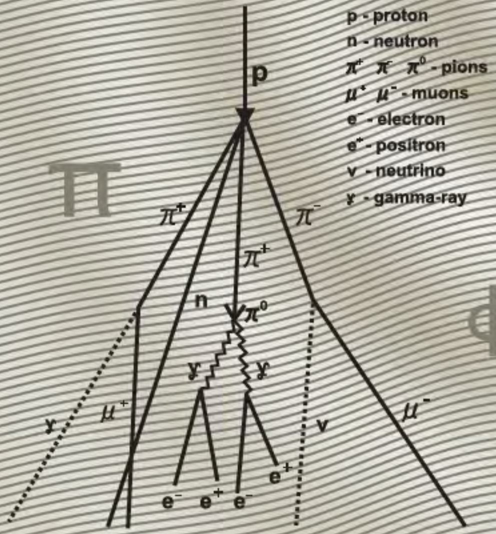
પ્રગામી તરંગ - 2012

"Progressive wave . . . "

Annual Gujarati Publication of
Articles on Physics and Related Areas

Vol. IV

E=mc²



A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

પ્રગામી તરંગ - 2012

ANNUAL GUJARATI PUBLICATION OF ARTICLES
ON
PHYSICS AND RELATED AREAS
Vol. IV, Year - 2012
Published By : IAPT RC - 7 (Gujarat)

Editorial Committee

Dr. Shakuntala G. Nene (Retd. Rajkot)

Prof. K. N. Joshipura
Department of Physics, Sardar Patel University
Vallabh Vidyanagar-388120
(E-mail: knjoshipura@yahoo.com)

Dr. Tarun R. Trivedi
Bhavan's College (Science)
Dakor - 388 225
Dist. Kheda

Dr. Tushar C. Pandya
St. Xavier's College (Science)
Ahmedabad-380009

Dr. P. D. Lele (Secretary, RC-7)
Physics Department, Gujarat University
Ahmedabad-380009

Advisory Committee

Dr. Madhuben S. Shah (Retd. MSU, Vadodara)
Prof. R. V. Mehta (Retd. Bhavnagar University)
Prof. J. J. Raval (Astronomer, Mumbai)
Prof. P. N. Gajjar (Gujarat University, Ahmedabad)
Prof. K. N. Iyer, President RC - 7 (Saurashtra University, Rajkot)

જાણીતા ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાની અને પી.આર.એલ.–અમદાવાદના ભુતપૂર્વ નિયામક પ્રો. શ્રી સુધીરભાઈ પ્ર. પંડ્યાને થોડા સમય પહેલાં Indian Physics Association (Mumbai) **નો** R. D. Birla Memorial Award **એનાયત થયો છે. આપણા સૌના તેઓને સાદર અભિનંદન.**
વિશેષમાં પ્રો. પંડ્યા સાહેબના ઉદાર અનુદાનથી IAPT RC-7 **દ્વારા ‘પ્રગામી તરંગ’ના આ અંક** (Vol. IV)**નું પ્રકાશન થયેલ છે, જેની નોંધ લઈને આપણે સૌ પ્રો. પંડ્યા સાહેબ પ્રત્યે સહર્ષ આભારની લાગણી વ્યક્ત કરીએ.**

⇦ ***આ અંકના મુખપૃષ્ઠ** (title page I) **પરની તસ્વીરમાં પ્રો. પંડ્યા સાહેબ ભારતના પ્રથમ અવકાશયાત્રી કેપ્ટન રાકેશ શર્મા (જમણી બાજુએ) સાથે નજરે ચડે છે.***

Editorial...

With the IVth volume of ***Pragaami Tarang*** in your hands, we are happily completing four revolutions round the Sun and entering the fifth, as Editors of this Gujarati publication on Physics and related areas. The Volume is brought out with the generous donation again from respected Prof. Sudhirbhai Pandya, to whom we express our deep feelings of gratitude for his kind gesture. It is through his sustained help and motivation that *Pragaami...* is published regularly every year. Our efforts through this annual magazine have been to provide interesting and informative articles on Physics and relevant disciplines, and since we have chosen mother-tongue as our medium, we hope it will appeal to a large readership of students, teachers and others in our state. Apart from this, our objective has also been to promote good science writing in Gujarati. We do not know whether reading promotes writing or vice versa, but hopefully it will turn out to be a cumulative academic activity that will generate more interest in Physics.

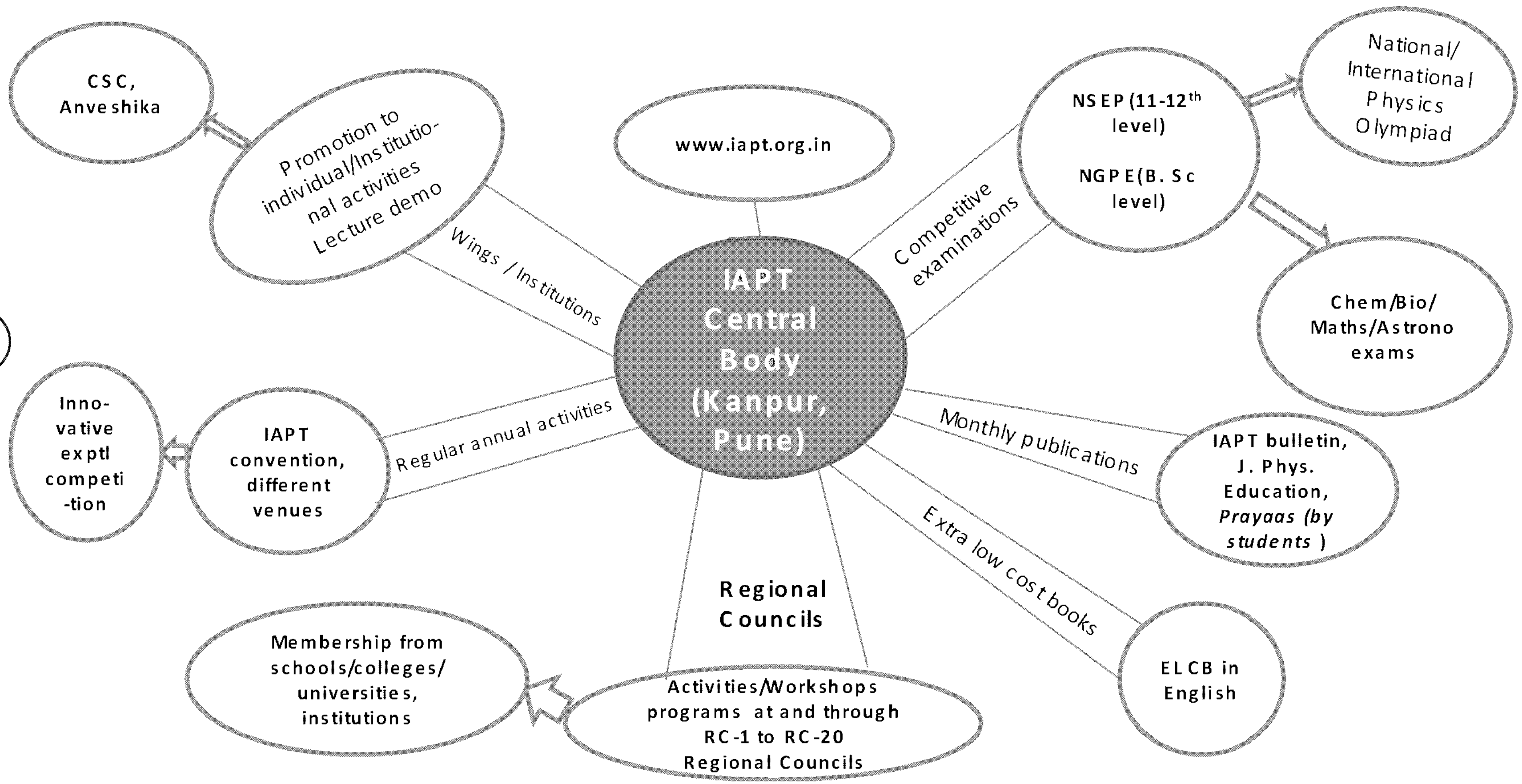
Pragaami... has been receiving some attention from students and teachers along with a few others, but we would like to see more interest and active involvement in this regard. We are happy to get a good response from authors, ranging from senior teachers and veterans in their fields, to first time writers as well. An important regular feature has been contribution from UG students, although a lot of editing is required to be done in their submitted write-ups. Hardly any response is found from school teachers of Physics in our state to this activity in particular and to IAPT in general. How nice it would be if (- as has been done in a rural College situated in central Gujarat -) articles appearing in this publication are discussed by students and teachers in their class...?!

The present Volume IV comes to you with a rich variety of articles. An astronomer-scientist tells us the history of calendar. You will find nice contributions from two young scientists, who did their M. Sc. from our Universities just a few years ago. One of them has tried his hand at the Higgs boson, and the other has highlighted wonderful Mathematics of Fibonacci series revealed in Nature around us. A retired teacher narrates about breaking barriers and bridges being built; it is about interdisciplinary aspects of Physics and other sciences. Topics like cosmic rays, plasma physics, nano science and technology, Venus transit, uses and possible hazards of microwaves, etc along with a book-review are also included presently. An excitement of watching total '*Lunar*' eclipse from the Moon itself has been brought forth in the spirit of science fiction.

Finally please do not miss laughing heartily by reading the '*communication confusion*' that appears on the last printed page.....!! ...*Aavajo........!!!*

October 10, 2012 **- Editors**

Indian Association of Physics Teachers
(established 1984)



અનુક્રમણિકા — પાન નં.

- Editorial...
- તારીખિયાની તવારિખ (આમંત્રિત લેખ) — 01
  ડૉ. જે. એન. દેસાઇ
- દિવાલો તૂટે છે રચાય છે સેતુઓ — 07
  ડૉ. શકુન્તલા જી. નેને
- હિગ્ઝ બોઝોન શું છે ? — 09
  ડૉ. કેતન એમ. પટેલ
- બ્રહ્માંડ કિરણો (Cosmic Rays)ની સદી — 14
  ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય
- વિદ્યાર્થીઓના લેખો — 16
  અગ્નિ-પુત્રી ડૉ. ટેસી થોમસ અને અગ્નિ - 5
  જાનકી અંબાપ્રસાદ થાનકી
  ખગોળશાસ્ત્રી એડ્વીન હબલ
  ભાવેશ સોલંકી
  શનિની ઓળખ-સુંદર વલયો
  શાહ સલોની
- મેં નિહાળ્યું ચંદ્ર પરથી 'ચંદ્ર' ગ્રહણ — 19
  (સંકલિત)
- શુક્રનું અધિક્રમણ — 21
  પ્રા. ગીરીશ એલ. વેકરીયા

➤ વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ અને માઇક્રોતરંગોઃ ઉપયોગો તેમજ આડઅસરો 23

ડૉ. દિપક એચ. ગદાણી

➤ હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ : એક અદ્‌ભૂત જૈવિક ખનિજ 27

કાશ્મીરા પી. ટાંક

➤ પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્ર : પરિચય તથા પ્રાયોગિક નિદર્શન 29

ડૉ. તુષાર સી. પંડ્યા

➤ કુદરતમાં ગણિતની કમાલઃ ફીબોનાકી શ્રેણી અને સુવર્ણ ગુણોત્તર 33

ડૉ. વિશાલ જોષી

➤ નેનો વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજી-નવા યુગની આછેરી ઝલક 37

ડૉ. તરુણ આર. ત્રિવેદી

➤ IAPT RC- 7 (ગુજરાત)ની પ્રવૃત્તિઓનો અહેવાલ 40

(સંકલિત)

➤ પુસ્તક પરિચય 42

પ્રો. કમલનયન ન. જોષીપુરા

➤ હળવી પળોમાં 44

કહ્યું કાંઇક ને સમજ્યું/સાંભળ્યું કશુંક !!

તારીખિયાની તવારિખ

ડૉ. જે. એન. દેસાઇ
નિવૃત્ત વિજ્ઞાની, પી.આર.એલ.
અમદાવાદ

તારીખિયુ એટલે તિથિપત્રઃ અંગ્રેજી Calendar, અને તવારિખ એટલે ઈતિહાસ, ઈતિહાસ તારીખિયામાં નોંધાય, પરંતુ આ લેખમાં તો આપણે વિશ્વના વિવિધ પ્રદેશો અને સંસ્કૃતિઓમાં પ્રચલિત તિથિપત્રોનો જ ઈતિહાસ જોઇશું ! લેખમાં હવે પછી આપણે ''તિથિપત્ર''ને બદલે પ્રચલિત શબ્દ ''કેલેન્ડર'' જ વાપરીશું; જે મૂળ 2000 વર્ષથી પણ પુરાણા રોમન શબ્દ Kalend પરથી આવેલ છે : kalend એટલે મહિનાનો પહેલો દિવસ. કેલેન્ડર રચવાની શરૂઆત ક્યારે અને શા કારણે થઇ હશે ?

માનવ ઉત્ક્રાંતિમાં કૃષિ વિદ્યાની શોધ એક ઘણું જ મહત્વનું સોપાન હતું. તેને કારણે જ માનવી રખડુ મટીને સ્થાયી થયો અને એને તત્ત્વચિંતન ઇત્યાદિ માટે અવકાશ મળ્યો. ખેતીની શોધ પાછળ પૃથ્વીની આબોહવામાં લગભગ બારેક હજાર વર્ષ પૂર્વે આવેલ મોટા પરિવર્તને ભાગ ભજવ્યો જણાય છે. એ દરમ્યાન પૃથ્વીનું વાતાવરણ અનુકુળ બનતાં કૃષિવિજ્ઞાનની શોધ થઇ મનાય છે. કૃષિ માટે યોગ્ય વિસ્તારો તો મોટી નદીના કિનારા વિસ્તારો હતા, જેવા કે યુફ્રેટીસ, ટાઇગ્રીસ (ઇરાક), નાઇલ (ઇજીપ્ત) અને સિંધુ જેમાં કૃષિ આધારિત સ્થાયી વસાહતો અસ્તિત્વમાં આવી. કૃષિ માટે વર્ષ દરમ્યાન થતા હવામાનના પરિવર્તનો જાણવાં જરૂરી હતાં, અને આ નોંધ રાખવા માટે કેલેન્ડર સર્જાયાં. પ્રાથમિક કેલેન્ડરનાં ત્રણ પ્રમુખ અંગો હતાં : ક્રમિક સૂર્યોદય વચ્ચેનો સમયગાળો તે 'દિવસ'; ચંદ્રના 30 દિવસના સમયગાળે થતાં ચક્રો તે 'મહિના' અને આવા 12 મહિનાને ગાળે પુનરાવર્તન દર્શાવતું ઋતુચક્ર અને તે સાથે સંબંધિત આકાશી ગોલક પર સૂર્યનું સ્થાન.

પરંતુ પ્રકૃતિ કંઇ એકદમ નિયમબદ્ધ નથી. આ ત્રણે સમયગાળાઓમાં જણાતી અનિયમિતતાના અભ્યાસ દ્વારા કેલેન્ડરના સ્વરૂપમાં ઉત્તરોત્તર ફેરફાર થતો રહ્યો છે, અને તે હજી પણ થઇ રહ્યો છે. 360 દિવસનું 'વર્ષ' અને 30 દિવસનો મહિનો ધરાવતાં આ પ્રાથમિક કેલેન્ડરની બે ક્ષતિઓ તો ટૂંક સમયગાળે જ જણાઇ આવી; ચંદ્રનું કલાચક્ર 29 અને 30 દિવસ જેવા સમયગાળા વચ્ચે (અનિયમિત રીતે) બદલાતું રહેતુ જણાયું, અને વર્ષની અવધિ 360 દિવસ કરતાં પાંચેક દિવસ વધુ લાંબી જણાઇ. આ કારણે બેબીલોનીઆ (હાલનું ઇરાક) અને તેની નજીકના વિસ્તારોમાં 'પ્રત્યક્ષ' ચંદ્રદર્શન પછી જ નવા મહિનાની શરૂઆત કરવાની પ્રથા અપનાવાઇ. આમ હાલ પણ ઇસ્લામિક કેલેન્ડરમાં પણ 'પ્રત્યક્ષ' ચંદ્રદર્શનથી જ મહિનાની શરૂઆત મનાય છે. (શુકલ પક્ષની બીજના ચંદ્રદર્શનનો મહિમા પણ કંઇક આવાં જ ઐતિહાસિક કારણસર હોવો જોઇએ.) આવા 12 મહિનાનું 'વર્ષ' અપનાવાયું; જેની સરેરાશ લંબાઇ 354 દિવસની હતી. (કારણ કે સરેરાશ 'કલાચક્ર' 29.5 દિવસનું છે.) પરંતુ ઋતુચક્ર તો સૂર્યને અનુસરે છે અને સૂર્યના સ્થાનનું પુનરાવર્તન તો 365 દિવસે થાય છે, તેથી બેબીલોનીયન વિસ્તારમાં અપનાવાયેલ આ પ્રકારનું 'ચાંદ્રવર્ષ' (Lunar Year) ઋતુચક્ર સાથે દર વર્ષે 11 દિવસ લેખે તાલ ગુમાવે છે; આમ ઇસ્લામિક કેલેન્ડરમાં વર્ષનો સમય ઋતુ સાથે કોઇ સંબંધ ધરાવતો નથી- રમજાન ઉનાળામાં પણ આવે, ચોમાસામાં પણ આવે કે શિયાળામાં પણ !

હવે આપણે, જે વિસ્તારોમાં આકાશીગોલક પર સૂર્યના પુનરાગમન વચ્ચેના સમયગાળાને 'વર્ષ' તરીકે સ્વીકારાયો તેની વાત કરીએ. આ સમયગાળો 360 દિવસથી થોડો વધુ છે, એ બે પ્રકારના અવલોકનોમાં જણાયું. વર્ષ દરમિયાન સૂર્ય આકાશી ગોલક પરના તેના સ્થાનનું પુનરાવર્તન બે પ્રકારે કરે છે :

૧) તારાગણ સંદર્ભે સૂર્યના સ્થાનનું પુનરાવર્તન, અને

૨) વર્ષ દરમ્યાન મધ્યાહ્નનો સૂર્ય મધ્યાકાશમાં જે ઉત્તર-દક્ષિણ ગતિ કરે છે તેનું પુનરાવર્તન

પહેલા પ્રકારના પુનરાવર્તનનો દિવસ ચોક્કસ જાણવો જરા મુશ્કેલ બને કારણ કે તારાઓ સૂર્યની નજીક હોય તે જોઇ શકાય નહીં. પરંતુ તારાગણ સંદર્ભે સૂર્યનું સ્થાન, પૃથ્વીના સૂર્ય ફરતા 365 દિવસના કક્ષાભ્રમણને કારણે રોજ 1^0 જેટલું પૂર્વ

તરફ સરકે છે. આજથી 5000 વર્ષ પહેલાના સમયે પૃથ્વી સૂર્ય ફરતું કક્ષાભ્રમણ કરે છે એવી કંઇ ખબર નહોતી, પણ સૂર્યનું સ્થાન તારાઓ સંદર્ભે બદલાય છે એ તો ખબર હતી. આમ જો કોઇ તેજસ્વી તારો સૂર્ય નજીક આવીને દેખાતો બંધ થાય, તો ત્યારબાદ કેટલા દિવસે તે તારાને પૂર્વ ક્ષિતિજ પર પરોઢીયે સૂર્યોદય પહેલા પ્રથમવાર જોઇ શકાય તે દિવસ તો નોંધી શકાય. આ થયો તે તારાના પ્રથમ "Heliacal rising" નો દિવસ. ઇજીપ્તની સંસ્કૃતિમાં આ કારણે તેજસ્વી તારા વ્યાધ (Sirius ઇજીપ્તમાં Soth)ના પ્રથમ પ્રાતઃદર્શનના દિવસને વર્ષના પ્રથમ દિવસ તરીકે લેવાયો અને કેલેન્ડરના પ્રથમ મહિનાને Soth નામ મળ્યું. આ પ્રકારના અવલોકનોને આધારે આ પ્રકારનું વર્ષ (Solar વર્ષ) 360 નહીં પરંતુ 365 દિવસનું છે એમ જણાયું. હવે ઇજીપ્તના પુરાણા કેલેન્ડર, જેમાં 30 દિવસના બાર મહિના લેખે 360 દિવસનું વર્ષ હતું તેનું શું ? એક લોકવાયકા બનાવીને દર વર્ષે પાંચ દિવસ સૂર્યદેવને અર્પણ કરાયા ! આમ, 30 દિવસના 12 મહિના અને વધારાના પાંચ દિવસ પ્રમાણે 365 દિવસનું Egyptian Calendar અસ્તિત્વમાં આવ્યું. તમારા પારસી મિત્રને પુછી જોજો. પારસી કેલેન્ડરમાં પણ 30 દિવસના 12 મહિના અને અંતે પતેતીના પાંચ દિવસ મનાય છે, એનું મૂળ 5000 વર્ષ પહેલાંની આ 'કેલેન્ડર સુધારણા' માં છે !

વૈદિક સમયમાં ભારતીય વર્ષ પણ મૂળ 360 દિવસનું હતું. વૈદિક સાહિત્યમાં એક 'અગ્નિચયન યાત્ર' નામના વર્ષભર ચાલતા યજ્ઞનો ઉલ્લેખ આવે છે. આ અગ્નિચયન યજ્ઞનો ઉદ્દેશ કેલેન્ડર નિયંત્રણનો જ હતો. 360 દિવસની વિધિ પછી 5થી 6 દિવસ બાદ નવા વર્ષનો પ્રારંભ ગણાતો. આમ નવું વર્ષ ઉત્તરાયનના દિવસથી મનાતું હશે. શંકુ (અંગ્રેજી Gnomon) એટલે કે એક શંકુ આકારનો સ્તંભ, જે ખુલ્લા મેદાનમાં ઊભો કરાયેલ હોય; મધ્યાહ્ન સમયે આ શંકુની ટોચની છાયાનું સ્થાન નોંધવાનું. ઉત્તરાયનના દિવસે મધ્યાહન સમયે સૂર્ય વધારેમાં વધારે દક્ષિણ તરફ હોય એટલે શંકુના ટોચની છાયા સ્તંભના પાયાથી વધારેમાં વધારે ઉત્તર તરફ પડે અને આ રીતે ઉત્તરાયનનો દિવસ નક્કી થાય.

આમ સૌર વર્ષ એટલે ક્યાં તો તારાગણ સંદર્ભે સૂર્યના સ્થાનના પુનરાવર્તન વચ્ચેનો સમયગાળો, અથવા તો ક્રમિક ઉત્તરાયન (કે પછી દક્ષિણાયન) વચ્ચેનો સમયગાળો. આ બંને સમયગાળાઓ સરખા જ મનાતા હતા, પરન્તુ આજથી 2200 વર્ષ પૂર્વે હિપાર્કોસ નામના ગ્રીક ખગોળવિજ્ઞાનીએ ધ્યાન દોર્યું કે તારાગણ સંદર્ભે સંપાત બિંદુઓ અને અયનબિંદુઓના સ્થાનના, તેની પહેલાના સમયમાં થયેલ અવલોકનો અને તેના અવલોકનોમાં થોડો તફાવત (લગભગ 8^0 જેટલો) જણાય છે- અર્થાત્ તારાગણ સંદર્ભે સંપાત બિંદુઓ અને અયનબિંદુઓ સ્થિર નથી. આ શોધને હિપાર્કોસ દ્વારા precessionની શોધ કહેવામાં આવે છે; પરંતુ તે સમયે પૃથ્વી તો સ્થિર મનાતી હતી એટલે તેના ધરીભ્રમણ કે ધરીની દિશાના precessionનો સવાલ જ નહોતો- વાસ્તવમાં આ શોધ અયન ચલનની શોધ કહી શકાય.

સૌર વર્ષની વાત આગળ વધારીએ તે પહેલાં આકાશી ગોલક પર વિષુવવૃત્ત અને ક્રાંતિવૃત્તને જાણી લેવા જરૂરી છે. પૃથ્વીના દૈનિક ભ્રમણને કારણે આકાશી જ્યોતિઓ આકાશમાં પૃથ્વીની ભ્રમણધરીની દિશા ફરતી વર્તુળાકાર માર્ગે ઘૂમતી જણાય છે. આ ધરીની દિશાનો ક્ષિતિજ પર પ્રક્ષેપ લઇએ તે તમારી ભૌગોલિક ઉત્તરદિશા (ઉત્તરગોલાર્ધ માટે). આમ તમારી ભૌગોલિક ઉત્તર, પૂર્વ દક્ષિણ અને પશ્ચિમ દિશા નક્કી થાય. હવે આકાશમાં ધ્રુવબિંદુ (પૃથ્વીની ભ્રમણધરીની દિશા) ફરતાં વર્તુળો કલ્પો, તો જે વર્તુળ ક્ષિતિજ પર પૂર્વ દિશા અને પશ્ચિમ દિશાના બિંદુ પરથી પસાર થાય, તે થયું આકાશી વિષુવવૃત્ત (Celestial equator) આ વર્તુળ તમારા શિરોબિંદુથી તમારા સ્થાનના અક્ષાંશ જેટલું દક્ષિણ તરફ નમેલું હોય. ક્રાંતિવૃત્ત એટલે પૃથ્વીના સૂર્ય ફરતા કક્ષામાર્ગનો આકાશમાં પ્રક્ષેપ. સૂર્યનું સ્થાન આ કારણે હંમેશા ક્રાંતિવૃત્ત ઉપર જ હોય. વર્ષ દરમ્યાન તારાગણમાંથી સૂર્ય આ માર્ગે દૈનિક - 1^0 લેખે પશ્ચિમથી પૂર્વ તરફ ખસતો જણાય (કારણ કે પૃથ્વી સૂર્ય ફરતી 365 દિવસે ઘૂમે છે.) આ ક્રાંતિવૃત્ત ઉપરના ચાર મહત્વના સ્થાન તે બે અયનબિંદુઓ (ઉત્તરાયન અને દક્ષિણાયન) અને બે સંપાત બિંદુઓ (વસંત સંપાત અને શરદ સંપાત). પૃથ્વીની ભ્રમણધરી તેની કક્ષાના સમતલની લંબ દિશા સંદર્ભે $23\frac{1}{2}^0$ નમેલી છે એટલે આકાશી વિષુવવૃત્તનું વર્તુળ અને ક્રાંતિવૃત્તનું વર્તુળ એકમેક સાથે $23\frac{1}{2}^0$ નો ખૂણો બનાવે છે. આ બે વર્તુળોના છેદનબિંદુઓ તે સંપાતબિંદુઓ, અને ક્રાંતિવૃત્ત પર સંપાતબિંદુઓથી 90^0 દૂર આવેલ બિંદુઓ તે અયનબિંદુઓ. અયનબિંદુઓ પર ક્રાંતિવૃત્ત વિષુવવૃત્તથી વધારેમાં વધારે

દૂર હોય, અને જે દિવસે સૂર્ય આ અયનબિંદુ પર આવે તે થશે દક્ષિણાયન અને ઉત્તરાયનના દિવસો (આપણા કેલેન્ડરમાં 21 જૂન અને 22 ડિસેંબર).

''સૌરવર્ષ'' અનુસારના કેલેન્ડરમાં સૂર્યની ક્રાંતિવૃત્ત ઉપરની ગતિ કેન્દ્ર સ્થાને છે; અને એ ગતિ 'રાશિચક્ર'ના સંદર્ભમાં મનાય છે. પ્રશ્ન થાય કે રાશિ એટલે શું ? પ્રાગૈતિહાસિક સમયથી જ આકાશી ગોલક પરના કેટલાક ધ્યાનાકર્ષક તારાગણોને લોકવાયકાઓ અનુસાર તેમના દ્વારા રચાતા કાલ્પનિક આકારો અનુસાર નામ અપાયાં હતાં. આનું વ્યવસ્થિત સ્વરૂપ તે Constellations- આધુનિક ખગોળવિજ્ઞાનમાં પણ સમગ્ર આકાશી ગોલકને 89 વિભાગો કે વિસ્તારોમાં વહેંચીને તે વિસ્તારોને પ્રચલિત Constellationsના નામ અપાયાં છે, અને પ્રત્યેક તારાને તે ક્યા Constellationમાં આવેલ છે તે અનુસાર ખગોળીય નામ અપાય છે, જેમ કે Orion Constellationમાં આવેલ તેજસ્વી રાતા રંગનો Betalgeuse (આપણો આર્દ્રા) તેનું ખગોળીય નામ α Orionis થાય. વર્ષ દરમ્યાન ક્રાંતિવૃત્ત ઉપર બદલાતા જતા સૂર્યના સ્થાનની નોંધ રાખવા માટે ક્રાંતિવૃત્ત ઉપર આવતા Constellationsને Zodiacal Signs કહેવાયા, જે ભારતીય જ્યોતિષ (યાને આકાશના તેજસ્વી પદાર્થોના અભ્યાસ)માં 'રાશિ' કહેવાઇ. ઉદાહરણ તરીકે Taurus Constellation એટલે ભારતીય જ્યોતિષમાં 'વૃષભ' રાશિ. (ભારતીય રાશિના નામ મૂળ ગ્રીક Zodiacal Signsનું ભાષાંતર જ છે, જે સૂચવે છે કે ભારતીય જ્યોતિષમાં 'રાશિ'નો ખ્યાલ ગ્રીક અસર નીચે આવેલ છે.) વધુમાં સમગ્ર ક્રાંતિવૃત્તને પ્રત્યેક 30^0નો એવા બાર ભાગમાં વહેંચીને તેમને 12 રાશિના નામ અપાયાં. 'રાશિ'નો ખ્યાલ તો વધુ પુરાણો હોવો જોઇએ. પરંતુ તેને આમ વ્યવસ્થિત સ્વરૂપ આપવાનું શ્રેય પ્રસિદ્ધ ગ્રીક ખગોળવિજ્ઞાની Ptolemy (AD 150) ને અપાય છે. ટોલેમીના સમયે પૃથ્વી તો વિશ્વના કેન્દ્રમાં સ્થિર રહેલી મનાતી. આ માન્યતા અનુસાર ક્રાંતિવૃત્ત સંદર્ભે સૂર્ય, ચંદ્ર તેમજ અન્ય ગ્રહોની ગતિનું ગણિત પણ Ptolemy એ એક ગ્રંથમાં વિકસાવ્યું.

લગભગ આ જ સમયે ભારતીય જ્યોતિષમાં પણ એક મોટું પરિવર્તન આવ્યું. વેદાંગ જ્યોતિષમાં સૂર્ય, ચંદ્ર ઇત્યાદિની ફક્ત 'મધ્યમાન' (mean) ગતિ અનુસારની ગણતરી જ હતી. તેને સ્થાને Ptolemyના ગણિતને મળતી આવતી સિદ્ધાંત જ્યોતિષની પદ્ધતિઓ વિકસી, જે અનુસાર ઉપરોક્ત આકાશી જ્યોતિઓનું સ્થાન ચોકસાઇપૂર્વક ગણી શકાય છે. સિદ્ધાંત જ્યોતિષનું ગણિત, Ptolemyના ગણિતને મળતું આવે છે. પરંતુ બંને વચ્ચે સારો એવો તફાવત પણ છે; ખાસ કરીને સિદ્ધાંત જ્યોતિષમાં જે trigonometryની રીત અપનાવાઇ છે, તેનાથી ગ્રીક ખગોળવિજ્ઞાનીઓ માહિતગાર નહોતા. આમ, રાશિચક્રનો ભારતીય જ્યોતિષમાં સ્વીકાર તેમજ ગ્રીક અને ભારતીય ગ્રહ ગણિતનો સમાંતર વિકાસ દર્શાવે છે કે આજ થી 2000 વર્ષ પહેલાનાં સમયે ગ્રીક અને ભારતીય જ્યોતિર્વિજ્ઞાનીઓ Astronomers વચ્ચે ખગોળ વિજ્ઞાનનું સારું એવું આદાન-પ્રદાન થયું હોવું જોઇએ. સ્વાભાવિક રીતે તો જ્યારે આ વસંતસંપાત બિંદુ પર સૂર્ય આવે ત્યારથી નવા સૌરવર્ષનો પ્રારંભ ગણાવો જોઇએ, પરંતુ ઐતિહાસિક કારણોસર આ પદ્ધતિ સામાન્ય રીતે અપનાવાતી નથી ! સુધારેલ પારસી કેલેન્ડર અનુસાર વર્ષનો જમશેદી નવરોજ- વર્ષના આરંભનો દિવસ (21 March) આ અનુસાર છે. પરંતુ પારસી લોકો પણ મહદ્અંશે ઓગસ્ટ માસના પાછલા ભાગમાં આવતા ''ખોરદાદ સાલ'' મહિનાથી જ તેમના નવા વર્ષની શરૂઆત કરે છે. (સૌરવર્ષ અનુસરતા ભારતીય કેલેન્ડર જે તામીલનાડુ, કેરાલા, બંગાલ અને આસામમાં પ્રચલિત છે તેમાં આ સિદ્ધાંત અપનાવાયો છે, પરંતુ સાયન-નિરયન રાશિચક્રો વચ્ચેના ભેદને કારણે વાસ્તવિક વસંતસંપાતથી વર્ષની શરૂઆત નથી થતી.)

Ptolemyના વખતથી રાશિચક્રનું એક આરંભબિંદુ તો નક્કી કરવામાં આવ્યું, પરંતુ તેનાથી 300 વર્ષ પહેલાં Hipparcosએ શોધ્યું હતું કે સંપાતબિંદુઓ તારાગણ સંદર્ભે સ્થિર નથી- તેમના સ્થાનમાં (નાની માત્રાનું) ચલન થાય છે. હવે પ્રશ્ન થાય કે નિર્ધારિત રાશિચક્ર જ્યારે નક્કી કરવામાં આવ્યાં તે સમયે તારાગણ સંદર્ભે સંપાતબિંદુના જે સ્થાન હતાં ત્યાંથી હંમેશ માટે તેમની શરૂઆત ગણવી, કે પછી જે તે સમયે વસંતસંપાત બિંદુ તારાગણોમાં જે સ્થાને હોય તે સ્થાનથી શરૂઆત માનવી ? પ્રથમ પ્રકારનું રાશિચક્ર તે નિરયન રાશિચક્ર- જે તારાઓની પાર્શ્વભૂમિ (background)ના સંદર્ભમાં હંમેશા સ્થિર રહે; જ્યારે બીજા પ્રકારનું રાશિચક્ર તે સાયન રાશિચક્ર, જેની શરૂઆત જે તે વર્ષના સંપાતબિંદુના સ્થાનથી ગણાય. આમ સાયન રાશિચક્ર તારાઓની પાર્શ્વભૂમિમાં સ્થિર નથી. પરંતુ આપણું ઋતુચક્ર તો સૂર્યના વાસ્તવિક અયનબિંદુ અને સંપાતબિંદુઓ પર આગમનના દિવસ સાથે સંકળાયેલ છે. આ બે રાશિચક્રો વચ્ચેનો તફાવત 'અયનચલન' કહેવાય છે. અયન ચલનનું પ્રમાણ

એકધારું વધે છે કે પછી તેમાં વધઘટ થતી રહે છે તે લાંબા સમય સુધી વિવાદિત રહ્યું; છેક 17મી સદીમાં જ જ્યારે ન્યુટને ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત તારવ્યો, ત્યારે જ એનું વાસ્તવિક કારણ સમજાયું. પૃથ્વીની ભ્રમણધરીની દિશા તેના કક્ષાભ્રમણના સમતલની લંબદિશાને સમાંતર નથી પરંતુ $23\frac{1}{2}^{0}$ જેટલી નમેલી છે. ચંદ્ર તેમજ અન્ય ગ્રહોના ગુરુત્વાકર્ષણને પ્રભાવે આ ભ્રમણધરીની દિશા, કક્ષાભ્રમણના સમતલની લંબદિશા ફરતી 25800 વર્ષે ઘૂમે છે, જેને precession (પુરસ્સરણ) કહેવાય. તેથી તારાગણ સંદર્ભે સંપાતબિંદુઓ વર્ષના 50.2" લેખે ક્રાંતિવૃત્ત ઉપર પશ્ચિમ તરફ ખસતાં જાય છે, આ થયું અયન-ચલન.

પૃથ્વીના સૂર્ય ફરતાં કક્ષાભ્રમણને કારણે રોજ સૂર્ય, તારાગણ સંદર્ભે 1^{0} પૂર્વ તરફ ખસે છે, અને તે ફરી પાછો મૂળ સ્થાને આવેલ જણાય એ સમયગાળાને આપણે 'સૌરવર્ષ' કહ્યું. નિરયન રાશિચક્ર તારાગણ સંદર્ભે સ્થિર હોવાથી આ પ્રકારનું વર્ષ 'નિરયન સૌરવર્ષ' કહેવાય છે. અંગ્રેજીમાં Siderial Year અર્થાત્ 'તારાવર્ષ' કે 'નક્ષત્રવર્ષ'. પરંતુ સૂર્ય વસંતસંપાત બિંદુથી પૂર્વ તરફ સરકતો જાય ત્યારે ફરી પાછો આ 'નક્ષત્રવર્ષ' પુરુ કરે તે દરમ્યાન સંપાતબિંદુ 50.2" જેટલું પશ્ચિમ તરફ ખસી ગયું હોય એટલે તે સંપાતબિંદુ પર તો સ્હેજ વહેલો આવી જાય- 20 મિનિટ જેટલો વહેલો. આ પ્રકારનું વર્ષ ગણીએ તો તે સાયન સૌર વર્ષ કહેવાય અને તે નિરયન સૌર વર્ષ કરતા 20 મિનિટ જેટલું ટૂંકું છે. ઋતુચક્ર તો સૂર્યના અયન અને સંપાતબિંદુઓ પર પુનરાગમન સાથે સંકળાયેલ છે તેથી ઋતુચક્રની અવધિ સાયનસૌરવર્ષ જેટલી હોય છે. અંગ્રેજીમાં આ વર્ષને Tropical Year કહે છે. આપણુ વ્યવહારિક વર્ષ Tropical Year છે.

ભારતીય જ્યોતિષીઓની માન્યતા હતી કે તારાગણ સંદર્ભે સંપાત બિંદુઓ સતત ખસતાં નથી પરંતુ કોઇ પ્રકારની 'આંદોલનકારી' ગતિ ધરાવે છે, જે Trepidation કહેવાય. આ કારણે ભારતીય જ્યોતિષમાં નિરયન રાશિચક્ર અપનાવાયું. સિદ્ધાંત જ્યોતિષ અપનાવાયા પછી ભારતીય જ્યોતિષમાં ઘણી પ્રગતિ થઇ, અને ભારતના વિવિધ વિસ્તારોમાં નિરયન સૌર વર્ષો અનુસારના કેલેન્ડર અપનાવાયાં. આ બધાં જ મૂળભૂત રીતે તો સરખા છે, ફક્ત વર્ષની શરૂઆતના અલગ અલગ રાશિ પ્રવેશના દિવસથી મનાય છે. આમ કેરાલાનું વર્ષ સૂર્યના સિંહ રાશિમાં પ્રવેશ સાથે મનાય છે (હાલના તબક્કે 17 ઓગસ્ટ) તો તામિલનાડુનું નવું વર્ષ નિરયન મકરસંક્રાંતિ (14 જાન્યુઆરી)થી શરૂ થાય છે. અન્ય વિસ્તારો (જેવા કે બંગાળ, આસામ, ઓરીસ્સા)માં નવું વર્ષ સૂર્યના મેષ રાશિમાં પ્રવેશ (14 April) સાથે મનાય છે. પરંતુ આ બધા જ કેલેન્ડરમાં ક્રમિક મહિનાની શરૂઆત તો સૂર્યના ક્રમિક રાશિ પ્રવેશ સાથે જ થાય છે અને આમ મહિનાનો દિવસ ચંદ્રના કલાચક્ર સાથે કોઇજ સંબંધ ધરાવતો નથી- તિથિ જોવા માટે તો પંચાગનો જ સહારો લેવો પડે !

પૃથ્વીની સૂર્ય ફરતી કક્ષા સ્હેજ લંબગોળાકાર છે. જાન્યુઆરી માસમાં તે કક્ષામાં સૂર્યથી નજીકમાં નજીક હોય છે (Perihelion Point પર), તો જુલાઇ માસમાં તે સૂર્યથી દૂરમાં દૂર હોય છે (Aphelion Point પર). આ કારણે પૃથ્વીની સૂર્ય ફરતી ગતિ જાન્યુઆરી માસમાં ઝડપી બને છે તો જુલાઇ માસમાં ધીમી અને પૃથ્વી પરથી જોતાં સૂર્યના ક્રમિક રાશિસંક્રમણ જુલાઇ માસમાં વધુ દિવસોના સમયગાળે થતા જણાય છે તો જાન્યુઆરીમાં ઓછા દિવસોના સમયગાળે. આમ ભારતીય નિરયન સૌરવર્ષના મહિના ઉનાળામાં 31-32 દિવસ જેટલા લાંબા હોય, તો શિયાળામાં 28-29 દિવસ જેવા ટૂંકા ! (જોકે તે ઠંડીના કારણે કંઇ સંકોચાતા નથી !) આમ ભારતીય નિરયન પદ્ધતિ અનુસારની વર્ષ ગણતરી સૈદ્ધાંતિક દૃષ્ટિએ સરસ છે પણ સામાન્ય માણસ માટે વ્યવહારમાં મુશ્કેલ-કેલેન્ડર જોયા કરવું પડે. નિરયન સૌરવર્ષ, સાયન સૌરવર્ષ કરતા 20 મિનિટ જેટલું લાંબુ હોવાથી લાંબે ગાળે તે ઋતુચક્ર સાથે તાલ ચૂકે છે. 1800 વર્ષ જેવા લાંબા ગાળા દરમ્યાન હવે આ 'તાલચૂક' 23 દિવસ જેટલી થઇ ગઇ છે. આમ નિરયન કેલેન્ડર અનુસારની તે સમયની ભર શિયાળાની ઋતુ હવે વસંતઋતુ નજીક પહોંચી ગઇ છે, અને વાસ્તવિક ઉત્તરાયન જે 22 ડિસેંબરે હોય તે આપણે ઉજવીએ છીએ 14 જાન્યુઆરીએ !

ચંદ્રના બાર કલાચક્રોનું, 354 દિવસનું ચાંદ્ર વર્ષ ઋતુચક્ર સાથે તો મેળ નથી જાળવતું પરંતુ સામાન્ય પ્રજા માટે ઘણી રીતે અનુકુળ છે; આકાશમાં નજર નાખતા જ અડસટ્ટે જાણી શકાય કે મહિનાનો કેટલામો દિવસ છે ! ઉપરાંત વિવિધ ધર્મોના પર્વના દિવસો ચંદ્રની કલા અનુસાર માનવાની જુની પ્રથા છે, આ કારણે એક એવી કેલેન્ડર પદ્ધતિ અપનાવાઇ જેમાં ચંદ્રના

કલાચક્રો અનુસાર બાર મહિનાનું સામાન્ય વર્ષ હોય, પરંતુ અવારનવાર વધારાનો મહિનો (અધિક માસ, અંગ્રેજીમાં intercalary month) ઉમેરીને ઋતુચક્ર સાથે સરેરાશ મેળ જાળવી રખાય. આ પ્રકારની પદ્ધતિ અપનાવતાં કેલેન્ડર તે Luni-Solar કેલેન્ડર. આજથી ત્રણેક હજાર જેવા વર્ષ અગાઉ ગ્રીસ, રોમ, ઇઝરાએલ, બેબીલોનીયા તેમજ ભારતના ઘણા વિસ્તારો (મુખ્યત્વે ઉત્તર-પશ્ચિમ ભારત)માં આ પ્રકારની વર્ષ ગણતરી અપનાવાઇ, જ્યારે અન્ય વિસ્તારો (ઇજીપ્ત, ઇરાન, દક્ષિણ અને પૂર્વ ભારત)માં 365 દિવસનું સૌરવર્ષ પ્રચલિત થયું. Luni-Solar પદ્ધતિમાં અવારનવાર વધારાનો મહિનો ઉમેરવો પડે, અને તે માટે કોઇ નિયમ અપનાવવો પડે. Luni-Solar કેલેન્ડરના મહિનાના નામ તો આપણા નક્ષત્રોના નામ અનુસારના જણાશે- ચિત્રા, શ્રવણ, અશ્વિની ઇ. પરંતુ વાસ્તવમાં આ નામો જે તે માસમાં થતી સૂર્ય દ્વારા રાશિ સંક્રાન્તિ પ્રમાણે છે; શરૂઆત થાય મેષ સંક્રાન્તિથી જે ચૈત્ર મહિનો કહેવાય અને ત્યારબાદ ક્રમ અનુસાર. મહિનાના નામ વેદાંગ જ્યોતિષ સમયના જણાય છે, જે સમયે ભારતીય જ્યોતિષમાં રાશિનો ખ્યાલ પ્રવેશ્યો નહોતો અને જુદા જુદા 27 નક્ષત્રોમાં ચંદ્રની ગતિ અનુસારનું કેલેન્ડર હોવું જોઇએ એમ જણાય છે. મેષ રાશિની લગભગ સામે આકાશી ગોલક પર ચિત્રાનો તારો જણાશે. સૂર્ય જ્યારે મેષ રાશિમાં હોય ત્યારે પૂર્ણિમાનો ચંદ્ર બરાબર સામે (સરેરાશ) ચિત્રા નજીક હોય. આમ જણાય છે કે શરૂઆતમાં મહિનાના નામ પૂર્ણિમાના ચંદ્રના સ્થાન આધારે અપાયેલ હોય. ભારતમાં જે વિસ્તારોમાં સૌર કેલેન્ડર પ્રચલિત છે ત્યાં પણ (કેરાલાના અપવાદ સાથે) મહિનાના નામ તો નક્ષત્રો અનુસાર જ છે - ફક્ત કેરાલામાં મહિનાઓને રાશિના નામ આપવાની પ્રથા છે.

હવે આપણે આજના વૈશ્વિક વ્યવહારમાં વપરાતું જુલીયન-ગ્રેગરીઅન (Julian-Gregorian) કેલેન્ડર કેવી રીતે સર્જાયું તે સમજીએ. આ કેલેન્ડર તેના મૂળ સ્વરૂપમાં તો 365 દિવસનું Egyptian કેલેન્ડર છે- જે પાંચેક હજાર વર્ષ જેવું પુરાણુ છે. લાંબા સમયના અવલોકનોમાં જણાયું કે વાસ્તવિક સૌર વર્ષ 365 દિવસ કરતાં દિવસના ચોથા ભાગ જેવું વધારે લાંબુ છે, પરંતુ આ માટે ચાર વર્ષે એક દિવસ ઉમેરવાને બદલે એક આડકતરો ઉપાય યોજાયો. અગાઉ જણાવ્યા અનુસાર ઇજીપ્તમાં વર્ષની શરૂઆત તેજસ્વી તારા ‘વ્યાધ’ના પ્રથમ પ્રાતઃ દર્શનના દિવસથી મનાતી. પરંતુ 4 વર્ષે 1 દિવસ લેખે ગણતા આ પ્રાતઃદર્શનનો દિવસ પાછો ઠેલાતો જાય, અને 1460 વર્ષે ફરી પાછો પોતાના મૂળ દિવસે આવી જાય ! આમ ઇજીપ્તના ધર્મગુરુઓએ તેમના કેલેન્ડરમાં એક ચક્ર Sothic Cycle (આપણે ‘વ્યાધ’ ચક્ર કહી શકીએ) ઉમેરી ! આમ, તમારે જો વ્યાધના પ્રથમ પ્રાતઃદર્શનનો દિવસ જાણવો હોય તો કેલેન્ડરના પ્રથમ દિવસમાં તે વર્ષ Sothic Cycleમાં કેટલામું વર્ષ છે તે અનુસાર દિવસો ઉમેરવાના ! ઋતુ જાણવા માટે પણ આ જ ઉપાય યોજવાનો !

ઇ.પૂ. 30ના અરસામાં ઇજીપ્તના કેટલાક વિસ્તારોમાં એક અન્ય કેલેન્ડર - Alexandrian કેલેન્ડર પ્રચલિત બન્યું. જેમાં Sothic Cycleને બદલે દર ચાર વર્ષે, વર્ષમાં એક વધારાનો દિવસ ઉમેરવાનો રહેતો. રૂઢીચુસ્તતાને કારણે આ કેલેન્ડર ખાસ અપનાવાયું જણાતું નથી. ઉપરાંત મૂળ ઇજીપ્તના 365 દિવસના કેલેન્ડરમાં લાંબા ગાળાનું ‘સાતત્ય’ હોવાથી ખગોળીય ઘટનાઓની એ કેલેન્ડર અનુસારની નોંધ ખગોળીય સંશોધન માટે પણ ઘણી ઉપયોગી નીવડી છે. (પ્રસિદ્ધ ભારતીય ખગોળવિજ્ઞાની આર્યભટે પણ સળંગ દિવસના ક્રમ અનુસાર ઘટનાઓ નોંધવાનો યત્ન કર્યો હતો, હવે ખગોળીય ઘટનાઓ આ રીતે સળંગ દિવસોની ગણતરી અનુસાર ક્રમિક ‘જુલીયન દિવસ’માં નોંધાય છે.)

આજથી 2000 વર્ષ પૂર્વે ઇજીપ્ત પર રોમન સમ્રાટ જુલીયસ સીઝરનું શાસન હતું ત્યારે તેણે તે સમયના રોમન કેલેન્ડરને સુધારવાનો પ્રયત્ન કર્યો. તે સમયનું રોમન કેલેન્ડર તો બીલકુલ ઢંગધડા વગરનું હતું. કેલેન્ડર સુધારણાનું કામ તેણે તેના એક વિશેષજ્ઞ Socigenesને સોંપ્યું, અને Socigenes એ લગભગ Alexandrian કેલેન્ડર જેમાં ચાર વર્ષે એક લીપ વર્ષ-366દિવસનું ગણાતું તે જ અપનાવ્યું. પરંતુ તેણે 30 દિવસના બાર મહિના અને વધારાના 5 કે 6 દિવસો ગણવાને બદલે મૂળ રોમન કેલન્ડર અનુસારના મહિનાઓના દિવસની સંખ્યામાં થોડો ફેરફાર કરીને લગભગ આજે અપનાવાતી પદ્ધતિના મહિના અપનાવ્યા ! મૂળ રોમન વર્ષ માર્ચ મહિનાથી શરૂ થતું અને મહિનાના નામ ક્રમ અનુસારના હતા- પાંચમો મહિનો Quintilis ત્યારબાદ Sextilis વગેરે. પરંતુ રોમન રાજ્યના વિસ્તારમાં આ Socigenes દ્વારા રચાયેલ કેલેન્ડર અપનાવાયા પછી તે સમયના સમ્રાટ જુલીયસ સીઝરના નામ પરથી Quintilis July બની ગયો ! (કદાચ તેના જન્મનો મહિનો હશે !) તો પછી તેની પછીનો સમ્રાટ Augustus કેમ રહી જાય ? આમ Sextilis, August બન્યો ! મૂળ રોમન કેલેન્ડર તો દસ મહિનાનું જ હતું અને

છેલ્લો મહિનો December હતો (Des-દસ) હતો. મૂળ રોમન વર્ષ તો ફક્ત 304 દિવસનું જ હતું, પરંતુ ઇ.પૂ. 673 BCમાં તે સમયના રોમન શાસકે તેમાં બે મહિના ઉમેરીને 355 દિવસનું બનાવ્યું-અગાઉ જણાવ્યા અનુસાર જુલીયસ સીઝરના જમાનાનું રોમન કેલેન્ડર ઢંગધડા વગરનું જ હતું ! 355 દિવસનું વર્ષ ચાંદ્રવર્ષ અનુસારનું હોઇ શકે.

મૂળ રોમન કેલેન્ડરના મહિનાના દિવસોની સંખ્યા અવ્યવસ્થિત હોવાથી જુલીયન કેલેન્ડરમાં પણ મહિનાના દિવસોની સંખ્યા અંગે સ્પષ્ટ નિયમ નથી. જુલીયસ સીઝરના નામનો મહિનો ટૂંકો હોય તો કેમ ચાલે ? તેથી તે 31 દિવસનો બન્યો. તો પછી તેનો અનુગામી Augustus કેમ રહી જાય ? એટલે એ મહિનો પણ 31 દિવસનો હતો. વર્ષના મૂળ દિવસ તો 355 હતા એટલે છેલ્લો મહિનો (તે સમયે ફેબ્રુઆરી-માર્ચ પહેલો મહિનો હતો) આમે સ્હેજ ટૂંકો હતો એમાં Augustus એ વધારે કાતર મારી જણાય છે ! આમ સામાન્ય રીતે તે 28 દિવસનો અને દર ચાર વર્ષે 29 દિવસનો બન્યો. Socigenes દ્વારા રચાયેલ આ જુલીયન કેલેન્ડર સમગ્ર રોમન સામ્રાજ્યમાં ઇ.પૂ. 46 થી અપનાવાયું, પરંતુ ત્યારબાદ જ્યારે યુરોપમાં ખ્રીસ્તી ધર્મ અપનાવાયો તે સમયે ઇસુ ખ્રીસ્તના જન્મ સાથે સંકળાયેલ મનાતાં વર્ષને 0 માનીને Julian કેલેન્ડરના વર્ષનો હાલનો ક્રમ અપનાવાયો. આ કેલેન્ડર તેના મૂળ સ્વરૂપમાં સોળમી સદી સુધી તો વપરાયું, પરંતુ 1500 વર્ષ જેવા લાંબા ગાળાના અવલોકનોમાં જણાયું કે આ પ્રકારનું વર્ષ ઋતુચક્ર સાથે થોડો તાલ ચૂકી રહ્યું છે અને આ તાલચૂક 1500 વર્ષ જેવા ગાળામાં તો 11 દિવસ જેટલી થઇ ગઇ છે ! આમ જુલીયન વર્ષને સ્હેજ ટૂંકુ કરવું જરૂરી જણાયું. આ માટે તત્કાલીન પોપ ગ્રેગરી-13એ 1572માં વિશેષજ્ઞોની સલાહ અનુસાર 1582ના October મહિનામાંથી દસ દિવસ કાપી નાખ્યા ! October 15 આમ October 5 ગણાયો. (ઘણા લોકોને એમ લાગ્યું કે તેમના પગારના દસ દિવસ કપાય છે તેથી આંદોલનો પણ થયાં!) ભવિષ્ય માટે આ સાથે લીપ વર્ષની ગણતરીમાં પણ એક સુધારો કરાયો : સામાન્ય નિયમ મુજબ શતાબ્દિનું વર્ષ 4થી ભાજ્ય હોવાથી લીપ વર્ષ (366 દિવસનું) હોવું જોઇએ, એમાં સુધારો કરીને એવો નિયમ અપનાવાયો કે જે શતાબ્દિનું વર્ષ 400થી ભાજ્ય હોય તેને જ લીપ વર્ષ ગણવું. આમ, 1900નું વર્ષ લીપ વર્ષ નહોતું, 2000નું વર્ષ લીપ વર્ષ હતું, પણ 2100નું ફરી નહીં હોય. આ સુધારેલ આવૃત્તિ તે હાલનું જુલીયન-ગ્રેગરીઅન કેલેન્ડર જે અત્યારે વૈશ્વિક વ્યવહારમાં વપરાય છે.

જુલીયન-ગ્રેગરીઅન કેલેન્ડર ઋતુવર્ષ સાથે તો ઘણું સારું મેળમાં છે, લગભગ 4000 વર્ષે માત્ર એક દિવસનો જ ફેર આવશે. પરંતુ તેના મહિનામાં દિવસની સંખ્યાની ગોઠવણી નિયમબદ્ધ નથી- અને આપણે આંગળીની મુઠ્ઠી વાળીને 'ઢેકા'નો ક્રમ જોવો પડે છે. ઉપરાંત અઠવાડીયાના વારનો ક્રમ મહિનાની તારીખ સાથે સંબંધ નથી જાળવતો-ઓક્ટોબરની બીજી તારીખ અઠવાડિયાના ગમે તે દિવસે આવે ! જો એ પ્રકારની ગોઠવણી કરાય કે નક્કી તારીખે નિશ્ચિત વાર આવે તો દર વર્ષે કેલેન્ડર બદલવાની જરૂર જ નહીં પડે ! આ માટે એક World Calendar સૂચવાયેલું છે. 7 વારનું અઠવાડીયું. આવા 52 અઠવાડીયા લઇએ તો 364 દિવસ થાય. વધારાનો દિવસ રહ્યો એક (લીપ વર્ષમાં બે); વર્ષના આ દિવસને કોઇ નામ જ નહીં આપવું- વિશ્વભરમાં રજાનો દિવસ; વર્ષને અંતે આવે. (લીપ વર્ષમાં એક વધારાનો દિવસ અર્ધા વર્ષે આવે !)

હવે રહ્યો પ્રશ્ન મહિનામાં દિવસની સંખ્યા ગોઠવવાનો તે માટે વર્ષને 4 ભાગ (Quarters)માં વહેંચવાનું. પ્રત્યેક 'ક્વાર્ટર'ના પ્રથમ બે મહિના 30 દિવસના, અને ત્રીજો 31 દિવસનો. આ પ્રકારનું કેલેન્ડર વિશ્વભરમાં અનુસરાય તો કોઇ જ ઝંઝટ નહીં રહે. વર્ષની શરૂઆત નિશ્ચિત દિવસે થાય, ક્યા મહિનાની કઇ તારીખે ક્યો દિવસ હશે તે પણ નક્કી અને દર વર્ષે આ જ કેલેન્ડર ! આ પ્રશ્ન UNOમાં પણ ચર્ચાયેલ છે- ફક્ત રૂઢીચુસ્તતા જ આડે આવે છે ! આ ઉપરાંત ભારતમાં કેલેન્ડર સુધારણા માટે પ્રો. મેઘનાદ સહાની અધ્યક્ષતામાં એક સમીતિ રચાઇ હતી. તેના સૂચન અનુસાર ભારતમાં બે રાષ્ટ્રીય કેલેન્ડર અપનાવાયા છે. એક છે રાષ્ટ્રીય સાયન પંચાંગ અને બીજું છે રાષ્ટ્રીય નિરયન પંચાંગ. CSIR દ્વારા દર વર્ષે આ કેલેન્ડર પ્રસિદ્ધ કરવામાં આવે છે. અને છેલ્લે એક રસપ્રદ ઉલેખ કરીએ. આપણા પૌરાણિક-વૈદિક સાહિત્યમાં જે ખગોળીય ઘટનાઓની નોંધ જોવા મળે છે તેનો ઉપયોગ કરીને તે સાહિત્ય ખરેખર કેટલા જુના સમયનું છે તેનો અંદાજ મેળવી શકાય. આ સાહિત્યને આધુનિક ખગોળવિજ્ઞાન સાથે સાંકળતી ખગોળ-કાલ-ગણના Astrochronology એક રસપ્રદ સંશોધનનો વિષય છે.

*****

દિવાલો તૂટે છે રચાય છે સેતુઓ

ડૉ. શકુન્તલા જી. નેને
રાજકોટ

મહાન વિજ્ઞાની ન્યુટનને તમે ભૌતિકશાસ્ત્રી કહેશો કે ગણિતશાસ્ત્રી ? ભૌતિકશાસ્ત્રને તેમણે ગુરૂત્વાકર્ષણ અને ગતિના નિયમો જેવા વૈશ્વિક સિદ્ધાંતો આપ્યા તો ગણિતમાં સ્વતંત્રપણે 'કૅલ્ક્યુલસ' જેવી શાખાની ભેટ આપી. જો કે એમના પોતાના સમયમાં તો એ ફિલોસોફર તરીકે ઓળખાતા હતા. હવે સમય આવી ગયો છે કે કોઇપણ વિજ્ઞાની કે વિજ્ઞાનનો શિક્ષક/વિદ્યાર્થી ભૌતિક, રસાયણ કે જીવવિજ્ઞાન જેવા ચુસ્ત વાડાઓમાં નહિ રહી શકે. વિજ્ઞાનની સર્વ ગતિવિધિઓ આખરે તો કુદરતના રહસ્યો શોધવા અને માનવજાતિની સુખાકારી માટે થતી રહી છે. શુદ્ધ વિજ્ઞાનના સંશોધનોને આખરે તો ટેકનોલોજીમાં ફેરવી માનવજાતિના ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

જીવવિજ્ઞાનીને સુક્ષ્મ કોષો કે જીવોના અભ્યાસ માટે ભૌતિકવિજ્ઞાન દ્વારા બનાવેલાં સુક્ષ્મદર્શકયંત્ર પર આધાર રાખવો પડે છે. પછી એ સાદું સુક્ષ્મદર્શક હોય કે ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપ હોય ! વળી સજીવોમાં થતી અનેકવિધ પ્રક્રિયાઓ સમજવા માટે રસાયણવિજ્ઞાનનું જ્ઞાન પણ અત્યંત જરૂરી છે. તો વનસ્પતિમાં પર્ણો કે પુષ્પોની ગોઠવણીમાં ગણિત પણ રહેલું છે.

વીસમી સદીની શરૂઆતમાં પરમાણુ બંધારણના સંશોધનો થયાં અને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં વર્ણપટોને સમજવામાં તે ઉપયોગી થયાં હકીકતે તો એ બંને શાખાઓ એકબીજાની આંગળી પકડીને જ આગળ વધી એમ કહેવું પડે. તો રસાયણવિજ્ઞાનમાં થતી પ્રક્રિયાઓ સમજવા માટે પણ પરમાણું બંધારણ ઉપયોગી નીવડ્યું. ક્વૉન્ટમવિજ્ઞાન એ સુક્ષ્મકણોનું વિજ્ઞાન છે એટલે ભૌતિક અને રસાયણવિજ્ઞાન બંનેમાં એ ઉપયોગી થયું.

આ બધુ હોવા છતાં તે સમયે આ બાબતને Inter-disciplinary તરીકે જોવામાં આવતી ન હતી. મારા ખ્યાલ મુજબ ચાલીસેક વર્ષ પૂર્વે સૌ પ્રથમ Biophysics વિષયનો અભ્યાસક્રમમાં સમાવેશ કરી ઇન્ટર-ડીસીપ્લીનરી આંતરશાખીય અભ્યાસની શરૂઆત થઇ. બાયોકેમીસ્ટ્રી વિષયની પણ શરૂઆત થઇ.

અત્યારે હવે અવકાશવિજ્ઞાનમાં તો જાણે વિવિધ વિદ્યાશાખાઓનું 'ફ્યુઝન' થતું હોય એવું લાગે છે. તેમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના પાયાના ગતિના નિયમોથી માંડી આધુનિકતમ ઇલેક્ટ્રોનિક્સનો ઉપયોગ થાય છે. તો બળતણ માટે વિવિધ રસાયણોનો ઉપયોગ કરવો પડે છે. વળી ઉપગ્રહો કે રૉકેટોમાં ઉપયોગ કરવા નવા પદાર્થો કે ધાતુઓનો આવિષ્કાર કરવામાં આવે છે. એટલે કે અવકાશી ઇજનેરે 'પદાર્થવિજ્ઞાન' Materials Science વિશે પણ જાણવું પડે છે. (આદરણીય ડૉ. કલામ સાહેબની આત્મકથા વાંચનારને આ બાબતની સ્પષ્ટ અનુભૂતિ થશે.)

મેડીકલ ક્ષેત્ર વિશે વિચારીએ તો માનવશરીરની તપાસથી માંડી શસ્ત્રક્રિયાઓ સુધી કૉમ્પ્યુટર, લેસર ઓપ્ટીકલ ફાઇબર્સ જેવી શોધોએ ક્રાંતિકારી ફેરફારો કર્યા છે. શરીરની અંદરના કોઇપણ અવયવ વિશેની જાણકારી કાપકુપ વગર મેળવી શકાય છે અને તે સચોટ નિદાનમાં અત્યંત ઉપયોગી નીવડે છે. કૅન્સર જેવા અસાધ્ય ગણાતા રોગોની ચિકિત્સામાં કીમોથેરાપી (રસાયણો) અને રેડીયેશન (રેડીયો ઍક્ટીવ કિરણો)ના ઉપયોગથી મોટા ભાગના દર્દીઓને રાહત થાય છે. નેત્રચિકિત્સા તો પ્રથમથી જ ભૌતિક- વિજ્ઞાન સાથે સંકળાયેલી છે. પ્રકાશને લગતા વિવિધ સિદ્ધાંતોનો એમાં ઉપયોગ થતો રહેતો અને હવે લેસરના ઉપયોગથી તો જાણે આંખની હોસ્પિટલની જરૂર જ ન રહે એટલે કે 'ઇન્ડોર પેશન્ટ' તરીકે રહેવું ન પડે એવી સ્થિતિ સર્જી છે. ક્ષ-કિરણોનો ઉપયોગ હાડકાંઓની ચકાસણીમાં થતો આવ્યો છે અને હવે સોનોગ્રાફી (અલ્ટ્રાસાઉન્ડ) વિવિધ પ્રકારના નિદાનમાં ઉપયોગી છે.

ખેતીમાં પણ જુદી જુદી રીતે વિજ્ઞાનનો ઉપયોગ થવા લાગ્યો છે. જમીન માટીની ચકાસણીથી માંડી ક્યા તત્વની ક્યારે જરૂર છે તે જાણીને ખેતીની ખામીઓ દૂર કરી શકાય છે. રાસાયણિક ખાતરો કે જંતુનાશકોનો સમજણપૂર્વકનો ઉપયોગ લાભ આપે છે. જીવવિજ્ઞાનીઓએ કરેલ ટીસ્યુકલ્ચરનો આવિષ્કાર ખેતીપાકની સુધારણામાં આશીર્વાદરૂપ નીવડે છે.ગામા-રેડીયેશનનો

ઉપયોગ કરી ખેતપેદાશો-કઠોળ, શાકભાજી, ફળો વગેરેને લાંબા સમય સુધી જાળવણી કરી શકાય છે. અવકાશવિજ્ઞાન ખાસ કરીને કૃત્રિમ ઉપગ્રહોના ઉપયોગથી સંદેશાવ્યવહાર ક્ષેત્રે તો ક્રાંતિ થઇ જ છે સાથે સાથે હવામાનના અભ્યાસ માટે પણ તે ઉપયોગી છે, જે છેવટે ખેતીવાડીના ખપમાં લાગે છે.

છેલ્લા થોડા વર્ષોમાં સંશોધન થયેલ નેનો-ટેકનોલૉજીનો ઉપયોગ વિવિધ ક્ષેત્રોમાં થઇ રહ્યો છે અને હજુ વધુને વધુ ક્ષેત્રોમાં તે ઉપયોગી નીવડશે. ઔષધવિજ્ઞાન, રંગરસાયણ, પદાર્થોના ગુણધર્મોમાં ફેરફાર તેમ જ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રમાં પણ તેનો ઉપયોગ થવા લાગ્યો છે. અને તેથી જ હાલ પણ એ શાખામાં મોટા પ્રમાણમાં સંશોધન થઇ રહ્યું છે.

કોઇને થશે કે મુખ્યત્વે ભૌતિક, રસાયણ, જીવવિજ્ઞાન વગેરેની જ ઇન્ટર-ડીસીપ્લીનની વાતો આપણે કરી પણ આ બધા ક્ષેત્રોમાં પ્રગતિ માટે કૉમ્પ્યુટરોનો ફાળો ખુબ મોટો છે એ કેમ ભુલાય ! 'ડીજીટલ' ની પણ હાલ બોલબાલા છે. ત્યારે આ બધી જ શોધો કે સાધનો ગણિત વિજ્ઞાનની ભેટ છે એટલે અઘરું કે નિરસ લાગતું ગણિત-વિજ્ઞાન તો આ નેત્રદીપક પ્રગતિના પાયામાં છે એ ભૂલવું ન જોઇએ.

વીતેલી સદીમાં વિજ્ઞાને ખુબ ઝડપથી પ્રગતિ કરી છે તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે વિજ્ઞાનની કોઇપણ શાખામાં થયેલી શોધ અને પ્રગતિનો લાભ અન્ય શાખાઓને મળતો રહ્યો છે અને આથી જ ક્યારેક સામાન્ય માણસને શુદ્ધ વૈજ્ઞાનિક સંશોધનો નકામા લાગતાં હોય તેનો પણ ટેકનોલૉજીમાં ઉપયોગ થતાં એ માનવજાતિની સુખાકારી માટે ફળદાયી નીવડ્યાં છે. જુદી જુદી વિદ્યાશાખાઓ હવે સંકુચિત ચુસ્ત વાડાઓમાં (water-tight compartmentમાં) બંધાયેલી નથી રહી. એમના વચ્ચેની દિવાલો તૂટી રહી છે અને નવા સેતુઓ રચાવા માંડ્યા છે.

અને છેલ્લે ભૌતિકશાસ્ત્રના વિદ્યાર્થીઓ તથા શિક્ષકોને એક ખાસ અપીલ કરીએ. વિજ્ઞાન-ટેકનોલૉજીના જુદાં જુદાં ક્ષેત્રોમાં (તેમજ મેડીકલ-ફાર્મસી વગેરેમાં) થતી કામગીરી પર નજર નાખજો. તેઓ જે પ્રયોગો/અવલોકનો કરે છે અને જે નિષ્કર્ષ આપે છે તે વૈજ્ઞાનિક આંકડાઓ/માહિતીના સ્વરૂપમાં હોય છે ખરું ને ! તે તમામમાં ભૌતિકવિજ્ઞાને આપેલા માપનનાં એકમો-units કેવો મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે તે જાણવું આપને ગમશે.

*****

કેળવણી કહે છે

હું સત્તાની દાસી નથી. કાયદાની કિંકરી નથી. માત્ર વિજ્ઞાનની સખી નથી.

કલાની પ્રતિહારી નથી કે અર્થશાસ્ત્રની બંદી નથી. હું તો ધર્મનું પુનરાગમન છું.

મનુષ્યના હૃદય, બુદ્ધિ તેમજ તમામ ઇન્દ્રિયોની સ્વામિની છું.

માનસશાસ્ત્ર અને સમાજશાસ્ત્ર એ મારા બે પગ, કલા અને હુન્નર મારા બે હાથ...

વિજ્ઞાન મારું મસ્તિષ્ક... ધર્મ મારું હૃદય... નિરીક્ષણ અને તર્ક એ મારી બે આંખો...

ઇતિહાસ મારા કાન, સ્વાતંત્ર્ય મારો દાસ... ઉત્સાહ અને ઉદ્યોગ મારાં ફેફસાં...

ધીરજ મારું વ્રત, શ્રદ્ધા મારું ચૈતન્ય...

મારી ઉપાસના કરનાર બીજા કોઇનો ઓશિયાળો નહીં રહે.

કાકાસાહેબ કાલેલકર (ગાંધીજીના અંતેવાસી, લેખક, ખગોળપ્રેમી)

હિગ્ઝ બોઝોન શું છે ?

ડૉ. કેતન એમ. પટેલ
સંશોધક વિદ્યાર્થી, ફિઝીકલ રીસર્ચ લેબોરેટરી,
અમદાવાદ
(TIFR, મુંબઇ)

સ્વિત્ઝર્લેન્ડના જીનિવા સ્થિત યુરોપીયન ન્યુક્લિયર રિસર્ચ સંસ્થાન (CERN) ખાતે આવેલા Large Hadron Collider (LHC) નામના સંકુલમાં એક નવા મૂળભૂત કણની શોધ થઇ છે. જુલાઇ 4, 2012ના રોજ જાહેર કરાયેલા પરિણામો મુજબ, LHCમાં આવેલા ATLAS અને CMS એમ બે અલગ-અલગ પ્રયોગો દ્વારા શોધાયેલા આ કણને હિગ્ઝ બોઝોન તરીકે જોવામાં આવી રહ્યો છે, કે જેની સૈદ્ધાંતિક આગાહી આજથી લગભગ અડતાલીસ વર્ષ પહેલાં પીટર હિગ્ઝ સહિતના કેટલાક વૈજ્ઞાનિકોએ કરી હતી. મૂળભુત કણ ભૌતિકવિજ્ઞાન (Particle Physics)નાં અને બ્રહ્માંડની ઉત્પત્તિથી લઇને તેની ઉત્ક્રાંતિ વિશેના રહસ્યોને સમજવામાં મહત્વની કડી સમાન કથિત હિગ્ઝ બોઝોનની શોધે મૂળભૂત કણોની અજાયબ અને અતિ રસપ્રદ દુનિયાને વિશ્વભરના સમાચાર માધ્યમોમાં ચમકાવી દીધી છે. "God Particle" અને ''ભુતિયા કણ'' જેવાં વિશેષ નામોથી સમાચાર માધ્યમોમાં રજુ કરાયેલો એવો આ હિગ્ઝ બોઝોન શું છે ? બ્રહ્માંડના મૂળભૂત કણો અને મૂળભૂત પરીબળોને સમજવામાં તેનું કેટલું મહત્વ છે ? શું CERN ખાતે મળી આવેલો નવો કણ ખરેખર હિગ્ઝ બોઝોન છે ? અને જો હોય તો તેને શોધવામાં લગભગ પાંચ દાયકાઓ જેટલો સમય કેમ વીતી ગયો ? ચાલો, આપણે આ બધા પ્રશ્નોના જવાબ જાણવાનો પ્રયત્ન કરીએ. આમ તો ભૌતિક વિજ્ઞાનની સાચી સમજ ગણિતના સમીકરણોમાં રહેલી છે. એક સમીકરણનો અર્થ સમજાવવામાં કદાચ એક પુસ્તક પણ ઓછું પડે મૂળભૂત કણોના ભૌતિકવિજ્ઞાનને સમજવા માટે અનેક સમીકરણોની જરૂર પડે ! જોકે પ્રસ્તુત લેખમાં આપણે સમીકરણોની આંટીઘૂંટીઓને ટાળી બને તેટલી સાદી અને સરળ ભાષામાં હિગ્ઝ બોઝોનને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

સૈદ્ધાંતિક સમજ અને પ્રાયોગિક ચકાસણી એ વિજ્ઞાનની પ્રગતિના મુખ્ય બે પાસાઓ છે. નવા અને કેટલીક વાર આશ્ચર્યજનક પ્રાયોગિક પરીણામો વિજ્ઞાનના નવા સિદ્ધાંતો ઘડવામાં કે પછી જુના સિદ્ધાંતોને બદલવામાં મહત્વના સાબિત થાય છે. જ્યારે બીજી તરફ આવા સિદ્ધાંતોની યથાર્થતા તેના દ્વારા કરાયેલાં કેટલાક અનુમાનોની પ્રાયોગિક ચકાસણી દ્વારા થાય છે. હિગ્ઝ બોઝોનના ઇતિહાસમાં પણ કંઇક આવું જ છે. હિગ્ઝ બોઝોનનું અસ્તિત્વ એ Standard Model (SM) of Particle Physics નામના સૈદ્ધાંતિક માળખાની એક આગાહી છે. તો સૌપ્રથમ ચાલો જોઇએ કે આ SM શું છે ? અને તે શા માટે હિગ્ઝ બોઝોનનું અસ્તિત્વ હોવાની આગાહી કરે છે ?

SM એ બ્રહ્માંડના મૂળભૂત કણો અને તેમની વચ્ચે થતી અંતરક્રિયાઓને વર્ણવતું અત્યાર સુધીનું સૌથી સફળ સૈદ્ધાંતિક માળખું છે. બ્રહ્માંડના બધા જ પદાર્થોના મૂળભૂત કણોનો તેમાં સમાવેશ થાય છે. ગુરૂત્વાકર્ષણ સિવાયના ત્રણેય મૂળભૂત પરિબળો (forces/interactions) એટલે કે વિદ્યુતચુંબકીય (electromagnetic), Strong તેમજ Weak ન્યુક્લિયર બળનો ચિતાર તેમાં મળી રહે છે. SMના સિદ્ધાંતોનું ઘડતર વીસમી સદીના મધ્યથી લઇને 1970ના દાયકાની શરૂઆત સુધી અનેક વૈજ્ઞાનિકોના યોગદાનથી થયેલ છે, જે ત્યારબાદ અનેક પ્રાયોગિક પરીક્ષણોમાંથી સફળ રીતે પસાર થયું છે. SMમાં સમાવિષ્ટ મૂળભૂત કણોને મુખ્યત્વે બે વિભાગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે; પદાર્થકણો (Matter Particles) અને પરિબળવાહક કણો (Force Carriers).

પદાર્થ (દ્રવ્ય) કણો :

બ્રહ્માંડનો દરેક દૃશ્ય પદાર્થ મૂળભૂત રીતે આ કણોનો બનેલો છે. આ કણોનું વર્ગીકરણ મુખ્યત્વે ક્વાર્ક (quarks) અને લેપ્ટોન (Leptons) એમ બે વિભાગોમાં કરવામાં આવ્યું છે. પરમાણુ નાભિમાં આવેલા ન્યૂટ્રોન અને પ્રોટોન એ ક્વાર્ક્સના બનેલા હોય છે. જેમ કે પ્રોટોન એ બે 'up' ક્વાર્ક્સ અને એક 'down' ક્વાર્ક્સનો બનેલો હોય છે, જ્યારે ન્યૂટ્રોન બે 'down'

અને એક 'up' ક્વાર્ક્સનો બનેલો હોય છે. ન્યૂટ્રોન અને પ્રોટોનના વિદ્યુતભારો પરથી સ્પષ્ટ છે કે ક્વાર્ક્સ એ અપૂર્ણાંક વિદ્યુતભાર ધરાવતાં હોય છે. 'up' અને 'down' ક્વાર્ક્સ મળીને ક્વાર્ક્સની પ્રથમ પેઢીની રચના કરે છે. (જુઓ Table-1)

Table-1

Matter Fermions

Quarks spin = 1/2			Leptons spin = 1/2		
Flavor	Approx. Mass GeV/c^2	Electric charge	Flavor	Mass GeV/c^2	Electric charge
u up	0.003	2/3	ν_e electron neutrino	$<1\times10^{-8}$	0
d down	0.006	−1/3	e electron	0.000511	−1
c charm	1.3	2/3	ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
s strange	0.1	−1/3	μ muon	0.106	−1
t top	175	2/3	ν_τ tau neutrino	<0.02	0
b bottom	4.3	−1/3	τ tau	1.7771	−1

1 GeV/c^2 = 1.78 X 10^{-24} gm

આ ઉપરાંત ઇલેક્ટ્રોનને લેપ્ટોન તરીકે વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યાં છે. ઇલેક્ટ્રોન ઉપરાંત વિદ્યુતભારરહિત ન્યુટ્રીનો (Neutrinos)ને પણ લેપ્ટોન્સમાં સમાવવામાં આવ્યા છે. ઇલેક્ટ્રોન (e) અને ઇલેક્ટ્રોન-ન્યુટ્રિનો (υ_e) મળીને પ્રથમ પેઢીના લેપ્ટોન્સ કણોની રચના કરે છે. ક્વાર્ક્સ અને લેપ્ટોન્સ કુલ ત્રણ પેઢીમાં જોવા મળે છે. જેમાંના બીજી અને ત્રીજી પેઢીના કણો દળમાં પ્રથમ પેઢી કરતાં ખૂબ જ ભારે અને અસ્થાયી હોય છે. તેઓ ખૂબ જ ઝડપથી પ્રથમ પેઢીના કણોમાં ક્ષય પામે છે અને તેથી કુદરતમાં તેમનું અસ્તિત્વ જોવા મળતું નથી. જોકે તેમને પ્રયોગશાળામાં અતિશય ઊર્જા હેઠળ પાર્ટિકલ એક્સલરેટર દ્વારા ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. તદ્ઉપરાંત આવા કણો બ્રહ્માંડની ઉચ્ચ ઊર્જાની આપ-લે વાળી પ્રક્રિયાઓ દ્વારા પણ ઉત્પન્ન થાય છે. SMમાં સમાવાયેલા બધા જ પદાર્થકણોનું અસ્તિત્વ જુદાં જુદાં પ્રયોગો દ્વારા ચકાસાયું છે. આમાંના top ક્વાર્ક અને tau લેપ્ટોન એ બે સભ્યોની શોધ અનુક્રમે 1995 અને 2000માં થઇ છે, SMની રચનાના લગભગ અઢી દાયકા પછી ! બધાં જ પદાર્થકણોના સ્પિન-1/2 હોય છે અને તેથી તેમને Matter fermions પણ કહેવામાં આવે છે.

પરિબળ વાહક કણો :

અગાઉ નોંધ્યું તેમ બ્રહ્માંડના મુખ્ય ચારમાંથી ત્રણ પરિબળોને SMના સૈદ્ધાંતિક માળખાં હેઠળ સમજી શકાય છે. આ મૉડેલ જેની મદદથી રચાયું છે તે Quantum Field Theory (QFT) ના સિદ્ધાંતો મુજબ બે પદાર્થકણો વચ્ચે પ્રવર્તતા જુદા જુદા પ્રકારના બળ એ કોઇ ચોક્કસ કણોની આપ-લે દ્વારા ઉદ્ભવે છે. તે કણોને Virtual Particles પણ કહેવામાં આવે છે. દા.ત. ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોનનું આકર્ષણ એ એક વિદ્યુતચુંબકીય પ્રક્રિયા છે જે ફોટોન નામના કણની આપ-લે દ્વારા થાય છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઇલેક્ટ્રોન સતત ફોટોન કણોને મુક્ત કરતો હોય છે જે પોઝિટ્રોન દ્વારા શોષાય છે. ફોટોનની આ લેવડ-દેવડ ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન વચ્ચે વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્ર રચે છે જેના દ્વારા બંને એકબીજાની તરફ આકર્ષાય છે. બે

ઇલેક્ટ્રોન વચ્ચે પરસ્પરનું અપાકર્ષણ પણ ફોટોનની આપ-લે દ્વારા જ થાય છે. આમ દરેક વિદ્યુતચુંબકીય પ્રક્રિયાઓના મૂળમાં ફોટોનની લેવડ-દેવડ જવાબદાર હોય છે. આજ રીતે Strong અને Weak પરિબળો માટે તેના વાહક કણો અનુક્રમે gluons અને weak બોઝોન્સ જવાબદાર હોય છે. Table-2માં દર્શાવ્યા મુજબ કુલ આઠ પ્રકારના gluons અને ત્રણ પ્રકારના weak બોઝોન્સ હોય છે જેમને W^+, W^- અને Z તરીકે દર્શાવવામાં આવે છે. બધાંજ પરિબળ વાહકોના સ્પિન-1 હોવાથી તે બોઝોન્સ હોય છે.

Table-2

Gauge Bosons

Unified Electroweak spin = 1		
Name	Mass GeV/c^2	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.4	−1
W^+	80.4	+1
Z^0	91.187	0
Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c^2	Electric charge
g gluon	0	0

Gluons એ Strong બળ દ્વારા પ્રોટોનમાં બે up અને એક down ક્વાર્ક્સને એકસાથે જકડી રાખે છે અને આ બળ સમાન વીજભાર વાળા બે up ક્વાર્ક્સ વચ્ચે લાગતા વિદ્યુતચુંબકીય અપાકર્ષણ બળ કરતાં લગભગ સો ગણું પ્રબળ હોય છે. બીજી તરફ $W^{\pm}$ અને Z બોઝોન્સ એ પરમાણુ નાભિમાં રેડિયોએક્ટિવ પ્રક્રિયાઓ (જેવી કે β-decay)ને પ્રેરે છે. આ બળ તેના નામ પ્રમાણે નિર્બળ (મંદ) હોય છે અને તેની પ્રબળતાં વિદ્યુતચુંબકીય બળ કરતા લગભગ 10'' ગણી ઓછી હોય છે. Gluons અને ફોટોન દળવિહીન હોય છે. જ્યારે $W^{\pm}$ અને Z બોઝોન્સ ચોક્કસ દળ ધરાવે છે.

હવે એક રસપ્રદ સવાલ; જો બધાં જ મૂળભૂત કણો અને તેમની વચ્ચે લાગતા મૂળભૂત બળોને ઉપરોક્ત fermions અને bosons વડે જ વર્ણવી શકાય તો હિગ્ઝ બોઝોન નામના કણની જરૂર કેમ પડી ? આ પ્રશ્નનો જવાબ મેળવવા માટે SMના જન્મની ભૂમિકા તપાસી લઈએ. ઇ.સ. 1960ના દાયકાની શરૂઆતમાં કે જ્યારે SM આકાર લઈ રહ્યું હતું ત્યારે ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓએ જોયું કે વિદ્યુતચુંબકીય અને weak બળોને એક જ સૈદ્ધાંતિક માળખામાં સમાવવાનું શક્ય છે, એટલે કે તેમનું એકીકરણ (unification) થઈ શકે તેમ છે. આ બળોનું એકીકરણ SMને એક ચોક્કસ સંમિતિ (symmetry) તરફ દોરી જાય છે, જેને particle physicsની ભાષામાં electro-weak symmetry તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. હવે પ્રશ્ન એ ઉદ્ભવ્યો કે જો મંદ અને વિદ્યુતચુંબકીય બળો એ એક જ એકીકૃત બળ electroweak forceનાજ બે જ જુદાં જુદાં સ્વરૂપો હોય તો પછી તેમનાં વચ્ચે

પ્રબળતા (strength)નો આટલો મોટો તફાવત કેમ ? વળી, વિદ્યુતચુંબકીય બળ અનંત અંતર સુધી પથરાયેલું હોય છે જ્યારે મંદ બળ પરમાણુની નાભિમાં જ સમાઈ જાય છે. જોકે આ પ્રશ્નનો ઉકેલ આ પરિબળોના વાહકો એટલે કે ફોટોન અને weak બોઝોન્સના દળો પરથી મળી રહે છે. અગાઉ આપણે નોંધ્યું તેમ ફોટોન દળ-રહિત છે અને તેથી તે ઉત્પન્ન થયા પછી space-timeમાં લાંબુ અંતર કાપે છે. જ્યારે બીજી તરફ weak બોઝોન્સ દળમાં અતિભારે છે અને તે ઉત્પન્ન થયા પછી તરત જ પદાર્થકણોમાં ક્ષય પામે છે. આ કારણોસર જ વિદ્યુતચુંબકીય બળ અનન્ત અવધિ (range)ના અને મંદ બળ ટૂંકી અવધિના હોય છે.

હવે મુખ્ય સમસ્યા એ છે કે જે electro-weak symmetry આ બે બળોને એકીકૃત કરે છે તે અનુસાર standard modelના બધાં જ મૂળભૂત કણો દળવિહીન હોવા જોઈએ. આ symmetryનું ગાણિતિક માળખું બધા જ પદાર્થકણો અને પરિબળ વાહક કણોને દળ ધારણ કરતાં રોકતું જણાય છે. આ મૂળભૂત સમસ્યાના ઉકેલે હિગ્ઝ બોઝોનની કલ્પનાને જન્મ આપ્યો હતો.

ઈ.સ. 1964માં પીટર હિગ્ઝ અને વૈજ્ઞાનિકોના બીજા બે સ્વતંત્ર જુથોએ રજૂ કરેલા સંશોધન પત્રોમાં દર્શાવ્યું કે electro-weak symmetryને જો એક ચોક્કસ રીતે ભંગ કરવામાં આવે તો $W^{\pm}$ અને Z બોઝોન્સને દળ આપી શકાય છે અને ફોટોનને દળરહિત રાખી શકાય છે. Electro-weak Symmetryને અમુક ચોક્કસ રીતે ભંગ કરવાની આ પ્રક્રિયાને Spontaneous Symmetry Breaking (SSB) કહેવામાં આવે છે. વધુમાં દર્શાવવામાં આવ્યું કે SSB દ્વારા Standard Modelના સફળ પાસાઓને બદલ્યા વગર જ electro-weak symmetryનું ભંગાણ શક્ય છે અને તેના દ્વારા કેટલાંક મૂળભૂત કણોને દળ આપી શકાય છે જેમાં પદાર્થકણોનો પણ સમાવેશ થાય છે. જો કે electroweak symmetryને તોડવા માટે એક નવા fieldની જરૂર પડે છે જેને Higgs fieldનું નામ આપવામાં આવ્યું. Higgs field મૂળભૂત રીતે વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્ર જેવું જ એક ક્ષેત્ર છે પરંતુ તેના ગુણધર્મો જુદા છે.

એક ઉદાહરણ દ્વારા સમજીએ કે હિગ્ઝ field મૂળભૂત કણોને દળ કેવી રીતે આપે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે સ્થિર અવસ્થામાં ફોટોન કણોનું દળ (rest-mass) શૂન્ય હોય છે. અને આથી જ તેઓ શૂન્યપ્રકાશમાં મહત્તમ વેગે એટલે કે પ્રકાશના વેગે ગતિ કરે છે. હવે આ જ ફોટોન જ્યારે કોઈ માધ્યમમાં ગતિ કરતો હોય ત્યારે તેનો વેગ પ્રકાશના શૂન્યાવકાશમાંના વેગ કરતાં ધીમો પડે છે. આવું ફોટોનના માધ્યમમાંના કણો સાથેની આંતરક્રિયાઓને લીધે થાય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ફોટોન માધ્યમના કણો સાથેની આંતરક્રિયાઓને લીધે પ્રભાવી દળ (effective mass) ધારણ કરે છે, જે તેના વેગને ધીમો પાડે છે. માધ્યમમાં ગતિ કરતા આવાં ફોટોનને આપણે એક આભાસી ફોટોન (quasi-photon) તરીકે કલ્પી શકીએ જે કોઈ ચોક્કસ દળ ધરાવે છે. હિગ્ઝ field દ્વારા મૂળભૂત કણોને દળ પણ કંઈક આવી જ રીતે અપાય છે.

ધારો કે જેને આપણે શૂન્યાવકાશ કહીએ છીએ તે હિગ્ઝ ક્ષેત્ર fieldથી ભરેલું છે. એવા મૂળભૂત કણો કે જે હિગ્ઝ field સાથે પ્રક્રિયા કરે છે તે હિગ્ઝ fieldને પોતાની સાથે ઘસડે છે. આવી પ્રક્રિયાને લીધે જે તે મૂળભૂત કણની આસપાસ એક જડત્વતાની અસર વર્તાય છે. સ્પષ્ટ છે કે જે મૂળભૂત કણો હિગ્ઝ field સાથે પ્રક્રિયા નથી કરતાં તે દળવિહીન જ રહે છે. ફોટોન અને gluons જેવા બોઝોન્સ અને ન્યૂટ્રિનો જેવા પદાર્થકણો આ પ્રકારનાં ઉદાહરણો છે. 1960ના દાયકાને અંતે મોટાભાગના ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓએ મૂળભૂત કણોને દળ આપતી અને electro-weak symmetryને તોડતી spontaneous symmetry breakingની આ કાર્યપદ્ધતિને સૈદ્ધાંતિક રીતે સ્વીકારી લીધી હતી, જેને Higgs Mechanism તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. Higgs Mechanismનો SMમાં સમાવેશ કરીને તેમણે $W^{\pm}$ અને Z બોઝોનના દળના પણ અનુમાન કરી નાખ્યાં હતાં. ઈ.સ. 1983માં CERN ખાતે આવેલા Super Proton Synchrotron (SPS) નામના કણ-પ્રવેગકે સૌપ્રથમ $W^{\pm}$ અને Z બોઝોન્સનું અસ્તિત્વ હોવાની પ્રાયોગિક પુષ્ટિ કરી. વધુમાં તેમણે તારવેલા $W^{\pm}$ અને Z કણોના દળ એ SMના અનુમાનો સાથે એકદમ બંધ બેસતાં હતાં. ત્યારબાદ લગભગ બધાં જ ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓએ ધારી લીધું કે હિગ્ઝ field જ $W^{\pm}$ અને Z બોઝોન્સ સહિત ન્યુટ્રિનો સિવાયના બધાં જ મૂળભૂત પદાર્થ કણોને પણ દળ આપે છે.

અગાઉ આપણે નોંધ્યું તેમ દરેક field સાથે તેને સંલગ્ન એવા અપ્રત્યક્ષ કે આભાસી કણો (virtual particles) જોડાયેલા હોય છે. જેમ વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્રને ફોટોનની આપ-લે દ્વારા સમજી શકાય છે, તેમજ હિગ્ઝ fieldને હિગ્ઝ બોઝોન નામના કણની આપ-લે દ્વારા વર્ણવી શકાય છે. આમ હિગ્ઝ fieldનું અસ્તિત્વ એક નવા કણની આગાહી કરતું હતું તો પછી આ કણોની પુષ્ટિ કરવામાં લગભગ સાડાચાર દાયકાઓ જેટલો સમય કેમ લાગી ગયો ? ચાલો જોઈએ આ પ્રશ્નનો જવાબ.

હિગ્ઝ બોઝોનના અસ્તિત્વની સાથે સાથે SM દ્વારા એ પણ જણાયું હતું કે આવા કણની પ્રાયોગિક ચકાસણી બહુ મુશ્કેલ છે. સૌપ્રથમ આવા ભારે દળવાળા કણને ઉત્પન્ન કરવા માટે બે કણોને ખૂબ જ ઊર્જા સાથે પરસ્પર અથડાવવા પડે અને એના માટે એક અતિ ઉચ્ચ ઊર્જાવાળા કણ-પ્રવેગકની જરૂર પડે. બે કણો વચ્ચેની અથડામણો દરમિયાન હિગ્ઝ બોઝોન ઉત્પન્ન થવાની સંભાવના પણ ઘણી જ ઓછી હોય છે અને તેથી આવી અથડામણો બહુ જ મોટી સંખ્યામાં અને લાંબા સમય સુધી કરવી પડે. આ બધાને અંતે જો હિગ્ઝ બોઝોન પ્રગટ થાય તો પણ તે સેકન્ડના 10^{-22} માં ભાગમાં જ તે બીજા કણોમાં ક્ષય પામે છે. આથી હિગ્ઝ બોઝોનની હાજરીની પુષ્ટિ ક્રમબદ્ધ વિશ્લેષણો દ્વારા જ કરી શકાય છે. આમ હિગ્ઝ બોઝોનને પ્રયોગોમાં પકડવાનું કામ એ ઘાસના ઢગલામાંથી સોય શોધવા જેવું નહી પણ સોયના મોટા ઢગલામાંથી ટાંકણી શોધવા જેવું જટિલ છે. તો પછી આ કામ LHC દ્વારા કેવી રીતે શક્ય બન્યું ?!

કેવી રીતે શોધાયો નવો બોઝોન કણ ?

કુંભકર્ણ જેવા આળસુ હિગ્ઝ બોઝોનને શૂન્યાવકાશની ગુઢ નિદ્રામાંથી જગાડવા માટે કણો વચ્ચે પરસ્પરની ભયાનક અથડામણો અનિવાર્ય છે. LHC આવી અથડામણો માટે યુદ્ધનું મેદાન છે. જેમાં બે પ્રોટોન કણોને ઉચ્ચ ઊર્જાએ પ્રવેગિત કરવા માટે ભુગર્ભમાં 27 કીમી લંબાઇનું બોગદું તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે. આ બોગદામાં અતિસંવાહક super-conducting ચુંબકોની મદદથી અતિ તીવ્ર ચુંબકીય ક્ષેત્ર પેદા કરવામાં આવે છે, જેના દ્વારા પ્રોટોન કણોના બે જુથોને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં પ્રવેગિત કરવામાં આવે છે. જ્યારે આ કણોનો વેગ પ્રકાશના વેગના 99.9999991% જેટલો થાય ત્યારે તેમને પરસ્પર અથડાવવામાં આવે છે, અને અથડામણોમાંથી ઉત્પન્ન થતા વિવિધ પ્રકારના કણોની પરખ કરવામાં આવે છે. કણ-પરખનાં સાધન Detectorsમાં પકડાયેલાં વિવિધ કણોની ઊર્જા, વેગમાન અને સ્થાનના પૃથક્કરણ કરવામાં આવે છે. હિગ્ઝ બોઝોન કણની શોધની જાહેરાત પહેલાં આવી અથડામણો લગભગ 29 મહીનાઓથી કરવામાં આવતી હતી.

જો કોઈ અથડામણ દરમ્યાન હિગ્ઝ બોઝોન ઉત્પન્ન થાય તો તે કેટલાંક જાણીતા કણોમાં ક્ષય પામે છે. દા.ત. કેટલીક વાર તે બે શક્તિશાળી ફોટોન કણોમાં વિભાજન પામે છે. આમ, detectorsમાં વિરુદ્ધ દિશામાં જતાં બે ફોટોન કણોની હાજરી ઓળખી અને તેમની ઊર્જા પરથી હિગ્ઝ બોઝોનના દળ વિશેની માહિતી મેળવી શકાય છે. ATLAS અને CMS એમ બંને પ્રયોગોમાં આવા ફોટોન્સથી હાજરી જણાઈ આવી છે અને તેના પરથી શોધાયેલા આ નવા કણનું દળ (ખરેખર તો સ્થિત-ઊર્જા) 125 GeV હોવાનું જણાય છે કે જે પ્રોટોનના દળ કરતાં લગભગ 133 ગણું વધારે છે.

શું આ નવો કણ ખરેખર હિગ્ઝ બોઝોન છે ?

LHCમાં મળી આવેલો નવો કણ હિગ્ઝ બોઝોન સાથે બહુ જ સામ્ય ધરાવે છે. છતાં પણ વૈજ્ઞાનિકોએ હજી એ સ્પષ્ટપણે સાબિત કરવાનું બાકી છે કે તે બહુચર્ચિત SM દ્વારા અનુમાનિત હિગ્ઝ બોઝોન જ છે. SM હિગ્ઝ બોઝોનના અસ્તિત્વની સાથે સાથે તેના કેટલાંક ગુણધર્મો વિશેની પણ આગાહી કરે છે. જેમ કે હિગ્ઝ કણ વિદ્યુતભાર રહિત, સ્પિનરહિત બોઝોનિક કણ હોવો જોઈએ, તેનો ક્ષય શી રીતે થાય વગેરે. અત્યાર સુધી મળી આવેલા પરિણામો પરથી એટલું સ્પષ્ટ છે કે મળી આવેલો નવો કણ વિદ્યુતભાર રહિત અને બોઝોનિક છે, જોકે તેના બીજા ગુણધર્મોની વિસ્તૃત ચકાસણી હજી બાકી છે. સૌપ્રથમ વૈજ્ઞાનિકો તેના વિવિધ કણોમાં થતા ક્ષયના દરનું અધ્યયન કરશે. એવું જણાય છે કે આ નવા કણનો બે ફોટોનમાં ક્ષય પામવાનો દર એ SMના અનુમાન કરતા લગભગ દોઢથી બે ગણો વધારે છે.

હિગ્ઝ બોઝોન પછી શું ?

હિગ્ઝ બોઝોનની પ્રાયોગિક પુષ્ટિ SM માળખાંને સફળ અને પરિપૂર્ણ બનાવે છે. પરંતુ શું SM પોતે સંપૂર્ણ છે ? કદાચ નહિં, કેમ કે કણ-ભૌતિકીની અજાયબ દુનિયામાં હજી એવા ઘણા કોયડા છે જેને માત્ર આ મૉડેલની હદોમાં સિમિત રહીને ઉકેલી શકાતા નથી. બ્રહ્માંડે ભેટમાં આપેલા અને માનવજાતે સ્વીકારેલા આવા કોયડાઓના ઉકેલ મેળવવા અને તેમને પ્રાયોગિક પરીક્ષણોની કસોટીએ પાર પાડવા એ આપણું એક એવું લક્ષ્યાંક છે કે જેનો અંત કદાચ નથી જ...

सितारों से आगे जहाँ और भी है....!!

*****

બ્રહ્માંડ કિરણો (Cosmic Rays)ની સદી

ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય
ક્રાઇસ્ટ કોલેજ, રાજકોટ

બાહ્યાવકાશમાંથી પૃથ્વીના દર ચોરસ મીટરે હર ક્ષણે લાખો ઇલેક્ટ્રોન વોલ્ટ ઊર્જા ધરાવતાં લગભગ 200 કોસ્મિક કણો આપાત થાય છે. આ કણોની ઉત્પત્તિ શેમાંથી થાય છે ? તેમના પ્રકાર ક્યા ક્યા હોય છે ? બ્રહ્માંડમાં ચોતરફ વ્યાપેલાં આ કિરણોની પૃથ્વીના વાતાવરણ અને જીવસૃષ્ટિ પર શું અસર થાય છે ? આ બધા મુંઝવતા પ્રશ્નોની હારમાળા આજથી સો વર્ષ પહેલાં ઊભી થઇ જ્યારે સૌ પ્રથમ વિક્ટર હેસ નામના ભૌતિકવિદ્દે 1912માં તે શોધ કરી. તેમણે ઇલેક્ટ્રોમીટરને બલુન દ્વારા પૃથ્વીની સપાટીથી 5300 મીટરની ઊંચાઇએ પહોંચાડીને ત્યાં નોંધાતાં આયનીકરણ પરથી દર્શાવ્યું કે અતિ તીવ્ર વિભેદનશક્તિ ધરાવતા કણો બ્રહ્માંડમાંથી પૃથ્વીના વાતાવરણમાં પ્રવેશ કરે છે. વળી આ પ્રયોગ સૂર્યગ્રહણ વખતે કરીને તેમણે એ પણ સાબીત કર્યું કે આ કણોની ઉત્પત્તિ સૂર્યમાંથી થતી નથી. બલુન જેમ જેમ વધુ ઊંચાઇ પ્રાપ્ત કરતું ગયું તેમ તેમ કણોની સંખ્યા વધતી ગઇ; તેથી એ ફલીત થયું કે આ કણો પૃથ્વીના વિકિરણો દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં નહોતાં. હેસને તેની ''બ્રહ્માંડ કિરણો''ની શોધ માટે 1936માં નોબેલ પુરસ્કાર આપવામાં આવ્યો.

1920માં પ્રસિદ્ધ ભૌતિકશાસ્ત્રી રોબર્ટ મીલીકને આ કિરણોનો ઊંડો અભ્યાસ કર્યો અને આ કિરણોને ''બ્રહ્માંડ કિરણો'' તેવું નામ આપ્યું. તેમણે આ કિરણો દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલાં આયનીકરણનો સમુદ્રના પેટાળથી લઇને વાતાવરણમાં ખૂબ ઊંચાઇ સુધી અને પૃથ્વીની બધી દિશાઓમાં અભ્યાસ કર્યો. બ્રહ્માંડ કિરણોની તીવ્રતા પૃથ્વીના ચુંબકીય ધ્રુવો પર મહત્તમ જ્યારે વિષુવવૃત્ત પર લઘુત્તમ જોવા મળી. આ અસરને ''ચુંબકીય અક્ષાંશ અસર'' કહેવાય છે. વળી વધુ અભ્યાસ દ્વારા એ પણ પ્રસ્થાપિત થયું કે પૃથ્વી પર આવતા બ્રહ્માંડ કિરણો મુખ્યત્વે પૂર્વ કરતાં પશ્ચિમ દિશામાંથી વધુ આવતા હતા. આ અસરને ''પૂર્વ-પશ્ચિમ અસર'' કહેવાય છે. મીલીકનના મતે બ્રહ્માંડ કિરણો મુખ્યત્વે ગામા કિરણ હતાં. પણ કલે નામના વૈજ્ઞાનિકે પ્રતિપાદીત કર્યું કે આ કિરણો પૃથ્વીનાં ચુંબકીય ક્ષેત્રનાં પ્રભાવ હેઠળ પોતાની દિશા બદલતાં હતાં. માટે આ કિરણો ગામા કિરણો જ ન હોતાં વીજભાર ધરાવતા કણ પણ હોઇ શકે. પૂર્વ-પશ્ચિમ અસર દ્વારા એ સાબિત થયું કે કોસ્મિક કણો મુખ્યત્વે ધન વીજભાર ધરાવતા પ્રોટોન હતા. 1930-'45 દરમ્યાન બ્રહ્માંડ કિરણો પર ખૂબ જ સંશોધન થયું અને સાબિત થયું કે કોસ્મિક કણો મુખ્યત્વે પ્રોટોન (90%), ઇલેક્ટ્રોન (9%) અને મ્યુઓન (1%) હોય છે.

સમુદ્રની સપાટીથી વાતાવરણમાં ખુબ ઊંચાઇ સુધી બ્રહ્માંડ કિરણોની તીવ્રતાનો અભ્યાસ હાથ ધરતાં એ જાણવા મળ્યું કે વાતાવરણના સૌથી ઉપરના સ્તર કરતાં થોડી ઓછી ઊંચાઇએ તીવ્રતા મહત્તમ હતી. તેનાથી ઓછી ઊંચાઇએ તીવ્રતા ઘટતી હતી. આ અભ્યાસ દ્વારા સાબિત થયું કે વાતાવરણના ઉપલા સ્તર પર પ્રાથમિક બ્રહ્માંડ કિરણો બહારના આવકાશમાંથી પ્રવેશ કરતાં હતાં. વાતાવરણમાં પ્રવેશ કરતાંવેંત તેઓ તેમાં રહેલા વાયુઓ સાથે ક્રિયા કરતા હતા. અને દ્વિતિયક (Secondary cosmic rays) ને જન્મ આપતાં હતાં. આથી તે ઊંચાઇ પર કણોની સંખ્યા મહત્તમ મળી. તેનાથી નીચે આવતા વાતાવરણ વધુ ઘટ્ટ થતાં તે કણો શોષાઇ જતાં હતાં. આથી પૃથ્વીની સપાટીની નજીક તીવ્રતા ઘટી જતી હતી. આ અસર ''ઉન્નતાંશ (ઑલ્ટીટ્યુડ) અસર'' કહેવાય છે.

બ્રહ્માંડ કિરણોના અભ્યાસમાં ભારતીય વૈજ્ઞાનિક ડૉ. હોમી ભાભાનું પણ ખૂબ મહત્વનું પ્રદાન છે. 1933માં હોમી ભાભાને ડોક્ટરેટની પદવી મળી, તે અરસામાં તેમણે પોતાનું પહેલું સંશોધન પત્ર ''બ્રહ્માંડ કિરણોનું શોષણ'' એ શીર્ષક હેઠળ પ્રકાશિત

કર્યું. આ સંશોધન પત્રમાં બ્રહ્માંડ કિરણોનું વાતાવરણમાં થતું શોષણ અને તેમના દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં ઈલેક્ટ્રોનના ફુવ્વારા-શાવરને સમજાવવામાં આવ્યાં હતાં. તે પછી તેમણે ઈલેક્ટ્રોન દ્વારા થતાં પોઝીટ્રોનના પ્રકીર્ણન પર અભ્યાસ હાથ ધર્યો. આ e^--e^+ પ્રકીર્ણન (scattering) ''ભાભા પ્રકીર્ણન'' નામથી પ્રચલિત થયું. ડૉ. ભાભાના અથાગ પ્રયાસોથી બેંગાલુરુના પ્રખ્યાત ઈન્ડીઅન ઈન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ (IISc)માં ''કોસ્મિક કિરણ સંશોધન એકમ'' સ્થાપવામાં આવ્યું, તેમા ભારતમાં ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાનનો પાયો નંખાયો. આ કારણથી ડૉ. ભાભા ''ભારતના ન્યુક્લિયર કાર્યક્રમના પિતામહ'' તરીકે ઓળખાય છે.

હવે આપણે કોસ્મિક કિરણોનું વિજ્ઞાનની દૃષ્ટિએ શું મહત્વ છે તે જોઈએ :

1) કોસ્મિક કિરણો વાતાવરણમાં રહેલા નાઈટ્રોજન અને ઓક્સિજન વગેરે અણુઓનું આયનીકરણ કરે છે.

2) કોસ્મિક કિરણો આડકતરી રીતે કાર્બન-14 જેવા અસ્થાયી સમસ્થાનિક (આઈસોટોપ) પૃથ્વીના વાતાવરણમાં ઉત્પન્ન કરતાં રહે છે. લગભગ છેલ્લા 1 લાખ વર્ષથી પૃથ્વીના વાતાવરણમાં કાર્બન-14નો જથ્થો એકધારો 70 ટન જેટલો જળવાઈ રહ્યો છે. આ C-14 કાર્બન ડાયોક્સાઈડ રૂપે વનસ્પતિમાં પ્રવેશે છે. આના કારણે ઉત્ખનન દ્વારા પ્રાપ્ત થયેલ અશ્મિઓની વય રેડિયોકાર્બન ટેકનીક વડે નક્કી કરી શકાય છે.

3) કોસ્મિક કણોની ઊર્જા એટલી વધુ હોય છે કે ફક્ત કૃત્રિમ ઉપગ્રહોમાં રહેલા વિદ્યુત પરિપથ જ નહીં, પણ પૃથ્વી પર રહેલ વિદ્યુત પરિપથોને પણ નુકશાન પહોંચાડી શકે છે. વળી હવામાં વધુ ઊંચાઈએ ઊડી રહેલા વિમાનોના વિદ્યુત પરિપથોને પણ બ્રહ્માંડ કિરણો દ્વારા નુકશાન થઈ શકે છે. અંતરિક્ષ યાનોની વિદ્યુત પ્રણાલીને પણ આ કિરણો નુકસાન પહોંચાડી શકે છે.

4) એ તો હવે જગજાહેર છે કે ઉત્તર-દક્ષિણ ધ્રુવો પાસે જોવા મળતા પ્રકાશિત પડદા જેવા દૃશ્યો, કે જેને ''ઓરોરા'' (Aurora)ના નામથી આપણે ઓળખીએ છીએ, તે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં પ્રવેશ કરતાં બ્રહ્માંડ-કિરણો અને સૌર-પવન કણોની પૃથ્વીનાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની અસર હેઠળ બનતી ઘટના છે.

5) પૃથ્વીના હવામાનમાં થતાં ફેરફારો પણ અમુક અંશે કોસ્મિક કિરણોને કારણે થતાં હોવાનું જાણવા મળ્યું છે. આ વિષય પર હજુ સંશોધન ચાલી રહ્યું છે.

6) કોસ્મિક કિરણોના ''શાવર''ની ઘટનામાં ઘણાં નવાં કણોની શોધ થઈ. તે સમય પૂર્વે માત્ર પ્રોટોન, ન્યુટ્રોન, ઈલેક્ટ્રોન એ જ પ્રાથમિક અથવા મૂળભૂત કણો જાણીતાં હતાં, અને તેના આધારે જ પરમાણુનું મૉડેલ રચાયું હતું. નવા પ્રકારના જુદાં જુદાં દળ ધરાવતાં અસંખ્ય કણોને કારણે ''particle physics''-કણોનું ભૌતિકવિજ્ઞાન એવી નવી શાખા શરૂ થઈ. આ શાખામાં ઘણા સંશોધનો થયાં અને થઈ રહ્યાં છે.

*****

આ અંકના મુખપૃષ્ઠ પર cosmic ray showers*નું એક ચિત્ર આપવામાં આવેલ છે.*

વિદ્યાર્થીઓના લેખો

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

અગ્નિ-પુત્રી ડૉ. ટેસી થોમસ અને અગ્નિ-5

જાનકી અંબાપ્રસાદ થાનકી

અગ્નિ મિસાઇલ-5 સંશોધનના પ્રોજેક્ટ મેનેજર તરીકે કેરળના એક મહિલા વૈજ્ઞાનિક શ્રીમતી ટેસી થોમસ છે, જેઓ આપણા અવકાશ સંશોધન અને પ્રક્ષેપણની કામગીરીમાં 20 વર્ષથી સંલગ્ન છે. આપણા પૂર્વ રાષ્ટ્રપતિ અને મિસાઇલ ટેકનોલૉજીના શિલ્પી ડૉ. અબ્દુલ કલામે ટેસી થોમસને 'અગ્નિપુત્રી' કહ્યાં છે. અગ્નિ-5 અત્યંત શક્તિશાળી હોવાની સાથોસાથ વિશ્વમાં સૌથી સચોટ મિસાઇલ પણ છે. ટેસી થોમસે અતિ મહત્વની રી-એન્ટ્રી વેહિકલ સીસ્ટમ શોધીને ક્રાંતિ કરી છે.

આ મિસાઇલ લેડીનો જન્મ 1964માં કેરાલમાં એલપ્પી ગામે મધ્યમ પરિવારમાં થયો હતો. તેમનું ગામ થુમ્બાની નજીક હતું. એટલે ટેસી થોમસ નાનપણથી રૉકેટ લૉંચીંગની પ્રવૃત્તિ જોતી આવી હતી. ટેસી થોમસને નાનપણથી સ્કુલમાં ગણિત અને વિજ્ઞાનમાં લગભગ પૂરા માર્કસ આવતા. ધો. 12 પછી ટેસીએ સરકારી એન્જીનીયરીંગ કોલેજમાં બી.ટેક કર્યું. તેમની માતાએ મિસાઇલ ટેકનોલૉજી ક્ષેત્રે રસ જોઇને તેમને એ ક્ષેત્રમાં આગળ જવાની પ્રેરણા આપી. ત્યાર પછી તેમણે પૂનાની આર્મામેન્ટ ઇન્સ્ટીટ્યુટમાંથી 'ગાઇડેડ મિસાઇલ' વિષયમાં એમ.ટેક. કર્યું, અને આ વિજ્ઞાની હૈદ્રાબાદની ડીફેન્સ રીસર્ચ ઇન્સ્ટીટ્યુટમાં જોડાયાં. પ્રથમ પ્રોજેક્ટ તેમણે 'મિસાઇલ મેન' ડૉ. કલામના હાથ નીચે કર્યો. ત્યારબાદ તેમને 'અગ્નિ મિસાઇલ'નો પ્રોજેક્ટ 1985માં સોંપવામાં આવ્યો, જો કે આનું પ્રથમ લોન્ચીંગ નિષ્ફળ ગયું. ત્યારબાદ આ નિષ્ફળ અગ્નિ-3ની ખામી દૂર કરી અને પાછી માસ્ટર માઇન્ડ કામગીરી શરૂ કરી, અને 2008માં અગ્નિ-3નું લોન્ચીંગ સફળ પણ થયું.

ટેસી થોમસને પૂનામાં એમ.ટેક. કરતા, ઓરિસ્સાના સરોજકુમાર સાથે પરિચય થયો અને તેઓ સફળ દાંપત્ય જીવનથી જોડાયાં. સરોજકુમાર નેવીમાં ઓફિસર છે. ટેસી એક ગૃહિણી તરીકે પણ એટલાં જ કુશળ છે. દરરોજ નખશિખ ગૃહિણીની જેમ ઘરકામ કરીને (DRDO) ડિફેન્સ રિસર્ચ એન્ડ ડેવલપમેન્ટ ઓર્ગેનાઇઝેશનમાં નોકરી કરવા માટે બસમાં જાય છે. સાદી સાડી, કપાળમાં ચાંલ્લો અને સાદગીભર્યો ચહેરો જ તેમની ઓળખાણ છે. ટેસી થોમસનું માનવું છે કે સ્ત્રીના જીવનમાં સૌથી અગત્યનો રોલ હોય તો એ માતાનો છે. ટેસી કહે છે કે જ્યારે પોતે આ અણુ મિસાઇલ ક્ષેત્રમાં જોડાયાં ત્યારે ફક્ત પાંચ સ્ત્રી વૈજ્ઞાનિકો હતી. અને અત્યારે તે સંખ્યા 30ની છે. 'મિસાઇલ વુમન' અને 'અગ્નિ પુત્રી' તરીકે જાણીતાં બનેલા ટેસીએ 'ઇન્ટર કોન્ટીનેટલ બેલીસ્ટીક' મિસાઇલ અગ્નિ-5નું સફળ લોન્ચીંગ કર્યું. આ સફળતાના લીધે ભારત મિસાઇલ ટેકનોલૉજીમાં પાંચમો દેશ બન્યો.

ભારત આંતરખંડીય મિસાઇલ કલબમાં સામેલ થયું અને પશ્ચિમી દેશોએ ભારતને મિસાઇલ ટેકનિક આપવા પર પ્રતિબંધ લગાવ્યો છે, ત્યારે 80 ટકા સ્વદેશી વસ્તુઓથી બનેલી અગ્નિ-5 ભારતની અદ્‌ભુત સફળતા છે. આ મિસાઇલમાં જે ટેકનિકનો ઉપયોગ થયો છે તેને કારણે જાસુસી ઉપકરણો તથા ઉપગ્રહોને પણ ખબર નહિ પડે કે 'અગ્નિ-5' ક્યાં છે ? આ મિસાઇલ રડારમાં પણ પકડાશે નહિ અને તેથી દુશ્મન માટે આ મિસાઇલ રસ્તામાં જ નષ્ટ કરવી અઘરી સાબિત થઇ શકે છે. ભારતને વારંવાર હેરાન કરતી ચીનની રાજધાની બેઇજિંગ સહિત ચીનનો સંપૂર્ણ ઉત્તર ભાગ પણ અગ્નિ-5ની રેન્જમાં આવી જાય છે. તે 20 મિનિટમાં 5000 કિ.મી. સુધીની મારક ક્ષમતાથી એક સાથે અનેક નિશાન સાધી શકે છે, તેમજ ન્યુક્લિયર હથિયારો સાથે લઇ જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. આ મહિલા વિજ્ઞાનીને એસ એસ. ભટનાગર ઍવૉર્ડ અને તાજેતરમાં જ લાલ બહાદુર શાસ્ત્રી ઍવૉર્ડ મળેલ છે.

ખગોળશાસ્ત્રી એડ્વીન હબલ

ભાવેશ સોલંકી

બ્રહ્માંડ વિસ્તાર પામે છે તેમજ બ્રહ્માંડમાં અનેક ગેલેક્સી છે જે એકબીજાથી સતત દૂર થઇ રહી છે, એ શોધ કરનાર ખગોળશાસ્ત્રી એડ્વીન પોવેલ હબલ 20મી સદીના મહાન ખગોળશાસ્ત્રી હતા. આ શોધે બ્રહ્માંડ અંગેના મૂળભૂત ખયાલોમાં પરિવર્તન આવ્યું હતું. તેઓનો જન્મ 1889માં અમેરિકાના મિસુરીમાં થયો હતો. બાળવયમાં એડ્વીન રમતજગતમાં પાવરધા હતા. શાળા શિક્ષણ પૂરું કર્યા પછી તેણે શિકાગો યુનિવર્સિટીમાં ગણિત અને ખગોળશાસ્ત્રનો અભ્યાસ કરી સાયન્સની ડિગ્રી મેળવી. ત્યારબાદ ક્વીન્સ કોલેજ અને ઓક્સફર્ડ યુનિવર્સિટી (બ્રિટન)માં ઉચ્ચ અભ્યાસ કર્યો. 1913માં પિતાના અવસાન બાદ પરિવારની જવાબદારી સંભાળવા બ્રિટનથી ફરી અમેરિકા આવ્યા, અને ન્યૂ આલ્બેની સ્કૂલમાં ગણિત, ફિઝિક્સના શિક્ષક તરીકે જોડાયા ઉપરાંત બાસ્કેટ બોલના પણ કોચ બન્યા. ત્યારબાદ શિકાગો યુનિવર્સિટીમાં ખગોળશાસ્ત્રનો અભ્યાસ કરી પીએચ.ડી.ની ડિગ્રી મેળવી. હબ્બલે આપણી ગેલેક્સી (આકાશગંગા)ની બહારનાં તારા વિશ્વોના વર્ણપટનો અભ્યાસ કર્યો. અમુક વર્ણરેખામાં થતા રક્ત-સ્થાનાન્તર (red shift) પરથી તારવ્યું કે તારા વિશ્વો એકબીજાથી દૂર જઇ રહ્યાં છે. તારાવિશ્વ જેમ દૂર તેમ તેનો દૂર જવાનો વેગ વધુ - એ કથન હબલનો નિયમ કહેવાય છે. આ અવલોકન બ્રહ્માંડના જન્મ અંગેનો મહાવિસ્ફોટવાદ big bang theoryનો આધાર ગણાય છે. 1953માં તેઓનું અવસાન થયું. અવકાશમાં ઘૂમતા અમેરિકન ટેલિસ્કોપ ઉપગ્રહને તેમના માનમાં 'હબલ ટેલિસ્કોપ' નામ અપાયું છે. આ ઉપરાંત હબલને અનેક સન્માનો એનાયત થયાં છે. અમેરિકાના ખગોળશાસ્ત્રી એડ્વિન હબલે 1930માં બ્રહ્માંડને બધી દિશામાં ફેલાતું દીઠું. તેમણે 1931માં બ્રહ્માંડનાં વિસ્તરણનો પુરાવો આપ્યો ત્યારે ડૉ. આઇનસ્ટાઇને તે સૂત્રો 'મારી સૌથી મોટી ભૂલ' (My Biggest Blunder) એવી ક્ષમાયાચના સાથે પાછાં ખેંચી લીધાં. આ દરેક કિસ્સો તેના પુરોગામી કિસ્સાના પગલે જન્મ્યો હોવાનું જણાય છે. એડ્વિન હબલે બ્રહ્માંડના વિસ્તરણ અંગે જાણકારી આપી ત્યારે એ ક્રમ વળી આગળ ચાલ્યો. બ્રહ્માંડ જો વિસ્તરતું હોય તો દૂરના ભૂતકાળમાં ક્યારેક તે સંકુચિત અવસ્થા ધરાવતું હોવું જોઇએ. આ મૂળ અવસ્થા છોડીને ફેલાયું કેમ ? તેના ઉત્તરરૂપે બીગ-બેંગ થીયરીનો જન્મ થયો.

શનિની ઓળખ-સુંદર વલયો

શાહ સલોની

આપણા સૂર્યમંડળમાં જે જુદા જુદા ગ્રહો, ઉપગ્રહો વગેરે આવેલા છે, તે દરેકને પોતપોતાની ખાસીયતો હોય છે, જેમ કે શનિગ્રહ તેની આજુબાજુ વિંટળાયેલ વલયો માટે પ્રખ્યાત છે. બીજા ગ્રહો જેવા કે યુરેનસ, ગુરૂ, નેપ્ચ્યુનની આજુબાજુ પણ વલયો આવેલાં છે પણ શનિનાં વલયો જેટલાં ભવ્ય અને સુંદર નથી, તે ઝાંખાં અને દોરા જેવા પાતળાં છે. શનિનાં વલયો તે ગ્રહની ભવ્યતામાં ઓર વધારો કરે છે. વૈજ્ઞાનિકોનાં અભ્યાસ પરથી એવા તારણો કાઢી શકાય છે કે સૂર્યને પણ આછાં-પાતળાં વલયો છે. આ બધા સર્વેક્ષણ ઉપરથી આપણે કહી શકીએ કે સુપરનોવાનાં મોટા ધડાકા પછી સૂર્યમંડળનાં ગ્રહોની રચના એવી રીતે થઇ હશે કે જે વલયો ગ્રહને વીંટળાયેલાં રહે. અહીં પ્રશ્નો ઉદ્‌ભવે કે આ વિરાટ વલયો છે શું ? અને તેમની ઉત્પત્તિ કેવી રીતે થઇ ??? ખગોળશાસ્ત્રીઓના મત મુજબ વલય એ કોઇપણ ગ્રહની આજુબાજુ બનેલું પથ્થર, ધુળ, બરફ અને અન્ય પદાર્થોનું એક આવરણ છે. આવું આવરણ ઉપગ્રહ કે અન્ય વસ્તુની આજુબાજુ પણ બની શકે છે. વળી આવા વલયો બનવા પાછળ ત્રણ કારણો જવાબદાર છે :

1) ગ્રહોનાં નિર્માણ સમય દરમિયાન એવા ટુકડાઓ જે ગ્રહો બનવામાં નિષ્ફળ ગયા હોય તે ગ્રહોની આજુબાજુ ફરતા ઉપગ્રહ બને કે પછી આવાં વલયો બની જાય છે.

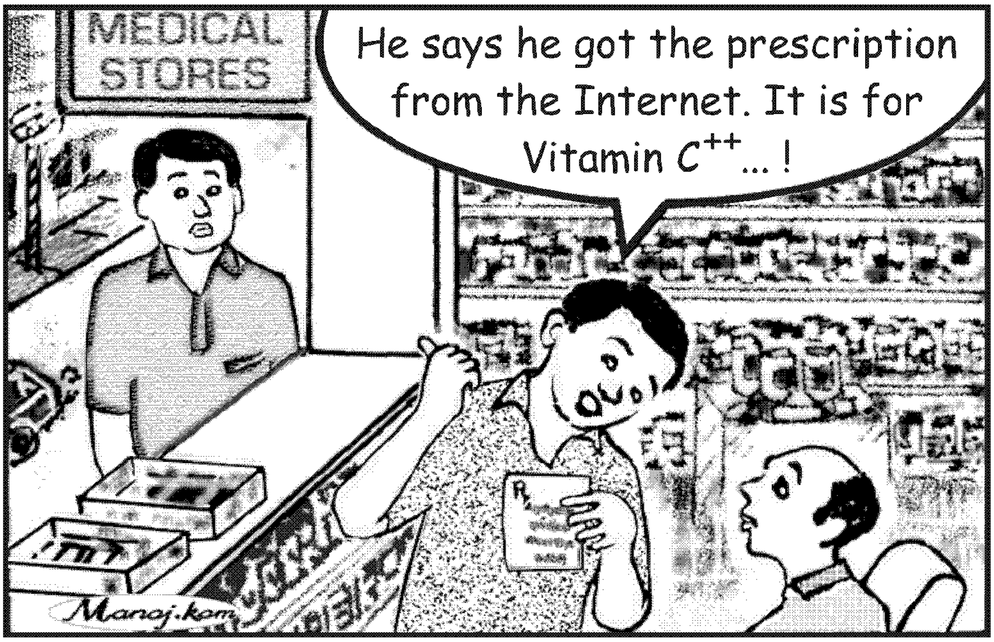
2) જે ટુકડાઓ ઉપગ્રહો બની ચુક્યા હતા, પરંતુ ગ્રહોનાં ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કારણે તે નાના ટુકડાઓમાં વિભાજીત થઇ ગયા અને પાછળથી આવા વલયોમાં પરીવર્તીત થઇ ગયા.

3) ઉપગ્રહ સાથે કોઇ મોટો પદાર્થ અથડાયો અને તેના નાના ટુકડા થઇ ગયા, જે ગ્રહની આજુબાજુ વલય સ્વરૂપે પ્રદક્ષિણા કરે છે.

જુના જમાનામાં ગ્રામોફોન રેકોર્ડર હતાં તેમાં અથવા હાલની સીડી પર જે વર્તુળાકાર લીટીઓ આપણને દેખાય છે તેવી રીતે વલયોની રચના પણ આવી લીટીઓ જેવી હોય છે. તે નાનેથી મોટી થતી જતી અનેક વર્તુળાકાર રચના હોય છે. એકાદ હજાર ગુંથણી ભેગી થઇ એક પટ્ટો રચે છે અને આવા કેટલાક પટ્ટાઓ ભેગા મળીને વલયની રચના કરે છે. આ બધી સેર ગુંથણી અનેક નાના-મોટા ટુકડા અને બરફની બનેલી હોય છે. આ ટુકડામાં કેટલાક તો રેતીના કણથી પણ નાના સ્ફટીકો હોય છે, તો કેટલાક એક મકાનથી પણ મોટા ટુકડાઓ હોય છે. વલયની આજુબાજુથી પસાર થતા ઉપગ્રહનાં ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કારણે વલયની કિનારી કરવતનાં દાંતા જેવી થઇ જાય છે. નિયત સમયના ગાળે પસાર થતા ઉપગ્રહનાં ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કારણે વલયનાં કણોની અથડામણો તાલબદ્ધ થાય છે. વલયોની નજીકથી પસાર થતા ઉપગ્રહો વલયોના દ્રવ્યને ક્યાંક એકઠું થયેલું અને ક્યાંક વિખરાયેલું બનાવે છે. આ વલયોનો ઉત્પત્તિ કઇ રીતે થઇ હશે તે બાબત ચોક્કસ નથી પરંતુ ઉપર જણાવેલ ત્રણ કારણોમાંથી કોઇ કારણ તેની પાછળ રહેલું હશે.

આપણાં સૂર્યમંડળમાં સૌથી વધારે સુંદર અને આકર્ષક વલયો હોય તો તે છે શનિ ગ્રહનાં ! શનિ સૌરમંડળનો છઠ્ઠા નંબરનો ગ્રહ છે. તે સૂર્યથી ખૂબ દૂર છે. સૌરમંડળમાં ગુરૂના ગ્રહ પછી તે બીજા નંબરનો સૌથી મોટો ગ્રહ છે. આજથી લગભગ 400 વર્ષ પહેલાં ઇ.સ. 1610માં ગેલેલીયોએ પોતાના દુરબીનને શનિ તરફ તાક્યું ત્યારે તેઓને શનિની આજુબાજુ બે કાન જોવા મળતાં ભારે આશ્ચર્ય થયું, પરંતુ હકીકતમાં તે કાન નહિ પણ શનિનાં વલયો હતાં.

*****



Here is a Science Cartoon by Dr. Manoj Komath, who has done his Ph.D. from Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar. He is a bio-medical scientist and a prolific science writer based in Trivandrum.

મેં નિહાળ્યું ચંદ્ર પરથી 'ચંદ્ર' ગ્રહણ

IAPT RC-7 ગુજરાત તરફથી વિદ્યાર્થીઓ માટે ગત વર્ષે *If I were to see 'Lunar' Eclipse from the Moon itself... !!!* વિષય પર લેખિત સ્પર્ધા રાખવામાં આવી હતી. આ સ્પર્ધામાં સ. પ. યુનિવર્સિટી, વલ્લભ વિદ્યાનગરના M.Sc.માં અભ્યાસ કરતા તન્મય મેકવાન અને ઈશીતા ચૌહાણ અનુક્રમે પ્રથમ અને દ્વિતીય આવેલ છે. આ વિદ્યાર્થીઓના લેખોના સંકલિત અંશો અત્રે પ્રસ્તુત છે.

સતીશ ધવન સ્પેસ સેન્ટર શ્રીહરિકોટાના લોન્ચ પેડ પર ભારતનું 'લ્યુનર મીશન 2012' સાકાર કરવા 'Antrix' સ્પેસ શટલ આભને પડકારતું ગોઠવાયેલું હતું. આંધ્રપ્રદેશના નેલ્લોર જીલ્લામાં આવેલ આ સ્થળે અમારી ખગોળવિજ્ઞાનીઓ/અવકાશયાત્રીઓની ટુકડી છેલ્લી ક્ષણોની તૈયારીમાં વ્યસ્ત હતી. હું કેપ્ટન નિહાર અમારા યાનના એન્જીનના શ્રેણીબદ્ધ પરિક્ષણોથી મારા કમાન્ડીંગ ઓફીસર પાયલટ લેફ્ટનન્ટ ગગનને વાકેફ કરી રહ્યો છું, અને બધા જ પરિક્ષણોના પરિણામ સંતોષજનક જણાતાં અમારી ટૂકડીને યાત્રાનો આરંભ કરવાનો સંકેત મળે છે.

રાષ્ટ્રની શાન શોભાવતું આ યાન અને તેના મીશને માત્ર વૈજ્ઞાનિકોના સમુદાયમાં જ નહીં પરંતુ સમગ્ર દેશમાં ઉત્તેજનાનું વાતાવરણ ઉભું કર્યું હતું. આ મીશનની સફળતા માટે સમગ્ર રાષ્ટ્ર મનોમન પ્રાર્થના કરતું હતું અને તે મારા માટે આ મીશનમાં જોડાવાનું પ્રેરકબળ હતું. અમારું આ રોચક મીશન, ચંદ્ર પર પહોંચ્યા પછી ગણાત્રીના સમયમાં ત્યાં આકાર પામતી અદ્વિતીય ઘટના 'ખગ્રાસ ચંદ્રગ્રહણ' ને નિહાળવાનું હતું અને તેથી અમે બધા જ તે ક્ષણોની કલ્પનામાત્રથી ઉત્સુક હતાં. અમારી ટૂકડીના અન્ય બે સભ્યો મુખ્ય સ્પેસ શટલની કમાન્ડ પાયલટ કેપ્ટન પૃથા તેમજ સહપાયલટ કેપ્ટન નિહારીકા, આ સ્પેસ શટલના સંચાલન માટે ચન્દ્રને ઘૂમતાં યાનમાં જ રોકાવાનાં હતાં, જ્યારે હું તેમજ કેપ્ટન ગગન, એક નાના લ્યુનર મોડ્યુલની મદદથી ચંદ્ર પર ઉતરાણ કરવાના હતા. અમારું આ નાનું લ્યુનર મોડ્યુલ અગાઉના અમેરીકન Apollo 11ના મીશનનું મોડ્યુલ 'Eagle' જે સ્થળે ઉતરેલું તે જ 'The Sea of Tranquility' ના સ્થાને ઉતરાણ કરે તેમ નક્કી થયું હતું. ઉતરાણ સફળ થયું, અને ત્યાર બાદ મારી પ્રથમ પ્રતિક્રિયા સાનંદાશ્ચર્યની હતી. ત્યાં 3,84,000 કી.મી. દૂર આપણી ધરતી પર સ્વચ્છ ભુરાં આકાશમાં સૂરજ તપતો હોય અને દિવસનો ઊજાસ ચારેકોર ફેલાઈ ગયો હોય; જ્યારે અહીં ચંદ્ર પર !? કાળાં ડીબાંગ નિરભ્ર નભમાં સૂરજના તેજનો એક શેરડો પડે છે, ને આજુબાજુ વિચિત્ર અંધકાર જણાય છે ! ધરતીની બહાર નીકળ્યા પછી ધરતીની ખરી કિંમત સમજાય છે. ભાવુકતામાંથી બહાર આવતાં મને વિચાર આવ્યો કે અહીં ચન્દ્ર પર સૂર્યોદય, સૂર્યાસ્ત તેમજ પૃથ્વીનો ઉદય અને અસ્ત કેવાં જુદાં દેખાતાં હશે ?

ચંદ્રથી બમણું કદ ધરાવતી આપણી પૃથ્વી વાદળી અને ઝાંખા સફેદ રંગના મીશ્રણથી રંગાયેલી લાગતી હતી. ચંદ્ર પર નહીવત્ વાતાવરણ હોવાને કારણે સૂર્યપ્રકાશનું પ્રકિર્ણન થતું નથી અને તેથી આકાશ ભૂરું હોવાને બદલે અલગ દેખાતું હતું. ક્ષીણ ગુરુત્વાકર્ષણ બળને કારણે ચાલવામાં મુશ્કેલી તેમજ રમુજી હળવાશ અનુભવાતી હતી ! વાતાવરણના અભાવને કારણે અમે ઓક્સીજનના સીલીંડરનો ઉપયોગ કરતા હતા અને તેથી નિશ્ચિત સમયગાળામાં અમારું ધ્યેય અમારે સિદ્ધ કરવાનું હતું.

નિર્ધારિત સમયે જ ચંદ્ર પર ઉતરાણ કર્યું હોવાથી અમારી યાત્રાની રોમાંચક ક્ષણો ટૂંક સમયમાં જ ધબકવાની શરૂ થવાની હતી. 'ખગ્રાસ ચંદ્રગ્રહણ'નું પૃથ્વી પરથી અવલોકન કરવાની તક ઘણી વખત મળી હતી પરંતુ તે જ ઘટના ચંદ્ર પરથી જોવાની તક અમારે માટે પ્રથમ વખત સર્જાવાની હતી. ચંદ્રગ્રહણ દરમિયાન પૃથ્વી, ચંદ્ર અને સૂર્ય બરાબર સમરેખામાં હોય છે. તેમજ પૃથ્વી, ચંદ્ર અને સૂર્યની વચ્ચેથી પસાર થતી વખતે એક ચોક્કસ સુરેખા રચે છે. ગ્રહણ દરમિયાન વચ્ચે આવતા અવકાશી પદાર્થના પડછાયાના ઘેરા ભાગને પ્રચ્છાયા (Umbra) અને આછા ભાગને ઉપચ્છાયા (Penumbra) કહે છે. 'ખગ્રાસ

ચંદ્રગ્રહણ' ઉપરોક્ત બંને તબક્કાઓમાંથી પસાર થાય છે, માટે તે પડછાયામાંથી સંપૂર્ણપણે પસાર થઇ જવાનો સમય આશરે ત્રણેક કલાક થાય છે. ચંદ્ર, સૂર્યથી ચારસો ગણો નાનો છે અને પૃથ્વીથી તેનું અંતર સૂર્યની સાપેક્ષે ચારસો ગણું ઓછું છે. આ કારણોસર આપણને ધરતીનાં આકાશમાં ચંદ્ર અને સૂર્યનું કદ એકસરખું લાગે છે.

હું જોઇ રહ્યો હતો કે ધીમે ધીમે પૃથ્વી મારી (ચંદ્રની) અને સૂર્યની વચ્ચે ખસતી જતી હતી અને અંતરિક્ષના એક અદશ્ય તલમાં જાણે-અજાણે સુરેખા બની રહી હતી. વિશાળ પૃથ્વીને કારણે જે ગ્રહણ પૃથ્વી પરથી 'ચંદ્રગ્રહણ' તરીકે ઓળખાય, તે જ ગ્રહણ અહિં ચંદ્ર પરથી 'સૂર્યગ્રહણ' તરીકે મને દેખાવાનું હતું. હવે ચંદ્ર પરનું પરિસર પણ ધીમે ધીમે અંધકારમય થવા લાગ્યું. શરૂઆતમાં સૂર્યગ્રહણ સંપૂર્ણ ન હોવાથી આકાશ ઝાંખું દેખાતું હતું. મને સૂર્યની તેજસ્વિતા હવે ઓછી થતી દેખાવા લાગી. ચંદ્ર પર વિચરવાનું અમે અટકાવી દીધું. ચંદ્ર ખડકાળ અને ઉંડી ખાઇઓથી ભરપુર હોવાને કારણે તેના ઉંડાણમાં ગરકાવ થઇ જવાની શક્યતા, થોડીક પણ ચૂકને કારણે વધી જતી હતી. આજુબાજુનો અંધકાર રતાશ પડતો જણાતો હતો. આ સમયે મને પૃથ્વી પર 'ચંદ્રગ્રહણ' જોતી વખતે ચંદ્ર તામ્ર અથવા નારંગી રંગનો દેખાતો હોય છે, એ યાદ આવ્યું. ગ્રહણમાં ગાયબ થઇ રહેલા સૂર્યના બિંબમાં થોડાં સૂર્યકલંકો જોવાનો પણ લહાવો મળ્યો. હવે સૂર્ય, પૃથ્વીથી સંપૂર્ણ ગ્રસિત થઇ રહ્યો હોવા છતાં પણ, પૃથ્વીના વાતાવરણથી થોડોક સૂર્યપ્રકાશ વક્રીભૂત થઇને તેની સુંદરતાને જાણે ઓપ આપી રહ્યો હતો. મને સમજાયું કે જો પૃથ્વી પર વાતાવરણ ન હોત તો જરૂર અત્યારે ચંદ્ર અંધકારમય ભાસત. મને તુરંત આ દશ્ય કેમેરામાં કંડારી લેવાનું મન થયું.

ગ્રહણ પૂર્વે જે પૃથ્વી અત્યંત પ્રકાશિત અને રમણીય દેખાતી હતી તે હવે શ્યામલ વર્ણ ભાસતી હતી. પરંતુ સાથે સાથે એક અત્યંત રોચક ઘટના પૃથ્વીની કીનારી પર આકાર લઇ રહી હતી. જે ક્ષણે સૂર્ય સંપૂર્ણ ગ્રાસ પામ્યો, તે સમયે પૃથ્વીની કોર કેટલાક સ્થાને પ્રકાશથી ઝળહળી ઉઠી અને તે પૃથ્વી પરથી સૂર્યગ્રહણના દશ્ય દરમિયાન સર્જાતી 'Bailey bead' ઘટના સાથે સામ્ય ધરાવતી હતી. અમારા આ મિશનના આરંભ પૂર્વે, વિશ્લેષકોએ તેનો અણસાર આપ્યો હતો. તેમના મતે ઉત્તર અમેરિકા અને યુરોપ સાથે સંકળાયેલ સમુદ્રની સપાટી પરથી સૂર્યપ્રકાશ પરાવર્તિત થઇને જાણે 'Bailey bead'ની રચના કરે છે. હવે નભોમંડળ હજારો અને લાખોની સંખ્યામાં તારાઓ અને અવકાશી પદાર્થોથી ઝળહળવા લાગ્યું, ચંદ્ર પરના અલ્પ વાતાવરણને કારણે, અત્યંત ઝાંખો તારો પણ સ્થિર તેજે, પૂર્ણ પ્રકાશિત થતો હતો; અહીં તારાઓ ટમટમતા નથી.

પૃથ્વી પર જેને આપણે સૂર્યગ્રહણ કહીએ છીએ તે માંડ બે-પાંચ મીનીટ માટે સર્જાતું હોય છે. કદના ખૂબ જ મોટા તફાવતને કારણે ચંદ્ર પર આ 'સૂર્યગ્રહણ' સાડા ત્રણ કલાક ચાલુ રહ્યું હતું. હવે ક્રમશઃ અંધકારમાં ઘટાડો થવા લાગ્યો. ચંદ્રની સપાટી તેમજ આસપાસના પર્વતો જાણે ધીમે ધીમે અંધકારના પડછાયામાંથી બહાર આવવા લાગ્યા, તેમજ વધુ સ્પષ્ટ દેખાતા ગયા. લગભગ સાડાત્રણ કલાક સુધી ચાલેલી આ અદ્‌ભુત ઘટના જીંદગીભર મારા માનસપટ પર એક અવિસ્મરણીય ઘટના તરીકે કોતરાઇ ગઇ. હવે વધુ સમય અહિં ચંદ્ર પર રોકાણ કરવું શક્ય ન હતું. મેં અને મારા કમાન્ડીંગ ઑફિસર કેપ્ટન ગગને મળીને 'Moon Based Astronomy'- ચંદ્રની ધરતી પરથી ખગોળીય અવલોકનોની ટૂંકી ચર્ચા કરી લીધી. ચંદ્રને ઘૂમતાં યાનમાં પૃથા અને નિહારીકાએ પણ ઑરબીટલ-એસ્ટ્રોલેબ અંગે નોંધ ટપકાવી લીધી, અને પછી આ સફળ મીશનને પૂર્ણતા તરફ એટલે કે પૃથ્વી પર પરત ફરવા માટે 'આ અબ લૌટ ચલે'નો સંકેત યાનને આપી દીધો. અને બસ!! અમે હરી-ભરી વસુન્ધરા પર સફળતાપૂર્વક પરત આવ્યા.... !!!

*****

શુક્રનું અધિક્રમણ

પ્રા. ગીરીશ એલ. વેકરીયા
સર પી.ટી. સાયન્સ કોલેજ,
મોડાસા

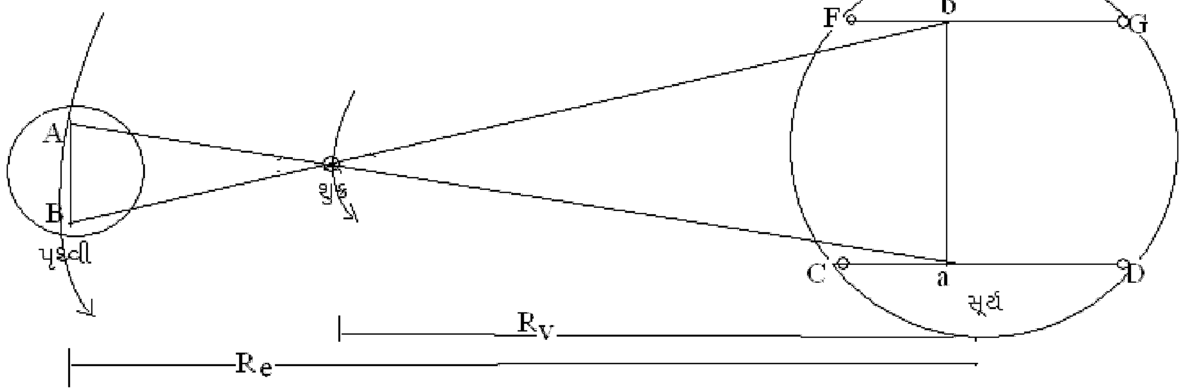
ગત્ 6 જૂન 2012ના રોજ ખગોળવિજ્ઞાન સાથે સંકળાયેલ એક અદ્‌ભૂત અને અદ્વિતીય ઘટના આકાર પામી. દૂરબીનની શોધ પછી અને આ પહેલાં તે માત્ર 1631, 1639, 1761, 1769, 1874, 1882 અને 2004માં જોવા મળી હોવાથી તેની નોંધ લેવી પડે. આ ઘટના દરમિયાન સૂર્યની તેજસ્વી સપાટી પરથી શુક્રનો ગ્રહ કાળાં ટપકા રૂપે પસાર થાય છે જેને 'શુક્રનું અધિક્રમણ' અથવા પારગમન (Venus Transit) તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે, કારણ કે તે દરમિયાન શુક્રનો ગ્રહ, સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચેથી પસાર થાય છે.

ખગોળશાસ્ત્રમાં, અવકાશી પદાર્થોનું અવલોકન ખૂબ જ મહત્વનો ભાગ ભજવે છે, અસંખ્ય આકાશી પિંડો જેમ કે તારા, તારા વિશ્વો અને બ્રહ્માંડ વિશેની જાણકારી, માનવી અવલોકન દ્વારા જ મેળવી શકે છે. ભારતીય ખગોળશાસ્ત્રીઓ ભાસ્કરાચાર્ય, આર્યભટ, વરાહમિહિર, ભાસ્કર, બ્રહ્મગુપ્ત વગેરેએ રચેલા ગ્રંથો (જેવા કે 'સિદ્ધાંત-શિરોમણી'), તેમની અવલોકન આધારીત ખગોળીય ગણત્રી મહદ્ અંશે સચોટ હતી તેમ સાબીત કરે છે. બ્રહ્માંડમાં અંતર માપવા તથા ગ્રહોના સ્થાન નક્કી કરવા માટે આ ગણત્રીઓ ખુબ જ ઉપયોગી પુરવાર થઇ છે. માટે જ જ્યારે 'શુક્રના અધિક્રમણ' જેવી ઘટના સર્જાય ત્યારે તે ગણિતના નિયમો તેમજ કેપ્લરના સિદ્ધાંતોના આધારે અધિક્રમણ કરતા ગ્રહની ગતિ, સૂર્ય અને શુક્ર તેમજ સૂર્ય અને પૃથ્વી વચ્ચેનું અંતર ચકાસવા માટે મહત્વની બને છે.

શુક્રની આ ઘટના 243 વર્ષે નિયમિત કાલચક્રમાં થતી જોવા મળે છે. વૈશ્વિક સ્તરે 1631માં ફ્રેન્ચ ખગોળશાસ્ત્રી Piecre Gassendi પેરિસમાં પિનહોલ કેમેરાની મદદથી બુધનું તેમજ શુક્રનું અધિક્રમણ નિહાળવામાં સફળ રહ્યા હતા. ત્યારબાદ સૌપ્રથમ જૈની આધારભૂત વૈજ્ઞાનિક નોંધ મળી હોય તો તે અંગ્રેજ ખગોળશાસ્ત્રી Jeremiah Harrocksની છે, જેમણે 1639માં માન્ચેસ્ટર શહેર પાસે શુક્રનું અધિક્રમણ નિહાળ્યું હતું. સાદા ટેલીસ્કોપ દ્વારા લીધેલા અવલોકનો પરથી તેમણે શુક્રનું કદ તથા પૃથ્વી અને સૂર્ય વચ્ચેનું અંતર નક્કી કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો. જોકે 1677માં અંગ્રેજ ખગોળશાસ્ત્રી Sir Edmund Halleyને 'બુધના અધિક્રમણ'ના અભ્યાસ દરમિયાન, વિચાર આવ્યો કે પૃથ્વી અને સૂર્ય વચ્ચેનું અંતર 'શુક્રનું અધિક્રમણ' દ્વારા મળે અને 1716માં તે અંગે તેઓનો અભ્યાસ લેખ પણ પ્રગટ કર્યો. તેમના આ લેખે 1761 અને 1769માં થવાની હતી તે 'શુક્રના અધિક્રમણ' ઘટના માટે વૈજ્ઞાનિક જગતમાં ભારે ઉત્કંઠા સર્જી.

'શુક્રના અધિક્રમણ'ની ઘટનાને અદ્વિતીય ગણવામાં આવે છે. સૂર્યની ફરતે પૃથ્વીની સાત પ્રદક્ષિણા એ શુક્રની તેર પ્રદક્ષિણા જેટલી થાય છે. તેથી ઉપરોક્ત ઘટનાનો લઘુ અંતરાલ આઠ વર્ષનો હોય છે. વધુમાં પૃથ્વીની ભ્રમણકક્ષા, શુક્રની ભ્રમણકક્ષા સાથે $3^{0}23.5'$ કોણનો તફાવત ધરાવે છે, માટે સૂર્ય, શુક્ર અને પૃથ્વી સીધી રેખામાં આવે એવા સંજોગો ભાગ્યે જ બને છે. જૂન અને ડિસેમ્બર મહિનાઓ દરમિયાન પૃથ્વી પોતાની ભ્રમણકક્ષામાં સૂર્યની સાપેક્ષે પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે અને તેથી શુક્ર અધિક્રમણની ઘટના આ મહિનાઓ દરમિયાન જ જોવા મળે છે. સૂર્ય અત્યંત તેજસ્વી હોવાને કારણે તેની આસપાસના તારા જોઇ શકાતા નથી પરંતુ શુક્રનો ગ્રહ આ ઘટના દરમિયાન સૂર્યના બિંબ પર એક કાળાં ટપકાં સ્વરૂપે સ્પષ્ટપણે જોવા મળે છે અને સરળતાથી તેનું અવલોકન થઇ શકે છે. શુક્ર જ્યારે, પૃથ્વીની સાપેક્ષે સૂર્યની વિપરિત દિશામાં હોય ત્યારે તે બાહ્યયુતિ કહેવાય છે. 534 દિવસના અંતરે બાહ્ય યુતિ અને આંતર યુતિ રચાય છે જ્યાં આંતર યુતિ દરમિયાન શુક્ર, સૂર્ય કરતાં પૃથ્વીની વધારે નજીક હોય છે અને તેથી તેના લંબક Parallexનું માપ પ્રમાણમાં મોટું મેળવી શકાય છે. આ સમયે તેના લંબકનું માપ, સૂર્યના લંબક કરતાં ચાર ગણું મોટું મળે છે. (આકૃતિ-1)

આકૃતિ-1

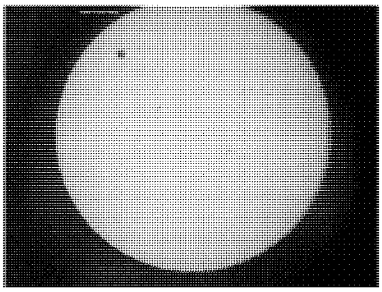


અત્રે આકૃતિ-1માં દર્શાવ્યા મુજબ Sir Edmund Halley એ અપનાવેલી પદ્ધતિ ઉપયોગી પુરવાર થાય છે. આકૃતિમાં CD અને FG એ શુક્રના અધિક્રમણના સંભવિત ગતિ પથ દર્શાવ્યા છે. સૂર્યના કેન્દ્રથી વધારે દૂરનો પથ FG એ CDની સરખામણીમાં નાનો છે. માટે જો શુક્રના અધિક્રમણને દક્ષિણ ગોળાર્ધના કેન્દ્રથી માપવામાં આવે તો ઉત્તર ગોળાર્ધના કેન્દ્રની ગતિની સરખામણીમાં વધારે ઝડપથી અધિક્રમણની ગતિ જોવા મળે છે. આથી હેલીએ સૂર્યની સામેથી પસાર થવા માટે શુક્રને લાગતો સમય માપવા એક દૂરબીન અને ચોક્કસાઇપૂર્વક સમય દર્શાવતી ઘડિયાળનો ઉપયોગ કરવાની વાત કરી. ત્યારબાદ બંને ગોળાર્ધના જુદા જુદા સ્થળેથી થયેલા અવલોકન મુજબ સમયના આધારે શુક્ર અને સૂર્યના લંબકની ગણત્રી કરી શકાય એમ જણાવ્યું. આમ સૌરલંબકની મદદથી અંતર વધારે ચોકસાઇપૂર્વક માપી શકાય. તા. 6 જૂનની ઘટના ગુજરાત અને ભારત સહિત દુનિયાના ઘણા દેશોમાં જોવા મળી.

કેટલીક અનિશ્ચિતતાઓની વચ્ચે પણ 'શુક્રનું અધિક્રમણ' નિહાળનારાઓની સંખ્યા ઉત્તરોત્તર વધતી જ જાય છે. હવે પછીનું અધિક્રમણ સન્ 2117 અને 2125માં દેખાવાનું છે ત્યારે આપણી હયાતીમાં આપણને આ સદીની આ છેલ્લી ઘટના જોવાનો લ્હાવો મળ્યો તે ખરેખર આનંદની વાત છે. વળી, જે કોઇએ હાલનું અધિક્રમણ જોયું હશે તે હવે પછીનું અધિક્રમણ નિહાળવા હયાત હોવાની સંભાવના નહિંવત્ છે !

*****

Venus transit June 6, 2012



શુક્રના સૂર્યને પારગમનની ઉપરોક્ત તસ્વીર તા. 6 જૂનની સવારે વલ્લભ વિદ્યાનગરના પ્રો. કુમારભાઇ ત્રિવેદીએ ઝડપી હતી.

વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ અને માઇક્રોતરંગોઃ ઉપયોગો તેમજ આડઅસરો

ડૉ. દિપક એચ. ગદાણી
ફિઝિક્સ ડિપાર્ટમેન્ટ
સી. યુ. શાહ સાયન્સ કોલેજ, અમદાવાદ

ઈ.સ. 1879માં વસંતઋતુની એક સવારે ન્યુયોર્ક ટાઈમ્સમાં સમાચાર છપાયા "અમેરીકાના વિજ્ઞાન જગતમાં એક નવા તારલાનો ઉદય ! આલ્બર્ટ માઇકિલ્સન જે પુરા સત્યાવીસ વર્ષનો પણ નથી થયો, તેણે હવામાં પ્રકાશની ઝડપ માપી જે 186508 માઇલ્સ/સેકન્ડ જેટલી છે."[1]

ઈ.સ. 1873માં ભૌતિક વિજ્ઞાની જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલે વિદ્યુત અને ચુંબકત્વને સાંકળતા સમીકરણો દ્વારા વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોનું અસ્તિત્વ દર્શાવ્યું.[2] તથા એ પણ દર્શાવ્યું કે વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોની ઝડપ પ્રકાશની ઝડપ જેટલી હોય છે. આપણે જાણીએ છીએ કે જ્યારે વિદ્યુતભારો સ્થિર હોય ત્યારે તેમની આસપાસ વિદ્યુતક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે, જ્યારે અચળ વિદ્યુતપ્રવાહ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. પરંતુ ફેરાડેનો નિયમ દર્શાવે છે કે સમય સાથે બદલાતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર એ વિદ્યુતક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે, જે ઇન્ડક્ટર કે ટ્રાન્સફોર્મરમાં emfનું પ્રેરણ કરે છે. તે જ રીતે એમ્પિયરના નિયમમાં મેક્સવેલે દર્શાવેલ સ્થાનાંતર પ્રવાહ દર્શાવતું પદ ઉમેરતાં જણાય છે કે સમય સાથે બદલાતું વિદ્યુતક્ષેત્ર, ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. વિવિધ સંશોધનો પરથી એ ફલિત થયું કે, વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના પ્રસરણ માટે માધ્યમની જરૂર પડતી નથી, એટલે કે તે બીનયાંત્રિક તરંગો છે. મેક્સવેલના સમીકરણો અનુસાર, દરેક પ્રવેગિત વિદ્યુતભાર વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો ઉત્પન્ન કરે છે. જો વિદ્યુતભારને સરળ આવર્તગતિ કરાવવામાં આવે તો તે દરેક ક્ષણે પ્રવેગિત ગતિ કરતો હોવાથી તે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ ઉત્સર્જીત કરતો હોય. જો વિદ્યુતભારને ઉપર-નીચે દિશામાં સરળ આવર્ત દોલન કરાવવામાં આવે તો વિદ્યુતભારની પ્રવેગિત ગતિની લંબદિશામાં ઉત્સર્જાયેલ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગની તીવ્રતા મહત્તમ હોય છે.

ઈ.સ. 1887માં જર્મન ભૌતિકવિજ્ઞાની હર્ટ્ઝે પ્રથમ વખત વિદ્યુતચુંબકીય (રેડીયો) તરંગો ઉત્પન્ન કર્યાં. આ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની આવૃત્તિ, વિદ્યુતભારના દોલનની આવૃત્તિ જેટલી જ હોય છે. આ તરંગોની ઝડપ તેણે $v = \lambda f$ સમીકરણ પરથી શોધી, જે મેક્સવેલના વાદ અનુસાર પ્રકાશની ઝડપ (c) જેટલી જ હતી. હર્ટ્ઝના પ્રયોગ પછી સાત વર્ષ બાદ કલકત્તામાં જગદીશચંદ્ર બોઝે પ્રયોગશાળામાં 5 mm થી 25 mm તરંગલંબાઇના વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો ઉત્પન્ન કર્યા હતાં. ઈ.સ. 1895માં રોન્જને શોધેલા X-rays પણ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો જ છે, તેવું છેક ઈ.સ. 1906માં પ્રસ્થાપિત થયું. ત્યારબાદ આશરે 10^{-15} m થી માંડીને આશરે 10^{8} m સુધીની તરંગલંબાઈ ધરાવતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનો અભ્યાસ કરવામાં આવ્યો છે.

આમ વિસ્તૃતપણે વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની તરંગલંબાઇના મૂલ્યો સતત રીતે પથરાયેલાં હોય છે. વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોને તેમની તરંગલંબાઈ તેમજ આવૃત્તિ અનુસાર વર્ગીકૃત કરવામાં આવેલ છે. તેના સંપૂર્ણ વ્યાપને વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ કહે છે. આ તરંગોનું ઉદ્ભવસ્થાન અને ઉપયોગિતા કોષ્ટક (1)માં દર્શાવેલ છે.

વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોના વ્યાપમાંથી આપણી આંખ ખૂબ જ નાના વિસ્તાર (આશરે 400 થી 700 nm)માં પથરાયેલા તરંગો-દશ્ય પ્રકાશ પૂરતી જ સંવેદનશીલ છે. ખરેખર તો તે આપણા પર ઇશ્વરની કૃપા કહેવાય; નહીંતર રાત્રે પણ આપણી આજુબાજુના વિસ્તારમાંથી ઉત્સર્જાતાં ઇન્ફ્રારેડ અને બીજી તરંગલંબાઇના વિકિરણો આપણને દેખાતાં રહે અને આપણે રાત્રે સુઇ જ ન શકીએ !!! જુદા જુદા પ્રાણીઓની દૃષ્ટિ સંવેદના વર્ણપટના જુદા જુદા વિસ્તાર માટે જુદી જુદી હોય છે. દા.ત. સાપ ઇન્ફ્રારેડ કિરણો પણ જોઇ શકે છે, જે શિકારના શરીરમાંથી ઉત્સર્જાતા ઇન્ફ્રારેડ કિરણોને કારણે રાત્રે પણ શિકાર પકડવામાં મદદરૂપ થાય છે.

કોષ્ટક (1) : વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું વર્ગીકરણ, ઉદ્‌ભવસ્થાન અને ઉપયોગિતા
(આ અંકનું title page III જુઓ)

તરંગલંબાઈનો વિસ્તાર (લગભગ)	**વર્ગીકૃત નામ**	**ઉદ્‌ભવ સ્થાન**	**ઉપયોગો**
$\lambda > 0.1$ m	રેડિયો તરંગો	વાહક એન્ટેનામાંથી પ્રવેગિત થતા વિદ્યુતભારો	રેડિયો અને ટેલિવિઝનના પ્રસારણમાં, સેલ્યુલર ફોનના કોમ્યુનિકેશન માટે
0.1m થી 0.21 mm	માઇક્રોવેવ્ઝ	ક્લાઇસ્ટ્રોન, મેગ્નેટ્રોન, ગન ડાયોડ	સેટેલાઇટ કોમ્યુનિકેશન રીમોટ સેન્સિંગ, માઇક્રોવેવ ઓવન વગેરે
1 mm થી 700 nm	ઇન્ફ્રારેડ કિરણો (IR)	ઇન્ફ્રારેડ લેમ્પ, ઇન્ફ્રારેડ LED, અણુઓ અને પરમાણુઓના દોલનો, વગેરે	IR એ ઉષ્માનું વિકિરણ છે. રીમોટ સેન્સિંગ લશ્કરી હેતુઓ ટીવી-વિડીઓ પ્લેયર વગેરે સિસ્ટિમના રીમોટ કન્ટ્રોલમાં
700 nm થી 400 nm	દશ્ય પ્રકાશ	સૂર્ય, જ્વાળાઓ, વિદ્યુતગોળો, સોડીયમ-લેમ્પ વગેરે અનેક સ્રોતો	અનેકવિધ ઉપયોગો વનસ્પતિ દ્વારા પ્રકાશ-સંશ્લેષણની ક્રિયામાં, માનવી જીવ જંતુઓ વગેરે આ વિસ્તારની તરંગલંબાઇ માટે સંવેદના અનુભવે છે.
400 nm થી 1 nm	અલ્ટ્રાવાયોલેટ (UV) કિરણો	UV લેમ્પ	આંખની LASIK સર્જરી (Laser Assisted in Situ Keratomileusis) માટે, કેટલાક વોટર પ્યોરીફાયરમાં જીવાણુંઓનો નાશ કરવા માટે
1nm થી 10^{-3} nm	ક્ષ - કિરણો	X-ray ટ્યુબ, પરમાણુ/અણુઓની અંદરની કક્ષામાંથી	મેડીકલ ક્ષેત્રમાં હાડકાનું ફ્રેક્ચર (તિરાડ અથવા તુટવું) શોધવા, તથા અમુક પ્રકારના કેન્સરની સારવાર માટે; સંશોધનોમાં
$< 10^{-3}$ nm	ગામા કિરણો	રેડિયો એક્ટિવ ન્યુક્લિઅસનો ક્ષય. કોસ્મિક કિરણોના ભાગરૂપે	મેડીકલ સર્જરીમાં કેન્સરગ્રસ્ત કોષોનો નાશ કરવા માટે

ઇ.સ. 1946માં અમેરિકામાં ડૉ પર્સિ સ્પેન્સરે માઇક્રોવેવ ઉત્પન્ન કરતા મેગ્નેટ્રોનના પ્રયોગ કરતાં અનુભવ્યું કે તેમના ખીસામાં રહેલ ચોકલેટ ઓગળી જાય છે.[3] આ ઉપરાંત મેગ્નેટ્રોનની પાસે મુકેલ પોપકોર્ન પણ ફુટીને લેબોરેટરીમાં આમ તેમ ફેલાવા માંડી; વળી મેગ્નેટ્રોનની પાસે મુકેલ ઇંડુ ફાટ્યું અને તેની જર્દી લેબોરેટરીમાં જ્યાં-ત્યાં ફેલાઇ ગઇ ! આમ સ્પેન્સરને ખ્યાલ આવ્યો કે માઇક્રોવેવ્ઝનો ઉપયોગ ખોરાકને ગરમ કરવા માટે તેમજ રાંધવા માટે થઇ શકે. વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટમાં આ માઇક્રોવેવ્ઝનો વિસ્તાર

લગભગ 1 mm થી 0.1 m સુધીનો છે, જે રેડીયો, ટીવી, મોબાઇલ, ટેલીફોન અને બીજા સંચાર-કોમ્યુનિકેશન્સ માટે ઉપયોગી છે. રડાર અને સેટેલાઇટ કોમ્યુનિકેશન કે જેમાં તરંગના બીમ (beam)ની પહોળાઇ (beam width) 1^0 કરતાં વધુ ન હોવી જોઇએ.[4] તેમાં માઇક્રોવેવ્ઝ ખૂબ ઉપયોગી છે. દા.ત. 30 GHz (તરંગલંબાઇ $\lambda = 1\ cm$)ના માઇક્રોવેવ્ઝ માટે 140 cm વ્યાસનું પેરાબોલીક રીફ્લેક્ટર એન્ટેના વાપરીએ તો તે માઇક્રોવેવની ધારા ઉત્પન્ન કરે તેની beam width

$$\frac{140^0}{(D/\lambda)} = \frac{140^0}{(140/1)} = 1^0$$

હાલના યુગમાં રડારનો ઉપયોગ ઘણા બહોળા પ્રમાણમાં થાય છે, જેમ કે દુશ્મનના મિસાઇલનો રસ્તો બતાવતું રડાર, રીમોટ સેન્સિંગ માટેનું રડાર, વિમાન ટ્રાફીક કંટ્રોલ કરતાં રડાર, પોલીસની ઇન્ટરસેપ્ટર વાનમાં સામેથી આવતા વાહનોની સ્પીડ નક્કી કરતું (ડોપ્લર) રડાર વગેરે.

300 MHz થી 10 GHz સુધીના માઇક્રોવેવ્ઝ વાતાવરણમાં આયનોસ્ફીયરમાંથી પણ પસાર થઇ શકતાં હોવાથી સૂર્ય અને બીજા તારાઓ પરથી આવતાં આ તરંગો દ્વારા પૃથ્વી પરથી ખગોળીય સંશોધન શક્ય બને છે. આ ઉપરાંત ટીવી અને બીજા કોમ્પ્યુનિકેશનમાં પૃથ્વી પરથી ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ (geostationary satellite) સુધી અને તેના પરથી પૃથ્વી પર સિગ્નલ મોકલવા માટે માઇક્રોવેવ્ઝનો આ અંતરાલ ઉપયોગી છે. આ સેટેલાઇટ પર 6 GHz આવૃત્તિના માઇક્રોવેવ્ઝ દ્વારા સિગ્નલ મોકલવામાં આવે છે, અને ત્યાંથી આ સિગ્નલ 4 GHzની આવૃત્તિથી પૃથ્વી પર જુદા જુદા સ્થળે પ્રસારિત કરવામાં આવે છે.

માઇક્રોવેવ ઓવનમાં 0.915 GHz કે 2.45 GHz આવૃત્તિનો ઉપયોગ ખોરાક રાંધવા અથવા ગરમ કરવા માટે થાય છે. આ આવૃત્તિ પાણીના અણુઓની અનુનાદ આવૃત્તિના ક્રમની છે. આથી જ્યારે પાણીના અણુઓ ધરાવતું અન્ન, માઇક્રોવેવ ઓવનમાં મૂકવામાં આવે, ત્યારે પાણીના અણુઓ આ આવૃત્તિથી દોલન કરે છે. આમ માઇક્રોવેવની મહત્તમ ઊર્જાનું પાણીના (તેમજ ખોરાકના પદાર્થોના) અણુઓની ગતિઊર્જામાં રૂપાંતરણ થાય છે, જે પાણી ધરાવતા ખોરાકનું તાપમાન વધારે છે. માઇક્રોવેવ ઓવનમાં માઇક્રોવેવ્ઝ ખોરાકની અંદર 2-3 સેમી જેટલે ઊંડે સુધી જઇને તેને ગરમ કરતાં હોવાથી ખોરાક અંદરથી બહારની તરફ ગરમ થાય છે. જ્યારે ખોરાકને ગેસ પર તપેલીમાં રાંધવા મુકીએ ત્યારે તે બહારથી અંદર તરફ ગરમ થવા લાગે છે. માઇક્રોવેવ ઓવનમાં ધાતુના વાસણોની જગ્યાએ પોર્સિલેઇનના (અથવા બોરોસીલ ગ્લાસના) વાસણોનો ઉપયોગ કરવો જોઇએ કે જેથી ધાતુની સપાટી પર સંગ્રહિત થતા વિદ્યુતભારના કારણે લાગતા ઝાટકા (shock)થી બચી શકાય. પોર્સિલેઇનના અણુઓ કદમાં મોટાં હોવાથી તેમના દોલનોની અનુનાદ આવૃત્તિ ઓછી હોય છે, આથી તેઓ માઇક્રોવેવનું શોષણ (absorption) કરતા નથી.

ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ પદાર્થોના વિવિધ ગુણધર્મો જાણવા માટે પણ હવે માઇક્રોવેવ્ઝનો ઉપયોગ થાય છે. અણુ, પરમાણુ કે ન્યુક્લિયર પ્રણાલિઓની આંતરીક ઊર્જાના સ્તરો માઇક્રોવેવ તરંગોની ઊર્જાના ક્રમના હોય છે, જેનો ઉપયોગ આવા પદાર્થોના આંતરીક બંધારણ (structure)નું વિશ્લેષણ કરવા માટે થાય છે.

મેડિકલ ક્ષેત્રમાં કેન્સરગ્રસ્ત કોષોનું સ્થાન શરીરમાં ઊંડે ક્યાં છે તે જાણવા માટે માઇક્રોવેવ રેડિયોમીટરનો ઉપયોગ થાય છે.

કોમ્યુનિકેશન ટેકનોલોજીના આ યુગમાં માઇક્રોવેવનો વધુ પડતો ઉપયોગ મોબાઇલ કોમ્યુનિકેશનમાં થઇ રહ્યો છે, જેના કારણે માઇક્રોવેવ્ઝની અસર વનસ્પતિ, પશુ-પંખી-માનવી પર કઇ રીતે અને કેવી થાય છે તે જાણવા માટે ઘણા વિજ્ઞાનીઓ પ્રયત્ન કરી રહ્યા છે. IIT-મુંબઇના પ્રો. ગીરીશ કુમારે આ દિશામાં અભ્યાસ-સંશોધન કરેલ છે.[5] ભારતમાં લગભગ 90 કરોડ લોકો મોબાઇલનો ઉપયોગ કરે છે જે 2013માં લગભગ 110 કરોડ થશે. તેની સામે ભારતમાં લગભગ 5 લાખ જેટલાં મોબાઇલ ટાવર્સ છે. આ 5 લાખ ટાવર્સમાંથી લગભગ 2 લાખ ટાવર્સ ગીચ વસ્તી ધરાવતા વિસ્તારોમાં આવેલા છે. ભારતમાં 810-960 MHz આવૃત્તિના અંતરાલનો ઉપયોગ GSM અને CDMA મોબાઇલ સર્વીસ માટે થાય છે. આ ઉપરાંત 1.71-1.93 GHz આવૃત્તિ અંતરાલનો ઉપયોગ પણ GSM મોબાઇલ માટે થાય છે. આ આવૃત્તિ માઇક્રોવેવ ઓવનમાં વપરાતી આવૃત્તિ જેટલી જ છે. આથી જો 1w પાવરના મોબાઇલનો, 1.8 GHz આવૃત્તિએ સરેરાશ 0.125w (1/8 સમય વોઇસ કોલ્સ માટે) આઉટપુટ

પાવર સાથે ઉપયોગ કરીએ તો 10 મિનિટ (600 સેકન્ડ)માં તે 600 x 0.125= 75 J જેટલી ઊર્જા ઉત્પન્ન કરે. જે કપમાં રાખેલા 150 ml પાણીનું તાપમાન લગભગ 0.1^0 C જેટલું વધારે. જો કપમાં પાણી ઓછું હોય તો તાપમાન હજી વધે. શું તમે અનુભવ્યું છે કે લાંબો સમય મોબાઇલ પર વાત કર્યા પછી તમારા કાન ગરમ થઇ જાય છે ? મોબાઇલનો ઉપયોગ સતત 20 મિનિટ કરવાથી કાનની બુટનું તાપમાન લગભગ 1^0 C જેટલું વધે છે. આનું કારણ એ પણ છે કે મોબાઇલ સતત કાનને અડીને રાખવાથી તે ભાગમાં હવાનું આવાગમન અટકી જાય છે. આ ઉપરાંત ફોનની બેટરી પણ ગરમ થતી હોય છે. WHO (World Helath Organization)ના રીપોર્ટમાં દર્શાવવામાં આવ્યું છે કે "મોબાઇલ ફોન દ્વારા ઉત્પન્ન થતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો લાંબા ગાળે કેન્સર પેદા કરી શકે." પરંતુ આ રીપોર્ટમાં મોબાઇલ ટાવર વડે ઉત્પન્ન થતા વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોની અસર વિષે કોઇ માહિતી આપવામાં આવી નથી. મોબાઇલ સંદેશા-વ્યવહાર માટે મોબાઇલ ટાવર તો જરૂરી છે જ. એક મોબાઇલ ટાવર પર ક્યારેક 3-4 કંપનીના એન્ટેના લગાવેલા હોય છે. જો દરેક એન્ટેના 20w પાવર ઉત્સર્જીત કરતું હોય તો એક કેરીયર આવૃત્તિ દીઠ ટાવર પરથી ઉત્સર્જાતો માઇક્રોવેવ પાવર 60-80w હોય. આ ઉપરાંત જો દરેક એન્ટેના 3-5 કેરીયર આવૃત્તિ ઉત્સર્જીત કરતા હોય તો આ ટાવર પરથી ઉત્સર્જીત પાવર વધીને 180w-240w અથવા 300w-400w જેટલો હોઇ શકે.

સૂર્યના પ્રકાશમાં તમે કેટલો સમય રહી શકો ? 5-10 મિનિટ ? સૂર્યના આછા પ્રકાશમાં, 20-30 મિનિટ ? તે પછી તડકો લાગે છે ને ? ત્યારબાદ તમે છાંયડામાં આવો ત્યારે શરીરને પોતાનું મૂળ તાપમાન (પરિસ્થિતિ) મેળવતાં થોડો સમય લાગે છે. પરંતુ તમે મોબાઇલ ટાવરના એન્ટેનાની સામે રહેતા હો ત્યારે લગભગ એન્ટેનાથી 300 મીટર દૂર સુધીના અંતરે પણ માઇક્રોવેવ્ઝ (જે આપણે જોઇ શકતા નથી) આપણા પર 24 કલાક, બારે માસ આપાત થતાં હોય છે...!! તમે મોબાઇલનો ઉપયોગ કરતા હો કે નહીં, પરંતુ માઇક્રોવેવ્ઝ તમારા સુધી સતત પહોંચે છે. વધુમાં અહીં તો શરીરને પોતાની મૂળ સ્થિતિમાં આવવા માટે સમય પણ મળતો નથી.

બાયો ઇનીસીએટીવ રીપોર્ટ અને ડૉ. ગીરીશકુમારનાં સંશોધનો મુજબ, 24 કલાક તમારા પર માઇક્રોવેવ રેડીએશન આવતું હોય તો તેની રેડીએશન ઘનતા 0.1 mw/m^2 કરતાં વધુ ન હોવી જોઇએ. હકીકતે એ ઘણી વધુ હોય છે. મોબાઇલ કોમ્યુનિકેશનના આ જમાનામાં આ ટાવર્સને દૂર કરવાં તો શક્ય નથી, તો માઇક્રોવેવના આ હાનિકારક પાવરને ઓછો કરવાનો શું કોઇ ઉપાય છે ? આ સંબંધે આપણે એક પ્રાયોગિક ઉદાહરણ વિચારીએ. જો તમારે તમારો અવાજ મોટા હોલમાં સંભળાવવો હોય તો તમે લાઉડ સ્પિકરનો ઉપયોગ કરો છો, પરંતુ ખૂબ મોટો હોલ હોય તો તમે લાઉડ સ્પિકરનો પાવર આઉટપુટ (વૉલ્યુમ) વધારો તો જ તમારો અવાજ દૂર સુધી સંભળાય. હવે આમ કરવા જતાં સ્પિકરની નજીક બેઠેલા લોકોની પરિસ્થિતિ કેવી થાય ? (લોકોના કાન દુઃખી/ફાટી જાય !) તેને બદલે ઓછા પાવર વાળા વધારે સંખ્યાના લાઉડ સ્પિકર મોટા હોલમાં થોડા થોડા અંતરે મુકીએ તો દરેકને પુરતો અવાજ પણ સંભળાય અને લાઉડ સ્પિકરની નજીક બેઠેલા લોકોને તકલીફ પણ ઓછી પડે... ! આ જ રીતે જો મોબાઇલ ટાવરમાંથી ઉત્સર્જીત પાવર જે લગભગ 20w/ચેનલ હોય છે તે ઘટાડીને 1અથવા 2w/ચેનલ કરવામાં આવે, તથા રીપીટર ટાવર્સની સંખ્યા વધારવામાં આવે તો ઓછા પાવરના વધુ ટ્રાન્સમીટર એન્ટેનાથી પણ તે જ કાર્ય થાય અને નજીકનાં લોકો વગેરેને ટાવરના માઇક્રોવેવ રેડીએશનની અસર ઓછી થાય. માઇક્રોતરંગોની આડઅસરો નિવારવા માટે વધુ અભ્યાસ-સંશોધન જરૂરી છે.

References :

1. Bernard Jaffe, *"Biography of a Scientist Michelson and the Speed of Light"*, Anchor books, Doubley day & Co., New York (1960)
2. H. D. Young, R.A. Freedman, *"Sears and Zemansky's University Physics"*, 11th Edition Pearson Education, Delhi, India (2004).
3. Annapurna Das and Sisir K. Das, "Tata Mx Graw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi
4. M. L. Sisodia, G.S. Raghuvanshi, *"Microwave Circuits and Passive Devices"*, Wiley Eastern Ltd., (1987)
5. Girish Kumar, *"Reply to Assocham India"*, Comments on Presentation at Assocham EMF Workshop, New Delhi, April 2012.

*****

હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ : એક અદ્‌ભૂત જૈવિક ખનિજ

કાશ્મીરા પી. ટાંક
સંશોધક વિદ્યાર્થિની, ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગ
સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટી, રાજકોટ

બાળપણમાં, કેડેથી વાંકા વળીને, હાથમાં લાકડી સાથે ખોડંગાતી ચાલે અને બોખા મોઢાના હાવભાવ સાથે ''ડોશીમા ડોશીમા ક્યાં ચાલ્યાં-'' રમત રમવાની ખૂબ જ મઝા આવતી ! સમગ્ર રમતમાં ધ્યાન તો વધારે કેડેથી વાંકા વળવું, વધારે ખોડંગાતી ચાલથી ચાલવું તેમજ ડોશીમાની નકલ કરવામાં જ રહેતું. પરંતુ હવે વિજ્ઞાનને જાણે આ મંજૂર ન હોય તેમ વૃદ્ધ ડોશીમાના આ બધાં જ લક્ષણો ભૂંસી નાખવાની કમર કસી છે અને કાળક્રમે જાણે એ પાત્ર વિસરાઇ જઇ, ફક્ત પાઠ્યપુસ્તક પુરતું જ સીમીત રહે તેવી પરિસ્થિતિ સર્જાઇ છે. ખોડંગાતી ચાલ કે બોખા મ્હોં ને જાણે કળાકારની પીંછીથી નવપલ્લવિત કરવાના હોય તેમ ''જૈવિક ખનિજ'' (Biominerals) વૃદ્ધત્વની સામે મેદાનમાં ઉતર્યા છે.

કુદરતમાં બોક્સાઇટ, ફેલ્સપાર, કેલ્સાઇટ, મેગ્નેટાઇટ જેવા ઘણાં પ્રકારનાં ખનિજો વિપુલ પ્રમાણમાં જોવા મળે છે. માણસના શરીરમાં પણ જૈવિક રીતે અથવા ચયાપચય પ્રક્રિયાથી ઘણાં ખનિજો સર્જાય છે અને માટે તેમને ''જૈવિક ખનિજ'' તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. 'હાઇડ્રોક્સી એપેટાઇટ' (Hydroxyapatite) નામનું જૈવિક ખનિજ માનવ શરીરના અસ્થિઓ તેમજ દાંતમાં રહેલા એનેમલમાં વસવાટ કરે છે. અસ્થિના અકાર્બનિક ભાગમાં 70% હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ આવેલ છે. વ્યાપક સ્વરૂપમાં એપેટાઇટ $M_5(ZO_4)_3$ X સ્વરૂપમાં દર્શાવાય છે. જ્યાં M = Ca^{+2}, Ba^{+2}, Sr^{+2}, Pb^{+2} આયનો દર્શાવે છે તેમજ Z= P, V, As, Si અને X = હેલોજન સમૂહનું તત્વ અથવા OH^- આયન દર્શાવે છે. કેલ્શીયમ (Ca), ફોસ્ફેટ (PO_4^{-2}) અને હાઇડ્રોક્સીલ (OH^-) આયન ધરાવતું ખનિજ સંયોજન હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ [Ca_5 $(PO_4)_3$ (OH)]ની મોનોક્લીનીક સ્ફટીકીય સંરચનાની શોધ સૌપ્રથમ 1973માં ઇલિયેટ અને હેક્ઝાગોનલ ષટકોણી સ્ફટીકીય સંરચનાની જાણ 1987માં J.M. Huges નામના વૈજ્ઞાનિકે કરી.

એપેટાઇટની સ્ફટિકીય સંરચના લચીલી હોવાને કારણે રાસાયણિક સંયોજનની મદદથી કોઇપણ તત્વ સહેલાઇથી ઉમેરી સંરચનાના પોલાણમાં ગોઠવી શકાય છે. ઉષ્મીય રીતે સ્થાયી (Thermally-stable) હોવાને કારણે ખૂબ ઊંચા તાપમાને પણ તે વિઘટન પામતું નથી અને માટેજ મનુષ્યના અગ્નિદાહ બાદ પ્રાપ્ત અસ્થિફ્‌લ, એ બીજું કશું જ નહી પરંતુ હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ છે. હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટની અન્ય લાક્ષણિકતાઓ પણ એટલી જ ધ્યાન ખેંચે તેવી છે જેમ કે તે અ-જ્વલનશીલ (non-inflammable), બિન ઝેરી (non-toxic) છે; અસ્થિમાં સહેલાઇથી ભળી જવું, શરીરમાં પ્રતિકારકતા ન ઉભી કરવી (non-immunogenicity) જેવા ગુણધર્મોને કારણે, તેને જ્યારે આપણા શરીરમાં દાખલ કરવામાં આવે ત્યારે આપણું શરીર તેનો પ્રતિકાર કર્યા વગર 'સહજ' રીતે સ્વીકારી લે છે. આ કારણોસર અસ્થિ વિભંગ (fracture)ની ઘટના બને ત્યારે હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ કારણોસર તે bone implant માટે આવશ્યક જૈવિક ખનિજ છે. આ જ પ્રમાણે અન્ય જૈવિક ખનિજ ફ્લોરોએપેટાઇટના મળતાવડા સ્વભાવના કારણે દંતચિકિત્સકો, દાંતના યોગ્ય વિકાસ માટે તેનો ઉપયોગ કરી રહ્યા છે. મનુષ્યના શરીરમાં જ્યારે કોઇપણ પ્રકારના જૈવિક ખનિજને દાખલ કરવામાં આવે ત્યારે બેકટેરિયાના ચેપ (infection)ને નિવારવા યોગ્ય માત્રામાં એન્ટિબેક્ટેરિયલ (anti-bacterial) કાર્બનિક અથવા અકાર્બનિક સંયોજનો જેવાં કે lactoferin, viologen, silicon, silver, copper, zinc વગેરેનું મિશ્રણ કરવામાં આવે છે.

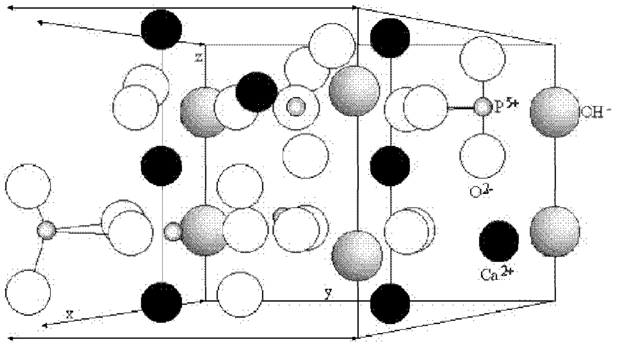
ચુંબકીય લાક્ષણિકતા ધરાવતા આયર્ન (Fe), કૉબાલ્ટ (Co) વગેરેનું મિશ્રણ હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટમાં કરવામાં આવે તો તબીબી ક્ષેત્રે તેનો ઉપયોગ drug deliveryમાં થઇ શકે અને કેન્સર જેવા ભયંકર રોગોની અસરકારક સારવાર થાય. બેરિયમ ટાઇટેનેટ ($BaTiO_3$)ને યોગ્ય માત્રામાં હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટમાં મિશ્રિત કરીને તેના પારવિજ (dielectric properties)

ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે અને ખંડિત અસ્થિને રૂઝવવામાં તેનો ફાળો કેટલો છે તેનું સંશોધન હાલ થઇ રહ્યું છે. હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટમાં ક્રોમિયમ (Cr^{+3}) જેવા પ્રસ્ફુરક તત્વો ઉમેરી, બ્રાઝિલના વૈજ્ઞાનિક T.S. De Arujo અને તેમની સંશોધન ટુકડીએ ફ્લોરેસન્ટ પ્રોબ (Fluoroscent probe)નું પ્રયોગશાળામાં સર્જન કર્યું છે, જે મનુષ્ય શરીરમાં થતી જૈવિક પ્રક્રિયાઓ સમજવામાં મદદ કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે લાલ રંગના રૂધિરમાં થતી પ્રક્રિયાઓ, સામાન્ય ઉપકરણોથી સમજવી મુશ્કેલ છે પરંતુ તેની નીપજમાં Cr^{+3} જેવા પ્રસ્ફુરક પદાર્થ હયાત હોય તો પ્રક્રિયા દરમિયાન યોગ્ય પ્રકાશ દ્વારા તેને પ્રકાશિત કરી પ્રક્રિયાની અવસ્થા જાણી શકાય છે.

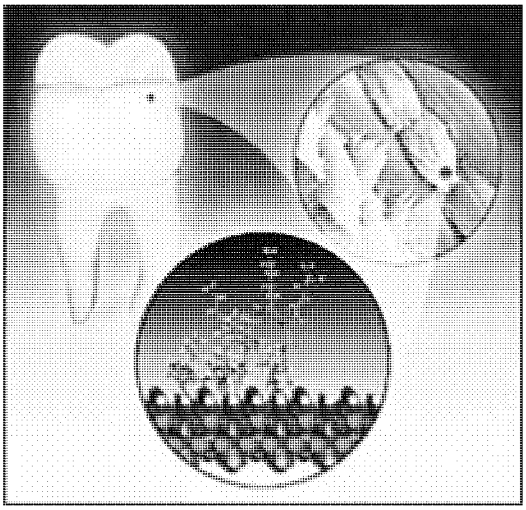
સંવેદી ગેસ સેન્સરનો ઉપયોગ ઝેરી વાયુ પેટ્રોલિયમ વાયુ કે રાંધણ ગેસનો લીકેજ શોધવા માટે થાય છે, જેમાં ક્યારેક હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટનો પણ ઉપયોગ થાય છે. વળી તેનો ઉપયોગ ઔદ્યોગિક કારખાનાઓમાં થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં તેમજ ઉદ્દીપક તરીકે પણ થાય છે.

હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ રૂધિરવાહિનીઓમાં છારીરૂપે પણ કોલેસ્ટ્રોલ સાથે જોવા મળે છે. શરીરના જુદા જુદા સાંધાઓમાં એકઠા થવાના કારણે માનવ શરીરમાં વા અથવા આર્થરાઇટીસનું દર્દ જોવા મળે છે. આમ ઉપયોગી હોવા છતાં પણ આ જૈવિક ખનિજ માનવી માટે દર્દ ઉત્પન્ન કરનારું પણ છે !!! હાઇડ્રોક્સી-એપેટાઇટ રાસાયણિક, જૈવિક તેમજ વીજ ગુણધર્મો ધરાવે છે અને માટે તેનો અભ્યાસ બૃહદ ફલક પર થાય છે. સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટીના ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગના વરિષ્ઠ પ્રાધ્યાપકો અને તેમની ટૂકડી આ સંબંધિત ગહન સંશોધનમાં પરોવાયેલી છે અને તેમના એ સંશોધનો આંતરરાષ્ટ્રીય ક્ષેત્રે પણ પ્રકાશિત થયાં છે.

*****



Crystal Structure of Calcium Hydroxyapatite Powders Synthesized in SBF at 37°C (Hexagonal, *P6₃/m*, a = 9.4125, c = 6.8765 Å)



પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્ર : પરિચય તથા પ્રાયોગિક નિદર્શન

ડૉ. તુષાર સી. પંડ્યા
સેન્ટ ઝેવિયર્સ કોલેજ
અમદાવાદ

ઘન, પ્રવાહિ અને વાયુ એ દ્રવ્યની ત્રણ જાણીતી અવસ્થાઓ છે. પ્લાઝમા તે પદાર્થની અસાધારણ એવી ચોથી અવસ્થા છે. પ્લાઝમા શબ્દનો સૌપ્રથમ ઉપયોગ અમેરિકન વૈજ્ઞાનિકો લેન્ગમ્યુર અને ટોન્કે ઈ.સ. 1923માં કર્યો હતો. પ્લાઝમા તે પદાર્થની આયનિત (Ionized) અવસ્થા છે. પદાર્થની આ આયનિત અવસ્થા ઘન, પ્રવાહિ અથવા વાયુમય સ્થિતિમાં હોઈ શકે છે. સામાન્ય રીતે તેમાં પદાર્થની વાયુમય આયનિત સ્થિતિનો અભ્યાસ થતો હોય છે. પ્લાઝમા વિભિન્ન વિજભારોનું મિશ્રણ હોવાથી, પ્લાઝમામાં મહદ્અંશે વિજભારો અને અંશત તટસ્થ કણોનો સમાવેશ થતો હોય છે. સામાન્ય વાયુમાં ફક્ત તટસ્થ અણુઓ અથવા પરમાણુઓ હોય છે. પ્લાઝમામાં ત્રણ વિદ્યુતભારો (ઈલેક્ટ્રોન) અને એકમ અથવા ગુણક વિદ્યુતભારિત આયનોની સંખ્યા એવી હોય છે કે કુલ વિદ્યુતભાર શૂન્ય થાય છે. આમ પ્લાઝમા વિદ્યુતક્રિય તટસ્થ હોય છે. પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્રમાં આ હકીકતને પ્લાઝમા 'ક્વાઝીન્યુટ્રલ' (quasi neutral) છે તેમ કહેવામાં આવે છે. આનો અર્થ એ થયો કે પ્લાઝમામાં કોઈ સ્થળે સ્થાનિક રીતે ઘન અથવા ઋણ વિદ્યુતભાર જમા થતો નથી. બ્રહ્માંડમાં આશરે 99% દ્રવ્ય પ્લાઝમા અવસ્થામાં છે. સૂર્ય, તારાઓ, આકાશગંગા, નિહારિકાઓ જેવા અવકાશીય પિંડોમાં ઊંચા તાપમાને વિપુલ પ્રમાણમાં પ્લાઝમા હોય છે. સૌર વિકિરણને કારણે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં રહેલા N_2, O_2, વગેરેનું આયનીકરણ થતાં મંદ પ્લાઝમાના વિવિધ સ્તરો રચાતાં આયનમંડળ અસ્તિત્વમાં આવે છે. પૃથ્વીના વાતાવરણમાં થતી વીજળીની ઘટનામાં પણ પ્લાઝમા ઉત્પન્ન થાય છે. પ્લાઝમાના પ્રાયોગિક નિદર્શન સમજવા માટે સૌપ્રથમ આપણે પ્લાઝમાની લાક્ષણિકતાઓ, તેનાં પ્રાચલો અને માપદંડો વિશે ચર્ચા કરીશું.

પ્લાઝમામાં લગભગ સરખા પ્રમાણમાં ઈલેક્ટ્રોન અને આયનો હોય છે. ઈલેક્ટ્રોન અને આયનો મુક્ત ગતિમાં હોવાથી તેઓ વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરી શકે છે. ઈલેક્ટ્રોન, આયનો અને તટસ્થ પરમાણુ/અણુઓની પ્લાઝમામાં સરેરાશ ગતિ ઊર્જાઓ સરખી હોતી નથી. ઈલેક્ટ્રોન પ્રમાણમાં હલકા અને ગતિશીલ હોવાથી તેની સરેરાશ ગતિ ઊર્જા આયનોની ગતિ ઊર્જા કરતાં વધારે હોય છે, અને આયનોની ગતિ ઊર્જા તટસ્થ પરમાણુઓની ગતિ ઊર્જા કરતાં વધારે હોય છે. ઊર્જા સમીકરણ $<\frac{1}{2}mv^2> = \frac{3}{2}kT$ આધારે સ્પષ્ટપણે કહી શકાય કે કોઈ એક પ્લાઝમાના ત્રણેય ઘટકોના તાપમાન જુદાં જુદાં હોય છે. વિદ્યુતપ્રવાહનું નિર્માણ પ્લાઝમામાં મુખ્યત્વે ઈલેક્ટ્રોન દ્વારા થાય છે. આયનો પ્રમાણમાં ભારે હોવાથી પ્લાઝમામાં ઈલેક્ટ્રોન ધન વિદ્યુતભારોની પશ્ચાત ભૂમિકામાં ગતિ કરે છે. પ્લાઝમા અને સામાન્ય વાયુ વચ્ચેનો મુખ્ય ભેદ એ છે કે સામાન્ય વાયુમાં અણુ-અણુ વચ્ચે લાગતુ આંતરઅણુબળ વાન-દ-વોલ્સ પ્રકારના લઘુઅંતરી (short range)નું છે, જ્યારે પ્લાઝમામાં આંતર અણુબળ ગુરૂ અંતરી અને કુલંબ પ્રકારના હોય છે. આથી પ્લાઝમામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન એકી સાથે તેની નજીકમાં રહેલા તથા દૂર રહેલા વિદ્યુતભારો સાથે વિવિધ પ્રકારે આંતરક્રિયા કરે છે. આમ સામાન્ય વાયુની સરખામણીમાં પ્લાઝમાનો અભ્યાસ જટિલ બને છે. વિદ્યુત અને ચુંબકીય ક્ષેત્રોની મદદ વડે પ્લાઝમા પર નિયંત્રણ મેળવી શકાય છે, જ્યારે સામાન્ય વાયુઓની વર્તણુક આ ક્ષેત્રો વડે નિયંત્રિત કરી શકાતી નથી. બાહ્ય ચુંબકિય ક્ષેત્રમાં પ્લાઝમા ડાયામેગ્નેટીક (Diamagnetic) ચુંબકિય પદાર્થ તરીકે વર્તે છે. પ્લાઝમાનો ડાયઈલેક્ટ્રીક (Dielectric) અચળાંક ખૂબ જ મોટો હોવાથી તે વિદ્યુત ચુંબકિય તરંગો સાથે પ્રબળ રીતે આંતરક્રિયા કરે છે. પ્લાઝમાની લાક્ષણિકતાઓ મુખ્યત્વે તેના બે પ્રાચલો, ઈલેક્ટ્રોન સંખ્યા ઘનતા (n_e) અને તાપીય ઊર્જા (kT_e) દ્વારા નક્કી થાય છે. પ્લાઝમા એ વિદ્યુતનો પ્રબળ વાહક છે. જ્યારે પ્લાઝમામાંથી પ્રબળ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ તો તેને લીધે સમય સાથે બદલાતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર પણ ઉદ્ભવે છે. ફેરેડેના નિયમ મુજબ આવાં ચુંબકીય ક્ષેત્રને લીધે વિદ્યુત ક્ષેત્ર પણ ઉત્પન્ન થાય છે.

વિદ્યુતભારીત કણો પ્લાઝમામાં ખૂબ જ મોટા વેગથી ગતિ કરતાં હોવાથી તેમનાં વિદ્યુતક્ષેત્રો સમય સાથે બદલાતાં હોય છે. આથી મેક્સવેલના નિયમ મુજબ વધારાનું ચુંબકિય ક્ષેત્ર ઉદ્ભવે છે. આથી ઉદ્ભવેલા વિદ્યુત અને ચુંબકીય ક્ષેત્રોને લીધે લંબગત એવા વિદ્યુત ચુંબકિય તરંગો પ્લાઝમામાં ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યારે આયનોના ધન વિદ્યુતભારની પશ્ચાત ભૂમિકામાં ઈલેક્ટ્રોનનું આંદોલન થતા સંગત તરંગો ઉદ્ભવે છે. ઈ.સ. 1926માં પેનીંગે આવાં તરંગો શોધી કાઢ્યાં હતાં. પ્લાઝમા પર યોગ્ય બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્ર લગાડીને પણ વિવિધ પ્રકારના સંગત, લંબગત અને મિશ્ર પ્રકારના તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આવા તરંગોનો અભ્યાસ પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્રમાં ઘણી અગત્યતા ધરાવે છે.

ઊંચા તાપમાને પ્લાઝમા વાયુ સ્વરૂપે હોવાથી કુલંબ બળો મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. આથી પ્લાઝમાને કુલંબ વાયુ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. અત્રે એક વાત નોંધનીય છે કે આ કુલંબ બળો અમર્યાદિત રીતે લાંબા અંતર સુધી લાગતા નથી. પ્લાઝમામાં ઉદ્ભવતી ધ્રુવીભવન (polarization) ઘટનાને લીધે આંતરકણ આંતરક્રિયાઓ મર્યાદિત અંતર સુધી સક્રિય હોય છે. આ મર્યાદિત અંતરને ડીબાય (Debye) લંબાઈ (λ_D) કહે છે. આ ડીબાય લંબાઈનું મૂલ્ય આંતરકણ અંતર કરતા મોટું તથા પ્લાઝમાના રેખીય પરિમાણ (L) કરતા ઓછું હોય છે. પ્લાઝમામાં λ_D અંતર જેટલી ત્રિજ્યાનો ગોળો કલ્પવામાં આવે તો તે ગોળામાં રહેલા કુલ કણોની સંખ્યા $\frac{4}{3}\pi\lambda_D^3 n_e$ સ્પષ્ટ રીતે 1 કરતા વધારે થશે. અહિં n_e તે ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા ઘનતા છે. આ બંને શરતોને એક સાથે નીચે મુજબ રજૂ કરી શકાય છે.

L (રેખીય પરિમાણ) $\gg \lambda_D$ (ડીબાય લંબાઈ) $\gg (n_e)^{-1/3}$

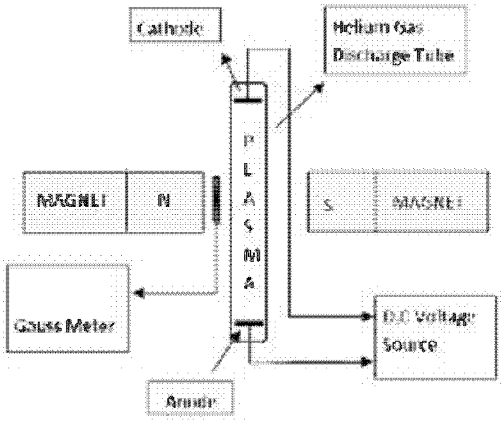
કોઈપણ આયનીકૃત વાયુ પ્લાઝમા અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવાના મુખ્યત્વે ત્રણ માપદંડો છે, તે પૈકી બે શરતો વિશે આપણે ઉપર ચર્ચા કરી. ત્રીજો માપદંડ તે પ્લાઝમાની આવૃત્તિ સાથે સંકળાયેલો છે. પ્લાઝમામાં પુનસ્થાપક બળને લીધે મુક્ત ઈલેક્ટ્રોન ધન વિદ્યુતભારની પશ્ચાત ભૂમિકામાં કોઈ ચોક્કસ આવૃત્તિ સાથે આંદોલન કરતાં હોય છે. આ આવૃત્તિને પ્લાઝમા આવૃત્તિ (ω_p) કહેવાય છે. પ્લાઝમાના બે તટસ્થ કણો વચ્ચે થતી અથડામણનો સરેરાશ સમય 'τ' હોય તો આયનીકૃત વાયુને પ્લાઝમા તરીકે વર્તવા માટે ત્રીજા માપદંડ $\omega.\tau > 1$નું પાલન થવું જરૂરી છે. ઉપર દર્શાવેલ ત્રણે માપદંડોનું પાલન કરતા આયનીકૃત વાયુને પ્લાઝમા કહેવાય છે. ઉપર્યુક્ત ચર્ચાના સંદર્ભમાં આપણે કહી શકીએ કે પ્લાઝમા એ પુરતી સંખ્યામાં મુક્ત વિદ્યુતભારો અને તટસ્થ કણો ધરાવતું ક્વાઝીન્યુટ્રલ તરલ (fluid) છે, જેની ગત્યાત્મક વર્તણુક વિદ્યુત ચુંબકીય બળોથી મહદ્અંશે નક્કી કરી શકાય.

બાહ્ય વિદ્યુત અને ચુંબકીય ક્ષેત્રોમાં પ્લાઝમા કણોની ગતિનો અભ્યાસ પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્રમાં ઘણો જ અગત્યનો છે. અત્રે આપણે બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રોની પ્લાઝમા પર થતી અસર દર્શાવતા એક સરળ તથા નવતર પ્રયોગ વિશે ચર્ચા કરીશું. આ પ્રયોગ વિદ્યાર્થીઓને પ્રયોગશાળામાં પ્લાઝમાનું ઉત્પાદન તથા બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પ્લાઝમા કણોની ગતિ વિશે સમજ આપે છે. આ નવતર પ્રયોગ IAPTના વર્ષ 2012ના વાર્ષિક અધિવેશનમાં યોજાયેલ રાષ્ટ્રીય સ્તરની હરિફાઈ (National Competition for Innovative Experiments in Physics NCIEP-2012)માં પસંદગી પામેલ છે. આ નવતર પ્રયોગ દ્વારા ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં વિજભારનું લાર્મર (Larmor) પરિભ્રમણનું નિદર્શન થાય છે અને લાર્મર આવૃત્તિ અને પીચ લંબાઈ વિશે અંદાજ મેળવી શકાય છે.

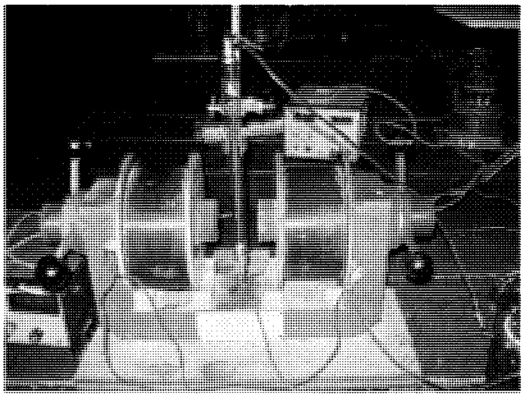
સામાન્ય રીતે પ્રયોગશાળામાં મંદ પ્લાઝમા (weak plasma) ઉત્પન્ન કરવા માટે વિદ્યુત વિભાર નળી (Electric discharge tube)નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આશરે 25 થી 30 cm લંબાઈ ધરાવતી કાચની વિદ્યુત વિભાર નળીમાં બે ઈલેક્ટ્રોડ ગોઠવીને ઓછા દબાણે (આશરે 10^{-2} થી 10^{-4} mm Hg) હિલીયમ વાયુ ભરેલો હોય છે. ઉચ્ચ વિદ્યુત વિભવ (High Tension, 1000 થી 3000 V) ધરાવતા ડી.સી. પાવર સપ્લાય દ્વારા વિદ્યુત વિભાર નળીના બંને ઈલેક્ટ્રોડ વચ્ચે ઉચ્ચ વિદ્યુત સ્થિતિમાન આપવામાં આવે છે. નળીનાં બન્ને ઈલેક્ટ્રોડ વચ્ચેનો વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત વધારતાં ઈલેક્ટ્રોન

પ્રવેગિત થઇને પરમાણુઓ સાથે પુરતી ઊર્જાથી અથડાય છે, જેથી હિલીયમ પરમાણુઓનું આયનીકરણ થાય છે. આ આયનીકૃત પરમાણુઓ (ધન આયનો) કેથોડ તરફ ગતિ કરે છે. આમ આયનીકૃત પરમાણુઓ અને ઈલેક્ટ્રોનનો સમુહ મંદ પ્લાઝમાનું વિદ્યુતવિભાર નળીમાં નિર્માણ કરે છે. આછા ગુલાબી રંગ ધરાવતો હિલીયમ પ્લાઝમા નરી આંખે પ્રયોગશાળામાં નિહાળી શકાય છે. આકૃતિ: 1માં આ પ્રયોગનો બ્લોક ડાયાગ્રામ તથા આકૃતિ: 2માં પ્રાયોગિક ગોઠવણી દર્શાવવામાં આવી છે.

આકૃતિ: 1



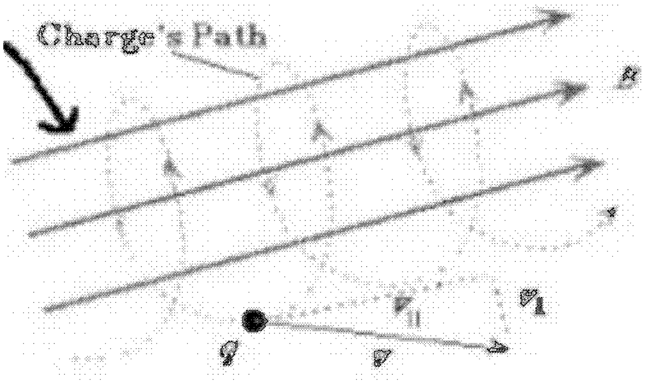
આકૃતિ: 2



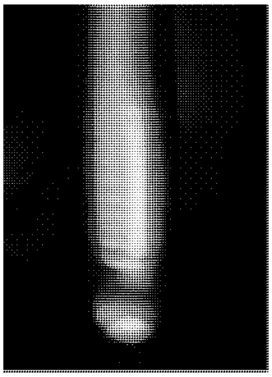
આકૃતિ: 2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ વિજવિભાર નળીને વિદ્યુત ચુંબકના બંને ધ્રુવો વચ્ચે એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી પ્લાઝમામાં રહેલા વિદ્યુતભારોની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રને લગભગ લંબ થાય. પ્રયોગશાળામાં હોલ-અસરના અભ્યાસમાં વપરાતા વિદ્યુત ચુંબકનો આ પ્રયોગમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ડી.સી. પાવર સપ્લાય દ્વારા વિદ્યુત ચુંબકમાં પ્રવાહ પસાર કરતાં બંને ધ્રુવો વચ્ચે ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. આ ચુંબકીય ક્ષેત્રનું મુલ્ય ગોસમીટર વડે માપવામાં આવે છે.

આ પ્રયોગમાં મુખ્યત્વે ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબ એવા સમતલમાં ધન આયનો અને ઋણ વિદ્યુતભારો ઈલેક્ટ્રોનની ગતિનું નિદર્શન કરવામાં આવે છે. આ સમતલમાં વિદ્યુતભારિત કણો વર્તુળમય ગતિ કરે છે. ધન વિદ્યુતભાર કણના ગતિની દિશા ઈલેક્ટ્રોનની દિશાથી વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. પ્લાઝમા કણોનો ચુંબકીય ક્ષેત્રને સમાંતર વેગનો ઘટક શૂન્ય ન હોવાથી આ કણ ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશામાં રેખીય ગતિ કરે છે. આ સ્થિતિમાં કણનો ગતિમાર્ગ આકૃતિ: 3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કુંતલાકાર (helical) હોય છે. વર્તુળમય ગતિ કરતા વિદ્યુતભારનું એક ભ્રમણ થતાં અક્ષને સમાંતર કપાયેલ અંતરને હેલીક્સનો પીચ (pitch) કહેવાય છે. હેલીક્સનો પીચ કણના દ્રવ્યમાનને સમપ્રમાણમાં તથા ચુંબકીય ક્ષેત્રના મૂલ્યને વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોવાથી ચુંબકીય ક્ષેત્રના યોગ્ય મૂલ્ય (0.02 T) માટે ઈલેક્ટ્રોન અને આયનના હેલીકલ ગતિપથ વિદ્યુતભાર નળીમાં સ્પષ્ટપણે નરી આંખે નિહાળી શકાય છે. (જુઓ આકૃતિ: 4).

આકૃતિ: 3



આકૃતિ: 4



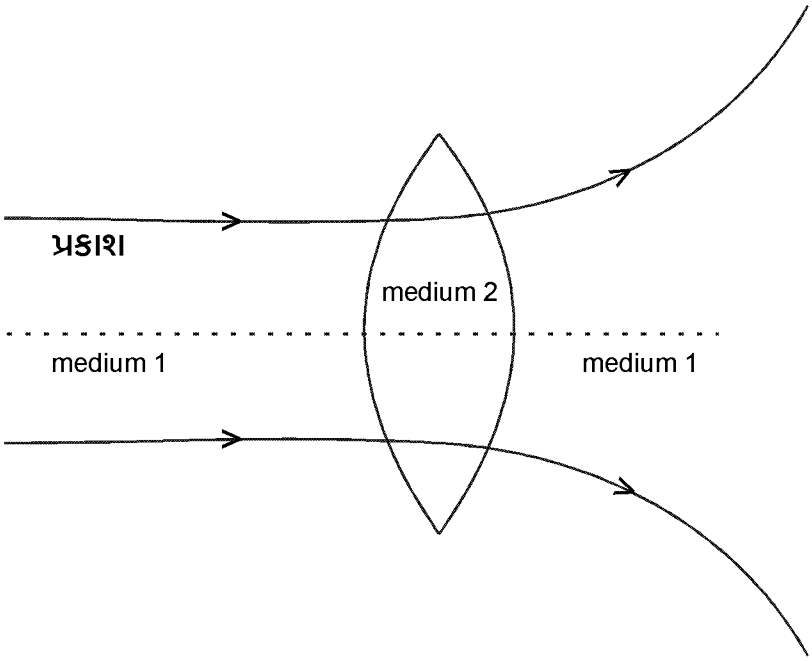
ટ્રાવેલીંગ માઈક્રોસ્કોપથી માપન કરી ધન આયન તથા ઈલેક્ટ્રોન માટે પીચ અંતરનો અંદાજ મેળવી શકાય છે. ગોસ મીટર વડે ચુંબકીય ક્ષેત્રનું માપન કરી વિદ્યુતભારિત કણ ઈલેક્ટ્રોન અને ધન આયનની વર્તુળમય ગતિની કોણીય આવૃત્તિ યાને કે (Cyclotron Frequency)ના મૂલ્યો પણ શોધી શકાય છે.

ઉપર વર્ણવેલ નવતર પ્રયોગમાં વપરાતા કેટલાક ઉપકરણો સ્નાતક તથા અનુસ્નાતક વિદ્યાલયોની પ્રયોગશાળાઓમાં ઉપલબ્ધ હોય છે. પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્ર શિખવતા અધ્યાપકો તેમની પ્રયોગશાળામાં આ પ્રયોગ જાતે કરી શકે છે.

પ્રયોગશાળામાં વપરાતા ગ્રેટીંગ સ્પેક્ટ્રોમીટરનો ઉપયોગ કરી હિલીયમ વર્ણપટ મેળવી શકાય છે. હાઈડ્રોજન વિદ્યુતવિભાર નળીનો ઉપયોગ કરી હાઈડ્રોજન વર્ણપટ મેળવી વિદ્યાર્થીઓને રિડબર્ગ અચળાંક શોધવા માટે પ્રેરિત કરી શકાય છે. અધ્યાપકો લેન્ગમ્યુર પ્રોબ (Langmuir probe)નો ઉપયોગ કરીને પ્લાઝમાના વિવિધ પ્રાચલો જેવા કે ઈલેક્ટ્રોન સંખ્યા ઘનતા (n_e), તાપીય ઊર્જા (KT_e), ડીબાય લંબાઈ (λ_D), પ્લાઝમા આવૃત્તિ શોધવા માટેના વિવિધ પ્રયોગો કરી શકે છે. ગાંધીનગરની પ્લાઝમા અનુસંધાન સંસ્થા (Institute of Plasma Research, IPR) આપણા રાષ્ટ્રની પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્ર પર સંશોધન કરતી અગ્રેસર સંસ્થા છે. આ સંસ્થાના તજ્જ્ઞોએ પ્લાઝમા ભૌતિકશાસ્ત્રના મૂળભૂત પ્રયોગોને વિકસિત કરેલ છે. આ મૂળભૂત પ્લાઝમા-ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રયોગોનો સ્નાતક તથા અનુસ્નાતક વિદ્યાર્થીઓના અભ્યાસક્રમમાં સમાવેશ થાય એ જરૂરી છે.

*****

શું આ શક્ય છે ?!



કુદરતમાં ગણિતની કમાલઃ ફીબોનાકી શ્રેણી અને સુવર્ણ ગુણોત્તર

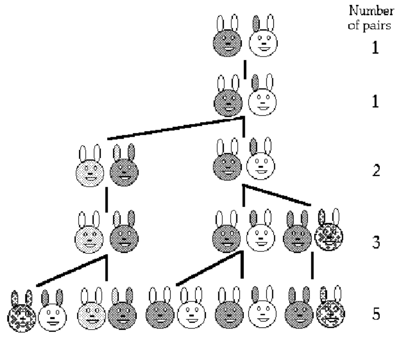
ડૉ. વિશાલ જોષી
સંશોધક વિદ્યાર્થી,
ફિઝીકલ રીસર્ચ લેબોરેટરી, અમદાવાદ

રાષ્ટ્રીય ગણિત વર્ષ 2012 નિમિત્તે એક લેખ લખવાનું સ્ફુર્યું, અને આ લેખનું શીર્ષક લખતાંની સાથે જ વિચાર ઉદ્‌ભવ્યો કે શું કુદરત ગણિતના નિયમોને અનુસરે છે ? કે પછી ગણિત કુદરતને અનુસરે છે ? ઊંડી ફીલોસોફીમાં ઉતર્યા સિવાય કહી શકાય કે વિજ્ઞાન એ કુદરતને-કુદરતમાં ઘટતી ઘટનાઓને સમજવાનો તાર્કિક પ્રયત્ન છે અને ગણિત એ વિજ્ઞાનના તાર્કિક વિચારોને વ્યક્ત કરવા માટે રચાયેલી ભાષા છે. જો કે સમયની સાથે, બીજી દરેક ભાષાની જેમ, ગણિત પણ માત્ર અભિવ્યક્તિથી વિશેષ એક સ્વતંત્ર ક્ષેત્ર તરીકે વિકસિત થયેલ વિષય બન્યો છે. કદાચ ગણિતના નિયમો એ કુદરતની સંકૂલ ઘટનાઓનું આદર્શ સ્વરૂપમાં નિરૂપણ (idealistic representation) માત્ર છે. જો કે કેટલીક વખત ગણિતનો કોઇ સિદ્ધાંત કુદરતમાં એટલી વ્યાપક અને સચોટ રીતે અભિવ્યક્ત થાય છે કે આપણે અચંબિત થઇ જઇએ. આવું એક ઉદાહરણ છે ફીબોનાકી (Fibonacci) શ્રેણી અને સુવર્ણ ગુણોત્તર. આ એક ઉદાહરણ દ્વારા કુદરતમાં ગણિતની કમાલની ઝલક મેળવીએ.

ઇ.સ. 1202માં ઇટાલીના પીસા શહેરના ગણિતજ્ઞ લિયાનાર્દો ફીબોનાકીએ આકસ્મિક રીતે એક શ્રેણી શોધી. લિયોનાર્દો ફીબોનાકી ભારતીય અંકપદ્ધતિને યુરોપમાં પ્રખ્યાત કરવા માટે પણ જાણીતા છે. સસલાંના પ્રજોત્પત્તિદરને સમજવાના પ્રયત્ન દરમ્યાન લિયોનાર્દો ફીબોનાકીએ એક શ્રેણી મેળવી જે ફીબોનાકી શ્રેણી તરીકે જાણીતી થઇ. જો કે પછી તો આ શ્રેણી તેના અસંખ્ય સુંદર ગુણધર્મો માટે ખુબ પ્રખ્યાત થઇ છે. સાથે જ તે કુદરતમાં પણ ભિન્ન ભિન્ન સ્વરૂપે અનેક જગ્યાએ જોવા મળે છે. ફીબોનાકીએ ધાર્યું કે એક જંગલમાં સસલાની તાજી જન્મેલી એક જોડ છોડવામાં આવે છે. આ જોડ બે મહિના બાદ પુખ્ત થઇને પ્રજોત્પત્તિ શરૂ કરે છે અને દરેક મહિને એક જોડને જન્મ આપે છે. આમ, (1) દરેક નવી જન્મેલી જોડ બે મહિને પુખ્ત થાય છે. (2) દરેક પુખ્ત જોડ દર મહિને એક નવી જોડને જન્મ આપતી રહે છે, અને (3) વધુમાં આપણે ધારી લઇએ કે આ સસલાં મૃત્યુ પામતાં નથી.

દર મહિને સસલાની જોડ ગણતાં, પ્રથમ મહિને 1 જોડ, બીજા મહિને પણ 1 જોડ, ત્રીજા મહિનાથી આ જોડ પુખ્ત થઇને નવી જોડને જન્મ આપતાં ત્રીજા મહિને 2 જોડ, ચોથા મહિને 3 જોડ, પાંચમા મહિને હવે ત્રીજા મહિને જન્મેલી જોડ પણ પુખ્ત થતાં કુલ બે જોડ નવી જન્મશે, જેથી પાંચમાં મહિને 5 જોડ અને આ રીતે આગળ ગણતાં આપણે નીચેની શ્રેણી મેળવીશું.

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377........ (જુઓ આકૃતિ-1)

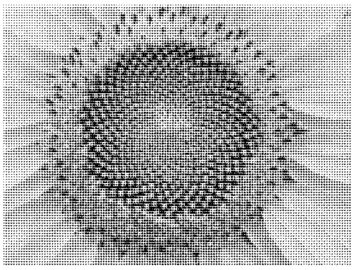


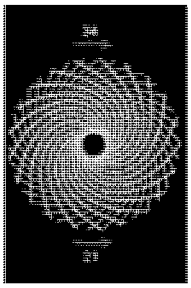
આકૃતિ-1

રસપ્રદ રીતે, આ શ્રેણીનું (બીજા પદ પછીનું) દરેક પદ એ આગળના બે પદોનો સરવાળો છે. આમ, $n>2$ માટે $f(n) = f(n-1)+f(n-2)$. કુદરત પણ આ સંખ્યાઓ પ્રત્યે લગાવ ધરાવતી જોવા મળે છે. તારા માછલી (star fish)ને 5 પગ

હોય છે, ઓક્ટોપસ ને 8 પગ હોય છે. આપણાને બે હાથ અને બે પગ હોય છે અને આ હાથ અને પગમાં 5 આંગળીઓ હોય છે. અને જુઓ કે આ બધી સંખ્યાઓ ફીબોનાકી શ્રેણીમાંની જ છે. મોટાભાગના ફુલમાં રહેલી પાંખડીઓની સંખ્યા ફીબોનાકી શ્રેણીમાંની જ હોય છે. અહીં સ્પષ્ટ કરવું જરૂરી છે કે બધાં જ ફુલો નહીં પણ મોટા ભાગના ફુલો પાંખડીઓની સંખ્યા બાબતે ફીબોનાકી શ્રેણીને અનુસરે છે. જેમ કે આપણે 3 પાંખડી કે 5 પાંખડીના ફુલ આસાનીથી શોધી શકીશું પરંતુ 4 પાંખડી કે 6 પાંખડી ધરાવતા ફુલ ખુબ ઓછાં છે. આ ઉપરાંત વનસ્પતિ જગતમાં 1, 8, 13, 21, 34, 55 અને 89 પાંખડી ધરાવતા ફુલ પણ અસ્તિત્વમાં છે.

નીચેના ફોટોગ્રાફમાં (આકૃતિ-2) બતાવ્યા મુજબ સુરજમુખીના ફુલની અંદર બીજની ગોઠવણી ખાસ પ્રકારની હોય છે. બીજોની આ ગોઠવણીમાં વક્ર રચના સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે. આ વક્ર બે પ્રકારના હોય છે. ડાબી તરફ વળતા વક્ર અને જમણી તરફ વળતા વક્ર. નીચે (આકૃતિ-2)માં બતાવ્યા મુજબ કોઈપણ સુર્યમુખીના ફુલમાં આવા બન્ને પ્રકારના વક્રોની સંખ્યા ફીબોનાકી શ્રેણીને અનુસરે છે. નીચેના ઉદાહરણમાં આ સંખ્યા (21, 34) છે. બીજા કેટલાક મોટા સુર્યમુખીના ફુલમાં આ સંખ્યા (55, 89) કે (89, 144) પણ હોઈ શકે છે.





આકૃતિ-2

આ જ રીતે પર્વતીય વિસ્તારોમાં થતાં પાઈનના ફળમાં પણ વક્રીય રચનાઓની સંખ્યા ફીબોનાકી શ્રેણીને અનુસરે છે. બીજું એક ઉદાહરણ અનાનસ (pineapple)નું છે. આ રીતે જોઈએ તો કુદરતમાં ફીબોનાકી સંખ્યાઓ અનેક જગ્યાએ હાજરી પુરાવે છે.

ફીબોનાકી શ્રેણીના બે ક્રમિક પદોનો ગુણોત્તર લેવામાં આવે તો તે કોષ્ટક-1 મુજબ મળે છે.

ગુણોત્તર	1/1	2/1	3/2	5/3	8/5	13/8	21/13	34/21
કિંમત	1.00000	2.00000	1.50000	1.66667	1.60000	1.62500	1.61538	1.61905

કોષ્ટક-1

આમ આ ગુણોત્તર એક નિશ્ચિત સંખ્યાને અનુસરે છે. એટલે કે

$$\varphi = \lim_{n \to \infty} \frac{f(n+1)}{f(n)} = 1.61803398875...$$

આ ગુણોત્તર તેના ખુબ સુંદર ગુણધર્મોના કારણે "સુવર્ણ ગુણોત્તર" (golden ratio) તરીકે જાણીતો છે અને તેણે સંકેતમાં ϕ અથવા φ તરીકે લખાય છે. સુવર્ણ ગુણોત્તરની ચોક્કસ કિંમત

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

જેટલી થાય છે. જે વાસ્તવમાં $\varphi^2 - \varphi - 1 = 0$ સમીકરણનું એક બીજ છે.

સુવર્ણ ગુણોત્તરના કેટલાક ગુણધર્મો જોઈએ તો, જો કોઈ રેખાખંડ AB પર બિંદુ P એ રીતે લેવામાં આવે કે જેથી

AB/AP = AP/PB તો બિંદુ P એ રેખાખંડ ABનું સુવર્ણ ગુણોત્તરમાં વિભાજન કરશે. સુવર્ણ ગુણોત્તર નિયમિત પંચકોણમાં પણ જોઈ શકાય છે. એકમ લંબાઈની બાજુવાળા નિયમિત પંચકોણના વિકર્ણની લંબાઇ સુવર્ણ ગુણોત્તર જેટલી હોય છે.

પંચકોણના બધા વિકર્ણો સુવર્ણ ગુણોત્તરને રસપ્રદ રીતે આ મુજબ પણ દર્શાવી શકાય છે :

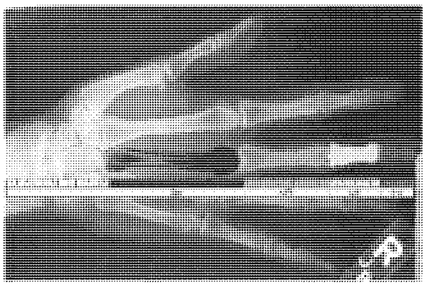
$$\varphi = 1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\ddots}}}$$

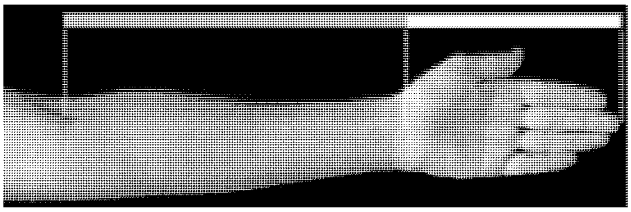
અને

$$\varphi = \sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}}$$

સુવર્ણ ગુણોત્તર કુદરતમાં પણ અનેક રીતે દેખાય છે. એક સરળ ઉદાહરણ આકૃતિ-3માં આપેલ છે, જે મુજબ માનવ શરીરના અંગોની કુદરતી ગોઠવણીમાં ફીબોનાકી શ્રેણી અને સુવર્ણ ગુણોત્તર જોઇ શકાય છે.

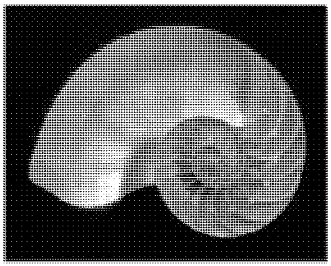
આકૃતિ-3



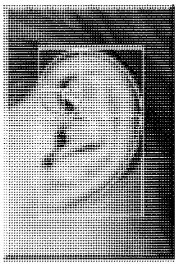


કોઈ લંબચોરસની એક બાજુ એકમ લંબાઈની અને બીજી બાજુ સુવર્ણ ગુણોત્તરની લેવામાં આવે તો તે લંબચોરસને સુવર્ણ લંબચોરસ કહેવાય છે. મનોવૈજ્ઞાનિકો એવું કહે છે કે મોટા ભાગના માણસોને ચોરસ કે બીજા કોઈ ગુણોત્તરના લંબચોરસ કરતાં સુવર્ણ લંબચોરસ સૌથી વધુ આકર્ષક લાગે છે. આથી જ સુવર્ણ ગુણોત્તર અને સુવર્ણ લંબચોરસને માનવ નિર્મિત વસ્તુઓ જેવી કે ઈમારત, ફર્નીચર વગેરે બનાવતી વખતે ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે. એક પ્રખ્યાત સામાયિક અને ટીવી ચેનલ નેશનલ જિયોગ્રાફિકનો લંબચોરસ તથા ટોયોટા કારનો લોગો જોજો. તેમાં ઉપરોક્ત વિશેષતા તુરંત ધ્યાન ખેંચશે.

સુવર્ણ લંબચોરસમાંથી જો મોટામાં મોટો ચોરસ કાપી લેવામાં આવે તો બાકીનો નાનો લંબચોરસ પણ સુવર્ણ લંબચોરસ જ રહેશે. તે નાના લંબચોરસમાંથી પણ ઉપર મુજબ ચોરસ દૂર કરતાં ફરી વધતો લંબચોરસ સુવર્ણ લંબચોરસ જ હશે. આ પ્રક્રિયા આગળ ચલાવીએ અને આ રચનામાં દરેક ચોરસમાં યોગ્ય કેન્દ્ર લઈને ચોરસની બાજુ જેટલી ત્રિજ્યાનું વૃત્તખંડ બનાવીએ તો આકૃતિ-4(a)માં બતાવ્યા મુજબનો વક્ર રચાશે. આ વક્ર સુવર્ણ વક્ર તરીકે જાણીતો છે અને તે પણ કુદરતમાં અનેકવિધ જગ્યાએ જોવા મળે છે. આકૃતિ-4(a)માં બતાવેલ છે એ નોટીલસ નામના દરિયાઈ જીવના કવચનો આકાર સુવર્ણ વક્ર જેવો છે. આ જ રીતે આકૃતિ-4(b)માં બતાવેલ માનવ કાનનો આકાર પણ સુવર્ણ વક્રને મળતો આવે છે.



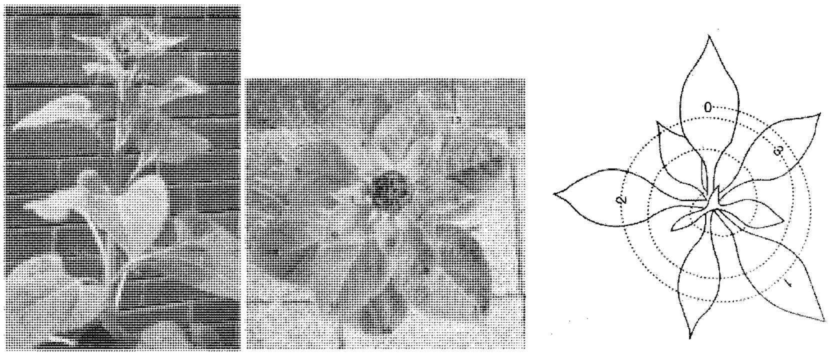
આકૃતિ-4(a)



4(b)

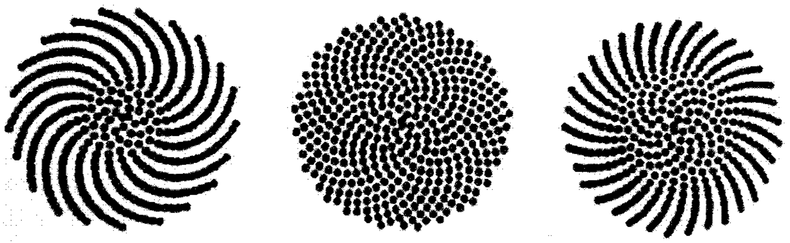
વધુમાં આપણે જાણીએ છીએ કે કેન્દ્ર પાસે વર્તુળ 360^0 જેટલો કોણ બનાવે છે. આ 360^0ના બે ભાગ એ રીતે કરીએ કે બન્ને કોણનો ગુણોત્તર સુવર્ણ ગુણોત્તર જેટલો થાય તો આ બન્નેમાંથી નાના ખૂણાનું માપ આશરે 137.5^0 થશે.

આ કોણ પણ વનસ્પતિજગતમાં વ્યાપક રીતે જોવા મળે છે. જેમ કે કોઇ છોડ વૃદ્ધિ પામે તેમ તેના થડમાંથી જુદી જુદી દિશામાં પર્ણ ઉગે છે. વધુમાં વધુ સૂર્ય પ્રકાશ મેળવવા માટેની જરૂરી શરત એ છે કે નવું ઉગતું પર્ણ પહેલેથી ઉગેલાં કોઇ પણ પર્ણની એકદમ ઉપર ન આવવું જોઇએ. આ માટે મોટેભાગે વનસ્પતિ બે ક્રમિક પર્ણ વચ્ચે 137.5^0 કે તેની નજીકનો કોણ રાખે છે. નીચેના ચિત્ર આકૃતિ-5માં એક જ વનસ્પતિના બે તરફથી લીધેલી તસ્વીરમાં આ રીતે પર્ણની ગોઠવણી જોઇ શકાય છે. આકૃતિમાં જોઇ શકાય છે કે પર્ણ 0 અને 1 વચ્ચે 137.5^0 કોણ છે તે જ રીતે પર્ણ 1 પછી એ જ ખૂણે પર્ણ 2 ઉગે છે.



આકૃતિ-5

સૂર્યમુખીના ફુલમાં બીજની ગોઠવણી પણ આ જ કોણ 137.5^0 થી થાય છે. જો આ કોણમાં થોડો પણ તફાવત હોત તો આ બીજની ગોઠવણી આટલી સરસ રીતે ના થઇ શકે જેની સમજૂતિ નીચેની આકૃતિ-6(a) પરથી મળે છે. કોમ્પ્યુટરની મદદથી 137.5^0 કોણ લઇને બીજની યોગ્ય ગોઠવણી કરતાં આકૃતિ-6(b) મળે છે. જો આ કોણની કિંમત સહેજ પણ બદલીને 137.3^0 કે 137.6^0 જેટલી કરવામાં આવે તો બીજની ગોઠવણી અનુક્રમે a અને c જેવી થાય છે. સ્પષ્ટ છે કે આ ગોઠવણીઓ b જેટલી સુઘડ અને ભરચક નથી.



આકૃતિ-6 (a) (b) (c)

વનસ્પતિ આ પ્રકારની નિશ્ચિત ગોઠવણી કઇ રીતે કરતી હશે ?! તેમાં સરસ વિજ્ઞાન સમાયેલ છે.

ફીબોનાકી શ્રેણી વિશેના અહી ચર્ચેલા ઉદાહરણો તો પાશેરમાં પહેલી પુણી જેટલાં જ છે. વાસ્તવમાં ફીબોનાકી શ્રેણી કુદરતમાં અનેકવિધ સ્થાને જોવા મળે છે જે વિશે ખુબ જ સંશોધન થયેલું છે. આપણે કહી શકીએ કે કુદરત ફીબોનાકી શ્રેણી અને સુવર્ણ ગુણોત્તર તરફ એક લગાવ ધરાવે છે, પરંતુ કુદરત તે હમેશા અનુસરણ કરે તેવો સાર્વત્રિક નિયમ નથી.

છેલ્લે નોંધીએ કે, લંબાઇના એકમ માઇલનું કિલોમીટરમાં રૂપાંતર કરતો ગુણોત્તર અચળાંક 1.609 છે જે પણ સુવર્ણ ગુણોત્તરની ખુબ નજીક છે. આથી કહી શકાય કે કોઇપણ ફીબોનાકી સંખ્યા જેટલા માઇલ આશરે તેના પછીની ફીબોનાકી સંખ્યા જેટલા કિલોમીટર થશે. એટલે કે 13 માઇલ ~ 21 કિલોમિટર અને 89 માઇલ ~ 144 કિલોમીટર.

અસ્તુ.

*****

નેનો વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજી-નવા યુગની આછેરી ઝલક

ડૉ. તરુણ આર. ત્રિવેદી
ભવન્સ કોલેજ
ડાકોર

29 ડીસેમ્બર, 1959ના રોજ અમેરીકન ફીઝીકલ સોસાયટીનાં ઉપક્રમે, અમેરિકાના પાસાડેના રાજ્યની કાલટેક યુનિવર્સિટી ખાતે આધુનિક ભૌતિકશાસ્ત્રના જગપ્રસિદ્ધ નોબેલ પારિતોષિક વિજેતા રીચાર્ડ પી. ફેયનમેને *'There's Plenty of Room at the Bottom'* સંબંધિત વ્યાખ્યાન આપ્યું. આધુનિક ભૌતિકશાસ્ત્રમાં આ પ્રસિદ્ધ વ્યાખ્યાને એક નવી જ દિશા ખોલી નાખી. તીક્ષ્ણ બુદ્ધિપ્રતિભા ધરાવતા આ પ્રખર વૈજ્ઞાનિકે પોતાની આગવી શૈલીમાં, સરળ દૃષ્ટાંતો ટાંકી કહ્યું કે પદાર્થના આંતરિક બંધારણના સ્તરે, પરમાણુઓની ગોઠવણીનું નિયમન અથવા હસ્તવિધાન (manipulation) કરવામાં આવે તો ટેકનોલોજી ક્ષેત્રે ક્રાંતિ સર્જી શકાય. પરમાણુઓની ગોઠવણીનું નિયમન અથવા હસ્તવિધાન કરવાથી સર્જાતી પડકારજનક શક્યતાઓ વિશે તેઓએ ત્યાં હાજર શ્રોતાગણને નીચે જણાવેલ પ્રશ્નો પૂછી ખળભળાવી નાંખ્યા.

- શા માટે એન્સાઇક્લોપીડીયા બ્રિટાનીકા ના 24 દળદાર ગ્રંથો, ટાંકણીની ટોચ જેટલી જગ્યામાં સમાવી (સંગ્રહિત)ન કરી શકાય ?
- શા માટે ઈલેક્ટ્રોન માઈક્રોસ્કોપને પરમાણુ સ્તરે વધુ કાર્યક્ષમ (efficient) ન બનાવી શકાય ?
- કોમ્પ્યુટરનું લઘુસ્વરૂપ (miniature form) કેમ ન સર્જી શકાય ?
- યાંત્રિક રોબોટ તરીકે સૂક્ષ્મ યંત્રને મનુષ્યનાં શરીરમાં દાખલ કરીને હૃદયનું પરિક્ષણ કરવા કેમ કાર્યરત ન કરી શકાય ?

તેમના આ સૂચક પ્રશ્નો પોતે વિચારેલ પૂર્વનિર્ધારિત ઉકેલ તરફ દોરી જતા હતા. આ બધા જ પ્રશ્નો, નામાભિધાન વગર પણ સૂક્ષ્મ એટલે કે નેનો માપન-nano scale અને સૂક્ષ્મ કદ-nano sizeનો નિર્દેશ કરતા હતા. તેમના મતે આ પ્રશ્નોના ઉકેલ પડકારજનક તેમજ જટીલ હતા, છતાં પણ તેનો ઉકેલ મેળવી શકાય તેમ હતો. વર્ષો બાદ તેમના પ્રશ્નોએ પદાર્થના પાયાના બંધારણની નવી સમજની સાથે સાથે, ટેકનોલોજીમાં ક્રાન્તિનો સંકેત આપેલ છે. પોતાનું દૃષ્ટિબિંદુ સમજાવતાં તેમણે જણાવ્યું કે જેમ આપણે પદાર્થના લઘુસ્વરૂપ (miniaturization) તરફ આગળ વધીએ છીએ તેમ આપણે તેની કદ આધારિત બંધારણીય લાક્ષણિકતાઓ (size dependent properties) જેમ કે ઉત્પ્રેરક (catalytic), વિદ્યુત રાસાયણિક (electrochemical), ગલન (melting), ચુંબકીય (magnetic) તેમજ પ્રકાશીય (optical) જેવા અનેક ગુણધર્મોમાં નોંધપાત્ર ફેરફારો જોઇ શકીએ છીએ અને તેથી જ પદાર્થની અભિરચના (new design) કંડારવાની તક મળે છે. આ તો જાણે કે પદાર્થના વામન સ્વરૂપે પોતાના જ વિરાટ સ્વરૂપને પડકારવાની શરૂઆત કરી તેમ કહેવાય. આપણે જાણીએ છીએ કે પરમાણુઓ સૂક્ષ્મ સ્તરે (micro scale), બૃહદ્ સ્તર (macro scale) કરતાં તદ્દન જુદી જ લાક્ષણિકતાઓ ધરાવે છે. સૂક્ષ્મતાના સામ્રાજ્યમાં, પદાર્થ પ્રચલિત યંત્રશાસ્ત્ર (classical mechanics)ને તરછોડી ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્રની આણ સ્વીકારે છે. પરિણામસ્વરૂપ ફક્ત 100 જેટલાં પરમાણુ ધરાવતાં 'યંત્ર'ની રચના પણ કરી શકાય છે.

ફેયનમેનનાં આ વ્યાખ્યાને વૈજ્ઞાનિકોને, તેમણે દર્શાવેલ શક્યતાઓના સંશોધનમાં વ્યસ્ત કરી દીધા. 1974માં ટોક્યો સાયન્સ યુનિવર્સિટીનાં સંશોધક પ્રો. નોરીયો તાનીગુચીએ સૌપ્રથમ વખત પોતાના સંશોધનપત્ર 'On the Basic Concepts of Nano-Technology'માં વિધિવત 'nano' શબ્દનો ઉપયોગ કર્યો, ગ્રીક ભાષામાં 'nano'નો અર્થ વામન (dwarf) થાય છે. માપનમાં આ શબ્દનો ઉપયોગ ઉપસર્ગ (prefix) તરીકે જાણીતો છે અને તે 10^{-9}નો ક્રમ દર્શાવે છે. દા.ત. 1 નેનોમીટર = 10^{-9} મીટર એટલે કે 1 મીટરનો એક અબજમો ભાગ યાને કે 1,000,000,000મો અંશ વગેરે. કદના

લઘુસર્જન તરફનો પથ આ 'nano' પદથી પ્રચલિત બની ગયો. 1981માં Scanning Tunneling Microscope (STM)નાં આવિષ્કારે સૌપ્રથમ વખત વૈજ્ઞાનિકોને દરેક પરમાણુનો વ્યક્તિગત પરિચય કેળવવાનો મોકો મળ્યો. STMની શોધથી નેનોવિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજીના અભિસરણ (convergence)ની જાણે શરૂઆત થઇ. નેનોસાયન્સમાં પથ પર આગળ વધતાં રસાયણશાસ્ત્રીઓની ટૂકડી આર.એફ.કર્લ, આર.ઇ.સ્મોલી અને એફ.ડબલ્યુ.ક્રોટો એ 1985માં કાર્બન આધારિત નેનો બંધારણ ધરાવતા પદાર્થ ફુલેરીન્સ (Fullerenes)ની શોધ કરી અને તેને બકમીનીસ્ટર ફુલેરીન્સ અથવા બકીબૉલ તરીકે ઓળખ આપી (આ સંશોધન માટે તે ટૂકડીને 1996માં નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું.)

ત્યારબાદ પ્રણાલિગત top-down અભિગમ (યાને કે સ્થૂળ પદાર્થનું વિભાજન કરી કરીને સૂક્ષ્મ સુધી પહોંચવાનો પ્રયત્ન) અથવા bottom-up અભિગમ (ઉપરનાથી ઉલટું, પરમાણુ-અણુ સ્તરેથી જોડી-જોડીને સ્થૂળ પદાર્થ રચવાનો પ્રયત્ન) જેને Self-assembly પણ કહેવાય, તેની મદદથી નેનો ઉપકરણોના સર્જનની હોડ શરૂ થઇ. બકી બૉલ્સનાં સર્જનથી મોલેક્યુલર બાયોટેકનોલોજીનો પાયો નંખાયો અને રસાયણશાસ્ત્ર તેમજ જીવશાસ્ત્રમાં સંશોધનનાં અનેક દ્વાર ખુલ્યાં. 1986માં કે. એરીક ડ્રેક્સલર નામના વૈજ્ઞાનિકનાં ‘Engines of Creation: The Coming Era of Nano technology’ પુસ્તકે વૈજ્ઞાનિક જગતમાં ખળભળાટ મચાવી દીધો. આ પુસ્તકે ‘nano machines’ની શક્યતાઓને જન્મ આપ્યો. nano machines એટલે કોમ્પ્યુટર ધરાવતું લઘુ યંત્ર જે જરૂરિયાત મુજબ પોતાની પ્રતિકૃતિ સજી શકે એટલે કે આ યંત્ર પોતે જ 'assembler' તરીકે કાર્ય કરે. ઍરિક ડ્રેક્સલરના આ પુસ્તકે અનેક વિવાદો સર્જવા ઉપરાંત આવનારી ટેકનોલોજીની છડી પણ પોકારી. તેમના આ પુસ્તક પછી ‘nano’ ઉપસર્ગ ધરાવતા શબ્દો જેવા કે nanoscience, nano technology, nanoscale, nanomachines, nanotubes, nanofibres, nanocomputers વગેરે વધારે પરિચિત બન્યા.

1986માં IBMની પ્રયોગશાળામાં સૌપ્રથમ વખત AFM (Atomic Force Microscope)નું નિર્માણ થયું અને નેનોસ્તરને તાદશ્ય કરવું વધુ સરળ બન્યું. 1990માં જાપાનનાં સુમીઓ ઇજીમાએ NEC (Nippon Electric Corporation, Japan) ખાતે CNT (Carbon Nanotubes)નું સર્જન કર્યું. CNTનાં ગુણધર્મોએ વીજાણુશાસ્ત્ર, તબીબીશાસ્ત્ર તેમજ રસાયણશાસ્ત્રમાં તેનો વ્યાપક સ્વરૂપે ઉપયોગ થઇ શકે છે તેમ દર્શાવ્યું. '90ના અંતિમ દાયકામાં nanotechnologyનો વ્યાપક ઉપયોગ પશ્ચિમના દેશોમાં consumer products જેવી કે cosmetics, sunscreen lotions, કાપડ વગેરેમાં શરૂ થયો. 21મી સદીના પ્રારંભમાં ષટ્કોણીય કાર્બન પરમાણુ બંધારણ ધરાવતા ‘Graphene’પટલનું સર્જન, લઘુસર્જનની ક્ષમતા માટે સીમાસ્તંભ પુરવાર થયું. ગ્રાફીન યાને ફક્ત 1 પરમાણુની જાડાઇ ધરાવતી thin filmનું સર્જન એન્ડ્રી ગેઇન અને કોન્સ્ટેન્ટીન નોવેસ્લોવ નામના વૈજ્ઞાનિકોએ કર્યું અને તેથી 2010માં તેઓને આ સર્જન માટે નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું. હાલ 21મી સદીમાં નેનોસાયન્સ-નેનોટેકનોલોજી નીચે દર્શાવેલ ક્ષેત્રોમાં ડોકાઇ રહેલ છે :

- કપડાં પરના ડાઘનો પ્રતિકાર કરી શકે તેવું stain resistant કાપડ જે 'nanowhiskers' તરીકે ઓળખાય છે તે શક્ય બનશે. આ કાપડને ડાઘ ઓછા પડે છે અને તેથી સફાઇમાં પાણીનો વપરાશ ઘટે છે.
- સામાન્ય વપરાશમાં ઉપયોગ કરાતા સોલર સેલ કરતાં TiO_2નાં nanoparticlesથી સંમિશ્રિત સોલર સેલ વધુ કાર્યક્ષમ તથા ઓછા ખર્ચાળ હશે, અને બહોળા ઉપયોગમાં આવશે તેમ જણાય છે.
- nano lithographyનો ઉપયોગ microchips કંડારવા માટે થાય છે.
- નેનોટ્યુબ્સ અને બકીબોલનો ઉપયોગ targeted drug delivery system તરીકે થઇ શકે.
- ZnO અને TiO_2નાં nano particlesથી બનેલા sunscreen lotions પારજાંબલી UV કિરણોથી રક્ષણ આપી ત્વચાને કેન્સર જેવા રોગોથી બચાવે છે.
- CdS જેવા અર્ધવાહકોથી બનતાં Quantum-dots પર આધારિત ઉપકરણોની મદદથી માનવ-શરીરમાં થતી ગાંઠ (tumor) શોધી કાઢવાનું શક્ય બનશે.

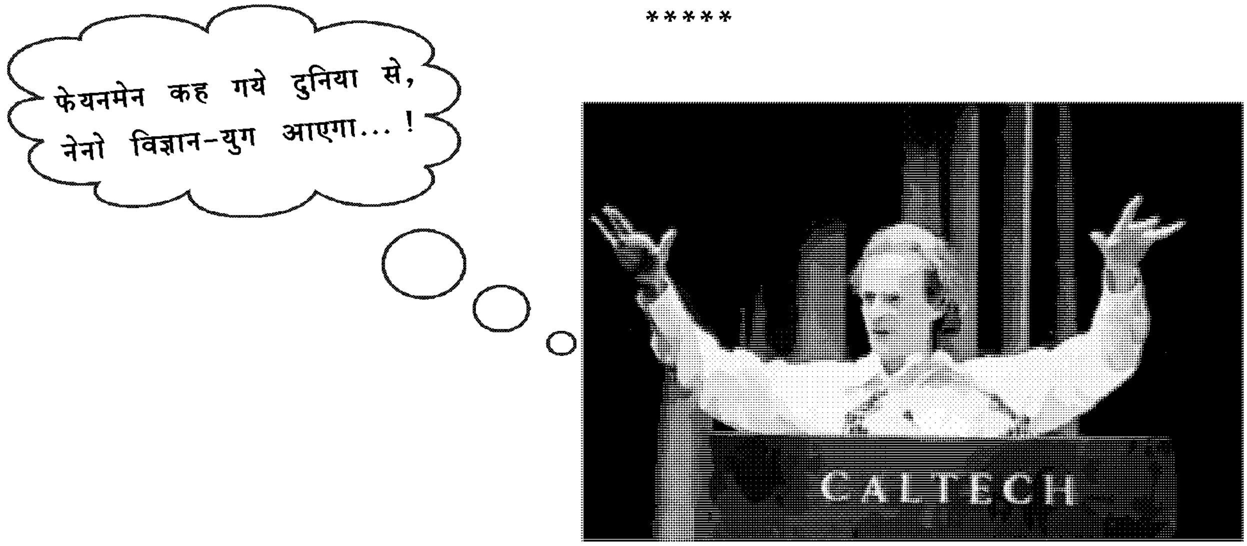
નેનોસાયન્સનું એક મહત્વનું યોગદાન હવે પર્યાવરણ ક્ષેત્રે પણ નોંધાયું છે. ચીનનાં શાંઘાઇ શહેરથી 100 કીમી દૂર ‘લેઇક તાઇ’ નામનું પ્રખ્યાત પર્યટન સ્થળ આવેલ છે. સતત પ્રવાસીઓથી ધમધમતા આ સ્થળને 2007માં પ્રદુષણની ઝેરી

નજર લાગી ગઇ. આ અત્યંત મનોરમ્ય તળાવનું સ્વચ્છ પાણી પ્રદુષણને કારણે પ્રસ્ફૂરિત લીલા રંગમાં ફેરવાઇ ગયું અને તેમાંથી અત્યંત દુર્ગંધ ફેલાવા લાગી. એક સમયનું અત્યંત સુંદર પર્યટન સ્થળ ભેંકાર થઇ ગયું. બેજીંગ યુનિવર્સિટીના વૈજ્ઞાનિકોએ આ સમસ્યા તરફ પોતાનું ધ્યાન કેન્દ્રિત કરતાં જણાયું કે આ તળાવની પાણીની સપાટી પર અત્યંત ઝેરી સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ (Harmful Algal Bloom) છવાયેલાં છે. તેને આપણે ‘લીલ’ (algae) તરીકે પણ ઓળખીએ છીએ. આ ઝેરી જીવાણુઓને કારણે તળાવનાં પાણીને 'Oxygen'ની ઊણપ પડવા લાગી. તેથી માત્ર તળાવનું પાણી જ નહીં પરંતુ આજુબાજુનું સમગ્ર પર્યાવરણ-તંત્ર પણ પ્રદુષિત થયું અને તેથી આ મોટો વિસ્તાર નર્ક સમાન બની ગયો. તે વૈજ્ઞાનિકોએ નોંધ્યું કે તળાવના પાણીને Oxygen પુનઃપ્રાપ્ત થાય તે માટે તેની સપાટી પર રહેલા ઝેરી સૂક્ષ્મ જીવાણુઓને દૂર કરવાં પડે. Oxygen વાયુને તળાવના પાણીમાં દાખલ કરવા ઉપલબ્ધ બધી જ પદ્ધતિઓ ખર્ચાળ તેમજ Oxygenનો વ્યય કરનારી સાબીત થઇ. આથી તેમણે 'imposibubbles'નું લાડકું નામ ધરાવતા nanobubblesનું સર્જન કર્યું. તળાવની નજીક આવેલી ચીકણી માટીને ઠંડા પાણીમાં રાખી 'Oxygen'નાં પરપોટાઓ (bubbles)થી સંતૃપ્ત કરવામાં આવે તો 10 nanometer વ્યાસ ધરાવતા માટી સંમિશ્રિત 'nanobubbles' સર્જાય છે અને જો આ nanobubblesનો તળાવના પાણી પર છંટકાવ કરવામાં આવે તો ગણત્રીની મીનીટોમાં જ પાણીની સપાટી પર રહેલા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ, તળાવના તળિયે ધકેલાઇ જાય છે. તેથી પાણીને 'Oxygen'નો પુરવઠો, વાતાવરણમાંથી પુનઃ પ્રાપ્ત થાય છે, અને તે પાણી પાછું નિર્મળ અને સ્વચ્છ થઇ જાય છે. આમ નેનો-સાયન્સથી સર્જાયેલા આ 'nanobubbles'નું સૈન્ય, પર્યાવરણ અને સમગ્ર જીવજગતને સુરક્ષિત રાખવામાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. ઉપરોક્ત કિસ્સામાં લગભગ અડધા કલાકમાં આ તળાવનો વિસ્તાર 'nanobubbles'નાં સૈન્યએ વાળી-ઝુડીને સાફ કરી નાખ્યો !! આ પ્રયોગમાં લગભગ ચાર મહિના પછી તેમાં પાણીજન્ય વનસ્પતિ પણ ફરીથી વધવા માંડી અને પાણીની ગુણવત્તામાં પણ વધારો થયો. આપણા દેશમાં તો લાખો તળાવો, માનવીની અક્ષમ્ય બેદરકારીને કારણે પ્રદુષિત થયેલાં છે. ફક્ત નજીવી નાણાંકીય ઉપલબ્ધિ અને ઉપર દર્શાવેલ નેનોટેકનોલોજીનો ઉપયોગ, તળાવોને જરૂર ચેતનવંતા કરી શકે તેમ છે. નેનોવિજ્ઞાન અને નેનો ટેકનોલોજી અનેક શક્યતાઓથી ભરપુર છે.

સન 1850માં માઇકલ ફેરેડેએ સોનાના સૂક્ષ્મ કણોથી બનેલ કલીલ (colloidal) દ્રાવણનો અભ્યાસ કરેલો. તેમણે તારવ્યું કે સોનાના કલીલ દ્રાવણનો રંગ તેના કણોના કદ પર આધાર રાખે છે. ફેરેડેએ કરેલ ઉક્ત પ્રયોગની રંગીન સચિત્ર ઝાંખી આ અંકનાં છેલ્લાં ટાઇટલ પેજ પર મુકેલ છે.

‘રામચંદ્ર કહ ગયે સિયાસે.....’ની સારા અર્થમાં યાદ અપાવતા હોય તેમ રીચાર્ડ ફેયનમેન 1959માં ‘ઐસા વિજ્ઞાનયુગ આયેગા...’ એવું કંઇક કહી ગયા. આજે તેઓની કલ્પનાથી પણ વિશેષપણે નેનોસાયન્સ ઝડપભેર આગળ વધી રહ્યું છે. તેમ આપણે સ્વીકારવું પડે, અને સાથે સાથે આ ટેકનોલોજીની સંભવિત આડઅસરોનો પણ અભ્યાસ કરવો પડે.

*****



IAPT RC-7 (ગુજરાત)ની પ્રવૃત્તિઓનો અહેવાલ

(સંકલિત)

IAPTની ગુજરાત રીજીયોનલ કાઉન્સીલ દ્વારા વર્ષ 2011-12 દરમ્યાન કરવામાં આવેલ વિવિધ પ્રવૃત્તિઓનો ટૂંકો અહેવાલ નીચે મુજબ છે.

તા. 24 જુલાઇ 2011ના રોજ સાયંસ સીટી ખાતે આપણી RC દ્વારા એક દિવસીય કાર્યક્રમ યોજવામાં આવ્યો, જેમાં 'Computers in Physics Lab' વિષય પર કાર્યશિબિર યોજવામાં આવ્યો. તેમાં ભાવનગર યુનિવર્સિટીના પ્રો. એસ.પી. ભટ્ટનાગરે, પ્રો. એમ. જે. ચાવડા (આર.જી. શાહ, સાયંસ કોલેજ, અમદાવાદ)ની સાથે મળીને એક લેબ-કીટનું નિદર્શન કર્યું. આ કીટ જેનું નામ 'expEyes' છે, તેની વિગતો વેબસાઇટ www.expeyes.in પરથી મળી શકશે. તે અંતર્ગત કમ્પ્યૂટર-પ્રયોગોમાં નીચે મુજબનાં પ્રાયોગિક નિદર્શન કરવામાં આવ્યાં, આર.સી. સર્કીટની વિગતો, ડી.સી. મોટર કન્ટ્રોલર, પીઝો ઇલેક્ટ્રીક બઝરનાં પ્રયોગો તથા ટ્રાન્સીસ્ટરના પ્રયોગો.

વધુમાં તે દિવસે અને તે જ સ્થળે RC-7ની વાર્ષિક સામાન્ય સભા, રીજીયોનલ પ્રેસિડેન્ટ પ્રો. કે. એન. ઐયરનાં અધ્યક્ષસ્થાને મળી. અગાઉ રાજકોટ ખાતે યોજાયેલ IAPT Conventionનો સચિત્ર અહેવાલ ડૉ. જે. એ. ભાલોડિયાએ આપ્યો, જ્યારે નાણાંકીય અહેવાલ ડૉ. ટી.સી. પંડ્યાએ રજૂ કર્યો. વધુમાં 'પ્રગામી તરંગ' વાર્ષિક પ્રકાશન અંગે પણ ચર્ચા વિચારણા થઇ. ત્યારબાદ ઓક્ટોબર 2011 દરમ્યાન IAPTનું ત્રિ-દિવસીય વાર્ષિક Convention જયપુર ખાતે યોજાયું, જેમાં આપણી RC તરફથી આશરે 12 જેટલા આજીવન સભ્યોએ સક્રિય ભાગ લીધો. આ વાર્ષિક કાર્યક્રમમાં દર વર્ષની જેમ Experiments in Physics અને Computers in Physicsની બે અલગ સ્પર્ધાઓ યોજવામાં આવી. આનંદની વાત એ છે કે, ગુજરાતમાંથી ત્યાં ભાગ લેનાર ઘણા ખરા અધ્યાપકોને તેમાં કોઇને કોઇ ઇનામ પ્રાપ્ત થયું હતું.

વિશેષમાં જયપુર Conventionના ઉદ્‌ઘાટન પ્રસંગે ગયા વર્ષનાં 'પ્રગામી તરંગ' Vol. III-2011નું વિમોચન કરવામાં આવ્યું. આ કાર્યક્રમનાં છેલ્લે દિવસે IAPTની રાષ્ટ્રીય નિબંધ સ્પર્ધાના વિજેતાઓને IAPTના પ્રમુખશ્રી તથા અન્ય મહાનુભાવોના હસ્તે ઇનામો અર્પણ કરવામાં આવ્યાં, તેમાં પણ ગુજરાત (સુરતના) ડૉ. પૃથુલ દેસાઇ ઇનામ વિજેતા બન્યા હતા. આમ, જયપુર વાર્ષિક સંમેલનમાં ગુજરાત RCનો દબદબો જોવા મળ્યો.

ફેબ્રુઆરી 2012 દરમ્યાન રાષ્ટ્રીય વિજ્ઞાન દિન નિમિત્તે આપણી RC દ્વારા પ્રાયોજિત 2 દિવસનો એક કાર્યક્રમ, સર પી.ટી. સાયંસ કોલેજ, મોડાસા ખાતે યોજવામાં આવ્યો, જેમાં પ્રો. ગિરીશ એલ. વેકરીયા, ડૉ. જગદીશ પ્રજાપતિ, ડૉ. રાજેન્દ્ર સિંહ પરમાર અને અન્ય અધ્યાપકોએ મળીને એક સફળ વિદ્યાકીય આયોજન કરી બતાવ્યું. મોડાસા ખાતે પ્રો. કે. એન. જોષીપુરા અને ડૉ. જે. જે. રાવલ મુખ્ય વક્તાઓ હતા. તે ઉપરાંત સ્થાનિક શાળા-કોલેજોના વિદ્યાર્થીઓએ ખૂબ ઉત્સાહભેર એક વિજ્ઞાન પ્રદર્શન અને પ્રયોગ નિદર્શન ગોઠવેલ. ખગોળશાસ્ત્રી જે. જે. રાવલની ટીમે એક રાત્રે આકાશ દર્શન કરાવ્યું, જેમાં વહેલી સવાર સુધી વિદ્યાર્થી ભાઇ-બહેનોએ ઉત્સાહભેર ભાગ લીધો.

ગુજરાત રાજ્યની શાળા-કોલેજોનાં વિદ્યાર્થીઓમાં વૈજ્ઞાનિક કલ્પનાશક્તિ ખીલે તે હેતુથી એક નિબંધ લેખન સ્પર્ધા યોજવામાં આવી, જેમાં એક ખૂબ રસપ્રદ વિષય આપવામાં આવ્યો હતો.... "If I were to see 'Lunar' Eclipse From the Moon itself....!!!" આ સ્પર્ધાના નિર્ણાયકો, પ્રો. હરિઓમ વત્સ (પી.આર.એલ.) અને પ્રો. જે. એન. દેસાઇએ પણ સ્પર્ધાના કલ્પનાશીલ વિષય પ્રત્યે આનંદ વ્યક્ત કર્યો હતો. સ્પર્ધાના વિજેતાઓનો ઉલ્લેખ આ અંકમાં તે જ વિષય પરના ગુજરાતી લેખમાં કરવામાં આવેલ છે.

સ્નાતક કક્ષાએ પ્લાઝ્મા ભૌતિક-વિજ્ઞાનમાં શિક્ષણ વિશે બે દિવસનો કાર્યશિબિર, કે.કે. શાહ જરોદવાલા મણીનગર સાયંસ કોલેજમાં ગોઠવવામાં આવ્યો. ગુજકોસ્ટ-ગાંધીનગરની સહાયથી યોજવામાં આવેલ આ કાર્યક્રમમાં ઈન્સ્ટીટ્યુટ ફોર પ્લાઝ્મા રીસર્ચ (IPR, ગાંધીનગર) તેમજ INSA અને GSAનો સહકાર મળ્યો અને તેમાં ગુજરાતભરનાં આશરે 30 જેટલા કોલેજના અધ્યાપકોએ ભાગ લીધો. કાર્યશિબિરનું મુખ્ય વક્તવ્ય પ્રો. અભિજીત સેનએ આપ્યું અને IPRનાં વિજ્ઞાનીઓએ તજ્જ્ઞ સેવાઓ આપી; તેઓએ ઓછી કિંમતના સાધનોથી કરી શકાય તેવા પ્લાઝ્મા ફિઝીક્સના પ્રયોગોની જાણકારી આપી.

વર્ષના અંત ભાગે માર્ચ 30-31, 2012 દરમ્યાન બેંગલોર ખાતે મળેલ IAPTની EC મીટીંગમાં આપણા પ્રમુખશ્રી પ્રો. કે. એન. ઐયર તેમજ પ્રો. કે. એન. જોષીપુરાએ સામેલ થઈને કાર્યવાહીમાં સક્રિય ભાગ લીધો. આ બેઠકમાં નિબંધ સ્પર્ધાને પણ IAPTની વાર્ષિક રાષ્ટ્રીય સ્પર્ધા તરીકે સ્થાન આપવામાં આવ્યું. આમ, હવેથી દર વર્ષે રાષ્ટ્રીય કક્ષાએ શિક્ષકો-અધ્યાપકો માટે નીચે મુજબ ત્રણ સ્પર્ધાઓ યોજાશે;

1) National Competition for Innovative Experiments in Physics (NCIEP)

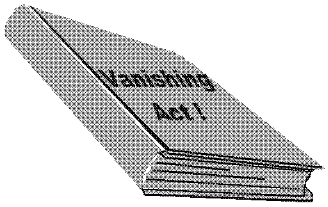
2) National Competition on Innovation In Computer for Physics (NCICP)

3) National Competition on Essay Writing in Physics (NCEWP)

*****

IAPT RC-7ના હાલના હોદ્દેદારોની મુદત તા. 31 ડિસેમ્બર 2012એ પુરી થાય છે; તો સાંપ્રત પ્રમુખશ્રી તથા તેઓની ટીમને આભારસહ શુભેચ્છાઓ !

આગામી ટીમ, જે 01 જાન્યુઆરી 2013થી કાર્યરત બનશે, તેને આવકારસહ શુભેચ્છાઓ.



'Vanishing Act ! A dialogue on modern science'

લેખક : પ્રો. યશવન્ત આર. વાઘમારે

પ્રકાશક : Authors Press, Delhi - 110092

પાના : 86, કિંમત રૂા. 250/-

આ પુસ્તકના લેખક પ્રો. વાઘમારે એક પ્રકાંડ ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્રી છે અને તેઓ આઇ.આઇ.ટી. કાનપુરમાં પ્રોફેસર તેમજ ડીન રહી ચૂકેલ છે. ઉપરોક્ત પુસ્તક ગુરૂ-શિષ્ય સંવાદના ઢાંચામાં ઢાળવામાં આવ્યું છે, અને તેથી એ સ્વાભાવિક લાગે છે. પુસ્તકના શિક્ષક કે ગુરૂ હકીકતે લેખક પોતે છે, અને તેઓને જુદાં જુદાં સ્થળ-કાળ પર વિદ્યાર્થીઓએ પૂછેલા પ્રશ્નોમાંથી અને તેમાં થયેલ ચર્ચાઓમાંથી આ પુસ્તક રચાયેલ છે. પુસ્તકની પ્રસ્તાવનામાં લેખકે કહેલ એક વાત સૌને સ્પર્શી જાય તેવી છે. તેઓ કહે છે કે 'જેમ પૃથ્વી પર જીવનો ઉદ્‌ભવ થયો એ એક શકવર્તી ઘટના હતી, કંઇક તેમજ વીસમી સદીમાં બે વિજ્ઞાનીઓના મગજમાં સાપેક્ષવાદ અને ક્વોન્ટમવાદનો થયેલો ઉદ્‌ભવ એ પણ માનવજાતના ઇતિહાસની એક શકવર્તી ઘટના હતી. દસ પ્રકરણોનું પુસ્તક 'Vanishing Act...' આધુનિક વિજ્ઞાનના પાયામાં રહેલ ક્વોન્ટમ સિદ્ધાંતોના વિવિધ પાસા સમજાવે છે અને પ્રકરણ-9માં સાપેક્ષવાદના સિદ્ધાંતોનો પરિચય કરાવે છે. પુસ્તકનું શીર્ષક એ ગુમ થવાની કોઇ જાદુઇ તરકીબનો નિર્દેશ કરે છે અને તેનું વૈજ્ઞાનિક સ્વરૂપ છે, Quantum Teleportation કે જેનો અછડતો ઉલ્લેખ છેલ્લે પ્રકરણ-10માં કરવામાં આવ્યો છે.

શું મહત્ત્વ છે ક્વોન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદનું ?-આ પ્રશ્ન ભૌતિક વિજ્ઞાનના દરેક શિક્ષકે વિદ્યાર્થીઓ સાથે ચર્ચવો જોઇએ. આજના યુગમાં અર્ધવાહકો, લેસર, કમ્પ્યૂટર વગેરેમાં જે પ્રગતિ થઇ છે તેમાં ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સે પાયાની ભૂમિકા ભજવી છે. સાપેક્ષવાદે $E= mc^2$ સમીકરણ આપ્યું ત્યારબાદ ન્યુક્લિયર ફિઝીક્સ અને ટેકનોલૉજીમાં અનેક સિદ્ધિઓ હાંસલ કરી શકાઇ છે. પુસ્તકના પ્રથમ પ્રકરણમાં ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓ એરિસ્ટોટલ, પ્લેટો વગેરેની વૈજ્ઞાનિક ફિલોસોફીનો તથા ઇ.પૂ. પાંચમી સદીના ભારતના ઋષિ કણાદની પરમાણુ અંગેની કલ્પનાનો ખ્યાલ આપવામાં આવ્યો છે. ભૌતિકશાસ્ત્રની એક સ્વતંત્ર વિજ્ઞાન તરીકે શરૂઆત ગેલીલિયો, કેપ્લર અને મુખ્યત્વે ન્યૂટનના સમયથી થયેલી ગણાય. તે સમયની ઐતિહાસિક ઘટનાઓ તેમજ વિજ્ઞાનીઓના જીવનની ખાટી-મીઠીના ઉલ્લેખ દ્વારા વિષયની રજૂઆત રસપ્રદ બનાવવામાં આવેલ છે. 1696ના અરસામાં ન્યૂટને પ્રસિદ્ધ Brachistochrone problem (કોયડા)નો છૂપા નામથી ઉકેલ આપેલો તેનો પણ ઉલ્લેખ કરી શકાયો હોત.

17મી-18મી સદીના ગાળામાં જ્ઞાનના સાગરમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનનું વહાણ સડસડાટ વહેવા લાગ્યું હતું. ફેરેડે અને ત્યારબાદ મેક્સવેલના પ્રદાનથી 19મી સદીના અંત ભાગે વીજચુંબકીયવાદ સ્થપાયો અને આજની સંચાર (Communication) ટેકનોલૉજી તેના પર આધારિત છે. પરંતુ 19મી સદીના છેલ્લા દશકા દરમિયાન ભૌતિકશાસ્ત્રનું વહાણ અજાણ્યા ખડકો સાથે ટકરાવા લાગ્યું ! Classical Physicsની નિષ્ફળતાઓ અને તેમાંથી પ્રગટ થયેલ નવી સંકલ્પનાઓનો નિર્દેશ કરીને પુસ્તકના શિક્ષક તેઓના વિદ્યાર્થીઓને Physicsને Express High Way પર Quantum Physics તરફ દોરી જાય છે. આજથી સોએક વર્ષ પૂર્વે નીલ્સ બોહ્‌રે હાઇડ્રોજન પરમાણુના ઇલેક્ટ્રોનના કોણીય વેગમાન તથા ઊર્જાનું ક્વોન્ટમીકરણ (Quantization) કર્યું. શ્રોડિન્જરે તેના નામથી હવે જાણીતું થયેલ એક પાયાનું સમીકરણ આપ્યું અને ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સનો પ્રારંભ થયો. ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સ આપણી સામાન્ય બુદ્ધિ ખાસ કાંઇ કળી ન શકે તેવું છે. આ પુસ્તકની જ્ઞાનયાત્રામાં મુખ્યત્વે ધ્યાન તે વિષય પર આપવામાં આવેલ છે. ક્વોન્ટમ રથના ચાર પૈડાં છે, અનિશ્ચિતતા સિદ્ધાંત (Uncertainty Principle), અધ્યારોપણ/ સંપાતીપણાનો સિદ્ધાંત (Superposition Principle), પરસ્પર પુરકતા (Complementarity Principle), અને આનુષંગિકતા

સિદ્ધાંત (Correspondence Principle). લેખકે સંવાદો દ્વારા આ બાબતોને સરળ બનાવવા પ્રયત્ન કર્યો છે, છતાં પણ તે કઠિન લાગવા સંભવ છે. ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સના એક પાયા સમાન સંપાતીપણાનો દાખલો આપતાં લેખક કહે છે કે, માનવીનું મન પણ કોઇ એક સમયે અનેક વિચારોની અવસ્થાઓમાં રહેલ હોય છે. વળી, આપણને સ્વપ્ન આવે છે ત્યારે કેવી અવનવી જુદા જુદા સ્થળ-કાળની ઘટનાઓ એકમેકમાં ભળીને એક વિશિષ્ટ કલ્પના-ચિત્ર ખડું કરે છે !?

સાપેક્ષવાદના ખ્યાલો, કોઇ પદાર્થ ખૂબ ઝડપથી ગતિ કરતો હોય એટલે કે $\frac{v}{c}$ ગુણોત્તર 1ની નજીક હોય $\left(\frac{v}{c} \lesssim 1\right)$ તેવા સંજોગોમાં અસરકારક બને છે. અત્રે ‘c’ એ પ્રકાશની શૂન્યાવકાશમાં ઝડપ છે કે જે એક વૈશ્વિક અચળાંક છે. આ અંગેની સમજૂતી આપીને લેખકે ક્વોન્ટમ ગતિશાસ્ત્ર અને સાપેક્ષવાદના સંબંધનો પણ ઉલ્લેખ કર્યો છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના આવા અટપટા સિદ્ધાંતોની સમજણ આપવાની સાથોસાથ એ સૈદ્ધાંતિક જ્ઞાનમાંથી જે જુદી જુદી ટેકનોલૉજી વિકસેલ છે તેની પણ વાત પુસ્તકમાં કહેવામાં આવી છે. પુસ્તકનો વિષય ગહન તો છે જ પણ તેની ગૂઢતામાં વધારો કરે તેવો મુદ્દો છે, Mind-Matter Interaction યાને કે ચિત્ત અને દ્રવ્યની આંતરક્રિયા !! આ બાબત આપણને ભૌતિકશાસ્ત્રની બહાર માનસશાસ્ત્ર (psychology) અને ફિલોસોફીના ક્ષેત્રોમાં લઇ જાય છે.

‘Vanishing Act...’ પુસ્તક દ્વારા વાસ્તવિક દુનિયામાંથી ગૂમ થઇ જઇને ભૌતિકવિજ્ઞાનના અદ્‌ભુત કાલ્પનિક અવકાશમાં વિહરવું હોય તો પુસ્તકના પ્રકરણો મુજબ ખરેખર વાતચીત-સંવાદનું આયોજન વર્ગખંડમાં થવું જોઇએ.

શિક્ષક મિત્રો એ પ્રયોગ કરી જોજો... મજા પડશે !!!

- પ્રો. કમલનયન ન. જોષીપુરા

*****

☺ હળવી પળોમાં ☺

કહ્યું કાંઈક ને સમજ્યું/સાંભળ્યું કશુંક !! — *Communication Confusion !*

Nothing is more important in dealing with people than Communication, the exchange of ideas between two or more people by verbal or written means. A certain word has a certain meaning to you, but it might have an entirely different meaning to somebody else. Also, the assumptions you make when you state something may be different from the assumptions another person makes. Here is a classic example of distortion in communication because of misinterpretation of words and meanings.

From : Managing Director **To : Production Director**

"Tomorrow morning there will be a total eclipse of the Sun at nine O'clock. This is something which we cannot see happen every day, so let the work force line up outside, in their best clothes, to watch it, to mark the occasion of this rare occurrence. I will personally explain the phenomenon to them. If it is raining, we shall not be able to see it very well and in that case the work force should assemble in the canteen."

From : Production Director **To : Production Manager**

"By order of the Managing Director, there will be a total eclipse of the Sun at nine O'clock tomorrow morning. If it is raining, we shall not be able to see it very well on site, in our best clothes. In that case, the disappearance of the Sun will be followed through in the canteen. This is something that we cannot see happen every day."

From : Production Manager **To : Departmental Manager**

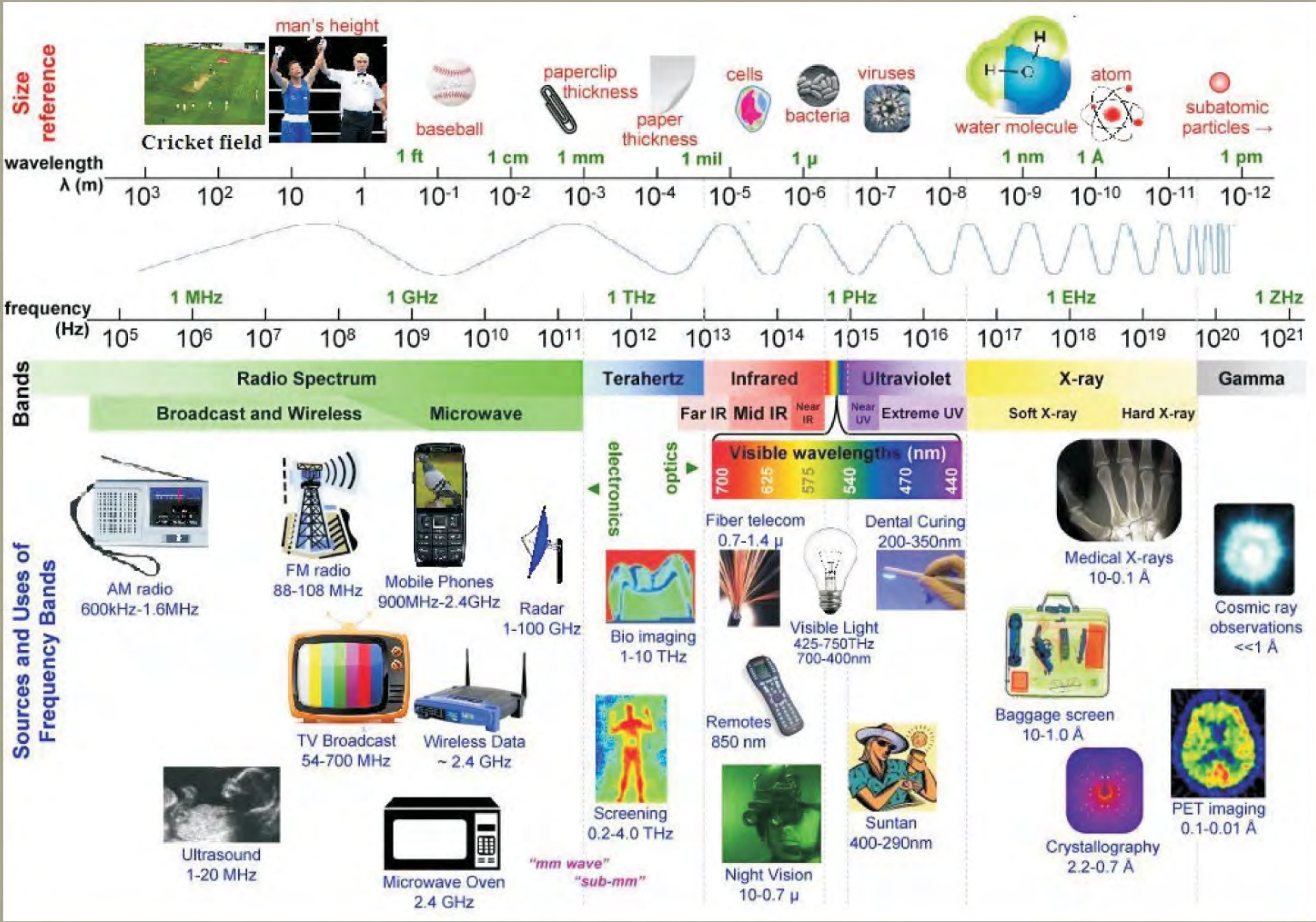
"By order of the Managing Director, we shall follow through, in our best clothes, the disappearance of the Sun in the canteen tomorrow at nine O'clock. The Managing Director will tell us whether it is going to rain. This is something which we cannot see happen every day."

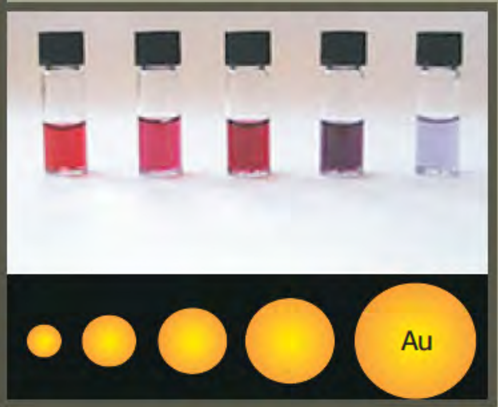
From : Departmental Manager **To : Foreman**

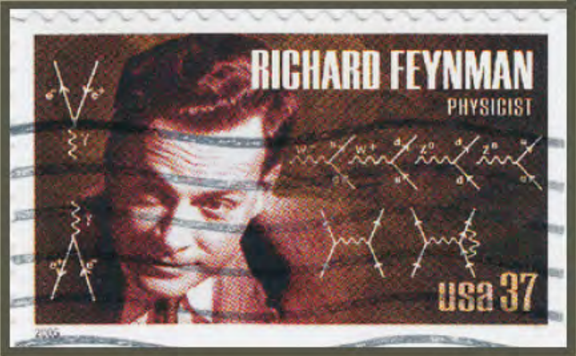
"If it is raining in the canteen tomorrow morning, which is something that we cannot see happen every day, the Managing director in his best clothes, will disappear at nine O'clock.

From : Foreman **To : All operatives**

"Tomorrow morning at nine O'clock the Managing Director will disappear, it is a pity that we cannot see this happen every day." !!!


Size reference
Cricket field
man's height
baseball
paperclip thickness
paper thickness
cells
bacteria
viruses
water molecule
atom
subatomic particles →
1 ft
1 cm
1 mm
1 mil
1 μ
1 nm
1 Å
1 pm
wavelength λ (m)
10^3 10^2 10 1 10^-1 10^-2 10^-3 10^-4 10^-5 10^-6 10^-7 10^-8 10^-9 10^-10 10^-11 10^-12
1 MHz
1 GHz
1 THz
1 PHz
1 EHz
1 ZHz
frequency (Hz)
10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^10 10^11 10^12 10^13 10^14 10^15 10^16 10^17 10^18 10^19 10^20 10^21
Bands
Radio Spectrum
Broadcast and Wireless
Microwave
Terahertz
Infrared
Far IR
Mid IR
Near IR
Ultraviolet
Near UV
Extreme UV
X-ray
Soft X-ray
Hard X-ray
Gamma
Visible wavelengths (nm)
700 625 575 540 470 440
electronics
optics
Sources and Uses of Frequency Bands
AM radio
600kHz-1.6MHz
FM radio
88-108 MHz
Mobile Phones
900MHz-2.4GHz
Radar
1-100 GHz
TV Broadcast
54-700 MHz
Wireless Data
~ 2.4 GHz
Ultrasound
1-20 MHz
Microwave Oven
2.4 GHz
"mm wave"
"sub-mm"
Bio imaging
1-10 THz
Screening
0.2-4.0 THz
Fiber telecom
0.7-1.4 μ
Visible Light
425-750THz
700-400nm
Remotes
850 nm
Night Vision
10-0.7 μ
Dental Curing
200-350nm
Suntan
400-290nm
Medical X-rays
10-0.1 Å
Baggage screen
10-1.0 Å
Crystallography
2.2-0.7 Å
Cosmic ray observations
<<1 Å
PET imaging
0.1-0.01 Å





A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

Jay Graphics @ 94293 28886, 98247 99105