ પણ જોવા મળે છે તે પરથી કહી શકાય કે આવા ક્ષેત્રની તરંગલંબાઈના વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો બે જુદી - જુદી રીત દ્વારા ઉત્પન્ન

કરી શકાય. તે યાદ રાખવું મહત્વપૂર્ણ છે કે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના ભૌતિક ગુણધર્મો નિશ્ચીત કરવામાં આવે છે. અને તેમની ઉત્પતિની રીત દ્વારા નહીં. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના યોગ્ય વર્ગીકરણને વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના યોગ્ય વર્ગીકરણને વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ કહે છે.

વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના એક વર્ગ અને આગામી વર્ગ વચ્ચે ભાગ પાડતું કોઈ તીક્ષ્ણ બિંદુ હોતું નથી. વિવિધ ભાગો નીચે મુજબ છે :

(i) *નીચી આવૃત્તિવાળા વિકિરપણો* : a.c. *પરિપથ થી ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે અને પાવર આવૃત્તિઓ અથવા પાવર તરંગો અથવા વિદ્યુત પાવર ઉપયોગિતા ધરાવતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો તરીકે વર્ગીકૃત થાય છે. આ તરંગોની આવૃત્તિ સૌથી નીચી છે.*

(ii) *રેડિયો તરંગો* : *વાહક તારમાં પ્રવેગિત વિદ્યુતભારો દ્વારા રેડિયો તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે તેઓ આવા ઈલેક્ટ્રોનિક સાધનો જેવા કે* LC *દોલકો દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે અને રેડિયો અને ટેલિવિઝનમાં તેનો વ્યાપક ઉપયોગ થાય છે.*

[illegible] (iii) *માઈક્રોવેવ્ઝ* [illegible] Hz : *આ તરંગો ખાસ પ્રકારની વેક્યૂમટ્યૂબ (હવારહિત નળી) દોલિત થતા પ્રવાહો દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે તેમની ટૂંકી તરંગલંબાઈઓના કારણે, તેઓ એરક્રાફ્ટ નેવિગેશનમાં વપરાતી રડારપ્રણાલી માટે, ટી.વી. સંદેશાવ્યવહાર અને ધાતુ નાં આણ્વિય તથા પરમાણ્વિય ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરવા ઉપર્યુક્ત માઈક્રોવેવ ઓવન આ વિકિરણોનો 'હિટ વેવ્ઝ'* (heat waves) *તરીકે ઉપયોગ કરે છે અવકાશમાં રહેલ સૌરસંગ્રાહક માંથી પૃથ્વી પર માઈક્રોવેવના કિરણો આપાત કરી સૌરઊર્જાનો પુનરુદ્ધાર કરી શકાય છે.*

(iv) *ઈન્ફ્રારેડ તરંગો* : *ઈન્ફ્રારેડ તરંગોને હિટ વેવ્ઝ* (heat waves) *પણ કહે છે કે જે ગરમ પદાર્થો દ્વારા શોષાઈ જાય છે. જેપદાર્થો આ વિકિરણોને શોષે છે તેનું તાપમાન વધી જાય છે. ઈન્ફ્રારેડ વિકિરણોની ઘણી પ્રાયોગિક અને વૈજ્ઞાનિક ઉપયોગિતાઓ છે. જેમ કે શારીરિક ઉપચાર, ઈન્ફ્રારેડ ફોટોગ્રાફી વગેરે. આને થર્મોપાઈલ દ્વારા શોધવામાં આવે છે.*

નોંધ

(v) દ્રશ્ય પ્રકાશ : આ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોને માનવઆંખ જોઈ શકે છે અથવા માનવીની રેટિના તેના માટે સંવેદનશીલ છે. આખા વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટનો તે ખૂબ જ નાનો ભાગ છે. અણુઓ અને પરમાણુઓમાં ઈલેક્ટ્રોનની પુનઃગોઠવણી દ્વારા આ તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યારે ઈલેક્ટ્રોન બાહ્ય કક્ષામાંથી નીચી ઊર્જા ધરાવતી અંદરની કક્ષામાં જાય છે ત્યારે બાકીની ઊર્જા દૃશ્ય વિકિરણ સ્વરૂપે વિકેરિત થાય છે. દૃશ્ય પ્રકાશની વિવિધ તરંગલંબાઈઓ રંગો દ્વારા વર્ગીકૃત થાય છે, જાંબલીથી ($\lambda = 4 \times 10^{-7}$m) શરૂ કરી લાલ ($\lambda = 7 \times 10^{-7}$) સુધી માનવઆંખ પીળા-લીલા પ્રકાશ ($\lambda = 5 \times 10^{-7}$m) માટે સૌથી વધુ સંવેદનશીલ છે આપણી આસપાસની દુનિયા સાથેના આપણા સંપર્કનો આધાર પ્રકાશ છે.

(vi) અલ્ટ્રાવાયોલેટ (પારજાંબલી) : સૂર્ય અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણોનું મુખ્ય ઉદ્‌ગમ છે, જે ચામડીનાં કાળા પડવાનું મુખ્ય કારણ છે. સૂર્યના મોટા ભાગના અલ્ટ્રાવાયોલેટ પ્રકાશના વિકિરણો વાતાવરણના ઉપરના સ્તર - સ્ટ્રેટોસ્ફિયરના અણુઓ શોષી લે છે, જે ઓઝોન વાયુ ધરાવે છે આ ઓઝોન સ્તર શોષેલ ઊર્જાને ઉષ્મા વિકિરણ સ્વરૂપે વિકેરિત કરે છે. તેથી, ઓઝોન દ્વારા ઘાતક (સજીવો માટે હાનિકારક) વિકિરણો ઉપયોગી ઉષ્મા વિકિરણોમાં રૂપાંતરિત થાય છે, જેથી સ્ટ્રેટોસ્ફિયર હૂંફાળું રહે છે આ અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણો પીવાના પાણીમાના બેક્ટેરિયાનો નાશ કરવા, ઓપરેશન થિયેટરોને શુદ્ધ કરવા અને બનાવટી દસ્તાવેજોને ચકાસવામાં વપરાય છે.

(vii) ક્ષ - કિરણો : જ્યારે ટંગસ્ટન જેવી ધાતુ પર (ઊંચુ ગલનબિંદુ ધરાવતી) ઊંચી ઊર્જા ધરાવતા ઈલેક્ટ્રોન ત્રાટકે ત્યારે આ કિરણો ઉત્પન્ન થાય છે. ક્ષ - કિરણોની મહત્વપૂર્ણ ઉપયોગિતા મેડિકલ તપાસમાં અને અમુક પ્રકારના કેન્સરની સારવારમાં છે. તેઓ જીવિત કોષોનો પણ નાશ કરતા હોવાથી શરીરના અન્ય ભાગો પર તેનો પ્રભાવ ન પડે તેની ખાસ કાળજી લેવી જોઈએ. સ્ફટિક માળખાના અભ્યાસમાં પણ ક્ષ - કિરણોનો ઉપયોગ થાય છે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ દ્વારા તેમની હાજરી જાણી શકાય છે.

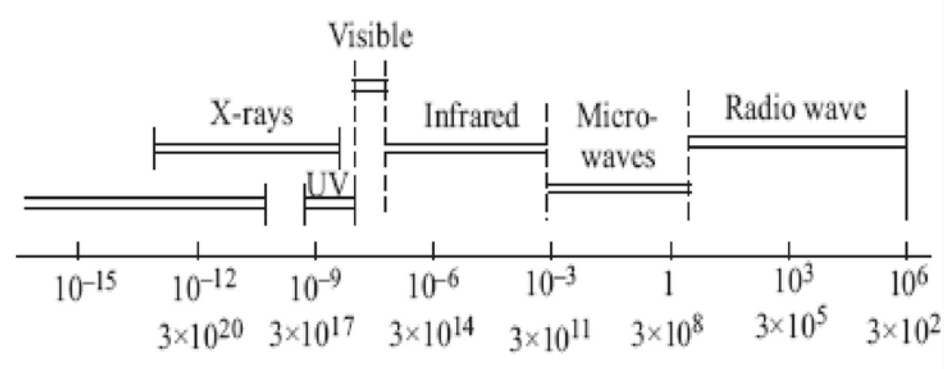
(viii) ગેમા કિરણો : કોબાલ્ટ (60) અને સિએઝિયમ (137) જેવા રેડિયોએક્ટિવ ન્યુક્લિઅસમાંથી અને ન્યૂક્લિય રિએક્ટરોમાંની ચોક્કસ ન્યૂક્લિયર પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન પણ ગેમા કિરણોનું ઉત્સર્જન થાય છે તેઓ ખૂબ પારદર્શી (ભેદશક્તિ વધુ) હોવાથી જ્યારે જીવિત કોષો દ્વારા શોષાય ત્યારે ગંભીર નુકસાન કરે છે. લેડની જાડી શીટ (સ્તર) દ્વારા ગેમા કિરણોની ઘાતક અસરોથી પદાર્થને બચાવવામાં આવે છે.

વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની ઊર્જા (E) તેની આવૃત્તિ v ના સમપ્રમાણમાં અને તરંગલંબાઈ (λ) ના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. તેથી ગેમા કિરણો સૌથી વધુ ઊર્જા અને વિભેદન શક્તિ ધરાવતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો છે, જ્યારે પાવર આવૃત્તિઓ અને A.M. રેડિયો તરંગો સૌથી નબળા વિકિરણો છે. ધાતુના કાસ્ટિંગમાં ધાતુના પ્રવાહને જાણવા ગેમા કિરણો વપરાય છે.તેઓને ગાઈગર ટ્યૂબ (Geiger tube)અથવા સાઈન્ટીલેશન કાઉન્ટર (Scintillation counter) દ્વારા પારખવામાં આવે છે.

ા ગુણધર્મો દર્શાવશે.

ારે ક્ષ - કિરણો માટે

ીતે પૃથ્વીનું વાતાવરણ



નોંધ

પાઠયગત પ્રશ્નો14.7

1. **ખાલી જગ્યા પૂરો :**

   (i) .... ખાસ પ્રકારની વેક્યૂમ ટ્યૂબ (શૂન્યાવકાશિત/હવારિત નળ) માં દોલિત થતા પ્રવાહી દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે.

   (ii) માનવીની આંખ .... રંગના પ્રકાશ માટે સૌથી વધુ સંવેદનશીલ છે.

   (iii) .... અલ્ટ્રાવાયોલેટ પ્રકાશનો મહત્વપૂર્ણ સ્ત્રોત છે.

   (iv) .... મેડિકલમાં તપાસના સાધન તરીકે વપરાય છે.

   (v) ઈન્ફ્રારેડ વિકિરણોને .... દ્વારા જાણી શકાય છે.

2. કયા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો સૌથી વધુ ઊર્જા ધરાવે છે ?

   (i) અલ્ટ્રાવાયોલેટ અથવા ઈન્ફ્રારેડ

   (ii) ક્ષ - કિરણો અથવા ગેમા - કિરણો

3. કયા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો રડાર દ્વારા એરક્રાફ્ટ નેવિગેશનમાં વપરાય છે ?

4. કયો વાયુ સૂર્યમાંથી આવતાં અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણોને પૃથ્વીની સપાટી સુધી પહોંચતા પહેલાં શોષી લે છે ?

5. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર અને ચુંબકીયક્ષેત્ર એકબીજાની સાપેક્ષે કેવી રીતે ઉદ્દભવે છે ?

14.8 ડોપ્લર અસર

રેલ્વે સ્ટેશન પર ટ્રેન આવવાની રાહ જોવા દરમિયાન, તમે અવલોકન કર્યું હશે કે જ્યારે એન્જિન તમારી નજીક પહોંચે અને એન્જિન તમારાથી દૂર જાય ત્યારે સિસોટીનો ધ્વની અલગ હોય છે. તમે નોંધશો કે, જ્યારે એન્જિન તમારી નજીક પહોંચે છે ત્યારનો ધ્વનિ ઊંચો હોય છે તથા જ્યારે એન્જિન તમારાથી દૂર જાય ત્યારનો ધ્વનિ નીચો હોય છે તે જ રીતે, પહાડી પર જતી બસના હોર્નનો પીચ પણ સતત બદલાતો રહે છે.

શ્રોતા અને ઉદ્દગમની સાપેક્ષ ગતીના કારણે આવૃત્તિમાં મળતા દેખીતા ફેરફારને ડોપ્લર અસર કહે છે.

ધારો કે, માધ્યમની (હવા) સાપેક્ષ ધ્વનિતરંગોના વેગ v ઉદ્દગમનો વેગ v_s અને શ્રોતાનો વેગ v_o છે.

ક્રિસ્ટીઅન ડોપ્લર

(1803 – 1853)

ઓસ્ટ્રેલિયન ભૌતિકશાસ્ત્રી અને ગણિતશાસ્ત્રી સી.જે ડોપ્લર નો જન્મ 29 નવેમ્બર 1803 એ પથ્થરના કડિયાના કુટુંબમાં થયો હતો. તેમને કુટુંબના ધંધા માટે યોગ્ય ગણવામાં આવ્યા નહોતા. તેથી સાલ્ઝબર્ગ લીકસીનના ગણિતના અધ્યાપકની ભલામણથી તેમને વિયેના પોલીટેકનિક મોકલવામાં આવ્યા. જયાંથી તેઓ 1825 માં સ્નાતક થયા.

ડોપ્લરની જિંદગીનો સંઘર્ષ એ હતો કે તેમને રૂની સ્પિનિંગ ... 8 મહિના સુધી પુસ્તકના રખવાળા તરીકેની ...ાની હતી. તેમણે 1836 માં જ લગ્ન કરવા ... હતું. જ્યારે તેમને પ્રાગની તકનીકી સેકન્ડરી શાળામાં કાયમી સ્થાન પ્રાપ્ત કર્યું એક ...ોલિટેકનીકના વિદ્યાર્થીઓ માટે ગણિતના ખૂબ અઘરા પેપર કાઢવા ઠપકો આપવામાં ... પરંતુ આ બધા પછી પણ તેઓ વિએના યુનિવર્સિટીની નવી 'ઈન્સ્ટિટયૂટ ઓફ ફિઝિક્સ' ના ડાયરેકટર બનાવવામાં સફળ થયા હતા. ડોપ્લરે શોધેલ ડોપ્લર અસરે તેમણે રાતોરાત પ્રખ્યાત બનાવ્યા, કારણ કે આ અસર ધ્વનિવિજ્ઞાન અને પ્રકાશશાસ્ત્ર પર અસર કરતી હતી. રડાર, સોનાર, બ્રાહ્માંડના વિસ્તરણનો વિચાર એવા ઘણા બધા વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજીના વિકાસ ડોપ્લર અસરને આભારી છે. તેમનું મૃત્યુ, 17 માર્ચ 1853 એ વેનિસ ઈટાલીમાં થયું .

એ નોંધવુ મહત્વપૂર્ણ છે કે ગતિમાન ઉદગમ દ્વારા ઉદભવેલું તરંગ ધ્વનિની ઝડપ પર કોઈ અસર કરતું નથી. ઝડપ v એ માધ્યમનો ગુણધર્મ છે. ઉદગમને છોડતાં જ, તરંગ ઉદગમ, શ્રોતા અને ધ્વનિતરંગ ડાબી

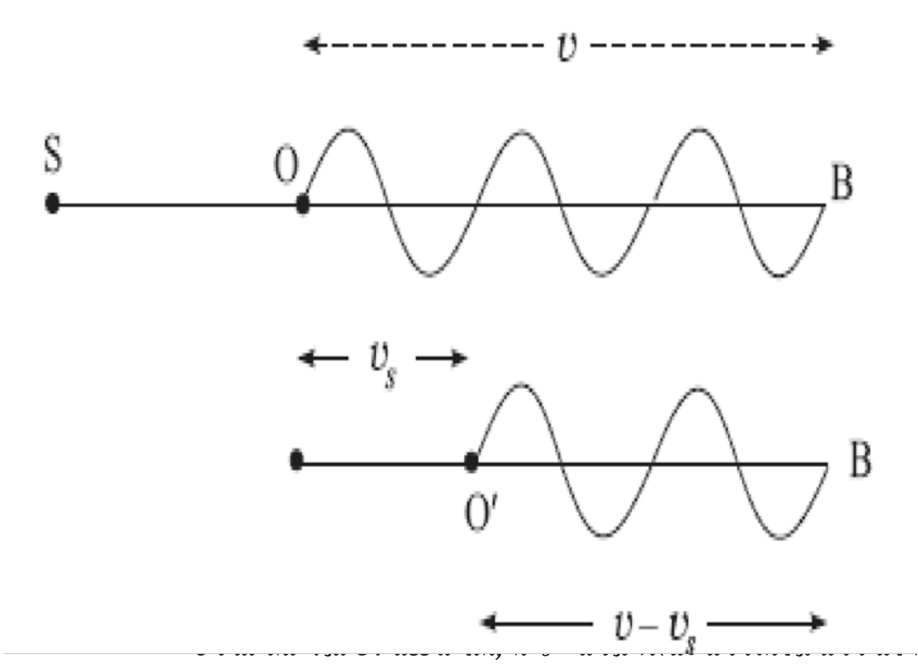
બાજુથી જમણી બાજુ ગતિ કરે છે. ચાલો, આપણે સૌપ્રથમ ઉદગમના ગતિની અસરને ધ્યાનમાં લઈએ એક ચોક્કસ સ્વર આપેલ સમયે ઉદગમને છોડે છે અને એક સેકન્ડ બાદ ચોક્કસ બિંદુ A પર SA = v. થાય તે રીતે આવી પહોંચે છે. આ સમય દરમિયાન, ઉદગમ v_s જેટલું અંતર કાપે છે. તેથી ઉદગમ દ્વારા એક સેકન્ડમાં ઉત્સર્જિત બધા n તરંગો, અવકાશમાં આવી જાય છે. $x = v - v_s$. તેથી દરેક તરંગની લંબાઈ ઘટીને આ મુજબ થાય છે.

$$\lambda' = \qquad ...(14.22)$$

14.18

હવે, ચાલો આપણે શ્રોતાની ગતિની અસરને ધ્યાનમાં લઈએ. એક ચોક્કસ તરંગ કે જે ચોક્કસ સમયે O પર આવી પહોંચે છે. તે એક સેકન્ડ બાદ B પર OB = v થાય તેમ હશે. પરંતુ આ સમય દરમિયાન શ્રોતા O થી O′ સુધી ગતિ કરે છે. તેથી, O′B અવકાશમાં રહેલ તરંગો જ એક સેકન્ડમાં શ્રોતા પરથી પસાર થયા છે. તેથી, એક સેકન્ડમાં શ્રોતા પરથી પસાર થયેલ તરંગોની સંખ્યા,

$$n' = (v - v_0)/\lambda' \quad (14.23)$$



(14.24)

...પોતાના તરફની દિશામાં

...જ રીતે, જો v_0 અને v_s

...હોવાથી ડોપ્લર અસરની

...તરફ દોરી ગઈ.

ઉદાહરણ - 14.6 : *તારામાંથી આવતા પ્રકાશનું વર્ણપટદર્શક વિશ્લેષણ વર્ણપટની સ્પેક્ટ્રલ રેખાનો લાલ અત્યંત ભાગ તરફનું સ્થાનાંતર દર્શાવે છે. આ સ્થાનાંતર 0.032% જેને 'રેડ શીફ્ટ' કહે છે. તારાનો*

નોંધ

ઘટતો વેગ ગણો.

ઉકેલ :- In this case, the source of waves is the star. The observer is at rest on the Earth. We have shown that in such a case

$$\lambda' =$$

પરંતુ $n = \;/\lambda\;\; \lambda'$ =

$$= \lambda$$

$$= \lambda \left(1 - \frac{v_s}{v}\right)$$

પદોની પુનઃ ગોઠવણ કરતાં,

$$= -$$

અથવા =

આપણે લખી શકીએ કે

આપણે જાણીએ છીએ કે = 0.032/100. અને $v = c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$ હોવાથી

$v_s = v \quad = -(3 \times 10^8\ ms^{-1} \times 0.032/100) = -9.6 \times 10^4\ ms^{-1}$.

ઋણ નિશાની દર્શાવે છે કે તારો દૂર જાય છે આનાં કારણે અવકાશ વિજ્ઞાનીઓએ તારણ આપ્યું છે કે આ વિશ્વ વિસ્તરણની સ્થિતિમાં છે.

પાઠગત પ્રશ્નો 14.8

1. સબમરીન ગોઠવેલ સોનારા (SONAR) પ્રણાલી 40.0kHz ની આવૃત્તિ પર કાર્યરત છે. દુશ્મનની સબમરીન તેની તરફ $100 ms^{-1}$ ની ઝડપથી ગતિ કરે છે. તો સોનાર દ્વારા પરાવર્તિત થતાં ધ્વનિ ની આવૃત્તિ ગણો. પાણીમાં ધ્વનિની ઝડપ $1450\ ms^{-1}$ લો.

2. 200Hz ની આવૃત્તિ ધરાવતી સિસોટી વગાડતુ એન્જિન $16 ms^{-1}$ ના વેગથી એક પહાડી તરફ ગતિ કરે છે. જયાંથી એક ચોક્કસ પ્રકારનો પડઘો સંભળાય છે. ડ્રાઈવરે સાંભળેલ પડઘાની આવૃત્તિ

ગણો. હવામાં ધ્વનિનો વેગ 340ms^{-1} છે.

પ્રકાશના ઝડપની અચળતા

એરિસ્ટોટલ માનતો હતો કે, પ્રકાશ અનંત વેગ સાથે ગતિ કરે છે. સપ્ટેમ્બર, 1876 માં પ્રથમવાર ડેનિશ અવકાશ વિજ્ઞાની રોમરે પેરિસ એકેડેમી ઓફ સાયન્સમાં દર્શાવ્યું કે, ગ્રહણની વિલક્ષણ વર્તણૂક, ગુરુના અંદરના સેટેલાઈટ માટે કદાચ પ્રકાશની ચોક્કસ ઝડપને કારણે છે.

ફિઝયુ, ફોકલ્ટ, મિશલેશન અને બીજા અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ ચોકસાઈપૂર્વક પ્રકાશની ઝડપ હવામાં જાણવા માટે ઘણા પ્રયોગો કર્યા.

1905 માં આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈને સાપેક્ષવાદના ખાસ સિધ્ધાંત પરના પેપરમાં બે પૂર્વધારણોઓ સામે દલીલ કરી હતી. તેમાંથી એક પૂર્વધારણા અવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપની અચળતા પર હતી. જે પ્રકાશની તરંગલંબાઈથી સ્વતંત્ર તથા ઉદ્‌ગમ અને અવલોકનકારના વેગ થી સ્વતંત્ર છે. 1983 માં અવકાશમાં પ્રકાશના વેગને સાર્વત્રિક અચળાંક તરીકે જાહેર કરવામાં આવ્યો કે જેનું મૂલ્ય 299792458 ms^{-1} છે.

જો કે, ઓસ્ટ્રેલિયન વૈજ્ઞાનિકો બેરી સેપ્રફિલ્ડ અને ટ્રેવન નોર્વેએ વિવિધ સ્થળોએ વિવિધ વૈજ્ઞાનિકોએ છેલ્લા 300 વર્ષોમાં અવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ પર કરેલ 16 અલગ - અલગ પ્રયોગોના ડેટાનો અભ્યાસ કર્યો છે. તેમના અનુસાર, સમય સાથે અવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ ઘટતી જાય છે. જો આ પૂર્વધારણા રહેશે અને પ્રયોગ દ્વારા સાબિત થશે તો તે આપણા દુનિયા માટેના દષ્ટિકોણમાં ખૂબ મોટો ફેરફાર લાવશે. જે ક્ષેત્રોમાં આ ફેરફાર પ્રચંડ સાબિત થશે તે વિશાળ ક્ષેત્રો તો આ મુજબ છે. મેકસવેલ ના નિયમો, પરમાણુ બંધારણ, રેડિયો એક્ટિવ ક્ષય, ગુરુત્વાકર્ષણ, અવકાશના ખ્યાલો, સમય અને દળ વગેરે.

તમે જે શીખ્યા

- તરંગ ગતિમાં સમાન કળામાં રહેલ બે નજીકત્તમ બિંદુઓ વચ્ચેના અંતરને તરંગલંબાઈ કહે છે.

- x–અક્ષ પર પ્રસરણ કરતાં સરળ આવર્ત તરંગનું સમીકરણ $y = a \sin(vt - kx)$.
- એક સેકન્ડમાં એકમ ક્ષેત્રફળ પરથી ક્ષેત્રફળ ને લંબરૂપે પસાર થતી ઉર્જાને તીવ્રતા કહે છે.
- જો માધ્યમના કણોના કંપનો પ્રસરણની દીશાને લંબ હોય, તો તરંગને લંબગત તરંગ કહે છે. પરંતુ જો કંપનો પ્રસરણની દિશામાં જ હોય, તો તરંગને સંગત તરંગ કહે છે. લંબગત તરંગ અને સંગત તરંગનો વેગ અનુક્રમે $v =$ અને $v =$ મુજબ આપી શકાય.
- ઘટ્ટ માધ્યમથી પરાવર્તિત થતા, કળામાં π નો ફેરફાર થાય છે. પરંતુ પાતળા માધ્યમમાંથી પરાવર્તિત થતા કળામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી.
- જયારે બે તરંગો સંપાત થાય છે, ત્યારે કોઈ પણ બિંદુ પાસે પરિણામી સ્થાનાંતર તે બિંદુ પરના દરેક સ્થાનાંતરના સદિશ સરવાળા બરાબર હોય છે. સમાન આવૃત્તિ પરંતુ ભિન્ન કળા ધરાવતા બે સમરેખીય તરંગો જયારે સમાન દિશામાં ગતિ કરે છે ત્યારે ઊર્જાનું પુનઃ વિતરણ થતાં વ્યતીકરણ સર્જાય છે.
- સમાન આવૃત્તિ અને સમાન કંપવિસ્તાર ધરાવતા બે સમરેખીય તરંગો જયારે સમાન ઝડપથી એકબીજાની વિરુધ્ધ દિશામાં ગતિ કરે છે ત્યારે સ્થિત તરંગો રચાય છે. આવા તરંગોમાંથી તરંગ તરંગ ગતિ કરતું નથી.
- સ્થિત તરંગમાં, બે અનુક્રમિક નિસ્પંદ અથવા પ્રસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર $\lambda/2$ હોય છે. તેથી, દેખીતી રી બે નિસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચે એક પ્રસ્પંદ બિંદુ અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચે એક નિસ્પંદ બિંદુ છે.
- પ્રસ્પંદ બિંદુઓ પર સ્થાનાંતર મહત્તમ અને નિસ્પંદ બિંદુઓ પર સ્થાનાંતર ન્યૂનત્તમ હોય.
- તીવ્રતાનું સ્તર $\beta = 10\log(I/I_0)$ સમીકરણ દ્વારા વ્યાખ્યાયિત થાય છે, જયાં I_0 એ સંદર્ભ તીરતા છે , જેનું મૂલ્ય 10^{-12} W m^{-2} છે. તીવ્રતા સ્તર ડેસિબલમાં (સંકેતમાં db) દર્શાવવામાં આવે છે.
- સ્વરની ગુણવત્તા એ સંગીતમય ધ્વનિનો ગુણધર્મ છે, જેના કારણે આપણે સમાન પીચ અને લાઉડનેસ ધરાવતા પરંતુ બે અલગ સાધનો દ્વારા ઉત્પન્ન કરેલા બે સ્વરો વચ્ચેના ભેદ જાણી શકીએ છીએ.
- વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો લંબગત પ્રકૃતિના છે. અને તેમના પ્રસરણ માટે કોઈ માધ્યમની જરૂર પડતી

નથી.

- પ્રકાશ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ છે કે જેનો તરંગલંબાઈનો ગાળો 4000 Å – 7500 Å છે.
- વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોની આવૃત્તિ માધ્યમના ફેરફાર સાથે બદલાતી નથી.
- વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો વાયરલેસ રેડિયો, કોમ્યુનિકેશન, ટી.વી., ટ્રાન્સમીટર, સેટેલાઈટ કમ્યુનિકેશન વગેરેમાં વપરાય છે.

પાઠયાંત પ્રશ્નો

1. સૌથી સામાન્ય સ્વરૂપમાં તમે તરંગને કેવી રીતે વ્યાખ્યાયિત કરશો ?
2. યોગ્ય યાંત્રિક મોડેલનો ઉપયોગ કરી (i) લંબગત તરંગો (ii) સંગત તરંગો સમજાવો. તરંગલંબાઈ અને આવૃત્તિ વ્યાખ્યાયિત કરો.
3. કોણીય આવૃત્તિ ω અને પ્રસરણ અચળાંક k ને વ્યાખ્યાયિત કરો અને તેના પરથી દર્શાવો કે, તરંગ પ્રસરણનો વેગ $v = \omega/k = n\lambda$ છે.
4. (i) લંબગત (ii) સંગત તરંગો માટે w કોણીય આવૃત્તિ ધરાવતા સરળ આવર્ત તરંગનું સૂત્ર મેળવો.
5. (i) લંબગત (ii) સંગત તરંગોના પ્રસરણ માટેની માધ્યમની મહત્વપૂણ લાક્ષણિકતાઓ કઈ છે ?
6. તરંગની આવૃત્તિનું સૂત્ર માધ્યમની ઘનતા, તરંગોનો વેગ, તરંગના કંપવિસ્તાર અને તરંગની આવૃત્તિના રૂપમાં મેળવો.
7. વાયુમાં ધ્વનિના વેગ માટેનું ન્યૂટનનું સૂત્ર લખો અને લાપ્લાસનો સુધારો સમજાવો.
8. બે તરંગોનું વ્યતિકરણ કેવી રીતે થાય છે ? (i) રચનાત્મક રીતે (ii) વિરોધાભાસી રીતે
9. ત્રિકોણમિતિના ઉપયોગથી દર્શાવે કે, જ્યારે સમાન કોણીય આવૃત્તિ ω અને સમાન તરંગલંબાઈ λ પરંતુ ભિન્ન કંપવિસ્તાર a_1 અને a_2 ધરાવતા બે સરળ આવૃત્તિ તરંગોનું સંપાતીકરણ થાય છે ત્યારે પરિણામી કંપવિસ્તાર A = $\sqrt{a_2^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos\theta}$, જ્યાં θ તેમની વચ્ચેના કળા તફાવત છે. A, માટે $\theta = 0$, (ii) θ માટે $= 2\pi$, માટે અને (iii) θ માટે $= (2m+1)\pi$ માટે

નોંધ

A નું મૂલ્ય શું થશે ?

10. બીટસ શું છે ? તેઓ કેવી રીતે રચાય છે ? આલેખની રીતે સમજાવો.

11. સ્થિત તરંગોની રચનાની આલેખની રીતે ચર્ચા કરો. આ તરંગોને સ્થિત તરંગો કેમ કહે છે ? નિસ્પંદ અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓ સમજાવો.

12. સ્થિત અને પ્રગામી તરંગો વચ્ચેના ત્રણ તફાવત જણાવો.

13. સ્થિત તરંગનું, સમીકરણ મેળવો અને દર્શાવો કે, સ્થાનાંતર નિસ્પંદ બિંદુઓ દબાણ, પ્રસ્પંદ બિંદુઓ અને સ્થાનાંતર પ્રસ્પંદ બિંદુઓ દબાણ નિસ્પંદ બિંદુઓ છે ?

14. સંગીતમય ધ્વનિની લાક્ષણિકતાઓ શું છે ? સમજાવો.

15. ડેસિબલ (સંકેત db) શું છે ? શ્રાવ્યતાનું થ્રેશોલ્ડ અને સંવેદનશીલતાનું થ્રેશોલ્ડ એટલે શું ?

16. ધ્વનિની ગુણવત્તા એટલે શું ? ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

17. ઓર્ગેન પાઈપના આવર્તની ચર્ચા કરો. દર્શાવો કે, આવર્તની ચર્ચા કરો. દર્શાવો કે, આવર્ત માટે ઓપન પાઈપ વધુ સમૃધ્ધ છે.

18. દર્શાવો કે (i) ઓપન ઓર્ગન પાઈપની આવૃત્તિ સમાન લંબાઈની કલોઝડ પાઈપના મૂળભૂત સ્વરની આવૃત્તિ કરતાં બમણી છે. (ii) સમાન આવૃત્તિ ધરાવતા મૂળભૂત સ્વરને ઉત્પન્ન કરવા ઓપન પાઈપની લંબાઈ કલોઝ્ડ પાઈપની લંબાઈ કરતાં બમણી રાખવી પડે.

19. ઓર્ગન પાઈપમાં નિસ્પં અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓનું અસ્તિત્વ દર્શાવતો પ્રયોગ સમજાવો.

20. અવાજના પ્રદૂષણના કારણો તેની ગંભીર અસરો અને તેને અટકાવવાના ઉપાયો જણાવો.

21. ડોપ્લર અસર સમજાવો અને દેખીતી આવૃત્તિ માટે સૂત્ર મેળવો. ધ્વનિ જે માધ્યમમાં ગતિ કરે છે તે માધ્યમ પણ જ્યારે ગતિ કરવા લાગે ત્યારે આ સમીકરણ કેવી રીતે બદલાય છે. તે દર્શાવો.

22. (i) તારાઓના ઘટતા વેગની ગણતરીમાં

(ii) RADAR દ્વારા દુશ્મનોના વિમાનના વેગની ગણતરીમાં

(iii) SONAR દ્વારા દુશ્મનની બોટના વેગની ગણતરીમાં ડોપ્લર અસરની ઉપયોગિતાની ચર્ચા

કરો.

23. 1.00m અને 1.01m તરંગલંબાઈ ધરાવતાં ધ્વનિના બે તરંગો કે જે 3 સેકન્ડમાં 10 બીટસ ઉત્પન્ન કરે છે તેનો વાયુમાં વેગ ગણો.

24. જો 20C એ ન્યનૂત્તમ સ્વરની આવૃત્તિ 256Hz હોય તો કલોઝડ પાઈપની લંબાઈ કેટલી હશે ? 0C એ ધ્વનિનો વેગ $= 332\ ms^{-1}$.

25. ઉદ્દગમ દ્વારા ઉત્સર્જિત ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ 1 kHz છે. (a) ઉદ્દગમ અને શ્રોતાના સ્થિર હોય (b) ઉદગમ શ્રોતા તરફ $50ms^{-1}$ વેગથી ગતિ કરતો હોય ત્યારે (c) ઉદ્ગમ શ્રોતાથી દૂર જતી દિશામાં $50ms^{-1}$ વેગથી ગતિ કરતો હોય ત્યારે શ્રોતાએ અનુભવેલી તરંગોની આવૃત્તિ ગણો. હવામાં ધ્વનિનો વેગ $350ms^{-1}$ છે.

26. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોને અન્ય ધ્વનિ તરંગોથી અલગ પાડે એવા લાક્ષણિક ગુણધર્મો લખો.

27. વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગનો વેગ માધ્યમની પરિમિએબીલીટી અને પરમિટીવીટી ε પર કેવી રીતે આધારિત છે ?

28. નીચેના વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો માટે તરંગલંબાઈનો ગાળો લખો.

    (i) રેડિયો તરંગો (ii) માઈક્રોવેવ (iii) અલ્ટ્રાવાયોલેટ (iv) ક્ષ - કિરણો.

29. ક્ષ- કિરણો કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે ?

30. શું બધી આવૃત્તિના વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો અવકાશમાં પ્રસરણ કરી શકે ?

31. ખાલી જગ્યા પૂરો.

    (i) બદલાતું વિદ્યુતક્ષેત્ર નજીકના ક્ષેત્રમાં .... ઉત્પન્ન કરે છે.

    (ii) .... આંખો માટે ક્ષ - કિરણો કરતાં ખતરનાક છે.

    (iii) કોબાલ્ટના રેડિયોએકટિવ પરમાણુકેન્દ્રથી ....ઉત્સર્જાય છે.

    (iv) ઈન્ફ્રારેડ કિરણો .... કરતાં ઓછી ઊર્જા ધરાવે છે.

    (v) z- દિશામાં પ્રસરણ કરતાં વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગમાં જો વિદ્યુતક્ષેત્ર E X,Z સમતલમાં દોલન

નોંધ

કરતું હોય, તો ચુંબકીય ક્ષેત્ર B .... સમતલમાં દોલન કરશે.

(vi) મુક્ત અવકાશમાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગના ગુણોત્તરને .... કહે છે.

(vii) F.M. ની આવૃત્તિનો ગાળો.......... છે.

(viii) ટી.વી. પ્રસારણ માં .... સિગ્નલને આવૃત્તિ મોડયુલેટ કરવામાં આવે છે.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

14.1

1. વિભાગ 14.1.4 જુઓ.

2. જો p પથ તફાવત હોય, તો કળા તફાવત $\theta =$ p.

3.

14.2

1. ન્યૂટન એ ધાર્યું હતું કે સમતાપી શરત હેઠળ ધ્વનિ તરંગોને સંઘનન અને વિઘનન રચાય

છે ?

3. ન્યૂટન એ ધ્વનિ તરંગોના પ્રસરણ માટે સમોષ્મી શરતના સ્થાને સમતાપી શરત ધારી હતી.

4. 357^0C.

5. $v =$

6. તેથી, $n =$

દોરીના બે છેડાઓ પર કંપનના સૌથી સરળ મોડ માટે, નિસ્પંદ બિંદુઓ અને બે નિસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચે એક પ્રસ્પંદ બિંદુ હોય છે.

તેથી, $l = l/2$ અથવા $\lambda = 2l$, તેથી $n = \lambda/2l$.

જો દોરી p વિભાગોમાં કંપનો કરે, તો $\lambda = p\ l/2$ અથવા $\lambda = 2l/p$. તો $n = (p/2l)$.

14.3

બધા પ્રશ્નોના ઉત્તર માટે પાઠનો અભ્યાસ કરો.

14.4

1. 25/9.
2. 4Hz આવૃત્તિ ધરાવતા બીટસ ઉત્પન્ન થાય છે.
3. બીટની આવૃત્તિ Δv છે.
4. 517, A ની આવૃત્તિ 517 થી ઘટીને 507 થાય છે.

14.5

1. ના, વિભાગમાં ઊર્જા માત્ર આગળ અને પાછળ ગતિ કરે છે.
2. બે અનુક્રમિક નિસ્પં બિંદુઓનું વચ્ચેનું અંતર $\lambda/2$ અને એક નિસ્પંદ અને પ્રસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું અંતર $\lambda/4$ છે.

$\frac{kv}{2\ell}$

4. (i) 1m, (ii) 1m, (iii) 1/4m.

14.6

1. આવૃત્તિ વધતા પીચ વધે છે.
2. ટીમ્બર
3. ટીમ્બર
4. ઓપન પાઈપ
5. કલોઝડ પાઈપના મૂળભૂત સ્વરના કિસ્સામાં, $l = \lambda/4$ અથવા $\lambda = 4l$, તેથી, $n = v/\lambda = v/4l$.

   ઓપન પાઈપ માટે $= \lambda/2$.તેથી $n' = v/2l$.

   (i) અને (ii) ને સરખાવતાં, $n' = 2n$
6. $n =$. તાપમાનમાં વધારા સાથે v વધતાં n પણ વધે છે.

14.7

(*i*) માઈક્રોવેવ

(*ii*) પીળો - લીલો ($\lambda = 5 \times 10^{-7}$ m)

(*iii*) સૂર્ય

(*iv*) ક્ષ - કિરણો

(*v*) થર્મોપાઈલ

2. (*i*) અલ્ટ્રાવાઈલોટ (પારજાંબલી)

   (ii) ગેમા - કિરણો

3. માઈક્રોવેવ

4. ઓઝોન

5. એકબીજાને લંબ

14.8

1. $n' = n$

   $= 40 \times 10^3 \times$

   $= 40 \times \qquad \times 10 = 37.2$ KHz.

2. $n' = 200 \times$

   $= 200 \times \qquad = 220$ Hz.

પાઠગત પ્રશ્નોના ઉત્તર

23. 337 ms^{-1}

24. 30 cm.

25. (*a*) 1 kHz

    (*b*) 857 Hz

    (*c*) 1143 Hz.

14.3 તરંગોનું સમીકરણ

ધારો કે, બે તંરગો સ્લિન્કી પર પરસ્પર વિરુધ્ધ દિશામાં ગતિ કરે છે. જયારે તે એકબીજાને મળશે ત્યારે શું થશે ? શું તેઓ એકબીજાને દૂર કરશે ? આ બધા પ્રશ્નોના ઉત્તર માટે, ચાલો આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

14.7.1 વિધુત ચુંબકી તરંગોના ગુણધર્મો

નીચે આપેલ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના ગુણધર્મને ધ્યાનથી નોધો.

પર્યાય નિરૂપણ તાર્કિક આધાર તર્ક

ભૌતિક શાસ્ત્ર હે મૂળભુત વિજ્ઞાન છે, કારણ કે તે વિશ્વની મૂળભૂત સુવિધા ઓ સાથે સંકળાયેલ છે, જેમ કે, સમય સ્થાન, ગતિ, માર્જ, રૂવા અને વિકિરણો, નૈસર્ગિક વિશ્વમાં જોવા મળતી દરેક ધટના અને કેટલાક લક્ષણો આ રૂતિ એ જોઈ શકાય છે. ભૌતિક શાસ્ત્ર બનવા માટે જ ભૌતિક વિજ્ઞાનનો સમજવા માટે ને માધ્યમ છે દરેક ટેકનોલોજીની આધુનિકતા પાછળ ભૌતિક શાસ્ત્ર રહેલુ છે. જેવીકે, કોમ્પ્યુટર, ઈન્ટરનેટ, રોકેટ નુ પ્રક્ષેપણ અને ઉપગ્રહો, રેડિયો અને ટી.વી કોમ્યુનિકેશન લેસર વગેરે પુરૂષો દ્વારા ભારે વજન ઊંચકવુ અથવા લાંબો કુદકો લગાવવો જેવી સરળ પ્રવૃતિમાં પણ ઉપયોગ કરીને શોધી શકાય. આમ, ભૌતિક શાસ્ત્રએ સમગ્ર વિજ્ઞાનમાં વ્યાપેલ છે. જેના દિવસના અભ્યાસક/મ દરમ્યાન આવતા પ્રશ્નો જેવા કે શા માટે અને કેવી રીતે ના ઉતર શોધવામાં મદદરૂપ બને છે.

શાળાકિય શિક્ષણ માટે રાષ્ટ્રિય અભ્યાસક્રમના માળખુ () માં ઉલ્લેખ કર્યા પ્રમાણે હાલનો ભૌતિકશાસ્ત્રનો અભ્યાસક્રમ એવી રીતે કરવામાં આવ્યો છે કે તેની મૂળભૂત બાબતો પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરી રોજિંદા જીવનની પ્રવૃતિઓ સાથે સબંધ ધરાવે છે. આ અભ્યાસક્રમ ભૌતિક શાસ્ત્રના નિયમો અને તેના દ્વારા દૈનિક જીવન પર થતી અસર પ્રતિબિંબ કરવામાં આવી છે. ભૌતિક શાસ્ત્રની મૂળભૂત બાબત કે જે બધાના માટે રસપ્રદ હોય, ખાસ કરીને આ અભ્યાસક્રમ એમના માટે તૈયાર કરવામાં આવ્યો છે કે જેઓ ભૌતિકશાસ્ત્રના પોતાના જીવનની કારકીર્દી બનાવવા ઈચ્છતા હોય. આ ઉપરાંત આ અભ્યાસક્રમમાં ઈલેકટ્રોનિકસ, કોમ્યુનિકેશન, ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્ર જેવા વિવિધ પાસાઓનો પણ સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે કે જેનો સીધો સબંધ દૈનિક જીવન સાથે હોય.

ભૌતિકશાસ્ત્રની મોટા ભાગની સમસ્યાને સમજવા ગણિતશાસ્ત્રની મૂળભૂત સમજ જરૂરી છે. આ અભ્યાસક્રમમાં સંકલન અને વિકલન જેવા ગાણિતિક સંકલ્પનાઓને ત્યજી દેવામાં આવેલ છે. આ અભ્યાસક્રમનો મુખ્યભાર ભૌતિકશાસ્ત્રના ખ્યાલો શીખવવાનો છે નહિ કે ગાણિતિક ગણતરી કરવાનો.

અભ્યાસક્રમની રચના

ઉચ્ચતર માધ્યમિક સ્તર ખાતે ભૌતિક વિજ્ઞાનનો અભ્યાસક્રમ વાદ અને પ્રાયોગિક એમ બંને ઘટકો ધરાવે છે.

(i) આ સ્તરે, વિદ્યાર્થીઓનો ખબર હોવી જોઈએ કે ભૌતિકશાસ્ત્ર અભ્યાસક્રમના સૈધ્ધાંતિક ભાગમાં આ આઠ મોડયુલનો સમાવેશ થયો છે. જેમા જરૂરી ખ્યાલો અને ભૌતિક શાસ્ત્રના ઘટનાઓનો સમાવેશ થાય છે. આ આઠ મોડયુલમા મુખ્યત્વે મિકેનિકસ (યાંત્રિક શાસ્ત્ર), વિજળી, પ્રકાશ ના વિષયને સમાવે છે અને ન્યુનતમ જ્ઞાન રજૂ કરી વધુ અદ્યતન ક્ષેત્રમા પ્રગતિ અને આવી હકીકતો માટે ભૌતિકશાસ્ત્ર મોટે ભાગે પ્રસંશનિય ભાગ ભજવે છે. મોડયુલ આઠએ સેમિકન્ડકટર્સ (અર્ધ વાહક) , ઈલેક્ટ્રોનિકસ અને કોમ્યુનિકેશનલક્ષી ચોકકસ ક્ષેત્ર દર્શાવે છે.

ક્રમ નં.	મોડયુલ	ગુણ	અભ્યાસનો લઘુતમ સમય (કલાક)
1.	ગતિ, બળ અને ઊર્જા	14	45
2.	ઘનનુ મિકેનિકમ અને તરલ	06	20
3.	ઉષ્મા ભૌતિકશાસ્ત્ર	06	25
4.	લનો અને તરંગો	06	20
5.	વિદ્યુતશાસ્ત્ર અને ચુંબકીયશાસ્ત્ર	16	45
6.	પ્રકાશશાસ્ત્ર અને પ્રકાશીય ઉપકરણો	14	25
7.	પરમાણુ અને ન્યુક્લિયર		
8.	સેમીકંડકટર્સ ની રચના અને કોમ્યુનિકેશન		

(ii) ભૌતિકશાસ્ત્રનો પ્રયોગ એ અનિવાર્ય ઘટક છે. સ્રોત પરીક્ષામાં તેનુ ભારાંક ૨૦% છે. આ અભ્યાસક્રમના એને વિદ્યાર્થીઓ દ્વારા કરવામા આવેલ પ્રયોગો અને સૂચિત પ્રવૃતિઓ માપવામાં આવે છે.

મોડયલ-1 ગતિ, બળ અને ઊર્જા

અભિગમા સર્વ સામાન્ય પ્રમાણભૂત એકમોના મહત્વને ધ્યાનમાં લઈને ભૌતિકશાસ્ત્રના અભ્યાસમાં પરિમાણો અને અદિશોના ઉપયોગ આ મોડયૂલમા દર્શાવ્યા છે. ભૌતિકશાસ્ત્રનુ કાર્યક્ષેત્ર, જરૂરી માપન ગતિ અને બાકીના ખ્યાલો અને દૈનિક જીવનના ઉદાહરણોની મદદથી સમજાવવામા આવ્યા છે. ગુરુત્વાકર્ષણનુ મહત્વ, કાર્ય અને ઊર્જાના ખ્યાલો પ્રકાશિત કરવામાં આવ્યા છે. પદાર્થની મૂળભૂત ગતિ અને રોજિંદા જીવનમાં જુદી જુદી ગતિનું મહત્વ સમજાવવામાં આવ્યુ છે.

એકમ 1.1 ભૌતિક જગત અને માપન

- ભૌતિકશાસ્ત્રનું કાર્યક્ષેત્ર અને ઉતેજના
- પ્રકૃતિના ભૌતિક નિયમો
- ભૌતિકશાસ્ત્ર, ટેકનોલોજી અને સમાજ
- માપનની જરૂરિયાત
- મૂળભૂત માપનના એકમો અને તાર વેલા એકમો.
- એકમ પધ્ધતિ અને SI એકમ
- દળ, લંબાઈ અને સમયનુ માપન
- એકમના ગુણાકારો અને સહગુણાકારો
- સાધનના માપની ચોકકસાઈ
- માપનમાં ત્રુતિઓ
- વિશિષ્ટ આંકડા
- ભૌતિક રાશી ના પરિમાણો
- પરિમાણ સુત્ર અને પરિમાણીય સમીકરણ
- સહિશો અને અહિશો
- સહિશની આલેખીય રજુઆત
- સહિશોના સરવાળા અને બાદબાકી
- સહિશના વિભાજન
- એકમ સહિશ
- સહિશ અને સહિશ ગુણાકાર

એકમ 1.5 ગુરુત્વાકર્ષણ

- ગુરૂત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ
- ગુરુત્વને કારણે પ્રવેગક અને ઊંચાઈ, ઊંડાઈ અને અક્ષાંશ (ફકત સુત્ર) ચંદ્ર પર નુ મૂલ્ય
- ગ્રહોની ગતિ માટે કેપ્લરના નિયમો.
- ઉપગ્રહો-ભૂસ્થિર અને ધ્રુવીય
- ગુરુત્વસ્થિતિમાન અને ગુરુસ્થિતિ ઊર્જા
- અવકાશ સંશોધનના ક્ષેત્રમાં ભારતની સિધ્ધિઓ

1.6 કાર્ય, ઊર્જા અને પાવર

- કાર્ય અને અચળ બળ દ્વારા થતુ કાર્ય
- ચલબળ દ્વારા થતુ કાર્ય
- કાર્ય-ઊર્જા વાદ
- સેરક્ષી અને અસીરક્ષી બળો
- યાંત્રિક ઊર્જા (ગતિ અને સ્થિતિ ઊર્જા) ઉદાહરણ સાથે,
- ઊર્જાનું સરક્ષણ (સ્પ્રિંગ દોલનો)
- સ્થિતિ સ્થાપક અને અસ્થિતિ સ્થાપક અથડામણ (એક અને દ્વિ-પરિમાણીય)
- પાવર અને તેના એકમો

એકમ 1.7 કણો અને (મૃત) પદાર્થના ગતિનું તંત્ર

- દૃડ (રીજીડ) પદાર્થની ગતિ, દળનુ કેન્દ્ર, જોડાણ અને
- જડત્વની આકમાત્ર, ભ્રમણની ત્રિજયા અને તેનુ મહત્વ
- સમાંતર અને લંબ અક્ષનો પ્રમેય અને સાદા કિસ્સામાં તેનો ઉપયોગ (વિકલન વગર)
- પરિભ્રમણ કરનો પદાર્થનું સંતુલન
- નિયમિત પરિભ્રમણ કરતા રૂડ પદાર્થ માટે ગતિનું સમીકરણ
- કોણિય વેગમાન અને સરળ ઉપાયો સાથે કોણીય વેગનો સરક્ષેણનો નિયમ
- એકકાલીન પરિભ્રમણ અને ટ્રાન્શનેશનલ ગતિ ઉદાહરણ સાથે
- પરિભ્રમણ ઊર્જા

ઉષ્મા ભૌતિકશાસ્ત્ર

ઉષ્મા-ઊર્જા વાદ દર્શાવામાં આવ્યો છે. વાયુ અને વાયુના નિયમો વર્તનને વાયુના ગતિવાદના ઉપયોગ સાથે વર્ણાવવામા આવ્યો છે તાપમાન નો ખ્યાલ, ઉષ્મા સમતુલા દ્વારા સમજાવી શકાય છે. કાળા પદાર્થનું વિકરણ, થર્મોડાઈમેયિકના નિયમો અને દૈનિક જીવનમાં તેનો ઉપયોગ આ મોડયુલમાં સમજાવવામાં આવ્યા છે. હીટ એન્જિન અને રેફ્રિજરેટર્સ ગરમીનું પરિવહન ની સ્થિતિઓ અને તેમના ઉપયોગમાં જુદી-જુદી પરિસ્થિતિઓમા પર ભાર મૂકવો છે. ઉષ્મા પ્રદુષણનો ખ્યાલ અને ગ્રીન હાઉસની અસર પણ આ મોડયુલમાં બતાવવામા આવશે.

એકમ 3.1 વાયુનો ગતિવાદ

- ઉષ્મા ઊર્જા
- ઉષ્મા, તાપમાન, ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમાં ઉષ્માનું વિસ્તરણ

- કેલરીમીટર, અનિયમિત વિસ્તરણ અને તેની અસર
- વાયુનો ગતિવાદ
- નો નિષ્કર્ષ સબંધ

આદર્શ વાયુનો નિયમ અને વાયુ અવસ્થાનો સમીકરણ

ગતિ ઊર્જા અને તાપમાનનો સબંધ

મુકત તાપમાનો એકમ (મુકત ડિગ્રી) અને ઊર્જાનો અચલન વિભાજયનો નિયમ

વાયુની વિશિષ્ટ ઉષ્મા વચ્ચેનો સબંધ

મુકત તાપમાનો એકમ અને ઊર્જાનો અમલખ વિભાજનનો નિયમ

સરેરાશ મુકત પાયનો સિધ્ધાંત અને એયેગેરો નંબર

એકમ ટુર થર્મોડાઈનેમિકસ

ઉષ્મીય પ્રસરણ, થર્મોડાયનેમિકસનો શૂન્યનો ક્રમ અને તાપમાનો સિધ્ધાંત

થર્મોગઈનેમિકસ ચલરાશિ અને થર્મોકાળનેમિકસ સંતુલન

3.1 એકમ 4.2 તરંગની અસાધારણ ધટના

રચના અને તરંગનું પ્રસરણા

તરંગ લંબાઈ, આવૃતિ, ઝડપ અને તેના સંબધો, તરંગનો કેપિવસ્તાર અને તરંગ સમીકરણ

સંગત અને લંબગત તરંગો

સરળ આવૃતિ તરંથ તરંગ નું સમીકરણ

વાયુમાં ધ્વનિ વેગ અસર કરતા પરિબળો

સંપાતપણા ના તરંગો વ્યકિગત ન તરંગ

તરંગ નું પ્રતિબિંબ અને પ્રસારણ

સ્થાપી તરંગો અને સ્પદે (ફક ગુણાનમક નિરૂપણ સાથે પને સમીકરણ)

દ્રાવણશકિતનું પ્રશબેલ્ડ, અને ધ્વનિની તિવૃતા અને ધ્વનિ પ્રદૂષણ

વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો અને તેના ગુણમર્મો

EM- તરંગ વર્ણવા અથવા વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગ વર્ણવટ

ડોપ્લર અસર અને તેના ઉપયોગ

પ્રકાશ ના ભાવ ની સ્થિરતા

મોડયુલ - 5 વિદ્યુત શાસ્ત્ર અને ચુંબકીય શાસ્ત્ર

અભિગમ - વિદ્યુતશાસ્ત્ર અને ઘર્ષણ વીજળી નો મુળભુત ખ્યાલ

આ મોડયુલમાં દર્શાવવામાં આવશે. બિંદુવત વિદ્યુતભારના કારણો ઉદભવના વિદ્યુત સ્થિતિમાન સમજાવે છે. કેપેસિટર્સના વિવિધ પ્રકારો, જોડાણ અને ઉપયોગ સમજાવવમાં આવશે. વિદ્યુત પ્રવાહની ચુંબકીય અસરો આ મોડયુલમાં સમજાવેલ છે વિદ્યુત પ્રવાહની વિશિષ્ટ ચુંબકીય અસરો અને વિદ્યુત ચુંબકીય પ્રેરણ પરભાર મુકવો છે. વિદ્યુત પાવર નું ઉત્પાદન અને પ્રસરવા, ઓછો વોલ્ટેજ અને ભારણ બીલડીંગની સમસ્યા સમજાવવામાં આવી છે.

15. એમક 5.1:- વિદ્યુતભાર અને વિદ્યુતક્ષેત્રો

વિદ્યુત ઘર્ષણ - વિદ્યુતભાર અને તેના સંરક્ષણ

કુબંલનો નિયમ

સંપાતપણાનો સિધ્ધાંત

વિદ્યુતક્ષેત્ર અને બિંદુવત ક્ષેત્ર તીવ્રતા (રેખાકૃતિ પરથી)

પ્રાથમિકકોષ અને ગોણકોષનો પ્રારંભિક વિચાર

પોટેશિયોમિટર અને તેના ઉપયોગ

વિધુતપ્રવાહ પર ઉષ્માની અસર ઉષ્મા માટે જુલનો નિયમ

18 એકમ 5.4 ચુંબકત્વ અને વિધુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો.

ગજિયો ચુંબક અને તેનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર

વિધુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો

બાયો સાવરનો નિયમ અને તેનો ઉપયોગ કરી વિદ્યુત પ્રવાહ આધારિત વર્તુળાકાર રીંગનુ ચુંબકિયક્ષેત્ર શોધવુ. (ગુણાત્મક માવજત)

એમ્પિયરના પરિપથ નિયમનો અને તેનો ઉપયોગ કરી લાંબા સીધા તાર વર્તુળાકાર લૂપ (કેન્દ્ર આગળ), સીધા અને શેરોઈડ સોલેનોલ્ડનું ચુંબકીયક્ષેત્ર શોધવુ

સ્થળાંતર પ્રવાહનો ખ્યાલ

ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં વિદ્યુતભાર પર લાગતુ બળ : લોરેન્ટથબળ

નિયમિત ચુંબકીય અને સાઈકલોફોન વિદ્યુત ક્ષેત્રમાં ગતિ કરતા વિદ્યુતભારીત કણો પર લાગતુ બળ

સમાન ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વાહિત તાર પર નુ બળ

વિદ્યુત પ્રવાહ ધ્વરિત લૂપ ચુંબકીય ડાઈવોલ (ધ્રુવ) અને તેનો ચુંબકીય મોમેન્ટ

ભ્રમણ કરતા ઈલેકટ્રોનની ચુંબકીય ડાઈપોલ (દ્વિ-ધ્રુવ) મોમેન્ટ

ચુંબકીય ડાઈપોલ (દ્વિ-ધ્રુવ)ને કારણે ચુંબકીય ક્ષેત્રની તીવ્રતા (ગજિયો ચુંબક) અને તેની

ઘટી તેના અક્ષ લંબ છે.

ચુંબકીય ડાઈપોલ પર નિયમિત ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં લાગનું છે કે

ચલિત ગોલ્વેનોમિટર અને તેનું રૂપાંતર કરો અંમિટર અને વોલ્ટ મિટરમાં

પૃથ્વીનું ચુંબકિય ક્ષેત્ર

ફેરો મેગ્નેટિક પદાર્થો - ડોમેઈન પ્રમેય (ક્ષેત્ર ગુણવતા)

ઈલેક્ટ્રોરિક અને તેના બળ પર અસર કરતા પરિબળો.

લેન્સના જોડાણ, લેન્સ અને અરિસાનું જોડાણ

દ્રષ્ટિની ક્ષતિઓ મળે તેના સુધાર (લઘુદ્રષ્ટિ અને ગુરુ દ્રષ્ટિ)

એકમ 6.2 પ્રકાશનું વિભાજન અને પ્રકીર્ણ

પ્રકાશનું વિભાજન, વિચલન કોણ

મેઘધનુષ અને તેનુ સુત્ર

પ્રતિબિંબ રચનાની ખામીઓ-ગોળાકાર અને રંગીન સ્મૃતીભર્થ (ફકત ગુણાત્મક)

વાતાવરણમા પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન

રામન અસરના પ્રાથમિક વિચાર

એકમ 6.3 તરંગ ઘટના અને પ્રકાશ

હાઈગેન્સ નો તરંગ વાદ અને તરંગ પ્રસરણ

વ્યતીકરણ-યંત્રનો બે સ્લિરનો પ્રયોગ

એક સ્લિત વડે થતુ પ્રકાશનું વિયર્તન (ગુણાત્મક)

ધ્રુવીભવન-બ્રુસ્ટરનો નિયમ અને દૈનિક જીવનમાં તેના

એકમ 6.4 પ્રકાશીય ઉપકરણો

સાદુ અને સંયુકત માઈક્રોસ્કોપ અને તેનો મોટવણી પાવર

ટેલિસ્કોપ-પરાવર્તન અને વક્રીભવન

માઈક્રોસ્કોપની વિભેદન શકિત અને રેલેનું પ્રમાણ

ખગોળશાસ્ત્રમાં તેનો ઉપયોગ

મોડયુલ-7 પરમાણુ અને ન્યુકિલયસ

અભિગમ : વિવિધ અણુ પ્રતિકૃતિની અણું રચના નુ વર્ણન દર્શાવવામાં આવ્યુ છે અને તેમની મર્યાદાઓ અને તેમના સુધારાઓનું પધ્ધતિ સરનું આ મોડયુલમા રજૂ કરવામા આવી છે. ન્યુકિલઅસ અને રેડિયોએકટીવીટી તેના ઉપયોગ સાથે સમજાવવામા આવી છે. ન્યુકિલઅસ ઊર્જાનો શાંતિપુર્ણ

ઉપયોગ, તાજેતરના સરિસ્તા પર પ્રકાશ પાડવામાં આવ્યો છે.

એકમ 7.1 અણુંનું બંધારણ

આલ્કા-કણનું પ્રકીર્ણન અને રૂધર-ફોર્ડ પરમાણુ પ્રતિકૃતિ

હાઈડ્રોજન અણુ માટેનું બા... મોડેલ અને ઊર્જા સ્તરો

હાઈડ્રોજન વર્ણ પર

મોડયુલ-8 સેમીકંડકટર રચનાઓ અને સંદેશા વ્યવહાર

અભિગમ : લગભગ તમામ ઈલેકટોનિકસ ઉપકરણોમા સેમિકન્ડકર્સનું વિશિષ્ટ સ્થાન છે. સેમિકન્ડકટરનું મહત્વ ઉપરાંત, વિવિધ પ્રકારના સેમીકન્ડકટર્સ ઉપકરણો અને તેમના ઉપયોગો આ મોડયુલમાં સમજાવવામાં આવ્યા છે. અત્યારના માહિતી અને સંચાર (કોમ્યુનિકેશન) ટેકનોલોજી ના યુગમાં દરેક માટે મૂળભૂત ઈલેકટ્રોનિકસ અને કોમ્યુનિકેશન ટેકનોલોજી જાણવી જરૂરી છે. કોમ્યુનિકેશન સિસ્ટમ (તંત્ર) ના કાર્ય નો સિંધ્ધાંત, દૈનિક જીવનમાં કોમ્યુનિકેશન ટેકનોલોજી અને મીડિયા ના ઉપયોગ વર્ણવવામા આવ્યા છે.

28, એકમ 8.1 સેમીકંડકટર અને સેમીકંડકટર રચનાઓ

- ઘનમાં ઊર્જાના બેન્ડ
- અંતગર્ત અને બહિગર્ત અર્ધવાહકો
- P-4 જંકશનની રચના અને ગુણધર્મો
- P-4 જંકશન ડાયોડનુ બાયસીંગ
- ડાયોડના પ્રકાર, જોનર ડાયોડ,LED , ફોટો ડાયોડ અને સોલર સેલની
- જોનર ડાયોડ, LED ફોટો ડાયોડ અને સોલર સેલની I-V લાક્ષણિકતાઓ
- ટ્રાન્જિસ્ટર PNP અને NPN
- ટ્રાન્જિસ્ટરની લાક્ષણિકતાના આલેખ

29 એકમ 8.2 અર્ધવાહકની રચના ના ઉપયોગ

- જંકશન ડાયોડ રેકિટરાય તરીકે
- જનર-ડાયોડ-વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર તરીકે
- ટ્રાન્જિસ્ટર એમ્પિલીફાયર (કોમન એમીટર)
- ટ્રાન્જિસ્ટર ઓસિલેટર
- ટ્રાન્જિસ્ટર સ્વીચ રચના
- લોજિક ગેટસ અને તેની અનુભૂતિ (OR, AND, NOT, NAND, NOR)

30 **એકમ 8.3 : કોમ્યુનિકેશન સિસ્ટમસ ()**

- કોમ્યુનિકેશન સિસ્ટમ્સના પ્રકાર
- સિગ્નલના પ્રકાર - એનાલોગ-ડીજીટલ

કોમ્યુનિકેશનમાં વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો

માર્ગદર્શિકા પરિમાણ (ટ્રાન્સમિશન લાઈન અને ઓપ્ટીકલ ફાઈબર)

પ્રયોગોની યાદી

ગ્રુપ-A

1. વર્નિયર કેલિયર્સની મદદથી આપેલ બીકર કેલરી મિટરનો આંતરિક વ્યાસ અને ઊંડાઈ શોધવી અને તે પરથી તેનુ કદ નક્કી કરવું ઓકા પાડવાના નળાકાર ની મદદથી પરિણામ ચકાસો.
2. માઈક્રોમિટર સ્કુ ગેજની મદદથી આપેલા તારનો વ્યાસ નક્કી કરવો.
3. સ્ફેરોમીટરની મદદથી આપેલ ગોળાકાર પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજયા શોધવી.
4. સાદા લોલકનો ઉપયોગ કરી નો આલેખ દોરવો. તે પરથી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ નક્કી કરવી.
5. સદિશોના સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના નિયમનો ઉપયોગ કરીને આપેલ વસ્તુનુ વજન નક્કી કરવુ.
6. ગરમ પદાર્થ જેમ ઠંડો પડતો જાય તેમ તેના તાપમાન અને સમય, કેલરી મિટર અને આસપાસ ... વચ્ચેનો તફાવત વચ્ચેનો સબંધ નો અભ્યાસ આલેખ દોરીને કરવો.
7. આપેલ ઘનપદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા મિશ્રણની રીતથી નક્કી કરવી.
8. ભારીત સ્પ્રિગની લંબાઈ સાથે સર્વિસ સ્પ્રિંગની લંબાઈનો વિસ્તાર માપવો. સ્પ્રિંગ વિસ્તારના ગ્રાફનો સ્પ્રિંગ અચળાંક શોધો.
9. પાણીના કદનુ , કદનુ માટે , કદનુ માટે અને વગેરે માટે પાણી સાથે ભરેલી બ્યુટેટને ખાલી કરવા માટેનો જરૂરી સમય શોધી બ્યુફેટમા પાણીનુ કદ અને સમય વચ્ચે ગ્રાફ ભબદોરી દરેક તબકકે પ્રવાહના આંશિક દર (રેડિયો એક્ટિવ સાદૃશ્ય) નો અભ્યાસ કરો.

ગ્રુપ-B

10. ધ્વનિની તરંગ લંબાઈ નક્કી કરવા માટે (i) એર સ્તંભ (ii) અનુનાદ નળી અને કંપન સ્વરકાંટા નો ઉપયોગ કરી ઓરડાના તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ નક્કી કરવો.
11. બે સ્વરકાંટા દ્વારા અનુનાદ નળીમાં પ્રથમ અને દ્વિતિય અનુનાદ સ્થાન શોધી સ્વરકાંટાની આવૃતિઓ સરખાવો.

12. સોનોમીટરનો ઉપયોગ કરીને આવૃતિ માટે તણાયેલી દોરીની લંબાઈ અને તણાવ વચ્ચેનો સબંધ સુસ્પષ્ટ પણે અભ્યાસ કરો. દોરીના એકમ લંબાઈ દીઠ નક્કી કરવા આલેખનો ઉપયોગ કરો.

13. અંતરગોળ અરીસા માટે વસ્તુ અંતર I ના જુદા જુદા મૂલ્યો માટે પ્રતિબિંબ અંતરના મૂલ્યો શોધવા 1/u - 1/vના આલેખ દોરી તેની કેન્દ્ર લંબાઈ શોધવી.

14. બહિર્ગોળ લેન્સ માટે 1/u - 1/v ના આલેખ દોરી ને કેન્દ્ર લંબાઈ F શોધો

15. બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્ર લંબાઈ નક્કી કરવી.

16. યોગ્ય બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરવી.

17. આપાતકોણ અને વિચલનકોણનો આલેખ દોરી આપેલ પ્રિઝમ માટે લઘુતમ વિચલનકોણ મેળવો અને તે પરથી પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરવો.

18. અંતરર્ગોળ અરિસો અને વસ્તુપીનનો ઉપયોગ કરી આવેલ બે પારદર્શિય પ્રવાહી ની વક્રિભવનાંક સરખાવો.

19. એક ખગોળીય ટેલિસ્કોપ ગોઠવો અને તેનો મોટવણી પાવર શોધવો.

ગ્રુપ-C

20. એમિટર અને વોલ્ટમીટર પધ્ધતિ અને જાણીતા અવરોધના ગુંચળાનો ઉપયોગ કરી અવરોધ જોડાણ (શ્રેણી અને સમાંતર) માટે નો નિયમ ચકાસો.

21. પોટેશિયોમીટર નો ઉપયોગ કરી આપેલા બે પ્રાથમિક કોષોના દ.મા.ક ની સરખામણી કરવી.

22. મીટર બ્રિજનો ઉપયોગ કરીને આપેલા વાહકતારની અવરોધકતા (વિશિષ્ટ અવરોધ) નક્કી કરવો.

23. પોટેશિયો મીટર નો ઉપયોગ કરી પ્રાથમિક કોષના આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવો.

24. યોગ્ય શ્રેણી અવરોધ અને AC વોલ્ટમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા ગુંચળાનો પ્રેરકતા અને અવરોધ નક્કી કરવો.

25. ગેલ્વેનોમીટર નો ઉપયોગ કેપેસિટરને ચાર્જ કરતી વખતે RC પરિપથમાં પ્રવાહનો ... થાય તેનો અભ્યાસ કરો અને પરિપથમાં સમય અચળાંક શોધો.

26. PN જંકશન ડાયોડની ફોરવર્ડ લાક્ષણિકતા મેળવવી અને તે પરથી ડાયોડના સ્થિત અવરોધ અને ચલ અવરોધ શોધવો.

27. કોમન એમિટર જોડાણ માટે NPN ટ્રાન્જિસ્ટરની લાક્ષણિક આલેખ મેળવો. આ લાક્ષણિકતા પરથી (i) ટ્રાન્જિસ્ટરનો પ્રવાહ ગેઈન (b) અને (ii) વોલ્ટેજ ગેઈન A1 ની સાથે 1 KW નો લોડ અવરોધ શોધો.

28. બળરેખાઓને કારણે ગજિયો ચુંબક (i) N- ધ્રુવ ઉતર તરફ(ii) N- ધ્રુવ દક્ષિણ તરફ

નિયંત્રિત કરી દોરો. તટસ્થ બિંદુ દર્શાવો.

29. અર્ધ-આવર્તન રીતથી ગેલ્વેને મીટરનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવો અને ઈચ્છિત રેન્જવાળા વોલ્ટમિટરમાં રૂપાંતરીત કરો. કરો()-3V) અને તેને ચકાસો

અભ્યાસની રૂપરેખા

- ભૌતિક શાસ્ત્રમાં જે અભ્યાસ ક્રમનો સમાવેશ કરેલ છે તેની સાથે તમને શીખવાની તકોનું પેકેજ પણ પુરુ પાડે છે.
- સ્વયં ભરણતર સામગ્રી (SLM) બે ભાગમાં છવાયેલ છે. i.e. ભાગ-1 અને ભાગ-1
- ઓડિયો અને વિડિયો (દ્રષ્ય-શ્રાવ્ય) કાર્યક્રમો પુરક સામગ્રી સ્વરૂપો છે.
- ભૌતિક શાસ્ત્રના વિડિયો ટયુટોરિયલ NIOS ની વેબસાઈટ પર (www.nios.ac.in) તેમજ યુ ટયુબ પર છે.
- આ ટયુટોરીયલની કડીઓ સંબધિત પાઠમાં SLM ની અંદર ઉલ્લેખ કરવામાં આવ્યો છે.
- તમારા અભ્યાસ કેન્દ્ર ખાતે વ્યકિતગત સંપર્ક કાર્યક્રમો (PCP- Personal Contact Programme) ગોઠવેલા છે. PCP ના કાર્યક્રમ માટે મહેરબાની કરી તમારા અભ્યાસ કેન્દ્રનો સંપર્ક કરો.
- તમારા અભ્યાસ કેન્દ્ર ખાતે ફેસ ટુ ફેસ વ્યકિતગત સંપર્ક કાર્યક્રમો ઉપરાંત ઓડિયો સ્ટ્રીમીંગ મારફતે જીવંત વ્યકિતગત સંપર્ક કાર્યક્રમો મુકત વિદ્યા વાણી પર પણ વેબકાસ્ટ કરેલ છે. જે ની વેબસાઈટ પરથી મેળવી શકો છો.

મુલ્યાંકનની રૂપેરખા

આ વિદ્યાર્થીઓને શિક્ષક માર્ગદર્શિત પ્રવૃતિ તેમજ જાહેર પરીક્ષા દ્વારા સતત અને સર્વ ગ્રાહી મૂલ્યાંકન કરવામાં આવશે. જે નીચેના કોષ્ટકમાં વિગતો બતાવે છે.

મૂંલ્યાકન પધ્ધતિ	અભ્યાસક્રમ વિષય	સમય	ભારણ
શિક્ષક માર્ગદર્શિકા પધ્ધતિ (TMA)	SLM-ભાગ-1 હેઠળ તમામ વિષયો.	સ્વઅધ્યયન	20 %
જાહેર અંતિમ પરિક્ષા	SLM-ભાગ-2 હેઠળ તમામ વિષયો.	3 કલાક	80 %

આ માર્ગદર્શિકા પરિમાણ અને એન્ટેના, ગ્રાઉન્ડ વેવ કોમ્યુનિકેશન સ્કાઈ વેવ કોમ્યુનિકેશન, સ્પેશ વેવ કોમ્યુનિકેશન અને સેટેલાઈટ કોમ્યુનિકેશન

મોડયુલેશન-એનાલોગ અને ડિજીટલ

ડીમોડયુલેશન

કોમ્યુનિકેશનના ઉપયોગો

ઉત્સર્જન અને શોષણ વર્ણવટ

સતત અને લાક્ષણિક ક્ષ - કિરણ (X રિય)

એકમ 7.૨ વિકિરણ અને દ્રવ્યનો ટેન સ્વભાવ

વર્ક ફંકશન અને ઈલેકટ્રોનનું ઉત્સર્જન

ફોટો ઈલેકટ્રોક અસર અને તુનું વિસ્તરણ

ફોટો ઈલેકટ્રોક ટયુબ અને તેનો ઉપયોગો

તરંગ કણ - કેવિસન ગમેર નો પ્રયોગ

ઈલેકટ્રોન માઈક્રોસ્કોપ (બિન મૂલ્યાંકન પેટી)

એકમ 7.3 ન્યુકિલઆઈ રેડિયો એકટીવિન

પરમાણે દમ (એટોમિક માસ યુનિટ) પરમાણે દળાડે ન્યુકિલપરા નું થાય

સમસ્યાનિકો (આઈમોણે..) અને સમદળીય (આલ્સોબાર)

ન્યુકિલયર બળો, દળ - ઊર્જા ની સમકક્ષતા

દળ ક્ષતિ અને બંધન ઊર્જાનો આલેખ

રેડિયો એકટીવીટી - આલ્ફા, બીટા ક્ષય અને ગામા ઉત્સર્જન

ન્યુકિઘટાનો અર્ધઆવુ અને મય - નિયતોક

રેડિયો એકટીવીટીના ઉપયોગ

એકમ 7.4 ન્યુકિલયર વિખંડન અને એકીકયા

ન્યુકિલયર પ્રકિયા

ન્યુકિલયર વિખંડન અને શૃંખલા પ્રકિયા

ન્યુકિલયર સંલવન, તારાઓમાં ઊર્જા

ન્યુકિલયર ઊર્જાનો દુરુપયોગ પરમાણું બોમ્બ અને હાઈડ્રોજન બોમ્બ (પેટી બિન મૂલ્યાંક)

ન્યુકિલયર ઊર્જા નો શાંતિ પૂરર્વ ઉપયોગ

(અત્યારના સસ્રિસાનો સમાયેશ)

ન્યુકિલયર વિકરણના ખતરા અને સુરક્ષાના માહદંડ

10 એકમ 5.5 વિદ્યુત ચુંબકીય પ્રેરણ અને ઓલ્ટરનેટિંગ

કેરેડેનો નિયમ ચુંબકીય પ્રેરણ અને ઓલ્ટરનેટિંગ પ્રવાહે

ફેરેડેનો નિયમ ચુંબકીય પ્રરેણ

લેન્સનો નિયમ, એડી પ્રવાહ

આત્મ અને અનેન્ય પ્રેરણ - ચોક કોઈલ

અલ્ટરનેટીંગ પ્રવાહ અને વોલ્ટેજ ઉદાહરણ સાથે ફેજ રેખાકૃભ પીક અને... કિમેન

ફકત R, L અથવા C અલગથી ધરાવતા પરિયવ I & V વચ્ચેનો ડળા સંબંધ.

LCR શેણી ભેડાણ (ફીજેર ફેમ આકૃતિ) અને અનુવાદ

જનરેટર AC અને DC

ટ્રાન્સફોમર અને તેના ઉપયોગો.

વિદ્યુત પાવર નું પ્રસરણ

ઓછા વોલ્ટેજ અને ભારણ શીલ્ડીંગનો ખ્યાલ

C સ્ટેલીબાઈટ્રા અને નો ઈમેવટર ખ્યાલ

મોડયુલ - 6 પ્રકાશ શાસ્ત્ર અને પ્રકાસીય ઉપકરણો

અભિગમ :- પ્રકાશના પરાવર્તન નું એક સેકિ...ત પરૂિમય આયાપછી પ્રકાશનું વક્રવિભવના, પર્ન આંતરિક પરાવર્તન, વિભાજન અને પ્રકેરિત જેવાની આધારે ભૂત સમજે આ મોડયુલમાં દર્શાવવમાં આવશે. પ્રકાશ તરંગના ગુણધર્મો જેમકે, વિવતેન અને ધ્રુવીભવન ને પણ એક ગુણત્મક રીતે વર્ણાવી શકાય છે. પ્રકાશીય ગુણધર્મોનો વધુ ઉપયોગ કરીને પ્રકાશીય ઉપકયણો ની બનાવટ વર્ણાવવામાં આવી છે. રામન અસરની પ્રારંભિક વિચાર પર પણ ચર્ચા

20 અકેમ 6.1 પ્રકાશ નું પરાવર્તન વકી ભવન

ગોળીયા અરીસા વડે પરંતુ પ્રકાશ નું પરાવર્તન

સંજ્ઞા પધ્ધતિ અને અરીસાનું સૂત્ર

પ્રકાશનું વકીભવન, માટે સ્નેલનો નિયમ

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન (TIR) અને ફાઈવર ઓપ્ટીકસમાં તેનો ઉપયોગ

વક્રસપાટી વાએ થતું વકીભવન અને લેન્સ.

લેન્સ મેકર્સ સૂણ અને મોટવણી

ન્યુટન નું સુત્ર

સ્થપાંતર ની રીતથી પ્રતિબિંદ ને સ્થાન શોધબું (યુગ્મ બિંદુ)

લેન્સ નો પાવર

વિદ્યુતક્ષેત્રમાં વિદ્યુત પાટીનકણ પટ બાલચંબળ

સમાન વિદ્યુતક્ષેર્તમાં વિધુત ડાઈપોલ

ગાઉન ના નિયમમાં ઉપયોગથી બિંદુવન નું વિધુક્ષેત્ર, વિદ્યુતહિત પાતવી માંળીય કવચ પડે ઉહપથ નું વિદ્યુતક્ષેત્ર (કોષના અહેર અને બહાર નાકા, અવેત સરેખતાર અને અનેક સમતલીમ પદાર્થ વિદ્યુતતાર વડે ઉદ્દુભાનું વિદ્યુત ક્ષેત્ર

વાન ...... જનરેટર

એકમ 5.2 વિદ્યુત સ્થિતિમાન અને કેપે સિટરન્સ

બિદુંવત વિદ્યુતભારતના કારણે ઉદ્દુભવતા ક્ષેત્રમાં વિદ્યુત સ્થિતિમાન

વિદ્યુત ડાઈપોલ ક્ષેત્રમાં વિદ્યુત સ્થિતિમાન

બિંદુવન વિદ્યુતભારના તંત્રમાં વિદ્યુત સ્થિતિમાન ઊર્જા

વિદ્યુત ક્ષેત્ર અને વિદ્યુત સ્થિતિમાન વચ્ચેનો સંબંધ મ્યુબળ

સુવાહકો અને વિદ્યુતક્ષેત્રમાં વાહક

ઈલેકટ્રો સ્ટેરિક શિલ્ડિંગ

સમાતંર પ્લેટ કેપેસિટર નું કેપે સિટરન્સ અને કેપેસિટર્સ એ

જુદા જુદા પ્રકારના કેપેસિટર્સ અને તેના ઉપયોગો.

કેપેસિટરનું ક્ષેણી અને સમાંતર જોડાણ

વિદ્યતુ ભારીત કેપેસિટરમાં સંગ્રહિત ઊર્જા

ડાઈ ઈલેકિરરૂક અને તેમનુ ધ્રુવિભવન

કેપેસિટસ પર ડાઈઈલેકિટ્ક અસરો.

એકમ 5.3 વિદ્યુત પ્રવાહ

સુવાહકમાં વિદ્યુત પ્રવાહ

ઈલેકટ્રોનના હિફરવેગનો સિધ્ધાંત

ઓહમનો નિયમ, ઓહમિક - બિન ઓહમિક અવશેધો.

અવરોધોનો વર્ણ સંકેત

મુકત અને નિયંત્રિત (Bound) ઈલેકટ્રોન

બ્રીસ્ટન બ્રિજનો સિધ્ધાંત અને તેના ઉપયોગો

વિદ્યુત ચાલકબળ અને સંભવિત તફાવત

12. એકમ 3.3 ઉષ્મા વિનિમય અને સોલર ઉર્જા

- ઉષ્મા વિનિયમ સ્થિતિઓ, વહન, સેવહન અને વિકરણો
- કાળો પદાર્થમાંથી ઉત્સર્જન પામતા વિકરણો, કિર્મોરનો નિયમ શોષકતા અને ઉત્સર્જન

પાવર, વીનનો સ્થાળોતા નો નિયમ સ્ટિફન નો નિયમ

- સોલર ઊર્જા
- સોલર અચળોક, ગ્રીન હાઉસ અસર
- ન્યુટનનો શીતત નો નિયમ

મોડયુલ - ૫ :- દોલ નો અને તરંગો

અભિગમ :- આર્વત ગતિ સાથે એકળાયેલ શરતો સમવજાવી ઉપરાંત આર્વત ગતિના સામાન્ય ઉદાહરણની મદદ થી વર્ણન કરવામાં આવશે બળપૂર્વક દોલપે, અનુનાદ અને અવમંદિત આર્વતનો એક ગુણાત્મક વિચાર પણ આ મોડયુલમાં આપવામાં આવશે.

13. એકમ 4.1 સરળ આર્વત ગતિ

- આર્વત ગતિ - કંપવિસ્તાર,આર્વત, આવૃતિ અને કળા (ફેજ)
- સંદર્ભ વર્તુળ અને સ.આ.ગ (SHM) નું સમીકરણ
- સ્થળોતર એ સજીવનું કાર્ય આવર્ત કાર્ય
- ભારિત સ્પ્રિંગ તંત્ર અને સાદુ લોલક
- સ.આગ (SHM)નો ઊર્જા - ગતિ અને સ્થિલ
- અવમંદિતદોલતો (વિકલન વગર)
- પ્રણોદિતદોલતો (બળ પ્રેરિત દોલતો)અને અનુવાદ (વિકલન વગર)

મોડયુલ ૨ ધનનુ મિકેનિકસ અને તરલ (પ્રવાહિ)

ધન, પ્રવાહિ અને વાયુમાં પદાર્થનું વર્ગીકરણ આંતરપરમાણિય બળના આધારે કરવામાં આવે છે. આ મોડયુલમાં ધનસ્થિતિ સ્થાપક નું વર્તુણ અને ધન સ્થિતિ સ્થાપક વર્તૃણ સ્ત્રોત પ્રકાશિત કરી સમજાવણ છે. પ્રવાહિનો યોત્રિક ગુણધર્મો જેમ કે, તારક બળ, સપાટીતાણવ, કેશા દર્પણ વગેરે રોજિદા જીવનના આવ્યા છે.

8 એકમ ૨.1 ધન પદાર્થના સ્થિતિ સ્થાપક ગુણધર્મો

- સ્થિતિસ્થાપક વર્તુણક અને હુકનો નિયમ, તાણ તણાવ વક્ર
- આણ્વીક લખો.
- યંત્ર મોઠયુલઅ બલ્ક મોડયુલસ દડની પદાર્થ મોડયુલસ અને દબનીયતા
- પોઈજનનો ગુણોતર
- ઘન સ્થિતિ સ્થાપક વર્તૃણકના જેમકે બાહધરણ, ગર્ડર કેટલાક ઉપાય
- સ્થિતિ સ્થાપક ઊર્જા

6. એકમ 2.2તરલ ના ગુણધર્મો

હાઈડ્રોસેટિક દબાણ અને તારક બળ

પાસ્કલનો નિયમ અને તેના ઉપયોથ

સંયોગ અને સંલગ્નના ના બળો.

પૃષ્કતાણ અને પૃષ્ક ઊર્જા

સંપક કોણ અને કેરા કર્ષણ ની ક્રિયા

પૃષ્કતાણ, બુંદ, પરોપોટાઓ અને ડિટરજન

રેનોલ્ક અને સ્પેકસ નિયમ
ટર્મિનલ વેગ
બર્નુલના વાદ (વિકલન વગર)

એકમ 1.7 સુરેખપથ પર ગતિ

સ્થાન, અંતર અને સ્થાનાંતર
સ્થાન અને સ્થાનાંતર સદિશો
ઝડપ, વેગ અને પ્રવેગ
સરેરાશ અને તત્કાલીન વેગ, વિકલન અને સંકલન ના પ્રારંભિક સિંધ્ધાંતો
સાપેક્ષ ગતિ
સ્થાન - સમય અને ગતિ - સમય આકૃતિ
અસર અને નિયમિત પ્રવેશ ગતિ
ગુ..બીય હેઠળ ની ગતિમાં અસર પ્રવેગીક સાથે ગતિના સમીકરણ

3 એકમ 1.4 ન્યુટનના ગતિના નિયમો.

બળ અને જડત્વના ખ્યાલ (સિધ્ધાંત)
ગતિનો નો પ્રથમ નિયમ
વેગમાન નો સિધ્ધાંત
ગતિનો બીજો નિયમ
ગતિનો ત્રીજો નિયમ
આધાત
સેરખ વેગમાન ના સંરકપણ નો નિયમ અને તેના ઉપયોગો
અકે બિદુ ગામ બળોનું સંકલન
ઘર્ષણ - સ્થિત અને ગતિ, ઘષર્ણ અસર કરતા પરિબળો બાળડિંગ અને રોલીંગ
મુકત પદાર્થના આલંબની ટેકનિક
જડત્વ અને અજડત્વ - નિદૈશ કેમ્

4 એકમ 1.4 સમતલમાં ગતિ

પ્રક્ષિણી ગતિ (ઉડુયનનો ફુલ સમય અવધિ, મહત્વ ઊંચાઈ)
પ્રક્ષિણી પદાર્થના ગતિપથનું સમીકરણ.
નિયમિત વર્તુળા કાર ગતિ
કે..ગામી પ્રવેશ
રોજીંદા જીવનમાં વર્તુળકાર ગતિ (...ળાવ વાળા અને ..વાવ વગરના રસ્તાપર ગતિ)
ઉદ.. વર્તુળમાં ગતિ

.

અભ્યાસ ક્રમના હેતુઓ

ઉચ્ચતર માધ્યમિક સ્તરે, વિદ્યાર્થીઓ માટે ભૌતિક શાસ્ત્ર અભ્યાસક્રમના મૂળભૂત હેતુઓ નીચે પ્રમાણે છે.

1) ભૌતિક વિજ્ઞાન દ્વારા થતી ઘટનાઓ સમજવા માટે સામાન્ય જ્ઞાન મેળવે, સિધ્ધાંતોની સમજ કેળવે, અને મુળભૂત
નિયમો વચ્ચે સંબંધ સાધી શકે.
૨) જીવન ની ગુણવતા સુધારવા તરફ ભૌતિકશાસ્ત્રના યોગદાનની કદર કરી શકે.
3) ભૌતિક શાસ્ત્રમાં રસ કેળવવા માટે પ્રોત્સાહન આવે અને સંશોધનમાં રસ કેળવી શકે.
4) તેમના વ્યવસાવમાં સ્પર્ધાત્મકની દ્રષ્ટિ એ વ્યકિગત કૌશલ્યોમાં સુધારો લાવી શકે.
એક પ્રક્રિયાના ભાગરૂપે વિદ્યાર્થીઓ નીચે દર્શાવેલ ક્ષમતા ઓના વિકાસાર્થ ધ્યેય નકકી કરી શકે.

1) પ્રયોગાત્મક કૌશલ્મ જેમ કે, અવલોકન કરવું સાધનોની કાર્યક્ષમ વ્યવહાર કે ઉપયોગ કરે અને આવા પ્રાયોગિકના
આધારે અહેવાલ રજુ કરી શકે
2) સમસ્યા નિશકરણ ક્ષમતા દા.ત પરિસ્થિતિ કે માહિતીનું વિશ્લેષણ કરવું કારણ અને અસર વચ્ચે સંબધ સ્થાપવો વગેરે
3) વૈજ્ઞાનિક દ્રષ્ટિકોણ થી હકીકતોની ચકાસણી કરે નહિકે તેના અભિપ્રાયોના આધારે, અને તે દર્શાવવા નવા વિચારો નો
સ્થિકાર અને સંશોલનનો સ્થિકાર કરે
4) વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનના દર ઉપયોગ અને જોખમાં અંગે જાગૃતતા કેળવી શકે.