ભવ્ય પ્રિન્સિપિયા *(Principia)*

વિઠ્ઠલભાઈ અં. પટેલ

પ્રસ્તાવના :

બ્રિટનમાં યુનિવર્સિટી ઑફ કેમ્બ્રિજ ઈ. સ. ૧૨૦૯માં સ્થપાયેલી, જ્યારે યુનિવર્સિટી ઑફ ઑક્સફર્ડે ઈ. સ. ૧૦૯૬માં ભણાવવાનું શરૂ કરેલું. બ્રિટનની આ બંને યુનિવર્સિટીઓ દુનિયાની પહેલી દશ યુનિવર્સિટીઓમાંની ગણાય. કોણ જાણે શાથી પણ વિજ્ઞાનમાં યુનિવર્સિટી ઑફ કેમ્બ્રિજ આગળ પડતી ગણાય અને તેના વિદ્યાર્થીઓમાં ન્યૂટન અને ડાર્વિન ખૂબ જ જાણીતા છે. આ બંને વિદ્યાર્થીઓને દુનિયા ભૂલી જઈ શકે તેમ નથી.

ન્યૂટનની જિંદગીની શરૂઆત જ રામભરોસે થયેલી., તેઓ ઇંગ્લૅન્ડ-વુલ્સથોર્પ (Woolstharpe)માં ઈ. સ. ૧૬૪૨માં નિયત સમય કરતાં વહેલાં જન્મેલા. એ જમાનામાં ન્યૂટનની જીવવાની ઘણી ઓછી શક્યા હતી. આ ઉપરાંત જન્મના થોડાક મહિના પહેલાં જ તેમના પિતાનું નિધન થયું હતું. તેમના પિતાનું નામ પણ આઈઝેક ન્યૂટન હતું. આઈઝેકની ખરી કરુણતા તો તે એ કે તેઓ ત્રણ વર્ષના હતા ત્યારે તેમની માતાએ તેમને તેમની દાદીની પાસે મૂકીને બીજાં લગ્ન કર્યાં હતાં. આખરે તે વિધવા બનતાં પાછાં આવ્યાં અને ન્યૂટનને ખેતીમાં જોડવા ખૂબ જ પ્રયત્ન કર્યો, પણ ન્યૂટનને ખેતીમાં કોઈ રસ ન હતો. આ બાબતે ન્યૂટનના મામા અને ન્યૂટનના જૂના શિક્ષક વચ્ચે પડ્યા. ન્યૂટનના મામા કેમ્બ્રિજમાં ભણેલા હોઈને, ન્યૂટનને કેમ્બ્રિજમાં ભણવા મોકલ્યો. કેમ્બ્રિજ યુનિવર્સિટીમાં ૨૬ વર્ષની વયે ન્યૂટન લૂકેસિઅન અધ્યાપક બન્યા અને ઘણા બધા વિષયોમાં સંશોધન કર્યું. ન્યૂટને એક સરસ મજાનો ગ્રંથ પણ લખ્યો છે. આ પ્રોફેસર ન્યૂટન અને તેમના પુસ્તક વિશે વિદ્યાર્થીઓના મત જુદા પ્રકારના છે. એક દિવસ ન્યૂટન યુનિવર્સિટી કેમ્પસમાં ચાલતા-ચાલતા જતા હતા ત્યારે એક વિદ્યાર્થીએ તેમને જોઈને તેમના મિત્રને કહ્યું, ''અરે, જુઓ, આ જઈ રહેલા પ્રોફેસરે એવું પુસ્તક લખ્યું છે કે જે ન તો તે કે બીજું કોઈ સમજી શકે.''

સૂર્ય અને તેની આસપાસ ભ્રમણ કરતા ગ્રહ વચ્ચેનું આકર્ષણ-બળ તેમના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે તે ઘણા બધા માનતા થયેલા. આ આકર્ષણ -બળ ન્યૂટનના ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમ તરીકે ઓળખાય છે અને તેને $F = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$ થી દર્શાવવામાં આવે છે. અહીંયાં m_1- સૂર્યનું દ્રવ્ય, m_2- ગ્રહનું દ્રવ્ય, r સૂર્ય અને ગ્રહ વચ્ચેનું અને G અચળ છે. પૂંછડિયા તારા ઉપરના કામના કારણે પૂંછડિયો તારો 'હેલીનો તારો' તરીકે ઓળખાય છે. આ ખગોળશાસ્ત્રી અને ગણિતશાસ્ત્રી ડૉ. એડમોન્ડ હેલી (Edmond Halley), હૂકના નિયમથી જાણીતા બનેલા ભૌતિકશાસ્ત્રી રૉબર્ટ હૂક (Robert Hooke) અને મોટી આગમાં બળી ગયેલા લંડનને ફરીથી બાંધનાર ક્રિસ્ટોફર રેન (Christoper Wren) ત્રણે જણ આકર્ષણ-બળ અને ગ્રહની ભ્રમણ કક્ષાના આકાર વચ્ચેના સંબંધની ચર્ચા કરતા હતા. ત્રણે જણે 1684માં જાહેર કર્યું કે જે આકષણ-બળ અને ગ્રહની ભ્રમણ કક્ષાના આકાર વચ્ચેનો સંબંધ બતાવશે તેને 40 શિલિંગનું ઇનામ આપીશું. હૂક એવું માનતા હતા કે તેઓ આ સરળતાથી કરી શકશે પણ તેમણે કરી ન બતાવ્યું.

હેલી ઑગસ્ટ, 1684માં ન્યૂટનને મળવા કેમ્બ્રિજ ગયેલા. બંને વચ્ચે ઘણી વાતો થઈ. આખરે હેલીથી પૂછ્યા વગર ન રહેવાયું. જો ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ પરિભ્રમણ કરતો હોય અને બંને વચ્ચેનું આકર્ષણ-બળ અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય તો ગ્રહની ભ્રમણકક્ષાનો આકાર તમારી દૃષ્ટિએ કેવો હોય ? ન્યૂટને તુરત જ જવાબ આપ્યો કે તે ભ્રમણકક્ષ ઉપવલયી

(elliptic) છે. હેલી જવાબથી અચંબો પામ્યા અને આનંદિત થયા અને પૂછ્યું કે તમે કઈ રીતે જાણો ? ન્યૂટને જણાવ્યું કે તેમણે આ ગણી બતાવ્યું છે. હેલીએ કુતૂહલતાથી આ કામ જોવાની ખૂબ જ ઇંતેજારી બતાવી. ન્યૂટને તેમનાં ઘણાં કામોમાં આ કામ શોધવાનો ખૂબ પ્રયત્ન કર્યો, પણ આ કામ આ બધાં કામોમાંથી શોધી ન શક્યા અને ન્યૂટને ખેદ સાથે જણાવ્યું કે ફરીથી બધું ગણીને તમને મોકલી આપશે.

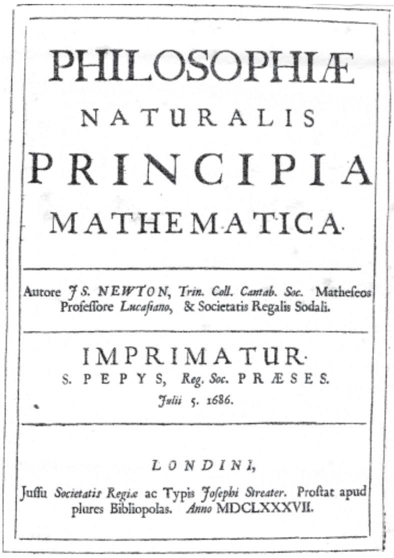
ન્યૂટને આપેલા વચન પ્રમાણે ફરીથી બધું ગણવા મંડ્યા, પણ જે ભ્રમણકક્ષા ઉપવલયી આવવી જોઈએ તે આવતી ન હતી. આથી બીજી રીતથી ગણ્યું અને ભ્રમણકક્ષા ઉપવલયી મળી. તેમણે ફરીથી પહેલી રીતે પણ ગણ્યું અને આખરે ભ્રમણકક્ષા તે રીતે પણ ઉપવલયી મળી. નવેમ્બર, 1684માં ફરીથી ગણેલી સાબિતી ન્યૂટને ડૉ. એડવર્ડ પેગેટ (Edward Pagat)ની સાથે હેલીને મોકલી આપી. હેલીએ આ બધા કામમાં અસાધારણ સર્જનાત્મક કલ્પનાશક્તિ જોઈને તુરત જ નવેમ્બર માસમાં ન્યૂટનને મળવા ગયા અને આ બધાં પરિણામો પ્રસિદ્ધ કરવા માટે ન્યૂટનને સમજાવી શકાય.

આ નોંધ જે 'De motu Corporum in gyrum (On the motion of bodies in an orbit)' તરીકે ઓળખાય છે, તેમાં ત્રણ વ્યાખ્યાઓ, ચાર અનુમાનો (hypotheses), બે પૂર્વ પ્રમેયો (Lemmas) અને 11 વિધાનો (Propositions) છે અને જેમાં વર્ગના વ્યસ્તનો કાયદો અને ઉપવલયી (elliptic) ભ્રમણકક્ષા જોડાયેલી છે તે બતાવ્યું છે.

ન્યૂટને તેમનાં ખગોળશાસ્ત્ર અને ગતિવિજ્ઞાનનાં સંશોધનનાં પરિણામો કોઈએ ન કહી હોય તેવી સતત અને સખત મહેનત કરીને, 'Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Mathematical Principles of Natural Sciences)'માં આપ્યાં. આ પુસ્તક લૅટિન ભાષામાં છે. આ પુસ્તકને લૅટિન ભાષામાં ટૂંકમાં 'Principia (Fundamental Principles)' તરીકે ઓખવામાં આવે છે. ન્યૂટને તેમના શરીરની જરાયે કાળજી રાખ્યા વગર લખ્યું. તેમના શરીરને ખાવાનું અને ઊંઘવાનું જોઈએ તે પણ ભૂલી ગયા. પ્લેગના વર્ષોમાં જે તેમનો જુસ્સો હતો, તે જુસ્સો આ પુસ્તક લખવામાં હતો. ઊભા-ઊભા રૂમમાં જ થોડુંક ખાતા. ઊભા-ઊભા તેમના મેજ ઉપર લખતા. જો એ બહાર જવાની હિંમત કરતા તો એવું લાગતું કે તે ખોવાઈ ગયા છે. અસ્થિર હોય તે રીતે ચાલતા. કોઈ પણ કારણ વગર ઊભા રહેતા અને તેમની રૂમમાં પણ પાછા આવી જતા. તેમની આસપાસ હસ્તલિખિત પોથીનાં હજારો પાનાં પડેલાં અને એમાંયે ઘણાંયે ચાર દાયકા પહેલાંનાં અને તારીખ વગરનાં પણ ખરાં. તેમણે કોઈ દિવસ આ રીતે લખેલું ન હતું. એક જ આશાથી લખતા : કોઈ દિવસ એક-એક શબ્દ કોઈ વાંચશે. કલાકોના કલાકો ખાવાની કે ઊંઘવાની પરવા કર્યા સિવાય ઉચ્ચ કોટિનો ગ્રંથ લખ્યા કરીને Book I એપ્રિલ, 1686માં હેલીને મોકલી આપી. હેલીએ રૉયલ સોસાયટીને જણાવ્યું કે ન્યૂટનનું પુસ્તક I મળ્યું છે અને મે, 1686ના રોજ આ પુસ્તક છપાવવાનો નિર્ણય લેવામાં આવ્યો અને હેલીને આ છપાવવાનું કામ સોંપવામાં આવ્યું. ઘણીબધી મુશ્કેલીઓ આવી પણ હેલીએ માર્ચ 6, 1687ના રોજ Book II ન્યૂટન જોડેથી મેળવીને એપ્રિલ 4, 1687ના રોજ Book III ન્યૂટન જોડેથી મેળવીને જુલાઈ 1687માં ન્યૂટનને લખ્યું કે, ''આખરે તમારાં પુસ્તકનો અંત આવ્યો. (At last brought your book to an end)'' હેલીનું ભારે કામ તો ન્યૂટન પાસે લખાવવાનું હતું. રૉયલ સોસાયટી પાસે આ પુસ્તક છપાવવાના પૈસા ન હોઈને હેલીને બધું ખર્ચ આપવું પડ્યું. હેલીને આપણે તેમના પૂંછડિયા તારાના કામના કારણે ઓળખીએ છીએ, પણ બહુ ઓછા લોકોને વિજ્ઞાનનું ખૂબ જ અગત્યનું પુસ્તક છપાવીને પ્રસિદ્ધ કરવાના હેલીના અમૂલ્ય કામની ખબર હશે.

આખરે 1687માં ન્યૂટનનું લૅટિન ભાષામાં લખાયેલું પુસ્તક, ''Philosophiae Naturalisis Principia Mathematica'' પ્રસિદ્ધ થયું. આ ઐતિહાસિક પ્રસંગ હોઈને આ પુસ્તકનું પહેલું પાનું આકૃતિ-1માં આપ્યું છે.

પહેલી 400 પ્રતો છાપવામાં આવેલી અને નવ શિલિંગ તે સમયે તેની કિંમત હતી. હેલીએ ન્યૂટનને જુલાઈ 5, 1687ના રોજ 40 પુસ્તકો કેમ્બ્રિજ મોકલી આપેલાં. બીજી આવૃત્તિ (લૅટિનમાં) જુલાઈ 1713 અને



PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.

Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu *Societatis Regiæ* ac Typis *Josephi Streater*. Prostat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

આકૃતિ-૧

ત્રીજી આવૃત્તિ ન્યૂટનના અવસાન (20 માર્ચ, 1727) પહેલાં માર્ચ 1726માં બહાર પડેલી. આ પુસ્તકનું અંગ્રેજી ભાષાંતર એન્ડ્રુ મોટ (Andrew Motte)એ કરેલું અને તે 1729માં પ્રસિદ્ધ થયું. મોટના 1729ના ભાષાંતરને 1803માં લંડનમાં ફરીથી છાપવામાં આવેલું. ફ્લોરિઅન કેજોરિએ (Florian Cajori) મોટના ભાષાંતરને ફેર તપાસીને 1934માં યુનિવર્સિટી ઑફ કેલિફોર્નિયા પ્રેસે, ''પ્રિન્સિપિયા''નું સુંદર અંગ્રેજી ભાષાંતર પ્રસિદ્ધ કરેલું. આ આવૃત્તિ અડધા ચામડાના બાઇન્ડિંગવાળી, મોટા અક્ષરો અને મનોહર અક્ષરોવાળી હતી. ચાઇનીઝ, ડચ, અંગ્રેજી, ફ્રેન્ચ, જર્મન, ઇટાલિયન, જાપાનીઝ, મોંગોલિયન, પોર્ટુગીઝ, રોમાનીઅન, રશિયન અને સ્વિડિશ ભાષાઓમાં ''પ્રિન્સિપિયા''નું ભાષાંતર થયું છે.

સુબ્રમણ્યમ્ ચંદ્રશેખરે (Subrahmanyan Chandrasekhar) અંગ્રેજીમાં 'Newton's Principia for the Common Reader' 1995માં પ્રસિદ્ધ કર્યું.

આઈ. બર્નાર્ડ કૉહેન (I. Bernard Cohen) અને એને વ્હાઇટમેન (Ann Whitemann)નું 'Principia'નું અંગ્રેજીમાં ભાષાંતર 1999માં યુનિવર્સિટી ઑફ કેલિફોર્નિયા પ્રેસે પ્રસિદ્ધ કર્યું. સાથે-સાથે બર્નાર્ડ કોહનની 'A Guide to Newton's Principia' પણ 1999માં યુનિવર્સિટી ઑફ કેલિફોર્નિયા પ્રેસે પણ પ્રસિદ્ધ કરી છે.

કોલિન પાસ્કનું (Colin Pask)નું 'મૅગ્નિફિસન્ટ પ્રિન્સિપિયા' પણ 2019માં પ્રોમીથીઅસ બુક્સે પ્રસિદ્ધ કર્યું છે.

લૅટિન ભાષામાં લખાયેલા 'Principia'ની પ્રથમ આવૃત્તિની નકલો અમેરિકાની અને બ્રિટનની ઘણી જૂની યુનિવર્સિટીઓની લાઇબ્રેરીઓમાં ખૂબ જ સારી રીતે સાચવીને રાખેલી છે. અરે! 2016માં આ પુસ્તક 37 લાખ ડૉલરમાં હરાજીમાં વેચાયેલું.

લગભગ નવેમ્બર 1684માં બીજી વખત હેલી ન્યૂટનને પુસ્તક લખવા માટે સમજાવવા કેમ્બ્રિજ ગયેલા અને એપ્રિલ 1686માં Book-I ન્યૂટને રૉયલ સોસાયટીને આપી તે સમય ગણતાં Book-I લખવાનો સમય દોઢેક વર્ષ ગણાય. Book-III હેલીને એપ્રિલ 4, 1687માં મળ્યું. આથી, Book-I, Book-II અને Book-III લખવાનો કુલ સમય અઢી વર્ષ ગણાય. ન્યૂટને 1684થી 1687ના સમય દરમિયાન નવ પાનાનો De Motu Corporum in gyrum (on the motion of bodies in an orbit) લેખ હેલીને મોકલી આપેલો. તેને ન્યૂટને 460 પાનાના ગ્રંથ 'Principia'માં ફેરવ્યો. એક વખતે નવ પાનાંનો લેખ લખવાનો શરૂ કર્યા પછી તેમની પાસે નવું-નવું શોધવાના જુસ્સાના કારણે 'પ્રિન્સિપિયા' જન્મ્યું.

પ્રિન્સિપિયાની રચના

પ્રિન્સિપિયાની શરૂઆત જ વ્યાખ્યાઓથી થાય છે, જાણે કે સૌથી પહેલી પ્રસ્તાવના તો ખરી. પાયાના માળખામાં પ્રસ્તાવના, વ્યાખ્યાઓ, સ્વીકૃતિ સિદ્ધાંતો અથવા ગતિના નિયમો અને ગ્રંથો I, II, III.

આકૃતિ-2માં બતાવ્યા પ્રમાણે ત્રણે ગ્રંથોને જુદા-જુદા વિભાગોમાં વહેંચ્યા છે. દરેક વિભાગનું વર્ણન કરતું શીર્ષક પણ આપેલું છે. દરેક વિભાગમાં મુખ્ય પરિણામો સાધ્યો (Propositions) કહેવાય છે. આ પરિણામોની સાબિતીમાંથી ઘણી વખત સરળતાથી અન્ય પરિણામો જેને આપણે ઉપપ્રમેયો (Corollaries) તરીકે ઓળખીએ છીએ.

જુદા-જુદા પ્રકારનાં બળો અને આ બળો જુદી-જુદી જાતની ગતિ પેદા કરે છે. તેનો અભ્યાસ એ જ

પ્રિન્સિપિયાનો મુખ્ય ધ્યેય છે. આ બધાની વિશ્વના તારાઓ અને ગ્રહો ઉપર અસર ત્રીજા પુસ્તકમાં વિસ્તારથી આપી છે. આ અભ્યાસને એક સદી પછી લાપ્લાસ ''Celestial Mechanics (ખગોળીય યંત્રશાસ્ત્ર)'' તરીકે ઓળખતા.

THE AUTHOR'S PREFACE
DEFINITIONS
AXIOMS, OR LAWS OF MOTION

BOOK I. OF THE MOTION OF BODIES
SECTION
I. *Of the method of first and last ratios, by the help whereof we demonstrate the propositions tha follow*
II. *Of the invention of centripetal forces*
III. *Of the motion of bodies in eccentric conic sections*
IV. *Of the finding of elliptic, parabolic and hyperbolic orbits, from the focus given*
V. *How the orbits are to be found when neither focus is given*
VI. *How the motions are to be found in given orbits*
VII. *Concerning the rectilinear ascent and descent of bodies*
VIII. *Of the invention of orbits wherin bodies will revolve, being acted upon by any sort of centripetal force*
IX. *Of the motion of bodies in moveable orbits; and of the motion of the apsides*
X. *Of the motion of bodies in given superficies, and of the reciprocal motion of funependulous bodies*
XI. *Of the motion of bodies to each other with centripetal forces*
XII. *Of the attractive forces of spherical bodies*
XIII. *Of the attractive forces of bodies which are not of a spherical figure*
XIV. *Of the motion of very small bodies when agitated by centripetal forces tending to the several parts of any very great body*

BOOK II. OF THE MOTION OF BODIES (continued)
SECTION
I. *Of the motion of bodies that are resisted in the ratio of velocity*
II. *Of the motion of bodies that are resisted in the duplicate ratio of their velocities*
III. *Of the motion of bodies that are resisted partly in the ratio of the velocities, and partly in the duplicate of the same ratio*
IV. *Of the circular motion of bodies in resisting mediums*
V. *Of the density and compression of fluids; and of hydrostatics*
VI. *Of the motion and resistance of funependulous bodies*
VII. *Of the motion of fluids and the resistance made to projected bodies*
VIII. *Of the motion propagated through fluids*
IX. *Of the circular motion of fluids*

BOOK III. THE SYSTEM OF THE WORLD

RULES OF REASONING IN PHILOSOPHY
PHENOMENA, OR APPEARANCES
PROPOSITIONS
OF THE MOTION OF THE MOON'S NODES
GENERAL SCHOLIUM

આકૃતિ-૨

યોગ્ય પ્રમેયોના જૂથ ઉપર વાચકને સમજવામાં ઉપયોગી થાય તેવું વિવરણ (Scholium) આપેલું છે. જે ખૂબ જ મદદરૂપ છે.

કોઈ પણ જાતના પ્રતિકાર વગરના વાતાવરણમાં ગતિનો અને બળોનો અભ્યાસ ન્યૂટને પ્રિન્સિપિયાના પ્રથમ પુસ્તકમાં કર્યો છે.

બીજા પુસ્તકમાં પ્રતિકાર કરનારા વાતાવરણમાં ગતિનો અને બળોનો અભ્યાસ, ઘડિયાળનું લોલક (Pendulum), તરંગ ગતિ (Wave Motion) અને વમળોનો અભ્યાસ મળશે.

(1) હાલના ગતિશાસ્ત્રનાં પુસ્તકો સંજ્ઞાઓ (Symbols), બીજગણિત અને સમીકરણોથી ભરપૂર હોય છે તે તમને પ્રિન્સિપિયામાં જોવા મળશે નહિ. આના બદલે બે હજાર પૂર્વે યુક્લિડે ભૂમિતિ લખેલી જેમાં વ્યાખ્યાઓ, ધારણાઓ અને પ્રમેયો હોય છે તે જ રીતે ન્યૂટને પ્રિન્સિપિયા લખ્યું છે.

પ્રિન્સિપિયાની લાક્ષણિકતા (Style)

આ પુસ્તક ગણિત વાપરીને લખાયેલું પુસ્તક છે. હાલના ગતિશાસ્ત્રના પુસ્તકમાં સંજ્ઞાઓ (Notations) જેવાં કે વિકલન, સંકલન વગેરે, બીજગણિત અને સમીકરણો છે તે પ્રિન્સિપિયામાં નથી. બે હજાર વર્ષ પૂર્વેની યુક્લિડની ભૂમિતિની રીતે લખાયેલું આ પુસ્તક છે. વ્યાખ્યાઓ, પૂર્વ ધારણાઓ, પ્રમેયો અને પ્રમેયોની ભૂમિતિ વાપરીને આપેલી સાબિતિઓ છે.

ન્યૂટનનું બાવા આદમના સમયનું ગણિત વાપરીને લખાયેલું પુસ્તક હાલના વાચકો માટે કઠિન પરિશ્રમવાળું છે. ન્યૂટનના સમયમાં પણ તે સમયના લોકો માટે આ પુસ્તક વાંચવાનું અકળામણવાળું હતું, આથી બહુ જ ઓછા લોકોએ આખું પ્રિન્સિપિયા વાંચ્યું હોય. તે સમયે પણ પ્રિન્સિપિયા ન વાંચી શકાય તેવો ગ્રંથ છે તેવી ખ્યાતિ પ્રિન્સિપિયા ગ્રંથની છે. તે કરતાં વધારે ઝડપથી ફેલાયેલી. અરે ન્યૂટન જ્યારે કોઈ વિદ્યાર્થી પાસેથી પસાર થઈ રહ્યા હતા ત્યારે તે વિદ્યાર્થીએ બીજા વિદ્યાર્થીને કહેલું, ''અરે જુઓ, આ જઈ રહેલા પ્રોફેસરે એવું પુસ્તક લખ્યું છે કે જે ન તો તે કે કોઈ બીજું સમજી શકે.''

આ બધું છતાંયે આપણે એટલું યાદ રાખવું જરૂરી છે કે આ પુસ્તક ત્રણસો વર્ષ પહેલાં ટૂંકા સમયમાં લખાયેલું પુસ્તક છે અને તેમાં આપેલાં પ્રમેયો, ઉપપ્રમેયો તે સમયે તદ્દન નવાં જ હતાં અને પહેલી વખત જ પ્રજા સમક્ષ મૂકવામાં આવેલાં હતાં.

મુખ્ય સિદ્ધિઓ

ન્યૂટનના પહેલાં બળનો વિચાર કર્યા વગરનું ગતિશાસ્ત્ર હતું. કેપ્લરના નિયમો ગ્રહોની ગતિના જ છે. શાથી ગ્રહોની ગતિ તે પ્રમાણે છે તેનો જવાબ તે સમયે ન હતો. ગેલિલિયોએ અદ્ધર ફેંકેલો પથ્થર (90^0 અંશથી ઓછો ખૂણો ધરતી સાથે બનાવતો હોય) પરવલયના માર્ગે મુસાફરી કરે છે. શા માટે ? ન્યૂટને ગતિશાસ્ત્રમાં બળ દાખલ કર્યું અને ગતિમાં પહેલાં પદાર્થો તેમને લગતા બળોથી શું કરશે તેના નિયમો બનાવ્યા. આટલેથી જ ન્યૂટન અટક્યા હોત તો પણ તે મોટા વૈજ્ઞાનિક ગણાતા હોત. ન્યૂટનની આ રીતથી આપેલા બિંદુએ શું બને છે તે મળે છે અને હાલની ગતિ અને તે પદાર્થ ઉપર લાગતા બળોથી તુરત જ શું બનશે તે બતાવે છે. ગણિતની

ભાષામાં કહીએ તો ન્યૂટને વિકલનમાં નિયમો આપ્યા જેનું સંકલન મેળવીને ગતિની પૂરેપૂરી માહિતી મેળવી શકીએ. ન્યૂટને ઘણાં બધાં બળો અને શરતો માટે આ રીત કામ કરે છે તે બતાવ્યું.

ગુરુત્વાકર્ષણની અસર વર્ણવા માટે ન્યૂટને કેન્દ્રીય બળ દાખલ કર્યું $F = \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$ થી અને કેપ્લરના નિયમો તેમાંથી મેળવ્યા. પૃથ્વી ઉપરના પદાર્થો જેવાં કે લોલકો (pendulums) અને ગેલિલિયોના ફેંકી શકાય તેવા ગોળાઓની ગતિ વિશ્વમાં આવેલા ગ્રહો અને પૂંછડિયા તારાની ગતિ જોડે જોડાયેલી છે તે બતાવવાનું મહત્ત્વપૂર્ણ પગલું ન્યૂટને ભરી બતાવ્યું.

આ લેખ નીચેનાં પુસ્તકોના આધારે લખાયો છે.

(1) Motte, Andrew. Translations of the Principia, English Version, 1729

(2) Cajori, Florian. Newton's Principia : Motte's Translation Ravised. Berkaley : University of California Press, 1934

(3) Cohen, I. Barnard and Whitman, Ann. The Principia. Translation. Berkely, University of California Press, 1999

(4) Cohen, I. Bernard. A Guide to Newton's Principia. Berkeley, University of California Press, 1999

(5) Chandrasekhar S. Newton's Principia for the Common Reader. Oxford Clarendon Press, 1995

(6) Colin, Pask. Magnificient Principia, Prometheus Books, New York, 2019

વિઠ્ઠલભાઈ અં. પટેલ

'સ્વરાજ', ઉવારસદ રોડ, નરસિંહજીના મંદિર પાસે

મુ. પો. શેરથા, તા. જિ. ગાંધીનગર

મો. ૯૪૨૮૦ ૧૯૦૪૨

પૃષ્ઠ ૩૦નું અનુસંધાન

Winter Visitor : Raptors : Common Kestrel, Peregrine Falcon, Barbary Falcon, Black eared kite, Osprey, Pallid Harrler, Long-Legged Buzzard, Greater Spotted Eagle, Steppe Eagle, Golden Eagle and Amur Falcon.

Winter Visitor : Duck Species, Sand Piper Species, Raptor Species

Duck : Greylag Goose, Barheaded Goose, Ruddy Shelduck, Gadwall, Eurasian Wigeon, Northern Shoveler, Northern Pintail, Common Teal, Common Pochard, Tufted Duck.

Sand Pipers : Wood Sandpiper, Spotted Sandpiper, Spotted Redshank, Black tailed godwit, Ruff, White, Wagtail, Yellow Wagtail.

સંદર્ભગ્રંથો :

1. ભારતનાં પક્ષીઓ : સલિમ અલી કૃત (13મી આવૃત્તિ, અનુવાદક - અશોક કોઠારી, BNHS, મુંબઈ - 2019
2. પ્રકૃતિ અને પ્રાણીજગત - લે. નગેન્દ્ર વિજય. સંપાદન હર્ષ પુષ્કર્ણા, યુરેનસ બુક, અમદાવાદ, બીજી આવૃત્તિ-2007
3. Animal behaviour by Dr. M. M. Ranga. 2nd edi. Agrobios (India Publication-2005)
4. Animal behaviour by Reena Mathur. 3rd edi. Rastogi publications, Meerut, 2005.
5. Animal behaviour by Harjindra Singh. 3rd edi. Pub. Anmol. Publications, New Delhi, 2003.
6. Animal behaviour by Dr. P. Natarajan and Dr. N. Arumugani. Saras Publication, Nager coil.