શ્રી ગંભીરચંદ ઉમેદચંદ શાહ વિશ્વવિદ્યા શ્રેણી : ૧૮

# મેઘનાદ સહા

પ્રહ્‌લાદભાઈ છ. પટેલ

$$\log \frac{x^2}{1-x^2}P = \frac{u}{4.571T} + 2.5\log T - 6.5$$

$$\log\left(\frac{x^2}{1-x^2}P\right) - \frac{-u}{4.571T} + 2.5\log T - 6.5$$

$$Ca \rightarrow Ca^{++} + 2e - u2;$$

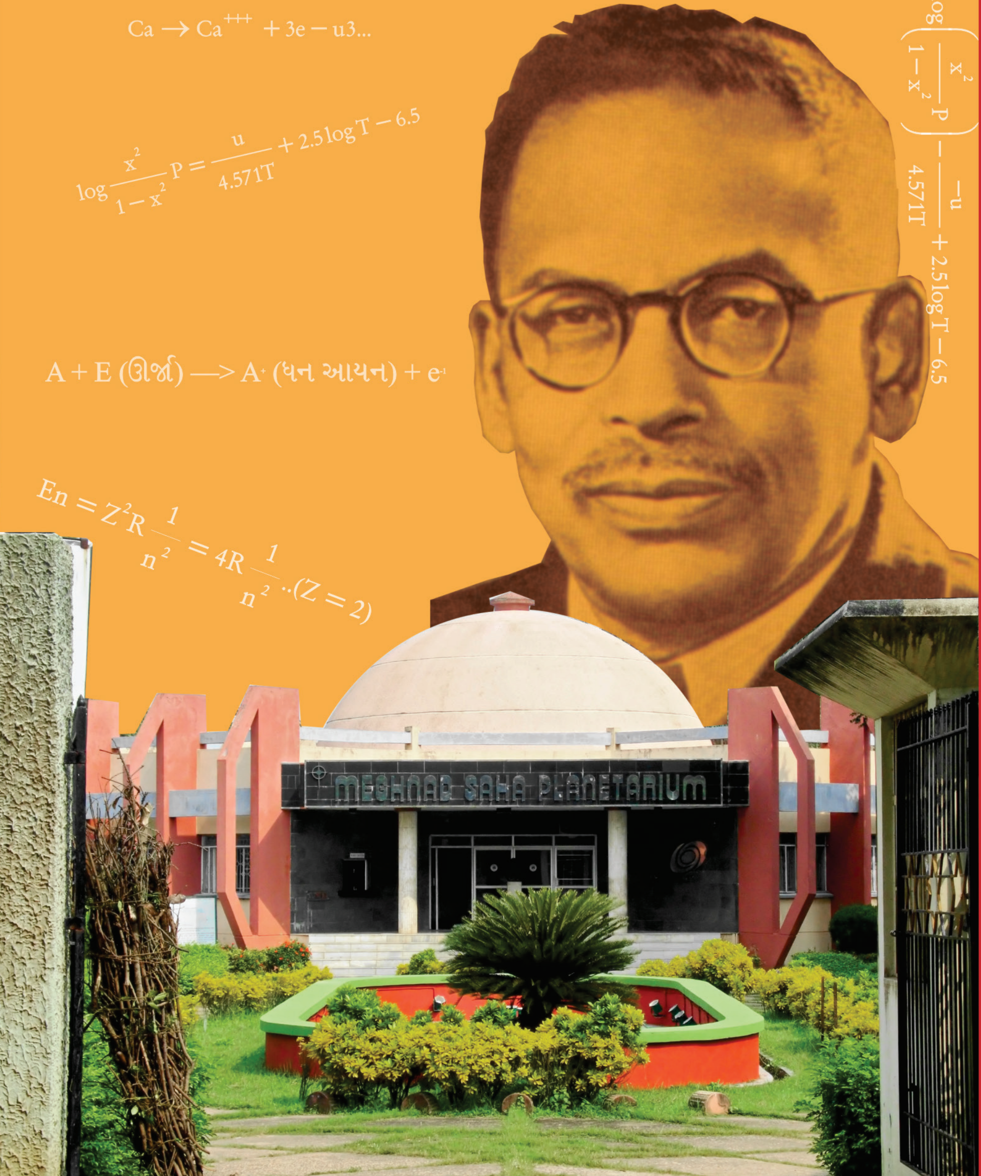
$$Ca \rightarrow Ca^{+++} + 3e - u3...$$

$$\log \frac{x^2}{1-x^2}P = \frac{u}{4.571T} + 2.5\log T - 6.5$$

$$\log\left(\frac{x^2}{1-x^2}P\right) - \frac{-u}{4.571T} + 2.5\log T - 6.5$$

A + E (ઊર્જા) —> $A^+$ (ધન આયન) + $e^{-1}$

$$En = Z^2R\frac{1}{n^2} = 4R\frac{1}{n^2} \therefore (Z=2)$$



ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ ઇ-બુક શ્રેણી : 15

શ્રી ગંભીરચંદ ઉમેદચંદ શાહ વિશ્વવિદ્યા ગ્રંથશ્રેણી : 18

# મેઘનાદ સહા

લેખક

**પ્રા. પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ**

પૂર્વઅધ્યક્ષ અને પ્રાધ્યાપક - ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગ

એમ. જી. સાયન્સ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ, અમદાવાદ

ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટના પ્રકાશનો ઓનલાઈન જોવા માટે લિંક

https://gujarativishwakosh.org/ebooks

ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ

અમદાવાદ

**પટેલ, પ્રહલાદભાઈ છ.**
મેઘનાદ સહા / પ્રા. પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ  અમદાવાદ :
ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ પ્રકાશન, 2014. પુનર્મુદ્રણ 2018. 08 + 84
પૃ., સે.મી. 21 × 14.
(શ્રી ગંભીરચંદ ઉમેદચંદ શાહ વિશ્વવિદ્યા ગ્રંથશ્રેણી - 18)
ISBN : 978-93-83975-10-5
DDC : 925.23 01
1. સહા, મેઘનાદ - જીવનચરિત્ર

Meghnad Saha
By Prof. Prahladbhai Patel
Published by Gujarat Vishvakosh Trust
Ahmedabad 380 013

© ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ

પ્રકાશક
**ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ,** રમેશપાર્કની બાજુમાં, બંધુસમાજ સોસાયટી સામે, ઉસ્માનપુરા, અમદાવાદ-380 013. ફોન : 2755 1703

Email : vishvakoshad1@gmail.com ☐ website : www.vishwakosh.org

કિંમત રૂ. : 80 ☐ પહેલી આવૃત્તિ : 2014, પુનર્મુદ્રણ : 2018 ☐ પૃષ્ઠસંખ્યા : 08 + 84

☐

મુદ્રક
**ભગવતી ઑફસેટ,** 15/સી બંસીધર એસ્ટેટ, બારડોલપુરા, અમદાવાદ-380 004

☐

મુખ્ય વિક્રેતા
**ગૂર્જર સાહિત્ય ભવન,** રતનપોળ નાકૂ સામે, ગાંધીમાર્ગ, અમદાવાદ-380 001

*

**ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ**

# પ્રકાશકીય

શ્રી ગંભીરચંદ ઉમેદચંદ શાહ વિશ્વવિદ્યાશ્રેણીમાં બહુમુખી પ્રતિભા ધરાવનાર મહાન વિજ્ઞાની 'મેઘનાદ સહા'નું પુસ્તક પ્રકાશિત કરતાં અમે આનંદ અનુભવીએ છીએ. શિક્ષણ, સમાજસેવા અને ધાર્મિક ક્ષેત્રોમાં ઉદારતાથી સહયોગ આપનાર શ્રી પ્રવીણચંદ્ર ગંભીરચંદ શાહે આપેલા દાનમાંથી જ્ઞાનવિજ્ઞાનની આ શ્રેણી સતત ચાલતી રહી છે. આ શ્રેણીનો ઉદ્દેશ એ છે કે જુદા જુદા વિષયો પર માત્ર પરિચયાત્મક લખાણો આપવાને બદલે એને વિશે વિસ્તૃત, અભ્યાસપૂર્ણ અને પ્રમાણભૂત સામગ્રી આપવી અને એ રીતે આ શ્રેણીમાં 'લિપિ', 'તળની બોલી' જેવાં પુસ્તકોની સાથોસાથ 'શહીદ વિનોદ કિનારીવાલા' અને પન્નાલાલ પટેલ જેવા સર્જકનું 'તરસ્યા મલકનો મેઘ' નામે ચરિત્ર પણ પ્રકાશિત થયું છે. આ શ્રેણીનાં 'ઊર્જા', 'ભૂમિતિ : સ્વરૂપ અને પ્રકાર' અને 'આપણાં રાષ્ટ્રીય પ્રતીકો' પુસ્તકોએ સહુનું ધ્યાન ખેંચ્યું છે. જુદી જુદી વિદ્યાશાખાનાં પુસ્તકો પ્રકાશિત કરવાનો આયામ ધરાવતી આ શ્રેણીમાં 'પૃથ્વીનો ભૂસ્તરીય ઇતિહાસ', 'હિંદી મહાસાગર', 'વિશ્વનું શિલ્પ-સ્થાપત્ય', 'માનવ જનીનવિજ્ઞાન' અને 'મમ્મી, તું આવી કેવી?' જેવાં પુસ્તકો પ્રગટ થયાં છે.

ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટના ભૌતિકવિજ્ઞાન વિષયના પરામર્શક અને એમ. જી. સાયન્સ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ અમદાવાદના પૂર્વઅધ્યક્ષ અને પ્રાધ્યાપક શ્રી પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ પાસે ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ આગ્રહપૂર્વક ભારતના કોઈ વિજ્ઞાની વિશે પુસ્તક લખાવે છે. એને પરિણામે અગાઉ 'વિરલ વિભૂતિ : વિક્રમ સારાભાઈ', 'સર સી. વી. રામન', 'હોમી જહાંગીર ભાભા' જેવાં પુસ્તકો પ્રગટ થયાં છે અને હવે એ જ શૃંખલામાં 'મેઘનાદ સહા'નું પુસ્તક પ્રગટ થાય છે તેનો અમને આનંદ છે.

આશા રાખું છું કે ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટનાં બીજાં પુસ્તકોની જેમ આ પુસ્તકને પણ સહૃદયોનો આવકાર મળશે.

4 સપ્ટેમ્બર, 2018 **કુમારપાળ દેસાઈ**

# પ્રસ્તાવના

ભારત માટે વિજ્ઞાન અને ટેકનૉલૉજી કોઈ નવી વાત નથી. આર્યભટ્ટ, વરાહમિહિરથી શરૂ કરી ડૉ. જગદીશચંદ્ર બોઝ, સર સી.વી. રામન્, સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ, મેઘનાદ સહા, પ્રફુલ્લચંદ્ર રે, હોમી ભાભા, વિક્રમ સારાભાઈ, ડૉ. અબ્દુલ કલામ સુધી ઘણા બીજા બધાએ પોતાની અનોખી રીતે વિજ્ઞાન અને રાષ્ટ્રની સેવા કરી છે. તેમણે સંશોધન તો કર્યું જ છે, તેથી વિશેષ તો તેમણે સંશોધન માટેનું વાતાવરણ (માહોલ) તૈયાર કર્યું છે. તેમણે તેમના અનુગામીઓને આત્મનિર્ભરતા, સ્વદેશીપણા અને રાષ્ટ્રોન્નતિની ભાવના સાથે પરિસ્થિતિના નવા આયામને પહોંચી વળવા પ્રેરિત કર્યા છે. તેમણે વૈજ્ઞાનિક માનસિકતા સાથે ભારતીય સંસ્કૃતિ અને સંસ્કારના અવિભાજ્ય અંગ તરીકે કાર્ય કર્યું છે. ઉપર ઉલ્લેખિત વિજ્ઞાનીઓ અને બીજાના જીવનચરિત્રમાંથી સંશોધનની કેડી લાધતાં ઘણાનો કાર્ય-પથ પ્રશસ્ત થયો છે.

પ્રત્યેક વ્યક્તિ ટૂંકું આયુષ્ય-અલ્પ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તેટલા અલ્પ સમયમાં વિશાળ વિશ્વના ટચૂકડા અંશને જાણવા મથામણ કરે છે. માણસ જિજ્ઞાસુ છે. પ્રશ્નો ઊભા થતાં, તેના જવાબો શોધવા મથે છે. વિશ્વ વૈવિધ્યસભર છે, આથી પ્રશ્નો ઊભા થાય તે સ્વાભાવિક છે. કેટલાક પ્રશ્નો તત્વજ્ઞાન સંબંધે હોય છે, જે હવે કાલગ્રસ્ત થતા જાય છે. તત્વજ્ઞાન આધુનિક વિજ્ઞાન સાથે તાલ મિલાવી શકતું નથી, ખાસ કરીને ભૌતિકવિજ્ઞાન સાથે. જ્ઞાનની ખોજ માટે વિજ્ઞાનીઓ શોધ-સંશોધનના મશાલધારી રહ્યા છે. તેઓ નવા ચિત્ર ભણી દોરી જાય છે. મેઘનાદ સહાની શોધથી તેવું જ કંઈક બન્યું છે. તેમણે ખગોળ-ભૌતિકવિજ્ઞાન (Astro-physics) માટે બારી ખોલી આપી અને ભારતના યુવાન વિજ્ઞાનીઓને પાર્થિવેતર વિશાળ અવકાશદર્શન કરાવી, ગર્ભિત રહસ્યો પામવા પ્રેરિત કર્યા છે. તેમની શોધ વિશ્વની ઉત્પત્તિ ટાણે જેટલું સાચું અને વિશ્વને સમજવામાં ઉપયોગી રહ્યું છે, તેટલું જ આજે પણ યથાકાલ છે. યુરોપના પુનરુત્થાન (renaissance) સાથે આધુનિક યુગની શરૂઆત થઈ. ભારતના પુનરુત્થાનના પરિણામે આ યુગની ગતિવિધિને એક વિશિષ્ટ વળાંક મળ્યો. તે સાથે વિશ્વ તેમજ ભારતના ઉજ્જ્વળ ભાવિનો (જગદીશચંદ્ર બોઝ, રામન, સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ, સહા, ભાભા અને વિક્રમભાઈના

હાથે) નવો પાયો નંખાયો.

આંબેડકર દલિત આગેવાન, સમાજસુધારક, બંધારણવિદ હતા. દલિત હોવાથી સવર્ણોને કારણે ઘણું સહન કરવું પડ્યું હતું. દલિતોના હક અને ઉદ્ધાર માટે ઉદ્દામવાદી પગલાં ભર્યાં. આંબેડકરે ખેતી અને ઉદ્યોગોના વિકાસ માટે રાજકીય પક્ષની સ્થાપના કરી. આંબેડકરે પોતાની જ્ઞાતિ, સમાજ અને રાષ્ટ્ર માટે શકવર્તી કાર્ય કર્યું છે.

મેઘનાદ સહા દલિત મહાન શિક્ષક, લેખક, સમાજચિંતક, સમાજસુધારક, રાષ્ટ્રપ્રેમી અને મહાન વિજ્ઞાની હતા. દલિત અને ક્રાંતિકારી હોવાને કારણે સમાજ અને સરકાર તરફથી ઘણું સહન કરવું પડ્યું. પ્રખર ન્યૂક્લિયર અને સમર્થ ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાની (Astrophysicist) હતા. વિજ્ઞાન-સંસ્થાઓના સર્જક હતા. તેમની શક્તિ, ક્ષમતા અને વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધિઓથી તેઓ વિશ્વનાગરિક બન્યા.

આ અને બીજા અનુલ્લેખિત સામ્ય સાથે મેઘનાદ સહાને વિજ્ઞાનક્ષેત્રના આંબેડકર તરીકે ઓળખાવી શકાય. આંબેડકર બંધારણના આધારે અને મેઘનાદ સહાએ વિજ્ઞાનના આધારે રાષ્ટ્રની અદભુત સેવા કરી છે.

સહાએ ભારતમાં સંશોધનની બ્લૂ પ્રિન્ટ તૈયાર કરી. નિઃસ્પૃહ ભાવે તેઓ, રાજકારણીઓની સાન ઠેકાણે લાવવા, ‘સહાપણું’ સાચવીને કઠોર બની શકતા હતા. સ્વતંત્ર સાંસદ સભ્ય તરીકે પરિણામલક્ષી કાર્યવહીને કારણે તેમની સંસદમાં હાજરી ધ્યાનાકર્ષક રહેતી હતી. સંસદમાં તેઓ સન્માનનીય રહ્યા હતા. તેઓ કોઈ પણ પ્રશ્ન પરત્વે રાજકીય નહીં પણ રાષ્ટ્રીય અને વૈજ્ઞાનિક અભિગમ ધરાવતા હતા. તેઓ સર્જનાત્મક ક્રાંતિકારી હતા. જાગ્રત અને બુદ્ધિનિષ્ઠ સાંસદ તરીકે તેમણે સાંસદોને રાષ્ટ્રભક્ત બનાવવાનો પ્રયાસ કર્યો. સહાના જીવનચરિત્રનું આલેખન સરળ એટલા માટે નથી કે તેઓ એકથી વધારે માર્ગોના યાત્રી રહ્યા છે. તેમના નિજી વ્યક્તિત્વ, તેમની અપૂર્વ ક્ષમતાને ન્યાય આપવો અઘરો છે અને તેમની દલિતોદ્ધારની ઉત્કટ ભાવનાને ઉજાગર કરવાનું તેથીય અઘરું છે.

આ વિષયમાં પ્રમાણમાં ઓછું સંદર્ભ-સાહિત્ય મળે છે. વળી આ લેખન સમયે થોડી શારીરિક પ્રતિકૂળતાઓ પણ હતી તેમ છતાં મારા પરિવારના સભ્યો અને બાળકોએ (પૌરવી, કૈરવી, યાત્રી અને સિદ્ધાર્થે) જે સાથ-સહકાર આપ્યો છે તે બદલ તેમનો અંતઃકરણપૂર્વક આભાર માનું છું.

પ્રેરણા અને પ્રોત્સાહન આપવા બદલ મુ. શ્રી ધીરુભાઈ ઠાકર અને ડૉ. કુમારપાળ દેસાઈનો હૃદયપૂર્વક આભાર માનું છું.

તા. 11-12-13

**પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ**

અમદાવાદ

# અનુક્રમ


| | | |
|---|---|---|
| 1. | વિષયપ્રવેશ (ભૂમિકા) | 9 |
| 2. | મેઘનાદ સહાનું પાર્શ્વદર્શન | 22 |
| 3. | સહાનું જીવનવૃત્તાંત | 29 |
| 4. | સંસ્મરણો | 42 |
| 5. | ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન (Astrophysics) | 48 |
| 6. | સહા, સ્પેક્ટ્રા અને તાપમાન | 51 |
| 7. | આયનીકરણનું મહત્વ | 54 |
| 8. | સૂર્યની પ્રક્ષુબ્ધ સપાટી | 60 |
| 9. | સહા-સમીકરણ અબજો વર્ષ પહેલાં અને આજે | 66 |
| 10. | સમતાપમંડલીય વેધશાળા | 73 |
| 11. | એક મુલાકાત | 78 |
| 12. | દેશહિતૈષી શિક્ષક - સહા | 83 |
| 13. | સહાને અંજલિ | 86 |
| 14. | મહત્વની ઘટનાઓની સાલવારી | 91 |

# મેઘનાદ સહા

□

પ્રા. પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ

# 1

# વિષયપ્રવેશ (ભૂમિકા)

વર્તમાન સમયના પ્રવાહમાં મૂળભૂત વિજ્ઞાન, વિશેષ કરીને પાયાગત ભૌતિકવિજ્ઞાનનો વિકાસ વિરલ અને મહત્વનો રહ્યો છે. તેનું સંવર્ધન રસપૂર્વક થયું છે. પશ્ચિમની દુનિયાનું એકાએક ધ્યાન ગહન દુર્બોધ સાથે લગભગ ન સમજી શકાય તેવાં સૂત્રો અને રહસ્યમય તકનીકીય શબ્દ-જાળવાળા ભૌતિકવિજ્ઞાન તરફ દોરાયું, તે આશ્ચર્યજનક ઘટના છે. તેઓ ભૌતિકવિજ્ઞાનને યશ આપે છે, કારણ કે તે દીર્ઘકાળથી આજસુધી ન સમજાયેલાં વિશ્વનાં રહસ્યોને સમજાવવાની જબરજસ્ત તાકાત ધરાવે છે. પ્રાકૃતિક વિજ્ઞાનમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન એકમાત્ર એવું વિજ્ઞાન છે જે ઘણી વિદ્યાશાખાઓને તેનામાં સમાવે છે.

ભૌતિકવિજ્ઞાન કે આધુનિક ભૌતિકવિજ્ઞાન વડે મૂળભૂત કણથી શરૂ કરીને અખિલ બ્રહ્માંડનો ખ્યાલ કરી શકાય છે. એક જ વિભાવના થકી તે સૂક્ષ્મથી સૂક્ષ્મ જગતની પ્રતીતિ કરાવે છે. અર્થાત્, આધુનિક ભૌતિકવિજ્ઞાને જગતનાં રહસ્યો ધરાવતાં તમામ પત્તાંને ખુલ્લાં કરવાનું સાર્થક્ય પુરવાર કર્યું છે. જેનો આ પૂર્વે કોઈ અણસાર પણ નહોતો; જેમ કે, ક્વૉન્ટાનું વિશ્વ, મૂળભૂત અને વિલક્ષણ (exotic) કણો, ઇલેક્ટ્રૉનિક વાદળો, પારમાણ્વિક ન્યૂક્લિયસ, વિદ્યુત-ચુંબકીય તરંગો, સાપેક્ષવાદના અતિવેગ અને બહુપરિમાણોને લગતા નિયમો - આ બધું આજે નરી વાસ્તવિકતા બનીને આપણી સમક્ષ મોજૂદ છે. ક્વૉન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદના એકત્રીકરણ માટેના પ્રયાસો પુરજોશમાં આજે ચાલી રહ્યા છે. સ્ટ્રિન્ગ-સિદ્ધાંતના માધ્યમ દ્વારા Theory of everythingની નજદીક પહોંચવા વિજ્ઞાનીઓ અથાક પ્રયત્નો કરી રહ્યા છે. આ બધાના સંદર્ભમાં આપણે અગાઉ જે જાણતા હતા તે તો ટિમટિમાટ કરતો પડછાયો જ હતો અથવા તો ધૂંધળી રૂપરેખા જ હતી.

ભૌતિકવિજ્ઞાનના લોકભોગ્ય રસથી, બેશક, એક ફાયદો થયો છે. તેના આધારે જોગાનુજોગ બે જાણીતા સમૂહો - વિજ્ઞાનીઓ અને માનવતાવાદીઓને જોડતો સેતુ તૈયાર થતો હોય તેવું વલણ દેખાય છે. આ વૈશ્વિક વલણે ભારત

ઉપર પણ અસર કરી છે. જ્યાં વિજ્ઞાન ભારતીય ભાષાઓમાં ઉપલબ્ધ છે અને માધ્યમોએ વૈજ્ઞાનિક વિચારો અને માહિતીઓનો વિવિધ કક્ષાએ પ્રસાર કર્યો છે, જેને કારણે સામાજિક જાગૃતિ આવી.

આ સદીમાં ગંભીર નિસબતનો કોઈ વિષય હોય તો વિજ્ઞાનીઓ અને માનવતાવાદીઓ વચ્ચે તડ(ફૂટ)નો છે. બ્રિટિશ નવલકથાકાર અને ભૌતિકવિજ્ઞાની સી.પી. સ્નોએ આ બે સમૂહોના ધ્રુવીકરણનું અધોરેખાંકન 'Two cultures' નામના તેમના પુસ્તકમાં કર્યું છે. તેમાં તેમણે એક ઘટના તરીકે અલ્પ અંદાજ રજૂ કર્યો છે. પણ આ વિભાજન પ્રાચીન ઇજિપ્તવાસી અને ગ્રીકો સુધી દોરી જાય છે. આ સંઘર્ષમાં છેલ્લી ચાર સદીઓમાં કોપરનિક્સ, ગૅલિલિયો, કેપ્લર અને ન્યૂટન તથા તેના અનુયાયીઓ  સાથે ગરમાવો આવ્યો. વિજ્ઞાનના ઇતિહાસવિદ બર્નાર્ડ કોહેને બતાવ્યું છે કે તે યુગમાં લોકો વિજ્ઞાન સમજી શકે તે માટે પ્રભાવી આગેવાનોએ મક્કમ પ્રયત્નો કર્યા છે. આ બાબતે ફૉન્ટેનેલ, વૉલ્ટેર, ઑઇલર અને અન્યનો ઉલ્લેખ કરી શકાય તેમ છે. આ લોકોના વાચકો ભણેલા હતા માટે તેઓ સફળ રહ્યા; ઉપરાંત તે સમયે વિજ્ઞાન એટલું જટિલ પણ ન હતું.

ચાર્લ્સ ડાર્વિન, થોમસ હક્સલી અને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં ક્વૉન્ટમવાદ તથા સાપેક્ષવાદનાં પરિણામો સાથે છેલ્લી સદીમાં વધુ સાંસ્કૃતિક વિભાજન થયું. વિકટોરિયન સમય બાદ હેન્રી એડમ્સ, આલ્ફ્રેડ વ્હાઇટહેડ, જ્યૉર્જ સાર્ટોન, જેમ્સ જીન્સ, એ. એસ. એડિન્ગટન અને સી.પી. સ્નો અને અન્યોએ લગભગ એકસૂરે વિભાજિત સંસ્કૃતિના ભય સામે ચેતવણી આપી. 1959માં સી.પી.સ્નોએ રીડ-વ્યાખ્યાનો દરમિયાન સંસ્કૃતિ વિભાજનની વાત કરી તે પહેલાં પ્રતિષ્ઠિત વિજ્ઞાન-ઇતિહાસવિદ જ્યૉર્જ સાર્ટોને 1930માં તે જ વાત કરી હતી. આપણા સમયનો દુર્ભાગ્યપૂર્ણ સંઘર્ષ, સાર્ટોનના મતે, વિદ્વાનો, ઇતિહાસવિદો, દાર્શનિકો અને કહેવાતા માનવતાવાદીઓ એક તરફ અને બીજી તરફ વિજ્ઞાનીઓ વચ્ચેનો મતભેદ અથવા દૃષ્ટિકોણ છે. આ બાબતે સાર્ટોન અને સ્નો, ગમે તે કહે પણ તે તો તેમના વૈજ્ઞાનિક અનુભવને આધારે છે. બે સંસ્કૃતિઓનો સંઘર્ષ, તેમના મતે 'વિજ્ઞાન અને સમાજ' બંને માટે ઘાતક છે. સ્નો એવી લાગણી ધરાવે છે કે વિશ્વનાં રહસ્યોનો અભ્યાસ અને પ્રાકૃતિક બળોને નિયંત્રિત કરવાના પ્રયાસથી વિજ્ઞાનીઓ માણસ અને પદાર્થો માટે વધુ બુદ્ધિગમ્ય અભિગમ ધરાવે છે. જોકે સ્નોએ પોતાનો મત જાળવી રાખ્યો કે બે સંસ્કૃતિઓ દૂર જઈ રહી છે. જ્યારે બીજા વિવેચકોને લાગે છે કે વિજ્ઞાન અને કલા વચ્ચે વધારે નજીકનો સંબંધ છે. અગાઉ એક જ સંસ્કૃતિ હોય અથવા ત્રીજી સંસ્કૃતિ - એટલે કે સમાજમાં માણસ હોય.

ભારતના વિજ્ઞાનીઓ અને માનવતાવાદીઓ વધતી જતી ખાઈને અશુભ રીતે દર્શાવે છે કે મૂળભૂત વિજ્ઞાનમાં પ્રજાનો રસ વધતો જાય છે. આ ભૂમિકાની

વિરુદ્ધ, મેઘનાદ સહાના વૈજ્ઞાનિક ફાળાને યોગ્ય પરિપ્રેક્ષ્યમાં મૂકવાનું પ્રશસ્ત ગણાશે. સહાએ ખાસ ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં આપેલા ફાળાથી ખગોળમાં નવા યુગનો પ્રારંભ થયો તેથી તેમને આધુનિક ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના ભીષ્મ પિતામહ ગણવામાં આવે છે. ભારતમાં મહત્વના ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના કાર્ય ઉપરનો યશ ફ્રેન્ચ ખગોળવિદ જેન્સનને જાય છે, જેણે 1868માં પૂર્ણ ખગ્રાસ ગ્રહણનું અવલોકન આંધ્રપ્રદેશના ગુંતૂરથી કરેલું. સૂર્યના ગ્રહણની પૂર્ણતાની પળે વર્ણમાપકનો ઉપયોગ કરીને સોડિયમની પીળી રેખા જાંબલી છેડા તરફ તેની નજીક જોવા મળી. આ રેખા નોર્મન લોકેરે સ્વતંત્ર રીતે અવલોકેલી અને તેનું નામ 'હિલિયમ' આપેલું. અત્યારે હિલિયમ સામાન્ય બાબત બની છે, તે 30 વર્ષ પછી (1898માં) નૉર્વેના રામસેએ મેળવેલી. ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસ ઍસોસિયેશને તે 1938માં પ્રગટ કરેલી.

1868માં બક્સર (પશ્ચિમ પ્રેસિડેન્સી) ઉપરથી પસાર થયેલ પૂર્ણ સૂર્યગ્રહણનું લોકેર, એવરશેડ અને નાયેગામવાલાએ અવલોકન કરેલું. આ ત્રણેય અવલોકનકારોએ ક્ષણદીપ્તિ વર્ણપટ મેળવેલ. એવરશેડ 1911માં કોડાઈકેનાલ પ્રયોગશાળાના નિર્દેશક તરીકે આવ્યા ત્યારે તેમણે સૌરજ્વાલાના ફોટોગ્રાફ અને સૂર્યકલંકોના વર્ણપટ તથા ઉપછાયાના સંશોધન માટેનો કાર્યક્રમ સ્થાપિત કર્યો. આ અવલોકનો સૂર્યકલંકોની ત્રિજ્યાવર્તી ગતિની શોધ ભણી દોરી ગયાં. આ સમયે આલ્ફ્રેડ ફાઉલર, જી.ઈ.હેલ, એસ.એ. મિશેલ અને ડબલ્યૂ. એસ. એડમ્સ સાથે રહીને નિષ્કર્ષ તારવ્યો કે કલંકોના વર્ણપટ K- વર્ગના તારકોના વર્ણપટ જેવા હતા. સી. નાગરાજ અય્યરે 1907માં કોડાઈકેનાલ ખાતે કલંકોની ઉપછાયામાં હિલિયમના $D_3$ રેખાનું વ્યુત્ક્રમણ મેળવ્યું. એવરશેડે સાબિત કર્યું કે તમામ સ્ફુલિંગ (Spark) રેખાઓ કલંકમાં મંદ પડે છે. પાછળથી તેની સમજૂતી મેઘનાદ સહાના ઉષ્મીય આયનીકરણ સૂત્રના સિદ્ધાંત(1920-30)ને આધારે મળી (આવી). એવરશેડે કોડાઈકેનાલ ખાતે સ્થાપિત કરેલ પરંપરાને ટી. રોડ્ઝ અને એ. એલ. નારાયણે ચાલુ રાખી.

મેઘનાદ સહા પ્રથમ તેમના સંશોધનલેખ - 'On Maxwell's stresses' સાથે ભારતીય વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે દેખાયા. તે સદીમાં ભારત થકી આધુનિક સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકવિજ્ઞાનનો આ પ્રથમ લેખ હતો. પણ તેમણે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં સંશોધન 1919થી શરૂ કર્યું. માત્ર બે વર્ષના ગાળાના તેમના સંશોધનથી આધુનિક ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનક્ષેત્રે નવા યુગનું મંડાણ થયું.

ફ્રેન્ચ દાર્શનિક ઑસ્તે કૉમ્ટે 1844માં એક વિચિત્ર કથન કર્યું કે માણસજાત કદાપિ તારકોની પ્રકૃતિ અને બંધારણ જાણી શકશે નહીં. પણ માત્ર દસકામાં જ જર્મન રસાયણવિદ-રૉબર્ટ બન્શૉને અને ગસ્તાવ કિર્ચોફે તેમના સંશોધનને આધારે કૉમ્ટેની આગાહીનું ખંડન કર્યું. તેના થોડાક દસકા બાદ કેટલાક શ્રેણીબદ્ધ

પ્રયોગોને આધારે જાણવા મળ્યું કે સૂર્ય અને તારકોમાં તત્વોની મોજૂદગી છે જે ત્રણ પ્રકારના વર્ણપટથી વિદિત થયું. સળંગ વર્ણપટ એકબીજા સાથે ભળી ગયેલા પૂર્ણ અવધિના રંગો ધરાવે છે. ઉપરાંત વર્ણપટમાં શોષણ-રેખાઓ પણ જોવા મળે છે. સૂર્યની બાબતમાં આ ઘટનાનો આવિર્ભાવ થાય છે. ઉત્સર્જન વર્ણપટમાં છૂટી છૂટી રેખાઓ નજરે પડે છે. ઉત્સર્જિત રેખાઓ મંદ સળંગ વર્ણપટ ઉપર આપાત થયેલી હોય છે. આયનીકૃત પરમાણુના વર્ણપટના દૃશ્ય વિભાગમાં કોઈ રેખા જોવા મળતી નથી. તારકના વર્ણપટમાં ખાસ તત્વની રેખાઓ ગુમ થયેલી માલૂમ પડે છે કારણ કે તે તત્વ સંપૂર્ણપણે આયનીકૃત થયેલું હોય છે અને નહીં કે તે તત્વ ગેરહાજર છે. વાયુમાં અને ખાસ તો તારકના બીજા સ્તરમાં આયનીકરણ કેવી રીતે તેના તાપમાન અને દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે તેને લગતાં ગાણિતિક સમીકરણો પ્રથમ વાર મેઘનાદ સહાએ 1920ના દસકામાં મેળવ્યાં. સહા એવા પ્રથમ વિજ્ઞાની હતા જેમણે નીલ્સ બોહરની પરમાણુ સંરચનાને લગતા ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કરીને 'The Theory of Thermal Ionization'નો યાદગાર ફાળો ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં આપ્યો. તે પહેલાં લેવાયેલ તારાકીય વર્ણપટની માહિતીઓમાં ઘણી અનિયમિતતાઓ અને વિસંગતતાઓ હતી તેથી નોર્મન લોકેરથી માંડી ફાધર એન્જેલો સેક્કી સુધી સમજૂતી આપવામાં મુશ્કેલીઓ પડતી હતી. સહાના આયનીકરણ-સિદ્ધાંતથી આધુનિક ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનનો માત્રાત્મક (quantitative) યુગ શરૂ થયો.

થર્મલ આયનીકરણ-સિદ્ધાંત અને વરણાત્મક વિકિરણ દબાણ (Selective radiation pressure)ના સંશોધન-કાર્ય માટે સહાને વૈશ્વિક ખ્યાતિ પ્રાપ્ત થઈ. આ બે વિભાવનાઓને આધારે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના ખ્યાલો અને અભ્યાસમાં ક્રાંતિ આવી. બર્કલી ખગોલીય વેધશાળા સાથે સંકળાયેલા પ્રતિષ્ઠિત અમેરિકન ખગોળવિદ ઓટો સ્ટ્રાવે સહાની ષષ્ટિપૂર્તિ ટાણે કહ્યું હતું કે, 'ફ્રોનહૉફર અને કિર્ચૉફે જ્યારે ખગોલીય પિંડોના વર્ણપટદર્શકી સંશોધનો કર્યાં ત્યારે જેવી વૈજ્ઞાનિક ક્રાંતિ થઈ હતી, તેવી જ ક્રાંતિ સહાના તારાકીય વાતાવરણના આયનીકરણ ઉપર કરેલા તેજસ્વી સંશોધનકાર્યથી થઈ. વર્તમાન પેઢીના ખગોળભૌતિકવિદો માટે સહાનું આ કાર્ય નિરંતર પ્રેરણાનું સ્રોત રહ્યું છે.'

વિખ્યાત ઉષ્મીય આયનન (Thermal ionization)ની શોધ કરી ત્યારે સહા માત્ર 27 વર્ષના હતા. જ્યારે રૉયલ સોસાયટીના ફેલો તરીકે ચૂંટાયા ત્યારે 34 વર્ષની વય હતી. તેમના ઓળખીતા જર્મન ભૌતિકવિજ્ઞાની અને નોબેલ પુરસ્કાર વિજેતા જેમ્સ ફ્રાન્કે તેમની ષષ્ટિપૂર્તિ સમયે તેમને યાદ કરાવ્યું કે, તમારી પાછલી વૈજ્ઞાનિક કારકિર્દી તરફ નજર નાખશો તો તમને ચોક્કસ ગર્વ થશે કે તમે શરૂઆતના તમારા કાર્યથી શક્તિ-સજ્જ થયા છો. તેથી વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં તમારું નામ

સુવર્ણ અક્ષરે લખાશે, જે અવિસ્મરણીય હશે. હું ભલે વૃદ્ધ છું પણ આપનો પ્રશંસક છું. આથી જ્યારે પણ તમને મળવાનું થયું છે ત્યારે મેં એ તક ભરપેટ માણી છે.

એક જ વર્ષના ગાળામાં સહાએ આયનીકરણ ઉપર ચાર સંશોધન-લેખ તૈયાર કર્યા : (1) Ionization in Solar Chromosphere, (2) Elements in the Sun (3) On the Temperature Radiation of Gases, (4) On the physical theory of steller spectra

જર્મન વૈજ્ઞાનિક ડબલ્યૂ. વેસ્ટપાલે 'Die Naturwissenchaft' (ઑક્ટોબર 1921)માં સહાના થર્મલ આયનીકરણ-સિદ્ધાંતનો લોકભોગ્ય હેવાલ રજૂ કર્યો. સહાના આ કાર્યને તેણે અક્ષત-ભૂમિ ઉપર થયેલું મહત્વનું કાર્ય ગણાવ્યું. લગભગ તે સમયે બીજા જર્મન ભૌતિકવિજ્ઞાની આર. એમ્ડેને, જર્મનફિઝિકલ સોસાયટીમાં આપેલા પ્રવચનમાં ભારતના યુવાન ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાની સહાના સિદ્ધાંતનું મહત્વ સમજાવતાં જણાવ્યું કે, 'એડિન્ગટનનો તારાકીય જગતના બંધારણને લગતો સિદ્ધાંત બાહ્ય સ્તરોમાંથી વહી જતાં વિકિરણ બાબતે કશો જ પ્રકાશ પાડતો નથી. આ મુદ્દો ભારતીય યુવાન વિજ્ઞાની મેઘનાદ સહાના સંશોધનથી સ્પષ્ટ થાય છે. આ કાર્ય ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે ખૂબ જ મહત્વનું અને પ્રભાવક છે. સહાએ આ ક્ષેત્રે નવાં દ્વાર ખોલી આપ્યાં છે જે અત્યંત ફળદાયી ભૂમિકા ભણી દોરી જાય છે.'

એ. એસ. કીંગ, એન્રિકો ફર્મી, પાઉલ ડિરાક, સી. જી. ડાર્વિન, આર.એચ. ફાઉલર, અર્નેસ્ટ ઓ. લૉરેન્સ, જે.ડી. કોકક્રોફ્ટ, જીન બોસલેર, સેન્ટ એચ. મેન્ડકલે, નીલ્સ બોહર, મેન્યુઅલ સેન્ડોવલ વાલરા, વૉલ્ટેર એસ. એડમ્સ, એડવર્ડ ઍટલેટોન, એ.વી. હીલ, વર્નર હાઇઝનબર્ગ, એચ. સ્પેન્સર જોન્સ, આર રોબિન્સન, મેક્સબૉર્ન, ઓટો હાન, વૉલ્ટેર ગ્રોટ્રિયન, રૉબર્ટ ઓપન હાઇમર, ટી. ટકામિન, પાઉલ ડી ફૂટ, એફ. એલ. મોહલેર અને તે સમયના અન્ય નામી ભૌતિકવિજ્ઞાનીએ સહાના આયનીકરણ સિદ્ધાંતનો જયજયકાર કર્યો અને આધુનિક ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે તે સિદ્ધાંતને પુરોગામી અને મહત્વનો ગણાવ્યો છે.

સહાના આયનીકરણ-સિદ્ધાંતથી સમગ્ર સમયપટ પરના મહાન ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓની હરોળમાં તેમની સમકક્ષ સ્થાન મળ્યું. અમેરિકન ભૌતિકવિજ્ઞાની અને નોબેલ પુરસ્કાર વિજેતા આર્થર એચ. કૉમ્પ્ટને 1935-36માં નોબેલ પુરસ્કાર માટે સહાનું નામ નિર્દિષ્ટ કરેલું. 1901થી 1973 સુધી ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે કોઈનેય નોબેલ પુરસ્કાર અપાયેલો નહીં. 1974માં માર્ટિન રાઇલ અને એન્ટોની હ્યુઈશને રેડિયોએસ્ટ્રોફિઝિક્સમાં નોબેલ પુરસ્કાર એનાયત કર્યો. તે પહેલાં કોઈ ખગોળવિદને નોબેલ પુરસ્કાર અપાયેલો નથી. એસ. ચંદ્રશેખરને તારકોની ઉત્પત્તિ અને ઉત્ક્રાંતિના સિદ્ધાંત માટે 1983માં નોબેલ પુરસ્કાર અપાયો. નોબેલ પુરસ્કાર માટે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનને સિત્તેર વર્ષ લાગ્યાં,

તેની સુચારુ સમજૂતી આજસુધી અપાઈ નથી. પણ એવું ‘કહેવાય છે’ કે નોબેલની પત્ની ખગોળવિદ સાથે ભાગી ગઈ હતી. તેવું ચરિત્ર-લેખકો માઇકલ વ્હાઇટ અને જહૉન ગ્રીબ્બીને તેમના પુસ્તક ‘Life in Science’(1992)માં આલેખ્યું છે. માટે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન ક્ષેત્ર પ્રત્યે ઓરમાયું વર્તન હોય તેવું લાગી શકે.

બાલ્યાવસ્થા અને તે પછીનાં વર્ષોમાં સહાને ભારતની અંદરથી અને બહારથી અસહ્ય અડચણોનો સામનો કરવો પડ્યો હતો. પ્રથમ કોટિના ભૌતિકવિજ્ઞાનીનું સ્થાન મેળવવા માટે અસંખ્ય કાંટા ભાંગવા પડ્યા હતા. જાતિભેદભાવ અને અંગત રાગદ્વેષની હલકટ વાતોએ કયાંય સુધી કેડો ન છોડ્યો. આ હકીકતો હવે બહાર આવવા લાગી છે.

આયનીકરણ-સિદ્ધાંતની પ્રાયોગિક ચકાસણી માટે સહાએ 9 જુલાઈ, 1921માં અમેરિકન ખગોળવિદ જ્યૉર્જ એલેરી હેલ – માઉન્ટ વિલ્સન વેધશાળાના નિર્દેશક – ને પત્ર દ્વારા સુવિધાની માગણી કરી. સહાના પત્રનો હેલે પ્રત્યુત્તર ન આપ્યો. વિજ્ઞાનના પ્રતિષ્ઠિત ઇતિહાસવિદ ડેવિડ એચ. ડીવૉર્કિને તાજેતરમાં શોધી કાઢ્યું કે હેલની તરફેણ કરવા માટે તેમ થયું હતું. તે સમયે માઉન્ટ વિલ્સન વેધશાળામાં કાર્ય કરતા હેન્રી નોરિસ રસેલે 5 ઑગસ્ટ, 1921ના રોજ સહાના પત્રનો જવાબ આપ્યો જેમાં આયનીકરણ-સિદ્ધાંતની ચકાસણી માટે નિયોજિત કાર્યસૂચિ જણાવવામાં આવી હતી અને તે પણ સહાના નેતૃત્વ હેઠળ કરવાની હતી. પણ ચકાસણી ટાણે સહાને આમંત્રણ આપવામાં આવ્યું ન હતું. રસેલે 3 ઑગસ્ટ, 1921ના રોજ સહાને ઉષ્માસભર પત્ર લખ્યો, જેમાં જણાવ્યું છે કે, ‘સૂર્યકલંકના વર્ણપટમાં રૂબિડિયમ-(Rb)-ની શોધના મારા નમ્ર પ્રયાસની આપે કરેલ સરાહનાથી ઉચ્ચ કોટિનો આનંદ થયો. તમારા પત્રમાં ભવિષ્યમાં કામ કરવા માટે તમે ઘણું ભાથું બંધાવ્યું છે. તમે જણાવ્યું છે તે પ્રમાણે કામ કરવા મને થોડોક વધુ સમય લાગશે. આશા છે સીઝિયમ(Cs)ની રેખાઓની શોધની જાહેરાતની જાણથી મારી તરફેણ થશે.’ સહાને તેના આયનીકરણ-સિદ્ધાંતની ચકાસણી કરવા સુવિધાઓ આપવા હેલ નાખુશ હતા.

1924ના નવેમ્બરમાં સહાએ અમેરિકન ભૌતિકવિજ્ઞાની, નોબેલ પુરસ્કાર વિજેતા અને રોકફેલર ટ્રસ્ટના અધ્યક્ષ એન્ડ્રુ મિલિકનને અલ્ટ્રા-વાયોલેટ ક્વાર્ટ્ઝ સ્પેક્ટોગ્રાફ માટે £ 2000 ફંડની દરખાસ્ત કરી. આ પહેલાં મિલિકને નીલ્સ બોહ્રની કોપનહેગન પ્રયોગશાળામાં સ્પેક્ટોગ્રાફ માટે £ 800ની વ્યવસ્થા કરી હતી. સહાના આ પત્ર બાદ મિલિકને સી.વી. રામનનો તેમની ક્ષમતા અંગે અભિપ્રાય માગ્યો. 1924ના ઑક્ટોબરમાં રામને પત્રનો પ્રત્યુત્તર આપતાં જણાવ્યું કે, ‘સહાએ શ્રેષ્ઠ સંશોધન કર્યું છે પણ તે પ્રયોગકર્તા (experimentalist) ન હતા કે ન હતા પ્રબંધક, આથી તેમને ફંડ મંજૂર કરી શકાય કે કેમ ?’ 1924 ઑક્ટોબરની 21મીના રોજ

મિલિકને હેન્રી નોરિસ રસેલને લખ્યું કે, 'સહાએ કોઈ પ્રબંધન દ્વારા સંશોધન માટે ભારતમાં જ વિશ્વાસ પેદા કર્યો હોત તો યુ.એસ.માં ફંડ માટે લખવું પડ્યું ન હોત.' રામને આ રીતે સહાને જરૂરી ફંડથી વંચિત રાખ્યા. આવી ચોંકાવનારી કબૂલાત ડીવૉર્કીને કૉલકાતામાં 23 ઑક્ટોબરના રોજ કરેલી.

સહાને જરૂરી ફંડ મળે તે સંદર્ભ કોકડું ગૂંચવાયેલું રહ્યું. પણ અર્નેસ્ટ રુધરફોર્ડ રામનના સંશયમાં ભાગીદાર થયા નહીં. તેઓએ ભારત સરકારને સહાના ગ્રાન્ટ માટેના કેસની ભલામણ કરી. રુધરફોર્ડે જણાવ્યું કે' 'હું મેઘનાદ સહાને કેમ્બ્રિજમાં મળ્યો હતો અને ભારતમાં રહીને તેમણે જે સંશોધન કરેલું તે ઇંગ્લૅન્ડમાં ચાલુ રાખવા માટેની બાબતે અમે ચર્ચા કરેલી. તેમણે તેમના સિદ્ધાંતનો પ્રાયોગિક કાર્યક્રમ મને આપ્યો અને તે માટે જરૂરી ઉપકરણ માટે તેમણે કહ્યું હતું. મને લાગ્યું કે સહાએ સૂર્યના વર્ણપટના સિદ્ધાંતની સમજૂતી માટે જરૂરી પ્રાયોગિક સુવિધા તેમને પ્રદાન કરવી જોઈએ. હું ધારું છું કે ભારત સરકાર સંશોધન માટે ગ્રાન્ટ દ્વારા સાધન-સુવિધા ઉપલબ્ધ કરાવે તો શ્રેષ્ઠ ગણાશે.'

સહા રૉયલ સોસાયટીના ફેલો બન્યા તેના થોડાક સમય પહેલાં બ્રિટિશ ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ ઈ.એ. મિલ્ને અને આર.એચ. ફાઉલર ફેલો બન્યા હતા. તેમ છતાં સહાનું સંશોધન-કાર્ય તેમને માટે પ્રેરણારૂપ હતું. મિલ્નેએ કેટલાંક વર્ષ પહેલાં કબૂલ્યું હતું કે શા માટે તારાકીય વર્ણપટમાં અમુક જ રેખાઓ દેખાય છે અને બીજી કેટલીક નહીં. શા માટે તારાકીય ક્રમ દ્વારા કેટલીક રેખાઓની તીવ્રતા ઘટતી જતી જણાય છે, જ્યારે કેટલીક રેખાઓની તીવ્રતા મહત્તમ સુધી પહોંચે છે અને પછી ઝાંખી પડે છે. આ બધાં રહસ્યોનો સહાએ ખુલાસો કર્યો છે. ('નેચર', ઑક્ટોબર, 1925)

1920માં સહાએ આલ્ફ્રેડ ફાઉલરની લંડનસ્થિત પ્રયોગશાળામાં થોડાક મહિનાઓ માટે સંશોધનકાર્ય કર્યું હતું. તેમણે 1925માં રૉયલ સોસાયટીની ફેલોશિપ માટે સહાના નામની દરખાસ્ત કરી હતી. પણ સહાને ફેલો તરીકે ચૂંટાતાં ત્રણ વર્ષ લાગ્યાં અને તેમાં પણ જ્યારે ફાઉલરે લગાતાર દબાણ કરે રાખ્યું ત્યારે તેમને એવરશેડ, ગિલ્બર્ટ વૉકર અને એફ.એ. લિન્ડમાન(બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન વિન્સ્ટન ચર્ચિલના વૈજ્ઞાનિક સલાહકાર અને પછીથી હાઉસ ઑફ લૉર્ડ્ઝના સભ્ય) નો સબળ ટેકો મળેલો.

ઇન્ટેલિજન્સ (જાસૂસી) હેવાલને આધારે બ્રિટિશ વિજ્ઞાની જેન્સ જીન્સે સહાનો રૉયલ સોસાયટીની ફેલોશિપ માટે સખત વિરોધ કર્યો હતો. જીન્સે તો સહાને rabid revolutionary તરીકે ચીતરેલા. તેથી વધુ વિચિત્ર બાબત તો એ છે કે રૉયલ સોસાયટી જેવી વિદ્વાન સંસ્થાએ ભારત સરકાર પાસેથી સહાનો હેવાલ મંગાવ્યો. જે સમયે આલ્ફ્રેડ ફાઉલરે રૉયલ સોસાયટીના ફેલો તરીકેની દરખાસ્ત કરી ત્યારે

સૉસાયટીની અગ્ર વ્યક્તિ ટી.એચ. હોલૅન્ડ, જે બ્રિટિશ ઇન્ટેલિજન્સ ઑફિસર એ.પી. મોરિમેનના સંપર્કમાં હતા તેમની નિમણૂક કૉલકાતા ખાતે કરાવી. મોરિમેનને સહાને લગતો હેવાલ તૈયાર કરવાનું કામ સોંપાયેલ હતું. તેમણે હેવાલમાં જણાવ્યું કે રાજકીય સંપર્કો અને સંબંધોને કારણે સહાના નામની રૉયલ સોસાયટીના ફેલો તરીકે ભલામણ પણ કરી શકાય નહીં. આ કિસ્સા પહેલાં કદાપિ કોઈના નામની ફેલોશિપ માટે ભલામણ કરતાં પહેલાં આવા હેવાલની માંગ કરવામાં આવી ન હતી. આટલી વિકટ પરિસ્થિતિમાંથી પસાર થયા પછી પણ સહા 1938માં ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસ એસોસિયેશનની સિલ્વર જ્યૂબિલીના અધ્યક્ષપદે જેમ્સ જીન્સને બેસાડવામાં નૈમિત્તિક (instrumental) અને સહાયભૂત બન્યા હતા. એવી હતી સહાની મહાનતા.

સહા તેમના વિદ્યાર્થીકાળથી ધગધગતા રાષ્ટ્રભક્ત હતા. ઢાકા કૉલેજિયેટ સ્કૂલના વિદ્યાર્થી તરીકે જ્યારે બંગાળના ગવર્નર સર બામ્ફીલ્ડ ફૂલર, ઢાકાની મુલાકાતે આવવાના હતા ત્યારે તેમનો સખત બહિષ્કાર કરવામાં જોરદાર ભાગ લીધો હતો. તેના પરિણામે સહા, જે ગરીબ દુકાનદારનો દીકરો હતા. તેમનું સ્ટાઇપેન્ડ અને શિષ્યવૃત્તિ રદ કરવામાં આવ્યાં હતાં. તદુપરાંત શાળામાંથી બરતરફ કરવામાં આવ્યા. આથી તેમને ખાનગી શાળા કિશોરીલાલ જ્યૂબિલી સ્કૂલમાં ભણવા જવું પડ્યું.

કૉલેજકાળ દરમિયાન સહા અનુશીલન સમિતિના સ્થાપક પુલિનદાસ, જતીન, ટાઇગર તરીકે ઓળખાતા જુગંતર પક્ષના નેતા જિતેન્દ્રનાથ મુખરજી જેવા ક્રાંતિકારીઓના સંપર્કમાં હતા. જતીન 110, કૉલેજ સ્ટ્રીટ (કૉલકાતા) છોડીને ઐતિહાસિક કાર્યવિધિ માટે 9 સપ્ટેમ્બર, 1915ના રોજ બિલેશ્વર ગયા. કૉલેજ સ્ટ્રીટમાં મેઘનાદ સહા અને તેમના મિત્ર જ્ઞાનચંદ ઘોષ રહેતા હતા. રાષ્ટ્રનિર્માણની ઉતાવળ હોવા છતાં જતીને યુવાન મેઘનાદને સક્રિય રાજકારણથી દૂર રહેવાની સલાહ આપી હતી. સહાને તેમાં તથ્ય લાગ્યું હોવા છતાં, ક્રાંતિનો નાદ તેમને પુકારતો હતો, તે તિતિક્ષા કરી શકે તેમ ન હતા. આ સંદર્ભમાં સહાએ 1944માં જે કહ્યું તે યાદ કરવા જેવું છે : ‘રાજકીય ક્ષેત્રે ઇરાદા અને વિચારોના એકત્વમાં અમે માનીએ છીએ. તેની આજ ભારે ખોટ છે. તે માટે આપણે કરોડો ભારતીયોની સમસ્યા તરફ તાત્કાલિક ધ્યાન આપવાનું રહે છે.’ આવી હતી રાષ્ટ્રભક્ત વિજ્ઞાનીની ધરતીને ધમરોળતી અને ધગારા મારતી માન્યતા. છે કોઈ આજે આવો રાષ્ટ્રચિંતક! સહાની માનવીય રાષ્ટ્રભક્તિ (પ્રેમ) વિજ્ઞાનના સામાજિક કતૃત્વ અને પ્રતિબદ્ધતા સાથે સંકળાયેલ છે. તેમણે ભારત માટે વૈજ્ઞાનિક અને આર્થિક આયોજન માટેની વિભાવના સૂત્રબદ્ધ કરી. તે માટે તેમણે નદીઓના ભૌતિકવિજ્ઞાનની શાળા અભ્યાસ માટે શરૂ કરી. તેના થકી બૃહત્ સિંચાઈ અને મોટા પાયે પાવર પેદા કરી

શકાય તે માટે ‘રાષ્ટ્રીય આયોજન સમિતિની જરૂરિયાત ઉપર તે સમય(1938)ના કૉંગ્રેસ પ્રમુખ સુભાષચંદ્ર બોઝે ભારપૂર્વક ભલામણ કરી હતી. સહા યુરોપ હતા ત્યારે રવીન્દ્રનાથ ટાગોર સાથે મળવાનું થયેલું. મ્યુનિકમાં રવીન્દ્રનાથ સાથે સહાની ઘનિષ્ઠ મિત્રતા 1921માં થઈ. તે સમયે ખ્યાતનામ સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકવિજ્ઞાની આર્નોલ્ડ સોમરફીલ્ડે રવીન્દ્રનાથ સાથે ઓળખાણ કરાવેલી.

સહાનો મૌલિક રાજકીય દષ્ટિકોણ કંઈક અંશે સમકાલીન જે. બી. એસ. હલ્ડાને, પી.એમ.એસ. બ્લેકટે, ફ્રેડરિક જોલિયોટ ક્યુરી, જે. ડી. બર્નલ જેવા ડાબેરી વિચારસરણીવાળા વિજ્ઞાનીઓને મળતો આવતો હતો. સહા તેમની સાથે વિચાર-વિમર્શ કરતા. હલ્ડાને 1957માં ભારતના નાગરિક બનવાનું નક્કી કર્યું હતું. જેથી વૃદ્ધાવસ્થામાં મેઘનાદ સહા સાથે મળવાનો વધુ અવકાશ મળે અને તેમને જાણી શકું. (સહા મેમોરિયલ વ્યાખ્યાન-1958) સહાની ષષ્ટિપૂર્તિની ઉજવણી અવસરે, લોકસભાના સભ્ય તરીકે ચૂંટાઈ આવતાં સહાને અભિનંદન આપતાં હલ્ડાને કહ્યું કે, ‘ભારત અને બ્રિટનની સરકારોમાં વિજ્ઞાનની સમજ કેળવાય તે માટે સહા જેવી વ્યક્તિઓનું તેમાં હોવું આવશ્યક છે.’ તે સમયે પી.એમ.એસ. બ્લેકેટે કહ્યું હતું કે, ‘તેમના તારાકીય વાતાવરણના આયનીકરણના ક્ષેત્રે કરેલ સંશોધનને વધુ જાણવાની તકો પૂરી પાડી છે. તે કાર્ય નિશ્ચિતપણે ભૌતિકવિજ્ઞાનના ઐતિહાસિક ક્ષેત્રે તેમને યોગ્ય અને અનોખું સ્થાન અપાવશે.’ તે સભ્ય અને સામાજિક પરિબળોની ઊંડી સમજ ધરાવતા હતા. તે વખતે ભારતમાં પ્રવર્તતી વ્યાવહારિક સમસ્યાઓ પ્રત્યે સમર્પિત હતા. ભારતની આર્થિક પ્રગતિ અને સામાજિક ઉત્કર્ષ માટે ઘણો સંઘર્ષ કર્યો.

તે જ પ્રસંગે જોલિયોટ ક્યુરીએ કહ્યું કે, ‘સહા જેવા વિદ્વાને રેડિયોઍક્ટિવિટી અને ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં ઘણું સારું વૈજ્ઞાનિક સંશોધન કર્યું છે. તેમની પ્રયોગશાળાના નિર્દેશક તરીકે તેમણે વિજ્ઞાનના વિકાસ માટે તેમના દેશમાં ઉમદા કાર્ય કર્યું છે. વિજ્ઞાનનો ઉપયોગ સૌના લાભાર્થે થાય અને શાંતિ માટે ઉપયોગી બને તેવી તેમની મહેચ્છા હતી.’

વીસમી સદીના પૂર્વાર્ધમાં જે.ડી. બર્નલ, જોલિયોટ કયુરી અને સહાએ ‘વિશ્વશાંતિની ચળવળ’ માટે મહત્વનો ભાગ ભજવ્યો છે. 1955ના જૂનમાં હેલસિન્કી ખાતે મળેલી શાંતિ માટેની વિશ્વ પરિષદમાં એક વિભાગનું અધ્યક્ષપદ સહાએ સંભાળેલું. તે સ્થાનેથી બોલતાં સહાએ કહ્યું હતું કે, ‘પરમાણુ શસ્ત્રોના ભય સામે વિજ્ઞાનીઓ, બૌદ્ધિકો અને કલાકારો તેમનું વલણ સ્પષ્ટ કરે. વિનાશક શસ્ત્રોના ઉત્પાદનમાં તેમની નૈતિક જવાબદારી કેટલી ગણાય ?’ બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન કેટલાક વિજ્ઞાનીઓના સહયોગથી યુ.એસ.એ.માં પરમાણુ બૉમ્બની ઉત્ક્રાંતિ થઈ. પરમાણુ બૉમ્બના નિર્માણમાં સંકળાયેલા કેટલાક જવાબદાર વિજ્ઞાનીઓએ તેના ઉપયોગથી ગુનો કર્યાની ભાવના વ્યક્ત કરી હતી. પ્રતિષ્ઠિત વિજ્ઞાનીઓની સમિતિ

જે પરમાણુ બૉમ્બના પ્રકલ્પમાં જોડાયા હતા તેમાં તે પ્રકલ્પના અધ્યક્ષ જેમ્સ ફ્રાન્કે તત્કાલીન પ્રે. ટ્રુમેનને પરમાણુ બૉમ્બના ઉપયોગ સામે ચેતવણી આપી હતી. સમિતિએ પરમાણુ બૉમ્બનો ઉપયોગ ન કરવા માટે આજીજી સુધ્ધાં કરી હતી. એ પણ જાણીતું હતું કે યુદ્ધમાં જાપાનને શરણે લાવવા માટે બૉમ્બનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો ન હતો, કારણ કે બૉમ્બના ઉપયોગ વિના ટૂંક સમયમાં તે શરણે આવવાનું જ હતું. પરમાણુ બૉમ્બનો ઉપયોગ શીતયુદ્ધના એક કદમ તરીકે કરવામાં આવ્યો હતો.

1946માં મોટા ભાગના વિજ્ઞાનીઓએ જાપાન ઉપરની પરમાણુ-દુર્ઘટનાને એકસૂરે – એકમતે વખોડી હતી, તે સાથે પરમાણુ શસ્ત્રોના ઉપયોગ સામે જગતને લાલબત્તી ધરી હતી. પરમાણુ બૉમ્બ નિર્માણના મેનહટન પ્રકલ્પમાં જોડાયેલ તમામ પ્રતિષ્ઠિત વિજ્ઞાનીઓ શરૂથી જ કંઈક ખોટું થઈ રહ્યું છે તેવી લાગણી ધરાવતા હતા. તેઓ નૈતિક રીતે ખોટું કર્યું છે તે ભાવ પામી શક્યા હતા. આથી તેઓ યુદ્ધ-પ્રવૃત્ત-વિજ્ઞાનમાંથી કાં તો ફારેગ થયા અથવા તો તે પ્રત્યે અત્યંત શિથિલ બની ગયા હતા. બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન આઇન્સ્ટાઇને પ્રે. રૂઝવેલ્ટને પત્ર દ્વારા જણાવ્યું હતું કે રાષ્ટ્ર માટે યુદ્ધ-લક્ષી ઔદ્યોગિક અને ટૅકનિકલ પ્રવૃત્તિઓ ગતિશીલ બનાવવી જોઈએ. પાછળથી આ બાબતે આઇન્સ્ટાઇનને ભરપેટ પસ્તાવો થયો હતો. મનોમન તેમણે પોતાની જાતને ગુનેગાર ગણી લીધી હતી. તેમણે જાહેર કર્યું હતું કે હવે તેમને કારકિર્દી પસંદ કરવાનો અવસર મળે તો તે ભૌતિકવિજ્ઞાની તરીકે નહીં પણ પગ-રિક્ષા ચાલકની અથવા પ્લમ્બરની કારકિર્દી પસંદ કરે. આવો અભિપ્રાય ધરાવનાર આઇન્સ્ટાઇન સાથે બીજા વિજ્ઞાનીઓ પણ હતા જે પરમાણુ શસ્ત્રોના ઉત્પાદન અને ઉપયોગોનો વિરોધ કરી રહ્યા હતા.

મેઘનાદ સહા અને રશિયન ભૌતિકવિજ્ઞાની અને નોબેલ પુરસ્કારવિજેતા પીટર કપિત્ઝા ઘનિષ્ઠ મિત્રો તેમજ ટોચના વિજ્ઞાનીઓ હતા. યુ.એસ. પ્રે. રૂઝવેલ્ટ અને બ્રિટિશ વડાપ્રધાન ચર્ચિલ સાથે વાટાઘાટો કરતાં પહેલાં બોહરે સહા અને કપિત્ઝાને વિશ્વાસમાં લીધા. વાતોનો મુદ્દો એ હતો કે બીજા વિશ્વયુદ્ધમાં Allied Power Blocના સભ્ય સોવિયેત યુનિયનને પણ પરમાણુ બૉમ્બની બાબતે વિશ્વાસમાં લેવું જોઈએ. બોહરને ખાતરી હતી કે સોવિયેત યુનિયન યુદ્ધપશ્ચાત્ ન્યૂક્લિયર શસ્ત્રોની સ્પર્ધામાં કૂદી પડશે. જે લાંબા સમયના શીતયુદ્ધ ભણી દોરી જશે. તે સમયે રૂઝવેલ્ટ અને ચર્ચિલ ન્યૂક્લિયર શસ્ત્રો માટેની ઍંગ્લો-અમેરિકન મોનોપોલી માટે વિચારબદ્ધ હતા, જેથી આંતરરાષ્ટ્રીય પરમાણુ ઊર્જા ઉપર તેમનો અંકુશ રહે. તેમણે બોહરની વાત સાંભળી નહીં. બોહરનો અભિપ્રાય અને લાંબા સમયના શીતયુદ્ધ માટેનો ભય સાચો ઠર્યો હતો.

બોહર અને સહાના ઘનિષ્ઠ સંબંધોની જાણ યુ.એસ.ઇન્ટેલિજન્સને થઈ હતી. જ્યારે જે. સી. ઘોષ, એસ. એસ. ભટનાગર, એસ. કે. મિત્રા, જે. એન. મુખરજી,

નાઝીર એહમદ અને કર્નલ એસ.એલ. ભાટિયાનું ઇન્ડિયન સાયન્ટિફિક મિશન યુ.એસ. ગયું ત્યારે સહા પણ તેના એક સભ્ય હતા. તે સમયે સહા ઉપર FBI નજીકથી ચાંપતી નજર રાખતી હતી. સહાએ પરમાણુ ઊર્જા અને ન્યૂક્લિયર શસ્ત્રોના પ્રકલ્પ ઉપરથી ગોપનીયતાનો પડદો ઊંચકી લેવાનો આગ્રહ રાખ્યો હતો. તેમ થાય તો જ ન્યૂક્લિયર શસ્ત્રોની સ્પર્ધા અટકે. પરિણામે વિશ્વ સલામત અને સમૃદ્ધ બને.

સહાના સંશોધનકાર્યને ખાસ તો યુનાન ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ વ્યાપક અને ઉત્તમ કામગીરી અને ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ વિશિષ્ટ કામગીરી તરીકે ઓળખાવે છે. ભારતમાં વીસમી સદીની પ્રથમ મૂળભૂત શોધ હોય તો 'Thoery of thermal ionization' છે. તે પછી 1924માં સત્યેન્દ્રનાથ બોઝના સ્ટેટિસ્ટિક્સ (બોઝ- આઇન્સ્ટાઇન સ્ટે.) અને તે પછી 1928માં રામન ઘટના. ત્યારબાદ તરત જ સહાના ચાર બીજભૂત (Seminal) સંશોધન-લેખો પ્રગટ થયા. તે પછી 'On a Physical Theory of Steller Spectra (Pro. Royal Society, 99, 135, 1921)' લેખ પ્રગટ કર્યો. તે વિશે પ્રતિષ્ઠિત અમેરિકન ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાની હેન્રી નોરિસ રસેલે Scientific American(જુલાઈ, 1921)માં જોતાં તેનું મહતત્વ સમજ્યા અને સમજાવ્યું. તેમણે ઑગસ્ટ, 1921માં સહાને લખ્યું કે :

'મારા મત મુજબ તમે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં ઉચ્ચ મૂલ્ય ધરાવતો અને મહત્વનો ફાળો આપ્યો છે. ભવિષ્યમાં આ ક્ષેત્રે પ્રગતિ કરવા માટે પુષ્કળ તકો ઊભી કરી આપી છે. હું જ્યારે માઉન્ટ વિલ્સન વેધશાળામાં જોડાયો ત્યારે તમે સૂચવેલ માર્ગે શું વધારે કરી શકાય તે માટે વિચાર અને ચિંતન કરી રહ્યો હતો. સૂર્યકલંકના વર્ણપટમાં મળેલ અલ્કલી ધાતુની રેખાઓ બરાબર ચકાસાઈ ગઈ છે. ડૉ. હેલ, ડૉ. એડમ્સ, ડૉ. સેંટ જ્હૉન અને અન્ય આયનીકરણ સિદ્ધાંતનાં વિવિધ પ્રયોજનોમાં ઘણો રસ ધરાવે છે. તમારા પત્રમાં સૂચવેલ તમામ બાબતો ઉપર અમે વિશદ ચર્ચા કરી છે. અંતતઃ તમારા સંશોધનકાર્યનું મારે મન ઘણું ઊંચું મૂલ્ય છે.'

અમેરિકન વિજ્ઞાની સેમ્યુઅલ મિશેલ અને બ્રિટિશ વિજ્ઞાની એ. એસ. એડિન્ગટન સહાના સંશોધન ઉપર આફરીન હતા અને ઉત્સાહી પણ. મિશેલ 1923માં લખેલા તેમના લેખમાં જણાવે છે કે, 'જે કોઈ પદ્ધતિ પરમાણુના આયનીકરણનો સિદ્ધાંત સમજાવે છે તે આધુનિક ખગોળવિજ્ઞાનની સમસ્યાઓ સમજાવવા માટે અનોખું મહત્વ ધરાવે છે. આવો સિદ્ધાંત મેઘનાદ સહાએ આપ્યો છે.'

એન્સાઇક્લોપીડિયા બ્રિટાનિકાની ચૌદમી આવૃત્તિમાં (1924), એડિન્ગટને સહાના Thermal ionization સિદ્ધાંતને ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનની પ્રથમ ચૌદ મૂળભૂત સંસ્મરણીય ઘટનાઓમાંની એક ગણાવી છે. આ યાદીની પ્રથમ શોધ 1596માં ફેબ્રિસિયસે (Febricius) શોધેલ રૂપવિકારી (Variable) તારક(Mira

Ceti) છે. વ્યાપક રીતે વંચાતા વિજ્ઞાનના ઇતિહાસકારો જેમ્સ જીન્સ અને જ્યૉર્જ ગેમાવ સહાના સંશોધન-કાર્યને વિશાળ અને વિસ્તૃત દષ્ટિથી બિરદાવે છે : તેમાંના બે લેખો છે : 'Quantum Physics and stars' અને 'Establishment of a Steller Temperature Scale.' સામાન્ય વાચકો માટે આ લેખો જે સેક્કી(Secchi) ના દિવસોથી ઓગણીસમી સદીના મધ્ય સુધી અલભ્ય હતા. તેને લગતું સાહિત્ય ઐતિહાસિક પરિપ્રેક્ષ્યમાં સહાના લેખોમાંથી મળી રહે છે. બૌદ્ધિક અને આધુનિક ખગોળવિજ્ઞાનમાં સહાનો સિદ્ધાંત પ્રથમ છે. તે એવા સમયે પ્રગટ થયો જ્યારે તેની ખૂબ જ જરૂર હતી. કારણ કે ખગોળવિદોએ વર્ષોથી ભેગી કરેલી માહિતીના અર્થઘટન માટે અનિવાર્ય હતો. ખરેખર આવો સિદ્ધાંત ખગોળવિદોની કેમ્બ્રિજ સ્કૂલમાંથી આવવો જોઈતો હતો, પણ તે યુવા ભારતીય ખગોળભૌતિકવિદ મેઘનાદ સહા તરફથી મળ્યો. તે પણ અન્ય કોઈની મદદ સિવાય અને સ્વબળે કૉલકાતા ખાતે રહીને જગતને આપ્યો. ડીવૉર્કિન અને કેનાટે આ હકીકતનો નિર્દેશ કર્યો છે. પૃથ્વીની સપાટીથી 40 કિમી.ની ઊંચાઈએ રહેલા અવલોકનકાર માટે સહાના આ લેખને 'Stratospheric Observatory' તરીકે હાર્લો શેટલે ઓળખાવે છે. 40 કિમી. ઉપરનો વિસ્તાર 1937 સુધી સંપર્કવિહીન હતો અને તેને વિશે જાણવું તે દુઃસ્વપ્ન હતું. વીસ વર્ષ બાદ - સહાના મૃત્યુ પછી એક વર્ષે તે વિસ્તાર સહાને કારણે અભિજ્ઞાત થયો.

સહા મેમોરિયલ વ્યાખ્યાન 25 એપ્રિલ, 1965માં સહાના ઘનિષ્ઠ મિત્ર સત્યેન્દ્ર બોઝે ભવ્ય ભાવાંજલિ આપતાં જણાવ્યું કે, 'હકીકતમાં મોતી તો હતા જ પણ તેમને માન્યતા પ્રાપ્ત થવા અને તેમને એક રેષામાં પરોવી મનોહારિક સૌંદર્ય ધરાવતા ''નેકલેસ'' બનાવવામાં મેઘનાદ સહાની રાહ જોવાતી હતી. તે મળ્યા અને ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન માટે અલંકાર તૈયાર થયો.'

પ્રસંગ હતો સહાની ષષ્ટિપૂર્તિનો. તે સમયે થર્મોડાયનેમિક્સમાં અજોડ કાર્ય કરવા બદલ પ્રો કોમ્પ્ટન, તત્કાલીન વૉશિન્ગ્ટન યુનિવર્સિટી(સેંટ લૂઇસ)ના ચાન્સેલરે તેમને અભિનંદન આપતાં જણાવ્યું કે, 'તમને ખબર હશે કે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે બેનમૂન સંશોધન-કાર્ય કરવા મેં તમારું નામ નોબેલ પુરસ્કાર માટે સૂચવ્યું હતું, તે વાત માટે મને ગર્વ અને આનંદ થાય છે. આટલાં વર્ષોથી તમે ઉચ્ચ માન ધરાવો છો તે માત્ર વિજ્ઞાની તરીકે નહીં પણ તમારા માર્ગદર્શન હેઠળ આવેલા વિદ્યાર્થીઓની જે ચીવટ અને કાળજી રાખી છે, અને તેમના પ્રત્યે તમે જે માનવીય અભિગમ અને રસ દાખવ્યો છે તે બદલ હું તમારાથી પ્રભાવિત છું.'

એક વિદેશી નોબેલ ઍવૉર્ડથી પુરસ્કૃત વિજ્ઞાની પ્રો. કોમ્પ્ટન જ્યારે સહાની શક્તિ, ક્ષમતા અને સંશોધનને આ રીતે નવાજે ત્યારે તેમની કક્ષાનો પૂરો ચિતાર અને મૂલ્યાંકન મળે છે. પછી તેમને પુરસ્કાર વિધિવત્ મળે કે ન મળે તે કોઈ મોટી

વાત નથી, માત્ર ઔપચારિકતા જ બાકી રહે છે. તેમનો આ રીતે સર્વાંગી સ્વીકાર થાય તે ઘણું કહેવાય.

સહાએ બી. એન. શ્રીવાસ્તવના સહયોગ સાથે 'The Treatise on Heat' (Indian Press, Allahabad, 1931) પુસ્તક તૈયાર કર્યું. તેની એક નકલ તેમણે પ્રો. આર્નોલ્ડ સોમરફીલ્ડને વિવેચન માટે મોકલી આપી. વાંચીને સોમરફીલ્ડ સહાના ચાહક બની ગયા. 'તમારા સુંદર અને મૂલ્યવાન પુસ્તક બદલ તમારો હાર્દિક આભાર માનું છું. મેં તેનું રસપૂર્વક વાંચન કર્યું છે. હું પણ મારું પુસ્તક તૈયાર કરી રહ્યો છું. રજૂઆત બાબતે હું તમારાથી કેટલાક મુદ્દે જુદો મત ધરાવું છું પણ ઘણાખરા મુદ્દે હું તમારી સાથે સહમત છું. સ્ટુટગાર્ટના પ્લેનિટોરિયમમાં સ્પેક્ટ્રોસ્કોપી અને એસ્ટ્રોફિઝિક્સ ઉપર મારું વ્યાખ્યાન છે. તે માટે તમારા પુસ્તકના ચૌદમા પ્રકરણનો ખાસ અભ્યાસ કર્યો છે જેનો હું મારા લાભાર્થે ઉપયોગ કરીશ.' આ જ પત્રમાં વધુમાં તે જણાવે છે કે, 'જેમને મૂળભૂત સમસ્યા સાથે કોઈ મુશ્કેલી ન હોય તેવા પ્રગત(advanced) વિદ્યાર્થીઓને વધુ અભ્યાસાર્થે અહીં મોકલવા. ફિઝિક્સ અને ગણિતશાસ્ત્રમાં પારંગત હોવા જરૂરી છે. જો કે. એસ. ક્રિશ્નન અહીં આવે તો તેમની સાથે કાર્ય કરવાનું મને ખૂબ ગમશે.'

તે પછી સહાએ એન. કે. સહાના સહયોગથી તૈયાર કરેલ Treatise on Modern Physics (1935)ના પ્રત્યુત્તર રૂપે તેઓ જણાવે છે કે, 'તમારું પુસ્તક મળ્યું છે તેની જાણ ખાતર પત્ર લખતો નથી. તમારું પુસ્તક ઉપજાઉ ભૂમિમાંથી ઊગી નીકળતા અને ઝડપી વૃદ્ધિ પામતા છોડ જેવું છે. તમારી લેખન-શૈલીનો હું સાચે જ પ્રશંસક છું. મારું પુસ્તક Atomic Structure II : wave mechanics મંથર ગતિએ તૈયાર થઈ રહ્યું છે. તે માટે તમારે થોડીક રાહ જોવી પડશે. તે દરમિયાન તમારા ઉપયોગ માટે થોડાંક છૂટાં પ્રકરણો મોકલી આપું છું. તેનાથી તમારે સંતોષ માનવો પડશે.'

# 2

# મેઘનાદ સહાનું પાર્શ્વદર્શન

આ વિશે લખતાં પહેલાં, કલકત્તા યુનિવર્સિટીના ખ્યાતનામ ભૌતિકવિજ્ઞાની, કલકત્તા યુનિવર્સિટીના ભૌતિકવિજ્ઞાન માટે ઘોષ અને પાલિત પ્રાધ્યાપક તથા ડૉ. જગદીશચંદ્ર બોઝના ભત્રીજા દેવેન્દ્રમોહન બોઝ (1885-1925) વિશે જાણવું જરૂરી છે. ડૉ. જગદીશચંદ્ર બોઝના અવસાન બાદ તેઓ બોઝ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના નિર્દેશક બન્યા તે સાથે 'Science and Culture' સામયિકના મુખ્ય સંપાદક તરીકે પણ કાર્યવહી કરી. તે સમયે ભૌતિકવિજ્ઞાનના વિકાસમાં તેમનો પ્રમુખ ફાળો રહ્યો છે.

B.Sc.ની પ્રાયોગિક પરીક્ષામાં (1913) તેઓ મેઘનાદ સહાના પરીક્ષક હતા. 1917માં જ્યારે દેવેન્દ્ર બોઝ જર્મનીમાં સ્થાનબદ્ધ છાત્ર હતા. ત્યારે તેમણે હાઇડ્રોજન ભરેલ વિલ્સન વિકિરણ કક્ષમાં પોલોનિયમમાંથી ઉત્સર્જિત થતા આલ્ફા-કણ વડે હાઇડ્રોજન પરમાણુ ઉપર મારો (bombardment) કર્યો ત્યારે મળેલા પ્રતિક્ષિપ્ત (recoil) પથના ફોટોગ્રાફ ઉપર નોંધ – Physicalische Zeitschrift માં પ્રગટ કરી. તેની કેટલીક નકલો તેમણે કૉલકાતા મોકલી આપી, જેમાંની એક નકલ મેઘનાદ સહા પાસે પહોંચી ગઈ. સહાએ તેનો જર્મન ભાષામાંથી અનુવાદ કર્યો અને તેની એક નકલ બોઝનાં માતાને મોકલી આપી. દેવેન્દ્રમોહન બોઝનો સહા સાથે આ પ્રથમ સંપર્ક - પરિચય હતો. જ્યારે દેવેન્દ્રમોહન બોઝ જર્મનીથી કૉલકાતા પાછા આવ્યા ત્યારે આઇન્સ્ટાઇનના સાપેક્ષવાદ ઉપરના જર્મન ભાષામાં તૈયાર કરેલા સંશોધન-લેખોની સહા અને સત્યેન્દ્રનાથ બોઝે અનુવાદિત નકલો દેવેન્દ્રમોહન બોઝને 1919ના જુલાઈમાં કૉલકાતા ખાતે મળી.

દેવેન્દ્ર બોઝ 1919માં યુનિવર્સિટી કૉલેજમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગમાં જોડાયા ત્યારે મેઘનાદ સહા અને સત્યેન્દ્ર બોઝ તેમના કનિયસ (નિપુણ) સહકાર્યકર્તાઓ હતા. જર્મની, ખાસ તો બર્લિન ખાતે ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં થયેલી આધુનિક પ્રગતિ બાબતે બંને જણ જ્ઞાન-ભૂખ્યા હતા. તેનું કારણ એ હતું કે તે સમયે બર્લિનમાં પ્લાન્ક, આઇન્સ્ટાઇન, વૉરબર્ગ, મેક્સબૉર્ન, વૉલ્ટેર નર્ન્સ્ટ જેવા ટોચના ભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ

ભેગા મળ્યા હતા. આ બધા ક્વૉન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદના સૈદ્ધાંતિક વિકાસ અને પ્રાયોગિક ચકાસણી કરી રહ્યા હતા. સ્પષ્ટ છે કે જ્યાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના આવા મહારથીઓ એકસાથે કામ કરતા હોય ત્યારે તે વિષયની પ્રગતિ અભૂતપૂર્વ હોય. આ જ કારણે બધાંનું બર્લિન પ્રત્યે આકર્ષણ હતું.

સહા અને સત્યેન્દ્ર બોઝ, દેવેન્દ્ર બોઝના સહકાર્યકર્તાઓ હતા. તેથી બોઝના અવલોકન અને અનુભવને આધારે સહા અને સત્યેન્દ્ર બોઝના અભિગમમાં ઠીક ઠીક જુદાપણું હતું. દેવેન્દ્રમોહન બોઝે પ્લાન્કનાં લખેલાં બે પુસ્તકો જે ભારતમાં અપ્રાપ્ય હતાં તે Thermodynamik અને Warmestrahlung સત્યેન્દ્ર બોઝને વાંચવા આપ્યાં. સત્યેન્દ્ર બોઝે વાંચ્યા બાદ ખરેખર બંને પુસ્તકોની પ્રશંસા કરી, કારણ કે પ્લાન્કે ખૂબ જ ઓછી પૂર્વધારણાઓનો ઉપયોગ કરી Thermodynamik તૈયાર કર્યું હતું. સત્યેન્દ્ર બોઝે પ્લાન્કના સ્પષ્ટીકરણ અંતર્ગત રહેલી અસંગતિનો નિર્દેશ કર્યો. પ્લાન્કના Thermodynamikનું લક્ષણચિત્રણ કરતો આ મુદ્દો ચૂકી જવાય છે. પ્લાન્કની વિકિરણ-સૂત્ર ઉપરની તારવણીના સંદર્ભે બૌદ્ધિક અસંતોષ થતાં સત્યેન્દ્ર બોઝે 1925માં પ્લાન્કના પાયાના સૂત્ર આધારિત તારવણી આપી.

મેઘનાદ સહાનો અભિગમ ઘણો સીધો હતો. સહા દેવેન્દ્ર બોઝ પાસેથી ક્વૉન્ટમ ભૌતિકવિજ્ઞાન અને થર્મોડાયનેમિક્સના ક્ષેત્રે અગ્ર પ્રગત શોધો વિશે જાણવા માગતા હતા. સહા અવારનવાર દેવેન્દ્ર બોઝ સાથે વાયુના ઉષ્મીય-આયનીકરણ-સિદ્ધાંત અને તારાકીય (Steller) વર્ણપટના અર્થઘટન અને ઉપયોગિતા બાબતે ચર્ચા કરતા હતા. સહાને 1919માં કલકત્તા યુનિવર્સિટીએ D.Sc. ની ઉપાધિ એનાયત કરી તે સાથે કલકત્તા યુનિવર્સિટીની પ્રેમચંદ રાયચંદ છાત્રવૃત્તિ પણ મળી. બીજા વર્ષે એટલે કે 1920માં ગ્રિફીથ મેમોરિયલ પ્રાઇઝ માટે સ્પર્ધા યોજાઈ. નિબંધ ઉપર સ્પર્ધકે તેની ઓળખ આપવાની ન હતી, જેથી નિબંધ કોણે લખ્યો છે તે જાણી શકાય નહીં. નિર્ણાયક તરીકે બધા નિબંધો દેવેન્દ્ર બોઝ પાસે આવ્યા. તેમાં એક નિબંધ લેખ 'Origin of lines in steller spectra ઉપર હતો. આ નિબંધ વિશેષ યોગ્યતા ધરાવતો હતો. પ્રથમ ક્રમ આપવા માટે આ નિબંધની ગ્રિફીથ ઍવૉર્ડ માટે ભલામણ નિઃસંકોચપણે કરવામાં આવી. આ નિબંધ 1920માં રૉયલ સોસાયટીના પુરોગમનમાં પ્રકાશિત થયો ત્યારે તે સહાનો લેખ છે તે સમજવાનું સહેલું હતું. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં સહાના ફાળાનું મૂલ્યાંકન કરતાં રોસલેન્ડ(Rosseland)નું અવલોકન આ પ્રમાણે છે : 'સહાએ ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં પ્રેરક બળ પૂરું પાડ્યું છે. તેમના કાર્યનો અંદાજ ઘણો ઊંચો ગણાય, કારણ કે આ ક્ષેત્રે તે પછી થયેલી પ્રગતિ ઉપર તેનો ભારે પ્રભાવ રહ્યો છે.'

1920માં સહા ઇંગ્લૅન્ડ અને જર્મનીમાં એક વર્ષ માટે અભ્યાસ કરવા ગયા. પાછા આવ્યા પછી 1921-23 સુધી કલકત્તા યુનિવર્સિટી કૉલેજમાં ખેરા (કુમારગુરુ

પ્રસાદસિંઘ ખેરાના દાનથી આ પદ ખેરા-પ્રાધ્યાપક કહેવાય છે.) ખેરા-પ્રાધ્યાપક તરીકે જોડાયા. તે સમયે તેમણે ત્યાં રહીને તેમના સિદ્ધાંતની પ્રાયોગિક ચકાસણી થઈ શકે તેમ છે કે નહીં તેની તપાસ કરી. જાણવા મળ્યું કે યુનિવર્સિટી પાસે જરૂરી સાધન-સુવિધા ન હતી. તે પછી તે અલ્લાહાબાદ યુનિવર્સિટીમાં જોડાયા, જ્યાં તેમને લંડનની રૉયલ સોસાયટી તરફથી ઉદાર સખાવત (ગ્રાન્ટ) મળી. તેથી તેમના વિદ્યાર્થીઓને તેમણે કરેલી સૈદ્ધાંતિક આગાહીઓની પ્રાયોગિક ચકાસણી માટે સગવડ મળી. તેમને હાલની મૅગ્નેટોહાઇડ્રોડાયનેમિક પ્રયોગો માટેની સુવિધાઓ ઉપલબ્ધ થઈ હોત તો તેમણે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં અજેય ઊંચાઈ પ્રાપ્ત કરી હોત. આવી સુવિધા મળતાં તેમની ખુશી આભે આંબી હોત.

વાયુના ઉષ્મીય આયનીકરણ અને તારાકીય વર્ણપટમાં તેના ઉપયોગો વિશે તેમણે 1920માં લેખ પ્રકાશિત કર્યો ત્યારે તેમની વય માત્ર 27 વર્ષની હતી. તેમનું આ સંશોધન મૌલિક અને પથસૂચક છે. સહા અલ્લાહાબાદ યુનિવર્સિટીમાં પંદર વર્ષ (1923-1938) રહ્યા. તે દરમિયાન તેમણે ભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે સૈદ્ધાંતિક અને પ્રાયોગિક સ્કૂલ તૈયાર કરી જેમાં ડી. એસ. કોઠારી, આર. સી. મજૂમદાર, પી. કે. કિચલુ, જી. આર. તોસ્નીવાલ, બી. એન. શ્રીવાસ્તવ, એ. એન. ટંડન અને અન્ય કેટલાકનો સમાવેશ થાય છે.

1926માં મુંબઈ ખાતે મળેલ સાયન્સ કૉંગ્રેસ અધિવેશનમાં સહા ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગના અધ્યક્ષ હતા. તે ટાણે તેમણે ઉષ્મીય આયનીકરણ-સિદ્ધાંતની સર્વગ્રાહી રજૂઆત કરી હતી. જે સૂર્ય અને તારકોના જ્ઞાન બાબતે કેટલાયને લાભ મળ્યો. તેમની ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ગણિતશાસ્ત્રની પ્રગતિથી ખગોળવિજ્ઞાનની પ્રવૃત્તિઓનો વિસ્ફોટ થતાં પુનરુત્થાનનો યુગ શરૂ થયો.

સાયન્સ કૉંગ્રેસના લાહોર અધિવેશનમાં સહા, સત્યેન્દ્ર બોઝ, એ. એચ. કોમ્પ્ટન જેવા વરિષ્ઠ વિજ્ઞાનીઓ હાજર રહ્યા. તે સમયે દેવેન્દ્ર બોઝ ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગના અધ્યક્ષ હતા. ત્યારે દેવેન્દ્ર બોઝ અને સહાને કોમો(ઇટલી)માં મળનાર ભૌતિકવિજ્ઞાનની આંતરરાષ્ટ્રીય કૉંગ્રેસમાં જવાનું નિમંત્રણ મળ્યું. તે જ સમયે સહાને રૉયલ સોસાયટીની ફેલોશિપના શુભ સમાચાર મળ્યા. કોમો પરિષદમાં સહા અને દેવેન્દ્ર બોઝને એક જ હોટલમાં ઉતારો મળ્યો હતો, આથી બંનેને વધુ નજીક આવવાનો અવસર મળ્યો. તેમને માટે આનંદની વાત તો એ હતી કે પ્રો. એડિન્ગટન પણ એ જ હોટલમાં અતિથિ તરીકે હાજર હતા.

23 નવેમ્બર, 1937ના રોજ જગદીશચંદ્ર બોઝનું અવસાન થયું. બીજે વર્ષે દેવેન્દ્ર બોઝે પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે રાજીનામું આપીને બોઝ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના નિયામક તરીકે જોડાયા. પાલિત પ્રાધ્યાપકનું પદ ખાલી પડતાં મેઘનાદ સહાની તે જગાએ નિમણૂક થઈ. કલકત્તા યુનિવર્સિટી સાથે જોડાવાથી, સહાને સંશોધન માટે

વિસ્તૃત ક્ષેત્ર અને ઘણી તકો મળી. 1946માં સહાએ નહેરુ માટે પાર્ટી-મિજબાનીનું આયોજન કર્યું, તેમાં દેવેન્દ્ર બોઝ, એસ. કે. મિત્રા, પી. સી. મહાલેનોબિસ અને અન્ય નામી અધ્યાપકો હાજર હતા. આ સમયે સહા રાષ્ટ્રીય આયોજનની મહત્વની સમસ્યાઓ સાથે ઘનિષ્ઠ રીતે સંકળાયેલા હતા. આવી પ્રવૃત્તિની જાણ બધાને તે સમયે થઈ. તેઓ ઇન્ડિયન નૅશનલ કૉંગ્રેસની રાષ્ટ્રીય આયોજન સમિતિના મહત્વના સભ્ય હતા. તેના બીજા સભ્ય સુભાષચંદ્ર બોઝ હતા અને તે સમિતિના અધ્યક્ષ નહેરુ હતા.

1930 સુધી સહા સંપૂર્ણપણે વિજ્ઞાનના શિક્ષણ અને સંશોધનમાં ગળાડૂબ હતા. 1952માં તેઓ પાર્લમેન્ટમાં ચૂંટાઈને પ્રવેશ્યા. તે તેમને માટે એક નવો તબક્કો હતો. ત્યાંથી તેમને સમજાયું કે સંશોધનના સંગઠનમાં રહીને રાષ્ટ્રીય વિકાસની સમસ્યાઓનો ઉકેલ વિજ્ઞાનનો ઉપયોગ કરીને મેળવી શકાય છે. તે સમયે જનસમાજમાં એક એવી છાપ હતી કે વિજ્ઞાનીઓ સુરક્ષિત સ્થળે (ivory towerમાં) બેસે છે. પણ વાસ્તવિકતાઓ પ્રત્યે પોતાના દિમાગને કષ્ટ આપતા નથી. સહાએ યુવાનીમાં કેટલાંક વર્ષ રાજકીય ચળવળમાં ગાળ્યાં. તે સિવાય તેઓ કબૂલે છે કે પોતે પણ આઇવરી ટાવરમાં જ બેસતા હતા.

સહાને હવે અભ્યાસેતર પ્રવૃત્તિઓમાં વિશેષ લગાવ રહેવા લાગ્યો. તેમની પ્રવૃત્તિઓને બે રીતે જોઈ શકાય તેમ છે. પ્રથમ, રાષ્ટ્રમાં વૈજ્ઞાનિક સંશોધનનો અવકાશ (Scope) વિસ્તૃત કરવો અને વિશિષ્ટ સંશોધનના સહારે નવી પ્રયોગશાળાઓની સ્થાપના કરવી, ઉપરાંત સ્થાપેલી સંસ્થાઓનું વિસ્તરણ કરવું. વિજ્ઞાનની નવી એકૅડેમી શરૂ કરવી. વિજ્ઞાનને લોકપ્રિય બનાવવા સામયિક શરૂ કરવું, રાષ્ટ્રીય સમસ્યાઓના ઉકેલ માટે વિજ્ઞાનનો ઉપયોગ કરવો. 1930માં તેમને સમજાયું હતું કે વૈજ્ઞાનિક સંશોધનના પ્રસારણ માટે વિજ્ઞાનની સોસાયટીઓ અને એકૅડેમીઓનું નિર્માણ કરવું.

1931માં સહાએ યુ.પી. એકૅડેમી ઑફ સાયન્સની સ્થાપના કરી જે પાછળથી નૅશનલ એકૅડેમી ઑફ સાયન્સ તરીકે ઓળખાવા લાગી. તેઓ ચુસ્તપણે માનતા હતા કે કોઈ પણ એકૅડેમી સમગ્ર રાષ્ટ્ર જેવી હોવી જોઈએ, અને નહીં કે પ્રાંતીય. રાષ્ટ્રીય એકૅડેમી રાષ્ટ્રીય એકતા ઉપર ઘણો પ્રભાવ પાડી શકે છે. તેમણે સ્થાપેલી યુ.પી. એકૅડેમીથી ખાસ અર્થ સર્યો નહીં. તે જ સમયે બૅંગાલુરુમાં ઇન્ડિયન એકૅડેમી ઑફ સાયન્સની સી.વી. રામને શરૂઆત કરી. તે સમયે ઘણા વિજ્ઞાનીઓ અને વિચારકોને લાગતું હતું કે આવી વિભાગીય એકૅડેમીઓ સમગ્ર રાષ્ટ્રનું અર્થપૂર્ણ કાર્ય બજાવી શકે નહીં. આથી સહાએ પુણેમાં 1934માં મળેલી ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસના અધ્યક્ષપદેથી રાષ્ટ્રીય એકૅડેમી ઉપર જોરદાર ભાર મૂક્યો. તે માટે સમિતિ પણ રચાઈ જેમાં સહા અને એસ.પી. અગરકરે તેના મંત્રીઓ તરીકે ફરજ

બજાવવાનું સ્વીકાર્યું. તેમના ઉદ્દેશ્યની પૂર્તતા રૂપે ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ સાયન્સ ઑફ ઇન્ડિયાનું ઉદઘાટન કૉલકાતા ખાતે થયું. તે સંસ્થા 1935માં કાર્યરત બની, તેનું મુખ્ય મથક દિલ્હીમાં રાખવામાં આવ્યું. 1933થી 1935 વચ્ચે સહાએ કૉલકાતામાં બીજાં બે વૈજ્ઞાનિક સંગઠનો ઊભાં કર્યાં : 1933માં ઇન્ડિયન ફિઝિકલ સોસાયટી અને 1935માં ઇન્ડિયન સાયન્સ ન્યૂઝ ઍસોસિયેશન. 1935-53ના ગાળા દરમિયાન સહાએ વિજ્ઞાનના પ્રચાર-પ્રસાર માટે અને રાષ્ટ્રના વિકાસાર્થે વિજ્ઞાનના પ્રયોજનાત્મક વિચારો માટે ‘Science and Culture સામયિકનો ઉપયોગ કર્યો. આ સાથે તેમણે કૉલકાતામાં ફિઝિકો-કેમિકલ સાયન્સીઝ સંશોધન સંસ્થા અને ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનની - એમ બે સાધન-સજ્જ સંસ્થાઓ સ્થાપવામાં સિદ્ધિ મેળવી.

જે સંસ્થામાં સંશોધન કરી સી.વી. રામને નોબેલ પુરસ્કાર મેળવ્યો અને કે. એસ. ક્રિષ્નને લંડનની રૉયલ સોસાયટીની ફેલોશિપ (FRS) મેળવી તે સંસ્થા(Indian Association for Cultivation Science)નું મકાન નાનું પડવા લાગ્યું. સહાના પ્રયાસો થકી IACSના વિસ્તરણ માટે જાદવપુરમાં 10 એકર જમીન મેળવવામાં આવી. અહીં ભૌતિક અને રસાયણવિજ્ઞાનના સંશોધન માટે સુવિધા-સજ્જ પ્રયોગશાળાઓ તૈયાર કરવામાં આવી. ઉપરાંત મિનિસ્ટ્રી ઑફ સાયન્સ રિસર્ચ પાસેથી સહાએ માતબર ગ્રાન્ટ્સ મેળવી.

1938માં સહા પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે કૉલકાતા આવ્યા પછી વિજ્ઞાની હાન (Hann) વડે ન્યૂક્લિયર વિખંડન(Fission)ની શોધ થતાં ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં સંશોધનનો ઝોક વધ્યો. કારણ કે ન્યૂક્લિયર ઊર્જાના ઉપયોગથી ઔદ્યોગિક વિકાસ ઝડપથી કરી શકાય તેમ છે. તે હેતુ સાધવા માટે સહાએ કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં M. Sc. માં ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનનો વિષય દાખલ કર્યો. તે માટે તેમણે એકલે હાથે ન્યૂક્લિયર પ્રયોગશાળાની રચના કરી. આવી ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળાના નિર્માણ માટે 1948માં શ્યામપ્રસાદ મુખરજીના હસ્તે શિલારોપણ વિધિ કરવામાં આવ્યો અને તેનું ઉદઘાટન 1951માં મરી જોલિયોટ ક્યુરીના હસ્તે કરવામાં આવ્યું.

જે સમય દરમિયાન મેઘનાદ સહા ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સનું નિર્માણ કરી રહ્યા હતા તે સમય દરમિયાન હોમી ભાભા(1946-48)એ પરમાણુ ઊર્જા સમિતિનું પરમાણુ ઊર્જા પંચ(Atomic Energy Commission)માં રૂપાંતર કર્યું. ભાભા આ પંચના પ્રથમ અધ્યક્ષ હતા. પંચ પરમાણુ ઊર્જાના વિકાસને મુંબઈ પૂરતું મર્યાદિત રાખવાનું વલણ ધરાવતું હતું. હકીકતમાં ઊર્જા વિકાસને મુંબઈ પૂરતું મર્યાદિત નહીં રાખવાનું પણ વહીવટી-તંત્રનું મથક મુંબઈમાં રાખવાનું ભાભાનું વલણ હતું. સહા પરમાણુ ઊર્જા પંચ પાસેથી ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ(કૉલકાતા)

ની સ્વીકૃતિ મેળવવામાં સફળ થયા. ઉપરાંત બીજી પંચવર્ષીય યોજના (1955-1960) દરમિયાન સહા રૂ. 50 લાખની ગ્રાન્ટ મેળવવામાં સફળ થયા. તે પછીનાં વર્ષોમાં ગ્રાન્ટ વધતી રહી. સહા ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સ (SINP) ન હોત તો કૉલકાતા પરમાણુ ઊર્જા અને ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનના સંશોધનથી વંચિત રહ્યું હોત.

બીજી રીતે, વિજ્ઞાન થકી વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરીને રાષ્ટ્રનો આર્થિક વિકાસ કરવા માટે સહાએ પ્રવૃત્તિઓ આદરી. આ પ્રકારની પ્રવૃત્તિઓ માટે ઘણી તાકાત અને અનુભવની જરૂર પડે છે જે રચનાત્મક દરખાસ્તોને પ્રભાવી કરી શકે છે. કેટલીક વખત સમસ્યાઓ હલ કરવા માટે અનુભવ સાથે રાષ્ટ્રના શક્તિશાળી તંત્રની જરૂર પડે છે. કેટલીક વખત આપણા અનુભવને અભાવે તથા સમસ્યાઓની જટિલતાને કારણે સાચું નિદાન કરવું મુશ્કેલ બને છે.

આવી સમસ્યાઓની બાબતે, જાગૃતિ અને જાણકારીને કારણે સહાનું મહત્વ રહ્યું છે, જે બીજા ઘણા કરતાં વહેલું તેમની પાસે હતું. સમસ્યાઓના ઉકેલ માટે આવશ્યક જરૂરિયાતો ઉપલબ્ધ કરાવવામાં તે ત્વરિત કાર્યવાહી કરી શકતા હતા. સમસ્યાઓ પ્રત્યે પબ્લિકનું ધ્યાન કેન્દ્રિત કરાવવાની બાબતે તે અજોડ આયોજનશક્તિ ધરાવતા હતા. એટલું જ નહીં પણ તેની સાથે સાથે વાસ્તવિક ઉકેલ પણ આપતા હતા. ઉપરાંત જરૂર લાગે ત્યાં ને ત્યારે સરકારની તીખી આલોચના કે ટીકા કરવાનું ચૂકતા નહીં. અંશતઃ તે કારણથી સહા નહેરુને કઠતા હતા. અધૂરી માહિતી કે સમસ્યાની જટિલતાના કારણે માર્ગ ન મળે તો વૈકલ્પિક ઉકેલ શોધવામાં સહા માહેર હતા.

સહા એવા પ્રથમ વ્યક્તિ અને વિજ્ઞાની હતા જેમણે સમસ્યાઓનો સામનો કરવા માટે નીચેનાં સૂચનો કર્યાં હતાં :

(1) વૈજ્ઞાનિક અને ઔદ્યોગિક સંશોધન માટે સંગઠન રચવું. આ મુદ્દે CSIR કાર્યરત છે.

(2) પરમાણુ ઊર્જાના ઉત્પાદન અને ઉપયોગ માટે વ્યવસ્થા કરવી. અહીં AEC કાર્યરત બન્યું.

(3) રિવર-વૅલી વિકાસનો પ્રકલ્પ તૈયાર કરવો. ભારતની નદીઓનાં જોડાણનો પ્રકલ્પ શરૂ થયો.

(4) રાષ્ટ્રીય અર્થવ્યવસ્થાનું આયોજન કરવું. આયોજન પંચની કાર્યવાહી શરૂ થઈ.

(5) ભારતીય પંચાંગમાં સુધારા કરવા. ભૌગોલિક સમયની એકસૂત્રતા સાધવા માટે આ મુદ્દાઓના અમલ અને સફળતા માટે સહાએ 30 વર્ષથી વધારે

સમય માટે મહત્વના અને મૌલિક લેખો લખ્યા.

શિક્ષણ, વૈજ્ઞાનિક સંશોધન માટે અને જાહેર જીવનનાં કેટલાંક પાસાંઓમાં એક સાંસદ તરીકે તેમણે મહત્વનો ફાળો આપ્યો.

1956ની સાલે તેઓ શારીરિક રીતે અસ્વસ્થ બન્યા. મિત્રો અને તબીબોની સલાહ અવગણીને પણ તેઓ રાબેતા મુજબનું નિશ્ચયબદ્ધ કાર્ય કરતા હતા. 1956ના ફેબ્રુઆરીની 16મી તારીખે જ્યારે તેઓ આયોજન-પંચની કચેરીએ જઈ રહ્યા હતા ત્યારે બેભાન થઈને પડી ગયા. તેમને હૉસ્પિટલમાં ખસેડવામાં આવ્યા પણ સાજા ન થયા અને ત્યાં જ આખરી શ્વાસ લીધો.

સહાએ તારાકીય વર્ણપટના અર્થઘટન માટે ઉષ્મીય આયનીકરણનો સિદ્ધાંત આપ્યો, ઘણા મહત્વના સંશોધન-લેખો લખ્યા. બી. એન. શ્રીવાસ્તવના સહયોગથી લખેલું પુસ્તક 'Treatise on Heat and Thermodynamics' પ્રમાણભૂત અને જગવિખ્યાત છે. કેટલીય સંસ્થાઓમાં વૈજ્ઞાનિક, ઔદ્યોગિક અને આર્થિક બાબતોને લગતાં વ્યાખ્યાનો આપ્યાં. રાષ્ટ્રના વિકાસ માટે સર્વાંગી વિચારધારા આપી.

# 3

# સહાનું જીવનવૃત્તાંત

ઉષ્મીય આયનીકરણના સિદ્ધાંત અને તારાકીય વર્ણપટના વર્ગીકરણ (અર્થઘટન) માટે તથા તેના ઉપયોગો માટે મેઘનાદ સહાનું નામ સદૈવ યાદ કરવામાં આવે છે. આ સિદ્ધાંત પૂર્ણતયા સરળતા અને અનિવાર્યતા ધરાવે છે. તેમણે મૂળભૂત, લાક્ષણિક અને શકવર્તી ફાળો આપ્યો છે. થર્મોડાયનેમિક્સ અને વાયુના ગતિવાદના નિયમો મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનના વાયુને લાગુ પાડી શકાય છે. આ સિદ્ધાંતની સ્વીકૃતિનું તે સીધેસીધું પરિણામ છે. ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનની બહાર રહીને, પાછળથી આ સિદ્ધાંતનો ઘણો ઉપયોગ થયો છે. જેમ કે આયનમંડળનો અભ્યાસ કરવા, જ્વાલાની (Flame) વાહકતા, વીજચાપ (electric arc) અને વિસ્ફોટક ઘટનાઓ સમજવા. સહાનું સંશોધન ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન અને ભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે ઘણા વિષયોને આવરી લે છે. જેમ કે ઉષ્મીય આયનીકરણ, તારાકીય વર્ણપટ, વરણાત્મક (selective) વિકિરણ દબાણ, વર્ણપટશાસ્ત્ર, આણ્વિક વિઘટન, રેડિયોતરંગોનું અયનમંડળમાં પ્રસરણ, સૌર કિરીટાવરણ, સૂર્યમાંથી થતું રેડિયો ઉત્સર્જન, બીટા-રેડિયોઍક્ટિવિટી, ખડકોની વય જેવા વિવિધ વિષયો ઉપર સંશોધન-કાર્ય કર્યું છે.

અલ્લાહાબાદ અને કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં સંશોધન-સ્કૂલોને વ્યવસ્થિત સ્વરૂપ આપ્યું. કલકત્તા ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સની સ્થાપના, ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફોર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ (IACS)નું વિસ્તરણ કર્યું. 'સાયન્સ ઍન્ડ કલ્ચર સામયિક શરૂ કર્યું. કાઉન્સિલ ઑફ સાયન્ટિફિક ઍન્ડ ઇન્ડસ્ટ્રિયલ રિસર્ચ (CSIR) ના સભ્ય, બીજી કેટલીક વૈજ્ઞાનિક સમિતિઓના સભ્ય અને અધ્યક્ષ, કૅલેન્ડર સુધારણા સમિતિના અધ્યક્ષ અને રાષ્ટ્રીય આયોજન (National Planning)માં સક્રિયતા દાખવી.

સહા નિર્ભીક અને હાડોહાડ લાગે તેવા સ્પષ્ટવક્તા હતા. આથી ઘણી વખત નહેરુને કઠતા હતા. તેમ છતાં, સાચા ભાવથી અને સહૃદયતાથી સૌને પ્રોત્સાહિત કરતા. તેમનું કામ અવિરત ચીવટભર્યું અને નૈષ્ઠિક રહેતું. તેમની

યાદદાસ્ત અને બહુશ્રુતતા અદભુત હતાં. પોતાની ટેવો અને જરૂરિયાતો બાબતે તેઓ અત્યંત સાદા-સરળ અને ઘણી વખત તપસ્વી જેવા હતા. કેટલીક બાબતે, બાહ્ય રીતે તે અક્કડ અને કઠોર લાગતા હતા. પણ અંદરથી તેઓ ખૂબ જ હૂંફાળા, માનવતાવાદી, સહાનુભૂતિ અને સમજ ધરાવનાર વ્યક્તિ હતા. તેઓનું વ્યક્તિત્વ નાળિયેર જેવું હતું. ઉપરથી બરછટ, પછી સખત, મૃદુ અને મીઠું. બીજાઓ માટે ઉત્સુક અને ફિકરમંદ રહેતા. બીજાઓને શાંત પાડવાનું તેમની પ્રકૃતિમાં ન હતું. તેમનો આત્મા નિર્ભીક અને દઢનિશ્ચયી હતો. તેમનામાં અથાક્-ઊર્જા હતી. તેમની સમર્પિત ભાવના બેનમૂન હતી.

1910-1930 દરમિયાન જ્યારે હિંદમાં સ્વાતંત્ર્યસંગ્રામ વધુ ને વધુ બળવાન અને વેગવાન બનવા લાગ્યો ત્યારે તે સમયે બીજાં કેટલાંક ક્ષેત્રોમાં બ્રિટિશ શિક્ષણની અસર વધુ ઘેરી બનતાં, અંગ્રેજી શિક્ષણ વધુ પ્રભાવી બની રહ્યું હતું. તે સમયે રાજકીય ક્ષેત્રે મહાત્મા ગાંધી, સરદાર પટેલ, સુભાષચંદ્ર બોઝ, સરોજિની નાયડુનાં નામ હરપળે લોકજીભે ચઢેલાં, સાહિત્યક્ષેત્રે રવીન્દ્રનાથ ટાગોરનું નામ, વિજ્ઞાનક્ષેત્રે શ્રીનિવાસ રામાનુજન્, જગદીશચંદ્ર બોઝ, ચંદ્રશેખર રામન, મેઘનાદ સહા અને સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ લોકહૃદયસ્થ હતા.

મેઘનાદ સહાનો જન્મ આજના બાંગ્લાદેશના પાટનગર ઢાકાથી 45 કિલોમીટર દૂર આવેલા સિયોરાતલી ગામમાં 6 ઑક્ટોબર, 1893ના રોજ થયો હતો. પિતા જગન્નાથ સહા અને માતા ભુવનેશ્વરી દેવીના પાંચ દીકરા અને ત્રણ દીકરીઓમાંના મેઘનાદ એક.

સહાનાં પિતા-માતા

પિતા ગામમાં નાની સરખી દુકાન ચલાવતા અને તેમાંથી પરિવારનો માંડ માડ જીવનનિર્વાહ કરતા હતા. આથી અભ્યાસ માટે મેઘનાદને ભારે આર્થિક કટોકટીનો સામનો કરવો પડ્યો હતો. પોતાના ગામમાં તો હાઈસ્કૂલ જ ન હતી,

તેથી શાલેય શિક્ષણ માટે પોતાના ગામથી 7 માઈલ દૂર આવેલા સ્થળે જવું પડ્યું. તેમાં અનંતકુમાર દાસ જેવા ઉદાર અને પરોપકારી તબીબે સહા માટે પોતાના ઘેર જમવા અને રહેવાની વ્યવસ્થા કરી આપી અને શિષ્યવૃત્તિને આધારે સહાની ગાડી દોડી. ઢાકા જિલ્લામાં મિડલ સ્કૂલની જાહેર પરીક્ષામાં પ્રથમ આવવા બદલ તેમને સરકાર તરફથી શિષ્યવૃત્તિ મળવા લાગી. 1905માં સહા ગવર્નમેન્ટ કૉલેજિયેટ સ્કૂલ(ઢાકા)માં જોડાયા. પ્રજાના લોકપ્રિય મતની વિરુદ્ધ જઈને બંગાળના ભાગલા પાડવાને કારણે આ વર્ષ રાજકીય રીતે અરાજકતા અને ગરમાગરમીભર્યું હતું. શાળાઓ પણ મુશ્કેલીઓથી બાકાત ન હતી. સહાની શાળામાં બંગાળના ગવર્નર મુલાકાતે આવવાના હતા. તેમનો બહિષ્કાર કરવા માટે સહા અગ્રેસર રહ્યા. અગ્ર ભાગ ભજવવા બદલ સરકારે સહાની શિષ્યવૃત્તિ બંધ કરી દીધી અને શાળા છોડવાની ફરજ પાડી. આથી તેમને ખાનગી શાળા – કિશોરીલાલ જ્યૂબિલી શાળામાં જોડાવું પડ્યું. ત્યાંથી તેમણે કલકત્તા યુનિવર્સિટીની પ્રવેશ-પરીક્ષા આપી. તેમાં પૂર્વ બંગાળમાં તે પ્રથમ ક્રમે આવ્યા. તેઓ ઉંમરની દૃષ્ટિએ વધારે હોશિયાર અને સમજણા (અકાલપક્વ) વિદ્યાર્થી હતા. ગણિતશાસ્ત્ર અને ભાષાઓમાં પારંગત હતા. બાપ્ટિસ્ટ મિશને સમગ્ર બંગાળ થકી સ્કૂલ અને કૉલેજના વિદ્યાર્થીઓ માટે બાઇબલની પરીક્ષાનું આયોજન કર્યું. આ પરીક્ષામાં સહા પ્રથમ ક્રમે આવ્યા.

1911માં સહાએ ઢાકા કૉલેજ(ઢાકા)માંથી કલકત્તા યુનિવર્સિટીની ઇન્ટરમીડિયેટ સાયન્સની પરીક્ષા પાસ કરી. આ પરીક્ષામાં તેઓ ગણિતશાસ્ત્ર અને રસાયણવિજ્ઞાનમાં પ્રથમ હતા, પણ કુલ ગુણ પ્રમાણે ત્રીજા ક્રમે આવ્યા હતા. આ પરીક્ષામાં જર્મન ભાષા એક વિષય હતો. તેમને ત્યાં તે ભણાવવાની કોઈ વ્યવસ્થા ન હતી. તેમણે જાતે જ સ્વબળે જર્મન ભાષાની તૈયારી કરીને પરીક્ષા આપી હતી.

તે પછી તેમણે કૉલકાતાની પ્રેસિડેન્સી કૉલેજમાં પ્રવેશ મેળવ્યો. અહીં ભારતીય વિજ્ઞાન મંચ ઉપર સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ (બોઝ-આઇન્સ્ટાઇન સ્ટેટિસ્ટિક્સવાળા) એન. આર. સેન, જે.એન. મુખર્જી અને જે. સી. ઘોષ હતા. પ્રતિષ્ઠિત આંકડાશાસ્ત્રી અને આયોજન-નિષ્ણાત પી. સી. મહાલેનોબિસ સહાથી એક વર્ષ આગળ હતા. આચાર્ય પ્રફુલ્લચંદ્ર રે રસાયણવિજ્ઞાનના, જગદીશચંદ્ર બોઝ ભૌતિકવિજ્ઞાનના, ડી. એમ. મલિક અને સી. ઈ. કુલીસ ગણિતશાસ્ત્રના તેમના શિક્ષકો હતા. બી.એસસી. (ઑનર્સ-મૅથેમૅટિક્સ-1913) અને એમ.એસસી. (એપ્લાઇડ મૅથેમૅટિક્સ-1915)માં બીજા ક્રમે પાસ કરી. બંનેમાં પ્રથમ ક્રમે સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ હતા.

વીસમી સદીના પ્રારંભમાં બંગાળ અને દક્ષિણ ભારતીય સમાજ ઉપર અંગ્રેજી શાસનનો ખાસ્સો પ્રભાવ હતો. આથી એક વિશિષ્ટ અને પ્રબુદ્ધ નાગરિક વર્ગ તૈયાર થયો હતો, જે પશ્ચિમના શિક્ષણ, ઇન્ડિયન સિવિલ સર્વિસ, ઇન્ડિયન ફાઇનાન્સ

સર્વિસને સામાજિક મોભો સમજતો હતો. આ બધા માટે સહા શક્તિ અને ક્ષમતા ધરાવતા હતા પણ સહા તેમના વિદ્યાર્થીકાળ દરમિયાન ક્રાંતિકારી હતા, જેને કારણે આ બધી પરીક્ષાઓમાં બેસવા માટે તેમની ઉપર પ્રતિબંધ લાદવામાં આવ્યો હતો. તેઓને ખાસ તો આવી એફ.એસ.ની પરીક્ષામાં રસ હતો. જો તેઓ આ અભ્યાસ અને નોકરીને પાત્ર હોત તો તેઓ એક ઉચ્ચતમ સરકારી અધિકારી બની જડ સરકારના ભાગીદાર બન્યા હોત. અંગ્રજોના પૂર્વગ્રહ અને આવા પ્રતિબંધને કારણે ભારતને મહાન વિશ્વવિજ્ઞાનીની ભેટ મળી ! આ ઘટના ભારત અને વિજ્ઞાનનું સૌભાગ્ય ગણાય. ક્રાંતિકાળ દરમિયાન મેઘનાદ સહા અને સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ – એમ બે પ્રથમ કોટિના સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ ભારતને મળ્યા.

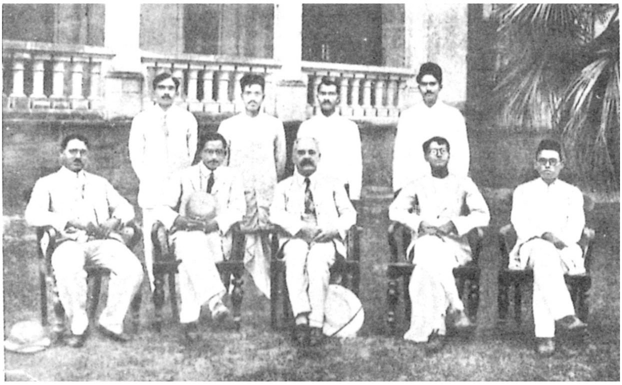
ઉચ્ચ અભ્યાસક્ષેત્રે સંશોધનનો માર્ગ પસંદ કરવા માટે સહાને બીજું પણ કારણ હતું. તેમનો નાનો ભાઈ જે તેમને ત્યાં રહીને અભ્યાસ કરતો હતો. તેના આર્થિક જીવનનિર્વાહનો પણ સવાલ હતો. આર્થિક જોગવાઈ કરવા માટે તેઓ કૉલકાતામાં રહી બે ટ્યૂશનો કરતા હતા, કેટલીક વખત ત્રણ પણ. અને તેથી કૉલકાતાના એક ખૂણેથી બીજા ખૂણે સાઇકલ ઉપર દોડાદોડી કરવાની જરૂર પડતી. આવી હતી તેમની અભ્યાસ અને સંશોધન માટેની સંઘર્ષમય જિંદગી.

સહાનું લગ્ન 1918માં રાધારાની રૉય સાથે થયું હતું. તેમને ત્રણ દીકરા અને ચાર દીકરીઓ હતી. બધાં જ સંતાનોની શૈક્ષણિક અને વ્યાવસાયિક કારકિર્દી પિતા જેટલી જ ઉજ્જ્વળ અને સંસ્કારમય રહી છે. એક પળની પણ નવરાશ ન મળવા છતાં સહા પોતાનાં સંતાનો માટે ગમે તે રીતે સમય કાઢતા અને દિવસમાં થોડોક સમય સંતાનોને ફાળવી ઘણું બધું સંસ્કારધન આપતા. સહાના દીવા તળે અંધારું ન હતું, તે એક નોંધપાત્ર ઘટના છે.

કલકત્તા યુનિવર્સિટીના તે સમયે ઉપકુલપતિ (વાઇસ ચાન્સેલર) ડૉ. આશુતોષ મુખરજી હતા. સાથે સાથે તેઓ ઉચ્ચ અદાલત (હાઈકોર્ટ)ના ન્યાયાધીશ પણ હતા. શિક્ષણશાસ્ત્રી તરીકે ડૉ. મુખરજીએ વિજ્ઞાનના અનુસ્નાતક અભ્યાસ અને સંશોધન માટે યુનિવર્સિટી કૉલેજની શરૂઆત કરી હતી. તે માટે તારકનાથ પાલિત અને રાસબિહારી ઘોષની ઉદાર સખાવતો મળી. આથી યુનિવર્સિટીમાં પાલિત અને ઘોષ 'ચૅર (પીઠ)ની યોજના અમલમાં મૂકી. ડૉ. આશુતોષ મુખરજીએ સહા અને સત્યેન્દ્રનાથ બોઝને ગણિતશાસ્ત્ર વિભાગમાં વ્યાખ્યાતા તરીકે નિમણૂક આપી અને ડૉ. ગણેશ પ્રસાદને પ્રાધ્યાપક તરીકે. 1917માં સહા અને બોઝને ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગમાં બદલી આપી. એકાદ વર્ષ પછી સી. વી. રામન ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગમાં પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે જોડાયા. આ રીતે કલકત્તા યુનિવર્સિટીને વિજ્ઞાન અને ગણિતશાસ્ત્રને ધમધમતું વિજ્ઞાન-કેન્દ્ર બનાવ્યું.

સહાના શરૂઆતના અનુસ્નાતક વર્ગોનાં વ્યાખ્યાન વિવિધ પ્રકારનાં રહ્યાં, જેમ

કે હાઇડ્રોસ્ટેટિક, પૃથ્વીનાં બાહ્ય અને આંતરિક લક્ષણો તેમજ ઘાટ, વર્ણપટવિજ્ઞાન અને થર્મોડાયનેમિક્સ. આ સાથે તેઓ ઉષ્મા-પ્રયોગશાળાની જવાબદારી અદા કરતા હતા. આમાંના ઘણા વિષયો તેમને માટે નવા અને પ્રથમ વારના હતા. તેઓ પૂર્વસ્નાતક વર્ગોમાં માત્ર ભૌતિકવિજ્ઞાન ભણાવતા હતા. આ બધાંનું પરિણામ એ આવ્યું કે તેઓ ભય અને સંકોચ દૂર કરવામાં સફળ થયા. સાથે સાથે તેમનો આત્મવિશ્વાસ મજબૂત બન્યો અને તેને કારણે વર્ણપટવિજ્ઞાન અને ઉષ્માગતિવિજ્ઞાન જેવા વિષયો રસ અને આતુરતાથી તૈયાર કર્યા. થોડાક સમય પહેલાં મીસ અગ્નેસ કલાર્કનાં બે પુસ્તકો - સૂર્ય અને તારાઓ - વાંચ્યાં હતાં. આ પુસ્તકો વાંચવાથી તેઓ મંત્રમુગ્ધ થઈ ગયા હતા. તેનાથી ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનને લગતી કેટલીક સમસ્યાઓનો વિચાર આવ્યો. તદુપરાંત તેમણે પ્લાન્કનું પુસ્તક થર્મોડાયનેમિક્સ અને Das Never warmesatz વાંચ્યાં તે સાથે તેઓ નર્ન્સ્ટનું બોહરના સંશોધન-લેખો અને પરમાણુ ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંત ઉપર સોમરફીલ્ડના લેખોથી માહિતગાર બન્યા હતા. આ બધાંને કારણે તેમના ઐતિહાસિક કાર્ય-તત્વોના ઉષ્મીય આયનીકરણ લેખ માટેનો માર્ગ મોકળો થયો.



1929 - અલ્લાહાબાદ - આર્નોલ્ડ સોમરફીલ્ડ સાથે બેઠેલા (ડાબી બાજુથી) - બી. એન. પ્રસાદ, સહા, આ. સોમરફીલ્ડ, કે. એમ. બસુ., પી. કે. કિચલુ ઊભેલા (ડાબી બાજુથી) - કે. મજુમદાર, જી. આર. તોસ્નીવાલ, --- ડી. એસ. જાગ

સૂર્યના ગુરુત્વાકર્ષણબળને કારણે પ્રકાશનું કિરણ તે બળ-ક્ષેત્રમાંથી પસાર થતાં વળાંક લે છે. તેને લગતી મહત્વની અને ગંભીર શોધ પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધના આરંભે થઈ. આ શોધને કારણે આઇન્સ્ટાઇનના સાપેક્ષવાદની ચકાસણી થઈ શકી. સહાને તેમાં ખૂબ જ રસ પડ્યો. આ સંદર્ભે સત્યેન્દ્રનાથ બોઝને સાથે રાખી આઇન્સ્ટાઇનના સંશોધન-લેખનો જર્મન ભાષામાંથી અંગ્રેજીમાં અનુવાદ કર્યો, જેને કલકત્તા યુનિવર્સિટીએ પુસ્તિકા રૂપે પ્રગટ કર્યો. સાપેક્ષવાદના અભ્યાસથી સહા વિદ્યુતચુંબકીય સિદ્ધાંતની શોધ તરફ આકર્ષાયા અને તેમનો પ્રથમ મૌલિક લેખ

On Maxwell Stresses, Philosophical Magazineમાં 1917માં પ્રગટ થયો. તે પછી સહા ઇલેક્ટ્રૉનના ગતિવિજ્ઞાન (dynamics) તરફ વળ્યા. તેમણે સાપેક્ષવાદના સિદ્ધાંતને આધારે બિંદુવત્-વિદ્યુતભારને લીધે પેદા થતા લેનાર્ડ-વીશર્ટ વીજવિભવનું સૂત્ર સાધિત કર્યું. આ સમયે તેમણે વિકિરણ-દબાણ ઉપર પણ કાર્ય કર્યું અને તેના ઉપર અનુનાદ-પદ્ધતિથી તૈયાર કરેલ લેખ બંગાળની રૉયલ એશિયાટિક સોસાયટીના જર્નલમાં 1918માં પ્રગટ કરવામાં આવ્યો. સહાને પ્રાયોગિક કાર્યમાં રસ ન હતો તેથી તેમાં તેમને હથોટી પણ ન હતી. તે છતાં પ્રાયોગિક કાર્ય કરવા માટે તેઓ પોતાની પ્રયોગશાળામાં ભારે પ્રોત્સાહન આપતા હતા અને સંશોધન માટે ફળદાયી કૂટપ્રશ્નોનું સૂચન કરતા હતા. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં કોઈ પણ પ્રગતિશીલ વિભાગમાં પ્રાયોગિક અને સૈદ્ધાંતિક સંશોધન થાય તે માટે તેઓ પ્રેરણા આપતા. તે સાથે તેઓ સારા શિક્ષણ ઉપર ખૂબ ભાર મૂકતા હતા. તેમના વિદ્યુતચુંબકીય સિદ્ધાંત અને વિકિરણ દબાણના સંશોધન માટે કલકત્તા યુનિવર્સિટીએ 1918માં તેમને D.Sc. ની ઉપાધિ આપી, તે માટેના નિર્ણાયકો ઓ.ડબલ્યૂ રિચાર્ડસન, એન. આર. કેમ્પબેલ અને પોર્ટર હતા.

રસાયણવિજ્ઞાનની ભાષામાં 'Equation of reaction-isobar for ionization' તરીકે ઓળખાવ્યું. કેલ્શિયમના આયનીકરણની બાબતે ચર્ચા કરતાં તેમણે લખ્યું છે કે કેલ્શિયમ પરમાણુનું આયનીકરણ નીચે મુજબ થાય છે :

$$Ca \rightleftarrows Ca_+ + e - u$$

જ્યાં Ca, વાયુરૂપ કેલ્શિયમનો સામાન્ય વીજતટસ્થ પરમાણુ છે, $Ca_+$ ઇલેક્ટ્રૉને ગુમાવતાં મળતો કેલ્શિયમનો ધન-આયન છે, u પ્રક્રિયા દરમિયાન મુક્ત થતી ઊર્જા છે. 1 ગ્રામ પરમાણુ ધ્યાનમાં લેતાં 'Reaction – esobar' K ની ગણતરી માટે P કુલ દબાણ છે, તેમાં આયનિત કેલ્શિયમ પરમાણુ x હોય તો,

$$\log K = \log \frac{x^2}{1-x^2} P = \frac{u}{4.571T} + 2.5 \log T - 6.5$$ થાય છે.

આ છે Reaction Isobar સમીકરણ જેનો આયનિત પરમાણુની ઇલેક્ટ્રૉન-આકર્ષણ(affinity)ની ગણતરી માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. 6.5 રાસાયણિક અચળાંક છે. સહાના સંશોધન-કાર્યથી ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનને જે બળ મળ્યું છે તે ઉચિત છે. તે પછીનું આ ક્ષેત્રે થયેલું બધું જ સંશોધન-કાર્ય તેમના કાર્યથી પ્રભાવી બન્યું છે. તે પછીનું બધું જ સંશોધન-કાર્ય સહાના વિચારોની લાક્ષણિક સંસ્કારિતા છે. અનુસ્નાતકના વિદ્યાર્થીઓને ભણાવતાં સંશોધનના આ બધા મુદ્દા ઊભા થયા અને કાર્ય થયું. તેમના (સહાના) પુત્ર ડૉ. એ. કે. સહાએ 18 ડિસેમ્બર, 1946ના રોજ ઓક્સફર્ડની યુનિવર્સિટી વેધશાળાના પ્રો. એચ. એચ.

પ્લાસકેટને લખેલા પત્રમાંથી આ માહિતી મળે છે.

તેમના મહત્વના સંશોધનના ચાર લેખોમાં 'On the Harward Classification of Steller Spectra' તેમાંનો એક હતો. પ્રકાશન માટે 'Philosophycal Magazine'માં મોકલ્યા પછી સહા લંડન ગયા. ત્યાં તે લેખ તેમણે પાછો મેળવી લીધો. પ્રો. એ. ફાઉલરની વર્ણપટવિજ્ઞાન-પ્રયોગશાળામાં ઇમ્પીરિયલ સાયન્સ કૉલેજ અને ટેકનૉલૉજી(લંડન)માં રહીને તે લેખ સુધારી-વધારીને પછી પ્રકાશન માટે આપ્યો. સહાને પ્રો. ફાઉલર પ્રત્યે માન હતું. પ્રો.એમ. ડિન્ગલને એવું લાગ્યું હતું કે મૅક્સવેલ અને ફેરેડેના જેવા સહૃદયી સંબંધો હતા, તેવા સંબંધો ફાઉલર અને સહા વચ્ચે હતા. સહા તેના લેખ 'On ionization in solar chromosphere' માટે એગ્માર્ટનો લાગણીસભર આભાર માને છે. 1921માં સહા યુરોપથી પાછા આવ્યા અને કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન થકી ખેરા પ્રાધ્યાપક તરીકે જોડાયા. આ પદ(પીઠ) કુમારગુરુપ્રસાદ સિંઘ ખેરાના દાનથી ઊભું કરવામાં આવ્યું હતું. 1923માં સહા કલકત્તા યુનિવર્સિટી છોડીને અલ્લાહાબાદ યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના અધ્યક્ષ તરીકે જોડાયા. આ સ્થાન તેમણે 15 વર્ષ માટે સુંદર રીતે નિભાવ્યું અને શોભાવ્યું. અહીં તેમણે ઘણોખરો સમય પૂર્વ અને અનુસ્નાતકના વિદ્યાર્થીઓને ભણાવવામાં ગાળ્યો. તેઓ પૂરી તૈયારી સાથે કાળજીપૂર્વક પદ્ધતિસર ભણાવતા હતા. બ્લૅક-બૉર્ડ ઉપર તેમનું લખાણ અત્યંત સુઘડ અને ધ્યાનાકર્ષક રહેતું. ભણાવતી વખતે નિર્દેશન પ્રયોગો કરવાનો તેમને ભારે શોખ હતો, જે વિભાવના સ્પષ્ટ કરવા બહુ જ મદદરૂપ થતો હતો.

નવમી સદીની સંસ્કૃત કૃતિ રસેન્દ્ર-ચિંતામણિના નીચેના ફકરાનો અવારનવાર ઉલ્લેખ કરતા હતા : 'મેં મહાન વિદ્વાનોના મુખેથી ઘણું સાંભળ્યું છે. પવિત્ર ધાર્મિક પુસ્તકોમાં સ્થાપિત થયેલ ઘણાં સૂત્રો જોયાં છે, પણ જે મેં તૈયાર ન કર્યું હોય તેવા કશાયનો ઉલ્લેખ કરતો નથી.' તે જ રીતે સહા જે વૈજ્ઞાનિક સૂત્ર કે સિદ્ધાંત સ્થાપિત ન કર્યો હોય તેનો ઉલ્લેખ ભાગ્યે જ કરતા એટલે કે જે ભણાવવામાં આવે છે તેને પ્રાયોગિક રીતે બતાવે તે જ સાચો શિક્ષક ગણાય. લાયકાત ધરાવનાર વિદ્યાર્થીઓ તો તે જ છે જે પોતાના શિક્ષક પાસેથી શીખીને અમલમાં મૂકે છે, અને જરૂર જણાય તો સુધારો પણ કરે છે, બાકીના બીજા બધા મંચ ઉપર અભિનય કરતા નટ જેવા ગણાય.

1926માં ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસના અધિવેશનમાં તેમણે ભૌતિકવિજ્ઞાન અને મૅથેમૅટિક્સના વિભાગોનું અધ્યક્ષપદ શોભાવ્યું. અલ્લાહાબાદ રહ્યા તે દરમિયાન તે યુનિવર્સિટીના ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગને દેશનું મહત્વનું સંશોધન-કેન્દ્ર બનાવ્યું, ખાસ તો વર્ણપટવિજ્ઞાનમાં, 1927માં ઇટાલિયન સરકાર તરફથી નિમંત્રણ મળતાં વૉલ્ટા-શતાબ્દીની ઉજવણીમાં હાજરી આપી. ત્યાં તેમણે 'On

the explanation of Compound spectra of elements' ઉપર સંશોધન-લેખ રજૂ કર્યો. 1936માં બ્રિટિશ સામ્રાજ્યના કાર્નેગી ટ્રસ્ટના દરિયાપારના ફેલો તરીકે ચૂંટાયા. તે પછી તેમણે જર્મની, ઇંગ્લૅન્ડ અને યુ.એસ.ની મુલાકાત લીધી. હાર્વર્ડ યુનિવર્સિટીમાં એચ. શેપ્લે સાથે બે મહિના સંશોધન કર્યું. સહા પ્રાચીન ઇતિહાસ અને પ્રાગૈતિહાસિક કલા(સ્થાપત્ય)માં ઊંડો રસ ધરાવતા હતા, તેથી તેનો અભ્યાસ પણ કર્યો. યુરોપથી પાછા ફરતાં સર લિયોનાર્ડ વુલ્લીએ ખનન કરીને શોધેલા ચેલ્ડીઝના ખંડિયેરની મુલાકાત લીધી.

આ અરસામાં 50 કિલોમીટર(ઓઝોન સ્તરની ઠીક ઠીક ઉપર)ની ઊંચાઈએ સૌર વર્ણપટના ફોટોગ્રાફ લેવા માટે સહા ભારે ઉત્સુક હતા. આવા ફોટોગ્રાફથી ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનને ઘણો ફાયદો થાય તેમ હતો. અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણની વાતાવરણના ઉપલા સ્તર ઉપર થતી અસરને લગતો લેખ રૉયલ સોસાયટીના પ્રોસિડિંગમાં(1973) પ્રગટ થયો. 1938માં નૅશનલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ સાયન્સીઝ ઑફ ઇન્ડિયાના લાહોર-અધિવેશનમાં અધ્યક્ષપદેથી કરેલા સંબોધનમાં જણાવ્યું હતું કે સૂર્યમાંથી નીકળતું અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણ 6500 K તાપમાન ધરાવતા કાળા પદાર્થના વિકિરણ કરતાં વધુ વધારે પ્રબળ (તીવ્ર) માલૂમ પડ્યું. તેના કારણ રૂપે તેમણે જણાવ્યું કે સૂર્યના ઝાંખા વિકિરણની સળંગ પશ્ચભૂમિ ઉપર H, He, $He^+$, $Fe^+$ અને અન્ય તત્વોની ઉત્સર્જન રેખાઓ સંપાત થતાં મળે છે તથા સૌર વર્ણપટના વધુ ગરમ ફોટોસ્ફિયર વિભાગમાંથી નીકળતા અલ્ટ્રાવાયોલેટ કિરણોને લીધે હોય તેવું પ્રો. એચ. એન. રસેલનું સૂચન છે. 1937ના ડિસેમ્બરમાં ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસ ઍસોસિયેશનની જ્યૂબિલી બેઠકમાં સર આર્થર એડિન્ગટને ભારતની મુલાકાત લીધી. સહાના આમંત્રણથી તેમણે અલ્લાહાબાદની મુલાકાત લીધી અને મ્યુનિસિપાલિટીમાં તેમણે નાગરિક પ્રવચન આપ્યું હતું. 1938માં સહાને કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનના પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે નિમણૂક મળી. આ સ્થાને તેઓ 15 વર્ષ રહ્યા. 60 વર્ષની વયે નિવૃત્ત થયા ત્યાં સુધી કૉલકાતામાં સહા સંશોધન પાછળ સમય આપી શક્યા નહીં, કારણ કે વહીવટમાં ઘણો સમય આપવો પડતો હતો. ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સના નિર્માણ કાર્યમાં અને ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફૉર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ(IACS)ના પુનર્ગઠનમાં વધુ સમય આપતા હતા. ઉપરાંત 1947માં અખંડ ભારતનું, ભારત-પાકિસ્તાનમાં વિભાજન (ભાગલા) થતાં, તેમનો ઘણો સમય અને શક્તિ નિરાશ્રિતોની સમસ્યાઓ હલ કરવામાં પસાર કરતા હતા. પૂર્વ બંગાળના (પાકના) નિરાશ્રિતોની આર્થિક અને માનવીય સમસ્યાઓ ઘણી વિકટ હતી. જે વિશેષ ધ્યાન માગી લે તેમ હતી. તેઓ પોતે પૂર્વ બંગાળના હતા તેથી સમસ્યાઓ હલ કરવામાં તેમના મિજાજ અને તીવ્ર સંવેદનાને રોકી શકતા ન હતા. આથી વિજ્ઞાનથી આગળ વધી વતન-ભાવને

પ્રાધાન્ય આપવાનું સહજ લાગેલું.

કૉલકાતા ખાતે તેમના મુખ્ય સંશોધનમાં નીચેની વિગતોનો સમાવેશ થાય છે. પારમાણ્વિક ન્યૂક્લિયસનું વર્ગીકરણ; બીટા-સક્રિયતા (β - activity) , આયનોસ્ફિયરમાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું પ્રસારણ; સૌર કિરીટ-(Corona)ની સમસ્યાઓ, વગેરે. કિરીટની બાબતે મુખ્ય મુશ્કેલી એ છે કે તેમાં ઉચ્ચ માત્રાનું આયનીકરણ કેવી રીતે થાય છે - જેમાં લોહ-પરમાણુમાં 9થી 13 ઇલેક્ટ્રૉન્સ ગુમાવાય છે. આ ઘટનાની યંત્રવિધિ અને ઉદગમ જાણવાં મુશ્કેલ છે. કિરીટના અંતર્ભાગમાં નિકલ માટે પણ આ જ સમસ્યા છે. ઉપરાંત કિરીટને તેજસ્વી વર્ણપટીયમાં રેખાઓનું ઉદગમ નોંધપાત્ર છે. સહાના માર્ગદર્શન હેઠળ સંશોધન કરતા ડી. કુન્ડુએ બતાવ્યું કે કેટલીક રેખાઓ ઉચ્ચ રીતે આયનીકૃત થયેલ છે. સહાએ બતાવ્યું કે કેટલીક ઉચ્ચ આયનીકૃત રેખાઓ કોબાલ્ટ પરમાણુને લીધે હોઈ શકે છે. તીવ્ર આયનીકરણ અને બાહ્ય કોરોનાના પ્રેરિત વિકિરણમાં ફ્રોનહોફર રેખાઓનું વધુ પડતું વિસ્તૃતીકરણ અને તીવ્ર કિરીટીય મીટર ક્રમની તરંગલંબાઈના રેડિયોતરંગો ઉત્સર્જન વગેરે 10 લાખ ડિગ્રી તાપમાનનો નિર્દેશ કરે છે. જે આંતરતારાકીય (inter steller) વિસ્તારમાં જોવા મળે છે. જે હજુ પણ એક કોયડો છે. આટલા ઊંચા તાપમાનની કલ્પના સહા માટે મુશ્કેલ હતી. તેમણે માન્યું કે આટલા ઊંચા તાપમાન માટે કદાચ ન્યૂક્લિયર વિખંડન (fission) જવાબદાર હોઈ શકે. સૂર્ય તથા બીજા તારાકીય પદાર્થોમાંથી ઉત્સર્જિત થતા રેડિયોતરંગો પ્રત્યે પણ તેમનું ધ્યાન ગયું હતું. વર્ણપટ ઉપર ચુંબકીય-ક્ષેત્રની ભૂમિકા અને હાઇડ્રોજન-પરમાણુની ધરાવસ્થામાં (ground state) સ્તરોનું વિપાટન(splitting) ની પણ તેમણે વિગતે ચર્ચા કરી છે. આટલો બધો અભ્યાસ અને સંશોધન કરવા છતાં દુર્ભાગ્યે રેડિયો-વર્ણપટમાં 21 સેમી. H રેખાની શક્યતાનો ખ્યાલ કરવામાં નિષ્ફળતા મળી હતી. તે સાથે પ્રોફે. બી. ડી. નાગચૌધુરીના સહયોગથી ભારતના કેટલાક ખડકોની ભૂવૈજ્ઞાનિક (geological) વયનું નિર્ધારણ કર્યું હતું.

ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનના વધતા જતા મહત્વનો અને તેનો રાષ્ટ્રના વૈજ્ઞાનિક અને ઔદ્યોગિકીય પ્રગતિ ઉપર પડનાર પ્રભાવનો તેમને વહેલાસર ખ્યાલ આવી ગયો હતો. તેથી રાષ્ટ્રના વિકાસ માટે ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં અનુસ્નાતક વિદ્યાર્થીઓને તૈયાર કરવા સંશોધન અને અભ્યાસ માટે આવી સંસ્થાની તાતી જરૂરિયાત જણાઈ. તેમણે અથાક્ અને સમર્પિત પ્રયાસોથી કૉલકાતામાં ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાની સંસ્થા 1948માં સ્થાપી અને તે 1950માં વિધિસર કાર્યરત બની. આ સંસ્થા કલકત્તા યુનિવર્સિટી સાથે સંલગ્ન છે. તેમાં અનુસ્નાતક અભ્યાસ અને સંશોધન ચાલે છે. અહીં સંશોધનમાં બીટા-કિરણ-વર્ણપટવિજ્ઞાન, ન્યૂક્લિયર અનુનાદ (resonance), તબીબી ક્ષેત્રે ન્યૂક્લિયર સમસ્થાનિકોના ઉપયોગો વગેરેનો

સમાવેશ થાય છે. આ સંસ્થામાં સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકવિજ્ઞાનનું સંશોધન જૂથ અલગ જ, જૈવભૌતિકવિજ્ઞાન (Biophysics) વિભાગ, ઉપકરણન (instrumentation) વિભાગનો સમાવેશ થાય છે. તેમાં 38-ઇંચ સાઇક્લોટ્રોન છે, જેના ઘણાખરા મહત્વના ભાગો બર્કલે લૉરેન્સ પ્રયોગશાળામાંથી મેળવાયા હતા. મેઘનાદ સહા આ સંસ્થાના પ્રથમ માનાર્હ નિર્દેશક તરીકે નિમાયા હતા. તેમના અવસાન બાદ આ સંસ્થાનું યોગ્ય અને ઉચિત રીતે નામ સહા ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑવ્ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સ આપવામાં આવ્યું છે. આ રીતે અત્યારના પરમાણુ-ઊર્જાના કાર્યક્રમનાં મૂળ સહા અને આ સંસ્થા સુધી જાય છે.

ન્યૂક્લિયર ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ફિઝિક્સના નિર્માણ થકી સહાને ઘણો સમય અને શક્તિ આપવાં પડ્યાં હતાં. ઉપરાંત 1876માં ડૉ. મહેન્દ્રલાલ સરકાર વડે સ્થપાયેલી સંસ્થા-ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફૉર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ (IACS) ને વ્યવસ્થિત સ્વરૂપ આપવા તથા વિસ્તરણમાં તેમણે અધ્યક્ષપણે સખત કામ કર્યું. આ સંસ્થા જે ભારતમાં પ્રથમ અને જૂનામાં જૂની હતી તેને રામને સારી રીતે પુષ્ટ કરી હતી અને તેમાં વસાવેલાં સાધનો વડે રામનને તેમના સંશોધન-‘રામન ઘટના - માટે નોબેલ પુરસ્કાર મળેલો. સહાએ કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે સક્રિય ભૂમિકા અદા કરી. 1944માં સહાએ આ સંસ્થાના મંત્રી અને 1946માં અધ્યક્ષ તરીકે ફરજો અદા કરી. IACSનું અત્યારનું અદ્યતન સ્વરૂપ સહાની પહેલ, સાધનસામગ્રીથી સજ્જતા અને સમર્પિતપણાને આભારી છે. હવે સંસ્થા જાદવપુર (કૉલકાતા) ખાતે તેના નવા મકાનમાં કાર્યરત છે.

1952માં IACSમાં પ્રયોગશાળાઓ માટે પૂર્ણસમયના નિયામકનો હોદ્દો ઊભો કરવામાં આવ્યો. તે પછી તો અત્યંત સ્વાભાવિકપણે તે માટેની પસંદગી સહા ઉપર ઊતરી. કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં પાલિત પ્રાધ્યાપક તરીકે 15 વર્ષ સેવાઓ આપ્યા બાદ નિવૃત્ત થઈને તેમણે આ નિયામકપદ 1953માં સ્વીકાર્યું. તેઓ IACS ના માનાર્હ નિયામક વરાયા ઉપરાંત ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સના નિયામકપદે મરણપર્યંત ચાલુ રહ્યા.

1934માં મુંબઈ ખાતે ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસ ઍસોસિયેશનના વાર્ષિક અધિવેશનમાં સહાએ જનરલ પ્રેસિડેન્ટ તરીકેની જવાબદારી નિભાવી. તેમના પ્રવચનના પૂર્વ-ભાગમાં તે સમયે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં પ્રવર્તતી સમસ્યાઓની ચર્ચા કરી. પ્રવચનના ઉત્તર-ભાગમાં સમગ્ર ભારતમાં એકૅડેમી ઑફ સાયન્સીઝની જરૂરિયાત અને રચના ઉપર જોરદાર રજૂઆત કરી. તે સાથે સાથે વણઉકેલી તત્કાલીન રાષ્ટ્રીય સમસ્યાઓ પ્રત્યે સૌનું ધ્યાન દોર્યું, જેમ કે ભારતની કેટલીક નદીઓમાં અવારનવાર આવતી પૂર-હોનારતોની લંબાણે ચર્ચા કરી. પૂર-નિયંત્રણ અને નદીઓનાં પાણીના ઉત્પાદકીય ઉપયોગ માટે River Research Laborato-

ry પ્રત્યે ભારપૂર્વક આગ્રહ કર્યો. નદીઓના સંદર્ભે સમસ્યાઓ અને તેના ઉકેલ માટે નિર્દેશન કરનાર પ્રથમ ભારતીય હતા. બંગાળની દામોદર-વેલીના પૂરગ્રસ્ત વિસ્તારનો તેમને પ્રત્યક્ષ અનુભવ હતો. તેમણે તેનો મૂળપ્લાન તૈયાર કર્યો. આ રીતે સહા દામોદર-વેલી પ્રકલ્પના શિલ્પી હતા. પૂર-રાહત કાર્યોમાં તેમણે જાતે સક્રિય કાર્ય કરીને નુકસાનનો તાગ અને અનુભૂતિ મેળવ્યાં હતાં. સાયન્સ અને કલ્ચર સામયિકમાં પ્રગટ થયેલા તેમના અનુભવ-સિદ્ધ સંશોધન-લેખો દ્વારા પૂરનિયંત્રણ; નદીઓના જળનો સદ્દુપયોગ કરવા માટે પ્રજામાં અપૂર્વ જાગૃતિ આણી હતી. 1934માં બંગાળની સરકારે દામોદર-પૂર-તપાસ સમિતિની રચના કરી. સહા આ સમિતિના સક્રિય સભ્ય હતા. આ સમિતિ દ્વારા રાષ્ટ્રોપયોગી કાર્ય કરવા બદલ તેમની ચારેબાજુ સરાહના થઈ હતી. દામોદર-વેલી યોજના યુ.એસ.ની ટેનેસીવેલી યોજનાનું પરિરૂપ ગણાય છે. તેથી આ યોજના ભાખરા-નાંગલ યોજના અને અન્ય યોજનાઓની પુરોગામી ગણાય છે તે સાથે હરિનઘાટ(કૉલકાતા)માં સ્થપાયેલ River Research Institute સહાની પહેલ અને પ્રયાસોને આભારી છે.

વીસમી સદીની ત્રીસીમાં અલ્લાહાબાદ ખાતે નૅશનલ એકેડેમી ઑફ સાયન્સીઝ, બૅંગાલુરુ ખાતે ઇન્ડિયન એકેડેમી ઑફ સાયન્સીઝ અને કૉલકાતા ખાતે નૅશનલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ સાયન્સીઝની સ્થાપના થઈ. અલ્લાહાબાદની એકેડેમી અને કૉલકાતાની નૅશનલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ સાયન્સીઝની રચનામાં સહાની ભૂમિકા ઘણી મહત્વની રહી. બૅંગાલુરુની ઇન્ડિયન એકેડેમી ઑફ સાયન્સીઝમાં રામનની અહમ્ ભૂમિકા રહી હતી. 1932-34 દરમિયાન સહા અલ્લાહાબાદ એકેડેમીના પ્રથમ અધ્યક્ષ રહ્યા હતા. 1937-39 દરમિયાન નૅશનલ એકેડેમીના બીજા અધ્યક્ષ રહ્યા અને બૅંગાલની રૉયલ એશિયાટિક સોસાયટી (હવે એશિયાટિક સોસાયટી)ના 1944-46 દરમિયાન અધ્યક્ષ રહ્યા.

1942માં નિર્મિત કાઉન્સિલ ઑફ સાયન્સીઝ ઍન્ડ ઇન્ડસ્ટ્રિયલ રિસર્ચ-(CSIR) સાથે સહા પ્રારંભથી જ સંકળાયેલા હતા. તેની ગવર્નિંગ સભાના તે સભ્ય હતા. Atmospheric Research Committeeના અધ્યક્ષ તથા CSIRની કેટલીક સંસ્થાઓના અધ્યક્ષ કે સભ્ય તરીકે રહ્યા હતા. કૉલકાતાના સેન્ટ્રલ ગ્લાસ ઍન્ડ સિરેમિક્સ રિસર્ચ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ સાથે ગાઢ રીતે જોડાયેલા હતા. ઘણાં વર્ષો સુધી તેના અધ્યક્ષ અને સલાહકાર સમિતિના સભ્ય હતા. સૌથી મહત્વનું કાર્ય તો તેમણે ઇન્ડિયન કૅલેન્ડર રિફૉર્મ કમિટીના અધ્યક્ષ તરીકે બજાવ્યું છે.

ડૉ. રાધાક્રિષ્નનના અધ્યક્ષપદે 1948માં નિમાયેલ યુનિવર્સિટી શિક્ષણ સમિતિના સહા સભ્ય હતા. 'સાયન્સ અને કલ્ચર' માસિકની શરૂઆત 1934માં સહાએ કરી હતી. સહા તેમાં ઘણા લેખો લખતા હતા. તેમના તંત્રી-લેખોમાંથી તેમની વિદ્વત્તા; ભારતે કેવી વૈજ્ઞાનિક, ઔદ્યોગિક અને આર્થિક સમસ્યાઓનો

સામનો કરવો પડ્યો છે વગેરે વિદિત થાય છે.

ભારતમાં આર્થિક અને સામાજિક આરોગ્ય માટે સહા ઉત્સાહી તેમજ આગ્રહી હતા. ખાસ તો બૃહત્ માપક્રમે વિજ્ઞાન ટેકનૉલૉજી અને ઉદ્યોગો માટે તેમની ફિલસૂફી આ પ્રમાણે હતી : 'આપણા ધાર્મિક વડાઓ, રાજાઓ, પ્રધાનો અને વડવાઓ માનવ-બંધુઓની સેવા અને તેમના પ્રત્યે અનુકંપાનો આગ્રહ ને પ્રચાર કરતા હતા. આવા મહાન લોકો જિંદગીભર પરમાર્થ માટે જીવન વ્યતીત કરતા હતા. પણ તેઓ તેમના પ્રયત્નો અને આશયોમાં સફળ થયા નહીં કારણ કે ચીજવસ્તુઓના વધુ ઉત્પાદનની પદ્ધતિઓ તેમની સમક્ષ ન હતી. આ બાબતે પૂરી ક્ષમતા હોવી એ પરમાર્થની પૂર્વશરત છે. વ્યક્તિગત ધોરણે આ લક્ષ્ય સાધી શકાય પણ મોટા પાયે નહીં. ઐતિહાસિક કારણોસર અર્થવ્યવસ્થામાં ઘણી વિષમતા પ્રવર્તતી હતી, તેના નિવારણ માટે સામાજિક કાનૂનવ્યવસ્થા અનિવાર્ય છે.'

સહા રાષ્ટ્રીય આયોજન સમિતિના સક્રિય સભ્ય હતા. તેઓ પાવર અને ફ્યૂઅલ પેટા-સમિતિના અધ્યક્ષ હતા. ઉપરાંત તેઓ સિંચાઈના પેટા-સમિતિના સક્રિય સભ્ય હતા. 1951માં ભારતની સંસદમાં ઉ.પૂ. કૉલકાતામાંથી સ્વતંત્ર રીતે ચૂંટાયા હતા. શિક્ષણ, ઉદ્યોગ-નીતિ, રિવરવૅલી પ્રકલ્પો અને પરમાણુ ઊર્જા પરત્વેના ઊંડાં જ્ઞાન અને સમજને કારણે સંસદમાં તેઓ અપૂર્વ અને ઉપયોગી સૂચન કરતા હતા. યુરોપ, યુ.એસ. અને યુ.એસ.એસ.આર.ના પ્રવાસો દરમિયાન તેઓએ ઘણું ઉપયોગી જ્ઞાન પ્રાપ્ત કરી, દેશને બેઠો કર્યો. કાર્ય-ભારણને લીધે તેઓ પોતાના સ્વાસ્થ્ય પ્રત્યે પૂરતું લક્ષ (ધ્યાન) આપી શક્યા નહીં. તેમને લોહીનું દબાણ વધારે રહેતું હતું. 16 ફેબ્રુઆરી, 1956ના રોજ તેઓ આયોજન પંચની કચેરીએ (ન્યૂ દિલ્હી) જઈ રહ્યા હતા, ત્યારે કચેરીથી માત્ર 100 મીટરની દૂરીએ હૃદયરોગનો ઘાતક હુમલો થતાં, તેઓને સારવાર માટે હૉસ્પિટલમાં લઈ જવાયા પણ ત્યાં જ તેમનું અવસાન થયું. તેઓ દિવંગત થયા ત્યારે માત્ર 62 વર્ષની વય હતી. વિજ્ઞાનનો ઉત્કર્ષ અને પ્રચાર કરનાર શ્રેષ્ઠ કારકિર્દીનો કરુણાજનક અંત આવ્યો.

ભારતમાં વૈજ્ઞાનિક સંશોધન અને પ્રગતિ સહાના જીવનનાં અવિભાજ્ય ભાગ હતાં. તેમનો દૃષ્ટિકોણ, આશયો અને પ્રબળ વ્યક્તિત્વની અસરો આવનારા સમયમાં ઘણી ઉપકારક નીવડશે. તેમનું વિજ્ઞાન પ્રત્યેનું સમર્પણ, સચ્ચાઈ અને વ્યાવસાયિક ધોરણો લાંબા સમય માટે બળ અને પ્રેરણાનું સ્રોત બની રહેશે. સહા એક દૃષ્ટાંત રૂપે ઉલ્લેખાશે.

પૂર્વ ભારતની નિમ્ન જ્ઞાતિનું પ્રતિનિધિત્વ સહાએ કર્યું છે. તેમની જ્ઞાતિ આર્થિક અને સામાજિક રીતે કચડાયેલી હતી. તે સમયે શિક્ષણની સગવડો ન હતી. કમાણીનાં સાધનો મર્યાદિત હતાં. આથી આ વર્ગ (જ્ઞાતિ) અંગ્રેજોની નજીક ન જઈ શક્યો. પોતાની પછાત જ્ઞાતિના પ્રશ્નો સહાને ખૂબ જ મૂંઝવતા હતા. તેને માટે

તેમણે ઘણું કરવાનું હતું. આ સમસ્યા અંગત રીતે તેમને માટે અતિ સંવેદનશીલ હતી. સહાને કમજોર કરનારા કેટલાક સંજોગો હતા. જે હોય તે પણ સહા વિવિધ ક્ષેત્રે પૂરી તાકાતથી ઝઝૂમ્યા. સહાએ વિજ્ઞાન અને ટૅકનૉલૉજીનું મહત્વ સમજાવ્યું, ત્યારબાદ નહેરુને જરૂરી વાસ્તવિકતાનો ખ્યાલ આવ્યો. સહા ઉચ્ચ આદરને પાત્ર છે, કારણ કે તેમણે માત્ર અડચણો પાર કરી છે. એટલું જ નહીં પણ સ્વબળે (સ્વપ્રયાસે) તેમણે પોતાના દેશમાં જ રહીને આંતરરાષ્ટ્રીય કક્ષાની સિદ્ધિ પ્રાપ્ત કરી છે.

આ રીતે જોતાં નથી લાગતું કે મેઘનાદ સહા વિજ્ઞાનક્ષેત્રે બંધારણવિદ ડૉ. બી. આર. આંબેડકર હોય !

# 4

# સંસ્મરણો

વતનની પ્રાથમિક શાળાનું શિક્ષણ પૂરું કર્યા બાદ સહા ઢાકા મહાશાળા(Collegiate)માં ધોરણ VII માં જોડાયા. આ સમય રાજકીય ગરમાગરમીનો હતો. લૉર્ડ કર્ઝને, અંગ્રેજોની 'ભાગલા પાડો અને રાજ કરોની નીતિ અંશ તરીકે બંગાળના ભાગલા પાડ્યા. પરિણામે પૂર્વ બંગાળમાં તોફાની આંદોલનો ફાટી નીકળ્યાં. ભાગલા પછી બંગાળને આસામ સાથે જોડી દેવામાં આવ્યું. પૂર્વ બંગાળ અને આસામના નવા વિસ્તાર(જેમાં હાલનું બિહાર અને ઓરિસાનો સમાવેશ થતો હતો)ના બંગાળી-ભાષી ભાગને ઉત્પાતી તોફાનોમાં ધકેલી દીધો, જ્યાંથી ક્રાંતિની ચળવળનો ઉદગમ થયો. તે સમયે સ્વદેશીભાવના અતિ ઉત્કટ બની. વિદેશી માલનો બહિષ્કાર કરવામાં આવ્યો ખાસ તો બ્રિટિશ માલનો. બંગાળના ભાગલાના વિરોધમાં સમગ્ર પ્રાંતમાં હડતાળ અને ઉગ્ર આંદોલનનો જુવાળ ફાટી નીકળ્યો. ગાંધીજીની 1942ની ચળવળ જેવો જ માહોલ તૈયાર થયો હતો. યુવાનોનું લોહી ઊકળવા લાગ્યું. યુવાન સહા આ આંદોલનમાં સક્રિયપણે જોડાયા. પરિણામે તેમને શાળા છોડવી પડી. તે સાથે સાથે શિષ્યવૃત્તિ અને બીજી આર્થિક મદદો પણ બંધ થઈ ગઈ. સ્કૂલ-લીવિંગ સર્ટિફિકેટમાં 'ચરિત્રના ખાનામાં 'અસંતોષકારક ની નોંધ મૂકીને મૅનેજમેન્ટે હદ વટાવી દીધી હતી, તેને કારણે તો અન્યત્ર પ્રવેશ મેળવવામાં ભારે મુશ્કેલી પડેલી. સહા જેવા ઉત્તમ વિદ્યાર્થીને ફેંકી દેવાથી ભાવિ પેઢીના વિદ્યાર્થીઓ સત્તાધીશોને નિર્મમ રીતે વખોડી કાઢશે તેની શાળાના શાસકોએ કોઈ તમા રાખી ન હતી. ત્રીસેક વર્ષ બાદ તે જ શાળાના શાસને અને વિદ્યાર્થીઓએ 'દૃષ્ટાંતરૂપ બનેલા સહાને શાળાની મુલાકાતે આવવાનું નિમંત્રણ આપીને તેમનું બહુમાન કરવામાં આવ્યું હતું.

શાળા અને પછીથી કૉલેજમાં સહાને ગણિતશાસ્ત્રમાં ઘણો જ રસ હતો. તે સાથે સાથે તેઓ ઇતિહાસમાં પણ એટલો જ રસ લેવા લાગ્યા. રાજસ્થાનના, રાજપૂત અને મરાઠાઓની શૌર્યકથાઓનું ખૂબ વાંચન કર્યું. દેશ માટે આ લોકોએ

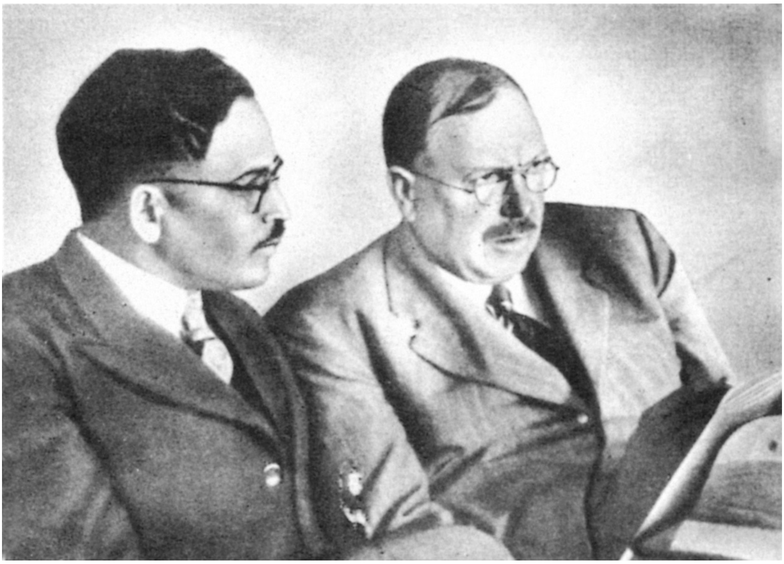
આપેલાં બલિદાનોની કથામાંથી રાષ્ટ્રભાવના ઓર પ્રબળ બની. યુવા-બંગાળીઓમાં ધારદાર અસર પેદા કરી. તેમાંથી ઘણામાં રાષ્ટ્રભાવના ઉદ્દીપ્ત થઈ હતી. પ્રાચીન ભારતના ઇતિહાસમાં સહાના રસ-ક્ષેત્રે કદીયે ઓટ આવી ન હતી. ઇતિહાસનું સાહિત્ય તેમણે વિપુલ માત્રામાં એકત્રિત કર્યું હતું. તાજ્જુબની વાત તો એ છે કે તેમના વિજ્ઞાનના રસ અને અભ્યાસને જરાય આંચ ન આવે એ રીતે ઇતિહાસનું વાંચન થયા કરતું હતું. વિજ્ઞાનની ચેતના સાથે ઇતિહાસમાં ડૂબેલા સહા પ્રાચીન ઇતિહાસના વિવાદાસ્પદ મુદ્દાઓ બાબતે ખ્યાતનામ ઇતિહાસવિદો સાથે ભારે ચર્ચા કરતા હતા. આવો હતો સહાનો ઇતિહાસપ્રેમ.

1916 - ક્રિષ્નનગર - પી. સી. રે. સાથે ખુરશીમાં - રાજકુમાર દાસ (ડાબે) પી. સી. રે. (મધ્ય). ડી. એમ. સેન (જમણે) ઊભેલા : સહા (ડાબે), ઘોષ (જમણે)

1936. At Culcutta, with J C Bose, seated at centre, flanked by M N Saha at left and J C Ghosh at right, and S Datta, S N Bose, D M Bose, N R Sen, J N Mukherjee and N C Nag, standing at the back, in the order, left to right

1936. At Copenhegen, with Pauli, Jordan, Heisenberg, Born, Meitner, Stern, and Franck, in the first row (left to right); Bohr, standing at sxtreme left in the second row, with Saha (No. 9) and Bhabha (No. 12).

1938. At Allahabad, with Eddington at centre, seated and (left to right) V Narlikar, N R Sen, Shah Md. Sulaiman, M N Saha, A C Benerjee, Dr. Tarachand, Bibha Majumdar and R C Majumdar.



1938. At Culcutta, with C G Darwin, at the Silver Jubilee Session of the Indian Science Congress Association

સહા પ્રેસિડેન્સી કૉલેજમાં સર પ્રફુલ્લચંદ્ર રેના ગાઢ સંપર્કમાં આવ્યા હતા. રે ઋષિ જેવું જીવન જીવતા હતા તેથી તેમને સૌ 'આચાર્ય' તરીકે સંબોધન કરતા. તેમનો સહાના જીવન પર અપૂર્વ પ્રભાવ હતો. સહાનું સાદું જીવન અને ઉચ્ચ વિચારોનું મૂળ આવા પ્રભાવી પ્રાધ્યાપકો સુધી પહોંચે છે. તેમની પાસેથી શિસ્ત પણ શીખ્યા. આ કૉલેજમાં રહી તેમણે ગણિતશાસ્ત્ર અને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં રસ-સંવર્ધન કર્યું. આચાર્ય રે જેવા બીજા ગણિતશાસ્ત્રના વરિષ્ઠ પ્રાધ્યાપક ડી. એન. મલિક હતા. તેઓ વિદ્યાર્થી-પ્રેમી હતા. ઉચ્ચ કોટિના વિદ્યાર્થીઓનું કાળજીપૂર્વક જતન કરતા. સહાને તેમનો પણ લાભ મળ્યો. સહાએ તેમના હાથ નીચે બે વર્ષ અનુસ્નાતકનો અભ્યાસ કર્યો. સર જગદીશચંદ્ર બોઝના માર્ગદર્શન હેઠળ એક વર્ષ માટે ભૌતિકવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કર્યો. જગદીશચંદ્ર બોઝ તો પ્રાયોગિક કાર્યના મહાન તજ્જ્ઞ હતા. સહાને ગાણિતિક ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં વિશેષ રસ હતો. તે સમયે સર જેમ્સ જીન્સનું પુસ્તક 'Mathematical Theory of Electricity and Magnetism' તે સમયે પ્રમાણભૂત ગણાતું. પણ સહા તો તેથીય આગળ જવા માગતા હતા. અને તેઓ લોરેન્ટ્ઝના ઇલેક્ટ્રૉન-સિદ્ધાંત, વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદ અને ક્વૉન્ટમ-સિદ્ધાંત સુધી પહોંચી ગયા. સાપેક્ષીકીય ઇલેક્ટ્રૉન-સિદ્ધાંતના તેમના પ્રારંભના લેખો આ સમયે તૈયાર કરવામાં આવ્યા હતા.

બંગાળનો 1915-21નો સમયગાળો શૈક્ષણિક પ્રવૃત્તિઓથી ધમધમી ઊઠ્યો હતો. સદભાગ્યે બંગાળને તે સમયે સર આશુતોષ મુખર્જી મળી ગયા. ખાસ

તો બંગાળ અને સમગ્ર ભારતમાં અનુસ્નાતક શિક્ષણનો પ્રારંભ કર્યો. તેઓ ભૌતિકવિજ્ઞાનના અભ્યાસી અને કલકત્તા યુનિવર્સિટીના વાઇસ-ચાન્સેલર હતા. તે સાથે શૈક્ષણિક પૂર્તિઓ કરવા માટે રાસબિહાર ઘોષ અને તારકનાથ પાલિત જેવા દાનવીરો મળ્યા. તેમની ઉદાર સખાવતોના સહયોગથી વિજ્ઞાનશાખાનો ઉદય થયો. તે સમયે સરકારી કૉલેજમાં બધા જ અધ્યાપકો બ્રિટિશર હતા. ભારતીય અધ્યાપકો, તેજસ્વી હોવા છતાં, સ્થાન ન હતું. આ ધ્યાનાર્હ ઘટનાથી આસુતોષ મુખર્જીએ બમણા જોરથી શૈક્ષણિક કાર્યક્રમો હાથ પર લીધા. વિજ્ઞાન કૉલેજની સ્થાપના કરી. તેજસ્વી ભારતીય પ્રાધ્યાપકોને સ્થાન મળવા લાગ્યું. આશુતોષ મુખર્જીને યુવા પેઢીમાં સંપૂર્ણ વિશ્વાસ હતો, કારણ કે યુવાનો તે સમયે રાષ્ટ્રીય ભાવનાથી રચનાત્મક રીતે રંગાયેલા અને ઉત્સાહી હતા. માણસની પરખ કરી શકવાવાળા મુખરજીએ વાસ્તવમાં તેજસ્વી અને પ્રભાવી પ્રાધ્યાપકો જેવા કે સહા, સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ અને સર સી. વી. રામનને મોભાદાર સ્થાન આપ્યાં.

આ સમયે સહાએ ‘Theory of Ionization’નો સદૈવ સ્મરણીય સિદ્ધાંત આપ્યો. પરિણામે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના અભ્યાસ અને સંશોધનનાં દ્વાર ઊઘડી ગયાં, માત્ર ભારતમાં નહીં પણ સમગ્ર વિશ્વમાં અલ્લાહાબાદને વિજ્ઞાનના શ્રેષ્ઠ કેન્દ્ર તરીકે વિકસાવ્યું અને કૉલકાતામાં સંશોધન માટે વિખ્યાત અને ખમતીધર સંસ્થાઓનું નિર્માણ કર્યું. સંશોધન સ્કૂલ રચી, જેમાં ડી.એસ. કોઠારી (પાછળથી યુજીસીના ચૅરમૅન) અને આર. સી. મજૂમદાર જેવા નામધારી પ્રાધ્યાપકોનો સમાવેશ થાય છે.

સંશોધન સંસ્થાઓનું નિર્માણ અને નિયમન કર્યું. નૅશનલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ સાયન્સ ઑવ્ ઇન્ડિયા એશિયાટિક સોસાયટીના પ્રેસિડેન્ટ બન્યા. ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસના જનરલ પ્રેસિડેન્ટ રહ્યા. સ્વતંત્ર રીતે ચૂંટણી લડીને ભારતની પાર્લમેન્ટમાં સ્થાન મેળવ્યું. પાર્લમેન્ટને કેટલાંક ક્ષેત્રે સચોટ માર્ગદર્શન પૂરું પાડ્યું. રાષ્ટ્રમાં વિજ્ઞાનની પ્રગતિ માટે યાદગાર ફાળો નોંધાવ્યો છે, તે માટે સમગ્ર રાષ્ટ્ર અને વિજ્ઞાનજગત તેમને સદૈવ યાદ કરશે.

કોઈ પણ દેશમાં આપમેળે તૈયાર થતા સ્વંયસિદ્ધ-લોકો જવલ્લે જ મળે છે. ભારતમાં તો આવા લોકો જવલ્લેમાં જવલ્લે જ મળે છે. ભારતના દૂરદરાજ-અંતરિયાળ-ગામમાં ગરીબ માબાપ અને કમાણીનાં નહીંવત્ સાધનોની પરિસ્થિતિમાંથી આવીને ઢાકામાં બિલકુલ અપરિચિત લોકોની વચ્ચે અને મોટા લોકો કે મિત્રો સુધી પહોંચ ન હોય ત્યારે સહાએ એક પછી એક એમ સફળતાનાં શિખરો સર કરતાં સમગ્ર કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં મોખરાનું સ્થાન મેળવ્યું. કૉલકાતા આવ્યા ત્યારે સહા અવ્યવસ્થિત (rough) હીરા જેવા હતા પણ અલ્પ સમયમાં તે પોતે પાસાદાર (પહેલદાર) હીરાની માફક ચળકીને દેદીપ્યમાન થયા. તેમને માટે

કોઈ કામ અઘરું ન હતું. કોઈ પણ કામ ઉમળકાભેર કરતા. કશું જ ખાનગી નહીં. સખતાઈ તો સહાની જ. પોતાના ઉદ્દેશ્યને પહોંચી વળવા માટે કશું જ મુશ્કેલ નહીં. બી.એસસી.ના વર્ગમાં હતા ત્યારે તેઓ એકલા એવા વિદ્યાર્થી હતા જેણે વધારાના વિષય તરીકે જર્મન ભાષા લીધી હતી. જાતે જ બધું તૈયાર કરવાનું કારણ કે તે ભણાવવા માટે કૉલેજમાં કોઈ જોગવાઈ ન હતી. પણ આવનારા દિવસોમાં જર્મન-ભાષા તેમને ખૂબ જ ઉપયોગી નીવડી. શુદ્ધ ભાવના અને ખેવના સાથે કરેલ કાર્ય હંમેશાં બદલો આપે છે, તેની પ્રતીતિ તેમને થઈ. તેમની વિચારસરણી ખૂબ જ બળવાન-અજેય હતી. તેવી અજેયતાને Eigenschaften કહે છે. આથી તેમના નજદીકી મિત્રો તો તેમને Eigenschaftenના તખલ્લુસથી સંબોધતા હતા. તે ઉત્કૃષ્ટ અધ્યાપક હતા. તેમના વિદ્યાર્થીઓ તેમને ખૂબ જ વફાદાર હતા, કારણ કે તે 'man of action' હતા.

# 5

# ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન (Astrophysics)

ખગોળવિજ્ઞાનનાં ઘણાં ક્ષેત્રે લાગુ પડતા ભૌતિકવિજ્ઞાનના સિદ્ધાંતોને ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાની સૌર-પ્રણાલી, તારકો, ગૅલેક્સીઓ અને સમગ્રતયા વિશ્વની ભૌતિક પ્રકૃતિ, ઉદભવ અને ઉત્ક્રાંતિ સુનિશ્ચિત કરવા અભ્યાસ કરે છે તે પ્રકાશીય (optical) ટેલિસ્કોપ વડે અવકાશીય પિંડો(પદાર્થો)નાં અવલોકન કરે છે. ગ્રહો, તારકો, ગૅલેક્સી વગેરે વડે ઉત્સર્જિત થતા કે પરાવર્ત થતા રેડિયો-તરંગોને રેડિયો-ટેલિસ્કોપ વડે જાણી શકાય છે. વિવિધ વૈશ્વિક પદાર્થો ગૅમા (g)-કિરણો અને ક્ષ (x)-કિરણો તથા અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરે છે. આ વિકિરણ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં થઈને પસાર થતાં મોટાભાગનું શોષણ થાય છે. આથી પૃથ્વીના વાતાવરણ ઉપર જઈને તેનો અભ્યાસ કરવો પડે છે. તે વિશિષ્ટ અન્વેષકો, વધુ ઊંચાઈનાં બલૂન, રૉકેટ કે અવકાશયાન (space craft) વડે કરવામાં આવે છે. વૈશ્વિક પદાર્થોની ભૌતિક પ્રકૃતિ તેઓ ઉત્સર્જિત કરતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની તરંગલંબાઈના આધારે જાણી શકાય છે. જેમ કે, તારામાંથી ઉત્સર્જિત થતા પ્રકાશનાં તરંગલંબાઈ, તારાનાં તાપમાન અને ઘનતાની માહિતી આપે છે. વર્ણપટીય-વિશ્લેષણને આધારે તારામાં રહેલાં સંભવિત રાસાયણિક તત્વો જાણી શકાય છે. આવા વિશ્લેષણથી તારામાં રહેલાં તત્વોની વિપુલતા (abudance) પણ જાણી શકાય છે.

ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાની તારા કે ગૅલેક્સીની અવકાશીય ગતિનું માપ પણ અંદાજી શકે છે. પ્રકાશની તરંગલંબાઈમાં થતાં સંસરણ (Shift)ને આધારે તે નક્કી કરી શકાય છે. વૈશ્વિક પદાર્થમાંથી આવતા વાદળી (blue) પ્રકાશનું સંસરણ, વર્ણપટના લાલ વિભાગ તરફ થાય તો તેને અભિરક્ત સંસરણ (Red-shift) કહે છે. અહીં તરંગલંબાઈમાં વધારો થાય છે. દૂરની ગૅલેક્સી અને ક્વાઝાર્સનું મોટી માત્રામાં થતું અભિરક્ત વિસ્થાપન દર્શાવે છે કે તે બધા પદાર્થો ઝડપથી પૃથ્વીથી દૂર થઈ રહ્યા છે. તેને આધારે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનીઓ વિસ્તરતા (expanding)

વિશ્વનો ખ્યાલ ધરાવે છે. આ ખ્યાલને પાછળ લઈ જતાં તે મહાવિસ્ફોટ (big bang) સુધી જાય છે. જેને વિશ્વની ઉત્પત્તિ ગણે છે.

ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન કૉસ્મિક કિરણોના અભ્યાસ અને સંશોધનને સમાવે છે. એવું માનવામાં આવે છે કે કૉસ્મિક કિરણોમાં અતિઉચ્ચ ઊર્જા ધરાવતા કણોનું મૂળ (ઉદગમ) કેટલાક તારકો, પલ્સાર્સ, સુપરનોવા છે. કૉસ્મિક કિરણોનો અભ્યાસ તારકોમાં ચાલતી ન્યૂક્લિયર પ્રક્રિયાઓને સમજવા માટે માર્ગ મોકળો કરી આપે છે. સારાંશ એ છે કે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન તારકોના ભૌતિક બંધારણનો અભ્યાસ છે.

તારાઓના વર્ણપટીય અભ્યાસથી તેમનું રાસાયણિક બંધારણ જાણી શકાય છે, તેનો ઘટસ્ફોટ જ્હૉન હર્ષલે 1823માં કર્યો. આ તો વર્ણપટ-વિજ્ઞાનના આડ-અભ્યાસ પેટે મળે છે. 1867માં રોમની વેટિકન વેધશાળાના ફાધર સેક્કી (Secchi)એ તારાકીય વર્ણપટનું ચાર ભાગોમાં વર્ગીકરણ કર્યું. હાર્વર્ડ વેધશાળાએ વર્ગીકરણને વધુ વિગતવાર બનાવ્યું છે, જે અત્યારે વ્યાપક રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે. એવું જાણવા મળ્યું છે કે વિવિધ પ્રકારના વર્ણપટને સળંગ ક્રમમાં ગોઠવી શકાય છે. જ્યાં એક વર્ણપટ ધીમે ધીમે બીજા વર્ણપટ સાથે ભળે છે. તેનું કારણ એ છે કે વર્ણપટ તારા(કે પદાર્થ)ની સપાટીના તાપમાન ઉપર આધાર રાખે છે અને સમગ્ર-શ્રેણીમાં ઘટતું તાપમાન દર્શાવે છે. વાદળી વિકિરણ ઉત્સર્જિત કરતો તારો પ્રથમ ક્રમે અને અભિરક્ત-રંગના તારાઓ છેલ્લા ક્રમે આવે છે.

વિવિધ પ્રકારના વર્ણપટ જુદાં જુદાં રાસાયણિક તત્વોની લાક્ષણિક રેખાઓ દર્શાવે છે. હિલિયમની રેખાઓ વધુ સંખ્યામાં અને પછી હાઇડ્રોજનની મળે છે અને તે રીતે આગળ. પહેલાં એવું વિચારવામાં આવેલું કે વર્ણપટમાં જે રેખાઓ પ્રબળ હોય છે, તે તત્વનો તારક બનેલો છે. જ્યારે વર્ણપટીય પ્રકાર રેખીય (Linear) ક્રમ દર્શાવવા લાગ્યા, ત્યારે એવું માનવામાં આવ્યું કે તારાઓની ક્રમાનુસાર ઉત્ક્રાંતિ થઈ છે એટલે કે ઉત્ક્રાંતિ વિવિધ તબક્કે થઈ છે. હાઇડ્રોજનના પ્રારંભિક અસ્તિત્વમાંનું ચિત્ર રજૂ કરતાં લાગે છે કે જેમ તારાઓની વય વધતી જાય છે, તેમ તે વધુ ભારે તત્વમાં પરિવર્તન પામે છે. તારાઓની ઉત્ક્રાંતિ, વર્ણ, વય અને સંભવિત તત્વો વિશે આવું આરંભે વિચારાતું હતું. સંભવતઃ એવું એટલા માટે બનતું લાગ્યું કે તે સમયે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનનો પાયો વ્યવસ્થિત બન્યો ન હતો.

સહાએ જ્યારે 1920-21માં તારાકીય વર્ણપટનું વાસ્તવિક ચિત્ર રજૂ કર્યું ત્યારે ઉપરનો ખ્યાલ અશ્ય થયો. જુદા જુદા તાપમાને તારાનાં જુદાં જુદાં રાસાયણિક તત્વોની સંખ્યા જુદી જુદી બનાવે છે. ધારો કે કેટલાંક તત્વો, બધાં નહીં, $10000^{\circ}$ તાપમાને સક્રિયપણે વિકિરણ ઉત્સર્જિત કરે છે. જો તેનું તાપમાન અર્ધું થાય તો સદર તત્વોના પરમાણુ વિકિરણ ઉત્સર્જન નહીં કરે, જ્યારે બીજાં તત્વો વિકિરણ ઉત્સર્જિત કરશે. તારાકીય વર્ણપટના પુરાણા અર્થઘટન પ્રમાણે, જે તારો એકાએક

10000° Cથી 5000° C તાપમાન સુધી ઠંડો પડે છે, તેનું પરિવર્તન હાઇડ્રોજનનું હિલિયમમાં, લોહમાંથી કેલ્શિયમ, કાર્બન વગેરેમાં થાય છે. આધુનિક માન્યતા પ્રમાણે તમામ તારાઓ તત્વોના એક જ મિશ્રણમાંથી બનેલા હોય છે. પણ તે જુદા જુદા વર્ણપટ આપે છે, કારણ કે તેમની સપાટીના સ્તરો જુદા જુદા તાપમાને હોય છે. તે રીતે તાપમાનના નિર્દેશક માટે વર્ણપટ આવશ્યક છે. આ સાથે અવકાશમાં તારાઓની ગતિનો ખ્યાલ આપે છે. તારાની નૈજ (intrinsic) તેજસ્વિતા, તેના દળનો ખ્યાલ આપે છે. ઉપરાંત વાતાવરણના બંધારણનો પણ ખ્યાલ આપે છે.

# 6

# સહા, સ્પેક્ટ્રા અને તાપમાન

એડિંગ્ટનની ગ્રીનીચ-કેમ્બ્રિજ અન્વેષણયાત્રાનાં પરિણામો(નિર્ણયો)ની દૂરગામી અસરોનો ખ્યાલ યુવાન ભૌતિકવિજ્ઞાની સહાને સવેળા આવી ગયો હતો. તેની જાણ રોઇટરના કેબલથી 12 નવેમ્બર, 1919ના રોજ કલકત્તા યુનિવર્સિટીને મળી. તેમાં સમય અને અવકાશ (time and space)ની તુલ્યતાના આઇન્સ્ટાઇનના સિદ્ધાંતની જાહેરાત કરવામાં આવી હતી. તેની ચકાસણી છેલ્લા પૂર્ણ (ખગ્રાસ) સૂર્યગ્રહણનાં પરિણામોથી થઈ શકી. તેને આધારે સહાએ 'Time and Space' ઉપર અભ્યાસપૂર્ણ લેખ લખ્યો. તેમાં સમય અને અવકાશની તુલ્યરૂપતા(equivalence)નું સ્પષ્ટીકરણ કરવામાં આવ્યું હતું. આ લેખ 13 નવેમ્બર, 1919ના રોજ 'The Stateman'માં પ્રગટ થયો હતો. 1938માં એડિંગ્ટન સહાને ત્યાં અલ્લાહાબાદમાં થોડાક દિવસો માટે રોકાયા હતા, આથી તેમની વચ્ચે ગાઢ મિત્રતા કેળવાઈ હતી.

તારાઓમાં મોજૂદ તત્વોને ઓળખવા (જાણવા) માટે જ્યારે વર્ણપટ વિજ્ઞાનનો પ્રથમ વાર ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો ત્યારે આયનિક (enhanced) રેખાઓનો વિભેદ મહતત્વનો બને છે. ચાપ (arc) વર્ણપટની સાપેક્ષ સ્ફુલિંગ (spark) વર્ણપટમાં આયનિક રેખાઓ વધુ પ્રબળ હોય છે. સ્વાભાવિક રીતે આ વર્ણપટનો ઉપયોગ તારાઓની બહારની ભૌતિક અને રાસાયણિક પરિસ્થિતિ ભણી દોરી જાય છે. તેમાંથી એટલું જાણી શકાય કે કેટલાક તારાઓમાં પ્રવર્તતી બહારની પરિસ્થિતિ વિદ્યુતચાપ(electric arc)ને મળતી આવે છે, જ્યારે કેટલાકની સ્ફુલિંગ(Spark)ને મળતી આવે છે.

હવે સ્પષ્ટ થયું છે કે ચાપ-રેખાઓ સામાન્યતઃ બિનઆયનિત પરમાણુને લીધે અને સ્ફુલિંગ રેખાઓ આયનિત પરમાણુઓને લીધે હોય છે. વર્ણપટ સામાન્યતઃ એકધા (Singly) આયનિત હોતા નથી, પણ દ્વિતઃ આયનિત (doubly ionic), ત્રિતઃ આયનિત (trebly) પણ હોય છે. દ્વિતઃ અને ત્રિતઃ આયનિત પરમાણુઓને છૂટા પાડી શકાય છે. જેમ કે, કૅલ્શિયમની H અને K રેખાઓ તટસ્થ Ca ને લીધે

નહીં પણ એકધા આયનિત પરમાણુ Ca+ ને લીધે હોય છે. કેલ્શિયમ દ્વિસંયોજક (divalent) એટલે કે તેને બે શિથિલ (loose) ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. પણ સિલિકોન જેવા ચતુઃસંયોજન (l)તત્વ માટે ફાઉલરે તારાઓમાં દ્વિતઃ અને ત્રિતઃ આયનિત પરમાણુઓ શોધી કાઢ્યા.

જ્યારે સહાએ તારાઓની બાહ્ય આયનીકરણની અવસ્થાને નિર્દેક અવલોકનો અને આયનીકરણના ઉષ્માગતિક (થર્મોર્ડાયનેમિક) સિદ્ધાંતને ભેગા કર્યા ત્યારે સંશોધનનો આબાદ માર્ગ હાથ લાગ્યો. સહાના સિદ્ધાંતથી તારાકીય વર્ણપટની બધી જ વિગતો માત્રાત્મક રીતે તાપમાન અને દબાણ સાથે જોડી શકાઈ. ઐતિહાસિક રીતે આયનીકરણનો ઉષ્માગતિક સિદ્ધાંત પાર્થિવ કસોટીઓને અનુકૂળ ન હતો, તેવું તે સમયે વ્યાપક વલણ હતું. પણ અગર્ટે (Eggert) તારાઓની અંદરની બાજુએ લાગુ પાડ્યો અને સહાએ તારાઓની બાહ્ય બાજુએ લાગુ પાડ્યો, તેને લીધે તે વિશ્વસનીય બન્યો. સિદ્ધાંત તાર્કિક રીતે અનિવાર્ય લાગે છે, પણ જ્યારે તેના સત્યને પ્રાયોગિક પીઠબળ મળે છે ત્યારે તેની અનિવાર્યતા સરળતાથી સમજી શકાય છે.

આયનીકરણ મુખ્યત્વે તાપમાન ઉપર આધાર રાખે છે, અમુક અંશે દબાણ ઉપર પણ ખરું, ખાસ કરીને ઇલેક્ટ્રૉન-દબાણ ઉપર. જે સ્તરમાં વર્ણપટીય શોષણ થાય છે તેના દબાણ ઉપર નિષ્કર્ષો આધાર રાખે છે. સહાએ બતાવ્યું કે વર્ણપટ આયનીકરણ સૈદ્ધાંતિક માત્રાને અનુરૂપ પ્રકાશીય મંડલ (Photospheric) તાપમાન સાથે બદલાય છે. જેમ કે શીત-તારાઓમાં કેલ્શિયમનું આયનીકરણ થતું નથી. પણ થોડાક ઊંચા તાપમાને આયનીકરણ શરૂ થાય છે. જ્યારે આયનિત-પરમાણુઓનું પ્રમાણ માફકસર હોય ત્યારે $C_a^+$ નું વર્ણપટ દેખાય છે. સૂર્યમાં બંને પ્રકારના પરમાણુઓ પુષ્કળ હોય છે અને બંને વર્ણપટ પ્રભાવી હોય છે. વધુ ઊંચા તાપમાને આયનીકરણ પૂરું થાય છે. Ca- વર્ણપટ અદશ્ય થાય છે અને માત્ર Ca+ વર્ણપટ હાજર હોય છે. તેથીય વધુ ઊંચા તાપમાને Ca+ વર્ણપટ અદશ્ય થાય છે, ત્યારે બધા જ પરમાણુઓ Ca++ હોય છે.

વર્ણપટની મુખ્ય અને ગૌણ રેખાઓની વર્તણૂકમાં ઘણો તફાવત છે. મુખ્ય રેખાઓ સાધારણ (normal) અવસ્થામાં રહેલા પરમાણુ કે આયન વડે શોષાય છે જ્યારે ગૌણ રેખાઓ ઉત્તેજિત અવસ્થામાં રહેલા પરમાણુઓ કે આયનો વડે શોષાય છે. ઉત્તેજિત અવસ્થામાં આયનોની વિપુલતા માટેની શરતો ક્રાંતિક (critical) હોય છે. એક બાજુએ, ઉત્તેજિત અંશ તાપમાન સાથે. બોલ્ટ્ઝેમાનના $e^{\frac{-x}{RT}}$ વધે છે, બીજી બાજુએ આયનીકરણ વધતાં ઉત્તેજના વધારે તે માટેના પરમાણુઓની સંખ્યા ઘટે છે. ઇલેક્ટ્રૉન મુક્ત કર્યા વિના પરમાણુ નજરકેદ થાય છે. તાપમાનની વધતી ઉત્તેજનાએ અંતે જાતે જ હાર સ્વીકારવી પડે છે, કારણ કે ઘણા બધા ઇલેક્ટ્રૉન

મુક્ત થયા હોય છે.

જો આપણે તારકોને વધતા તાપમાનના ક્રમમાં ગોઠવીએ તો માલૂમ પડે છે કે ક્રમ ઉપર વર્ણપટીય રેખાઓની તીવ્રતામાં ફેરફાર થતો જાય છે. ગૌણ રેખાઓ માટે વક્ર તાપમાન સાથે વધતો જાય છે, તીક્ષ્ણ રીતે મહત્તમ બની ફરીથી ઘટતો જાય છે. જ્યારે મુખ્ય રેખાઓ માટે મહત્તમ સપાટ રહે છે, સારા એવા તાપમાન માટે તેની તીવ્રતા એટલી જ રહે છે.

ગૌણ રેખાઓના મહત્તમ આગળ ઉત્તેજિત અવસ્થામાં જરૂરી પરમાણુઓની સંખ્યા તત્વના પરમાણુઓની પૂર્ણસંખ્યાના $10^{-3}$ થી $10^{-5}$ ક્રમની જણાઈ છે. મુખ્ય રેખાઓના મહત્તમ આગળ બધા જ પરમાણુઓ શોષણની યોગ્ય સ્થિતિમાં હોય છે, એટલે કે બિનઉત્તેજિત પરમાણુઓ આયનીકરણના યોગ્ય તબક્કામાં હોય છે. આ રીતે મુખ્ય રેખાની ઉત્પત્તિ માટે જરૂરી દ્રવ્ય ગૌણ રેખાની ઉત્પત્તિ માટે જરૂરી દ્રવ્ય કરતાં 10,000 ગણું વધારે હોય છે. મુખ્ય અને ગૌણ રેખાઓની સરખામણીમાં રેખાઓની નિર્માણાવસ્થાની કડી મળી રહે છે. ધારો કે પરમાણુઅવસ્થા 1માંથી અવસ્થા 3માં જતાં મુખ્ય રેખા મળે છે અને ગૌણ રેખા પરમાણુઅવસ્થા 2માંથી અવસ્થા 3માં જતાં મળે છે : મુખ્ય રેખા વધુ ઘેરી (અદીપ્ત) દેખાય છે. કારણ કે અવસ્થા 2 કરતાં અવસ્થા 1માં શોષક દ્રવ્યનો જથ્થો વધારે હોય છે. પણ ગમે તે રેખાનું ઉત્સર્જન અવસ્થા 3માં રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યા ઉપર આધારિત છે. જ્યાં લગી ગૌણ રેખામાં ઊર્જા હોય ત્યાં સુધી અવસ્થા 3 સુધી લઈ જતી રેખા, આ બંનેમાં અભેદપણે ઉત્સર્જિત કરે છે. મુખ્ય રેખા સંપૂર્ણપણે અદીપ્ત ન થાય. ઉત્સર્જનની સહલગ્નતા(linkage)ને લીધે બંને રેખાઓ સમાનતાનું વલણ ધરાવે છે. સહાને પણ પ્રશ્ન થાય છે કે ખરેખર આમ બનતું હશે ? ધારો કે માત્ર આ જ રેખા નહીં પણ બધી મુખ્ય રેખાઓ સમગ્રપણે કાળી (અદીપ્ત) બની જાય છે. ત્યારપછી સામાન્ય પરમાણુઓને ઉત્તેજિત કરવા માટે વિકિરણ નહીં હોય તેથી અવસ્થા 2માં પરમાણુઓ નહીં હોય, સિવાય કે સંઘાતથી પેદા થયેલા કેટલાક. પરિણામે ગૌણ રેખાઓનું નિર્માણ નહીં થાય. આ સમસ્યા અત્યંત જટિલ છે.

તારાકીય વર્ણપટનાં અવલોકનો અને અર્થઘટનો માટે સહાનો સિદ્ધાંત આધુનિક ખ્યાલો કરતાં વધુ પ્રભાવી છે. આ વિષય અત્યંત વિશિષ્ટ છે. જેમાં આકાશીય અને પાર્થિવ વર્ણપટની માહિતી સંયુક્ત રીતે જોડાઈને સામેલ થાય છે. પણ પ્રકાશીય (optical) વર્ણપટમાં શ્રેણીનો સિદ્ધાંત, જે X-કિરણોના વર્ણપટ જેવો છે, તેને ઝીણવટપૂર્વક અને કાળજીથી વિગતે તૈયાર કરવામાં આવ્યો છે.

# 7

# આયનીકરણનું મહત્વ

આયનીકરણ એટલે શું ? સામાન્ય સંજોગોમાં અણુ-પરમાણુ વીજતટસ્થ હોય છે. એટલે આવા અણુ-પરમાણુમાં ધન અને ઋણ વીજભાર સમાન માત્રામાં હોય છે. ધન વીજભાર પ્રોટૉનને કારણે અને ઋણ વીજભાર ઇલેક્ટ્રૉનને કારણે હોય છે. અણુ-પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉન અને પ્રોટૉનની સંખ્યા સરખી હોય ત્યાં સુધી તે વીજતટસ્થ વર્તણૂક કરે છે. પ્રોટૉન ન્યૂક્લિયસમાં ચુસ્ત રીતે જકડાયેલો હોય છે, આથી તેમને નિર્બંધ થવાની શક્યતા શૂન્યવત્ હોય છે. ઇલેક્ટ્રૉન ન્યૂક્લિયસની બહાર વિવિધ કક્ષામાં ભ્રમણ કરતા હોય છે. ન્યૂક્લિયસની નજીકની કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને મુક્ત કરવા ઘણી વધારે ઊર્જાની જરૂર પડે છે. આવા ઇલેક્ટ્રૉનની બંધનઊર્જા ઘણી વધારે હોય છે. ન્યૂક્લિયસથી દૂર જતાં કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને પૂરતી ઊર્જા મળતાં, તે કક્ષા છોડી મુક્ત થાય છે. બાહ્ય કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને સરળતાથી દૂર (મુક્ત) કરી શકાય છે.

ઇલેક્ટ્રૉનને કક્ષામાંથી મુક્ત કરવા માટે જરૂરી ઊર્જા ઉષ્મા, પ્રકાશ, સંઘાત કે અન્ય રીતે મેળવી શકાય છે. કોઈ પણ રીતે બાહ્ય ઊર્જા વડે કક્ષામાંથી ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થતાં, અણુ-પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યામાં એકનો ઘટાડો થાય છે. આથી પ્રોટૉનની સંખ્યા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા કરતાં એક વધારે હોય છે. એટલે આવા અણુ-પરમાણુમાં વિદ્યુતભારનો ચોખ્ખો તફાવત ધન બને છે. અન્યથા બીજી કોઈ રીતે ઇલેક્ટ્રૉન અણુ-પરમાણુમાં પ્રવેશે તો ચોખ્ખો વિદ્યુતભાર ઋણ બને છે. ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થવાથી કે દાખલ થવાથી અણુ-પરમાણુ વીજભારિત બને છે, એટલે કે તે (ધન + કે ઋણ -) આયન બને છે. ટૂંકમાં આયન એટલે વિદ્યુતભારિત અણુ કે પરમાણુ. આયન બનાવવાની પ્રક્રિયાને આયનીકરણ (Ionization) કહે છે.

અણુ-પરમાણુમાંથી ઇલેક્ટ્રૉન મુક્ત કરવા માટે જરૂરી લઘુતમ ઊર્જાને આયનન-સ્થિતિમાન (Ionization Potential) કહે છે. પરમાણુ A ને લઘુતમ ઊર્જા

E મળતાં આયનનની પ્રક્રિયા થાય છે :

A + E (ઊર્જા) g $A^+$(ધન આયન) + $e^{-1}$

કોઈ પણ વિકિરણ ઊર્જા માધ્યમમાં થઈને પસાર થતાં આયનન કે ઉત્તેજનાની પ્રક્રિયા કરે છે, તેને આયનન-વિકિરણ કહે છે.

કોઈ પણ સિદ્ધાંત જેના વડે પરમાણુઓ આયનિત બને છે, તે આધુનિક ખગોળવિજ્ઞાનની સમસ્યાના ઉકેલ માટે ઘણું વધારે મહત્વ ધરાવે છે. આવો સિદ્ધાંત મેઘનાદ સહાએ વિકસાવ્યો. સૂર્ય આપણી પૃથ્વીની નજીકનો સ્થિર તારો છે, તેથી તેને કારણે તેની સંરચનાનો અભ્યાસ વિગતે થઈ શકે તેમ છે. સૂર્ય અને તારાઓનું ઊંચું તાપમાન, પ્રમાણમાં ઘણું ઓછું દબાણ તથા વિદ્યુતચુંબકીય પર્યાવરણને કારણે આયનન માટે સાનુકૂળ સુવિધાઓ પ્રાપ્ત થાય છે. આ રીતે ખગોલીય પ્રયોગશાળાઓ ખગોળવિદો માટે ઘણી તકો પૂરી પાડે છે, જેનાથી પાર્થિવ પ્રયોગશાળાઓમાં રસાયણ અને ભૌતિકવિજ્ઞાનક્ષેત્રે પરમાણુ-સંરચના સમજવા માટે અવસર મળ્યો છે.

પરમાણુ-વિકિરણની યથાર્થતા સ્વીકારતાં અને વ્યાપક ઉષ્માગતિવિજ્ઞાનના નિયમો ઇલેક્ટ્રૉન અને વાયુના અણુઓને લાગુ પડે છે તેમ સ્વીકારતાં, ઉષ્ણતામાન અને દબાણની વિવિધ પરિસ્થિતિમાં થતી આયનનની માત્રા ગણી કાઢવા સહા સફળ થયા. આ રીતે સૂર્ય અને તારાઓના વાતાવરણને લાગુ પડતાં સૂત્રો તૈયાર કર્યાં. આ સિદ્ધાંત સૂર્ય અને તારાના વર્ણપટનાં ઘણાં લક્ષણોનાં ગુણાત્મક અને માત્રાત્મક પરિણામોને સમજાવે છે. તે પ્રમાણે પ્રયોગશાળાના વર્ણપટને માટે પણ પ્રયોજી શકાય છે.

આયનનને લગતા સહાના મૂળ સંશોધનલેખો ઉપરાંત મિલ્ને, રસેલ અને બીજાઓએ મહત્વનો મૂલ્યવાન ફાળો આપ્યો છે. અણુ કે પરમાણુનું વિઘટન થતાં એક કે વધુ ઇલેક્ટ્રૉન અને ધનવિદ્યુતભારિત આયન મળે છે. તેને સામાન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયા સાથે સરખાવી શકાય છે. ઉચ્ચ તાપમાને સ્વ-આયનન માટેનું સૂત્ર સહાએ મેળવ્યું. સમીકરણ નીચે પ્રમાણે છે :

$\frac{Px^2}{1-x^2} = K$, અહીં $\frac{X}{1-X}$ એ આયનિત થયેલા પરમાણુઓ અને બાકી રહેલા તટસ્થ પરમાણુઓનો ગુણોત્તર છે. આ ગુણોત્તરને અંશતઃ દબાણ $\frac{Px}{1+x}$ વડે ગુણતાં અચળાંક K મળે છે. અચળાંક K વાયુના નિરપેક્ષ તાપમાન અને આયનન વિભવ-(Ionization Potential)નું વિધેય છે. તટસ્થ અણુ-પરમાણુમાંથી એકલ (Single) ઇલેક્ટ્રૉનને મુક્ત કરવા માટે જરૂરી કાર્યને આયનન-વિભવ કહે છે. તેને વોલ્ટમાં વ્યક્ત કરવામાં આવે છે. આયનન-વિભવ અચળ હોઈ K માત્ર તાપમાન ઉપર આધાર રાખે છે. આથી આપેલ દબાણે આયનન-વિભવ P જેમ ઓછું તેમ

$x \rightarrow 1$. બીજા શબ્દોમાં આયનન પૂર્ણ થાય છે. સહા તાપમાન અને દબાણની જુદી જુદી સ્થિતિમાં આયનની ટકાવારી ગણી કાઢવા સફળ થયા. આયનન-વિભવનું મૂલ્ય જેમ વધારે, તેમ આયનની માત્રા જાળવી રાખવા માટે વધુ ઉચ્ચ તાપમાન આવશ્યક છે. હિલિયમ બાબતે આ વાત સ્પષ્ટ થાય છે. જેનું જ્ઞાન આયનન વિભવ મહત્તમ છે, 24 વોલ્ટ.

સહાએ વાતાવરણના જુદા જુદા દબાણે અને જુદા જુદા તાપમાને આયનીકરણની ટકાવારી સંશોધનાત્મક રીતે તૈયાર કરી, જે તેમણે તેમના સંશોધન-લેખમાં નીચે પ્રમાણે પ્રગટ કરી :

## કેલ્શિયમનું પ્રતિશત આયનીકરણ
## (PERCENTAGE IONIZATION OF CALCIUM)

| Pressure (atmos.) | 10 | 1 | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp.° | | | | | | |
| 4,000 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 26 |
| 5,000 | 0 | 2 | 6 | 20 | 55 | 90 |
| 6,000 | 2 | 8 | 24 | 64 | 93 | 99 |
| 7,000 | 7 | 23 | 68 | 91 | 99 | 100 |
| 8,000 | 16 | 46 | 84 | 98.5 | 100 | 100 |
| 10,000 | 46 | 85 | 98.5 | 100 | 100 | 100 |
| 12,000 | 76 | 96.5 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 14,000 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

## સ્ટ્રોન્શિયમનું પ્રતિશત આયનીકરણ
## (PERCENTAGE IONIZATION of STRONTIUM)

| Pressure (atmos.) | 10 | 1 | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp.° | | | | | | |
| 4,000 | 0 | 0 | 2 | 5 | 15 | 45 |
| 5,000 | 1 | 3 | 11 | 32 | 73 | 96 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,000 | 4 | 13 | 37 | 78 | 97 | 100 |
| 7,000 | 10 | 32 | 73 | 96 | 100 | 100 |
| 8,000 | 22 | 58 | 91 | 99 | 100 | 100 |
| 10,000 | 56 | 90 | 98.5 | 100 | 100 | 100 |
| 12,000 | 82 | 97.5 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 14,000 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

સૂર્ય અને વર્ણમંડલીય (Chromospheric) વર્ણપટ વચ્ચેના તફાવત સમજાવવા સહાએ તેમના સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કર્યો. રસેલે સૂર્યકલંકો અને સૌરવર્ણપટની રેખાઓની તીવ્રતાનો તફાવત સમજાવવા તે સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કર્યો. સક્ષમ વિજ્ઞાનીઓનાં આ બધાં સંશોધનોના અંતે તાજેતરમાં એટલું તો નક્કી થઈ શક્યું કે સૌર-તાપમાન 6000° Cની નજીક છે. સૂર્યના વાતાવરણના ઉચ્ચ સ્તરે તાપમાન વિકિરણથી બદલાતું હોય તો તે તાપમાન આશરે 5000° C હોય. આથી સૌર વાતાવરણનું તાપમાન 5000° Cથી 6000° C વચ્ચે જોવા મળે છે. તે સહાએ આપેલાં ટેબલો ઉપરથી જોઈ શકાય છે. દાખલા તરીકે વર્ણમંડલમાં જ્યાં દબાણ વાતાવરણ દશ-હજારમા ભાગનું હોય ત્યાં. કેલ્શિયમનું 90 % સંપૂર્ણ આયનીકરણ જોવા મળે છે ક્ષણદીપ્તિ વર્ણપટની ચર્ચામાંથી મળતાં પરિણામો સહાના સિદ્ધાંત સાથે સુસંગત છે. સાથે સાથે બરાબર સમજૂતી આપે છે. આ બધાંમાં કેલ્શિયમનાં પરિણામો વધુ રસપ્રદ છે. H અને K આયનિક (enhanced) રેખાઓ છે અને તે આયનિત પરમાણુ વડે મળે છે. જ્યારે 4227 A મળતી g રેખાનું મૂળ તટસ્થ પરમાણુ છે. સામાન્ય અને આયનિત પરમાણુઓ વિપુલ માત્રામાં હોવાથી H અને K રેખાઓ સંપૂર્ણપણે સમજાવી શકાય છે.

સ્ટ્રૉન્શિયમ (Sr) અને બેરિયમ (Ba) આયનિક રેખાઓ દર્શાવે છે, જેમનું આયનીકરણ સ્થિતિમાન (I.P.) અનુક્રમે 5.7 વોલ્ટ અને 5.1 વોલ્ટ છે, પરિણામે સંપૂર્ણ આયનીકરણ ઉચ્ચ દબાણે મળે છે. Ca ઉપરાંત Sr અને Ba આવર્તક કોષ્ટકના group II ની અલ્કલી ધાતુઓ છે. તટસ્થ અને આયનિત પરમાણુઓની પ્રબળ રેખાઓની સરખામણી નીચેના ટેબલમાં આપવામાં આવી છે :

## તટસ્થ અને આયનિત પરમાણુઓની પ્રબળતમ રેખાઓની સરખામણી

**(comparisons of the strongest lines of the neutral and ionized atoms)**

| Element | Wave-Lenght | Sun | Chromo-sphere | Arc | Spark | Height in km |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 4227 (g) | 20 | 40 | 1000 | 100 | 5,000 |
| Ca+ | 3933 (K) | 1000 | 200 | 500 | 1000 | 14,000 |
| Ca+ | 3969 (H) | 700 | 175 | 300 | 500 | 14,000 |
| Sr. | 4607 | 1 | 2 | 1000 | 50 | 400 |
| Sr+ | 4077 | 8 | 80 | 1000 | 1000 | 6,000 |
| Sr+ | 4215 | 5 | 60 | 500 | 500 | 6,000 |
| Ba | 5535 | – | – | 100 | 30 | – |
| Ba+ | 4554 | 8 | 50 | 1000 | 1000 | 2,000 |
| Ba+ | 4934 | 7 | 25 | 100 | 300 | 1,200 |

વર્ણમંડલીય અને સૌર-વર્ણપટ તરંગલંબાઈના સંદર્ભમાં બરાબર છે. સુસંગત છે પણ રેખાઓની સાપેક્ષ તીવ્રતાની બાબતે ઘણો તફાવત છે. ફ્રોનહોફર, વર્ણમંડલીય, વીજચાપ(arc) અને સ્ફુલિંગ(spark)ના વર્ણપટ સરખાવતાં નીચે પ્રમાણેનો સાર મળે છે. ફ્રોનહોફર વર્ણપટ વીજચાપ વર્ણપટને અનુરૂપ છે. વર્ણમંડલીય વર્ણપટ સ્ફુલિંગને વધુ પડતા મળતા આવે છે. આ રીતે જુદી જુદી પરિસ્થિતિમાં સૂર્ય ત્રણ જુદા જુદા વર્ણપટ દર્શાવે છે, એટલે કે વર્ણમંડલીય વર્ણપટ, ફ્રોનહોફર વર્ણપટ અને સૂર્ય-કલંક વર્ણપટ. આ ત્રણ પ્રકારના વર્ણપટ તારકો(ગૅમા) Cygni, Capella અને Aroturus માં અનુક્રમે જોવા મળે છે. આ અને અન્ય પરિણામો સહાના સિદ્ધાંત સાથે સંપૂર્ણપણે સુસંગત છે. તેમાં આયનિક રેખાઓ આયનીકરણથી મળે છે, તે સૂર્યના ઉપલા વાતાવરણે જ્યાં દબાણ ઘણું ઓછું હોય છે, ત્યાં વધુ સંપૂર્ણ બને છે. સહાનો સિદ્ધાંત આયનિત પરમાણુઓની આયનિક રેખાઓ તો સમજાવે જ છે, સાથે સાથે તટસ્થ કે બિનઆયનિત પરમાણુની રેખાઓની વિગતો વધુ સ્પષ્ટ કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમની D-રેખાઓ જે ફ્રોનહોફર વર્ણપટમાં સારી રીતે જાણીતી છે.

સહાના સિદ્ધાંતના પ્રકાશમાં રસેલે સૂર્ય-કલંક રેખાઓ શોધી કાઢી. તટસ્થ શ્રેણીમાં મુખ્ય (principal), અસ્ફુટ (diffuse) અને તીક્ષ્ણ (Sharp) રેખાઓ

સૂર્યમાં સોડિયમનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. આ બધી રેખાઓ સૂર્ય-કલંક વર્ણપટમાં ઘણી પ્રબળ હોય છે. આ રીતે, પોટૅશિયમ, લિથિયમ અને રુબિડિયમનો અભ્યાસ કરવામાં આવ્યો.

સહાનો સિદ્ધાંત ખૂબ જ સરસ રીતે ક્ષણદીપ્તિ, સૌર અને સૂર્ય-કલંક વર્ણપટ વચ્ચેનો તફાવત સમજાવે છે. આયનીકરણને લીધે વર્ણપટ રેખાઓનાં દૃશ્ય અને અદૃશ્ય થવાની શરતો નક્કી થઈ શકે છે. તેને આધારે જુદા જુદા તારકોનું તાપમાન નક્કી થઈ શકે છે, જે પ્રાયોગિક રીતે સુસંગત છે. આમ છતાં, બધી જ મુશ્કેલીઓનું નિવારણ થતું નથી, પણ આગળ ધપવા માટે વિરાટ પગલું છે.

આયનીકરણ સિદ્ધાંતે ખગોળવિદ્યામાં આવશ્યક એકરૂપતા સાધી છે. તેનાથી સાબિત થયું છે કે સૂર્ય ખાસ પ્રકારનો તારો છે. એટલું જ નહીં પણ તારકોનો અભ્યાસ સૌર-સમસ્યાઓ ઉપર ઘણી માહિતીઓને આધારે પ્રકાશ પાડે છે. ખગોળવિદ્યામાં મોટામાં મોટી સમસ્યા તારાઓ અને વિશ્વની ઉત્ક્રાંતિને લગતી છે. તેનો સંપૂર્ણ ઉકેલ તો ત્યારે જ મળે જ્યારે દ્રવ્યના આખરી બંધારણનો ઘનિષ્ઠ અભ્યાસ સફળતાપૂર્વક કરવામાં આવે. રાક્ષસી કદ ધરાવતા તારાઓનાં અવલોકનોને આધારે પરમાણુનું કદ જાણી શકાય છે. આજના ભૌતિકીય વિજ્ઞાનો માટે પરમાણુનું બંધારણ અને આયનીકરણનો સિદ્ધાંત નિઃશંકપણે મહત્વની સમસ્યાઓ છે.

# 8

# સૂર્યની પ્રક્ષુબ્ધ સપાટી

There agitate the waves of fire
That seek but never find a shore;
There incandescent winds expire
As in the eons gone before;
There stones like water boil; on all
The Scorching rains forever fall.

– Mikhail Lomonosov

મિખાઇલ લોમોનોસોવ 18મી સદીના વિજ્ઞાની અને કવિ હતા.

ત્યાં (સૂર્ય ઉપર) અગ્નિનાં મોજાંઓ ખળભળાટ મચાવે છે.
કિનારો શોધે છે પણ ક્યાંયે કદાપિ મળતો નથી.
ત્યાં અભિતપ્ત (તાપ-દીપ્ત) પવનો પૂરા થાય છે, અંત આવે છે.
જાણે કે ખૂબ લાંબો સમય (યુગ જેટલો) અગાઉ પસાર થઈ ગયેલો છે
ત્યાં પથ્થરો પાણીની જેમ ઊકળે છે. જ્યાં જુઓ ત્યાં ધગધગ ધીકતી વર્ષા સદાયે થાય છે.

– મિખાઇલ લોમોનોસોવ

યુગોથી તપતા સૂર્યનો કાવ્યની ભાષામાં પરિચય મળે છે. જે બધું કહેવાયું છે તેનો વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસ ચાલી રહ્યો છે. સૌર-પરિવારના સંદર્ભે સૂર્ય સ્થાયી અને આપણી સમીપનો એક તારો છે, જેનો અભ્યાસ હજુ પણ અધૂરો છે.

સૂર્યની સપાટીનું તાપમાન આશરે 6000 K છે. એમ હકીકત રૂપે મનાય છે કે જેમ સૂર્યની ભીતર ઊંડે ને ઊંડે જઈએ, તેમ તેનું તાપમાન વધતું જાય છે.

રાસાયણિક તત્વોના ઉત્કલન-બિંદુ કરતાં આ તાપમાન ઘણું વધારે છે. આથી સૂર્યનું તમામ દ્રવ્ય વાયુસ્વરૂપે પ્રવર્તે છે. તેની ઘનતા પાણીની સાપેક્ષે 1.4 ગણી વધારે છે. આથી વાયુ ખૂબ જ સંપીડિત (Compressed) હોય છે. તેથી પરમાણુઓ ચુસ્ત રીતે જકડાયેલા (બંધાયેલા) હોય છે. તેથી ઉચ્ચ ઉષ્મીય પ્રક્ષુબ્ધતાને પરિણામે પ્રકાશીય રવ (optical noise) પેદા થાય છે. એટલે કે શ્વેત પ્રકાશના સળંગ વર્ણપટ સૂર્યના દ્રવ્યના બાહ્ય સ્તર-સૂર્યના ઘન સ્તર અને બહારની ખાલી જગા વચ્ચેનો ભાગ – માં સ્તરો વિરલિત વાયુવાળા હોય છે. પ્રયોગશાળામાં મળતી વાયુની જ્યોત જેવો – અંદરના સ્તર(Photosphere)ના સળંગ વર્ણપટ બહારના સ્તર(Chromosphere)માંથી પસાર થાય છે ત્યારે, તેનું તરંગલંબાઈને અનુલક્ષી વરણાત્મક (selective) શોષણ થાય છે. અતિ ગરમ ફિલામેન્ટમાંથી ઉત્સર્જિત પ્રકાશ વાયુ-બર્નરની જ્યોતમાંથી પસાર થતાં શોષણ થાય છે તેમ. તેથી ફ્રોનહોફર રેખાઓ ઉદભવે છે જેને આધારે સૂર્યના વાતાવરણમાં રહેલાં તત્વોની જાણકારી મળે છે. પૃથ્વી ઉપર વર્ણમંડલીય વર્ણપટમાં પૂરતા પ્રમાણમાં શોષણ વર્ણપટ મળે છે. તેનો અર્થ એ થાય કે પૃથ્વી ઉપર જે તત્વો મોજૂદ છે, તે જ તત્વોનો સૂર્ય બનેલો છે.

પણ સૂર્ય ઉપરનાં વિવિધ તત્વોની વિપુલતા ફ્રોનહોફર રેખાઓથી મળે છે તેમ કહેવું ભૂલભરેલું છે. પણ હકીકતે વિવિધ તત્વોના શોષણની તીવ્રતા ભૌતિક પરિસ્થિતિ ઉપર આધાર રાખે છે. ઉદાહરણ તરીકે નિયૉન વાયુ ભરેલી કાચની નળીને શ્વેત પ્રકાશ વડે અજવાળવામાં આવે તો કોઈ પણ અપ્રકાશીય રેખા વિનાનો સળંગ વર્ણપટ મળે છે, પરિણામે નિયૉન વાયુ પ્રકાશિત થાય છે અને તેજસ્વી લાલ પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરે છે. શરૂઆતમાં નિયૉન વાયુના બધા પરમાણુઓ નિમ્ન ઊર્જાસ્તરમાં સામાન્ય સ્થિતિમાં હોય છે. શ્વેત પ્રકાશના ફ્રોટૉન (ઊર્જાનો ક્વૉન્ટમ) ઇલેક્ટ્રૉનને નિમ્ન સ્તરમાંથી ઉચ્ચ સ્તરમાં લઈ જવા માટે પૂરતી શક્તિ ધરાવતો નથી. આથી ફ્રોટૉનનું શોષણ થતું નથી, પરિણામે શોષણ વર્ણપટ મળતું નથી. જ્યારે ભારે વીજદબાણે વીજભારિત કરવામાં આવે ત્યારે નિયૉન વાયુ ભરેલી નળીમાં નિયૉન પરમાણુઓ ઉત્તેજિત થાય છે. અથડામણને કારણે ઇલેક્ટ્રૉન ઉત્તેજિત અવસ્થામાંથી ધરાવસ્થા(ground state)માં આવે છે ત્યારે તેજસ્વી લાલ પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરે છે, જેને સ્પેક્ટ્રોસ્કોપમાંથી જોતાં લાક્ષણિક વર્ણપટ મળે છે. જો વધુ ઉચ્ચ તીવ્રતાવાળો શ્વેત પ્રકાશ નિયૉનવાયુવાળી નળીમાંથી પસાર કરવામાં આવે તો પ્રકાશિત પાર્શ્વભૂમિકામાં, અપ્રકાશિત રેખા મળે છે. ત્યાં લાલ ઉત્સર્જિત રેખા મળતી નથી. આવું કિર્ચોફના નિયમમાં બને છે. નિયૉન પરમાણુઓને ઉચ્ચ વીજદબાણે ઉત્તેજિત કરવાને બદલે, વાયુને ઘણા ઊંચા તાપમાને લઈ જતાં, જ્યાં

ઉષ્મીય અથડામણોથી ઉત્તેજિત થાય છે. જેવું સૂર્યના વર્ણમંડલમાં બને છે તેવું જ્યાં ફ્રોનહોફર રેખાઓ રચાય છે ત્યાં બને છે.

ઉત્તેજનના આ તબક્કે, નિયૉન પરમાણુઓ લાક્ષણિક લાલ રેખાનું ઉત્સર્જન કરે છે. પ્રકાશમંડલમાંથી તીવ્ર સફેદ પ્રકાશ પસાર થતાં અપ્રકાશિત ફ્રોનહોફર રેખા દર્શાવે છે. જે નિયૉન માટે સાચું છે, તે બીજાં રાસાયણિક તત્વો માટે પણ સાચું છે. પણ જુદા જુદા પરમાણુઓનું ઉત્તેજન-સ્થિતિમાન જુદું જુદું હોય છે. ઉત્તેજન સ્થિતિમાન (excitation potential) એ સામાન્ય સ્થિતિમાંથી ઉત્તેજિત અવસ્થામાં લઈ જવા માટે ઇલેક્ટ્રૉન ઉપર કરવું પડતું કાર્ય છે. તેથી પરમાણુઓનો વર્ણપટ તાપમાનને લીધે જુદી જુદી રીતે અસર પામે છે. વધુ જોરદાર સાધનથી ઇલેક્ટ્રૉન પરમાણુમાંથી બહાર ફેંકાઈ જાય છે, ત્યારે દ્રવ્ય ઉષ્મીય રીતે (thermally) આયનિત થાય છે. અહીં પણ જુદાં જુદાં રાસાયણિક તત્વોના પરમાણુઓ વચ્ચે મોટો તફાવત જોવા મળે છે. ટેબલ (1) કેટલાંક તત્વો માટે આયનીકરણ સ્થિતિમાનનાં મૂલ્યો દર્શાવે છે. સ્તંભ I, II, III... અનુક્રમે એકલ (Singly) દ્વિ (doubly) અને ત્રિ (triply) ધન આયનીકરણ દર્શાવે છે. તેનું મૂલ્ય ev(ઇલેક્ટ્રૉન-વોલ્ટ)માં આપેલું છે. એક વોલ્ટ વીજદબાણે ઇલેક્ટ્રૉન જે ઊર્જા મેળવે છે તેને ev કહે છે. સરખામણી કરવાના હેતુ માટે, 6,000 ડિગ્રી કેલ્વિને ઉષ્મીય ગતિની ગતિ-ઊર્જા 0.8 ev છે અને ઓરડાના તાપમાને ગતિ-ઊર્જા 0.25 ev હોય છે.

નોબલ વાયુઓનું (હિલિયમ, નિયૉન, આર્ગન ...) આયનીકરણ સ્થિતિમાન ઘણું વધારે હોય છે કારણ કે તેમના પરમાણુઓનાં ઇલેક્ટ્રૉનિક કવચ સંપૂર્ણપણે ભરાયેલાં હોય છે. આથી તેઓ લગભગ નિષ્ક્રિય જેવા બની જાય છે. ઇલેક્ટ્રૉનને પરમાણુથી છૂટા પાડવા મુશ્કેલ હોય છે. તેથી ઊલટું ધાતુઓનું આયનીકરણ સ્થિતિમાન ઘણું ઓછું હોય છે. તેમના પરમાણુઓના આખરી કવચમાં ઇલેક્ટ્રૉન અત્યંત શિથિલપણે બદ્ધ હોય છે. આ હકીકત એટલા માટે સાચી છે કે ધાતુઓ વિદ્યુત સુવાહક છે. અલબત્ વિદ્યુત સુવાહકતા મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન્સને પણ આભારી છે. એ પણ એટલું જ સાચું છે કે એક જ પરમાણુમાંથી વધુ ઇલેક્ટ્રૉન્સ છૂટા પાડવા મુશ્કેલ છે.

જુદાં જુદાં તત્વોના આયનીકરણ સ્થિતિમાનનો તફાવત ફ્રોનહોફર રેખાઓના અર્થઘટન માટે મહત્વનો છે. હાઇડ્રોજન પરમાણુ વડે તે નિર્દેશિત કરી શકાય છે. સૂર્યની સપાટીનું તાપમાન લગભગ 6000° કેલ્વિન હોઈ લગભગ બધા જ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ સંપૂર્ણપણે આયનિત થયેલા હોય છે. બીજા પરમાણુઓ જે વધુ ઇલેક્ટ્રૉન્સ ધરાવે છે, તે એક, બે, ત્રણ કે વધારે ઇલેક્ટ્રૉન્સ ગુમાવે છે.

આયનિત હાઇડ્રોજન પરમાણુ એ માત્ર ન્યૂક્લિયસ છે, જે પ્રોટૉન તરીકે ઓળખાય છે. આથી ન્યૂક્લિયસ પ્રકાશના તરંગો સાથે આંતરક્રિયા કરતી નથી. આ રીતે હાઇડ્રોજન રેખાઓ બધી જ હાજર હોવી જોઈએ. પણ ફ્રોનહોફર વર્ણપટમાં ગેરહાજર હોય છે. આ બધી રેખાઓ ઘણી ઝાંખી હોય છે, જે સૂચિત કરે છે કે સૂર્યમાં હાઇડ્રોજન વાયુ વિપુલ પ્રમાણમાં હાજર છે.

બીજું રસપ્રદ ઉદાહરણ હિલિયમનું છે. તેના પરમાણુઓ સામાન્ય રીતે બે ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે. સૂર્યને સપાટીના તાપમાને હિલિયમ-પરમાણુનો માત્ર એક જ ઇલેક્ટ્રૉન છૂટો પડે છે. આથી હિલિયમ ($He^+$) તરીકે હાજર હોય છે. હિલિયમ ($He^+$)માં એક જ ઇલેક્ટ્રૉન અને બે પ્રોટૉન (Z=2) હોય છે. આથી બોહરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે He+ નાં ઊર્જા-સ્તરો નીચેના સૂત્રથી અપાય છે :

$Z^2 R \frac{1}{n^2} = 4R \frac{1}{n^2} .. (Z = 2)$ લેતાં જ્યાં R, અચળાંક છે; n કક્ષની ક્વૉન્ટમ સંખ્યા છે.

આ રીતે ફ્રોનહોફર વર્ણપટમાં આયનિત Heને લીધે મળતી રેખાઓને, કેટલીક વખત બિનઆયનિત હાઇડ્રોજનની રેખાઓ તરીકે માની લેવામાં આવે છે. આ રેખાઓની ખરી કસોટી તેમની તરંગલંબાઈને આધારે થઈ શકે છે. સૂર્યના વાતાવરણમાં હિલિયમ (He) વાયુનું પ્રમાણ હાઇડ્રોજન (H) વાયુના જેટલું જ લગભગ છે. વધુ પડતા ઉષ્મીય (Thermal) આયનીકરણને લીધે ફ્રોનહોફર વર્ણપટમાં સામાન્ય He-રેખાઓ ઘણી ઝાંખી હોય છે.

ત્રીજું ઉદાહરણ કૅલ્શિયમ (Ca) જેવા પરમાણુનું છે. સામાન્ય Ca-પરમાણુ 20 ઇલેક્ટ્રૉન્સ ધરાવે છે. Ca-પરમાણુઓ વચ્ચે ઉષ્મીય અથડામણો (Collision) થતાં, તેનો ઇલેક્ટ્રૉન છૂટો પડે છે, પરિણામે Ca+ આયન મળે છે. 4000° કેલ્વિન તાપમાને બે ઇલેક્ટ્રૉન છૂટા પડતાં Ca++ (doubly ionised), 5000° કેલ્વિન તાપમાને ઇલેક્ટ્રૉન છૂટા પડતાં Ca+++ (tribly ionised) અને 6000° કેલ્વિન તાપમાને ચાર ઇલેક્ટ્રૉન છૂટા પડતાં Ca++++ મળે છે. આ પ્રક્રિયા લગભગ 9000° કેલ્વિન તાપમાને પૂરી થાય છે.

આયનીકરણ વાયુનાં તાપમાન અને તેની ઘનતા ઉપર આધાર રાખે છે. દાખલા તરીકે કૅલ્શિયમ આયનીકરણ-વક્ર (જુઓ આકૃતિ)થી આ સ્થિતિ સ્પષ્ટ થાય છે. વાયુના 0.00001 વાતાવરણ-દબાણે તાપમાનના સંદર્ભમાં આયનિત પરમાણુઓની સંખ્યા વડે વક્ર દર્શાવ્યો છે.

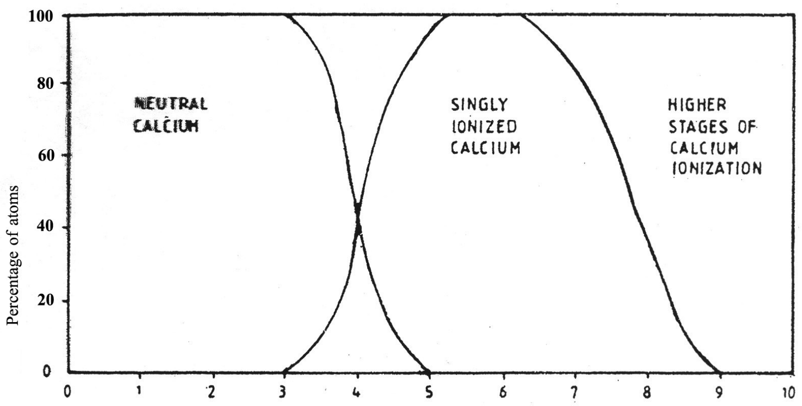



**Table I. કેટલાંક વિપુલ તત્વોનું આયનીકરણ સ્થિતિમાન**

**The Ionization Potentials of Some Abundant Elements (in ev)**

| | DEGREE IONIZATION | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ELEMENT | I | II | III | IV | V | IV | VII |
| Hydrogen, H | 13.53. | | | | | | |
| Helium, He | 24.46 | 54.14 | | | | | |
| Carbon, C | 11.212 | 24.26 | 47.64 | 64.17 | | 390.12 | 487.55 |
| Nitrogen, N | 14.46 | 29.44 | 47.20 | 77.04 | 97.40 | 549.08 | 663.73 |
| Oxygen, O | 13.55 | 34.94 | 54.63 | 77.03 | 113.30 | 137.42 | 735.20 |
| Neon, Ne | 21.47 | 40.91 | 63.30 | 97.00 | | | |
| Sodium, Na | 5.11 | 47.06 | 71.30 | | | | |
| Magnesium, Mg | 7.61 | 14.96 | 79.74 | | | | |
| Aluminium, Al | 5.96 | 18.73 | 28.31 | | | | |
| Silicon, Si | 8.11 | 16.26 | 33.33 | 44.92 | 165.66 | | |
| Sulphur, S | 10.31 | 23.3 | 34.9 | 47.08 | 63.00 | | |
| Argon, A | 15.69 | 27.49 | 40.48 | 61.00 | 78.00 | | |
| Potassium, K | 4.32 | 31.67 | 45.5 | | | | |
| Calcium, Ca | 6.09 | 11.82 | 51.0 | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Titanium, Ti | 6.81 | 13.6 | 27.6 | | | | |
| Vanadium, V | 6.72 | 14.1 | 29.6 | | | | |
| Chromium, Cr | 6.74 | 16.6 | 31 | | | | |
| Manganese, Mn | 7.41 | 15.56 | 34.4 | | | | |
| Iron, Fe* | 7.83 | 16.16 | 30.48 | | | | |
| Cobalt, Co | 7.84 | 16.9 | | | | | |
| Nickel, Ni | 7.61 | 18.4 | | | | | |
| Strontium, Sr | 5.67 | 10.98 | | | | | |

1920ના દસકામાં મેઘનાદ સહાએ ફ્રોનહોફર-રેખાઓની બાબતે રહેલી જટિલતાનો ઉકેલ આપ્યો, અને બરાબર અર્થઘટન કરી બતાવ્યું. ઉપરાંત સૂર્યના વાતાવરણમાં રહેલાં જુદાં જુદાં તત્વોનું સાચું પ્રમાણ બતાવ્યું.

**વર્ણપટનું વર્ગીકરણ :** મૂળ યોજના પ્રમાણે વર્ગોનાં નામ A થી શરૂ કરી M સુધી આપ્યાં હતાં, પ્રબળ હાઇડ્રોજન રેખા માટે A, પછી તેનાથી ઓછી પ્રબળતા માટે B, C .... અને M એટલે સૌથી ઓછી પ્રબળ (ઝાંખી) રેખા જે ભાગ્યે જ જોઈ શકાય તેમ હોય છે. અમુક સમય બાદ આ આયોજનમાં ફેરફાર કરીને C, D અને H ને પડતા મૂકવામાં આવ્યા. નવી ગોઠવણી O થી શરૂ કરવામાં આવી જે સૌથી વધારે ગરમ (પ્રબળ) છે. આ રીતે વર્ગીકરણ નીચે પ્રમાણે આપ્યું :

Oh, Be, A, Fine Girl, Kiss, Me...

તે પછી બીજા ત્રણ વર્ગો ઉમેરવામાં આવ્યા (લાલ તારકો માટે)

Right Now Sweetheart.

ફ્રોનહોફર રેખાઓ વધુમાં તાપમાન અને વાયુના દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે. પરમાણુ સંરચનાના ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંતની મદદથી મેઘનાદ સહા સૂર્યના વાતાવરણમાંનાં તત્વોનું પ્રમાણ બરાબર નક્કી કરી શક્યા. ઉપરાંત જુદા જુદા વર્ણપટના વર્ગોને જુદાં જુદાં તાપમાન અને દબાણથી સમજાવી શકાય છે. આ રીતે, વર્ણપટનો ક્રમ એ સૂર્ય (કે તારાઓ)ની સપાટીના તાપમાનનો ક્રમ બને છે.

# 9

# સહા-સમીકરણ અબજો વર્ષ પહેલાં અને આજે

સમસામયિક વિજ્ઞતા (પ્રજ્ઞતા) (Contemporary wisdom) પ્રમાણે મહાપ્રલયી વિસ્ફોટ દરમિયાન વિશ્વ પેદા થયું. આ મહાવિસ્ફોટ Big Bang (B.B.) તરીકે ઓળખાય છે. આ ઘટના આશરે ચૌદ-પંદર અબજ વર્ષ પહેલાં બની. આ ઘટના પહેલાં આજે આપણે જે રીતે સમજીએ છીએ એવા અવકાશ (space) અને સમય(-time)ની વાત કહી શકીએ નહીં. બીજા શબ્દોમાં વિશ્વના સર્જનની પળે અવકાશ અને સમયની બાબતે વિશિષ્ટતા (અસામાન્યતા) (singularity) પ્રવર્તતી હતી.

અસામાન્યતાની પળે પ્રચંડ ઊર્જા-ઘનતા અને દબાણની સ્થિતિથી સ્પષ્ટ થયું કે વિશ્વ ઝડપથી વિસ્તરણ પામશે. તે સમયે ચારેય મૂળભૂત બળો - ગુરુત્વાકર્ષણ બળ, પ્રચંડ ન્યૂક્લિયર બળ, મંદ ન્યૂક્લિયર બળ અને વિદ્યુતચુંબકીય બળ - એકત્રિત (united) હતાં. જેમ જેમ વિશ્વ વિસ્તરતું ગયું તેમ તેમ તે ઠંડું પડતું ગયું અને ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બીજાં ત્રણ બળોથી વિયુગ્મિત (decoupled) થયું. પરિણામે આ બળો સાથે સંકળાયેલી નૈજ સમમિતિ(symmetry)નો ભંગ થયો. વિદ્યમાન સમજ અને માહિતી પ્રમાણે આ બધાં બળો મહાવિસ્ફોટ (B.B.) બાદ $10^{-10}$ સેકન્ડમાં વિયુગ્મિત થયાં. મહાવિસ્ફોટ બાદ કેટલીક માઇક્રોસેકન્ડમાં વિશ્વ લેપ્ટૉન્સ(ઇલેક્ટ્રૉન્સ, મેસૉન્સ તેના ન્યૂટ્રિનો અને ફોટૉન)થી તરબતર હતું. પ્રબળ આંતરક્રિયા કરતા કણો-તેમના ઘટક કણો ક્વાર્કર્સ અને ગ્લુઓન્સ તરીકે પણ પ્રવર્તતા હતા.

ક્વાર્કસ અને ગ્લુઓન્સ એ ન્યૂટ્રૉન તથા પ્રોટૉનના ઘટક કણો છે. તેમની વચ્ચેની આંતરક્રિયા અંતઃપ્રજ્ઞાથી પર હતી. ક્વાર્કસ અને ગ્લુઓન્સ જ્યારે વધુ નજીક હોય છે ત્યારે મુક્ત કણો તરીકે વર્તે છે. જેમ જેમ છૂટા પડવાનો પ્રયત્ન કરે છે તેમ તેમ વિશેષ રૂપે એકબીજાને આકર્ષે છે. આ બે પરિદશ્યોને અનુક્રમે અનંતસ્પર્શી

સ્વાતંત્ર્ય (asymptotic freedom) અને અવરક્ત પરવશતા (Infra-red slavery) કહે છે. જે વર્તમાનમાં સ્વીકૃત પ્રબળ-આંતરક્રિયાના સિદ્ધાંત(Quantum Chromo dynnmics - QCD)ની સામસામેનાં નિશાનો છે. મહાવિસ્ફોટ(B.B.) થી માઇક્રોસેકન્ડ પહેલાં બૃહત વિશ્વ ક્વાર્કસ, ગ્લુઓન્સ, લેપ્ટૉન્સ અને ફોટૉન્સથી છલોછલ હતું. એટલે કે વિશ્વ ક્વાર્ક-ગ્લુઓન્સના પ્લાઝમા અને લેપ્ટૉન્સ-ફોટૉન્સના પ્લાઝમાથી ભરેલું હતું.

કણ-ભૌતિકીનું પ્રમાણિત પરિરૂપ (standard model–SM) અથવા સંક્ષિપ્તમાં QCD દર્શાવે છે કે 200 MeV તાપમાને (1 MeV = $10^{10}$ ડિગ્રી કેલ્વિન) ક્વાર્કસ-ગ્લુઓન્સનો પ્લાઝમા પ્રાવસ્થા-રૂપાંતરણ (phase transition) પામીને ન્યૂટ્રૉન અને પ્રોટૉનમાં પરિણમે છે. બે પ્રકારના ક્વાર્કસ - up અને down ભેગા મળીને ન્યૂટ્રૉન, પ્રોટૉનમાં ફેરવાય છે. ક્વાર્કસનો અપૂર્ણાંક વિદ્યુતભાર હેડ્રોન્સમાં કદાપિ જોવા મળતો નથી. ક્વાર્કસ એવી રીતે સંયોજાય છે કે તેમના વિદ્યુતભારનો સરવાળો શૂન્ય કે પૂર્ણાંકમાં થાય છે. પ્રોટૉન uudનો બનેલો છે એટલે કે પ્રોટૉન બે up ક્વાર્કસ અને એક down ક્વાર્કસનો બનેલો છે. તેનો વિદ્યુતભાર એક એકમ થાય છે. ન્યૂટ્રૉન uddનો બનેલો છે. એટલે કે ન્યૂટ્રૉન એક up ક્વાર્કસ અને બે down ક્વાર્કસનો બનેલો છે. તેનો વિદ્યુતભાર શૂન્ય છે.

પ્રોટૉન - uud = $\frac{2}{3}+\frac{2}{3}-\frac{1}{3}=\frac{3}{3}=1\rightarrow$ એકમ ધન વીજભાર

ન્યૂટ્રૉન -udd = $\frac{2}{3}-\frac{1}{3}-\frac{1}{3}=\frac{2-1-1}{3}=0$ શૂન્ય વીજભાર

(અહીં u- ક્વાર્ક $\frac{2}{3}$ અને - ક્વાર્ક - $\frac{1}{3}$ ઇલેક્ટ્રૉન વીજભાર ધરાવે છે.

આ પ્રાવસ્થા રૂપાંતરણનો ક્રમ આજસુધી જાણી શકાયો નથી. શરૂઆતમાં ન્યૂટ્રૉન્સ-પ્રોટૉન્સ અને મેસૉન્સ, ક્વાર્કસ/ગ્લુઓન્સ સાથે સહઅસ્તિત્વ ધરાવતા હોવા જોઈએ. એટલે મહાવિસ્ફોટ બાદ થોડીક માઇક્રોસેકન્ડમાં વિશ્વ ન્યૂટ્રૉન્સ અને પ્રોટૉન્સ સમૂહ હતો. તેમની સાથે ક્વાર્કસનાં ટીપાં (blobs) જે જલોદ (nuggets) તરીકે ઓળખાય છે તેનું પણ અસ્તિત્વ હતું. જેમ જેમ વિશ્વ વિસ્તરતું ગયું તેમ તેમ આ નગેટ્સનું શું થયું? શું તે આજે પણ જીવંત છે કે અદશ્ય થઈ ગયાં ? જેમ જેમ તેમનું બાષ્પીભવન થતું ગયું તેમ તેમ તે નાનાં-નાનાં બનતાં ગયાં અને કાળક્રમે અદશ્ય થયાં. વિશ્વની વર્તમાન સ્થિતિને સમજવા માટે આ ઘટના ઉપયોગી છે. જો ક્વાર્કસ-નગેટ્સ આજે જીવંત હોય તો હાલની ‘dark matter’ ની ઘટના ઉપર પ્રકાશ પાડી શકે.

ક્વાર્કસ-નગેટ્સનો અભ્યાસ થઈ રહ્યો છે. જો તે મળે તો dark matterનો

કોયડો હલ થાય. આ ઘટનાને સમજવામાં સહા-સમીકરણનો ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. આ સમીકરણ મેઘનાદ સહાએ 1920માં આપ્યું હતું. 70 વર્ષ પહેલાં સહાએ તૈયાર કરેલું આ સમીકરણ તારકોના આયનીકરણ ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરવા આજે વપરાય છે. તે અબજો વર્ષ પૂર્વેના આદિ ક્વાર્કસ-નગેટ્સને પણ લાગુ પાડી શકાય છે.

સહા-સમીકરણ જે હેતુ માટે તૈયાર કરવામાં આવ્યું હતું તેનો વિશાળ વિસ્તારે ઉપયોગ કરી શકાય છે. સહા-સમીકરણ અને તેનાં પ્રયોજનોમાં તેનો આવિર્ભાવ ભૌતિકીય-પરિદશ્યના વિશાળ પટ ઉપર સંબંધ અને મહત્વ ધરાવે છે. વિશ્વના જન્મ (સર્જન) સમયની પરિસ્થિતિને પણ લાગુ પાડી શકાય છે.

મેઘનાદ સહા અને પછીની પેઢી : તેમની પેઢીમાં મહત્વાકાંક્ષાઓ પ્રમાણમાં વધુ હતી. હૉસ્ટેલના કેટલાક વિદ્યાર્થીઓએ વાર્ષિક સ્નેહસંમેલનનું આયોજન કર્યું. તે સાથે સાથે ફંડ એકત્રિત કરવાનું પણ નક્કી કર્યું. આ પ્રસંગે સહાને સન્માનનીય મહેમાન તરીકે ઉપસ્થિત રહેવાનું આમંત્રણ આપવા વિદ્યાર્થી-પ્રતિનિધિઓ ગયા. વિદ્યાર્થીઓ અને સહા વચ્ચે વાર્તાલાપ થયો, પણ સહાએ તે માટે દુર્લક્ષ સેવ્યું. તે સમયે સહા પાર્લમેન્ટના ચૂંટાયેલા સભ્ય હતા. ભૂતકાળના તેમના કડવા અનુભવો તેમનો પીછો છોડતા ન હતા. ચાલીસ વર્ષ પહેલાં જ્યારે તેઓ હૉસ્ટેલમાં હતા, ત્યારે તેમની જ્ઞાતિ પ્રત્યે ઘણું નફરતનું વાતાવરણ હતું. તેમની જ્ઞાતિને વાતવાતમાં ઉતારી પાડવામાં આવતી હતી. આથી આવેલા હૉસ્ટેલના વિદ્યાર્થીઓને થોડાક ઝાટક્યા અને તેમની તરફથી મોં ફેરવી લીધું. તેમના મતે ઓગણીસસો પચાસના દાયકામાં જ્ઞાતિવાદનું પ્રમાણ કંઈક ઓછું હતું.

તે સમયે કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગ પ્રમાણમાં નાનો હતો. તેને આનુષંગિક બીજા બે વિભાગો હતા : (1) પ્રયુક્ત ભૌતિકવિજ્ઞાન અને (2) ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ રેડિયોફિઝિક્સ અને ઇલેક્ટ્રૉનિક્સ. તે સમયે આ વિભાગો જોઈએ તેટલા વ્યવસ્થિત ન હતા. પ્રો. સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ, પ્રો. શિશિરકુમાર મિત્રા અને પ્રો. મેઘનાદ સહા જેવી તેજસ્વી પ્રતિભાઓનો અભાવ હતો. મેઘનાદ સહાએ તેવામાં ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ન્યૂક્લિયર ફિઝિક્સની સ્થાપના કરી. જે ઉત્તમ પુસ્તકાલય અને પ્રયોગશાળાથી સજ્જ કરવામાં આવી હતી. તેથી તે મોટી સંશોધન સંસ્થા તરીકે ઊભરી આવી, યુવાન સંશોધકોનો ઝમેલો જામ્યો. તે સમયે સહાના થર્મલ આયોનાઇઝનના સૂત્રનો અભ્યાસ કરાવાતો ન હતો. બોઝ સ્ટેટિસ્ટિક્સ અને સહાના સૂત્રનો અછડતો ઉલ્લેખ કરવામાં આવતો હતો. વિગતવાર અભ્યાસ વિદ્યાર્થીઓ ઉપર છોડી મૂકવામાં આવતો હતો.

ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફૉર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ(IACS)ના જાદવપુર ખાતે સ્થાન અને વિકાસમાં સહાનો ફાળો મહત્વનો હતો. સંશોધનના આયોજન

માટે સહા તેમનાં પદચિહનો મૂકતા ગયા છે તે સમયે 'Collected Scientific papers of Meghnad Saha' તૈયાર કરવામાં આવ્યો. પ્રો. ડી. એમ. બોઝે તેમાં આમુખ લખી છે. તેમની બીજી બાબતો પ્રો. ડી. એસ. કોઠારીએ આલેખી છે.

સહા અત્યંત દરિદ્ર હતા અને નિમ્ન જ્ઞાતિના પરિવારમાં જન્મ્યા હતા. તે સમયે બંગાળમાં ધાર્મિક સુધારા અને સાંસ્કારિક પુનર્જીવનનાં ફળો ખાસ રહ્યાં હતાં. મેઘનાદ સહાની શક્તિ(આભા)ને શિક્ષકો સમજી ગયા હતા. તેમના પ્રત્યે કોઈને જ્ઞાતિ-બાધ ન હતો. તેમના શિક્ષણ માટે શિષ્યવૃત્તિઓ ઉપલબ્ધ હતી. તેઓ B.Sc. (1913) અને M.Sc. (1915) માં પ્રથમ વર્ગમાં ઉત્તીર્ણ થયા હતા. તે છતાં સ્વાતંત્ર્યસંગ્રામમાં ખુલ્લંખુલ્લા ભાગ લેવાને કારણે તેમના ઉપર સરકારી-સેવાઓ (પરીક્ષાઓ) માટે પ્રતિબંધ લગાવવામાં આવ્યો હતો, શિષ્યવૃત્તિઓ બંધ કરી દેવામાં આવી હતી. આથી ઠીક ઠીક મુશ્કેલીમાં મુકાયેલા પણ તેમની બુદ્ધિ-શક્તિને સહારે તેઓ બધાં જ વિઘ્નો પાર કરી ગયા હતા.

જર્મન ભાષા ભણવા-ભણાવવા માટે કૉલેજમાં કોઈ વ્યવસ્થા ન હતી. પણ આ વિષય રાખીને તે પોતાની મેળે તૈયાર કરેલો. પરિણામે પ્લાન્ક અને આઇન્સ્ટાઇનના સંશોધનલેખો વાંચી-સમજી શક્યા, જે તેમની પ્રગતિ માટે કારણભૂત બન્યા. આઇન્સ્ટાઇનના સંશોધનલેખો જર્મન ભાષામાં પ્રગટ થતા હતા. સહાએ પ્રો. એસ.એન. બોઝના સહયોગથી આ લેખોનો અંગ્રેજીમાં અનુવાદ કરીને, ભારતમાં સાપેક્ષના સિદ્ધાંતને પ્રવેશ અપાવ્યો. સહાના સંશોધનલેખો ત્રણ ભાગમાં વહેંચી શકાય છે : (1) ઉષ્મીય આયનીકરણ, તારાકીય બંધારણ અને વર્ણપટવિજ્ઞાન, (2) આયનોસ્ફેરિક ઘટનાઓ, (3) ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન.

તેઓ ઉચ્ચ કોટિના ભૌતિકવિજ્ઞાની હતા. તેઓ હકીકતમાં સૈદ્ધાંતિક ભૌતિક વિજ્ઞાની હતા છતાં પ્રાયોગિક ક્ષેત્રે પણ એટલા જ કુશળ હતા. Thermal Ionizationના સૂત્ર અને સિદ્ધાંત માટે સહાને સદાય યાદ કરવામાં આવશે. ઓગણીસમી સદીમાં અંગ્રેજ ખગોળવિદ નોર્મન લોકેરે (Norman Lockyer)-સ્પેક્ટ્રોસ્કૉપ વડે તારાઓના પ્રકાશના પૃથક્કરણની માહિતી એકત્રિત કરેલી. માહિતીના વૈવિધ્યને કારણે નોર્મન નિષ્કર્ષમાં કંઈક ગુમરાહ થયેલા. તે બાબતે સહા લખે છે કે, 'ઇલેક્ટ્રૉનની શોધ પહેલાં, સર નોર્મન લોકેરે જુદા જુદા તારકોના વર્ણપટના તેમના અનુભવને આધારે તેમણે ફોટો-તત્વો અને અવપારમાણ્વિક કણોની સંકલ્પના કરી. ઇકેસ્સ જેવા તેમના પ્રયાસો હતા તેથી તેનું ખાસ મહત્વ ન સમજાયું.'

બોહરના સિદ્ધાંતને આધારે સહાએ પરમાણુ આયન અને ઇલેક્ટ્રૉનનું વિઘટન સમજાવ્યું. ઉદાહરણ તરીકે કેલ્શિયમ (Ca)નું વિઘટન Ca+ અને e ઇલેક્ટ્રૉનમાં થાય છે.

$$Ca \rightarrow Ca^{+} + e - u...$$

જ્યાં u મુક્ત થતી ઊર્જા છે. એ e ઇલેક્ટ્રૉન છે. ઋણ સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે વિઘટન માટે ઊર્જા આપવી પડે છે. સહાએ આને રાસાયણિક પ્રક્રિયા તરીકે વર્ણવી, Eggert- ને અનુસરતાં સહાએ નીચેનું આયનીકરણ સૂત્ર મેળવ્યું :

$$\log\left(\frac{x^2}{1-x^2}P\right)-\frac{-u}{4.571T}+2.5\log T-6.5$$

x એ આયનિત પરમાણુઓનો અંશ છે, P કુલ દબાણ અને T તાપમાન છે, તારાઓના વર્ણપટ x, P, T ની માહિતી આપે છે. પરિણામે તારાનું બંધારણ મળે છે. એવું પણ બને કે પરમાણુ એકથી વધુ ઇલેક્ટ્રૉન્સ ગુમાવે, અને આયનિત પરમાણુઓ વધે છે.

$$Ca \rightarrow Ca^{++} + 2e - u_2;\ Ca \rightarrow Ca^{+++} + 3e - u_3 \ldots$$

તત્વોની જુદી જુદી આયનિત અવસ્થાને ($Ca^+$, $Ca^{++}$, $Ca^{+++}$; ...) કારણે તત્વના વર્ણપટ જટિલ બને છે. આ રીતે સહાએ તારાકીય-વર્ણપટ સમજવા માટેની માહિતી આપી છે.

સહાના વૈજ્ઞાનિક ફાળા તરફ નજર કરવી જરૂરી છે. સહા અને તેમના સંશોધક-વિદ્યાર્થીએ જટિલ પારમાણ્વિક વર્ણપટ માટે નોંધપાત્ર પ્રયત્નો કર્યા છે. તેમના આ અને બીજાં વૈજ્ઞાનિક સંશોધનોને 1926માં ક્વૉન્ટમ યાંત્રિકીના આગમન સાથે, નવો અવતાર મળ્યો. જ્યોતની વિદ્યુતવાહકતામાં, વિદ્યુત ચાપ(arc) માં, હેલોજન્સ- (e,g. ક્લોરિન)માં ઇલેક્ટ્રૉન રાસાયણિક આકર્ષણ પ્રત્યે અને આયનોસ્ફિયરમાં ઉષ્મીય આયનીકરણમાં નવીનીકૃત સંશોધન પ્રયોજાયાં.

પૃથ્વીના વાતાવરણમાં રહેલા વાયુઓ ઉપર સૂર્યનું પારજાંબલી (uv) વિકિરણ આપાત થતાં આયનોસ્ફિયરનું નિર્માણ થાય છે. અલ્ટ્રાવાયોલેટ (uv) પટમાં સૌર વિકિરણની તીવ્રતા જાણી શકાય તો આયનીકરણનું પ્રમાણ (માત્રા) જાણી શકાય છે. તેમાં થઈને પ્રસરણ પામતા રેડિયોતરંગોના ફેરફારને આધારે તેની માહિતી મળે છે. આયનોસ્ફિયરમાં રેડિયોતરંગોના પ્રસરણના થોડાંક સંશોધનકાર્ય પછી અને સૌર ભૌતિકવિજ્ઞાનમાંથી સહાએ સંશોધન-કાર્યની દિશા બદલી ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન તરફ વળ્યા, તેનું કારણ એ હતું કે તેઓ ન્યૂક્લિયર ઊર્જાથી પ્રભાવી બન્યા હતા અને તેથી તેનું મહત્વ સમજાયું. તેમણે b (બીટા)- ક્ષય(decay)નો અભ્યાસ શરૂ કર્યો. પછી તો ન્યૂક્લિયર રસાયણવિજ્ઞાન અને જૈવભૌતિકવિજ્ઞાન (biophysics) ઉપર વિશેષ ધ્યાન આપ્યું. આ ક્ષેત્રે તેમનો પ્રવેશ નવેનવો હતો. કારણ કે ન્યૂક્લિયર સંશોધનની સરહદો હજુ તેમને માટે અજાણી હતી. પશ્ચિમના દેશોમાં પણ આ ક્ષેત્રે કામ નવેનવું હતું. તેમણે સાઇક્લોટ્રૉનના નિર્માણનો નિર્ણય

કર્યો. તે એવું એક ઉપકરણ છે જેના વડે કણ કે ન્યૂક્લિયસને પ્રવેગિત કરી શકાય છે. તેવી પ્રવેગિત ન્યૂક્લિયસ વડે ન્યૂક્લિયર પ્રક્રિયા કરી શકાય છે, પરિણામે આનુષંગિક માહિતી મેળવી શકાય છે. સમગ્ર ભારતમાંથી મળતાં ખડકો અને ખનિજોની વય-નિર્ધારણમાં સહાએ ન્યૂક્લિયર ટેકનિક પ્રયોજી. તેમની સાઇક્લોટ્રૉન પ્રયોગશાળામાંથી કૉલકાતામાં Variable Energy Cyclotron Centre -(VECC) નો પ્રભવ થયો. આજે તે પૂર્ણપણે વિકસિત છે. આ કેન્દ્રમાં (VECC) ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન, દ્રવ્ય(material)વિજ્ઞાન, ન્યૂક્લિયર ઔષધ, વિકિરણ જૈવવિજ્ઞાનની પ્રવૃત્તિઓ ધમધમે છે.

જ્યારે વાયુને ઉચ્ચ તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે ભારે પારમાણ્વિક અથડામણોને કારણે પરમાણુઓમાંથી ઇલેક્ટ્રૉન્સ છૂટા પડે છે, પરિણામે ધન આયનો મળે છે. આવા ઇલેક્ટ્રૉન્સ અને ધન આયનોના સમૂહને પ્લાઝમા (plasma) કહે છે. પ્લાઝમા (ધન અને ઋણ) વિદ્યુતભારોનો સમૂહ છે, તેથી તે વિદ્યુતનો સુવાહક છે. તે વિદ્યુત અને ચુંબકીય ગુણધર્મો ધરાવે છે, તેથી તે ચુંબકીય અને વિદ્યુતક્ષેત્રોથી પ્રભાવી બને છે. માટે તેનો Magnetohydrodynamics (MHD) માં સમાવેશ થાય છે. તારકો પ્રચંડ ગુરુત્વાકર્ષણ બળથી જકડાયેલ પ્લાઝમા છે. ન્યૂક્લિયર રિએક્ટર અને પરમાણુ-બૉંબમાં ભારે ન્યૂક્લિયસના વિખંડન(fission)થી ઊર્જા મુક્ત થાય છે. જ્યારે હાઇડ્રોજન બૉંબ અને સૂર્ય તારામાં હલકી ન્યૂક્લિયસના અત્યંત ઊંચા તાપમાને સંલયન (fusion) થતાં વિપુલ ઊર્જા મળે છે. પૃથ્વી ઉપર જરૂરી ઊર્જા-પ્રાપ્તિ માટે પ્લાઝમા ભૌતિકવિજ્ઞાનનું સંશોધન ચાલી રહ્યું છે. ભારત અને બીજા કેટલાક દેશોના લોકો તોડવાનું (fission) સિદ્ધ કરી શક્યા છે પણ જોડવાનું (fusion) હજુ સિદ્ધ કરી શક્યા નથી. પ્રયત્નો ચાલે છે.

ચુંબકીય એકધ્રુવ (Magnetic monopole) ઉપરના સંશોધન માટે સહાના સંશોધન-વિચારોના ઉલ્લેખ આવશ્યક છે. સામાન્યતઃ સાદા ચુંબકને બે ધ્રુવો ઉત્તર અને દક્ષિણ હોય છે. જેમને અલગ કરી શકાતા નથી. ક્વૉન્ટમ યાંત્રિકીના શોધકોમાંના એક એવા પ્રો. ડિરાકે દર્શાવ્યું છે કે મુક્ત ચુંબકીય મોનોપોલનું અસ્તિત્વ ક્વૉન્ટમ યાંત્રિકીના સિદ્ધાંતને પડકારરૂપ નથી. હજુ સુધી મુક્ત ચુંબકીય મોનોપોલ મળ્યો નથી. મુક્ત ચુંબકીય મોનોપોલ માટે સહાએ સુંદર દલીલ રજૂ કરી છે. એકધ્રુવ (monopole) હોવા માટે ઘણી જ વિસ્તૃત (extended) સંરચના હોવી જોઈએ. એટલે કે અત્યંત લાંબા (લગભગ અનંત લંબાઈના) ચુંબક માટે બે ધ્રુવોને અલગ અલગ રીતે જોઈ શકાય છે. અદ્યતન તંતુસિદ્ધાંત (String Theory) આવી વિશાળ સંરચનાને અધિકૃત સ્થાન આપે છે. આથી મોનોપોલનું સંશોધન ચાલશે જ.

અદ્યતન વિજ્ઞાન અને ટેકનૉલૉજી બૃહત પાયે પ્રયોજાય તેવું સહા ચુસ્તપણે

માનતા હતા, જેથી રાષ્ટ્રની આર્થિક અને અન્ય સમસ્યાઓ હલ કરી પૂર્ણ વિકાસની દિશામાં આગળ ધપી શકાય. તેમણે નદીઓના જરૂરી વિકાસ, ભારતીય પંચાંગના સુધારા ઉપર, વૈજ્ઞાનિક અને ઔદ્યોગિક સંશોધન-સંગઠનો ઉપર, પરમાણુ-ઊર્જાને સાધ્ય બનાવી પ્રયોજવા માટે રાષ્ટ્રીય આયોજન, શિક્ષણ વગેરે ઉપર ઘણાં બધાં પ્રકાશનો આપ્યાં છે. વિજ્ઞાનનો ઇતિહાસ અને મોટા વિજ્ઞાનીઓનાં જીવનચરિત્રો આલેખ્યાં છે.

ઉપરની બધી સમસ્યાઓ જટિલ હતી અને તેના ઉકેલ માટે જરૂરી વૈજ્ઞાનિક માહિતી તે સમયે ઉપલબ્ધ ન હતી. આ બધી સમસ્યાઓના હલ માટે સહાએ શરૂઆત કરી. અમેરિકાના ટેનેસી-વૅલી-પ્રકલ્પથી પ્રેરાઈને દામોદર-વૅલી-પ્રકલ્પનો ખ્યાલ રજૂ કર્યો. તે Operation research નું નોંધપાત્ર ઉદાહરણ છે. કેટલીક વૈજ્ઞાનિક સંસ્થાઓ અને કેટલાંક સંગઠનો ઊભાં કર્યાં. આથી તેઓ આયોજન અને સંગઠનોના સંશોધનમાં ઊંડા ને ઊંડા ઊતરવા લાગ્યા. આથી 1952માં તેમણે પાર્લમેન્ટના સભ્ય તરીકે ચૂંટણી લડવાનો નિર્ણય કર્યો, ચૂંટણી લડ્યા અને સુંદર રીતે જીતીને સાંસદ બન્યા. આથી તેમના વૈજ્ઞાનિક સંશોધન ઉપર બ્રેક લાગી. પશ્ચિમ બંગાળમાં વૈજ્ઞાનિક સંશોધન માટે વળાંક-બિંદુ આવ્યું.

# 10

# સમતાપમંડલીય વેધશાળા

(Stratopspheric Observatory)

પૃથ્વીસપાટીથી વાતાવરણનો પ્રથમ પટ્ટો (સ્તર) ક્ષોભમંડલ (troposphere) છે. તેનું સ્તર અંદાજે 16 કિમી. જાડું છે. તે પછીનો વાતાવરણનો બીજો પટ્ટો સમતાપમંડલનો છે. તે લગભગ 50 કિમી. સુધી પ્રસરેલો છે. આ પટ્ટાની જાડાઈ ધ્રુવ આગળ મહત્તમ અને વિષુવવૃત્ત આગળ લગભગ શૂન્ય છે, જેની અંદર સલ્ફર-કણો રહેલા છે. સમતાપમંડલનો નીચેનો ભાગ-15 થી 35 કિમી. ઓઝોન($O_3$)થી સંકેન્દ્રિત થયેલો છે. તેને ઓઝોનોસ્ફિયર કહે છે. ઓઝોનની મહત્તમ ઘનતા 22થી 25 કિમી. વચ્ચે જોવા મળે છે. ઓઝોન પારજાંબલી (ultraviolet) વિકિરણનું શોષણ કરીને પૃથ્વી ઉપર સજીવોનું રક્ષણ કરે છે. આથી ઓઝોનોસ્ફિયરને પૃથ્વીની છત્રી કહે છે. પારજાંબલી વિકિરણ વાતાવરણના ઑક્સિજન ($O_2$) ઉપર આપાત થતાં તેનું શોષણ કરી, વિઘટન પામે છે.

$$O_2 \rightarrow O + O.$$

આ ઑક્સિજન પરમાણુ ઑક્સિજન અણુ સાથે સંયોજાઈ ઓઝોન રચે છે.

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

વાતાવરણનો ઘણો બધો ઓઝોન સમતાપમંડલમાં સમાયેલો છે. ઉનાળામાં ઊંચાઈ વધતાં તાપમાન વધે છે અને વિષુવવૃત્તીય ક્ષોભસીમા (tropopause) આગળ ન્યૂનતમ હોય છે. શિયાળામાં વિષુવવૃત્તીય ક્ષોભસીમા આગળ તાપમાન – 80° સે. જેટલું હોય છે.

હાર્લો શેટલે મેઘનાદ સહાના મૌલિક અને ઉચ્ચ કોટિના સંશોધનના પ્રશંસક હતા. આથી તેમણે 1936માં સહાને હાર્વર્ડ વેધશાળામાં મુલાકાતી પ્રાધ્યાપક તરીકે આમંત્રિત કર્યા હતા. મુલાકાત દરમિયાન સહા શેટલે સાથે જ રહ્યા હતા. આથી શેટલે અને સહાએ ભેગા મળી કંઈક વિશેષ સંશોધન કરવાનો સંકલ્પ કર્યો. ખાસ

કરીને પૃથ્વીના વાતાવરણના ઉપલા વિસ્તાર માટે આટલે ઊંચે અવકાશમાં સ્થિર મંચ હોય તો આપણા પૃથ્વીવાસીઓ ચંદ્રની આસપાસના અવકાશના કેટલાક ફાયદા ઉઠાવી શકે. આ સંકલ્પ સાથે સહાએ સંશોધનલેખ આપ્યો, તેના પ્રકાશન માટે તેમને ચિંતા હતી, કારણ કે લેખનો સાર અશક્ય (સ્વપ્ન) જેવો લાગતો હતો. તેમનું સ્વપ્ન એવું હતું કે 40 કિમી.ની ઊંચાઈએ રહીને અવલોકનો કરી શકાય તેવી વ્યવસ્થા મળે. તેઓ બંને કૃતનિશ્ચયી હતા કે લેખ નોંધસ્વરૂપે હાર્વર્ડ બુલેટિન (NO 905)માં પ્રગટ કરવો. આ નોંધ દ્વારા સહાનો ખ્યાલ કૃત્રિમ ઉપગ્રહ દ્વારા અવલોકન લેવાનો ન હતો કે પછી બલૂનનાં જરૂરી ઉપકરણો ગોઠવીને અવલોકનો લેવાં. પણ સમતાપમંડલીય વેધશાળા દ્વારા કાર્યવાહી કરવામાં આવે તો શું મેળવી શકાય ?

લગભગ 1937 સુધી વધુ ઊંચાઈએ અવલોકન લેવામાં કોઈને ખાસ રસ ન હતો. આથી સહાના તે નોંધ-લેખ ઉપર ખાસ ધ્યાન અપાયું નહીં. રૉકેટનો ઉપયોગ ગંભીરતા સાથે લેવાતો ન હતો. લશ્કરી હેતુઓ માટે પણ વધુ ઊંચાઈનાં અવલોકનો માટે લક્ષ્ય કેળવાયું ન હતું, પણ તાજેતરના સમયે વેધશાળાની પ્રકૃતિ અને મૂલ્ય એ સામાન્ય ચર્ચાનો વિષય બન્યો. પણ પ્રથમ બે કૃત્રિમ ઉપગ્રહો વાસ્તવિક બન્યા. ત્યાંથી ચર્ચાને વેગ મળ્યો. બીજાં બિનલશ્કરી કારણોને વાસ્તવિક સ્વરૂપ આપવા માટે સહાનું સ્વપ્ન પ્રકાશમાં આવ્યું. સ્પેક્ટ્રોસ્કોપ લઈ જતા રૉકેટ વડે સૂર્ય-વર્ણપટના આત્યંતિક પારજાંબલી (ultraviolet) વિકિરણની જાણકારી મળવા લાગી. સેટેલાઇટ આયોજિત પ્રયોગ-સામગ્રીમાં સ્પેક્ટ્રોગ્રાફનો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો. સહાએ 1937માં સંશોધનલેખમાં સૂર્યના પારજાંબલી (uv) વર્ણપટની સમસ્યાની વધારે ચર્ચા કરી છે, જે પૃથ્વી-સ્થિત ઉપકરણોને ઓઝોન અંતરાયરૂપ છે.

સૉર્શી(Schwsarzschild)ના સૌર-ખગોળવિજ્ઞાનમાં સિદ્ધ થયેલા સંશોધનથી મળેલ સફળતાનો ખ્યાલ કરવો આવશ્યક છે. તેનો પ્રકલ્પ યુ.એસ. સરકારની લશ્કરી એજન્સી વડે પુરસ્કૃત થયો છે. પ્રિન્સ્ટન યુનિવર્સિટી, કોલોરાડો યુનિવર્સિટી તથા મીલ્સ-સંશોધન સ્થાપનનો તેમાં સહયોગ મળેલો છે. સૉર્શીના સમતાપમંડલીય-સ્તર સાથેની પ્રક્રિયાનો આશય એ ન હતો કે સહાને જે કોયડાએ પ્રેરિત કર્યા હતા તેનો ઉકેલ મેળવવાનું લક્ષ્ય ન હતું. સહા તો ઓઝોન અંતરાયની ઉપર જઈને કામ કરવા માગતા હતા. તાજેતરનાં સંશોધનોથી માલૂમ પડ્યું છે કે ત્રણ ઑક્સિજન પરમાણુઓનું સ્તર પૃથ્વીથી 20થી 25 કિમી.ની ઊંચાઈ વચ્ચે આવેલું છે. આ ઓઝોન સૂર્યપ્રકાશ અને તારકોના પ્રકાશને- જેની તરંગલંબાઈ 2950 A થી 2000 A ની વચ્ચે છે તેને રોકે છે. આ ગાળાના સૌર વર્ણપટનો અભ્યાસ કરવો જરૂરી છે. આથી સહાની કાલ્પનિક વેધશાળા અસરકારક બને તે માટે પૃથ્વીની સપાટીથી 40

કિમી. ઊંચાઈએ (એટલે કે હવા અને ઓઝોનની ઉપર) હોવી જરૂરી છે.

સૉર્શીને તેની ઉપર જવાનું જરૂરી લાગ્યું નહીં. તેનો આશય 15 કિમી. સુધીની ઊંચાઈએ સંશોધન કરવાનો હતો. પૃથ્વીના વાતાવરણના પ્રક્ષોભથી ઉપર જવાનો તેનો પ્રયત્ન હતો. તે માટે તેને 10થી 20 કિમી.નો વિસ્તાર આદર્શ લાગ્યો. તેનો આશય વાતાવરણની સ્થિરતા અને પારદર્શકતાનો હતો. અલબત્ત, આપણા વાતાવરણમાં તાપમાન પ્રચલન (temperature gradient) અને સંવહન (convection) પ્રવાહોથી સ્પષ્ટ જોઈ શકાતું નથી. પ્રક્ષોભને કારણે ચિત્ર અસ્પષ્ટ રહે છે. પૃથ્વીના વાતાવરણ ઉપરથી વધુ સારું ચિત્ર મળે છે.

સૉર્શીની સમતાપમંડલીય વેધશાળામાં હિલિયમ ભરેલું બલૂન જ હતું જે ખાસ તૈયાર કરેલા નીચે ઝૂલતા ટેલિસ્કોપને લઈ જાય છે, સાથે સાથે ઝડપથી ચિત્રો લે તેવો કૅમેરો અને સ્વસંચાલિત ફોટૉન-ટ્યૂબ પણ રાખેલ. ત્રણ ઉડ્ડયનોમાં સફળતા મળી. સૂર્યની સપાટી ઉપરના જે કણો ઝાંખા દેખાતા હતા, તે સ્પષ્ટ જોવા મળ્યા. આ કણોનો વ્યાસ અને બંધારણ સ્પષ્ટ થતાં, સપાટી ઉપરનો પ્રક્ષોભ પહેલાં કરતાં સારી રીતે જાણી શકાય છે. સમતાપમંડલીય, વેધશાળા વડે ચંદ્ર સૂર્યની સપાટી અને બીજા ગ્રહોનો પણ અભ્યાસ સારી રીતે થઈ શકે છે.

વેધશાળાનાં વીસ વર્ષ પહેલાંના હાર્વર્ડ બુલેટિનથી સહાની દીર્ઘદૃષ્ટિનો પરિચય થાય છે. તે પછીના બે દસકામાં સહાની વર્ણપટની આગાહી વાસ્તવિક બની. ઓઝોન અંતરાયની અંદર અને ઉપર કરેલા અન્વેષણથી વધુ જાણી શકાયું છે.

તરંગલંબાઈ 2900 A° ની લાલ તરફ સૂર્યના અને તારકોના વર્ણપટનાં અવલોકનો મર્યાદિત હતાં. પારજાંબલી (uv)ભાગ $O_2$અણુ સાથે પ્રક્રિયા થતાં વાતાવરણના 20થી 50 કિમી.ની ઊંચાઈએ શોષાઈ જાય છે. ઓઝોન ઓછો હોવા છતાં 2900થી 2000 A° તરંગલંબાઈ વચ્ચેનાં કિરણો શોષાઈ જાય છે. 2060 A° તરંગલંબાઈ નીચે $O_2$(ઑક્સિજન) અને $N_2$(નાઇટ્રોજન) અણુઓ વડે શોષાતાં વર્ણપટ નિસ્તેજ બને છે. કેટલાંક સંશોધનોને આધારે 2300થી 2100 A° વચ્ચે બારી મળે છે. પણ તેના માટે મતમતાંતર છે.

2900 A° તરંગલંબાઈ નીચે સૌર અને તારક વર્ણપટનો એકાએક અંત આવે છે. જેનાથી આકાશીય પદાર્થોના અભ્યાસ માટે બાધારૂપ બને છે. જ્યારે કેટલાંક વર્ષો પૂર્વે કેરિયોએ (Nature, 1928) એવું સૂચન કર્યું હતું કે ઉત્તર ધ્રુવ શિયાળામાં પ્રકાશથી મુક્ત હોઈ તે ત્યાં $O_3$ વિહીન છે, આથી તારાકીય અવલોકનો 2900 A° તરંગલંબાઈ જાંબલીથી દૂર મળે છે. આ સૂચન ઘણી સારી રીતે સ્વીકારાયું હતું. પણ રોઝલૅન્ડ (Nature, 1929)નાં અવલોકનોથી કેરિયોની સંકલ્પનાને ટેકો મળતો નથી. તેની નિષ્ફળતાના કારણની સમજૂતી ડૉબ્સન અને ગોટ્ઝે આપી છે. તેમનાં અવલોકન પ્રમાણે જુદી જુદી ઊંચાઈએ $O_3$નું પ્રમાણ વધઘટ થાય છે અને

તે ઋતુઓ સાથે બદલાય છે. શિયાળામાં $O_3$નું પ્રમાણ વધે છે. પ્રકાશ-રસાયણ(-Photo chemical)ના સિદ્ધાંત મુજબ ઉપર્યુક્ત હકીકતમાં ફેરફાર મળે છે. તેની સમજૂતી લગભગ આ પ્રમાણે છે : સૌર-કિરણો $O_3$નું નિર્માણ કરે છે. સાથે સાથે $O_3$ અણુઓને તોડે પણ છે. ઓઝોન 2300થી 3000 A° તરંગલંબાઈને પ્રબળ રીતે શોષે છે. પરિણામે પ્રકાશનો ક્વૉન્ટમ (ફોટૉન) જે $2O_3$ વડે શોષાય છે તેનું 3 $O_2$માં રૂપાંતર કરે છે. ઓઝોનના નિર્માણ અને વિઘટનની પ્રક્રિયા એક સમયે સમતોલાય છે. આ સમતોલનનો આધાર ઓઝોન અણુઓની સંખ્યા ઉપર આધાર રાખે છે. આથી ધ્રુવીય શિયાળામાં પ્રકાશના અભાવને કારણે જેટલા $O_3$ અણુઓ હોય છે તેટલા અસ્તિત્વ ધરાવતા રહે છે, ઓછા થતા નથી. ઉત્તર ધ્રુવનો વિસ્તાર $O_3$ જાળવી રાખે છે.

અગાઉની માન્યતા પ્રમાણે (ઓઝોન) $O_3$ 50થી 150 કિમી. ઊંચાઈ વચ્ચે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. જે ગૉટ્ઝ, મીથામ અને ડૉબ્સન (Pro. Roy Soc. 1934) ના સંશોધન મુજબ 20થી 40 કિમી. વચ્ચે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તરંગલંબાઈ 2900 A° આગળના તારાકીય વર્ણપટ ઈ. અને વી. રીજીનરે (Regener) 1935માં નિર્દેશન કર્યાં છે. રીજીનરે ડૉબ્સન અને ગૉટ્ઝની માહિતીની ચકાસણી કરી. ઓઝોન મહદ્અંશે 20થી 35 કિમી. વચ્ચે મળે છે. 40 કિમી. એ લગભગ કુલ ઓઝોનના બારમા ભાગ જેટલો અને તેની ઉપર કુલના 2 ટકા જોવા મળે છે.

રીજીનરની શોધ-પહેલથી "Stratosphere sokr Observatory"ની વાસ્તવિકતા વધી. તેની શક્યતા વધી. તેના નિયમિત કાર્યક્રમોની વિશ્વસનીયતા વધી છે. તેમાં ક્વાટ્ર્ઝ, લોરાઇટ જેવાં વિવિધ ઉપકરણો સાથે બલૂનોને 35થી 40 કિમી. સુધી મોકલવાની યોજના હતી. પરિણામે 2900 A°થી વધુ તરંગલંબાઈનાં કિરણોના અભ્યાસને વધુ પુષ્ટિ મળશે. રશિયન સંશોધક મોલ્ટચાનોફે (Moltch-anoff) 40 કિમી. સુધી આધુનિક ઉપકરણો સાથે બલૂન મોકલ્યાં. આથી નજીકના ભવિષ્યમાં 40 કિમી. કે વધુ ઊંચાઈએથી સૌર વર્ણપટના ફોટોગ્રાફ લેવાનો પ્રશ્ન હલ થશે, એવું તે સમયે વિચારાયેલું.

40 કિમી.ની ઊંચાઈએથી લીધેલા સૂર્યના વર્ણપટની આ ચર્ચામાંથી એ ફલિત થાય છે કે તે 2000 A° તરંગલંબાઈ સુધી વિસ્તરી શકે છે. સંભવતઃ 2000 A°થી 2900 A° વચ્ચે તે દેખાશે નહીં. 2000 A°થી 1700 A° તરંગલંબાઈ વચ્ચે $O_2$ના રંગ-શ્યુમેનના પટ્ટા શોષણ વર્ણપટમાં દેખાશે. 1700 A°થી 1250 A° વચ્ચેનો વિભાગ કપાયેલ (cut-off) છે. 1000 A° તરંગલંબાઈની નીચે કશું જ તારણ કાઢી શકાય નહીં. કારણ કે કોઈ પ્રાયોગિક માહિતી ઉપલબ્ધ નથી.

મર્યાદિત વિસ્તારમાં જે માહિતી મળે છે, તેનાથી આપણા જ્ઞાનમાં અમૂલ્ય વધારો થયો છે. સૌર ભૌતિકવિજ્ઞાનનાં રહસ્યોનો તાગ મેળવવાનો માર્ગ સરળ

બન્યો છે. જેમ કે :

(1) L a વિશે, H ની 1216 તરંગલંબાઈ

(2) $He^+$ ની તરંગલંબાઈ 1640 $\left(= 4R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right)\right)$;

તરંગલંબાઈ 1215 $\left(=\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right)\right)$

(3) 2300 A° ની આસપાસ લિથિયમ Li- સાતત્યના અસ્તિત્વ વિશે.

(4) બરિલિયમ Be થી ઑક્સિજન O (4 8) ની અનુનાદ રેખાઓ વિશે સોડિયમ Na - સાતત્ય મળે. F અને Ne ની માહિતી નહીં મળે.

(5) મૅગ્નેશિયમ Mg બાબતે, Mg અને Mg+ની અનુનાદ રેખાઓની ઇચ્છિત તરંગલંબાઈ 2900 A°ની માહિતી મળે છે.

(6) તેવી જ માહિતી ઍલ્યુમિનિયમ Al થી સલ્ફર S માટે અનુનાદ રેખાઓની માહિતી મળી શકે છે.

(7) સંક્રાંતિ (Transitional) તત્વોની વિશેષ માહિતી મળે તેવી આશા છે.

ખાસ કરીને $Fe^+$

ઉપરનો સંક્ષિપ્ત હેવાલ નિર્દેશ કરે છે કે સહાની સંકલ્પના Stratosphere Observatoryથી લાભ થાય તેમ છે.

# 11

# એક મુલાકાત

ભારતમાં TVનો પ્રારંભ થયો તે પહેલાં દુર્ભાગ્યે સહાનું અવસાન થયું. તેથી તેમની પ્રત્યક્ષ મુલાકાતથી પ્રાપ્ય નિવેદન રાષ્ટ્રમાં પ્રસારિત કરી શકાયું નહીં. આ નિવેદિત વિચારો અને પ્રશ્નો તેમના એક વિદ્યાર્થીના છે. આ કોણ વિદ્યાર્થી તેનો ઉલ્લેખ મળતો નથી પણ સંભવતઃ ભૌતિકવિજ્ઞાનના અધ્યાપક સી. કે. મજુમદાર હોઈ શકે. અહીં પ્રશ્નો પૂછવામાં આવ્યા છે પણ સહાએ શું જવાબો આપ્યા તેનો ઉલ્લેખ મળતો નથી. તેમના જવાબોની કલ્પના (અનુમાન) કરવાની રહે છે.

પ્રો. સહાસાહેબ, આપે બૃહત્ વિશ્વની સંરચના ધરાવતા તારકો અને ગૅલેક્સીઓનું પૃથક્કરણ કરવાનું અમને શીખવ્યું, ભિન્ન ભિન્ન પદ્ધતિઓથી આપણા નિવાસી ગ્રહ-પૃથ્વી અને તેના બાહ્ય અવકાશ અંગે વિશેષ માહિતી આપી શકાઈ હોત. વિશ્વની અતિસૂક્ષ્મ સંરચના ધરાવતી ન્યૂક્લિયસના અભ્યાસ માટે આપે સંસ્થાનું નિર્માણ કર્યું. આપે રાષ્ટ્રીય વિજ્ઞાન એકેડેમીનું પરિરૂપ આપ્યું. ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફૉર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ(IACS)નું નવસંસ્કરણ કર્યું. કાઉન્સિલ ઑફ સાયન્ટિફિક ઍન્ડ ઇન્ડસ્ટ્રિયલ રિસર્ચ (CSIR) જેના ઉપક્રમે આજે અંદાજે 50 પ્રયોગશાળાઓ કાર્યરત છે, તેના વિકાસ અને વિસ્તરણમાં ભારે રસ દાખવ્યો, તેનાથી ભારત આધુનિક ઔદ્યોગિક યુગમાં પ્રવેશ્યું. ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનમાં આપે કરેલા સંશોધન માટે આપને હરહંમેશાં યાદ કરવામાં આવશે. આપે ઘણા વિચારો રજૂ કર્યા અને ઘણી સંસ્થાઓનું સર્જન કર્યું. તેને માટે આગામી પેઢી આપની ઋણી રહેશે. પણ અમારી સાથે નિસબત ધરાવતા કેટલા પ્રશ્નો પૂછી શકીએ ?

આપે સંશોધન સંસ્થાઓનું સર્જન કર્યું તેનાથી યુનિવર્સિટીના વિભાગો નબળા પડ્યા નથી ? યુનિવર્સિટી-શિક્ષણને વિપરીત અસર થઈ નથી ? આપે સ્થાપેલી સંસ્થાઓ સરાહનીય કામ કરી રહી છે. આપે તો આપનું જગવિખ્યાત સંશોધન યુનિવર્સિટીમાં રહીને જ કર્યું હતું. આપને સારા શિક્ષણ માટે આપની પસંદગીના શિક્ષકો મળ્યા હતા ? સ્વતંત્ર માનસ ધરાવતા સંશોધન-વિદ્યાર્થીઓને આપે મદદ

કરી હતી ? મતલબ, સંશોધનમાં સહાયરૂપ થયા હતા ?

આ પ્રશ્નોના જવાબો સહાએ શું આપ્યા હતા, તેનો ઉલ્લેખ મળતો નથી. આથી જવાબોની કલ્પના વાચકે પૂર્વાપર સંબંધ ઉપરથી કરવાની રહે છે. આ પુસ્તકના લેખકે તેમના અભ્યાસ મુજબ જવાબો આ રીતે આપવાની કોશિશ કરી છે. વાચકને તેમાં ઘણું ઉમેરવાનું કે બાદ કરવાનું લાગે પણ ખરું.

[સંશોધન-સંસ્થાઓનાં સર્જનથી યુનિવર્સિટીઓ નબળી પડે તેમ કહી શકાય નહીં. ઊલટાનું આવી સંસ્થાઓ અને યુનિવર્સિટીઓ એકબીજાને પૂરક બની શકે છે. ઉપરાંત સંશોધન અને શિક્ષણનો સમન્વય થઈ શકે છે. એકબીજાની ખૂબી-ખામીઓ જાણી શકાય તેવા અવસર ઉપલબ્ધ થાય છે.]

સંશોધન-સંસ્થાઓ સુંદર કાર્ય કરે છે, પણ તમે તમારું ઉત્તમ કાર્ય તો યુનિવર્સિટીમાં રહીને કર્યું છે. સહાના સમયમાં IACS સિવાય ખાસ કોઈ સંશોધન-સંસ્થા ન હતી. આથી યુનિવર્સિટીમાં રહીને જ સંશોધન કરવાની ફરજ પડી હતી. તેમને સારા અને ઉત્તમ શિક્ષકો પસંદ કરવાનો અવકાશ જ ન હતો, પણ જે શિક્ષકો હતા તે બધા શિક્ષણને સમર્પિત હતા. તે સમયે વિજ્ઞાનનું શિક્ષણ અને સંશોધન મર્યાદિત હતું. યુનિવર્સિટીમાં રહી ભણવા સિવાય બીજો કોઈ વિકલ્પ જ ન હતો. વિદ્વાન અધ્યાપકો અલ્પસંખ્યામાં હતા. જેની પાસે ભણવાનું મળ્યું તેનાથી સંતોષ માનવાનો હતો. વિદ્યાર્થીઓ સ્વતંત્ર રીતે અભ્યાસ કરે તે માટે સહા પ્રેરણા આપતા હતા, તેને કારણે આર. સી. મજુમદાર અને ડી. એસ. કોઠારી અને અન્ય તેજસ્વી અને નામી વિદ્યાર્થીઓ મળ્યા હતા.

[અહીં એક હકીકત રજૂ કરવી પ્રસ્તુત ગણાશે. અમદાવાદસ્થિત ભૌતિક અનુસંધાન પ્રયોગશાળા(PRL)ના નિયામક હોવાને નાતે ડૉ. વિક્રમ સારાભાઈ ગુજરાત યુનિવર્સિટીની સેનેટ-સિન્ડિકેટના સભ્ય હતા. ગુજરાત યુનિવર્સિટી શિક્ષણ અને ખાસ તો પરીક્ષણ માટેની સંસ્થા છે. વિક્રમભાઈ અને યુનિવર્સિટીના ગણિતવિભાગના ખ્યાતનામ પ્રાધ્યાપક પી.સી. વૈદ્યના સહયોગથી બંને સંસ્થાઓએ પૂરક બની અદ્યતન અભ્યાસવ્યવસ્થા તૈયાર કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો. તેમને તેમાં સફળતા ન મળી, તે વિશેષ નોંધપાત્ર અને સંશોધનની બાબત છે.]

આપે (સહાએ) વિજ્ઞાનીઓને આઇવરી-ટાવરમાંથી નીકળી પ્રજાભિમુખ સંશોધન કરવાનો આગ્રહ કર્યો હતો. તે માટે આપે પાર્લમેન્ટના સભ્ય બનવાની જરૂર હતી ખરી ?

તમારા સમયના રાજકારણીઓ કંઈક અંશે સારા હતા, કારણ કે તેમનામાં સ્વાતંત્ર્યસંગ્રામના અનુભવોનો આધાર હતો. આવા આદર્શ રાજકારણીઓના સહકારની અપેક્ષાએ કદાચ તમે પાર્લમેન્ટના સભ્ય બનવાનું વિચાર્યું હશે અથવા

તો આપની રાષ્ટ્રીય અને વૈજ્ઞાનિક વિભાવનાઓને પાર પાડવા માટે રાજકીય તંત્રની જરૂર જણાઈ હશે. જે હોય તે, તમારી કલ્પના ખોટી પડી. તમે તો તમારે સ્થાને સાચા હતા પણ આ તો રાજકારણીઓનું પોત પ્રકાશ્યું અને તમને ઠોકર વાગી.

જમશેદપુર માટે, પશ્ચિમ બંગાળના કેસ બાબતે, તમારું વ્યાખ્યાન સાચે જ સચોટ અને ગંભીર હતું પણ તેનાથી શું ફલિત થયું ? શું તમે પરાજિત થયા કે પછી ચતુરાઈથી તમને બહાર ધકેલવામાં આવ્યા હતા ? તે સાથે જણાવવાનું કે પશ્ચિમ બંગાળની પ્રજાએ તેની વિરુદ્ધનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો હતો છતાં તે નિર્ણય સારી રીતે અપનાવ્યો હતો. તે પછી પશ્ચિમ બંગાળે સીમા-વિવાદ બાબતે વાંધો ઉઠાવ્યો ન હતો. ભારતના ભાગલા થવાથી તમે તમારું વતન પણ ગુમાવ્યું હતું. સ્વાતંત્ર્ય માટે લાખો લોકોએ જે સહન કર્યું તે માટે તમારી સહાનુભૂતિ પણ દાદ માગી લે તેમ છે. પૂર્વ બંગાળના નિરાશ્રિતો માટે આપ અત્યંત વ્યથિત હતા. આ બધાંમાંથી તમે શું મેળવ્યું?

પોતાને માટે કશુંય મેળવવા સહા કંઈ કરતા ન હતા. કારણ કે તેઓ તો રાષ્ટ્ર અને સમાજને સમર્પિત હતા. આ સમર્પણ પોતાના જાત-અનુભવોની નીપજ હતી. કેન્દ્ર-સરકારની નિષ્ફળતા ઘોર હતી. તેની સામે આપણો રેકર્ડ કેટલો ચોખ્ખો છે ? બંગાળમાં ઘૃણાસ્પદ રીતે કોમી રમખાણો અને નરસંહાર થયો. આ અકલ્પ્ય ઘટના હતી. રાજકારણીઓએ પોતાની રોટી શેકવા માટે નિરાશ્રિતોના પ્રશ્નોનો નિસરણી તરીકે ઉપયોગ કર્યો. વ્યક્તિગત પ્રસિદ્ધિ અને સત્તા પ્રાપ્તિ માટે નિરાશ્રિતોના પ્રશ્ને મગરનાં આંસુ પાડવા લાગ્યા હતા. પરિણામે પ્રશ્નના ઉકેલના નામે શૂન્ય. દામોદર-વેલી પ્રૉજેક્ટ વિશે આપે શું કહેવાનું છે ?

અમેરિકાની ટેનેસી-વેલી-પ્રકલ્પના ખ્યાલથી પ્રેરાઈને સહાએ દામોદર-વેલી-પ્રકલ્પનો ખ્યાલ વહેતો કર્યો. બંગાળના ભીષણ દુષ્કાળની પરિસ્થિતિ સહાને ઘણી સતાવતી હતી. સિંચાઈનો પ્રબંધ થાય તો દુષ્કાળની સામે બાથ ભીડી શકાય. આ એક રાષ્ટ્રીય વિચાર હતો. સહા સમાજ અને રાષ્ટ્રની ચિંતા કરતા હતા તેની સાબિતી સહા-સૂચિત દામોદર વેલી-પ્રકલ્પ હતો. પણ તેમાં તેમને ખાસ સહયોગ મળ્યો હોય તેવું લાગતું નથી. તેમાં એવું બની શકે કે રાજકારણીઓ વિજ્ઞાનના માણસ તરીકે સહાને યશ આપવા માગતા નહીં હોય, એવું અનુમાન તારવી શકાય.

અધિકૃત રેકૉર્ડમાં આપને જરાય યશ આપવામાં આવ્યો નથી. ખરેખર આ તો શરમજનક ઘટના કહેવાય. તમારા સમયે પર્યાવરણ અને પારિસ્થિતિકીના પ્રશ્નો ગંભીર ન હતા. આજે તો તેના (પર્યાવરણ અને પારિસ્થિતિકીના) નામ સિવાય લેખ લખી શકતા નથી કે પ્રવચન આપી શકતા નથી. આ પ્રશ્નોના ઉકેલ માટે તમારા કદ અને તમારા જેટલી ક્ષમતાવાળા કોઈ માણસ નથી, જે અભ્યાસપૂર્ણ સૂચન

કરી શકે. પાવર(સત્તા)ની પ્રકૃતિમાં બદલાવ આવી રહ્યો હતો તેનો તમને ખ્યાલ પણ ન આવ્યો. જૂના (કહેવાતા) દેશભક્તો આજે શેતાન જેવા રાજકારણીઓ બની ગયા નથી ? રાષ્ટ્રની વર્તમાન પરિસ્થિતિનો અભ્યાસ કરતાં સ્પષ્ટ થાય છે કે રાજકારણનું ચિત્ર અતિ બિહામણું થતું જાય છે. પ્રજા બેહદ બિનસલામતી અનુભવી રહી છે. મોંઘવારી અને ભ્રષ્ટાચારના તાપ વચ્ચે માણસ શેકાતો જાય છે.

રાજકારણીઓ તમારી મજાક ઉડાવતા હતા. તમારી અવગણના કરતા હતા. અને વિજ્ઞાન-પ્રવાહોમાંથી રાજનીતિના પ્રવાહમાં પ્રવેશ્યા, એટલે તમને લક્ષ્ય બનાવી ઉતારી પાડવાની કોઈ તક ચૂકતા ન હતા. National Planning Committee ના જે વડાની નીચે તમે કામ કરી રહ્યા હતા, તે વડા તમારી વૈજ્ઞાનિક ક્ષમતાની નિંદા કરતા હતા. આવી પરિસ્થિતિમાં તમને એવું નથી લાગતું કે વૈજ્ઞાનિકોનું પદ જોખમમાં મુકાય છે ? ખાસ કરીને તમારાથી ઓછી ક્ષમતાવાળા વૈજ્ઞાનિકને આ રાજકારણીઓ ટકવા દે ખરા ?

આમાં તો બધા પ્રશ્નો પાછળનું પ્રશ્નાર્થ ચિહન લઈ લેતાં સહાનો પ્રત્યુત્તર અભિપ્રેત થાય છે. જ્યારે તમે આવા વિવાદોમાં સપડાયા હતા ત્યારે બેલ ટેલિફોન પ્રયોગશાળામાં ટ્રાન્ઝિસ્ટરની શોધ થઈ ચૂકી હતી. કેવેન્ડિશ પ્રયોગશાળાના વિજ્ઞાનીઓ ક્રીક અને વૉટ્સને - DNAની સંરચના સ્થાપિત કરી હતી. આ શોધોના નિહિતાર્થો યુવાન વિજ્ઞાનીઓને સમજાવવામાં તમે તમારો સમય ગાળ્યો હોત તો વધુ સારું થયું ન હોત ?

અલબત્ત, આ બંને ક્ષેત્રો સહા માટે નવેનવાં હતાં. પણ તેમની ક્ષમતા પ્રમાણે તેમના માટે અશક્ય ન હતું. તેમણે રાજકારણમાં સાચા રાષ્ટ્રભક્ત તરીકે ઝંપલાવ્યું હતું. આમ તેમણે કાંઈ ખોટું કર્યું નથી. તેમની ધારણા એવી હોઈ શકે કે પાર્લમેન્ટમાં જઈને રાજકારણીઓને વૈજ્ઞાનિક દષ્ટિકોણથી જોતા-વિચારતા કરી શકાય. અહીં જ તેમણે થાપ ખાધી લાગે છે.

છેલ્લે સવાલ એ છે કે આપ ભારતીય સમાજના નિમ્ન સ્તરમાંથી આવ્યા હતા, પણ તમારી પ્રતિભા(પ્રજ્ઞા, મેધાના જોરે)ને આધારે આપ ઉચ્ચતમ સ્તરે પહોંચ્યા. પરિણામે જાહેર સન્માનનીય વ્યક્તિ બન્યા. તમે નિરાશ્રિતોના મસીહા બન્યા અને દેશમાં એક નિર્ભીક વક્તા તરીકે ઊભરી આવ્યા. આટલી બધી જ્વલંત વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધિઓ હોવા છતાં, રાજકારણીઓએ તમને ઉતારી પાડ્યા. તમને ફસાવવા તમામ પ્રયત્નો કરતા, તેથી તમારા હૃદયમાં ભારે કડવાશ ઊભી થઈ, તમે ભગ્નહૃદયી બન્યા. સ્વર્ગીય માહોલ માટેના વિચારો પ્રત્યે તમારી સંવેદિતા સમજાય તેમ છે. પ્રકૃતિએ જે બાળકોને તમારા વૈજ્ઞાનિક કાર્ય માટે દીક્ષા આપી છે, તેમના માટે વિચારો, શું આ બાળકોએ તમને નાપાસ કર્યા છે ?

તેના સંદર્ભમાં બાઇબલના New Testamentમાંથી આ જવાબ મળી શકે.

"Suffer little children to come unto me, and forbid them not, for of such is the kingdom of God."

સહા રાષ્ટ્રપુરુષ ઇજનેર એમ. વિશ્વેસરૈયા કરતાં નહેરુને વધારે પસંદ કરતા હતા. તેના ટેકામાં સહાએ 1938માં નહેરુ માટે આમ કહ્યું હતું : અમેરિકનો અબ્રાહમ લિંકનને સન્માન આપતાં લખે છે કે 'First in war, first in peace' નહેરુને આ રીતે વર્ણવી શકાય. અહીં કદાચ સહાનો નહેરુ પ્રત્યેનો અહોભાવ કારણભૂત હોઈ શકે. એમ હોય તો વિશ્વેસરૈયાને અન્યાય થયો ન ગણાય ?

# 12

# દેશહિતૈષી શિક્ષક - સહા

સાચો શિક્ષક શાંતિનું સર્જન કરે છે તેમજ ક્રાંતિનું નિર્માણ કરે છે. આ અર્થમાં શિક્ષક સમાજનું દિલ અને રાષ્ટ્રનું દિમાગ ગણાય. આ બધું ક્યારે બને જ્યારે શિક્ષક પોતાના વિષયમાં સંપૂર્ણ-સજ્જ હોય, વિચારોમાં અડગ હોય, વાણીમાં આર્જવ હોય અને વર્તનમાં પારદર્શક હોય ત્યારે. આવો શિક્ષક જ્યોતિર્ધર હોય છે. ઉપરાંત તે સમાજ અને રાષ્ટ્રના પાયાની નીંવ બને છે. ઉદાર તો ખરો જ.

પોતાનો વિદ્યાર્થી (કે શિષ્ય) પોતાનાથી સવાયો સફળ થાય ત્યારે વિજ્ઞાની માટે બીજો કોઈ ઉત્કૃષ્ટ આનંદ હોતો નથી, તેનું ચિત્ત પ્રસન્ન બને છે. વિજ્ઞાની પોતાના શિષ્યને પોતાના ખભા ઉપર ઊભો રાખી દૂરનું દેખાડે છે. તે રીતે વિજ્ઞાનની પ્રગતિ ઉત્તરોત્તર થાય છે. વિજ્ઞાનનો શિક્ષક પોતાના શિષ્યને જ્ઞાનનો રાહ ચીંધે છે. વિચારવા ઉત્તેજિત કરે છે. જેથી જ્ઞાનની શોધ અને વિસ્તાર વધે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાની જે. એ. વ્હીલર કહે છે કે, આપણે તો અજ્ઞાનતાના સમુદ્રને કિનારે ઊભા છીએ. જેમ જેમ આપણા જ્ઞાનનો નાનકડો ટાપુ મોટો થાય છે તેમ આપણા અજ્ઞાનનો કિનારો વિસ્તરે છે. પોતાના શિષ્યો તેમનાથી વધુ ઝળકી ઊઠે તે માટે વ્હીલર પ્રેરણા આપતા. નોબેલ પુરસ્કારવિજેતા ભૌતિકવિજ્ઞાની રિચર્ડ ફીનમેનનું પણ બરાબર તેવું જ કહેવું છે.

ભારતમાં પણ આવા વિજ્ઞાનીઓ થઈ ગયા છે જેઓ સારા એવા પ્રેરક શિક્ષક હતા. સર સી.વી. રામન તો ઋષિ-શિક્ષક હતા. તે પછી આવે મેઘનાદ સહા (1893-1956)નું નામ. તે સાથે જગદીશચંદ્ર બોઝ, સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ, પ્રફુલચંદ્ર રે વગેરે. મેઘનાદ સહાએ ઉષ્મીય આયનીકરણ(Thermal Ionization) નો સિદ્ધાંત આપ્યો. સહાએ તેને સૂત્રબદ્ધ કર્યો. લાંબા સમયથી ચાલ્યા આવતા તારાકીય વર્ણપટ(Steller spectra)ના કોયડાની સમજૂતી આપી. આ તો સહાનું વૈજ્ઞાનિક પાસું છે. વ્હીલર તથા ફીનમેન જેવા તે ઉચ્ચ કોટિના શિક્ષક હતા. તેમના શિષ્યો (ડૉ. ડી. એસ. કોઠારી - યુજીસીના ચૅરમૅન; શિક્ષણપંચના અધ્યક્ષ, આર.સી.

મજુમદાર) વિજ્ઞાનમાં તો સવાયા ઝળક્યા પણ તે સાથે સનદી સેવાઓ, કાયદાક્ષેત્રે, ફિલ્મ-ક્ષેત્રે પણ ઉત્તમ કામગીરી બજાવી છે. તેનો અર્થ એ થયો કે સહા તેમના શિષ્યોની બુદ્ધિ-પરખમાં હોશિયાર હતા. તેમના શિષ્યોની બુદ્ધિ-ક્ષમતા ક્યાં બંધ બેસે છે તે પણ સરળતાથી જાણી શકતા હતા.

સહા સામાજિક ક્ષેત્રે અત્યંત જાગ્રત હતા. તેઓએ ભારતમાં પ્રવર્તતી ગરીબાઈ અને બેકારી(બેરોજગારી)ના ઉકેલ માટે વિજ્ઞાનીઓને સક્રિય બનવાની તાકીદ કરી, સામાજિક પરિસ્થિતિનો ખ્યાલ કરવાનો અનુરોધ કર્યો. આઇવરી ટાવર(સુરક્ષિત સ્થળ)માં બેસી સંશોધન કરનાર વિજ્ઞાનીઓને, તે ઉપરાંત સમાજને ઉપકારક બને તેવું સંશોધન કરવાનો આગ્રહ કરતા હતા. સહા માત્ર શબ્દોના સ્વામી ન હતા પણ પ્રખર કર્મયોગી હતા.

તેઓ રાષ્ટ્રીય આયોજનમાં સક્રિયપણે સંકળાયેલા હતા. નદીઓનાં વહી જતાં પાણી ઉપર નિયંત્રણ કરી સિંચાઈના ઉપયોગમાં લેવાના આગ્રહી હતા. અને તે હતો રાષ્ટ્રની અન્ન-સમસ્યાના ઉકેલનો રાહ.

તેમણે કૅલેન્ડર સુધારણાનો પ્રકલ્પ પણ હાથ પર લીધો હતો.

સહા દૃઢપણે માનતા હતા કે મોટા પાયે ઔદ્યોગિકીકરણથી ગરીબાઈનું નિરાકરણ લાવી શકાય છે. ગાંધીજી ગૃહ-ઉદ્યોગ દ્વારા ઘેર-ઘેર રોજી-રોટીનો પ્રબંધ કરવાના આગ્રહી હતા. ગાંધીજીનો ચરખા-પ્રરૂપ સિદ્ધાંત સહાને ગળે ઊતરતો ન હતો. ગરીબાઈનો તેનાથી ઉકેલ ન આવે તેવું સહા માનતા હતા. ગરીબાઈના નિવારણની આ ધીમી પ્રક્રિયા છે, તેવું સહાને લાગતું પણ તે સમગ્ર-સમાજ વ્યાપક પ્રક્રિયા ખરી. ઔદ્યોગિકીકરણ સ્થાનિક અને કેન્દ્રિત પ્રક્રિયા છે. આથી ગાંધીજીની ચરખા-સંસ્કૃતિ સહાને પીછેહઠ જેવી લાગતી હતી. સમય સાથે તેનો મેળ બેસે તેમ નથી અને તેનો કાળ વિપર્યાસ અને પ્રતિગામી છે.

મેઘનાદ સહા જણાવે છે કે,

'આધુનિક વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓને ત્યજી દઈને તથા ચરખા, લંગોટી અને બળદગાડા ઉપર પાછા ફરીને વધુ સારા અને સુખી જીવન માટેની સ્થિતિ સર્જી શકાય એવું અમે વિચારી પણ શકતા નથી.' સહાને ગાંધીજી પુનઃપ્રવર્તનવાદી (Revivalist) લાગ્યા હતા. તેઓ દેશને અને માનવજાતને દૂર ભૂતકાળમાં લઈ જવા માંગે છે, તેઓ વિજ્ઞાનવિરોધી (?) છે એ વિશે કંઈ શંકા નથી. ગાંધીજીને સમજવામાં સહાએ અહીં થાપ ખાધી હોય તેવું લાગે છે.

રાષ્ટ્રને વધુ ઉપયોગી થવા માટે સંસદ-સભ્ય બનવું તેમને જરૂરી લાગ્યું. આથી સંસદની ચૂંટણીમાં સ્વતંત્ર ઉમેદવાર તરીકે 1952માં કૉલકાતામાંથી ચૂંટાઈ આવ્યા હતા. તેઓ જાગ્રત અને સક્રિય સાંસદ હતા. તે રીતે તેમણે બહુમુખી કાર્ય-શૈલી દાખવી સંસદમાં મોટો પ્રભાવ ઊભો કર્યો હતો.

તેઓ કોઈ મુદ્દા ઉપર સંસદના ગૃહમાં બોલવા ઊભા થાય ત્યારે બીજા બધા સાંસદો સાબદા થઈ સાંભળવા લાગતા. આ રીતે તેમણે પોતાના અચાનક અવસાન (1956) સુધી તે જ-ભૂમિકા અખત્યાર કરી. આ રીતે સહા જેવી ભૂમિકા અદા કરવા સક્રિય થઈ શકે તેવા સાંસદોએ રાજનીતિ અપનાવવી જોઈએ.

સહાના શાણા અને અગ્ર-બુદ્ધિવાળા શબ્દો ઉપર લક્ષ ન આપવાને કારણે અત્યારે સમાજ-સંબંધક સંશોધનની પ્રસ્તુતતા વિશેષ છે. હાલમાં વિજ્ઞાનક્ષેત્રે થતું સંશોધન ભાગ્યે જ સમાજોપયોગી છે. આવા સંશોધનનું એકૅડેમિક મહત્વ છે. આઝાદીનાં 66 વર્ષ પછી પણ સ્વતંત્ર ભારતમાં ઘણા લોકો ભૂંડી ગરીબાઈ અને કંગાલિયતમાં સબડે છે. સમસ્યાઓ તાત્કાલિક દૂર કરે તેવું સંશોધન માણસ ઉપર મોટો ઉપકાર ગણાય. અત્યારે દેશના મોટા ભાગના લોકો માટે સ્વાસ્થ્ય અને આરોગ્યની સુવિધાઓ તેમની પહોંચ બહાર છે. હાલમાં ભારત બે ભાગમાં વિભાજિત છે. 25 % લોકો આર્થિક રીતે સમૃદ્ધ છે જે અગ્ર-ટૅકનૉલૉજીના તમામ પ્રકારના-સામાજિક, વૈજ્ઞાનિક, મનોરંજન અને સ્વાસ્થ્ય-આરોગ્યના ફાયદા બેહદ રીતે ઉઠાવી રહ્યા છે. આ વર્ગ 21મી સદી (AD)માં જીવી રહ્યો છે. બાકીના લોકો 21મી સદી (BC)માં જીવી રહ્યા છે. ચિત્ર સ્વયંસ્પષ્ટ છે.

આપણી સમસ્યાઓનું દોષારોપણ બીજા ઉપર કરવાનું આપણને સારી રીતે ફાવી ગયું છે. આઝાદીનાં આટલાં વર્ષો પછી પણ આપણી સ્થિતિ બદતર છે. માનવ-વિકાસ સૂચિતાંક અગાઉ કરતાં વધારે નીચે ઊતરતો જાય છે.

એક જ ષ્ટાંત બસ છે. ચેન્નાઈ ઇલાકામાં આવેલ કૂઉમ (Cooum) નદી બ્રિટિશરોના શાસન દરમિયાન ગોપ-કાવ્ય જેવી સુંદર અને આનંદદાયી હતી. સદી પહેલાં તેનો ઉપયોગ સ્વપ્ન-દર્શી હોડી-સવારી માટે થતો હતો. અત્યારે તે નરકનો સચોટ ખ્યાલ આપી શકે તેટલી ગંદી છે. સમગ્ર વિસ્તારમાં અડધી સદીથી દુર્ગંધ ફેલાવે છે. બિચારા અભાગિયા લોકોને તેના કિનારે રહેવું પડે છે. તેનું પાણી કાળી શાહી જેવું છે. સમગ્ર વિસ્તાર મચ્છરોથી રોગોની કૉલોની બની ગયો છે.

વિજ્ઞાનીઓ અને ઇજનેરો ચપટી વગાડતાંની સાથે તેનો ઉકેલ લાવી શકે તેમ છે, જો સંયુક્ત રીતે પ્રયત્નો કરવામાં આવે તો તેમાં રાજકીય ઇચ્છાશક્તિ મહત્વની છે. વિજ્ઞાનીઓ અને ઇજનેરો ટૅકનૉલૉજીના સહારે પાણી પેય બનાવી શકે છે, સિંચાઈના ઉપયોગમાં લઈ શકે છે. નદીને તેનું પોતાનું સૌંદર્ય પાછું અપાવી શકે છે. પછી ક્રિષ્ના અને કાવેરીનાં જળ માટે તડપવું નહીં પડે. વિજ્ઞાનીઓ અને ઇજનેરો સામે આ સામાજિક પડકારો છે. શું તેને માટે તેઓ તૈયાર છે ? આ જગાએ અને સમયે સહા હોત તો તે તૈયાર થયા હોત. સહાની ગેરહાજરીમાં શું ફરીથી કૂઉમ નદીમાં હોડીઓ ફરતી થાય અને લોકો તેના સૌંદર્યનો ઉપભોગ કરી શકે તેવું સ્વપ્ન આપણે સાર્થક કરી શકીશું ?

# 13

# સહાને અંજલિ

મેઘનાદ સહા ભારતીય વિજ્ઞાનના ઇતિહાસની યાદગાર વૈજ્ઞાનિક ઘટના છે. સહા ભારતના આગળ પડતા ભૌતિકવિજ્ઞાની હતા. પ્રો. સત્યેન્દ્રનાથ બોઝ, પ્રો. શિશિરકુમાર મિત્રા, પ્રો. પ્રશાંતચંદ્ર મહાલેનોબિસ અને પ્રો. એન. આર. સેનના સમકાલીન હતા. ભારતમાં વૈજ્ઞાનિક સંસ્કૃતિના નવજાગરણ(renaissance) ની શરૂઆત ડૉ. જગદીશચંદ્ર બોઝ, આચાર્ય પ્રફુલ્લચંદ્ર રે અને સર સી. વી. રામનના સમયથી થઈ હતી. આ બધાંની સાથે સહાએ વિવિધ ક્ષેત્રે વૈજ્ઞાનિક ફાળો આપ્યો હતો, જેમ કે ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાન (astrophysics), ઉષ્માગતિકી (thermodynemics), ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન, વાતાવરણીય ભૌતિકવિજ્ઞાન (atmospheric physics), આયનોસ્ફિયર વગેરે. આ દરેક ક્ષેત્રે સહાએ નવી દૃષ્ટિ અને નવા વિચારો આપ્યાં છે. પાછળની અવસ્થામાં તેમણે વધુ પડતો રસ ધરાવ્યો જે કાળસંગત હતો. પોતાની પ્રવૃત્તિઓનું આ વળાંકબિંદુ હતું. તેમની પ્રતિભા બહુમુખી અને લાક્ષણિક રહી છે. ભારતને આધુનિકતા આપવા માટે તેમણે કરેલું વૈજ્ઞાનિક આયોજન સરાહનીય છે. ઉચ્ચ તાપમાન આયનીકરણ અને તારકીય વાતાવરણ પરત્વે તેનું પ્રયોજન એ તેમનું નિઃશંક યોગદાન છે. તેના સંદર્ભમાં તેમણે 1920-21માં 'Philosophical Magazine'માં ચાર અવિસ્મરણીય સંશોધનલેખો પ્રગટ કર્યા. તેમાં 'Radiation Pressure and Quantum Theory' લેખ ઘણો મહત્વનો છે. વિકિરણ-દબાણ માપવા માટેનું ઉપકરણ પણ તેમણે વિકસાવ્યું હતું. જુઓ આકૃતિ.

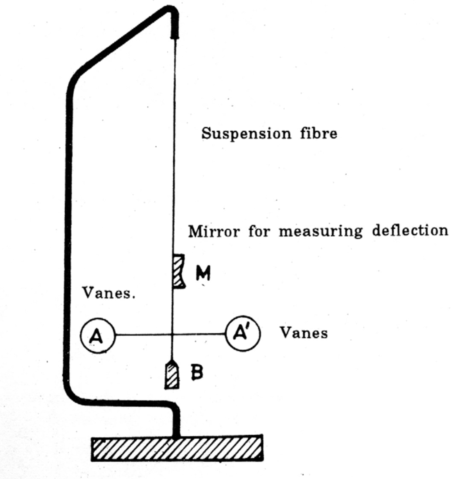



Fig. 1. The arrangement used by Meghnad Saha to measure radiation pressure

ખગોલીય રેડિયો ઉદગમોના પ્રાયોગિક અભ્યાસ કરતે સમયે પ્રો. સહા 21 સેમી. હાઇડ્રોજન રેખાની નજીક પહોંચ્યા હતા. સૂર્ય અને તારકોનાં વિકિરણમાંથી ઉત્સર્જિત થતી હાઇડ્રોજન પરમાણુના સ્તરોની અતિસૂક્ષ્મ વિઘટન(hyperfine split)ની શક્યતાની આગાહી તેમણે કરી હતી. જો તેઓ આ અભ્યાસમાં આગળ વધ્યા હોત તો 21 સેમી. H-રેખાની અદભુત શોધ કરી શકયા હોત. તેમના 'Atmosphere Solar observation'ના સંશોધનલેખમાંથી તેમણે 'Stratospheric observatory'ની શરૂઆત અને પરિણામો ઉપર ખાસ ભાર મૂક્યો હતો. તેના આધારે સમગ્ર વિદ્યુત ચુંબકીય વર્ણપટનું અવલોકન અને અભ્યાસ શક્ય અને સરળ બન્યાં હોત. જે છેલ્લા ત્રણ દસકામાં શક્ય બન્યું. તેનાથી ખગોલીય વિભાવના થકી વૈજ્ઞાનિક ક્રાંતિ થઈ હોત અને વિજ્ઞાનના વિશ્વને સંપૂર્ણપણે સમજી શકાયું હોત. કદાચ સમયના આરંભ સુધી જઈ શકાયું હોત.

ઉપરિતન (ઉચ્ચ) વાતાવરણ સંશોધન : ચેપમેન બાદ, પ્રો.સહાએ ઉચ્ચ વાતાવરણ અને આયનોસ્ફિયર સંશોધન અને ઓઝોન સ્તરની રચના માટે ફોટો આયોનિઝેશન સિદ્ધાંત વિકસાવ્યો. ઓઝોનનાં નિર્માણ અને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ્સ તથા કાર્બન-ડાયૉક્સાઇડ વગેરે વડે ઓઝોન પરમાણુનું ભંજન સમજવું જરૂરી હતું. ઓઝોન નિર્માણ અને ભંજનની વિરુદ્ધ ઘટનાઓ જાણી શકાય તો તેના સ્તરની સ્થિરતા જાણી શકાય. ઓઝોન-સ્તરની સ્થિરતાનું ઘણું મહત્વ છે. તેના અભ્યાસથી માનવસર્જિત ગ્રીનહાઉસ વાયુઓની જાણકારી મેળવી શકાય છે. ઓઝોનના સ્તરભંજનની દૂરગામી ઘણી ગંભીર અસરો પેદા થાય છે, જેમ કે ઋતુ-પરિવર્તન, વરસાદની અનિયમિતતા, કૃષિ-ઉત્પાદનમાં ઘટાડો, પૃથ્વી ઉપર

સજીવોની જાનહાનિ વગેરે.

પ્રો. સહાના ખગોળભૌતિકવિજ્ઞાનના અભ્યાસ અને સંશોધનથી બાહ્ય અવકાશ(Space)ની માહિતીનો માર્ગ મોકળો થયો. આયનમંડળ(ionsphere)ને લીધે રેડિયો-પ્રસારણ સરળ બન્યું. Insat ઉપગ્રહોની શ્રેણીથી મોસમવિજ્ઞાન, કૃષિવિજ્ઞાન, સ્વાસ્થ્ય અને આરોગ્યનો અભ્યાસ સરળ બન્યો. આ બધાંનાં મૂળ સહાનાં સંશોધન સુધી જાય છે.

પ્રો. સહાનો વિકિરણ ઉપરનો સંશોધન-લેખ 'On Radiation and quantum theory' માં ક્વૉન્ટમ ભૌતિકવિજ્ઞાન અને સૌર ભૌતિકવિજ્ઞાનનો સમન્વય સધાયો છે. તેમના પછીના સંશોધનમાં તેમણે સ્થાપિત કર્યું કે સૂર્ય અને તારાઓ ખરેખર કાળા પદાર્થો (black bodies) નથી, પણ ભૂખરા (Gray) પદાર્થો છે. તેમનું વિકિરણ ઉત્સર્જન કાળા પદાર્થના વિકિરણ સિદ્ધાંતને અનુસરતું નથી. 1919ના સંશોધનલેખ ઉપરથી નિયત સમય પહેલાં કહી ન શક્યા કે તેમનો આ લેખ ભવિષ્યની ટૅકનૉલૉજી અને અવકાશ સંશોધન માટે મહત્વનું સાધન બની રહેશે. કેટલાય Deep space probesમાં તેમનાં વિકિરણ-દબાણનો ઉપયોગ થાય છે, જે અવકાશ-યાનની કક્ષીય ગતિની આડકતરી રીતે ધક્કારૂપ યંત્રવિધિ પૂરી પાડે છે. આપણા INSATમાં વિકિરણ-દબાણનો અસરકારક ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે.

સંસદમાં તેમજ રાષ્ટ્રીય આયોજનમાં તેમનો આધુનિક અભિગમ બૌદ્ધિકોમાં પ્રશંસનીય રહ્યો છે. દૈવી પ્રભાવના દબાણ, દંતકથાઓ અને અજ્ઞાનતાને ભેદવાનું કામ ઘણું કપરું હતું. સાથે સાથે મહાત્મા ગાંધીના ભૌતિકવાદના સિદ્ધાંત સામે ઝીક લેવાનું પણ સરળ ન હતું. એક માત્ર રાષ્ટ્રીય નાગરિક અને ઇજનેર એમ. વિશ્વેસરૈયા એવા હતા, જેમણે હિંમતથી કહ્યું કે તત્વવેત્તાઓએ સંતોષનો જે માર્ગ ચીંધ્યો છે તે તો સ્થગિતતાનો માર્ગ છે. પ્રો. સહા કહેતા કે વર્તમાન સંસ્કૃતિનો હાર્દરૂપ શબ્દ વિજ્ઞાન છે. જો આપણે જીવવું હોય તો કુદરતની સામે બાથ ભીડવી પડશે. તે માત્ર વિજ્ઞાનથી જ શક્ય છે. બલિદાન એ તો અક્ષમતાનો પર્યાય છે. સહા બૌદ્ધિકોની અજ્ઞાનતા ઉપર કટાક્ષ કરવાની હિંમત ધરાવતા હતા. કેટલાક બૌદ્ધિકો કહેતા કે આ બધું વિજ્ઞાન તો આપણા વેદોમાં આપેલું જ છે. બરાબર હશે, પણ તેમાં વૈજ્ઞાનિક આત્મશક્તિ(મિજાજ) (spirit)નો સદંતર અભાવ છે. તેમના આદરણીય શિક્ષક પ્રો. પ્રફુલ્લચંદ્ર રે પણ ગાંધીજીના અધ્યાત્મવાદ તરફ ઢળેલા હતા. સહાએ રે સાહેબને પૂછ્યું કે, 'તમારે તાત્કાલિક રેલવેસ્ટેશન પહોંચવાનું હોય તો તમે બળદગાડું મંગાવશો ?' 'આવે સમયે તો ઝડપી વાહન જ જોઈએ - જે વિજ્ઞાનની દેણ હોય.' અત્યારના સમયે પ્રો. સહાના ભવિષ્યવાણીરૂપ શબ્દો બેશક યાદ આવે. ઇતિહાસનો સૌથી મોટો અને મહતત્વનો સાર તો એ છે કે માનવ-જાતે રાષ્ટ્રીયઉત્પાદન થકી નવોદિત ટૅકનૉલૉજીનો લાભ અવશ્ય લેવો જોઈએ. જો તેમ

કરવાનું માણસ ચૂકશે તો તેનાં સ્વાતંત્ર્ય અને વ્યક્તિત્વને ટકાવવાની તક હાથથી જશે, ખાસ તો નવતર ટેકનિક સામે અને સંઘર્ષના સમયે.

મેઘનાદ સહા દ્રષ્ટા હતા. મહાન વિજ્ઞાની હતા, ઉચ્ચ કોટિના સર્જક હતા અને ચુસ્તપણે માનતા હતા કે રાષ્ટ્રીય સમસ્યાને ઉકેલવા માટે પ્રયુક્ત વિજ્ઞાન અને ટેકનૉલૉજીનો ઉપયોગ કરવાનો રહે છે. રાષ્ટ્રના વિકાસનાં ધોરણો નક્કી કરવામાં તેમનો સિંહફાળો હતો. પણ આપણા દુર્ભાગ્યનો મોટો પહાડ છે. યુવા વયે ડૉ. હોમીભાભા અને ડૉ. વિક્રમ સારાભાઈ, જ્યારે તેમની જરૂરિયાત તાતી હતી ત્યારે જ તેમને અકાળે સ્વર્ગે સિધાવાનું થયું. સહાનું પણ એમ જ ગણાય. કારણ કે તેઓ 62 વર્ષની વયે દિવંગત થયા. આ બધું જોતાં બાઇબલની નીચેની વાત જરૂરથી સામે આવે :

'ગુલાબો મરે છે પણ કાંટા જીવંત રહે છે.'

મતલબ સારા માણસો આપણા વચ્ચેથી વહેલા વિદાય લે છે. રોડાં જેવા કાંટારૂપ લોકો પૃથ્વી ઉપર ઝાઝો સમય પડી રહે છે.

ભારતીય અવકાશ પંચના અધ્યક્ષ યુ. આર. રાવ તો મેઘનાદ સહાને 'યુગપુરુષ' તરીકે નવાજે છે.

સહાના અવસાન બાદ અપાયેલી અંજલિમાં તેમનું મૂલ્યાંકન અને અસ્મિતા અકબંધ જળવાઈ રહે તે માટે, જે તે મહાનુભાવોના પોતાના શબ્દોમાં જ અહીં આપવામાં આવી છે.

"Meghnad Saha's ionization equation (c.1920), which opened the door to steller astrophysics was one of the top ten achievements of 20th century Indian science [and] could be considered in the Nobel Prize class." - Jayant Narlikar

"The impetus given to astrophysics by Saha's work can scarcely be overestimated, as nearly all later progress in this field has been influenced by it and much of the subsequent work has the character of refinements of Saha's ideas." - S. Rosseland

"He (Saha) was extremely simple, almost austere, in his habits and personal needs. Outwardly, he sometimes gave an impression of being remote, matter of fact, and even harsh, but once the outer shell was broken, one invariably found in him a person of extreme warmth, deep humanity, sympathy and understanding; and though

almost altogether unmindful of his own personal comforts, he was extremely solicitous in the case of others, It was not in his nature to placate others. He was a man of undaunted spirit, resolute determination, untiring energy and dedication.'' - D. S. Kothari

# 14

# મહત્વની ઘટનાઓની સાલવારી

| | | |
|---|---|---|
| 1893 | - | સહાનો જન્મ (સિયોરાતલી - હાલ બાંગ્લાદેશમાં) |
| 1905 | - | ગવર્નમેન્ટ કૉલેજિયેટ સ્કૂલ(ઢાકા)માં જોડાયા. |
| | - | બંગભંગની ચળવળમાં અગ્ર-ભાગ લીધો. |
| 1909 | - | કલકત્તા યુનિવર્સિટીની મૅટ્રિક પરીક્ષા પાસ કરી -પૂર્વ બંગાળમાં પ્રથમ નંબરે. |
| 1911 | - | કલકત્તા યુનિવર્સિટીની ઇન્ટરમીડિયેટ સાયન્સની પરીક્ષા પાસ કરી. |
| 1913 | - | બી.એસસી. (ગણિતશાસ્ત્ર) પ્રથમ વર્ગ. |
| 1915 | - | એમ.એસસી. - પ્રથમ વર્ગ. |
| 1916 | - | કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં જોડાયા. |
| 1918 | - | રાધારાની રૉય સાથે લગ્ન. |
| | - | ડી.એસસી.ની ઉપાધિ મેળવી. |
| 1920 | - | પ્રેમચંદ રાયચંદ શિષ્યવૃત્તિ અને ઘોષ ફેલોશિપ મળી - |
| | - | ઉચ્ચ અભ્યાસાર્થે યુરોપ ગયા - આલ્ફ્રેડ ફાઉલર સાથે સંશોધન કર્યું. |
| | - | ઉષ્મીય આયનીકરણ (Thermal Ionization)નો સિદ્ધાંત આપ્યો. |
| 1921 | - | કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં ખેરા પ્રોફેસર તરીકે નિમાયા. |

| | | |
|---|---|---|
| 1923 | - | અલ્લાહાબાદ યુનિવર્સિટીમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન વિભાગના અધ્યક્ષ તરીકે નિમાયા. |
| 1926 | - | મુંબઈ ખાતે ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ગણિતશાસ્ત્ર વિભાગના અધ્યક્ષ બન્યા. |
| 1927 | - | ફેલો ઑફ રૉયલ સોસાયટી (FRS) |
| | - | વિજ્ઞાની વોલ્ટાની જન્મશતાબ્દીની ઉજવણી વખતે ભારતના પ્રતિનિધિ તરીકે સહાને આમંત્રણ મળ્યું. |
| | - | ફ્રાન્સની ઍસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીએ માનદ 'આજીવન સભ્ય' તરીકે સહાને ચૂંટ્યા. |
| 1930 | - | સામાજિક અને રાષ્ટ્રીય પ્રશ્નોના નિરાકરણની દિશામાં પગરણ. |
| 1931 | - | 'The Treatise on Heat' પુસ્તક પ્રગટ કર્યું. |
| 1932-34 | - | અલ્લાહાબાદ એકૅડેમીના પ્રથમ અધ્યક્ષ. |
| 1933 | - | અમેરિકાની હાર્વર્ડ યુનિવર્સિટીના શતાબ્દી-સમારોહમાં સક્રિય ભાગ લીધો. |
| 1934 | - | ઇન્ડિયન સાયન્સ કૉંગ્રેસના જનરલ પ્રમુખ |
| | - | દામોદર પૂર-સમિતિના સક્રિય સભ્ય. |
| 1935 | - | ઇન્ડિયન સાયન્સ ન્યૂઝ ઍસોસિયેશનની સ્થાપના કરી. |
| | - | 'સાયન્સ ઍન્ડ કલ્ચર નામનું વિજ્ઞાન સામયિક શરૂ કર્યું. |
| 1935-36 | - | નોબેલ પુરસ્કાર માટે આર્થર કૉમ્પ્ટને સહાનું નામ નિર્દિષ્ટ કર્યું. (પણ મળેલ નહીં.) |
| 1936 | - | બ્રિટિશ સામ્રાજ્યના કાર્નેગી ટ્રસ્ટના દરિયાપાર ફેલો તરીકે ચૂંટાયા. |
| 1937-39 | - | નૅશનલ એકૅડેમીના બીજા અધ્યક્ષ. |
| 1938 | - | પાલિત પ્રોફેસર તરીકે કલકત્તા યુનિવર્સિટીમાં જોડાયા. |
| 1944 | - | ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ફૉર કલ્ટિવેશન ઑફ સાયન્સ (IACS) માં જોડાયા. |
| 1944-46 | - | બેંગાલ રૉયલ એશિયાટિક સૉસાયટીના અધ્યક્ષ (હવે એ.સો.). |

| | | |
|---|---|---|
| 1948 | - | ડૉ. રાધાક્રિષ્નના અધ્યક્ષપદે નિમાયેલ યુનિવર્સિટી શિક્ષણ સમિતિના સભ્ય |
| | - | ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાનની સંસ્થા કૉલકાતામાં સ્થાપી. |
| 1950 | - | આ સંસ્થા કાર્યરત બની. |
| 1951 | - | ભારતની સંસદમાં ઉ.પૂ. કૉલકાતામાંથી સ્વતંત્ર સભ્ય તરીકે ચૂંટાયા. |
| 1952 | - | સહાના અધ્યક્ષપદે ભારતીય કૅલેન્ડર સુધારણા સમિતિની રચના થઈ. |
| 1953 | - | સહાની ષષ્ટિપૂર્તિની ઉજવણી. |
| | - | "M. N. Saha in Historical Perspective" પ્રશસ્તિ-ગ્રંથ અર્પણ. |
| 1956 | - | અવસાન (દિલ્હી ખાતે). |

ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ ભારતના વિજ્ઞાનીના જીવન અને કાર્યની વિગતો આપતાં માહિતીપ્રદ અને પ્રમાણભૂત પુસ્તકો પ્રગટ કરે છે. એની શ્રેણીમાં ડૉ. પ્રહલાદભાઈ છ. પટેલ દ્વારા આ પુસ્તક પ્રકાશિત થઈ રહ્યું છે. મેઘનાદ સહાના જીવનકાર્ય વિશેનું આ ગુજરાતી ભાષામાં સર્વપ્રથમ પુસ્તક છે.

મેઘનાદ સહા દલિત હતા, પણ મહાન શિક્ષક, લેખક, સમાજચિંતક, ઉત્કૃષ્ટ રાષ્ટ્રપ્રેમી અને પ્રખર વિજ્ઞાની હતા. દલિત અને ક્રાંતિકારી હોવાને કારણે સમાજ અને સરકાર તરફથી ઘણું સહન કરવું પડ્યું હતું. તેઓ ઉચ્ચ કોટિના ન્યૂક્લિયર અને સમર્થ યુગપ્રવર્તક ખગોળભૌતિક વિજ્ઞાની હતા. વિજ્ઞાન સંસ્થાઓના સર્જક હતા. તેમની શક્તિ, ક્ષમતા અને વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધિઓથી તેઓ વિશ્વનાગરિક બન્યા.

સ્વતંત્ર સાંસદ સભ્ય તરીકે પરિણામલક્ષી અભિગમ અને કાર્યવહીને કારણે તેમની સંસદમાં હાજરી ધ્યાનાકર્ષક રહેતી હતી. કોઈ પણ સમસ્યા પ્રત્યે તેઓ રાજકીય નહીં પણ રાષ્ટ્રીય અને વૈજ્ઞાનિક અભિગમ ધરાવતા હતા. તેઓ સર્જનાત્મક ક્રાંતિકારી હતા. તેઓ એકથી વધારે માર્ગોના યાત્રી રહ્યા છે. તેમની અપૂર્વ ક્ષમતાને ન્યાય આપવો અઘરો છે. તેમની દલિતોદ્ધારની ભાવનાને ઉજાગર કરવાનું તેથીય અઘરું છે.

તેઓ હંમેશા કહેતા કે માનવજાતે રાષ્ટ્રીય ઉત્પાદન થકી નવોદિત ટૅક્નૉલૉજીનો લાભ અવશ્ય લેવો જોઈએ. ભારતીય અવકાશ પંચના અધ્યક્ષ યુ.આર. રાવત મેઘનાદ સહાને ‘યુગ પુરુષ’ તરીકે નવાજે છે.

ગુજરાત વિશ્વકોશ ટ્રસ્ટ પ્રકાશન