પ્રગામી તરંગ - 2010

Progressive wave . . .

(Articles on Physics in Gujarati)

A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

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

Executive Committee

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

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

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

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

Ex-officio Members

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

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

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

Regional EC REC members

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

Dr. P. Aravindakshan
Christ College,
Rajkot

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

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

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

Dr. Pruthul Desai
Science College,
Surat

Co-opted member

Dr. Madhuben Shah (Retd)
Vadodara

Jayanti S. Ravi IAS
Commissioner

Office of the Commissioner
Higher Education
Block No. 12, 2nd, Floor,
Dr. Jivraj Mehta Bhavan,
Gandhinagar-382 010.
Gujarat, India.
Phone : 91-79-23254000
Fax : 91-79-23252240
E-mail : commi-highedu@gujarat.gov.in

20.9.2010

MESSAGE

It is a matter of great pleasure to know that Second Issue of **PRAGAMI TARANG** is being brought out. It is a collection of assorted articles on different areas of PHYSICS brought out by IAPT RC-7 Gujarat Regional Council in Gujarati Language. Teachers get articles in latest frontline areas of physics from eminent scholars and students get good subject articles in Gujarati which they can easily understand.

Students of the remotest villages in Gujarat State would also benefit from this. It is very timely and pertinent to our national 11th plan which aims at inclusive growth and expansion of higher education.

A well known National Organization having Regional Councils, a body of more than 5000 College & University teachers as life members active for more than 25 years conducting National Level Exams leading to National and International Science Olympiads in Physics, Chemistry, Biology, Astronomy for past many years.

My Best Wishes to the function and special appreciation to the organizers and the participants of the Convention.

(Jayanti S. Ravi)

Prof. K.N. Joshipura
Head, Department of Physics
Sardar Patel University
Vallabh Vidyanagar 388 120

અનુક્રમણિકા	પાન નં.

➢ From the editors... 1

ઈન્ડિઅન એસોસીએશન ઑફ ફીઝીક્સ ટીચર્સના 25 વર્ષની-રજત જયંતિની-પ્રગતિ 3

શ્રી એ. પી. મહેતા

ચંદ્રનું અન્વેષણ તથા ભારતનું ચંદ્રયાન અભિયાન 7

ડૉ. તુષાર સી. પંડ્યા

ભૌતિકશાસ્ત્રની કેટલીક યુગપરિવર્તક શોધો 10

ડૉ. શકુન્તલા નેને

'થોર' નો પડકાર 13

અનુવાદ : પ્રો. ગીરીશ વેકરીયા

વિદ્યાર્થીઓના પ્રેરણાસ્ત્રોત - ડૉ. સી. વી. રામન 19

➢ ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય

વિદ્યાર્થીઓના લેખો 22

બ્લેક હોલ - શીતુ વી. મોહન, બ્લેક બોક્સ શું છે ? - તૃપ્તિ એમ. આંબલિયા

સભાગૃહોનું ધ્વનિશાસ્ત્ર 24

શ્રી મુકેશ એસ. ભટ્ટ

Photonics - પ્રકાશની ઝડપે પ્રકાશની પ્રગતિ 27

ડૉ. તરૂણ આર. ત્રિવેદી

આપણી સૂર્યમાળા બહારની દુનિયાઓ : સૌરોત્તર ગ્રહો 29

શ્રી વિશાલ એચ. જોષી

➤ ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનની પ્રારંભિક શોધખોળોનો રોમાંચક ઈતિહાસ 33

ડૉ. દિલીપ પી. આહલપરા અને પ્રો. સુધીર પ્ર. પંડ્યા

ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાની ડૉ. મધુકર કે. મહેતા 37

સંકલિત

સૂક્ષ્મદર્શકની વિકાસયાત્રા 38

શ્રી યોગેશ વ્યાસ

પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકીના જીવવિજ્ઞાનમાં ઉપયોગો 41

(Applications of Optical Microscopy in Biology)

પ્રો. મિહિર બી. સુથાર

અતિસંવાહકતા : Superconductivity 45

ડૉ. જે. એ. ભાલોડિયા

પુસ્તક પરિચય... 49

''ઈશ્વર એનું નામ'' - એક વૈજ્ઞાનિકની આધ્યાત્મિક યાત્રાની કથા

ગુજરાતી અનુવાદ - ડૉ શકુંતલા જી. નેને

''જીવનમાં વિજ્ઞાન - ડૉ. ફેઈનમેનની અનુભવકથા''

સારાનુવાદ - ડૉ. પ્રજ્ઞા અનુપમ ભટ્ટ

ભૌતિકવિજ્ઞાન હળવી પળોમાં 51

From The editors... ...

We are glad to bring out *Pragaami Tarang-2010,* a collection of articles on Physics in Gujarati. On Teachers' Day September 05, 2009 the first publication *Pragaami Tarang-2009* was released in a Teachers' Workshop on Quantum Mechanics, held at Physical Research Laboratory Ahmedabad. The follow-up efforts of the IAPT RC–7 have succeeded and the second issue is here in your hands now.

It is our pleasure to thank Hon'ble Mrs. Jayanti Ravi IAS (who is a Physics graduate), Commissioner of Higher Education, Govt. of Gujarat Gandhinagar, for sending her motivating message to all of us. The message appears on the very first page of this issue.

The present volume, like the previous one was inspired by veteran nuclear physicist and a former IAPT president respected Prof. Sudhirbhai P. Pandya, who has provided moral and financial support to this Gujarati publication. Readers will also be happy to find here an invited article from him on the discovery of atomic nucleus and the exciting history of early developments in nuclear physics. As compared to 12 articles last time, we have 15 articles this time. There are two articles from UG students and one from a Ph. D. student from PRL. Other authors include an IPR scientist, several college and university teachers, in-service as well as retired, and two higher secondary school teachers as well.

The aim of publishing this collection of Gujarati articles on Physics is to promote writing, since 'writing makes man perfect', said a thinker –writer Francis Bacon. The written communication is as important as verbal one deliberated usually in lectures. *Pragaami Tarang* provides a platform to those who wish to write on Physics in our mother tongue. As regards responses from readers, we do not have much to report. We hope the present publication reaches teachers, students and others across Gujarat, so that the probability of receiving a response increases.

It is difficult to say whether reading promotes writing or vise versa. It is perhaps a cumulative process which begins somewhere on the either side. Therefore the beginning has to be made, and that is what we have done.

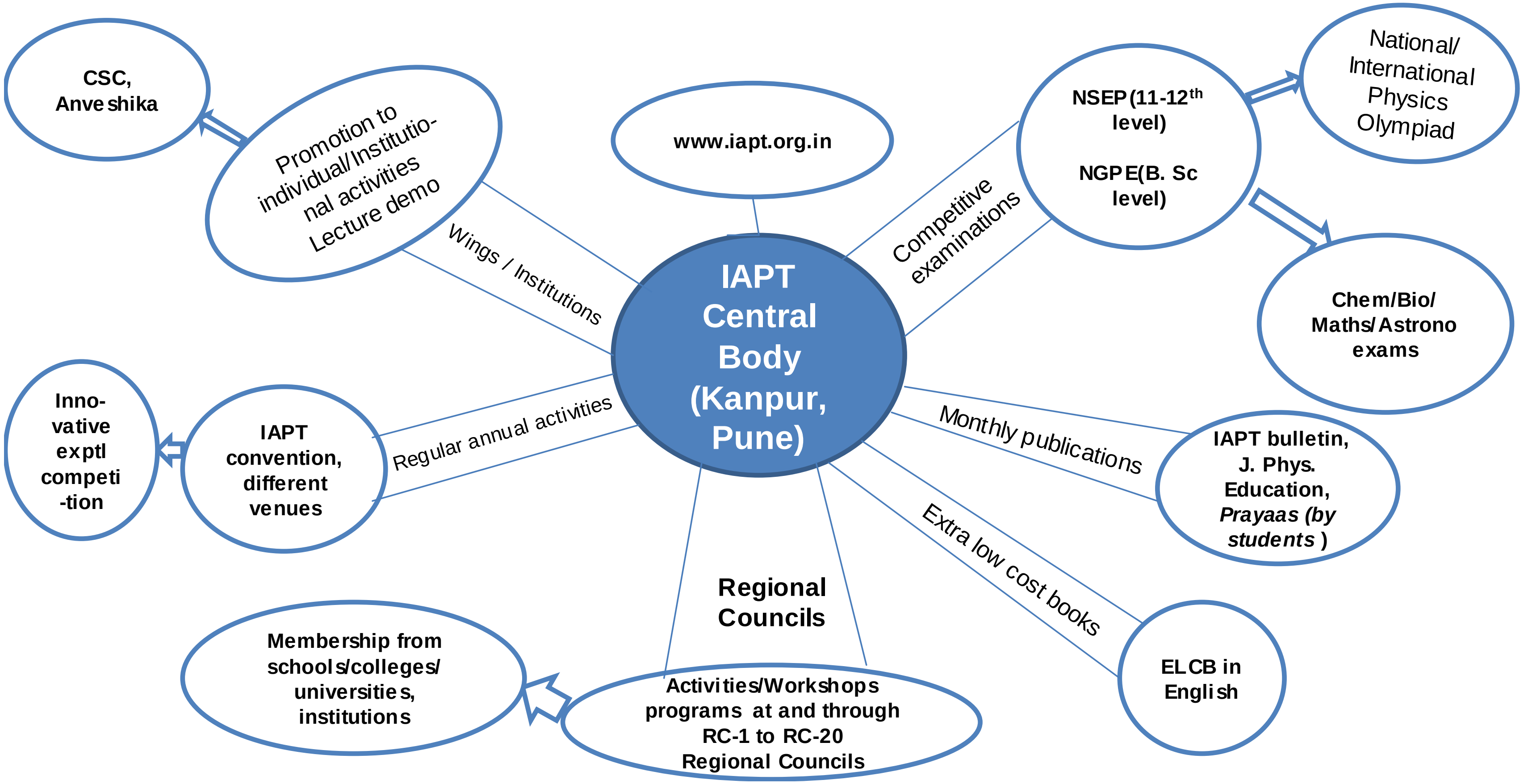
Let us hope the *Progressive wave* continues to travel sans damping!

We conclude by thanking Dr. Tarun R. Trivedi (Physics Department, Bhavan's College Dakor) for all round help in preparing this issue.

- Shakuntala G. Nene (Rajkot)
- Kamalnayan N. Joshipura (Vallabh Vidyanagar)

Indian Association of Physics Teachers

(established 1984)



ઈન્ડીઅન એસોસીએશન ઑફ ફીઝીક્સ ટીચર્સનાં 25 વર્ષની – રજત જયંતિની – પ્રગતિ

શ્રી એ. પી. મહેતા
(નિવૃત્ત) રાજકોટ

ઉચ્ચતર માધ્યમિકથી લઇને કોલેજ, યુનિવર્સિટી અને સંશોધન સુધીના દરેક તબક્કાના ભૌતિક વિજ્ઞાનના શિક્ષણ અને શિક્ષકોની ગુણવત્તા સુધારવાના એક પ્રયાસ તરીકે, 1984માં આ વિષયના દીર્ઘદષ્ટા, કાનપુરના (સ્વ.) ડૉ. ડી.પી. ખંડેલવાલ તથા કેટલાક સંનિષ્ઠ અને સમર્પિત શિક્ષકો દ્વારા IAPTની સ્થાપના કરવામાં આવી. ત્યારથી આજ સુધીમાં તેની ઉત્તરોતર પ્રગતિ થતી રહી છે અને 2009માં IAPTને 25 વર્ષ પૂરાં થઇ રજત જયંતિ ઉજવાયેલ છે.

સામાન્ય રીતે એવું બને કે કોઇ પણ નવી પ્રવૃત્તિ કે સંસ્થા તેની સ્થાપનાની શરૂઆતમાં ખૂબ સક્રિય હોય, પણ પછીથી બધાંના ઉત્સાહમાં ઓટ આવતાં આવતાં છેવટે પ્રવૃત્તિ મંદ પડી જાય. IAPT આમાં અપવાદરૂપ છે. કારણ કે અત્યારે ભારતની 1500 ઉપરાંતની શૈક્ષણિક સંસ્થાઓમાંથી લગભગ 5000 ઉપરાંત IAPTના આજીવન સભ્યો છે અને દુનિયાના અન્ય દેશોમાંથી પણ 100 ઉપરાંત IAPTના આજીવન સભ્યો છે. આ પ્રગતિ પાછળનું રહસ્ય એ છે કે IAPTના વાર્ષિક તથા આજીવન સભ્યો આ પ્રવૃત્તિના ભેખધારી છે અને IAPTની તમામ પ્રવૃત્તિઓમાં પોતાનું સંનિષ્ઠ યોગદાન આપે છે. ભૌતિકશાસ્ત્રના શિક્ષણની ગુણવત્તા સુધારવાની જેની ઇચ્છા હોય તેવી કોઇ પણ વ્યક્તિ (વ્યવસાયે શિક્ષક ન હોય તો પણ) IAPTનું સભ્યપદ મેળવી શકે છે. વ્યક્તિગત ઉપરાંત સંસ્થાગત રીતે પણ IAPTનું સભ્યપદ મેળવી શકાય છે. આ પ્રવૃત્તિનું ખૂબ ઉજળું પાસું એ છે કે IAPTનું તમામ કાર્ય સંપૂર્ણપણે સ્વૈચ્છિક (મહેનતાણા વગરનું) હોય છે. આજીવન સભ્ય ફી હાલમાં રૂા. 1000/- છે. IAPT એ રજીસ્ટર્ડ સંસ્થા છે અને તેને પોતાનું બંધારણ છે. તેના સંચાલનનું માળખું આ પ્રમાણે છે :

અખિલ ભારતીય કક્ષાએ એક કેન્દ્રીય સંચાલન સમિતિ (Central Executive Council-CEC) હોય છે જેના હોદ્દેદારો ચૂંટણીથી અથવા સર્વસંમતિથી CECમાં પ્રવેશ મેળવે છે. CECમાં એક પ્રમુખ, છ ઉપપ્રમુખો, એક જનરલ સેક્રેટરી તથા દરેક વિસ્તારમાંથી એક એક પ્રતિનિધિનો સમાવેશ થાય છે.

દર વર્ષે IAPTનું વાર્ષિક અધિવેશન ભારતનાં જુદાં જુદાં રાજ્યોના શહેરોમાં ઓક્ટો./નવે.ની આસપાસ યોજાય છે. આ અધિવેશનો ત્રણ દિવસનાં હોય છે. 1984થી શરૂ કરી, ચાલુ સાલ સુધીના પ્રમુખો અને જનરલ સેક્રેટરીઓની યાદી નીચે પ્રમાણે છે :

વર્ષ	પ્રમુખ	જનરલ સેક્રેટરી
1984-86	બી. એલ. સરાફ	ડી. પી. ખંડેલવાલ
1987-88	એચ. એસ. હંસ	ડી. પી. ખંડેલવાલ
1989-90	* એસ. પી. પંડ્યા	ડી. પી. ખંડેલવાલ
1991-92	ડી. પી. ખંડેલવાલ	વી. શ્રીનિવાસન
1993-94	ડી. પી. ખંડેલવાલ	વી. એસ. મૂર્તિ
1995-96	ડી. પી. ખંડેલવાલ	પી. એચ. ઉમાડીકર
1997-98	બી. એલ. સરાફ	* મધુબેન શાહ
1999-2000	વાય. આર. વાઘમારે	યુ. એસ. કુશવાહા

2001-03	વાય. આર. વાઘમારે	યુ. એસ. કુશ્વાહા
2004-06	એચ. એસ. વીર્ક	પ્રતિભા જોલી
2007-09	એચ. એ. પત્કી	કુ. બી. એન. ચંદ્રિકા
2010-2012	ડૉ. સત્યપ્રકાશ	ડૉ. એસ. સી. સામન્તા

* તારાંકિત નામો ગુજરાતનાં છે, જે આપણે માટે ગૌરવની બાબત છે. ડૉ. એસ. પી. પંડ્યા (સુધીરભાઇ પંડ્યા) અમદાવાદની PRLના ભૂતપૂર્વ ડાયરેક્ટર છે. ડૉ. મધુબેન શાહ એમ. એસ. યુનિવર્સિટી, વડોદરાનાં નિવૃત્ત પ્રોફેસર છે.

CEC ઉપરાંત વિસ્તારની કક્ષાએ Regional Council હોય છે. આપણી ગુજરાતની Regional Council, RC-7 તરીકે ઓળખાય છે.

આપણી RC-7ના ઉપક્રમે 11 એપ્રિલ, 2010ના રોજ વલ્લભ વિદ્યાનગરના ફીઝીક્સ ડિપાર્ટમેન્ટમાં ''ફીઝીક્સ એજ્યુકેશન એન્ડ રીસર્ચ'' વિષય ઉપર એક દિવસીય સેમીનારનું આયોજન કરવામાં આવ્યું હતું. આ પ્રસંગે આંતરરાષ્ટ્રીય ખ્યાતિપ્રાપ્ત ન્યુક્લીઅર વિજ્ઞાની PRLના ભૂતપૂર્વ ડાયરેક્ટર ડૉ. સુધીરભાઇ પંડ્યાનું બહુમાન કરવામાં આવ્યું હતું. શ્રી પંડ્યા સાહેબે અત્યાર સુધીમાં IAPT, RC-7ની પ્રવૃત્તિઓને વેગ આપવાના હેતુથી બે લાખ રૂપિયા ઉપરાંત અનુદાન આપેલ છે. તેમની ઉંમર હાલમાં 80 વર્ષથી પણ વધારે હોવા છતાં અને આંખોની તકલીફ હોવા છતાં તેમણે અમદાવાદથી વલ્લભ વિદ્યાનગર અને પરત એમ પ્રવાસ ખેડ્યો, અને સેમીનારમાં આખો દિવસ હાજરી આપી હતી, જે ત્યાં હાજર રહેલ બધા માટે ઉદાહરણરૂપ બાબત હતી.

1985થી શરૂ કરી, 2010 સુધીમાં IAPTનાં વાર્ષિક અધિવેશનનું વર્ષ અને સ્થાન નીચે પ્રમાણે છે.

વર્ષ	**સ્થળ**
1985	કાનપુર
1985	ચેન્નાઇ
1987	અધિવેશન યોજાયું ન હતું
1988	વલ્લભ વિદ્યાનગર (ગુજરાત)*
1989	રાયપુર
1990	અંબાલા
1991	મદુરાઇ
1992	નાગપુર
1993	વિજયવાડા
1994	અમૃતસર
1995	પૂણે
1996	ઔરંગાબાદ
1997	મિદ્નાપોર
1998	બિલાસપુર

1999	લખનૌ
2000	ચંદિગઢ
2001	યવતમાલ
2002	ગુલબર્ગા
2003	જલંધર
2004	ગ્વાલિયર
2005	ભુવનેશ્વર
2006	જબલપુર
2007	શીમલા
2008	બેંગ્લોર
2009	કાનપુર
2010	રાજકોટ (ગુજરાત)* (તા. 21,22,23 ઓક્ટો. 2010)

IAPTની અનેકવિધ પ્રવૃત્તિઓમાંની કેટલીક નીચે પ્રમાણે છે.

(૧) IAPTનું Bulletin-મુખપત્ર જે 32 થી 36 પાનાનું હોય છે અને દર મહીને પ્રસિદ્ધ થાય છે. આ બુલેટીન IAPTના તમામ સભ્યોને ટપાલ મારફત મોકલવામાં આવે છે. આમાં IAPTની તમામ પ્રવૃતિઓની માહિતી આપવામાં આવે છે કોઇપણ વ્યક્તિ ફીઝીક્સને લગતા વિષય ઉપર આમાં લેખ મોકલી શકે છે. આ બુલેટીન કાનપુરથી નિયમિતપણે પ્રસિદ્ધ થાય છે.

(૨) IAPT દ્વારા રાષ્ટ્રીય કક્ષાની બે પ્રકારની પરીક્ષાઓ લેવાય છે.

(i) ધોરણ 11, 12 (વિજ્ઞાન પ્રવાહ)ના વિદ્યાર્થીઓ માટેની પરીક્ષા, National Standard Examination in Physics (NSEP). આ પરીક્ષાની શરૂઆત 1985માં થઇ. IAPTની સફળતાથી પ્રેરાઇને Chemistry અને Biologyનાં પણ અખિલ ભારતીય મંડળો રચવામાં આવ્યાં છે. (IACTઅને IABT). IACT અને IABTની પરીક્ષાઓનું સંચાલન IAPT જ કરે છે. આમાં તાજેતરમાં એસ્ટ્રોનોમી અને જુનિયર સાયન્સની પરીક્ષાઓ પણ સમાવિષ્ટ કરવામાં આવી છે. International Olympiadમાં પસંદગી પામવા માટે NSEP, NSEC, NSEB પરીક્ષા આપવી એ પહેલું અને ફરજિયાત પગથિયું છે. આ તમામ પરીક્ષાઓનું સંચાલન IAPTની પૂણેની ઓફીસમાંથી થાય છે.

ભારતે International Olympiad in Physics (IPho) ની પરીક્ષાઓમાં ભાગ લેવાનું 1998થી શરૂ કર્યું છે. આ માટેની ટીમમાં અખિલ ભારતીય ધોરણે NSEPમાં ઉંચા ક્રમાંકે ઉત્તીર્ણ થયેલા પાંચ વિદ્યાર્થીઓ, બે શિક્ષકો અને એક સાયન્ટીફીક ઓબ્ઝર્વર એમ આઠ વ્યક્તિઓનો સમાવેશ થાય છે. ભારતનું પ્રતિનિધિત્વ કરવા માટે, ઉચ્ચ ગુણાંક મેળવેલા વિદ્યાર્થીઓમાંથી લગભગ 20 જેટલાને મુંબઇના TIFR હોમી ભાભા સેન્ટરમાં સઘન તાલીમ આપી, તેમાંથી પાંચ વિદ્યાર્થીઓની પસંદગી કરવામાં આવે છે. આ વર્ષની IPhoની પરીક્ષા થાઇલેન્ડના પાટનગર બેંગકોકમાં જુલાઇ, 2010માં યોજાઇ ગઇ જેમાં ભારતે ખુબ યશસ્વી દેખાવ કર્યો છે. NSEPની પરીક્ષા અંગ્રેજી ઉપરાંત કેટલીક પ્રાદેશિક ભાષાઓમાં (ગુજરાતી સહિત) પણ લેવાય છે. 1998થી લઇને 2010 સુધીનાં વર્ષોમાં IPhoમાં ભારતનો દેખાવ ખૂબ સારો રહ્યો છે, અને તેમાં ભારતે મેળવેલ પદકો (medals)ની માહિતી નીચે પ્રમાણે છે.

(Gold) સુવર્ણ - 24

(Silver) રૌપ્ય - 22

(Bronze) કાંસ્ય - 12

(ii) કોલેજના B.Sc.ના વિદ્યાર્થીઓ માટે National Graduate Physics Examination (NGPE)ની પરીક્ષા લેવાય છે, અને થીયરીમાં સારો દેખાવ કરનાર વિદ્યાર્થીઓમાંથી પસંદગીના વિદ્યાર્થીઓને પ્રાયોગિક પરીક્ષા માટે જુદાં જુદાં શહેરોમાં બોલાવવામાં આવે છે. આવી પ્રાયોગિક પરીક્ષા ગુજરાતમાં બે સ્થળોએ, અમદાવાદની M.G. Science Instituteમાં અને અમદાવાદની સેંટ ઝેવિયર્સ કોલેજમાં લેવામાં આવી હતી. NGPE પરીક્ષાનું સંચાલન દહેરાદૂનથી થાય છે.

NSEPમાં અને NGPEમાં પ્રશ્નપત્ર તૈયાર કરવા માટે, જરૂર પડે ત્યાં ભાષાંતર કરવા માટે અને મૂલ્યાંકન માટે કોઇ પ્રકારનું મહેનતાણું આપવામાં આવતું નથી. પોતાના શહેરથી પુણે કે દહેરાદૂન સુધીનું સાદું સ્લીપર ક્લાસનું રેલ્વે ભાડું અને જે તે શહેરમાં રહેવા -જમવાની વ્યવસ્થા એ બંને IAPT તરફથી આ કાર્ય માટે જનાર વ્યક્તિને કરી આપવામાં આવે છે.

આ બંને પરીક્ષાઓના પ્રશ્નપત્રો તથા તેના ઉકેલો (solutions) પરીક્ષા પછી IAPTના બુલેટીનમાં આપવામાં આવે છે. આ ઉપરાંત આ બંને પરીક્ષાઓના છેલ્લા પાંચ વર્ષોના પ્રશ્નપત્ર તથા ઉકેલોની ચોપડીઓ સામાન્ય કીંમતથી પૂણે અને દહેરાદૂનથી D.D. મોકલીને મંગાવી શકાય છે.

આ બંને પરીક્ષાઓમાં સારો દેખાવ કરનાર વિદ્યાર્થીઓનું ચંદ્રક અને/અથવા પુસ્તકો (પારિતોષિક રૂપે)થી બહુમાન કરવામાં આવે છે.

2010માં NGPEમાં ગુજરાત રાજ્ય કક્ષાએ ટોપના એક ટકા વિદ્યાર્થીઓ ત્રણ હતા, જે ત્રણે જૂનાગઢની બહાઉદ્દીન વિજ્ઞાન કોલેજના વિદ્યાર્થીઓ હતા.

વધુમાં નેશનલ નોલેજ કમીશનના ચેરમેન, પ્રો. સામ પિત્રોડાએ (જેઓ પોતે ગુજરાતી છે) પણ ''ખારા રણમાં મીઠી વિરડી સમાન'' આ IAPTની પ્રવૃત્તિઓને બીરદાવીને, કેન્દ્ર સરકારને IAPTને બને તેટલી વધારે આર્થિક સહાય આપવા ભલામણ કરી છે. તો આવો, આપણે બધા સાથે મળીને IAPTને હજી વધારે ક્રિયાશીલ અને નાણાકીય રીતે સદ્ધર બનાવવા (આજીવન સભ્ય થઇને અને/અથવા RC-7ને ડોનેશન આપીને) માટેના કાર્યક્રમમાં તન, મન, ધનથી ફાળો આપીએ.

IAPTના સભ્ય થવા માટે જરૂરી ફોર્મ ભરીને, જરૂરી રકમનો D.D. કાનપુર ઓફીસે મોકલવાનો હોય છે.

IAPTના બુલેટીનમાં લેખ આપવા માટે લેખ IAPTની ચંદિગઢની ઓફીસે મોકલવાનો હોય છે.

NSEP, NGPEની પરીક્ષાઓ માટે પેપર સેટીંગ કરવા અને મૂલ્યાંકન માટે જેમને સ્વૈચ્છિક રીતે કાર્ય કરવું હોય તેમણે IAPTની પૂણે (પૂના)ની ઓફીસનો સંપર્ક કરવા વિનંતી છે.

ઉપરોક્ત ત્રણે ઓફીસોના સરનામાં IAPTના બુલેટીનમાં દર મહિને આવે છે, તે જોવા વિનંતી છે.

*****

ચંદ્રનું અન્વેષણ તથા ભારતનું ચંદ્રયાન અભિયાન

ડૉ. તુષાર સી. પંડ્યા
સેન્ટ ઝેવિયર્સ કોલેજ, અમદાવાદ

1957માં તે વખતના સોવીયેટ રશીયા દ્વારા કૃત્રિમ ઉપગ્રહ સ્પુટનીક છોડવામાં આવ્યો એ માનવજાત માટે અંતરીક્ષ યુગની શરૂઆત હતી. તે પછી યૂરી ગેગારિને પૃથ્વી બહાર અંતરીક્ષમાં પગ મુકીને માનવનો અંતરીક્ષમાં જવાનો માર્ગ પ્રશસ્ત કર્યો. ત્યારબાદ સોવિયત સંઘે ચંદ્ર અભિયાનોની એક લાંબી શ્રૃંખલાની શરૂઆત 1959માં લૂના-1 (Luna-1)ના ચંદ્રના નજીક ઉડાન (Fly-by) દ્વારા કરીને ચંદ્ર તથા ગ્રહોના પ્રત્યક્ષ અન્વેષણમાં એક અધ્યાય ઉમેર્યો. એપ્રિલ 1960માં લૂના-3 (Luna-3)એ પહેલીવાર ચંદ્રના પાછળના ભાગના ફોટા મોકલ્યા જેનાથી ચંદ્રના બન્ને ગોળાર્ધમાં મહત્વની વિષમતાના સંકેત મળ્યા. ચંદ્રના નિરીક્ષણના સમાંતર કાર્યક્રમમાં અમેરિકાએ કક્ષીય તથા ચંદ્ર સપાટી ઉપર ઉતરાણ માટેના યાનોની શ્રૃંખલામાં રેન્જર (Ranger) તથા સર્વેયર (Surveyor) મિશન મોકલ્યા. એપોલો શ્રૃંખલામાં માનવસહિત અભિયાનોએ 1969થી 1972 દરમ્યાન ચંદ્રની સપાટી ઉપર પ્રયોગો કર્યા અને ચંદ્રના કેટલાય સ્થાનોના ખડકો અને માટીનો એક મોટો સંગ્રહ પૃથ્વી પર લઇ આવ્યા. બીજી બાજુ સોવિયત સંઘે રોબોટિક મિશનને યોગ્ય ગણીને ત્રણ મિશન લૂના-16. 20 અને 24 દ્વારા 1969થી 1976 દરમ્યાન ચંદ્રની સપાટીથી 1 મીટર ઊંડી માટીના નમૂના મેળવ્યાં. લૂનાના આ સેમ્પલ ચંદ્રના પૂર્વ ભૂમધ્ય ક્ષેત્રના હતા. ચંદ્રને પણ પોતાની ભૂગોળ છે. આ પ્રમાણે એપોલો અભિયાનમાં ચંદ્રના નિકટવર્તી ગોળાર્ધના ભૂમધ્યવર્તી ક્ષેત્રમાંથી લગભગ 400 કિ.ગ્રામ પદાર્થ પૃથ્વી પર અભ્યાસ અર્થે લાવવામાં આવ્યો. 1969માં એપોલો-11 ચંદ્ર ઉપર ઉતર્યા બાદ 5 વર્ષ સુધી ચંદ્રના વિજ્ઞાનમાં ઘણી ગતિવિધિ રહી. આ દરમ્યાન એપોલો તથા લૂના મિશન લાવેલ ખડકો તથા માટીનું વિસ્તૃત વિશ્લેષણ થયું તથા ચંદ્રની સપાટી ઉપર મૂકેલ તથા કક્ષીય યાનના ઉપકરણો દ્વારા ચંદ્રની સપાટીનું ખૂબ અધ્યયન થયું. દુનિયાભરની 100થી વધુ પ્રયોગશાળાઓએ તેમાં ભાગ લીધો. ભારતમાં ટાટા ઇન્સ્ટીટ્યૂટ ઑફ ફન્ડામેન્ટલ રીસર્ચ (TIFR) મુંબઇ, ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટીટ્યૂટ ઑફ ટેકનોલોજી (IIT) કાનપુર, ભાભા એટમિક રીસર્ચ સેન્ટર (BARC) મુંબઇ અને ત્યારબાદ ફિઝિકલ રીસર્ચ લેબોરેટરી (PRL) અમદાવાદે ચંદ્રના નમુનાઓનો સઘન અભ્યાસ કરી વિશ્લેષણની કેટલીક નવી ટેકનિક વિકસાવી. ભારતમાં ડૉ. દેવેન્દ્ર લાલ, ડૉ. નરેન્દ્ર ભંડારી અને અન્ય કેટલાક વૈજ્ઞાનિકોએ ચંદ્રના રાસાયણિક, રેડિયો-ગુણધર્મી તત્વો અને તેના ખનીજોમાં વિકિરણો દ્વારા ઉદ્ભવેલ ક્ષતિઓનો અભ્યાસ કર્યો જેને કારણે ચંદ્રના વાતાવરણ વિશે નવી જાણકારી મળી.

બે દશકાઓ સુધી પ્રમાણમાં ધીમી પ્રગતિ બાદ જ્યારે અમેરિકન ગેલીલિયો મિશન દ્વારા મોકલેલ કેમેરાએ ચંદ્રના કેટલાક અજ્ઞાત સ્થાનોના ફોટા મોકલ્યા અને ક્લેમેન્ટાઇન (Clementine) અને લૂનર પ્રોસ્પેક્ટર (Lunar Prospector) મિશને 1991-98 દરમ્યાન ભૂગર્ભીય અને રાસાયણીક માનચિત્ર નકશા બનાવ્યાં, ત્યારે ચંદ્રવિજ્ઞાન વિષે ફરી નવો ઉત્સાહ પ્રગટ્યો. ગેલિલિયો મિશને ચંદ્રની પાછળના ભાગમાં દક્ષિણ ધ્રુવ-એટકન ક્ષેત્રમાં એક વિશાલ સંઘાતીય બેસિન (SPA) શોધી જેને પહેલાં ઓળખી શકાઇ ન હતી, કારણ કે બહુ જ છિછરી જમીન છે. 1994માં યુરોપ તથા અમેરિકાના ઉપક્રમે કેટલાય ઉપકરણો જેવા કે લીડાર- (LIDAR - Laser Image Detection and Ranging) અને ઉચ્ચ વિભેદન ક્ષમતાવાળા કેમેરા સાથે મોકલવામાં આવ્યા. ઉપકરણોએ ચંદ્રની પુરી સપાટીના પારજાંબલી પ્રકાશ (Ultraviolet) દશ્ય પ્રકાશ (Visible), પારરક્ત પ્રકાશ (Infrared) અને દીર્ઘતરંગ પારરક્ત પ્રકાશ (Long-wave length infrared)માં ફોટા લીધા. આ અભિયાનથી ચંદ્રના ગુરુત્વાકર્ષણની જાણકારી મળી તથા સ્થળાકૃતિનું પ્રથમ બહુવર્ણક્રમિય (Multispectral) ચિત્ર મળ્યું. આ પરિણામો ઉપરથી પૂરા ચંદ્રનું ખનિજ ચિત્રણ પણ બન્યું. અમેરિકન વૈજ્ઞાનિક કાર્લી પાઇટર્સને તેના આધાર ઉપર SPA ક્ષેત્રના કેટલાક વિશિષ્ટ લક્ષણો ઓળખ્યા, જે ખનિજ તથા વૈજ્ઞાનિક દષ્ટિએ અનુમાનિત નીચેની ક્રસ્ટ અથવા ઉપરની મેંટલને સમાન હતા. આ ભાગો સંભવિત બેસિન બનતી વખતે ઉપરની સપાટી ઉપર આવ્યા હશે. લૂનર પ્રોસ્પેક્ટર (Lunar Prospector) ટેકનિકની દષ્ટિએ અદ્ભૂત હતું. જેમાં અતિ આધુનિક ઉપકરણો જેવા કે ગામા-રે સ્પેક્ટ્રોમીટર, મેગ્નેટોમીટર, ઇલેક્ટ્રોન-રિફ્લેક્ટોમીટર અને ડોપ્લર

ગ્રેવિટી પ્રયોગ સામેલ હતાં. ચંદ્રની સપાટી ઉપરના કેટલાય તત્વો જેવા કે થોરિયમ, પોટેશિયમ, સમેરિયમ, આયર્ન વિગેરેના રાસાયણિક માનચિત્ર ઉપરાંત, હંમેશા છાયામાં રહેતા દક્ષિણ ધ્રુવીય પ્રદેશોમાં હાઇડ્રોજન યુક્ત પદાર્થોની (કદાચીત પાણી હોય) ઉપસ્થિતિનો અણસાર મેળવ્યો.

હાલના વર્ષોમાં અન્ય ગ્રહોના નિરિક્ષણમાં યંત્રો તથા કાર્યપ્રણાલિના પરીક્ષણ માટે ચંદ્રને એક પરીક્ષણ સ્થળ તથા પ્રવેશ દ્વાર તરીકે ઉપયોગ કરવામાં દિલચસ્પી વધી છે. અમેરિકાએ ચંદ્ર પર કાયમી માનવ ઉપસ્થિતિ તથા મંગળ ગ્રહના નિરિક્ષણ માટે ચંદ્ર-મંગળ માર્ગની રૂપરેખા તૈયાર કરી છે. તે માટે ચંદ્ર ઉપરના ઉપલબ્ધ સંસાધનોની શોધ તથા તેનો ઉપયોગ કરવાની આવશ્યકતા લાગી. યુરોપ, ચીન, જાપાન, બ્રિટન, ઇટાલી, જર્મની તથા ફ્રાન્સની સંસ્થાઓ અને ખાનગી ઉદ્યોગો આગળના દશકામાં ચંદ્રનું નિરીક્ષણ કરવાની યોજનાઓ ધરાવે છે. આંતરરાષ્ટ્રીય દિલચસ્પી અને સહભાગીદારી જોતાં આંતરરાષ્ટ્રીય ચંદ્ર નિરીક્ષણ કાર્ય સમુહ (International Lunar Exploration Working Group, (ILEWG)) આગામી દશકામાં ચંદ્ર ઉપર માનવનો વસવાટ રહે તેવો પ્રસ્તાવ તથા તેની રૂપરેખા તૈયાર કરી રહેલ છે.

ભારતીય અંતરિક્ષ અનુસંધાન સંસ્થા, ઇસરો (ISRO)ની સ્થાપના અર્ધી સદી પહેલાં થઇ ત્યારે તેણે અંતરિક્ષ ટેકનિકોનો વિકાસ તથા ઉપયોગની પ્રાથમિકતા નક્કી કરી. દીર્ઘદષ્ટા ડૉ. વિક્રમ સારાભાઇએ ઇસરોનું ધ્યેય નક્કી કર્યું. તેઓ ઇચ્છતા હતા કે અંતરિક્ષ ટેકનિકનો ઉપયોગ સમાજના કલ્યાણ તથા દેશના વિકાસ માટે થાય. તે અનુસાર બે પ્રકારના ઉપગ્રહોનો વિકાસ કરવામાં આવ્યો. પ્રાકૃતિક સંસાધનો જાણવા માટે ઇન્ડિયન રિમોટ સેન્સિંગ સેટેલાઇટ (IRS)-શ્રૃંખલા, અને સંચાર માટે સમર્પિત INSAT-શ્રૃંખલા, તે ઉપરાંત છેલ્લા દશકામાં વિવિધ ઉપગ્રહો જેવા કે કાર્ટોસેટ (Cartosat 1 - અને 2) મેટસેટ (Metsat), એજ્યુસેટ (Edusat), રિસોર્સ સેટ (Resource sat), હેમ સેટ (Hem sat) વિગેરેને માન ચિત્રણ, મોસમ, વિજ્ઞાન, શિક્ષણ, ટેલી-ઉપચાર, ઇ-સમર્પિત શાસન તથા આપત્તિ પ્રબંધન માટેની રાષ્ટ્રીય આવશ્યકતાઓ પુરી કરવા માટે અંતરિક્ષમાં મોકલ્યા. તેને માટે ઇસરોએ બે પ્રકારના રૉકેટ PSLV તથા (Polar Satellite Launch Vehicle) તથા GSLV (Geostationary Satellite Launch Vehicle) વિકસિત કર્યા. 1995માં PSLVના સફળ પ્રક્ષેપણ બાદ ચંદ્ર અથવા અંદરના ગ્રહોની નજદીક કક્ષામાં ઉડાણ અથવા કક્ષીય મિશન મોકલવાનું સંભવ બન્યું. પરંતુ તે સમયની રાષ્ટ્રીય પ્રાથમિકતાઓને જોતાં ઇસરોએ ગ્રહ નિરીક્ષણનો કાર્યક્રમ 1999-2000માં પ્રારંભ કર્યો.

ઇસરોને પ્રક્ષેપણ, સંચાર ઉપગ્રહ તથા ઉપકરણની ટેકનિકની ક્ષમતા તથા ઉપર દર્શાવેલ ચંદ્રની મહત્તાની દૃષ્ટિએ ચંદ્રનું નિરીક્ષણ એ શ્રેષ્ઠ અને સર્વપ્રથમ વિકલ્પ લાગ્યો. ડૉ. કસ્તૂરી રંગન તે સમયે ઇસરોના અધ્યક્ષ હતા, તેમણે ડૉ. જોર્જ જોસેફની અધ્યક્ષતામાં ચંદ્રના વૈજ્ઞાનિક નિરીક્ષણ માટે ટાસ્ક ફોર્સનું ગઠન કર્યું. તેમાં 20 વિશેષજ્ઞો હતા. આ ટાસ્ક ફોર્સ (Moon Mission Task Force) એ એક દૂરસંવેદન ઉપકરણોથી સુસજ્જ ધ્રુવિય ઉપગ્રહનો પ્રસ્તાવ આપ્યો. આ અભિયાન માટે વૈજ્ઞાનિક ઉદ્દેશોને પરિભાષિત કરી તેની પ્રાપ્તિ માટે તથા ચંદ્રની સાથે સંકળાયેલ વણઉકલેલા કોયડાને હલ કરવા પ્રથમ મિશન ચંદ્રયાન-1ના વિવિધ પ્રકારના ઉપકરણોનું ચયન થયું.

ચંદ્રયાન-1 મિશનને 2003માં ભારત સરકારની મંજૂરી મળી ગઇ હતી અને પાંચ વર્ષના અથાક પ્રયત્નો બાદ ઓક્ટોબર 2008ના દિવસે શ્રીહરિકોટા પ્રક્ષેપણ કેન્દ્રથી ચંદ્રયાન-1નું પ્રક્ષેપણ કરવામાં આવ્યું. ચંદ્રયાન-1એ કેટલાક દૂર સંવેદન ઉપકરણો દ્વારા ચંદ્રની ધ્રુવિય કક્ષામાં 100 કિ.મી. ઊંચાઇએ પરિભ્રમણ કરતાં ચંદ્રનું અધ્યયન કર્યું છે. ચંદ્રની એક પરિક્રમા કરતાં તેને 118 મિનિટ લાગતી હતી. પ્રત્યેક પરિભ્રમણ દરમ્યાન તેણે બન્ને ધ્રુવોનું અધ્યયન કર્યું છે.

આ મિશનનો મૂળ ઉદ્દેશ ભૂસ્થલીય, રાસાયણિક, રેડીઓએક્ટીવ અને ખનિજ પદાર્થોનું ઉચ્ચ સ્થાનિક અને વર્ણિક વિભેદનથી ચિત્રણ કરવાનો હતો. પ્રાપ્ત માહિતી પરથી વૈજ્ઞાનિકોને ન કેવળ તેની સપાટીની રાસાયણિક અને ખનિજ રચનાની જાણકારી મળશે પરંતુ વિભિન્ન ખડકોના સમુદાય (Rock units)નો ચંદ્રની અંદરના ઊંડાણ સાથે સંબંધ પણ નિર્ધારિત થઇ શકશે. તેનાથી ચંદ્રની અંદરના બંધારણનો થોડો ખ્યાલ મળશે તથા ચંદ્રના પ્રારંભિક વિકાસ અને બાષ્પશિલ તત્વોના પરિવહન બાબતે મહત્વપૂર્ણ માહિતી પ્રાપ્ત થશે. આ અધ્યયન ઉપરથી ચંદ્ર ઉપરના સંસાધનોની જાણકારી મળશે.

ચંદ્રયાન-1માં 11 વૈજ્ઞાનિક ઉપકરણો (pay-loads) હતા. ચંદ્રયાન-1ના ઉદ્દેશ સિદ્ધ કરવા માટેનાં મૂળ ચાર ઉપકરણો આ મુજબ હતાં; સ્ટીરિયો ચિત્રણ માટે ટેરેન મેપિંગ કેમેરા (TMC), ચંદ્રની સપાટીથી ઊંચાઇ માપવા તથા ગુરુત્વાકર્ષણ મોડલ બનાવવા માટે લ્યૂનર લેસર રેન્જિંગ ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટ (LLRI), ખનિજ ચિત્રણ માટે હાયપર સ્પેક્ટ્રલ ઇમેજર (HySI) અને રેડીઓ સક્રિયતાના ચિત્રણ માટે હાઇ એનર્જી સ્પેક્ટ્રોમીટર. આ બધાં ભારતીય ઉપકરણો છે જે ઇસરોની વિભિન્ન પ્રયોગશાળાઓમાં બનાવેલા હતાં. ઉપરાંત આંતરરાષ્ટ્રીય સહયોગ દ્વારા પણ અભિયાનના વૈજ્ઞાનિક ઉદ્દેશોને ફાયદો થયો છે. તેથી વિભિન્ન ટેકનિકો ઉપર આધારિત કેટલાક ઉપકરણો દ્વારા ચંદ્રયાન-1ના ઉદ્દેશોની પ્રાપ્તિને યોગદાન મળ્યું. આંતરરાષ્ટ્રીય ભાગીદારીમાં પાંચ ઉપકરણ ચંદ્રયાન-1માં સામેલ કરવામાં આવ્યા હતાં. મૂન-મિનરોલોજી મેપર (M^3) અને મીની સિન્થેટિક એપરચર રેડાર (mini SAR) એ બન્ને અમેરિકન પેલોડ હતા. બીજા વિદેશી પેલોડમાં પારરક્ત સ્પેક્ટ્રોમીટર (Infrared-spectrometer SIR-2), જર્મની (ESA) તરફથી તથા રેડોમ (RADOM) બલ્ગેરિઆ તરફથી મુકવામાં આવ્યાં હતાં. સબએટમિક રિફ્લેક્ટીંગ એનેલાઇઝર (Sub Atomic Reflecting Analyser, SARA) તે સ્વીડન, સ્વિટ્ઝરલેન્ડ, જાપાન અને ભારતીય વૈજ્ઞાનિકોનો એક સંયુક્ત પેલોડ હતો, જે ચંદ્રના વાતાવરણમાં રહેલા તટસ્થ કણો (Neutral particles)નું માપન કરવા માટે હતો. આના સિવાય ચંદ્રયાન-1માં એક મૂન ઇમ્પેક્ટ પ્રોબ (MIP) હતો. 14 નવેમ્બરના સાંજે 8 કલાક અને 6 મિનિટે (IST) મૂન ઇમ્પેક્ટ પ્રોબ (Probe)ને ચંદ્રયાન-1થી અલગ કરી દક્ષિણ ધ્રુવ પર સ્થિત શેકલટન ક્રેટર ઉપર પડવા છોડી મૂકવામાં આવ્યો અને તે લગભગ 25 મીનીટ સુધી તસ્વીરો પાડતો તથા અન્ય પ્રયોગ કરતો ચંદ્રની સપાટી ઉપર શેકલટન ક્રેટર પાસે નિર્ધારિત સ્થાને જઇને પડ્યો. આ પ્રોબની ચારેબાજુ ભારતનો ત્રિરંગો દોરેલો હતો. નવા પરિણામો અનુસાર ચંદ્રયાન-1એ ચંદ્રના ઉત્તર તથા દક્ષિણ ધ્રુવોની સપાટી પર પાણી હોવાના પુરાવા પ્રાપ્ત કરેલ છે. ચંદ્રયાનને બે વર્ષ સુધી તેની કક્ષામાં રાખી ચંદ્રનો અભ્યાસ કરવાની ઇસરોની યોજના હતી. પરંતુ 28 ઓગસ્ટ 2009ના રોજ ચંદ્રયાન-1નો સંપર્ક તુટી જવાથી ઇસરોએ આ મિશનને સમાપ્ત જાહેર કર્યું.

ચંદ્રનું અન્વેષણ હજુ લાંબો સમય ચાલશે કારણ કે તેનો ઉદ્‌ભવ, વિકાસ તથા પૃથ્વી-ચંદ્ર વચ્ચેનો સંબંધ જેવા કેટલાય મહત્વપૂર્ણ અને જટિલ પ્રશ્નોનો ઉકેલ આવેલ નથી. તેથી સપાટીના પ્રયોગો અને સેમ્પલ એકત્રિત કરી પાછા લાવવાની લાંબી યોજનાઓ ઇચ્છનીય છે. ઇસરોએ ચંદ્રયાન-2ની તૈયારી શરૂ કરી દીધી છે. ચંદ્રયાન-2ને ચંદ્ર પર ઉતરાણ કરવાની ભારત સરકારની પરવાનગી ઇસરોને મળી ગઇ છે. તેમાં કક્ષીય યાન ઉપરાંત એક લેન્ડર તથા રોવર હશે જે ચંદ્ર પર ઉતરશે અને તેનાથી ચંદ્રની સપાટી ઉપરના પસંદગીના સ્થળો ઉપર વિસ્તૃત પ્રયોગો કરવાનું સંભવ બનશે. સપાટી ઉપરનું મિશન ભૂ-વૈજ્ઞાનિક અધ્યયન (વાહકતા, ઉષ્માપ્રવાહ ભૂકંપી પ્રયોગો) દ્વારા કેટલાક મહત્વપૂર્ણ પ્રશ્નો જેવા કે ગર્ભનું અસ્તિત્વ અને આકાર, પાણીનું અસ્તિત્વ, સંપૂર્ણ ચંદ્રની સરેરાશ રાસાયણિક રચના તથા આંતરિક બનાવટ વિગેરેની જાણકારી આપશે.

ભારતના ચંદ્રયાન-1 મિશનને આંતરરાષ્ટ્રીય સહયોગ માટે સારો અવસર મળ્યો છે. આ સમયમાં કેટલાંક કક્ષિય મિશન ચંદ્ર પર કાર્યરત હતાં. જાપાનનો સિલીન (Selene) મિશન જેને હવે કગૂયા નામ આપેલ છે તેને સપ્ટેમ્બર 2007, અને ચીનનો ચાંગે-1 કક્ષીય યાન ઓક્ટોબર (Change-1)માં મોકલવામાં આવેલ છે. અમેરિકાએ LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter)ને 2009ના જૂન માસમાં મોકલ્યો હતો. આ પ્રમાણે ચારે કક્ષિય યાનો કેટલાક સમય માટે ચંદ્રની કક્ષામાં સાથે પરિક્રમા કરતાં હતાં. અભિયાનોની આ શ્રૃંખલા રાસાયણિક, ખનિજ, ભૂગર્ભીય વિકાસ અને પૃથ્વી તથા ચંદ્રના અતિત સંબંધો માટે તથા ગ્રહોના વિકાસ સમજવામાં અને ચંદ્રના સંસાધનોના મૂલ્યાંકનમાં સહાયક થશે. આ અભિયાનો ચંદ્ર ઉપર સ્થાયી કોલોની બનાવવા માટે ઉપયુક્ત સ્થળની પસંદગી માટે સહાયક બની શકે છે અને આ પ્રકારે રોબોટિક કે સમાનવ અભિયાનો માટે સારી યોજના બનાવવાનો માર્ગ પ્રશસ્ત થશે.

નોંધ : આ લેખ પ્રો. નરેન્દ્ર ભંડારી લિખિત પુસ્તક ''Mysterious Moon and India's Chandrayaan Mission'' પર આધારિત છે. મૂળ અંગ્રેજી પુસ્તક Vigyan Prasar- New Delhi એ પ્રસિદ્ધ કરેલ છે. તેનો ડૉ. તુષાર પંડ્યાએ કરેલ ગુજરાતી અનુવાદ, ગુજરાત સાયન્સ એકેડેમી દ્વારા પ્રસિદ્ધ થનાર છે.

ભૌતિકશાસ્ત્રની કેટલીક યુગપરિવર્તક શોધો

ડૉ. શકુન્તલા નેને
(નિવૃત્ત), રાજકોટ

માનવજાતના ઉત્થાનનો વિચાર કરીએ ત્યારે યાદ આવે કે કેટલીક શોધોએ માનવજીવનમાં આમૂલ પરિવર્તન કર્યું. અગ્નિની શોધ હોય કે ચક્ર (પૈડું)ની શોધ હોય, માનવજાતિની પ્રગતિમાં એ બધાનો ફાળો મોટો હતો.

અહીં આપણે ભૌતિકવિજ્ઞાનની એવી કેટલીક શોધોની વાત કરશું, કે જેણે વિજ્ઞાનના વિચારમાં અને પ્રગતિમાં અત્યંત મહત્વનો ભાગ ભજવ્યો હોય અથવા માનવજીવન શૈલીમાં ક્રાંતિકારી પરિવર્તન લાવેલ હોય. અલબત્ત આવી તમામ શોધોની વાત કરવા બેસીએ તો એક પુસ્તક લખવું પડે. પરંતુ અહીં આપણે કેટલીક શોધો વિશે વાત કરીશું.

શરૂઆત ન્યુટનથી કરીએ. તેણે શોધી કાઢ્યું કે સૂર્યપ્રકાશ સાત રંગોનું મિશ્રણ છે. સૂર્યપ્રકાશને ત્રિપાર્શ્વકાચમાંથી પસાર કરીને ન્યૂટને તેનો વર્ણપટ મેળવ્યો અને પાયો નંખાયો વર્ણપટ વિજ્ઞાનનો. આ શોધ અત્યંત ક્રાંતિકારી ગણી શકાય. ત્યાર બાદ વિજ્ઞાનીઓ જુદા જુદા પદાર્થોના વર્ણપટ મેળવતા થયા. અલબત્ત તે સમયે પદાર્થોના બંધારણ વિશે વિસ્તૃત જાણકારી ન હતી અને શરૂમાં તો એક જ પદાર્થના વર્ણપટમાં મળતી જુદી જુદી શ્રેણીઓ વચ્ચેનો ગણિતીય સંબંધ અથવા એક જ શ્રેણીની રેખાઓ વચ્ચે એવો સંબંધ છે કે કેમ તે ચકાસવામાં આવતું. પણ આગળ જતાં પરમાણુના બંધારણ વિશેના ખ્યાલ વિકસતા ગયા તેની પ્રગતિમાં પણ વર્ણપટે મહત્વનો ભાગ ભજવ્યો. કોઇ પદાર્થનો વર્ણપટ એટલે જાણે કે એના હસ્તાક્ષર ! માત્ર વર્ણપટ પરથી પદાર્થનું બંધારણ તેનું તાપમાન વગેરેની માહિતી મળે. દૂર દૂર આવેલા તારાઓની માહિતી પણ તેના વર્ણપટ પરથી મળે. વળી આગળ જતાં ડૉપ્લર અસર પરથી તારો (અવકાશી પદાર્થ) આપણાથી દૂર જઇ રહ્યો છે કે નજીક આવી રહ્યો છે તે પણ જાણી શકાય.

હવે ન્યૂટને વિકસાવેલ દૂરબીનની વાત કરીએ. ગૅલીલિયોએ દૂરબીનનો ઉપયોગ આકાશી પદાર્થો જોવા માટે કર્યો. તે સમયના દૂરબીનોમાં લેન્સનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવતો. ન્યૂટને તેમાં સુધારો કરી પ્રથમવાર અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરી ટેલીસ્કોપ બનાવ્યું. પરાવર્તિત કિરણોના માર્ગમાં એક નાનકડો સપાટ અરીસો મુકી કિરણોનો માર્ગ બદલી નળીના ઉપરના ભાગમાં અક્ષિકાચ આઇપીસ મુકી પદાર્થનું પ્રતિબિંબ જોઇ શકાય તેવી વ્યવસ્થા કરી. આવું દૂરબીન ન્યૂટોનીયન ટેલીસ્કોપ તરીકે ઓળખાય છે. આનો સૌથી મોટો લાભ એ હતો કે લેન્સ દ્વારા મેળવાતા પ્રતિબિંબમાં જે કેટલીક ક્ષતિઓ રહેતી હતી, તે આ ટેલીસ્કોપમાં લેન્સ ન હોવાથી દૂર થઇ અને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવી શકાયું. આ શોધને કારણે ન્યૂટનને બ્રીટનની રોયલ સોસાયટીનું સભ્યપદ આપવામાં આવ્યું. આમ ન્યૂટનરૂપે જાણે કે ગૅલીલિયોએ ફરી જન્મ લીધો ! (ગૅલીલિયોનું અવસાન થયું તે જ વર્ષે 1642માં 25મી ડિસેમ્બરે ન્યૂટનનો જન્મ થયો હતો.)

પરંતુ ન્યૂટન સૌથી વધુ જાણીતા છે ગુરૂત્વાકર્ષણની શોધ માટે ! નાના કે મોટા બધા પદાર્થો એકબીજાને આકર્ષે છે એવું સૌપ્રથમ તેણે કહ્યું. આ જ આકર્ષણને આપણે ગુરૂત્વાકર્ષણ તરીકે ઓળખીએ છીએ. કેવો સાર્વત્રિક નિયમ ! નાનામાં નાનું કણ હોય કે મોટું તારાવિશ્વ; સર્વ પદાર્થોને તે લાગુ પડે ! હકીકતે તો આ આકર્ષણની હાજરી એ કોઇપણ પદાર્થના અસ્તિત્વ ‘હોવાપણા’ની સાબિતી છે. વળી એ પદાર્થો વચ્ચે કોઇ માધ્યમની પણ જરૂર નહિ. કેવી અદ્ભુત વાત !

આ પછી તેણે પદાર્થની ગતિના ત્રણ નિયમ પણ આપ્યા. ન્યૂટનને પોતાને પણ ખ્યાલ નહિ હોય કે સામાન્ય લાગતા આ નિયમોની કેટલી દૂરગામી અસરો હશે. ન્યૂટનના સમયનું વિજ્ઞાન આમ તો અભિજાત રૂઢિગત (classical) વિજ્ઞાન ગણાય છે. પરંતુ અતિ આધુનિક અવકાશવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે પણ આ નિયમો ભાગ ભજવે છે. બધા રૉકેટોની ગતિ આ ત્રણે નિયમોને આધીન

જ થતી હોય છે. જે વિદ્યાર્થીઓ કે શિક્ષકોને એમ લાગતું હોય કે ચારસો વર્ષ જૂનું વિજ્ઞાન હજું શું ભણ્યા કરવાનું તે સમજી જશે કે પાયાના નિયમો જાણ્યા-સમજ્યા વિના આધુનિક વિજ્ઞાનમાં આગળ નહિ વધી શકાય.

ગણિતની એક શાખા- calculus- કલનગણિતની શોધ પણ ન્યૂટને સ્વતંત્રપણે કરી હતી. ગણિત-વિજ્ઞાનમાં આ શોધ અત્યંત ક્રાંતિકારી હતી. અલબત્ત તેના જ એક સમકાલીન જર્મન ગણિતજ્ઞ લિબનિઝ (Leibnitz)એ બીજા પ્રકારના કૅલ્ક્યુલસની શોધ કરી હતી. આ બાબતનો ઉલ્લેખ ખુદ ન્યૂટને પોતાના ગ્રંથ 'પ્રિન્સીપિયા' ના બીજા ભાગમાં કર્યો છે કે ''લિબનિઝે તેનું કૅલ્ક્યુલસ મોકલ્યું હતું તેથી જાણવા મળ્યું કે એણે પણ મારા જેવી જ શોધ કરી છે.'' (હાલ કૅલ્ક્યુલસમાં આપણે જે સંજ્ઞાઓનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તે લિબનિઝે પ્રયોજેલી છે).

ન્યૂટન આટલો મહાન વૈજ્ઞાનિક હતો પરંતુ તેણે કહ્યું હતું કે ''હું દૂર સુધી જોઇ શકું છું કારણ કે હું, પૂર્વજોના ખભા પર ઉભો છું.'' માનવજાતિએ આટલી બધી ઝડપી પ્રગતિ કરી છે કારણ કે આપણે ન્યૂટનના ખભા પર ઉભા છીએ.

સત્તરમી સદી પછી કૂદકો મારીને ઓગણીસમી સદીમાં જઇએ તો ઓર્સ્ટેડ, ફૅરેડે વગેરેને યાદ કરવા પડે. એ સદીની શરૂઆતથી (1820) ચુંબક અને વીજપ્રવાહ વચ્ચેના સંબંધો વિકસતા ચાલ્યા. અને ડાઇનેમો, ઈલેક્ટ્રીક મોટર, પાવરસ્ટેશન વગેરેની પ્રગતિ થતી ગઇ. બ્રિટનમાં સ્વાન અને અમેરિકામાં એડીસને ઈલેક્ટ્રીક બલ્બની શોધ કરી અને માનવજાતિનું જીવન પ્રકાશથી ઝળાંહળાં થયું. વિદ્યુતપ્રવાહની મદદથી ચાલતા સાધનોને કારણે મોટાં પરિવર્તનો થયાં. રોજબરોજના જીવનમાં, ઉદ્યોગોમાં, વિજ્ઞાનમાં બધા ક્ષેત્રે હરણફાળ ગણાય તેવી પ્રગતિ થઇ. રમતગમત અને મનોરંજન ક્ષેત્રે પણ તેની અસર થઇ. વૈજ્ઞાનિક શોધની માનવજીવન પર થતી ક્રાંતિકારી અસરનું આના કરતાં વધુ સારું ઉદાહરણ જડવું મુશ્કેલ છે. આ ક્ષેત્રની પ્રગતિ વીસમી સદીમાં પણ અસર કરતી રહી.

ઇટાલીમાં માર્કોનીએ વાયરલેસની શોધ કરી અને સંદેશાવ્યવહાર ક્ષેત્રનો વિકાસ થયો. પરંતુ ઈલેક્ટ્રોનીક્સની શોધે તેમાં ક્રાંતિ આણી. તેમાંયે ટ્રાન્ઝીસ્ટરની શોધ પછી તો પ્રગતિની હરણફાળ નહિ ઉડાન શરૂ થઇ. વધુને વધુ સુક્ષ્મ છતાં વધુ ક્ષમતા ધરાવતાં સાધનો બનતા ગયા. હવે તો કોમ્પ્યુટર પણ તોતીંગ મશીનને બદલે નાની હથેળીમાં સમાય તેવા બનવા માંડ્યા છે. અત્યારે રોજિંદા જીવનમાં દરેક ક્ષેત્રે આ શોધોનો જ ઉપયોગ થઇ રહ્યો છે. એના વગર હવે જીવન અશક્ય લાગવા માંડ્યું છે. ખ્યાલ આવ્યો ને, આપણે 21મી સદીમાં આવી ગયા છીએ !

ઓગણીસમી સદીના અંતમાં આકસ્મિક રીતે રેડીયો-ઍક્ટીવીટીની શોધ થઇ અને તે ભૌતિકવિજ્ઞાનનો 'પારસમણિ' બની રહી. કેટલાક પદાર્થો સ્વયંભૂપણે કેટલાંક વિકિરણો ઉત્સર્જિત કરે છે. આ ગુણધર્મ રેડીયો-ઍક્ટીવીટી તરીકે ઓળખાયો. હકીકતે આમાં ધન વીજભાર ધરાવતા આલ્ફાકણો, ઋણ વીજભાર ધરાવતા બીટા કણો અને વીજભારરહિત ગામા કિરણો ઉત્સર્જિત થાય છે. વળી આલ્ફા કે બીટા કિરણો ઉત્સર્જિત થવા સાથે પરમાણુમાં (તત્વમાં) પરિવર્તન થાય છે. તે મૂળ તત્વ મટીને બીજું તત્વ બની જાય છે. લગભગ તે જ સમયગાળામાં 1897માં જે. જે. થૉમ્સને ઈલેક્ટ્રોનની શોધ કરી. આમ પરમાણુ બંધારણ વિશેના ખ્યાલોમાં પ્રગતિ શરૂ થઇ. આલ્ફા કણોને પાતળા વરખમાંથી પસાર કરતાં જે પરિણામો મળ્યાં તેમાંથી ''ન્યુક્લીઅર ઍટમ મૉડેલ''-નાભિક ધરાવતાં પરમાણુનો જન્મ થયો ! આમ હવે 2011માં નાભિકના જન્મને સો વર્ષ પૂરાં થશે.

હકીકતે રેડીયો-ઍક્ટીવીટીને 'પારસમણિ' એટલે કહેવાય કે એક તત્વનું બીજા તત્વમાં રૂપાંતર કરવાની ચાવી આ શોધમાંથી મળી. કોઇ તત્વના નાભિકમાં પ્રોટોનની સંખ્યા પરથી તે ક્યું તત્વ છે તે નક્કી થાય. એટલે પ્રોટોનની સંખ્યામાં ફેરફાર કરવાથી જ તત્વમાં પરિવર્તન થાય છે. રેડીયો-ઍક્ટીવીટીમાં આવું કુદરતી રીતે થાય છે, પરંતુ કૃત્રિમ રીતે પણ આવો ફેરફાર કરી શકાય. અલબત્ત રેડીયો-ઍક્ટીવીટી એ નિસર્ગદત્ત એવો ગુણધર્મ છે જેમાં ભૌતિક રીતે કોઇપણ ફેરફાર કરવો શક્ય નથી. પદાર્થને ઠંડો કે ગરમ કરો, ચુંબકીય કે વીજક્ષેત્રમાં મુકો કે, રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરો તો પણ તત્વ પોતાનો આ ગુણધર્મ ગુમાવતું નથી. અલબત્ત કૃત્રિમ રીતે, સ્થાયી તત્વોના રેડીયો-ઍક્ટીવ સમસ્થાનિકો બનાવી શકાય છે, જેનો શાંતિમય ઉપયોગ

કૃષિ, ચિકિત્સા વગેરે ક્ષેત્રમાં થાય છે. ન્યુક્લિયર ઉર્જાક્ષેત્રે પણ રેડીયો-ઍક્ટીવીટીનો ઉપયોગ છે. બીજી તરફ પરમાણુ ન્યુક્લિયર બૉમ્બરૂપે માનવજાતિના હાથમાં ભયાનક વિનાશક શક્તિ પણ આવેલ છે. તેનો કેવો ઉપયોગ કરવો તે માનવજાતિની સારાસાર વિવેકબુદ્ધિની પરીક્ષા કરે છે.

વીસમી સદીની શરૂઆતમાં આઇન્સ્ટાઇનનું ક્રાંતિકારક પ્રદાન ભૂલી શકાય જ નહિ. ગૂઢ ફિલોસોફીની સાથે એ હતા ભૌતિકશાસ્ત્રના મૂળભૂત પાયા હચમચાવી દેનાર ક્રાંતિકારી વિચારો ! દળ, લંબાઇ (અવકાશ) કે સમય નિરપેક્ષ નહિ; સાપેક્ષ છે ! 2005ના સમગ્ર વર્ષ દરમ્યાન આઇન્સ્ટાઇનની શોધો વિશે વિસ્તૃત કાર્યક્રમો થયા તેથી અહીં તેના વિશે લખ્યું નથી.

અહીં વર્ણવેલ બધી જ શોધો વિશે શાળાઓમાં અને સ્નાતક-અનુસ્નાતક કક્ષાએ શીખવવામાં આવે છે પરંતુ તે શોધો કેવી યુગપરિવર્તક રહી અને માનવજીવન પર તેનો કેટલો ઊંડો પ્રભાવ થયો તેને એક પરિપ્રેક્ષ્યમાં અહીં મુકવાનો પ્રયાસ કર્યો છે. જો આપને એમ લાગે કે અહીં કેટલીક અગત્યની શોધોનો ઉલ્લેખ થયો નથી, તો ઉઠાવો કાગળ-પેન, અને લખો એક લેખ !!!

*****

એપ્રિલ 11, 2010ના રોજ યોજાયેલ IAPT RC-7ની સભામાં પ્રો. શ્રી એસ. પી. પંડ્યાના બહુમાનની તસ્વીર

‘થોર’નો પડકાર

અનુવાદ:
પ્રો. ગીરીશ વેકરીયા
સર પી. ટી. સાયન્સ કોલેજ, મોડાસા

પ્રસિદ્ધ જર્નલ રેઝોનન્સના ‘ફેઇસ ટુ ફેઇસ’ વિભાગમાં વિજ્ઞાન સાથે સંકળાયેલા વ્યક્તિત્વની વૈજ્ઞાનિક તરીકે કારકીર્દી પસંદ કરવા માટેના પરિબળો અને સંજોગો પર પ્રકાશ પાડવામાં આવે છે. તેમાંથી લીધેલ ભારતના પ્રસિદ્ધ વૈજ્ઞાનિક Atomic Energy Commissionના અધ્યક્ષ ડૉ. અનિલ કાકોડકરની સુજાતા વર્દરાજન સાથેની મુલાકાતના અંશો પ્રસ્તુત છે.

ભારતીય ન્યુક્લિયર રણનીતિની તાજેતરની રાજકીય ચર્ચાઓમાં, કુદરતી રીતે મળતી ચાંદી જેવી સફેદ થોડી રેડિયોગુણધર્મી થોરિયમ-ધાતુ મોખરે છવાયેલી છે. ભારત કે જે ખુબ જ થોડું કુદરતી યુરેનિયમ ધરાવે છે, તે દુનિયામાં રહેલા થોરિયમના કુલ જથ્થાનો લગભગ ત્રણ ચતુર્થાંશ જથ્થો ધરાવે છે. આમાંથી મોટો ભાગ મોનેઝાઇટ રૂપે દક્ષિણ અને પૂર્વના દરિયાકાંઠા પર જમા થયેલ છે. રોકેટગતિની જેમ કિંમતોનો વધારો અને યુરેનિયમની મર્યાદિત ઉપલબ્ધિને કારણે આગામી વર્ષો માટે ભારતે થોરિયમને ન્યુક્લિયર ઇંધણ તરીકે પસંદ કરેલ છે. વધારામાં યુરેનિયમ કરતાં થોરિયમનું ઇંધણ ચક્ર વધારે અસરકારક છે. છતાં, દુનિયાભરના ન્યુક્લિયર રીએક્ટરોમાં પરંપરાગત રીતે યુરેનિયમ વપરાય છે, કેટલાંક વૈજ્ઞાનિકોએ ભવિષ્યના ઇંધણ તરીકે થોરિયમની મહત્તા સ્વીકારી છે, તેમાં નોબેલ વિજેતા કાર્લો રુબિના નોંધનીય છે કે જેમણે સલામત, નિયંત્રિત કરી શકાય તેવી ખંડન પ્રક્રિયા રજુ કરેલ જેને એનર્જી એમ્પ્લીફાયર કહે છે.

ભારતે ત્રિસ્તરીય ન્યુક્લિયર કાર્યક્રમ બનાવેલ છે. તેની રૂપરેખા અત્રે જોઇએ તો;

(૧) Pressurized Heavy Water Reactors (PHWR) અને Light Water Reactors. પ્લુટોનિયમ (Pu-239) બનાવવા અનુક્રમે કુદરતી અને ઓછું સમૃદ્ધ યુરેનિયમ ઇંધણ હોય છે.

(૨) ન્યુક્લિયર પાવર ઉત્પાદનની ક્ષમતા વધારવા અને Th-232માંથી U-233 બનાવવા પ્લુટોનિયમ આધારિત ઇંધણનો ઉપયોગ કરતાં Fast Breeder Reactors (FBR) ઉપયોગમાં આવશે.

(૩) U-233, Pu-239 અને Th-232ને બાળવા Advanced Heavy Water Reactors (AHWR) કે જે તેની લગભગ 70% ઊર્જા Thમાંથી મેળવતું હોય તેનો ઉપયોગ કરશે. ઉપયોગમાં લેવામાં આવતા ઇંધણની ફરી પ્રક્રિયા થશે. વિખંડિત પદાર્થ અલગ કરી ફરી ઉત્પાદિત કરાશે.

ડૉ. અનિલ કાકોડકર, વર્ષોથી ન્યુક્લિયર ઇંધણ તરીકે થોરિયમના ઉપયોગના પ્રણેતા રહ્યા છે. તેઓ એક અત્યંત કુશળ અને અનુભવી એન્જીનીયર તથા ન્યુક્લિયર ટેકનોલોજીના વૈજ્ઞાનિક છે. તેઓની 1996માં BARCના નિયામક તરીકે નિમણૂંક થઇ, તેઓ 2000થી DAEના સેક્રેટરી રહ્યા છે અને હાલ નિવૃત્ત થયા છે. તેઓ ઘણી બધી રાષ્ટ્રીય તેમજ આંતરરાષ્ટ્રીય એકેડેમીના સભ્ય છે.

ડૉ. અનિલ કાકોડકરના ઉત્સાહ અને ચોકસાઇ તેઓના શબ્દો દ્વારા સ્પષ્ટ દેખાય છે. વાતચીત દરમ્યાન તેઓ એક વ્યવહારુ અને ઘણા સરળ વ્યક્તિ જોવા મળે છે. મુશ્કેલીમાંથી માર્ગ કાઢવાની તેઓની ક્ષમતા અને લક્ષ્ય મેળવવાની એકાગ્રતા જુસ્સો વગેરે શક્તિઓએ તેમની અસાધારણ સફળતામાં પ્રદાન કરેલ છે.

યુવાન વયે તેમણે 100 MW રીએક્ટર ધ્રુવાની ડિઝાઇન અને બાંધકામમાં મહત્વનું યોગદાન આપેલ. ત્યારબાદ તેમણે ન્યુક્લિયર રીએક્ટરની સલામત યંત્ર રચના વધારવાના નવા ઉપાયો અને માર્ગો શોધ્યા. તેમણે AHWRs અને FBRsના વિકાસની શરૂઆતનો દ્રઢ નિશ્ચય કર્યો. તેમણે કલ્પક્કમ-1 અને 2 તથા રાજસ્થાન-1 ન્યુક્લિયર રીએક્ટર્સ કે જે રીપેર ન થઇ શકે તેવા થઇ ગયા હતા તેને પુનઃસ્થાપિત કરવામાં પણ સફળતા મેળવી. તેઓ 1974 તથા 1998ના પોખરણ પરીક્ષણોમાં જોડાયેલ હતા. ભારતને વિજળીના ઉત્પાદનમાં આત્મનિર્ભર બનાવવાના તેઓના પ્રયત્નોએ થોરિયમ આધારિત ન્યુક્લિયર રીએક્ટર્સના સંશોધન પર AHWRની ડિઝાઇન અને દેશમાં ADSપરનાં પ્રયોગોને ઉત્તેજન આપ્યું. તેમણે ન્યુક્લિયર એનર્જી ટેકનોલૉજીમાં આપેલ પ્રદાન અને તેમની રાષ્ટ્ર પ્રત્યેની સેવા માટે ઘણી પ્રશસ્તિઓ મેળવી છે. જેમાં 1998માં પદ્મશ્રી 1999માં પદ્મભૂષણ અને 2009માં પદ્મવિભુષણનો સમાવેશ થાય છે.

મિકેનિકલ એન્જિનીયરીંગના અભ્યાસ બાદ કોર્પોરેટ ક્ષેત્રની સેવાને બદલે ડૉ. કાકોડકરે Atomic Energy Establishment (હવે BARC)માં જોડાવાનું પસંદ કર્યું. આ નિર્ણય અંગત રસ અને વ્યક્તિગત લક્ષ્યોને કારણે લેવાયો હતો. હવે મુલાકાતના અંશો જોઇએ.

સુજાતા : તમે તમારા શરૂઆતના શિક્ષણ વિશે અને તમોને મિકેનિકલ એન્જિનિયરીંગથી એટોમિક એનર્જી તરફ દોરી જનાર પરિબળ વિશે કહેશો ?

ડૉ. અનિલ : મધ્યપ્રદેશના બડવાની નામના નાના નગરમાં મારો જન્મ થયો હતો. મેં મારું શાળેય શિક્ષણ નજીકના ખરગોનમાં લીધું. તે એક શિષ્ઠ નગર હતું. પ્રમાણમાં મોટું, કદાચ 50000ની વસ્તી હશે. ગણિત માટેની અભિરૂચિનો મારામાં વિકાસ થયો કારણ કે અમારે ગણિતના શિક્ષક ઘણા સારા હતા. માનું છું કે શિક્ષક તરીકે તેઓ ઉત્તમ માર્ગદર્શક હતા.

ત્યારબાદ હું કોલેજના શિક્ષણ માટે મુંબઇ આવ્યો. આ વર્ષ હતું 1958. તે એક શહેરી વાતાવરણ હતું તેથી ગોઠવણના ઘણા પ્રશ્નો હતા, એક પ્રશ્ન ભાષાનો હતો. રૂપારેલ કોલેજમાં મેં ઇન્ટરમિડીએટ સાયન્સ કર્યું. તે સમયે તમે પ્રથમ વર્ષ ઇન્ટરમિડીએટ કરો પછી એન્જીનીયરીંગ કે બી.એસ.સી.માં જઇ શકો, જ્યારે હું ઇન્ટરમિડીએટ સાયન્સમાં પાસ થયો ત્યારે વાઇસ પ્રિન્સિપાલ પાસે તેમનો આભાર માનવા ગયો. તેમણે મને પુછ્યું ''તું આગળ શું કરવાનો છે ?'' મેં કહ્યું હું B.Sc. કરીશ. હું મારા શહેરની કોલેજમાં અભ્યાસ ચાલુ રાખવાનો છું. તેમણે મને કહ્યું, ''નહિ, નહિ, તેં સારા માર્કસ મેળવ્યા છે. તને એન્જિનિયરીંગ કોલેજમાં એડમીશન મળશે. આવતી કાલે મારી ઓફીસમાં આવીજા હું તને એન્જિનિયરીંગ કોલેજ માટેનું અરજીપત્રક આપીશ.'' મે કહ્યું, પણ હું તો B.Sc. કરવા ઇચ્છું છું.'' તે દિવસોમાં કોઇ વ્યક્તિ શિક્ષક સામે વધુ પડતી દલીલ કરી શકતી નહિં. તેમણે કહ્યું ''નહિ, આપણે તે બધું પછી જોશું, પણ તું ફોર્મ્સ ભરી દે, તું આવતી કાલે આવે છે.'' હું ઇન્કાર કરવા કે તેનો વિરોધ કરવાની સ્થિતિમાં નહોતો, તેથી મેં કહ્યું ''ભલે હું આવતી કાલે તમારી ઓફીસમાં આવીશ.'' હું જતો હતો ત્યારે તેમણે કહ્યું ''મને ખાત્રી છે કે તને એન્જિનિયરીંગ કોલેજમાં પ્રવેશ મળશે, પણ કદાચ તારે B.Sc. કરવાની જરૂરિયાત ઉભી થાય તો તું ક્યા વિષયમાં કરવા માંગે છે ?'' તે સમયે મને ભૌતિકશાસ્ત્રમાં વધુ રસ પડતો હતો. મેં કહ્યું કે, હું ભૌતિકશાસ્ત્ર-ગણિતશાસ્ત્રમાં કરવા ઇચ્છું છું. તેમણે મને પુછ્યું, ''ભૌતિકશાસ્ત્ર અને ગણિતશાસ્ત્રમાં શા માટે કરવા ઇચ્છે છે ?'' મેં કહ્યું, ''મને તે ગમે છે, જેથી M.Sc. હું ભૌતિકશાસ્ત્રમાં કરી શકું.'' તેમણે કહ્યું, જો .B.Sc. કરવાની જરૂરિયાત ઉભી થશે તો હું તને B.Sc.માં ગણિતશાસ્ત્ર-ભૌતિકશાસ્ત્રમાં પ્રવેશ આપીશ, ભૌતિકશાસ્ત્ર-ગણિતશાસ્ત્રમાં નહી. મે કહ્યું 'કેમ ?'' તેમણે કહ્યું, ''તું જાણતો નથી, તું હજુ નાનો છે, હું તને પ્રેક્ટીકલ પરીક્ષાઓ હોય તેવા વિષયમાં M.Sc. કરાવવા ઇચ્છતો નથી.'' છેવટે મેં એન્જિનિયરીંગમાં VJTI (વીરમાતા જીજાબાઇ ટેકનોલોજીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ)માં પ્રવેશ લીધો. મેં મિકેનિકલ એન્જિનિયરીંગનો અભ્યાસ કર્યો. મારી એન્જિનિયરીંગ ડીગ્રી પૂર્ણ કર્યા પછી હું ઘણા લોકોને મળ્યો, તેમાંથી કેટલાકે સુચવ્યું કે જો તમે ટ્રોમ્બે ખાતે Atomic Energy Establishment (BARCનું તે વખતે આ નામ હતું)માં જોડાવ તો તમે જેની શોધ કરો છો તેવું કામ કદાચ મેળવી શકો. તે સમયે નોકરી મેળવવા અમે મિત્રો આતુર હતા. તેથી મારી જ નહીં, મારા બધા મિત્રોની ફાઇલો એપોઇન્ટમેન્ટ લેટર્સથી ભરેલી રહેતી. ઘણા કિસ્સામાં તો ઇન્ટર્વ્યુમાં ગયા વિના પણ ઇન્ડસ્ટ્રીઝને જાણ થાય કે તમે VJTIમાંથી સ્નાતક થયા છો તો તેમને

એપોઈન્ટમેન્ટ લેટર મોકલાવી દે. તેઓ તમને કહે ‘‘અમારી સાથે જોડાવામાં તમને રસ હશે, આ ફોર્મ ભરો ને અમોને મોકલી આપો. પછી અમારી પાસે આવો,’’ VJTIનાં મારા સાથીદારો હું Atomic Energy Establishmentમાં જોડાઉં તેવું ઇચ્છતા નહોતા. જ્યારે તેઓએ જાણ્યું કે હું આવુ કંઇક વિચારું છું ત્યારે તેઓએ મારા પર સરકારી નોકરીમાં ન જોડાવા ઘણું દબાણ કર્યું. તેઓએ કહ્યું કે ‘‘તારે ઇન્ડસ્ટ્રીઝમાં જોડાવું જોઇએ’’, કારણ કે સરકારી નોકરીમાં ઊંચા પગાર ચૂકવાતા નહોતા. આથી જ્યારે તેઓએ જાણ્યું કે મને આ નોકરી માટે ઇન્ટર્વ્યુ પત્ર મળ્યો, ત્યારે તે પત્ર મારી પાસેથી લઇ લીધો, અને હું ખરેખર તે ઇન્ટર્વ્યુ ચૂકી ગયો. મેં મારી ડીગ્રી પરીક્ષા પૂરી કરી તે દિવસે એક કંપની દ્વારા મારી ભરતી કરી લેવામાં આવી પરિણામ જાહેર થાય તે પહેલાં જ મારી પાસે નોકરી હતી અને મેં કામ શરૂ કરી દીધું હતું. પણ મારે Atomic Energy Establishmentમાં જ કામ કરવાનો વિચાર હજુ મારા મનમાં હતો. મારા મિત્રોએ તે ઇન્ટર્વ્યુ પત્ર મને ઇન્ટર્વ્યુની તારીખ પછી પરત આપ્યો, તેથી તે પત્ર લઇ હું Atomic Energy Establishmentમાં ગયો ત્યાં 10-15 દિવસથી ઇન્ટર્વ્યુ ચાલુ જ હતા, તેથી મેં ત્યાં કહ્યું કે ‘‘હું બરાબર તે જ તારીખે આવવાનો હતો પણ અમુક કારણસર હું આવી શક્યો નહીં. જો હવે મારો ઇન્ટર્વ્યુ લેવામાં આવશે તો મને આનંદ થશે.’’ તે ગુસ્સે થયા, પણ હું આગ્રહપૂર્વક કહેતો રહ્યો કે મને આ નોકરીમાં રસ છે. અંતે કમિટીમાંથી એકે મારો ઇન્ટર્વ્યુ લીધો અને મને પસંદ કર્યો.

હું તાલીમી શાળામાં પ્રવેશ્યો અને એ અમારી 7મી બેચ હતી. હું મારી બેચમાં સૌથી ટોચના ક્રમાંકે હતો. મેં રીએક્ટર એન્જિનિયરીંગનો વિકલ્પ પસંદ કર્યો કારણ કે મને લાગ્યું કે તેમાં હું મારા એન્જિનિયરીંગ જ્ઞાનનો અને પશ્ચાદભૂમિકાનો ઉપયોગ કરી શકીશ. મેં વિચાર્યું હું પાવર રીએક્ટર ડિઝાઇન વિભાગમાં જોડાઇશ, જેમાં ઘણા પરિવર્તન આવ્યાં, અને આજે તે 'Nuclear Power Corporation' છે. આમ છતાં રીએક્ટર એન્જિનિયરીંગ વિભાગમાં લોકોએ મને વિકાસની બાબત પર કામ કરવાની સલાહ આપી તેથી મેં વિચાર્યું કદાચ તે સાચી સલાહ હોય અને મેં એન્જિનિયરીંગ પ્રયોગશાળામાં પ્રવેશ કર્યો. આ બાબતે મને રીએક્ટરના વિકાસના પાસાઓ સાથે એકદમ પાયામાંથી સામેલ થવાની તક અપાવી. તે ખરેખર સંતોષકારક અનુભવ હતો. જ્યારે તમે ઘણા ક્ષેત્રોને સામેલ કરી એક જટીલ પ્રક્રિયા પર કામ કરતા હો ત્યારે જુદી જુદી આવશ્યકતાઓને કેમ સમતુલિત કરવી તેનો ખ્યાલ આવે છે.

સુજાતા : ત્યારબાદ તમે શું કર્યું ?

ડૉ. અનિલ : મદ્રાસ એટોમિક પાવર સ્ટેશન કંટેઇન્મેન્ટ સિસ્ટમ પર કામ કર્યા બાદ અમે 220 MW PHWR રીએક્ટરના ભાગોને પ્રમાણભૂત કરી વિકસાવવાનું કામ ઉપાડ્યું, જેને માટે જુદા જુદા સ્તરે ઘણું બધું કામ જરૂરી હતું. ત્યારબાદ મને 100 MW ધ્રુવા રીએક્ટર પર કામ કરવા માટે પૂછવામાં આવ્યું. રીએક્ટર નવું હતું, સિદ્ધાંતની દૃષ્ટિએ પણ ! તેના જેવું એકપણ રીએક્ટર બીજી કોઇપણ જગ્યાએ નહોતું. બધા જ રીએક્ટર સમાન સિદ્ધાંત પર કામ કરે છે. પરંતુ રચના સિદ્ધાંતના ધોરણે તે નવું હતું. પ્રકલ્પમાં મને મુખ્ય સિસ્ટમ સોંપવામાં આવી. મારા સાથીઓ કે જેને અન્ય સિસ્ટમની જવાબદારી સોંપાયેલ તે મારા કરતાં લગભગ દશેક વર્ષ મોટા હતા. આમ હું ઉંમરની દૃષ્ટિએ યુવાન હતો અને અનુભવમાં પણ તમે તમારી સાથેના વધારે ઉંમરના માણસો પાસેથી શીખી શકો છો.

સુજાતા : તો શું તમે રીએક્ટરના મધ્યભાગ (હાર્દ)ની રચના કરી ?

ડૉ. અનિલ : હા સરસ, ભૌતિકશાસ્ત્ર બીજાએ આપેલ હતું પરંતુ હું તેનો ઇજનેર હતો. મધ્યભાગની જે ભૂમિતિ રચવામાં આવેલ તે એન્જિનિયરીંગ માટે યોગ્ય નહોતી. ભૌતિકશાસ્ત્રના માપદંડો જાળવી રાખી મેં મધ્યભાગના નકશાને બદલીને ઇજનેરી દૃષ્ટિએ વધારે સરળ બનાવ્યો. આમ તેમાં ઘણું મોટું કામ હતું. રીએક્ટરમાં ઘણી બધી સગવડતાઓ હતી, તે ઘણા બધા લોકોને પ્રાયોગિક સુવિધા પૂરી પાડતું હતું. ખાસ કરીને ન્યુટ્રોન પ્રકીર્ણનમાં જુદા જુદા ઉપયોગકર્તાઓ માટે વિવિધ ઊર્જા તથા ઝડપ ધરાવતાં ન્યુટ્રોન ફ્લક્સની જરૂરીયાત સંતોષે તેવી રચના વિકસાવવી એ એક મોટો પડકાર હતો. આ પ્રકારની રચના માટે ઇલેક્ટ્રોન બીમ વેલ્ડીંગ ઉભું કરવું જરૂરી હતું. આથી અમે તે સગવડ ઉભી કરી. આ બધું મારા મિત્રોને લીધે થયું કે જેઓ કેટલાક ટેકનીકલ

ભૌતિકશાસ્ત્રના હતા અને તેઓએ બધાના ગુણવત્તાના ધોરણોને ચકાસ્યા. તે પછીનો પ્રશ્ન હતો કે ન્યુટ્રોનને બહાર આવવા માટે તમારે એવો દરવાજો જોઇએ, જે ન્યુટ્રોનને પસાર થવા દે છતાં હેવી વોટર માટે તે દિવાલ બની રહે. અમે ઝિર્કોનિયમ મિશ્રધાતુની સાથે સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલ જોડીને બારી બનાવવાનું વિચાર્યું. તમે ઝિર્કોનિયમ મિશ્રધાતુ અને સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલને જોડી ન શકો. અમે યાંત્રિક રોલ સાંધાઓ વિકસાવ્યા હતા. તેના માટે અમારે અમારા કેટલાંક સાધનો ઊભા કરવા જરૂરી હતાં, તે સાધનો બનાવ્યાં. વેલ્ડીંગથી ઝિર્કોનિયમ મિશ્રધાતુને લગાવવામાં આવી. આમ આ બધામાં પ્રાયોગિક કાર્ય અને વિકાસની દષ્ટિએ ખૂબ મજા આવી.

મેં ધ્રુવા રીએક્ટર પર કામની શરૂઆત કરેલ હતી. હું પહેલા પોખરણ પ્રયોગોમાં સામેલ હતો. તે પલ્સ ફાસ્ટ રીએક્ટરથી ઓળખાતું. બીજા રીએક્ટરની ડિઝાઇન પણ મેં બનાવેલ હતી. જે ક્યારેય બહાર આવ્યું નહીં તે એવું રીએક્ટર હતુ કે જેમાં હાઇસ્પીડે તમે રીએક્ટરના મધ્યભાગની નજીક રીફ્લેક્ટર બ્લોક રાખો છો એવું આમાં કર્યું, પલ્સ રીએક્ટર-સાથે વાસ્તવિક દષ્ટિએ તેને થોડુ ગંભીર ગણીએ અને પછી તુરંત જ ઝડપથી શૃંખલા પ્રક્રિયા બંધ થવાથી દૂર રાખે છે. રીએક્ટરના પાછળના ભાગે વધારે ઝડપથી ફરતા લાંબા રોટર ઉપર રીફ્લેક્ટર લગાવેલ હોય છે રીએક્ટરના મધ્યભાગને નિયમિત પલ્સ મોકલી શકો છો. આ સિદ્ધાંત હતો, અને પ્રશ્ન એ હતો કે આપણે બેરેલિયમના ટુકડાને ખૂબ ઝડપે ઘુમાવી રીએક્ટરના મધ્યભાગમાંથી આ ઊંચી ઝડપે અત્યંત નજીક (મીમી જેટલા અંતરમાં) લાવીને ઝબકારો મારી શકીએ. અમે રોટરની ડિઝાઇન બનાવી નાખી પરંતુ અંતે આ રીએક્ટર ક્યારેય બન્યું જ નહિં.

સુજાતા : તમારે પલ્સ રીએક્ટરની શા માટે જરૂરિયાત હતી ?

ડૉ. અનિલ : પ્રયોગો માટે તમારે ઘણુ મોટું ન્યુટ્રોન ફ્લક્સ જોઇએ. હવે સ્થિત અવસ્થામાં જો તમે તેવું હાઇ ન્યુટ્રોન ફ્લક્સ ઉત્પન્ન કરો તો સાથે તમારે ખૂબ જ વધારે પાવર ખેંચવા પહોંચી વળવું જોઇએ. તેથી રીએક્ટરનું એન્જિનિયરીંગ વધારે ગુંચવાડાભર્યું બને છે, બીજી બાજુ જો તમે પલ્સ મોડમાં રીએક્ટર ચલાવો તો તમને ઠીક ઠીક મધ્યમ પાવર વાપરતી સિસ્ટમ સાથે ઊંચી કક્ષાના ન્યુટ્રોન પલ્સ મળે. જેનાથી પ્રયોગકર્તાઓ ઘણીબધી રીતે તેનો ઉપયોગ કરી શકે, પરંતુ સાથે થર્મલ મેનેજમેન્ટની બાબતો ગૂંચવાડા ભરી બને છે. આમ આ પ્રકારના રીએક્ટરના ઘણા બધા ફાયદાઓ છે, જે જોવા મળ્યું નહિં, પરંતુ ચોક્કસ તે એક સારો અનુભવ હતો.

સુજાતા : તમને થોરિયમની પ્રક્રિયાવાળા રીએક્ટર વિકસાવવાનો વિચાર કઇ રીતે આવ્યો ?

ડૉ. અનિલ : અમે નાના પાયે થોરિયમનું કાર્ય કરેલ હતું. અને કામિની રીએક્ટર તે U-233 પર ચાલતી 30 KWની રચના હતી. કદાચ બીજો તર્ક એ હતો કે અમારા થોરિયમ સાથેના પ્રયોગોનો વિસ્તાર કરવો, ત્યારે મોટી ટેકનીકો અને કદમ ઉઠાવવા જરૂરી હતાં. બીજા તબક્કામાંથી ત્રીજા તબક્કામાં જવા માટે ખુબ ઊંડી ક્ષમતાની જરૂરીયાત પડે છે. આમ તો પ્રારંભિક સ્તરે-પ્રયોગશાળા સ્તરે અમે થોરિયમના વપરાશના જાણકાર હતા. જો અમે ખરેખર પાવર ઉત્પન્ન કરવા ઊંચી કક્ષાની ટેકનોલોજીની જાણકારી ન મેળવીએ તો, અમે ઝડપથી આ ફેરફાર ન કરી શકીએ. આમ થોરિયમ રીએક્ટર વિકસાવવાની જરૂરિયાત ઉભી થઈ તે સમય લગભગ ચેર્નોબિલ દુર્ઘટનાનો હતો. તેથી આખું વિશ્વ સલામત રીએક્ટર વિકસાવવા તરફની શરૂઆત કરી રહ્યું હતું. સલામતીની દષ્ટિએ ઉપલબ્ધ રીએક્ટરને કઇ રીતે સુધારવા તે ઘણું મોટું કામ હતું. ત્યારે તે પણ ચર્ચાનો વિષય હતો કે અમે ભવિષ્યના વિકાસની અથવા રીએક્ટર ટેકનોલોજીમાં ક્રાંતિ વિશેની વાત કહીએ. આ વાતો થતી હતી અને આજે પણ ચર્ચા એ છે કે જો તમે સંપૂર્ણ નવી ટેકનોલોજી વિશે વિચારશો તો તમે પાયાથી ફેરફાર કરી શકશો, કંઇક સંપૂર્ણ નવું જ અને આમ રીએક્ટર વિચારવાનું શક્ય બન્યું, કે જે ખુબ જ નાનું અને સક્રિય તંત્ર પર આધારિત છે.

સામાન્યતઃ ન્યુક્લિયર રીએક્ટરની આસપાસ આવરણ હોય છે, અને પ્રતિબંધિત વિસ્તાર હોય છે. માનવીય વિસ્તાર અને રીએક્ટર વચ્ચે દીવાલ આવશ્યક છે માટે હું કહું છું કે, આજ માટે આ બરાબર છે પરંતુ તેને વિસ્તારો તે યોગ્ય નથી. તમને બહુ વધુ જગ્યા મળશે નહિં. શું આપણે રચનાના એવા ધોરણો વિચારી શકીએ કે બધા જ સાનુકુળતા અને સલામતી અનુભવે (ભલે મોટા શહેરની મધ્યમાં હોય તો પણ-અંતરનો પ્રતિબંધ નહિં). શું આપણે રચનાના એવા ધોરણો ન વિચારી શકીએ કે જે ગુંચવાડા ભરેલ સાધન પર આધારિત ન હોય-કારણ કે તેની કિંમતમાં પણ વધારે થાય છે અને તમારે તેના માટે વધારે કાળજી પણ લેવી પડે છે. હું આગળ વિચારું છું કે, આપણે એવું સરળ ઓપરેટરને ભુલાવી દેતું રીએક્ટર બનાવીએ કે જે ગુંચવાડા ભરેલ સાધન પર આધારિત ન હોય અને પ્રાથમિક રીતે સક્રિય રચનાઓ પર આધારિત હોય.

હવે Advanced Heavy Water Reactor (AHWR) થોરિયમમાંથી વિજળી પેદા કરે છે. તેના પણ કેટલાક પ્રશ્નો છે. ચોક્કસ તેના માટે ઘણો સમય લાગે અને ઘણું વિકાસનું કામ છે. રીએક્ટરનું આયુષ્ય 30થી 40 વર્ષ કહી શકાય; 30 વર્ષ પછી તમે શું કરશો ? બંધ કરશો ? ન્યુક્લિયર કચરો પણ એક મોટો પ્રશ્ન છે. માટે અમે એક એવા રીએક્ટરનો વિચાર કર્યો કે જે 100 વર્ષ સુધી તો ચાલે જ. આપણે શરૂમાં 25-30વર્ષના આયુષ્યવાળા રીએક્ટરની વાત કરતા હતા. પરંતુ (AHWR) સાથે આપણે 100વર્ષની આયુષ્યવાળા રીએક્ટરની વાત કરી શકીએ, અને તે જુદો જ એન્જિનિયરીંગનો પડકાર છે. આ ક્ષેત્રમાં ઘણો વિકાસ થયો છે. AHWRને લાગેવળગે છે ત્યારે હવે તે વધારે સ્પષ્ટ છે કે જો તમે પ્લુટોનિયમ અથવા કે થોરિયમ સાથે કોઇ અન્ય માઇનર એક્ટીનાઇડને ઇરેડિયેટ કરો તો, તમે આ મટેરિયલ્સમાંથી વધારે સફળતા મેળવી શકશો. ત્યાં ઓછી માત્રામાં થોરિયમ સાથે માઇનર એક્ટીનાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. યુરેનિયમ- પ્લુટોનિયમ ચક્ર સરખામણીએ લાંબા ગાળાના કચરામાં ચોખ્ખો ફાયદો થાય છે.

હાલની ટેકનોલોજીમાં રચનાની દૃષ્ટિએ આધારિત નવી રચના રચો તો આ બધા ફાયદા ત્યારે દેખાય છે. એક INPROનામનો આંતરરાષ્ટ્રીય કાર્યક્રમ છે. નવાં જ ન્યુક્લિયર રીએક્ટર અને બળતણ ચક્ર પરનો આંતરરાષ્ટ્રીય કાર્યક્રમ. આવા કાર્યક્રમો મેં કહેલા કેટલાક હેતુ ધરાવે છે. તે માટે કેટલાંક અભ્યાસકીય કિસ્સાઓ જોઇતા હતા. આમ અમોને AHWR અભ્યાસકીય કિસ્સા તરીકે મળ્યો તેથી આંતરરાષ્ટ્રીય સારી અસર પડી. તેઓ બધાએ માન્યું કે આ રચના કામ કરશે. બીજા બધા દેશો ચોથી પેઢીના રીએક્ટરો પર કામ કરતાં હતાં. પરંતુ AHWRને લાગેવળગે છે ત્યાં સુધી, આ બધામાં ભારત હરિફાઇમાં સામેલ થયું, માત્ર થોરિયમની દૃષ્ટિએ જ નહિ પરંતુ ભાવિ રીએક્ટર ટેકનોલોજીની દૃષ્ટિએ પણ. હવે આપણે રીએક્ટરો બનાવવાનું ચાલુ કરી દીધું છે અને તે માટે બીજા 7-8 વર્ષ જોઇશે. આ બધાં કાર્યક્રમો લાંબા ગાળા સુધી ચાલનારા કાર્યક્રમો છે જેમાં રચના સ્તરે અને નીચલા રચના સ્તરે ઘણા બધાં માણસો કામ કરે છે. એક વસ્તુ સમજી લેવી જોઇએ, ઘણી બધી માહિતી જોઇશે, ગુણવત્તા પ્રક્રિયાને પગલે ઘણા બધા પ્રયોગો કરવા પડશે, તે ખુબ મજાનું છે.

સુજાતા : આ મહત્વના સમયે થોરિયમ આધારિત રીએક્ટરને વિકસાવવામાં તમારા પ્રયત્નો વિશે તમે કેવું અનુભવો છો ?

ડૉ. અનિલ : આ અનુભવથી મને ખુબ જ આનંદ મળ્યો છે. એ સ્પષ્ટ છે કે તમે જે કામ કરો તેની કોઇ અસર પડતી હોય તો તમને આનંદ થાય. તમારા નવા જ સંશોધનના પ્રકાશન કે નવીનતમ ટેકનોલોજીના વિકાસમાંથી આ અસર દેખાય છે. જો તમારા કાર્યને સાપેક્ષ સમયનો લાભ થાય તો વધારે અસરકર્તા થાય છે. આજે પણ હું આ ક્ષેત્રના ભવિષ્ય વિશે જ વિચારું છું.

તમે જોયું કે થોરિયમ આપણા માટે ખુબ જ ઉપયોગી છે. આપણી પાસે પૂરતી માત્રામાં છે, આપણી પાસે વધારે યુરેનિયમ નથી. આથી થોરિયમ એ બાકીની દુનિયા માટે સંપત્તિ છે. આમ દેખીતી રીતે આપણે આ ટેકનોલોજીના વિકાસ માટે રાહ ન જોઇ શકીએ અને તેનો સ્વીકાર કરી ઉપયોગ કરવો જોઇએ. આ વિચાર છે, આપણે આપણા સંશોધનને ટેકનોલોજીમાં ફેરવવા જોઇએ અને આ ટેકનોલોજી સમાજને આપવી જોઇએ.

સુજાતા : તમને સંશોધન માટે સમય મળે છે ?

ડૉ. અનિલ : મૂળભૂત રીતે મારું કામ મોટે ભાગે તો વિકાસને લગતું છે. ચોક્કસ, પહેલાં સંશોધન પ્રવૃત્તિ માટે મારો ઘણો સમય વપરાતો, હવે હું વધારે સમય ફાળવી શકતો નથી, જો કે હું AHWR સાથે જોડાયેલ છું, પરંતુ તે એક માળખું છે હું આ માળખાનો ભાગ છું.

સુજાતા : તમે દેશના વિદ્યાર્થીઓને કંઇ વિશેષ કહેવા માગો છો ?

ડૉ. અનિલ : જો તમે મને પૂછશો કે ભારતની તાકાત શું છે, તો હું જવાબમાં કહીશ કે ભારતની તાકાત આપણા યુવાનો છે. ખરેખર આવતાં વર્ષોમાં ભારતે મોખરે રહેવું હોય તો યુવાશક્તિનો લાભ મુખ્ય આધાર હશે. હવે જો આ યુવાનોનો લાભ સંપૂર્ણ રીતે ઉઠાવવો હોય તો, તમારે યુવાનોને સારું શિક્ષણ આપી તૈયાર કરવા જોઇએ. જેથી તે સમાજને ઉપયોગી થાય. અને પોતાને પણ; બન્ને બાબતે, કમાણી કરવામાં અને જીવનમાં ! પરંતુ દેશના વિકાસમાં ફાળો આપે તે વધારે અગત્યનું છે.

હું માનું છું કે આપણે બે વસ્તુ કરવી જોઇએ. કોઇપણ ક્ષેત્રમાં યુવાનોને આવવા દેવા જોઇએ, માત્ર વિજ્ઞાનમાં જ જરૂરી નથી, હું તેની અભિયોગ્યતા મુજબના ક્ષેત્રમાં આગળ વધવાની વાત કહું છું, તેઓ આગળ વધવા જ જોઇએ. આ ચાવી છે. જો એક મોટો ભાગ વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજી હશે તો, મારી દૃષ્ટિએ એ એક મોટો ફાયદો હશે. તમે માત્ર જાણકારી માટે ન શીખો પરંતુ તેમાં કૌશલ્ય મેળવવા માટે શીખો કે જેના મારફતે ખરેખર અનુભવ મળે. આમ જ્યારે તમે શીખતા હો ત્યારે તમે અનુભવશો કે આ શીખવું એ તમારા હાથમાં છે. આપણા જુના આશ્રમોમાં આજ રીત હતી અથવા તે માટે વિદેશમાં બહાર જવું પડતું, કેટલી શૈક્ષણિક સંસ્થાઓમાં વિદ્યાર્થીઓ આ પ્રકારે શીખે છે. કેટલીક સામાજીક સેવાઓ અને સામાજીક કાર્યો પણ આ શિક્ષણનો ભાગ બને રાષ્ટ્રીય કક્ષાએ મહત્વના પ્રકલ્પો પણ આ શિક્ષણના ભાગ બની શકે, ઉદ્યોગ-સાહસિકતા એન્ટરપ્રેનિયોરશિપ પણ આ શિક્ષણનો ભાગ બની શકે.

(સ્રોત : *Resonance* - Journal of Science Education, March 2010)

*****

> *'I think,*
> *therefore I am'.*
>
> **- Rene Descartes**

વિદ્યાર્થીઓના પ્રેરણાસ્રોત - ડૉ. સી. વી. રામન

ડૉ. નિમિષા વૈદ્ય
ક્રાઈસ્ટ કોલેજ, રાજકોટ

આપણા દેશમાં દર વર્ષે 28મી ફેબ્રુઆરીનો દિવસ ''રાષ્ટ્રીય વિજ્ઞાન દિવસ'' તરીકે ઉજવાય છે. ભારતના ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રથમ નોબેલ પારિતોષિક વિજેતા, ડૉ. સી. વી. રામને સન 1928માં આ દિવસે પોતાની અદ્વિતિય શોધ ''રામન અસર''ની જાહેરાત કરી હતી. બે વર્ષ પછી, 1930માં તેમને આ શોધ બદલ નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું. નોબેલ પારિતોષિક મળ્યા પહેલાંથી તેઓ દેશ વિદેશમાં પ્રખ્યાત હતા. નોબેલ પારિતોષિક દ્વારા તેમની ગણના વિશ્વના ટોચના વૈજ્ઞાનિકોમાં થવા લાગી. તેમના જીવન અને વિજ્ઞાનમાં તેમના યોગદાન વિશે ખુબ લખાયું છે. એક વિજ્ઞાન લેખક જી. વેંકટરામને ''જર્ની ઇન્ટુ લાઇટ'' પુસ્તકમાં તેમનું જીવનચરિત્ર બખુબી આલેખ્યું છે. ડૉ સી. વી. રામનના જીવનના અનેક પાસાં આજના વિદ્યાર્થીઓ માટે ખુબ પ્રેરણારૂપ બની શકે તેમ છે. અહીં તેવા જ મુદ્દાની ચર્ચા કરીશું.

બહોળું વાંચન :

ડૉ. રામનને બાળપણથી જ વાંચનનો ખુબ શોખ હતો. તેમના પિતા ગણિત અને ભૌતિકશાસ્ત્રના શિક્ષક હોવાથી તેમના ઘરમાં આ બે વિષયોનાં અનેક પુસ્તકો ઉપલબ્ધ હતાં. રામને પોતે એકવાર કહેલું: ''એક સારા ઘર કે સારી શાળાની પરખ તે ક્યા પ્રકારના પુસ્તકો, એક ઉગતા મનના ઘડતર માટે પૂરાં પાડે છે, તેનાથી થાય છે.'' તેઓ મદ્રાસની પ્રેસીડેન્સી કોલેજમાં ભણતા હતા ત્યારે તેમણે ત્યાંના ગ્રંથાલયના પુસ્તકોનો સઘન અભ્યાસ તો કર્યો જ, સાથે સાથે ત્યાં ન મળે તેવા સંશોધનને લગતા જર્નલો નજીક આવેલા એક ગ્રંથાલયમાં જઇને વાંચ્યાં. બહોળાં વાંચનને કારણે વિશ્વમાં કઇ બાબતો ઉપર સંશોધનો થઇ રહ્યાં છે તેની તેમણે જાણકારી મેળવી. એકદમ યુવાનવયે તેમણે બ્રીટનના જાણીતાં જર્નલ 'ફિલોસોફીકલ મેગેઝીન'માં એક શોધપત્ર પ્રસિદ્ધ કરાવ્યું.

અંગ્રેજી પર પ્રભુત્વ :

સી. વી. રામને પોતાના અભ્યાસ દરમ્યાન અંગ્રેજી ભાષા પર પણ શરૂઆતથી જ પ્રભુત્વ મેળવ્યું. કોલેજમાં તેમણે તેમના પ્રિય વિષયો ભૌતિકશાસ્ત્ર અને અંગ્રેજીમાં સુવર્ણચંદ્રકો મેળવ્યા હતા. તેમના શિક્ષકો પણ અંગ્રેજી ભાષા પરની તેમની અદ્‌ભૂત પકડને બિરદાવતા. તેમના ભાષા પરના પ્રભુત્વ અને વાંચન પ્રત્યેના પ્રેમના કારણે તેઓ સામાન્ય રીતે કોલેજમાં ભણતા વિદ્યાર્થીને સમજવામાં મુશ્કેલી પડે તેવા ગ્રંથો પણ સમજપૂર્વક વાંચી શકતા.

અદ્‌ભુત બુદ્ધિપ્રતિભા અને અથાગ મહેનતનો સમન્વય :

ડૉ. રામન પહેલેથી જ અસામાન્ય બુદ્ધિપ્રતિભા ધરાવતા હતા. તેઓએ માત્ર 11 વર્ષની નાની વયે તો મેટ્રીકની પરિક્ષા પાસ કરી અને 14 વર્ષની ઉંમરે તો શિષ્યવૃત્તિ સાથે તેમણે મદ્રાસની નામાંકિત પ્રેસીડેન્સી કોલેજમાં બી.એ.ના અભ્યાસક્રમમાં પ્રવેશ મેળવ્યો. તેમના શિક્ષકો પણ માની નહોતા શકતા કે આટલી નાની ઉંમરનો છોકરો કોલેજનો વિદ્યાર્થી હોઇ શકે ! તેઓ નાનપણથી જ હંમેશા પ્રથમ ક્રમે પાસ થતા અને કોલેજમાં પણ તેમણે એ ક્રમ જાળવી રાખ્યો.

આટલા તેજસ્વી રામન મહેનતુ પણ ખુબ જ હતા. કહેવાય છે ને, ''સિદ્ધિ તેને જઇ વરે, જે પરસેવે ન્હાય.'' જ્યારે તેઓ કલકત્તામાં સરકારી નોકરી કરતાં કરતાં ''ઇન્ડીયન એસોસીએશન ફોર કલ્ટીવેશન ઑફ સાયન્સ''માં સંશોધનકાર્ય પણ કરતા હતા, ત્યારે તેમની દિનચર્યા આવી રહેતી :

સવારે 5:30 - તેઓ એસોસીએશને જતા.

સવારે 9:45 - ઘેર પાછા આવીને તેઓ ઝડપથી નાહી-જમીને ઓફિસ જવા નીકળતા.

સાંજે 5:00 - નોકરી પરથી છુટીને રામન સીધા જ એસોસીએશને સંશોધનકાર્ય કરવા જતા.

રાત્રે 10:00 - ઘેર પાછા ફરતા.

આટલી લગનથી કોઇ મહેનત કરે તો તેને સફળતા જ મળે, તેમાં કોઇ શંકા નથી.

અદમ્ય કુતુહલવૃત્તિ :

બધા જ અસામાન્ય વૈજ્ઞાનિકોનું આ એક સામાન્ય લક્ષણ હોય છે. રામનમાં પણ બાળસહજ કુતુહલવૃત્તિ હતી, જે તેમના જીવનના અંત સુધી જળવાઇ રહી હતી. તેઓ જે પ્રયોગો અંગે વાંચતા, તે ખુદ કરીને જોતા, તેમના પરિણામો ચકાસતા. જ્યારે તેમણે પહેલીવાર વિદેશ જવા માટે દરિયાઇ મુસાફરી ખેડી, ત્યારે જહાજ પર તેમણે સમુદ્રના પાણીના રંગ પર સંશોધન કરી નાખ્યું. રંગોનું તેમને એવું તો આકર્ષણ થયું કે તે પછી તેમણે પતંગીયાની પાંખના રંગો, પક્ષીઓના રંગો, કિંમતી રત્નો અને પથ્થરોના રંગો, છીપલાંના રંગો, વગેરે પર ખુબ સંશોધન કર્યું. તેઓ હંમેશા એક નાનું સ્પેક્ટ્રોસ્કોપ પોતાની સાથે રાખતા. રંગો પ્રત્યેના તેમના લગાવથી તેમણે પ્રકાશ અને તેના ગુણધર્મો પર પણ ખુબ સંશોધનકાર્ય કર્યું. દેશ વિદેશમાં ફરીને તેમણે ખુબ કિંમતી પથ્થરો, રત્નો વગેરે એકઠા કર્યા અને તેમના રંગોનું કારણ સમજવા ઘણા પ્રયોગો કર્યા. આજે પણ આ રંગબેરંગી પથ્થરો, રત્નો, છીપલાં, પતંગીયા વગેરે રામન રીસર્ચ ઇન્સ્ટીટ્યુટમાં બેંગલોરના સંગ્રહસ્થાનમાં સચવાયા છે. તેમના પિતાને સંગીતનો ખુબ શોખ હતો. આથી નાનપણથી જ તેમને વીણા જેવા તાર વાદ્યો અને તબલાં, મૃદંગ જેવા તાલ વાદ્યોનો પરિચય હતો. તેમણે આ બધા વાદ્યો પર સંશોધનો કર્યા અને પ્રતિપાદિત કર્યું કે વીણાનો સ્વર માનવીના સ્વરને સૌથી વધુ મળતો આવે છે.

આત્મવિશ્વાસ :

ડૉ. રામનને પોતાની મહેનત અને બુદ્ધિપ્રતિભા ઉપર પૂરો વિશ્વાસ હતો. 1924માં તેમને ઇંગ્લેંડની રોયલ સોસાયટીના માનદ્ સદસ્ય Fellow બનાવવામાં આવ્યા. આ પ્રસંગે યોજાયેલ સમારંભમાં તેમણે જાહેર કરેલું કે તેઓ આગામી પાંચ વર્ષમાં ભારત માટે નોબેલ પારિતોષિક મેળવશે !

નોબેલ પારિતોષિકની ઘોષણા દર વર્ષે ઑક્ટોબર મહીનામાં કરવામાં આવે છે અને તે એનાયત કરવાનો સમારોહ ડિસેમ્બર મહીનાની 10મી તારીખે સ્વીડનના પાટનગર સ્ટોકહોમ ખાતે યોજાય છે. 1930નું નોબેલ પારિતોષિક તેમને મળવાનું છે તેની સત્તાવાર ઘોષણા નવેમ્બરમાં થઇ તે પહેલાં જ, જુલાઇ મહીનામાં જ તેમણે પોતાની અને પોતાના પત્નીની જહાજની ટીકીટ લઇ લીધી હતી ! કેવો ગજબનો આત્મવિશ્વાસ !

દેશપ્રેમ :

સી. વી. રામન એટલા પ્રતિભાશાળી હતા, કે તેમણે ધાર્યું હોત તો તેઓ વિદેશમાં સ્થાયી થઇ શકત. પણ તેમણે તો પોતાની જન્મભૂમિને જ કર્મભૂમિ બનાવી, અને ભારતને રામન રીસર્ચ ઇન્સ્ટીટ્યુટ જેવી સંશોધનની પ્રયોગશાળાની ભેટ આપી.

નોબેલ પારિતોષિક સમારોહમાં રામન એકલા જ ભારતીય પોષાક અને પાઘડી પહેરેલા હતા. તેમણે જીવનપર્યંત પોતાનો આ પોષાક જાળવી રાખ્યો. નોબેલ પારિતોષિક મેળવ્યા બાદ રામન રડી પડેલા. પાછળથી તેઓએ કારણ લખ્યું- ‘‘મારી આજુબાજુ બધે વિદેશી ચહેરાઓ હતા. હું એક જ ભારતીય હતો. પણ જેવો પારિતોષિક લઇને પાછો આવ્યો ત્યારે જોયું કે મારે બ્રિટનના ધ્વજ નીચે બેસવાનું હતું. ત્યારે મને અહેસાસ થયો કે મારા ગુલામ દેશને પોતાનો ધ્વજ પણ નહોતો. એ વિચારીને હું ભાંગી પડ્યો !’’ વિજ્ઞાનનો સર્વશ્રેષ્ઠ પુરસ્કાર મેળવતી વખતે જ્યારે આનંદની અવધિ ન રહે, ત્યારે દેશ માટેની લાગણીથી દિલ ભરાઇ આવે, તેનાથી વધુ દેશપ્રેમનું શું ઉદાહરણ હોઇ શકે ?!

પ્રો. સી. વી. રામન તમામ ભારતીયોના એક પ્રેરણાસ્રોત બની રહેશે.

*****

વિદ્યાર્થીઓના લેખો

(આ લેખો ક્રાઇસ્ટ કોલેજ- રાજકોટની વિદ્યાર્થીની બહેનોએ લખેલ છે.)

બ્લેક હોલ

શીતુ વી. મોહન

'બ્લેક હોલ' એ ખગોળશાસ્ત્ર માટે હાલનો અદ્યતન કોયડો બની રહ્યું છે. તેને દેખીતી રીતે નિહાળવામાં આવેલ નથી. 'બ્લેક હોલ' શું છે ? અને તેનું નિર્માણ કઇ રીતે થાય છે ? શા માટે એ તથા-કથિત છે અને તેને 'નિહાળી' શકવાની શક્યતા શું છે ? આ બધા પ્રશ્નો આપણને જાણે કે 'બ્લેક હોલ'ની અંદર લઇ જાય છે. આપણો સૂર્ય કે જે એક સામાન્ય તારો છે, તેના દળને M_O સંજ્ઞા આપીએ તો કોઇ પણ 'તારો' જેનું દળ 1.4 M_O કરતા ઓછું હોય તેનો નિરપવાદ રીતે એક શ્વેત વામન તારા તરીકે અંત આવે છે. પરંતુ કોઇ એવો તારો જેનું દળ 1.4 M_O કરતાં વધુ હોય, તે પોતાના ક્રમિક વિકાસ દરમ્યાન વિસ્ફોટ પામે છે. જો અણધારી આફત તારાની થતી વર્તુળીય ગતિ અટકાવે અથવા ઉત્પત્તિ પહેલાં તેનું અમુક દળ ગુમાવે તો જો તે તારાનું પ્રારંભિક દળ 10 M_O કરતા વધુ હોય તો, તેનો મધ્યભાગ સંકોચાઇ એક સ્થાયી 'ન્યુટ્રોન તારો' બને છે. આવા પદાર્થની ઘનતા 10^{14-15} ગ્રામ/cm^3નાં પ્રમાણમાં હોય છે. તેમ છતાં પણ જો મુખ્ય તારો વધુ દળદાર હોય, તો પણ નીચી કક્ષાનો ન્યુટ્રોન તારો કે જેનું મહાકાય મધ્યભાગ પણ વધારે ગુરૂત્વાકર્ષણનો પ્રતિકાર કરી શકવા માટે સક્ષમ ન હોય. તેમ છતાં આવા તારાઓ અમુક સાનુકુળ કારણોસર ફાટતા નથી, પણ તે સંકોચન પ્રક્રિયામાં પ્રવેશે છે. કારણ કે આ મહાકાય તારા તુરંત પોતાની નાભિકીય ઉર્જાનો ઉપયોગ કરી ઠંડા પડે છે. તેથી જ તારો સંકોચન પામી પોતાની સ્થિર ઉર્જાનું રૂપાંતર ગરમીમાં કરે છે, કે જે તેના પતનના આરે વધુ વેગ પકડે છે. જેમ પતન વધુ ને વધુ થતુ જાય તેમ ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ ઉદ્‌ભવે છે જે તારાનું કદ ઘટાડે છે અને આ દરમ્યાન તારાની ત્રિજ્યા (R_S) અને દળ (M) વચ્ચેનો સંબંધ, પદાર્થ માટેના નિષ્ક્રમણ-વેગ escape velocityના સૂત્ર પરથી મેળવી શકાય. આમ તેને $R_S = \frac{2GM}{C^2}$ વડે દર્શાવાય છે. R_S ત્રિજ્યા SCHWARTZSCHILD ત્રિજ્યા કહેવાય છે અને આ પદાર્થનું ગુરૂત્વક્ષેત્ર પ્રકાશને પણ તેમાંથી છટકી નીકળવા દેતું નથી. કોઇ પણ પ્રક્રિયાની આપ-લે આ SCHWARTZSCHILD ત્રિજ્યાના વિસ્તારમાં શક્ય નથી. આથી આ પદાર્થ જાણે કે લુપ્ત થયો હોય એવું લાગે, સિવાય કે તેનું ગુરૂત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રની લગતી અસર તેના નજીકતના અન્ય પદાર્થ પર દેખાય. આમ SCHWARTZSCHILD ત્રિજ્યા આ અજબ-ગજબના દળદાર પદાર્થોની એક મર્યાદા બતાવે છે. જેને 'બ્લેક હોલ' કહેવામાં આવે છે. તેમાંથી પ્રકાશ પણ બહાર આવી શકતો નથી. ફક્ત આટલું જ નહી, બધું જ, બંને દ્રવ્ય/પદાર્થ અને પ્રકાશ પણ અંદર ગ્રહણ થઇ જાય છે. તીવ્ર ગુરૂત્વાકર્ષણ હોવાથી 'બ્લેક હોલ' ઉપરના વાતાવરણમાંથી પણ વાયુ અને પદાર્થ ખેંચવા લાગે. આ વાયુ પદાર્થ 'બ્લેક હોલ'ની ફરતે એક ડિસ્ક રચે છે જે બધા જકડેલા પદાર્થ વડે બનેલ હોય છે. ઘર્ષણ બળ પદાર્થની સ્થિત ઉર્જા વેરવિખેર કરી મુકે છે. બીજી બાજુ કેન્દ્રત્યાગી બળ ઉદ્‌ભવે છે અને પદાર્થ સર્પાકાર રીતે 'બ્લેક હોલ'ની ફરતે ફરે છે અને અંતે પદાર્થ તેમાં સમાઇ જાય છે. આમ ફરતો પદાર્થ અંદર સમાઇ જાય છે જે ખુબ ઉંચુ તાપમાન પ્રાપ્ત કરે છે જેથી ખુબ ઉંચી આવૃત્તિવાળા કિરણો ઉદ્‌ભવે જે પ્રાયોગિક રીતે X-rays હોય છે. ગણતરી પરથી એવું કહી શકાય છે કે 6% કે કુલ સ્થિત-દળ ઉર્જા કરતા વધુ ગ્રહણ પામતા પદાર્થ કિરણોત્સર્ગ ક્રિયામાં રૂપાંતર પામે છે. તેથી 'બ્લેક હોલ' હજી સુધી શોધાયો નથી.

અંતમાં 'બ્લેક હોલ' જોઇ શકવાની ભાવિ આશા શું છે ? અને આપણે તેને ક્યાં શોધવો જોઇએ ? આપણે અહીં 'બ્લેક હોલ' માટેના નિર્માણ પર ચર્ચા કરી છે તે ખરી ઉતરે તો આકાશગંગામાં લગભગ 10^9 જેટલા 'બ્લેક હોલ' હોઇ શકે. પ્રાયોગિક રીતે પુરવાર કરવામાં આવ્યું છે કે CYGNUS X-1 એ 'બ્લેક હોલ' છે. હજુ તેના પર વધુ સંશોધન ચાલી રહેલ છે.

બ્લેક બોક્સ શું છે ?

તૃપ્તિ એમ. આંબલિયા

પહેલાનાં જમાનામાં જ્યાં પહોંચવા દિવસો કે મહિના નીકળી જતા ત્યાં આજે ખુબ ઓછા સમયમાં પહોંચી શકાય છે. આથી જો પરદેશ જવું હોય તો આપણે કાર, રેલ્વે વગેરેનો ઉપયોગ ભાગ્યે જ કરીએ છીએ. તેના બદલે પ્લેનની સફરને મહત્વ આપીએ છીએ. અન્ય વાહનોની સરખામણીમાં પ્લેનમાં ટ્રાફિક સમસ્યા નડતી નથી. તેથી અકસ્માતનું પ્રમાણ પણ ઓછું છે, પરંતુ જો પ્લેનને અકસ્માત થાય તો પછી ભગવાન જ બચાવે. આથી જ્યારે પ્લેન તુટી પડે કે સળગી જાય ત્યારે કોઇ મુસાફર તો ઠીક તેના ચાલકો ક્રુમેમ્બરની બચવાની શક્યતા પણ નહિવત્ છે. આવા સમયે આ અકસ્માત કઇ રીતે થયો તે જાણવું મુશ્કેલ બને છે. વાસ્તવમાં કોઇપણ અકસ્માતનું કારણ જ એ વાહનમાં શું ફેરફારની જરૂરિયાત છે તે દર્શાવે છે. પરંતુ પ્લેનને અકસ્માત થાય ત્યારે તે કોઇ જ બચતું નથી તો પછી તેના કારણોની તો ક્યા વાત જ રહી ? આથી પ્લેનમાં એક આવું કારણદર્શક મશીન હોય છે જેને 'બ્લેક બોક્સ' તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. જ્યારે કોઇ પ્લેનનો અકસ્માત થાય ત્યારે સમાચારમાં બ્લેક બોક્સ વિશે ઉલ્લેખ કરવામાં આવે છે.

આપણે જેને 'બ્લેક બોક્સ' કહીએ છીએ તે વાસ્તવમાં ફ્લાઇટ ડેટા રેકોર્ડર અને કોકપીટ વોઇસ રેકોર્ડર છે. તેને FDR અને CVR તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. એ બંને ચમકતા કેસરી રંગના હોય છે તેની પહોળાઇ 5 ઇંચ અને ઉંચાઇ 7 ઇંચ હોય છે. આ સાધનમાં 20 ઇંચ લાંબુ ફ્લાઇટ રેકોર્ડર અને 13 ઇંચ લાંબુ વોઇસ રેકોર્ડર હોય છે. જેનું વજન લગભગ 13થી 20 પાઉન્ડ જેટલું હોય છે. ઇ.સ. 1950ના દાયકામાં વિવિધ એરલાઇન્સોએ દરેક વિમાનમાં પાંચ માહિતીઓના રેકોર્ડીંગનું સૂચન કર્યું જેમાં- ઊંચાઇ, હવાની ગતિ, હોકાયંત્રની દિશા, ઉપર તરફની ગતિ (વર્ટિકલ એક્સિલરેશન), સમય વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. વિમાન અકસ્માત તો કોઇ પણ સ્થળે થઇ શકે જેમ કે રેતાળ પ્રદેશ, ગીચ જંગલ કે પછી મહાસાગર ઉપર વગેરે.. આથી આવા સંજોગોમાં આ રેકોર્ડર નાશ ન પામે તેવા મજબુત હોવા જોઇએ અને તેમાં પુરતી માહિતી સંગ્રહાયેલી હોવી જોઇએ. આથી રેકોર્ડીંગ કરનારી ટેપ 2000 ફેરનહીટ જેટલી ગરમીમાં 30 મિનિટ સુધી ટકી રહેવી જોઇએ. આ રેકોર્ડરની કેબિનેટ ખુબ જ મજબુતાઇ આપતી ટીટેનિયમ ધાતુની બનેલી હોય છે. આ ઉપરાંત જો તેના ઉપર 500 પાઉન્ડ વજનવાળો પોલાદી સળિયો 10 ફૂટ ઉંચેથી પડે તો પણ તે તુટતી નથી. તેની અંદર રેકોર્ડીંગ પ્રક્રિયા ખુબ જ ધ્રુજારી વચ્ચે પણ સક્ષમ રીતે કાર્ય કરી શકે છે.

આટલું નાનું આ સાધન વિમાન અકસ્માત પછી આસાનીથી શોધી શકાય તે માટે તેને ચમકતો કેસરી રંગ કરવામાં આવે છે. અને તેના પર લાગ-સફેદ રંગની પરાવર્તક પટ્ટીઓ લગાડવામાં આવે છે. વળી તેના પર વિજાણુ સંકેત ઉત્પન્ન કરતું 'પીંગર' નામનું સાધન લગાડવામાં આવે છે. પાણીની તેના પર અસર ન થાય તેવું તેને બનાવાય છે. અને સમુદ્રને તળિયેથી પણ તે અવાજના તરંગો સંકેત તરીકે 30 દિવસ સુધી મોકલી શકે છે.

ડિજિટલ રેકોર્ડર બધી જ પ્રકારની માહિતી વિમાનના જુદા જુદા ભાગમાં ગોઠવેલા સેન્સરો દ્વારા માઇક્રોવોલ્ટેજની વધઘટના રૂપમાં મળે છે અને તે કમ્પ્યુટરની ભાષામાં સંગ્રહિત થાય છે. જેના ઉપર ફ્લાઇટ ડેટા રેકોર્ડ કરવામાં આવે છે તે મેગ્નેટીક ટેપ 5.25 ઇંચ પહોળી હોય છે જેની ઉપર સતત 25 કલાકનું રેકોર્ડીંગ થાય છે. 25 કલાક બાદ જૂના ઉપર નવું રેકોર્ડીંગ થાય છે. CVR એ કોકપીટમાં રહેલા ક્રુમેમ્બર વચ્ચેની વાતચીતને રેકોર્ડ કરે છે. CVR વિમાનમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય ત્યારથી જ શરૂ થઇ જાય છે. તેમાં સતત અડધી કલાકની વાચચીત રેકોર્ડ થાય છે અને દર અડધી કલાકે નવું રેકોર્ડીંગ થાય છે. આમ FDR (ફ્લાઇટ ડેટા રેકોર્ડર) અને CVR (કોકપીટ વોઇસ રેકોર્ડર) જે માહિતી પૂરી પાડે છે તે કદી નિરર્થક નથી હોતી. તેના પરથી વિમાનના ઇજનેરો તેમની ડિઝાઇનમાં થયેલી ભૂલો શોધી તેનાથી વધુ સક્ષમ પ્લેન બનાવવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

*****

સભાગૃહોનું ધ્વનિશાસ્ત્ર

શ્રી મુકેશ એસ. ભટ્ટ
શ્રી સનાતન ધર્મ હાઇસ્કૂલ, ભાવનગર

જ્યારે તમે કોઇ વખત ફિલ્મ જોવા જવાનું વિચારો છો, ત્યારે તેની સાથે તે ફિલ્મ ક્યા થિયેટરમાં ચાલે છે તેનો પણ વિચાર કરો છો. જો થિયેટર સારું હોય તો તેમાં ફિલ્મ જોવાની મજા પડે છે. પણ જો થિયેટર સારું ન હોય તો તેમાં ફિલ્મ જોવાનો વિચાર થોડો મોળો પડી જાય છે. આવું કેમ ? આ વિચાર પાછળ થિયેટરની અંદર રહેલી અન્ય સુવિધાઓ સાથે જાણે અજાણ્યે સભાગૃહોનું ધ્વનિશાસ્ત્ર પણ છુપાયેલું છે. સભાગૃહોમાં સંગીતના કે અન્ય કાર્યક્રમોની સફળતાનો આધાર તેની ધ્વનિ સંરચના (acoustics) પર રહેલ હોય છે.

સારાં સભાગૃહોમાં ધ્વનિની સુશ્રાવ્યતાની પરિસ્થિતિ માટે કેટલીક બાબતો ઘણી મહત્વની છે જેમ કે,

* ધ્વનિ પુરતો મોટો હોવો જોઇએ

* સંયોજિત ધ્વનિના તત્કાળ ઘટકો પોતાની સાપેક્ષ તીવ્રતા જાળવી રાખી શકતા હોવા જોઇએ.

* અનુક્રમે આવતા ધ્વનિઓ ખૂબ જ સ્પષ્ટ અને એકબીજાથી અસર-મુક્ત હોવા જોઇએ તેમજ તેમાં કોઇ ઘોંઘાટનું તત્વ ઉમેરાવું જોઇએ નહી.

એક મોટાં ટોળાંમાં માણસો ઉભા હોય અને કોઇ વક્તા જમીન પર ઉભા ઉભા બોલતો હોય તો ટોળાંમાંના થોડા જ લોકો તેને સાંભળી શકે છે. પણ જો વક્તા ઉંચા આસન પર ઉભો રહી બોલે તો પ્રમાણમાં વધુ લોકો તેને સાંભળી શકે. જો આસનની પાછળ પરાવર્તકો મૂકીએ તો પરિસ્થિતિમાં સુધારો થાય. હજુ પણ વધારે સાનુકૂળ પરિસ્થિતિનું નિર્માણ કરવું હોય તો પાછળ ઉભેલા શ્રોતાઓને બાલ્કનીમાં બેસાડી દેવામાં આવે અને આસપાસ પરાવર્તક દિવાલો અને ઉપર છાપરું તૈયાર કરવામાં આવે તો જે રચના તૈયાર થાય તેને કહેવાય સભાગૃહ.

સભાગૃહમાં સંપૂર્ણ ધ્વનિની પરિસ્થિતિનું નિર્માણ કરવા માટે સભાગૃહમાં ઉદ્‌ભવતો ધ્વનિ (વક્તા દ્વારા, શ્રોતાઓ દ્વારા નહીં)- સભાગૃહના દરેક ભાગમાં યોગ્ય અને વ્યાજબી સરેરાશ પ્રબળતા ધરાવતો હોવો જોઇએ. આ ધ્વનિમાં કોઇપણ પડઘાઓનું મિશ્રણ ન હોવું જોઇએ, કે મૂળભૂત ધ્વનિનું વિરૂપણ ન થયું હોવું જોઇએ. ઉત્પન્ન થયેલો ધ્વનિ યોગ્ય ઝડપથી શમી જવો જોઇએ કે જેથી અનુક્રમે આવતા ધ્વનિ સાથે વ્યતિકરણની ઘટના ન ઉદ્‌ભવે. આવી આદર્શ શરતોનું પાલન ભાગ્યે જ કોઇ સભાગૃહમાં થતું હોય છે. સભાગૃહોની દિવાલો દ્વારા થતા ધ્વનિ પરિવર્તનને કારણે સભાગૃહના જુદા જુદા વિભાગોમાં તીવ્રતા નિયમિત રાખવાનું મુશ્કેલ બને છે. વળી રીવરબરેશન (reverberation)- પ્રતિઘોષ માટે સમય અને તીવ્રતાની વહેંચણીની શરતો એકી સાથે મેળવવામાં પણ મુશ્કેલી નડે છે.

સભાગૃહોમાં ઉત્પન્ન થતાં ધ્વનિનું પરાવર્તન, શોષણ, પારગમન અને તેને પરિણામે ઉત્પન્ન થતી પરિસ્થિતિનો વિચાર કોઇપણ સભાગૃહ માટે કરવો પડે છે.

જ્યારે સભાગૃહોમાં કોઇ વક્તા ધ્વનિ ઉચ્ચારે છે ત્યારે ઉચ્ચારાએલો ધ્વનિ ગોળાકાર તરંગો (Spherical waves)ના સ્વરૂપમાં પ્રસરણ પામે છે. આ રીતે પ્રસરણ પામતો ધ્વનિ જ્યારે ઓરડાની દિવાલો સાથે અથડાય છે ત્યારે દિવાલથી તેનું પરાવર્તન થાય છે. અને અમુક ધ્વનિનું દિવાલમાં રહેલી બારીઓ દ્વારા પારગમન પણ થાય છે. ઉચ્ચારાએલો ધ્વનિ સામાન્ય તાપમાને 1120 ફૂટ/સે.ના વેગથી ગતિ કરે છે. પરિણામે બહુ જ અલ્પ સમયમાં તેનું વારંવાર પરાવર્તન થઇ આખા ઓરડાને

ભરી દે છે. દરેક પરાવર્તન વખતે ધ્વનિ સાથે જોડાયેલી ઉર્જામાં ઘટાડો થતો જાય છે. પરિણામ સ્વરૂપે થોડી વાર પછી ધ્વનિ શમી જાય છે. ઓરડાનો દરેક વિભાગ વારંવાર થતા અનેક પરાવર્તનોને કારણે, જુદી જુદી દિશામાં ગતિ કરતા ધ્વનિ તરંગોથી ભરાઇ જાય છે. આમ થવાથી દરેક શ્રોતા માટે થોડા સમયમાં ધ્વનિની અમુક સરેરાશ પ્રબળતા ઉદ્‌ભવે છે. સભાગૃહના દૂર ખૂણામાં બેઠેલા શ્રોતાઓ માટે પણ આ સરેરાશ પ્રબળતા રચાય છે. વક્તાની તદ્દન સામે બેઠા હોય તેવા શ્રોતાઓ માટે ધ્વનિની પ્રબળતા ખાસ કરીને વક્તાના સીધા અવાજ દ્વારા હોય છે, અને પરિણામે વક્તાની નજીક ઓરડાના વિભાગમાં પ્રબળતાનું પ્રમાણ વિશેષ હોય છે.

ઓરડાની દિવાલો દ્વારા થતા ધ્વનિના પરાવર્તનને લીધે ધ્વનિની પ્રબળતામાં વધારો થાય છે. પરંતુ બધી વખત આવું થતું નથી. ઘણીવાર ધ્વનિના પરાવર્તનને લીધે મૂળ ઉચ્ચારાએલા ધ્વનિમાં વિકૃતિ ઉદ્‌ભવે છે. ખાસ તો પરાવર્તન પામેલા ધ્વનિ કોઇ ચોક્કસ સ્થાને કેન્દ્રિત થાય ત્યારે મુશ્કેલી ઉદ્‌ભવે છે. વક્ર દિવાલો હંમેશા પરાવર્તીત ધ્વનિને કેન્દ્રિત કરે છે. અને મુશ્કેલી સર્જે છે. સારા સભાગૃહો માટે વક્ર દિવાલો ભયજનક છે.

પડઘો એટલે ધ્વનિના ઉચ્ચારણ બાદ 1/15 સેકન્ડ કે તેનાથી વધુ સમયમાં વક્તા પાસે પહોંચતો પરાવર્તિત ધ્વનિ. જો કોઇ શ્રોતા પાસે પહોંચતા સીધેસીધા ધ્વનિ અને પરાવર્તિત ધ્વનિ વચ્ચેનો સમયગાળો 1/15 સેકન્ડ કે તેનાથી ઓછો હોય તો સાંભળવામાં મુશ્કેલી ઉભી થાય છે. પણ જો આ જ ગાળો 1/15 સેકન્ડ અને 1/20 સેકન્ડ વચ્ચે હોય તો ધ્વનિ પ્રબળ બને છે.

સમતલ દિવાલો પરથી પરાવર્તિત થતો ધ્વનિ જાણે કે વક્તાના ધ્વનિ પ્રતિબિંબમાંથી આવતો હોય, તેમ ગણી શકાય. આથી ધ્વનિના ઉદ્‌ગમ સ્થાનમાંથી આવતો ધ્વનિ અને પરાવર્તન પામતો ધ્વનિ જ્યારે કોઇ બિંદુ પાસે એક બીજા પર સંપાત થાય છે. ત્યારે વ્યતિકરણની ઘટના ઉપજાવે તેમ કહી શકાય. જો પરાવર્તન કરતી દિવાલો પર ધ્વનિ-શોષક દ્રવ્યો લગાવવામાં આવે તો પરાવર્તિત ધ્વનિ મંદ પડી જાય છે અને વ્યતિકરણની ઘટના ઓછી થઇ જાય છે. વ્યતિકરણની ઘટના સંગીતમય ધ્વનિમાં વધારે પ્રમાણમાં માલૂમ પડે છે. શબ્દમય ધ્વનિની બાબતમાં વ્યતિકરણ ઘટના થવા જેટલો સમય મળતો નથી.

જ્યારે સંયોજિત ધ્વનિનું પરાવર્તન થાય છે ત્યારે સંયોજિત ધ્વનિમાં રહેલા જુદાં જુદાં ધ્વનિ ઘટકોનું જુદા જુદા પ્રમાણમાં શોષણ અને પરાવર્તન થતું હોય છે. આને કારણે પરાવર્તિત થયેલા સંયોજિત ધ્વનિમાં ઘટકોનું પ્રમાણ બદલાઇ જાય છે. ઊંચી આવૃત્તિવાળાં ઘટકો, ઓછી આવૃત્તિવાળાં ઘટકો કરતાં વધારે પ્રમાણમાં શોષાઇ જાય છે. આને પરિણામે પરાવર્તિત ધ્વનિ મૂળ ધ્વનિ કરતાં થોડો ઘેરો લાગે છે. આ દૃષ્ટિએ વિચારીએ તો સ્ત્રી ગાયકોનો ધ્વનિ, પુરૂષ ગાયકોના ધ્વનિ કરતાં વધારે પ્રમાણમાં શોષાય છે.

આપણે આગળ જોયું તેમ ઓરડામાં ઉત્પન્ન થયેલા ધ્વનિનું ઓરડાની દિવાલો, છતો તથા ઓરડામાં રહેલી અન્ય વસ્તુઓ દ્વારા પરાવર્તન, પારગમન અને શોષણ થાય છે. આના પરિણામસ્વરૂપે ઓરડાના દરેક વિભાગો, ઉદગમમાંથી આવતાં સીધા તરંગો અને જુદા જુદા વિભાગમાંથી આવતા પરાવર્તિત થતાં તરંગોને કારણે ધ્વનિ ઊર્જાથી સંપૂર્ણ ભરાઇ જાય છે. આ સમય દરમિયાન પડઘાઓ પણ ઉદ્‌ભવે છે. આથી ધ્વનિ ઉત્પાદક સ્થાન ધ્વનિનું ઉત્પાદન જે ક્ષણે બંધ કરી દે તે જ સમયે ઓરડામાંની ધ્વનિ ઊર્જા સંપૂર્ણ નાશ પામતી નથી પરંતુ ત્યાર પછી પણ પરાવર્તિત તરંગો ઓરડામાં થોડો સમય જળવાઇ રહે છે. અને ધ્વનિ થોડો વખત જળવાઇ રહે છે.

ધ્વનિ ઉત્પાદક સ્થાન જ્યારે ધ્વનિનું ઉત્પાદન બંધ કરી દે ત્યાર પછીના સમય દરમિયાન શ્રાવ્ય ધ્વનિની જળવાઇ રહેવાની ઘટનાને રિવરબરેશન (પ્રતિઘોષ) કહે છે. જે સમય દરમિયાન ધ્વનિ ઉર્જા જળવાઇ રહે છે તે સમયને રિવરબરેશન સમય કહે છે. આ સમય ધ્વનિ ઉત્પાદક સ્થાન જે ક્ષણથી ધ્વનિનું ઉત્પાદન શરૂ કરે તે ક્ષણથી અથવા સંગીત માટે ધ્વનિનું ઉત્પાદન જે ક્ષણથી બંધ થાય તે ક્ષણથી આપવામાં આવે છે. યોગ્ય પ્રમાણનું રિવરબરેશન ઘણું જ જરૂરી છે. યોગ્ય પ્રમાણના

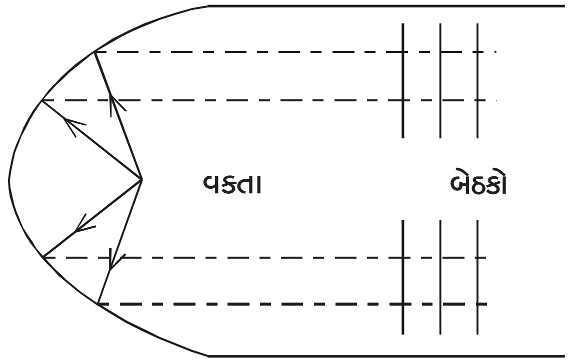
રિવરબરેશનથી સંગીતને વધારે મધુર અને સુરીલું બનાવી શકાય છે. સભાગૃહના ધ્વનિશાસ્ત્ર માટે યોગ્ય પ્રમાણમાં રિવરબરેશન મેળવવું ખુબ જ જરૂરી છે. જો ઓરડામાં વધારે પ્રમાણમાં ધ્વનિશોષક દ્રવ્ય આવેલું હોય, તો ધ્વનિ વધારે ઝડપથી મંદ પડી જાય છે, અને આવા ઓરડામાં રિવરબરેશન સમય પ્રમાણમાં નાનો હોય છે, પણ જો ઓરડામાં ધ્વનિ શોષક દ્રવ્યનું પ્રમાણ ઓછું હોય તો ધ્વનિનું શોષણ પ્રમાણમાં ઓછું થતાં, રિવરબરેશન સમય પ્રમાણમાં મોટો બને છે. એવું ગણી કાઢવામાં આવ્યું છે કે 10^4 ઘનફૂટ કદ ધરાવતાં સભાગૃહ માટે 1.03 સેકન્ડનો રિવરબરેશન સમય, દરેક શબ્દને સ્પષ્ટ અને છૂટો છૂટો સાંભળવા માટે યોગ્ય છે. સંગીત માટે આ સમય સ્હેજ વધારવો જોઇએ.

છેલ્લે, સારું સભાગૃહ હોવા માટેની જરૂરિયાતો જોઇ લઇએ.

1. સભાગૃહમાં રિવરબરેશનનું પ્રમાણ ખુબ જ યોગ્ય હોવું જોઇએ. આપણે જાણીએ છીએ વારંવાર પરાવર્તનોથી રિવરબરેશનની ઘટના ઉદ્‌ભવે છે તેથી જો રિવરબરેશનની ઘટનાનું પ્રમાણ વધારે હોય તો
   - (a) સભાગૃહોની થોડી બારીઓ યોગ્ય પ્રમાણમાં ખુલ્લી રાખી શકાય.
   - (b) દિવાલો પર શોષક દ્રવ્ય યોગ્ય રીતે લગાડી શકાય. આ માટે છિદ્રાળુ દ્રવ્ય વધારે ઉપયોગી છે.
2. સભાગૃહની દિવાલો વક્રાકાર ન હોવી જોઇએ. દિવાલોમાં વધારે પડતા ખૂણા-ખાંચા પણ ન હોવા જોઇએ. વક્રાકાર દિવાલોને કારણે ધ્વનિ અમુક સ્થાને કેન્દ્રિત થઇ જાય છે ત્યારે ખૂણાઓને કારણે અમુક જગ્યાએ ધ્વનિ બિલકુલ સંભળાતો નથી. આવા સ્થાને Dead Space રચાય છે.

સભાગૃહમાં ગોળાકાર ઘુમ્મટો, વક્રાકાર કમાનો અને નળાકાર છાપરાં ન રાખવા જોઇએ. બાલ્કની બહુ લાંબી ન હોવી જોઇએ. બાલ્કનીની ઊંડાઇ (લંબાઇ), બાલ્કનીનો જેટલો ભાગ પડદા સામે ખુલ્લો રહેતો હોય તેના કરતા બમણી તો ન જ હોવી જોઇએ. જો બાલ્કનીનો ખુલ્લો ભાગ પડદા સામે સારા પ્રમાણમાં હોય તો ધ્વનિ બાલ્કનીમાં સહેલાઇથી પ્રવેશી શકે છે.

સભાગૃહની સામાન્ય યોજના આકૃતિ-1માં દર્શાવ્યા મુજબની હોવી જોઇએ. પરવલયી દિવાલના કેન્દ્ર પાસે વક્તાનું સ્થાન રાખવાથી પરાવર્તિત થતો ધ્વનિ સભાગૃહમાં એકસરખો પ્રસરે છે. બેઠકોની રચના પણ એવી રીતની હોવી જોઇએ કે જેથી ધ્વનિ સરળતાથી સભાગૃહમાં પ્રસરણ પામે. આ માટે સભાગૃહમાં જેમ પાછળ જઇએ તેમ બેઠકો ઉંચી થતી જવી જોઇએ કે જેથી ધ્વનિ પાછળની બેઠકો સુધી પહોંચી શકે.



આકૃતિ - 1

સંદર્ભ : પ્રસ્તુત લેખ, યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ દ્વારા પ્રકાશિત પુસ્તક ''ધ્વનિ'' (લે. ડૉ. વી. બી. ગોહેલ)માંથી માહિતી લઇને સંક્ષિપ્ત સ્વરૂપે રજૂ કરેલ છે.

*****

Photonics - પ્રકાશની ઝડપે પ્રકાશની પ્રગતિ

ડૉ. તરુણ આર. ત્રિવેદી
ભવન્સ કોલેજ, ડાકોર

आदि देवो नमस्तुभ्यं - હે સૂર્યદેવ (आदि देव) આપને નમસ્કાર હો. માનવજાત પર સદીઓથી અખૂટ ઊર્જા, પ્રકાશ વરસાવનાર સૂર્યને આપણે ફરી ફરી નમસ્કાર કરવા પડે તેમ છે.

એકવીસમી સદીના પ્રારંભે જ્યારે સંદેશાવ્યવહારમાં ક્રાન્તિ આવી ત્યારે મનુષ્ય ભૌતિકશાસ્ત્ર અને વીજાણુશાસ્ત્રની મદદથી સંદેશાવ્યવહારનાં ઉપકરણોને અત્યાધુનિક સ્વરૂપથી સજાવી રહ્યો હતો, જેમાં 'ઝડપ' તેના કેન્દ્રસ્થાને હતી. વીજાણુશાસ્ત્ર (electronics) અને વીજચુંબકીયશાસ્ત્ર (electromagnetism)નો થયેલો સમન્વય તેમાં અકલ્પનીય ફેરફારો લાવી રહેલ હતો. વાહકો કે અર્ધવાહકોમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન (આમ તો કોઈપણ દ્રવ્યકણ), પ્રકાશની શૂન્યવકાશમાં ઝડપ c જેટલી ઝડપે પહોંચીને ગતિ કરી શકે નહીં; આ બાબત આઈન્સ્ટાઈનના વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદની અગત્યની ફળશ્રુતિ છે. ઝડપ પરનું આ બંધન ઈલેક્ટ્રોનિક ઉપકરણો પર એક મર્યાદા લાદે એ સ્વાભાવિક છે. એવે સમયે વૈજ્ઞાનિકોએ પ્રકાશની તરફ નજર માંડી અને 'સીમ સીમ' કરતો જાણ ઉપયોગીતાનો અણખૂટ ખજાનો ખૂલી ગયો.

સદીઓથી મનુષ્ય પ્રકાશથી વધારે ભાગ્યે જ અન્ય કોઈ વસ્તુથી પરિચિત હશે. પ્રકાશના સંવર્ધનથી વૈજ્ઞાનિકોએ નવી જ દિશામાં પગરણ માંડ્યાં. પ્રકાશનો સૌથી નાનો ઊર્જાનો એકમ 'ફોટોન' (photon) અને વીજાણુશાસ્ત્રના સંકલનથી ભૌતિકશાસ્ત્રની એક નવી જ શાખા 'ફોટોનીક્સ' (photonics=photons+electronics)નો જન્મ થયો છે. Bell Laboratoriesનાં વૈજ્ઞાનિકોએ લગભગ દસકા પહેલાં આ દિશામાં સંશોધન કરતાં જોયું કે પ્રકાશની ઝડપ ફક્ત સંદેશાવ્યવહાર કે દૂરસંચાર માટેજ નહિં પરંતુ વિજ્ઞાનની અન્ય વિદ્યાશાખાઓમાં મહત્વનું યોગદાન પ્રસ્થાપિત કરી શકે તેમ છે.

આમ જુઓ તો ઈલેક્ટ્રોનનો ઉપયોગ લાંબા અંતરના સંદેશાવ્યવહાર માટે Morse અને Wheatstone (1837) દ્વારા ટેલીગ્રાફના માધ્યમથી શરૂ થઈ ચૂક્યો હતો. 1877માં ગ્રેહામ બેલ દ્વારા ટેલીફોનની શોધથી અને ત્યારબાદ 1927ની આસપાસ ટ્યુબ ઈલેક્ટ્રોનિક્સની મદદથી રેડિયો સંચાર-વ્યવસ્થા શક્ય બની હતી. સમયની સાથે સાથે સંચાર વ્યવસ્થાનાં સ્વરૂપો પણ બદલાતાં ગયાં અને વીસમી સદીના અંતમાં મોબાઈલ સંદેશાવ્યવહારના પ્રારંભથી જાણે સંદેશાવ્યવહારનો કાયાકલ્પ થયો. ઝડપના સંદર્ભમાં રોજબરોજની ટપાલ-વ્યવસ્થા કટાક્ષમાં snail mail થી નવાજવામાં આવી. ઉપલબ્ધ માહિતી, આંકડાઓ, સમાચારો, વિશ્લેષણ વગેરે ઝડપથી પ્રસરણ પામવા માંડ્યા. પ્રસરણષ વિશ્લેષણ અને સંગ્રહની ક્ષમતા મર્યાદિત લાગવા માંડી. ફોટોનીક્સનો ઉદ્‌ભવ કદાચ આ કારણોસર શક્ય બન્યો.

ફોટોન ગતિમાં હોય ત્યારે જ તેનું અસ્તિત્વ છે. ઈલેક્ટ્રોનની સરખામણીમાં ફોટોનનું વીજચુંબકીય ક્ષેત્ર વધુ આંદોલિત થતું હોય છે અને ઈલેક્ટ્રોનની માફક ચોક્કસ માત્રામાં ઊર્જાનું વહન પણ તે કરે છે. પ્રકાશને લગતા સામાન્ય પ્રયોગોમાં આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા (intensity) ઝાઝું મહત્વ ધરાવતી નથી, તેમજ ક્વચિત જ તેની તીવ્રતા માપવામાં આવે છે. પરાવર્તન (reflection), વક્રિભવન (refraction), શોષણ (absorption), વ્યાસારણ (dispersion), પ્રદીપન (illumination), દ્વિઅપવર્તન (briefringence) જેવી ઘટનાઓ રેખીય પ્રકાશ (linear optics)ના ગુણધર્મ ધરાવે છે, પરંતુ જેમ જેમ પ્રકાશની તીવ્રતામાં વધારો થાય તેમ તેમ તેની આંતરક્રિયાઓ અરેખીય પ્રકાશ (non-linear optics) તરફ દોરવાય છે. સામાન્ય રીતે પ્રયોગશાળામાં અથવા રોજબરોજના ઉપયોગમાં વપરાતા લેન્સ, સૂક્ષ્મદર્શક, ટેલીસ્કોપ વગેરે માટે પ્રકાશની તીવ્રતા 10^{10} ફોટોન cm^{-2} s^{-2} કરતાં ઓછી હોય છે અને તે તીવ્રતા દશ્યપ્રકાશના વર્ણપટ્ટમાં વહેંચાયેલી હોય છે : ફોટોનીક્સને સંલગ્ન ઉપકરણો માટે 10^{20} ફોટોન cm^{-2} s^{-1} અથવા તેથી વધુ તીવ્રતા ધરાવતા પ્રકાશની જરૂર પડે છે. આમ ફોટોનીક્સ એ અરેખીય પ્રકાશશાસ્ત્ર (non-linear optics)ને આભારી છે.

કુદરતમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ (photosynthesis)ની પ્રક્રિયા પ્રકાશની ઓછી તીવ્રતા સાથે સંકળાયેલ photonicsનું અપવાદરૂપ ઉદાહરણ છે. વનસ્પતિ ઉપર આપાત પ્રકાશ ફક્ત ફેમટો સેકન્ડ (10^{-15}s)ના સમયગાળામાં આ પ્રક્રિયા પૂર્ણ કરે છે. ફોટોનીક્સના આગમનની જાણ પ્રયોગશાળામાં 1960માં LASERની શોધ દ્વારા અપ્રત્યક્ષ સ્વરૂપે થઇ હતી અને હવે આ સદીના પ્રારંભથી તે પ્રગતિના એન્જિનને 'પ્રકાશની ઝડપ'થી આગળ દોરી રહી છે. આમ જેમ ઇલેક્ટ્રોનિક્સમાં ઇલેક્ટ્રોનનું વહન સમગ્ર ઇલેક્ટ્રોનીક્સનું સંચાલન કરે છે તેમ ફોટોનિક્સમાં ફોટોનની તીવ્રતાનું વહન સમગ્ર ફોટોનિક્સનું વહન કરે છે.

ફોટોનીક્સ આજે જુદા-જુદા સ્તરે વિશાળ ઉપયોગો ધરાવે છે, જેને સમાવવા અહિંયા મુશ્કેલ છે પરંતુ કેટલાક ઉપયોગો પર અછડતી નજર કરવાથી તેનું મહત્વ શા માટે વધી રહ્યું છે તે સમજાશે.

- કોમ્પ્યુટરનાં આંતરિક વિભાગો જેવાં કે motherboard, microprocessor વગેરે એકબીજા સાથે સૂચનાઓના વિનીમય માટે તાંબાના વાયરથી જોડાયેલા હોય છે. કોમ્પ્યુટરની ઝડપ microprocessor ની clock frequency દ્વારા નિશ્ચીત થાય છે. માહિતિ, સૂચનાઓ, વિશ્લેષણ વગેરેની આપલેની ઝડપ આ clock frequency પર આધારિત છે. જો microprocessorની clock frequency 64 Hzથી ઉપર જાય તો તે માહિતિ, સૂચનાઓનું મોટા પાયે સર્જન કરી શકે તેમ છે પરંતુ આંતરિક જોડાણો આ ઘોડાપૂરનું વહન કરવા અસક્ષમ છે. તેવા સમયે optical interconnects જ તેનો પર્યાય બનશે જેના કારણે ફોટોનીક્સ આધારીત optical computing અને optical computing શક્ય બનશે.
- Magnetic storage એટલે કે ચુંબકીય ગુણધર્મને આધારીત સ્ટોરેજ devices જેવા કે હાર્ડ ડ્રાઈવ, ઠાંસી ઠાંસીને data નો સંગ્રહ એક નિશ્ચિત સીમા સુધી કરી શકે છે. પરંતુ ત્યારબાદ વધુ data તેમાં સંગ્રહ કરવા જતા તેઓ એકબીજામાં હસ્તક્ષેપ કરે છે અને તેમની સંગ્રહ કરવાની ક્ષમતાની મર્યાદા છતી થાય છે. તેના પર્યાયરૂપે Holographic storage પદ્ધતિ વિકસી રહી છે જેમાં photonics એટલે કે પ્રકાશના કિરણોની મદદથી પ્રકાશ સંવેદી ઉપકરણોમાં વિપુલ પ્રમાણમાં માહિતીનો સંગ્રહ થઇ શકે છે. આ સ્ટોરેજ પદ્ધતિને કારણે ખુબ જ ઓછી જગ્યામાં વધુ માહિતીનો સંગ્રહ તેમજ પ્રકાશની ઝડપે તેનું જરૂર પડે તેવું પુનઃ પ્રકાશીત/પ્રાપ્ત/કરવું શક્ય બને છે.
- ટેરા હર્ટ્ઝ (THz) ફોટોનીક્સ અર્થાત THz (10^{12}) આવૃત્તિ ધરાવતા તરંગો detectors તરીકે સક્ષમતાથી કાર્ય કરી રહ્યા છે. 10 GHzથી 30 THz આવૃત્તિ ધરાવતા તરંગો અન્ય વિજચુંબકીય વિકિરણો માટે અપારદર્શક પદાર્થોને વિભેદી શકે છે જે સલામતી (security) માટે એક મહત્વનું પાસું છે.
- ફોટોનીક ટેક્ષટાઇલ એ એક નવું ખેડાણ છે. તેની મદદથી philips કંપની કાપડ અને ફોટોનીક્સનું ગુંથણ કરી ચુકી છે. વણાટના સમયે કાપડની સાથે જુદા જુદા રંગના LED (Light Emitting Diode) વણી લેવામાં આવે છે. તેમનો ઉપયોગ Display તરીકે સ્કુલ બેગ, પગ લુછણીયા તેમજ ઓશીકામાં કરવામાં આવે છે.
- જાપાનમાં વૈજ્ઞાનિકોએ Human photonicsમાં આશ્ચર્યજનક સંશોધન કર્યું છે. તેમના સંશોધન અનુસાર માણસના હાથ, હથેળી, નખ, કપાળ અને પગ ફોટોનનું ઉત્સર્જન કરે છે અને ઉત્સર્જીત ફોટોનની સંખ્યા મનુષ્યના સ્વાસ્થ અનુસાર બદલાતી રહે છે.
- ભારતમાં કોચીન ખાતે CUSAT (Cochin University of Science and Technology) સંસ્થાએ ફોટોનીક્સમાં સંશોધન માટે અત્યંત આધુનિક પ્રયોગશાળા સ્થાપી છે, તદ્ઉપરાંતમાં PSI (Photonics Society of India)ના નેજા હેઠળ અનેક સેમીનાર યોજાય છે. ગુજરાતમાં પણ આવી એક પ્રયોગશાળા સ્થપાય તે ઇચ્છનીય છે.

ફોટોનીક્સ એટલે પ્રકાશની ઝડપે પ્રકાશ દ્વારા પ્રગતિ !

*****

આપણી સૂર્યમાળા બહારની દુનિયાઓ : સૌરોત્તર ગ્રહો

શ્રી વિશાલ એચ. જોષી
સંશોધક વિદ્યાર્થી, ફિઝીકલ રીસર્ચ લેબોરેટરી, અમદાવાદ

અવકાશ અને અવકાશીય ઘટનાઓ આદિકાળથી માનવસહજ જિજ્ઞાસાનો પ્રેરક સ્રોત બની રહી છે. તેમાં પણ આપણી સૂર્યમાળા બહારના ગ્રહો અને તેના પર વિકસતી જીવસૃષ્ટિનો વિચાર વૈજ્ઞાનિકોથી પણ વધુ લેખકો અને ફિલ્મ નિર્માતાઓની મનગમતી પરિકલ્પના છે. જો કે એક વખતનો માત્ર કલ્પનાનો વિષય છેલ્લા બે દાયકાથી વૈજ્ઞાનિક વાસ્તવિકતાની પૃષ્ઠભૂમિ પર અંકુરિત થઇ ચૂક્યો છે. આપણા સૂર્ય આસપાસ ફરતા ગ્રહોની જેમ બીજા તારાઓની આસપાસ ચક્કર કાપતા સેંકડો ગ્રહો અને ઘણી ગ્રહમાળાઓ મળી આવી છે. વધુ ગ્રહોની ખોજ અને શોધાયેલા ગ્રહોની વિભિન્ન ભૌતિક અને બંધારણીય પરિસ્થિતિઓનો ઊંડો તાગ મેળવવા વિજ્ઞાનીઓ વિશિષ્ટ વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓનો અને આધુનિક ટેકનોલોજીનો ઉપયોગ કરીને ગહન અભ્યાસ કરી રહ્યા છે. તે અંગેની તાજેતરની શોધો વિષે અખબારોમાં પણ સમાચાર આવેલ છે.

સૂર્યમાળા સિવાયના ગ્રહો માટે અંગ્રેજીમાં extrasolar planet કે exoplanet શબ્દ વપરાય છે. ગુજરાતીમાં આવા ગ્રહો માટે કોઇ ખાસ શબ્દ ન હોવાથી આ લેખમાં 'સૌરોત્તર (સૌર+ઉત્તર= સૂર્યમાળા સિવાયના) ગ્રહ' શબ્દનો પ્રયોગ કર્યો છે. વળી, આ લેખમાં શક્ય બધા પારિભાષિક શબ્દો પણ ગુજરાતીમાં આપવા પ્રયત્ન કર્યો છે. સૌરોત્તર ગ્રહો એટલે સૂર્યમાળાની બહાર અન્ય તારા સાથે સંકળાયેલા ગ્રહો.

સંક્ષિપ્ત ઇતિહાસ :

સૌરોત્તર ગ્રહોનો પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક તર્ક, કોપરનિક્સના સિદ્ધાંતના શરૂઆતના સમર્થકોમાંના એક અને સોળમી સદીમાં થઇ ગયેલા ઇટાલિયન તત્વચિંતક જીઓર્દાનો બ્રુનોએ રજૂ કરેલો. કોપરનિક્સના વિચારને આગળ વધારીને તેમણે કહ્યું કે સૂર્ય જેવા જ બીજા તારાઓને પણ પોતાના ગ્રહો અને ગ્રહમાળા હોઇ શકે છે. અઢારમી સદીમાં ન્યુટને પણ principia mathematicaના અંતિમ ભાગમાં આ મુજબ લખ્યું ''... અને જો કોઇ તારાઓ આ પ્રકારની ગ્રહમાળાનું કેન્દ્ર હોય તો તે તંત્રને પણ આ જ સિદ્ધાંતો (ગુરૂત્વાકર્ષણ)થી વર્ણવી શકાય.'' સૌરોત્તર ગ્રહોના આડકતરા અવલોકનના દાવા તો લગભગ ઓગણીસમી સદીના ઉત્તરાર્ધથી જ થતા રહ્યા પરંતુ 1992માં એલેક્ઝાન્ડર વોલ્સ્ઝાન અને ડેલ ફ્રીલે પ્રથમ સૌરોત્તર ગ્રહની શોધનો વિશ્વસનીય દાવો કર્યો જેને બીજા વૈજ્ઞાનિકોનું સમર્થન મળ્યું. આ સૌરોત્તર ગ્રહ કોઇ સામાન્ય તારાને બદલે એક પલ્સારની આસપાસ ભ્રમણ કરતો હતો. વાસ્તવમાં આ વૈજ્ઞાનિક જોડીએ તે પલ્સારના 'ધબકારા'માં થતા નિયમિત ફેરફારને માપીને જ તેની આસપાસ ફરતા સૌરોત્તર ગ્રહની હાજરી સાબિત કરી હતી. ત્યારબાદ ઓક્ટોબર 1995માં યુનિવર્સિટી ઑફ જીનીવાના માઇકલ મેયર અને દીદીર ક્વેલોઝે 51 pegasi નામના સૂર્ય જેવા સામાન્ય તારા આસપાસ પ્રથમ સૌરોત્તર ગ્રહની શોધની જાહેરાત કરી અને ત્યાર પછી ટેકનોલોજીના વિકાસની સાથે સૌરોત્તર ગ્રહોનો આંક વર્ષો વર્ષ કુદકે ને ભુશ્કે વધતો જ રહ્યો છે. હાલ (સપ્ટેમ્બર 16, 2010) સુધીમાં આશરે 490 ગ્રહોની અને 55 જેટલી ગ્રહમાળાઓની શોધ થઇ ચુકી છે. વધુ શોધકાર્ય જોરશોરથી ચાલુ છે.

આ પ્રકારની ગ્રહોની એક કામચલાઉ વ્યાખ્યા પણ કરવામાં આવી છે. આંતરરાષ્ટ્રીય ખગોળશાસ્ત્ર સંઘ દ્વારા અપાયેલી ગ્રહની કાયદેસરની વ્યાખ્યા માત્ર સૌરગ્રહોને જ લાગુ પડે છે. હાલ સુધીમાં સૌરોત્તર ગ્રહો માટે 2001માં અપાયેલી અને 2003માં સુધારાયેલી કાર્યકારી વ્યાખ્યા જ પ્રાપ્ય છે જે આ મુજબ છે : ''એવા પદાર્થો કે જેનું દળ ડ્યુટેરીયમના નાભિકીય સંલયન/ thermonuclear fusion માટે જરૂરી લઘુત્તમ દળ કરતા પણ ઓછું હોય અને જે કોઇ તારા કે તારક અવશેષ (શ્વેત વામન-

white dwarf કે ન્યુટ્રોન તારા)ની આસપાસ બંધ કક્ષામાં ફરતા હોય તેવા પદાર્થો સૌરોત્તર ગ્રહો ગણાશે. આવા પદાર્થોનું લઘુત્તમ દળ સૂર્યમાળાના ગ્રહોને લાગુ પડતી સીમામાં હોવું જોઇએ.''

જો કે આ વ્યાખ્યામાં હજુ સુધારાને પુરતો અવકાશ છે માટે જ તેને કાર્યકારી વ્યાખ્યા ગણવામાં આવી છે. વળી આ વ્યાખ્યામાં ગ્રહોના સર્જન પ્રક્રિયા વિશે કોઇ જ સ્પષ્ટતા નથી.

શોધ પદ્ધતિઓ :

સીધાં અવલોકન (direct imaging): તારાઓના પૃથ્વીથી અંતરના પ્રમાણમાં તેમની આસપાસ ફરતા સૌરોત્તર ગ્રહો જે તે તારાથી ઘણા જ નજીક હોય છે. વધુમાં ગ્રહો દ્વારા પરાવર્તિત થતા અને ઉત્સર્જાતા પ્રકાશની માત્રા મૂળ તારાના પ્રકાશની સાપેક્ષે અતિ અલ્પ હોય છે. આથી પૃથ્વી પરથી ટેલીસ્કોપ દ્વારા તારાની આસપાસ ફરતા ગ્રહોના સીધા અવલોકન કે વાસ્તવિક ફોટોગ્રાફ લગભગ અશક્ય છે. છતાં પણ હાલમાં અત્યાધુનિક ટેકનોલોજી દ્વારા કેટલીક અતિ વિશિષ્ટ રીતો અને કેટલાક સૌથી મોટા ટેલીસ્કોપનો ઉપયોગ કરી ને લગભગ 15 જેટલા સૌરોત્તર ગ્રહોને સીધા જ કેમેરામાં કેદ કરી શકાયા છે. આ માટે મુખ્યત્વે તારાના કૃત્રિમ ગ્રહણની પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

અતિક્રમણ પદ્ધતિ (Transit method) : જો ગ્રહની કક્ષા એ રીતે હોય કે જેથી ભ્રમણ દરમ્યાન એક સમયે ગ્રહ લગભગ પૃથ્વી અને તારાની એકદમ વચ્ચે આવી જાય તો તે તારાના અલ્પ પ્રકાશને અવરોધે છે. આ ઘટના બુધ અને શુક્ર દ્વારા થતા અતિક્રમણને મળતી આવે છે. ફર્ક એટલો છે કે પૃથ્વી પરથી જોતા આપણે દૂર આવેલા તારાની અંદર ગ્રહને સીધા જ જોઇ ન શકીએ પરંતુ જો આપણે તે તારાના પ્રકાશની માત્રા સમય સાથે નોંધતા રહીએ તો તારાના પ્રકાશમાં થતો આ મંદ ઘટાડો જરૂર નોંધી શકીએ. વળી આ પ્રકાશના ફેરફારના સમયની સાપેક્ષે મેળવેલા વક્ર અને કેપ્લરના ગ્રહની ગતિના નિયમો, તારાના તાપમાન, દળ જેવી માહિતીનો ઉપયોગ કરી આપણે ગ્રહનો ભ્રમણકાળ, દળ, કદ, તારાથી ગ્રહનું અંતર, કક્ષાકોણ, કક્ષાની ઉત્કેન્દ્રતા (eccentricity) વગેરે ઘણી માહિતી મેળવી શકીએ.

ત્રિજ્યાવર્તી વેગ પદ્ધતિ (radial velocity method or Doplar method): આપણે ભલે એમ કહેતા હોઇએ કે ગ્રહ તારાની આસપાસ ફરે છે પરંતુ વાસ્તવમાં તારો અને ગ્રહ બંને તેમના સામાન્ય ગુરુત્વ મધ્યકેન્દ્રની આસપાસ ફરતા હોય છે. જો કે ગ્રહ કરતા તારો દળમાં ખૂબ જ ભારે હોવાથી ગુરુત્વ મધ્યકેન્દ્રએ તારાના કેન્દ્રની એકદમ નજીક જ હોય છે જ્યારે ગ્રહ કેન્દથી ખાસ્સો દૂર હોય છે. આથી જ આપણે ગ્રહને તારા આસપાસ ભ્રમણ કરતો જોઇ શકીએ પરંતુ તારાની ગુરુત્વ મધ્ય કેન્દ્ર આસપાસની દોલન ગતિ આપણા અવલોકનોમાં લગભગ ઓઝલ હોય છે. ગ્રહનો રેખીય વેગ ઘણો વધુ (સેંકડો કીલોમીટર પ્રતિ સેકંડ) હોય છે જ્યારે તારાનો રેખીય વેગ ખૂબ જ ઓછો (કેટલાક મીટર પ્રતિ સેકંડ) હોય છે. પરંતુ જો આપણે પૂરતા સૂક્ષ્મગ્રાહી વર્ણપટ માપક/high resolution spectrometerનો ઉપયોગ કરીએ તો તારાની આ દોલન ગતિના કારણે ઉદ્ભવતી ડોપ્લર અસર તારાના વર્ણપટ (spectrum)માં જોવા મળતી શોષણ રેખાઓ (absorption lines)પર જોઇ શકાય છે. તારો જ્યારે એક દોલન પૂર્ણ કરે ત્યારે તેના વર્ણપટમાં આ શોષણ રેખાઓ પોતાના સરેરાશ સ્થાનની આસપાસ એક આંદોલન પૂર્ણ કરે છે.

હાલમાં તારાના 1 મીટર પ્રતિ સેકંડના વેગને પણ માપી શકે તેવા વર્ણપટ માપક બનાવાયા છે જેમની મદદથી તારાની આસપાસના ગ્રહની હાજરી જ નહિ પરંતુ તેમના વિશેની ઘણી વધુ જાણકારી મેળવવી પણ શક્ય બની છે.

સૌરોત્તર ગ્રહની શોધ માટે મુખ્યત્વે ત્રિજ્યાવર્તી વેગ કે અતિક્રમણ પદ્ધતિનો જ ઉપયોગ થાય છે. લગભગ 90% સૌરોત્તર ગ્રહોની શોધ આ બેમાંથી એક પદ્ધતિ દ્વારા જ થઇ છે. આમ છતાં બીજી કેટલીક ઓછી વપરાતી રીતો નીચે મુજબ છે.

જો કોઇ તારાનો એક ગ્રહ અતિક્રમણ રીત દ્વારા શોધાયો હોય પરંતુ ગ્રહના ક્રમિક અતિક્રમણો નિયત સમયે થવાને બદલે તેમની વચ્ચે નિશ્ચિત રીતે ફેરફાર થતો હોય તો આ ફેરફાર માપીને તારાની આસપાસના બીજા ગ્રહોની હાજરી પણ મેળવી શકાય છે. આ ઉપરાંત તારાના સ્થાનમાં થતા સૂક્ષ્મ ફેરફાર, ગુરુત્વીય સૂક્ષ્મદ્દક અસર (gravitational micro-lensing) પલ્સારના નિયમિત 'ધબકારા'માં થતા અલ્પ ફેરફાર વગેરે રીતો દ્વારા પણ કેટલાક સૌરોત્તર ગ્રહોની શોધ થઇ છે.

સૌરોત્તર ગ્રહોના સામાન્ય ગુણધર્મો :

સામાન્ય રીતે હાલમાં શોધાયેલા મોટાભાગના સૌરોત્તર ગ્રહો ''ઉષ્ણ ગુરુ'' (hot jupitors) પ્રકારના છે એટલે કે તેમના દળ પૃથ્વી કરતા અનેક ગણા વધુ છે અને તેઓ પોતાના તારાની ખુબ નજીક હોવાથી ખાસ્સા ગરમ પણ હોય છે. પરંતુ તેનો મતલબ એ નથી કે બ્રહ્માંડમાં આવા ગ્રહોનું જ વર્ચસ્વ છે. વાસ્તવમાં ઉપર વર્ણવેલી મુખ્ય બંને રીતો આ પ્રકારના ગ્રહો જ આસાનીથી શોધી શકે છે માટે તેમની સંખ્યા વધુ છે. તારાથી દૂરના અને પ્રમાણમાં નાના ગ્રહો શોધવા માટે આ બંને રીતને ઘણી ચોક્કસ બનાવવી જરૂરી છે. આ ઉપરાંત કેટલીક નવી રીતો પર પણ સંશોધકો કાર્યરત છે. બાકી હાલના અંદાજ મુજબ સૂર્ય જેવા તારાઓમાંના લગભગ 40% તારાઓ નાના મોટા ગ્રહો ધરાવતા હોવા જોઇએ. આપણી આકાશગંગામાં જ સૂર્ય જેવા 200 અબજ તારા હાજર છે તો તમે જ કલ્પના કરી લો કે ગ્રહોની કુલ સંખ્યા કેટલી હોઇ શકે ?

વૈજ્ઞાનિકોને જો કે મોટા કરતા નાના, લગભગ પૃથ્વી જેટલા દળ વાળા ગ્રહો વધુ રસપ્રદ લાગે છે. જીવનની ઉત્પત્તિ અને વિકાસની શોધ માટે સ્વાભાવિક રીતે જ 'ઉષ્ણુ ગુરુ' પ્રકારના ગ્રહ નિરર્થક લાગે.

હાલની માન્યતા મુજબ દળદાર અને અતિ ઊંચા તાપમાન ધરાવતા તારાઓ કરતાં સૂર્ય જેવા મધ્યમ દળ અને તાપમાન ધરાવતા તારાઓની આસપાસ ગ્રહોની ઉત્પત્તિ થવાની સંભાવના ઘણી વધુ હોય છે. સાથે જ જો તારામાં લીથીયમ કરતા ભારે તત્વોનું સાપેક્ષ પ્રમાણ વધુ હોય તો આ સંભાવના ઘણી વધે છે.

સૌરોત્તર ગ્રહ માટે તાપમાન સંતુલનની ધારણા, જ્ઞાત કક્ષા અને તારાના કદ અને તાપમાનની જાણકારીનો ઉપયોગ કરીને ગ્રહના તાપમાન વિશે અંદાજ લગાવી શકાય છે. જેમ કે OGLE-2005-BLG-390L b એ સાંકેતિક નામના ગ્રહનું તાપમાન અંદાજે- 220^0 C માનવામાં આવે છે. જો કે આ રીતમાં ત્રુટીની માત્રા ઘણી વધુ હોય છે. ખાસ તો ગ્રહના પરાવર્તનાક વિશેની અસ્પષ્ટતા તાપમાનની ત્રુટીને વધારે છે. ગ્રહના દ્વિતીય ગ્રહણ (secondary eclipse) દરમ્યાન લીધેલા અધોરક્ત (infrared) પ્રકાશના અવલોકનો વડે ગ્રહના તાપમાન વિશે ખાસ્સી નિશ્ચિત માહિતી મેળવી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે HD 189733 bનામના ગ્રહનું અંદાજીત તાપમાન આ રીતે મેળવતા તે દિવસ તરફના ભાગમાં 932 ± 9^0C અને રાત્રીના ભાગમાં 700 ± 33^0C હોવાનું માલુમ પડે છે. વૈજ્ઞાનિકો જો કે આવા સૌરોત્તર ગ્રહની શોધમાં છે જ્યાં પાણી પ્રવાહ સ્વરૂપે અસ્તિત્વમાં રહી શકે એટલું તાપમાન હોય. આ માટે ગ્રહ પોતાના તારાથી નિશ્ચિત અંતર-ગાળામાં જ હોવું જોઇએ, ન તો વધુ નજીક કે ન તો વધુ દૂર. આ અંતર ગાળો વળી તારાના તાપમાન પ્રમાણે નક્કી થાય છે. આ અંતર-ગાળાને 'અનુકુલન વિસ્તાર' (habitable zone) કહે છે. હજુ સુધી કોઈ સૌરોત્તર ગ્રહ આવા અનુકુલન વિસ્તારમાં મળ્યો નથી પણ હાલમાં શોધાયેલા બે ગ્રહો Gliese 581 b અને Gliese 581 c પર તાપમાન અનુકુલન તાપમાનની ઘણું નજીક હોવાની સંભાવના છે.

કેટલાક વિશિષ્ટ સૌરોત્તર ગ્રહો :

PSR B1620-26 નામના પલ્સારની આસપાસ ફરતા ગ્રહને 'મેથુસેલાહ' ઉપનામ આપવામાં આવ્યું છે. એવું માનવામાં આવે છે કે આ ગ્રહનો જન્મ આજથી 13 અબજ વર્ષ પહેલાં એટલે કે મહાવિસ્ફોટ (big bang) પછી ફક્ત એક અબજ વર્ષમાં જ થયો. આમ, તે હાલમાં શોધાયેલા બધા ગ્રહોમાં સૌથી જુનો ગ્રહ છે.

HD149026 b ગ્રહનું તાપમાન આશરે 2000^0 C નોંધવામાં આવ્યું છે. આ તાપમાને સીસું પણ પીગળી જતું હોય છે. આ ગ્રહનો કેન્દ્ર ભાગ (core) સૌથી મોટો અને ભારે (અંદાજે પૃથ્વી કરતાં 70થી 90 ગણો ભારે) હોવાનો અંદાજ છે.

MOA-192 b નામનો ગ્રહ હાલનો સૌથી નાનો સૌરોત્તર ગ્રહ છે. તેનું દળ પૃથ્વીથી 3.3 ગણું જ છે. બાકી 90% ગ્રહો પૃથ્વીથી 10 ગણા કે તેથી પણ વધુ ભારે અને અમુક ગ્રહો તો પૃથ્વીથી હજારો ગણા દળદાર છે.

HD209458 b નામનો ગ્રહ એ અતિક્રમણ પદ્ધતિથી શોધાયેલો પ્રથમ ગ્રહ હોવા ઉપરાંત તે સતત પોતાનું વાતાવરણ ગુમાવી રહ્યો છે. વાસ્તવમાં તેના પિતૃ તારા દ્વારા તેના પર વિકિરણનો મારો થઇ રહ્યો છે જેથી તે દર સેકન્ડે આશરે 9000 મેટ્રિક ટન હાઇડ્રોજન વાયુ ગુમાવે છે. આ કારણોસર જ આ ગ્રહને સંભવતઃ ધૂમકેતુ જેવી પૂંછડી પણ છે. આ ગ્રહના અધોરક્ત વર્ણપટના અભ્યાસ પરથી સંશોધકોએ તેના વાતાવરણમાં પાણી અને મીથેન વાયુની હાજરી પણ નોંધી છે.

V391 pegasi b નામનો ગ્રહ કોઇ સામાન્ય તારાને બદલે એક red giant તારાની આસપાસ ફરતો જોવામાં આવ્યો છે. આપણા સૂર્યનો અંત પણ આ રીતે red giant અવસ્થાથી જ થવાનો છે.

fomalhaut b નો ગ્રહ એવા ગણ્યા ગાઠ્યા ગ્રહોમાંનો એક છે જેને વાસ્તવમાં ટેલીસ્કોપ વડે જોઇ શકાયો હોય. વાસ્તવમાં તે એક વિશાળ ડિસ્કનો ભાગ છે જે તેના પિતૃ તારાની આસપાસ સ્પષ્ટ રીતે જોઇ શકાય છે.

HD 10180 નામના તારાની આસપાસ એક, બે કે ત્રણ નહિ પરંતુ પુરા સાત ગ્રહો શોધાઇ ચૂક્યા છે. બે કે તેથી વધુ ગ્રહો ધરાવતી ગ્રહમાળાઓની સંખ્યા તો લગભગ 55 ઉપર પહોંચી ચૂકી છે અને આ આંકડો ભવિષ્યમાં હજુ વધવાનો છે.

વણઉકેલ્યા પ્રશ્નો અને સંશોધનનું ભવિષ્ય :

સૌરોત્તર ગ્રહો વિશે આ બધું જ્ઞાન ખરેખર તો પાશેરામાં પહેલી પૂણી જેટલું જ છે. દરેક શોધ અનેક પ્રશ્નો લઇને જ આવે છે. હાલમાં ખાસ તો પૃથ્વી જેવા ગ્રહની શોધ, અનુકુળ વિસ્તારમાં રહેલા ગ્રહની શોધ, વિવિધ ગ્રહોના વાતાવરણના બંધારણ, આ ગ્રહોના જન્મના સિદ્ધાંત અને તેના પર સંભવિત જીવ સૃષ્ટિની હાજરી જેવા પ્રશ્નો પર ખગોળશાસ્ત્રીઓના લગભગ 100 જેટલા વૈજ્ઞાનિક સમૂહ અવલોકન અને સૈદ્ધાંતિક સંશોધન પર કાર્ય કરી રહ્યા છે. જે માટે તેઓ જમીન પરના અને અવકાશી, દ્રશ્ય અને અધોરક્ત ટેલીસ્કોપનો ઉપયોગ કરે છે. વિશ્વમાં છેલ્લા 5 વર્ષમાં બનાવાયેલા 3 અવકાશી ટેલીસ્કોપ ખાસ સૌરોત્તર ગ્રહોના શોધ અને અભ્યાસ માટે કાર્યરત છે. આવતા 5થી 7 વર્ષોમાં બીજા 5થી 7 ટેલીસ્કોપ આ ખાસ કાર્ય માટે અવકાશમાં ગોઠવાશે. ભારતમાં આ માટે Physical Research Laboratory (PRL)માં એક ખાસ વર્ણપટમાપક (spectrometer) બનાવવામાં આવી રહ્યું છે જે માઉન્ટ આબુમાં ગુરુશિખર પર આવેલ ટેલીસ્કોપના ઉપયોગ દ્વારા ત્રિજ્યાવર્તી વેગ પદ્ધતિથી વિવિધ સૌરોત્તર ગ્રહો વિશે સંશોધન કરશે. આ વર્ણપટમાપક વડે તારાની 5 મીટર પ્રતિ સેકંડ જેટલી ગતિને પણ માપી શકાશે એવો અંદાજ છે.

*****

ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનની પ્રારંભિક શોધખોળોનો રોમાંચક ઈતિહાસ

ડૉ. દિલીપ પી. આહલપરા
ઈન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ પ્લાઝમા રિસર્ચ, ગાંધીનગર

પ્રો. સુધીર પ્ર. પંડ્યા
નિવૃત્ત નિયામક ફિઝીકલ રિસર્ચ લેબોરેટરી, અમદાવાદ

પ્રસ્તાવના :

ભૌતિકવિજ્ઞાનના સમગ્ર ઈતિહાસમાં એક સુવર્ણ પૃષ્ઠ બનેલ પરમાણુનાભિની શોધને હવે 2011ની સાલમાં સો વર્ષ પુરાં થશે. સોએક વર્ષ પૂર્વેના સમયની આ અને આવી શોધોનો પુરેપુરો ચિતાર આપવાનું તો એક લેખમાં ક્યાંથી શક્ય બને ? બહુ બહુ તો આપણે ક્રમે ક્રમે થયેલી પ્રગતિને સમજવા માટે જુદાં જુદાં પરિદૃશ્યો (scenario) રચીને એક રોમાંચ ખડો કરવા કોશીષ કરી શકીએ.

તો આવાં એકાદ પરિદૃશ્યની કલ્પના કરો.

આશરે 1900ની સાલની વાત છે. લંડનમાં કે ક્યાંક બ્રિટિશ એસોસીએશન ફોર એડવાન્સમેન્ટ ઑફ સાયન્સની એક સભા મળી છે. તેમાં વક્તવ્ય આપતાં તે સમયના પ્રસિદ્ધ ભૌતિકશાસ્ત્રી લોર્ડ કેલ્વીન જાહેર કરે છે, ‘‘ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં હવે કશું નવું શોધવાનું રહ્યું નથી. જે કાંઈ કરવાનું રહે છે તે છે વધુને વધુ ચોકસાઈભર્યું માપન !!’’

પ્રભુનો પાડ માનો કે એ મહાન વિજ્ઞાનીનું આ કથન તદ્દન ખોટું પડ્યું. વિજ્ઞાનમાં જ્યારે જ્યારે પણ આવી કાંઈક સ્થગિતતા આવેલી જણાય છે ત્યારે ત્યારે કોઈને કોઈ અસાધારણ બુદ્ધિપ્રતિભા પોતાના જિજ્ઞાસુ મનથી નવા વિચારો અને નવા પ્રયોગો ચમત્કારિકપણે રજૂ કરે છે અને જ્ઞાનવિજ્ઞાનમાં એક ક્રાંતિ આવે છે. આમ તો જ્યારે કેલ્વીને ઉપરોક્ત વિધાન કર્યું, ત્યારે કેટલીક એવી શોધો થઈ ગઈ હતી કે જે ક્રમે ક્રમે પરમાણુની નાભિની શોધમાં પરિણમી. આજે આપણે જેને નાભિક ભૌતિકશાસ્ત્ર (Nuclear Physics) તરીકે ઓળખીએ છીએ તે વિજ્ઞાનની મહત્વની શાખાનો ઉદય પરમાણુની ન્યુક્લિયસ શોધાવાથી થયો. કેવો હશે એ સમયનો રોમાંચ કે જ્યારે સાવ અજાણી, કલ્પના બહારની આ બાબત વૈજ્ઞાનિક વાસ્તવિકતા બનીને પ્રગટ થઈ હશે ?! કુતુહલ, આશ્ચર્ય અને રોમાંચ તો જીવનમાં ઘણી જગ્યાએ આવતાં હોય છે. બાળકો કેવા ઉત્સાહથી અને જિજ્ઞાસાભેર નાના-મોટા કોયડા ઉકેલતાં હોય છે ?! શેરલૉક હોમ્સ કે એવી કોઈ કથાઓમાં કોઈ ગુનાનું રહસ્ય કેવી રીતે ઉકલે છે તે જાણવામાં વાચકને ખૂબ રસ પડે છે. તો વળી કોઈ ચિત્રકાર એક અદ્‌ભુત અનેરૂં ચિત્ર રચે તો એ જોઈને બધા આફરિન પોકારે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં અજ્ઞાતની શોધનો જે રોમાંચ છે તે આવાં બધાં ઉદાહરણોથી તો ઘણો વિશેષ હોય છે. આ લેખ વાંચ્યા પછી વાચકોને ન્યુક્લિયર ફિઝિક્સના પ્રારંભના વર્ષોનો એક રોમાંચક ખ્યાલ આવી શકશે તો લેખનો હેતુ સિદ્ધ થયો ગણાશે. ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનના વિકાસની સાથોસાથ જે અન્ય શાખાઓનો પણ ઉદય અને વિકાસ થયો તેમાં ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સ, મૂળભૂત કણ-ભૌતિકશાસ્ત્ર, (Particle Physics), ખ-ભૌતિકવિજ્ઞાન (Astrophysics), ન્યુક્લિયર ફિશન, ફ્યુઝન અને ન્યુક્લિયર ઉર્જા, વિકિરણ દ્વારા ચિકિત્સા (Radiation therapy) વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

પરંતુ આપણી ચર્ચાના કેન્દ્રમાં તો છે, પરમાણુનું કેન્દ્ર, ન્યુક્લિયસ...!

ન્યુક્લિયસનો જન્મ - તૈયાર થતો તખ્તો

1895ની સાલથી શરૂઆત કરીએ તો તે સમયે આકસ્મિક રીતે એક એવી ભૌતિક ઘટના શોધાઈ કે જે પરમાણુની ન્યુક્લિયસના જન્મ પૂર્વે શોધાયેલી પ્રથમ ન્યુક્લિયર ઘટના હતી. આ વાત છે હેન્રી બેકેરેલ દ્વારા થયેલ કુદરતી રેડીયો-એક્ટિવીટીની શોધની. ફ્રેન્ચ વિજ્ઞાની બેકેરેલે રોંન્જન પાસેથી સાંભળેલું કે ક્ષ-કિરણો પ્રસ્ફુરણ પેદા કરે છે. બેકેરેલ પાસે પ્રસ્ફુરણ આપતા સ્ફટિકો હતા, જેમાં યુરેનિયમકૃત ક્ષારો (Uranized Salts)ના સ્ફટિકો પણ હતા. આ સ્ફટિકો પ્રસ્ફુરક છે. તો તે શું ક્ષ-કિરણો પેદા કરી શકે ? એવો કંઈક પ્રશ્ન બેકેરેલને થયો. હવે તે સ્ફટિકોને પ્રસ્ફુરક બનાવવા માટે સુર્યનો પ્રકાશ જરૂરી હતો, પરંતુ સંજોગોવશાત એ દિવસોમાં વાદળીયાં હવામાનને કારણે પુરતો પ્રકાશ મળે તેમ હતો નહીં. તેથી યુરેનિયમ ધરાવતા તે

સ્ફટિકો તેણે કબાટમાં મૂક્યા અને તેની ઉપર ફોટોગ્રાફિક પ્લેટનું ખોખું મૂક્યું. થોડા દિવસો બાદ તેણે આશ્ચર્ય વચ્ચે જોયું કે કોઈ સુર્યપ્રકાશ ન હોવા છતાં ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ અસર પામેલ - expose થયેલ હતી. ત્યારબાદ કાળજીભર્યા પ્રયોગોને અંતે આ અણધાર્યા પરિણામમાંથી યુરેનીયમના રેડીયો-એક્ટિવીટીના ગુણધર્મની શોધ થઇ. હેન્રી બેકરેલના માનમાં રેડિયો-એક્ટિવીટીની તીવ્રતા(સક્રીયતા)ના એકમને 'Bq' નામ સંજ્ઞા આપવામાં આવેલ. એક Bq એટલે રેડિયો-એક્ટિવ તત્ત્વની એ સક્રિયતા કે જેમાં પ્રતિ સેકન્ડે એક ન્યુક્લાઇડ (nuclide) ક્ષય પામે છે. ત્યારબાદ ફ્રેડરિક સોડીએ રેડિયો-એક્ટિવીટી દ્વારા થતાં તત્ત્વોના પરિવર્તનની સમજૂતિ આપી અને તે દ્વારા તત્ત્વોના સમસ્થાનિકો (Isotopes)ની શોધ થવા પામી.

રેડિયો-એક્ટિવીટીની વાત નીકળે ત્યારે મેડમ મેરી ક્યુરીને કેમ ભુલાય ? મેરી ક્યુરીએ સંશોધન શરૂ કર્યું ત્યારે યુરેનીયમ રેડિયો-એક્ટિવીટીના સ્રોત તરીકે જાણીતું તત્ત્વ બન્યું હતું. રેડિયો-એક્ટિવીટીની સક્રિયતા વધારવા માટે મેડમ ક્યુરીએ અને તેમના પતિ પિયરી ક્યુરીએ ‘પીચ બ્લેન્ડી’ ખનિજમાંથી યુરેનીયમને અલગ કરવાના પ્રયોગો હાથ ધર્યા. તેના પરિપાકરૂપે તેઓને બે અન્ય રેડિયોસક્રિય તત્ત્વો પોલોનીયમ (Po) અને રેડીયમ (Ra) મળી આવ્યાં. થોરીયમ તત્ત્વની શોધ પણ ત્યારબાદ થઇ. મેડમ ક્યુરીનું માનવું હતું કે રેડિયો સક્રિય તત્ત્વોમાંથી નીકળતાં વિકિરણ માનવીને ખાસ નુકશાનકર્તા નથી. તેઓને બે વાર નોબેલ ઇનામ મળ્યું. પરમાણુની ન્યુક્લિયસનો તખ્તો ત્યારે ઘડાયો કે જ્યારે જે. જે. થોમ્સને પરમાણુની આંતરિક રચનાનું એક કલ્પનાચિત્ર (મોડેલ) રજુ કર્યું. ઇલેક્ટ્રોનના ગુણધર્મો પ્રસ્થાપિત કર્યા બાદ થોમ્સને વિચાર્યું કે ઇલેક્ટ્રોન, પરમાણુમાં રહેલ મૂળભૂત કણ હોવો જોઇએ. વળી પરમાણુ એકંદરે તટસ્થ હોય છે તેથી તેમાં ધન વીજભાર પણ રહેલ હોવો જોઇએ. આમ થોમ્સને કલ્પના કરી કે પરમાણુમાં ઋણભારિત ઇલેક્ટ્રોન અને તેને સંતુલિત કરતો ધનભાર ભરેલ હોય છે. એક પશ્ચિમી વાનગીના નામ પરથી આને થોમ્સનનું 'Plum-Pudding' મોડેલ કહેવામાં આવ્યું. ન્યુઝીલેન્ડ-બ્રિટનના વિજ્ઞાની રધરફોર્ડે 1911માં આલ્ફા કણોની મદદથી એક એવો પ્રયોગ વિચાર્યો કે જેથી કોઇ પણ પરમાણુની અંદર રહેલ ધન વિજભારનું વિતરણ કેવું હશે તેનો ખ્યાલ મળી શકે. આ પ્રયોગમાં આલ્ફા કણોને સોનાના પાતળા વરખ પર પ્રતાડિત (bombard) કરવામાં આવ્યાં અને વરખમાંથી જુદા જુદા કોણે પ્રકિર્ણન (scattering) પામતાં આલ્ફા કણોનું અવલોકન કરવામાં આવ્યું. આ પ્રાયોગિક કાર્ય રધરફોર્ડે તેના વિદ્યાર્થીઓને સોંપ્યા બાદ એકાદ સપ્તાહને અંતે તેણે તેના વિષે પુછપરછ કરી. વિદ્યાર્થીઓએ જણાવ્યું કે, આમ તો આલ્ફા કણો નાના-મોટા ખૂણે અગ્ર (forward) દિશામાં પ્રકેરિત થાય છે. રધરફોર્ડના વૈજ્ઞાનિક મનમાં એક ઝબકારો થયો. તેણે, આલ્ફા કણો 90^0 થી વધુ કોણે પાછલી દિશામાં (backward) જતાં જણાય છે કે કેમ તે તપાસવા સુચના આપી. જ્યારે તેને માલુમ પડ્યું કે આલ્ફા કણો અલ્પ પ્રમાણમાં પણ 90^0 થી વધુ કોણે પ્રકિર્ણન પામે છે ત્યારે તેને આશ્ચર્ય થયું, કારણ કે આ પરિણામ થોમસનના પરમાણુ મોડેલ મુજબ તો માન્યામાં આવે એવું નહોતું ! આલ્ફા પ્રકિર્ણનના પ્રયોગ અંગે સ્વયં રધરફોર્ડનો પ્રતિભાવ કાંઇક આવો હતો - ‘‘આ તે કેવું કૌતુક ! જાણે કે હું એક પાતળા કાગળ પર તોપના ગોળા વરસાવું છું, અને તેમાંથી કેટલાક ગોળા મારી તરફ પાછા ફેંકાય છે !!’’

વાચક મિત્રો, ભૌતિક વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં એવા કેટલાક યાદગાર પ્રયોગો નોંધાયેલ છે કે જેમનો મૂળ હેતુ કંઇક જુદો જ હતો અને પરિણામ આશ્ચર્યકારક અને અણધાર્યું આવ્યું હતું. આ સંદર્ભે પ્રકાશના વેગ વિષેનો માઇકલસન અને મોર્લેનો પ્રયોગ ખૂબ જાણીતો છે, તે તો તમને સૌને ખ્યાલ હશે.

રધરફોર્ડે સિદ્ધ કર્યું કે પરમાણુનો ધનભાર તેના કેન્દ્ર ભાગે જમા થયેલો હોય છે, અને તેમાં જ મહદ્અંશે પરમાણુનું દળ પણ રહેલું હોય છે. યાને કે પરમાણુ મોટે ભાગે ખાલીખમ છે, કેન્દ્ર ભાગે નાભિ અથવા ન્યુક્લિયસ અને તેની આસપાસના અવકાશમાં ઘૂમતાં ઇલેક્ટ્રોન ! આ માનસ-ચિત્રનો વિચાર કરતાં આપણને દળદાર સૂર્ય અને તેની આજુબાજુ અવકાશમાં ઘૂમતા નાના-મોટા ગ્રહો યાદ આવી જાય છે. તેથી રધરફોર્ડનો પરમાણુ નમૂનો ગ્રહીય નમૂનો (Planetary model) પણ કહેવાય છે. તો આ સાથે થોમ્સનનું મોડેલ પડી ભાંગ્યું અને કેન્દ્રમાં નાભિ ધરાવતા પરમાણુ મોડેલનો જન્મ થયો. વિજ્ઞાન જગતે ન્યુક્લિયસના જન્મથી સાનંદાશ્ચર્ય અનુભવ્યું. નવો વિચાર પચાવવો સહેલો નથી. એક વિરોધાભાસ એવો બન્યો કે પ્રસિદ્ધ બ્રિટિશ જર્નલ ફિલોસોફિકલ મેગેઝિનના એક જ અંકમાં તે કાળે યુવાન વિજ્ઞાની એવા નિલ્સ બોહરનો રધરફોર્ડ પરમાણુ મોડેલને લગતો લેખ હતો અને સાથોસાથ અન્ય એક વિજ્ઞાનીનો થોમ્સનના Plum-pudding મોડેલ પર આધારિત લેખ પણ છપાયો હતો. ખેર, રધરફોર્ડ ન્યુક્લિયર મોડેલથી જગમશહુર બન્યા. તેઓને ન્યુટ્રોન જેવાં કોઇ કણના અસ્તિત્વનો પણ કંઇક ખ્યાલ

હતો, અને પછીના વર્ષોમાં તેઓના શિષ્ય જેઈમ્સ ચેડવિકે ન્યુટ્રોનનું અસ્તિત્વ પણ શોધી કાઢ્યું. રધરફોર્ડનો ન્યુક્લિયર પરમાણુ નમૂનો જન્મતાં જ તુરંત એક ગંભીર સમસ્યામાં અટવાઇ ગયો. ઇલેક્ટ્રોડાઇનેમિક્સના સિદ્ધાંતોને આધારે ન્યુક્લિયસની આજુબાજુ ઘૂમતું ઇલેક્ટ્રોન- જે એક વિજભાર છે- તે પ્રવેગિત હોવાથી ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરતું હોવું જોઇએ. તેમ જોતાં ન્યુક્લિયસ ફરતે ઘૂમતું ઇલેક્ટ્રોન ઉર્જાનું ઉત્સર્જન કરતું કરતું આંખના પલકારામાં કુંડલાકાર (spiral) માર્ગે જઇને ન્યુક્લિયસમાં આત્મવિલોપન કરે ! યાને કે રધરફોર્ડનો પરમાણુ સ્થાયી ન રહે. નિલ્સ બોહરે 1913ના અરસામાં રધરફોર્ડના પરમાણુ નમૂનાને આધાર બનાવીને તર્ક લડાવ્યો- 'પ્લાંકનો ઉર્જા ક્વોન્ટમિકરણ (Quantization)નો ખ્યાલ જો વિકિરણને લાગુ પડે તો દ્રવ્યને એટલે કે પરમાણુને કેમ લાગુ ન પડે ?!' અને આમ જન્મ થયો બોહરના પરમાણુ નમૂનાનો.

વિજ્ઞાનમાં અને ખાસ કરીને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં નમૂનો કે પ્રરૂપ (model) એટલે શું ? કોઇ વિજ્ઞાની, કલાકારની જેમ કલ્પના અને ધારણાના રંગો લઇને તર્ક અને દલીલોની પીંછી વડે જે માનસચિત્ર રજુ કરે છે તે છે વૈજ્ઞાનિક મૉડેલ ! બોહરે પોતાના પરમાણુ નમૂનામાં ઉર્જા અને કોણીય વેગમાનનું ક્વોન્ટમિકરણ દાખલ કર્યું અને પરમાણુને સ્થિરતા બક્ષી. બોહરના પરમાણુ નમૂનાને હાઇડ્રોજન વર્ણપટની રેખાઓને સમજાવવામાં સફળતા મળી પરંતુ પરમાણુ ભૌતિકશાસ્ત્રીઓના સમૂદાયમાં એક પ્રકારનો અસમંજસ અનુભવાતો હતો. સૌને તલાશ હતી એક નવા મૂળભૂત મિકેનિક્સની, 1923માં મૂળે ઇતિહાસના વિદ્યાર્થી એવા લૂઇ દ્ બ્રોગ્લીએ વિસ્મયકારક તર્ક કર્યો- ''જો વિકિરણ તરંગ અને કણનો બેવડો (દ્વૈત) સ્વભાવ દર્શાવતું હોય તો ઇલેક્ટ્રોન જેવું 'કણ' પણ કણ-તરંગ દ્વૈત સ્વભાવ ન દર્શાવે ?!''. આશરે 1926માં એરવિન શ્રોડિંજરે અને સ્વતંત્રપણે વેર્નર હાઇઝનબર્ગે ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સની રચના કરી. 1928માં પાઉલ ડિરાકે એક નવું ખેડાણ કર્યું જેમાં ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સ અને આઇન્સ્ટાઇનના વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદનો સમન્વય કરવામાં આવ્યો. ડિરાકના સાપેક્ષવાદી ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સના ફળસ્વરૂપે પ્રતિ-કણ (anti-particle)નો ખ્યાલ પ્રગટ થયો.

આધુનિક ભૌતિકવિજ્ઞાનના આ ખેડાણોનો અત્રે ઉલ્લેખ કરવો એટલા માટે જરૂરી છે કે એ બધું ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્રના વિકાસ સાથે ખૂબ જ નિકટતાથી સંકળાયેલ છે. ફરી પાછા ન્યુક્લિયર ફિઝિક્સ પર આવીએ તો એ સુનિશ્ચિત થવા લાગ્યું હતું કે ભારે તત્ત્વોના રેડિયો-એક્ટિવ ગુણધર્મો ન્યુક્લિયર ઘટનાઓને કારણે હોય છે. 1928માં જ્યોર્જ ગેમોવે આલ્ફા કણોના ઉત્સર્જન અને ન્યુક્લિયર ક્ષય (decay)ને સમજાવતો ક્વોન્ટમ મિકેનિકલ વાદ (theory) આપ્યો. તે અરસામાં વોલ્ફગેન્ગ પાઉલીને બીટા કણોના ઉત્સર્જન અને ન્યુક્લિયર ક્ષયની બાબતોમાં રસ પડ્યો અને તે અંગેની સમસ્યાઓના હલરૂપે પૌલીએ ન્યુટ્રિનો (neutrino) કણની પરિકલ્પના આપી. ત્યારબાદ પ્રસિદ્ધ સૈદ્ધાંતિક અને પ્રાયોગિક વિજ્ઞાની એવા એનરિકો ફર્મીએ બીટા-ક્ષયને સમજાવતો વિગતવાર વાદ રજુ કરવામાં સફળતા મેળવી. તે સમયગાળામાં પોઝીટ્રોનનું અસ્તિત્વ પ્રાયોગિક રીતે જાણમાં આવતાં પ્રતિ-કણ (anti-particle)ના ખ્યાલને વેગ મળ્યો. જાપાની ભૌતિકશાસ્ત્રી યુકાવાએ ન્યુક્લિયર બળોના સંવાહક તરીકે 'મેસોન' કણની સંકલ્પના રજુ કરી અને મૂળભૂત કણોના ભૌતિકવિજ્ઞાનનો આરંભ થયો. આજે હવે કણો અને પ્રતિ-કણોનો કુટુંબ-કબીલો કેટલો વિસ્તર્યો છે, એ તો જાણો છો ને !

દરમ્યાનમાં થોમ્સન અને તેના વિદ્યાર્થીઓ આસ્ટન તથા ડેમ્પેસ્ટરે વીજ-ચુંબકીય ક્ષેત્રોના ઉપયોગથી દર્શાવ્યું કે જુદાં જુદાં દળ તેમજ વીજભાર ધરાવતાં આયનો (ions)ને છુટાં પાડી શકાય છે. આ અભ્યાસમાંથી જાણવા મળ્યું કે સ્થાયી (રેડિયો-એક્ટિવ ન હોય તેવાં) તત્ત્વો Ne વગેરેને પણ પોતપોતાના સમસ્થાનિકો હોય છે. અહીં જેનો પાયો નંખાયો એ પ્રાયોગિક પદ્ધતિને Mass Spectrometry કહે છે. સમસ્થાનિકોની હસ્તીએ તત્ત્વોના આવર્તકોષ્ટકને એક જુદી દૃષ્ટિ આપી, પરન્તુ તે સંબંધો મોઝલી (Moseley) નો ક્ષ-કિરણો પરનો અભ્યાસ ખૂબ ઉપયોગી નીવડ્યો. તેણે દર્શાવ્યું કે આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોની ગોઠવણી પરમાણુભાર મુજબ નહીં પણ પરમાણુક્રમાંક (atomic number) Z મુજબ થવી જોઇએ. કમનસીબે મોઝલી યુવાનવયે પહેલાં વિશ્વયુદ્ધમાં ખપી ગયો.

ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાન-એક વિકસતું વટવૃક્ષ :

પરમાણુ-ન્યુક્લિયસની ભાળ મળી તે સમયથી જ એક અન્ય ખેડાણ પણ થયેલું અને તેનો હેતુ હતો α, β જેવાં

વીજભારિત કણો તેમજ γ-કિરણો વગેરેની પરખ (detection) કરનારાં સાધનોનો વિકાસનો. આજે તો હવે અનેક પ્રકારનાં particle detectors વિકસાવવામાં આવ્યાં છે. વળી, α, β વગેરે કણો γ-કિરણો, ક્ષ-કિરણો વગેરે radiationથી સજીવ-કોષોને થતા નુકશાન-damageનો અભ્યાસ પણ થઇ રહ્યો છે. Nuclear Physics એ ભૌતિકવિજ્ઞાનના સીમાડા વટાવીને Nuclear Science સ્વરૂપે એક વિકસતું વટવૃક્ષ બનેલ છે. ન્યુક્લિયસ પર અન્ય કણોનો મારો કરવાથી જુદી જુદી ન્યુક્લિયર પ્રક્રિયાઓ (nuclear reactions) થતી હોય છે. આ સંદર્ભે કણ-પ્રવેગકો (particle accelerators)નો વિકાસ થયો. આજે જ્યારે કોઇ મોટી હોસ્પીટલમાં linear accelerators જોવા મળે છે ત્યારે ખ્યાલ આવે છે કે ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાન ક્યાં ક્યાં જઇ પહોંચેલ છે. કણ પ્રવેગકોનો નૂતન અવતાર છે, LHC (Large Hadron Collider) !

1930-40ના દાયકાઓમાં ન્યુક્લિયસનું બંધારણ તથા તેમાં પ્રોટોન-ન્યુટ્રોનની ગતિ-અવસ્થાઓને સમજવાના પ્રયત્નો ચાલી રહ્યા હતા. Theoratical Nuclear Physicsના ક્ષેત્રે વિવિધ ન્યુક્લિયર મૉડેલો વિકાસ પામ્યાં. Nuclear Shell modelના સંદર્ભે ભારતીય-ગુજરાતી વિજ્ઞાનીઓનું પ્રદાન ઉલ્લેખનીય છે. વધુમાં ન્યુક્લિયર માસ-ફોર્મ્યુલા સંબંધે ભારતના પ્રો. સત્પથીનું પ્રદાન પણ ઉલ્લેખનીય છે. તેઓ IAPTના અગ્રગણ્ય આજીવન સભ્ય છે. ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્ર અને પરમાણુ ભૌતિકશાસ્ત્ર એકમેકનાં પુરક રહ્યાં છે, પણ તેમાં મુખ્ય તફાવત તેમનાં કદનો તથા તેમને બાંધી રાખતાં બળક્ષેત્ર (force field)નો છે. પરમાણુ-અણુ રચાય છે વિદ્યુતચુંબકીય બળોથી, તો ન્યુક્લિયસ બને છે તીવ્ર ન્યુક્લિયર (strong nuclear) બળથી.

સૌથી સૂક્ષ્મ પરમ કણને પામવાનો વિજ્ઞાનીઓનો પ્રયત્ન અવિરતપણે ચાલુ છે. ન્યુટ્રોન-પ્રોટોનને સંયુક્ત નામે ન્યુક્લિયોન (nucleon) કહીએ તો ન્યુક્લિયોન એ quark અને gluonથી રચાય છે. અન્તે તમામ સ્થૂળ પદાર્થો quark અને leptonના બનેલ છે. આને standard model કહેવામાં આવે છે.

વિકસતાં જતાં ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાને ખ-ભૌતિકશાસ્ત્ર (Astrophysics)નાં દ્વારો ખોલી નાખેલ છે. સૂર્ય અને તારાઓમાં ઉત્પન્ન થતી પુષ્કળ ઊર્જાનું મૂળ ન્યુક્લિયર સંલયન (fusion)છે એ તથ્ય હાન્સ બેથાય (Bethe)ની શોધોથી બહાર આવ્યું. Nuclear fusion દ્વારા વ્યવહારમાં ઉર્જા પેદા કરવાનું સ્વપ્ન હજુ સાકાર થયું નથી, પરન્તુ આંતરરાષ્ટ્રીય ITER પ્રયોગ અંતર્ગત તે સિદ્ધ કરવાનો પ્રયત્નો ચાલે છે અને ગાંધીનગરની IPR સંસ્થા દ્વારા આપણો દેશ પણ તે પ્રયત્નમાં સામેલ થયેલ છે.

યુરેનિયમ ન્યુક્લિયસના વિખંડન (fission)ની શોધ થયા બાદ તે પ્રક્રિયાથી વ્યવહારુ ઉર્જા મેળવવાનું શક્ય બનેલ છે. Nuclear fission પર આધારિત ઉર્જા-મથકો ભારત અને જગતભરમાં કાર્યરત છે.

ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્ર કેટલીક સૈદ્ધાન્તિક શાખાઓ માટે જનેતા બનેલ છે, જેમાં Quantum chromodynamics (QCD) ઉલ્લેખનીય છે.

ન્યુક્લિયર ભૌતિકશાસ્ત્ર અને વિજ્ઞાનની અન્ય શાખાઓમાં થયેલ પ્રગતિનું એક જરા જુદું આયામ પણ નોંધપાત્ર છે. વિજ્ઞાનની આ શાખાઓમાં હવે પ્રાયોગિક સંશોધન એ કોઇ એકલ દોકલ વિજ્ઞાનીનું કામ રહ્યું નથી. પ્રાયોગિક કાર્ય એ વિરાટ સંકુલમાં મોટાં સમુહોમાં થતી કામગીરી બનેલ છે. જાણે કે વ્યક્તિગત સર્જન અને મૌલિકતા એ ભુતકાળની બાબત બની ગઇ છે. વળી, અટપટાં યંત્રો દ્વારા પ્રાયોગિક કામગીરી કરવામાં પુષ્કળ ખર્ચ થતો હોય છે અને આમ અહીં વહીવટ અને પ્રશાસનનો પગપેસારો થતો જોવા મળે છે.

ખેર, એ બધું જમાનાની તાસીર છે એમ માનીએ... !

વાચકમિત્રો, આ લેખનો મુખ્ય હેતુ તો પરમાણુ-ન્યુક્લિયસના પ્રારંભિક ઇતિહાસની એક ઝલક આપવાનો હતો. ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાનના સીમાડા જેમ વિસ્તરે છે તેમ સમજાય છે કે આ વિજ્ઞાનને કોઇ અન્ત કે સીમા નથી.

લોર્ડ કેલ્વીન, આપ આ બધું સાંભળો (વાંચો) છો ને ?? ભૌતિક વિજ્ઞાનમાં ઘણું નવું શોધાયેલ છે અને હજુ બાકી પણ છે...!!!

*****

ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાની ડૉ. મધુકર કે. મહેતા

ગુજરાતને ગૌરવ અપાવનાર, ભારતના ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાની ડૉ. એમ. કે. મહેતાનું જૂન 2010માં દુઃખદ અવસાન થયું. તેઓનું મૂળ વતન ભાવનગર હતું.

મેટ્રીક્યુલેશન (અત્યારના 11મા ધોરણને સમકક્ષ)ની મુંબઇ યુનિવર્સિટી દ્વારા લેવાતી પરીક્ષા 1944માં ઉચ્ચ ગુણાંક સાથે ઉત્તીર્ણ કરી તેઓએ ભાવનગરની શામળદાસ આર્ટ્સ અને સાયન્સ કોલેજ (હાલની પી.પી. સાયન્સ ઇન્સ્ટીટ્યુટ)માં પ્રવેશ મેળવ્યો. મેટ્રીક સુધીનો અભ્યાસ આલ્ફ્રેડ હાઇસ્કુલ, ભાવનગર ખાતે ગુજરાતી માધ્યમમાં કરી, કોલેજનાં પહેલા બે વર્ષ - F.Y. Science અને Inter Science - ભાવનગરમાં પૂરાં કર્યાં. ઇન્ટર સાયન્સની પરીક્ષા સારા ગુણાંકે પાસ કરી, મુંબઇની R.I.S. (રોયલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ- હવે ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ સાયન્સ)માં બી.એસસી.માં દાખલ થઇ, 1948માં બી.એસસી.ની પરીક્ષા મુખ્ય વિષય ફિઝીક્સ અને ગૌણ વિષય મેથેમેટીક્સ સાથે દ્વિતીય વર્ગમાં પાસ કરી. આ એ સંસ્થા છે કે જેમાં એક સમયે ડૉ. હોમી ભાભા પણ વિદ્યાર્થી તરીકે રહી ચૂકેલા. બી.એસસી. થયા પછી ફિઝીક્સમાં ડેમોન્સ્ટ્રેટર તરીકેની નોકરી સાથે, M.Sc.ના અભ્યાસ માટે મુંબઇની વિલ્સન કોલેજમાં, ડૉ. એચ. જે. ટેઇલરના વિદ્યાર્થી તરીકે દાખલ થયા. 1950માં M.Sc. પાસ થઇ, એ વખતે નવી નવી શરૂ થયેલી T.I.F.R. (ટાટા ઇન્સ્ટીટ્યુટ ઑફ ફન્ડામેન્ટલ રીસર્ચ)માં જોડાયા. થોડો સમય T.I.F.R.માં કામ કરી, અમેરિકાની ફ્લોરીડા સ્ટેટ યુનિવર્સિટી, ટેલ્હાસીમાં Ph.D. માટે જોડાયા. એક્સપેરીમેન્ટલ ન્યુક્લિયર ફિઝીક્સના ક્ષેત્રમાં આ નામાંકિત સંસ્થામાંથી Ph.D. મેળવ્યા બાદ અમેરિકામાં હ્યુસ્ટન તથા સીએટલ શહેરોમાં કામનો અનુભવ મેળવી ભારત પાછા ફર્યા.

અત્યારનું B.A.R.C. (ભાભા એટમીક રિસર્ચ સેન્ટર) કહેવાય છે તે શરૂઆતમાં A.E.E. (એટોમીક એનર્જી એસ્ટાબ્લીશમેન્ટ) તરીકે ઓળખાતું, અને ટ્રોમ્બે ખાતે તેની શરૂઆત થઇ રહી હતી, ત્યારે શ્રી મધુકરભાઇ તેમાં જોડાયા અને પ્રારંભનાં વર્ષોમાં વાન દ-ગ્રાફ-જનરેટર ઉપર કાર્ય કર્યું અને વિદ્યાર્થીઓને ન્યુક્લિયર ફિઝીક્સના ક્ષેત્રમાં સંશોધન કરાવી, Ph.D.ની પદવી માટે માર્ગદર્શન આપ્યું. ન્યુક્લિયર ફિઝીક્સના ક્ષેત્રમાં તેમના 100 જેટલાં શોધપત્રો પ્રસિદ્ધ થયાં છે. છેલ્લે 1983માં તેઓ B.A.R.C.માંથી નિવૃત્ત થયા ત્યારે ન્યુક્લિયર ફિઝીક્સ ડીવીઝનના હેડ હતા.

એટોમીક એનર્જીના અનુસંધાનમાં, દુનિયામાં આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણે એક સંસ્થા કાર્યરત છે, જેનું નામ છે ઇન્ટરનેશનલ એટોમીક એનર્જી એજન્સી (I.A.E.A.). આ સંસ્થાનું મુખ્ય મથક વીએના (ઓસ્ટ્રીયા) ખાતે છે. આમાં ભારતના પ્રતિનિધિ તરીકે I.A.E.A.દ્વારા તેમની માગણી થતાં, B.A.R.C.માંથી નિવૃત્તિ પછી પાંચેક વર્ષ I.A.E.A.ના ભારતના પ્રતિનિધિ તરીકે તેઓ વિએના રહ્યા.

આ સમયગાળા દરમ્યાન દુનિયાના અનેક દેશોની મુલાકાત લીધી અને ન્યુક્લિયર રીએક્ટર્સની શરૂઆત કરવા માટેની કમીટીના સભ્ય પણ રહ્યા. તથા ઇટલીના ટ્રીએસ્ટ Trieste ખાતે આવેલા અબ્દુસ સલામ ઇન્ટરનેશનલ સેન્ટર ફોર થીએરીટીકલ ફિઝીક્સ (I.C.T.P.)માં વિવિધ કોર્સના ડાયરેક્ટર તરીકે સેવાઓ આપી.

આ બધામાંથી સંપૂર્ણ નિવૃત્તિ લીધા પછી અમદાવાદમાં સ્થાયી થયા અને ડૉ. વિક્રમ સારાભાઇના પુત્ર શ્રી કાર્તિકેય સારાભાઇના આગ્રહથી, અમદાવાદના વિક્રમ સારાભાઇ કોમ્યુનીટી સાયન્સ સેન્ટરમાં માનદ્ નિયામક તરીકે સેવાઓ આપી.

રાજકોટનું લોકવિજ્ઞાન કેન્દ્ર, અત્યારે જે સુંદર કાર્ય કરી રહ્યું છે, તે સ્થિતિમાં લાવવા માટે શ્રી મધુકરભાઇનો સિંહફાળો હતો.

આપણા દેશના ટોચના વૈજ્ઞાનિકો જેવા કે હોમી ભાભા, હોમી સેઠના, પી. કે. આયંગર, રાજા રામન્ના, ચિદમ્બરમ્ (A.E.C.ના ભૂતપૂર્વ ચેરમેન), યશપાલ, એમ.જી. કે. મેનન, રામમૂર્તિ, વિક્રમ સારાભાઇ વગેરેની હરોળમાં ડૉ. મધુકરભાઇ મહેતાનું નામ પણ મુકી શકાય.

ન્યુક્લિયર વિજ્ઞાની ડૉ. એમ. કે. મહેતાને શત શત શ્રદ્ધાંજલિ.

- સંકલિત...

સૂક્ષ્મદર્શકની વિકાસયાત્રા

શ્રી યોગેશ વ્યાસ
સેન્ટ મેરીઝ સ્કૂલ, રાજકોટ

વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજીની વિવિધ કામગીરીમાં નાની વસ્તુ કે સૂક્ષ્મ કણ વગેરેનું બારિકાઇથી અવલોકન કરવાની જરૂર પડે છે. સાદામાં સાદા સૂક્ષ્મદર્શકનો પ્રથમ ઉપયોગ, અતિશય નાના જીવોના અભ્યાસ માટે નેધરલેન્ડ્ઝના વિજ્ઞાની લ્યુવેન--હોકે કર્યો હતો. કોઇ બારિક વસ્તુ કે સજીવને સ્પષ્ટ રીતે નિહાળવી છે. તેને આંખથી દૂર રાખીએ તો તે પુરેપુરી વિગતથી જોઇ શકાશે નહીં. ખૂબ નજીક રાખવાથી પણ આંખને તકલીફ પડશે. કોઇ વસ્તુ કેવડી દેખાશે તેનો આધાર, એક ચોક્કસ અંતરે તે વસ્તુનાં પરિમાણ આપણી આંખ સાથે કેટલો ખુણો આંતરે છે, તેના પર છે. આ સંદર્ભે બે બાબતો નોંધીને સૂક્ષ્મદર્શકના વિકાસમાં આગળ વધીએ.

1. નજીકનું બિન્દુ- Near Point:- જે ઓછામાં ઓછા અંતરે રહેલ વસ્તુને સરળતાપૂર્વક (આપણી આંખના સ્નાયુમાં તાણ અનુભવ્યા સિવાય) સ્પષ્ટપણે જોઇ શકાય તે અંતર (બિન્દુ)ને નજીકનું બિન્દુ કહે છે. તે અંતર સામાન્યપણે 25 સેમિ હોય છે. નાનું બાળક 15 સેમિ. એ પણ સ્પષ્ટ જોઇ શકે છે.
2. દૂરનું બિન્દુ Far Point :- જે મહત્તમ અંતરે વસ્તુ મુકતાં તેને સરળતાથી સ્પષ્ટપણે જોઇ શકાય, તે અંતર (બિન્દુ)ને દૂરનું બિન્દુ કહે છે. અનન્ત અંતરે રહેલ વસ્તુમાંથી નીકળતાં કિરણો સમાંતર હોઇને આંખમાં શક્ય તેટલું સ્પષ્ટ નાનું પ્રતિબિંબ રચે છે.

સાદુ સૂક્ષ્મદર્શક, જેનાથી સૌ કોઇ પરિચિત છે, તેમાં બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ મોટવણી-કારક (magnifying) લેન્સ તરીકે થાય છે. કોઇ વસ્તુને લેન્સની કેન્દ્ર-લંબાઇથી ઓછા અંતરે મુકતાં તેનું આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુથી મોટું પ્રતિબિંબ મળે છે. તે પ્રતિબિંબ 'નજીકનાં બિન્દુ' પર ગોઠવી શકાય. હવે જો લેન્સની કેન્દ્ર લંબાઇ નાની હોય તો મોટવણી (magnification) વધુ મળશે. પરન્તુ માત્ર મોટવણી વધે તો પ્રતિબિંબની સ્પષ્ટતા (મૂળ વસ્તુની વિગતો) જળવાતી નથી. તેને લીધે સાદાં સૂક્ષ્મદર્શકની મોટવણી વધુમાં વધુ 20 **X** (વીસ ગણું મોટું કરવાની ક્ષમતા) હોઇ શકે. સાદાં સૂક્ષ્મદર્શકની મર્યાદા નિવારવા માટે બે લેન્સની રચના એટલે કે સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (compound microscope) બનાવવામાં આવેલ છે.

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક :

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકમાં વસ્તુ તરફના લેન્સને વસ્તુલેન્સ (O) અને આંખ પાસેના લેન્સને આઇ પીસ અક્ષિકાચ કહેવાય છે. ઓબજેક્ટિવ (વસ્તુલેન્સ)ના દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર અને આઇપીસના પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચેના અંતરને સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકની ટ્યૂબલંબાઇ કહેવાય છે. ઓબ્જેક્ટિવને લીધે મળતું પ્રતિબિંબ સાચું, ઉલ્ટૂ અને મોટું હોય છે. જે આઇપીસ માટે વસ્તુની ગરજ સારે છે. આઇપીસ સાદા સૂક્ષ્મદર્શક તરીકે વર્તી આભાસી અને ખૂબ જ મોટું એવું અંતિમ પ્રતિબિંબ રચે છે. અને તે ખૂબ જ મોટા અંતરે મળે છે. આ લેખને અંતે આપેલી આકૃતિ-1 જુઓ.

આ સંદર્ભે બાયોલોજીકલ સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકની વિગતો આ અંકમાં અન્યત્ર આપેલ છે.

માઇક્રોસ્કોપથી વસ્તુને મોટી જોઇ શકાય છે. તે સાથે ચલ સૂક્ષ્મદર્શકની મદદથી સૂક્ષ્મ અંતરો માપી શકાય છે. ન્યુટનના વલયોનો વ્યાસ, વ્યતિકરણ રેખાઓ વચ્ચેનું સૂક્ષ્મઅંતર વગેરે માપવા તેનો ઉપયોગ થાય છે. જુદા જુદા પદાર્થોની વર્ણપટ રેખાઓનાં માપન કરવા માટે અન્ય એક ચલ સૂક્ષ્મદર્શકનો ઉપયોગ થાય છે, જે comparator તરીકે ઓળખાય છે. તે ઉચ્ચ વિભેદન ક્ષમતા resolving power ધરાવે છે. જેથી વર્ણપટ રેખાઓમાં રહેલો નાનામાં નાનો તરંગલંબાઇનો તફાવત જાણી શકાય છે.

ઉદ્યોગોમાં વપરાતું optical comparator એ એક એવું સાધન છે કે જે કોઈપણ યંત્રના અતિ સૂક્ષ્મ ભાગની તપાસ કે ચકાસણી કરવા પ્રકાશનો ઉપયોગ કરે છે. comparatorમાં યંત્રના કોઈ ભાગને વિવર્ધિત કરીને પડદા પર પ્રતિબિંબિત કરવામાં આવે છે. અને તે પરથી યંત્રના કોઈ ભાગના પરિમાણ અને ભૌમિતિક આકારને તેના અંકિત મુલ્ય સાથે સરખાવીને પ્રમાણિત કરવામાં આવે છે.

સૌ પ્રથમ comparator એ 1922માં જેમ્સ હાર્ટનેશ અને રસેલ પોર્ટરે બનાવ્યું. તેઓનો મુખ્ય વિચાર યંત્રોના ભાગોના માપનમાં પ્રકાશનો ઉપયોગ કરવાનો હતો. 1922થી 1990 સુધી તેમાં સુધારા કરવામાં આવ્યા. હાલ માપન માટેના મોટા ભાગના એકમોને કોમ્પ્યુટર સાથે જોડી દેવામાં આવ્યાં છે. તેથી comparatorનો ઉપયોગ વધુ સરળ અને ઝડપી બન્યો છે. ઈ.સ. 2000માં ત્રિપરિમાણિય માપન માટેના comparatorએ Darsey દ્વારા મુકવામાં આવ્યા. જેથી દ્વિપરિમાણિય માપનની બધી જ ક્ષતિઓ દૂર થઈ.

હાલમાં અતિ આધુનિક comparator એ 0.5 μm કે તેના કોઈ અંશનું માપન કરે છે. 12 ઇંચથી 30 ઇંચના કદના comparator ઉપલબ્ધ છે. આ તો વાત થઈ પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકની.

ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપ :

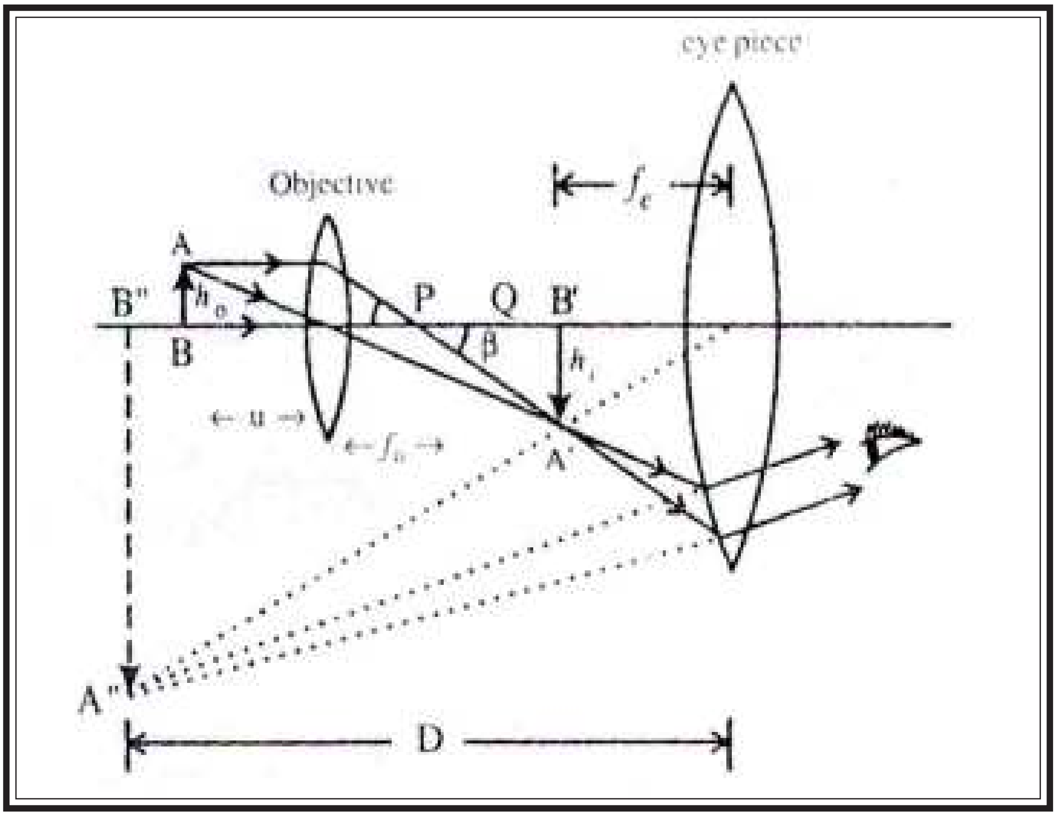
વિવર્તનની ઘટના સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકના વિભેદન (resolution)માં મર્યાદા લાદે છે. વિભેદન આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઇ પર આધાર રાખે છે. જેમ વિભેદનશક્તિ વધારે તેમ સૂક્ષ્મ વસ્તુઓને છુટ્ટી અને સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે. આ માટે ઓછી તરંગલંબાઇવાળો uv (અલ્ટ્રાવાયોલેટ) પ્રકાશ વાપરી શકાય. પરન્તુ જો ઇલેક્ટ્રોનને (તરંગ સ્વરૂપે) પ્રવેગિત કરાવવામાં આવે તો ઈચ્છિત તરંગલંબાઈ મેળવી શકાય. તેમાંથી ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપની રચના થઈ હતી. ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપમાં ફિલામેન્ટમાંથી ઉત્સર્જાયેલા ઇલેક્ટ્રોનને 10^6 વોલ્ટના ક્રમના સ્થિતિમાન હેઠળ પ્રવેગિત કરવામાં આવે છે. અને ઈચ્છિત તરંગલંબાઈની ઇલેક્ટ્રોન ધારા beam મેળવી શકાય છે, જેને ચુંબકીય લેન્સમાંથી પસાર કરવાથી ફોકસિંગ થાય છે. આ ધારાને નમુના (sample) પર આપાત કરતાં તે અંશતઃ શોષાય છે. માઇક્રોસ્કોપના બીજા છેડે પ્રોજેક્ટર ચુંબકીય લેન્સ રાખવામાં આવે છે. પ્રતિબિંબને વિવર્ધિત કરી અંતિમ પ્રતિબિંબ મેળવાય છે, જે સ્ક્રીન અથવા ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર ઝીલવામાં આવે છે. આ પ્રતિબિંબ X-ray ફોટોગ્રાફ જેવું મળે છે. ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપને લગભગ શૂન્યાવકાશિત ચેમ્બરમાં રાખવામાં આવે છે. આ રચના દ્વારા 10^6 ગણું વિવર્ધિત કરીને 10 nm ની સાઇઝના કણોનું અવલોકન કરી શકાય છે. ઇલેક્ટ્રોન માઇક્રોસ્કોપ અને પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકની સરખામણી આકૃતિ-2માં આપેલ છે.

એટોમિક ફોર્સ માઇક્રોસ્કોપ (AFM) :

હાલમાં અત્યાધુનિક માઇક્રોસ્કોપમાં જેનો સમાવેશ થાય છે તે એટોમિક ફોર્સ માઇક્રોસ્કોપ (AFM)થી ઓળખાય છે. તેનો જન્મ Scanning Tunneling Microscope (STM)માં રહેલી ક્ષતિ નિવારવામાંથી થયો હતો. AFM એ નેનોમિટર કે તેના ભાગના ક્રમની ઉચ્ચ વિભેદનશક્તિ ધરાવતું માઇક્રોસ્કોપ છે જે પ્રકાશની વિભેદન ક્ષમતા કરતાં 1000 ગણુ ચડિયાતું ગણાય છે. AFMની શોધ 1986માં થઈ.

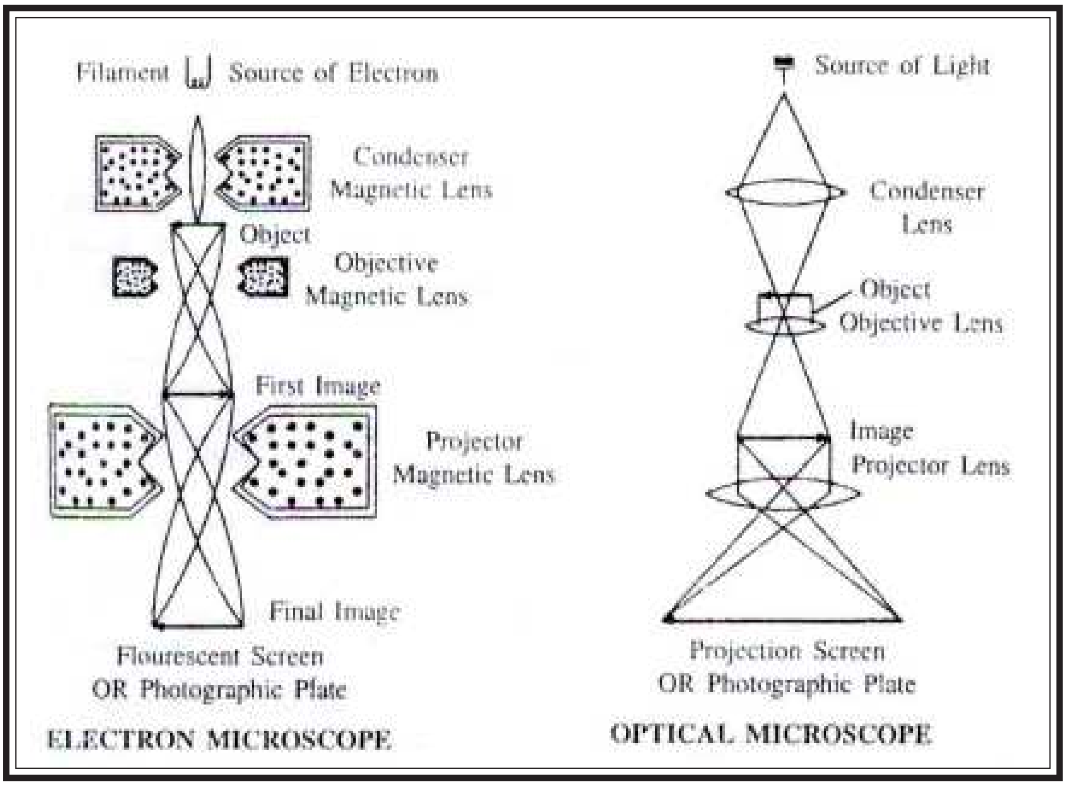
કોઈ તંત્રનું નેનો (10^{-9}) મિટરના ક્રમનું માપન કરવા, તેનું પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે AFMનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે. કોઈ નમુના (sample)ની સપાટી પર યાંત્રિક PROBEની પાતળી-સળીની મદદથી માહિતી મેળવવામાં આવે છે. ક્યારેક ખુબ જ સૂક્ષ્મ, ચોક્કસ અને પ્રમાણિત માપન કરવા માટે પિઝો-ઇલેક્ટ્રીક ઘટકોનો ઉપયોગ પણ કરવામાં આવે છે. આધુનિક AFMમાં PROBEના છેડેથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે, જે સપાટીની નીચેના ભાગના અભ્યાસ માટે તેમજ વિદ્યુત વાહકતાના માપનમાં થાય છે.

આમ, વર્તમાન સમયમાં સાદામાં સાદા સૂક્ષ્મદર્શકથી અત્યાધુનિક એટોમિક ફોર્સ માઇક્રોસ્કોપ સુધીના યંત્રો સંશોધન ક્ષેત્રમાં તેમજ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.



eye piece
Objective
f_e
A
B"
h_o
P
Q
B'
B
β
h_i
u
f_o
A'
A"
D

આકૃતિ-1



Filament
Source of Electron
Condenser Magnetic Lens
Object
Objective Magnetic Lens
First Image
Projector Magnetic Lens
Final Image
Flourescent Screen OR Photographic Plate
ELECTRON MICROSCOPE
Source of Light
Condenser Lens
Object
Objective Lens
Image
Projector Lens
Projection Screen OR Photographic Plate
OPTICAL MICROSCOPE

આકૃતિ-2

પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકીના જીવવિજ્ઞાનમાં ઉપયોગો

(Applications of Optical Microscopy in Biology)

પ્રો. મિહિર બી. સુથાર

બાયોલોજી વિભાગ, કે. કે. એસ.જે. મણિનગર સાયન્સ કોલેજ, અમદાવાદ

પ્રકાશ એ વીજચુંબકીય વિકિરણ (electromagnetic radiation) છે. વીજચુંબકીય વર્ણપટનો પ્રત્યેક વિભાગ તરંગલંબાઈની આગવી લાક્ષણિકતા ધરાવે છે. દૃશ્ય વર્ણપટનો વિભાગ 4000-7000 Å (400-700 nm)ની તરંગલંબાઈની મર્યાદામાં આવેલો હોય છે. જુદા જુદા વક્રીભવનાંક ધરાવતા માધ્યમોમાંથી પસાર થતાં પ્રકાશનું વક્રીભવન થાય છે. કોઈપણ પ્રકાશ-પ્રણાલિ (light system)નો હેતુ પ્રકાશના કિરણોને ભેગા કે છૂટા કરવા માટે હોય છે. પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકી (optical microscopy)માં, વસ્તુને (નમૂનાને) પ્રકાશિત કરવા માટે પ્રકાશના સ્રોતનો ઉપયોગ થાય છે. લેન્સ પ્રણાલિ (lens system) પસાર થઈ ચૂકેલા/વિખુટા પડેલા પ્રકાશના કિરણોને કેન્દ્રિત (focus) કરે છે અને તેનું પ્રતિબિંબ બનાવે છે.

જૈવિક તંત્રો (biological systems)ના મોટાભાગની આશ્ચર્યજનક લાક્ષણિકતાઓ ખૂબ જ નાની હોય છે, જેને નરી આંખે જોઈ શકાતી નથી. જ્યારે આણ્વિક સ્તરે જવાની જરૂરિયાત ન હોય ત્યારે પ્રકાશ સૂક્ષ્મદર્શક (light microscope)એક પ્રમાણિત અને ખૂબ જ ઉપયોગી સાધન છે. ઈલેક્ટ્રોન માઈક્રોસ્કોપ (વીજાણુ સૂક્ષ્મદર્શક) પણ આ કાર્ય માટે વાપરી શકાય છે. તેનો વપરાશ વસ્તુની અત્યંત ઝીણવટભરી માહિતી મેળવવા માટે થાય છે. તેની સામે ઈલેક્ટ્રોન માઈક્રોસ્કોપની ઘણી બધી મર્યાદાઓ છે. તેની સરખામણીમાં પ્રકાશીય માઈક્રોસ્કોપ સરળતાથી વાપરી શકાય છે અને અલ્પ ખર્ચ થાય છે. તેની સાથે સાથે પ્રકાશ માઈક્રોસ્કોપીમાં ત્રિપરિમાણિય પદાર્થ (3D)ને પણ ફોક્સ કરી શકાય છે. જીવવિજ્ઞાનના વપરાશમાં આવતા નવા સાધનોનો વિકાસ પણ પ્રકાશ સૂક્ષ્મદર્શકની મદદથી થાય છે.

આ સાધન મૂળભૂત ભૌમિતિક પ્રકાશવિજ્ઞાન (elementary geometrical optics)ના સિદ્ધાન્તો પર કાર્ય કરે છે. પ્રકાશીય લેન્સ બહિર્ગોળ કે અંતર્ગોળ (convex or concave) હોય છે. બહિર્ગોળ લેન્સને અભિસરણ (converging) લેન્સ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. જ્યારે અંતર્ગોળ લેન્સને અપસરણ (diverging) લેન્સ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. દરેક લેન્સ બે મુખ્ય કેન્દ્રો (focal points) ધરાવે છે. બંને તરફની કેન્દ્રલંબાઈ સરખી હોય છે. પરંતુ તે બંને તરફના વક્રીભવનના માધ્યમો પર આધાર રાખે છે.

અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા આભાસી અને નાનું પ્રતિબિંબ મળે છે જ્યારે બહિર્ગોળ લેન્સમાં વિવિધ અંતરેથી વસ્તુના વિવિધ પ્રતિબિંબો મેળવી શકાય છે. અને તેથી માઈક્રોસ્કોપમાં બહિર્ગોળ લેન્સ મોટે ભાગે વપરાય છે.

સાદું/સરળ સૂક્ષ્મદર્શક (Simple Microscope) :

એ જાણીતું છે કે બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્યકેન્દ્ર અને ધ્રુવની વચ્ચે મૂકેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ મોટું, ચત્તું અને આભાસી હોય છે. સરળ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રમાં અરીસાની મદદથી પ્રકાશના કિરણોને સ્ટેજ (તખ્તા) પર મૂકેલા નમૂના (પદાર્થ) પર આપાત કરવામાં આવે છે. આ કિરણો ત્યારબાદ સ્ટેજની ઉપર આવેલા એક બહિર્ગોળ લેન્સમાંથી પસાર થઈ અવલોકનકર્તાની આંખમાં પ્રતિબિંબ રચે છે. જીવવિજ્ઞાનમાં તેને ડિસેક્ટીંગ માઈક્રોસ્કોપ (dissecting microscope) તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. તે સામાન્ય રીતે નરી આંખે જોઈ શકાતાં નાનાં અંગોને એકબીજાથી છૂટા પાડવા, વિવિધ પેશી/અભ્યાસ માટે ઉપયોગી છે.

સંયુક્ત પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શક (Compound light Microscope) :

સૈદ્ધાંતિક રીતે સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વસ્તુકાચ (L_1) અને નેત્રકાચ (L_2) ધરાવે છે. તેની વિગતો માટે આગલા લેખની આકૃતિઓ જુઓ. નેત્રકાચ કરતાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઇ (f) ટૂંકી હોય છે. ઉદ્‌ગમસ્થાનમાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણો સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રના નીચેના ભાગમાં રહેલા અરીસા દ્વારા પરાવર્તન પામે છે, કન્ડેન્સર લેન્સમાંથી પસાર થાય છે અને અંતે સ્ટેજ પર રહેલા નમૂના પર એકત્રિત થાય છે. અહીં, નમૂનાને વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઇ (f) અને બમણી કેન્દ્રલંબાઇ (2f)ની વચ્ચે રહે તેમ વસ્તુકાચને ગોઠવવામાં આવે છે. જેથી વસ્તુકાચ દ્વારા વાસ્તવિક, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ મળે છે. આ પ્રતિબિંબ નેત્રકાચ (L_2) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F)ની વચ્ચે મળે છે. જે મોટું આભાસી અને સીધું હોય છે. આ પ્રતિબિંબ આશરે 25 સેમી.ના અંતરે મળે છે.

આ માઇક્રોસ્કોપ જીવવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળામાં વપરાતું અત્યંત મહત્ત્વનું સાધન છે. તે નરી આંખે જોઇ ન શકાય તેવા સજીવો, પેશીવિદ્યાના અભ્યાસ માટે, સૂક્ષ્મ સજીવોના હલનચલનને નિહાળવા માટે તથા કાયમી/હંગામી આસ્થાપનોના અભ્યાસ માટે ઉપયોગી છે.

આવર્ધન/મોટવણી (Magnification):

પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકમાં મોટવણી એ પ્રાથમિક અને દ્વિતિયક મોટવણી સંયુક્ત રીતે હોય છે. પ્રાથમિક મોટવણી એ વસ્તુકાચ દ્વારા તૈયાર થતા પ્રતિબિંબ અને દ્વિતિયક મોટવણી એ નેત્રકાચ દ્વારા તૈયાર થતું દ્વિતિયક પ્રતિબિંબ છે. મોટવણી લેન્સ-પ્રણાલિની વિભેદન ક્ષમતા (resolving power) દ્વારા નિર્ધારિત થાય છે. માઇક્રોસ્કોપની લેન્સ-પ્રણાલિ પદાર્થ (નમૂના) કરતાં મોટું પ્રતિબિંબ તૈયાર કરે છે. અત્રે,

$$\text{મોટવણી} = \frac{\text{માઇક્રોસ્કોપની મદદથી તૈયાર થતું નેત્રપટલીય પ્રતિબિંબ}}{\text{માઇક્રોસ્કોપની મદદ વગર તૈયાર થતું નેત્રપટલીય પ્રતિબિંબ}}$$

વિભેદન (Resolution) અને વિભેદન ક્ષમતા (Resolving power) :

એકબીજાથી ખૂબ નજીક આવેલા બિંદુઓને અલગ-અલગ દર્શાવી શકવાની માઇક્રોસ્કોપની ક્ષમતાને વિભેદન ક્ષમતા કહે છે. માઇક્રોસ્કોપની વિભેદન મર્યાદા વિવર્તન અસર (diffraction effects) અને સહજ તરંગ ગુણધર્મ (properties) દ્વારા નિર્ધારિત થાય છે. વિવર્ધન પ્રકાશની તરંગલંબાઇ (λ) અને વસ્તુકાચ (objective lens)ના ન્યુમેરીકલ એપરચર (numerical aperture) પર આધાર રાખે છે.

પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકીના પ્રકારો (Types of Optical Microscopy) :

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર (compound light microscope) સામાન્યપણે જીવવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળામાં વપરાય છે. તેની લેન્સ-પ્રણાલિમાં લેન્સની વિવિધ ક્ષતિઓ- ગોલીય વિપથન (spherical aberration) વર્ણ વિપથન (chromatic aberration) તથા અબિંદુકતા (astigmatism) વગેરેને લઘુત્તમ કરવામાં આવે છે.

આ ઉપરાંત સામાન્ય કે વિશિષ્ટ જરૂરિયાતોને ધ્યાનમાં રાખી, પદાર્થ (નમૂનો) અને પ્રકાશ વચ્ચેની આંતરક્રિયા (interaction) જેમ કે શોષણ (absorption), પારગમન (transmission), વ્યતિકરણ (interference), ધ્રુવીભવન (polarisation) અને પ્રસ્ફૂરણ/પ્રતિદીપ્તિ (fluorescence)ના આધારે અન્ય પ્રકાશીય સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રો બનાવવામાં આવે છે. તે વિશે ટૂંકમાં જોઇએ.

અદીપ્તક્ષેત્રી સૂક્ષ્મદર્શકી (Dark-field Microscopy) :

તેમાં પદાર્થોના બેકગ્રાઉન્ડનો વધુ કોન્ટ્રાસ્ટ (પ્રકાશ-ભેદ) દ્વારા પદાર્થોની પરખ થઇ શકે છે. અને પદાર્થો ઘેરા બેકગ્રાઉન્ડ (પશ્ચાદભૂ)ની સરખામણીમાં પ્રકાશિત લાગે છે. ઘેરુ બેકગ્રાઉન્ડ વિશિષ્ટ પ્રકારના કન્ડેન્સર લેન્સ પ્રણાલિ દ્વારા નમૂના પર સીધા આવતા પ્રકાશના બીમ (beam)ને અટકાવીને મેળવવામાં આવે છે. આનાથી માત્ર પ્રકેરિત (scattered) પ્રકાશ માઇક્રોસ્કોપના વસ્તુકાચમાં પ્રવેશે છે અને પ્રતિબિંબની રચનામાં ફાળો આપે છે. (સીધું પ્રકાશ બીમ વસ્તુકાચના છિદ્રમાં આવેલું હોય છે.) તેનો ઉપયોગ ખૂબ સૂક્ષ્મ નમૂનાઓને (દા.ત. બેક્ટેરિયાની કશા) જોવા માટે થાય છે.

કલા-વિપર્યાસી સૂક્ષ્મદર્શકી (Phase-contrast microscopy) :

તરંગ તેના કંપવિસ્તાર (amplitude) અને કળા-phase (λની સાથે-સાથે)ની લાક્ષણિકતા ધરાવે છે અને કંપવિસ્તાર પ્રકાર (mode) તથા ફેઝ મોડ (પ્રકાર) દ્વારા માહિતી પ્રાપ્ત થાય છે. પ્રકાશ જ્યારે શોષણ-માધ્યમ (absorbing medium)માંથી પસાર થાય છે ત્યારે શોષણ માધ્યમમાં કંપવિસ્તાર બદલાય છે. આ તીવ્રતામાં ફેરફાર મનુષ્યની આંખ માટે સંવેદનાપૂર્ણ હોય છે. ફેઝ (phase) બદલાવાથી માહિતી પસાર થાય છે, જે મનુષ્યની આંખો દ્વારા જાણી શકાતો નથી. જો કે કેટલાક માધ્યમોમાં આ બદલાવ ને કંપવિસ્તાર બદલાવમાં ફેરવવામાં આવે તો તે શક્ય બને છે.

કોઇપણ માઇક્રોસ્કોપી (microscopy)માં વિવર્તન પામતાં પ્રકાશના કિરણો (diffracted rays) અને આસપાસના માધ્યમમાંથી પસાર થતા કિરણો વચ્ચે વ્યતિકરણ (interference) થાય છે. પારદર્શક નમૂનાના કિસ્સામાં કંપવિસ્તારમાં બદલાવ (amplitude change) ખૂબ જ ઓછો હોય છે. પરિણામે પ્રકાશનું બીમ 1/4 λ જેટલું આગળ કે પાછળ ખસેલું હોય છે.

આ માઇક્રોસ્કોપમાં કેટલીક લાક્ષણિકતાઓ હોય છે. (i) કન્ડેન્સર જે વલયાકાર પટલ (annular diphragm) ધરાવતો હોય. (ii) વસ્તુકાચની પશ્ચાત ફોકલ સપાટી પર આવેલી વલયાકાર પ્લેટ (annular plate/quarter wave plate/ phase plate). આ માઇક્રોસ્કોપી ખાસ કરીને જીવંત કોષો (live cell) અને પેશીઓ (tissues) જે દ્દશ્યપ્રકાશમાં પારદર્શક હોય છે તેમને નિહાળવામાં વપરાય છે.

વ્યતિકરણ સૂક્ષ્મદર્શકી (Interference Microscopy):

તે કલા વિપર્યાસી સૂક્ષ્મદર્શકી (Phase-contrast microscopy)ના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. કોષના ભાગોમાં રહેલાં વક્રીભવનાંકમાં સતત બદલાવ દ્વારા થતા ફેઝ બદલાવ પર આધારિત છે, જેને કંપવિસ્તાર બદલાવમાં ફેરવી નમૂનાને જોઇ શકાય છે. આ પદ્ધતિ કોષવિભાજનના અભ્યાસ માટે ખૂબ ઉપયોગી છે.

ધ્રુવીભવન સૂક્ષ્મદર્શકી (Polarisation Microscopy) :

સામાન્ય પ્રકાશ એ અધ્રુવીભૂત વીજચુંબકીય વિકિરણ છે જેમાં વીજ ચુંબકીય ક્ષેત્રે આગળ વધતી પ્રસરણની દિશાથી કાટખૂણે દોલન કરે છે. જો વીજ ક્ષેત્ર એક જ તલમાં આવેલ હોય (દા.ત. ઉર્ધ્વ તલ) તો તેવા પ્રકાશને ધ્રુવીભૂત કહેવાય. પ્રકાશ તલધ્રુવીભૂત કરવા માટે સ્ફટિક (crystals) અથવા ખાસ સાધનો (દા.ત. પોલેરોઇડ)નો ઉપયોગ થાય છે. જ્યારે અધ્રુવીભૂત પ્રકાશનું બીજા, પોલેરોઇડની પટ્ટી પર પડે છે ત્યારે માત્ર ધ્રુવીભૂત થયેલો પ્રકાશ એક ચોક્કસ દિશામાં આગળ વધે છે જ્યારે બાકીના ભાગોનું શોષણ થાય છે. પ્રકાશને ધ્રુવીભૂત કરતા સાધનને ધ્રુવક (polarizer) અને ધ્રુવીભૂત પ્રકાશની દિશા જાણવા માટે વપરાતા સાધનને વિશ્લેષક (analyser) કહે છે. બંને મોટાભાગે સમાન પદાર્થના બનેલા હોય છે. ધ્રુવીભવન સૂક્ષ્મદર્શક (પોલરાઇઝીંગ માઇક્રોસ્કોપ)માં પ્રકાશ ધ્રુવક (પોલરાઇઝર) દ્વારા ધ્રુવીભવન કરે છે અને ધ્રુવીભૂત પ્રકાશ પદાર્થ/નમૂના

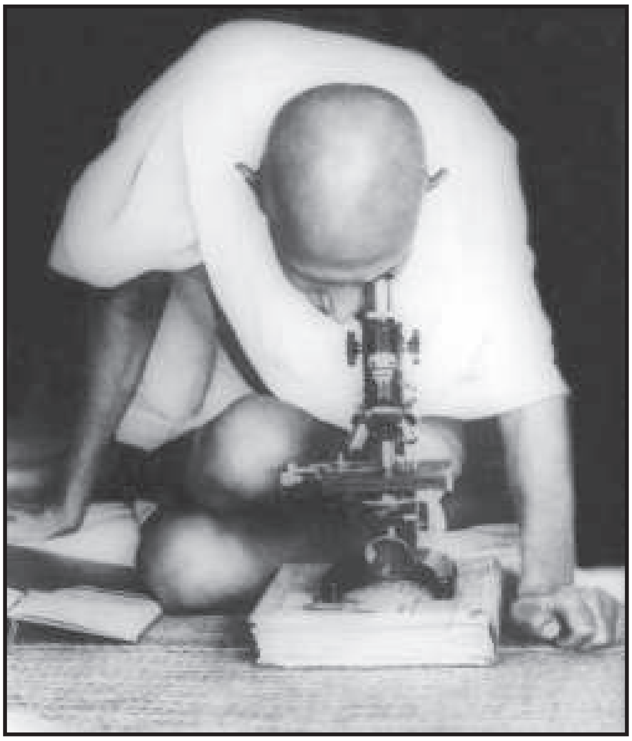
પર પડે છે. નમૂનામાંથી વિખરાયેલો પ્રકાશ વિશ્લેષક (એનેલાઈઝર)માંથી પસાર થયા બાદ જોઈ શકાય છે. આ સૂક્ષ્મદર્શક-પદ્ધતિ નમૂનામાં રહેલા ભાગોની ગોઠવણીને જાણવા માટે જરૂરી બને છે. તેમાં દ્વિવક્રીભવન/દ્વિ-અપવર્તન (bi-refringence)ની લાક્ષણિકતા જોવા મળે છે.

પ્રસ્ફૂરણ સૂક્ષ્મદર્શકી (Fluorescence Microscopy) :

પ્રસ્ફૂરણ કે પ્રતિદીપ્તિ એવી ઘટના છે જેમાં કેટલાક પદાર્થો ચોક્કસ તરંગલંબાઇના (અદશ્ય) પ્રકાશનું શોષણ કરે છે. થોડા સમયના ગાળા બાદ પ્રકાશ પુનઃ ઉત્સર્જિત થાય છે. પરંતુ, તેની તરંગલંબાઇ બદલાયેલી હોય છે. જો પ્રકાશના શોષણ અને ઉત્સર્જન વચ્ચેનો ગાળો 10 સેકન્ડથી ઓછો હોય તે ઘટના પ્રસ્ફૂરણ/પ્રતીદીપ્તિ કહેવાય.

મોટેભાગે શોષણ પામેલા પ્રકાશની તરંગલંબાઇ કરતાં ઉત્સર્જિત પ્રકાશ વધુ તરંગલંબાઇ ધરાવે છે. પ્રસ્ફૂરણ સૂક્ષ્મદર્શકીમાં આ લાક્ષણિકતા ધરાવતા પદાર્થોને પ્રતિબિંબ માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. પ્રયોગ દરમ્યાન આપાત પ્રકાશ અને પ્રકેરિત (scattered) પ્રકાશ એમ બંને પ્રકારના પ્રકાશને ફિલ્ટર્સ (filters)ની મદદથી તરંગલંબાઇનો માત્ર સાંકડો પટ્ટો દરેક કિસ્સામાં મેળવવામાં આવે છે. આ સાથે પશ્વાદભુ/પૃષ્ઠભૂમિ (background) ફિલ્ટર થાય છે અને માત્ર નમૂનાના પ્રતિબિંબને પસાર થવા દે છે. ઘણા પ્રાકૃતિક પદાર્થો ફ્લોરોસન્સ પ્રતીદીપ્તિ ધરાવે છે.

*****



અતિસંવાહકતા (Superconductivity)

ડૉ. જે. એ. ભાલોડિયા
ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગ, સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટી, રાજકોટ

પ્રસ્તાવના :

આજના વિજ્ઞાનયુગમાં સંશોધનોએ માનવીનું જીવન ઘણા અંશે સરળ બનાવ્યું છે તેમાં બે મત નથી. અમુક પ્રકારનાં સંશોધનો તો સમાજના સામાન્ય માનવ સુધી પહોંચીને તેમને પણ લાભદાયી નીવડે છે. ઘણા સંશોધનો એવાં પણ હોય છે જે માનવજાતને પરોક્ષ રીતે ઘણા જ ઉપયોગી પુરવાર થાય છે. દેશ અને દુનિયામાં વિજળીની વર્તાતી ખેંચને પહોંચી વળવા માટે અતિસંવાહકતાનાં સંશોધન દ્વારા ઘણા દૂર રહેલા ઉત્પાદન-સ્થળથી ખૂબ ઓછા ખર્ચે વિજળી લઇ જઇ શકાશે. અને જન સામાન્યની સુખાકારીમાં વધારો આ સંશોધન કરી શકે તેમ છે. આ અતિસંવાહકતા શું છે, તે ઊંડાણપૂર્વક હવે જાણીએ.

એ જાણીતું છે કે વિદ્યુતપ્રવાહ જે પદાર્થમાંથી પસાર ન થઇ શકે તેને અવાહક (બેડ કન્ડક્ટર્સ) કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય તાપમાને જેમાંથી અલ્પ અથવા થોડી ઓછી માત્રામાં પ્રવાહ પસાર કરી શકાય તેને અર્ધવાહક (સેમી કન્ડક્ટર) કહેવાય છે અને જેમાંથી સરળતાથી કોઇપણ મોટા અવરોધ વગર પ્રવાહ પસાર કરી શકાય તેને વાહક (કન્ડક્ટર) કહેવામાં આવે છે. આમ છતાં ભારતની જ વાત કરો તો આપણા વીજ-ઉત્પાદનનો આશરે 21% હિસ્સો 'ટ્રાન્સમીશન લોસ'માં પરીણમે છે. આમ, 21% વિજળી સદંતર વેડફાઇ જાય છે. આ નુકસાનને રૂપિયામાં ગણો તો અબજો રૂપિયા થાય ! આટલા મોટા નુકશાનનું શું કરવું તે બધા દેશો માટે ખરેખર પ્રશ્ન છે, પણ હવે અતિસંવાહકતાનો સિદ્ધાંત 'બમ્પર લોટરી'ના સ્વરૂપે તેમની સમક્ષ હાજર છે. ભૌતિકશાસ્ત્રનાં થોથામાં પોણી સદીનો કારાવાસ ભોગવ્યા પછી એ સિદ્ધાંત પ્રેક્ટીકલ સ્વરૂપે બહાર આવી શકે તેમ છે.

તો સમજવાનું એ છે કે ઘણા ઓછા અવરોધ ધરાવતા વાહકોમાંથી પસાર થતાં પ્રવાહને કારણે પણ આપણે અબજો રૂપિયાનું નુકસાન ભોગવીએ છીએ. આના ઉકેલ માટે વાહકોની સાપેક્ષમાં ઘણા જ ઓછા મૂલ્યનાં લગભગ શૂન્ય અવરોધ ધરાવતા અતિસંવાહકો હાજર છે. અતિસંવાહકતા એટલે કે સામાન્ય વાહકોની વાહકતા કરતાં પણ અનેક ગણી વાહકતા. તેવા પદાર્થોનો અવરોધ શૂન્યની ઘણો નજીક હોય છે. આમ, વિજળીનાં વહન માટે વપરાતા તાંબા, એલ્યુમિનિયમ, ચાંદી કે સોનાના તારમાંથી વિજળીનો પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો પણ તેના અવરોધને કારણે ઘણી નુકસાની વેઠવી પડે છે, પરંતુ આ અતિસંવાહકતાનાં ઉપયોગથી ઉપરોક્ત પ્રશ્ન હલ થઇ શકે તેમ છે અને લાંબા અંતરે વિદ્યુતપ્રવાહ લઇ જવો હોય તો 'ટ્રાન્સમીશન લોસ' વગર લઇ જઇ શકાય છે. કોઇપણ અતિસંવાહક પદાર્થના આ ગુણધર્મને અતિસંવાહકતા (સુપરકન્ડક્ટીવીટી) કહેવામાં આવે છે.

વિશ્વનાં અનેક દેશો આ ક્ષેત્રમાં પોતાનું સંશોધન કરી રહ્યા છે. તેઓએ 1987થી આજદિન સુધીમાં અબજો રૂપિયાની ગ્રાન્ટ આ સંશોધન પાછળ ફાળવી છે ! આ દોડમાં આપણા દેશમાં રહેલી સંશોધન પ્રયોગશાળાઓ જેવી કે ભાભા એટમીક રીસર્ચ સેન્ટર (BARC), ટાટા ઇન્સ્ટીટ્યૂટ ઑફ ફન્ડામેન્ટલ રીસર્ચ (TIFR), નેશનલ ફીઝીકલ લેબૉરેટરી (NPL) કાઉન્સીલ ફોર સાયન્ટીફીક એન્ડ ઇન્ડસ્ટ્રીયલ રીસર્ચ (CSIR) સહીત અનેક વિશ્વવિદ્યાલયોનાં સંશોધકો પણ સામેલ છે. આપણું ગુજરાત પણ આ ક્ષેત્રમાં સંશોધન કરવામાં પાછળ રહેલ નથી. આપણે ત્યાં સૌરાષ્ટ્ર યુનિવર્સિટીના ભૌતિકશાસ્ત્ર વિભાગમાં પણ લેખક સહિતના એ ઘણું ખેડાણ આ ક્ષેત્રમાં કરેલ છે.

ઇતિહાસ :

ભવિષ્યમાં જ્યારે સામાન્ય તાપમાને કામ કરતાં અતિસંવાહકો મળી આવશે ત્યારે એ યુગનું નામ 'અતિસંવાહકયુગ' કહેવાશે તેમાં બે મત નથી ! અતિસંવાહકતા એ એક એવી શોધ છે કે જે પ્રથમ તો પ્રાયોગિક રીતે હાથ લાગી હતી, અને

તેની સૈદ્ધાન્તિક સમજુતિ ત્યાર બાદ રજુ થઇ હતી. આ પ્રાયોગિક સંશોધનની પાછળ નેધરલેન્ડનાં ભૌતિકશાસ્ત્રી કેમરલિંઘ ઓન્સનો મુખ્ય ફાળો છે.

વૈજ્ઞાનિક રીતે તાપમાનના શૂન્યનો સાચો આંક -273^0 સેન્ટીગ્રેડ છે, જ્યાં પદાર્થમાં ઉષ્ણતા જેવું કશું રહેતું નથી. તેને આપણે 'એબ્સોલ્યુટ ઝીરો' કહીએ છીએ. પ્રશ્ન એ હતો કે પદાર્થનું તાપમાન 'એબ્સોલ્યુટ ઝીરો' કરવું કેવી રીતે ?

ઘણા નિષ્ફળ પ્રયાસોને અંતે ડચ વૈજ્ઞાનિક કેમરલિંઘ ઓન્સ 1911માં 'એબ્સોલ્યુટ ઝીરો'ની નજદીક પહોંચવામાં સફળ થયો. અનેક પ્રયોગોને અંતે હિલિયમ વાયુનું ઉષ્ણતામાન તેણે -268.8^0 સેન્ટીગ્રેડ કરી નાખ્યું અને જેના નતીજા રૂપે હિલિયમ વાયુ ન રહેતાં પ્રવાહીમાં પરિણમ્યો. ત્યારે તે વૈજ્ઞાનિકે એક પ્રયોગ હાથ ધર્યો અને તે પ્રયોગમાં તેણે પ્રવાહી હિલિયમમાં કેટલોક પારો (મરક્યુરી) જલેબીની માફક પાથરી દીધો અને તેમાં બેટરી વડે જરા સરખો વિદ્યુતપ્રવાહ દાખલ કર્યો. ઓન્સની ધારણા મુજબ -268.8^0 સેન્ટીગ્રેડ તાપમાન પારા માટે 'ટ્રાન્ઝિશન ટેમ્પરેચર' સાબિત થયું; એટલે કે તે તાપમાને પારામાં વિદ્યુત અવરોધ જેવું કશું રહ્યું નહીં. તેના પરિણામે ઓન્સે બેટરીનું જોડાણ કાપી નાખ્યા પછીયે રીંગ જેવા પારામાં વિદ્યુતપ્રવાહ એકધારો વહેતો રહ્યો ! આ વિચિત્રતા રોજિંદા જીવનમાં ક્યારેય જોવા મળતી નથી. વીજ પુરવઠો કાપી નાંખો કે તરત જ વિજળીના તારમાં દબાણ નાબુદ થાય છે અને પ્રવાહ અટકી પડે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે તારનો સતત કંપતો અણુ-પરમાણુ સમુદાય વિદ્યુતપ્રવાહનાં ઇલેક્ટ્રોનને અવરોધે છે. તારનું તાપમાન જેમ વધારે તેમ એ કંપન વધુ થાય છે અને ઇલેક્ટ્રોન અવરોધાય છે. પરંતુ ઓન્સના પ્રયોગમાં સ્થિતિ બહુ જુદી હતી એટલે કે પારાનું તાપમાન ટ્રાન્ઝીશન ટેમ્પરેચરે પહોંચ્યા બાદ વિદ્યુતપ્રવાહને અવરોધ પણ લેશમાત્ર નડતો ન હતો. બીજી તરફ પ્રવાહનાં ઇલેક્ટ્રોન્સ બબ્બેની જોડી રચીને આગળ વધતા હતા. ઇલેક્ટ્રોન્સની આ જોડી એક પ્રકારનો 'ઝીગઝેગ' ડાન્સ કરે છે. બીજી ભાષામાં કહીએ તો તેઓ એકબીજાની પ્રતિકૃતિ (મીરર-ઇમેજ) બની જાય છે. એટલે જ્યારે એક ઇલેક્ટ્રોન ધાતુ સાથે અથડાય છે ત્યારે બીજો ઇલેક્ટ્રોન એટલા જ બળથી ઉલટી દિશામાં ફેંકાય છે અને આમ પહેલા ઇલેક્ટ્રોને ધાતુ સાથે અથડાઇને ગુમાવેલી ઊર્જાને સરભર કરે છે. આના કારણે ઇલેક્ટ્રોન્સ ધાતુમાંથી જ્યારે વહેતા હોય છે ત્યારે શક્તિનો ક્ષય બિલકુલ થતો નથી અને આને કારણે કોઇ વીજ અવરોધ નડતો નથી અને આ ધાતુ અતિસંવાહક તરીકે કાર્ય કરે છે. આમ, જગતમાં પ્રથમવાર અતિસંવાહકતા પારામાં જોવા મળી એટલે એમ કહી શકાય કે પારો વિશ્વમાં સૌપ્રથમ અતિસંવાહક તરીકે જાહેર થયો. આમ, ઓન્સનાં આ પ્રયોગથી 'અતિસંવાહકતા'નાં દ્વાર ખુલ્લી ગયા. અને આ સંશોધન બદલ 1913માં ઓન્સને નોબેલ પ્રાઇઝથી સન્માનવામાં આવ્યા.

ત્યારબાદ 1933માં જર્મન ભૌતિકશાસ્ત્રી વોલ્ટર મેસનર અને આર. ઓચસેનફેલ્ડે શોધી કાઢ્યું કે અતિસંવાહક પદાર્થો ઘણા જ વિષમચુંબકિત (ડાયામેગ્નેટિક) ગણાય અને તેથી તેઓનું 'ચુંબકીય ક્ષેત્ર'થી અપાકર્ષણ થાય છે. આ ઘટના 'મેસનર અસર'થી જાણીતી છે. 1954માં ટીન/નાયોબીયમની મિશ્રધાતુમાં અતિસંવાહકતા પારા કરતાં સહેજ ઊંચા તાપમાને એટલે કે 18^0K એટલે કે -255^0 સેન્ટીગ્રેડે જોવા મળી. 1957માં યુ.એસ.નાં વૈજ્ઞાનિકો-જહોન બાર્ડીન, લીઓન એન કૂપર અને જહોન રોબર્ટ સ્ક્રીફર ત્રિપુટીએ અતિસંવાહકતા માટેની થીયરી આપી અને આ ત્રણે વૈજ્ઞાનિકોના નામોના પ્રથમ અક્ષર લઇને આ વાદ 'બીસીએસ થીયરી' તરીકે જાણીતો થયો. ત્યારબાદ 1968માં નાયોબીયમ/એલ્યુમિનિયમ/જર્મેનિયમ મિશ્રધાતુ થોડા વધુ 'ક્રાંતિક તાપમાન' સાથે એટલે કે 21^0K (-252^0 સેન્ટીગ્રેડ) તાપમાન સાથે જાહેર થઇ. 1972માં 'બીસીએસ થીયરી'ની શોધ બદલ બાર્ડીન, કુપર અને સ્ક્રીફરને પોતાની શોધના લગભગ 15 વર્ષ પછી નોબેલ પુરસ્કારથી નવાજવામાં આવ્યા. 1973માં ફરી એકવાર નાયોબીયમ/જર્મેનિયમની નવી મિશ્રધાતુમાં થોડા હજુ વધુ તાપમાને એટલે કે 23.3^0K (-249^0 સે.) તાપમાને અતિસંવાહકતા જોવા મળી. આમ દિવસે અને વર્ષે 'ક્રાંતિક તાપમાન'નાં ઊંચા મૂલ્યે કામ કરતાં પદાર્થો હાથ લાગતા રહ્યા.

1986ની સાલમાં તો આ તાપમાને મોટી છલાંગ મારી અને લેન્થેનમ-બેરીયમ-કોપર-ઓક્સીજનમાં અતિસંવાહકતા 35^0K (-238^0 સે.) જેવા ઊંચા તાપમાને જોવા મળી. 1987માં તો રીતસરની કમાલ જ થઇ ગઇ ! યુએસએનાં ચિંગ-વુ

પોલ ચુ એ પ્રવાહી નાઇટ્રોજનનાં ઉત્કલન બિન્દુ કરતાં ઊંચા તાપમાને કામ કરતાં અતિસંવાહકની શોધ કરી એટલે કે લગભગ 98^0K (-175^0 સે.) તાપમાને અતિસંવાહકતાની શોધ શક્ય બની. 1987માં એલેક્સ મુલર અને જ્યોર્જ બેડનોર્ઝને નવા જ પ્રકારના પદાર્થમાં અતિસંવાહકતા બતાવવા બદલ નોબેલ પ્રાઇઝથી નવાજવામાં આવ્યા. હાલ મરક્યુરી અને થેલિયમ બેઇઝ્ડ અતિસંવાહકમાં ક્રાંતિક તાપમાન લગભગ 160^0 થી 170^0K ની આસપાસ પહોંચ્યા છે. અને આપણે આશા રાખીએ કે હજુ આ ક્ષેત્રમાં સંશોધનો થાય અને સામાન્ય ઓરડાના ઉષ્ણતામાને અતિસંવાહકો બને તથા તેના ઉપયોગો આપણને હાથવગા બને.

ગુણધર્મો :

આપણે જાણીએ છીએ કે કોઇપણ તારનો વિદ્યુતિય અવરોધ તે તારની લંબાઇના સમપ્રમાણમાં છે, તેમજ તેના આડછેદના ક્ષેત્રફળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. ત્રીજુ પરિબળ એ છે કે કોઇપણ પદાર્થનો અવરોધ તે પદાર્થની જાત પર પણ આધાર રાખે છે. આ ઉપરાંત સૌથી ધ્યાનાકર્ષક પરિબળ તે પદાર્થનું તાપમાન છે એટલે કે પદાર્થનું તાપમાન બદલાતાં પદાર્થનો અવરોધ બદલાય છે. મોટાભાગનાં અતિસંવાહકનો સામાન્ય અવસ્થાનો અવરોધ ઓરડાનાં તામાનથી નીચે તાપમાન સાથે ઘટતો રહે છે. જો સતત તાપમાન ઘટાડતા રહીએ તો 0^0C નીચેના કોઇ તાપમાને આ સતત ઘટતો અવરોધ અચાનક લગભગ શૂન્ય બની જાય છે. જે તાપમાને અવરોધ લગભગ શૂન્ય બની જાય છે તે તાપમાનને તે પદાર્થનું 'ક્રાંતિક તાપમાન' Critical Temperature (T_c) કહેવામાં આવે છે. આમ, T_c કરતાં ઓછાં તાપમાને પદાર્થનો અવરોધ શૂન્ય જ રહે છે, આ પદાર્થ અતિસંવાહક સ્થિતિમાં આવી જાય છે. અવરોધ શૂન્યની નજદીક પહોંચવાથી ઓહમનાં નિયમ ($I = V/R$) મુજબ તેમાંથી પ્રવાહની કિંમત અનેકગણી વધી જાય છે અને જો કોઇ પદાર્થમાંથી બહુ જ મોટા મૂલ્યનો પ્રવાહ વહે તો તે પદાર્થ અથવા તારની ફરતે મોટુ ચુંબકીય ક્ષેત્ર રચાય છે એટલે કે અતિસંવાહકોનાં તારનો ઉપયોગ કરીને શક્તિશાળી ચુંબક બનાવી શકાય છે. જો આ પદાર્થનાં તારનું ગૂંચળુ બનાવી બાહ્ય રીતે તેમાં પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે અને તે તારનું તાપમાન તેનાં T_c કરતાં નીચું રાખવામાં આવે તો વર્ષોનાં વર્ષો કોઇપણ વોલ્ટેજ આપ્યા વગર તેમાં સતત વીજપ્રવાહ વહ્યા કરે છે ! છે ને કમાલ ! આમ આ તારની ફરતે લાંબા સમય સુધી ટકી શકે તેવું બળવાન ચુંબક બનાવી શકાય છે. કલ્પના કરો, કેવડું મોટા ચુંબકીય ક્ષેત્રવાળું ચુંબક બનાવી શકાય ? પૃથ્વીનાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર કરતાં લગભગ બે લાખ ગણું ચુંબકીય ક્ષેત્ર રચવા માટે આ ચુંબક શક્તિમાન છે.

કેમરલિંઘ ઓન્સને પારામાં અતિસંવાહકતા જોવા મળ્યા પછી આવર્ત કોષ્ટકનાં દરેક તત્ત્વને આટલા નીચા તાપમાને ચકાસવાની હોડ ચાલુ થઇ. બધાં જ તત્ત્વોને આટલા નીચા તાપમાને તપાસવામાં આવ્યા પરંતુ 1971 સુધી કોઇ તત્ત્વનું અથવા મિશ્રધાતુનું T_c 23.2^0K કરતાં વધારે જોવા મળ્યું નહીં, પરન્તુ 1973માં Nb_3Ge નામની મિશ્રધાતુમાં તેટલું T_c જોવા મળ્યું. ત્યારબાદ ઘણી મિશ્રધાતુઓ, તત્ત્વો, સંકિર્ણો, અર્ધવાહકો નીચા તાપમાને ચકાસવામાં આવ્યા પરંતુ ઊંચું T_c મળવાની આશા ઠગારી નીવડી. પરંતુ એટલું જરૂર કહી શકાય કે દુર્લભ હિલિયમનાં સ્થાને બીજા સુલભ વાયુને પ્રવાહી સ્વરૂપે હવે વાપરી શકાય છે. પ્રવાહી હાઇડ્રોજનનું તાપમાન 20.4^0 K (-252.6^0 સે.) હોય છે. હિલિયમની સાપેક્ષમાં હાઇડ્રોજન પ્રમાણમાં સુલભ વાયુ છે. ઉપર બતાવેલ Nb_3Geને અતિવાહક બનાવવા માટે પ્રવાહી હાઇડ્રોજન વાપરી શકાય છે. હવે વૈજ્ઞાનિકોને એ પ્રશ્ન સતાવવા માંડ્યો કે હજી ઊંચા તાપમાને બીજી કોઇ ધાતુમાં તે ગુણધર્મ શા માટે ન આવે ? પ્રશ્ન માત્ર એ ધાતુ અથવા મિશ્ર ધાતુનાં સર્જનનો હતો. ઘણા વર્ષો સુધી એવી કોઇ મિશ્ર ધાતુ જોવા મળી નહીં. પરંતુ અચાનક 1987માં એવો ધડાકો કરવામાં આવ્યો કે લેન્થેનમ (La), કોપર (Cu) અને સ્ટ્રોન્શીયમ (Sr) વડે તૈયાર કરાયેલ ઓક્સાઇડને 37^0 K જેટલા ઊંચા તાપમાને અતિસંવાહક બનાવી શકાય છે. આમ 20 વર્ષ સુધી નિષ્ફળ પ્રયાસો કરીને થાકી ચુકેલા વિજ્ઞાનીઓનો ઉત્સાહ પાછો વધી ગયો. ત્યારબાદ તો વન-ડે મેચનાં સ્કોરબોર્ડની માફક વધારે તાપમાને કામ કરતા પદાર્થો બનતા ગયા. તમો જાણો છે તેમ પ્રવાહી નાઇટ્રોજનનું તાપમાન 77^0 K તથા પ્રવાહી ઓક્સીજનનું તાપમાન 10^0 K છે. હવે પ્રવાહી હાઇડ્રોજન તો શું, પ્રવાહી નાઇટ્રોજનની જરૂરત પણ આ પદાર્થોનાં સંશોધને મીટાવી દીધી. ત્યારબાદ એવા પદાર્થની શોધ થવાની છે કે જે થીજાવેલા કાર્બન ડાયોક્સાઇડ કે જેનું તાપમાન 194.7^0 K હોય છે તે તાપમાને અતિસંવાહક બને. ઘણું ઊંચા મૂલ્યનું T_c ધરાવતા પદાર્થો

એટલે 'ઓક્સાઇડઝ'છે. આ પ્રકારનાં ઓક્સાઇડઝમાં T_cની કિંમત ઘણી ઊંચી મળતી હોવાથી આવા પદાર્થોને High Temperature Superconductors (HTSC) કહેવામાં આવે છે. આવા ઘણા પદાર્થો છે. એક ઉદાહરણ લઇએ તો $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$નું ક્રાન્તિક તાપમાન 91^0 K છે.

જો અતિસંવાહક પદાર્થને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં તેના T_c કરતાં નીચા તાપમાને મુકવામાં આવે તો ચુંબકીયક્ષેત્રની રેખાઓ પદાર્થમાં પસાર થવાને બદલે બહાર ધકેલાઇ આવે છે. આ ઘટનાને મેસનર અસર (Meissner Effect) કહેવામાં આવે છે. તેથી એમ કહી શકાય કે પદાર્થના નમૂનામાં મેગ્નેટિક ઇન્ડક્શન શૂન્ય છે. આમ ઇન્ડક્શન (B) શૂન્ય હોવાના કારણે ચુંબકીય ગ્રહણશીલતાનું મૂલ્ય ઋણ આવે છે અને કહી શકાય કે અતિસંવાહક સંપૂર્ણ વિષમ્ ચુંબકત્વ (ડાયામેગ્નેટિઝમ)નો ગુણધર્મ ધરાવે છે. આમ કોઇ પણ પદાર્થના અતિવાહકતાના ગુણધર્મ માટે બે પાયાની શરતો (1) તે પદાર્થનો અવરોધ (R) = 0 અને (2) મેગ્નેટીક ઇન્ડક્શન (B) = 0 છે. આ ઉપરાંત, સક્ષમ ચુંબકીય ક્ષેત્ર અતિવાહકતાનો નાશ કરે છે તે પણ જાણવા જેવું છે. કોઇ એક ચુંબકીય ક્ષેત્રની ચોક્કસ કિંમત કરતાં વધારે ચુંબકીય ક્ષેત્ર લાગુ પાડવામાં આવે તો અતિવાહકતા નાશ પામે છે અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની આ ચોક્કસ કિંમતને ચુંબકીય ક્ષેત્રની 'ક્રાંતિક કિંમત' (H_c) કહેવામાં આવે છે. વળી ચુંબકત્ત્વ ધરાવતા પદાર્થોને અતિસંવાહક પદાર્થમાં ઉમેરવામાં આવે તો તે પદાર્થની અતિસંવાહકતા નાશ પામે છે અથવા તેના T_cની કિંમતમાં ઘટાડો કરે છે. દા.ત. લોખંડ (Fe)ના થોડો પણ અંશ અતિસંવાહક પદાર્થમાં ઉમેરવામાં આવે તો અતિસંવાહકતાનો ગુણધર્મ મહદ્અંશે નાશ પામે છે અથવા તેના T_cમાં ખાસ્સો ઘટાડો જોવા મળે છે. જ્યારે અચુંબકીય અશુદ્ધિઓ ઉમેરવાથી તેની ખાસ કોઇ અસર જોવા મળતી નથી. આવી રીતે પરમાણુ-દળ (Atomic mass)માં બદલાવની સમસ્થાનિકની અસર T_c પર પડે છે.

અતિસંવાહકતાના ઉપયોગોની એક ટુંકી યાદી આ રહી.

(1) પૃથ્વીના ચુંબકત્વ કરતાં 2 લાખ ઘણું બળવાન ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

(2) સુપરકન્ડક્ટીંગ પાવર લાઇનો મોંઘીદાટ વીજળીને બચાવી અબજો રૂપિયાનો ફાયદો કરાવી આપી શકે તેમ છે.

(3) અતિસંવાહકો દ્વારા બનતા વિશાળ ચુંબકીય ક્ષેત્રનો ઉપયોગ કરી ઝડપથી દોડતી પરંતુ પાટાને અડક્યા વિના ટ્રેનો ચલાવી શકાય છે અને તે પણ કલાકનાં 580 કિ.મી.ની ઝડપથી ! ભવિષ્યમાં જેને (મેગલેવ)- Maglev ટ્રેઇન કહેવામાં આવે છે, તેને અમદાવાદથી મુંબઇ વચ્ચે દોડાવવામાં આવશે તો તેમની વચ્ચેનું 530 કિ.મી. અંતર લગભગ માત્ર એક કલાકમાં કપાશે.

(4) ઘર્ષણ રહિત બેરીંગ બનાવી શકાશે.

(5) ટચુકડાં પરંતુ ખૂબ જ ઝડપી ગણતરી કરતાં સુપર કોમ્પ્યુટર્સ હજુ વધારે ક્ષમતાવાળા બનાવી શકાશે. અને આવું કોમ્પ્યુટર કારનાં ડેશબોર્ડમાં સમાઇ શકે !

(6) તબીબીક્ષેત્રે વપરાતા NMR બોડી સ્કેનર વગેરે વધારે કાર્યક્ષમ બનાવી શકાશે.

(7) અતિસંવાહકોનો ઉપયોગ વિજળીનો સંગ્રહ કરવામાં - 'એનર્જી સ્ટોરેજ' કરવામાં થઇ શકશે.

આપણે જે અતિસંવાહકોની વાત કરી તે તમામ હાલ ઓરડાના તાપમાને કામ આપતા નથી તે એક મોટી અચડણ છે. હાલ સૌથી ઊંચા તાપમાને કામ કરતા અતિસંવાહકોમાં મરક્યુરી તથા થેલીયમ બેઇઝડ પદાર્થો મોજુદ છે, જે લગભગ 140-170^0 K જેટલા ઊંચા તાપમાને કામ આપે છે. પરંતુ જ્યાં સુધી ઓરડાના તાપમાને કામ આપતા અતિસંવાહકોને ન બનાવી શકાય ત્યાં સુધી તેના વ્યવહારુ ઉપયોગો તથા ફાયદાઓની મર્યાદા આવી જાય છે. આશા રાખીએ કે આપણા સંશોધકો આ સિદ્ધિ વહેલી મેળવી લે જેથી માનવજાતને સતાવતો ઇંધણ અને ઊર્જાનો પ્રશ્ન કાયમને માટે હલ થાય !!!

*****

પુસ્તક પરિચય...

(1) ‘‘ઇશ્વર એનું નામ’’ - એક વૈજ્ઞાનિકની આધ્યાત્મિક યાત્રાની કથા

ગુજરાતી અનુવાદ - ડૉ શકુંતલા જી. નેને

પ્રકાશક - સર્વોદય કેળવણી સમાજ - રાજકોટ

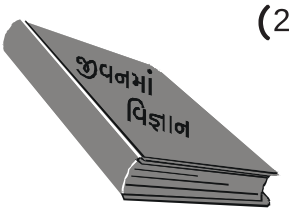
પ્રસિદ્ધ ભારતીય-અમેરિકન ભૌતિકવિજ્ઞાની, ડૉ. મણિ ભૌમિકની આત્મકથા ‘Code name God’નો આ એક રસપ્રદ ગુજરાતી અનુવાદ છે. મૂળ કોલકાતાના પણ અમેરિકામાં વસીને Eximer Laserના ક્ષેત્રે આંખની સર્જરીમાં વપરાતી Lasik ટેકનોલોજીના સહસંશોધક તરીકે જગવિખ્યાત બનેલા ડૉ ભૌમિક અહીં વિજ્ઞાન અને તત્ત્વજ્ઞાનનો સમન્વય સાધે છે.

ડૉ. અબ્દુલ કલામે યોગ્ય કહ્યું છે કે, ‘‘કોઇ વિજ્ઞાની ક્યાં પહોંચ્યો તે જાણવું જેમ જરૂરી છે, તેમ એ ત્યાં શી રીતે પહોંચ્યો તે જાણવું પણ જરૂરી બને છે.’’ આ રીતે જોતાં પ્રસ્તુત પુસ્તક મહત્ત્વનું બને છે, પરંતુ અહીં સંઘર્ષ, સફળતા અને આત્મમંથનની જે સતત ત્રિવેણી વહેતી જણાય છે તેથી પુસ્તકનું મહત્ત્વ ઘણું વધી જાય છે. આ વિજ્ઞાનીના જીવનનું સૌથી વધુ ધ્યાનાકર્ષક પાસું, કે જે અનુવાદમાં પણ સુપેરે પ્રગટ થયું છે, એ છે, તેમના જીવનમાં થયેલા અનુભવોનું અદ્‌ભુત વૈવિધ્ય ! એક વ્યક્તિ પોતાના જીવનમાં સારા-નરસા કેટલા અનુભવોમાંથી પસાર થઇ શકે !? કોલકાતાની ઝુપડપટ્ટીમાં ઉછરેલ એક છોકરાને ગરીબી, ભૂખમરો અને અસ્પૃશ્યતા વારસામાં મળ્યાં હોય, આઝાદીની લડાઇમાં જોડાયેલ કુટુંબમાં ઉછરતાં તેને અભ્યાસમાં સફળતા મળે અને તે IIT-મુંબઇમાંથી Ph.D. થઇને વધુ સંશોધનાર્થે અમેરિકા જઇ પહોંચે અને ત્યાં લેસર કિરણોની Lasik ટેકનોલોજી શોધવાની સિદ્ધિ મેળવે... સાથે મળે અઢળક ડોલર!! તે સાથે જ અમેરિકાની ધનાઢ્ય સંસ્કૃતિમાં તરબોળ થઇને અમેરિકન અભિનેત્રીના સંગાથે જીવન ગુજારે... અને મોડી રાતની પાર્ટીઓમાં શેમ્પેઇનની બોટલોના ખખડાટ વચ્ચે તેને સંભળાય એક ઉંડો ખાલીપો ! મણિ ભૌમિકના જીવનના વિવિધ તબક્કાઓ ખૂબ નાટ્યાત્મક લાગે છે. આ તમામ ભૂમિકાઓમાં તેની અંદરનો વિજ્ઞાની ફિલસૂફ સતત બોલતો રહે છે, અને વાતવાતમાં વાચકોને કહી દે છે કે હવે ઇશ્વરને નવું સાંકેતિક નામ (Code name) આપવાની જરૂર છે. ગરીબી અને ભૂખમરાની ગર્ત તેને બ્લેક-હોલ સમી ભાસે છે, તો તેમાંથી બહાર નીકળી શકનાર સ્વયંને તે Hawking Radiation સાથે સરખાવે છે. આ લેસર વિજ્ઞાની કહે છે કે લેસર કિરણોની જેમ આપણા મનને પણ સંકેંદ્રિત કરીને સ્વયંને ઉર્જિત કરી શકાય, અને તેથી તેઓ મનની ચેતના પર વિશેષ ભાર મૂકે છે. પરન્તુ અમેરિકામાં તેઓને થયેલા પ્રારંભના અનુભવોને લેખક ભુલતા નથી. પ્રો. મેકમિલન, જે મણિ ભૌમિકના શરૂઆતના ગુરૂ હતા, તેઓને મળવાનાં સમય, સ્થળ જાણો છો ?!... રાત્રે બે વાગ્યે પુસ્તકાલયમાં !

લેખકમાં એક વિજ્ઞાની વસે છે તો એક અધ્યાત્મવાદી પણ રહેલ છે. આ બન્નેનો સમન્વય સાધતાં લેખક આપણને ક્વોન્ટમ ફીઝીક્સના ઊંડાણમાં લઇ જાય છે, કે જ્યાં સ્થૂળ જગતની વાસ્તવિકતા ચરમ સીમાએ પહોંચે છે. પુસ્તકનાં છેલ્લાં કેટલાંક પ્રકરણોમાં આપણને આધુનિક ભૌતિક વિજ્ઞાનની તીર્થયાત્રા કરતાં હોઇએ તેવો અનુભવ થાય છે. ક્વોન્ટમ-ક્ષેત્રનાં આભાસી કણો (virtual particles)ની સર્જન અને નાશની પ્રક્રિયા સતત ચાલતી રહે છે તેની વાત કરતાં લેખકને પેલો વિલક્ષણ વિજ્ઞાની રિચર્ડ ફેઇનમેન યાદ આવે છે, જેણે આ અંગે રમુજમાં કહેલું, ‘‘સર્જાય, નાશ પામે, વળી સર્જાય, ને વળી નાશ પામે... સમયનો કેવો બગાડ !’’

‘Code name God’ એ જાણે મનનાં વિવિધ ક્ષેત્રોનો સમન્વય (Unification) કરવાનો એક મહાપ્રયત્ન છે... Unification of forces of Natureની જેમ !

(2) ''જીવનમાં વિજ્ઞાન - ડૉ. ફેઈનમેનની અનુભવકથા''



સારાનુવાદ - ડૉ. પ્રજ્ઞા અનુપમ ભટ્ટ

પ્રકાશક - વિચારવલોણું પરિવાર પ્રકાશન, અમદાવાદ

જગપ્રસિદ્ધ અમેરિકન ભૌતિકવિજ્ઞાની પ્રો. રિચાર્ડ ફેઇનમેનથી તો કોણ અજાણ હોય ? ''There is plenty of room at the bottom''કથન દ્વારા નેનો ટેકનોલોજીની શક્યતાના પ્રણેતા તરીકે પણ તેઓની ઓળખ આપવામાં આવે છે. આ તેજસ્વી અને વિશિષ્ટ વૈજ્ઞાનિક પ્રતિભા વિશે લખાયેલાં ત્રણ અંગ્રેજી પુસ્તકોનો સંકલિત સારાનુવાદ સરસ રીતે ઉપરોક્ત ગુજરાતી પુસ્તકમાં કરવામાં આવ્યો છે. 1965માં ભૌતિકવિજ્ઞાનના નોબેલ ઇનામ વિજેતા પ્રો. ફેઇનમેન તેઓની સૈદ્ધાંતિક શોધોથી તેમજ ફેઇનમેન લેક્ચર સિરિઝ અને અન્ય પુસ્તકોથી ઉપરાંત તેઓની કેટલીયે ટિખળ-મજાકોથી 20મી સદીમાં ખૂબ જ જાણીતા બન્યા હતા. (જુઓ વેબસાઇટ - www.Feynman.com) આ વિલક્ષણ વિજ્ઞાની બાળપણથી જ અત્યંત જિજ્ઞાસુ અવલોકનકાર તેમજ પુસ્તકોના રસીયા હતા. કિશોર ફેઇનમેને લાઇબ્રેરીમાંથી 'Calculus for practical man'નું પુસ્તક વાંચવા માટે માંગ્યું. લાઇબ્રેરીયને નવાઇ પામીને પૂછ્યું, 'આ પુસ્તકનું વળી તારે શું કામ છે ?' રિચર્ડે ગભરાઇને જવાબ આપી દીધો, 'એ મારા પિતા માટે જોઇએ છે.' એ જમાનામાં મનોરંજન-માહિતીના સાધન તરીકે રેડીયો ઘરઘરમાં આવવા લાગેલ. ત્યારે, બુદ્ધિશાળી ફેઇનમેન આંટા મારતાં મારતાં (વિચારો કરીને) રેડીયો રિપેર કરનાર તરીકે જાણીતા થયા હતા. એક વિજ્ઞાની કુદરતના સૌંદર્યને શી રીતે જુએ છે અને તેનું કેવું વિશ્લેષણ કરે છે તે આ પુસ્તકમાં સુપેરે નોંધવામાં આવ્યું છે. ચીલો ચાતરીને જુદું વિચારવાની શક્તિ (divergent thinking) એ ફેઇનમેનની પ્રતિભાનું મુખ્ય પાસું રહ્યું હતું. વળી, જ્યારે ફિઝીક્સની વાત કરતા હોય ત્યારે સામે કોણ છે તેનાથી અજાણ બનીને ફેઇનમેન જ્ઞાનની મુક્ત ધારા વહાવી દેતા. અન્ય એક ઉદાહરણ જોઇએ તો થોડા મોટા થયેલ ફેઇનમેનને એકવાર તેના પિતાએ પૂછ્યું, ''પરમાણુ ફોટોન ઉત્સર્જિત કરે છે, તે ફોટોન પહેલેથી પરમાણુમાં હોતો નથી, તો પછી એ આવ્યો ક્યાંથી ?!'' આ અજબ સવાલનો તાર્કિક જવાબ જે ફેઇનમેને આપ્યો હતો, તે જુઓ. ''આ કાંઇક એવું છે કે આપણે બોલીએ તે પહેલાં અવાજ આપણાં ગળામાં હોતો નથી, એ ઉત્પન્ન થાય છે.'' આવાં નાના મોટાં અનેક રસપ્રદ ઉદાહરણો પુસ્તકમાં વાંચવા મળે છે. આંકડાઓની રમતમાં આ વિજ્ઞાની ગણિતના અચલ 'e'ના જાદુગર જેવા લાગે છે, તો સ્પેઇસ-શટલ Challengerના અકસ્માતની જે કરુણાંતિકા બની હતી, તેની સમગ્ર તપાસમાં તેઓની અંદરનો સતર્ક અવલોકનકાર અને મેધાવી વિશ્લેષક સ્પષ્ટ દેખાઇ આવે છે. પરન્તુ અવળવાણી તો બસ ફેઇનમેનની ! ચેલેન્જર દુર્ઘટનાની પુરેપુરી વૈજ્ઞાનિક જાંચ કરવાનું તેઓને ખૂબ જરૂરી લાગ્યું તેથી અન્ય અગત્યના કામો પણ પડતાં મૂકીને તેઓ એ કામમાં લાગી ગયા... જતાં જતાં સાથીઓને કહેતા ગયા, ''હું જાઉં છું. છ મહિના માટે આપઘાત કરું છું !!!'' ચેલેન્જરની રોકેટ-પ્રણાલિની સંકૂલ અટપટી સાધન-સામગ્રીમાંથી તાગ મેળવીને આ જબ્બરદસ્ત બુદ્ધિપ્રતિભાએ જે સચોટ નિષ્કર્ષ આપ્યો એ તો બસ, વાંચો તો જ ખ્યાલ આવે !

કોઇ વિજ્ઞાની સમસ્યાને ઊંડાણથી વિસ્મય અને અજાયબીની આંખે જુએ, અને હતાશાની પરવા કર્યા વગર આગળ વધતાં વધતાં વણદીઠેલી ભોમ પર જેનો આતમ સદાયે પાંખ વિંઝતો જણાય, તો એ રિચર્ડ ફેઇનમેન !

પુસ્તકના અંતભાગે ફેઇનમેન એક ફિલસૂફ બની જાય છે, અને કહે છે, ''આપણી જવાબદારી વિચારોની સ્વતંત્રતાને પ્રસ્થાપિત કરવાની છે. સંશયથી ડરવાની જરૂર નથી, એ તો આવકારદાયક છે. આટલું જો આપણે આગલી પેઢીને શીખવી શકીશું તો વિચારોની સ્વતંત્રતા પ્રસ્થાપિત થશે. માનવને માનવતા વિકસાવવાની એક મોકળાશ મળશે.''

ફિઝીક્સના સૌ વિદ્યાર્થીઓ-શિક્ષકોને આ પુસ્તકો વાંચવાં ગમશે.

- કે. એન. જોષીપુરા

ભૌતિકવિજ્ઞાન હળવી પળોમાં...

એક સ્વર્ગીય પરિદૃશ્ય (Scanerio)ની કલ્પના કરો.

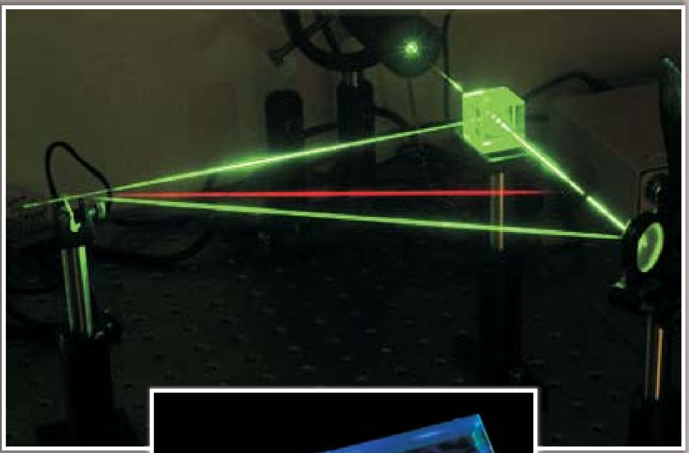
મહાન ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ ન્યુટન અને આઇન્સ્ટાઇન, સ્થળ-કાળ (Space-time)ના બંધનોને પેલે પાર ક્યાંક કોઇ ગહન ચર્ચામાં ગુંથાયા છે. તેઓની ચર્ચા લાંબી ચાલે છે અને છેવટે બન્ને થાકે છે. આઇન્સ્ટાઇન કોઇ રમત રમવાનું સુચન કરે છે, અને ન્યુટન સંતાકુકડી (hide-and-seek) રમવાનું સુચન કરે છે. સંતાકુકડી શરૂ થાય છે. આ બાજુ આઇન્સ્ટાઇન આંખો બંધ કરીને 'એક, બે, ત્રણ...' ગણવાનું શરૂ કરે છે અને પેલી બાજુ ન્યુટન ક્યાંક છુપાઇ જવાની પેરવી કરે છે. અચાનક એક વિચાર આવતાં ન્યુટન જમીન પર 1 મિટર x 1 મિટરનો ચોરસ દોરીને તેના પર ઉભા રહી જાય છે. ગણતરી પુરી થતાં જ આઇન્સ્ટાઇન આંખો ખોલીને પાછળ ફરીને જુએ છે. તો સામે જ ઉભા છે ન્યુટન ! આઇન્સ્ટાઇન ખુશ થાય છે અને તેમને પકડી લેતાં બૂમ પાડે છે, ''એય ન્યુટન, આઉટ ! મેં તમને પકડી પાડ્યા. ચાલો, હવે દાવ દેવાનો તમારો વારો !'' ન્યુટન કહે, ''વહાલા આઇન્સ્ટાઇન, તમે મને પકડ્યો જ નથી.'' આઇન્સ્ટાઇન ઊંચે અવાજે કહે છે, ''અરે મિત્ર, જોતા નથી કે મેં તમને પકડી પાડ્યા છે ? તમે જ ન્યુટન ખરા કે નહીં ?!'' ન્યુટન ચમકતી આંખે જવાબ આપે છે, ''એ શ્રીમાન, જરા ક્લાસિકલ ફિઝીક્સ સમજો. હું 1 (મિટર)^2 ચોરસ પર ઉભો છું... હું તો છું પાસ્કલ....(ન્યુટન/(મિટર)^2)... !!''

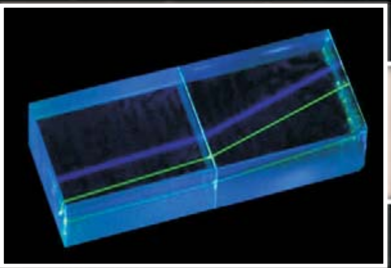
*****

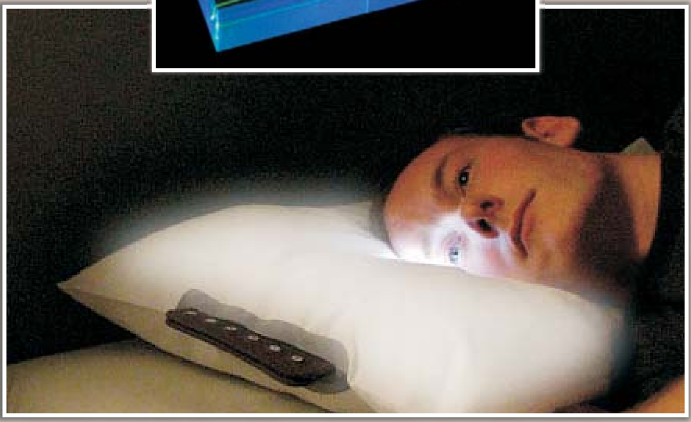
ફર્મી-ડીરાક સ્ટેટીસ્ટીક્સના એક પ્રણેતા પ્રો. ડીરાક 1950ના અરસામાં કલકત્તા આવ્યા હતા, જ્યાં બોઝ-આઇન્સ્ટાઇન સ્ટેટીસ્ટીક્સના એક પ્રણેતા પ્રો. એસ. એન. બોઝ તેઓના યજમાન હતા. એક દિવસ ટેકનીકલ ચર્ચા પુરી થયા પછી પ્રો. એસ. એન. બોઝે એક જોવા લાયક સ્થળે જવા માટે પ્રસ્તાવ મુક્યો અને પ્રો. ડીરાક અને તેમના પત્નીએ તેનો સહર્ષ સ્વીકાર કર્યો. પ્રો. બોઝે તે બન્નેને પોતાની મોટરકારમાં આવી જવા કહ્યું અને ડીરાક-યુગલ કારની પાછલી બેઠકમાં ગોઠવાયું. સ્થુળકાય પ્રો. બોઝ સ્વયં ડ્રાયવર તરીકે ગોઠવાયા. તેમણે અન્ય બે સાથીઓને આગલી સીટોમાં પોતાની નજીક બેસવા કહ્યું અને કાર હંકારી. થોડે દૂર ગયા ત્યાં તો બોઝનું ધ્યાન સામેથી આવી રહેલ એક મિત્ર પર ગયું. કાર થોભાવીને બોઝે તે મિત્રને પણ સાથે આવવા આમંત્રણ આપીને કારની આગલી બેઠકમાં ગોઠવાઇ જવા કહ્યું. આમેય આગળ જગ્યા ઓછી હતી એટલે સૌજન્યથી પ્રેરાઇને પ્રો. ડીરાકે ઓફર કરી, ''અરે પ્રો. બોઝ, તેમને અહીં પાછલી બેઠક પર આવવા દો ને ! અહીં અમે ફક્ત બે જ છીએ.'' જવાબમાં પ્રો. બોઝે જોરદાર ભૌતિકશાસ્ત્રીય ગમ્મત કરી, ''No, no, Prof. Dirac, it is your FD Statistics at work there, and it is my BE Statistics at work here !!!''

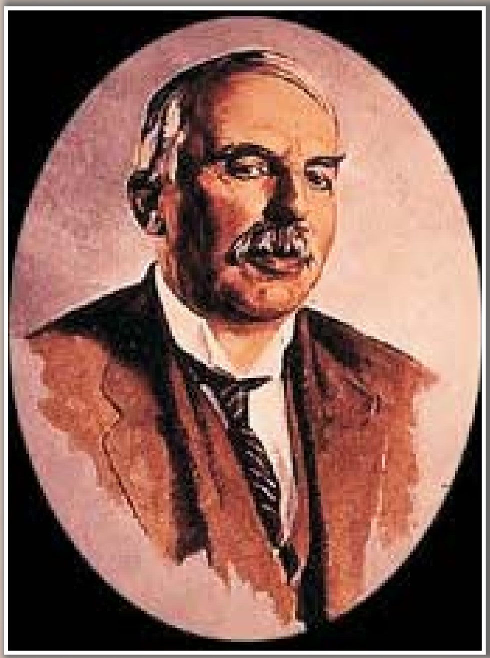
*****

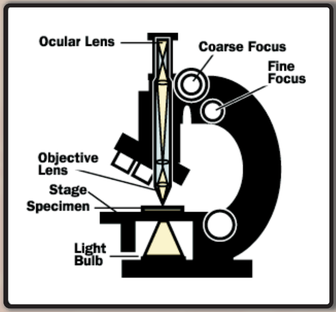
PRL અમદાવાદ ખાતે સપ્ટેમ્બર 5, 2009ના રોજ યોજાયેલ ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સના સેમિનારની સમૂહ તસ્વીર.

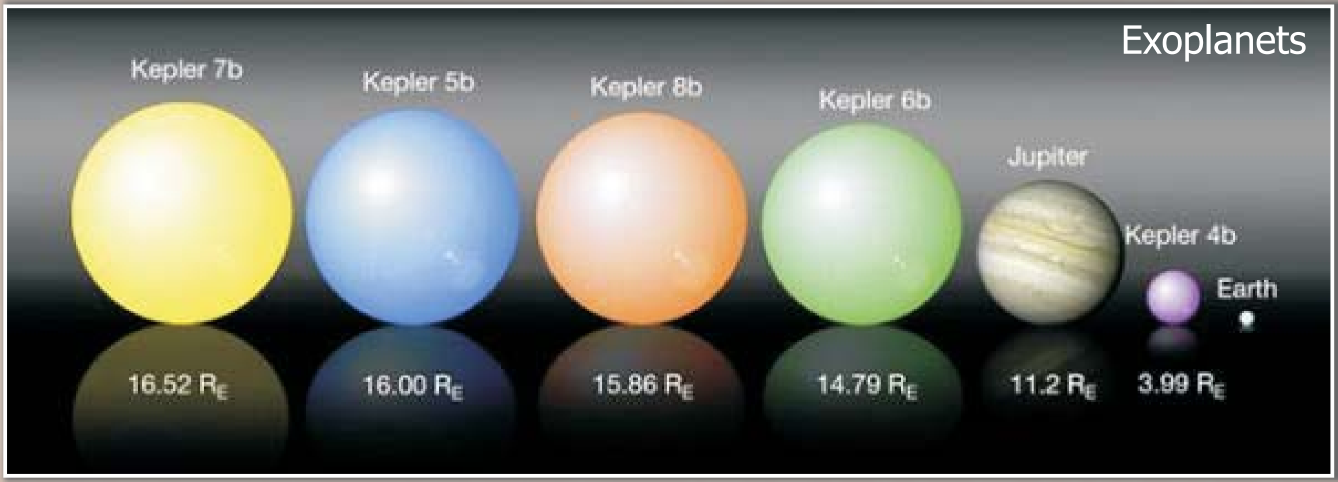












A publication of

IAPT RC - 7 (Gujarat)

INDIAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (IAPT)

Printed by : Jay Graphics @ 94293 28886, 98247 99105