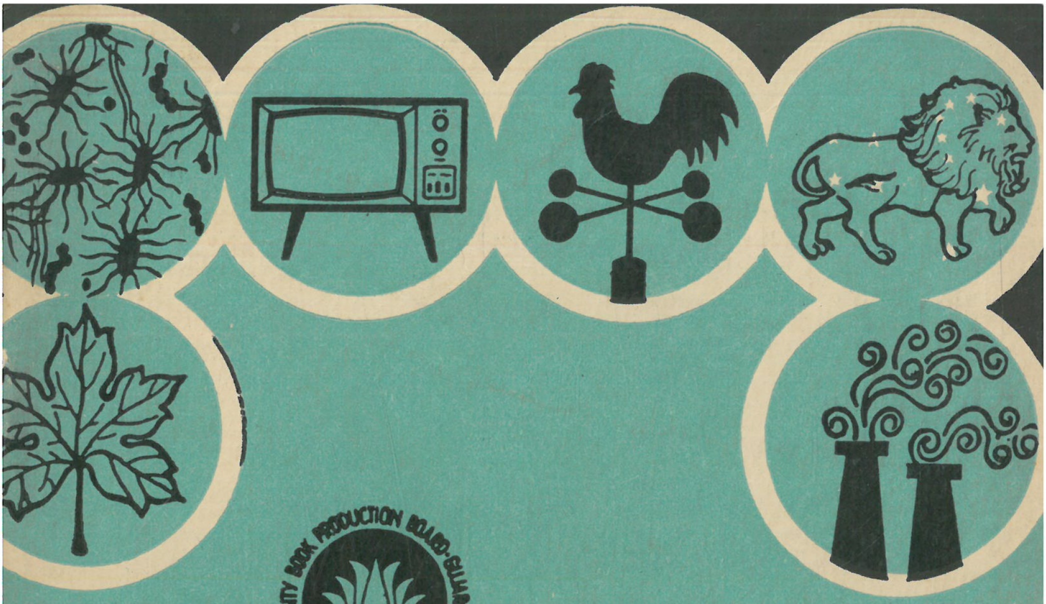


UNIVERSITY BOOK PRODUCTION BOARD-GUJARAT STATE

૫૮

વિજ્ઞાન પરિચય ગ્રંથશ્રેણી ૭

ખગોળ ખૂંદીએ-રેડિયો તરંગે

યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ
સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ્ પ્રા. લિ.

ખગોળ ખૂંદીએ—રેડિયો તરંગે

તંત્રી મંડળ

૧. શ્રી. જે. બી. સેન્ડિલ

૨. શ્રી. સુધીર પંડયા

૩. શ્રી. પી. સી. વૈદ્ય

૪. શ્રી. કે. બી. શાહ

૫. શ્રી. ધીરુભાઈ દેસાઈ

૬. શ્રી. વાસુદેવ મહેતા.

૭. શ્રી. જી. ટી. પંડયા

સંપાદક

શ્રી. જે. બી. સેન્ડિલ

યોજના દાન

હરિ ૐ આશ્રમ નડિયાદ

હરિ ૐ આશ્રમ પ્રેરિત શ્રી. ટી. કે. ગજજર વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકા શ્રેણી

વિજ્ઞાન પરિચય ગ્રંથ શ્રેણી ૭

ખગોળ ખૂંદીએ–રેડિયો તરંગે

પરેશ ર. વૈદ્ય

પ્રયોજક
યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ,
ગુજરાત રાજ્ય, અમદાવાદ—૩૮૦ ૦૦૬

સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ પ્રા. લિ.
મુંબઈ-૪૦૦ ૦૧૪

ખગોળ ખૂંદીએ—રેડિયો તરંગે
© યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ,
ગુજરાત રાજ્ય, અમદાવાદ—૩૮૦ ૦૦૬

પ્રથમ આવૃત્તિ : ૧૯૭૬

મુદ્રક :
શ્રી. ર. દેસાઈ
દિ બુક સેંટર પ્રા. લિ.
૧૦૩, છઠ્ઠો માર્ગ, શીવ, મુંબઈ—૪૦૦ ૦૨૨

પ્રકાશક :
ગં. શ્રી. કોશે
સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ પ્રા. લિ.
મુંબઈ મરાઠી ગ્રંથસંગ્રહાલય માર્ગ,
દાદર, મુંબઈ—૪૦૦ ૦૧૪

નિવેદન

આમ જનતામાં વિજ્ઞાન વિશેની સમજ સુદૃઢ થાય, વૈજ્ઞાનિક ભાવના કેળવાય અને વિજ્ઞાન જીવનમાં ઊતરે તે હેતુસર હરિૐ આશ્રમવાળા પૂજ્ય મોટાએ યુનિવર્સિટી ગ્રંથ-નિર્માણ બોર્ડને રૂ. ૩૦,૦૦૦/-નું એક અનુદાન આપ્યું અને 'વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકા શ્રેણી'નો જન્મ થયો.

'કિશોરભારતી'ની જેમ મુંબઈની સોમૈયા પબ્લિકેશન્સે આ શ્રેણીને પણ સંયુકત ઉપક્રમે પ્રકાશિત કરવાનું અને ગુજરાતી ઉપરાંત બીજી ભાષાઓમાં એને રજૂ કરવાનું સ્વીકાર્યું તે શ્રેણીનું સદ્‌ભાગ્ય રહ્યું.

વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકા શ્રેણીનો વિચાર સૌ કોઈને ખૂબ જ ગમ્યો, અને એને લેખકોનો ઉમળકાભર્યો સહકાર સાંપડયો. આ શ્રેણીમાં અગાઉ ડૉ. છોટુભાઈ સુથારનું 'તારક તેજ અને રંગ' શ્રી. કૃષ્ણકાંત કોટડાવાલાનું 'સૂક્ષ્મ જીવોની સૃષ્ટિ', શ્રી. ભાઈલાલભાઈ વ. પટેલનું 'આપણી વનસ્પતિ', ડો. બી. એન. દેસાઈ અને વિજયગુપ્ત મૌર્યનું 'હવામાનનું જ્ઞાન શા માટે', શ્રી. પદ્મકાન્ત ર. શાહનું 'કાગળ' અને શ્રી. નરસિંહ મૂ. શાહ તેમજ શ્રી. સુધીર પ્ર. પંડયાનું 'પરમાણુશકિત' પ્રગટ થયેલાં છે. આ પછી હવે શ્રી. પરેશ વૈદ્ય લિખિત વિજ્ઞાન પરિચય શ્રેણીનું સાતમું પુષ્પ 'રેડિયો ખૂંદીએ—રેડિયો તરંગે' વાચકોના હાથમાં મુકતાં હું સ્વાભાવિક આનંદ અનુભવું છું; અને આશા રાખું છું કે આગળની છ પુસ્તિકાઓ માફક આને પણ વાચક જગતનો ઉમળકાભર્યો આવકાર મળશે.

આ પુસ્તિકા પ્રગટ કરવા માટેની સઘળી વ્યવસ્થા કરવા બદલ સોમૈયા પબ્લિકેશન્સના સૌનો આભાર માનું છું. શ્રેણીના પ્રકાશન કાર્યમાં વિલંબ ઓછો થયો છે પરંતુ હવે સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ પૂર ઝડપે એ કામ આગળ ધપાવશે એ અપેક્ષા અસ્થાને નહિ ગણાય.

શ્રેણીના માનસપિતા હરિ ૐ આશ્રમવાળા પૂજ્ય મોટાને તો હું ભુલી જ કેવી રીતે શકું?

યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ
ગુજરાત રાજ્ય, અમદાવાદ—૩૮૦૦૦૬

જે. બી. સેન્ડિલ
અધ્યક્ષ

લેખકનું નિવેદન

રડાર અને 'રેડિયો વેવ્સ'નો આ જમાનો છે. નાનાં નાનાં કામોમાં અને જીવનનાં વિવિધ ક્ષેત્રે આ બંનેનો ઉપયોગ થતો રહે છે. વિજ્ઞાનની ઘણી શાખાઓનો વિકાસ વીજાણુ-યંત્રો અને રેડિયોતરંગો વિના થયો જ ન હોત. આ શાખાઓમાં ખગોળશાસ્ત્ર મુખ્ય છે.

અહીં આપેલ પાનાંઓ પર રડારનો અને રેડિયો ખગોળશાસ્ત્ર [Radio Astronomy] નો તમને પરિચય થશે. રડારખગોળ પણ ખૂબ રસભર્યો વિષય હોવાથી તેના પ્રાયોગિક ઉપયોગની વિસ્તૃત સમજણ આપી છે.

વિજ્ઞાનના વિષયોમાં એક વાત હંમેશાં લાગુ પડે છે; તે એ કે પાયાના સિદ્ધાંતો સ્પષ્ટ હોય તો મોટી મોટી વાતો પણ સરળ હોય તેવું લાગે છે. આ કારણોસર રેડિયોખગોળશાસ્ત્રના રસભર્યા વિષયને વાંચક બરાબર માણી શકે તે માટે રેડિયોતરંગોનો અતિશય સરળ પદ્ધતિમાં પરિચય આપવા પ્રયત્ન કર્યો છે. આથી કરીને કેટલીક ન સમજાય તેવી બાબતો વગર મુસીબતે ગળે ઊતરી જશે. અને તેથી જ આગળ વધવાની ઉત્કંઠા થશે. સમગ્રપણે પ્રયત્ન એવો કર્યો છે કે પુસ્તિકા પૂરી કરી લે ત્યારે વાંચકને એમ લાગશે જ નહીં કે તેણે આધુનિક વિજ્ઞાનને ક્ષેત્રે એક વિષયમાં જાણકારીની મોટી ફાળ ભરી લીધી છે. એ ભારે લાગણીઓથી નવી પેઢી દૂર રહે એમાં જ વિજ્ઞાનનું શ્રેય છે.

પહેલા પ્રકરણમાં જ રડારની માહિતી આપી છે તે ઘોડાની આગળ ગાડી જોડયા જેવું લાગશે. પરંતુ વાસ્તવમાં એ તમને પુસ્તકમાં ઊંડા ઊતરવાનાં નિમંત્રણરૂપ જ છે. એક વાર ઊંડા ગયા પછી કયા કિનારેથી પાણીમાં ઊતર્યા હતા તે વાત ગૌણ બની જાય છે.

અંતમાં આ પુસ્તિકાના ઉદ્ભવમાટે પૂ. શ્રી મોટાની સમાજપ્રેમી લાગણીઓનો મારે અને તમારે, બંનેએ, આભાર માનવો જોઈએ. મારી અંગત વાત કરું તો ગ્રંથનિર્માણ બોર્ડના અધ્યક્ષશ્રી નાં સતત સૂચન સલાહ તથા સહકાર માટે અને ડૉ. પ્ર. ચૂ. વૈદ્યનો તેમનાં પુસ્તિકાને સુપાચ્ય બનાવવા માટેનાં માર્ગદર્શન માટે હું ઋણ-સ્વીકાર કરું છું.

અસ્તુ.

—પરેશ રવિન્દ્રરાય વૈદ્ય

અનુક્રમણિકા

નિવેદન

પ્રસ્તાવના

૧. દરિયા કિનારે	૧
૨. રેડિયો મોજાં	૭
૩. રેડિયો ખગોળશાસ્ત્ર	૧૪
૪. રડાર ખગોળશાસ્ત્ર	૩૩

૧

દરિયા કિનારે........

એક સુંદર સવારે મથુરકાકા અને છગન ચોવટિઓ ચાળણી લઈ દરિયાને કિનારે ગયા. છગને આખો દિવસ રેતી ચાળી. સાંજે આવડો મોટો ઢગલો ઊભો થયો. તેમાંથી મથુરકાકાએ રેતીનો એક-માત્ર-એક-કણ ઉપાડયો.

"ચોવટિયા, આ કણ આ ઢગની સરખામણીમાં કેટલો હશે ?" ચોવટિયો મૂંઝાઈ ગયો. તેને ખાત્રી હતી કે મથુરકાકા કંઈક નવી ફિલસૂફી કાઢશે.

"આપણા તારાવિશ્વમાં જેટલા તારાઓ છે તેની સરખામણીમાં આપણો સૂર્ય જેટલો ગણાય તેટલો આ કણ ઢગલાની સરખામણીમાં ઊભો રહે."

વાત ખરી હતી. આખા તારાવિશ્વમાં એટલા એટલા એટલા તો તારાઓ છે કે તેમાં આપણા સૂર્યની—જે પણ એક તારો જ છે—વાત કરવી તે છગન ચોવટિયાની ચાળેલી રેતીમાંના એક કણની વાત કરવા જેવું ગણાય.

'આપણું' તારાવિશ્વ એ આપણા બધા જ પાડોશી તારાઓનું મંડળ છે. પૃથ્વી સૂર્યની આસપાસ ફરે છે. સૂર્ય અને બીજા બધા તારાઓ પણ કોઈ એક કેન્દ્રને વચ્ચે રાખી તેની આસપાસ ફરે છે. આ મુજબની યોજના-આવાં મંડળો-બ્રહ્માંડમાં ઘણી જગ્યાએ છે. તેમાંથી આપણે જેના સભ્ય છીએ તે તારાજૂથ-તે 'આપણું તારાવિશ્વ'. એ જ આપણને આડેથી આકાશગંગા તરીકે દેખાય છે.

પરંતુ અહિ 'નજીક'નો અર્થ કેટલો ખબર છે ? તારાવિશ્વના બે છેડે રહેતા દૂરમાં દૂરના બે પાડોશીઓ વચ્ચેનું અંતર એંશી હજાર પ્રકાશવર્ષ છે ! બે લાખ અઠ્ઠાણું હજાર કિલોમીટર પ્રતિ સેકંડની ઝડપે જતા પ્રકાશને પણ એક ને ત્યાંથી નીકળી બીજાનાં બારણાં ખટખટાવતાં એંશી હજાર વર્ષ લાગે ! (અહીં એ સરખાવો કે સૌથી વધુ ઝડપી રોકેટ સેકંડના પંદર જ કિલોમીટર કાપે છે !) આમ છતાં આ બધાને 'નજીક' એ માટે કહીએ છીએ કે તારાઓના આ સમૂહની બહાર નીકળી જઈએ તો ફરી વીસ લાખ પ્રકાશ વર્ષ ચાલીએ ત્યારેજ બીજું "ફળિયું"-બીજો સમૂહ-આવે છે ! એ બીજું તારાવિશ્વ. . . અને માનશો ? મથુરકાકા તો કહે છે કે બ્રહ્માંડમાં આવાં એટલાં તારાવિશ્વો છે કે એ બધામાં આપણું તારાવિશ્વ એ ઉપરના દાખલામાંના રેતીના કણ બરાબર જ છે !

કેવડું મોટું ગામ ? એ છે બ્રહ્માંડ. કેવડું વિશાળ ?

આ બ્રહ્માંડ વિશે જ્ઞાન મેળવવા માનવજાત વર્ષોથી પ્રયત્ન કરે છે. આકાશી પદાર્થો વિશે માહિતી મેળવવી તેનું નામ ખગોળશાસ્ત્ર. સૌ પ્રથમ તો નરી આંખો વડે જ આકાશમાં નજર મંડાઈ—આમ આંખ જ ખગોળશાસ્ત્રનું સાધન હતી. ત્યારે લગભગ હજારેક તારાઓ જોવા મળતા હતા. વધુ પ્રયત્ન કરો તો કદાચ તેથી બમણા: જે હજુ આજે પણ તમે ઊંચે આકાશમાં જુઓ ત્યારે જોઈ શકો છો.

નરી આંખે બીજું કેટલુંક દેખાય ?

આ પછી ગેલિલીઓ ગેલિલીએ જુદા જુદા દગ્ કાચોનાં સંયોજનથી દૂરબીન બનાવ્યું. આ વડે આકાશમાં નજર માંડવાનું રસભર્યું બન્યું. દૂરબીનના પ્રકારોમાં સુધારા અને શોધો થતી ગઈ અને તેથી ખગોળશાસ્ત્ર (અં. એસ્ટ્રોનોમી) નું જ્ઞાન વધુ ને વધુ ઊઘડતું ગયું. પૃથ્વીથી બધા ગ્રહોનાં અંતર તેમજ તેઓની ફરવાની દિશા વગેરે તો જાણવા મળ્યાં, ઉપરાંતમાં દૂરનાં તારાવિશ્વો અને નિહારિકાઓ વિશે પણ જ્ઞાન મળ્યું. છેલ્લામાં છેલ્લું આ પ્રકારનું જે દૂરબીન બન્યું એ તો ખગોળશાસ્ત્રીઓનું ઘરેણું બની ગયું. એ દૂરબીન ૨૦૦ ઈંચ વ્યાસનું દૂરબીન છે—અમેરિકામાં માઉન્ટ પાલોમર ખાતે.

સૂર્યના પ્રકાશમાં ત્રિપાર્શ્વકાચ મૂકી તમે વર્ણપટ પાડી જોયો હશે. તારાઓના પ્રકાશનો પણ વર્ણપટ પાડી તારાઓમાં હાજર રહેલાં તત્વો જાણી શકાય. એ પ્રકારનાં સાધનો પણ વાપરવામાં આવ્યાં.

પરંતુ આ વિષય જ એવો નીકળ્યો કે એક પગલું માંડયા બાદ બીજું પગલું માંડવું જ પડે તેવા પ્રસંગો બનતા ગયા. અને જ્ઞાનનાં આ વિસ્તરણ માટે નવાં નવાં સાધનોની—રીતોની—જરૂર પડવા લાગી. તેમાં છેલ્લે રેડિયો તરંગોનો ઉપયોગ દાખલ થયો.

દરેક તારાને આપણે જોઈ શકીએ છીએ તેણે છોડેલ દૃશ્યપ્રકાશનાં મોજાંઓ આંખ વડે ઝીલીને. એ રીતે જાણવા મળ્યું કે ઘણા તારાઓ જોઈ શકાય તેવા પ્રકાશ ઉપરાંત રેડિયોમોજાં પણ છોડે છે. એ મોજાંઓ ઝીલી તેના ઉપયોગથી તેઓનું અંતર અને બીજી બાબતો જાણવાની કોશિષ કેમ ન કરવી. ?

આમ વિજ્ઞાનીઓને આકાશની દીવાલમાં એક નવી બારી ઉઘાડવા મળી. ખગોળ-શાસ્ત્રના આ વિભાગને 'રેડિયો ખગોળ' કે 'રેડિયો-એસ્ટ્રોનોમી' કહેવામાં આવ્યો.

રડાર :

આ બારી ઊઘડે ન ઊઘડે ત્યાં તો બીજું વિશ્વયુદ્ધ આવ્યું. યુદ્ધ એવું તો ભયંકર હતું કે તે વચમાં આકાશની શોધખોળ કરવાના લોકોના હોંશકોશ ન હતા. યુદ્ધને કોણ નથી ધિક્કારતું ? આપણે ચર્ચાસભાઓમાં પૂછીએ છીએ કે "વિજ્ઞાન શાંતિ માટે કે યુદ્ધ માટે ?" પણ તમને ખબર છે કે યુદ્ધે વિજ્ઞાનમાં કેટલો ફાળો આપ્યો છે ? વિશ્વની કેટલીય અને મહત્ત્વની શોધો યુદ્ધકાળમાં થઈ છે. આર્કિમિડીઝે વક્ર અરીસાનો ઉપયોગ કરી દુશ્મનનાં વહાણ બાળેલાં તે વાત યાદ છે ને ? યુદ્ધકાળની બુદ્ધિએ વિજ્ઞાનને એમ એક ભેટ આપી. આમ વિજ્ઞાન યુદ્ધ કરાવે છે એમ કહેતાં પૂર્વે યુદ્ધે જ વિજ્ઞાનને વિકસાવ્યું એ યાદ

રાખવું જોઈએ.

આ બધું કહેવાનું કારણ શું ખબર છે ?

સાંભળો :

હિટલરે ફટાફટ દેશો હાથ કરવા માંડયા તેથી બ્રિટનમાં લોકોને પહેલા વિશ્વયુદ્ધની યાદ આવી. બોંબમારાના વિચાર માત્રથી લોકો ધ્રૂજવા લાગ્યા. ચર્ચાપત્રો આવ્યાં કે વિમાનને દૂરથી જ રેડિયો તરંગો વડે નુકસાન પહોંચાડી ભગાડી દેવાં. સરકારે શ્રી વૉટ નામના એક વૈજ્ઞાનિકને નીમીને પ્રયોગો કરાવ્યા. જાણવા મળ્યું કે રેડિયોમોજાંથી વિમાન સાથે લડાય તો નહીં પરંતુ રેડિયો મોજાં વિમાન તરફ મોકલી એ પાછાં વળે તેની દિશા અને ઝડપ માપી વિમાન કયાં છે તે જરૂર જાણી શકાય. આ સાધન તે જ રડાર. આમ ફેબ્રુઆરી ૧૯૩૫માં રડાર નામનું નવું સાધન યુદ્ધે વિજ્ઞાનને ભેટ આપ્યું ! તે પછી તો ૧૯૩૯માં સત્તાવારપણે યુદ્ધ વિશ્વયુદ્ધ જાહેર થયું. યુદ્ધ ખૂબ લાંબું ચાલ્યું અને તેથી રડારનો ઉપયોગ મોટા પાયે થયો. આ કારણે રડારની ક્ષતિઓ સુધારવાની તક મળી. તેમાં સુધારા પણ દાખલ થયા.

આ સાધનનો ખૂબ જ બુદ્ધિપૂર્વક ઉપયોગ ખગોળશાસ્ત્રીઓએ ખગોળશાસ્ત્રમાં પણ કર્યો. તેની વાત આગળ ઉપર કરીશું. તે પહેલાં રડારની કામ કરવાની રીત વિષે થોડું જાણી ઈંતેજારી સંતોષીએ.

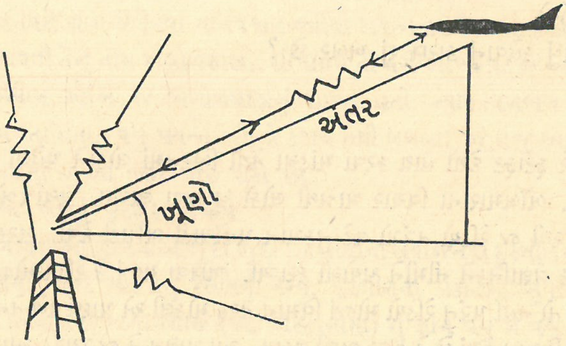
રડારની કાર્યપદ્ધતિ અને ચામાચીડિયાંની ઉડ્ડયનપદ્ધતિ મળતાં આવે છે. ચામાચીડિયું અશ્રાવ્ય ધ્વનિનાં મોજાં ફેંકી તેના મળતા પડઘા પરથી માર્ગના અવરોધ ઓળખે છે અને તે મુજબ ઊડે છે. તે જ પ્રમાણે અત્રે રેડિયો મોજાં છોડવામાં આવે છે. તે મોજાં વિમાનને અથડાઈ પાછાં વળશે. તેને પકડી વિશ્લેષણ કરી જાણી શકાય કે વિમાન કયાં છે.

પરંતુ "કયાં છે ?" એ પ્રશ્નનો જવાબ તમને તો જ મળ્યો કહેવાય જો તમને રડાર સ્ટેશને ઊભા ઊભા ત્રણ બાબતોની ખબર પડે.

(૧) સ્ટેશનથી તેનું અંતર, (૨) સ્ટેશનથી વિમાનનો ખૂણો અને (૨) કઈ દિશામાંથી તે આવે છે તે. આ ત્રણે વસ્તુની ખબર પડે તો તરત સાયરન વગાડવામાં આવે અને વિમાનીઓ સામનો કરવા ઊપડી જાય.

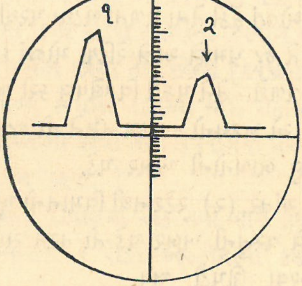
આમાંથી અંતરની બાબત તો સરળ છે. મોકલાવેલાં મોજાં પાછાં ફરે તેટલા સમયમાં તેણે કેટલું અંતર કાપ્યું હશે તે તમે મોજાંની ઝડપ પરથી જાણી શકો. એ અંતરનું અરધું કરો તે વિમાનની જગ્યાનું તમારાથી અંતર ! પરંતુ રેડિયો તરંગનો વેગ ખબર છે ? સેકંડના ત્રણલાખ કિ. મી. નો-એટલે કે પ્રકાશનાં મોજાં જેટલોજ. દોઢસો કિ. મી. દૂરનાં વિમાનને અડકીને તેઓ સેકંડના હજારમાં ભાગમાં તો ઘેર પાછાં ! આટલો નાનો સમયગાળો માપી શકીએ તો જ રડાર ઉપયોગી થાય. સદ્નશીબે વીજાણુયંત્રો (અં. ઈલેકટ્રોનીકસ યંત્રો) આ કાર્ય કરી આપે છે. તેઓ સેકંડના દસ કરોડમાં ભાગની પણ માપણી કરી શકે છે.

કેથોડ રે ઓસ્સીલોગ્રાફ નામનું સાધન આવે છે તેના પડદા ઉપર રેડિયોતરંગનું એક



આકૃતિ ૧

મોજું પણ ઘેરા લીલા કે બ્લ્યૂ રંગમાં દેખાઈ શકે છે. એ જ સાધન પર પરાવર્તિત મોજાં નાખવામાં આવે તો તે પડદા ઉપર પેલાં મોજાંની બાજુમાં તે પણ દેખાશે. એ બંને મોજાં (જેને અંગ્રેજીમાં 'Pulse'-પલ્સ કહે છે) વચ્ચેનું અંતર માપી વિમાન તથા રડાર કેન્દ્ર વચ્ચેનું અંતર જાણી શકાય. આકૃતિ રમાં જોતાં જણાશે કે બીજું મોજું ૩૦૦ કિ. મીટરની મુસાફરી કરી આવ્યું હોવાથી 'થાકી' ગયું છે, અને તેથી જ નાનું દેખાય છે. આપણા



કે.રે. ઑસ્સીલોગ્રાફ નો પરદો
૧= મોકલેલ મોજું
૨= પરાવર્તિત મોજું

આકૃતિ ૨

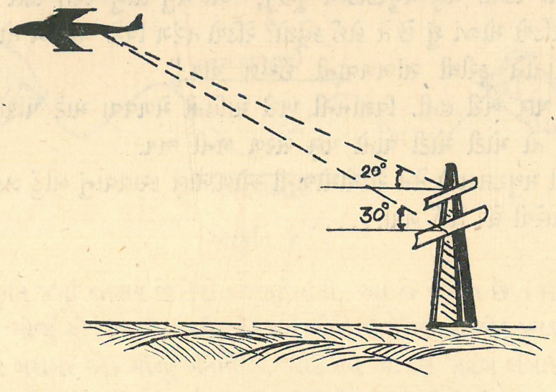
દેશનાં વિમાનમાં એવાં યંત્રો ગોઠવી શકાય કે તેઓ તેને અથડાતાં મોજાંને મોટું કરી ને પરાવર્તિત કરે; તેથી માલૂમ પડી શકે કે આ વિમાન આપણું છે માટે ગોળા ન ચલાવવા પરંતુ આ યુક્તિ હવે ઊપયોગી નથી કેમ કે દુશ્મન વિમાની પણ મોજાંને મોટું કરવાનું યંત્ર—(અં. 'એમ્પ્લીફાયર') વાપરી શકે.

વિમાનની દિશા જાણવી એ પણ જરૂરી છે. આ માટે વિવિધ દિશામાં મોજાં મોકલી જે દિશામાંથી પડઘો મળે તે દિશાને વિમાનની દિશા માની શકાય. પરંતુ આ રીત વ્યાવહારિક નથી. બીજી રીત તમને જાણીતી લાગશે, ટ્રાન્ઝિસ્ટર રેડિયો અમુક દિશામાં ફેરવતાં મહત્તમ અવાજે વાગે છે તે તમે જોયું હશે. તેનું કારણ એ છે કે તેની અંદર રહેલ એરિયલ ઉપર રેડિયો તરંગો અમુક ખૂણે પડે તો તે મહત્તમ પ્રમાણમાં પકડે છે અને તેથી મોટો અવાજ આપે છે. આને મળતી યુકિત અજમાવી શકાય. બે એરિયલો એકબીજાંને લંબ ગોઠવી, બંને વડે મેળવાયેલા પડઘા પરથી ઓસ્સિલોગ્રાફ દિશા બતાવી શકે છે.

છેલ્લો રહ્યો ખૂણો : કેટલી ઊંચાઈએ વિમાન છે.

તે જાણવા ખૂણો જાણવો જ પડે તે આ. ૧માં જોતાં સમજાશે.

આ માટે ઉપર નીચે બે એરિયલ મૂકી બંનેને મળતા પડઘા સરખાવવામાં આવે છે. અને તે પરથી બંનેના ખૂણા મેળવી શકાય છે. આ માટે ગણિતીય સૂત્રોનો આશરો લેવાય છે-જેની અત્યારે આપણને જરૂર નથી. (આકૃતિ ૩)



આકૃતિ ૩

આટલું જોતાં એટલું તો જણાય છે કે રડાર વિમાનવિરોધી તોપચીને ખૂબ ઉપયોગી છે. એક ઉપયોગ તો એ કે તે વિમાનનું સ્થાન જાણી ગોળો મારી શકે. બીજું કારણ હવે કહું : તેના તોપગોળામાં પણ નાનું એવું ટ્રાન્સમીટર મૂકવામાં આવે છે. એ રેડિયો તરંગ છોડે છે. એ ગોળો જ્યારે વિમાનની નજીક આવે ત્યારે તેનાં મોકલેલ મોજાંનો બહુ મોટો ભાગ પડઘા રૂપે તેને પાછો મળે છે. રચના એવી કરવામાં આવે છે કે વધુ પરાવર્તન થાય ત્યારે જ એ ગોળો ફાટે, આ વખતે પેલું વિમાન નજીક હોવાથી તેને નુકસાન થાય.

રડારમાં રેડિયો તરંગોનો ઉપયોગ થતો હોવાથી તેનું નામ પડાયું Radio Detection and Range' (રેડિયો તરંગો વડે સ્થળ શોધન તથા અંતર).-નામના પ્રથમાક્ષરોથી બન્યું RADAR. આ નામ અમેરિકન વૈજ્ઞાનિકોએ સૂચવ્યું હતું.

તેની શોધે વધારાના પાયલટોની જરૂર ઘટાડી નાંખી અને સલામતી વધારી. લડાઈ સિવાય પણ વિમાનનાં ઉતરાણ વખતે તેની મદદથી પાલલટને સૂચનો અપાય છે. અવકાશ-રોકેટોને અપાતા હુકમોની ભાષા પણ રેડિયો તરંગો જ છે ! ચન્દ્ર પર રશિયાની ગાડી ચાલકની મદદ વિના ચાલી તે રડાર યુકિતની મદદથી જ ! કદાચ રડારે કરેલી એ મોટામાં મોટી સેવા ગણાય.

પરંતુ આપણને તો રસ છે રડારની ખગોળશાસ્ત્ર ને ક્ષેત્રે સેવામાં. ત્યાં આગળ તેના થયેલ ખૂબ બુદ્ધિપૂર્વક ઉપયોગની વાતો હજી વહેલી ગણાય. ચોથા પ્રકરણમાં તે વિશે વિસ્તારથી વાંચીશું. અત્યારે એટલું કહું કે ચન્દ્રની ફરવાની દિશા, સપાટી વગેરે માહિતી રડાર વડે પ્રાપ્ત થઈ તે પછી જ તે પર ચડાઈ કરવાની માનવીમાં હિંમત આવેલી. રડાર ખગોળથી મળેલાં કેટલાંય પરિણામો જૂની દૃશ્ય ખગોળ પદ્ધતિ કરતાં જુદાં હતાં-તે પણ રસભરી બાબત છે.

રડારની રસભરી વાતોમાં તમને તો મજા આવી. પણ છગન ચોવટિયાને હજુ ખાસ મજા નહોતી પડતી. તેણે મથુરકાકાને પૂછ્યું, "આ બધું સાચું-પરંતુ રડાર જે વડે કાર્ય કરે છે તે રેડિયો મોજાં શું છે તે કોઈ કહેશો? રેડિયો તરંગ વિશે જાણીએ તો જ આ બધી મજાની વાતોને ફરીથી સાંભળવાની ઈચ્છા થાય."

વાત પણ ખરી હતી. વિજ્ઞાનની ખરી માહિતી મેળવવા માટે પાયાની બાબતોનું જ્ઞાન હોય તો મોટી મોટી વાતો પણ સરળ બની જાય.

આથી મથુરકાકાએ તેને રેડિયોમોજાની ઓળખાણ કરાવવાનું બીડું ઝડપ્યું અને તેને દરિયા કિનારેથી ઘેર લઈ ગયા.....

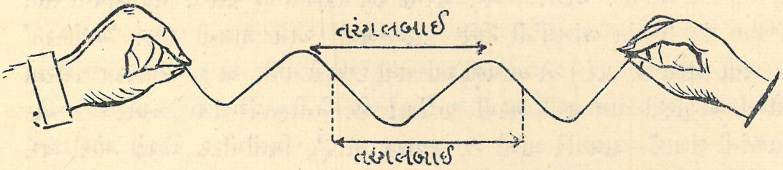
૨

રેડિયો મોજાં

મથુરકાકા ચોવટિયાને ઘેર લાવ્યા અને તેના હાથમાં ભમરડાની દોરી પકડાવી.

"કાકા, આ શું છે ?" છગને પૂછ્યું.

"એ છેડો પકડી રાખજે. આ છેડેથી હું દોરી ને ઊંચી નીચી હલાવું છું. દોરી એમ કરવાથી કેવો આકાર પકડે છે તે જો."



આકૃતિ ૪

દોરી આકૃતિ ૪માં જણાય છે તેવી જણાતી હતી. આ જે દેખાય છે તે મોજાં જેવું લાગે છે ખરું ? મોજું એ જ તરંગ. એક ટેકરાથી બીજો ટેકરો અથવા એક ખાડાથી બીજો ખાડો એ અંતર બરાબર એક મોજું બતાવે છે. માટે તેને આપણે 'તરંગ લંબાઈ' કહીશું. ઉપરની દોરી આવી ત્રણ તરંગલંબાઈ જેટલી લાંબી છે. મોટી દોરી લો તો ઘણાં તરંગો સમાઈ જાત.

તમે જે પ્રકાશ જુઓ છો તે પણ આવાં મોજાંઓનો બનેલો છે. ઓરડો બધી બાજુથી બંધ કરતાં બારીની તિરાડમાંથી ઘરમાં આવતું ઝીણું કિરણ તમે ઘણી વાર જોયું છે; એવાં કિરણો ઘણાં એકઠાં થાય ત્યારે આખો ઓરડો અજવાળો થાય છે. સૂર્યનો તડકો એ જ છે ને ? પરંતુ એ પાતળું કિરણ એ જ તરંગ છે ?. . . ના !

એ નાનું અમથું કિરણ પણ હજારો મોજાંઓનું બનેલું છે. આપણે જે પ્રકાશ જોઈએ છીએ તેનાં મોજાંની 'તરંગ લંબાઈ' તો ખૂબ જ નાની છે. માત્ર ૦.૦૦૦૦૬ સેન્ટિમીટર જેટલી ! ઉપરની આકૃતિમાં તમે બે સેન્ટિમીટરની તરંગલંબાઈ જોઈ. તે લંબાઈમાં પીળા રંગના તેત્રીસ હજાર તરંગો સમાઈ જાય ! કેટલા નાના તરંગ ? લાલ રંગનાં મોજાં (તરંગો) સહેજ લાંબાં હોય છે, છતાં તે પણ ૩૦,૦૦૦ સમાઈ જાય. મતલબ કે

૧ સે. મી. માં લાલ રંગનાં ૧૫,૦૦૦ મોજાં સમાઈ જાય. મેઘધનુષના સૌથી છેલ્લા રંગ જાંબલીનાં એક સે. મી.માં ૨૪,૦૦૦ મોજાં આવી જાય. તેની મતલબ એ કે તેની તરંગ લંબાઈ $\frac{૧}{૨૪,૦૦૦}$ = ૦.૦૦૦૦૪૧ સેન્ટિમીટર જેટલી જ થઈ ! તે જ મુજબ લાલ રંગનાં મોજાંની તરંગલંબાઈ સેન્ટિમીટરના પંદરહજારમા ભાગ જેટલી = ૦.૦૦૦૦૬૬ સે. મી.--જ છે. (તેને ટૂંકાણમાં લખવા માટે ૬.૬ × ૧૦$^{-૫}$ સે. મી. એ પદ્ધતિએ લખવામાં આવે છે)

તરંગનો આ ખ્યાલ તમને નવો ન લાગવો જોઈએ. તળાવમાં પથરો નાંખો ત્યારે તેનાં સ્થિર પાણીમાં દખલ પેદા થાય છે અને તેની આજુબાજુ આવા જ તરંગો પેદા થાય છે ને ? ત્યાં દોરી ને બદલે પાણી પોતે ઊંચું નીચું થાય છે. પથરો પડવાનાં કેન્દ્રની દરેક દિશામાં ઉપર જેવા તરંગો પેદા થવાથી વર્તુળાકાર તરંગો દૂર જતાં હોય તેવું લાગે છે. એ તરંગ તો તમે જોઈ શકો છો.

શિયાળામાં અંગારથી ભરેલ સગડી પાસે તમે જરૂર હાથ મૂકતા હશો. તમને ગરમ ગરમ તાપ મળે તે માટે તમારે અંગાર ને અડકવું પડે છે ? તો પછી ગરમી તમારા હાથ સુધી કયાંથી આવી ? એજ: તરંગ ! ગરમી પણ તરંગથી જ પ્રસરી. મેઘધનુષના સાત દેખાતા રંગ ઉપરાંત જાંબલીની નીચે 'પારજાંબલી' અને લાલની ઉપર 'અધોરકત' પ્રકારનો પ્રકાશ છે. પરંતુ એ આપણી આંખોથી દેખાતો નથી. એ જ અધોરકત પ્રકારનાં મોજાં અંગારથી હાથ લગી ગરમી પહોંચાડે છે. તેની તરંગલંબાઈ—એટલે કે એક મોજાંની લંબાઈ—લાલથીયે લાંબી છે. કયારેક તો $\frac{૧}{૧૦}$ મિલીમીટર જેવડી મોટી થઈ જાય છે. સૂર્ય એ તરંગો પણ આપણા તરફ ફેંકે છે. પરંતુ સદ્‌ભાગ્યે વાતાવરણનો ઉપલો ભાગ તે બધાંને આપણા સુધાં પહોંચવા નથી દેતો. નહિ તો અરધા જ કલાકમાં આપણે બળી જતા હોત !

છગન હવે ત્રાસ્યો હતો, "અરે કાકા, બીજાં બધાં તરંગની રામાયણ કયાં માંડી ને બેઠા ? રેડિયો તરંગની વાત કરવાના હતા ને ?"

કાકા જોરથી હસ્યા, "હા...આ...હા...હા... થાકી ગયો ? હું તો તારા એ જ પ્રશ્નની રાહ જોતો હતો. સાંભળ :

પારજાંબલી હોય, પીળાં હોય, અધોરકત હોય કે એક્ષ રે ફોટો પાડવા દાકતર વાપરે છે તે ક્ષ કિરણો હોય-કે પછી રેડિયો તરંગ હોય—એ બધાં જ એક જ કુટુંબનાં સભ્યો છે. એ બધાંની અટક એક જ છે. એ અટક છે : "વીજ ચુંબકીય મોજાં"

ચુંબકના બે ધ્રુવો વચ્ચે ચુંબકીય ક્ષેત્ર પ્રવર્તે છે તે તમને ખબર છે. એ જ મુજબ બે વીજભારો વચ્ચે પણ વીજક્ષેત્ર—ઈલેકિટ્રક ફીલ્ડ—હાજર હોય છે. આ ક્ષેત્રોમાં કોઈ પણ કારણે ફેરફાર થાય ત્યારે એક પ્રકારનાં મોજાં વાતાવરણમાં પ્રસરવા લાગે છે.

દાખલા તરીકે બે મોટાં લોહચુંબક વચ્ચે વીજભાર લઈ જઈ આઘોપાછો કરો તો આજુબાજુ વીજચુંબકીય મોજાં વહેતાં થાય છે. કોઈ સળિયાને તમે વીજભારીત કરો, પછી વીજભાર હટાવી લો, ફરી વીજભાર દાખલ રો...આ ક્રિયા ઝડપથી કર્યા કરો તો

સળિયાની આજુબાજુ પણ વીજચુંબકીય મોજાં ફેલાશે.

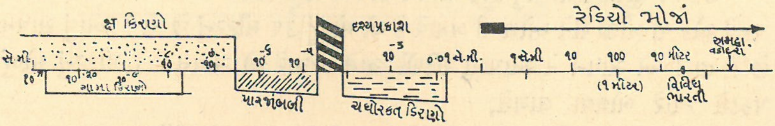
આમ પાણીમાં પથરા વડે દખલ થઈ મોજાં ઉત્પન્ન થયાં તે જ રીતે વીજક્ષેત્ર કે ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં દખલ થવાથી પણ મોજાં ઉત્પન્ન થાય છે—તે એ આપણાં વીજચુંબકીય મોજાં.

પરિક્ષાના દિવસોમાં પાડોશી પ્રેમજીભાઈનો રેડિયો વાંચવામાં વાંધો ઉભો કરતો હોય ત્યારે આપણાં પોતાનાં ઘરમાં રેડિયાનાં પ્લગની સ્વીચ ચાલુ કરી પ્લગ કાઢનાંખ કરી પાડોશીના રેડિયામાં જબ્બર ઘરઘરાટ તમે પેદા કરી જોયો હશે. (ન કર્યો હોય તો રહેવા દેજો!)

આ ઘરઘરાટ કેમ થયો ? વીજક્ષેત્રમાં ઝડપથી ફેરફાર થવાથી જચુંબકીય મોજાં પેદા થયાં; એ પાડોશીના રેડિયામાં પહોંચ્યાં. પણ તે અવ્યવસ્થિત હોવાથી તેમાંથી લતા મંગેશકરના અવાજને બદલે દોં દોં થવા લાગ્યું. અને તેથી પ્રેમજીભાઈએ રેડિયો બંધ કર્યો !

કેટલું સાદું છે ? કોઈ પણ જગ્યાએ સામાન્ય સ્થિતિમાં દખલ થવાથી જે ઉત્પન્ન થાય તે મોજું. ક્રાંતિનું મોજું આવ્યું તેમ નથી કહેતા ? "સૈનિકોનાં મોજાં ધસી આવ્યાં" કે "નવા વિચારોનાં મોજાં" એવા શબ્દો તમે સાંભળ્યા હશે. દખલ અને મોજાંને જાણે સંબંધ હોય ! આથી જ દોરીમાં અને પાણીમાં હલાવવાથી મોજાં થયાં. આ રીતે વીજક્ષેત્ર કે ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ફેરફાર થવાથી વીજચુંબકીય મોજાં પેદા થાય તે સ્વાભાવિક છે. નોંધવાનું માત્ર એટલું કે જુદી જુદી પરિસ્થિતિમાં જુદી જુદી જાતનાં વીજચુંબકીય મોજાં પેદા થાય છે.

વીજચુંબકીય મોજાંનાં આખા કુટુંબનો 'ગ્રૂપ ફોટો' નીચે આપ્યો છે (આકૃતિ ૫)



આકૃતિ ૫

તે પરથી જણાશે કે કુટુંબ કેટલું મોટું છે. આપણાં લીલાં-નારંગી-બધાં પ્રકાશનાં મોજાં આ કુટુંબનાં સભ્યો જ છે.

નોંધ : ૧૦$^{-૨}$ એટલે $\frac{૧}{૧૦૦}$=0.0૧ એ રીતે ૧૦$^{-૫}$=0.0000૧ એ પ્રમાણે ટૂંકમાં લખવાની પદ્ધતિ છે. આથી ૧૦$^{-૮}$=$\frac{૧}{\text{એક ઉપર આઠ મીંડાં}}$ = 0.0000000૧ એમ સમજવું.

જેમ કુટુંબમાં નાનાં-મોટાં, શાંત-આકરાં બધા પ્રકારનાં સભ્યો હોય તેમ અહીં પણ ક્ષ-કિરણો જેવા નાની તરંગલંબાઈ વાળા ભાઈથી કરી રેડિયો મોજાં જેવા ખૂબ મોટી

તરંગલંબાઈ વાળા સભ્યો છે. અધોરકત જેવા ગરમ મિજાજના સભ્ય પણ છે. ૦.૧ સે. મી. થી વધારે લંબાઈ વાળા બધા જ તરંગો આપણને રસ છે તે તરંગો છે: રેડિયો તરંગો.

ઓળખાણ :

આકૃતિ ૫ ની પટ્ટી જોતાં જણાય છે કે વીજચુંબકીય મોજાંમાં બધા જ પ્રકારના જાણીતા તરંગો છે. પરંતુ દરેક પ્રકારને ઓળખવાની રીત જુદી જુદી છે. કહો કે દરેકની હાજરી જાણવા જુદા જુદા પ્રકારનાં સાધનોની જરૂર પડે છે. ક્ષ-કિરણ ને પકડવા માટે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટના જેવી ફિલ્મ મુકાય છે, જે પરથી દાકતર રોગ પારખે છે તે. ૦.૦૦૦૦૪ થી ૦.૦૦૦૦૭ સે. મી. ના પ્રકાશ (જેને દૃશ્ય પ્રકાશ કહેવાય છે) ને આપણી આંખ ઓળખે છે. ભગવાને આંખનું રેટિન એવું બનાવ્યું કે બરાબર આ તરંગલંબાઈવાળાં વીજચુંબકીય મોજાં જો તે પર પડે તો જુદા જુદા સાત રંગોના નામે આપણે એ મોજાંઓને "જાણી" શકીએ: એ "જાણવું" એટલે જ "દેખાવું." અને જાણવાનાં—ઓળખવાનાં—સાધનો આંખ અને મગજ ! આથી જ તેટલા ભાગને દૃશ્યપ્રકાશ કહે છે.

આ પછી આવે અધોરકત કિરણો. તેને સ્પર્શેન્દ્રિય ઓળખી કાઢે. ગરમી લાગે તે અધોરકત કિરણો: થરમૉમોટર પણ બીજું સાધન ગણી શકાય.

ચિત્ર પટ્ટી પર આગળ વધો. ૩૧ મીટર આગળ "વિવિધ ભારતી" લખેલ છે એનો અર્થ શું ? દૃશ્યપ્રકાશ જેટલી તરંગ લંબાઈનાં મોજાં પકડવા પ્રભુએ આંખ રૂપી સાધન આપ્યું. તેમાં કેટલીક જીવશાસ્ત્રની ક્રિયા થઈ મને ખબર પડી કે હું ૦.૦૦૦૦૬ સે. મી. નો પ્રકાશ જોઈ રહ્યો છું.

હવે જો મારી પાસે એવું કોઈ સાધન હોય જે ૩૧ મીટર ની તરંગલંબાઈનાં મોજાં પકડી એક યા બીજી રીતે ઓળખી બતાવે કે એ મોજું ૩૧ મીટરનું છે તો ? આવું સાધન છે ? હા ! એ સાધન તે આપણો રેડિયો. અને જ્યારે એ સાધન ૩૧ મીટરનું મોજું પકડશે ત્યારે બોલવા લાગશે,

"યહ આકાશવાણીકા પંચરંગી પ્રોગ્રામ વિવિધ ભારતી હૈ"

"આ કેમ થયું ?"

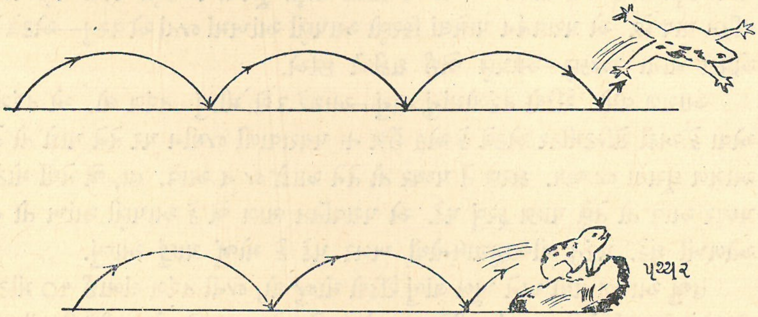
"સમજાવું. પોતાના કાર્યક્રમો બધાના રેડિયોમાં પહોંચે તે માટે રેડિયો કેન્દ્રના ઈજનેરોએ એનાઉન્સરના અવાજ ને ૩૧ મીટરની તરંગલંબાઈનાં મોજાંનાં રૂપમાં ફેરવી એરિયલ પર છોડી દીધો. તમારા ઘર પરના એરિયલલે તે પકડી ઘરમાંનાં રેડિયોને મોકલ્યો. રેડિયોની વીજાણુરચના એવી છે કે વીજચુંબકીય મોજાંઓને શ્રાવ્યરૂપમાં ફરીથી રજૂ કરી શકે. અને તેથી ઉપરનું સ્ટેશન પકડાયું. જો ૩૫૨ ૯/૧૦ મીટરનાં મોજાં ઝડપાઈ જતે તો અમદાવાદ વડોદરા કેન્દ્રનો અવાજ સંભળાતે.

વીજચુંબકીય મોજાંની એક બીજી નોંધવા લાયક બાબત છે. આકૃતિમાં જેમ ડાબેથી જમણી તરફ જાઓ તેમ તરંગની શકિત ઘટતી જાય છે. એટલે કે તાકાતમાં ઘટાડો થાય છે. (ઉંમર વધે તેમ શકિત ઘટે તે તો સ્વાભાવિક છે : અત્રે ઉંમર બરાબર તરંગ

લંબાઈ !) આ પ્રમાણે જોતાં બિચારાં રેડિયોમોજાં બહુ નબળાં ગણાય, જ્યારે ક્ષ કિરણો ચામડી-લોહીમાંથી પણ અંદર ઘૂસી જાય તેવાં વેધક છે. ક્ષ કિરણો (એક્ષ-રે) ની વેધક શકિત તો એટલી છે કે જો દાકતરો વધુ શકિતશાળી કિરણો વાપરે તો તો હાડકાં પાસે પણ ન રોકાય અને એક્ષરે ફોટો કાળો ધબ્બ આવે ! જાડી લોખંડની પ્લેટની આરપાર પણ તેઓ જાય છે. તેની સરખામણીમાં રેડિયો તરંગો ગરીબડાંછે. આમ છતાં એ પણ ઘૂસણખોર તો ખરાં જ. તમે બારીબારણાં બંધ કરી બેઠા હો અને રેડિયો ચાલુ કરો તો પણ રેડિયો જરૂર વાગશે ! મતલબ કે એ પણ જ્યાંથી જગ્યા મળી ત્યાંથી અંદર ચાલ્યાં આવે છે.

પરાવર્તન :

એક દેડકો છે. તે કૂદકા સરસ મારે છે. પણ તેનો કૂદકો દસ જ સે. મી. લાંબો છે. જો દેડકો સતત કૂદકા મારતો આગળ જાય તો નીચેની આકૃતિ મુજબનો તેનો રસ્તો હોય.



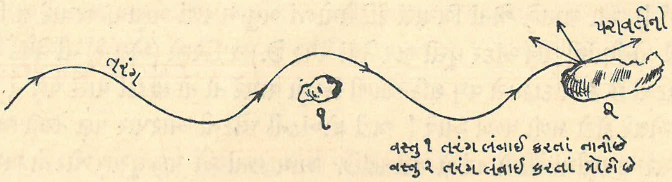
આકૃતી ૬

હવે માનો કે તેના માર્ગમાં છ સે. મી.નો પથ્થર આવે તો ? તો શું, કશું જ ન થાય. દસ સે. મી. ના કૂદકાના કારણે એ પત્થર ને કૂદી જશે. સાત આઠ કે નવ સે. મી.ના પથ્થરથી પણ બાધા નહિં આવે. પરંતુ બાર સે. મી. નો એક પથરો તેની કૂદકા મારવાની જગ્યાની વચ્ચે મૂકયો હોય તો બિચારો દેડકો પથ્થર પર જઈ ભટકાશે. જો બેસવા લાયક ખાડો ત્યાં મળી જશે તો પથ્થર પર બેસી જશે, નહિતર પછડાઈ ને ઊલટી દિશામાં પાછો પડશે.

વીજચુંબકીય મોજાંનું પણ તેવું જ છે. મોજાંના માર્ગમાં અડચણ આવે અને જો તે તરંગ લંબાઈ કરતાં નાની અડચણ હોય, તો તરંગને તેની ખબર જ નહિ પડે અને પસાર થઈ જશે. જેમ अ વસ્તુ પરથી તરંગ ગયું તેમ (આકૃતિ ૭).

પરંતુ જો તરંગલંબાઈ કરતાં મોટી વસ્તુ મૂકો તો તરત મૌજાંને—તરંગને—તકલીફ પડે છે. તે ભટકાઈને પાછું જાય છે. આ ક્રિયા તે પરાવર્તન.

આ ગુણધર્મ એક બાબત સમજવામાં બહુ ઉપયોગી છે. તે એ કે વીજચુંબકીય



આકૃતિ ૭

મોજાંના જુદા જુદા સભ્યો કેવડાં કદની અડચણોને કારણે અસર પામશે ?

જોઈ શકાય તેવા-દૃશ્ય-પ્રકાશને આશરે ૦.૦૦૦૦૫ સેન્ટિમીટર (સેન્ટિમીટરના વીસહજારમા ભાગ) જેટલી અડચણો પણ આડી આવી શકે. અને દુનિયામાં તેનાથી નાના કણો તો કયાંથી હોય ? આથી એ પ્રકાશ ઝીણી ધૂળના રજકણો પરથી પણ પરાવર્તિત થાય છે. એ પરાવર્તન પામેલાં કિરણો આપણી આંખમાં જતાં એ વસ્તુ—એટલે કે એવડા નાના રજકણ—આપણે જોઈ શકીએ છીએ.

આગળ વધો. રેડિયો તરંગોમાંનું નાનું—આશરે ૩ સે. મી.નું—તરંગ લો. એ તરંગો એવા કે અઢી સેન્ટિમીટર એટલે કે એક ઈંચ ના પથરાવાળી જમીન પર તેને પાડો તો તે આગળ ધૂસતા જ જાય. કારણ તે પથ્થર તો તેને આડો જ ન આવે. હા, જો તેથી મોટો પથ્થર આવે તો તેણે પાછા ફરવું પડે. એ પરાવર્તિત ભાગ જો કે આપણી આંખ તો ન ઓળખી શકે. પરંતુ વીજાણુસાધનોથી ખબર પડે કે મોજું પાછું આવ્યું.

હજુ આગળ વધો અને ખૂબ લાંબું રેડિયો મોજું લો, જેની તરંગ લંબાઈ ૧૦ મીટર હોય. તેનો અર્થ એ કે આ તરંગ નીચે બસ, મોટર કે મકાન આવે તોય નીચેથી નીકળી જાય ! મોજાંએ પરાવર્તન પામવું ન પડે. છે ને કમાલ ? (આથી જ રેડિયોમોજાં આરામથી ઘરમાં ધૂસી આવે છે. કારણ કે ૩૦ સે. મી.ની દીવાલની તો તેને દરકાર જ નથી.)

આ જગ્યાએ પ્રશ્ન ઊઠે કે વિમાનને ભટકાઈને પાછાં આવતાં રેડિયોમોજાંની વાત રડારનાં પ્રકરણમાં કરી તે કેમ બની જ શકે ? વિમાન તેની નીચેથી જ પસાર થઈ જવું જોઈએ. પ્રશ્ન ખોટો નથી. આવડાં મોટાં મોજાં નીચેથી તો જમ્બો જેટ પણ નીકળી જાય ! પરંતુ તેનો ઉપાય એ છે કે રડાર માટેના ઉપયોગમાં રેડિયો મોજાંની અમુક 'રેન્જ'-અમુક ગાળો વપરાય છે. અમુકથી વધારે લાંબાં મોજાં રડારમાં નથી વપરાતાં. આથી જ આશરે ૩ સે. મી. થી ૩ મીટરની તરંગ લંબાઈનાં મોજાંઓને "રડાર મોજાં" કહેવાય છે.

એટલે કે "રડાર મોજાં" એ રેડિયોમોજાંનો પેટા-વિભાગ છે. એ તરંગલંબાઈ સાધારણ નાની હોવાથી વિમાન કે સ્ટીમર જેવા પદાર્થો પરથી પાછાં આવી જાય છે. જો કે ચન્દ્ર પર મોકલવાનાં રડારમોજાં લાંબી તરંગ લંબાઈ વાળાં ચાલે કેમ કે ચન્દ્ર ખૂબ જ મોટો છે. ચન્દ્ર પરનાં બીજાં સંશોધનમાં રેડિયો મોજાંના આ ગુણના રસભર્યા ઉપયોગની વાતો ચોથા પ્રકરણ સુધી મુલતવી રાખીએ.

તરંગના આટલા અભ્યાસ પછી તમને તરંગ એટલે શું અને તેમાં પણ રેડિયો તરંગ એટલે શું તે સ્પષ્ટ સમજાઈ ગયું હશે. જો એ જ્ઞાન હશે તો હવે હું તમને રેડિયો મોજાં વડે ખગોળશાસ્ત્રમાં કેવી રીતે શોધખોળ થઈ તે બતાવીશ તે બરાબર સમજાશે અને મજા પડશે.

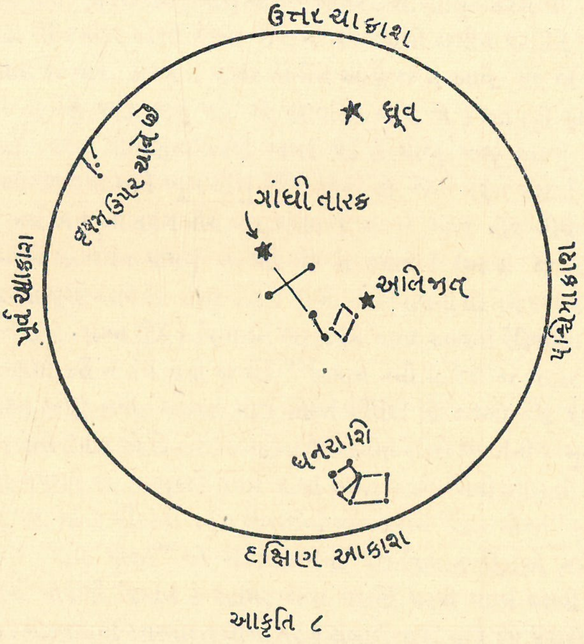
કેમ, બરાબર ને ચોવટિયા ? લે આ તારૂં તરંગ..." એમ કહી મથુરકાકાએ પહેલાં લીધેલ દોરી છગન તરફ ફેંકી અને બધાંને રાત્રે એકઠાં થવાનું કહી ભગાડી મૂકયાં....

૩

રેડિયો ખગોળ શાસ્ત્ર

"ગાંધીજીનું કુટુંબ પણ રેડિયો તરંગ છોડે છે તેવી વિજ્ઞાનિકોને શંકા છે." મથુરકાકાએ રાત્રે અગાસીમાં નવો ધડાકો કર્યો !

"ગાંધીજીનું કુટુંબ—અને તે વળી રેડિયોમોજાં છોડે ?" છગન ચોવટિયો કશું જ સમજ્યો નહતો. "હા...આ...હા...હા..." મથુરકાકા પોતાની જૂની જાણીતી ઢબે હસ્યા, "ન સમજ્યો ? જો બતાવું. બોલ હમણાં કયો મહિનો ચાલે છે ?"



આકૃતિ ૮

નોંધ : માત્ર અગત્યના તારા જ બતાવવામાં આવ્યા છે. આકૃતિને માથાં પર ધરવાથી યોગ્ય સ્થળે તારા ઓળખાશે.

"ઑક્ટોબર"

"ઑક્ટોબરના પહેલાં અઠવાડિયામાં રાત્રે આકાશમાં નજર નાંખો તો માથાં ઉપર જ છ તારાઓનું એક જૂથ-કુટુંબ-દેખાય છે. ઉપર જુઓ: પેલું દેખાયું ?" તેમણે આકાશ બતાડી બધાંને પૂછ્યું.

"એનો આકાર ચોકડીને મળતો આવે છે (જુઓ આકૃતિ ૮) એ જૂથ તે હંસ નક્ષત્ર. તેમાં ટોચનો તારો બરાબર ધ્રુવની સીધી લીટીમાં છે. બરાબર તેમના જન્મદિનના મહિનામાં ઉપર આવતો હોવાથી, એ તારાને ગાંધી શતાબ્દી વખતે ખગોળજ્ઞોએ "ગાંધી તારક" એવું નામ આપેલું છે. આ તારા કુટુંબ રેડિયો મોજાં છોડે છે તેવું રિબર નામના માણસે ૧૯૪૪માં નોંધ્યું. અને માટે જ મેં કહ્યું છે કે ગાંધી કુટુંબ રેડિયો મોજાં છોડે છે !"

"કાકા, રેડિયો મોજાં શું એ જાણ્યું. પરંતુ તારા પણ રેડિયો મોજાં છોડે ? ખબર કેમ પડે કે તારા મોજાં છોડે છે ? અત્યારે આપણે અસંખ્ય તારાઓની નીચે ઊભા છીએ તો આપણને કેમ કશી ખબર નથી પડતી?"

"પ્રશ્ન બરાબર છે. એ બધું બરાબર સમજવા માટે તો રેડિયો ખગોળશાસ્ત્રનો ઈતિહાસ જોવો પડશે. બીજું કે રેડિયો મોજાંઓની એમ ઊભા ઊભા કશી ખબર ના પડે. તે પ્રકારનાં મોજાં ની હાજરી જાણવા ખાસ પ્રકારનાં સાધનો જોઈએ છે. ઈતિહાસ ની વાત પહેલાં એ સાધનો કેવાં અને કેવડાં હોય તેની વાત કહું.

સાધનોની વાત :

દૃષ્ટિનું સાદાંમાં સાદું સાધન આંખ. દરેક પદાર્થ પરથી પરાવર્તિત થયેલ કિરણો આપણી કીકી ઉપર પડી, તેમાંથી પસાર થઈ પાછળ ઊલટું ચિત્ર યોજે. આ ચિત્ર મગજ તરફ લઈ જનાર છે જ્ઞાનતંતુઓ. આ પરથી મગજને વસ્તુ 'જોઈ' તેવી લાગણી થાય. ચોપડીનું ચિત્ર હોય તો "આ ચોપડી છે" એવી લાગણી થાય.

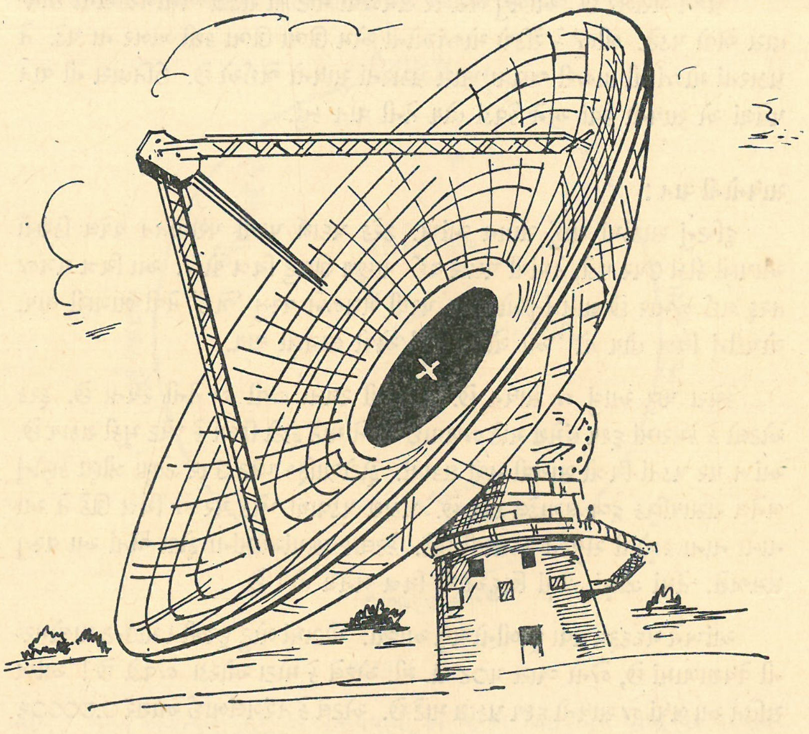
કેમેરા પણ આવું જ સાધન છે. આંખની રચના જેવી જ તેની રચના છે. ફરક એટલો કે કેમેરામાં દૃશ્ય હંમેશ માટે જળવાઈ રહે તે માટે ફોટો ફિલ્મ કે પ્લેટ મૂકી શકાય છે. આંખ પર પડતાં ચિત્રો સાચવી નથી શકાતાં. ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ ઉપર ઝીણા ઝીણા કણોનું બનેલ રાસાયણિક દ્રવ્ય લગાડેલ હોય છે. પ્રકાશ પડવાથી પ્લેટ પર જે ચિત્ર ઊઠે તે આ નાના નાના કણોની સંયુકત અસરથી ઊઠે. કેટલાક છાપાંઓમાંના ફોટા જોતાં આ વસ્તુ સમજાશે. તેમાં ઝીણાં ઝીણાં બિંદુઓથી ચિત્ર બનેલ હોય છે.

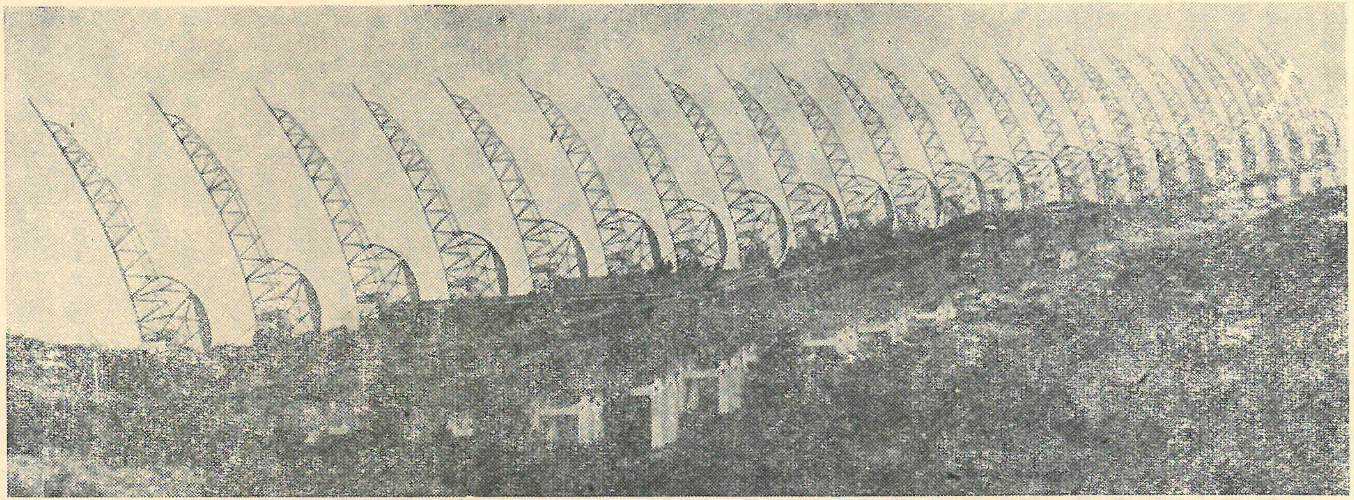
આંખને મદદરૂપ થવા દૂરબીનો પણ આવ્યાં. મોટામાં મોટું દૂરબીન માઉન્ટ પાલોમરની વેધશાળામાં છે, જેનો વ્યાસ ૫૦૮ સે. મી. એટલે કે મોટા ઓરડા જેવડો છે ! આંખ સહિત આ બધાં જ સાધનો દૃશ્ય પ્રકાશ માટે છે. એટલે કે તરંગલંબાઈ આશરે ૦.૦૦૦૦૬ સે. મી. આસપાસ હોય તેવા જોઈ શકાય તેવા પ્રકાશ માટે છે.

રેડિયો મોજાંને પકડનાર સાધનો પણ બરાબર આ જ સિદ્ધાંત ઉપર ચાલે છે. દૂરથી આવતાં રેડિયો મોજાંને એરિયલ વડે ઝીલવાનાં હોય. પછી વિજાણુ રચનાથી તે મોજાંને સાંભળી શકાય તે રૂપમાં કે જોઈ શકાય તે રૂપમાં ફેરવી શકાય. ફરક માત્ર તરંગ લંબાઈનો રહ્યો. અહીં તો તરંગ લંબાઈ સેન્ટિમીટરથી માંડી સેંકડો મીટર સુધી હોઈ શકે. એ જ મોટો પ્રશ્ન છે. નાની તરંગલંબાઈ તો તમારી આંખ કે કેમેરાએ ઝીલી લીધી, પણ સો-દોઢસો ફુટનાં લાંબા તરંગ ઝીલવા કેમ ? દેખીતું છે કે આંખ જેવડાં સાધન ત્યાં કામ જ ન લાગે.

માત્ર એક તરંગ ઝીલવા માટે પણ પચીસ મીટર લાંબુ એરિયલ જોઈએ ! પરંતુ એક તરંગ ઝીલે થોડી ખબર પડી શકે કે એ તારો છે કે શું છે ? જે વસ્તુ પરથી તરંગો આવતાં હોય તેનું સ્પષ્ટ ચિત્ર મેળવવા માટે તો ફોટોગ્રાફિક પ્લેટમાં દ્રવ્યનાં કરોડો કણોની માફક અહીં પણ એવાં ઘણાં ઍરિયલ મૂકવાં પડે. એમ જ સમજો કે એક કણની જગ્યાએ એક એરિયલ છે.

માનવામાં નથી આવતું ને ? છતાં વાત ખરી છે. રેડિયોમોજાં ઝીલવાનાં સાધન—જેને





આકૃતિ ૯

"મુંબઈ ની તાતા મૂળભૂત સંશોધન સંસ્થા માટે તામિલનાડુ માં ઉતાકામંડ પાસે બનાવાયેલું સુરેખ રેડિઓ ટેલિસ્કોપ. એ અરધા કિલોમિટર થી એ વધુ લાંબુ અને ૩૦ મીટર પરોળું છે. અતિ દૂરનાં રેડિઓ કેન્દ્રો નાં સંશોધન ઉપરાંત પલ્સર વગેરે નાં સંશોધન માં વપરાય છે. એકબીજાંથી ૧/૬૦ અંશ જેટલા દૂર આવેલ બે તારાઓને પણ જુદા ઓળખી શકે છે. સંપૂર્ણપણે ભારતીય વૈજ્ઞાનિકો નું બનાવેલ છે. સાધન ૯૧ સે. મી. ની તરંગ લંબાઈ ધરાવે છે."

રેડિયો ટેલિસ્કોપ કહે છે—તે ખૂબ મોટાં મોટાં ફરતાં એરિયલોથી બનેલાં હોય છે. અમદાવાદમાં વસ્ત્રાપુર ખાતેની પેલી વર્તુળાકાર રકાબી કે તેનું ચિત્ર જોયું છે? એવી જ રકાબી પૂના પાસે આરવી ગામની પાસે પણ છે. મોટા ભાગે રેડિયો ટેલિસ્કોપ આ પ્રકારની રકાબી જેવાં જ હોય છે. રકાબીનો વ્યાસ ચાલીસ-પચાસ મીટર હોય છે. રકાબી દરેક દિશામાં ફરી શકે તેવી ગોઠવણ કરવામાં આવી હોય છે. જેથી કરીને આકાશના ગમે તે ભાગ તરફ તેને તાકી શકાય. આકૃતિમાં આપેલ છે તે આવું એક રેડિયો ટેલિસ્કોપ છે. ઓસ્ટ્રેલિયામાં ન્યૂસાઉથ વેલ્સ ખાતે એક રેડિયો ટેલિસ્કોપ છે. જેની રકાબીનો વ્યાસ ૬૫ મીટર (૨૧૦ ફૂટ) છે. ફરી શકે તેવી રકાબીના આકારનાં ટેલિસ્કોપમાં તે બીજા નંબરનું છે. નીચે ચાલી જતી બસ પરથી તેના માપનો ખ્યાલ આવશે! પત્થરના ટાવરને બાદ કરતાં પણ તેનું વજન લગભગ આઠસો ટન છે.

સાધનોની વાત કરીએ ત્યારે એક સહાયક વસ્તુનું નામ પણ નોંધવું જોઈએ. એ છે વીજાણુ રચના અને રેકોર્ડર. દૃશ્ય ટેલિસ્કોપમાં તો જે હોય તે જોઈ શકાય. પરંતુ રેડિયો-મોજાં દેખાતાં તો નથી. આથી રેડિયોતરંગોને વીજાણુ રચનામાંથી પસાર કરી વીજળીક માપમાં બદલવામાં આવે છે. પછી તેને 'ચાર્ટ રેકોર્ડર' અથવા 'આલેખક' તરફ મુકવામાં આવે છે. જયારે રેડિયોમોજાં ઘણાં પ્રમાણમાં આવે ત્યારે રેકોર્ડર કાગળ ઉપર ઊંચે જતી રેખા દોરે છે—ફરી તીવ્રતા ઘટતાં તેની પેન નીચે આવી જાય છે.

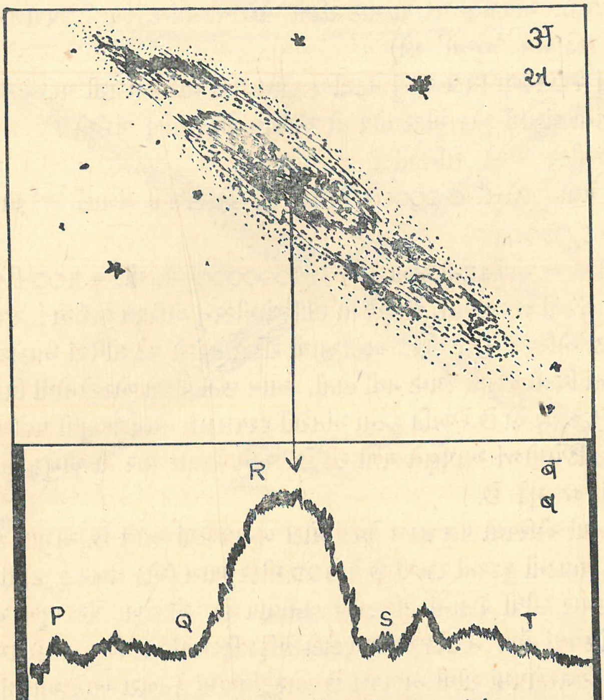
બધી વીજાણુરચના, રેકોર્ડરો વગેરે માટે ટાવરમાં ગોઠવણ કરવામાં આવી હોય છે. તેને 'કન્ટ્રોલ રૂમ' કહે છે. એ રૂમમાં બેઠે બેઠે જ ખબર પડી શકે છે કે આપણું ટેલિસ્કોપ આકાશમાં કયા ખૂણે, કઈ દિશામાં તાકેલું છે અને ત્યાંથી મળતાં રેડિયોમોજાં કઈ તરંગ-લંબાઈનાં, કેટલાં પ્રમાણમાં છે.

આકૃતિ ૧૦ अ ત્થા ब માં આપણે જે રેકોર્ડરની વાત કરી તેની સમજણ છે. अ માં બતાવેલું વલયાકાર તારાવિશ્વ છે. તેમાં કેન્દ્ર પાસે વધારે કાળું છે કેમ કે ત્યાં વધારે તારાઓ હોવાથી ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર વધારે પ્રકાશ પડયો છે. મતલબ કે ત્યાંથી આવતાં મોજાં પણ વધુ પ્રમાણમાં હશે. આ કારણથી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે Q બિંદુ આગળ વધારે તીવ્રતા બતાવવા સારું રેકોર્ડર રેખાને ઊંચી લઈ જાય છે. રકાબી ફરતી ફરતી જયારે તારાવિશ્વનાં કેન્દ્ર તરફથી સહેજ દૂર હટી જાય ત્યારે ફરીથી રેકોર્ડર ઓછી તીવ્રતા બતાવવા માટે નીચે ઊતરે છે. આમ આકૃતિ PQRST રચાય છે. જેનો દરેક ભાગ આકૃતિ अ ના તારાવિશ્વમાં જે તે જગ્યાનાં તારાઓની સંખ્યાનાં પ્રમાણને અનુરૂપ છે.

અમેરિકામાં પોર્ટો રિકો ખાતે આ પ્રકારનું એક ટેલિસ્કોપ છે. જયાં રકાબી ફરતી ન હોઈ ચત્તી પડેલી જ છે. પરંતુ તેનો વ્યાસ આશરે ૩૦૦ મીટર (૧૦૦૦ ફૂટ) છે!

આ સાધનો આવડાં મોટાં કેમ જોઈએ છે? તેનું કારણ તમારી પાસે જ ઉકેલાવું.

આપણી આંખ સામાન્ય અંતરથી કંઈ જુએ ત્યારે બે નજીક નજીક પડેલી વસ્તુઓ વચ્ચે જો ૧/૬૦ અંશ જેટલો ખૂણો હોય (તેને ૧ મિનિટ કહે છે) ત્યાં સુધી તેને જુદી જોઈ



એક તારાવિશ્વ અને રેકૉર્ડરે તેની કરેલ નોંધ

શકે છે. જો કણો આથી પણ નજીક હોય અને આંખ આગળ વધુ નાનો ખૂણો બને તો તમે બંને કણને સ્પષ્ટપણે જુદા પારખી ન શકો. વધારે નજીક રહેલી વસ્તુને જોવા માટે સૂક્ષ્મદર્શકોની શોધ થઈ. બે નજીકના કણો કે વસ્તુઓને સ્પષ્ટ રીતે કેટલા નજીક હોય ત્યાં સુધી જોઈ શકાય તેનો આધાર એક ઘટક-ગુણોત્તર-પર છે. તે ગુણોત્તર છે :

$$\frac{\text{વપરાતા પ્રકાશમોજાં તરંગ લંબાઈ}}{\text{જોવા માટે વપરાતાં સાધનની લંબાઈ}}$$

જોવાના સાધનની લંબાઈને લ કહીશું. જો ૫ સેન્ટિમીટર વ્યાસનાં દૂરબીનથી તમે કશુંક જુઓ તો આ ગુણોત્તર

૦.૦૦૦૦૫/૫=૦.૦૦૦૦૧ હોય

(૦.૦૦૦૦૫ સે. મી. એ પ્રકાશની તરંગ લંબાઈ છે; કેમકે પ્રકાશનાં મોજાં વડે

તમે વસ્તુ જોઈ. અવકાશી પદાર્થો માટે રેડિયો મોજાંની તરંગ લંબાઈ ઉપયોગમાં લેવાય કેમ કે તે વડે તમે 'જુઓ' છો)

જેટલું સ્પષ્ટ આ ચિત્ર મળ્યું તેટલીજ સ્પષ્ટતાથી મારે આકાશી પદાર્થ જોવા હોય અને મોજાંની લંબાઈ એક મીટર હોય તો એરિયલ કેવડું લાંબું જોઈએ ?

એક મીટર = સો સેન્ટિમીટર

અને પેલો ગુણોત્તર 0.00001 જોઇએ છે. એરિયલની લંબાઈ 'લ' લો. આથી ૧૦૦/લ = 0.00001

આથી લ = એરિયલની લંબાઈ = ૧0000000 સે. મી. = ૧૦૦ કિલોમીટર. જો દૂરબીન જેટલી જ ચોકસાઈ જોઈએ તો સો કિલોમીટરનું એરિયલ જોઈએ ! સ્વાભાવિક છે કે આવડાં એરિયલ ન જ હોય. અને આથી રેડિયો તરંગો વડે લીધેલાં આકાશી ચિત્રો દૃશ્યપ્રકાશનાં ચિત્રો જેટલાં સ્પષ્ટ નથી હોતાં. આમ છતાં રેડિયો એસ્ટ્રોનોમી વિકસાવાઈ છે તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે અતિ દૂરનાં અંતરેથી દૃશ્યપ્રકાશ આપણા સુધી પહોંચતો નથી ત્યાંથી પણ રેડિયોમોજાં આપણને મળી રહે છે. અને કેટલીક વાર તો અમુક તારા માત્ર રેડિયોમોજાં જ મૂકે છે.

ઉપરાંતમાં એરિયલો પણ શકય તેવડાં મોટાં બનાવવામાં આવે છે. અગાઉ કહ્યું તેમ અમેરિકામાં પહાડની કુદરતી રકાબી છે તે ૩૦૦ મીટર વ્યાસ (એક હજાર ફૂટ)ની છે.

કેટલીકવાર સીધી રેખાનાં ટેલિસ્કોપ બનાવાય છે. એ રેખા પર ખૂબ એરિયલો કતારબંધ ગોઠવેલાં હોય. તે દરેક એરિયલ ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મનાં એક બિંદુ તરીકે કામ કરે છે.

આવાં ટેલિસ્કોપમાં સૌથી અજાયબ છે ઓસ્ટ્રેલિયામાં કેનબેરા ખાતે આવેલું 'મિલ્સ ક્રોસ' નામનું ટેલિસ્કોપ. ૧,૬૦૦ મીટર (૧ માઈલ) લાંબી બે રેખાની ચોકડી બનાવો તેવા આકારનું એ છે. (આકૃતિ ૧૧)

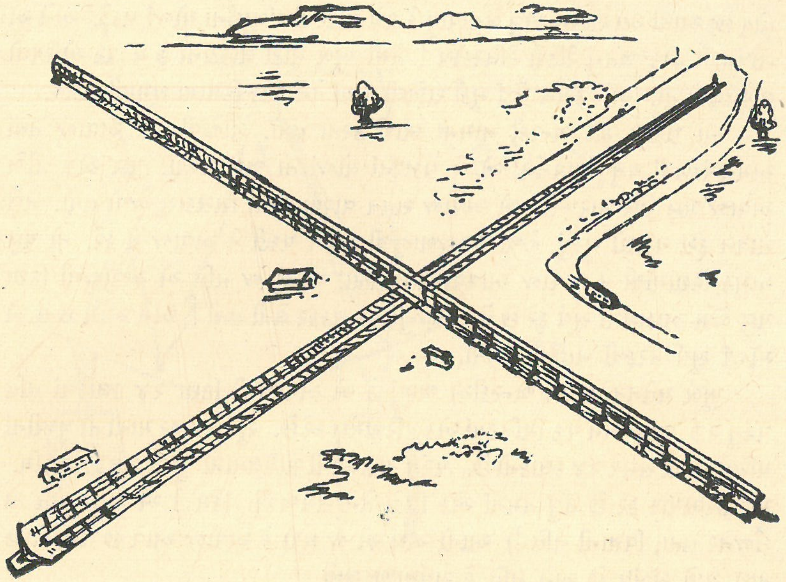
૭૫ સે. મી. અને ૩.૫ મીટર એમ બંને પ્રકારની લંબાઈનાં મોજાંઓ માટે કામ આવી શકે તેવું આ ટેલિસ્કોપ છે. આકાશમાં એકબીજાંથી અંશના પોણા ભાગ જેટલો ખૂણો બનાવતી હોય તેટલી નજીકની બે વસ્તુને પણ એ જુદી જોઈ શકે તેવું ચોકકસ છે.

ભારતમાં આવું સુરેખ ટેલિસ્કોપ પણ છે. મદ્રાસ નજીક ઉતાકામંડ ખાતે એક કતારમાં પોણા માઈલ (આશરે કિલોમીટર)ની લંબાઈની ઉપર ગોળ ગોળ ફરી શકે તેવાં એરિયલો મુકેલાં છે. બધાં જ એરિયલો સાથે મળી તમે જોવા માગતા હો તે પદાર્થ કે તારાનું સ્પષ્ટ ચિત્ર આપે છે. (પાનું ૧૭)

તમને નથી લાગતું કે અઘરું પડે તો પણ આવાં સાધન સાથે કામ કરવું રસભર્યું છે ? માટે જ લોકો જંગલમાં રહીને પણ વિજ્ઞાનની આ શાખાની પાછળ પડયા છે !

રેડિયોખગોળની શોધ :

દુનિયાની મોટા ભાગની શોધોની પાછળ કંઈક નવો કે વિચિત્ર ઈતિહાસ હોય છે. યુરેનિયમના ક્ષાર સાથે શોધખોળ કરતાં રેડિયમ મળી આવ્યું. બેન્ઝિન નામના પદાર્થનું



આકૃતિ ૧૧
મિલ્સ ક્રોસ ટેલિસ્કોપ : ઑસ્ટ્રેલિયા

બંધારણ તેના શોધકને સ્વપ્નમાં આવેલું. આ જ પ્રમાણે ચશ્માંની શોધ થવાનું મુખ્ય કારણ તો પ્રિન્ટિંગની શોધ થઈ તે જ ગણાય ને ? આમ શોધખોળનાં મૂળ ધાર્યા કરતાં બીજી જ દિશામાં હોય છે.

રેડિયો ખગોળની બાબતમાં પણ આવું જ થયું.

છેક ૧૮૯૪માં રેડિયો તરંગ શોધાયાં ત્યારે જ લૉજ નામના એક ભાઈને શંકા ગઈ કે રેડિયોમોજાં પેદા થવાનાં કારણો જોતાં સૂર્યમાંથી પણ તે નીકળતાં હોય તે સંભવ છે. તેણે એ મોજાં ઝીલવા પ્રયત્ન કર્યો. પરંતુ તે વખતનાં સાધનો ખૂબ જ નબળાં હોવાથી તે સફળ ન થયો. આ પછી ૧૯૨૪માં પણ લોકોને રેડિયો મોજાં યાદ આવ્યાં. પૃથ્વીની ઉપર ૨૫૦-૩૦૦ કિ. મી. ઊંચાઈએ આવેલ વાતાવરણનાં સ્તર (જેને આયનોસ્ફીયર કે અયન-મંડળ કહે છે) પરથી રેડિયો મોજાં પરાવર્તિત થાય છે તેવું જણાતાં તેનો અભ્યાસ શરૂ થયો. પરંતુ ઈજનેરો અને ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ તે વખત સુધી હજુ પરસ્પરની મદદની જરૂર પારખી ન શકતાં મોજાંની વાત ફરી હવામાં મળી ગઈ.

પછી ૧૯૩૧માં બેલ ટેલિફોન લેબોરેટરી તરફથી એક સાધન ન્યૂ જરસીમાં મૂકવામાં આવ્યું. વીજળીના કડાકા તથા વાતાવરણના બીજા અવાજો ટેલિફોનમાં અને રેડિયો રિસીવરમાં ગગડાટ કરતા હતા. આ વસ્તુ દૂર થાય તે માટે શોધખોળ કરવાના હેતુથી આ સાધન મૂકાયું. ગાજવીજને કારણે આવતા રેડિયો તરંગો લાંબી તરંગ લંબાઈના

હોય છે; આથી આ સાધન એવું બનાવાયું કે ૧૫ મીટરની લંબાઈનાં મોજાં પકડે. અને એ સાધન તે એક જાતનું રેડિયો ટેલિસ્કોપ ! તેમાં ખૂબ મોટી લાકડાંની ફ્રેમ પર એરિયલો લગાડેલાં હતાં. અને ફ્રેમને પૈડાં મૂકી રાખેલી જેથી તેને દરેક દિશામાં ઘૂમાવી શકાય.

આ પ્રયોગ શ્રી જાન્સ્કી નામના ભાઈ કરતા હતા. ગાજવીજના અવાજ તથા અમનમંડળથી થતું પરાવર્તન, એ બે પ્રકારનાં મોજાં તો જાણે મળ્યાં. પણ એક ત્રીજો અવાજ પણ તેણે પારખ્યો. એ અવાજ સતત વાગ્યા કરતા સિસકારા જેવો હતો. તેણે સાધન ફરી ચકાસી મૂકયું, જેથી આજુબાજુથી મોજાં પકડી તે અવાજ ન કરે. તો પણ અમુક દિશામાંથી તે અવાજ આવવો ચાલુ રહ્યો; એટલું જ નહિ એ અવાજની દિશા પણ જેમ આકાશમાં સૂર્ય ફરે છે તેમ રોજનું એક ચકકર લેતી હતી ! અને આમ છતાં એ મોજાં સૂર્ય તરફથી નહોતાં મળતાં.

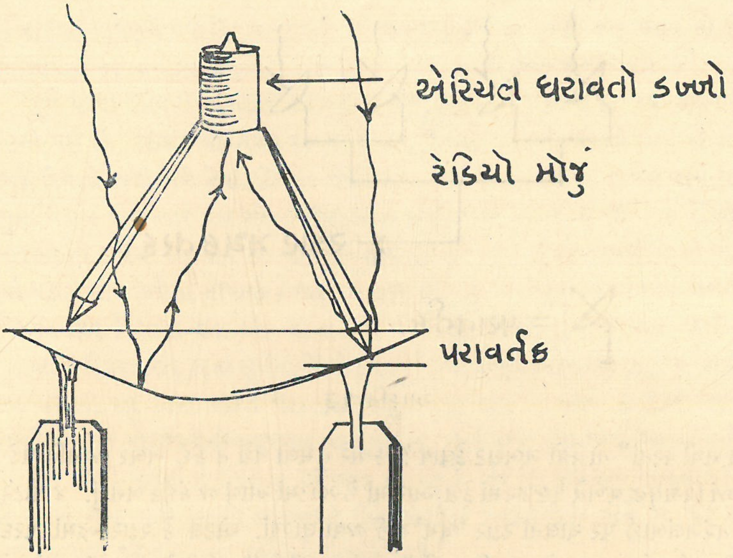
ખૂબ મહેનતને અંતે જાન્સ્કીએ જાણ્યું કે એ અવાજની દિશા ૨૪ કલાકમાં નહિ પરંતુ ૨૩ કલાક અને ૫૬ મિનિટમાં એક પરિભ્રમણ કરે છે. સૂર્યને સ્થિર માનો તો પૃથ્વીનાં પરિભ્રમણનો સમય ૨૪ કલાકનો છે. પરંતુ તારાઓની સાપેક્ષતામાં પૃથ્વી ૨૩ ક. ૫૬મિ.-માં પરિભ્રમણ કરે છે તેવું તેમનાં એક મિત્રે તેને સમજાવ્યું. (કેમ કે એ ભાઈ પોતે તો ઈજનેર હતા, વિજ્ઞાની નહિ !) આનો અર્થ એ જ થયો કે અવાજ આવે છે તેને કોઈક તારા સાથે સંબંધ છે અને નહિ કે સૂર્યમાળા સાથે.

તમે આકાશમાં દૂધગંગા જોઈ છે ને ? એ આકાશગંગા આપણા જ તારાવિશ્વના ખૂબ દૂર દૂરના તારાઓથી બનેલી છે. ખૂબજ દૂરના એ તારાઓ હોવાથી એ બધા મળી સફેદ રંગનો પટ્ટો ઊભો કરે છે. એ દૂધગંગાનાં કેન્દ્રની આજુબાજુ સૂર્ય ૨૦ કરોડ વર્ષે એક લેખે ચકકર મારે છે. એ કેન્દ્રની દિશામાંથી આશરે એક મીટર લંબાઈનાં રેડિયો મોજાં આવે છે તેમ સાબિત કરી જાન્સ્કીએ ત્યારે રેડિયો ખગોળશાસ્ત્રનો પાયો નાંખ્યો.

પ્રશ્ન ગૂંચવાય છે :

મોજાં આવે છે તેતો માન્યું. પણ કેમ પેદા થયાં? ચોકકસપણે એ કયાંથી આવે છે? એ બાબતોની તપાસ કરવી જોઈએ. આ વિચારે હવે આખી દુનિયા રેડિયો મોજાં પાછળ પડી. તેમાં એક રેડિયો ઈજનેર, જેને ખગોળશાસ્ત્રનો નાદ લાગેલો, તે પણ જોડાયો. તેનું નામ રીબર. તેણે પોતાના બગીચામાં જ રેડિયો રિસીવર ઊભું કર્યું. જેને હવેથી રેડિયો -ટેલિસ્કોપ કહેવાય છે. અહીં મુખ્ય ચીજ એ હતી કે મુખ્ય એરિયલ લાંબુ નહોતું. તે એરિયલને પરવલય આકારના પરાવર્તકનાં બરાબર કેન્દ્રમાં (નાભિમાં) મૂકવામાં આવ્યું. આથી દૂરથી આવતાં મોજાં પરાવર્તક પર પડી એરિયલ ઉપર કેન્દ્રિત થતાં. આ પ્રકારની યોજના પછી તો બહુ જ પ્રચલિત બની અને રેડિયો ટેલિસ્કોપનાં જે ચિત્ર તમે જુઓ છો તે મોટેભાગે આવાં જ હોય છે. વસ્ત્રાપુર તથા આરવીનાં આપણાં ટેલિસ્કોપ આ જ પ્રકારનાં છે. આરવી માં તેનો વ્યાસ ૩૧મીટર છે. (રિબરના ટેલિસ્કોપ કરતાં ત્રણ ગણો !)

આ જ એ ટેલિસ્કોપ જેણે નોંધ્યું કે રેડિયો મોજાંઓ ગડગડાટ ધનરાશિના તારાઓ



આકૃતિ ૧૨

તથા હંસ નક્ષત્રના તારાઓની દિશામાંથી આવે છે.

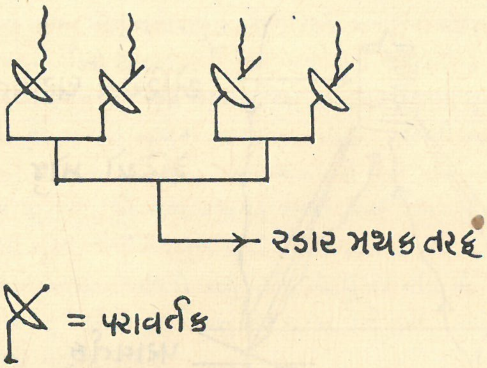
ધનરાશિના તારા જોયા છે ? ઓકટોબરમાં જ ધ્રૂવ તારાને પીઠ દઈ ઊભા રહો તો જમણે હાથે નૈઋત્યમાં આ રાશિ દેખાશે (આકૃતિ ૮માં નીચેનો ખૂણો.) આ જ દિશામાં આપણાં તારાવિશ્વનું કેન્દ્ર આવેલું છે. તેણે એ પણ બતાવ્યું કે આકાશગંગામાં જ્યાં વધારે તારાઓ હોય—એટલે કે સફેદ રંગ ઘેરો હોય—તે દિશામાંથી વધુ પ્રમાણમાં તરંગો આવે છે. આમ છતાં નવાઈની વાત એ બની કે જે તારા તરફથી મોજાં આવતાં દેખાય તે તરફ બરાબર ગોઠવીને ટેલિસ્કોપ મૂકો તો સ્પષ્ટ મોજાં મળતાં નહોતાં ! આથી પ્રશ્ન અધરો લાગતો હતો.

ધારણા એવી કરવામાં આવી કે બે તારાઓ વચ્ચેની જગ્યામાં વીજાણુઓ (ઈલેક્ટ્રોન્સ) ફરતા હોય અને તેના કારણે આ મોજાં પેદા થતાં હોય તેવો સંભવ છે. આમ હોય તો જ અમુક ચોક્કસ તારા સામે ટેલિસ્કોપ નોંધતાં મોજાં ના મળે પરંતુ તે દિશામાંથી મળતાં હોય.

પરંતુ ત્યાં તો બીજું વિશ્વયુદ્ધ શરૂ થવાનાં નગારાં વાગ્યાં અને રીબરની નવા વાદો-તર્કોની પિપૂડી સાંભળવા કોઈ નવરું ન રહ્યું.

સૂર્ય પકડાયો :

પાકિસ્તાન સાથેની ગઈ લડાઈમાં તમે જોયું હશે કે રડાર આપણને કેવાં સરસ રીતે સાવધાન બનાવતાં હતાં, અને તેથી જ બાકીના સમયમાં લશ્કર તથા લોકો કેવાં નિશ્ચિત રહી શકતાં હતાં. પણ ત્યારે જો આ અચાનક તમને કહેવામાં આવ્યું હોત કે "આજે રડાર



આકૃતિ ૧૩

કામ નથી કરતાં" તો કેવો ગભરાટ ફેલાય ? ક્યારે હુમલો થશે તે કંઈ ખબર જ નહિ પડે ? બીજાં વિશ્વયુદ્ધ વખતે ૧૯૪૨માં ફેબ્રુઆરીમાં ઈંગ્લેંડમાં આવું જ કંઈક બનેલું. ૪ મીટર-ની તરંગલંબાઈ પર ચાલતાં રડાર 'જામ' થઈ જવા લાગ્યાં. એટલે કે રડારકેન્દ્રમાં પરદો કોઈ અર્થપૂર્ણ વાત બતાવે જ નહિ. સીધી જ વાત હતી કે "જર્મનીએ જ કશુંક કર્યું હશે જેથી આપણાં રડારમાં ખલેલ પહોંચે અને તેઓ હવાઈ હુમલા કરી શકે" આવું ધારવામાં આવે. પણ આ તો ખૂનખાર યુદ્ધ હતું. તેથી તુરતાતુરત એક નિષ્ણાતને તપાસ કરવા જણાવાયું. તેમણે એક વાત નોંધી કે દરેક જગ્યાએ સૂર્ય તરફ જ્યારે રડારનું એરિયલ હોય ત્યારે જ તે 'જામ' થતાં હતાં. મતલબ કે સૂર્ય જ રડારોને જામ કરતો હતો. એનો અર્થ એ થાય કે ૪ થી ૬ મીટર તરંગલંબાઈનાં મોજાં સૂર્ય પરથી પૃથ્વી પર આવતાં હશે. પરંતુ તો પછી જાન્સ્કી ને સૂર્ય તરફથી કેમ કોઈ મોજાં નહોતાં મળ્યાં ? એ પ્રશ્ન પણ વાજબી છે.

પરંતુ તેનો ઉકેલ તો સરળ છે.

તમે સૂર્યકલંકનું નામ સાંભળ્યું છે ? સૂર્ય પર થતાં ચુંબકીય તોફાનના કારણે થતા વંટોળને લીધે તેની સપાટી પર ધાબાં જણાય તે સૂર્યકલંક. દર અગિયાર વરસે તેની સંખ્યા આપણને સૂર્ય પર મહત્તમ દેખાય, તે પણ તમને ખબર હશે. આ વંટોળ કે ધકકાના કારણે ત્યાં આગળના વીજભારીત કણો ઉપર શકિતનું પ્રમાણ વધી જાય છે અને તેથી તેઓ વધારાની શકિતને વીજચુંબકીય મોજાં સ્વરૂપે છોડી દે છે. આ મોજાં આપણા સુધી આવી પહોંચે છે.

બનેલું એવું કે જયારે આ કલંકો ઓછામાં ઓછાં હતાં ત્યારે જાન્સ્કીએ પ્રયોગ કરેલો તેથી તેને સૂર્ય તરફથી મોટાં પ્રમાણમાં મોજાં મળે છે તે ખબર જ ના પડી.

સૂર્ય પરથી ઘણા પ્રકારનાં વીજચુંબકીય મોજાં આપણને મળે છે. ગરમ પદાર્થ તરીકે એ અધોરકત કિરણો મુકે છે તે તો બધાંને ખબર છે. ઉપરાંતમાં દૃશ્યપ્રકાશનાં મોજાં, એટલે કે તડકો, તો ખરો જ ! આ બંને સિવાય તે રેડિયો તરંગો પણ મોકલે છે. એ પણ ઘણા પ્રકારનાં છે. ત્રણ સેન્ટિમીટર થી તે ત્રણ મીટર સુધીની તરંગલંબાઈનાં મોજાંઓ

સૂર્ય તરફથી આપણને મળે છે. આથી વધુ તરંગલંબાઈનાં મોજાં પૃથ્વી તરફ આવે તો છે પણ આપણાં અયનમંડળ તરફથી તેને વળતાંની ટિકિટ કઢાવી આપવામાં આવે છે !

સૂર્ય પરથી આવતાં મોજાંઓ જેમ તરંગલંબાઈમાં ઘણા પ્રકારનાં છે તેમ સમયની દૃષ્ટિએ પણ છે. કેટલાંક મોજાંઓ અમુક સેકંડો ચાલે તેવાં, કેટલાંક કલાકો અને કેટલાંક અમુક દિવસો સુધી મળે તેવાં. કેટલાંક વળી સતત આવ્યા જ કરે છે. જયારે સૂર્ય પર વાયુના ધડાકા થાય ત્યારે પણ મોજાંઓનો એક ધસારો જાણે આવી પડે છે. આ રેડિયો-મોજાંઓ તો પ્રબળ પણ હોય છે. દાખલા તરીકે ૧૯૪૭ ના માર્ચની આઠમીએ તો એક એવો ધડાકો મોજાંઓમાં નોંધાયો કે જાણે એ સમયે સૂર્યનું ઉષ્ણતામાન દશ હજાર અબજ સેન્ટિગ્રેડ હોય ! સામાન્યત: એક લાખ અંશ જ ઉષ્ણતામાન માનવામાં આવે છે !

આવા કિસ્સા બાદ કરતાં સૂર્યના રેડિયો તરંગો ખૂબ નબળાં જ હોય છે. સૂર્ય જેવા જ બીજા તારાઓ પણ એવાં મોજાં પેદા કરતા હોય પરંતુ સૂર્ય આપણને એકદમ નજીક હોવાથી જ તેનાં મોજાંઓની આપણને જાણ થાય છે. નહીં તો તે કંઈ ખાસ જોરદાર નથી.

સૂર્ય પરથી મળતાં મજાંઓનો અભ્યાસ આપણને સૂર્ય પર ચિરંતન ચાલતી અને નરી આંખે ન દેખાતી કેટલીય પ્રક્રિયાઓ વિશે માહિતી આપી શકે—અને તે પર થી કદાચ આપણા પોતાના ગ્રહ પૃથ્વીની ઉત્પતિ વિશે !

રેડિયો તારા :

આપણે સૂર્ય વિષે માહિતી મેળવવા જતાં થોડા આડા ઉતરી ગયા.

રીબરે એટલું તો જોયું કે આકાશમાં દૂધગંગામાંના તારાઓની હાજરીનાં પ્રમાણમાં જ દરેક દિશામાંથી તરંગો મળતા હતા. જયાંથી મોજાં મળે તેને ઉત્પત્તિકેન્દ્ર કહીશું. આ બધાં ઉત્પત્તિકેન્દ્રો આકાશમાં સપ્રમાણ છવાયેલાં હતાં. એટલે કે એકબાજુ બે-ચાર અને થોડે દૂર સુધી એક પણ રેડિયો ઉત્પત્તિકેન્દ્ર ન હોય તેવું નહોતું. વળી હંસપુચ્છ નક્ષત્ર તરફથી પણ વધુ મોજાં આવતાં જણાંયાં. અગાઉ કહ્યું તેમ મોજાંની દિશામાંના અમુક ચોકકસ તારા પર ટેલિસ્કોપ માંડતાં તો મોજાં ન મળતાં પણ કયારેક તો એ દિશામાં કોઈ તારો જ જોવા ન મળતો ! નકકી નહોતું થતું કે કઈ વસ્તુ મોજાં મોકલે છે. આપણા તારાવિશ્વના બે તારાઓ વચ્ચેની ખાલી જગ્યાઓમાં વીજભારીત કણો હોય અને તેમાં દખલ થતાં મોજાં પેદા થતાં હોય તેથી ધારણા આપણે જોઈ : ગણત્રીઓ કરતાં પણ તે જ ઠીક લાગતું હતું.

પરંતુ તે જ અરસામાં બોલ્ટન અને સ્ટેન્લી નામના બે ભાઈઓ અચાનક જ તદ્દન નવી બાબત લઈને આવ્યા. તેઓએ આ પ્રમાણે કહ્યું :

જે જે તારાઓ આપણે જોઈએ છીએ તેઓ જોઈ શકાય તેવાં-દૃશ્ય-પ્રકાશનાં મોજાં છોડે છે. એટલે કે આશરે ૦.૦૦૦૦૪ થી ૭ સે. મી. નાં વીજચુંબકીય મોજાં છોડે છે. તો બીજા કેટલાક એવા તારાઓ પણ કેમ ન હોય કે જેઓ પણ વીજચુંબકીય મોજાં જ છોડતા હોય, પરંતુ એ મોજાં જોઈ ન શકાય તેવી તરંગ લંબાઈનાં હોય ? એટલે કે એ

મોજાં રેડિયોમોજાં જ હોય ! આથી જ રેડિયો ટેલિસ્કોપ વડે જયારે એ મોજાં પકડો તો અમુક દિશામાં તેનું ઉત્પત્તિકેન્દ્ર મળે પરંતુ તે જ જગ્યાએ જો દૃશ્ય જોવા માટે સાદું ટેલિ-સ્કોપ નોંધો તો કશું જ ન દેખાય; કારણ કે એ તારો દૃશ્ય પ્રકાશનાં વીજચુંબકીય મોજાં છોડતો જ નથી. અને માટે દેખાવાનો જ નથી !

કેટલો સરસ વિચાર છે ? આ વિચાર ખૂબ જ ખ્યાતિ તથા માન્યતા પામ્યો. આ પ્રકારનાં ઉત્પત્તિ-સ્થાનો ને "રેડિયો તારા" કહેવામાં આવ્યાં—ઉત્પત્તિકેન્દ્રો કે જે રેડિયો તરંગો મૂકે તે. દેખાય છે કે નહિ તે મહત્ત્વનું નહિ.

આ મુજબ શોધતાં કેટલાંક ઉત્પત્તિકેન્દ્રો એવાં પણ મળ્યાં જે જોઈ પણ શકાય અને બરાબર ચોકકસ પણે રેડિયોમોજાં પણ મુકતાં હોય. આ કટુંબમાં એક સભ્ય તમારા સૌના જાણીતા છે. એ છે "કર્ક નિહારિકા" એ અત્યારે તો ધાબાં જેવી દેખાય છે. અગ્નિ ખૂણે ઉંચે આવી રહેલી વૃષભ રાશિના તારાઓની નજીક તે મળી આવશે.

તે સભ્યનો ભૂતકાળ જાણવા જેવો છે. એ ખરેખર "રેડિયો તારો" કહેવાય છે તેટલું જ, બાકી તારો નથી. ઈ. સ. ૧૦૫૪ ની ચોથી જુલાઈએ ચીનાઓ એ નોંધ્યું કે આકાશમાં એક નવો પદાર્થ ધડાકા સાથે આવી પડયો છે. જે જગ્યાએ ઞ પહેલાં કશું ન હતું. અને વળી આ પદાર્થ એવો તો પ્રકાશિત હતો કે બરાબર ત્રણ અઠવાડિયા સુધી તો તે દિવસે પણ દેખાતો હતો અને લોકોમાં ભય પમાડતો રહ્યો ! આ પદાર્થ તે જ કર્ક નિહારિકા. એ ફાટેલા તારાના બચેલા વાયુઓનો ગોળો છે. હજ આજે પણ તે રોજના સાત કરોડ માઈલ લેખે પ્રસરે છે !

વૈજ્ઞાનિકોને તેમાં રસ એટલે છે કે તે દૃશ્ય તથા રેડિયો એમ બંને પ્રકારનાં મોજાં છોડતો હોવાથી અભ્યાસનું સરળ સાધન છે. ઈ. સ. ૧૯૪૯માં તેનું રહસ્ય ઉકલ્યું કે ખૂબ જ તીવ્ર ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ફરી રહેલા વીજાણુઓ (ઈલેકટ્રોન્સ) વીજચુંબકીય તરંગો છોડતા હશે જે આપણા સુધી પહોંચે છે.

કર્ક નિહારિકા નું અંતર ૪,૧૦૦ પ્રકાશવર્ષ છે. આપણાં જ તારાવિશ્વમાં બીજાં બે રેડિયો ઉત્પત્તિ કેન્દ્રો પણ આજ પ્રકારનાં હોવાનું મનાય છે-જેઓ અનુક્રમે 'ટીકો બ્રાહે-સ્ફોટ "અને" કેપ્લર સ્ફોટ'નાં પરિણામ હોઈ શકે. શર્મિષ્ઠાના તારાઓમાં આવેલું એક રેડિયોકેન્દ્ર પણ આવા જ સ્ફોટનું પરિણામ હશે તેમ ધારવામાં આવે છે પણ એ સ્થળે ભૂતકાળમાં કોઈ એ આવો સ્ફોટ નોંધ્યો નથી તે એક પ્રશ્ન છે !

આપણા તારાવિશ્વની બહાર

રેડિયો તારાની વાત ચાલી તે દરમ્યાન ૧૯૫૧માં લંડનમાં એક કૉન્ફરન્સ ભરાઈ. તે વખત સુધી તો હજુ ૫૦ જ ઉત્પત્તિકેન્દ્રો મળેલાં. વૈજ્ઞાનિકો વિચાર વિમર્શ કરવા માટે ભેગા મળેલા. તે વખતે એટલી માહિતી હતી કે આશરે પચાસ બિંદુઓથી રેડિયો મોજાં આવે છે, જે કદાચ ૪૦૦૦ પ્રકાશવર્ષ દૂર હોઈ શકે. બધાં કેન્દ્રો આકાશમાં સપ્રમાણ ગોઠવણીમાં હતાં. સ્વાભાવિક રીતે જ બધાં જ આપણાં જ તારાવિશ્વમાં આવેલાં ઉત્પત્તિ-

કેન્દ્રો છે તેવો સૂર દરેક વિજ્ઞાનીએ કાઢયો. પરંતુ થૉમસ ગોલ્ડ નામે એક અમેરિકન ભાઈએ નવી વાત કહી.

તે કહે કે છૂટાં છવાયાં બિંદુઓ છે માટે તેઓ નજીકનાં જ છે તેમ માનવાનું ખોટું છે. જેમ આપણાથી ઓછા અંતરે આવેલાં ઉત્પત્તિકેન્દ્રો આકાશમાં સપ્રમાણ રીતે ગોઠવાયેલ હોઈ શકે તે જ પ્રમાણે અતિશય દૂર આવેલાં ઉત્પત્તિસ્થાનો પણ આવું સરસ વિતરણ-ગોઠવણી-આપી શકે. દાખલા તરીકે આપણા તારાવિશ્વની બહાર કયાંય દૂર બીજું તારા-વિશ્વ હોય. આખાં જ તારાવિશ્વના તારાઓની વચ્ચેના વાયુઓ વડે તથા તારાઓમાં પણ રેડિયો તરંગો પેદા થતા હોય તો એ બધાંની સંયુકત અસર આપણા તારાવિશ્વ પરથી જુઓ તો તો એક ટપકાં જેવડી જ લાગે ને ? આપણું ગામ કેવડું મોટું હોય છે ? આમ છતાં એ નકશા પર તો એક મીંડાં વડે જ બતાવાય છે ને ?

આ પરથી તેમનો કહેવાનો મતલબ એ હતો કે આવાં અનેક તારાવિશ્વો અથવા તો કોઈ પદાર્થો જે આપણા તારાવિશ્વની બહાર હોય, ખૂબ દૂર હોય પણ બધાં જુદી જુદી દિશામાં હોય, તો આપણને જોવા મળે છે તે જ પ્રમાણે આકાશમાં બિંદુરૂપ છૂટાંછવાયાં ઉત્પત્તિકેન્દ્રો સ્વરૂપે દેખાય. એટલે કે આપણે જે અંતર ધારી લીધાં છે તે ચકાસવાં જોઈએ અને આપણી આંખ એ દિશામાં ખુલ્લી રાખીને કામ કરવું જોઇએ કે સંભવ છે કે કેન્દ્ર બીજાં તારાવિશ્વનું પણ હોઇ શકે.

ઉકેલ સારો હતો. વધારામાં તે એક બીજા કોયડાનો પણ ઉકેલ આપતો હતો. જે દિશામાંથી મોજાં આવતાં અને તે તરફ ટેલિસ્કોપ નોંધતાં તે તારાઓનું જૂથ કશાં રેડિયો-રેડિયોમોજાં બતાવતું નહિ-એ પ્રશ્નનો.

ઉકેલ સમજવા માટે એક દૃષ્ટાંત લઈએ.

રૂમમાં બેઠે બેઠે તમે બારીમાંથી બહાર જુઓ છો. બહાર ઝાડ, પાન, મકાન જે દૃશ્ય હોય તે દેખાય છે. પરંતુ આ સાથે તમને બારીના સળિયા પણ દેખાશે તો ખરા જ ને ? આથી કરીને તમારાથી એમ નહિ માની લેવાય કે ઝાડ અને સળિયા એક જ જગ્યા એ છે. તમારી આંખોની રચના એવી સરસ છે કે તમને જોતાં જ સમજાઇ જાય છે. કે ઝાડ તમારા રૂમમાં નથી. સળિયાની જોડાજોડ નથી. એ દૂર છે અને સળિયા તમારા રૂમની જ બારીના છે.

આ જ વસ્તુ આકાશી પદાર્થોને લાગુ પડે છે. દા. ત. વૃષભ રાશિના તારાઓ પાસે કર્ક નિહારિકા દેખાઈ તેનો અર્થ એવો નહિ કે એ પણ રાશિની સભ્ય જ હોય. એ તો વૃષભના તારાઓની કયાંય દૂર—આપણી દિશામાંથી વાત કરો તો—'પાછળ' તરફ છે. આ જ રીતે બીજા તારાવિશ્વના તારાઓ કે સમગ્ર તારાવિશ્વો આપણાં તારાવિશ્વના અમુક તારા-ઓની વચ્ચેથી દેખાઇ શકે કે પછી તે દિશામાંથી રેડિયોમોજાં મોકલી શકે. એ સંજોગોમાં આપણાં તારાજૂથના તારાઓ કયાંથી મોજાં બતાવે? આમ આપણાં તારાવિશ્વના તારાઓ તો માત્ર સંદર્ભરૂપ જ છે. આ વાત થોમસ ગોલ્ડનાં કથનથી સ્પષ્ટ બની. હવેથી વૈજ્ઞાનિકો એ વિચારવા તૈયાર થયા કે રેડિયોકેન્દ્રો આપણાં તારાવિશ્વની બહાર પણ હોઈ શકે.

હંસ નક્ષત્રના તારાઓ તરફથી જે મોજાં મળતાં હતાં તે બાબત પણ પાછળથી ખબર પડી કે તે તો આપણાં તારાવિશ્વની બહારથી આવતાં મોજાં જ હતાં. (આમ ખબર પડી કે પૂ. ગાંધીજીને નકામા અટકમાં લીધા હતા!)—

આ બધા નવાનવા વિચારો સંશોધનને પાત્ર હતા. તેથી નવાં સાધનોની જરૂર પડવા લાગી કે જે વધુ સંવેદનશીલ હોય, વધુ શકિતશાળી હોય. આથી એરિયલોની ગોઠવણીનો એક નવો પ્રયોગ અમલમાં આવ્યો. એ રીતમાં નજીક નજીકનાં બે એરિયલોના પકડેલ મોજાંના તફાવતનો અભ્યાસ કરાતો. આથી ખૂબ નજીક નજીક આવેલાં રેડિયો કેન્દ્રો પણ સ્પષ્ટ પારખી શકાવાનું સંભવિત બન્યું. પહેલાં આવી માહિતી મુશ્કેલીથી મળતી. આકૃતિ નં ૧૩ (પાનું. ૨૪) જુઓ. દરેક અર્ધગોળાકાર એક પરાવર્તક-એક એરિયલની જોડ છે. બબ્બે ના તફાવતનો પણ તફાવત કાઢવામાં આવે છે. એટલે કે બીજી જોડીનાં પરિણામ સાથે તેને સરખાવાયો છે. આવી અને આનાથી પણ વધારે તબકકાવાળી રચનાઓથી વૈજ્ઞાનિકોને સારી માહિતી મળવા લાગી. અને આપણાં તારાવિશ્વની બહારનાં પદાર્થો પણ પોતાનાં રહસ્યો ખોલવા લાગ્યા.

રેલે એ એક એવું મોટું ટેલિસ્કોપ બનાવ્યું જેમાં ૫૦ × ૬૦૦ મીટર લંબચોરસના ચાર ખૂણે ચાર એરિયલો મૂકયાં. આ એરિયલો પણ ગૂંથણીવાળી રચનાવાળાં જ હતાં —૧,૨૦૦ ચો. મી. નો વિસ્તાર આવરી લે તેવાં! તેણે પોતે મહેનત કરી તેને સસ્તું બનાવેલું તે છતાં તેની કિંમત ૧૯૫૨માં એક લાખ રૂપિયા થયેલી! આ જમ્મુજબ ઓસ્ટ્રેલિયાના બી. વાય. મિલે તો એક માઈલનું ટેલિસ્કોપ બનાવ્યું એ તો આપણે જોઈ ગયાં.

આ બધાંની મદદથી ક્રમે ક્રમે બે હજાર જેટલાં એવાં સ્થાનો શોધી કઢાયાં જે રેડિયો-તરંગ મુકતાં હોય; અને સાબિત કરી શકાયું કે આમાનાં મોટા ભાગનાં—૧૯૬૦ જેટલાં—તો આપણાં તારાવિશ્વની બહાર જ હતાં.

આ ઉત્પત્તિસ્થાનોનું વર્ગીકરણ કરો તો બે મુખ્ય વિભાગ પડે. પહેલો વિભાગ આપણાં તારાવિશ્વમાં જ જણાતાં કેન્દ્રો અને બીજો વિભાગ તે તેથી દૂરનાં કેન્દ્રો. આપણાં જૂથમાં જ દેખાતાં રેડિયો ધાબાંઓમાં અમુક તો હાઈડ્રોજન વાયુના ગોળાઓ કે વાદળ જ હતાં. ગરમ તારાઓની આસપાસ આવું બને છે. જયારે બીજો પ્રકાર હતો કર્ક નિહારિકા જેવા વિશિષ્ટ વાયુ-વાદળોનો-તેઓ વિશે તો આગળ કહેવાઈ ગયું. આમાંથી શર્મિષ્ઠાના તારાઓની નિહારિકા બાબત એમ લાગે છે કે એ કોઈ સ્ફોટકનુંજ પરિણામ છે પણ ત્યાં આગળ એકેય સ્ફોટ ઈતિહાસમાં નોંધાયો નથી તેનું કારણ એ હોઈ શકે કે એ સ્ફોટમાંથી દૃશ્ય પ્રકાશ ન નીકળ્યો હોય. આ ઉત્પત્તિકેન્દ્રની બીજી વિશિષ્ટતા એ છે કે ત્યાંથી મળતાં દૃશ્ય પ્રકાશનાં મોજાંઓ મુજબ અંતર માપો તો ૧૬૫૦ પ્રકાશવર્ષ લાગે છે; પણ જો તેનાં રેડિયોમોજાંઓનો ઉપયોગ કરી અંતર માપો તો એક લાખ પ્રકાશવર્ષ લાગે છે! બંનેમાંથી શું સાચું? કોણ જાણે!

આપણાં તારાવિશ્વની બહારનાં કેન્દ્રોમાં મોટા ભાગનાં તો કોઈ તારાવિશ્વો જ હતાં. એટલે કે એ 'રેડિયો તારા' નહીં 'રેડિયો વિશ્વો' હતાં! (એક તારાનાં મોજાં તો આપણા

સુધી ત્યાંથી પહોંચે પણ નહીં) રેડિયો ટેલિસ્કોપ જેને બિંદુ કહે છે તે સમગ્ર તારાવિશ્વની સંયુકત અસર હોય છે-જે ખૂબ દૂરથી આવી છે.

આર્દ્રા નક્ષત્રનું નામ સાંભળ્યું છે? તેની પાછળ એક અબજ પ્રકાશવર્ષ દૂર કોઈ તારાઓનું ગામ છે ! હંસપૂચ્છ નક્ષત્રના તારાઓની નજીક 'વીણા'ના તારાઓ ઉપર દેખાશે (તેમાં એક સૌથી પ્રકાશિત હશે-અભિજીત) તેની આરપાર પણ એક વલયાકાર નિહારિકા મળી આવી.

કન્યારાશિના તારાઓની પાછળ ૨.૨ કરોડ પ્રકાશવર્ષ દૂર જે તારાવિશ્વનું ચિત્ર મળ્યું તેમાંતો 'જેટ' જેવી પૂંછડી દેખાય છે.

ભટકાતાં તારાવિશ્વો :

નવાં સાધનોએ એક બીજી પણ રસભરી વાત બતાવી. તે એ કે ઘણાં ઉત્પત્તિકેન્દ્રો નહીં પણ બે તારાવિશ્વોનાં રેડિયોમોજાં બતાવે છે—અને એ બંને પણ એક બીજાંની સાથે ભટકાવાની ક્રિયામાં હોય છે. આપણા જાણીતા હંસમંડળના તારાઓ પાછળનું કેન્દ્ર જુઓ. એ ખરેખર ૭૦ કરોડ પ્રકાશવર્ષ દૂર જે તારાવિશ્વો ભટકાય છે તે કારણે રેડિયોતરંગો મૂકે છે.

તારાવિશ્વો ભટકાય ત્યારે તેના સભ્ય તારાઓ પણ ભટકાય કે નહીં એ ઝઘડાની બાબત છે. કોઈ એમ કહે છે કે એ વચ્ચે તો ખૂબ અંતર હોય તેથી ભટકાય નહિ, પરંતુ બંને વિશ્વોના તારાઓ વચ્ચેના વાયુઓ એકબીજાંના વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરી મોજાં છોડે છે.

એ ચિત્ર પણ ૧૯૬૬ સુધીમાં બદલાઈ ગયું છે. તે વખતે થયેલી ગણતરીઓથી એ વાત આવી છે કે રેડિયોમોજાં માત્ર ભટકાતાં તારાવિશ્વોથી જ નહીં પરંતુ કયારેક સંકોચાતાં તારાવિશ્વોના કારણે પણ મળે છે. કોઈ પણ કારણે તારાવિશ્વ સંકોચાવા લાગે ત્યારે તેના તારાઓ ઉપર ખૂબ દબાણ આવે છે. આથી ઘણા તારાઓ તો ભળી જઈ એક થઈ જાય છે—અને છેવટે વધુ દબાણ આવતાં ફાટે છે. આ પ્રસંગે તેઓ ખૂબ જ પ્રમાણમાં રેડિયોમોજાં છોડે છે.

આમ નવાં સાધનોથી દૂર સુધીની માહિતી મળી શકી અને તેથી વિજ્ઞાનીઓ એક વાત નવી શીખ્યા : તે એ કે જે વસ્તુ પુરી થઈ ગઈ લાગતી હોય તે પર પણ નવાં સાધનો મળે ત્યારે ફરીથી સંશોધન કરવું જોઈએ. જ્ઞાન માણસ માને કે પૂરૂં થયું ત્યાં જ પૂરૂં થાય તેમ માનવાને કારણ નથી. ખરેખર તો એ સીમા વિનાનું જ છે.

અતિ લાંબાં અંતરથી પણ આટલાં જોરદાર મોજાંઓ મળે છે એ ખબર પડયા પછી વિજ્ઞાનીઓ ગણતરી કરવા લાગ્યા. આ પરથી લાગ્યું કે આપણા સૂર્ય કરતાં તો લાખો ગણું દ્રવ્ય એ મોજાંઓ મોકલવામાં જવાબદાર હશે. એ ધારણા પરથી જ સંકોચાતાં તારાવિશ્વની કલ્પના કરાઈ. આ જ ધારણા પરથી અવકાશમાં "કવૅસાર્સ" નામના અવકાશી પિંડો શોધી કઢાયા. એને વૈજ્ઞાનિકો 'અર્ધતારા' કહે છે. એ ભાગે છે તો નાના પણ ખૂબ જ જોરદાર મોજાં મોકલે છે.

ક્વૅસાર્સ :

આટલે નજીક આવ્યા છીએ તો એ ક્વૅસાર્સ ને પણ ઓળખતા જઈએ.

અત્યાર લગી આપણે જે રેડિયો સ્થાનો જોયાં તેમાં બધાજ અવકાશીપદાર્થો સામેલ હતા. તારાવિશ્વો, ફાટેલ તારાઓનો ભંગાર, વાયુગુલ્મો અને તારાઓ પણ. પરંતુ તેમાંથી હજુ સુધી એકે તારાનું સ્થાન અવકાશમાં પકડી શકાયું ન હતું. રેડિયો વિશ્વો કે રેડિયો નિહારિકા તો આકાશમાં બતાવી શકાયેલાં. ત્યાં ૧૯૬૦નાં ડિસેંબરમાં એ. આર. સેન્ડેઈજ નામના ભાઈએ જાહેર કર્યું કે તેની ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર એક તારો એવાં સ્થાન પર મળી આવ્યો જે કે જ્યાં કેમ્બ્રિજ યુનિવર્સિટીએ એક રેડિયો તારો હોવાનું નક્કી કરેલું છે !

મતલબ કે એ 'જોવા' મળેલો પ્રથમ 'રેડિયો તારો' હતો ! બસ: તે પાછળ શોધો શરૂ થઈ. તેમાં જણાયું કે એ માત્ર રેડિયો મોજાં જ છોડતો નહતો. પારજાંબલીથી માંડી

પેતલબ કે એ 'જોવા' મળેલો પ્રથમ 'રેડિયો તારો' હતો ! બસ : તે પાછળ શોધો શરૂ થઈ. તેમાં જણાયું કે એ માત્ર રેડિયો મોજાં જ છોડતો ન હતો. પારજાંબલીથી માંડી
રેડિયોમોજાં સુધીની દરેક તરંગલંબાઈ એ તે પોતાનાં નમ્ર ફાળો મોજાં સ્વરૂપે આપતો હતો ! અને તેનું અંતર આપણાથી એક અબજ પ્રકાશવર્ષ હતું !

પછી તો આવાં ઘણાં કેન્દ્રો શોધવામાં આવ્યાં. પરંતુ જેમ નવાં કેન્દ્રો મળતાં ગયાં તેમ આશ્ચર્યો વધતાં ગયાં. હવે તો તેને 'તારો' કહેવાની પણ લોકોની હિંમત ન રહી. કેમ કે તારાઓના સામાન્ય ગુણધર્મો કરતાં તો આ ક્યાંય જુદાં પડવા લાગેલાં, દાખલા તરીકે તેણે છોડેલી શકિતની વાત કરીએ. એટલે દૂરથી બધા પ્રકારનાં તરંગો છોડતાં આ કેન્દ્રો કુલ્લ મળીને દર સેકંડે $૧૦^{૪૬}$ અર્ગ (૧ ઉપર ૪૬ મીંડાં) શકિત ઉત્સર્જિત કરે છે તેવી ગણત્રી થઈ. એક જિલ્લાને વીજળી પૂરું પાડતું પાવર હાઉસ ૧૦૦ મેગાવૉટ શકિત ધરાવતું હોય છે—આ કેન્દ્રોની શકિત મળી $૧૦^{૩૩}$ મેગાવૉટ! આખાં તારાવિશ્વ છોડી શકે તેથી ય ૧૦૦ ગણી શકિત : આને તે તારા કેમ કહેવા ? પણ તો શું કહેવું ? 'એમ કરો, અત્યાર પૂરતા તો તેને અર્ધતારા કહો' એમ નક્કી કરી તેને 'અર્ધતારા' કે Quasi Stellar objects કહેવામાં આવ્યા. તેનું ટૂંકું રૂપ થયું "ક્વૅસાર." પણ તેના સાચા સ્વભાવ વિષે હજુ કશું નક્કી થયું નથી. ૧૯૬૫ સુધી આવાં ૧૨૦ કવેસાર મળ્યાં. પણ માંડ ૧૦ વિશે અંતર વગેરે નક્કી થઈ શક્યાં. ૧૯૭૦ સુધીમાં મળેલ કવેસારની સંખ્યા એક હજાર ને વટાવી ગઈ છે. આ તો રેડિયો મોજાં છોડતાં ક્વૅસારની વાત થઈ. પણ માત્ર બીજાં જ મોજાં છોડતાં હોય અથવા ખૂબ ઓછાં રેડિયો મોજાં છોડતાં હોય તેવાં ક્વૅસાર તો તેથી ય ૧૦૦ ગણાં હોઈ શકે.

અબજો સૂર્ય જેટલાં પ્રકાશિત અને કરોડો સૂર્ય જેટલું દ્રવ્ય તો જ્યાં બળતણ રૂપે બળે છે એવા આ પદાર્થો કેવા છે ને ક્યાં છે તે જ ખબર નથી ત્યાં કેવી રીતે બન્યા હશે તે તો કોણ જ કહી શકે ?

રેડિયો ખગોળ શાસ્ત્ર

અવકાશી ઘડિયાળો :

કવેસાર શું છે તે શોધવા માટે મથામણ ચાલું જ હતી ત્યાં રેડિયો ખગોળજ્ઞો ને આકાશમાં વળી ત્રીજા જ પદાર્થો મળી આવ્યા. એ તો અત્યાર સુધી મળેલાં અવલોકનોની વિચિત્રતાને ય આંબી ગયા ! બન્યું એવું કે કેટલાક કવેસાર પદાર્થોની તીવ્રતા બદલતી હોવાથી તેના પર બરાબર નિરીક્ષણ રાખવા માટે સારાં ટેલિસ્કોપ અમલમાં આવ્યાં. આવાં ટેલિસ્કોપ પર કામ કરતાં ૧૯૬૭ના અંતમાં અચાનક એવાં રેડિયો મોજાંઓ મળી આવ્યાં કે અમુક સમય માટે મળે, વળી બંધ થાય, વળી એક ઝબકારો, વળી ગૂમ......! ઝબકારા જેમ મળી જતાં મોજાંઓ વચ્ચેનો ગાળો એટલો તો ચોકકસપણે જળવાતો હતો કે દશાંશનાં આઠ સ્થળ સુધી ચોકકસ માપી શકાયો. તે હતો ૧.૩૩૭૩૦૧૧૩ સેકંડ! આટલી બધી નિયમિતતા? સ્વાભાવિક છે કે પહેલાં તો સાધનમાં જ વાંક શોધવા પ્રયત્ન થાય. આસ-પાસનાં ઘરોમાં કયાંક ટેલિવિઝન બગડી ગયો હશે ને અહીં દખલ કરતો હશે તેમજ માનવા પ્રેરાવાય તેવી નિયમિતતા હતી. પરંતુ એમ ન હતું અને મોજાં આકાશી જ હતાં તે તો ખાત્રી થઈ. તો પછી બીજા ગ્રહના લોકો આપણો સંપર્ક સાધવા પ્રયત્ન કરતા હશે ? એ પણ શક્ય હતું. પરંતુ એ ધારણા પણ ત્યારે ખોટી પડી, જયારે આવા બીજા ત્રણ પદાર્થો બીજી દિશામાં મળી આવ્યા વળી જયાંથી આ મોજાં આવતાં હતાં ત્યાં કોઈ ગ્રહનાં (કે તારાનાં પણ !) નિશાને ય ન હતાં. ૧૯૬૯ની શરૂઆત સુધી સમગ્ર આકાશમાં આવાં માત્ર નવ ઉત્પત્તિકેન્દ્રો શોધી શકાયાં. તેમાં બે ઝબકારા વચ્ચેનો ઓછામાં ઓછો સમય ૦.૨૫૩૦૬ સેકંડનો અને વધુમાં વધુ લાંબો ગાળો ૧.૯૬૧૬૬૩૩ સેકંડનો મળ્યો. અંગ્રેજીમાં ઝબકારારૂપે મળતાં મોજાં ને 'પલ્સ' કહેવતાં હોવાથી આ અવકાશી 'ઘડિયાળો'ને 'પલ્સર', નામ આપવામાં આવ્યું.

પલ્સરો હજુ સુધી દેખાઈ તો શકાયા જ નથી. માત્ર વિવિધ રીતોથી તેમનું અંતર તથા કદ માપી શકાયાં છે. ૧૦૦ થી ૧,૭૦૦ પ્રકાશવર્ષ દૂર આ પદાર્થો આવેલા છે. મતલબ કે એ આપણાં જ તારાવિશ્વમાં આવેલા તારાઓ છે. તેઓના કદ વિશે પણ અટકળો જ ચાલુ છે. પણ એટલું ચોકકસ છે કે સૂર્ય જેટલી જ શકિત ધરાવતા આ તારાઓ સૂર્ય કરતાં ૭૦૦-૮૦૦મા ભાગના જ છે! કહો કે તેઓનો વ્યાસ ૨૦૦ થી ૧૦,૦૦૦ માઈલ સુધી ગમે તે હોઈ શકે.

પલ્સરની ઉત્પત્તિ અને તેમાંથી મળતાં રેડિયો તરંગોની ઉત્પત્તિ માટે હજી સુધી સ્પષ્ટપણે નિર્વિવાદ તર્ક થઈ શકયા નથી. સંભવ છે કે કદાચ તમારામાંથી જ કોઈ મોટું થઈ આગળ આવી સ્પષ્ટતા કરશે!

વિવિધ જગ્યાએથી આટલાં આટલાં રેડિયો મોજાં પ્રાપ્ત કરી તેનું વિશ્લેષણ કર્યા છતાં બ્રહ્માંડની રચના વિશે આપણે આજ તો કશું જ કહી શકતા નથી. આપણને જે મળ્યું છે તે ખૂબ થોડું છે. વળી એ બાબત પણ નોંધવી રહી કે જે માહિતી આજે આપણે નોંધીએ છીએ તે ૨૦-૨૫ કરોડ વર્ષ પૂર્વેની છે! કારણ કે રેડિયો મોજાંની આટલી ઝડપ હતાં તેને એ અંતર કપાતાં આટલાં વર્ષ લાગ્યાં હશે. પૃથ્વી પર માણસ ન હોય ત્યારની

ઘટનાઓ આજે આપણે જાણી શકીએ છીએ તે માટે આપણે રેડિયો ખગોળશાસ્ત્રનો અને તે માટે જાન્સ્કીનો આભાર માનવો જોઈએ.

ખગોળશાસ્ત્રની આ નવી શાખા-રેડિયો ખગોળશાસ્ત્ર-એ ખાસ કરીને ઈંગ્લેંડ જેવા દેશમાં કે જ્યાં ધુમ્મસના કારણે દૃશ્ય ખગોળશાસ્ત્રીઓએ દિવસો સુધી ધુમ્મસ હટવાની રાહ જોવી પડતી હોય, તેવી જગ્યાએ તો મોટો આશીર્વાદ થઈ પડી છે. આમ છતાં હજુ આ ક્ષેત્રે વધુ ખૂબ રહસ્યો શોધવાં બાકી છે એમ માની પુરષાર્થ ચાલુ જ રાખવો પડશે. જે વસ્તુ બનતાં અબજો વર્ષો લાગ્યાં હોય તેનાં રહસ્યો માત્ર ત્રીસ વર્ષના અભ્યાસમાં જ પામી જવાની ઈચ્છા રાખવી એ તો ઉતાવળ ગણાય ! આમ છતાં જે ઝડપે પરિણામો આવે છે તે જોઈ આપણને કાર્ય કરતા વિજ્ઞાનીઓ પર માન ઉપજે તેવું છે અને તેથી જ આપણે આશા રાખીએ કે આ વિષય દૃશ્ય ખગોળશાસ્ત્ર ને મદદ કરી બ્રહ્માંડનાં સત્યો જલ્દીથી ઉકેલી આપશે.

૪

રડાર ખગોળશાસ્ત્ર

આજે છગન ચોવટિયાએ મથુરકાકાને નવો જ પ્રશ્ન પૂછી કાઢયો, "કાકા, રેડિયો ખગોળ વિશે તમે ઘણુ કહ્યું. અતિશય દૂરની ચીજોનાં પણ દર્શન એ વિષય વડે કર્યાં. પરંતુ આટલું કર્યા બાદ કોઈને એવું કેમ નથી સૂઝતું કે ચન્દ્ર વિશે પણ જો આવી જ માહિતી મેળવી લઈએ તો આટલા અબજો રૂપિયા ખર્ચી ત્યાં જઈને જ્ઞાન મેળવવાની જરૂર ન પડે?"

"ચોવટિયા, સાંભળ, પહેલી વાત તો એ કે ચન્દ્ર એ કોઈ તારો નથી. પૃથ્વી તારો નથી અને તેની પાસે સૂર્ય જેવું પાવરહાઉસ નથી તે તો તું સમજે છે. તે જ રીતે ચન્દ્રનું સમજો. અને તેથી ત્યાં વીજચુંબકીય ઉથલપાથલ નથી થતી. અને આથી તે કશા જ મોજાં નથી મોકલતો. આમ છતાં એ જાણી તને હર્ષ થશે કે વિજ્ઞાનીઓ ત્યાં જતાં પહેલાં તેની સપાટી, ફરવાની દિશા વગેરે બધું આ જ રેડિયો મોજાંઓની મદદ વડે જાણી ચૂકયા હતા. એ ન જાણે તો ત્યાં જઈ શકાય જ નહિ.

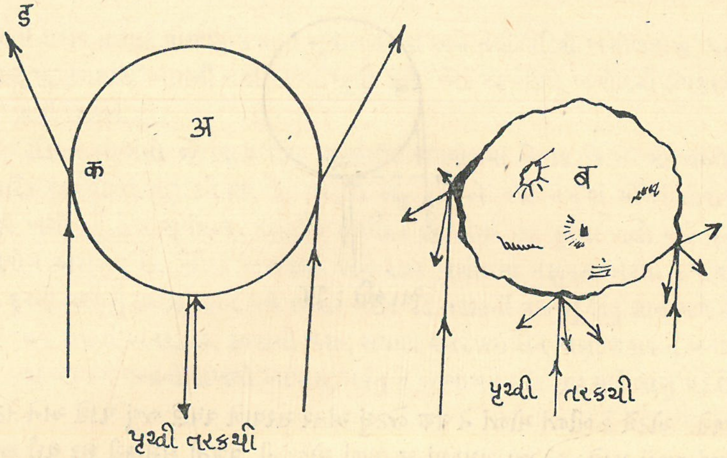
"એ બધું કેવી રીતે જાણ્યું હશે?"

"એ પણ કહું, આટલો વખત આપણે રેડિયો તરંગની વાતો કરી. સૂર્યથી માંડી કર્ક નિહારિકા અને તેથી ય દૂરનાં વિશ્વો તરફથી ભેટ મળેલાં મોજાં તપાસ્યાં. પરંતુ તે દરેક કિસ્સામાં આપણે તો માત્ર મોજાં પ્રાપ્ત જ કરવાનાં હતાં-પકડવાનાં જ હતાં.

પરંતુ ચામાચીડિયાંની માફક આપણે જ મોજાં મોકલીએ અને પરાવર્તિત ભાગ આપણે જ પકડીએ એવું ન થાય ? જરૂર થાય. એ પ્રમાણે કરી ને જ લડાઈમાં દુશ્મનનાં વિમાન કે સબમરીન પકડાય છે તે તો મેં બતાવ્યું હતું. એ બધું ફરી યાદ કરી જશો તો વધુ મજા આવશે કેમ કે હવે તમને રેડિયો મોજાં શું છે તે પણ ખબર છે.

જે સિદ્ધાંત પર રડાર ચાલ્યાં એ જ સિદ્ધાંતથી ખગોળનું જ્ઞાન મેળવી શકાય : એ શાસ્ત્ર તે 'રડાર એસ્ટ્રોનોમી,'

પરંતુ તેમાં એક તકલીફ છે. આ રેડિયોમોજાં લાંબી તરંગ લંબાઈનાં હોઈ બહુ થોડી શકિતવાળાં છે. આથી તે દૂર દૂરના પદાર્થ તરફ જાય ત્યાં જ રસ્તામાં શોષાઈ જાય છે. જયારે આપણે તો તેનો પરાવર્તિત ભાગ પણ પાછો ઝીલવો છે. આ મુશ્કેલ તો છે જ, પણ તે સિદ્ધ કરવા રડાર વૈજ્ઞાનિકોએ ખૂબ જ મહેનત કરી. ખૂબ જ શકિતશાળી એરિયલોથી રેડિયોમોજાં છોડી શકાય અને ખૂબ ચોકસાઈપૂર્વક પાછાં વળતાં મોજાંઓને



આકૃતિ ૧૫

ત્યારે તેમાં જેમ ગતિશકિત હોય છે તેમ જ. પહેલાં પ્રકરણમાં આપણે જોયું હતું કે પરાવર્તિત થઈને આવેલાં મોજાંની શકિત ઘટી જાય છે. (પાનાં નં. ૪ આકૃતિ ૨ જુઓ)

જો સપાટી લીસી હોય તો પૃથ્વી તરફથી જોતાં બરાબર સામેનાં બિંદુએથી મોટાભાગની શકિત પરાવર્તિત થઈ જાય છે અને આપણને મળે છે. પરંતુ બાજુની કિનારીઓ ઉપર અપાતા કિરણ લંબદિશામાં ન હોવાથી મૂળ પલ્સ આડી દિશા (कड)માં ચાલી જાય છે. અને તેથી પૃથ્વી પર લગભગ નહિવત્ શકિત પાછી મળે છે તેમાં પણ સપાટી લીસી હોવાથી પરાવર્તન પણ મહત્તમ થાય છે (જેમ સાદા પ્રકાશની બાબતમાં બને છે તેમ જ) આથી ઊલટું, જો ખરબચડી સપાટી હોય તો બિલકુલ સામેનાં (એટલે કે આકૃતિમાં નીચેનાં) બિંદુઓથી પણ ખૂબ શકિત આજુબાજુ વેડફાઈ જશે. અને તેથી આપણી પૃથ્વી પર રહેલા એરિયલને થોડી શકિતવાળી પલ્સ પાછી મળશે. અહીં બાજુની ધારો પર વાર્તા ઊંધી બને છે. ત્યાં આગળ ખરબચડી સપાટી આપણને મદદ કરે છે. ભૌમિતિક રીતે જે દિશામાં ૯૦ ٪. શકિત જવી જોઈએ તે ખરબચડી સપાટીને કારણે નથી જતી. તેને બદલે આડી અવળી ભટકાયા કરે છે. તેમાંથી થોડો હિસ્સો પૃથ્વીની દિશામાં પણ આવે છે. આમ अ કરતાં ब ના કિસ્સામાં ગ્રહની કિનારીઓનું પરાવર્તન વધારે મળે છે.

આ પરથી કહી શકાય કે જો રડારમોજાંનું વચ્ચે કેન્દ્રમાં વધારે અને આજુબાજુથી નહિવત પરાવર્તન મળે તો ગ્રહ લીસો છે અને તેથી ઊલટું બને તો ગ્રહ ખરબચડો છે તેમ ખગોળશાસ્ત્રી કહી શકે છે.

પરંતુ તમને આ જગ્યાએ પ્રથમ પ્રશ્ન ઊઠવો જોઈએ કે ખરબચડાનો અર્થ કેવો કરવો ? ટેબલ ખરબચડું કહેવાય ? અરીસો કેવો કહેવાય ? પૃથ્વી ખરબચડી ખરી ? “ખરબચડું” તેમ કહેતાં વસ્તુ કેવી હશે તેનો સ્પષ્ટ ખ્યાલ આવતો નથી. અરીસો લીસો

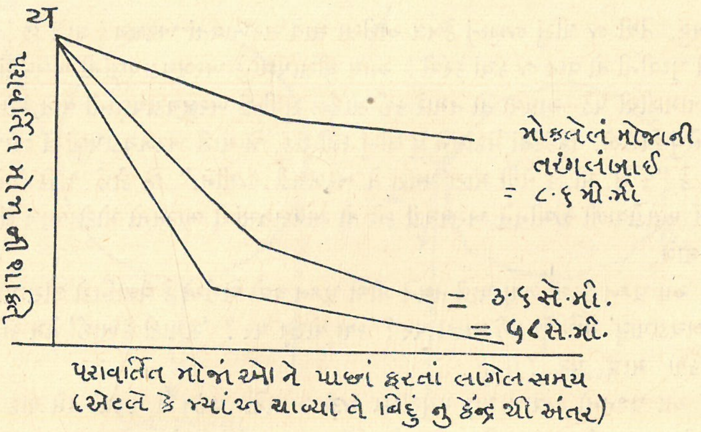
તે ખરું. તેથી જ લીસું જણાતું ટેબલ અરીસા સાથે સરખાવતાં ખરબચડું લાગે છે ! તો પછી પૃથ્વીની તો વાત જ કયાં કરવી ! આમ લીસાપણા કે ખરબચડાપણાંની ખબર કાં તો સરખામણીથી પડે—અથવા તો તમારે કઈ સાઈઝ સુધીનાં ખરબચડાપણાની વાત કરો છો તે કહેવું જોઇએ. ક્રિકેટનાં મેદાનને હું લીસું કહી શકું, જો મારી ખરબચડાપણાંની વ્યાખ્યા હોય કે "૧ સે. મી. કે તેથી મોટા પથરા તે ખરબચડી જમીન." જો કોઈ ૧ કિલોમીટર ઊંચા પહાડોવાળી જમીનને ખરબચડી કહે તો અવકાશમાંથી ભારતનો મોટો ભાગ લીસો જ લાગે.

આ પ્રશ્ન ઉકલી ગયા પછી તમને બીજો પ્રશ્ન થવો જોઈએ કે વૈજ્ઞાનિકો લીસાપણું-ખરબચડાપણું માપે છે કઈ માત્રા પર ? કયા ધોરણ પર ? 'સપાટી દેખાઈ' તેમ કહે છે તે કયા માપ પર ?

આ પ્રશ્નનો જવાબ પણ મથુરકાકા જરૂર આપશે. પરંતુ તે પહેલાં તમે યાદ કરો બીજાં પ્રકરણમાં આવતા પેલા દેડકાને, જે કૂદકા મારતો હતો અને અમુક પથ્થરને ભટકાઈ પડતો (વાચક આ ભાગ ફરીથી વાંચી લે તો મજા પડશે). તે વખતે મેં તમને કહેલું તે મુજબ જે પ્રમાણની ખરબચડી સપાટી તમે જોવા માગતા હો તે માપની તરંગલંબાઈ વાળાં રેડિયોમોજાં વાપરવાનાં.

ઊલટી રીતે કહું તો આમ કહેવાય. તમે ૨૦ સે. મી. ની તરંગ લંબાઈ વાપરીને ગ્રહને "જોયો" હોય અને તે લીસો જણાયો હોય તો સાબિત થાય કે તે ગ્રહ પર ૨૦ સેન્ટિમીટર ને પહોળાઈ-ઊંચાઈવાળા ખાડાટેકરા નથી. તેથી નાના જ કદાચ હોય તો હોઈ શકે. તેને જોકે ૨૦ સે. મી. નું મોજું તો કૂદી ગયું હશે તેથી આપણને માહિતી ન મળી. આ માપના ખાડાટેકરા છે કે નહિ તે જાણવા માટે ૧૦ સે. મી. ની તરંગલંબાઈ વાળાં મોજાં મોકલો. આ વખતે જો ગ્રહની ધારો પરથી ઘણી શકિત પાછી આવે તો સમજાય કે દસ સે. મી.નાં માપ ઉપર તો ગ્રહ ખરબચડો છે. મતલબ કે ૧૦ સે. મી. થી મોટી અનિયમિતતાઓ સપાટી પર અસ્તિત્વ ધરાવે છે—તે પથરા હોય કે પછી ખાડાટેકરા હોય. આમ આ યુકિતથી વિજ્ઞાનીઓએ ચન્દ્રની સપાટી વર્ષો પૂર્વે "જોઈ" લીધી હતી. અને તેથી જ "સર્વેયર" વગેરે અમાનવયાનો બનાવતી વખતે તેના પાયા (પગો)ની રચના ચન્દ્રની સપાટીને મળતી આવે તેમ કરેલું. નહિ તો એવું બની શકે કે ત્યાં જાઓ પછી જ ખબર પડે કે ત્રણ મીટરના વ્યાસવાળી વસ્તુ સીધી રહી શકે તેમ જ નથી તો ? ગંજાવર ખર્ચો નકામો જાય. આમ ચન્દ્રયાત્રાઓ પૂર્વે પણ ચન્દ્રનો સંપૂર્ણપણે રડાર અભ્યાસ તો થયો જ હતો. આ માટે મળેલ આલેખ આકૃતિ ૧૯ માં બતાવેલ છે તે જુઓ.

ક્ષ અક્ષ પર મોજાં કેટલાં મોડાં મળ્યાં તે બતાવ્યું છે અને ય અક્ષ પર પરાવર્તન થયેલી શકિત બતાવી છે. આલેખ બતાવે છે કે ૮.૬ મિલીમીટર નાં મોજાંઓ માટે તરત પાછાં ફરેલાં અને મોડાં પાછાં ફરેલાં, બધાં જ મોજાંઓ (એટલે કે સામેનાં બિંદુથી આવતાં અને કિનારી બાજુથી આવતાં બંને મોજાંઓ) માટે પરાવર્તિત શકિત બહુ જુદી નથી. મતલબ એ કે ચન્દ્ર ૮.૬ મિ. મી. નાં માપ પર ખરબચડો છે. જયારે ૩.૬ સેન્ટિમીટર



આકૃતિ ૧૬

માટે સામેથી આવતાં (તરત પાછાં વળેલાં) મોજાંઓ માટે શકિત કિનારી તરફનાં મોજાં કરતાં વધારે છે. મતલબ કે એ માપ પર ચન્દ્રને લીસો ગણી શકાય. ૬૮ સે. મી. ના માપ પર તો ચન્દ્રને તદ્દન લીસો ગણી શકાય. ત્યાં આગળ કિનારીનાં મોજાં લગભગ નહિવત પૃથ્વી તરફ પાછાં ફરે છે. એટલે કે ચન્દ્રની માટી-સપાટી એવા માપનાં છે કે ૪ સેન્ટીમીટરથી નાના માપના પથ્થર-ઢેખાળા છે. આ બાબત પાછળથી આપણાં યાનો ત્યાં ગયાં ત્યારે સાબિત થઈ ગયેલી.

ડૉપ્લર ઘટના :

ડૉપ્લર નામના એક વિજ્ઞાનીએ અવાજ તથા પ્રકાશનાં મોજાંઓ બાબતમાં એક ઘટનાનું અવલોકન કર્યું. તેણે જોયું કે આ મોજાં છોડતું ઉત્પત્તિસ્થાન તમારાથી દૂર ભાગતું હોય તો તેણે છોડેલાં મોજાં ની તરંગ લંબાઈ વધવા લાગે છે. અને જો તે વસ્તુ તમારી દિશામાં આવતી હોય તો મોજાંની તરંગલંબાઈ ટૂંકાતી જણાય છે.

દા. ત. એક ટ્રેન તમારી તરફ આવે છે. તો આ સંજોગોમાં તેની 'વ્હીસલ'નો અવાજ તમને તીણો થતો જતો લાગશે. કારણ કે નાની તરંગલંબાઈનાં અવાજનાં મોજાં તીણો અવાજ આપે છે. જો તમે ટ્રેનની દિશામાં જતા હો તો પણ આ જ ઘટના બને છે.

જો પ્રકાશ કે અવાજનું ઉત્પત્તિસ્થાન તમારી વિરૂદ્ધ દિશામાં જતું હોય કે તમે દૂર ભાગતા હો તો તરંગલંબાઈ વધે છે.

આ જ ઘટના વીજચૂંબકીય મોજાં ને પણ લાગુ પડે છે. આ ઘટનાને ડૉપ્લર ઘટના કહે છે. મતલબ કે આપણાથી દૂર ભાગતા કોઈ તારા તરફથી મળતાં રેડિયોમોજાં લંબાઈમાં મોટાં થતાં હોય છે. આથી આપણે જે માપ્યાં તે મોજાં કરતાં તે તારો ખરેખર તો નાની લંબાઈનાં મોજાં છોડતો હશે. બે તરંગલંબાઈ વચ્ચે કેટલો તફાવત હશે તે બાબતનો

આધાર તારો કેટલી ઝડપથી ભાગે છે, તે હકીકત પર આધારિત છે.

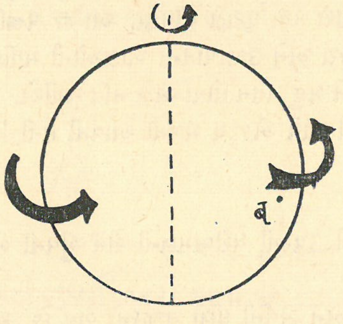
આ બાબત રેડિયો તારા અને ભાગતાં તારાવિશ્વો માટે લાગુ પાડી વિજ્ઞાનીઓએ બતાવ્યું કે એ તારાવિશ્વો આમ તો રેડિયો તરંગ ઉપરાંત દૃશ્ય પ્રકાશનાં મોજાં છોડતાં હશે. પરંતુ ડૉપ્લર ઘટના ને કારણે દૃશ્ય પ્રકાશનાં મોજાંની પણ તરંગ લંબાઈ વધવા લાગે છે. અને તમે જાણો છો કે ૦.૦૦૦૦૭ સે. મી. થી મોટી તરંગ લંબાઈનો પ્રકાશ પારરકત થઈ જાય છે અને દેખી શકાતો નથી. આમ એ તારાઓ કે તારાવિશ્વો નથી દેખાતાં કે નથી તેના ફોટા પાડી શકાતા. આમ ડૉપ્લર ઘટનાએ રેડિયોતારાઓની બાબત પર થોડો પ્રકાશ પાડયો.

પરંતુ આપણે એ ઘટના વધુ મોટા ઉપયોગ માટે શીખ્યા છીએ. આ ઘટનાનો ઉપયોગ કરી ગ્રહોની તેની ધરી ઉપર ફરવાની દિશા અને ઝડપ જાણવી શકય બની છે. અને તેથી રડાર ખગોળશાસ્ત્રમાં તેનું મહત્ત્વ ખૂબ જ વધી ગયું છે.

ધરીભ્રમણની દિશા અને ઝડપ :

દરેક આકાશી પદાર્થ કોઈ ગ્રહ કે તારાની આજુબાજુ ફરવા ઉપરાંત પોતાની ધરી ઉપર પણ ગોળ ગોળ ફરતો હોય છે. રડાર ખગોળની કિંમત ત્યારે મહત્તમ થઈ જાય છે, જયારે તે ગ્રહ કે ઉપગ્રહ પોતાની ધરી ઉપર કઈ દિશામાં અને કેટલી ઝડપથી ફરે છે તે કહી શકાય. (દિશાનો અર્થ કે તે ગ્રહ સમઘડી ફરે છે કે વિષમઘડી તે નકકી કરવું). દૃશ્ય ખગોળશાસ્ત્રથી ફરવાની દિશાની તો મોટાભાગે ખબર પડે છે પરંતુ ઝડપ બાબત નિર્ણય સરળ નથી. શુક્રનો ગ્રહ ખૂબ ઘટ્ટ વાદળોથી ઘેરાયેલો હોવાથી તે માટે તો ફરવાની દિશા પણ ખબર ન હતી. એ સંજોગોમાં ડૉપ્લર ઘટનાની મદદથી રડાર ખગોળે કરેલી મદદ ખરેખર ખૂબ જ કિંમતી છે.

ચિત્રમાં બતાવેલો ગ્રહ બતાવેલી દિશામાં ધરીઉપર ગોળગોળ ફરે છે. ફરવાની દિશા એવી છે કે ડાબી તરફનો ભાગ ફરતો ફરતો આપણી તરફ ધસે છે. ટપકાંવાળી રેખા



આકૃતિ ૧૭

એ બરાબર આપણી સામેનો ભાગ છે. તે રેખાની જમણી તરફનો ભાગ આપણાથી દૂર ભાગે છે. એટલે કે બિંદુ બ ડાબી તરફ થી દૃશ્યમાં દાખલ થઈ ટપકાંવાળી રેખા પર આવી, તેને પસાર કરી જમણી તરફ આવી આપણાથી દૂર જતું હોય તેમ પાછળ ચાલ્યું જાય છે.

હવે તમે જો આ ગ્રહ પર રડાર મોજાં ફેંકો તો ટપકાંવાળી રેખા પર પડેલાં મોજાં જેમનાં તેમ જ પાછાં વળશે, પણ ડાબી તરફની ધાર આપણી દિશામાં આગળ તરફ આવતી હોવાથી ત્યાંથી પરાવર્તિત થયેલાં મોજાંઓ પર ડૉપ્લર ઘટના ભાગ ભજવશે. આમ પરાવર્તિત મોજાંઓનો તે તરફથી આવતો ભાગ તરંગલંબાઈમાં ટૂંકો થઈ જશે. જ્યારે બ બિંદુ છે એ જગ્યાએથી પરાવર્તન પામેલાં મોજાંઓની ઉપર ઊલટી અસર થશે. તે ધાર આપણાથી દૂર જતી હોવાથી ત્યાં આગળથી પરાવર્તિત થયેલાં મોજાંની તરંગ લંબાઈ આપણે મોકલેલાં મોજાંની તરંગલંબાઈ કરતાં વધી ગઈ હશે. આમ જો આપણે ૧૦ મીટર નાં મોજાં મોકલ્યાં હોય તો પરાવર્તિત મોજાંઓમાં પોણાદસ તથા સવાદસ મીટર એ બંને તરંગલંબાઈવાળાં મોજાં હાજર હશે. (આંકડા અલબત્ત, કલ્પિત છે. તરંગલંબાઈનો ફેરફાર ગ્રહની ઝડપ પર રહેશે.)

જો ડાબી તરફના પરાવર્તિત ભાગની તરંગલંબાઈ વધે અને જમણી તરફનાં પરાવર્તિત મોજાંની તરંગલંબાઈ ઘટી હોય તો એમ સમજાય કે એ ગ્રહ આપણી આકૃતિમાં બતાવેલી દિશા ફરતાં ઊલટી દિશામાં ફરતો હશે. મતલબ કે બ બિંદુ જમણી કિનારીથી દૃશ્યમાં આવી ડાબી તરફ જઈને પાછળ અદૃશ્ય થઈ જશે.

રેડિયો મોજાંની મદદથી ધરીભ્રમણની દિશા મળી. હવે વેગ કેમ મળે તે જોઈએ.

અગાઉ કહ્યું તેમ ડૉપ્લર ઘટના કેટલા પ્રમાણમાં બની તે જાણવાથી ખબર પડી શકે કે ગ્રહ કેટલા વેગથી ફરે છે.

મતલબ કે મૂળે ૧૦ મીટરનાં મોજાંમાં પા મીટર નો ફરક પડયો કે અરધા મીટરનો કે પછી કેટલો ફેરફાર થયો, એ જાણવાથી વેગ ગણી કાઢી શકાય. ડાબી તરફની ધાર જેમ વધુ ઝડપથી આપણા તરફ આવશે અને જમણી ધાર જેમ વધુ ઝડપથી દૂર ભાગતી હશે તેમ પરાવર્તિત મોજાંઓમાં ડૉપ્લર ઘટનાની અસર વધુ જણાશે. મતલબ કે મોજાંની તરંગલંબાઈમાં મોટો વધારો તથા ઘટાડો નોંધાશે. આ જ પદ્ધતિની મદદ લઈ ચન્દ્રની સપાટી ઉપરના ખાડા ટેકરા અને ઉલ્કાપાતના ખાડાઓની માહિતી સંભાળપૂર્વક એકઠી કરવામાં આવેલી. પરંતુ તે બહુ ગહન હોતાં અત્રે નહિ ચર્ચીએ. એટલું કહેવું બસ થશે કે દૂરબીનથી જોયેલી સપાટી સાથે એકદમ મળતી આવતી હતી !

બુધ

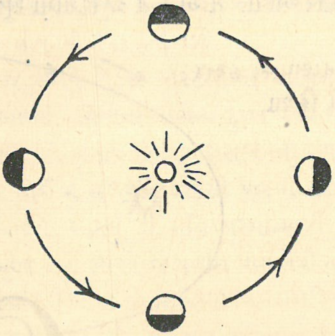
રડાર ખગોળશાસ્ત્રની ઉપરની ધરીભ્રમણની રીતે બુધની બાબતમાં ઠીક ઠીક ચર્ચા જગાડી હતી.

આ નાનો સરખો અને સૂર્યની ઘણો નજીકનો ગ્રહ છે. આ કારણે એમ માન્યતા હતી કે બૂધ સૂર્યની સાથે પરિભ્રમણમાં “પકડાઈ” ગયો હશે. “પકડાઈ જવા”નો અર્થ

એ કે તેને પોતાની ધરી ઉપર એક ચકકર મારતાં જેટલો વખત લાગે તેટલો જ વખત તેને સૂર્યની એક પરિક્રમા કરતાં લાગે. મતલબ કે તેનું એક વર્ષ એજ તેનો એક દિવસ. આવી ક્રિયાને કારણે એવું બને કે બુધનો જે ભાગ સૂર્ય સામે રહેતો હોય તે હમેશાં સૂર્યની સામે જ રહે અને અંધારો ભાગ અંધારામાં જ રહે. ગ્રહ ફરતો જાય તેમ તેનું ભ્રમણકક્ષામાં સ્થાન પણ ફરતું જાય અને તેથી અંધાર ભાગને અજવાળું મળે જ નહિ. આ નકકી કરવા માટે ગણિતિક કારણો પણ હતાં.

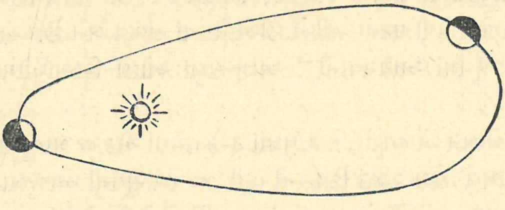
પરંતુ રડાર વૈજ્ઞાનિકોએ બધું ધૂળ વાળ્યું ! એ કહે કે તેને સૂર્યની આજુબાજુ ફરતાં ૮૮ દિવસ લાગે છે, જ્યારે પોતાની ધરી ઉપર તો તે ૫૮ દિવસમાં જ ફરી લે છે !

આનો અર્થ શું એ કે અવલોકનમાં ભૂલ હતી ? એવું ન બને કે નવી હોવાથી રડાર ટેકનોલોજીમાં જ કયાંક ભૂલ હોય ? કે પછી બુધની પકડાઈ જવાની વાતમાં જ કયાંક



આકૃતિ ૧૮

કાળું છે ? મોટા ભાગના વચ્ચેની શકયતા ઉપર તૂટી પડયા. પણ સદ્ભાગ્યે ત્રીજી સંભાવના જ સાચી નીકળી ! બધા વિજ્ઞાનીઓ એક વાત ભૂલતા હતા કે બુધ સૂર્યની આસપાસ ગોળ નહિ પરંતુ લંબગોળ કક્ષામાં ફરે છે. અને કક્ષાનો પહોળો ભાગ સાંકડા ભાગ કરતાં દોઢગણો લાંબો છે. આ પરથી સાબિત થયું કે બુધનું સૂર્યની આસપાસનું ભ્રમણ ૮૮ દિવસ



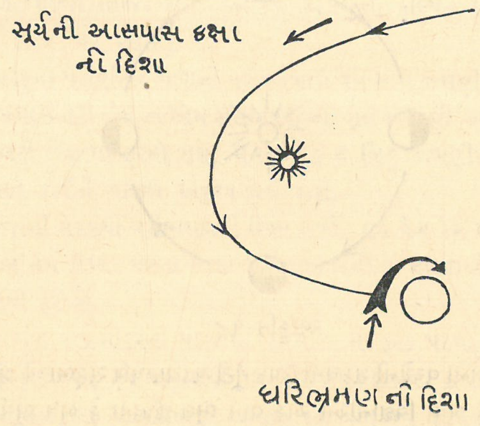
આ બુધની ખરી કક્ષા છે

આકૃતિ ૧૯

બરાબર જ હતું. પરંતુ તે કક્ષાના સૂર્યની નજીકના ભાગમાં થોડો ઝડપથી ફરતો હતો અને દૂર જાય ત્યારે ધીમો ફરતો હતો. નજીકની જગ્યાએ તેની ધરીભ્રમણ ઝડપ ૫૬ દિવસ લાગે તેટલી અને દૂરનાં ક્ષેત્રોમાં ૬૦ દિવસ હોય તો પણ "પકડાઈ" જવાની ક્રિયા સંભવિત હતી તેમ ગણતરીએ બતાવ્યું. અને તેની સરેરાશ ધરિ પરિભ્રમણ ઝડપ ૫૮.૬ દિવસ માલૂમ પડી.

શુક્ર પર રડાર મોજાં :

શુક્ર માટે રડાર મોજાંના ઉપયોગનું મહત્ત્વ એ માટે વધી ગયું કે તેની આજુબાજુનાં વાદળો એ સાદાં દૂરબીનોને માટે કદી રસ્તો જ આપ્યો નથી અને તેથી જ તેની ફરવાની દિશા સુદ્ધાં ખબર પડી ન હતી. ૧૯૬૧માં પ્રથમવાર શુક્ર ને રડારમોજાં વડે "જોવાયો" ત્યારે એક નવી જ વાત બહાર આવી. તે એ કે તે જે દિશામાં સૂર્યની આજુબાજુ ભ્રમણ



આકૃતિ ૨૦

કરે છે તેથી ઊલટી દિશામાં પોતાની ધરી ઉપર પરિભ્રમણ કરે છે. મતલબ કે આપણે ત્યાં જે સ્વપ્નમાં પણ ન બને તેવી ઘટના કહીએ છીએ તે ત્યાં સંભવ બને છે. એ ઘટના તે સૂર્ય પશ્ચિમમાં ઊગી પૂર્વમાં આથમવાની ! આવું ઘણા ઓછા કિસ્સાઓમાં બનતું જોવા મળે છે.

એક બીજી બાબત એ જણાઈ કે તે પૃથ્વી તરફ હમેશાં એક જ બાજુ રાખીને ફરે છે.

તેની ધરીભ્રમણ ઝડપ ૨૪૩ દિવસની હતી. જ્યારે સૂર્યની આજુબાજુ એક ચકકર મારતાં ૨૨૫ દિવસ લાગે છે તેમ જણાયું. અર્થાત કે તેનો એક દિવસ તેનાં પોતાનાં એક વર્ષ કરતાં વધુ લાંબો છે ! (સૂર્યની આજુબાજુ એક ચકકર મારતાં જે સમય લાગે તે એક વર્ષ કહેવાય અને ધરીભ્રમણ સમય તે એક દિવસ:)

આટલું શુક્ર વિશે રડાર ખગોળે આપ્યું તે. પરંતુ શુક્રની વાત નીકળી છે તો તે ક્ષેત્રે રેડિયો ખગોળશાસ્ત્રે એ શું આપ્યું તે પણ જરા જોતા જઈએ. (મતલબ કે શે શુક્રે પોતે મોકલેલા રેડિયો મોજાંના અભ્યાસની વાત : રડાર મોજાં તો આપણે જ મોકલ્યાં હોય છે તે તો ખ્યાલ છે ને ?)

શુક્રની આજુબાજુ ઘટ્ટ કાર્બન ડાયોક્ષાઈડનું વાતાવરણ છે. એ જ પ્રકારનું વાતાવરણ પૃથ્વી પેદા થઈ ત્યારે તેના પર પણ હતું. અત્યારનાં વાતાવરણનાં દબાણ કરતાં ૨૫ ગણું દબાણ હતું. પરંતુ ક્રમશઃ પ્રાણીસૃષ્ટિમાં કાર્બન ભળતો ગયો તથા ઓક્ષીજને ઘણાય પદાર્થના ઑક્ષાઈડ બનાવ્યા અને તેથી અત્યાર જેવી શ્વાસ લેવા લાયક હવા પ્રાપ્ત થઈ. આપણી આ ભૂતકાળની કથા પરથી લાગે છે કે શુક્ર પણ આપણી એ દિવસોની સ્થિતિમાં છે. બીજી હકીકત એ હતી કે તેનું મપાયેલું ઉષ્ણતામાન પણ આપણાં ઉષ્ણતામાનને મળતું આવતું હતું. આથી પૃથ્વીવાસીઓ ખુશ હતા, અને આશા રાખતા હતા કે શુક્ર ને કદાચ જીવસૃષ્ટિ હશે અને નહિ હોય તો વિકસતી હશે.

પરંતુ બરાબર આ જ સમયે રેડિયો એસ્ટ્રોનોમી આગળ આવી. શુક્રે મોકલેલાં રેડિયો મોજાં ચકાસવામાં આવ્યાં. વિજ્ઞાની લોકોનાં દુઃખ વચ્ચે જાણવા મળ્યું કે તે મોજાં શુક્રનું ઉષ્ણતામાન ૩૦૦ સે°. ગ્રે. બતાવે છે ! માણસજાતની આશા નિષ્ફળ જતી લાગી. આ ઊષ્ણતામાને જીવસૃષ્ટિ હોઈ ન શકે અને વિકસી પણ ન શકે. આમ આપણે રહેવા માટે જમીનનો ટકડો ગુમાવ્યો. એટલું જ નહિ પરમાત્માની લીલાનું પ્રત્યક્ષ દર્શન કરવાની એક અતિશય અમૂલ્ય અને ભાગ્યે જ મળવા પામે તેવી તક ગુમાવી. એ તક હતી આપણાં જ્ઞાન મુજબની બ્રહ્માંડની બીજી જીવસૃષ્ટિની વિકાસપ્રક્રિયાનું અવલોકન કરવાની. શું ત્યાં પણ માછલીમાંથી જીવ બનત ? ત્યાં પણ ડાર્વિનનો ઉત્ક્રાંતિવાદ લાગુ પડત ? એ જોવાની તક જતી રહી.

આમ છતાં આશા રાખવામાં આવે છે કે શુક્ર પરથી આવેલાં એ મોજાં તેની સપાટીનું નહિ પરંતુ ઉપરનાં વાદળાંનું જ ઉષ્ણતામાન બતાવતાં હોય. અથવા તો એ મોજાં પેદા થવાની કોઈ બીજી જ પ્રક્રિયા બની હોય-ગરમીને કારણે ન હોય. આ બાબત આપણાં અવકાશયાનો વધુ માહિતી પૂરી પાડશે.

બુધ અને શુક્ર માટે રડાર અવલોકનોએ ચર્ચા જગાડી. પરંતુ ગુરુ કે શનિ માટે અવલોકનો સંભવ બન્યાં નહિ. શકય છે કે તે ગ્રહોનું વાતાવરણ ઘટ્ટ હોવાથી મોજાંને એકદમ શોષી જ લે છે અને તેને પરાવર્તન સપાટી સુધી પહોંચવા જ નથી દેતું. મંગળ પર મોજાં પહોંચે છે. પરંતુ તેની ભ્રમણની દિશા અને ઉષ્ણતામાનથી વિશેષ કશું જાણી શકાયું નથી. કારણ કે તે એકદમ ઝડપથી ફરતો હોવાથી "ડૉપ્લર ઘટના"ના ઉપયોગથી તેની ઝડપ નકકી કરવામાં ગૂંચવાડો ઊભો થાય છે. ૧૯૬૫માં 'મરિનરે' તેનું ઉષ્ણતામાન —૫૨° સે. ગ્રે. જણાવ્યું છે જો કે ત્યાંના શિયાળામાં તે —૧૧૦° સે. ગ્રે. સુધી જાય છે. તેનું વાતાવરણ કાર્બનડાયોક્ષાઈડથી ભરપૂર પણ ખૂબ પાતળું માલૂમ પડયું છે.

શનિથી બહારના ગ્રહો તરફ રડાર માંડી શકાય તેવાં શકિતશાળી રડારો હજુ આપણી

નડતી હોવાથી તેનું પ્રસારણ બહુ મર્યાદિત વિસ્તારમાં સાંભળી શકાય છે. અને અયન-મંડળ તેને આરપાર જવા દેતું હોવાથી તે શોર્ટવેવની માફક પ્રસરી શકતાં નથી. (આ. ૨૨)

હવે માણસને એવી લાગણી થઈ છે કે આયનોસ્ફીયર આઠ મીટર અને તેથી નાનાં મોજાંને આરપાર જવા દે છે તેથી તો આપણે રેડિયો પ્રસારણમાં એ મોજાં વાપરી નથી શકતા! આ તો ખોટું થાય છે! તમે રેડિયોના ડાયલ પર છ મીટર બૅન્ડ જોયું છે? ના.

વૈજ્ઞાનિકો એ આ માટે એવો તુકકો લગાવ્યો છે કે એ લંબાઈનાં મોજાં ચન્દ્ર તરફ ફેંકવાં અને એ મોજાં ચન્દ્ર તરફથી પરાવર્તિત થઈ આવે ત્યારે પૃથ્વીના અળધા ગોળા પર પડે. આમ આયનોસ્ફીયરને બદલે ચન્દ્રનો ઉપયોગ કરી પરાવર્તન પ્રાપ્ત કરવું. અને તો શું તેથી પણ ઓછાં મીટર બેન્ડનાં ઉપયોગ રેડિયો પ્રસારણમાં કરી શકાય. અને ખરેખર વિશ્વ રેડિયો યુનીયને આ પ્રયોગ કરી પણ જોયો છે!

એ તો બને ત્યારે, પરંતુ આપણે ભારતમાં છ રાજ્યોનાં ગામડાંઓને શિક્ષણાર્થે ટેલિવિઝન કાર્યક્રમો આપીએ છીએ તે તો ખબર છે ને? એ માટે ATS-6 નામે કૃત્રિમ અમેરિકન ઉપગ્રહ અવકાશમાં રહી પરાવર્તકનું કામ કરે છે. સામાન્ય ટેલિવિઝન કાર્યક્રમ ૭૦-૮૦ કિ. મી. થી દૂર નથી જતા.

બીજા ઉપયોગો :

રડાર ખગોળશાસ્ત્રના વિકાસના કારણે વિજ્ઞાનનો ઘણાં ઘણાં ક્ષેત્રોને ફાયદો થઈ ગયો છે. આબોહવાની આગાહી કરનારાઓને પણ રડારનો ફાયદો મળ્યો છે.

પાણીનાં રંજકણોમાં રડારમોજાં વેરવિખેર થઈ પાછાં આવતાં હોવાથી દૂર દૂર સુધી રડારથી "નજર માંડી" વાદળાંઓની હાજરી તથા તેના પ્રકાર પણ જાણી શકાય છે. જેમ વધુ દૂર જોઈ શકીએ તેમ આગાહી વહેલી થઈ શકે. આથી "ઈન્ટેલ્સાટ" નામનો કૃત્રિમ ઉપગ્રહ આકાશમાં સ્થિર કરવામાં આવ્યો છે. એ વધુ વિશાળ ક્ષેત્રની માહિતી આપણને પહોંચાડે. માત્ર વાદળાંની હાજરી જ નહીં, તેનું ઘટત્વ, ઉષ્ણતામાન અને પાણીનું પ્રમાણ પણ આ ઉપગ્રહ આપણને કહે છે.

અને અવકાશયાત્રાઓમાં આ શાસ્ત્રની મદદ તો કેમ જ ભૂલાય? રોકેટ તથા અવકાશ-યાન સાથે પૃથ્વી પરથી "વાતચીત" થઈ શકે છે એટલું જ નહીં, યાનને દરેક દરેક બાબત માટે અત્રેથી હુકમ આપી શકાય છે તે બધું રેડિયોમોજાં ને જ આભારી છે. રેડિયોમોજાંના આ પ્રકારના ઉપયોગે ત્યારે તો હદ વટાવી, જ્યારે રશિયાએ પોતાના વિજ્ઞાનીઓની જિંદગી જોખમમાં મૂકયા વિના કામ થાય તે માટે ચન્દ્રની ધરતી ઉપર એક ગાડી ચલાવી અને ધરતીના નમૂનાનું ત્યાં આગળ જ વિશ્લેષણ કરાવ્યું! કલ્પના કરો કે ચન્દ્ર આપણાથી ચાર લાખ કિલોમીટર દૂર છે!

મંગળ અને શુક્ર પર તો અવકાશયાનો ગયાં છે અને જાય છે તે તો તમને ખબર છે. છેલ્લે ૧૯૭૨ માર્ચમાં ગુરૂની દિશામાં એક યાન છોડાયું જે ડિસેંબર ૧૯૭૩માં ગુરૂના ગ્રહથી માત્ર સવા લાખ કિલોમીટર દૂર રહીને પસાર થયું અને ત્યાંથી તે ગ્રહના ફોટાઓ

મૂક્યા ! તેણે કહ્યું કે તેનું વાતાવરણ એમોનીયાવાળું છે અને ૧ ટકો હેલિયમ વાયું પણ ધરાવે છે.

આ યાન શનિ અને પ્લુટો ને રસ્તે આગળ જઈ આપણી સૂર્યમાળા છોડી ૧૯૮૬માં વૃષભના તારાઓની દિશામાં બીજા સૂર્યની શોધમાં ઉપડી જશે !

આટલે દૂરથી તેણે આટલા બધા સંદેશા મૂકવાના હોય છે પણ પૃથ્વી સુધી તેનાં સિગ્નલ ખૂબ નબળાં થઈ જાય છે. આથી એના સંદેશ ઝીલવા પૃથ્વી પરનાં બધાં મોટાં રેડિયો ટેલિસ્કોપો દેશ-વિદેશના ભેદ મૂકી કામે લાગી જાય છે—દા. ત. ઑસ્ટ્રેલિયાનાં બંને (મિલ્સ ક્રોસ અને ૨૧૦'નું), અમેરિકાનું પૉર્ટારિકોનું, ઈંગ્લેંડમાં જોર્ડેલ બેન્ડનું અને છેલ્લે આપણું ઉતાકામંડનું. . . .

અવનવાં ખગોળશાસ્ત્રો :

દૃશ્ય ખગોળશાસ્ત્રનો પૂરતો વિકાસ થયા બાદ તરત રેડિયો ખગોળશાસ્ત્ર અને પછી રડાર ખગોળશાસ્ત્ર આવ્યાં. તો પછી બીજાં વીજચુંબકીય મોજાંઓ કેમ રહી જાય ? આ વિચારે ૧૯૬૬માં પહેલી વાર અધોરકત કિરણો વડે જોતાં આકાશ કેવું લાગે છે એ જોવાનો પ્રયત્ન થયો. એ મોજાં જોઈ શકાતાં તો નથી. તેમ એરિયલ ને પણ કશો સહકાર આપતાં નથી. આથી તેઓ માટે ખાસ ફોટોગ્રાફિક પ્લેટો અને બીજા સંવેદશીલ પદાર્થો બનાવવામાં આવ્યા જેથી તેમની હાજરી નોંધી શકાય. આ મુજબ અવકાશમાં ડોકિયું કરતાં જણાયું કે આકાશમાં ૨૦,૦૦૦ ઉત્પત્તિકેન્દ્રો એવાં છે જે હવે મુજબની ફોટો પ્લેટો ઉપર પોતાનો ફોટો છપાવે છે: મતલબ કે અધોરકત તરંગો છોડે છે. જો કે માત્ર ૫,૫૦૦ જ ગણકારી શકાય તેવાં તીવ્ર હતાં. પરંતુ ખગોળજ્ઞોને નવાઈ ત્યારે લાગી કે જ્યારે તેમણે જાણ્યું કે આ ૫,૫૦૦માંથી ખુલ્લી નરી આંખે તો માત્ર ૨૦૦૦ જ દેખાતા હતા. મતલબ કે બાકી ના તો માત્ર અધોરકતમોજાં જ છોડતા હતા-દૃશ્યમોજાં જરાપણ મોકલતા હતા નહિ ! આ એક સનસનાટી હતી. ન દેખાતા તારાઓ માંથી ઘણા તો માત્ર ૨૨૦૦° સે. ગ્રે. જેટલું જ ઉષ્ણતામાન ધરાવતા હતા. આમ આ શાખા એ આપણને "ઠંડાતારા" ઓની ઓળખાણ કરાવી.

હંસ નક્ષત્ર, કર્ક નિહારિકા અને બીજા આકાશી પદાર્થના પારરકત ખગોળશાસ્ત્રની મદદથી ફોટા લેવામાં આવ્યા. એ સામાન્ય ફોટા કરતાં જુદા હતા. પરંતુ તેમાં નવાઈ પામવા જેવું કશું નથી. તમારો જ ફોટો સામાન્ય પ્રકાશથી પાડીએ તો શોભે તેવો આવે છે. પરંતુ વપરાતા પ્રકાશની તરંગલંબાઈ ઘટાડી ને ક્ષકિરણ જેટલી કરી નાંખીએ તો ? તો કેવો જુદો ફોટો થઈ જાય છે ? આ જ રીતે તમારો જ અધોરકત ફોટો પણ લઈ શકાય. તે વળી ત્રીજા જ પ્રકારનો આવે. આવું કર્ક નિહારિકાનું થયું. આવું જ સમગ્ર દેખાતાં આકાશનું થયું. જે તારાઓ સામાન્ય ફોટામાં દેખાતા હતા તે જ તારાઓ અધોરકત-મોજાંના ફોટામાં ગૂમ થઈ ગયા ને નવા જ ૫૦૦૦ તારાઓ આવી ગયા !

આમ છતાં ખગોળશાસ્ત્રની આ શાખાએ એટલી ઉત્તેજના જગાવી નહિ જેટલી રેડિયો ખગોળે જગાવેલી.

પરંતુ આ પછી ફરી એક ઉત્તેજિત શાખા ઉઘડી. તે હતી પારજાંબલી ખગોળશાસ્ત્ર અને ક્ષ કિરણ ખગોળ !

આટલા વખત સુધી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર મળતાં મોજાંઓનું જ વિશ્લેષણ શકય હતું અને તે વડે જ બ્રહ્માંડનો તાગ મેળવવા કોશિષ થતી. પૃથ્વી પર આવતાં મોજાંઓમાં પારજાંબલી તથા ક્ષ કિરણો ખૂબ ઓછાં છે. પારજાંબલી તો માત્ર વહેલી સવારે કે સાંજે જ મળે છે. આનું કારણ એ કે આ બંને પ્રકારના તરંગો વાતાવરણમાં જ ખોવાઈ જાય છે.

પરંતુ જયારથી રૉકેટો છોડવાનું સરળ અને વ્યવહારિક બન્યું ત્યારથી ખગોળ વિજ્ઞાનિકોની નજર એ દિશા તરફ દોડી. રોકેટમાં બેસી ઉપર જઇ પ્રયોગ કરવાના દિવસો તો હજુ દૂર છે—પરંતુ આપણાં સાધનોને રૉકેટમાં ઉપર ચડાવી આકાશની મોજણી કરાવીએ તો ? વિચાર ખૂબ જ સુંદર હતો. જેમ જેમ દેશો પાસે સગવડ વધતી ગઈ તેમ દરેક દેશે આ કાર્ય હાથમાં લેવા માંડયું. હવે ભારત પણ આમાં સામેલ છે. રોકેટમાં ક્ષ કિરણ માપક યંત્રો ચડાવી તેને ગોળ ગોળ ફરે તેવી વ્યવસ્થા કરવામાં આવે છે. આથી મળતાં અવલોકનો પૃથ્વી પર રવાનાં પોતાની મેળે થાય તેવી વ્યવસ્થા પણ કરાય છે. જો રોકેટ પાછું આવવાનું હોય તો તેમ કરવાની જરૂર રહેતી નથી. (એ બાબત નોંધો કે એ મુજબ અવલોકનો પૃથ્વી પર મોકલવા માટે આપણાં રેડિયોમોજાંજ મદદરૂપ થાય છે !)

પારજાંબલી કિરણોનાં ખગોળે સૂર્ય વિષે ખૂબ માહિતી આપી છે-પરંતુ વધારામાં આપણાં પાડોશી તારાવિશ્વ દેવયાની વિશે પણ થોડી માહિતી આપી છે. તે કહે છે કે પૃથ્વી પર બેઠે જણાય છે તે કરતાં વાતાવરણની બહાર જઇને જુઓ તો ગરમ તારાઓની સંખ્યા તેમાં વધારે છે.

પરંતુ સામાન્યપણે ખગોળશાસ્ત્રની આ ત્રણે શાખાઓ હજુ સુધી એટલું નથી આપી શકી કેમ કે તે તો બિલકુલ બાલ્યાવસ્થામાં છે. પરંતુ રેડિયોખગોળે ઊભા કરેલા કોયડાઓના ઉકેલ માટે તેઓની મદદ ફળદાયી નીવડવાની આશા છે.

રેડિયો તથા રડાર ખગોળની આ સમગ્ર ગાથા આપણને વિજ્ઞાનનું એક સત્ય શીખવે છે: તે છે જ્ઞાનની ક્ષિતિજોની વિશાળતાનો સ્વીકાર. તમે જે વસ્તુ પર પૂર્ણવિરામ મૂકી ને બેઠા હો ત્યાંથી કદાચ આગળ કેટલાંય વાકયો શરૂ થતાં હોઈ શકે છે. આથી નવાં સાધનો મળે ત્યારે ત્યારે પૂર્ણ થયેલી મનાતી વસ્તુઓ પણ ઉખેળો અને જુઓ કે તમે જે ધારણા કરી હતી તે ખરી જ હતી ?...

આજ મુજબ બીજો ગુણ ઉત્કંઠાનો. ખૂબ જ નાની લાગતી વાત પણ તમારી ધારણાનાં અવલોકન કરતાં જુદી પડતી હોય તો તેનું કારણ શોધ્યા વિના ન રહેવું. જાન્સકીની આ પ્રકારની આદત ન હોત તો આજે દુનિયાની ત્રણ અબજની વસ્તી અવકાશયાત્રાના ઉત્તેજનના પૂર્ણ કાર્યક્રમો જોઈ શકતી ન હોત ! તોફાનની આગાહીઓ થઈ શકતી નહોત. અને બીજું કેટલુંય ન બન્યું હોત !

આપણે આશા રાખીએ કે આ પ્રકારના જ અભિગમથી વિજ્ઞાનીઓ આગળ વધી રેડિયો ખગોળશાસ્ત્રની મદદથી બ્રહ્માંડનાં ઘણાં રહસ્યો ખોલે અને સાથોસાથ પૃથ્વી પરની જીંદગીને પણ તેના ઉપયોગોથી ઉત્તરોત્તર સુખી બનાવે .