પ્રગામી તરંગો - 2011

'Progressive wave... '

(Articles on Physics in Gujarati)

Vol. III

A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS
Regional Council
IAPT RC - 7 (Gujarat)

Executive Committee

President (Regional)
Prof. K. N. Iyer
Department of Physics,
Saurashtra University, Rajkot - 360 005

Vice-President
Prof. R. V. Upadhyay
Principal, P. D. Patel Institute of Pure & Applied Sciences,
Charusat University Changa (Dist. Anand)

Secretary
Dr. P. D. Lele
Physics Department,
School of Sciences, Gujarat University, Ahmedabad

Treasurer
Prof. P. G. Acharya
K. K. S. J. Maninagar Science College, Ahmedabad

Ex-officio Members

Dr. T. C. Pandya
St. Xavier's College, Ahmedabad

Prof. R. V. Mehta (Retd)
Physics Department, Bhavnagar University, Bhavnagar

Prof. K. N. Joshipura
Department of Physics, Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar

Regional EC REC members

Dr. J. A. Bhalodia
Department of Physics
Saurashtra University, Rajkot

Dr. P. Aravindakshan
Christ College,
Rajkot

Shri Yogesh Vyas
St. Mary's School (Higher Secondary)
Rajkot

Dr. Balkrishna P. Shah
Physics Department
Faculty of Science,
M. S. University of Baroda, Vadodara

Shri Girish L. Vekaria
Sir P. T. Science College,
Modasa (SK Dist.) NG

Dr. Pruthul Desai
Navyug Science College,
Surat

Co-opted member

Dr. Madhuben Shah (Retd)
Vadodara

Editorial...

'Pragaami Tarang-2011' is in your hands now!

It is indeed a pleasure that with the present Vol. III, the annual publication of articles on Physics in Gujarati continues for the third year successfully. The present issue has been brought out largely from a handsome amount granted to IAPT RC-7 by Saurashtra University Rajkot, after a successful national IAPT convention held there in October 2010. Our thanks for putting up efforts, first for the Convention and then for the publication grant, are due to Prof. K. N. Iyer and Dr. J. A. Bhalodia (SU, Rajkot). The Editors also wish to thank the Members of Advisory Committee of 'Pragaami Tarang', Dr. Madhuben Shah, Prof. R. V. Mehta, Dr. J. J. Raval (Mumbai), Prof. P. N. Gajjar (GU, Ahmedabad) and Prof. Iyer.

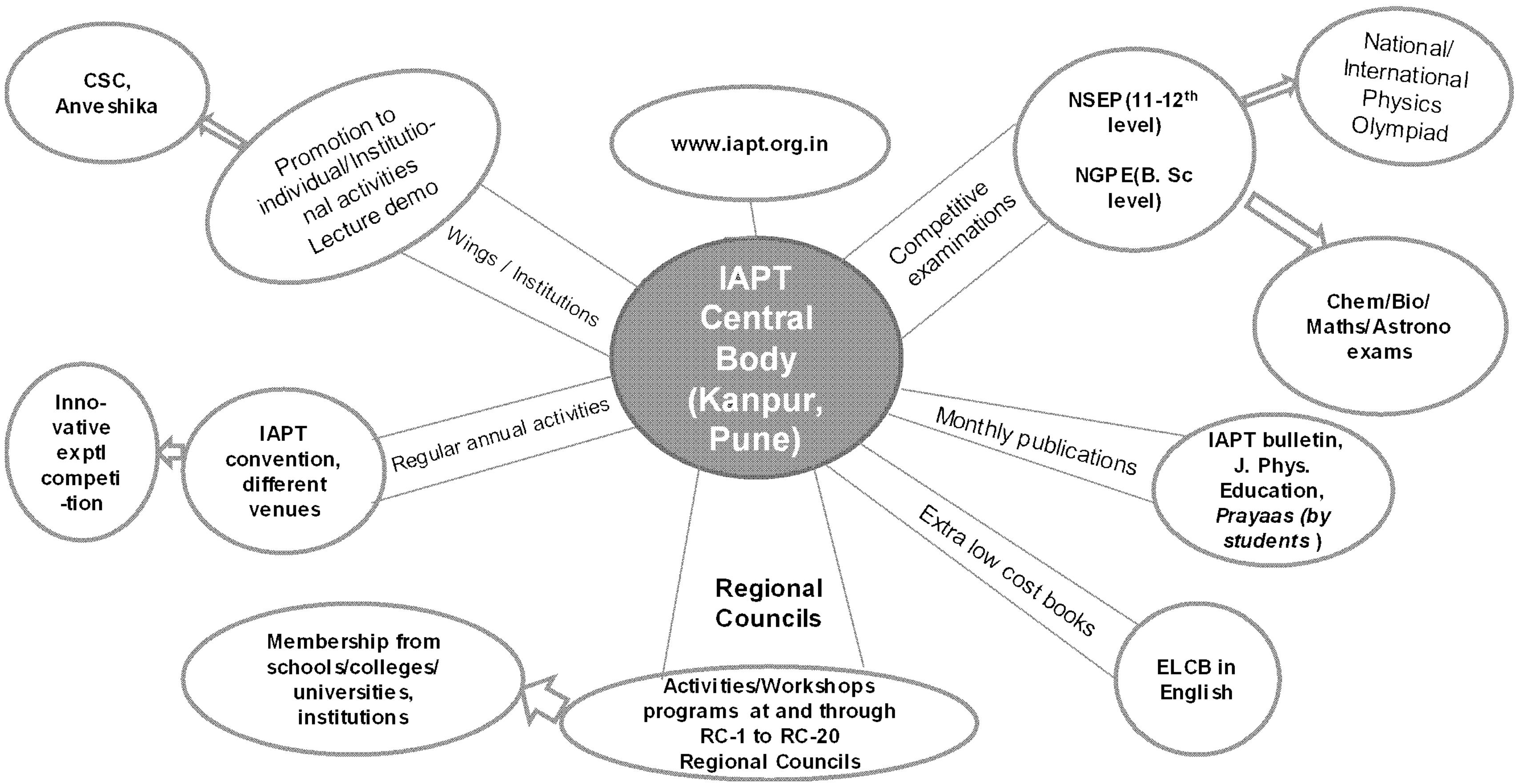
The aim of bringing out this annual publication has been two-fold. Firstly, it is our endeavour to provide interesting, informative and motivating articles on Physics in our mother tongue, for a larger benefit of school/college/university students and teachers as well. Secondly, the aim is to promote good scientific writing in Gujarati, and that is lacking at present. If good articles of general interest are written and published, as attempted here, then it will attract a large readership. By mutual induction a wide readership will motivate the writers too, and it will thus breed a positive cycle. Indeed it will, with the response and feedback from our readers.

The present Vol III brings to you a variety of topics and a few novel features too. For the first time perhaps, an attempt has been made here to compile a brief history of Physics education and research in Gujarat. You find in this volume a mathematician viewing the 'sky' (astronomy) through mathematical spectacles. Prof. Y. R. Waghmare's article on 100 years of atomic nucleus appears as a translation, followed by a life sketch of Madame Curie. Two students and a few teachers touch upon specific aspects of Physics and its applications, including an article on Earth-quake. Lab teaching in Physics is emphasized. A retired teacher writes poems on Physics and astronomy, while a young researcher working in France has jotted down about his research field. An article on career opportunities in Physics/Science will be welcome by readers. Information on IAPT RC-7 activities and competitive examinations is also included. You will also find an introduction (review) on the Gujarati book 'Brahmaand darshan' written by astronomer cosmologist Prof. Pankaj Joshi of TIFR Mumbai. Of the two photos reproduced here, the one showing Prof. C. V. Raman on his visit to Vallah Vidyanagar is truly historic. The volume concludes with two pieces of humour.

Your views and suggestions on the present publication are most welcome. While we are happy to express our heart-felt thanks to Prof. Sudhirbhai Pandya for his all round encouragement, we add that the publication also needs financial support from individuals and institutions.

- Dr. Shakuntala Nene, Prof. K. N. Joshipura, Dr. Tarun R. Trivedi, Dr. Tushar C. Pandya and Dr. P. D. Lele

Indian Association of Physics Teachers
(established 1984)



અનુક્રમણિકા | પાન નં.

- Editorial...
- ગુજરાતમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનનું શિક્ષણ અને સંશોધન- ટૂંકો ઈતિહાસ 01

  પ્રો. આર.વી. મહેતા અને પ્રો. એ. પી. મહેતા
- આમંત્રિત લેખ- ગણિતનાં ચશ્માથી ખગોળનું દર્શન 06

  ડૉ. અરૂણ મ. વૈદ્ય
- પરમાણુ નાભિનાં સો વર્ષ 12

  અનુ. ડૉ. શકુન્તલા નેને
- મેરી ક્યુરી-એક મહિલા વિજ્ઞાનીની સંઘર્ષ ગાથા 15

  ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય
- વિદ્યાર્થીઓના લેખો 17

  પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન - શાહ સલોની

  ઈલેક્ટ્રોનની શોધ - કોચુપરમપિલ આશિષ પી.
- ટચ સ્ક્રીન ટેકનોલોજી 20

  રવિકુમાર માનસુરીયા
- ભૌતિકશાસ્ત્રના અભ્યાસમાં પ્રાયોગિક શિક્ષણ 22

  ડૉ. તુષાર પંડ્યા
- કવિતાઓ 25

  1. સમયને - ડૉ. શકુન્તલા નેને

  2. ભવિષ્યવાણી - ડૉ. શકુન્તલા નેને

➤ ભૂકંપશાસ્ત્ર - અનેક રહસ્યોનો ખજાનો 27

પ્રો. લિંકન ચૌહાણ

➤ વિજ્ઞાનનાં ક્ષેત્રે કારકીર્દિ 32

ડૉ. ભૂષિત જી. વૈષ્ણવ

➤ પ્લાઝમા પોલિમરાઈઝેશન અંગેના સંશોધનની એક ઝલક 41

સુધીર ભટ્ટ

➤ ભૌતિકશાસ્ત્ર વિદ્યાર્થીઓ માટે અઠવાડિક શિબિર 43

ડૉ. ટી. આર. ત્રિવેદી

➤ IAPT તરફથી લેવાતી મરજીઆત પરીક્ષાઓનું મહત્ત્વ 45

ડૉ. મધુબહેન શાહ

➤ પુસ્તક પરિચય 46

''બ્રહ્માંડ દર્શન''

પ્રો. કમલનયન ન. જોષીપુરા

➤ હળવી પળોમાં 48

ગુજરાતમાં ભૌતિકશાસ્ત્રનું શિક્ષણ અને સંશોધન- ટૂંકો ઇતિહાસ

સંકલનઃ
પ્રો. આર. વી. મહેતા (ભાવનગર)
અને
પ્રો. એ. પી. મહેતા (રાજકોટ)

हम कौन थे, क्या हो गये हैं
और क्या होंगे अभी
आओ विचारें आज मिलकर
ये समस्याएँ सभी – **मैथिलीशरण गुप्त**

આપણે આ લેખમાં ભૌતિકશાસ્ત્રને અનુલક્ષીને ઉપરની પંક્તિ મુજબ ચર્ચા કરીશું. કોઇપણ વિષયનું સંશોધન યોગ્ય શિક્ષણ વગર શક્ય નથી. ભૌતિકશાસ્ત્રમાં સંશોધન પણ જે તે વ્યક્તિએ મેળવેલ ઉત્તમ શિક્ષણને આભારી છે. આનું ઉત્તમ ઉદાહરણ 2009માં રસાયણશાસ્ત્રના નોબેલ પુરસ્કારથી નવાજિત થએલ ડૉ. વેંકટરામન છે. તેમના જણાવ્યા મુજબ તેમને B.Sc.(Physics)માં પ્રેરણા અને માર્ગદર્શન આપનાર મ.સ. યુનિવર્સિટી (વડોદરા)ના ભૌતિકશાસ્ત્રના શિક્ષકો- પ્રો. એન. એસ. પંડ્યા, પ્રો. એચ.એસ. દેસાઇ, પ્રો. એસ. કે. શાહ, પ્રો. મધુબેન શાહ વગેરે હતાં.

આપણા ગુજરાત રાજ્યમાં ભૌતિકશાસ્ત્રનાં શિક્ષણનો ટૂંકો ઇતિહાસ જોઇએ તો 1950-'60ના અરસા સુધી Physicsને 'પદાર્થ વિજ્ઞાન' કહેવાતું હતું. જો કે હવે તો 'પદાર્થ વિજ્ઞાન' એ Materials Scienceનું ભાષાન્તર ગણાય. '60ના દાયકાઓમાં ગુજરાતી માધ્યમમાં કોલેજનાં પાઠ્યપુસ્તકો લખાતાં અને વપરાતાં થયાં તે સાથે ભૌતિકવિજ્ઞાન (કે-શાસ્ત્ર) શબ્દ પ્રચલિત બન્યો હશે. વડોદરાની મ.સ. યુનિવર્સિટી અને વલ્લભ વિદ્યાનગરની સ.પ. યુનિવર્સિટીમાં PSSC Physics અપનાવવામાં આવ્યું અને વડોદરામાં તો Berkeley Physics Course પણ દાખલ કરવામાં આવ્યો એ આપણા ઇતિહાસનું એક સીમાચિહ્ન ગણાય. દેશની આઝાદી પૂર્વે અને પછી પણ બે-ત્રણ દાયકા સુધી ભૌતિકવિજ્ઞાનનાં સંશોધનો આપણે ત્યાં કોલેજોમાં થતાં હતાં. વિજ્ઞાનનું યોગ્ય શિક્ષણ એક વૈજ્ઞાનિક અભિગમ પ્રેરે છે, અને સંશોધન આ અભિગમ વગર શક્ય નથી. આ વિધાનનો ઉત્તમ દાખલો, ગુજરાતમાં શિક્ષણ-સંશોધન ક્ષેત્રે આગવી પ્રતિભા ધરાવતા સ્વ. ડૉ. વાય.જી. નાયકના પ્રથમ સંશોધન પત્ર દ્વારા મળે છે. તેમણે ડૉ. ડી.વી. ગોગટે સાથે 1930માં "નેચર"માં સોનોમીટરની આવૃત્તિ ઉપર DC-સુલટ પ્રવાહની અસર (Effect of Direct Current on the frequency of Sonometer Wire, Nature,Vol. 125, p. 819, 1930) એ સંશોધનપત્ર પ્રસિદ્ધ કર્યું, સોનોમીટરનો પ્રયોગ સ્નાતક કક્ષાએ (અને હવે તો ઉચ્ચતર માધ્યમિક કક્ષાએ) ભણાવવામાં આવે છે. આ દૃષ્ટાંત સાબિત કરે છે કે પ્રયોગશાળામાં સરળ લાગતા પ્રયોગો પણ સંશોધનને પાત્ર હોઇ શકે છે. ડૉ. નાયકે રોયલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ, મુંબઇમાંથી બીજું પણ એક સંશોધન પત્ર પ્રસિદ્ધ કર્યું. જેમાં તેમણે એક સમાન (uniform) પાતળી ફીલ્મ (Thin film) બનાવવાની પ્રયુક્તિ આપી હતી. જ્યારે પ્રયોગશાળામાં પૂરતાં સાધનો ન હોય ત્યારે "Necessity is the mother of Invention"ની કહેવત ઉપરનું સંશોધન સાચી ઠેરવે છે. ડૉ. નાયકે આ સમયગાળામાં ડૉ. તાવડે, ડૉ. પરાંજપે અને પ્રો. પી.બી. વૈદ્ય સાથે સંશોધન પત્રો પ્રસિદ્ધ કર્યા હતા, જેમાંનાં કેટલાકનો આજે પણ ઉલ્લેખ થાય છે.

ત્યારપછી ડૉ. નાયકે અમદાવાદ ખાતે ગુજરાત કોલેજમાં અનેક વિદ્યાર્થીઓને અનુસ્નાતક અને ડોક્ટરેટ કક્ષાએ માર્ગદર્શન આપ્યું. ગુજરાત કોલેજમાંથી તેમનું પ્રથમ સંશોધન પત્ર 1954માં Journal of Colloid Scienceમાં પ્રસિદ્ધ થયું હતું જેનું શીર્ષક હતું : "Correlation between Optical and Dynamic methods of measuring size of water drops

in a cloud". વધુમાં તેઓએ કુદરતમાં દેખાતી એક વિસ્મયકારક પ્રકાશીય ઘટના આર.એમ. જોશી સાથે પ્રયોગશાળામાં નિર્દેશિત કરી. ('Anti-corona or Broken Bows' J.opt. soc. Am. vol. 45, 733, 1955) જ્યારે કુદરતી વાદળોમાં અવલોકનકારનું મસ્તક સૂર્ય પ્રકાશની પાછળની દિશામાં હોય છે ત્યારે પશ્ચાત્ પ્રકીર્ણન (Back Scattering)ને કારણે અવલોકનકારને વાદળામાં રંગીન વલયો દેખાય છે, જેને 'એન્ટી કોરોના' અથવા 'બ્રોકન બોઝ' કહેવાય છે. ડૉ. નાયક અને જોશીએ કાચના એક મોટા ફ્લાસ્કમાં વાદળો ઉત્પન્ન કરીને આવાં 'બ્રોકન બોઝ' નિર્દેશિત કર્યાં. ખ્યાલ રહે, આ સંશોધકો કોલેજના અધ્યાપકો હતા.

ગુજરાત કોલેજમાં ડૉ. ગીજરેએ ડૉ. નાયકના માર્ગદર્શનમાં Electron Diffraction Camera અને Furnace for growth of copper single crystal વિકસાવ્યાં હતાં. તેમના બીજા એક વિદ્યાર્થી આર.એસ. આધવ-જેઓ તે સમયે ગુજરાત કોલેજમાં વ્યાખ્યાતા હતા, તેમણે "Thin Film Optics"માં સંશોધન કરી Ph.D.ની ડીગ્રી મેળવી હતી. અત્રે એ નોંધવું રસપ્રદ થશે કે ડૉ. આધવ ગુજરાત યુનિવર્સિટીમાંથી ભૌતિકશાસ્ત્રમાં Ph.D. મેળવનાર પ્રથમ વ્યક્તિ હતા. ડૉ. નાયકના વિદ્યાર્થી ડૉ. જે. એન. દેસાઇએ Magneto-optics ઉપરનું સંશોધન કાર્ય શરૂ કર્યું. આ જ વિષયમાં આગળનું સંશોધન ડૉ. એચ.એસ. શાહ, ડૉ. આર.વી. મહેતા, ડૉ. એમ. જે દવે અને ડૉ. ડી.બી. વૈદ્યે કર્યું, અને અનેક સંશોધન લેખો જાણીતા journalsમાં પ્રકાશિત કર્યા. ગુજરાત રાજ્યમાં ભૌતિકશાસ્ત્રના સંશોધનોનો એ આરંભકાળ હતો.

ડૉ. જે. એન. દેસાઇએ અમદાવાદની Physical Research Laboratoryમાં, ડૉ.શાહ અને ડૉ. મહેતાએ સુરતની એન્જીનિયરીંગ કોલેજમાં અને ડૉ. વૈદ્યે ગુજરાત કોલેજમાં સંશોધન પ્રવૃત્તિ ચાલુ રાખી. ડૉ. નાયકે સંશોધન ઉપરાંત ભૌતિકશાસ્ત્રની સ્નાતક-અનુસ્નાતક પ્રવૃત્તિમાં પણ મહત્ત્વનો ફાળો આપ્યો. તેઓ વર્ષમાં એક વાર ભૌતિકશાસ્ત્રના વિવિધ પ્રયોગોનું નિદર્શન કરતા અને તે જોવા તથા 'નાયક સાહેબનું' વ્યાખ્યાન સાંભળવા ગુજરાત કોલેજ સિવાયની અન્ય કોલેજના ભૌતિકશાસ્ત્રના વિદ્યાર્થીઓ ઉત્સુક રહેતા... તેમણે કદાચ માઇકલ ફેરેડેના ચરિત્રમાંથી પ્રેરણા લીધી હશે.

આવી જ શૈક્ષણિક પ્રવૃત્તિ ભાવનગરની શામળદાસ કોલેજના ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગના વિદ્યાર્થીઓ માટે વિભાગના વડા પ્રો. કે. એલ. નૃસિંહમ્ પણ 1934થી કરતા, પ્રો. નૃસિંહમે થોડો સમય સર સી.વી. રામનની સાથે ઇન્ડીઅન એસોસીએશન ફોર કલ્ટીવેશન ઑફ સાયન્સ, કલકત્તામાં કાર્ય કર્યું હતું. ત્યારબાદ બનારસ હિન્દુ યુનિવર્સિટીમાંથી અનુસ્નાતક પદવી મેળવી, 1933માં ભાવનગર રાજ્યની નવી શરૂ થયેલ વિજ્ઞાન કોલેજમાં વ્યાખ્યાતા તરીકે જોડાયા હતા. તેમણે શિક્ષણને વધુ મહત્ત્વ આપ્યું હતું અને (સ્વ.) ડૉ મધુકર મહેતા, ડૉ. કુમાર ભટ્ટ તથા ડૉ. આર.વી. મહેતા જેવા આંતરરાષ્ટ્રીય ખ્યાતિ ધરાવતા વિજ્ઞાનીઓએ ભૌતિકશાસ્ત્રનો અભ્યાસ તેમની નીચે કર્યો હતો. વધુમાં પ્રો. પી.એસ. પંડ્યા (પ્રો. સુધીરભાઇ પંડ્યાના પિતાશ્રી), પ્રો. જોશી (Ph.D from Germany) બહાઉદ્દીન કોલેજ-જૂનાગઢ અને ડૉ. દેશપાંડે-રાજકોટની કોટક સાયન્સ કોલેજની પ્રેરણાથી ઘણા વિદ્યાર્થીઓએ ભૌતિકશાસ્ત્રના સંશોધન અને શિક્ષણકાર્યમાં ફાળો આપ્યો. 1953માં ભૂજમાં આર. આર. લાલન કોલેજ, 1956માં જામનગર ખાતે ડી.કે.વી. કોલેજ અને સુરેન્દ્રનગર ખાતે એમ.પી.શાહ કોલેજ તેમજ અન્ય કોલેજો સરકારશ્રી તરફથી શરૂ થઇ હતી. તે અરસામાં પ્રો. દામોદર ગોગટેએ બરોડા કોલેજની ભૌતિકશાસ્ત્રની પ્રયોગશાળા સુસજ્જ કરી. તેમના માર્ગદર્શનથી, તે સમયના અતિ જટીલ વિષય-પ્રવાહી હિલીયમ-2 (Liquid Helium II) ઉપર આગવું સંશોધન કરી, અનેક લેખો પ્રકાશિત કર્યા, તેમાંનાં પ્રો. પી.ડી. પાઠક સાથેના લેખનો હજુ પણ સંદર્ભ ટાંકવામાં આવે છે. (Gogate D.V., Pathak P.D. "The Landau Velocity in Liquid Helium II, Proc. of Physical Society, vol. 59, pp. 457-461, 1947) તેમનું બીજું એક પેપર "Surface flow of Liquid Helium II and Bose-Einstein Degeneracy" 'Nature'માં પ્રસિદ્ધ થયું હતું. તેમણે Philosophical Magazineમાં પણ ઘણા સંશોધન લેખો પ્રકાશિત કર્યા હતા. ત્યારબાદ સમયાંતરે પ્રો. એન. એસ. પંડ્યા, પ્રો. આર.વી. જોશી અને પ્રો. એમ.એમ. પટેલે વિવિધ ક્ષેત્રે સંશોધન કાર્ય શરૂ કર્યું, અને તેઓના વિદ્યાર્થી, ડૉ. જે. આર. પંડ્યા સાથે 'નેચર'માં પણ એક પત્ર પ્રકાશિત કર્યો છે. વડોદરામાં પ્રો. પંડ્યાએ 'ક્રીસ્ટલ ગ્રોથ', ડૉ. જોશીએ

Luminiscence અને પ્રો. પટેલે Molecular Spectroscopyની સંશોધન પ્રયોગશાળા ઉભી કરી. પ્રો. આર.વી. જોશી ત્યારબાદ ટેકનોલોજી ભવનમાં જોડાયા, અને તેમના સમય દરમ્યાન પ્રો. પદ્મિની અગ્રવાલે Ultrasonicsમાં સંશોધનકાર્ય કર્યું. ત્યારબાદ આ જ ભવનમાં Holography અને LASER જેવાં અદ્યતન ક્ષેત્રોની પણ સંશોધન-શાળા વિકસી જેમાં ઘણા અધ્યાપકોએ ફાળો આપ્યો. સાયન્સ ફેકલ્ટીમાં પ્રો. એચ.એસ.દેસાઇએ સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રમાં માર્ગદર્શન આપ્યું. તેમના વિદ્યાર્થી, ડૉ. કે. એન. જોશીપુરાએ IAPTની ગુજરાતની રીજ્યોનલ કાઉન્સીલ-RC-7ને જીવંત બનાવવામાં મહત્ત્વનો ફાળો આપેલ છે. વડોદરાના એક તેજસ્વી સંશોધક અને લોકપ્રિય અધ્યાપક પ્રો. વિજય પોટભરે તાજેતરમાં નિવૃત્ત થયા છે.

સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટીનો ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગ 1959માં વી.પી. સાયન્સ કોલેજમાં અસ્તિત્વમાં આવ્યો. ટૂંક સમયમાં જ પ્રો. એ. આર. પટેલના ક્રિયાશીલ નેતૃત્વ નીચે આ ભવને ક્રીસ્ટલોગ્રાફીના ક્ષેત્રમાં આગવું સ્થાન મેળવ્યું. તેઓ વહેલી સવારે ભવનમાં આવી જતા અને મોડી સાંજ સુધી હાજર રહેતા, અને આ સીલસીલો તેઓએ નિવૃત્ત થયા બાદ પણ ચાલુ રાખ્યો હતો. 1960-'70ના દાયકામાં, જ્યારે ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપ ભારતની ગણીગાંઠી યુનિવર્સિટીઓમાં હતો ત્યારે આ ભવન પણ તેમાનું એક હતું. આની સાર-સંભાળ ડૉ. શંકરભાઇ પટેલ લેતા હતા. આ ભવનમાં શરૂઆતના તબક્કામાં પ્રો. એમ.એસ.જોષીએ પણ સારું એવું પ્રદાન આપ્યું હતું. એ ઉલ્લેખનીય છે કે પ્રો. એ.આર. પટેલ અને પ્રો. એમ.એસ. જોષીને ચારુતર વિદ્યામંડળે નાણાંકીય સવલતો પૂરી પાડીને વધુ અભ્યાસ તથા અનુભવ લેવા માટે ઇંગ્લેન્ડ મોકલ્યા હતા. આજે વિદ્યાનગરના પ્રો. રાવજીભાઇ પી. પટેલ રાજ્યના સૌથી વયસ્ક શિક્ષણકારોમાંના એક છે. ત્યાં સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રમાં સંશોધન ડૉ. વી.બી. ગોહેલના વિદ્યાર્થી ડૉ. એ. આર. જાનીએ શરૂ કર્યું. પ્રો. એ. આર. પટેલે ઉત્સાહી અને યુવાન શિક્ષકોની એક ટીમ ઉભી કરી અને તેમાંના લગભગ સર્વેએ શિક્ષણ અને સંશોધન વચ્ચે સમતુલા જાળવી. સંશોધનના જેટલી જ મહત્ત્વની બાબત-સ્કૂલ અને કોલેજના વિદ્યાર્થીઓ-શિક્ષકોને ભૌતિકશાસ્ત્ર પ્રત્યે અભિરૂચિ કેળવવાનું કાર્ય- પણ વિદ્યાનગરના વિભાગે કર્યું છે અને હાલ પણ કરે છે. એ જ રીતે કોલેજના શિક્ષકોને પણ આ ભવન સંશોધન ક્ષેત્રે કાર્ય કરવાની પ્રેરણા અને સવલત આપે છે. આ બાબતમાં પ્રો. કે. એન. જોશીપુરા, પ્રો. એ. આર. જાની અને યુવા ટીમની સેવાઓ ઉલ્લેખનીય છે. સમય જતાં ગુજરાતમાં અન્ય યુનિવર્સિટીઓ અસ્તિત્વમાં આવી. સુરતમાં દક્ષિણ ગુજરાત, ઉત્તર ગુજરાત (પાટણ), ભાવનગર યુનિવર્સિટી (ભાવનગર) સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટી (રાજકોટ) અને ભૂજમાં કચ્છ યુનિવર્સિટીની સ્થાપના થઇ. દક્ષિણ ગુજરાત યુનિવર્સિટી સાથે સંલગ્ન રીજીઓનલ કોલેજ ઑફ એન્જીનીયરીંગ અને ટેકનોલોજીનો રંગવિજ્ઞાન (Color Technology) અને ચુંબકીય પ્રવાહી (Ferrofluids) ક્ષેત્રે સંશોધન ફાળો નોંધનીય છે. આ બંને નવાં ક્ષેત્રોનો પાયો પણ દેશમાં પહેલીવાર ઉપરોક્ત કોલેજના ભૌતિકશાસ્ત્ર ભવનના પ્રો. એચ.એસ. શાહ અને પ્રો. આર.વી. મહેતાએ નાખ્યો. શરૂઆતના તબક્કાના ઘણાખરા એમ.ફીલ. અને પીએચ.ડી. માટેના મહાનિબંધો આ ભવનમાંથી આવ્યા. સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટીમાં પ્રો. આર.જી. કુલકર્ણીની અધ્યક્ષતામાં, ફેરાઇટ્સ, ક્રીસ્ટલોગ્રાફી, સુપર કન્ડક્ટીવીટી, મોઝબાર ઇફેક્ટ, આયનોસ્ફીઅરના અભ્યાસ ઉપરાંત સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રનાં ક્ષેત્રે પ્રો. બી.એસ. શાહ, પ્રો. કે. એન. અય્યર વગેરેએ નોંધપાત્ર ફાળો આપ્યો.

1977-'78 થી રાજ્યમાં ઉચ્ચતર માધ્યમિક ધો. 11-12ની પદ્ધતિ દાખલ થતાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના શિક્ષણમાં પણ એક નવી તરાહ અમલમાં આવી. તે કક્ષાએ પ્રમાણભુત પાઠ્યપુસ્તકો તૈયાર કરવામાં પ્રથમ શ્રી વી.બી. ભટ્ટ (અમદાવાદ) અને ત્યારબાદ પ્રો. વી.બી. ગોહેલ અને સાથીઓએ સારું યોગદાન આપ્યું છે.

સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટીમાંથી ભાવનગર યુનિવર્સિટીનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ આવ્યું અને 1988માં ડૉ. આર.વી. ઉપાધ્યાયની અધ્યક્ષતામાં ભૌતિકશાસ્ત્ર ભવન શરૂ થયું. 1989માં ત્યાં પ્રો. આર.વી. મહેતા તથા લેસર અને હોલોગ્રાફીના નિષ્ણાત, પ્રો. આર. એસ.સીરોહીના વિદ્યાર્થી ડૉ. નારાયણમૂર્તિ નિમાયા. ત્યારબાદ ડૉ. એસ.પી. ભટનાગર પણ આ ભવનમાં રીડર તરીકે જોડાયા. આ નાની પણ કાર્યદક્ષ ટુકડીએ શિક્ષણ અને સંશોધન ક્ષેત્રે મહત્ત્વનો ફાળો આપ્યો અને "Small is beautiful" એ ઉક્તિને ચરિતાર્થ કરી બતાવી. તેઓના પ્રયાસથી 1995માં ભારતમાં પ્રથમવાર 7મી ચુંબકીય પ્રવાહી ઉપરની આંતરરાષ્ટ્રીય

કોન્ફરન્સ ભાવનગરમાં યોજાઇ અને તેમાં 20 દેશોના અને ભારતના વિવિધ પ્રદેશના 120 ડેલીગેટોએ ભાગ લઇને સંશોધન પત્રો રજુ કર્યા.

આ ઉપરાંત રાષ્ટ્રીય પરિસંવાદો, પેટન્ટ્સ, આંતરરાષ્ટ્રીય Collaboration, અનેક સંશોધન લેખો આ ભવનમાંથી રજુ થયા. ચુંબકીય પ્રવાહીની અન્ય દેશોમાં નિકાસ કરીને યુનિવર્સિટીઓમાં આગવું સ્થાન પ્રાપ્ત કર્યું. ચુંબકીય પ્રવાહી ઉપરાંત આ ભવને ઇન્ટર-યુનિવર્સિટી કોન્સોરટિયમ ફોર ડી.એ.ઇ. ફેસીલીટીસ (IUC-DAEF)ની સહાયથી ''ધ્રુવ'' રીએક્ટર માટે ન્યુટ્રોન શીલ્ડીંગ રબ્બર, ભાવનગર શહેરની નાની એવી રબ્બર ઇન્ડસ્ટ્રીને સાથે રાખી વિકસાવ્યું. આ ઇન્ડસ્ટ્રી હવે તેના નવા નામાભિકરણ ''બોરોન રબ્બર ઇન્ડીઆ'' તરીકે નિકાસલક્ષી ઇન્ડસ્ટ્રી બનેલ છે. આ ઉપરાંત ઇન્ડીઅન સ્પેસ રીસર્ચ ઓર્ગેનાઇઝેશન (ISRO)ના DECU (Department of Education and Communication Unit)ના નેજા નીચે ચુંબકીય પ્રવાહી ઉપરની લોકભોગ્ય ફીલ્મ ("Black Magic") તૈયાર કરી છે. આવાં કારણોસર IIM-અમદાવાદના વિદ્યાર્થીઓએ આ ડીપાર્ટમેન્ટને Case study તરીકે પસંદ કરેલ છે.

ફરી પાછા ભૂતકાળમાં ડોકીયું કરીએ તો ડૉ. વિક્રમ સારાભાઇ, કે જેઓ ગુજરાત કોલેજના ભૂતપૂર્વ વિદ્યાર્થી હતા, તેમણે અમદાવાદની M.G. Science Instituteના એક ખૂણામાં શરૂ કરેલ P.R.L. (Physical Research Laboratory) દેશની એક ઉચ્ચ સંશોધન સંસ્થામાં પરિણમી છે. તેમાં અનેક શિક્ષણવિદોનો ફાળો છે. આ બધામાં પ્રો. સુધીરભાઇ પંડ્યાનું નામ જુદું જ તરી આવે છે. તેમને વયની તથા નેત્રની મર્યાદા હોવા છતાં તેઓ આજ સુધી ભૌતિકશાસ્ત્રના ઉચ્ચ કક્ષાના શિક્ષણ માટે કાર્યરત છે. PRLના આ ભૂતપૂર્વ ડાયરેક્ટર IAPTને માર્ગદર્શન તથા નાણાંકીય સહાય કરી રહ્યા છે. પ્રો. સુધીર પંડ્યાએ Nuclear Shell Model ઉપર સંશોધન કાર્ય કર્યું હતું અને ઘણા વિદ્યાર્થીઓને માર્ગદર્શન પુરું પાડ્યું હતું, જેમાનાં પ્રો. એસ. કે. શાહ, પ્રો. વાઘમારે, પ્રો. મધુબેન શાહ અને ડૉ. દિલીપ આહલપરા એ જાણીતાં નામો છે. પ્રો. સુધીરભાઇ પંડ્યાનું સંશોધન 'Pandya's transform' તરીકે જાણીતું થયું હતું. પ્રો. સુધીરભાઇના શિક્ષક રહી ચૂકેલા સ્વ. પ્રો. પી.સી. વૈદ્ય આપણે ત્યાં ગણિતશાસ્ત્રી તરીકે ખૂબ જાણીતા હતા. પરન્તુ તેઓએ જનરલ રીલેટીવીટીના ક્ષેત્રે આંતરરાષ્ટ્રીય કક્ષાની શોધો કરી હતી. તેઓનું સૈદ્ધાન્તિક પ્રદાન ''Vaidya metric'' તરીકે પ્રસિદ્ધ છે.

પ્રો. પી.ડી. પાઠક ગુજરાત યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકશાસ્ત્ર ભવનમાં જોડાયા અને ત્યારબાદ પ્રો. કોટડિયા જોડાયા. તેઓએ ભવનમાં સંશોધનકાર્ય શરૂ કર્યું. ત્યારબાદ પ્રો. એસ.ડી. વર્મા, પ્રો. વી.બી. ગોહિલ તથા પ્રો. એ.ડી. વ્યાસે ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે શોધપ્રવૃત્તિ જારી રાખી. અત્યારે તેઓના વિદ્યાર્થીઓ ગુજરાતની વિવિધ કોલેજો અને યુનિવર્સિટીઓમાં સેવાઓ આપી રહ્યા છે.

1972માં સુરતના પ્રો. બી.આઇ. શેઠે Indian Physics Association-IPAની Inter-chapter Meeting બોલાવી હતી. ત્યાર બાદ દર વર્ષે રાજ્યમાં જુદી જુદી યુનિવર્સિટીઓમાં આ મિટીંગો ભરાતી હતી. 1984માં વડોદરા ખાતે મળેલ આ મીટીંગની એક ઐતિહાસિક તસ્વીર (સૌજન્ય પ્રો. એ. આર. જાની) આપને આ અંકમાં જોવા મળશે. છેલ્લાં ઘણાં વર્ષોથી આ પ્રવૃત્તિ મંદ-બંધ પડી છે. ગુજરાત સાયન્સ એકેડેમી (સ્થાપના 1978) દ્વારા દર વર્ષે જુદાં જુદાં સ્થળોએ ગુજરાત સાયન્સ કોંગ્રેસ ભરાય છે, જેમાં અધ્યાપકો-સંશોધકોને શૈક્ષણિક આદાન-પ્રદાનનો લાભ મળે છે.

વાચક મિત્રો, ઇતિહાસ લખવો- અને તે પણ ઉપરોક્ત વિષય પર-એ કોઇ સહેલી વાત નથી. ગુજરાતમાં ભૌતિકશાસ્ત્રના શિક્ષણ સંશોધનની ઐતિહાસિક ઝલક આપવાનો આ કદાચ પહેલો પ્રયત્ન હશે. આ લેખમાં નોંધવા જેવી બાબતો/ઘટનાઓ તેમ જ કોઇ સંનિષ્ઠ વિદ્વાન સંશોધકો-અધ્યાપકોનો ઉલ્લેખ શરતચૂકથી રહી ગયો હોય તો જરૂર અમારું ધ્યાન દોરવા વિનંતી છે. આ લેખ તૈયાર કરવામાં મુ. પ્રો. સુધીરભાઇ પંડ્યા, ડૉ. જે. એન. દેસાઇ, ડૉ. દીલિપ આહલપરા વગેરે તરફથી ઉપયોગી માહિતી મળેલ છે જેની સહર્ષ નોંધ લઇને વિરમીએ.

*****

Historical Photograph of Physics fraternity in Gujarat

(IPA Meeting held at M.S. University, Vadodara on February 19, 1984)

Sitting :
First row — (From L to R) 1. R. V. Shukla, 2. S. Vargese, 3. J.M. Sudhakar, 4. J.H. Patel, 5. P.P. Kulkarni, 6. N.Majmudar, 7. S.G. Nene, 8. R.K.P.L. Agrawal, 9. M.B. Patel, 10. Chandra Prabha, 11. A.M. Vaidya, 12. H.G. Bhatt

Second row — 1. B.N. Parikh, 2. J.R. Pandya, 3. H.S. Desai, 4. S.R. Thakore, 5. S.K. Shah, 6. M.K. Agrawal, 7. A.R. Patel, 8. P.D. Pathak, 9. P.A. Pandya, 10. J.B. Sandil, 11. N.S. Pandya, 12. S.P. Pandya, 13. M.S. Joshi, 14. B.I. Sheth, 15. R.V. Joshi, 16. T.R. Joshi

Standing :
Third row — (From L to R) 1. V.M. Trivedi, 2. T.P. Singh, 3. N.V. Pandya, 4. A.T. Oza, 5. R.P. Patel, 6. W.P. Bhagat, 7. V.N. Potbhare, 8. H.B. Patel, 9. T.C. Patel, 10. V.Gandhi, 11. A.P. Nerurkar, 12. I.M. Patel, 13. G.V. Pethe, 14. L.H.H. Prasad, 15. C.K. Acharya, 16. L.T. Talele, 17. A.K. Nehite, 18. K.A. Raval, 19. A.J. Shah

Fourth row — 1. B.M. Mali, 2. K.P. Singhal, 3. P.D. Lele, 4. V.M. Raval, 5. B.L. Prajapati, 6. K.A. Patel, 7. K.J. Jani, 8. D.B. Vaidya, 9. B.P. Agrawal, 10. H.B. Patel, 11. A.D. Vyas, 12. S.H. Fadia, 13. V.B. Gohel, 14. V.B. Bhatt, 15. A.R. Jani, 16. K.N. Joshipura

Fifth row — 1. J.N. Desai, 2. A.N. Hanchinal, 3. V.V. Joshi, 4. Laxminarayan, 5. K.R. Patel, 6. S.M. Patel, 7. R.A. Patel, 8. S.H. Patel, 9. S.K. Arora, 10. R. Srivastava, 11. P.D. Patel, 12. A.B. Darji, 13. R.M. Patel, 14. R.H. Joshi, 15. V.A. Pradhan, 16. Suresh Kumar M.B., 17. H.B. Shah

આમંત્રિત લેખ

ગણિતનાં ચશ્માંથી ખગોળનું દર્શન

ડૉ. અરૂણ મ. વૈદ્ય
નિવૃત્ત પ્રોફેસર અને અધ્યક્ષ, ગણિત વિભાગ
ગુજરાત યુનિવર્સિટી, અમદાવાદ

હિંદીમાં ''ચોલી-દામન કા રિશ્તા'' એવો એક રૂઢિ પ્રયોગ છે. જ્યારે કોઇ બે વસ્તુઓ વચ્ચે પરસ્પરના આધાર અને વિકાસનો ગાઢ સંબંધ હોય ત્યારે એ બે વચ્ચે 'ચોલી-દામન કા રિશ્તા' છે તેમ કહેવાય છે. ખગોળ એક એવો વિષય છે કે તેને જ્ઞાનની અનેક શાખાઓ સાથે ચોલી-દામનનો સંબંધ છે. જ્યોતિષના અસ્તિત્વ માટે ખગોળનું જ્ઞાન અત્યંત જરૂરી છે અને જ્યોતિષની આવશ્યકતા માટે જ ખગોળનો પ્રારંભિક અભ્યાસ થયો હતો. આવો જ સંબંધ ખગોળ અને ભૌતિકશાસ્ત્ર વચ્ચે તથા ખગોળ અને ગણિત વચ્ચે પણ છે. તારાઓ ઉર્જાનું પ્રસારણ કઇ રીતે કરે છે તે જાણવા માટે ખગોળશાસ્ત્રીઓને તારાના રસાયણશાસ્ત્રનો અભ્યાસ કરવો પડ્યો હતો અને હેલીયમ જેવા મહત્ત્વના તત્ત્વની શોધ પૃથ્વી પર થઇ તે પહેલાં સૂર્ય પરથી થઇ હતી. જ્યારે માનવી ચંદ્ર અને મંગળ પર વસાહતો સ્થાપવાની યોજના કરે છે ત્યારે તો એવા બધા આકાશી પદાર્થોનું રાસાયણિક બંધારણ તપાસવાની અને એમના ''ભૂસ્તરશાસ્ત્ર''ને તપાસવાની પણ જરૂર પડશે- ખરૂં પૂછો તો ''ભૂસ્તરશાસ્ત્ર'' જેવા વિષયનું કદાચ નામ જ બદલવું પડશે કારણ કે ભૂસ્તરશાસ્ત્ર તો પૃથ્વીના જ ખડકોનો અભ્યાસ કરે છે !

આ લેખમાં આપણે ગણિત અને ખગોળ વચ્ચેના સંબંધની વાત કરીશું પણ આ સંબંધોમાં ભૌતિકશાસ્ત્ર પણ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે એટલે તે વિષયને અળગો નહી રાખીએ.

ગણિતને (ખરેખર તો માનવસંસ્કૃતિને) ખગોળની પહેલી ભેટ તો સમયના એકમો આપવાની છે. બે સૂર્યોદયો વચ્ચેનો સમયગાળો એટલે દિવસ. બે પૂનમ (કે અમાસ) વચ્ચેનો ગાળો એટલે મહિનો (ચંદ્રમાસ) અને વર્ષ દરમ્યાન આકાશમાં ફરતો રહેતો સૂર્ય આકાશમાં તે જ સ્થાને ફરી આવે તે માટે લાગતો સમયગાળો એટલે વર્ષ. આ એકમો વચ્ચેના સંબંધો એવા મળ્યા કે એક મહિનામાં લગભગ 27 દિવસ આવે. એક વર્ષમાં 12 મહિના આવે. ચંદ્ર મહિના દરમિયાન આકાશમાં જે માર્ગે ફરતો દેખાય છે, તેના 27 ભાગ પાડ્યા અને તે દરેક ભાગને નક્ષત્ર નામ અપાયું. એ જ પ્રમાણે સૂર્યના આકાશી માર્ગના 12 સરખા ભાગ પાડ્યા અને દરેકને રાશિ કહી, દર મહિને સૂર્ય નવી રાશિમાં પ્રવેશે (આ પ્રવેશને સંક્રાંતિ કહેવાય). આમ 14 જાન્યુઆરીએ મકરસંક્રાંતિ હોવાનો અર્થ એ થાય કે તે દિવસે સૂર્ય મકર રાશિમાં પ્રવેશે છે. નક્ષત્રોની વ્યવસ્થા આપણા ભારતીય ખગોળ અને પંચાગમાં છે પણ પાશ્ચાત્ય ખગોળ કે પંચાંગમાં નથી કારણ કે પાશ્ચાત્ય ખગોળ અને પંચાગ સૂર્યને જ મહત્ત્વ આપે છે. ચંદ્રને નહીં. આનું એક પરિણામ એ છે કે આપણે તિથિ પરથી ચંદ્રની કળા અને ભરતી-ઓટના સમયોની આગાહી કરી શકીએ છીએ. (પૂનમને દિવસે ચંદ્ર પૂર્ણ કળાએ હોય અને સમુદ્રમાં ભરતી 12 વાગે આવે, આઠમે કળા અર્ધચંદ્રની હોય અને ભરતી 6થી 7 દરમિયાન આવે વિ.) પરંતુ તારીખ પરથી ચંદ્રની કળા કહી શકાતી નથી અને ભરતી-ઓટના સમયો પણ ગણી શકાતા નથી. બીજી તરફ આપણાં પંચાંગ સૂર્ય અને ચંદ્ર બન્નેની ગતિઓ હિસાબમાં લેતાં હોવાથી કેટલીક જટિલતાઓ પણ આવી છે. તિથિઓનાં ક્ષય અને વૃદ્ધિ થાય છે, અધિકમાસ અને ક્ષયમાસની ઘટનાઓ પણ બને છે. હવે સમયમાપન અને પંચાંગોની વાતને અહીંથી જ પડતી મૂકીને આપણે ખગોળના અન્ય એક મહત્ત્વના પાસાં વિષે વાત કરીએ.

ગણિતમાં શાંકવો (Conic sections) મહત્ત્વના વક્રો છે, શંકુને સમતલ વડે છેદતાં આ વક્રો મળે છે, આ વક્રો તે વર્તુળ (Circle) ઉપવલય (Ellipse), પરવલય (Parabola) અને અતિવલય (Hyperbola). આ વક્રોનું સૌથી પહેલાં

ઇ.પૂ. ચોથી સદીમાં મહાન સમ્રાટ સિકંદરના શિક્ષક મેનેકમસે વર્ણન કર્યું હતું. ત્યાર પછી પ્રખ્યાત ગ્રીક ભૂમિતિવિદ્ એપોલોનીયસે આ વક્રોના ભૌમિતિક ગુણધર્મો શોધી કાઢ્યા હતા. પણ ત્યાર પછી સેંકડો વર્ષો સુધી આ વક્રો વ્યવહારમાં ક્યાંય દેખાતા ન હોવાથી તેમનું જ્ઞાન ''પોથી માંહ્યલાં રીંગણાં'' જેવું જ રહ્યું હતું.

દરમિયાનમાં ગ્રહો ગતિમાન છે એ તો પરાપૂર્વથી જાણીતું હતું પણ તેમના ગતિમાર્ગ કેવા વક્રો છે તે વિષે ખગોળશાસ્ત્રીઓ અને અન્યોમાં ચર્ચા ચાલુ હતી. પશ્ચિમની દુનિયામાં આ પ્રશ્નમાં ધર્મગુરૂઓને પણ ખૂબ રસ હતો. તેઓને પ્રભુની સર્વગ્રાહી સત્તા અને સૌંદર્યદષ્ટિમાં એટલી બધી શ્રદ્ધા હતી કે તેમણે એવું ઠોકી બેસાડ્યું હતું કે બધા જ ગ્રહો વર્તુળાકાર માર્ગોમાં જ ગતિમાન છે એટલું જ નહિ પણ એ બધા (અને સૂર્ય પણ) પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા વર્તુળાકાર માર્ગોમાં કરે છે. આ માન્યતાને ભૂકેન્દ્રી (Geocentric) વ્યવસ્થા કહેવાય છે. ધર્મગુરૂઓનો દબદબો એટલો બધો હતો કે કોઇ આ માન્યતાની વિરુદ્ધ બોલી શકતું નહીં અને બોલે તો મૃત્યુદંડની સજાને પાત્ર થતું.

પરંતુ વિજ્ઞાન કોઇ રાજા કે ધર્મગુરૂની શેહમાં તણાતું નથી. ભૂકેન્દ્રી વ્યવસ્થામાં ગ્રહોનાં આકાશમાંના સ્થાન સમજાવી શકાતાં નહોતાં. એ સમજાવવા માટે એક જ વર્તુળ નહિ પણ ગ્રહ પોતે જે વર્તુળમાં ગતિ કરતો હોય તેનું કેન્દ્ર પોતે અન્ય કોક વર્તુળમાં ગતિ કરતું હોય અને એમ વર્તુળોની પરંપરા હોય અને એમાંનું છેલ્લું વર્તુળ પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા કરે છે તેવી કલ્પનાઓ કરવામાં આવી. આમ છતાં ગ્રહોનાં ચોક્કસ સ્થાનની આગાહી કરવાનું બહુ સરળ ન બન્યું.

ધર્મગુરૂઓની જોહુકમી લગભગ દોઢ હજાર વર્ષો સુધી ખગોળની પ્રગતિને રૂંધતી રહી. છેક સોળમી સદીના સાતમા કે આઠમા દાયકામાં પોલેંડના કોપરનિકસે ભૂકેન્દ્રીય વ્યવસ્થા કરતાં અન્ય વ્યવસ્થા કદાચ ગણતરીઓ સરળ બનાવે એવી વાત કરી. તેણે સૂચવ્યું કે પૃથ્વીને બદલે બધા ગ્રહો સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરે છે તેવી કલ્પના કરીએ તો ગ્રહોનાં સ્થાનો સમજાવવા માટે વર્તુળોની જે પરંપરા કરવી પડે છે તેમાં વર્તુળોની સંખ્યા ઘણી ઓછી કરી શકાય. જુઓ કે, કોપરનિકસે બધા ગ્રહો ખરેખર પૃથ્વીની નહિ પણ સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરે છે તેમ કહેવાની હિંમત તો ન જ કરી. તેણે એટલું જ કહ્યું કે જો ''એમ માની લઇએ'' તો ગણતરી સરળ થઇ જાય છે. તેણે પોતાની આટલી હળવી વાત પણ પોતાના મૃત્યુ સમયે જ પ્રકાશિત થાય તેવી વ્યવસ્થા કરી હતી !

પણ હકીકતમાં કોપરનિકસ ખરેખર સૂર્યકેન્દ્રી વ્યવસ્થામાં જ માનતો હતો અને એ વાત ખરી સાબિત કરવા માટે શું કરવું જોઇએ તે વાત પણ તેણે નોંધી રાખી હતી. તેણે આગાહી કરી હતી કે ચંદ્રની જેમ શુક્રની પણ કળાઓ થતી હોવી જોઇએ. પણ શુક્ર આપણાથી ઘણો દૂર હોવાથી એ કળાઓ આપણને (નરી આંખે) દેખાતી નથી. તેણે મહત્ત્વની વાત તો એ કરી કે જો સૂર્ય અને શુક્ર બન્ને પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા કરતા હોય તો પૃથ્વી પરથી કદી શુક્રની પૂર્ણ કળા ન જ દેખાય. આપણે ધ્યાન રાખીએ કે જ્યારે પૃથ્વી, સૂર્ય અને ચંદ્રની વચ્ચે હોય ત્યારે જ ચંદ્રગ્રહણ થાય અથવા ચંદ્રની પૂર્ણ કળા દેખાય. એ જ રીતે જ્યારે પૃથ્વી તે સૂર્ય અને શુક્રની વચમાં આવે ત્યારે જ શુક્રની પૂર્ણ કળા દેખાવી જોઇએ પણ શુક્રનું સૂર્યથી અંતર પૃથ્વી કરતાં ઓછું હોવાથી એવું ન બને-જો સૂર્ય અને શુક્ર પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા કરતા હોય તો.

કોપરનિકસના અવસાન પછી ત્રીસ-પાંત્રીસ વર્ષે દૂરબીનની શોધ થઇ અને ઇ.સ. 1610ના જાન્યુઆરીની 7 તારીખે ગૅલિલિયોએ દૂરબીનને આકાશ તરફ માંડ્યું. તેણે પહેલાં ગુરૂના ગ્રહને દૂરબીનથી જોયો. તેને ગુરૂની ડાબી બાજુએ નરી આંખે ન દેખાતા તેવા બે આકાશી જ્યોતિ દેખાયા અને જમણી બાજુએ પણ એક જ્યોતિ દેખાયો. તેણે ધારી લીધું કે એ ત્રણ તારા જ હશે. ગુરૂની આકાશમાંની સામાન્ય ગતિ એવી હતી કે તે સમય જતાં જમણી બાજુ ખસવાનો હતો. આથી ગૅલિલિયોએ વિચાર્યું કે પંદરેક દિવસ પછી ગુરૂ એટલો ખસ્યો હશે કે તેની ડાબી બાજુએ એક જ તારો અને જમણી બાજુ બે 'તારા' હશે પણ બીજે જ દિવસે (8 જાન્યુઆરીએ) ત્રણે 'તારા' ગુરૂની જમણી બાજુએ હતા. 9 જાન્યુઆરીએ આકાશ વાદળછાયું હોવાથી અવલોકન ન થઇ શક્યું પણ 10 જાન્યુઆરીએ ગુરૂની ડાબી બાજુએ બે તારા હતા અને ત્રીજો તારો અદશ્ય હતો ! તેથી

ગૅલિલિયોએ તારણ કાઢ્યું કે પેલા ત્રણ 'તારા' ન હતા પણ ગુરૂના ચન્દ્રો હતા, અને એ બધા ગુરૂની પ્રદક્ષિણા કરતા હતા. આથી ભૂકેન્દ્રીય સિદ્ધાંતની દઢ માન્યતા કે આખું બ્રહ્માંડ કેવળ પૃથ્વીની જ પ્રદક્ષિણા કરે છે એ ખોટી ઠરે છે. ગુરૂની પ્રદક્ષિણા કરનારા પદાર્થો પણ છે. આ પછી ગૅલિલિયોએ શુક્રનું અવલોકન લાંબા સમય સુધી કર્યું. તેણે દૂરબીનમાં શુક્રની કળાઓ જોઇ અને શુક્રની પૂર્ણકળા (પૂનમ) પણ જોઇ. આમ કોપરનિક્સની યોજના મુજબ ભૂકેન્દ્રીય સિદ્ધાંત ખોટો છે અને બધા ગ્રહો સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરે છે તેની સજ્જડ સાબિતી મળી. ધર્મગુરૂઓ ગુસ્સે ભરાયા. રોમમાં વૅટીકનમાં ગૅલિલિયો પર અભિયોગ ચલાવાયો અને તેના પર અત્યાચાર થયો. બિચારા વૃદ્ધ ગૅલિલિયોએ સ્વીકાર કરવો પડ્યો કે ભૂકેન્દ્રી સિદ્ધાંત જ સાચો છે. છેક 1991માં પોણા ચારસો વર્ષ પછી વૅટિકને ગૅલિલિયો પર થયેલા અત્યાચાર બદલ દિલગીરી વ્યક્ત કરી.

જે ગાળામાં (1553 થી 1620) કોપરનિક્સ તથા ગૅલિલિયોએ સૂર્યકેન્દ્રી સિદ્ધાંત સાચો હોવાનું સાબિત કર્યું, તે જ ગાળા દરમિયાન યુરોપના અન્ય ભાગમાં બે ખગોળશાસ્ત્રીઓએ ખગોળમાં પાયાનું કામ કરીને બીજી એક ક્રાન્તિ આણી. ડૅન્માર્કનો ટાયકો બ્રાહે એક મહાન વેધશાસ્ત્રી હતો. તેણે દાયકાઓ સુધી રોજ રાત્રે જુદા જુદા ગ્રહોનાં આકાશનાં સ્થાન ખૂબ સૂક્ષ્મતાપૂર્વક માપીને નોંધ્યા હતાં આમ તો તે ભૂકેન્દ્રીય સિદ્ધાંતમાં માનતો હતો પણ સૂર્યકેન્દ્રી સિદ્ધાંતથી ગ્રહોનાં સ્થાનની ગણતરી સરળ થઇ જાય છે તેથી ગણિતની દષ્ટિએ સૂર્યકેન્દ્રી સિદ્ધાંત સરળ છે તેમ તે સ્વીકારતો હતો પણ "હકીકતમાં" આવું ન થઇ શકે એમ તે માનતો હતો. ગ્રહોની ભ્રમણકક્ષા જો વર્તુળ હોય તો ગ્રહનાં કોઇપણ ત્રણ સ્થાન પરથી તેને ભ્રમણકક્ષા આખી નિશ્ચિત થઇ જાય. (વર્તુળ પરનાં કોઇપણ ત્રણ બિંદુ આપ્યાં હોય તો આખું વર્તુળ દોરી શકાય એ ગણિતનું જાણીતું પરિણામ છે). પણ જો ગ્રહ એક વર્તુળમાં ફરે, એ વર્તુળનું કેન્દ્ર એક બીજા વર્તુળ પર ફરે, વળી તેનું કેન્દ્ર ત્રીજા વર્તુળ પર ફરે અને એમ આગળ ચાલે અને આખરે એક એવું વર્તુળ મળે કે જેનું કેન્દ્ર પૃથ્વી કે સૂર્ય ફરતે વર્તુળાકાર માર્ગે પરિભ્રમણ કરે. આ વ્યવસ્થામાં મૂળ ગ્રહનો માર્ગ એટલો બધો ગડબડીયો થઇ જાય કે તેના પરના ગ્રહનાં કેટલાં સ્થાનોની જાણકારી વડે બધાં સ્થાનો નિશ્ચિત થઇ શકે તે કહેવું મુશ્કેલ હતું. માટે બ્રાહે દાયકાઓ સુધી ગ્રહોનાં સ્થાનો નોંધતો રહ્યો તેની આ ચીવટ અને શ્રદ્ધા માટે આપણને જરૂર માન થાય. તેની ઊતરતી ઉંમરે તેણે એક જર્મન યુવાન જોહાન કેપ્લરને પોતાના મદદનીશ તરીકે નીમ્યો. કેપ્લરને તો સૂર્યકેન્દ્રી સિદ્ધાંતમાં જ શ્રદ્ધા હતી. તેણે બ્રાહેનાં મંગળ ગ્રહનાં વર્ષો પર્યંત લેવાયેલાં સ્થાનોનો વિગતવાર અભ્યાસ કર્યો. કેપ્લરે એક ક્રાન્તિકારી પગલું એ ભર્યું કે ગ્રહોની મૂળ ગતિ તો વર્તુળાકાર જ હોઇ શકે એ માન્યતામાંથી એ બહાર નીકળી ગયો. વર્ષોનાં પ્રયાસ પછી તે જોઇ શક્યો કે મંગળની ગતિ સૂર્યની આસપાસ એક ઉપવલય માર્ગમાં છે. સૂર્ય આ ઉપવલયની એક નાભિ (focus)ના સ્થાને છે. આ પરથી તેણે તરત એક નિયમ બનાવ્યો :

દરેક ગ્રહ સૂર્ય ફરતે એક ઉપવલય કક્ષામાં ફરે છે અને સૂર્ય આ ઉપવલયની એક નાભિના સ્થાન પર છે.

આ રીતે મેનેક્મસ અને એપોલોનિયસનાં શાંકવો ખગોળમાં કામ લાગ્યાં. હવે કેપ્લરે પોતાનું ધ્યાન ગ્રહનો તેના માર્ગ પરનો વેગ, ગ્રહનું સૂર્યથી સરેરાશ અંતર તથા ગ્રહનો કક્ષાકાળ (period) એ બધા વચ્ચેના સંબંધ શોધવામાં કેન્દ્રિત કર્યું. કેપ્લરે વર્ષો સુધી ગ્રહના વેગની દષ્ટિએ બ્રાહેનાં અને પોતાનાં વર્ષો દરમિયાન લેવાયેલાં અવલોકનો તપાસ્યાં અને આઠ વર્ષની મહેનત પછી 1609માં ગ્રહોની ગતિનો બીજો નિયમ આપ્યો. ગ્રહનો વેગ તેની કક્ષાનાં જુદાં જુદાં બિંદુઓએ અલગ અલગ હોય છે એ તો સ્પષ્ટ હતું પણ કેપ્લરે શોધી કાઢ્યું કે ગ્રહ અને સૂર્યને જોડતા રેખાખંડનો ક્ષેત્રીય વેગ (Areal velocity) અચળ છે, એટલે કે;

ગ્રહની તેની કક્ષામાંની ગતિ દરમિયાન ગ્રહ તથા સૂર્યને જોડતો રેખાખંડ સરખા સમયગાળામાં સરખાં ક્ષેત્રફળો આવરી લે છે.

બીજી રીતે કહીએ તો ધારો કે ગ્રહ જેટલા સમયમાં P_1 બિંદુએથી P_2 બિંદુ સુધીની ગતિ કરે છે, એટલા જ સમયમાં જો તે P_3 બિંદુથી P_4 બિંદુએ જતો હોય તો પ્રદેશો P_1SP_2 તથા P_3SP_4નાં ક્ષેત્રફળો સરખાં હોય. (અહીં S તે સૂર્ય છે.)

ઉપરોક્ત બીજો નિયમ આપ્યા પછી કેપ્લરે ગ્રહનું સૂર્યથી સરેરાશ અંતર અને તેનો કક્ષાકાળ (period) એ બે વચ્ચેનો સંબંધ શોધવાનું કામ ઉપાડ્યું. જેમ ગ્રહનું સૂર્યથી વધુ અંતર તેમ તેનો કક્ષાકાળ વધુ હોય તે તો સ્પષ્ટ હતું, પણ આ બે વચ્ચેનો ચોક્કસ સંબંધ શોધતાં કેપ્લરને એક દાયકો લાગ્યો હતો. 1620માં તેણે ગ્રહોની ગતિનો ત્રીજો નિયમ આપ્યો.

ગ્રહનો કક્ષાકાળ (આવર્તકાળ, period) P હોય અને તેનું સૂર્યથી સરેરાશ અંતર R હોય તો P^2 તે R^3ના પ્રમાણમાં ચલે છે.

અથવા તો, તમામ ગ્રહો માટે P^2 અને R^3 નો ગુણોત્તર અચળ છે.

કેપ્લરના આ ત્રણ નિયમો ખગોળમાં એક સીમાચિહ્ન રૂપ છે. કેપ્લર પછી પચાસ વર્ષે ન્યૂટને કરેલા યુગપ્રવર્તક કાર્યની પાછળ કેપ્લરના આ નિયમોએ પ્રેરણા પૂરી પાડી હતી.

ન્યૂટને માત્ર ગ્રહોની જ નહિ પણ દરેક ગતિના નિયમો આપવા વિચાર્યું અને ગતિના ત્રણ જાણીતા મૂળભૂત નિયમો આપ્યા.

(1) જો કોઇ પદાર્થ પર (બાહ્ય અસર એટલે કે) બળ કાર્ય ન કરતું હોય તો સ્થિર પદાર્થ સ્થિર કે ગતિહીન જ રહેશે, અથવા ગતિમાન પદાર્થ મૂળ વેગથી મૂળ દિશામાં ગતિ કરતો રહેશે.

(2) જો કોઇ પદાર્થ પર કોઇ બળ (મૂલ્યમાં) F કાર્ય કરતું હોય તો તેને કારણે પદાર્થને એવો પ્રવેગ a મળશે કે જે Fના પ્રમાણમાં હશે. એટલે કે કોઇ અચળ m માટે F=ma થશે. આ m તે પદાર્થનું દળ (mass) કહેવાય છે.

(3) પદાર્થ પર બળ F કાર્ય કરતું હોય તો પદાર્થ તેની પ્રતિક્રિયા રૂપે એટલું જ બળ F મૂળ બળની વિરુદ્ધ દિશામાં લગાડશે.

કેપ્લરે ગ્રહની ગતિના જે ત્રણ નિયમો આપ્યા હતા તે તથા ન્યૂટને આપેલા ઉપરના ત્રણ નિયમો એ નિસર્ગની ઘટનાઓ અને અનુભવો પરથી તારવેલા હતા, તેમની સાબિતી હતી નહીં. આ પૈકી ન્યૂટનના નિયમો તો સમજવામાં સરળ અને રોજ-બ-રોજના અનુભવમાંથી બનાવેલા હતા પણ કેપ્લરના નિયમો સાચા જ છે તેમ માનવા માટે સાબિતી માગવાનું મન થાય તેવા હતા. એટલે હવે ન્યૂટન એક એવા સિદ્ધાંતની શોધમાં હતા કે જે સ્વીકારવામાં સરળ હોય અને જેની મદદથી કેપ્લરના નિયમો સાબિત કરી શકાય.

આ માટે ન્યૂટને ઘણા ચિંતન પછી, ઘણા પ્રયત્નોને અંતે અને કદાચ ઘણી વાર સફરજનોને વૃક્ષ પરથી નીચે પડતાં જોયા પછી ગુરૂત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ (Universal Law of Gravitation) 1665માં આપ્યો. આ નિયમ કહે છે કે બ્રહ્માંડનો પ્રત્યેક પદાર્થ અન્ય દરેક પદાર્થને આકર્ષે છે આ આકર્ષણ એ બે પદાર્થોનાં દળોના ગુણાકારના પ્રમાણમાં અને તેમની વચ્ચેના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં ચલે છે. એટલે કે $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

જેમાં સંકેતો લગભગ સ્વયંસ્પષ્ટ છે. અહીં Gને ગુરૂત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક અચળાંક કહે છે.

ગુરૂત્વાકર્ષણના આ સાર્વત્રિક નિયમમાંથી કેપ્લરના નિયમો તારવી કાઢવા માટે ન્યૂટનને ખૂબ પુરૂષાર્થ કરવો પડ્યો. ગણિતની એક નવી શાખા કલનગણિત (Calculus)ની શોધ તેણે કરવી પડી. આમ ખગોળની આવશ્યકતા માટે થઇને ગણિતને એક અત્યંત ઉપયોગી અને શક્તિશાળી શાખાની ભેટ મળી.

ન્યૂટને કેપ્લરના ત્રણે નિયમોની સાબિતી આપી તેમાં પહેલા નિયમનું વ્યાપક સ્વરૂપ સાબિત કર્યું. તેણે બતાવ્યું કે ગુરૂત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમ હેઠળ ગતિ કરતા પદાર્થનો ગતિમાર્ગ હમેશા કોઇક શાંકવ (Conic section) જ હોય છે. ગ્રહોના ગતિમાર્ગ ઉપવલય છે પણ ઉપગ્રહોના માર્ગ વર્તુળ પણ હોઇ શકે છે. ટેલિવિઝનના પ્રસારણમાં કામ લાગતા ભૂસ્થિર ઉપગ્રહોના ગતિમાર્ગ વર્તુળો જ હોય છે. ધૂમકેતુઓના ગતિમાર્ગ ઉપવલય જેવા બંધ વક્રો કે પરવલય અને અતિવલય જેવા ખુલ્લા વક્રો પણ હોય છે. આ જ કારણે કેટલાક ધૂમકેતુઓ નિશ્ચિત સમયાંતરે દેખાતા હોય છે. જ્યારે ઘણા એક વાર દેખાઇને કાયમ માટે અદ્દશ્ય થઇ અગોચરની યાત્રાએ ચાલ્યા જતા હોય છે.

કેપ્લરના ત્રીજા નિયમની ન્યૂટનની સાબિતીમાંથી એક વાત એ બહાર આવી કે ગ્રહનો કક્ષાકાળ P તથા તેનું સૂર્યથી સરેરાશ અંતર R હોય તો P^2/R^3 ખરેખર અચળ નથી પણ

$$\frac{P^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$

જેમાં M તે સૂર્યનું અને m તે ગ્રહનું દળ છે. આમ જુદા જુદા ગ્રહોનાં દળ અલગ અલગ હોવાથી જુદા જુદા ગ્રહો માટે P^2/R^3નાં મૂલ્યો જુદાં જુદાં છે, અચળ નથી. પરંતુ mની સરખામણીમાં Mનું મૂલ્ય એટલું બધું મોટું છે કે M+m લગભગ M જ છે તેમ માની લેવામાં કોઇ મોટી ભૂલ નથી અને તેથી કેપ્લરનો ત્રીજો નિયમ વ્યવહારમાં સાચો જ છે.

ન્યૂટન સાથે ઝાડ પરથી નીચે પડતા સફરજનની વાયકા જોડાયેલી છે એટલે તેવી થોડી વાત કરીએ. સફરજન જ્યારે ઝાડ પરથી પડવાની શરૂઆત કરે છે ત્યારે તેના પર પૃથ્વીનું આકર્ષણ કામ કરતું હોય છે. આ બળ

$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

જેટલું હોય છે, અહીં M અને m અનુક્રમે પૃથ્વી તથા સફરજનનાં દળ છે અને R તેમની વચ્ચેનું અંતર છે. (એ અંતર પૃથ્વીની ત્રિજ્યા જેટલું છે) આ આકર્ષણ જો સફરજનમાં g જેટલો પ્રવેગ ઊભો કરે તો ન્યૂટનના બીજા નિયમ અનુસાર સફરજન પર લાગતું બળ mg હોય. પણ એ બળ તો ઉપર કહ્યા પ્રમાણે $\frac{GMm}{R^2}$ છે, તેથી

$$mg = \frac{GMm}{R^2}$$ થાય.

આમ $g = \frac{GM}{R^2}$ છે. આ પૃથ્વીની સપાટી પરના પદાર્થો પર પૃથ્વીના આકર્ષણથી ઊભો થતો પ્રવેગ છે તેનું મૂલ્ય લગભગ 978 cm/s^2 હોય છે.

હવે ન્યૂટનના ત્રીજા નિયમાનુસાર જો સફરજન પર લાગતું બળ $\frac{GMm}{R^2}$ હોય તો પૃથ્વી પર પણ એટલું જ બળ (વિરુદ્ધ દિશામાં) લાગે છે અને તે બળ પૃથ્વીમાં પણ પ્રવેગ ઊભો કરતું હોવું જોઇએ. એટલે જેમ સફરજન પૃથ્વી તરફ ગતિ કરે છે તેમ પૃથ્વી પણ સફરજન તરફ ગતિ કરતી હોવી જોઇએ. પણ પૃથ્વી ગતિ કરતી હોય એવું તો આપણને નથી દેખાતું. આવું કેમ ? જો પૃથ્વીની (સફરજન તરફની) ગતિનો પ્રવેગ a હોય તો પૃથ્વી પર લાગતું બળ Ma થાય આથી,

$$\frac{GMm}{R^2} = Ma$$

આમ પૃથ્વીની ગતિનો પ્રવેગ $a = \frac{Gm}{R^2}$ થશે.

અહીં m (સફરજનનું દળ) બહુ નાનો છે અને પૃથ્વીની ત્રિજ્યા R બહુ મોટી છે તેથી aનું મૂલ્ય બહુ જ નાનું છે. આ કારણે પૃથ્વીની ગતિ નહિવત્ છે અને આપણને દેખાતી નથી.

છેલ્લે, પૃથ્વી પરથી ફંગોળાએલા (પ્રક્ષિપ્ત) પદાર્થોની ગતિ વિષે વિચારીએ. ધારો કે આપણે પૃથ્વીની સપાટી પર ઊભા ઊભા ક્ષૈતિજ (horizontal) દિશામાં એક પથ્થર ફેંકીએ છીએ. આ બળને કારણે પથ્થર ક્ષૈતિજ દિશામાં ગતિ કરશે. પથ્થર આપણા હાથમાંથી છૂટશે કે તરત તેના પર આપણું લગાડેલું બળ કામ કરતું બંધ થઇ જશે. જો તેના પર અન્ય કોઈ બળ ન હોય તો તે ન્યૂટનના પહેલા નિયમ અનુસાર ક્ષૈતિજ દિશામાં જ એકધારા વેગથી ગતિ કરશે, પણ તેવું નથી પથ્થર પર આપણું બળ તો નથી પણ પૃથ્વીનું ગુરૂત્વાકર્ષણ તો છે જ. એ કારણે પથ્થરનો ગતિમાર્ગ નીચેની બાજુ (પૃથ્વીની સપાટી તરફ) વંકાશે. આ કારણે પથ્થર પૃથ્વી પર પડશે એવું લાગે પણ એ જરૂરી એટલા માટે નથી કે પૃથ્વીની સપાટી પોતે ''વાંકી'' છે પૃથ્વી ગોળ હોવાથી પથ્થરનો ગતિમાર્ગ ભલે નીચેની બાજુ વળતો હોય પણ પૃથ્વીની સપાટી પણ નીચેની તરફ વળે છે. હવે બને છે એવું કે પૃથ્વીની સપાટીની વક્રતા બહુ ઓછી છે (માટે તો આપણે પૃથ્વી પર ઊભા હોઇએ તો પૃથ્વી આપણને સપાટ લાગે છે) જ્યારે સામાન્ય રીતે પૃથ્વીના આકર્ષણથી પથ્થરના માર્ગમાં ઊભી થતી વક્રતા ઘણી વધુ છે અને તેથી પથ્થર પૃથ્વી પર પડે છે. પણ જો આપણે પથ્થરને ફેંકવા માટે વપરાતું બળ ખૂબ વધારીએ તો પૃથ્વીના ગુરૂત્વાકર્ષણથી પથ્થરના માર્ગમાં ઊભી થતી વક્રતા ઘટી જાય અને પથ્થર ખૂબ લાંબુ અંતર ગયા પછી જ પૃથ્વી પર પડે. આપણું બળ વધારતા જઇએ તો એક તબક્કો એવો આવે કે પથ્થરનો ક્ષૈતિજ વેગ એટલો બધો હોય કે તેમાં માર્ગમાં પૃથ્વીના ગુરૂત્વાકર્ષણથી ઊભી થતી વક્રતા પૃથ્વીની વક્રતા જેટલી જ હોય, તો શું થાય ? પથ્થરનો માર્ગ અને પૃથ્વીની સપાટી એક સરખી વક્રતાવાળા વક્રો હોવાથી એક બીજાને સમાંતર જ રહે અને પથ્થર કદી પૃથ્વી પર પડે નહીં પણ પૃથ્વીને સમાંતર રહીને ગતિ કર્યા કરે. એટલે કે પથ્થરની કક્ષા પૃથ્વીના કેન્દ્રવાળું એક વર્તુળ જ થાય. માનવસર્જીત અનેક ઉપગ્રહો કઇંક આ રીતે જ ફંગોળાએલા છે. કોઇપણ પદાર્થને વર્તુળાકાર પથમાં ચલાવવા માટે અમુક ચોક્કસ બળ સાથે જ ફેંકવા પડે છે તેથી ઓછા બળ સાથે ફેંકીએ તો તે પૃથ્વી પર આવીને પડે અને તેથી વધુ બળ સાથે ફેંકીએ તો તેમના માર્ગની વક્રતા પૃથ્વીની વક્રતા કરતાં ઓછી થાય તેથી તે પદાર્થ પૃથ્વીથી એક સમાન અંતરે રહીને ન ચાલે. આવા પદાર્થનો ગતિમાર્ગ વર્તુળ તો ન જ હોય, તે ઉપવલય, પરવલય કે અતિવલય જ થાય. આ કારણે કુદરતી રીતે ફંગોળાએલા પદાર્થો (ગ્રહો, કુદરતી ઉપગ્રહો, ધૂમકેતુઓ)ની કક્ષાઓ વર્તુળાકારે ભાગ્યે જ હોઇ શકે.

વળી પદાર્થ પોતે ઘણો દળદાર હોય તો તેને કક્ષામાં ફેરવવા માટે ખૂબ મોટા બળથી ફંગોળવો પડે. આથી જ કુદરતી રીતે ફંગોળાએલા પદાર્થો પૈકી ભારે પદાર્થો (ગ્રહો કે ઉપગ્રહો) સામાન્ય રીતે ઉપવલય કક્ષામાં ગતિ કરે છે પણ ધૂમકેતુ જેવા હલકા પદાર્થોને પરવલય કે અતિવલય કક્ષામાં પણ ફંગોળી શકાય છે.

*****

પરમાણુ નાભિના સો વર્ષ

મૂળ લેખક
પ્રા. યશવંત આર. વાઘમારે
અનુવાદ
ડૉ. શકુન્તલા જી. નેને

ઈસુના જન્મ પૂર્વે ભારતીય ચિંતક કણાદ અને તેના સો વર્ષ પછી ગ્રીસના ડેમોક્રીટસે પદાર્થોના બંધારણ વિશે વિચાર કર્યો હતો. તેમણે માન્યું કે તત્ત્વનો નાનામાં નાનો કણ હોવો જોઈએ જે તેના બધા ગુણધર્મો ધરાવે અને અવિભાજ્ય હોય. આવા કણને 'પરમાણુ' એવું નામ મળ્યું. સત્તરમી સદીમાં ન્યુટન જેવા વૈજ્ઞાનિકોના આગમન પછી વિજ્ઞાનમાં ઝડપી પ્રગતિ થઈ. જોકે ન્યુટને પદાર્થોના બંધારણ વિશે કોઈ સિદ્ધાંત પ્રતિપાદિત કર્યો નહોતો અને તેના નિયમો સ્થુળ, જોઈ શકાય તેવા પદાર્થોને લગતા હતા એટલે કે પદાર્થોની સૂક્ષ્મ સૃષ્ટિ વિશેની કોઈ વાત નહોતી.

વર્ષો વીતતાં વૈજ્ઞાનિક શોધખોળ માટેના સાધનોમાં ઘણી પ્રગતિ થઈ. આને કારણે નવા ખ્યાલો-સિદ્ધાંતો અને તેને અનુરૂપ શબ્દભંડોળ ઊભું થયું. વિચારોને નવી દિશા મળી અને જુના ખ્યાલોને ફરી ચકાસવામાં આવ્યા. ફેરફારો એટલા ઝડપથી થતા કે ગઈકાલની નવીનતમ ખોજ આજની સામાન્ય બાબત બની જતી અને આવતીકાલ માટે પૂર્વધારણા ! ઓગણીસમી સદીના અંતમાં તો જાણે વિજ્ઞાનના ઈતિહાસે કરવટ બદલી. વૈજ્ઞાનિકો સૂક્ષ્મ જગતના અદ્ભુત રહસ્યોને સમજવા મથવા લાગ્યા, કે જ્યાં લંબાઈનું માપ અત્યંત સૂક્ષ્મ હોય અને તે પદાર્થો સારામાં સારા સૂક્ષ્મદર્શકની મદદથી પણ જોઈ ન શકાય. 19મી સદીના અંતે અને 20મી સદીના આરંભે નવાં પ્રાયોગિક પરિણામો પ્રાપ્ત થયાં જે પારંપારિક ન્યુટોનીયન ચોકઠામાં બંધબેસતાં ન હતાં. રેડિયો-ઍક્ટીવીટીની શોધ પરમાણુના ખ્યાલનો આધારસ્તંભ બની ગઈ. રેડીયોઍક્ટીવ ક્ષયમાં ઉત્સર્જિત ભારે, શક્તિશાળી, વીજભારિત કણો અને વીજભારવિહીન શક્તિશાળી વિકિરણો દ્વારા એટલું તો સાબિત થયું કે પરમાણુ કોઈ સ્થુળ સાદો બિંદુરૂપ પદાર્થ નથી. આમ અઢી હજાર વર્ષથી ચાલ્યો આવતો ખ્યાલ તૂટી પડ્યો. આ ઘટનાએ એમ પણ દર્શાવ્યું કે પરમાણુને પણ બંધારણ છે, નહિતર પરમાણુ સમગ્રપણે વીજભાર રહિત હોવા છતાં તેમાંથી વીજભારિત કણો કેવી રીતે ઉત્સર્જિત થાય ? જે. જે થૉમ્સને 1897માં પોતાની ઈલેક્ટ્રોનની શોધના આધારે પરમાણુનું પ્રથમ મૉડેલ આપ્યું. તેમણે માન્યું કે પરમાણુમાં ધનવીજભાર ગોળાકારે ફેલાયેલો હોય છે અને તેમાં અમુક જગ્યાએ ઈલેક્ટ્રોન ગોઠવાયેલા હોય છે. આ મૉડેલ 'પ્લમ પુડીંગ' (જાણે શિરામાં દ્રાક્ષ !) મૉડેલ તરીકે ઓળખાયું.

થૉમ્સનના શિષ્ય રૂદરફોર્ડે 1911માં કેટલાક પ્રયોગો કર્યા. આમાં તેમણે આલ્ફા કણોને સોનાના વરખમાંથી પસાર કર્યા. આલ્ફા કણોના જુદી જુદી દિશામાં વિખેરણ પ્રકિર્ણન પરથી તેણે તારવ્યું કે પરમાણુનો બધો જ વીજભાર અને દળ નાના કદમાં કેન્દ્રિત થયેલું હોય છે અને ઈલેક્ટ્રોન તેની આસપાસ ચોક્કસ અંતરે ગોઠવાયેલા હોય છે. આ કેન્દ્રના ગોળાને તેણે 'Nucleus'-નાભિ એવું નામ આપ્યું.

રૂદરફોર્ડના શિષ્ય બ્હોરે 1913માં તે મૉડેલમાં સુધારા કર્યા. પરમાણુમાં ઈલેક્ટ્રોન સ્થાયી કક્ષાઓમાં (Stationary orbits) ગતિ કરે છે અને સ્થાયી કક્ષામાં તે ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરતાં નથી તેવો ક્રાંતિકારી ખ્યાલ પણ તેમણે આપ્યો. પોતપોતાની ચોક્કસ કક્ષાઓમાં ઈલેક્ટ્રોન ચોક્કસ ઉર્જા ધરાવે છે; માત્ર જો તેમની કક્ષા બદલાય તો જ ઊર્જાનું ઉત્સર્જન કે શોષણ થાય. આમ હાઈડ્રોજનના બધા જ પરમાણુ એકસરખા હોય અને તેમના બધાજ પરમાણુમાંના ઈલેક્ટ્રોન સરખી જ ઊર્જા ધરાવતા હોય. બ્હોરનું પરમાણુ સૂર્યમાળા સાથે સામ્ય ધરાવે છે, ફરક એટલો કે બધા જ ઈલેક્ટ્રોનના દળ સરખા હોય છે. તેમનો એ ખ્યાલ કે ઈલેક્ટ્રોન સ્થાયી કક્ષાઓમાં ઉત્સર્જન કર્યા વગર ગતિ કરે, અને જુદી જુદી કક્ષામાં કૂદાકૂદ કરે ત્યારે જ ઊર્જાનું ઉત્સર્જન કે શોષણ થાય, તે એટલો બધો ક્રાંતિકારી હતો કે તે સમયના ઘણા વૈજ્ઞાનિકોને ગળે ઉતરતો ન હતો. શ્રોડીંગર પણ તેમાંના એક હતા. આ સંદર્ભમાં

એક રસપ્રદ પ્રસંગ છે. એકવાહ બ્હોરે શ્રોડીંગરને કોપનહેગન ખાતે વ્યાખ્યાન આપવા બોલાવ્યા. વ્યાખ્યાન પછી બ્હોર તેમને ઈલેક્ટ્રોનની સ્થાયી કક્ષા (સ્થિતિ)નો ખ્યાલ સ્વીકારવા સમજાવતા હતા. પરંતુ શ્રોડીંગર એ વાતથી એટલા નારાજ થયા કે તેમણે કહી દીધું, ''તમારે હજુ પણ ઈલેક્ટ્રોનના ક્વૉન્ટમ કુદકા વિષે વાતો કરવી હોય, તો હું ઇચ્છું છું કે મારે ક્વૉન્ટમવિજ્ઞાન સાથે કશી લેવા દેવા ન હોય !'' જો કે બ્હોરે સ્વસ્થતાથી કહ્યું કે ''પરંતુ આપે આ ક્ષેત્રના વિકાસમાં ઘણું પ્રદાન આપ્યું છે અને અમે તે માટે આપના આભારી છીએ.''

બ્હોરે 1913માં પોતાનું મૉડેલ આપ્યું ત્યારે માત્ર પ્રોટોન અને ઈલેક્ટ્રોન કણો વિશે જ માહિતી હતી. નાભિનું બંધારણ હજુ કોયડારૂપ હતું. રેડીયો-ઍક્ટીવીટીના કારણે માનવામાં આવતું કે તે ઈલેક્ટ્રોન (બીટા કણો) અને આલ્ફાકણો (હિલિયમ નાભિ)નું બનેલું હોવું જોઇએ. 1932માં ઍન્ડરસને પૉઝીટ્રોનની શોધ કરી. પૉઝીટ્રોન ઈલેક્ટ્રોનનું પ્રતિકણ છે એટલે કે તે ઈલેક્ટ્રોન જેટલું દળ પરંતુ ધનવીજભાર ધરાવે છે. આથી નાભિ પ્રોટોન, ઈલેક્ટ્રોન અને પૉઝીટ્રોન ધરાવતું તંત્ર હશે એમ માનવામાં આવ્યું. પરંતુ આ બાબત નાભિના અન્ય ગુણધર્મો-તેનું સ્પીન તેમ જ ચુંબકીય ગુણધર્મો વગેરે સાથે બંધબેસતી ન હતી તેથી તે મૉડેલનો સ્વીકાર ન થયો. જો કે 1932માં ઇંગ્લેંડના જેમ્સ ચેડવીકે એક નવા કણની શોધ કરી જેનું દળ લગભગ પ્રોટોન જેટલું જ હતું પરંતુ તે વીજભાર-વિહીન હતું. તેને 'ન્યુટ્રોન' એવું નામ આપવામાં આવ્યું.

ન્યુટ્રોનની શોધને કારણે નાભિના અંગભૂત ઘટકોનો કોયડો ઉકેલાઇ ગયો. નાભિમાં માત્ર ન્યુટ્રોન અને પ્રોટોન કણો જ હોય (ઈલેક્ટ્રોન કે પૉઝીટ્રોન નહિ), જે પરસ્પર કોઇ આકર્ષણને કારણે એક-બીજા સાથે જકડાયેલાં હોય છે. આ આકર્ષણબળ કુલંબ પ્રકારના આકર્ષણબળ કરતાં ઘણું તીવ્ર હોય છે. હાઇઝનબર્ગે આ બંને કણોને એક જ કણની બે સ્થિતિ તરીકે વર્ણવ્યાં. આ કણને તેણે એક જ નામ નાભિકણ (nucleon) આપ્યું. તેમના વચ્ચેનું આકર્ષણબળ જાણે કે નાભિકણોના ગુણધર્મમાં ફેરફાર કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે સ્વતંત્ર ન્યુટ્રોન કણ અસ્થાયી છે અને લગભગ બાર મીનીટમાં ક્ષય પામી પ્રોટોન-ઈલેક્ટ્રોન બને છે. જ્યારે ડ્યુટેરોનમાં આ જ ન્યુટ્રોન લાંબા સમય સુધી સ્થાયી રહે છે. આમ નાભિમાં માત્ર પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોન કણો જ હોય છે અને પ્રોટોન જેટલી જ સંખ્યાના ઈલેક્ટ્રોન નાભિ ફરતે સ્થાયી કક્ષાઓમાં પરિભ્રમણ કરે છે એમ સ્વીકારવામાં આવ્યું.

પરમાણુ નાભિ ખરેખર તો ખૂબ જ સૂક્ષ્મ છે- એની ત્રિજ્યા $A^{1/3}$ ફર્મિને સમપ્રમાણમાં હોય છે. (1fm=10^{-13} cm) જ્યાં A કુલ નાભિ કણોની સંખ્યા છે. A = પ્રોટોન સંખ્યા Z + ન્યુટ્રોન સંખ્યા N. નાભિ-કણોની સંખ્યા જુદી જુદી હોયછે. હાઇડ્રોજનના એકથી શરૂ કરી 250 કે તેથી વધુ હોઇ શકે. (જેમ કે યુરેનિયમમાં A=238) ક્યું બળ આટલા બધા કણોને આટલા નાના કદમાં બાંધી રાખે છે ? ખાસ કરીને કુલંબના અપાકર્ષણ બળ કરતાં પણ વધુ હોય એવું આ આકર્ષણબળ છે ! આ નાભિબળ જુદા પ્રકારનું પ્રબળ આકર્ષણબળ છે એ માનવું જ રહ્યું !

મૂળ લેખમાં પ્રા. યશવન્ત વાઘમારેએ તેઓના ગુરુ સમા પ્રસિદ્ધ ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાની પ્રો. મારીયા મેયરનો ઉલ્લેખ કરેલ છે, જેઓને 1949માં જેન્સન અને વિગ્નર સાથે નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું હતું.

જો કે નાભિકણોની આપસમાં અન્યોન્ય પ્રક્રિયા interaction વિશે હજુ સુધી પૂરેપૂરી સમજણ પ્રાપ્ત થઇ નથી. અથવા તે મુક્ત અવકાશમાં હોય તો શું થાય તે પણ કોઇ જાણતું નથી. જો કે તે માટે ઘણા પ્રયત્નો થયા છે જેમાં મૂળ લેખકે પણ પ્રદાન કરેલ છે. અલબત્ત પ્રશ્ન એ થાય કે શું નાભિ કણો જ ''મૂળભૂત કણો'' છે ? તેઓને કાંઇ બંધારણ છે ? અત્યંત ઊંચી ઊર્જા ધરાવતા ઈલેક્ટ્રોન, મ્યુઓન જેવા કણોના પ્રાયોગિક અભ્યાસ પરથી સમજાયું કે નાભિકણો ખરેખર તો સંયુક્ત કણ છે. જે અન્ય પ્રકારના ક્વાર્ક નામના કણોની બનેલી સંરચના છે. આ માહિતી નાભિકણો વચ્ચેની પરસ્પર પ્રક્રિયા સમજવા મદદરૂપ છે.

ગેલમાન અને સ્વેગે એવી સમજૂતિ આપી છે કે નાભિ કણો તેમ જ તેમના જેવા અન્ય કણો (જે હેડ્રોન તરીકે ઓળખાયા) તે અપૂર્ણાંક વીજભાર ધરાવતા અન્ય કણો-ક્વાર્ક (Quark)થી બનેલા છે. ઊંચી ઊર્જાને લગતા પ્રયોગો દ્વારા ક્વાર્કના

અસ્તિત્વની પુષ્ટિ થયેલ છે. જો કે એ પણ જોવા મળ્યું છે કે ક્વાર્ક હંમેશા ક્વાર્ક-પ્રતિક્વાર્ક એવી જોડીમાં જ હોય છે. ક્વાર્ક કે પ્રતિક્વાર્ક ચુંબકના ધ્રુવોની જેમ એકલા સ્વતંત્ર જોવા મળતા નથી. તેમને છુટા પાડવાનો પ્રયત્ન કરીએ તો તે એકબીજાને વધુ તીવ્રતાથી આકર્ષે છે... !

નાભિ કણોની જેમ ક્વાર્કના સ્પીનનું મૂલ્ય પણ 1/2 હોય છે. આથી ન્યુટ્રોન કે પ્રોટોન બનાવવા માટે બે પ્રકારના ક્વાર્કની જરૂર રહે છે; અને તેમની કુલ સંખ્યા ત્રણ હોવી જોઇએ (જેથી પરિણામી સ્પીન 1/2 હોય) આ પ્રકારના ક્વાર્ક up (ઉપર), down (નીચે) તરીકે ઓળખાય છે. (આને ઉપર, નીચે એમ દિશા સાથે કશો સંબંધ નથી.) હવે ધારો કે પ્રોટોન બે up અને એક down ક્વાર્ક ધરાવે છે, અને ન્યુટ્રોન એક up અને બે down ક્વાર્ક ધરાવે છે. જો આપણે ક્વાર્કના વીજભારને અનુક્રમે e_u અને e_d વડે દર્શાવીએ તો પ્રોટોન એકમ વીજભાર ધરાવે છે તેથી $2e_u+e_d=1$ અને એ જરીતે ન્યુટ્રોન માટે $e_u+2e_d=0$ બંને સમીકરણો પરથી $e_u = 2/3$ અને $e_d = -1/3$ મળે છે.

જો કે ક્વાર્ક માત્ર આ બે પ્રકારમાં સીમિત નથી. હકીકતે છ (06) પ્રકારના ક્વાર્ક હોય છે અને દરેકના પ્રતિક્વાર્ક એમ કુલ બાર પ્રકારના ક્વાર્ક થાય છે. અહીં જણાવેલ બારેય પ્રકારના ક્વાર્કને વળી ત્રણ ત્રણ ભિન્ન રૂપ હોય છે. એ દરેકને જુદા જુદા ક્વૉન્ટમ નંબર ફાળવવા પડે. આ ત્રણ રૂપોના ક્વાર્કને ‘રંગ’ના નામથી ક્વૉન્ટમ નંબર ફાળવવામાં આવ્યા. આ માટે ત્રણ મૂળ ‘રંગ’ પસંદ કરવામાં આવ્યા. એટલે કે લાલ, વાદળી અને લીલો. (આ રંગની પસંદગી કંઇપણ હોઇ શકે કારણ કે એને વાસ્તવિક રંગો સાથે કંઇ લેવા દેવા નથી.) આવી વિચિત્રતા નામાવલિ પાછળનું કારણ એ છે કે સૂક્ષ્મ કણોના ગુણધર્મો દર્શાવવા માટે આપણા શબ્દકોષમાં નવા શબ્દો નથી. આમ હવે આપણી પાસે નાભિનું બહુ મઝાનું ચિત્ર છે. જાણે કે એક મોટા ગોળામાં બે સરખા પરંતુ જુદા જુદા બે પ્રકારના નાના ગોળાઓ છે. (ન્યુટ્રોન અને પ્રોટોન). આ બંને પ્રકારના નાના ગોળાઓ બીજા બે પ્રકારના ($e_d = -1/3$, $e_m = 2/3$) ત્રણ ઘટકો (ક્વાર્ક્સ) ધરાવે છે. એટલે અહીં સુધીની વાત એ બાબતને ઉજાગર કરે છે કે વિશ્વ અંદરથી માત્ર પૂર્ણાંક વીજભાર ધરાવતા કણોનું બનેલું નથી પરંતુ અપૂર્ણાંક વીજભાર ધરાવતા કણોનું બનેલું છે. વળી આ કણો ક્વાર્ક હંમેશા $q\bar{q}$ જોડકાંમાં જ હોય છે. વળી આ જોડકામાંના કણોને છુટા પાડવાનો પ્રયત્ન કરવામાં આવે તો તેઓ વચ્ચેનું આકર્ષણબળ ઝડપથી વધતું જાય છે. આ બંને કણો $q\bar{q}$ વચ્ચેના આકર્ષણબળના વાહકને ગ્લુઓન (gluon) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

અહીં સુધીની વાત આપણી અત્યાર સુધીની નાભિ વિશે જે કંઇ સમજ છે તે થઇ. પ્રશ્ન એ થાય કે આ ક્વાર્ક અંતિમ બિંદુ છે કે તેને પણ વળી કોઇ બંધારણ હશે ! તેની પરખ (detection) થઇ શકે કે કેમ ? એવું જણાય છે કે તેની પરખ ન થઇ શકે કેમ કે તે હંમેશા જોડકામાં જ હોય છે (ક્વાર્ક-ઍન્ટીક્વાર્ક) અને બંધનમાં છે -(confined), મુક્ત હોતાં નથી. હકીકતે તે એકમેકની નજીક હોય ત્યારે જ પ્રમાણમાં મુક્ત હોય છે. આવી મુક્તિ Asymptotic freedom તરીકે ઓળખાય છે. આ બંને ક્વાર્ક એકબીજાથી દૂર હોય ત્યારે સ્પ્રિંગના બે છેડાની જેમ હોય છે. જો સ્પ્રિંગને ખેંચવામાં આવે તો તેમાની સ્થિતિ શક્તિમાં વધારો થાય છે. કોઇ એક તબક્કે સ્પ્રિંગ તૂટી જાય છે અને બે સ્પ્રિંગ બને છે બે નવા છેડા બને છે.

હાલના કણ વૈજ્ઞાનિકો (particle physicists)માં એક એવો મત પ્રવર્તે છે કે ખરેખર કણ કશું જ નથી. માત્ર સ્થિતિ-સ્થાપક ‘દોરીઓ’ (strings) અસ્તિત્વમાં છે. અને આ દોરીઓના કંપનો (vibrations) કણસ્વરૂપે પ્રગટ થાય છે. આ સિદ્ધાંત 'string theory' તરીકે ઓળખાય છે. એવું મનાય છે કે આ સિદ્ધાંતમાં પ્રકૃતિ વિષેના બધા જ પ્રશ્નોનો ઉત્તર આવી જાય છે.

ખરેખર નાભિનું આ સૂક્ષ્મ વિશ્વ રોમાંચકારી, અદ્‌ભુત છતાં ગૂઢ છે.

(મૂળ લેખક પ્રો. યશવન્ત વાઘમારે પ્રસિદ્ધ ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાની અને IAPTના એક ભૂતપૂર્વ પ્રેસીડેન્ટ છે. હાલમાં તેઓ પૂનામાં નિવૃત્ત-પ્રવૃત્ત જીવન ગાળે છે.)

*****

મેરી ક્યુરી- એક મહિલા વિજ્ઞાનીની સંઘર્ષ ગાથા

ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય
ક્રાઈસ્ટ કોલેજ
રાજકોટ

1911માં મેડમ ક્યુરીને રસાયણશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયું તેની શતાબ્દિની ઉજવણીરૂપે 2011નું વર્ષ આંતરરાષ્ટ્રીય રસાયણવર્ષ જાહેર કરવામાં આવ્યું છે. રસાયણશાસ્ત્રનું આપણા જીવનમાં જે મહત્વપૂર્ણ યોગદાન છે, તેની જાણ સામાન્ય માનવીને થાય અને આજના યુવાનો રસાયણવિજ્ઞાન પ્રતિ આકર્ષાય, તે માટેના પ્રયત્નો આ વર્ષે કરવામાં આવશે. આ સાથે જ રસાયણશાસ્ત્રમાં મહિલા વૈજ્ઞાનિકોના મહત્વના પ્રદાનને ઉજાગર કરવામાં આવશે.

મૅડમ મેરી ક્યુરીએ પોતાના જીવનમાં મેળવેલ સિદ્ધિઓ જોઈએ તો :

(1) ''રેડિયોએક્ટીવીટી'' એટલે કે કિરણોત્સર્ગ શબ્દ સૌપ્રથમ તેમણે પ્રયોજ્યો. તેમની ''રેડિયમ'' ધાતુની શોધ દ્વારા ન્યુક્લીયર વિજ્ઞાન અને કેન્સરની સારવાર માટેના બીજ તેમણે રોપ્યાં.

(2) યુરોપમાં ડોક્ટરેટની પદવી મેળવનાર તેઓ પ્રથમ મહિલા વૈજ્ઞાનિક હતાં.

(3) નોબેલ પારિતોષિક મેળવનાર પ્રથમ મહિલા વૈજ્ઞાનિક પણ તેઓ જ હતાં.

(4) બે નોબેલ પારિતોષિક મેળવનાર પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક પણ તેઓ જ હતાં. તેમને 1903માં ભૌતિકશાસ્ત્રનું અને 1911માં રસાયણશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક આપવામાં આવ્યું.

(5) પેરિસની સોરબોન યુનિવર્સિટીમાં વ્યાખ્યાતાનો હોદ્દો મેળવનાર તેઓ પ્રથમ મહિલા હતાં.

(6) તેઓ એવા પ્રથમ નોબેલ ઇનામ વિજેતા હતાં, જેમની દિકરીને પણ પછીથી નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું હતું.

આવી અનેરી સિદ્ધિઓ મેળવનાર મેરી ક્યુરીનું સમગ્ર જીવન ખુબ જ સંઘર્ષપૂર્ણ રહ્યું. તેમનો જન્મ રશિયાના તાબા હેઠળના પોલેન્ડમાં થયો. તેઓ સ્કલોડોવસ્કા નામના પોલીશ પરિવારનું પાંચમું સંતાન હતાં, જેમના જન્મ પછી તેમના પરિવારની દુર્દશા ચાલુ થઈ. તેમના જન્મના કારણે તેમની માતાએ પોતાની શિક્ષિકા તરીકેની નોકરી છોડવી પડી અને તેમને ક્ષયરોગ લાગુ પડ્યો. આ રોગના કારણે તેમનું છેવટે મૃત્યુ થયું. ત્યારે મેરીની ઉંમર ફક્ત દશ વર્ષની જ હતી. રશિયનોની પોલીશ લોકો પ્રત્યેની ધૃણાને કારણે તેમના વિજ્ઞાન શિક્ષક પિતાને ઘણું સહન કરવું પડ્યું અને આખરે નોકરી છોડવી પડી. વળી તેમને આર્થિક નુકસાન પણ ઘણું થયું. આવા પ્રતિકુળ સંજોગો છતાં પણ મેરી જ્યારે 1883માં ગ્રેજ્યુએટ કક્ષાએ સુવર્ણચંદ્રક મેળવ્યો. પણ તે સમયના પોલેન્ડમાં એક સ્ત્રી તરીકે તેમને આગળ ભણવાનું મળી શકે તેમ નહોતું. આથી તેઓ અને તેમના બહેન બ્રોન્યાએ ''તરતી યુનિવર્સિટી''માં ભણવાનું ચાલુ કર્યું. આ એક એવું મહાવિદ્યાલય હતું જ્યાં વિદ્યાર્થીઓ જ શિક્ષકો હતા. સૌ પોતાને જે વધુ સારું આવડતું હોય તે બીજાને શીખવતા. અહીં તેમને વિજ્ઞાનમાં થયેલ પ્રગતિ વિશેની જાણકારી મળી. વિજ્ઞાનમાં ખુબ રસ હોવાથી તેમને અને બ્રોન્યાને પેરિસ આગળ ભણવા જવાની ખુબ ઇચ્છા થઈ. પણ કપરી આર્થિક પરિસ્થિતિને લીધે બન્નેનું જવાનું શક્ય નહોતું. આથી બ્રોન્યા પેરીસ ભણવા ગયાં ત્યારે મેરીએ અમીર કુટુંબમાં ગવર્નેસ બાળકોની શિક્ષિકા તરીકેની નોકરી સ્વીકારી. છ વર્ષ વિવિધ જગ્યાઓએ નોકરી કર્યા બાદ ફરીથી તેમણે તરતી યુનિવર્સિટીમાં ભણવાનું ચાલુ કર્યું. રશિયનોથી ગુપ્ત રીતે ચાલતી પ્રયોગશાળામાં તેમને પ્રયોગો કરવાની પણ તક મળી. પણ અહીં તે બધા કામથી પરવારીને રાત્રે અથવા તો રવિવારે, અને તે પણ કોઈનાય માર્ગદર્શન વગર, માત્ર પુસ્તકો વાંચીને પ્રયોગ કરી શકતાં. ભણવા માટેની આટલી ધગશને લીધે તેમને આખરે 1891માં સોરબોન યુનિવર્સિટી, પેરીસમાં ભણવાની તક મળી. છ વર્ષથી તેમનું વ્યવસ્થિત ભણતર છુટી ગયું હોવાથી ત્યાં પણ તેમણે ખુબ મહેનત કરવી પડતી. છતાં પણ

તેમના આત્મવિશ્વાસ અને અથાગ મહેનતના ફળસ્વરૂપે 1893માં તેમણે પ્રથમ ક્રમે ભૌતિકશાસ્ત્રમાં અનુસ્નાતક પદવી મેળવી. તેમની આ સફળતાના પગલે તેમને 600 રૂબલની શિષ્યવૃત્તિ મળી, કે જેની મદદથી વધુ એક વર્ષ ભણીને તેમણે ગણિતમાં અનુસ્નાતકની પદવી મેળવી. નોંધનીય બાબત એ છે કે જ્યારે તેમણે પહેલી નોકરી મેળવી ત્યારે તે 600 રૂબલ તેમણે શિષ્યવૃત્તિ આપનાર સંસ્થાને પરત કરી દીધા, જેથી કોઇ બીજા જરૂરિયાતમંદ વિદ્યાર્થીને તે કામ આવી શકે.

ગણિતમાં અનુસ્નાતક પદવી મેળવ્યા બાદ મેરીને વિવિધ પ્રકારના પોલાદનું ચુંબકીય ગુણધર્મો અને તેમના રાસાયણિક બંધારણ વચ્ચેનો સંબંધ શોધવાનું કાર્ય સોંપવામાં આવ્યું. આ માટે તેમને એક પ્રયોગશાળાની આવશ્યકતા હતી. ત્યારે તેમની ઓળખાણ પીયર ક્યુરી સાથે થઇ, જે તે વખતે મ્યુનિસિપલ સ્કુલના પ્રયોગશાળા અધિક્ષક હતા, અને જેમણે ચુંબકત્વ પર ઘણું જ સંશોધન કર્યું હતું. બન્નેના સ્વભાવ, સપનાઓ અને ધ્યેયોમાં એટલું સામ્ય હતું કે છેવટે આ મેળાપ 1895માં લગ્નમાં પરિણમ્યો. 1896માં મેરીએ શિક્ષણનો ડિપ્લોમા કોર્સ કર્યો, જેમાં ફરીથી તેઓ પ્રથમ ક્રમાંકે ઉત્તીર્ણ થયાં. પુત્રીનો જન્મ થયા બાદ તેમણે ભૌતિકશાસ્ત્રમાં ડોક્ટરેટ કરવાનું નક્કી કર્યું. તે દરમ્યાન 1895માં રોન્જને ક્ષ-કિરણોની શોધ કરી હતી. આ કિરણો અપારદર્શક પદાર્થોમાંથી પસાર થઇ શકતાં હતાં અને તેના ઉપયોગથી જીવિત માનવીના હાડકાંની તસવીરો લઇ શકાતી હતી. વધુ કોઇ માહિતી એ કિરણો બાબતે ન હોવાથી રોન્જને એ કિરણોનું નામ ''ક્ષ-કિરણો'' રાખ્યું હતું. 1896માં બેક્વેરેલ નામના વિજ્ઞાનીએ પુરવાર કર્યું હતું કે યુરેનીયમના સંયોજનને અંધકારમાં રાખવા છતાં તેમાંથી એવા કિરણો નીકળે છે કે જે ફોટોગ્રાફીક પ્લેટને અસર કરે છે. આ બન્ને સંશોધનો પરથી પ્રેરણા મેળવીને મેરીએ યુરેનીયમમાંથી નીકળતા કિરણોના ગુણધર્મો જાણવા માટે પ્રયોગો કરવાનું નક્કી કર્યું. ઘણા પ્રયોગો પછી તેમને જાણવા મળ્યું કે યુરેનીયમની જેમ થોરીયમમાંથી પણ કિરણો નીકળતાં હતાં. તેમણે એ પણ દર્શાવ્યું કે આ કિરણોની તીવ્રતા તે કઇ ધાતુમાંથી નીકળે છે તેના પર નહીં પણ તે ધાતુને કેટલો જથ્થો છે તેના પર અવલંબે છે. આથી તેમણે એ પ્રતિપાદીત કર્યું કે કિરણોત્સર્ગ એ માત્ર પરમાણુનો ગુણધર્મ નથી પછી તેમણે યુરેનીયમ ધરાવતા બે ખનીજ પદાર્થો ''પીચ બ્લેન્ડ'' અને ''ચાલ્કોસાઇટ'' પર સંશોધનો કર્યા અને પુરવાર કર્યું કે તે યુરેનીયમ કરતાં વધુ કિરણોત્સર્ગો હોવાથી તેઓ કોઇ એવું તત્વ ધરાવતાં હતાં કે જે યુરેનીયમ કરતાં વધુ શક્તિશાળી હોય. 1903નું ભૌતિકશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક તેમના રેડીયોએક્ટીવીટી પરના સંશોધનને કારણે તેમને અને બેક્વેરલને સરખા ભાગે આપવામાં આવ્યું.

વળી તેમણે વધુ પ્રયોગો કર્યા પછી ''રેડીયમ'' તત્ત્વ સ્વરૂપે મેળવવામાં સફળતા મળી. આ નવા તત્ત્વની શોધ બદલ તેમને 1911માં રસાયણ વિજ્ઞાનમાં નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું. તેમની આ શોધથી એ સાબિત થતું હતું કે એક તત્ત્વ કિરણોત્સર્ગ દ્વારા બીજા તત્ત્વમાં રૂપાંતર પામે છે. આ શોધ પછી રસાયણ વિજ્ઞાનમાં ધરખમ ફેરફારો આવ્યા. અત્યાર સુધી સામાન્ય માનવી માટે લગભગ અસ્પૃશ્ય એવા વિજ્ઞાનમાં લોકોનો રસ જાગૃત થયો. આમ વિજ્ઞાનને લોકો સુધી પહોંચાડવામાં તેમની શોધનો સિંહફાળો હતો તેમ કહી શકાય.

1914માં જ્યારે પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ ફાટી નીકળ્યું ત્યારે મેરીએ રેડીયોગ્રાફી શીખી, નર્સોને તેની તાલીમ આપી અને 200 જેટલા મોબાઇલ યુનીટ દ્વારા સૈનીકોને તાત્કાલીક સારવાર આપી. આમ તેમણે સેંકડો સૈનિકોના જીવન બચાવવામાં મદદ કરી. 1914માં તેમણે ''રેડીયમ ઇન્સ્ટીટ્યુટ''ની સ્થાપના કરી જે આજે પણ કાર્યરત છે.

1934માં 4થી જુલાઇએ બ્લડ કેન્સરથી પીડાતાં મેરીનું અવસાન થયું. ઘણા વર્ષો સુધી કિરણોત્સર્ગી પદાર્થોના સંપર્કમાં રહેવાને લીધે તેમને આ જીવલેણ રોગ લાગુ પડ્યો. ડોક્ટરો તેમના આ રોગનું નિદાન ન કરી શક્યા. મેરીને પોતાને ખ્યાલ આવી ગયો હતો કે આ રોગને પોતાના કાર્ય સાથે સંબંધ છે, પણ તેઓના જ શબ્દોમાં-''જીવનમાં કોઇપણ વસ્તુથી ડરવું ન જોઇએ, પણ તેના વિશે જાણવું જોઇએ. અત્યારે વધુ જાણકારી મેળવવાનો સમય છે, જેથી ભવિષ્યમાં તેનો ડર ઓછો થાય.'' આમ તેમણે પોતાનું જીવન પોતાના કાર્ય પાછળ સમર્પિત કરી દીધું.

માનવજાતિ માટે આશીર્વાદરૂપ આવી શોધ કરનાર મહિલા વિજ્ઞાનીને આપણા લાખ લાખ સલામ !

*****

વિદ્યાર્થીઓના લેખો

(આ લેખો ક્રાઇસ્ટ કોલેજ- રાજકોટના વિદ્યાર્થીઓએ લખેલ છે.)

પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન

શાહ સલોની

આપણી આસપાસ એવી ઘણી ઘટનાઓ આકાર લેતી હોય છે જેને જોઇને આપણા મનમાં પ્રશ્નો ઉદ્‌ભવે છે. જેમ કે, દિવસ દરમિયાન ચોખ્ખું આકાશ વાદળી રંગનું જ શા માટે દેખાય છે ? વાદળો સફેદ શાથી દેખાય છે ? ઊગતો કે આથમતો સૂર્ય રતાશ પડતો જ શા માટે દેખાય છે ? આ પ્રશ્નોનાં જવાબ જાણવા માટે આ ઘટનાની પાછળ રહેલું વિજ્ઞાન જાણવું જરૂરી છે. વાતાવરણમાં એવી કઇ પ્રક્રિયા બને છે જેથી આ ઘટના ઉદ્‌ભવે છે ? જેનો જવાબ છે, સુર્યપ્રકાશનું વાતાવરણનાં બંધારણીય કણો વડે થતું પ્રકીર્ણન (Scattering) પ્રકીર્ણન એટલે મૂળ દિશાથી ફંટાઇ જવું, વિખેરાઇ જવું.

જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ પરમાણુઓ કે અણુઓ કે પ્રકાશની તરંગલંબાઇનાં ક્રમનું પરિમાણ ધરાવતા કણો ઉપર આપાત થાય ત્યારે પ્રથમ તેનું શોષણ થાય છે અને પછી તરત જ આ કણો પ્રકાશનું વિવિધ દિશામાં જુદા-જુદા પ્રમાણમાં ઊત્સર્જન કરે છે. આમ, આપાત પ્રકાશ મુળમાર્ગે આગળ વધવાને બદલે તેનો અમુક અંશ જુદી દિશામાં વિખેરાઇ જાય છે. આ ઘટનાને પ્રકીર્ણન કહેવાય છે.

પ્રકીર્ણન બે ભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે 1) એકલ-સીંગલ પ્રકીર્ણન 2) ગુણક-મલ્ટીપલ પ્રકીર્ણન. જ્યારે કોઇપણ વિકિરણ એક જ પ્રકીર્ણનકેન્દ્રથી પ્રકેરિત થાય ત્યારે તેને એકલ (Single)પ્રકીર્ણન કહેવાય છે. આ ઘટનાનાં ઉદાહરણમાં પ્રવેગિત ઇલેક્ટ્રોનને પરમાણુકેન્દ્ર સાથે અથડાવાની પ્રક્રિયા લઇ શકાય. આ ઘટનામાં પરમાણુકેન્દ્રનું સ્થાન નિશ્ચિત હોય છે પણ અથડામણ પછીની ઇલેક્ટ્રોનની દિશા નક્કી હોતી નથી. મોટાભાગે પ્રકીર્ણનકેન્દ્રો સમુહમાં હોય છે તેથી વિકિરણ ઘણી બધી વાર પ્રકીર્ણીત થાય છે, જેને ગુણક (Multiple) પ્રકીર્ણન કહેવાય છે, તેના ઉદાહરણમાં રેલે (Rayleigh) પ્રકીર્ણનને લઇ શકાય.

પ્રકાશના પ્રકીર્ણનને સ્થિતિસ્થાપકતાનાં આધારે બે ભાગમાં વહેંચાય છે. 1) સ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણન 2) અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણન. પ્રકીર્ણનમાં ફોટોન માટે ત્રણ શક્યતાઓ રહેલી હોય છે. 1) પ્રકેરિત પ્રકાશની ઊર્જા અને તરંગલંબાઇ, આપાત પ્રકાશની ઊર્જા અને તરંગલંબાઇ (λ) જેટલા જ હોય. 2) તે તરંગલંબાઇ મૂળ ફોટોનની તરંગલંબાઇ કરતા વધારે હોય. ($\lambda+d\lambda$); અથવા 3) પ્રકેરિત તરંગલંબાઇ મૂળ તરંગલંબાઇ કરતા ઓછા હોય ($\lambda-d\lambda$). ફોટોન પરમાણુ કે અણુ પરથી પ્રકેરિત થયા બાદ ઊર્જા અને તરંગલંબાઇ સમાન હોય છે ત્યારે સ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણન થાય છે. જ્યારે અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનમાં આપાતપ્રકાશની ઊર્જા અને તરંગલંબાઇમાં વધારો કે ઘટાડો થતો હોય છે. પ્રકીર્ણનનો અભ્યાસ જુદા જુદા ઘણા વૈજ્ઞાનિકોએ કરેલ છે. સ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનમાં રેલે પ્રકીર્ણન અને મી (Mie) પ્રકીર્ણનનો સમાવેશ થાય છે. જ્યારે અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનમાં રામન પ્રકીર્ણન, ક્ષ-કિરણોનું કોમ્પટન પ્રકીર્ણન વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

સ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનનો અભ્યાસ મુખ્યત્વે રેલે અને ગુસ્તાવ મી નામનાં વૈજ્ઞાનિકોએ કર્યો હતો.

‘‘જો પ્રકીર્ણન કરતાં કણ (Target particle)નું પરિમાણ આપાતપ્રકાશની તરંગલંબાઇ કરતા નાનું હોય તો ઉદ્‌ભવતા પ્રકીર્ણનને રેલે પ્રકીર્ણન કહેવાય છે. તેનો ગાણીતીય અભ્યાસ લૉર્ડ રેલેએ 1871ના અરસામાં પારિમાણિક વિશ્લેષણના ઉપયોગથી કર્યો હતો. રેલેનાં અભ્યાસમાં પ્રકેરિત પ્રકાશની તીવ્રતા (I) અને તરંગલંબાઇ (λ) વચ્ચે $I \alpha 1/\lambda^4$ નો સંબંધ છે. દશ્યપ્રકાશમાં વાદળી રંગને અનુરૂપ પ્રકાશની તરંગલંબાઇ રાતારંગને અનુરૂપ પ્રકાશની તરંગલંબાઇ કરતા લગભગ 1.7 ગણી ઓછી હોય છે. એટલે વાદળી રંગનાં પ્રકાશનું રાતા રંગનાં પ્રકાશ કરતા 8 થી 9 ગણી માત્રામાં વધુ પ્રકીર્ણન થાય છે. સુર્યોદય

અને સુર્યાસ્ત વખતે સુર્યમાંથી આવતા શ્વેત પ્રકાશને અવલોકનકાર સુધી પહોંચતા પહેલા પૃથ્વીનાં વાતાવરણમાં પ્રમાણમાં વધારે અંતર કાપવું પડે છે આ દરમિયાન વાદળી પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થઇ જતા અવલોકનકાર સુધી રાતારંગને અનુરૂપ પ્રકાશ પહોંચે છે, અને સુર્ય લાલાશ પડતો દેખાય છે. આ સમયે જો અવલોકનકાર આકાશ તરફ જુએ તો પ્રકીર્ણન પામતા વાદળી રંગનાં કારણે આકાશ વિશિષ્ટ ભુરા રંગનું દેખાય છે. ક્ષિતિજ પર ઊગતો કે આથમતો પુનમનો ચંદ્ર પણ આ ઘટનાને કારણે લાલાશ પડતો દેખાય છે, કેમ કે લાલ કિરણો સૌથી ઓછું પ્રકીર્ણન પામે છે.

મી (Mie) પ્રકીર્ણનનો અભ્યાસ ઇ.સ. 1908માં ગુસ્તાવ મી એ કર્યો. આવા પ્રકીર્ણનમાં પ્રકાશની તીવ્રતા અને તરંગલંબાઇ વચ્ચે જટીલ સંબંધ છે. મી-પ્રકીર્ણન દર્શાવે છે કે જો પ્રકીર્ણન કરતા કણોનાં પરિમાણ મોટી અને નાની તરંગલંબાઇ ધરાવતા પ્રકાશની વચ્ચે હોય તો વધારે તરંગલંબાઇવાળા પ્રકાશનું ઓછી તરંગલંબાઇવાળા પ્રકાશ કરતા વધારે પ્રકીર્ણન થાય છે. જો ધુળનાં કણો આ શરતોનું પાલન કરે તો ઊગતો કે આથમતો સુર્ય કે ચંદ્ર વાદળી કે લીલો પણ દેખાઇ શકે !!! પણ આવા સંજોગો બહુ ઓછા પ્રમાણમાં સર્જાતા હોય છે. 19મી સદીમાં ક્રાકાટોઆનો જ્વાળામુખી ફાટ્યો ત્યારે આવા સંજોગો ઊભા થયા હતા અને ઇ.સ. 1950માં પશ્ચિમ કેનેડાનાં જંગલોમાં લાગેલી આગનાં કારણે ઉત્પન્ન થયેલા ધુમાડાનાં કારણે પૂર્વ કેનેડા અને ઊત્તર પૂર્વ યુ.એસ.એ.માં પણ આવું જોવા મળેલ.

પ્રકાશનું અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણન ભારતનાં અનમોલ રત્ન સમા વૈજ્ઞાનિક ડૉ. રામનની શોધ હતી. જેના માટે તેમને નૉબેલ પ્રાઇઝ ઇ.સ. 1930માં મળ્યું હતું. આ પ્રકીર્ણનમાં આપાતપ્રકાશની ઊર્જા અને તરંગલંબાઇમાં સૂક્ષ્મ વધારો કે ઘટાડો થાય છે. તેનો ઉપયોગ રામન સ્પેક્ટ્રોસ્કોપીમાં મટીરીયલનું વિશ્લેષણ કરવા માટે થાય છે.

કોમ્પટન પ્રકીર્ણનનો સમાવેશ પણ અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનમાં કરવામાં આવે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં કોમ્પટન પ્રકીર્ણન એવું પ્રકીર્ણન છે જેના ક્ષ-કિરણો કે γ - કિરણો ધાતુની અંદર સુધી જાય છે અને અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણનના કારણે તેમની સૂક્ષ્મ ઊર્જામાં ઘટાડો થાય છે. આ ઊર્જાનો થોડોક ભાગ પ્રકેરિત ઇલેક્ટ્રોનને મળે છે. અને બાકીનો ભાગ ફોટોનને પ્રકીર્ણન કરવામાં જાય છે. આ ઘટનાની વિરુદ્ધ પ્રક્રિયા પણ શક્ય છે.

આમ, આપણી આસપાસની આવી ઘટના અને પરિસ્થિતિઓ શા માટે ઉદ્ભવે છે એ વિચારીને તેની પાછળ વિજ્ઞાન કઇ રીતે કાર્યરત છે તે જાણી શકાય છે.

*****

ઇલેક્ટ્રોનની શોધ

કોચુપરમપિલ આશિષ પી.

ઇ.સ. 1880ના અરસામાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં કુદરતને લગતા કોયડાઓ ઉકેલવા માટે ન્યુટોનિયન યંત્રશાસ્ત્ર, થર્મોડાયનેમીક્સ અને તે વખતે તાજા પ્રસ્થાપિત થયેલ મેક્સવેલના વિદ્યુત-ચુંબકીય વાદનો ઉપયોગ કરવામાં આવતો હતો. જેથી ભૌતિકવિજ્ઞાનને લગતા જે પ્રશ્નો ઉદ્ભવતા તેનો જવાબ નિશ્ચિત રીતે મળી રહેતો. વળી 19મી સદીમાં જટીલ સમીકરણોનો ઉકેલ માટે જે રીતો વિકસિત થઇ હતી, તેના કારણે પણ પ્રશ્નોના જવાબ મેળવવાની સુવિધા પ્રાપ્ત થઇ હતી. આ અરસામાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના લગભગ બધા જ કોયડાઓના ઉકેલ મળી ગયા હતા. વિજ્ઞાનીઓ માનતા થયા કે હવે ભવિષ્યમાં સારા પ્રયોગો

કરી ભૌતિકરાશિઓનું વધારે ચોકસાઇપૂર્વક માપન એ જ માત્ર પડકાર છે. પરંતુ ઇ.સ. 1890થી 1920 વચ્ચેનાં સમયગાળામાં કેટલીક એવી ઘટનાઓ અને પરિસ્થિતિઓનું સર્જન થયું કે જેનો ઉકેલ ન્યુટોનીયન યંત્રશાસ્ત્ર, થર્મોડાઇનેમિક્સ અને મેક્સવેલના વિદ્યુત-ચુંબકીયવાદથી આપી શકાતો ન હતો. આ ઘટનાઓ અને પરિસ્થિતિઓ સમજવા માટે વૈજ્ઞાનિકો પોતાના પ્રયત્નોમાં લાગી ગયા. કહેવાય છે ને જ્યારે તમે શું કરી રહ્યા છો, તેની તમને ખબર ન હોય ત્યારે પણ અજ્ઞાત રીતે તો વિજ્ઞાનની પ્રગતિ થતી જ હોય છે !!! વિજ્ઞાનની પ્રગતિ અને આવી એક શોધ એટલે ઇલેક્ટ્રોનની શોધ.

વિજવિભાર નળી (ડીસ્ચાર્જ ટ્યુબ)ને જ્યારે સંપૂર્ણપણે શૂન્યવકાશિત કરી નાખવામાં આવે છે ત્યારે સમગ્ર ટ્યુબમાં અંધકાર ફેલાઇ જાય છે. પણ કેથોડ સામેની ટ્યુબની દિવાલ પર પ્રકાશનું ડિફ્યુઝ ફેલાયેલું ટપકું જોવા મળે છે. આ દર્શાવે છે કે કેથોડમાંથી કોઇક અદ્દશ્ય અને અજાણ્યું એવું વિકિરણ ઉત્સર્જાય છે. આ વિકિરણને કેથોડ કિરણો નામ આપવામાં આવ્યું.

ઇ.સ. 1895માં જીન પેરિને જોયું કે ડિસ્ચાર્જ ટ્યુબ પર બાહ્ય વિદ્યુતક્ષેત્ર લગાડવામાં આવે તો ઉપર્યુક્ત ડિફ્યુઝ ટપકું ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ દિશામાં ખસે છે. આ અવલોકન સૂચવે છે કે, કેથોડ કિરણો ઋણ વિદ્યુતભારિત કણોનો પ્રવાહ છે. વિદ્યુતભાર સતત પથરાયેલો હોય તેવી માન્યતાને બદલે હવે વિદ્યુતભાર અસાતત્યનું કણ સ્વરૂપ પ્રકાશમાં આવ્યું. જોકે છેક ઇ.સ. 1874માં જી. જહોન્સ્ટૉન સ્ટોનીએ વિદ્યુતવિભાજનના પ્રયોગોથી આવા વિદ્યુતભારિત 'કણો' અસ્તિત્વ ધરાવે છે, તેવી વાત બ્રિટિશ એસોસિએશન ઑફ સાયન્સ સમક્ષ રજૂ કરી હતી. ઇ.સ. 1891માં આવા વિદ્યુતભારિત કણને ઇલેક્ટ્રોન નામ આપવામાં આવ્યું.

જે. જે. થોમ્સને ડિસ્ચાર્જ ટ્યૂબમાં વાયુના ઓછા દબાણે વિદ્યુત વહનના પ્રયોગો કર્યા હતા. ડિસ્ચાર્જ ટ્યુબના પ્રયોગો દરમિયાન નળીમાંના વાયુનું દબાણ ઘટાડતાં ફેરેડે-અંધકાર અને ક્રુક્સ-અંધકાર એવા વિસ્તારો જોવા મળે છે. આવા અંધકાર કેમ રચાય છે અને સાથે સાથે નળીના બીજા વિભાગોમાં ચોક્કસ ગ્લો પેટર્ન તેજોમય ભાત કેમ રચાય છે તે સમજાવવા માટે બ્રિટિશ વિજ્ઞાનીઓ એમ માનતા હતા કે, ક્રુક્સ અંધકારનું પરિણામ કેથોડ પરથી ઉત્સર્જતા ઋણ વિદ્યુતભારિત કણોના સરેરાશ મુક્ત પથ દર્શાવે છે.

જે. જે. થોમ્સને આ વિદ્યુતભારના મૂલ્ય અને દળનો ગુણોત્તર $\left(\frac{e}{m}\right)$ પ્રાયોગિક રીતે નક્કી કર્યો. તેણે શોધેલો આ ગુણોત્તર લગભગ 1.8×10^{11} Ckg^{-1} હતો. ભૂતકાળમાં વિદ્યુતપૃથ્થકરણના પ્રયોગોમાં જુદા જુદા આયનો માટે વિદ્યુતભાર અને દળના ગુણોત્તરો શોધવામાં આવ્યા હતા. તેમાં હાઇડ્રોજન આયન માટે આ ગુણોત્તર 9.6×10^{-7} Ckg^{-1} હતો. આથી થોમ્સને વિચાર્યું કે જો $\frac{e}{m} = 1.8x10^{11}C.kg^{-1}$ જોઇતો હોય, તો વિદ્યુતભારિત કણનું દળ, હાઇડ્રોજન આયનના દળ કરતાં આશરે 10^3 થી 10^4 ગણું ઓછું હોવું જોઇએ.

ઇ.સ. 1909માં મિલીકને પોતાના પ્રખ્યાત "ઓઇલ ડ્રોપ" તેલ-બુંદને લગતા શ્રેણીબદ્ધ પ્રયોગો વડે ઇલેક્ટ્રોનનો વિદ્યુતભાર જાણ્યો. ઇલેક્ટ્રોનનો વિદ્યુતભાર $e = 1.602\times10^{-19}$ C છે. તત્ત્વોના પરમાણુઓ વિદ્યુતભાર વિહિન તટસ્થ છે. આવી જાણ વૈજ્ઞાનિકોને હતી જ. હવે, એમાં ઇલેક્ટ્રોનની શોધ થઇ એટલે એવી માન્યતા વિકસવા લાગી કે પરમાણુને કંઇક બંધારણ હોવું જોઇએ અને તટસ્થ પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને તેટલો જ ધન વિદ્યુતભાર હોવો જોઇએ. આમ ઓગણીસમી સદીના અંતમાં પરમાણુના બંધારણ અંગેના સંશોધનો શરૂ થયાં. આ સંશોધનોમાં ઇલેક્ટ્રોનની શોધ ખુબ જ મહત્ત્વની પુરવાર થઇ, અને ભૌતિકવિજ્ઞાને એક અનોખા માર્ગે પ્રયાણ આદર્યું.

*****

ટચ સ્ક્રીન ટેકનોલોજી

રવિકુમાર માનસુરીયા
ક્રાઇસ્ટ કોલેજ
રાજકોટ

આજના યુગમાં મોબાઇલ અને કોમ્પ્યુટરનો ઉપયોગ વધતો જ જાય છે. ટેકનોલોજીમાં પ્રગતિ સાથે બન્ને ઉપકરણોમાં નવી સગવડતાઓ ઉમેરાતી જાય છે. એક સર્વેક્ષણ મુજબ મોબાઇલના વપરાશકારોમાં ભારત ચીન પછી બીજું સ્થાન ધરાવે છે, અને અહીં દર 5 વ્યક્તિએ 3 વ્યક્તિ પાસે મોબાઇલ હોય છે.

અત્યારે મોબાઇલની બધી જ મુખ્ય કંપનીઓએ ટચ સ્ક્રીન (touch screen) વાળા મોબાઇલ બજારમાં મુક્યા છે, અને તાજેતરમાં HP કંપનીએ ટચ સ્ક્રીન કોમ્પ્યુટર પણ બજારમાં મુક્યું છે. વિજ્ઞાનના વિદ્યાર્થીને આથી પ્રશ્ન થવો જોઇએ કે આ ટચ સ્ક્રીન ટેકનોલોજી શું છે ? તે કઇ રીતે કામ કરે છે ?

ટચ સ્ક્રીન એટલે વિજાણુ દ્રશ્ય પ્રણાલી, જે પડદા પર સ્પર્શ ક્યાં થયો છે તે વિગત નોંધીને તે પ્રમાણે કાર્ય કરે છે. આથી ટચ સ્ક્રીન દ્વારા વપરાશકાર, જે સ્ક્રીન પર રજૂ થાય છે તેના સીધા જ સંપર્કમાં રહે છે, નહીં કે માઉસ કે કીબોર્ડ દ્વારા ચાલતા કર્સરના માધ્યમથી. આથી હાથમાં કોઇ સાધન લેવાની જરૂર પડતી નથી. આવી દશ્ય પ્રણાલીઓ કોમ્પ્યુટર અને બીજા ઉપકરણો જેવા કે પર્સનલ ડીજીટલ આસિસ્ટન્ટ, સેટેલાઇટ નેવીગેશન ઉપકરણો, મોબાઇલ ફોન કે પછી વિડીયો ગેમ્સમાં જોડી શકાય છે.

1971માં કેન્ટુકી યુનિવર્સિટીના ડૉ. સામ હર્સ્ટે સૌથી પહેલું સ્પર્શ સેન્સર બનાવ્યું. તેનું નામ ઇલોગ્રાફ રાખવામાં આવ્યું. આ પછી સામ હર્સ્ટે જ 1974માં સૌથી પહેલું ટચ સ્ક્રીન એક પારદર્શક સપાટી પર બનાવ્યું. આ પછી 1977માં પાંચ વાયરવાળી અવરોધ ટેકનોલોજી ઉપયોગમાં લેવામાં આવી, જે સૌથી લોકપ્રિય ટેકનોલોજી છે.

વિવિધ ટચ સ્ક્રીન ટેકનોલોજીઓ આ મુજબ છે :

(i) અવરોધકીય (Resistive) : આ ટેકનોલોજીમાં બે સુવાહક સપાટીઓ વચ્ચે થોડું અંતર રાખવામાં આવે છે. જ્યારે પડદા પર કોઇ જગ્યાએ સ્પર્શ કરવામાં આવે ત્યારે તે જગ્યાએ બન્ને સપાટીઓ સંપર્કમાં આવે છે. આનાથી વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર થાય છે. જેનું પૃથક્કરણ કન્ટ્રોલર દ્વારા કરવામાં આવે છે.

આ ટેકનોલોજી બીજી ટેકનોલોજીઓ કરતાં પ્રમાણમાં સસ્તી છે પણ તેમાં દશ્યની વિગતો ખૂબ સ્પષ્ટ નથી હોતી. નોકીયા, માઇક્રોમેક્ષ કંપનીઓનાં ટચસ્ક્રીન મોબાઇલમાં આ ટેકનોલોજી વાપરવામાં આવી છે.

(ii) કેપેસીટીવ (સંગ્રાહકીય) : આ ટેકનોલોજીમાં કાચ જેવા અવાહક પદાર્થ પર પારદર્શક સુવાહકો, જેમ કે ઇન્ડીયમ ટીન ઓક્સાઇડનું એક પાતળું પડ પાથરવામાં આવે છે. આ પડ પર ઓછા મૂલ્યનો વૉલ્ટેજ આપવાથી તેના પર વિજભારો સુરેખ રીતે ગોઠવાય છે. માનવ શરીર પણ સુવાહક હોવાથી જ્યારે પડની બીજી તરફ સ્પર્શ કરવામાં આવે છે ત્યારે સંગ્રાહક બને છે.

સંગ્રાહકમાં આવેલ ફેરફાર પરથી સ્પર્શ ક્યાં થયો તે નક્કી કરવામાં આવે છે.

આ ટેકનોલોજી ખૂબ જ લોકપ્રિય છે કેમ કે એ ખૂબ જ સંવેદનશીલ હોય છે અને પડદાની તેજસ્વીતા પર તેની કોઇ અસર થતી નથી. સેમસંગ, HTC, HP, DELL જેવી કંપનીઓનાં મોબાઇલ આ ટેકનોલોજી પર કામ કરે છે.

(iii) ધ્વનિ તરંગોની ટેકનોલોજી : આ ટેકનોલોજીમાં પરાશ્રાવ્ય એટલે કે અલ્ટ્રાસોનીક તરંગોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જે પડદા પરથી પસાર કરવામાં આવે છે. જ્યારે પડદાને સ્પર્શ કરવામાં આવે ત્યારે આ તરંગોનો અમુક ભાગ શરીર શોષી લે છે. તરંગોના આ ફેરફાર દ્વારા સ્પર્શ ક્યાં કરવામાં આવ્યો તે નક્કી કરવામાં આવે છે. આ ટેકનોલોજીમાં પડદાની ખાસ જાળવણી કરવી પડે છે. કારણ કે બહારના પરિબળો તેને આસાનીથી નુકશાન પહોંચાડી શકે છે.

(iv) પારરક્ત (IR) : આ ટેકનોલોજીમાં પારરક્ત પ્રકાશ ઉત્સર્જીત કરતા LED અને પ્રકાશ સંવેદનશીલ ડાયોડની પ્રણાલી સ્ક્રીનની ચોતરફ ગોઠવવામાં આવે છે. આ LEDમાંથી નીકળેલા પારરક્ત કિરણો ઊભી-આડી રેખામાં એકબીજાને પસાર કરે છે. આનાથી એક સુરેખ ભાત/પેટર્ન બને છે. આ પેટર્નમાં કોઇ ફેરફાર થાય ત્યાં સ્પર્શ થયો તેમ નક્કી થાય છે. આ ટેકનોલોજીનો મુખ્ય લાભ એ છે કે સ્પર્શ પેનથી, આંગળીથી કે પછી હાથ મોજાં પહેર્યા હોય તેવી આંગળીથી પણ કરી શકાય છે. વળી, આમાં સ્ક્રીન પર કોઇ પ્રકારનું પડ લગાડ્યું ન હોવાથી તેની વિભેદનશક્તિ અને ટકાઉપણું વધારે હોય છે.

આવી બધી ટેકનોલોજી ધરાવતા ટચ સ્ક્રીન વિશ્વસનીય અને વાપરવામાં સહેલા હોવાથી વિમાનોમાં, વાહનોમાં, મશીનોમાં, મોબાઇલ, કોમ્પ્યુટર વગેરેમાં તેનો ઉપયોગ વધતો જ જાય છે.

*****

'Science is a continuous self-correcting process'.

\- Carl Sagan (Astronomer)

ભૌતિકશાસ્ત્રના અભ્યાસમાં પ્રાયોગિક શિક્ષણ

ડૉ. તુષાર સી. પંડ્યા
સેન્ટ ઝેવીયર્સ કોલેજ,
અમદાવાદ

ભૌતિકશાસ્ત્ર તે પ્રકૃતિ તથા પદાર્થને પદ્ધતિસર સમજવા માટેનું વિજ્ઞાન છે. ઇજનેરી, પ્રૌદ્યોગિકી (ટેકનોલોજી), કમ્પ્યુટર, ઉદ્યોગો, ઊર્જા, સંદેશાવ્યવહાર, વાહન વ્યવહાર, રેડીયો, ટેલીવિઝન, વાતાવરણ, વૈદકીય વિજ્ઞાન, હવામાનશાસ્ત્ર, ખેતીવાડી, તથા સંરક્ષણ જેવાં વિવિધ ક્ષેત્રોનો વિકાસ ભૌતિકશાસ્ત્રને આભારી છે. ભૌતિકશાસ્ત્રના પાયાનું જ્ઞાન તે વિચારશક્તિ ધરાવતું બુદ્ધિગમ્ય ચિંતન તથા જિજ્ઞાસા પ્રેરિત કરવા અગત્યની પૂર્વભૂમિકા ભજવે છે. રાષ્ટ્રનો વિકાસ વૈજ્ઞાનિક તથા પ્રૌદ્યોગિકી (ટેકનોલોજી)ના વિકાસના દર પર આધારિત છે. આ વિકાસના દરમાં વિજ્ઞાનની વિવિધ શાખાઓ મહત્વનો ભાગ ભજવે છે, જેમાં ભૌતિકશાસ્ત્ર તે મહત્વનો ઘટક છે. ભૌતિકશાસ્ત્ર તે પ્રકૃતિ, પદાર્થ તથા ઊર્જા સાથે ગાઢ રીતે સંકળાયેલું હોવાથી વિશ્વવિકાસના ક્ષેત્રો મૂળભૂત ભૌતિકશાસ્ત્રના પાયાના સિદ્ધાંતો પર આધારિત છે. ભૌતિકશાસ્ત્રના પાયાના સિદ્ધાંતો સમજવા માટે ભૌતિકશાસ્ત્રની પ્રયોગશાળાઓ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. આથી દેશના વિકાસ માટે ભૌતિક વિજ્ઞાનનું પ્રાયોગિક શિક્ષણ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. પ્રયોગો વિના કોઇપણ વિજ્ઞાન નિષ્પ્રાણ બની રહે છે.

આપણે ત્યાં ગુણવત્તાની દષ્ટિએ ભૌતિકવિજ્ઞાનના પ્રાયોગિક શિક્ષણનું સ્તર કથળતું જાય છે, જે ખરેખર ઘણું જ ચિંતાજનક છે. ભૌતિકશાસ્ત્રની કેળવણીના મુખ્ય બે ભાગ છે, સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકવિજ્ઞાન અને પ્રાયોગિક ભૌતિકવિજ્ઞાન. આપણી શાળાઓ, કોલેજો અને યુનિવર્સિટીઓમાં પ્રાયોગિક શિક્ષણને સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકવિજ્ઞાનની સરખામણીમાં ગૌણ સ્થાન આપવામાં આવેલ છે. ઉચ્ચતર માધ્યમિક શાળા કક્ષાએ આ શિક્ષણ ફક્ત પરીક્ષાલક્ષી બનાવેલ છે. પુરી સૂઝ-બુઝ તથા વાંચન વગર વિદ્યાર્થીઓ ફક્ત યાંત્રિક રીતે પ્રયોગો કરે છે. મોટાભાગે ઘણાખરા વિદ્યાર્થીઓને એકજ સાધન પર બે કરતા વધારેના જૂથમાં કામ કરવું પડે છે. આ પરિસ્થિતિમાં જૂથના તેજસ્વી તથા વધારે ગંભીર વિદ્યાર્થી આગેવાની લે છે, જ્યારે બાકીના નિષ્ક્રિય રહીને પ્રાયોગિક અવલોકનોનો ઉતારો કરતા હોય છે. પ્રયોગોનો વૈજ્ઞાનિક અહેવાલ યાને કે Lab journal લખવાને તેમજ તપાસવાને જોઇએ તેવું મહત્ત્વ મળતું નથી. પ્રાયોગિક કાર્ય હવે યાંત્રિક અને અપાકર્ષી બનેલ છે. સામાજિક અને રાજકીય દબાણને કારણે વર્ગમાં વિદ્યાર્થીઓની સંખ્યામાં વધારો અને પ્રયોગશાળાઓમાં સગવડોમાં ઘટાડો થતો જાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં પ્રેરણાદાયક શિક્ષકો/અધ્યાપકોના પ્રાયોગિક કાર્યની અવગણના થાય છે. ક્યાંક તો ઉંમરમાં, અનુભવમાં કે પ્રતિષ્ઠામાં સિનિયર પ્રાધ્યાપકો તેમના માર્ગદર્શન હેઠળ સંશોધન કરતા વિદ્યાર્થીઓને તેમનું પ્રાયોગિક શિક્ષણનું કાર્ય સોંપે છે. અપૂરતી નાણાકીય જોગવાઇને કારણે શાળાઓ, કોલેજો અને યુનિવર્સિટીઓમાં ભૌતિકશાસ્ત્રની પ્રયોગશાળાઓ સંપૂર્ણ રીતે સક્ષમ નથી રહી તથા સાધન સામગ્રી પણ કાલગ્રસ્ત (outdated) બની છે. પ્રવર્તમાન પરિસ્થિતિમાં વહિવટી તથા ટેકનીકલ સ્ટાફની અછતથી પ્રયોગશાળાઓની સાધન-સામગ્રીની જાળવણી તથા તેને કાર્યક્ષમ રાખવા ઘણી જ મુશ્કેલીઓનો સામનો કરવો પડે છે. તો આવી પરિસ્થિતિમાં શું થઇ શકે ?

પ્રયોગશાળાની સુધારણાનું કાર્ય મુખ્યત્વે વહીવટી છે, પરંતુ પ્રાયોગિક શિક્ષણમાં ઉન્નતિ મુખ્યત્વે તેજસ્વી સંનિષ્ઠ અને તાલિમ પામેલા અધ્યાપકો તથા શિક્ષકો દ્વારા લાવી શકાય છે. બહેતર પ્રાયોગિક શિક્ષણ માટે શિક્ષકો/અધ્યાપકોના વલણ, સમજ અને જ્ઞાન અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. તેઓને ભૌતિકશાસ્ત્રના નવતર (innovative) પ્રયોગો વિકસાવવા પ્રોત્સાહિત કરવા જરૂરી છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનનું શિક્ષણ અને તેના શિક્ષકોની ગુણવત્તા સુધારવા ઇન્ડિયન એસોસિએશન ઑફ ફિઝિક્સ ટિચર્સ

(IAPT) તથા ઈન્ડિયન ફિઝિક્સ એસોસિએશન (IPA) ઘણા વર્ષોથી કાર્યરત છે. ભૌતિકશાસ્ત્રના મૂળભૂત સિદ્ધાંતોને નવતર રીતે રજૂ કરવા IAPT દર વર્ષે તેના વાર્ષિક અધિવેશન દરમ્યાન રાષ્ટ્રીય સ્તરની હરીફાઈ NCIEP (National Competition for Innovative Experiments in Physics) યોજે છે. આ હરીફાઈમાં અધ્યાપકો અને શિક્ષકો પોતે નિર્મિત કરેલા નવતર પ્રયોગોનું નિદર્શન કરી શકે છે. IAPTના વિષય નિષ્ણાતોની સમિતિ દ્વારા પ્રથમ ત્રણ નવતર કૃતિઓને પારિતોષિક આપવામાં આવે છે તથા વિજેતા શિક્ષકોનું બહુમાન થાય છે. અમદાવાદની સેન્ટ ઝેવિયર્સ કોલેજના પ્રો. અરુણ પટેલ તથા ગુજરાત યુનિવર્સિટીના ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગના પ્રો. પી.ડી. લેલેએ આ રાષ્ટ્રીય સ્તરની હરીફાઈમાં ઘણીવાર ભાગ લઈને પારિતોષિકો પ્રાપ્ત કરી ગુજરાતનું ગૌરવ વધાર્યું છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના પ્રાયોગિક શિક્ષણની ગુણવત્તા સુધારવા માટે અધ્યાપકો તથા શિક્ષકોએ આ પ્રકારની રાષ્ટ્રીય સ્તરની હરીફાઈઓ, અધિવેશનો તથા શિબિરોમાં સામેલ થવું જોઈએ. ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાયોગિક શિક્ષણમાં કમ્પ્યુટર મહત્વનો ભાગ ભજવે છે. સિમ્યુલેશન, ઈન્ટરફેસિંગ, ડેટા વિશ્લેષણ તથા numerical (અંકીય) ગણતરીઓમાં કમ્પ્યુટરનો વ્યાપક ઉપયોગ થાય છે. ભૌતિકશાસ્ત્રના અસરકારક શિક્ષણ માટે કમ્પ્યુટરનો ફાળો દર્શાવવા ચાલુ વર્ષથી IAPT દ્વારા રાષ્ટ્રીય સ્તરની હરીફાઈ NCICP (National Competition on Innovation in Computer for Physics)નું આયોજન કરેલ છે. શિક્ષકો/અધ્યાપકો ભૌતિકશાસ્ત્રના શિક્ષણમાં કમ્પ્યુટર દ્વારા નવિનતા તથા ઈન્ટરનેટ (Internet)ની પ્રાયોગિક શિક્ષણમાં ભૂમિકા સમજવા માટે આ પ્રકારની હરીફાઈઓ, સંમેલનો, અધિવેશનો, પરિષદોમાં ભાગ લે તે ઈચ્છનીય છે. અધ્યાપકો/શિક્ષકોને પ્રાયોગિક કાર્યના શિક્ષણમાં રસ પડે તે હેતુથી કાનપુર ખાતે IAPT દ્વારા પ્રાયોગિક કાર્યશાળા અન્વેષિકા (Anveshika) ચલાવે છે. અધ્યાપકો/શિક્ષકોએ આ પ્રાયોગિક કાર્યશાળાની મુલાકાત લઈ આ વિષયમાં તેમના રસનો વધારો કરી શકે છે. વર્ગખંડમાં પ્રાયોગિક નિદર્શન દ્વારા ભૌતિકશાસ્ત્ર શીખવવાની પદ્ધતિઓ અમલમાં મૂકવા માટે શિક્ષકો/અધ્યાપકોની શિબિરો ત્યાં યોજવામાં આવે છે, ખાસ કરીને ઉનાળાની રજાઓમાં તે દર વર્ષે ગોઠવાય છે. આ શિબિરોની જાણકારી જે તે વિસ્તારની રિજ્યોનલ કાઉન્સીલ (RC) પાસેથી પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. ગુજરાતની રિજ્યોનલ કાઉન્સીલ પણ આ પ્રકારના ફીઝીક્સ ટિચર્સ કેમ્પ તથા એક દિવસીય વર્કશોપનાં આયોજન અવારનવાર કરતી રહે છે. પ્રાયોગિક નિદર્શન દ્વારા ભૌતિકશાસ્ત્રના અસરકારક શિક્ષણ માટે ભારત સરકારના ડીપાર્ટમેન્ટ ઑફ સાયન્સ એન્ડ ટેકનોલોજી (DST) સંચાલિત વિજ્ઞાન પ્રસારનું કાર્ય અગ્રેસર છે. વિજ્ઞાન પ્રસારે કેટલાક મૂળભૂત પ્રયોગોને સમજાવવા માટે એડ્યુકેશનલ કિટ્સ, તથા વિષય સંબંધી સાહિત્ય તૈયાર કરેલ છે. શિક્ષકો તથા અધ્યાપકોએ આવી સામગ્રી/સાહિત્યનો અભ્યાસ કરીને પ્રાયોગિક શિક્ષણની ગુણવત્તામાં ઉન્નતિ કરવી જોઈએ. વિજ્ઞાન પ્રસારે આઈ.આઈ.ટી. કાનપુરના સહયોગથી કેટલાક નવતર પ્રયોગો તથા પ્રાયોગિક પ્રવૃત્તિઓ વિકસાવેલ છે. શિક્ષકો/અધ્યાપકોને આ વિષે તાલીમ આપવા વિજ્ઞાન પ્રસાર આઈ.આઈ.ટી. કાનપુર તથા અન્વેષિકાના સહયોગથી વિવિધ વર્કશોપ યોજે છે. ઈન્ડિયન એકેડેમી ઑફ સાયન્સીસ (IAS) શિક્ષકો/અધ્યાપકોને પ્રાયોગિક શિક્ષણની તાલીમ આપવા રિફ્રેશર કોર્સના આયોજન કરે છે.

IAPT તથા IPA જેવાં ભૌતિકશાસ્ત્રીય સંગઠનની સહાય વડે પ્રાયોગિક શિક્ષણનાં અભ્યાસક્રમોની યોગ્ય સમયે સમીક્ષા થવી જોઈએ. વર્તમાન પ્રાયોગિક અભ્યાસક્રમોમાં પ્રયોગોની સંખ્યા ઓછી કરી શકાય, પરંતુ અભ્યાસક્રમમાં દર્શાવેલ પ્રયોગો વિદ્યાર્થીઓને ભૌતિકશાસ્ત્રના મૂળભૂત સિદ્ધાંતોની ઊંડી સમજ આપે તે આવશ્યક છે. સાધનોની ખરીદી તથા તેમની દુરસ્તી વિશે શિક્ષકોએ ખાસ ધ્યાન આપવું જોઈએ. અભ્યાસક્રમને અનુરૂપ ન હોય તેવા ખર્ચાળ અને જટિલ સાધનોની ખરીદી ત્યજવી જોઈએ. સામાન્ય રીતે સરળ સાધનો જટિલ અને ખર્ચાળ સાધનો કરતાં અસરકારક પરિણામ આપે છે. દરેક કોલેજને સાધનોની મરામત માટે વર્કશોપ હોવું જોઈએ. વિદ્યાર્થીઓને વર્કશોપમાં કોઈ સાધન બનાવવા તથા અન્ય કોઈ પ્રોજેક્ટ માટે પ્રેરિત કરવા જોઈએ. આ જાતની વિદ્યાર્થીઓની ધગશને પ્રોત્સાહિત કરતી કોઈ યોજના અભ્યાસક્રમમાં સામેલ કરવી જરૂરી છે. ચાલુ વર્ષથી

ગુજરાત રાજ્યની યુનિવર્સિટીઓ સાથે સંકળાયેલી તમામ સાયન્સ કોલેજોમાં ચોઇસ બેઇઝ્ડ ક્રેડીટ સિસ્ટમ (CBCS)નો અમલ કરવામાં આવ્યો છે. આ નવી સિસ્ટમનાં પ્રાયોગિક કાર્યના અભ્યાસક્રમમાં પ્રોજેક્ટ ઘટકનો સમાવેશ કરવો જોઇએ જેથી કરીને પ્રાયોગિક શિક્ષણના સ્તરમાં પ્રગતિ થાય.

પ્રયોગશાળાના સંચાલન માટે યોગ્ય વેતનવાળો ટેકનીકલ તથા વહિવટી સ્ટાફ હોવો જોઇએ. સમગ્ર પ્રયોગશાળાનું આધારભૂત માળખું જેવું કે ફર્નીચરની ગોઠવણી, ડાર્કરૂમ, પાણીની સગવડ તથા હવા-ઊજાસની રીતે અનુકુળ હોવું જોઇએ. અંતમાં ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાયોગિક શિક્ષણની ઉન્નતિ માટે કોઇ લાંબા ગાળાની યોજના હોવી અત્યંત જરૂરી છે, જેથી કરીને વર્તમાન પરિસ્થિતિઓના પડકારોનો સામનો કરી શકાય.

આજે પ્રયોગશાળામાં પ્રાણ શી રીતે પુરવો એ પ્રાણપ્રશ્ન છે.

*****

ये कौन चित्रकार है?!!

સૌ પ્રથમ તો એ જણાવી દઈએ કે આઇન્સ્ટાઇનના આ રેખાંકન-Sketch-ના ચિત્રકાર હતા જ્યોર્જ ગેમોવ, જેઓ 1928ના અરસામાં 'barrier penetration in alpha decay-wave mechanical theory' આપવા માટે પ્રસિદ્ધ બન્યા. ત્યાર બાદ big bang theory અને expanding universeના ખ્યાલો વિકસાવવામાં પણ તેઓએ પ્રદાન કર્યું હતું. જ્યોર્જ ગેમોવ ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ખગોળને લગતાં લોકભોગ્ય પુસ્તકો માટે ખૂબ પ્રસિદ્ધ થયા હતા.

હવે એક સવાલ......

આ ચિત્ર- જે ગેમોવનાં પુસ્તક Gravityમાંથી લીધેલ છે તેમાં- આઇન્સ્ટાઇન એક અવકાશયાનમાં જઇ રહ્યા છે, અને તેઓ પદાર્થના મુક્ત પતનનો પ્રયોગ કરતા જણાય છે. આ ચિત્ર દ્વારા ગેમોવ આઇન્સ્ટાઇનના principle of equivalenceની સરળ સમજુતિ આપવા માગે છે.

... શું છે એ સિદ્ધાન્ત ?!!

સમયને

ડૉ. શકુન્તલા નેને (નિવૃત્ત)
રાજકોટ

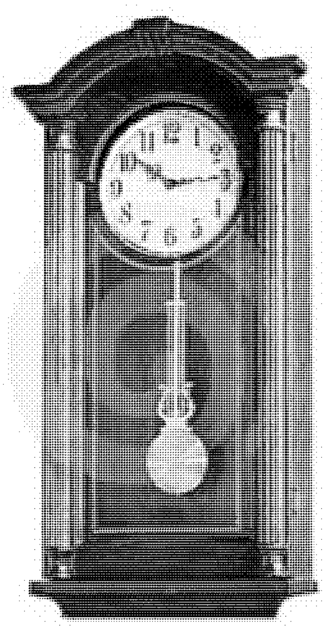
હે સમય !

તારો સમય હવે પૂરો થયો છે !
તું એકી સાથે
કોઈનો ભૂતકાળ છે, કોઈનો વર્તમાન
તો કોઈનો વળી ભવિષ્યકાળ છે.

તું બંધાય છે અંતરથી ?
કે અંતરને બાંધવાનો પ્રયત્ન તું છે ?
ઘડિયાળની ટીકટીક તું છે ?
ટીકટીક બંધ પડે તો તું અટકી જાય છે ?
તું તો ચાલ્યા જ કરે છે
અવિરતપણે, અસ્ખલિતપણે;
ઘડિયાળ તો યંત્ર છે,
ચાવી/બેટરીથી ચાલવાનું છે
ઘડિયાળ તો તને બાંધી નહિ શકે !

મારા હૃદયના ધબકારાને માપે છે તું ?
કે ધબકારામાં મપાય છે તું ?
પણ ઘણાં હૃદય તો હવે
ધબકવાનું યે ભૂલી ગયાં છે.
તેથી જ તારોયે સમય
પૂરો થયો છે હવે !

એકાદ કાળા ડીબાંગ કાણામાં
તું પૂરાઈ જશે, છટકી નહિ શકે,
આ કાણાનું વિસર્જન
ન થાય ત્યાં સુધી
તારે ત્યાં જ પૂરાઈ રહેવાનું છે.
જો કાણું કાણું મટી જાય
જો કાણું કાળું મટી જાય
વિખરાઈ જાય એ જો
શતશત તારલાઓમાં
તો ફરી તારો સમય આવશે
અત્યારે તો સમય !
તારો સમય પૂરો થયો છે... અલવિદા !



ભવિષ્યવાણી

ડૉ. શકુન્તલા નેને (નિવૃત્ત)
રાજકોટ

નેપ્ચ્યુનવાસીઓએ
સાંભળ્યો એક ધડાકો એક દિવસ,
શું થયું ? શું થયું ?
જોવા માંડ્યું દૂરબીન સૌએ,
ક્યાંથી આવ્યો અવાજ ક્યાં થયો ઝબકારો ?
રેડ જાયન્ટ સૂર્યનો વિસ્ફોટ ?
ના, એને તો હજી ઘણી વાર છે !!
યુરેનસ, શનિ, ગુરૂ
અને નાનકડા મંગળને પેલે પાર
હતો જે નાનકડો ગોળો
એનો નથી પત્તો ક્યાંય !
ગયા પૂછવા ડાહ્યા માણસોને
ક્યાં ગઇ પેલી પૃથ્વી ?
'જે થવાનું હતું તે જ થયું -'
કહ્યું ડાહ્યાઓએ માથું ધુણાવતાં
નાની બિચારી પૃથ્વી પર
કૉન્ક્રીટના ખડકાયા એક ઉપર એક
જંગલો જાણે ! અને હા !
આત્મહત્યાની વ્યવસ્થા પણ
કરી લીધેલી પૃથ્વીવાસીઓએ,
અસંખ્ય હતા પરમાણુ બોમ્બના ખડકલા,
કાંતો પોતાના જ વજનથી ફાટી પડી પૃથ્વી
યા તો થયો સંહાર માનવ જાતિનો
પોતાના જ રમકડાંથી !
પણ, તો પેલા દ્રવ્યસંચયના
નિયમનું શું થયું ? પૂછે સામાન્યજન !
સાંભળ્યો જે ધડાકો તે તો
વિસ્ફોટ થયાની છડી પોકારતી લહેર માત્ર હતી
ધીરે ધીરે મળશે પ્રસાદી
પૃથ્વીના ટુકડાઓની
કોઇ ક્યારેક આવશે ઉલ્કા રૂપે પણ
સાચવજો એ ટુકડાઓને
કાચની પેટીમાં,
યાદ કરાવવા તમને કે
આવા રમકડાં ન બનાવશો કદિયે
જીવિત જો રહેવું હોય તો -

ભૂકંપશાસ્ત્ર - અનેક રહસ્યોનો ખજાનો

પ્રો. લિંકન ચૌહાણ
વી. પી. સાયન્સ કોલેજ,
વલ્લભ વિદ્યાનગર

આપણી માન્યતા એવી છે કે ભૂકંપનું પરિણામ માત્ર વિનાશકારી જ હોય છે. પરંતુ, આ ભૂકંપ પૃથ્વીના પુનઃસ્થાપન, પુનઃઆયોજન કે આંતરિક પુનઃગોઠવણી માટે ખૂબ જ અગત્યનો ઘટક છે. વળી, બધા જ ભૂકંપ વિનાશકારી હોતા નથી. વાસ્તવિકતા તો એ છે કે, ભૂકંપમાપક યંત્ર (Seismogram) પર દરરોજના 5,00,000 જેટલા આફ્ટર શોક્સ નોંધાય છે, જેમાથી માત્ર 1,00,000 જેટલા આફ્ટર શોક્સની અનુભૂતિ થાય છે, અને તેમાંથી વિનાશકારી તો માત્ર 1000 જ હોય છે. આપણા માટે લાભની વાત એ છે કે, ભૂકંપ આપણા માટે સંશોધનના અનેક દરવાજા ખોલીને પૃથ્વીના વણઉકેલાયેલા રહસ્યોને ઉકેલવાની અમૂલ્ય તક પૂરી પાડે છે. ભૂકંપના અતીતમાં ડોકિયુ કરીએ તો ઇ.પૂ. 426માં ગ્રીક ઇતિહાસકાર 'થુસિડાઇડસ' (Thucydides) એ તેના પુસ્તક ''હિસ્ટરી ઑફ ધ પેલોપોનેસીયન''માં ભૂકંપનો ઉલ્લેખ કરેલો છે. અને આપણા ધર્મગ્રંથ ''રામાયણ''માં પણ ભૂકંપનો ઉલ્લેખ છે જ.

હજુ હમણાં જ જાપાનમાં 11મી માર્ચ-2011ના રોજ 9.0 રિચર સ્કેલની તીવ્રતાના ભૂકંપનો અનુભવ થયો જે 'ગ્રેટ ટોહોકુ અર્થક્વેક' તરીકે ઓળખાય છે. આપણા ઘર આંગણે તા. 26મી જાન્યુઆરી, 2001ના સવારે 8 કલાક અને 39 મિનીટે ગુજરાતમાં ભૂજ (કચ્છ)માં 6.8 રિચર સ્કેલની તીવ્રતાનો ભૂકંપનો ઝટકો અનુભવાયો. જેમાં, 1542 જેટલાં મૃત્યુ થયાં. આ ભૂકંપની અસર ગુજરાતના તમામ જિલ્લાઓમાં ઓછાં વધતાં પ્રમાણમાં જોવા મળી. કચ્છના આ ભૂકંપ બાદ, ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓ, ભૂકંપશાસ્ત્રીઓ, ભૂભૌતિકશાસ્ત્રીઓ સંશોધનના કામે લાગી ગયા. આમ, ગુજરાતમાં આ ક્ષેત્રે વિધિવત્ સંશોધનની શરૂઆત થઇ.

ભૂકંપ થવાના કારણો નીચે મુજબ છે.

1. પૃથ્વીના પેટાળમાંથી ઉત્પન્ન થતી સ્થિતિ સ્થાપક વિરૂપણ ઊર્જા સેસ્મિક તરંગોને જન્મ આપે છે. આ તરંગોના પ્રસરણ અને પ્રચંડ ઊર્જાને લીધે ભૂકંપ થાય છે.

2. પૃથ્વીના પોપડામાં તડ્ કે ફાટ (fault) હોય છે, જેમાં હલન ચલન ઉદ્ભવે ત્યારે ભૂકંપ થાય છે.

3. પૃથ્વીની સપાટી પર સખત ભાગો આવેલા છે જેને, 'ટેક્ટોનિક પ્લેટ્સ' (Tectonic plates) કહે છે. આ પ્લેટ્સની વચ્ચેનો ભાગ પ્રમાણમાં નબળો હોય છે અને આ પ્લેટ્સ જ્યારે એકબીજાની સાપેક્ષે ગતિ કરે ત્યારે તે ઘર્ષણ અને ધ્રુજારી-કંપનો ઉત્પન્ન કરે છે આથી ભૂકંપ સર્જાય છે. મોટાભાગના ભૂકંપ આ પ્લેટ્સની ગતિના કારણે થતા હોવાનું માલુમ પડેલ છે.

ભૂકંપની અન્ય લાક્ષણિકતાઓ આ મુજબ છે.

1. મોટાભાગના કંપનો પૃથ્વીના ઉપલા પડથી થોડા કિલોમીટરની ઊંડાઇ પર ટેક્ટોનીક્સ પ્લેટ્સના સાંધાના સાંકડા ભાગમાં થતા હોય છે. જેને લીધે પૃથ્વીના ઉપલા પડ પર વિરૂપણ ઉત્પન્ન થાય છે. પૃથ્વીના ઉપલા પડથી આશરે 600 કિલોમીટર જેટલી ઊંડાઇએ કંપનો ઉદ્ભવતા હોય છે.

2. પૃથ્વીના ગર્ભમાં રહેલી પ્રચંડ ગરમી, ઊર્જાના ઉદ્‌ગમ તરીકે કાર્ય કરે છે. આ ઉદ્‌ગમને લીધે, પૃથ્વીના પડની નીચે શીલાઓ અને વિવિધ ખડકોની રચના થાય છે. જ્યારે તે એકાએક તૂટે ત્યારે વિપુલમાત્રામાં કંપનો ઉદ્‌ભવે છે. આ ઘટનાને ટી.એન.ટી. વિસ્ફોટની સાથે સરખાવવામાં આવે છે અને તેને ટી.એન.ટી. એક્સ્પ્લોઝીવ સ્કેલના સંદર્ભે માપવામાં આવે છે.

3. પૃથ્વીના ખડકો જે બિંદુએથી તૂટે ત્યાંથી ભૂકંપના કંપનો સ્પંદન (Ripple) સ્વરૂપે પ્રસરણ પામે છે અને પૃથ્વીની સપાટી પર પહોંચી ભૂકંપની અનુભૂતિ કરાવે છે.

4. પૃથ્વીના ઉપલા પડની હલચલ ત્રણ રીતે જોવા મળે છે :

- સમક્ષિતિજ રીતે (Horizontally)
- ઉર્ધ્વ રીતે (Vertically)
- વાંકીચૂંકી રીતે (Zig Zag type)

5. ભૂકંપની પ્રત્યાઘાતી અસરોમાં ત્સુનામી (Tsunami) થવો, ધરતીમાં ઊંડી ખાઈ કે તિરાડ પડવી, નવી નદીઓ નિર્માણ પામવી, નદીના પ્રવાહો કે આંતરિક જળ સ્રોતોના વ્હેણ બદલાવા, ડેમ તૂટવા, જળાશયો કે પર્વતોનું નિર્માણ થવું, જમીનમાંથી હાનિકારક વાયુઓ, અગ્નિશીખાઓ નીકળવી વગેરે છે.

6. છેલ્લા દશ-વીશ વર્ષના અવલોકનો પરથી જોવા મળ્યું છે કે આપણા ભારત દેશની આજુબાજુ ભૂકંપ કેન્દ્રો (Epicenters) ખૂબ જ મોટા પ્રમાણમાં આવેલા છે.

બે ટેકટોનિક પ્લેટ્સ જ્યારે એકબીજાની સાપેક્ષે ગતિ કરે અને તેની ધાર ઘર્ષણ પામે ત્યારે તેમની નીચે પૃથ્વીના પેટાળના ખડકો તૂટે છે અને તેને લીધે ઊર્જા તરંગ સ્વરૂપે પ્રસરીને ભૂકંપનો અનુભવ કરાવે છે. પૃથ્વીના પેટાળના જે બિંદુએથી ખડકો તૂટે તે બિંદુને "હાઈપો સેન્ટર (Hypocenter)" કહે છે. હાઈપો સેન્ટર સેસ્મિક તરંગોનું ઉદ્‌ભવ સ્થાન છે. આ હાઈપો સેન્ટરની ઉપરની તરફ એટલે કે પૃથ્વીના ઉપરના પડ પર જે બિંદુએ ભૂકંપની અનુભૂતિ સવિશેષ પ્રમાણમાં જોવા મળે તે પૃથ્વીની સપાટી પરના બિંદુને 'એપિસેન્ટર (Epicenter)' કહે છે, ઘણા કિસ્સાઓમાં તો એપિસેન્ટરથી હાઈપો સેન્ટર 100 km જેટલું ઊંડે હોય છે. હાઈપો સેન્ટરમાંથી ઉદ્‌ભવેલી ઊર્જા સેસ્મિક તરંગો સ્વરૂપે વલયાકાર રીતે પ્રસરે છે. આ તરંગોને મુખ્યત્વે બે વિભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે. (a) પ્રારંભિક તરંગો (Preliminary waves) અને (b) પૃષ્ઠ તરંગો (Surface waves)

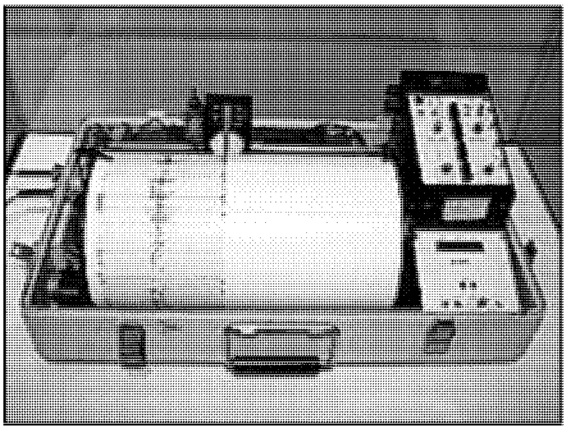
પ્રારંભિક તરંગોના બે પ્રકાર પડે છે; મુખ્ય તરંગો (Primary waves) અથવા (P-waves) અને ગૌણ તરંગો (Secondary waves) અથવા (S-waves)

પૃષ્ઠ તરંગોના બે પ્રકાર પડે છે; રેલે તરંગો (Rayleigh waves) અને લવ તરંગો (Love waves)

(A) પ્રારંભિક તરંગો :

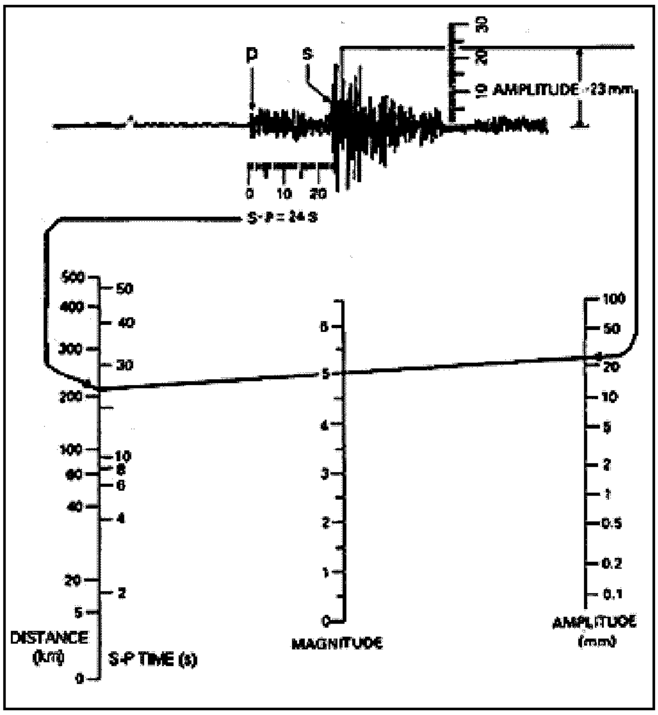
1. મુખ્ય તરંગો અથવા P-waves : આ પ્રકારના તરંગો અતિ ઝડપી હોય છે જે સંગત પ્રકારના તરંગો (longitudinal waves) છે, તે સ્થિતિ સ્થાપક તરંગો છે અને પૃથ્વીની સપાટીથી ઉર્ધ્વ દિશા (Vertical direction)માં ગતિ કરે છે તેની ઝડપ 8.0467 $km.s^{-1}$ જેટલી હોય છે. સાથેની આકૃતિ 1માં સીસ્મોગ્રામ સાધન બતાવેલ છે, અને આકૃતિ 2માં સીસ્મોગ્રાફ તેમજ ગ્રાફીકલ એનાલીસીસ બતાવેલ છે.

આકૃતિ-1 :
સિસ્મોગ્રાફ



2. ગૌણતરંગો અથવા S-waves : આ પ્રકારના તરંગો અતિ ધીમા હોય છે વળી તે લંબગત પ્રકારના (Transverse type) તરંગો છે. અને તે પૃથ્વીની સપાટીને સમાન્તર ગતિ કરે છે તેની ઝડપ 4.828 km.s^{-1} જેટલી હોય છે. આથી જ આ તરંગો કરતાં P-waves અવલોકન મથક સ્ટેશન પર વહેલાં પહોંચે છે. (જુઓ આકૃતિ)

આકૃતિ-2 :
ગ્રાફીકલ એનાલીસીસ



(B) પૃષ્ઠ તરંગો :

1. રેલે તરંગો : આ તરંગની શોધ લોર્ડ રેલેએ કરેલી. રેલે તરંગો પૃથ્વીની સપાટીના પાતળા સ્તર ઉપર સ્પંદન સ્વરૂપે (in the ripple form) પ્રસરે છે જે પૃથ્વીની સપાટી પર જ હોય છે, વળી આ તરંગો એપિસેન્ટરમાંથી નીકળી ચક્રાકારે ગતિ કરતાં કરતાં સ્ટેશન (અવલોકન કેન્દ્ર) પર પહોંચે છે.

2. લવ તરંગો : પૃથ્વીના વિષમાંગ ભૂપૃષ્ઠ (Heterogeneity) લવ તરંગોના પ્રસરણ માટે જવાબદાર ગણી શકાય. આ તરંગો પૃથ્વીની સપાટી પર વાંકા ચૂંકા (zig zag) સ્વરૂપે પ્રસરે છે.

એપિસેન્ટર નક્કી કરવા માટે ઘણી પદ્ધતિઓ છે. તેના માટે ઘણા બધાં અવલોકન કેન્દ્રો (Observation Stations) સ્થાપવામાં આવે છે અને સૌથી પહેલા તરંગ જે અવલોકન કેન્દ્ર પર પહોંચે તે કેન્દ્રથી એપિસેન્ટરનું સ્થાન નક્કી કરવામાં આવે છે. પરંતુ અવલોકન કેન્દ્ર પર પહેલાં P-waves પહોંચશે અને ત્યારબાદ S-waves પહોંચશે. P-wavesથી S-wavesને પહોંચતા લાગતા સમયને સેકન્ડમાં લઇએ તો આ સમયને 8.0467 km/s વડે ગુણતા એપિસેન્ટરનું અંતર મળે છે. (જુઓ આકૃતિ) આ સંબંધે કેટલાક વિશેષ શબ્દો જોઇએ.

માન (Magnitude) : ધરતીની ધ્રુજારી કે કંપનનું મૂલ્ય કે માન એ ભૂકંપની પ્રબળતા અથવા પૃથ્વીમાંથી ઉત્પન્ન થતી વિરૂપણ સ્થિતિસ્થાપક ઊર્જાનું મૂલ્ય છે. જેને આપણે સિસ્મોગ્રાફિક અવલોકનોથી માપી શકીએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે જો કંપનોના માનમાં એક આંક જેટલો વધારો થાય, એટલે કે ધારો કે 4.5માંથી વધીને 5.5 થાય તો સિસ્મોગ્રામ પર તે 10 ગણો વધારો દર્શાવે છે.

તીવ્રતા (Intensity) : કોઇ સ્થળે રહેતી માનવવસ્તી પર, તેની માલ-મિલ્કત પર કે ત્યાંની જમીન (Landscape) પર થતી અસરને ભૂકંપની તીવ્રતા કહેવાય છે. તીવ્રતા, ભૂકંપની પ્રબળતા પર અને જે તે કેન્દ્રની સ્થાનીય ભૂસ્તરીય રચના પર આધાર રાખે છે.

ટેકટોનિક પ્લેટ (Tectonic plate): અગાઉ વર્ણવ્યા મુજબ ટેકટોનિક પ્લેટ્સ પૃથ્વી પરનો સખત ભાગ છે. તે મોટેભાગે 1. સ્પ્રેડીંગ પ્લેટ (Spreading plate) 2. કોલાઇડીંગ પ્લેટ (Colliding plate), 3. ડાઇવીંગ પ્લેટ (Diving plate) કે 4. સ્લાઇડીંગ પ્લેટ (Sliding plate) પ્રકારની હોય છે, જેમાં, 1. સ્પ્રેડીંગ પ્લેટ્સ- નવા પોપડાની/પ્રદેશની રચના કરે છે, 2. કોલાઇડીંગ પ્લેટ્સ- પર્વતોનું નિર્માણ કરે છે, 3. ડાઇવીંગ પ્લેટ્સ- જ્વાળામુખીને પ્રગટાવે છે, અને 4. સ્લાઇડીંગ પ્લેટ્સ- ખતરનાક ભૂકંપ માટે કારણભૂત હોય છે.

પૂર્વકંપન અને અનુકંપન (Fore shocks and After shocks) : ભૂકંપ થવાનો હોય તેના પહેલાં પૃથ્વી પર અનુભવાતી ધીમી ધ્રુજારીને 'પૂર્વ કંપન' કહેવાય છે. જ્યારે ભૂકંપ બાદ સતત ચાલુ રહેતી ધ્રુજારીને અનુકંપન કહેવાય છે. જેમ કે, ગુજરાતમાં આવેલા 2001ના ભૂકંપ પૂર્વે દોઢથી બે માસ અગાઉ ભાવનગર અને સાસણમાં ધીમી ધ્રુજારીનો અનુભવ સતત થતો રહેલો જે પૂર્વ કંપન છે, જ્યારે 26.1.2001ના ભૂકંપ બાદ સતત બે માસ સુધી ધ્રુજારી અનુભવાયેલી તે 'અનુકંપનો' છે.

દૂરવર્તી કંપનો (Teleseisms) : કોઇ જગ્યાએ થયેલા ભૂકંપના કેન્દ્રથી દૂર દૂરના અંતર સુધી કંપનો અનુભવાય તેને 'ટેલીસેઇસમ્સ' કહેવાય છે. જેમ કે, 2004માં આવેલ સુમાત્રા-આંદમાન નિકોબારમાં ઉદ્‌ભવેલ રેલે તરંગો, માત્ર ત્યાંની 1 સેમી જેટલી હલન ચલન પણ સેસ્મોમીટર પર નોંધાયેલી પરંતુ તેની પરિણામીય અસરો દૂર સુધી જોવા મળેલી. આવા તરંગોના બિંદુઓ શોધવા અઘરા હોય છે કારણ કે ગમે ત્યારે કોઇપણ બિંદુ ઉદ્‌ભવબિંદુ તરીકે વર્તે છે. આ ઘટના મોટે ભાગે રેલે તરંગોની ગતિને લીધે જોવા મળે છે.

રિચર સ્કેલ (Richter Scale) : ઇ.સ. 1930માં કેલીફોર્નિયાના ધરતીકંપશાસ્ત્રી ચાર્લ્સ ફ્રાન્સિસ રિચર (Richter) એ સૌપ્રથમ ભૂકંપને માપવા માટેનો સ્કેલ નક્કી કર્યો જે રિચર સ્કેલ તરીકે જાણીતો છે. તે ખાસ કરીને ભૂકંપની પ્રબળતા સંદર્ભ

સ્વરૂપે માપે છે. ઘણીવાર આ સ્કેલને ''રિચર મેગ્નીટ્યૂડ (Richter magnitude)'' કે ''લોકલ મેગ્નીટ્યૂડ (Local magnitude)'' પણ કહે છે. ચાર્લ્સ રિચરનો જન્મ ઇ.સ. 1900માં એક નિર્ધન ખેડૂતના ઘરે થયેલો તેમણે ઇ.સ. 1927માં ''ન્યૂક્લિયર ફિઝીક્સ''માં Ph.D.નો અભ્યાસ કરેલો.

રિચરે દક્ષિણ કેલીફોર્નિયાના ભૂકંપ માપવા માટે સૌપ્રથમ ભૂકંપનું સાપેક્ષીય મૂલ્ય મેળવવા માટે એક સાદુ યંત્ર બનાવેલું.

શું પ્રાણી કે પક્ષીઓ દ્વારા ભૂકંપનું પૂર્વાનુમાન કરી શકાય ? જવાબ છે - હા, ખાસ કરીને જાપાનમાં અને ચીનમાં પ્રાણીઓ તથા પક્ષીઓની વર્તણૂકનો બારીકાઇથી અભ્યાસ કરી ભૂકંપના પૂર્વાનુમાન માટેના તારણો કાઢવામાં આવ્યાં છે. જેમ કે (1) ભૂકંપ થવાનો હોય તે પહેલા પક્ષીઓ પોતાનું માથુ તેમની પાંખો વડે ઢાંકી દેતું હોય છે. (2) ભૂકંપના છ કલાક અગાઉ માછલી ઘરમાં રહેલી ''કેટ ફીશ'' પાણીની સપાટી ઉપર આવી જાય છે. (3) કૂતરાઓ ભૂકંપ પૂર્વે એક બિંદુની આજુબાજુ ગોળ ગોળ ફરે છે. (4) અન્ય પ્રાણીઓ અસ્ત વ્યસ્ત દોડા દોડી કરે છે.

અન્તમાં, મોટા ભાગના ભૂકંપોનું પૂર્વાનુમાન ભાગ્યેજ થઇ શકે છે. કારણ કે તે ટેકટોનિક પ્લેટ્સની ધાર પાસે મુક્ત થતી સ્થિતિ ઊર્જાને આભારી છે. આ પ્લેટ્સ પૃથ્વીના ઉપલા પડ લિથોસ્ફીયર પર હોય છે તેને સમજવા માટે ''ઇલાસ્ટીક-રિબાઉન્ડ થિયરી (Elastic Rebound Theory)'' રજુ થયેલ છે. વળી, ઘણા ભૂકંપોની શરૂઆત પૃથ્વીના પેટાળમાં વર્ષો પહેલા થઇ જાય છે અને આપણને ઘણા સમય બાદ ખબર પડે છે તેમ છતાં, ભૂકંપશાસ્ત્ર હજુ આપણા માટે પા-પા-પગલીનું સંશોધન જ છે. વધુ સંશોધનની જરૂરિયાત છે અને તેના પૂર્વાનુમાનમાં સફળ થઇશું તો આપણે માનવજીવન તથા અસ્ક્યામતો બચાવી શકીશું.

છેલ્લે એ જાણવું રસપ્રદ થશે કે, ગુજરાતમાં, ગાંધીનગર-રાયસણ ખાતે ISR (Institute of Seismological Research) આવેલી છે, તેની સ્થાપના ગુજરાત સરકારે વર્ષ 2003માં સમગ્ર દેશમાં ભૂકંપ તેમજ સુનામીના અભ્યાસ માટે કરેલ છે. આ સંસ્થાની website: isr.gujarat.gov.in છે.

*****

વિજ્ઞાનનાં ક્ષેત્રે કારકીર્દિ

ડૉ. ભૂષિત જી. વૈષ્ણવ
ફિઝીકલ રિસર્ચ લેબોરેટરી,
અમદાવાદ

પ્રસ્તુત લેખમાં વિજ્ઞાનનાં ક્ષેત્રોમાં રહેલી કારકીર્દિની તકો વિષે માહિતી આપવામાં આવેલ છે, જેમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનને પણ આવરી લીધેલ છે. કારકીર્દિની પસંદગીની પરિસ્થિતિ સામાન્ય રીતે દરેક વ્યક્તિ માટે મૂંઝવણભરી હોય છે. ધોરણ 12 વિજ્ઞાનના વિદ્યાર્થીઓ તથા તેમના અજાણ કે વ્યસ્ત વાલીઓને આ સ્થિતિ ઘણીવાર અતિ વિકટ જણાય છે. આપણે ત્યાં શૈક્ષણિક કે વ્યાવસાયિક માર્ગદર્શનનો શાળા અને કોલેજ સ્તરે અભાવ જોવા મળે છે. જે કંઇ મળે છે તે છેલ્લી ઘડીનું માર્ગદર્શન અને તે પણ ફક્ત માહિતી સ્વરૂપનું છે, તેથી જો યોગ્ય અને સમયસર કારકીર્દિ માર્ગદર્શન ન મળે તો ઘણાં વિદ્યાર્થીઓને યોગ્ય ક્ષેત્ર ન મળતાં તેઓની તેજસ્વિતા રૂંધાઇ જવાનો ભય રહેલો છે. આથી અહીં જાત અનુભવ અને ક્ષેત્રના તજ્જ્ઞો દ્વારા કારકીર્દિના વિવિધ ક્ષેત્રની પસંદગી કેવી રીતે શક્ય બને તે માટે કેટલાંક સામાન્ય માપદંડોના આધારે પસંદગીની ધારણા બાંધી છે. તે મર્યાદિત રીતે રજૂ કરેલ છે જે વિદ્યાર્થી/વાલીને એક દિશાસૂચક બનશે એવી અપેક્ષા છે.

કારકીર્દિ... વિજ્ઞાનમાં ?? ધોરણ 12 વિજ્ઞાન પ્રવાહમાં 45% કે વધારે ટકા સાથે ઉત્તીર્ણ થયેલ વિદ્યાર્થી અને તેના વાલીઓના મનમાં કંઇક આવી જ લાગણી ઉદ્‌ભવે છે. દરેક વિષયોનું સરખું જ મહત્વ છે છતાં પણ ઘણા એમ માને છે કે ધો. 12માં વિજ્ઞાન-ગણિત રાખનારો વિદ્યાર્થી હોંશિયાર અને બાકીના ઠોઠ !! વધુમાં જેઓ તબીબી/ઇજનેરીમાં/ફાર્મસી શાખાઓમાં જાય છે તે એમ માને છે કે તેઓ હોંશિયાર અને બાકી બધા વધ્યા-ઘટ્યા છો જતા વિજ્ઞાનની કોલેજોમાં...!! જેઓ ઇજનેરી-તબીબી-ડેન્ટલ-ફાર્મસી-જેવી શાખાઓની ગાડી ચૂકી જાય છે તેઓની બહુમતી વધારે હોય છે. કારણ કે દર વરસે આશરે 70-80 હજાર ઉત્તીર્ણ વિજ્ઞાન પ્રવાહના વિદ્યાર્થીઓ પાસે આવા ઉચ્ચ શિક્ષણની તો આશરે 35-40 હજાર જેટલી જગ્યાઓ હોય છે, તો બાકીનાનું શું ? શું તેઓ માટે કોઇ વિશેષ શક્યતા-સગવડ હોતી નથી ? આવા અનેક પ્રશ્નો આવીને માથાં ઉપર ઝીંકાય છે. એક તો માતા-પિતાએ પેટે પાટા બાંધીને દીકરા કે દીકરીને ધો. 12 સુધી પહોંચાડ્યાં હોય અને તેમાં વિદ્યાર્થીઓને ધારેલું પરિણામ ન આવે એટલ હતાશા-નિરાશા આવે. વળી ધો. 10ના 80%–90% સાક્ષીરૂપે ઊભા હોય એટલે વધુ આઘાત લાગે, ત્યારે શું કરવું ?

સાયન્સ અને ટેકનોલોજીની વાત કરીએ તો દેશ તથા દુનિયામાં થતાં અવનવા સંશોધનો અને ભૌતિક સુખોની હારમાળાએ એવું વાતાવરણ સર્જી દીધું છે કે આ દિશામાં જાય તે પણ કારકીર્દિનો સાચો ફાયદો ઉઠાવી શકે છે. મૂળભૂત વિજ્ઞાન (Basic Science) રાખનારાઓ માટે આજે ઢગલાબંધ કારકીર્દિ ઉપલબ્ધ છે.

આજે જ્યારે આપણી આસપાસ અત્યંત અચંબાભરી અને અત્યાધુનિક ટેકનોલોજીનું સામ્રાજ્ય જોઇએ છીએ ત્યારે એવો પ્રશ્ન નથી ઉદ્‌ભવતો કે આ બધું શાને આભારી છે ? જો આ પ્રકારનો પ્રશ્ન ઉદ્‌ભવે અને આપણું જિજ્ઞાસુ મન જવાબ શોધવાનો પ્રયત્ન કરે તો જણાશે કે મૂળભૂત વિજ્ઞાનમાં થઇ રહેલ અવિરત સંશોધનના કારણે આ સંભવિત બનેલ છે. તો આ મૂળભૂત વિજ્ઞાનને આપણે કેમ અવગણી શકીએ ? પરંતુ હકીકત એ છે કે કમનસીબે આવું થઇ રહેલ છે. આજે આપણે અમુક ટેકનોલોજી વગરની દુનિયાનો વિચાર નથી કરી શકતા, જેવી કે (1) લેસર, (2) ક્ષ-કિરણો, (3) GPS, (4) મોબાઇલ-ફોન, ટીવી, વગેરે- આ ટેકનોલોજી આવી ક્યાંથી ? જેમ માતા-પિતા વગર બાળકનો પરિચય અધૂરો છે તેમ મૂળભૂત વિજ્ઞાનમાં સંશોધન વગર ટેકનોલોજીનો વિકાસ અધૂરો છે. એક જ ઉદાહરણ આ વાતને સમજવા માટે પૂરતું તે જોઇએ તો આજથી લગભગ

60 વર્ષ પહેલાં ઇલેક્ટ્રોનિક ઉપકરણો જેવા કે રેડીયો, કોમ્પ્યુટર વગેરેમાં vacuum tubes i.e. diode, triode વાલ્વ વગેરેનો ઉપયોગ થતો હતો પરંતુ transistorની શોધ થતાં જ એક નવી ક્રાંતિ આવી. આજે ભાગ્યે જ કોઇ ઇલેક્ટ્રોનિક ઉપકરણો transistorના વપરાશ વગરનાં જોવા મળે છે. આના મૂળમાં ક્વોન્ટમ ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે થયેલ સંશોધનો જવાબદાર છે. સંશોધન એ માત્ર મૂળભૂત વિજ્ઞાન પુરતું જ મર્યાદિત નથી. જો કોઇ વિદ્યાર્થી વ્યવસાયિક અભ્યાસક્રમો જેવા કે એન્જિનિયરીંગ, તબીબીશાસ્ત્ર, ફાર્મસી અથવા તો મેનેજમેન્ટમાં રસ ધરાવતા હોય તો આવા અભ્યાસક્રમોમાં પણ ઉચ્ચ અભ્યાસ તથા સંશોધનની ઉજળી તકો રહેલી છે. પ્રવર્તમાન સમયમાં વિવિધ કેરિયર વિકલ્પો હોવા છતાં મૂંઝવણભરી પરિસ્થિતિ વર્તાઇ રહેલ છે જેમ કે;

- ધોરણ 12 વિજ્ઞાન પ્રવાહનું પરિણામ આવ્યા પછી વાલીઓ અને વિદ્યાર્થીઓ ક્યાં એડમિશન લેવું અને ક્યાં મળશે ? કઇ વિદ્યાશાખામાં જવું ? વગેરેની ગડમથલમાં ગળાડૂબ થઇ જાય છે. આ બધું પસંદ કરતી વખતે ''પ્લેસમેન્ટ અને પગાર'' આ બે મુખ્ય પરિબળો હોય છે. નહિ કે ''શિક્ષણ અને જ્ઞાન''.

- ચાર વર્ષ પછી વિદ્યાર્થી જ્યારે એન્જિનિયરિંગ સ્નાતક થઇ જાય છે ત્યારે અચાનક તેની માનસિકતા બદલાય છે અને જોવામાં આવ્યું છે કે ઘણા વિદ્યાર્થીઓ મેનેજમેન્ટ જેવા અભ્યાસક્રમો પાછળ દોડ મૂકે છે. (અત્રે એવું પ્રસ્થાપિત નથી કરવા માંગતા કે એન્જિનિયરિંગ કે મેનેજમેન્ટનો અભ્યાસ સારો નથી.) ફરી જો નિર્ધારિત કરેલ સંસ્થાઓમાં એડમિશન ન મળે તો હતાશા સાથે જે મળી તે નોકરી સ્વીકારી ''કેરિયર'' આગળ વધારે છે.

- ઘણીવાર કારકિર્દીની પસંદગી ''સરખામણી અને અપૂરતાં જ્ઞાનને'' કારણે કરવામાં આવતી હોય છે. શું આ મૂંઝવણનો કોઇ ઉકેલ છે ? શું વિજ્ઞાન અને એન્જિનિયરિંગ ક્ષેત્રે કારકિર્દી અને સંશોધનની સમાન તકો રહેલી છે ? જવાબ છે, હા.

વિજ્ઞાનમાં કારકિર્દી બનાવવા માટે ધ્યાનમાં રાખવા જેવી બાબત એ છે કે વિજ્ઞાન પ્રવાહમાં એવા વિદ્યાર્થીઓની જરૂર છે જે ખરેખર વિજ્ઞાનનાં વિષયોમાં રસ ધરાવતા હોય અને સખત મહેનત કરવા માટે અને પુરતો સમય આપવા માટે કટિબદ્ધ હોય. આગળ ઉપર આપણે એ જોઇએ કે આજના સમયમાં વિદ્યાર્થીઓને અભ્યાસ માટે સરકાર તરફથી કઇ કઇ પ્રકારની શિષ્યવૃત્તિઓ ઉપલબ્ધ છે અને તે મેળવવા માટેની પાત્રતા શું છે. વિજ્ઞાન (બી.એસસી.)ની કોલેજો તમને અનેક પ્રકારની વિવિધતાઓ આપે છે, જેમ કે ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયણશાસ્ત્ર, જીવશાસ્ત્ર, ગણિત અને પછી આ ચાર વિષયોના અનેક ફાંટાઓ પડે છે, જેમ કે, કાર્બનિક રસાયણ, એસ્ટ્રોફિઝીક્સ, એપ્લાઇડ ફિઝીક્સ, આંકડાશાસ્ત્ર, પ્રાણીશાસ્ત્ર, વનસ્પતિશાસ્ત્ર, માઇક્રોબાયોલોજી, બાયો કેમિસ્ટ્રી, બાયોફિઝિક્સ, સ્પેસ ફિઝીક્સ, બાયોઇન્ફર્મેટીક્સ, બાયોટેકનોલોજી, વગેરે. ધો. 12માં ઓછી ટકાવારી આવી હોવાના કારણે નાસીપાસ થયેલા વિદ્યાર્થીઓ બી.એસસી.માં પ્રવેશ મેળવે તો પણ તેમણે એક તબીબ કે ઇજનેર કરતાં પોતાનું મહત્વ જરાપણ ઓછું આંકવું જોઇએ નહીં. પરંતુ માત્ર પદવી મેળવવાની ઇચ્છા જ ન રાખતાં, વિજ્ઞાન પ્રત્યેની સાચી અભિરૂચિ કેળવીને અભ્યાસ કરવો જોઇએ.

મૂળભૂત વિજ્ઞાનના અભ્યાસને પ્રોત્સાહન આપવાના હેતુથી ભારત સરકારે હાલના વર્ષોમાં કેટલીક નવી સંસ્થાઓ જેવી કે ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ એજ્યુકેશન એન્ડ રીસર્ચ (IISER), નેશનલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ એજ્યુકેશન એન્ડ રીસર્ચ (NISER), નેશનલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ ટેકનોલોજી (NIT), ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સ્પેસ ટેકનોલોજી (IIST), વગેરેની શરૂઆત કરેલ છે. વ્યાવસાયિક ધોરણે જો કોઇ સંશોધનના ક્ષેત્રમાં નવી ક્ષિતિજો પામવા માગતું હોય તો આ ક્ષેત્રમાં પણ અઢળક વિકલ્પો રહેલા છે, બસ જરૂર છે તો મૂળભૂત વિજ્ઞાન પ્રત્યે લગાવની અને ધીરજથી ભણવાની. અત્રે મૂળભૂત વિજ્ઞાન એટલે ભૌતિક વિજ્ઞાન, રસાયણ વિજ્ઞાન, ગાણિતિક વિજ્ઞાન અને જીવ વિજ્ઞાન તેના બૃહદ સ્વરૂપે.

ભૌતિક વિજ્ઞાન એ વિવિધ પ્રકારના વિજ્ઞાન, ઇજનેરી તથા ટેકનોલોજીનો આધાર છે. ભૌતિક વિજ્ઞાનના મૂળભૂત સિદ્ધાંતો આધારિત અન્ય તમામ પ્રકારના વિજ્ઞાનો સ્વતંત્ર વિષય રૂપે પણ વિકસેલ છે અને આથી જ ધોરણ 11-12માં વિજ્ઞાનના વિષયોમાં ભૌતિક વિજ્ઞાનને એક પાયાના અને અત્યંત જરૂરી વિષય તરીકે સ્થાન આપવામાં આવેલ છે. જો વિજ્ઞાન પ્રવાહના

વિદ્યાર્થીઓ ધોરણ 11-12માં ભણાવવામાં આવતા ભૌતિક વિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમને સારી રીતે ભણે તો તેઓને એન્જિનિયરિંગ, ટેકનોલોજી, આર્કિટેક્ચર, તબીબી, કૃષિ અને અન્ય શાખાઓ માટે જરૂરી પાયાનું જ્ઞાન મળી રહે છે. છેલ્લા કેટલાક વર્ષોમાં ભારતીય વિદ્યાર્થીઓ મેથ્સ, ફીજીક્સ, કેમેસ્ટ્રી, સ્પેસ સાયન્સ જેવા વિષયોમાં યોજાતા ઓલમ્પિયાડમાં અત્યંત પ્રભાવકારક પ્રદર્શન કરી રહેલ છે. પરંતુ કમનસીબે આ જ વિદ્યાર્થીઓ આગળ જતા મૂળભૂત વિજ્ઞાનથી વિમુખ થઇ જાય છે અને પરિણામે આપણે સારા વિદ્યાર્થીઓ ગુમાવી રહ્યા છીએ. તેજસ્વી વિદ્યાર્થીઓએ B.Sc. કક્ષાએથી જ સઘન તૈયારી કરીને M.Sc. સાથે અથવા પછી UGC-CSIR NET પરીક્ષા આપવી જોઇએ, જે ભવિષ્યમાં ઉત્તમ વૈજ્ઞાનિકો/સંશોધકો બનવાની લાયકાત છે.

હાલમાં ઘણી રાષ્ટ્રીય સંસ્થાઓ રાજ્ય તેમજ રાષ્ટ્રીય સ્તરે વિદ્યાથીઓમાં વિજ્ઞાન પ્રત્યે રુચિ કેળવાય એ હેતુથી કાર્યરત છે. જેમ કે ઇન્ડિયન એસોસિએશન ઑફ ફીજીક્સ ટીચર્સ દ્વારા હોમી ભાભા સેન્ટર ફોર સાયન્સ એજ્યુકેશન, મુંબઇના સહયોગથી આ પ્રકારની સ્પર્ધાત્મક પરિક્ષાઓનું દર વર્ષે આયોજન કરે છે. ફીજીક્સ ઓલમ્પિયાડમાં સફળતા મેળવવાથી ભારતીય વિજ્ઞાન સંસ્થાન (IISc) બેંગ્લોર, TIFR મુંબઇ, NISER ભુવનેશ્વર અને IISER જેવાં પ્રતિષ્ઠિત વૈજ્ઞાનિક સંસ્થાનોમાં ભૌતિક વિજ્ઞાનમાં ઉચ્ચ અભ્યાસ માટે પ્રવેશ સુનિશ્ચિત થાય છે. વળી, સફળતાપૂર્વક ઉચ્ચ અભ્યાસ કાર્ય બાદ આ પ્રકારની તમામ સંસ્થાઓમાં વૈજ્ઞાનિક તરીકે સ્થાન મેળવી શકાય છે. ભૌતિક વિજ્ઞાનમાં આગળ વધવા માટે રાજ્ય સ્તરે આવેલ સ્નાતક તથા અનુસ્નાતક કક્ષાની કોલેજોમાંથી B.Sc./M.Sc. પદવી પ્રાપ્ત કર્યા બાદ ઉચ્ચ અભ્યાસ માટે આગળ વધી શકાય છે. આ ઉપરાંત આજે ઘણી રાષ્ટ્રીય સ્તરની સંસ્થાઓ ઉપલબ્ધ છે જેમાં ધો. 12 પછી ઇન્ટિગ્રેટેડ એમ.એસસી. જેવા અભ્યાસક્રમોમાં પ્રવેશ મેળવી ઉજ્જવળ કારકિર્દી સુનિશ્ચિત કરી શકાય છે. અમુક રાષ્ટ્રીય સંસ્થાઓ ઇન્ટિગ્રેટેડ પીએચ.ડી. જેવા અભ્યાસક્રમો પણ ઉપલબ્ધ કરાવે છે, જેમાં કોઇ પણ યુ.જી.સી. માન્ય વિજ્ઞાન કોલેજમાંથી સ્નાતક થઇ પ્રવેશ મેળવવા માટેની લાયકાત કેળવી શકાય છે. આ પ્રકારના અભ્યાસક્રમોમાં પ્રવેશ મેળવવા માટે ઇચ્છુક વિદ્યાર્થીઓ પાસેથી જે તે સંસ્થાઓ દ્વારા અરજી મંગાવવામાં આવે છે અને પ્રવેશ પરીક્ષા તથા ઇન્ટરવ્યુ પાસ કરનાર વિદ્યાર્થી પ્રવેસ મેળવી શકે છે.

ફીજીક્સ વિષય સાથે એમ.એસસી. કર્યા બાદ દેશની અગ્રગણ્ય સંશોધન સંસ્થાઓમાં સંશોધન-પી.એચડી. કરી શકાયછે. આ સંસ્થામાં આર્યભટ્ટ ઓબ્ઝર્વેશનલ સાયન્સ સંશોધન સંસ્થા, નૈનિતાલ, હોમી ભાભા નેશનલ ઇન્સ્ટિટ્યુટ, મુંબઇ, હરીશચંદ્ર રીસર્ચ ઇન્સ્ટિટ્યુટ, અલાહાબાદ, ઇન્દિરા ગાંધી સેન્ટર (સંશોધન કેન્દ્ર)-કલ્પકમ, ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ એસ્ટ્રોફિઝિક્સ-બેંગલોર, ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ સાયન્સ-બેંગલોર, ટાટા ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ ફન્ડામેન્ટલ રિસર્ચ-મુંબઇ, ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ ફિઝિક્સ-ભુવનેશ્વર, પ્લાઝમા સંશોધન કેન્દ્ર-ગાંધીનગર, ઇન્ટર-યુનિવર્સિટી સેન્ટર ફોર એસ્ટ્રોનોમી એન્ડ એસ્ટ્રોફિઝિક્સ-પુણે, જવાહરલાલ નેહરુ સેન્ટર ફોર એડવાન્સડ્ સાયન્ટીફીક રીસર્ચ-બેંગલોર, નેશનલ સેન્ટર ફોર રેડિયો એસ્ટ્રોફિઝિક્સ-પુણે, ફિઝિકલ રીસર્ચ લેબોરેટરી-અમદાવાદ, રાજા રામન્ના સેન્ટર ફોર એડવાન્સ્ડ્ ટેકનોલોજી-ઇન્દોર, રામન રિસર્ચ ઇન્સ્ટિટ્યુટ-બેંગલોર, સાહા ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ ન્યુકલીયર ફિઝિક્સ-કોલકાતા, સત્યેન્દ્રનાથ બોસ નેશનલ સેન્ટર ફોર બેસિક સાયન્સીઝ-કોલકાતા, યુજીસી-ડી.એ.ઇ.કોન્સોર્ટિયમ ફોર સાયન્ટીફીક રિસર્ચ-વેરિયેબલ એનર્જી સાયક્લોટ્રોન સેન્ટર-કોલકાતા વગેરે. આ સંસ્થાઓમાં પ્રવેશ માટે સંયુક્ત પ્રવેશ પરીક્ષાનું દર વર્ષે આયોજન કરવામાં આવે છે, જે જોઇન્ટ એન્ટ્રન્સ સ્ક્રીનીંગ ટેસ્ટ (JEST) તરીકે ઓળખાય છે. તો વળી યુ.જી.સી દ્વારા લેવાતી નેટ પરીક્ષા ઉત્તીર્ણ કરવાથી પણ આ પ્રકારની સંશોધન પ્રયોગશાળા તથા યુનિવર્સિટીઝ ખાતે ડોક્ટરલ પ્રોગ્રામમાં એડમિશનની પાત્રતા મેળવી શકાય છે. તમામ સંશોધન સંસ્થાઓ તથા યુનિવર્સિટીઝ ખાતે ડોક્ટરલ પ્રોગ્રામમાં પ્રવેશ મેળવેલ વિદ્યાર્થીઓને રૂા. 8,000થી લઇને 18,000 કે વધુ પ્રતિ માસ જેટલી ફેલોશીપ પણ આપવામાં આવે છે. ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સ્પેસ ટેકનોલોજી ખાતે ડોક્ટરલ પ્રોગ્રામમાં એડમિશન મેળવનાર વિદ્યાર્થીઓને રૂા. 35,000 સુધીની ફેલોશીપ પણ આપવામાં આવે છે. ડોક્ટરલ પ્રોગ્રામના અંતે પી.એચડી.ની પદવી પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. સંશોધનના ક્ષેત્રમાં આગળ પોસ્ટ ડોક્ટરલ પ્રોગ્રામ પણ કરી શકાય છે. ભારતમાં ઘણી સંશોધન સંસ્થાઓ, આઇ.આઇ.ટી., આઇ.આઇ.એસ.સી., આઇ.આઇ.એસ.ટી. ખાતે આ પ્રકારના પ્રોગ્રામ ઉપલબ્ધ છે. પોસ્ટ ડોક્ટરલ ફેલોને પ્રતિ માસ રૂા. 21,000થી લઇને રૂા. 40,000 સુધીની ફેલોશીપ આપવામાં આવે છે.

ભારત સરકાર તથા તમામ રાજ્ય સરકારો દ્વારા વિદ્યાર્થીનીઓના શિક્ષણ માટે શાળા સ્તરથી સંશોધન સ્તર સુધીની અનેકવિધ યોજનાઓ અમલમાં મૂકવામાં આવેલ છે. જેમાંની કેટલીક આ મુજબ છે. ડીએસટી (ડીપાર્ટમેન્ટ ઑફ સાયન્સ એન્ડ ટેકનોલોજી) દ્વારા મહિલા વૈજ્ઞાનિકો અને Technologists માટે શિષ્યવૃત્તિ યોજના, મહિલા વિજ્ઞાનીઓ ફેલોશીપ યોજના (WOS-B), યુ.જી.સી., ઇન્દિરા ગાંધી પોસ્ટ ગ્રેજ્યુએટ શિષ્યવૃત્તિ, વગેરે.

ધોરણ 12 પછી વિજ્ઞાનના અભ્યાસ માટે ઉપલબ્ધ શિષ્યવૃત્તિઓની વિગતો જોઇએ તો ડીપાર્ટમેન્ટ ઑફ સાયન્સ એન્ડ ટેકનોલોજી (DST) ભારત સરકાર દ્વારા પ્રતિભાશાળી યુવા વિદ્યાર્થીઓને વિજ્ઞાન સઘન કાર્યક્રમો (science intensive programmes)માં જોડાવા માટે દર વર્ષે 10,000 શિષ્યવૃત્તિ જાહેર કરેલ છે જેના અંતર્ગત પસંદગી પામેલ વિદ્યાર્થીઓને 22 વર્ષ વય જૂથમાં પ્રતિ વર્ષ રૂા. 60,000 ની શિષ્યવૃત્તિ આપવામાં આવે છે. આ શિષ્યવૃત્તિ ફક્ત એવા ઉમેદવારો માટે છે જે ફક્ત B.Sc.,B.Sc. (Hons.), Integrated M.Sc./MS મૂળભૂત વિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમોમાં ભારતમાં કોઇપણ માન્ય સંસ્થાઓમાં કરવા માટે લાયક નીવડેલ હોય. વધુ વિગતો માટે http://www.inspire-dst.gov.in/index.html જુઓ.

DST દ્વારા કિશોર વૈજ્ઞાનિક પ્રોત્સાહન યોજના KVPY હેઠળ પસંદગી પામતા અને વિજ્ઞાન, એન્જિનિયરિંગ અને મેડિસીનમાં અભ્યાસ કરતા તેજસ્વી વિદ્યાર્થીઓને પ્રતિમાસ રૂા. 3,000-7,000ની ફેલોશીપ આપવામાં આવે છે. આ ફેલોશિપનો આશય વિદ્યાર્થીઓને શોધ-સંશોધનમાં રસ લેતા કરવાનો છે અને તેજસ્વી વિદ્યાર્થીઓની શક્તિઓ ખીલવવાનો છે. આ એક પ્રકારની મેરિટ સ્કોલરશીપ જ છે. કિશોર વૈજ્ઞાનિક ફેલોશિપ શાળા અને કોલેજ બંને સ્તરના વિદ્યાર્થીઓને એનાયત થાય છે. આ ફેલોશિપ એનાયત કરવા માટે લેખિત પરીક્ષા (એપ્ટિટ્યુટ ટેસ્ટ) અને ઇન્ટરવ્યૂ યોજવામાં આવે છે. દરેક પ્રકારની ફેલોશિપ માટે અલગ ફોર્મ હોય છે. આ અંગે દર વર્ષે વિગતવાર જાહેરાત પ્રકાશિત થાય છે. જુઓ (http://www.kvpy.org.in/main/).

ભારતની ત્રણેય વિજ્ઞાન અકાદમી યાને કે ઇન્ડિયન નેશનલ સાયન્સ એકેડેમી, ઇન્ડિયન એકેડેમી ઑફ સાયન્સીસ અને નેશનલ એકેડેમી ઑફ સાયન્સીસ તથા ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ સાયન્સ (IISc)ના સહિયારા પ્રયત્નોથી આજે IISc, બેંગ્લોર ખાતે અનન્ય એવો 4 વર્ષનો બેચલર ઑફ સાયન્સ પ્રોગ્રામ શરૂ કરવામાં આવેલ છે. વધુ માહિતી માટે જુઓ http:/ /www.iisc.ernet.in/ug/index.htm.

અન્ય કેટલીક નવતર સંસ્થાઓ પંડિત દીનદયાળ પેટ્રોલિયમ યુનિવર્સિટી (PDPU), ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટિટ્યુટ ઑફ સ્પેસ સાયન્સ એન્ડ ટેકનોલોજી (IIST) તથા યુનિવર્સિટી ઑફ મુંબઇ & ડીપાર્ટમેન્ટ ઑફ એટોમિક એનર્જી- સેન્ટર ફોર એક્સેલન્સ ઇન બેસિક સાયન્સ (UM-DAE-CEBS). પેટ્રોલિયમ અને પેટ્રોકેમિકલ્સ સેક્ટરમાં કેરિઅર અંગેના વિષયોની જાણકારી બહુ ઓછા લોકોને છે. એ જ કારણસર આજે પરિસ્થિતિ એ છે કે જરૂરિયાતની સામે ઘણા જ ઓછા જાણકારો પ્રાપ્ય છે. આથી ગાંધીનગરમાં પંડિત દીનદયાળ પેટ્રોલિયમ યુનિવર્સિટીની સ્થાપના કરવામાં આવી છે. આ યુનિવર્સિટીએ મુખ્ય પાંચ સંસ્થાઓની સ્થાપના કરી છે. 1. સ્કૂલ ઑફ પેટ્રોલિયમ મેનેજમેન્ટ, 2. સ્કૂલ ઑફ પેટ્રોલિયમ ટેકનોલોજી, 3. સ્કૂલ ઑફ સોલાર એનર્જી, 4. સ્કૂલ ઑફ ન્યૂક્લિયર એનર્જી અને 5. સ્કૂલ ઑફ લિબરલ સ્ટડીઝ. વધુ માહિતી માટે http://www.pdpu.ac.in/ જુઓ.

IIST ખાતે અવકાશ વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજી ક્ષેત્રે સ્નાતક, અનુસ્નાતક, ડોક્ટરલ તથા પોસ્ટ ડોક્ટરલ કક્ષાના કાર્યક્રમો ઉપલબ્ધ છે અને એ પણ એક સંશોધન કેન્દ્ર તરીકે પણ સેવા આપે છે. વધુ વિગતો માટે http://www.iist.ac.in/ જુઓ.

યુનિવર્સિટી ઑફ મુંબઇ હેઠળ UM-DAE-CEBSમાં ધોરણ 12 પછી થઇ શકે તેવા ઇન્ટીગ્રેટેડ એમ.એસસી.નો અભ્યાસક્રમ ચલાવવામાં આવે છે. આ અભ્યાસક્રમમાં પ્રવેશ મેળવવા માટે સંસ્થા દ્વારા લેવાતી National Entrance Screening Test (NEST) પાસ કરવી જરૂરી છે. આ પરીક્ષામાં પાસ થવાથી NISER (National Institute of Science

Education and Research) ભુવનેશ્વર અને શાંતિનિકેતન ખાતે પણ એડમિશન મેળવી શકાય છે. વધુ વિગત માટે http://www.cbs.ac.in/ જુઓ.

ડૉ. હોમી ભાભાએ જેની સ્થાપના કરી હતી તે Bhabha Atomic Research Centre, મુંબઇ ખાતે દર વર્ષે અત્યન્ત સ્પર્ધાત્મક એવી BARC Training School માટેની પ્રવેશ પરીક્ષા યોજાય છે. તેમાં ભારતભરનાં તેજસ્વી M.Sc. થયેલા વિદ્યાર્થીઓ તેમજ B.E. સ્નાતકો પરીક્ષા આપે છે. ખૂબ કસોટી-દાયક પરીક્ષા અને ઇન્ટરવ્યૂ બાદ લગભગ 700 યોગ્ય ઉમેદવારો પસંદ થાય છે, જેમને તાલીમ બાદ Department of Atomic Energyના જુદાં જુદાં સંસ્થાનોમાં વ્યવસાયની તકો મળે છે.

સંશોધન એ યુવા વર્ગને વણદીઠેલી ભોમ પર પહોંચવા માટેનું એક આવાહન છે. ભૌતિક વિજ્ઞાનમાં અનુસ્નાતકની પદવી બાદ ટોચની સંસ્થાઓ/રાષ્ટ્રીય સંસ્થાઓમાં Ph.D. અને Post-Doctoral Studies કરી શકાય છે. આ ઉપરાંત ભૌતિક વિજ્ઞાનમાં ઉચ્ચ અભ્યાસ અન્ય કેટલીક ઉચ્ચ સંસ્થાઓમાં ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ ટેકનોલોજી અને બિરલા ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ ટેકનોલોજી પણ મોખરાનું સ્થાન ધરાવે છે. આમાંની કેટલીક સંસ્થાઓની યાદી અત્રે સમાવિષ્ટ કરવાનો પ્રયત્ન કરેલ છે, જેની વધુ વિગતો Google Search માંથી મળી રહેશે.

IITs

IIT Kharagpur-Kharagpur, IIT Bombay-Mumbai, IIT Madras-Chennai, IIT Kanpur, IIT Delhi, IIT Guwahati, IIT Roorkee, IIT Rupnagar, IIT Bhubaneshwar, IIT Hyderabad, IIT Gandhinagar, IIT Patna, IIT Rajasthan-Jodhpur, IIT Mandi, IIT Indore. ઉપરાંત National Institutes of Technologyની પણ જાણકારી મેળવવી જરૂરી છે.

IISERs

IISER Bhopal, IISER Kolkata, IISER Mohali, IISER Pune, IISER Thiruvananthapuram, NISER Bhubaneshwar.

BITS

BITS Pilani, BITS Mesara, BITS Goa, BITS Hyderabad, BITS Dubai.

આ પ્રકારની સંસ્થાઓમાં તથા Vellore Institute of Technology વગેરેમાં M.Sc. (Physics) બાદ પ્રવેશ પરીક્ષા પસાર કરીને M.Tech.નો અભ્યાસ કરી શકાય છે.

ફીજીક્સ વિષય સાથે એમ.એસસી. કર્યા બાદ ઉચ્ચ અભ્યાસ માટે ઘણી વિશિષ્ટ શાખાઓમાં અભ્યાસ માટે જઇ શકાય છે, જેમ કે, એસ્ટ્રોનોમી-એસ્ટ્રોફિઝિક્સ, સ્પેસ સાયન્સ, સ્પેસ ટેકનોલોજી, ક્લાઇમેટ સાયન્સ, નેનો સાયન્સ, ક્વોન્ટમ ઇન્ફોર્મેશન એન્ડ ક્વોન્ટમ કોમ્પ્યુટીંગ, પાર્ટિકલ ફીજીક્સ, પ્લાઝ્મા ફીજીક્સ, એટોમિક મોલેક્યુલર ફીજીક્સ વગેરે. ISRO તરફથી દહેરાદૂન ખાતે Remote Sensingનો ડીપ્લોમા ચલાવવામાં આવે છે.

મુંબઇ યુનિવર્સિટી દ્વારા કેટલાક પ્રોફેશનલ (વૉકેશનલ) બી.એસસી. અભ્યાસક્રમો ચલાવવામાં આવે છે જેની ટૂંકી માહિતી નીચે મુજબ છે.

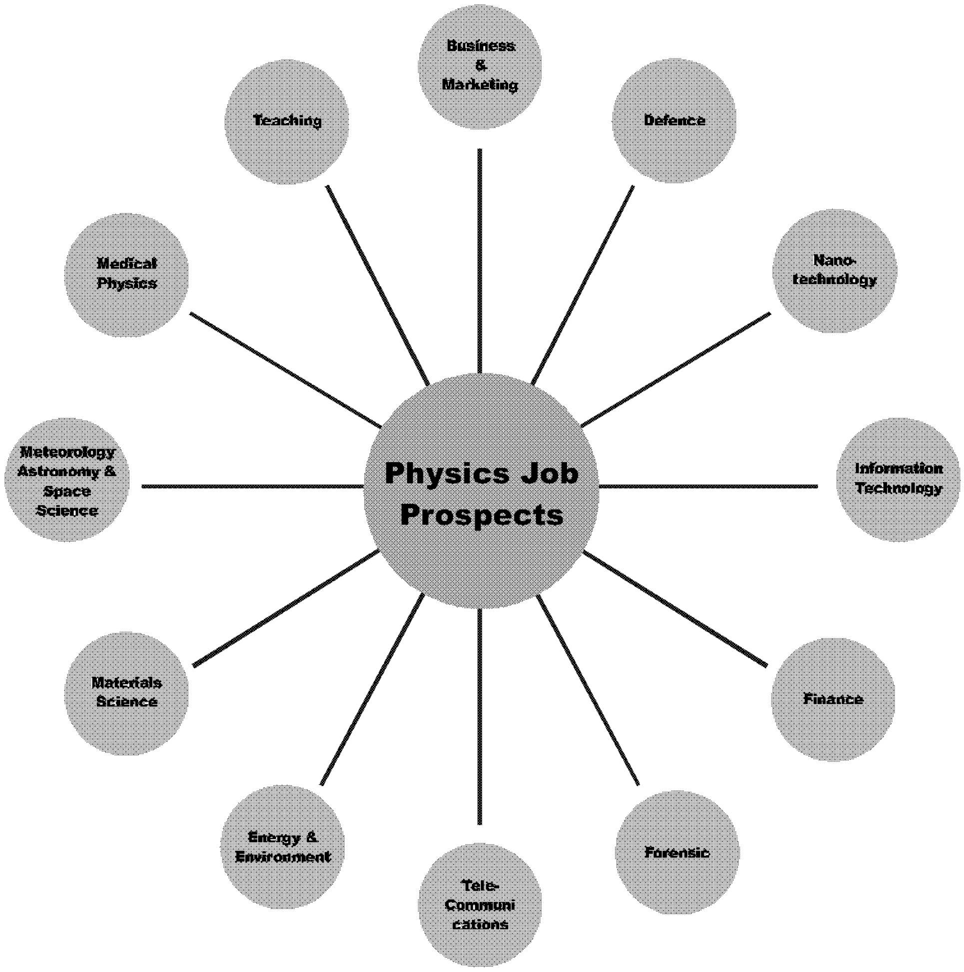
1. બી.એસસી. નોટીકલ સાયન્સ (http://www.tsrahaman.org/preseacourses.html)

2. બી.એસસી. મેરીટાઇમ હોસ્પીટાલિટી સ્ટડીઝ (http://www.tsrahaman.org/preseacourses.html)

3. બી.એસસી. એવીએશન, (http://www.iaas.edu.in/bsc_aviation.html)

આ ઉપરાંત લગભગ તમામ યુનિવર્સિટીઓ દ્વારા બી.એસસી. નર્સિંગ કોર્સ ચલાવવામાં આવે છે, તો વળી બી.એસસી. બાયોટેકનોલોજી, બાયો ઇન્ફોર્મેટીક્સ, બાયોકેમિસ્ટ્રી વગેરે જેવા કોર્સીસ પણ અનેક માતબર યુનિવર્સિટીઝ ખાતે ઉપલબ્ધ છે જેમાં ઉજ્જવળ કારકિર્દી બનાવી શકાય છે. તો અમુક યુનિવર્સિટીઓ દ્વારા નવતર કોર્સીસ ચાલુ કરવામાં આવેલ છે જેવા કે બી.એસસી. ઇન ફાયર ટેકનોલોજી (http://www.collegeoffiretechnology.com/index.htm), બી.એસસી., ઇન એનિમેશન, મલ્ટીમીડિયા (http://www.indiastudycenter.com/Univ/List.htm, http://www.shiksha.com) વગેરે. સ્વાભાવિક છે કે આ એક લેખમાં વધુ માહિતી આપવાનું શક્ય નથી.

વિજ્ઞાનના વ્યાપની સાથે પાયાના સંશોધનની માંગ પણ વધી રહી છે. વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજી ક્ષેત્રે રાષ્ટ્રવ્યાપી પરિસ્થિતિ જોઇએ તો દેશમાં આશરે 325 કરતાં વધુ સંસ્થાઓ રાષ્ટ્રીય કક્ષાએ રિસર્ચ એન્ડ ડેવલોપમેન્ટનું કામ કરે છે આ બધી સંસ્થાઓમાં 50% સ્ટાફ વિજ્ઞાન-ટેકનોલોજી ક્ષેત્રે કામ કરતા માનીએ તો તે 50%ના 80% કરતા વધુ ભાગ એ મૂળભૂત વિજ્ઞાન સાથે સંકળાયેલ વ્યક્તિઓનો બનેલો જોવા મળશે. ભૌતિકશાસ્ત્ર સ્નાતકો/ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ માટે વ્યવસાયની તકો લગભગ તમામ ક્ષેત્રોમાં ઉપલબ્ધ છે. આ મૂળભૂત વિજ્ઞાન વિશેષજ્ઞો માટે ભારત જેવા વિકાસશીલ અર્થતંત્ર તથા વિશ્વમાં બધે જ રોજગાર ભાવિ ખરેખર નોંધપાત્ર છે. નીચે દર્શાવેલ ચાર્ટ દ્વારા આ વાત સમજી શકાશે.



જો કોઇ વિદ્યાર્થી “ઓપ્ટીક્સ/ફાઇબર ઓપ્ટિક્સ (Optics/Fiber Optics)”વિષય સાથે એમ.એસસી. કરે તો તેને માટે ભારત તેમજ અમેરિકા, યુરોપ વગેરેમાં કારકિર્દી માટેની શ્રેષ્ઠ તકો રહેલી છે. વિજ્ઞાન પ્રવાહના ધો. 12 (બાયોલોજી ગ્રુપ) પાસ થયા પછી બેચલર ઑફ ઓપ્ટોમેટ્રીનો અભ્યાસક્રમ સો ટકા ઉત્તમ નોકરીની ખાતરી આપે છે. આ ડિગ્રી ધરાવનાર વિદ્યાર્થી ઓપ્ટોમેટ્રીસ્ટ તરીકે ઓળખાય છે. ગુજરાત સહિત સમગ્ર ભારતમાં હાલમાં 35,000 ઓપ્ટોમેટ્રીસ્ટની જરૂરિયાત છે ત્યારે જુજ કોલેજોમાં આ અભ્યાસક્રમ ચાલે છે. ગુજરાતની વાત કરીએ તો અમદાવાદની નગરી આઇ હોસ્પિટલ તથા નવસારીમાં રોટરી સંચાલિત હરી જ્યોત કોલેજ ઑફ ઓપ્ટોમેટ્રી મળીને માત્ર બે જ કોલેજો છે. આ અભ્યાસક્રમ પાસ કર્યા બાદ આંખની હોસ્પિટલોમાં નોકરીની ઉજળી તકો રહેલી છે. એ સિવાય ઓપ્ટોમેટ્રીસ્ટ સ્વતંત્ર વ્યવસાય પણ કરી શકે છે. સમય બદલાતાં બજારમાં નવી નવી મલ્ટીનેશનલ કંપનીઓ આવી રહી છે. આંખના નંબરના ચશ્મા બનાવતી તથા તે સાથે સંકળાયેલી કંપનીઓ સતત તાલીમબદ્ધ ઓપ્ટોમેટ્રીસ્ટની શોધમાં રહે છે. ટૂંકમાં એવું કહી શકાય કે “દૃષ્ટિની દુનિયામાં કેરિયરની સૃષ્ટિ”

બેઝીક સાયન્સના વિષયો સાથે એમ.એસસી. કર્યા બાદ અમુક સંશોધન સંસ્થાઓમાં ટ્રેઇનીંગ સ્કૂલના માધ્યમથી પ્રવેશ મેળવી શકાય છે. સફળતાપૂર્વક ટ્રેઇનીંગ સ્કૂલ પૂર્ણ કર્યા બાદ આ સંસ્થાઓમાં વૈજ્ઞાનિકની પદવી ઉપર સીધી ભરતી કરવામાં આવે છે અને પ્રાથમિક પગાર ધોરણ આશરે 30,000થી 32,000 મળવા પાત્ર થાય છે. જેમાં BARC ઉપરાંત પ્લાઝમા અનુસંધાન કેન્દ્ર અને ડીફેન્સ રિસર્ચ એન્ડ ડેવલપમેન્ટ ઓર્ગેનાઇઝેશન મુખ્ય છે. વધુમાં, BARCમાં ઘણા વર્ષોથી રેડીયોલોજીકલ એન્ડ હેલ્થ ફિઝીક્સનો ડીપ્લોમા ચાલે છે. M.Sc. Physics થઇને ઘણાં વિદ્યાર્થી ભાઇ-બહેનો B.Ed. બાદ માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક કક્ષાએ સફળ શિક્ષક બને છે. વધુમાં NET કે રાજ્યકક્ષાની GCET પસાર કર્યા બાદ કોલેજો/ યુનિવર્સિટીઓમાં અધ્યાપક બની શકાય છે. આપણે ત્યાં એન્જિનિયરીંગ કોલેજોમાં પણ ફિઝીક્સ તેમજ મેથ્સના અધ્યાપકોની જરૂર રહે છે.

આ ઉપરાંત બેઝીક સાયન્સમાં સ્નાતક, અનુસ્નાતક અને ડોક્ટરલ પદવી ધરાવતા વિદ્યાર્થીઓ માટે આજે ઘણી ઇન્ડસ્ટ્રીઝના દ્વાર પણ ખુલ્લાં છે.

આજે દેશ અને દુનિયામાં જે વિકાસ થઇ રહ્યો છે તેમાં ભૌતિકશાસ્ત્રનો ફાળો નકારી શકાય તેમ નથી, તેમ છતાં ભૌતિકશાસ્ત્રને ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે જેટલું મહત્વ મળવું જોઇએ તે મળેલ નથી. આજે વાસ્તવિકતા એ છે કે ભૌતિકશાસ્ત્ર આધારિત-ઉદ્યોગો માટે ખુબ માંગ છે. કોઇ પણ ઉદ્યોગ R&D આપૂર્તિ વગર વ્યાજબી સ્તરે પહોંચવામાં સક્ષમ હોઇ શકે છે, પરંતુ પ્રભાવી સ્તર સુધી પહોંચવા માટે વૈશ્વિક સ્પર્ધાત્મકતા, સતત નવીનીકરણ જરૂરી છે અને તે R&D આપૂર્તિ વગર શક્ય નથી.

તો આજે ઉગતા સૂર્ય સમાન નેનો-ટેકનોલોજી પણ ભૌતિકશાસ્ત્રનો એક વિકસતો આયામ છે. આ ક્ષેત્રે પણ રીસર્ચ અને રોજગારીની ઉત્તમ તકો રહેલ છે. તો વળી લેસર, ક્ષ-કિરણો, મેગ્નેટિક રેઝોનન્સ ઇમેજિંગ વગેરે ટેકનોલોજી જેના ઉપર આજનું મેડીકલ સાયન્સ આધારિત છે તે પણ ભૌતિકશાસ્ત્રમાં થયેલ ક્રાંતિકારી શોધને આભારી છે. અને આથી તેને માટે સાધનો બનાવતી ઇન્ડસ્ટ્રીઝમાં પણ ભૌતિકશાસ્ત્ર સાથે સ્નાતક/અનુસ્નાતક થયેલ વિદ્યાર્થીઓ માટે રોજગારીની વિપુલ તકો રહેલી છે. આ ઉપરાંત રીસર્ચ અને રોજગારને આવરી લેતા અન્ય ક્ષેત્રોમાં ક્રાયોજેનિક્સ, સુપરકન્ડક્ટીવીટી અને સેમીકન્ડક્ટર્સ આધારિત ઇન્ડસ્ટ્રીઝનો પણ સમાવેશ થાય છે. ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટેશન આધારિત ઇન્ડસ્ટ્રીઝ જેવી કે બાયોમેડીકલ ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટેશન, રોબોટીક્સ, એવીએશન વગેરે જેવા ક્ષેત્રોમાં એન્જીનિયરની સાથે ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓની પણ માંગ છે.

અન્ય એક અત્યંત આધુનિક ક્ષેત્રની વાત કરીએ કે જે હાલ સંપૂર્ણપણે સંશોધન આધીન છે. અને એ છે ક્વોન્ટમ ઇન્ફોર્મેશન (ક્વોન્ટમ કોમ્પ્યુટીંગ). IBM એ વિશ્વની અગ્રગણ્ય સંસ્થા છે. જેના વિવિધ સંશોધન-વિભાગો તેનું ફીજીક્સ ડીપાર્ટમેન્ટ એક આગવું અને અલાયદું સ્થાન ધરાવે છે. IBMની વેબ સાઇટ પર મૂકેલ અવતરણ (જે નીચે મુજબ છે) તે ફીજીક્સની મહત્તા વિષે ઘણું કહી જાય છે;

"Physics "deals with matter and energy and their interactions" (Webster) across a range of fields, including electricity, magnetism, and optics. These three fields correspond closely with the key ingredients in a modern computer: microelectronics, storage and displays. This it is no surprise that physics plays a key role in IBM, spanning the entire range of computer technology. Some of our physics research is aimed at improving and further developing existing technologies. Other projects hope to overthrow existing technology and create new paradigms that will continue to drive the information revolution.

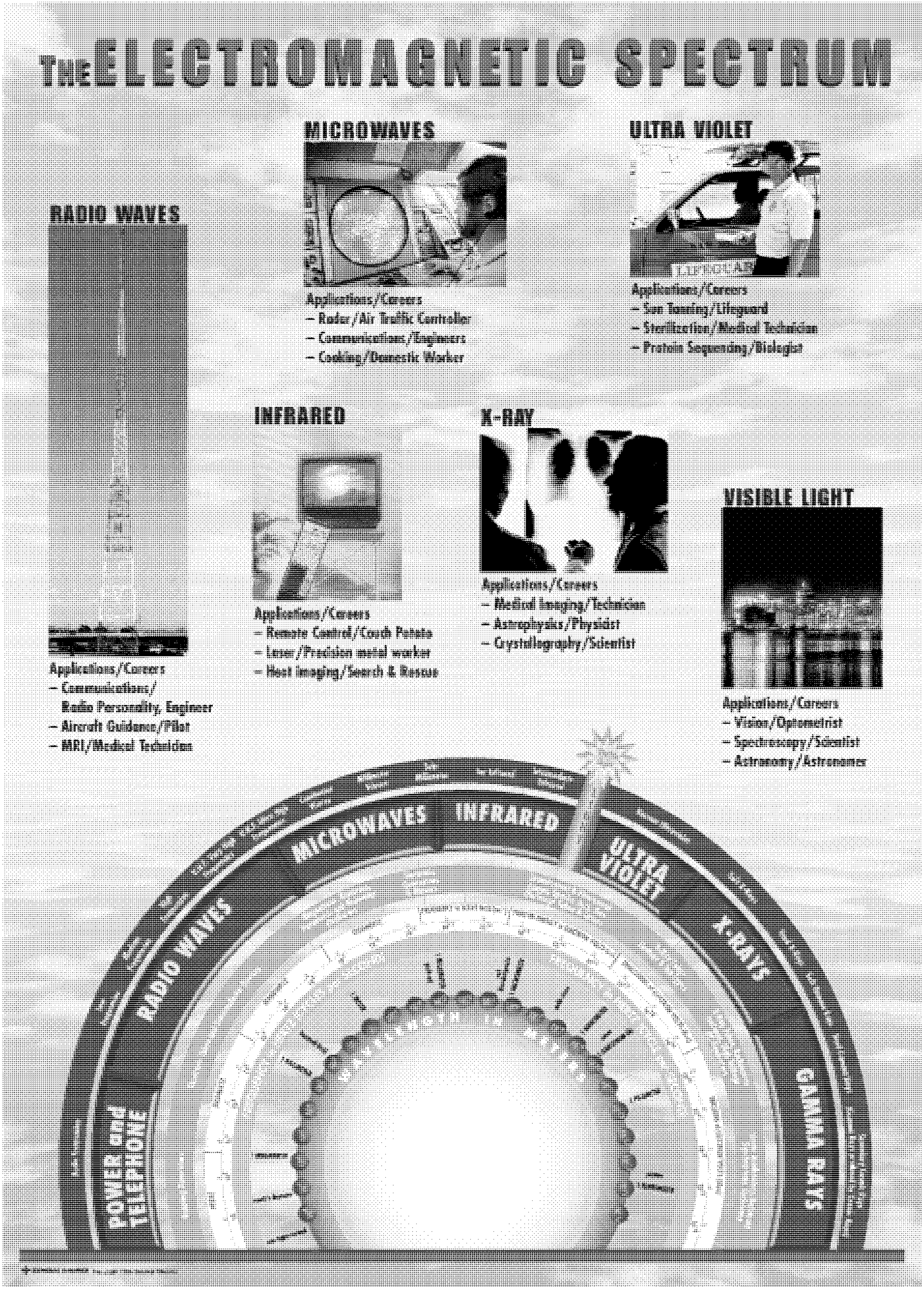
Some research areas make use of the tremendous computational power now available to solve "grand challenge" problems such as protein folding, or they utilize deep, specialized knowledge developed at IBM to explain long standing riddles in areas such as astronomy. The interplay between physics and computers has benefited both sides- a situation that is not likely to change anytime soon." (http://researchweb.watson.ibm.com/disciplines/physics.shtml)

જો ભૌતિકશાસ્ત્ર ક્ષેત્રે આટલા પ્રમાણમાં તકો રહેલ હોય તો આપણા દેશમાં ભૌતિકશાસ્ત્ર માટે ઉદ્યોગ ક્ષેત્રે રોજગારીની માંગ ન હોવાનું કારણ શું ? આ એક મૂળભૂત પ્રશ્ન છે જેનો જવાબ આપણી શિક્ષણ પદ્ધતિમાં રહેલ છે. આ માટે સરકાર, ભારતીય ઉદ્યોગો અને યુનિવર્સિટીઓએ સહિયારા પ્રયાસો કરવા પડશે. વ્યવસાયનાં ક્ષેત્રોમાં સોફ્ટવેર અને મેનેજમેન્ટના જાણકારોને વિજ્ઞાનીઓ-ઇજનેરો કરતા વધુ વેતન મળે છે, એ હકિકત છે.

ફીજીક્સ વિષય સાથે 15000 અનુસ્નાતક અને 500 પી.એચડી. દર વર્ષે તૈયાર થાય છે જેની સામે દેશના ઉચ્ચ વૈજ્ઞાનિક સંસ્થાનોમાં અને લેબોરેટરીમાં આશરે 400 જગ્યાઓ જ ઉપલબ્ધ હોય છે. આના પરથી ફલિત થાય છે કે ઉપલબ્ધ રોજગારીની તકો કે જેમાં કુશળ માનવબળની જરૂરિયાત છે તેની સામે આપણે એવા માનવબળ તૈયાર કરીએ છીએ કે જે ટ્રેઇન્ડ તો છે પરન્તુ સ્કીલ્ડ નથી. પરિસ્થિતિ બદલી શકે તેમ છે, જરૂર છે તો ફક્ત માળખાંગત ફેરફારોની. કોલેજો અને યુનિવર્સિટીઓ જો ફીજીક્સ આધારિત ઉદ્યોગ એકમો અને રાષ્ટ્રીય પ્રયોગશાળાની જરૂરિયાત ધ્યાનમાં રાખીને અભ્યાસક્રમ બનાવે અને સાથે સાથે વિદ્યાર્થીઓને નાના પ્રોજેક્ટ્સ કરાવે તો આ વિસંગતતા દૂર થઇ શકે તેમ છે. વિદેશોની યુનિવર્સિટીઓમાં ઉદ્યોગો સાથે જે નાતો જોવા મળે છે, તેવું ભારતમાં હજુ જોવા મળતું નથી.

અને છેલ્લે, આ સાથે મુકેલી એક સચિત્ર આકૃતિ જુઓ કે જેમાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના વિવિધ ઉપયોગો તેમજ તે મુજબ કારકીર્દિની તકોનો ચિતાર આપવામાં આવ્યો છે.

*****


THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM
MICROWAVES
Applications/Careers
– Radar/Air Traffic Controller
– Communications/Engineers
– Cooking/Domestic Worker
ULTRA VIOLET
Applications/Careers
– Sun Tanning/Lifeguard
– Sterilization/Medical Technician
– Protein Sequencing/Biologist
RADIO WAVES
Applications/Careers
– Communications/
Radio Personality, Engineer
– Aircraft Guidance/Pilot
– MRI/Medical Technician
INFRARED
Applications/Careers
– Remote Control/Couch Potato
– Laser/Precision metal worker
– Heat Imaging/Search & Rescue
X-RAY
Applications/Careers
– Medical Imaging/Technician
– Astrophysics/Physicist
– Crystallography/Scientist
VISIBLE LIGHT
Applications/Careers
– Vision/Optometrist
– Spectroscopy/Scientist
– Astronomy/Astronomer
POWER and TELEPHONE
RADIO WAVES
MICROWAVES
INFRARED
ULTRA VIOLET
X-RAYS
GAMMA RAYS

પ્લાઝમા પોલિમરાઈઝેશન અંગેનાં સંશોધનની એક ઝલક

સુધીર ભટ્ટ
સંશોધન-છાત્ર,
મેડમ ક્યુરી યુનિવર્સિટી,પારીસ (ફ્રાન્સ)

"And, when you want something, all the universe conspires in helping you to achieve it."
-The Alchemist

વાચક મિત્રો, સૌ પ્રથમ તો હું એ જણાવું કે વિદ્યાનગરથી M.Sc. (Physics) થયા બાદ પ્રથમ વર્ગ સ્હેજ માટે ચુકી જવાનો મને રંજ હતો. મારા M.Sc. પ્રોજેક્ટને લીધે મને IPR, ગાંધીનગરમાં કામ કરવા મળ્યું અને ઉચ્ચ તાલીમ પ્રાપ્ત થઇ, જેથી મને ગાંધીનગરની Sahajanand Laserમાં ખુબ સારી વ્યાવસાયિક તક મળી. હજુ આગળ ભણવાની તમન્ના હોવાથી મેં દેશ-વિદેશમાં અરજીઓ કરવાનું ચાલુ રાખ્યું. હાલમાં પારીસ-ફ્રાન્સ ખાતે શિષ્યવૃત્તિ સાથે પીએચ.ડી.નો અભ્યાસ કરી રહ્યો છું. મારા કાર્યનો વિષય 'Plasma-surface interactions and polymerization'ને લગતો છે તે સંદર્ભે આવો, થોડી interdisciplinary પ્રકારની વાતો કરીએ.

આપણે જેની વાત કરવી છે, તે "Biofouling અથવા Biological fouling એટલે ''કોઇપણ ભીની સપાટી પર સુક્ષ્મ જીવોનો અનિચ્છનીય સંચય''. રક્તની સાથે સીધા સંપર્કમાં આવતા જૈવ-ચિકિત્સાનાં સાધનો જેવા કે કાર્ડીયક સ્ટેન્ટ, કેથેટર, એન્ડોસ્કોપ વગેરેની સંપર્કમાં આવતી સપાટી ઉપર લોહીના ઘટકો ઉપરાંત સુક્ષ્મ જીવો જેવાં કે બેક્ટેરીયા અને વાયરસ પણ પોતાની વસાહતો બનાવવાની શરૂ કરી દેતાં હોવાથી આવા સાધનોની ઉપયોગ-ક્ષમતા સમય સાથે ઘટવા લાગે છે. આવાં સાધનો કે જેમની સપાટી પર સુક્ષ્મ જીવોની વસાહતો હોય છે તેનો ઉપયોગ કરવાથી અન્ય દર્દીઓમાં પણ સંક્રમણ થવાનો ભય રહે છે. તેથી આજના જૈવચિકિત્સા વિજ્ઞાન અને ઉત્તક (Tissue) ઇજનેરી શાખાઓ સામે બાયોફોલીંગ એક જટીલ સમસ્યા બની રહી છે. બાયોફોલીંગને અટકાવવા માટેના ઉપાયો થયા એમાં સાધનોને ઉપયોગમાં લીધા બાદ સ્ટરીલાઇઝ કરવામાં આવે છે પરંતુ ઘણા સુક્ષ્મ જીવો આવા ઊંચા તાપમાને પણ પોતાનું અસ્તિત્વ ટકાવી રાખવા માટે અનુકુલન સાધી લેતા હોવાથી આ સમસ્યાનો ઉકેલ મળી શકતો નથી.

ગયા વર્ષે, જ્યારે હું વેકેશન દરમ્યાન મારી પ્રયોગશાળામાં પ્લાઝમા પોલિમરાઇઝેશન ઉપર પ્રયોગ કરી રહ્યો હતો ત્યારે ''Hotel-Dieu de Paris'' કે જેને પેરીસના સૌથી જુના જૈવ-ચિકિત્સાલય તરીકે ઓળખવામાં આવે છે, ત્યાંથી એક સજ્જન આવ્યા. તેઓ પોતે કેન્સર ઉપર છેલ્લા ચાલીસેક વર્ષથી કાર્યરત હતા પોતે કેન્સર સર્જન હતા. બાયોફોલીંગની સમસ્યાને એમણે મને વિગતવાર સમજાવ્યા બાદ ઉકેલની આશાએ આવેલા એ સજ્જન ડૉક્ટરને મારા વિભાગે કોઇને કોઇ ઉકેલ આપવાની ધરપત આપ્યા બાદ એમની મારી પ્રયોગશાળાની સાંજની મુલાકાત સુખદ રીતે પુરી થઇ ગઇ હતી.

આ ઘટનાને આજે એક વર્ષ થઇ ગયું છે અને હું જ્યારે આ લખી રહ્યો છું ત્યારે ફિલાડેલ્ફીયાથી એક આંતરરાષ્ટ્રીય સમ્મેલનમાં મારુ એક સંશોધનપત્ર રજુ કરીને પેરીસ પરત જઇ રહ્યો છું. એક વર્ષ પહેલાં ઉઠેલા બાયોફોલીંગના એ સવાલનો ઉત્તર શોધવા માટે મેં પ્લાઝમા અને મટિરીયલ સાયન્સનો અભ્યાસ કરીને વ્યક્તિગત રીતે ''Inductively excited low pressure plasma co-polymerization'' માટેની system બનાવ્યા બાદ એક બાયોકોમ્પેટીબલ, બાયોડીગ્રેડેબલ પદાર્થ સાથે હાઇડ્રોફીલીક મોનોમરનું પ્લાઝમા કો-પોલિમરાઇઝેશન કરીને Antifouling coatingનું ડેવલપમેન્ટ કર્યું છે. એન્ટીફોલીંગ

કોટીંગ અર્થાત્ એક જ સપાટી પર સમાન રીતે હાઇડ્રોફોબીક અને હાઇડ્રોફીલીક ઝોન હોવાના લીધે કોઇપણ સુક્ષ્મજીવો પોતાની વસાહતો બનાવી શકતા કે સપાટી પર રહી કે ચોંટી શકતા નથી. પ્લાઝમા દ્વારા બનાવવામાં આવેલી કોષ કે સુક્ષ્મ જીવોને પોતાનાથી દુર રાખતી-એન્ટીફોલીંગ સપાટીઓનું સંશોધન વિવિધ પદ્ધતિઓ દ્વારા કરવામાં આવ્યું છે અને સપાટી પર પ્લાઝમા દ્વારા બનેલી રાસાયણિક સંરચનાઓને નેનો સ્તર પર અભ્યાસ કરવામાં આવ્યો છે. છેલ્લે, આ સપાટીઓને વિવિધ પ્રાણીઓના શરીરમાં દાખલ કર્યા બાદ એમના પર ચોંટેલા કે વસાહતો દ્વારા જમા થયેલા કેન્સરના કોષોનો સુક્ષ્મ અભ્યાસ કર્યા બાદ હોસ્પીટલની અને ફ્રાન્સ સરકારની ખાસ સલાહ લઇ અમે આ એન્ટીફોલીંગ કોટીંગ્સને પેટન્ટ કરાવવા તરફ જઇ રહ્યા છીએ.

ભૌતિકવિજ્ઞાનની દષ્ટિએ, પ્લાઝમા એ દ્રવ્યનું ચોથું સ્વરૂપ છે કે જેમાં ઇલેક્ટ્રોન, આયનો તેમજ તટસ્થ પરમાણુ કે અણુઓ રહેલ હોય છે. બહારથી ઊર્જા આપતાં જ આયનો પ્લાઝમામાં દાખલ કરવામાં આવેલ મોનોમરના અણુ ઉપર અથડામણ અનુભવે છે અને આ અથડામણના લીધે અણુમાં આવેલા નબળા બંધો તુટવા લાગે છે. ત્યારબાદ તે અન્ય અણુ સાથે જોડાવાની અવસ્થા ઉપર આવી જાય છે. જ્યારે કોઇ હાઇડ્રોફોબીક મોનોમર સાથે હાઇડ્રોફીલીક મોનોમર જોડાઇને પોલીમર બનાવે તો તે પ્રક્રિયાને ''કો-પોલિમરાઇઝેશન'' કહેવાય છે. પ્લાઝમા ટેકનોલોજી એ સુગમ, નિયંત્રણીય, પર્યાવરણને અનુકુળ અને અન્ય પદ્ધતિઓ કરતાં સસ્તી છે. પ્લાઝમા કો-પોલીમર કોટીંગ્સની લાક્ષણીકતાઓને ધ્યાનમાં રાખીને તેમાં કેન્સર રોધક દવાઓનું પ્રત્યારોપણ કર્યા બાદ તેને ''Controlled drug delivery carrier'' તરીકે ઉપયોગમાં લેવા માટેના પ્રયોગો સફળતાપૂર્વક સમ્પન્ન થયા છે. હવે ફ્રાન્સની અને વિદેશની અન્ય કંપનીઓ સાથે આ વર્ષના અંત સુધીમાં અમે technology transfer કરવા માટે પ્રયત્નો હાથ ધર્યા છે.

વ્યક્તિગત રીતે મારા જીવનના અનુભવોના આધાર પર હું એટલું જ કહીશ કે જો કોઇપણ મનુષ્ય પોતાની મહેનત, લગન અને ઉત્સાહથી કોઇ વસ્તુની બીનશરતી આશા રાખે તો સંપુર્ણ વિશ્વ તેની તમામ રીતે મદદ કરે છે, અસ્તુ.

*****

''સંશોધન એટલે ન જાણેલું જાણવું
અને જાણેલું સુધારવું''

- કિશોરલાલ મશરૂવાળા (ગાંધીયુગના વિચારક-લેખક)

(અહેવાલ)

ભૌતિકશાસ્ત્ર વિદ્યાર્થીઓ માટે અઠવાડિક શિબિર

ડૉ. ટી. આર. ત્રિવેદી
ભવન્સ કોલેજ,
ડાકોર

છેલ્લા કેટલાંક વર્ષોથી Gujarat Science Academy (GSA) અને Vikram A. Sarabhai Community Science Centre (VASCSC) સંસ્થાઓ વિજ્ઞાન કોલેજોમાં અભ્યાસ કરતા વિદ્યાર્થીઓ માટે ઉનાળાની રજાઓ દરમિયાન ભૌતિકશાસ્ત્રના શિબિરનું આયોજન કરી વિદ્યાર્થીઓમાં રસ-રુચિ કેળવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. Physical Research Laboratory (PRL) અને Institute of Plasma Research (IPR)ના વિષય નિષ્ણાત સંશોધકો આ શિબિર દરમિયાન વિદ્યાર્થીઓને અભ્યાસક્રમને સંલગ્ન વિષયોનો ઊંડાણપૂર્વક આસ્વાદ કરાવે છે. 2010માં આ શિબિર શિયાળુ સત્ર દરમિયાન યોજાઈ હતી. જેના આયોજનમાં Indian Association of Physics Teachers (IAPT RC-7) એ સહઆયોજક તરીકે ભાગ લીધો હતો.

યાત્રાધામ ડાકોરની સમીપ આવેલા ભવન્સ કોલેજ ખાતે તા. 13થી 19 નવેમ્બર, 2010 દરમિયાન એક અઠવાડિયાની "Advanced B.Sc. Winter Program" શિબિર યોજાઈ ગઈ. ભવન્સ કોલેજ ડાકોરના ટ્રસ્ટી મંડળે આયોજનની સમગ્ર જવાબદારી હર્ષભેર સ્વીકારીને પ્રવૃત્તિને બિરદાવી હતી. શિબિરનું સંચાલન ડૉ. રઘુ રંગરાજન (PRL)ના માર્ગદર્શન હેઠળ ડૉ. ટી. સી. પંડ્યા તેમજ ડૉ. સી. ક્લેમેન્ટ (St. Xavier's College, Ahmedabad) તથા ડૉ. ટી. આર. ત્રિવેદી (Bhavan's College, Dakor) દ્વારા કરવામાં આવ્યું હતું. ગુજરાતની બધીજ વિજ્ઞાન કોલેજોને શિબિરના કાર્યક્રમની વિગતવાર જાણ બે મહિના અગાઉથી કરવામાં આવી હતી અને તેના પ્રત્યુત્તરમાં લગભગ 40 વિદ્યાર્થીઓની અરજી આયોજન સમિતિને મળી હતી. S.Y.B.Sc.માં અભ્યાસ કરતા અને T.Y.B.Sc.માં મુખ્ય વિષય ભૌતિકશાસ્ત્ર લેનારા વિદ્યાર્થી/વિદ્યાર્થીનીઓને અગ્રતાક્રમે પસંદગી આપવામાં આવી હતી. શિબિરમાં કુલ 27 વિદ્યાર્થીઓ/વિદ્યાર્થીનીઓએ ભાગ લીધો હતો. શિબિરમાં ભાગ લેનારા શિબિરાર્થીઓ તેમજ વિષય નિષ્ણાંત આમંત્રિત મહેમાનો માટે રાત્રિ રોકાણની વ્યવસ્થા અત્યંત રમણીય એવા 'પુનિત આશ્રમ' ખાતે કરવામાં આવી હતી, અને તેઓ આયોજનના સ્થળે પહોંચી શકે તે માટે ખાસ બસની વ્યવસ્થા પણ કરવામાં આવી હતી.

શિબિરનું ઉદ્ઘાટન ટ્રસ્ટીમંડળના માનદ્ સેક્રેટરીશ્રી (ગણિતના પૂર્વ અધ્યાપક) મુ. શ્રી ટી.સી. શાહ, શ્રી આર. સી. પરીખ તેમજ કોલેજના આચાર્યશ્રી ડૉ. આર. એસ. પટેલ અને ભવન્સ સંસ્થાના કૉ.ઓર્ડિનેટરશ્રી જી. એમ. શાહની હાજરીમાં વિદ્યાર્થીઓના સ્વાગત અને દીપ પ્રાગટ્ય સાથે કરવામાં આવ્યું હતું. શિબિરના અભ્યાસક્રમનું નિરૂપણ Modern Physicsને ધ્યાનમાં રાખીને કરવામાં આવ્યું હતું.

ડૉ. નમીત મહાજન (PRL) એ "Historical Development of Quantum Mechanics Plank's Black-body Spectrum and Bohr Atom" વિષય સંલગ્ન છણાવટ કરી વિદ્યાર્થીઓને તેના વિવિધ પાસાંઓથી વાકેફ કર્યા હતાં. તેમણે તેની સાથે સંકળાયેલા ઉદાહરણો અને કૂટપ્રશ્નો શિબિરાર્થીઓને ઉકેલ માટે Tutorial તરીકે ફાળવ્યા હતા. ડૉ. અમીયા ભાગવત (IIT, Gandhinagar) એ Schrodinger equation with derivations તેમજ ડૉ. ભાસ બાપટે (PRL)એ Application of Quantum Mechanics અંતર્ગત અભ્યાસ વર્ગનું સંચાલન કર્યું હતું. આ વિષય નિષ્ણાંતો દ્વારા આપવામાં આવેલ Tutorialsને સહાય તેમજ માર્ગદર્શન માટે ડૉ. અંજીશનુ સરકાર (PRL)ની મદદ લેવામાં આવી હતી. બધાજ

શિબિરાર્થીઓને આ શિબિરમાં black board પર 20 મીનિટના સમયગાળાનું પ્રેઝન્ટેશન ફરજીયાત આપવાનું જણાવવામાં આવ્યું હતું, અને બધાજ વિદ્યાર્થીઓએ જુદા જુદા વિષયો જેવાં કે Photoeletric Effect, Scattering of Particles, Elastic and Non-elastic collisions વગેરે પર પોતાના Presentations રજૂ કર્યા હતાં.

શિબિરના દિવસો દરમ્યાન નીચે મુજબનાં વિશેષ વ્યાખ્યાનો ગોઠવવામાં આવ્યાં. ડૉ. કે. એન. જોષીપુરા, વિદ્યાનગર (Physics through problems), ડૉ. રઘુ રંગરાજન-PRL (Space & Planetary Science), ડૉ. તુષાર પંડ્યા-સેન્ટ ઝેવીયર્સ, અમદાવાદ (Career opportunities in Physics) તથા શ્રી પ્રશાન્ત આચાર્ય-મણિનગર સાયન્સ કોલેજ, અમદાવાદ (Nano-Science & Technology).

શિબિરના અભ્યાસક્રમને આવરી લેતા એક અન્ય રસપ્રદ પાસામાં, દરરોજ સાંજે Observational Astronomyને લગતો કાર્યક્રમ ગોઠવાયો હતો. પ્રા. શ્રી કે. આર. ત્રિવેદી (GCET College of Engineering, S.P. University)એ દરરોજ સાંજે 'આજે આકાશ કેવું હશે ?'થી માંડીને 'ટેલીસ્કોપમાં શું જોશો ?', 'Star Gazingના મહત્વના સિદ્ધાંતો' વગેરે વિષયવાર છણાવટ કરતાં વ્યાખ્યાનો આપી વિદ્યાર્થીઓને 'આકાશદર્શન' માટે ઉત્સુક કર્યા હતા. તદ્ઉપરાંત રાત્રે Telescopeની ગોઠવણ કરી આકાશદર્શનનો પ્રત્યક્ષ અનુભવ વિદ્યાર્થીઓને કરાવતાં, શિબિરાર્થીઓ રોમાંચિત થઇ ઉઠ્યા હતા. પ્રા. ત્રિવેદીએ Observational Astronomy સાથે સંકળાયેલ "Stellarium Softwareનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરવો તેની સમજણ આપીને આ Softwareની એક કોપી દરેક વિદ્યાર્થીને આપી હતી. વિદ્યાર્થીઓની 'આકાશદર્શન' માટેની રુચિ જોતાં દરેક વિદ્યાર્થીને માર્ગદર્શન આપી 'Planisphere'ની રચના સમજાવી વિદ્યાર્થીઓ પાસે જ તેની રચના કરાવી હતી. જેથી દરેક વિદ્યાર્થી સ્વયં કોઇની મદદ લીધા વગર દરરોજ રાત્રે આકાશમાં ચોક્કસ તારાઓ, નક્ષત્રો, વગેરે નિહાળી શકે.

દરેક વિદ્યાર્થીને બે પુસ્તકો 'Chandrayan'- Dr. Narendra Bhalari (ભાવાનુવાદ ડૉ. ટી. સી. પંડ્યા) અને 'Frontiers in physics'-Ajit Sarkarની નકલ તેમજ 'પ્રગામી તરંગ-2010'ની નકલ આપવામાં આવી હતી.

શિબિરના અંતિમ દિવસે પ્રમાણપત્રો મેળવતી વખતે વિદ્યાર્થીઓએ પ્રતિભાવમાં શિબિરની ખુબ જ પ્રશંસા કરી હતી અને 'દિવસો વધુ ફાળવવા'- 'વારંવાર આયોજન કરવું' વગેરે રજૂઆત કરી હતી. વિદ્યાર્થીઓના આ પ્રતિભાવોએ શિબિરના આયોજનની સફળતા અને યથાર્થતા સાબિત કરી હતી.

આ શિબિરનો અંગ્રેજીમાં અહેવાલ IAPT Bulletin February-2011માં પ્રગટ થયેલ છે.

*****

વધુમાં IAPT RC-7 દ્વારા વર્ષ 2010-2011 દરમ્યાન થયેલી પ્રવૃત્તિઓમાંથી બેનો અત્રે ઉલ્લેખ કરીએ તો રાષ્ટ્રીય કક્ષાએ National Essay Competition in Physicsનું આયોજન કરવામાં આવ્યું, જેમાં આખા દેશમાંથી ફક્ત 11 જ નિબંધો આવ્યા હતા. તે પૈકીનો એક શરૂઆતમાં જ અસ્વીકાર કરીને બાકીના નિબંધો બે નિષ્ણાતોને તપાસવા માટે આપવામાં આવ્યા. બન્નેના સંયુક્ત પરિણામો પરથી, Mrs. Snehal Chowdhary (Pune)-પ્રથમ, Dr. Mrs. Meena Khanna (Thane)-બીજાં અને Dr. Pruthul Desai (Surat) ત્રીજાં સ્થાને આવેલ છે. અભિનંદન !

રાજ્યના વિદ્યાર્થીઓ માટે એક Scientific Imagination Competition રાખવામાં આવી જેનો રસપ્રદ વિષય હતો, "If I were to see 'Lunar' eclipse from the Moon itself !" તેમાં રાજ્યભરમાંથી ઉચ્ચતર માધ્યમિક વિભાગમાં બે કૃતિઓ અને UG-PG વિભાગમાં સાત કૃતિઓ મળેલ છે, પરિણામો હવે પછી.

*****

IAPT તરફથી લેવાતી મરજીઆત પરીક્ષાઓનું મહત્ત્વ

ડૉ. મધુબહેન શાહ
વડોદરા

બેંગકોકમાં 2011માં લેવાયેલી IPhO આંતરરાષ્ટ્રીય ફીઝીક્સ ઓલમ્પીઆડમાં ભારતીય ટીમનાં પાંચેય વિદ્યાર્થીઓ સુવર્ણ/રજત ચંદ્રકો જીતીને આવ્યા, તે સર્વેને ખૂબ ખૂબ અભિનંદન ! 1987માં ધો. 11-12નાં વિદ્યાર્થીઓ માટે રાષ્ટ્રીય સ્તરે એક મરજીઆત પરીક્ષાનો વિચાર IAPTએ અમલમાં મૂક્યો. એક જ વર્ષમાં એનું વિસ્તરણ કોલેજ સ્તરે પણ કરવામાં આવ્યું. ધો. 12 પછીના કોઈપણ પ્રવેશ માટે આ પરીક્ષાનું કોઈ જ જાતનું ગંઠબંધન નહોતું. આ પરીક્ષાનો મુખ્ય હેતુ આપણા વિદ્યાર્થીઓ પોતાની જાતને દેશના સ્તરે માપન કરી શકે તે હતો અને છે. Globalisationનો સમય તો શરૂ થઈ ચૂકેલો. તેથી શિક્ષકો માટે પણ વિદ્યાર્થીઓને એ જાતની તાલીમ આપવાની જરૂરિઆત ઉભી થયેલી... મને હજી યાદ છે, આ પરીક્ષા માટે વિદ્યાર્થીઓને પ્રોત્સાહિત કરવા ગુજરાતની ઘણી બધી શાળાઓમાં હું ગયેલી. બધે શિક્ષકો અને વિદ્યાર્થીઓનો એક પ્રશ્ન હોય જ- આ પરીક્ષાથી અમને શું લાભ ? મારો જવાબ હતો- ભવિષ્યમાં તમારે બધાને ક્યાંક ને ક્યાંક તો સ્પર્ધાત્મક પરીક્ષા આપવી જ પડશે. આ પરીક્ષા તમને એ માટેનું પ્લેટફોર્મ અથવા પૂર્વ-અભ્યાસની તક આપશે. હવે તો GUJCET, GCET વગેરે પરીક્ષાઓ ફરજીઆત થઈ જ ગઈ છે. IAPTની પરીક્ષાનું માળખું એવું તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે કે જેમાં કોઈ પણ જાતનાં ડર વગર વિદ્યાર્થી પરીક્ષા આપે છે. હેતુલક્ષી બહુ-વૈકલ્પિક પ્રશ્નપત્ર પોતાની સાથે ઘેર લઈ જાય છે. પોતાની જાતે ચકાસણી કરે તે માટે દરેકને જવાબપત્રિકા સમજૂતિ અને કારણોસહિત મોકલવાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં બાળકો તેમની ભૂલ પકડી શકે છે અને ફીઝીક્સની સાચી સમજ કેળવાતી જાય છે. ત્યાર બાદ હવે આંતરદેશીય ફીઝીક્સ ઓલમ્પીઆડમાં ભાગ લેવા નેશનલ સ્તરે ચૂંટાયેલા ત્રીસેક વિદ્યાર્થીઓને HBCSE, મુંબઈમાં તાલીમ આપવાનું નક્કી થયું છે. 1998થી ભારતીય ટીમ ઓલમ્પીઆડમાં ભાગ લે છે અને દરેક વર્ષે બેથી ત્રણ વિદ્યાર્થીઓ જુદા જુદા ચંદ્રકો જીતીને આવ્યા છે.

કોલેજનાં વિદ્યાર્થીઓ માટે તો જેઓ આ પરીક્ષા (NGPE) સરસ રીતે ઉત્તીર્ણ કરે છે તેઓ માટે આપણા દેશની ઘણીબધી સંશોધન સંસ્થાએ તેમનાં પ્રવેશદ્વાર ખુલ્લા મૂકી દીધા છે. આ અંગેની માહિતી એક અન્ય લેખમાં પણ મળશે.

આપણા શિક્ષકમિત્રોને મારે ખાસ વિનંતી કરવાની કે આ મરજીઆત પરીક્ષાની અગત્યતાને જાણો-સમજો અને વિદ્યાર્થીઓને તેમાં ભાગ લેવા પ્રોત્સાહિત કરો. સામાન્યતઃ વિજ્ઞાન અને ખાસ કરીને ફીઝીક્સ વિષયનું જ્ઞાન તો સાતત્ય સાથે સંકળાયેલું હોવાથી હાલમાં દાખલ થયેલી Semester પદ્ધતિને લીધે નાસીપાસ થવાની જરૂર નથી. છેલ્લે ઉમેરવાનું કે ઉપરોક્ત NSEP અને NGPE પરીક્ષાઓમાં રાજ્યસ્તરે સારો દેખાવ કરનારા વિદ્યાર્થીઓનું IAPT RC-7 દ્વારા અભિવાદન કરવામાં આવશે. આ પરીક્ષાઓની માહિતી નીચેની Website પરથી મળશે.

www.iapt.org

*****

'બ્રહ્માંડ દર્શન'

લેખક : ડૉ. પંકજ શાં. જોષી

પ્રસિદ્ધ ખગોળશાસ્ત્રી,

ટાટા ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ ફંડામેન્ટલ રિસર્ચ, મુંબઇ

પ્રકાશક : યજ્ઞ પ્રકાશન, વડોદરા

પાના : 208, કિંમત રૂા. 60/-

આઇન્સ્ટાઇને કહેલું, ''આ બ્રહ્માંડ વિષે ન સમજી શકાય તેવી બાબત તો એ છે કે તે થોડું ઘણું પણ સમજી શકાય છે !'' વિશ્વ કે બ્રહ્માંડનાં રહસ્યો સમજાવવા માટે સ્વયં એક બ્રહ્માંડવિદ્ (cosmologist) આપણી ગરવી ગુજરાતી ભાષામાં પુસ્તક લખે એ ખૂબ આનંદ અને ગૌરવની વાત છે.

'બ્રહ્માંડ દર્શન'ના લેખક ડૉ. પંકજભાઇ જોષી આંતરરાષ્ટ્રીય ખ્યાતિપ્રાપ્ત ખગોળશાસ્ત્રી છે. આપણા સેંકડો વિદ્યાર્થીઓની માફક ગુજરાતી માધ્યમમાં ભણીને પ્રથમ ભાવનગર યુનિવર્સિટીમાં તૈયાર થયા અને ત્યારબાદ હવે વર્ષોથી TIFR-મુંબઇમાં સૈદ્ધાન્તિક સંશોધનોમાં ડૂબેલા છે. વિરાટ તારાઓની black-hole સ્થિતિથી આગળ વધીને fire-ball અથવા અનાવૃત્ત અનન્યતા (naked singularity) અંગેની તેઓની શોધો જગમશહુર બનેલ છે.

આ પુસ્તક બ્રહ્માંડ કે ખગોળના વિવિધ પાસાઓનો એક પરિચય માત્ર નથી. એ તો એક પ્રકાંડ ખગોળજ્ઞની વિચારયાત્રા છે. લેખક વાતચિતની સરળ શૈલિમાં બ્રહ્માંડથી માંડીને પરમાણુ-નાભિ સુધીની એક માનસયાત્રા કરાવે છે. પુસ્તકનાં 18 મુખ્ય પ્રકરણો ઉપરાંત બે પુરવણીઓના 14 લેખોમાં અનેક વિચાર-બીજો વેરાયેલાં પડેલ છે.

ક્રિકેટનો બેટધર મેદાને ઉતરતાં જ જેમ ચોગ્ગો ફટકારે તેમ પુસ્તકના પહેલાં પ્રકરણની પહેલા લીટીઓમાં ડૉ. પંકજભાઇ કહે છે, ''જીવનમાંથી હું સૌ પ્રથમ તો એ શીખ્યો કે શીખવું એ જ જીવન છે.''

બાલ્યકાળે તેઓ પરોઢને સવારમાં વિકસતું જોતા અને કુદરત પ્રત્યે તેઓને અહોભાવ જાગતો. એ અહોભાવ જિજ્ઞાસામાં પલટાયો. વિદ્યાર્થીકાળે વિજ્ઞાન-ગણિતનો ઊંડો અભ્યાસ કરવાની તાલાવેલી લાગી, અને ભારત તેમજ જગતને આ એક ખગોળશાસ્ત્રી મળ્યો.

આ પુસ્તકમાં બ્રહ્માંડનાં રહસ્યો સરળ રીતે સમજાવવામાં આવેલ છે. પરન્તુ લેખકની ભાવુક કલ્પનાશક્તિ ખીલે છે ''ક્યાંક પૃથ્વીને ઉગતી ભાળું !'' લેખમાં !! આ લેખનો વાચક એક રોમાંચક કલ્પનામાં બ્રહ્માંડની સફરે નીકળી પડે છે, અને સાથે ભોમિયા તરીકે લેખક તેને ગ્રહો-ઉપગ્રહો, તારાઓનાં વિવિધ ઝુમખાં, નક્ષત્રો, ક્યાંય જન્મ પામતો કે ક્યાંક વિસ્ફોટ પામતો કોઇ તારો... આવી અદ્ભુત સૃષ્ટિનાં દર્શન કરાવે છે. શરૂઆતમાં વાચકને મજા આવે છે પણ પછી એ પ્રવાસી કંટાળે છે. તેને યાદ આવે છે તેનું ઘર-પૃથ્વી ! કલ્પના મુજબ પ્રવાસીનું યાન હવે પરત આવવા લાગે છે અને યાનની અટારીએથી તે ફરીથી ક્યાંક પૃથ્વીને ઉગતી ભાળે છે ! ''આ અબ લૌટ ચલેં''ના મુડમાં તેનો પ્રવાસ પુરો થતાં ફરીથી તે આવી પહોંચે છે પરિવાર-મિત્રમંડળના સંગમાં.... ફરી એ જ ઘર, વનરાજિ, કલરવ કરતાં પક્ષીઓ ! હાશકારો થતાં જ તેને પૃથ્વી પ્રત્યે એક નૂતન પ્રેમ પ્રગટ થાય છે. કહેવાનું તાત્પર્ય એ છે કે આ બધી કલ્પના કરવાની જરૂર નથી ! એ બધું અહીં જ છે. આપણે આ ધરતીને જાળવી-સાચવીને ભાવિ પેઢીને સોંપવાની છે.

પુસ્તકના લેખો જુદા જુદા સમયે વિવિધ અખબારો, સામયિકો વગેરેમાં લખાયેલા હોવાથી ખગોળવિજ્ઞાનનાં તથ્યો જેવાં કે મહા-વિસ્ફોટ (Big-Bang), શ્યામલ-ગર્ત (Black-hole) વગેરે અવારનવાર દોહરાતાં રહે છે. વળી, વિરાટ બ્રહ્માંડના સૂક્ષ્મ પરમાણુ સાથેના સંબંધોની વાતો પણ સહજભાવે થતી રહે છે. પરન્તુ અહીં સમગ્ર ચર્ચાના કેન્દ્રમાં રહે છે માનવી !

રોજર પેનરોઝ નામના ખગોળશાસ્ત્રીએ એક વૈશ્વિક પ્રતિબંધક (Cosmic censorship) નિયમ આપ્યો કે ભારે દળદાર તારાઓ અન્તે શ્યામલ-ગર્તમાં જ પરિણમે-બીજું કશું શક્ય નથી. ડૉ. પંકજભાઇ લખે છે તેમ એક અન્ય શક્યતા પણ છે, જેમાં વિરાટ (સૂર્યથી દસ-વીસ ગણા) તારાઓના ગર્ભમાં પ્રચંડ વિસ્ફોટ થઇને અગ્નિ-ગોલક અને naked singularity પણ રચાઇ શકે.

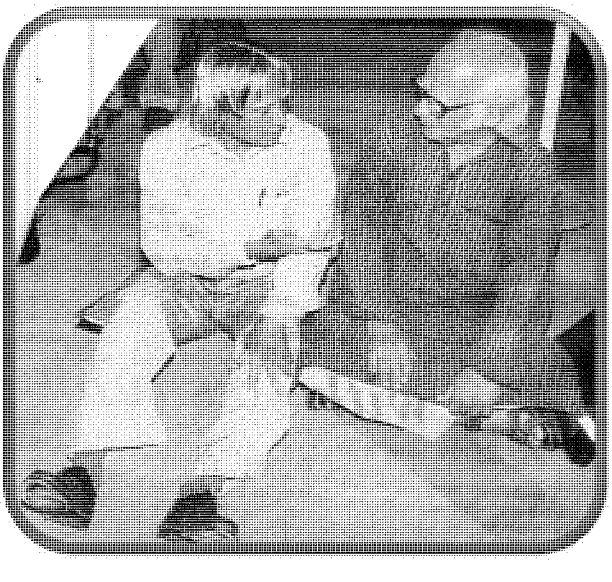
20મી સદીમાં અન્ય વિજ્ઞાનોની જેમ ખગોળવિજ્ઞાનનો પણ ખૂબ વિકાસ થયો. નવાં નવાં અવલોકનો નોંધાયાં અને વિસ્તરતા વિશ્વનો ખ્યાલ વિકાસ પામ્યો. આપણાં જ્ઞાનનું વિશ્વ પણ વિસ્તરવા લાગ્યું. પણ હજી તો ઘણું જોવા-જાણવાનું બાકી છે - કદાચ આપણા અજ્ઞાનનું વિશ્વ પણ વિસ્તરતું હશે ! માટે લેખક અજ્ઞાન કોષનો એટલે કે encyclopedia of ignoranceનો ઉલ્લેખ કરે છે. અજ્ઞાનનો ભંડાર ખૂબ વિશાળ છે; વિજ્ઞાનીઓને મુંઝવતા પ્રશ્નોની યાદિ તો કેટલી લાંબી થાય ? છતાં પણ લેખકે 25 વણઉકેલ્યા સવાલો અથવા અતિરોચક રહસ્યોની રસપ્રદ યાદિ બનાવેલ છે. ખરેખર તો તે દ્વારા પણ તેઓ આપણને એક અનોખું વિશ્વરૂપ દર્શન કરાવે છે.

મુખ્ય 18 લેખો બાદ પુરવણી-1માં કેટલાક મહાનુભાવોનાં શબ્દચિત્રો અને પુરવણી-2માં સાપેક્ષવાદના ટૂંકાં લખાણો સામેલ કરવામાં આવેલ છે.

રસ ધરાવતા સૌને આ પુસ્તક ઉપરાંત ડૉ. પંકજભાઇનો Scientific Americanના ફેબ્રુઆરી-2009માં પ્રસિદ્ધ થયેલ લેખ "Naked Singularity" વાંચવા ભલામણ છે.

- પ્રો. કમલનયન ન. જોષીપુરા

*****



'Where have we landed up...???'

હળવી પળોમાં

'સાઈડ'માં કંઈક કરતા રહેજો...!

આ અંકમાં જેઓના પુસ્તકનો પરિચય આપવામાં આવ્યો છે એ પ્રસિદ્ધ બ્રહ્માંડવિદ્ (Cosmologist) પ્રો. પંકજભાઇ જોષી વર્ષોથી મુંબઇમાં રહે છે. એકવાર તેઓ બસમાં પોતાને વતન ભાવનગર જઇ રહ્યા હતા. બસમાં તેમના સહપ્રવાસી એક ભાઇએ સ્વાભાવિકપ્રણે વાતચીત શરૂ કરતાં ''ક્યાં જાવ છો... શું કરો છો ?'' વગેરે પુછવા માંડ્યું. જવાબમાં પ્રો. પંકજભાઇએ સરળતાપૂર્વક પોતાના વિષે અને ખગોળશાસ્ત્રના અભ્યાસ વિષે વાતો કરી. પરન્તુ પેલા વેપારી જેવા લાગતા ભાઇને તેમાં ખાસ ખ્યાલ ન આવ્યો, એટલે તે બોલ્યા, ''એ તો બધું ઠીક પણ તમે કરો છો શું ?'' બ્રહ્માંડવિદે જરા ફેરવીને તારાઓ, ગ્રહો, સૂર્ય વગેરેની અને પોતાની સંસ્થા TIFRની થોડી વાત કરી. એટલે પેલા સહપ્રવાસી સમજણના ભાવ સાથે બોલી ઉઠ્યા, ''ઓ હો, એમ કહોને કે મુંબઇમાં ક્યાંક નોકરી કરો છો..!! અમારે તો ભાઇ ઘરનો ધંધો છે.'' તેમને મન માનવી માત્રની બે જ અવસ્થાઓ લાગતી હતી, નોકરી અને ધંધો ! છેલ્લે વાતચીત સમેટતાં સહપ્રવાસીએ પ્રો. પંકજભાઇને સલાહ આપી, ''તમે તો આ બધું ગ્રહ, ચન્દ્ર, સૂર્યનું જાણતા લાગો છો. ભલા માણસ, 'સાઇડ'માં કાંઇક જ્યોતિષનું યે કરતા રહો... આ તો, બે પાંદડે થવાય, બીજું શું... !!!''

*****

'Sine is an Oscillating function, you see !'

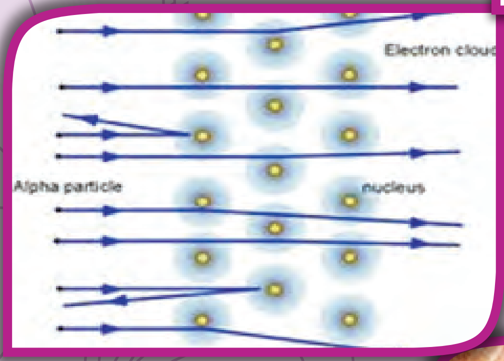
એક વાર એક શિક્ષક/અધ્યાપક વર્ગમાં ફિઝીક્સનો દાખલો ગણાવી રહ્યા હતા. દાખલાની ગણતરીમાં $Sin\,\frac{\pi}{2}$નું મૂલ્ય મુકવાનું આવ્યું એટલે તેઓ પહેલાં તો અટક્યા પણ પછી તુરંત બોર્ડ પર લખી કાઢ્યું, $Sin\,\frac{\pi}{2} = 0$. એટલું જ નહીં પણ તે કિંમત લઇને આખો દાખલો ગણી કાઢ્યો. બન્યું એવું કે તે છતાં દાખલાનો છેલ્લો જવાબ સાચો નીકળ્યો, એટલે તેઓએ એક સંતોષભરી નજર વર્ગમાં ફેરવી. વર્ગના એક ચબરાક વિદ્યાર્થીએ વિનયપૂર્વક ઉભા થઇને કહ્યું, ''સર, $Sin\,\frac{\pi}{2}$ની કિંમત તો 1 થાય છે, 0 (શુન્ય) નહીં.''

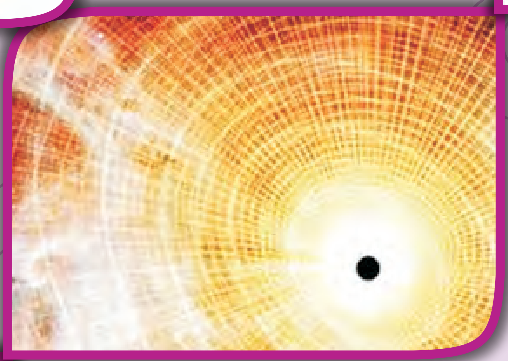
શિક્ષક મિત્રને પણ આ પ્રકારની કંઇક શંકા તો હતી જ. પરન્તુ $Sin\,\frac{\pi}{2} = 0$ લેતાં જવાબ તો સાચો મળતો હતો. હવે કરવું શું ? શિક્ષક-મિત્રે તેનો તોડ કાઢતાં જણાવ્યું, ''વિદ્યાર્થી મિત્ર, તારી વાત સાચી છે. પણ you see, Sine is an Oscillating function, sometimes, zero, sometimes 1....! OK !!''

(શિક્ષક/અધ્યાપક મિત્રો, આ joke વર્ગમાં કહ્યા બાદ સાચી સ્પષ્ટતા કરશોને ? આભાર.)

*****

વી. પી. સાયન્સ કોલેજ વિદ્યાનગરના સૌજન્યથી મળેલ આ ઐતિહાસિક તસ્વિરમાં 1950 ના અરસામાં
તે કોલેજના વાર્ષિકોત્સવ દરમ્યાન પધારેલા પ્રો. સી. વી. રામન તેમજ તેઓની જમણી બાજુએ
પૂ. ભાઇકાકા અને ત્યારબાદ પ્રો. કે. આર. રામનાથન પણ નજરે પડે છે.





A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

Printed by : Jay Graphics @ 94293 28886, 98247 99105