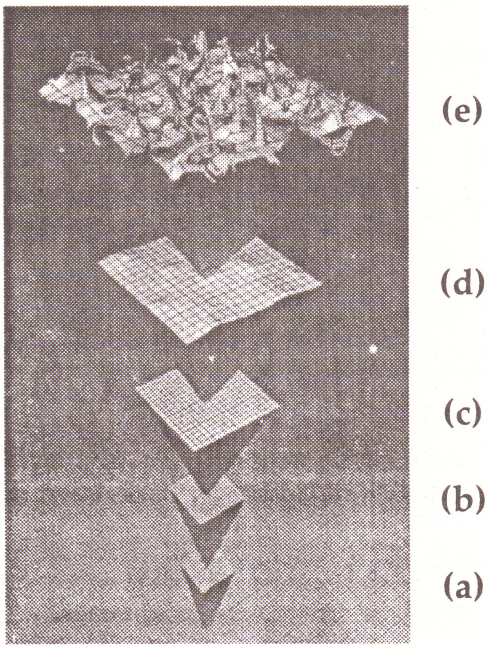
દોરીવાદ (The String Theory)

વિઠ્ઠલભાઈ અં. પટેલ

જ્ઞાતિવાદ, સગાવાદ, સાપેક્ષવાદ અને ક્વૉન્ટમવાદની જેમ દોરીવાદ પણ છે. ભૌતિકશાસ્ત્રમાં આ દોરીવાદ અંગ્રેજીમાં ધી સ્ટ્રીન્ગ થીયરી (The String Theory) તરીકે ઓળખાય છે. ખૂબ જ સૂક્ષ્મઅંતરે ક્વૉન્ટમવાદના કેન્દ્ર ભાગ-અનિશ્ચિતતા નિયમ અને સાપેક્ષવાદ વચ્ચે સંઘર્ષણ છે. ભૌતિકશાસ્ત્રીઓએ આ દેખાતી અસંગતતા દૂર કરવા ઘણા પ્રયત્ન કર્યા. કદાચ દોરીવાદ આ પ્રશ્નનો જવાબ આપી શકશે. મૂળભૂત કણને આપણે બિંદુ જેવો ગણીએ છીએ. ઘણા બધા અખતરાઓના પરિણામથી એવું મનાય છે કે મૂળભૂત કણ એક જ દિશાવાળી સૂક્ષ્મ કાંપતી દોરીનો બનેલો છે. આ બધાનો અભ્યાસ કરીને તે પહેલાં ક્વૉન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદ વચ્ચેનો સંઘર્ષ જોઈએ.



આકૃતિ ૧

ખગોળશાસ્ત્રના વિશાળ અંતરોએ સાપેક્ષવાદ લાગુ પડે છે. જો લાંબા અંતરોએ દ્રવ્ય ન હોય તો આકૃતિ ૧(a)માં બતાવ્યા પ્રમાણે અવકાશ સપાટ છે. આકૃતિ ૧(a)ના નાના ભાગને લઈને વિસ્તૃત કરતાં આકૃતિ ૧(b) મળે. આકૃતિ ૧(b)નો નાનો ભાગ લઈને વિસ્તૃત કરતાં આકૃતિ ૧(c) મળે. આ ત્રણેય આકૃતિઓ ૧(a), ૧(b) અને ૧(c)માં ખાસ ફેર નથી.

આ રીતે નાનામાં નાના ભાગને વિસ્તૃત કરતાં આવાં જ સૌમ્ય ચિત્રો મળ્યા કરશે તેમ દલીલ કરી શકાય. પણ ક્વૉન્ટમવાદ આ અનુમાનને ધરમૂળથી બદલે છે. અનિશ્ચતતાના (Uncertainly) નિયમ મુજબ ક્વૉન્ટમ વધઘટો (quantum Fluctuations) દરેકમાં, ગુરુત્વાકર્ષણબળમાં પણ રહેલી છે. માન્યતા પ્રમાણેની દલીલ મુજબ ખાલી જગ્યામાં ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્ર શૂન્ય છે, ક્વૉન્ટમવાદ પણ સરેરાશ ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્ર શૂન્ય બતાવે છે, પણ ક્વૉન્ટમ વધઘટના કારણે ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રની કિંમતો મોજાંની જેમ ઊંચી અને નીચી થશે, પણ સરવાળો શૂન્ય થશે. તદ્ઉપરાંત ક્વૉન્ટમ વધઘટનો નિયમ એવું કહે છે કે જેમ ભાગ નાનો તેમ ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રના મોજાંની કિંમતો વધારે ઊંચી અને વધારે નીચી થશે. ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્ર સામાન્ય રીતે સૌમ્ય રીતે વળતી વક્રરેખાઓથી દર્શાવાય છે. આકૃતિ ૧(d)માં

અવકાશની વિકૃતિની ઝાંખી થાય છે. આકૃતિ ૧(e)માં કોઈ કુદરતી રૂપરેખાને ખૂબ જ તીવ્ર રીતે વાળીને ફાવે તેમ મોજાંની જેમ હાલતી રીતે ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્ર બતાવ્યું છે. ફીણના ગોટાઓ અને ખળભળાટવાળું વિકૃત સ્વરૂપ છે. જ્યારે સામાન્ય રીતે સાપેક્ષવાદમાં ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રને સૌમ્ય રીતે વળતી વક્રરેખાઓથી દર્શાવાય છે.

થોડાક વર્ષો પહેલાં કમ્પ્યૂટરની જોડે છાપવાનાં મશીનો (Printers) ડૉટ-મેટ્રિક્સથી (Dot Matrix) છાપતાં હતાં. આવાં મશીનોથી જ્યારે છાપવામાં આવે ત્યારે દૂરથી છપાયેલું જોઈએ તો સુંદર ચિત્ર દેખાય જ્યારે એકદમ નજીકથી જોઈએ તો ફક્ત ટપકાંઓ જ દેખાય. અવકાશ-સમયની (Space Time) ઇમારત પણ દૂરથી સૌમ્ય દેખાય છે સિવાય કે અતિ સૂક્ષ્મ ચોક્સાઈથી જોવામાં આવે. આપણે આકૃતિ ૧માં પણ આ જોઈએ છીએ.

સાપેક્ષવાદનો નિયમ જ્યારે અતિ સૂક્ષ્મ અંતરે વાપરવામાં આવે ત્યારે ક્વૉન્ટમ વધઘટ ઉગ્ર હોય છે. આથી સૂક્ષ્મ અંતરે સાપેક્ષવાદ અને ક્વૉન્ટમવાદના કેન્દ્ર ભાગ-અનિશ્ચિતતાના નિયમ (Uncertainly Principle) વચ્ચે સંઘર્ષણ છે. સાપેક્ષવાદ સામાન્ય રીતે ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રને સૌમ્ય રીતે વક્રરેખાઓથી દર્શાવે છે. સૂક્ષ્મ અંતરે આકૃતિ ૧(e)માં ગુરુત્વાકર્ષણ ક્ષેત્રને દર્શાવનારી રેખાઓ જરાયે સૌમ્ય નથી ઊલટી ઉગ્ર છે. આ સૂક્ષ્મ અંતર, પ્લેન્ક લંબાઈ જે ૧૦$^{-૩૩}$ સેન્ટિમીટર છે, તેનાથી પણ ઓછું છે. આ સૂક્ષ્મ અંતર સમજવા માટે અણુને હાલના આપણા જાણીતા વિશ્વ જેટલું લંબાવીએ તો પ્લેન્ક લંબાઈ માંડ વીસ મીટર થાય. આ સૂક્ષ્મ અંતરે સાપેક્ષવાદની નબળાઈ બહાર પડે છે. ભૌતિકશાસ્ત્રીઓમાં આ બાબતમાં મતભેદ છે. ઘણા આ પ્રશ્નની નોંધ લઈને જે પ્રમાણેનાં અંતરો હોય તે પ્રમાણે ક્વૉન્ટમવાદ કે સાપેક્ષવાદનાં સમીકરણો વાપરે છે. જ્યારે ઘણા ભૌતિકશાસ્ત્રીઓને પાયાના બે સ્થંભો ક્વૉન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદમાં સૂક્ષ્મ અંતરે દેખાતી અસંગતતા વિશ્વ સમજવાના આપણા પ્રયાસોના પાયાના પ્રશ્નો સૂચવે છે. ભૌતિકશાસ્ત્રીઓએ દેખાતી અસંગતતા દૂર કરવા ઘણા બધા પ્રયત્નો કર્યા. કદાચ દોરીવાદ આ પ્રશ્નનો જવાબ આપી શકશે.

મૂળકણો (Fundamental Particles) બિંદુઓ જેવા નથી પણ કાંપતી દોરીઓ (Vibrating Strings) જેવા છે તેવો વિચાર એ અસામાન્ય સૂક્ષ્મદષ્ટિ છે. જો આ સાચું હોય તો આ વિજ્ઞાનની મોટી ક્રાન્તિ ગણાશે. આ શોધ એ વિજ્ઞાનની મોટામાં મોટી શોધમાંની એક મોટામાં મોટી શોધ ગણાશે. આ શોધ વિજ્ઞાનની ક્રાન્તિ છે અને ઘણા લાંબા સમયથી આ નિર્માણ કરવાનું ચાલે છે. ક્વાર્કમાંથી બનેલા ન્યુટ્રોનો, પ્રોટોનો જ્યારે પ્રકાશની ગતિથી પ્રવેગરમાં (accelerator) અથડાય છે ત્યારે જે રીતે વિખરાય છે તેને લગતી ૧૯૩૦થી ૧૯૬૦ની માહિતી જોતાં ૧૯૬૮માં ઇટાલીઅન જુવાન ભૌતિકશાસ્ત્રી ગાબ્રિએલ વેનેઝિઆનોએ (Gabriele Veneziano) ખાસ નવીનતા જોઈ. તેમણે કણોને અમુક ખૂણા વચ્ચે વિખરાવવાની શક્યતાનું સૂત્ર આપ્યું જે મોટા ભાગની માહિતીને બરાબર બંધ બેસતું હતું. યુરોપ અને અમેરિકાના ઘણા ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ રસપૂર્વક આનો અભ્યાસ કરતા હતા અને ૧૯૭૦માં તેમનું તારણ એ હતું કે કણો જેને આપણે હંમેશાં બિંદુઓ જેવા ગણીએ છીએ તેવું નથી. કણો એક જ દિશામાં રહેલી પાતળી દોરીઓ જેવા છે. એમને રબરની પટ્ટીની (Rubber Bands) જેમ તાણીને લાંબી કરી શકાય છે. જ્યારે કણ ઊર્જા મેળવે છે, ત્યારે તે વિસ્તરે છે અને જ્યારે કણ ઊર્જા ગુમાવે છે, ત્યારે તે રબરની પટ્ટીની જેમ સંકોચાય છે. રબરની પટ્ટીની જેમ કાંપે પણ છે. જુદા જુદા કાંપની ભાત પણ જુદી જુદી છે. આ જાતનું તારણ ઑયચિરો નેમ્બુ

(Yoichiro Nambu), હૉલ્જર નિલસન (Holger Nielsen) અને લીઓનાર સુસકિન્ડે (Leonar Susskind) કરેલું.

થોડાંક વર્ષોની મહેનત બાદ એવું લાગ્યું કે દોરીવાદને વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદ (Special Theory of Relativity) અને ક્વૉન્ટમવાદ (Quantum Theory) સાથે સુસંગત થવા માટે નીચેની શરતો જરૂરી છે :

(૧) આ વિશ્વ ૨૫ પરિણામોનું (dimensions) છે.

(૨) ટાયકોન (Tachyon) નામનો કણ છે જેની ગતિ પ્રકાશથી વધારે છે.

(૩) આ વિશ્વમાં એવાં કણો છે જેમને સ્થિર રાખી ન શકાય.

દોરીવાદમાં કણો હતા, પણ કુદરતમાં રહેલા બધા કણો ન હતા. ફર્મિઓનો ન હોઈને, ક્વાર્કો પણ ન હતા.

વિશ્વ ૨૫ પરિમાણોનું નથી. શા માટે દોરીવાદ ચાલુ રહ્યો તે મોટું આશ્ચર્ય છે. ટાયકોનની ગતિ પ્રકાશની ગતિથી વધારે છે તે પણ વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદના નિયમથી વિરુદ્ધ છે. આવી ગતિવાળો કોઈ કણ પ્રયોગોમાં કોઈ જ્ગ્યાએ જોવામાં આવ્યો નથી. આ કારણોએ ૧૯૮૪ પહેલાં ભૌતિક-શાસ્ત્રીઓ દોરીવાદને ગંભીરતાથી લેતા ન હતા.

દ્રવ્યના મૂળભૂત કણો ફર્મિઓનો તરીકે ઓળખાય છે અંને બળોના મૂળભૂત કણો બોઝોનો તરીકે ઓળખાય છે. હિગ્ગ્ઝ કણ પણ બોઝોન છે. સુપરસિમિટ્રી (Supersymmetry) ફર્મિઓનો અને બોઝોનોને એકરૂપ કરવાનું કામ કરે છે. સુપર સિમિટ્રીમાં ફર્મિઓનોને બોઝોનોથી બદલતાં પ્રયોગોના પરિણામોની સંભાવનામાં ફેરફાર થતો નથી. ફર્મિઓનો અને બોઝોનોના ગુણધર્મો ખૂબ જ જુદા હોઈને, આ વિચાર તરંગી લાગે. તરંગી લાગે કે ન લાગે, ચાર રશિયનો લિખ્ટમેન (Likhtman), ગોલ્ફેન્ડ (Golfand), એકુલોવ (Akulov) અને વોલ્કોવે (Volkov) શોધ્યું કે આ સપ્રમાણતા (Symmetry) લઈને સુસંગત નિયમ ઘડી શકાય છે. રશિયન ભાષાના સામયિકમાં આ કામ પ્રસિદ્ધ થયેલું હોઈને યુરોપ અને અમેરિકામાં આ કામનો ખ્યાલ ન હતો. બીજા ઘણી જાતના સુપરસિમિટ્રી દોરીવાદો યુરોપ અને અમેરિકામાં શોધાયા. દરેક સુપરસિમિટ્રિ દોરીવાદમાં ટાયકોનનું અસ્તિત્વ નથી. આ ખૂબ જ ગંભીર પ્રશ્ન હતો. આ ફેરફારથી ફર્મિઓનો પણ સમાવેશ થયો. છેલ્લે વિશ્વ ૨૫ પરિમાણોના બદલે નવ પરિમાણોનું છે. જાણે કે નવ એ ત્રણ નથી, પણ નવ પચ્ચીસથી ઘણા ઓછા છે. આ ફેરફારો નવી સપ્રમાણતા શક્ય હોય તો જ સુસંગત બને. આ નવી સપ્રમાણતાના કારણે આ નવો દોરીવાદ સુપરસિમિટ્રી દોરીવાદ ટૂંકમાં સુપર સ્ટ્રીન્ગ કે અસાધારણ દોરીવાદ તરીકે ઓળખાય છે.

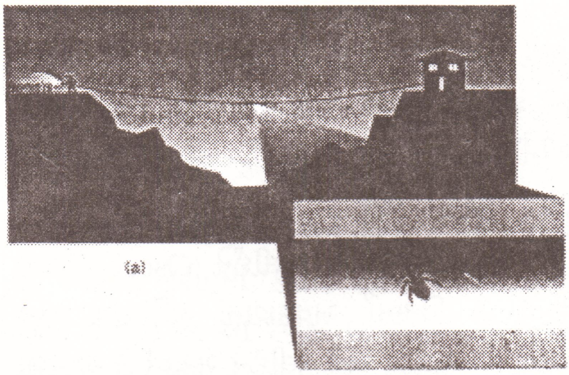
મજબૂત બળનો કણ ગ્લુઓન છે. સુપર સ્ટ્રીન્ગવાદમાં ગ્લુઓન સાથે વધારાનો કોઈ કણ હતો. જેની કોઈ સમજ જ પડતી ન હતી. સ્વાર્ઝ (Schwarz) અને શીર્કે (Sherk) ૧૯૭૫માં દોરીની લંબાઈ $૧૦^{-૧૩}$ સેન્ટિમીટરની જ્ગ્યાએ પ્લેન્ક લંબાઈ $૧૦^{-૩૩}$ સેન્ટિમીટર લઈને ગણતાં વધારાના કણના ગુણધર્મો ગુરુત્વાકર્ષણબળના કણ ગ્રેવિટોન (Graviton) જેવા નીકળ્યા !! અસાધારણ દોરીવાદમાં બોઝોનો અને ગ્રેવિટોન હોઈને બધું જ બદલાઈ ગયું. ગુરુત્વાકર્ષણ અને બીજા બળોને અસાધારણ દોરીવાદ એકત્ર કરતો હોઈને, દોરીવાદ પાયાનો વાદ બને છે. ફોટોન અને ગ્રેવિટોન જેવા કણો દોરીના કાંપનથી મળતા હોઈને આપણે કહી શકીએ કે દોરીવાદ સુંદર અને સરળ છે.

દોરીવાદના નિયમથી ચાલતા વિશ્વમાં પરંપરાગત અભિપ્રાય પ્રમાણે કુદરતનું સૂક્ષ્મ પરીક્ષણ ખૂબ જ નાના અંતરે શૂન્ય લક્ષ સાથે કરી શકીએ તે સાચું નથી. આ સૂક્ષ્મ અંતરની હદ હોય છે. દોરીએ પ્રાથમિક પદાર્થ(વસ્તુ) હોઈને અને

દોરીની લંબાઈ પ્લેન્ક લંબાઈથી વધારે હોઈને આકૃતિ ૧(e)ની પરિસ્થિતિ ઊભી થતી નથી. દોરીનું કદ શૂન્યથી વધારે લઈને આપણે ક્વૉન્ટમવાદ અને સાપેક્ષવાદ વચ્ચેનો પ્રશ્ન ટાળી દીધો. સાપેક્ષવાદ અને ક્વૉન્ટમવાદમાં કણને બિંદુ જેવો ગણીને પ્રશ્ન ઊભો થયેલો. આપણે જ પ્રશ્ન ઊભો કરેલો હતો. આપણે પદાર્થના અને બળોના કણોને જેનું કોઈ કદ નથી તેવા બિંદુઓ ગણેલા. આના કારણે વિશ્વના ગુણધર્મો જેનું લક્ષ્ય શૂન્ય છે તેવા સૂક્ષ્મ અંતરે આ પ્રશ્ન ઊભો થયો. દોરીવાદ કહે છે કે સૂક્ષ્મ અંતરની હદ હોય છે. સૂક્ષ્મ અંતર શૂન્ય અંતર નથી. બિંદુને કદ નથી આથી કણ કદ વગરનું બને છે. જ્યારે કણને સૂક્ષ્મ કાંપતી દોરી જેવો ગણીએ ત્યારે કણ સૂક્ષ્મ કદવાળો બને છે. આવા સરળ ઉપાયના કારણે સાપેક્ષવાદ અને ક્વૉન્ટમવાદ વચ્ચેના પ્રશ્નનો ઉકેલ મળી ગયો. આવું અગાઉ કેમ કોઈને સૂઝ્યું નહિ ? આદર્શની રીતે કણ બિંદુ છે પણ વાસ્તવમાં કણને કદ છે. ઘણા બધા વિખ્યાત ભૌતિશાસ્ત્રીઓ જેવા કે પૉલિ (Pauli), હેસનબર્ગ (Heisenberg), ડિરાક (Dirac) અને ફેયમેન (Feynman) જેવાઓએ કુદરતી કણોને બિંદુ જેવા નહિ પણ નાના ગોળાઓ કે ગઠ્ઠાઓ જેવા છે તેમ માન્યું. અને આ લઈને પાયાના ભૌતિકશાસ્ત્રનાં સુસંગત સમીકરણો ન મેળવી શકવાના કારણે આગળ વધી ન શક્યા. આથી ઘણા લાંબા સમય સુધી ક્વૉન્ટમવાદમાં કણ બિંદુ જેવો જ છે તે ધારણા હતી.

પરિણામો (Dimensions)

છેલ્લાં સવાસો વર્ષના ભૌતિકશાસ્ત્રના બે મુખ્ય સંઘર્ષો આઇન્સ્ટાઇને વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદ અને સાપેક્ષવાદથી ઉકેલ્યા. આ ઉકેલોએ અવકાશ (Space) અને સમયની સમજ તદ્દન બદલી કાઢી. ગઈ સદીનો ત્રીજો મુખ્ય સંઘર્ષ દોરીવાદે ઉકેલ્યો. આ ઉકેલે પણ અવકાશ અને સમયની સમજમાં ધરમૂળનું પરિવર્તન સૂચવ્યું. આપણા અવકાશનાં સ્વાભાવિક પરિણામો ત્રણ છે, જ્યારે આઇન્સ્ટાઇનનું કામ સમયને ચોથા પરિણામ તરીકે સ્વીકારવાનું કહે છે. આપણે વિશ્વમાં બનેલા પ્રસંગને ક્યાં અને ક્યારે બન્યો તે તરીકે ઓળખીએ છીએ. આ પાયાનું અને સુસંગત હોઈને, આમાં શંકા કરવી અયોગ્ય ગણાય. પણ ૧૯૧૯માં પોલિશ ગણિતશાસ્ત્રી થીયોડોર કાલુઝાએ (Theodor Kaluza) હિંમતભેર સૂચવ્યું કે અવકાશને ત્રણ કરતાં વધારે પરિમાણો છે. કોઈ વખતે સૂચનો મૂર્ખામીભર્યા લાગે છે અને મૂર્ખામીભર્યા હોય છે. કોઈ વખતે આવાં સૂચનો ભૌતિકશાસ્ત્રના પાયાને હચમચાવી મૂકે છે. કાલુઝાના સૂચનને સ્વીકારતાં સમય લીધો, પણ તેઓ ભૌતિકશાસ્ત્રના નિયમોમાં ક્રાન્તિ લાવ્યા. વિશ્વના અવકાશનાં પરિણામો ત્રણ કરતાં વધારે હોય તે સૂચન તરંગી અને નાદાન લાગે, પણ હકીકતમાં નક્કર અને સ્વીકાર્ય છે. આ જોવા માટે આપણે બગીચામાં પાણી પાવાની પાતળી નળી જોઈએ. કલ્પના કરો. ઊંડી ખીણ ઉપરથી જતી હજારેક મીટર લાંબી પાતળી નળી છે. અડધો કિલોમીટર દૂરથી આ પાતળી નળી એક રેખા જેવી જાડાઈ વગરની દેખાશે. આ નળી ઉપર કીડી હોય તો તે ફક્ત એક જ દિશામાં જમણી તરફ કે ડાબી તરફ અવરજવર કરતી નરી આંખે



(a)

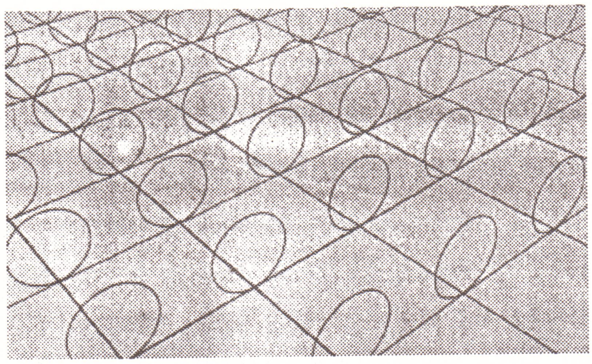
(b)

આકૃતિ ૨

દેખાશે. જો કોઈ તમને કીડી ક્યાં છે તે પૂછે તો તમે ફક્ત એક જ સંખ્યામાં જવાબ આપશો. જમણી બાજુના છેડાથી કે ડાબી બાજુના છેડાથી કેટલી દૂર છે તે જણાવશો. પાણીની નળીના લાંબા ટુકડાને એક-પરિમાણ છે.

હકીકતમાં આપણે જાણીએ છીએ કે આ નળીને જાડાઈ છે. અડધા કિલોમીટર દૂરથી જોવામાં તકલીફ લાગે તો બાઈનૉક્યુલરથી (binocular) જોતાં આકૃતિ ૨(b)માં બતાવ્યા પ્રમાણે નળીનો ઘેરાવો દેખાશે. વિસ્તૃત કરેલી આકૃતિ ૨(b)માંથી જોઈ શકાશે કે કીડીની ફરવાની બે દિશાઓ છે. નળની લંબાઈની દિશા અને નળની આસપાસ "ઘડિયાળના કાંટાની દિશામાં કે વિરુદ્ધ દિશામાં." આથી કીડી પાણીની નળી ઉપર ક્યાં હશે તે જણાવવા માટે બે વસ્તુઓ કહેવી પડે. નળીની લંબાઈએ ક્યાં હશે અને વર્તુળાકારમાં ક્યાં હશે એમ બે સંખ્યાઓ જણાવવી પડે. આ પાણીની નળીની સપાટી બે પરિમાણોવાળી છે તે દર્શાવે છે. આ બંને પરિણામો વચ્ચે મોટો ભેદ છે. નળીની લંબાઈની દિશા લાંબી, પ્રસરેલી અને સરળતાથી જોઈ શકાય તેવી છે જ્યારે નળીની જાડાઈની આસપાસનો વર્તુળાકાર ભાગ ટૂંકો, વાંકો વળેલો અને શોધવો અઘરો છે. આ દાખલો અવકાશ પરિમાણોનાં અગત્યનાં વિશિષ્ટ લક્ષણો બતાવે છે. પરિમાણો લાંબાં, પ્રસરેલાં અને સરળતાથી જોઈ શકાય તેવાં હોઈ શકે તેમજ ટૂંકાં, વાંકાં વળેલાં અને શોધવાં મુશ્કેલ પણ હોઈ શકે. આ પાતળી નળીની પાતળાઈ વાળ જેવી હોય તો બીજું પરિમાણ શોધવું મુશ્કેલ બને.

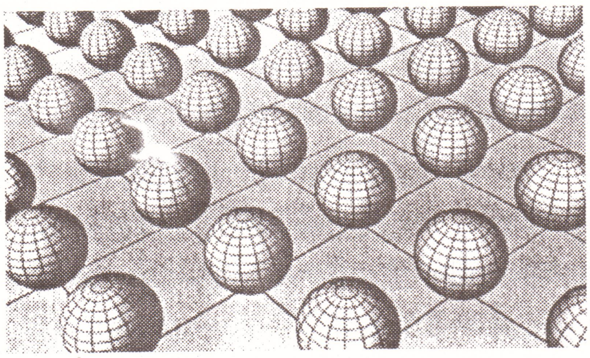
૧૯૨૬માં ઑસ્કર ક્લીઈને (Oscar Klein) સૂચવ્યું કે વિશ્વના અવકાશનાં પરિમાણો બંને જાતનાં છે. કાલુઝા અને ક્લીઈને સૂચવ્યું કે આપણા વિશ્વના અવકાશમાં ત્રણ લાંબાં અને પ્રસરેલાં પરિમાણો છે અને એક નાનો વર્તુળાકારનો પરિમાણ છે. આ રીતે વિશ્વના અવકાશનાં ચાર પરિમાણો છે. આ ચાર પરિમાણો દોરવાનું અઘરું હોઈને આપણે બે લાંબાં પરિમાણો અને એક ટૂંકા, વાંકા વળેલાં પરિમાણ જેને નાના વર્તુળથી બતાવ્યું છે તે આકૃતિ ૩માં આપ્યું છે. આ આકૃતિમાં બે સમાંતર રેખાઓ બે લાંબા પરિમાણો દર્શાવે છે. નાનું વર્તુળ ટૂંકું અને વાંકુ વળેલું પરિમાણ દર્શાવે છે. આ દરેક બિંદુએ છે, પણ સ્પષ્ટતા માટે સરખા અંતરે આપ્યાં છે. વિશ્વનું વર્તુળીય પરિમાણ અતિ



આકૃતિ ૩

સૂક્ષ્મ હોઈને શોધવું ખૂબ જ મુશ્કેલ છે. કેટલું નાનું? ૧૯૨૬માં ક્લીઈને ગણી બતાવેલું કે વર્તુળીય પરિમાણનો વ્યાસ પ્લેન્ક લંબાઈ જેટલો છે. પ્લેન્ક લંબાઈના કણો હાલના વિજ્ઞાનના સાધનોથી શોધવા ખૂબ જ મુશ્કેલ છે.

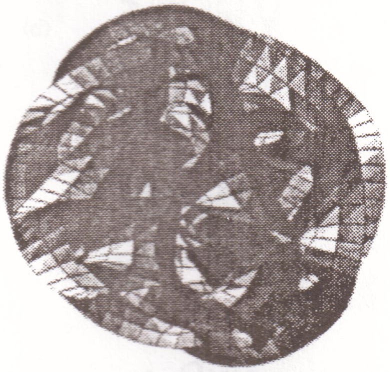
૧૯૭૫ની આસપાસમાં વધારે પરિણામોવાળી ભૂમિતિ જેમાં વાંકાં વળેલાં અતિ



આકૃતિ ૪

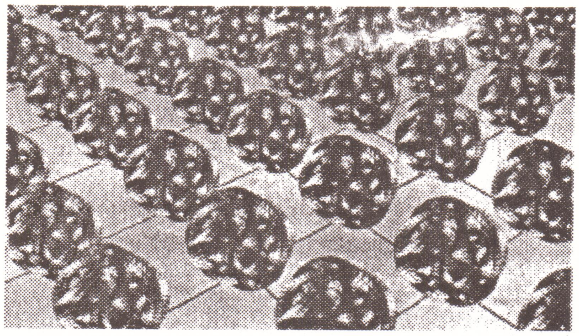
સૂક્ષ્મ પરિમાણો હોય તેવી ભૂમિતિનો અભ્યાસ શરૂ થયો. આપણે બે લાંબા અને પ્રસરેલાં પરિમાણો અને એક અતિસૂક્ષ્મ વર્તુળીય પરિમાણ આકૃતિ ૩માં જોયા. આકૃતિ ૪માં બે વાંકાં વળેલાં પરિમાણો જે ગોળાઓ છે અને બીજાં બે પ્રસરેલાં અને લાંબાં પરિમાણો આપ્યાં છે. બીજા ઘણા વાંકા વળેલા આકારો બે પરિમાણો માટે વિચારી શકાય.

આપણે દોરીવાદ માટે અતિસૂક્ષ્મ વાંકાં વળેલાં છ પરિણામોવાળી ભૂમિતિ જે અમુક સમીકરણોને સંતોષતી હોય અને ત્રણ લાંબાં પ્રસરેલાં પરિમાણો હોય તેવી નવ પરિમાણોવાળી ભૂમિતિ જોઈએ.



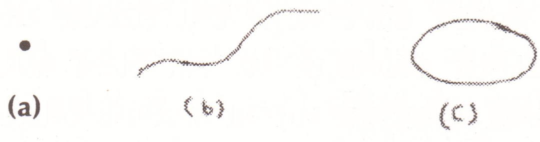
આકૃતિ ૫

૧૯૮૪માં ફિલિપ કેન્ડીલેસ (Philip Candelas), ગેરી હોરોવિટ્ઝ (Gary Horowitz) અને એડવર્ડ વિટ્ટીને (Edward Witten) બતાવ્યું કે છ પરિમાણોની કેલેબિ-યેઉ (Calabi-Yau) આકારોની ભૂમિતિ દોરીવાદની છ અતિસૂક્ષ્મ પરિમાણોવાળા ભાગની જરૂરિયાત પૂરી પાડશે. આકૃતિ ૫માં કેલેબિ-યેઉના હજારો આકારોમાંથી એક આકાર જાણ માટે આપ્યો છે. આપણે છ પરિમાણોવાળી આકૃતિ બે પરિમાણોવાળા પેપર ઉપર દર્શાવીએ છીએ. યુનિવર્સિટી ઑફ પેન્સીલવેનિયાના જાણીતા ગણિતશાસ્ત્રી યુગેનિયો કેલેબિ (Engenio Calabi) અને હાર્વર્ડ યુનિવર્સિટીના ગણિતશાસ્ત્રી શિન્ગ-ટન્ગ યેઉના (Shing-Tung-Yau) આ વિષયના કામના માનમાં આકૃતિ ૪માં બે વાંકા વળેલા પરિમાણોવાળા ગોળાની જગ્યાએ આકૃતિ ૫માં બતાવેલ કેલેબિ-યેઉ આકાર મૂકીએ તો જે મળે તે આકૃતિ ૬માં બતાવ્યું છે. ત્રણ લાંબા અને વિસ્તૃત પરિમાણો અને વાંકાં વળેલાં અને સૂક્ષ્મ છ પરિમાણવાળા કેલેબિ-યેઉ આકારો આપણા દોરીવાદનો અવકાશ છે. આપણે જ્યારે હવામાં ઝડપથી આપણો હાથ વીંઝીએ છીએ ત્યારે આપણને ખ્યાલ પણ આવતો નથી કે આપણો હાથ કેલેબિ-યેઉ અવકાશમાંથી પસાર થઈ રહ્યો છે.



આકૃતિ ૬

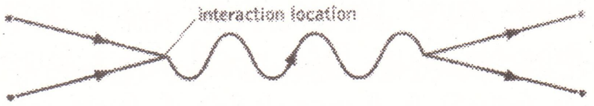
અધિક દોરીવાદ (Super String Theory)



આકૃતિ ૭

આકૃતિ ૭(a)માં કણને બિંદુ તરીકે દર્શાવ્યું છે. આકૃતિ ૭(b)માં કણને સૂક્ષ્મ દોરીના ટુકડા તરીકે દર્શાવ્યું છે. આ રેખાને બે છેડાઓ છે, જ્યારે આકૃતિ ૭(c)માં કણને છેડા વગરની દોરીથી બતાવ્યું છે. છેડા વગરની રેખા, રેખાનો ગાળો કે ફાંસો (loop) કહેવાય છે. ફોટોન દોરી કે દોરીના

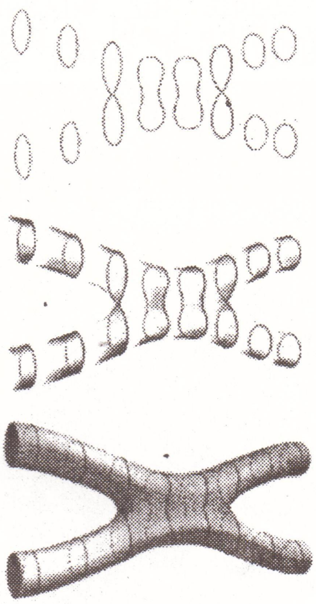
ગાળાના કાંપનથી મળે છે જ્યારે ગ્રેવિટોન ફક્ત દોરીના ગાળાના કાંપનથી મળે છે. આ દોરી એટલી સૂક્ષ્મ છે કે આપણા હાલના વૈજ્ઞાનિક સાધનોથી જોઈ શકાય તેમ નથી. નજીકના ભવિષ્યમાં સૂક્ષ્મ દોરી જોઈ શકવાની શક્યતા ઘણી ઓછી છે સિવાય કે વૈજ્ઞાનિક સાધનોના ક્ષેત્રે અણધારી મોટી સફળતા મળે.



આકૃતિ ૮

કણો બિંદુઓ જેવા હોય અને કણો દોરીઓ જેવા હોય તો બંને વચ્ચેનો ફેર સમજવા માટે બે કણો અથડાય ત્યારે જે રીતે બિલિયર્ડની રમતમાં વપરાતા દડાઓ અથડાય અને તેમના રસ્તાઓ બદલાય તે જ રીતે બે કણોનું અથડાવવાનું બને છે પણ થોડોક ફેર છે. સરળતા અને વાસ્તવિકતા માટે કલ્પના કરો કે ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન (Positron) અથડાય છે. દ્રવ્ય (matter) અને પ્રતિદ્રવ્ય (antimatter) અથડાતાં જ બંને એકબીજાનો નાશ કરશે અને ફોટોન (Photon) બનશે. ફોટોનનો રસ્તો ભૌતિકશાસ્ત્રમાં વાંકોચૂકો દર્શાવવાતો હોઈને આકૃતિ ૮માં ફોટોનનો રસ્તો વાંકોચૂકો દર્શાવ્યો છે. આ રસ્તે ફોટોન થોડોક વખત આગળ જશે અને આ ઊર્જામાંથી ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોનની જોડી બનશે અને તે આકૃતિ ૮માં બતાવેલા રસ્તે જશે. જ્યારે ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન અથડાઈને ફોટોન બને છે તે જગ્યા અને સમય ચોક્કસતાપૂર્વક આપણે જાણી શકીએ છીએ જે આકૃતિ ૮માં બતાવ્યું છે.

હવે જ્યારે કણો શૂન્ય-પરિમાણના બિંદુના બદલે એક પરિમાણના સૂક્ષ્મ દોરીના ટુકડાના બનેલા હોય તેવી કલ્પના કરીએ ત્યારે ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન અથડાય ત્યારે શું બને તે જોઈએ. આકૃતિ ૯(a)માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે કાંપતા દોરીના ગાળાઓ છે. આ ગાળાઓ યોગ્ય ભાતના ઝલકારથી કાંપે છે જેથી આપણને ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન મળે છે. આ ગાળાઓ ઘણા જ સૂક્ષ્મ હોઈને હાલની ટેક્નોલોજીથી (Technology) જોઈ શકાય તેમ નથી.

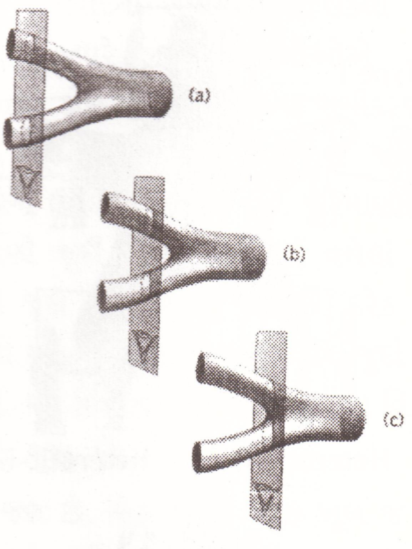


આકૃતિ ૯

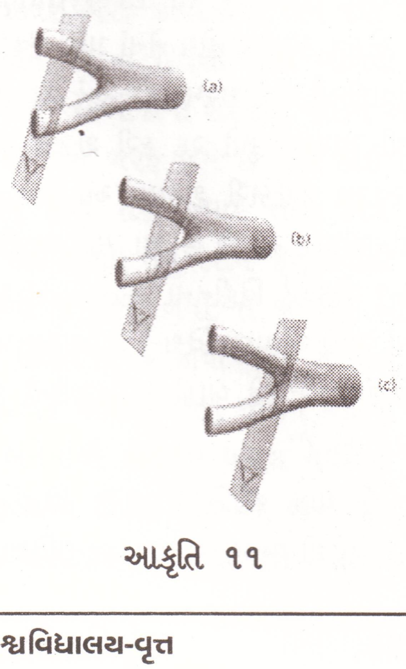
જે પ્રમાણે બિંદુઓ હોય અને અથડાતા તે જ રીતે આ ગાળાઓ અથડાય છે અને એકબીજાને ગળી જઈને આકૃતિ ૯(a)માં બતાવ્યા મુજબ એક ગાળો બને છે અને તેના કાંપનની ભાત જુદી છે. આ ફોટોન છે. આ એક જ ગાળો થોડોક વખત આગળ જાય છે અને તેના બે ભાગ થાય છે. ફોટોન આગળ વધે છે. આ ઊર્જામાંથી ફરીથી ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન મળે છે જે બે ગાળાઓ છે. આ ગાળાઓ અગાઉની જેમ તેમના રસ્તે જાય છે. આકૃતિ ૯(b) દોરીઓની ગતિ ધ્યાનમાં રાખીને આપેલી છે. આ બધુ બનતું હોય તેની ફિલ્મ કેમેરાનું ઢાંકણું ખુલ્લું રાખીને લીધી હોય તે આકૃતિ ૯(c)માં આપેલી છે. આ ફિલ્મ દોરીની (World-Sheet)

વર્લ્ડ-શીટ તરીકે ઓળખાય છે. પાઉના જેમ પાતળા અને પહોળા ટુકડા (Slice) કરીએ તે જ રીતે વર્લ્ડ-શીટના પાતળા અને પહોળા ટુકડા કરીએ તો દરેક પળે શું બને તે જાણી શકાય.

જ્યારે ઇલેક્ટ્રોન અને પોઝિટ્રોન અથડાય અને ફોટોન બને છે તે જગ્યા અને સમય કણોને બિંદુઓ જેવા ગણીએ ત્યારે બધા જ જોનારાઓ માટે એક જ છે તે આકૃતિ ૮માં બતાવ્યું છે. આપણે જોઈશું કે કણોને જ્યારે દોરીઓ જેવા ગણીએ ત્યારે કણોનું



આકૃતિ ૧૦

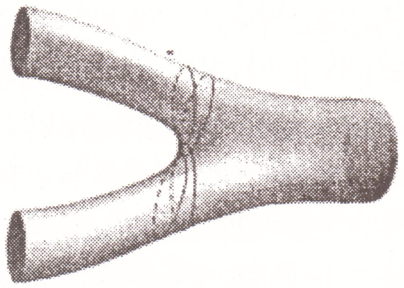


આકૃતિ ૧૧

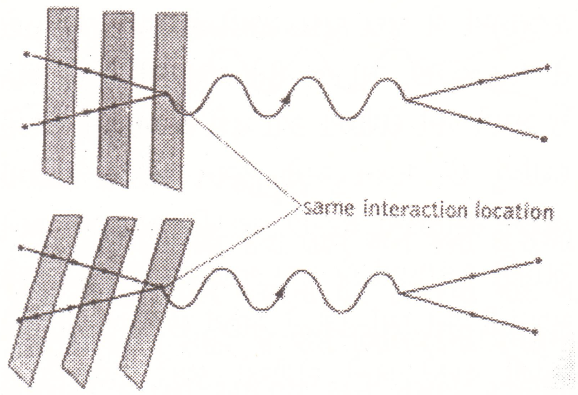
અથડાવવાનું બધા જોનારાઓ માટે એક જ જગ્યાએ અને સમયે બનતું નથી. બંને વર્ણનોમાં ફેર છે.

છગન અને મગન બંને કણોની ગતિ જોઈ રહ્યા છે. છગન અને મગન બંને સાપેક્ષ ગતિમાં છે. આ બંને સાપેક્ષ ગતિમાં હોઈને સમકાલિન પ્રસંગો માટે સહમત નથી. છગનના મતે આ બંને દોરીઓ જુદા જુદા સમયે ક્યાં હશે તે આકૃતિ ૧૦માં બતાવ્યું છે. આકૃતિ ૧૦(a) અને આકૃતિ ૧૦(b)માં બે જુદા જુદા સમયે દોરીઓ ક્યાં હશે તે બતાવ્યું છે. આ જ રીતે મગનની નજરે એક જ સમયે બંને દોરીઓ ક્યાં હશે તે આકૃતિ ૧૧માં દર્શાવ્યું છે. મગન અને છગન સાપેક્ષ ગતિમાં હોઈને સમતલમાં ફેર છે. આકૃતિ ૧૧(a)માં અને આકૃતિ ૧૧(b)માં બે જુદા જુદા સમયે બે દોરીઓ મગનની રીતે ક્યાં હશે તે આપ્યું છે. મગનની રીતે પહેલી વખતે બન્ને દોરીઓ ક્યારે મળે છે તે આકૃતિ ૧૧(c)માં આપ્યું છે. બન્ને દોરીઓ પહેલી વખત ક્યારે મળે છે તે આકૃતિઓ ૧૦(c) અને ૧૧(c)માં આપ્યું છે. આ બંને આકૃતિઓની સરખામણી કરતાં એટલું કહી શકાય કે બન્ને દોરીઓ છગન અને મગનની નજરે પહેલી વખત જુદી જુદી જગ્યાએ અને જુદા જુદા સમયે મળે છે.

આ બંનેની સરખામણી આકૃતિ ૧૨માં કરી છે. છગન અને મગન બંને દોરીઓ પહેલી વખત જુદી જુદી જગ્યાએ મળતી જુએ છે. આનો અર્થ એ થયો કે જો બંને કણોને દોરીઓ જેવા ગણીએ તો બંને કણોની અથડાવવાની જગ્યા અને સમય જોનારની ગતિ ઉપર આધાર રાખે છે. કણોનું બિંદુઓ તરીકે ગણતાં, આ જ બંને કણોનું પહેલી વખત મળવાનું છગન અને મગનની નજરે આકૃતિ ૧૩માં બતાવ્યું છે. અગાઉ જણાવેલું તે જ પ્રમાણે છગન અને મગન માટે બંને કણોનું પહેલી વખત મળવાનું એક જ સમયે અને એક જ જગ્યાએ બને છે.

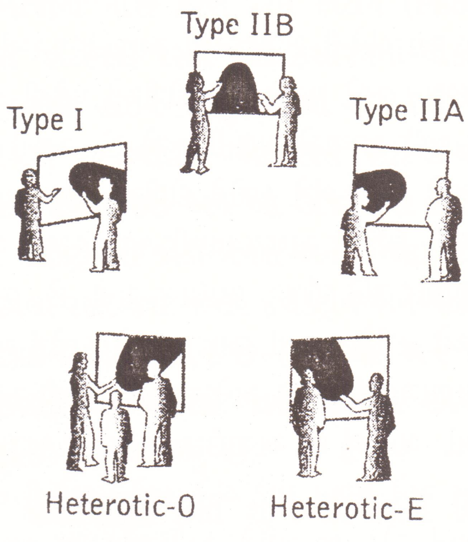


આકૃતિ ૧૨



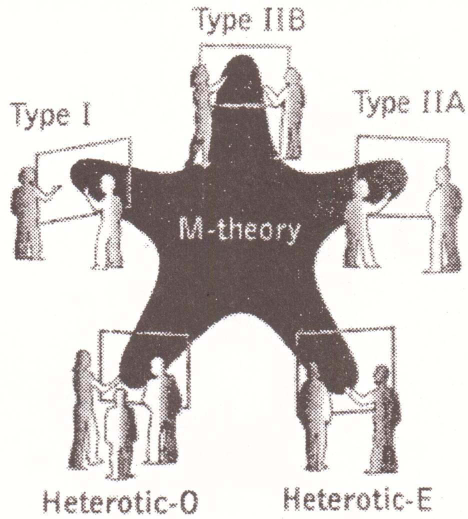
આકૃતિ ૧૩

૧૯૮૫ સુધીમાં ભૌતિકશાસ્ત્રીઓને ખ્યાલ આવ્યો કે દોરીવાદમાં અગત્યનો ભાગ સવિશેષ સમરૂપતા (supersymmetry) એક રીતે નહિ,



આકૃતિ ૧૪

પણ પાંચ જુદી જુદી રીતે ભજવે છે. દરેક રીતની બોઝોનો અને ફર્મિઓનોના કંપનથી જોડાવવાની રીતો અને દરેક રીતના ગુણધર્મો મહત્ત્વની રીતે જુદા પડે છે. આ પાંચ જાત ટાઈપ I (Type I), ટાઈપ II A (Type II A), ટાઈપ II B (Type II B), બીજી-O (હેટરોટિક - O, Heterotic O) અને બીજી - E (હેટરોટિક - E, Heterotic E) છે જે આકૃતિ ૧૪માં પણ બતાવી છે.



આકૃતિ ૧૫

જે 'બધાંનો સિદ્ધાંત (થીયરી ઑફ એવરીથિન્ગ, Theory of Everything)' અને બધાંને એકત્ર કરનાર હોય તેનાં પાંચ સ્વરૂપો હોય તે દોરીવાદીઓ માટે શરમજનક હતું. આનો ઉકેલ : પ્રયોગથી ચાર સ્વરૂપો રદ કરી શકાય અને એક સાચું સ્વરૂપ સ્વીકારી શકાય. આ બને તો પણ પજવતો સવાલ એ છે કે શા માટે બાકીનાં ચાર સ્વરૂપો ? એડવર્ડ વિટ્ટીનના (Edward Witten) શબ્દોમાં, "જો આપણા વિશ્વનું વર્ણન આ પાંચમાંથી એક સ્વરૂપ કરે, તો બાકીનાં સ્વરૂપોની દુનિયામાં કોણ રહે છે ?"

કોઈ પણ ભૌતિકશાસ્ત્રના સિદ્ધાંતોના બે ભાગ છે. પહેલો ભાગ બધા મૂળભૂત વિચારો ભેગા

કરીને સામાન્ય રીતે ગણિતીય સમીકરણોમાં દર્શાવવામાં આવે છે. બીજો ભાગ આ ગણિતીય સમીકરણોના ઉકેલો મેળવવાનો છે. ઘણા ગણિતીય સમીકરણના ફક્ત એક જ ઉકેલ હોય છે, જ્યારે ઘણાના અનેક ઉકેલો હોય છે. જેમકે ત્રણને કોઈ સંખ્યાથી ગુણતાં બાર મળે છે, તેનો ઉકેલ ફક્ત એક જ છે જેમકે ચાર. જ્યારે શૂન્યને કોઈ સંખ્યાથી ગુણતાં શૂન્ય મળે તેના ઉકેલો અનંત છે. જેમકે : ૧, ૧/૨, π,.... . ૧૯૮૦ની આસપાસ ખ્યાલ આવ્યો કે દોરીવાદના સમીકરણોના ઉકેલો ઘણા બધા છે. જ્યારે ભૌતિકશાસ્ત્રીઓએ પાંચે દોરીવાદમાંથી કોઈ પણ દોરીવાદના સમીકરણોના ઉકેલોનો અભ્યાસ કર્યો ત્યારે તેમણે જોયું કે સમીકરણોના ઉકેલો ઘણા બધા છે. પરિમાણોમાંનાં છ પરિમાણો જુદી જુદી રીતે વાંકાં વળેલાં હોય છે, આથી જુદા જુદા ઉકેલો મળે છે. દરેક જુદા જુદા ઉકેલો માટે જુદા જુદા ગુણધર્મોવાળાં જુદાં જુદાં વિશ્વો મળે. આ વિશ્વોના ગુણધર્મો આપણા વિશ્વના ગુણધર્મથી જુદા છે.

બે જણ છે. એક જણને બરફ ખૂબ જ ગમે છે અને તેણે કદી પાણી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં જોયું નથી. જ્યારે બીજાને પાણી ખૂબ જ ગમે છે, પણ તેણે કોઈ દિવસ બરફ જોયો નથી. બંને જણ રણમાં તંબુમાં રહીને રજાના દિવસો સાથે ગાળવા જાય છે. બન્ને જણ એકબીજાનો સરંજામ જોઈને આશ્ચર્ય અનુભવે છે. જેને બરફ ગમે છે તેણે કોઈ દિવસ પાણી જોયું નથી તેણે જ્યારે તેના મિત્ર પાસે આરપાર જોઈ શકાય તેવું રેશમ જેવું પ્રવાહી જોયું, ત્યારે આભો જ બની ગયો. તે જ રીતે બીજાએ જેણે કોઈ દિવસ બરફ જોયો નથી, તે તેના મિત્ર પાસે પાસાદાર પદાર્થના ઘન જોઈને આભો બની જાય છે. બંનેમાંથી કોઈનેય ખ્યાલ નથી કે પાણી અને બરફ વચ્ચે ઊંડો સંબંધ છે, બન્ને જણ એમ માને છે કે પાણી અને બરફ પૂરેપૂરા સ્વતંત્ર પદાર્થો છે. બન્ને જણા રણની દઝાડે તેવી ગરમીમાં ફરવા નીકળ્યા, બંને જણની હાજરીમાં બરફ ધીરેધીરે ઓગળીને પાણી બની ગયો. આ જોઈને બન્ને જણને ભારે આંચકો લાગ્યો. રાત્રે ઠૂંઠવાઈ જતી ઠંડીમાં, પાણી પણ ધીરેધીરે બરફમાં ફેરવાઈ ગયું. આ જોઈને ફરીથી જોરદાર આંચકો લાગ્યો. બરફ અને પાણી એકબીજા જોડે ગાઢ રીતે જોડાયેલાં છે.

પહેલી નજરે બરફ અને પાણીની જેમ પાંચ દોરીવાદોમાંથી કોઈ પણ બે દોરીવાદો સ્વતંત્ર દેખાય છે. અંદાજે કોઈ પણ દોરીવાદમાં કણોને જોડવા માટેના અચળો હોય છે. આ જોડવાના અચળો ઉષ્ણતામાનના જેવો ભાગ ભજવે છે. જેમ દઝાડે તેવું ઉષ્ણતામાન બરફને પાણીમાં ફેરવે છે, તેમ જોડવાના અચળની કિંમત બદલતાં, એક દોરીવાદમાંથી બીજા દોરીવાદમાં રૂપાંતર થાય છે. જે રીતે ઠૂંઠવાઈ જતી ઠંડી પાણીને બરફમાં ફેરવે છે, તે જ રીતે જોડવાના અચળો બદલીએ, તેમ તેમ દોરીવાદોનું અંદર અંદર રૂપાંતર થાય છે.

ત્રણ આંધળા માણસો અને હાથીની વાતની બધાને ખબર હશે. ત્રણ આંધળા માણસોને હાથી કેવો હોય છે તે જાણવું હતું. આથી દરેક જણ હાથીને અડકે છે. પહેલો આંધળો માણસ હાથીને અડકે છે અને તેને હાથીદાંત હાથ આવે છે. હાથીદાંતને હાથ ફેરવી ફેરવીને વિચારે છે. હાથી તેને લીસો અને કઠણ લાગ્યો. બીજા આંધળા માણસને હાથીનો પગ હાથ આવે છે. પગ તંગ રીતે બાંધેલો અને સ્નાયુબદ્ધ લાગ્યો. જ્યારે ત્રીજા માણસને હાથીનું પૂછડું હાથ આવે છે. આ પાતળું અને કોઈ જોડે જોડેલું છે. ત્રણે જણનું વર્ણન એક પ્રાણીના બદલે ત્રણ જુદા જુદા પ્રાણીઓનું છે. ઘણાં વર્ષો ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ પણ આંધળા માણસોની જેમ બધા દોરીવાદો જુદા જુદા છે તેમજ વિચારતા અંધકારમાં હતા. આખરે ભૌતિકશાસ્ત્રીઓને ખ્યાલ આવ્યો કે પાંચે દોરીવાદોને એક કરનાર જાડી ચામડીવાળું જાનવર M-વાદ છે.

દરેક પેઢીમાં ભૌતિકશાસ્ત્રમાં પ્રભુત્વશાળી અને મહત્ત્વશીલ વ્યક્તિઓ હોય છે. દોરીવાદ પહેલાંની પેઢીમાં ગીલ્લ-મેન્ન (Gell-Mann) અને ફેયમેન (Feymann) હતા. છેલ્લા ઘણા દાયકાથી વિટ્ટીન છે. જાણવા જેવી કોઈ વાત હોય તો તે છે કે વિટ્ટીન બ્રાન્ડ્ઈસ (Brandeis) યુનિવર્સિટીમાંથી મુખ્ય વિષય ઇતિહાસ લઈને સ્નાતક થયા ત્યાં સુધી ભૌતિકશાસ્ત્ર બિલકુલ ભણ્યા નથી. પ્રિન્સ્ટન (Princeton) યુનિવર્સિટીમાં વિશિષ્ટ વિદ્યાર્થી તરીકે જોડાયા અને ભૌતિકશાસ્ત્ર ભણ્યા. ઘણા બધા વિટ્ટીનને ગૉસ જોડે સરખાવે છે. માર્ચ ૧૯૯૫માં યુનિવર્સિટી ઑફ સધર્ન કેલિફોર્નિયાના (University of Southern California) કેમ્પસ ઉપર દોરીવાદના અધિવેશનમાં ગણિતની અદ્‌ભુત ઘટના કહી : પાંચ જુદા જુદા દોરીવાદો હાલમાં M-વાદ તરીકે જાણીતા સિદ્ધાંતના અડસટ્ટે જાણીતાં પાંચ સ્વરૂપો છે. આકૃતિ ૧૫માં પણ આ બતાવ્યું છે.

M-વાદ પ્રમાણે પાયાના કણો કાંપતી દોરી જેવા નહિ પણ કાંપતી અંતરત્વચા (Membrane) જેવા છે. દોરીનું પરિમાણ ૧ છે, જ્યારે અંતરત્વચાના પરિમાણો ૨ છે. દોરીની લંબાઈને લંબની દિશામાં લંબાવતાં અંતરત્વચા મળે છે. M-વાદમાં વાંકો વળેલો વધારાનો એક પરિમાણ છે એટલે કે M-વાદના કુલ ૧૧ પરિમાણો છે. ૧૯૭૦ અને ૧૯૮૦માં દોરીવાદીઓએ પરિમાણો આશરે ગણેલાં અને હવે ક્ષતિરહિત ગણી શકાય છે. અગાઉ ગણતાં એક પરિમાણ રહી ગયેલું.

ઉપસંહાર :

કોઈ પણ અનુમાન આગાહીઓ કરે તે આગાહીઓ જો પ્રયોગોથી સાચી સાબિત થાય, તો તે અનુમાન વિજ્ઞાનનો સિદ્ધાંત કે વાદ (Theory) બને છે. મૂળભૂત કણો કાંપતી સૂક્ષ્મ દોરીઓના બનેલા છે તે અનુમાનને દોરીવાદ કહીને આપણે ભાષાનો દુરુપયોગ કરીએ છીએ. અંગ્રેજી ભાષામાં પણ Theory of String (થિયરી ઑફ સ્ટ્રીન્ગ) કહીને ભાષાને દુરુપયોગ કર્યો છે. આપણે પણ એ દુરુપયોગ ચાલુ રાખીશું કારણ કે તે પ્રમાણે હાલમાં વપરાય છે. આપણે આ અનુમાનને દોરીવાદ કહીશું, પણ એ સિદ્ધાંત કે વાદ તરીકે પુરવાર થયું નથી. આ અનુમાનની કસોટી ઘણી રીતે થઈ શકે છે. આ કસોટી કરવા ઘણા બધા પ્રયોગો સૂચવવામાં આવ્યા છે.

(૧) સૂક્ષ્મ દોરીની કુદરતી લંબાઈ પ્લેન્ક લંબાઈ ૧૦$^{-૩૫}$ મીટર છે. આ સૂક્ષ્મતા સમજવા માટે આપણે કહીએ કે ગાય આકાશગંગાથી જેટલી નાની છે તેટલી જ સૂક્ષ્મ દોરી પ્રોટોનથી નાની છે. પ્રોટોન પણ આપણે આડકતરી રીતે જોઈએ છીએ. આથી યંત્રોદ્યોગશાસ્ત્રમાં (ટેક્નોલૉજી) પ્રચંડ સુધારો થયા સિવાય આપણે સીધેસીધા સૂક્ષ્મ દોરીને જોઈ શકવાના નથી. નાના અંતરે ઝીણવટથી જોવા માટે વધારે ઊર્જા જોઈએ. હાલની ટેક્નોલૉજીથી પ્લેન્ક લંબાઈની દોરી જોવા માટે આકાશગંગા જેવડું પ્રવેગર જોઈએ.

(૨) ૧૯૭૦માં ખૂબ જ હિંમતભર્યું સૂચન હતું કે ફર્મિઓનો અને બોઝોનો સમપ્રમાણ (Symmetrical) છે. સમપ્રમાણના કારણે દરેક ફર્મિઓનોની જગ્યાએ બોઝોનો મૂકીએ અને દરેક બોઝોનોની જગ્યાએ ફર્મિઓનો મૂકીએ તો તેમની દુનિયા બદલાતી નથી. આ જાતની સમપ્રમાણતાને અંગ્રેજીમાં સુપરસિમિટ્રી (SuperSymmetry) એટલે કે અસામાન્ય સમપ્રમાણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ધારોકે ફર્મિઓનો સ્ત્રીઓ છે અને બોઝોનો પુરુષો છે. આપણે બધા પુરુષોની જગ્યાએ સ્ત્રીઓ મૂકીએ અને સ્ત્રીઓની જગ્યાએ પુરુષો મૂકીએ તો આપણે કોઈ ફેરફાર જોઈશું ? સાપેક્ષિત ક્વૉન્ટમવાદમાં (Relatiaistic Quantum Theory) પાયાની વસ્તુ અરસપરસ અસર કરવી તે છે. પુરુષ અને સ્ત્રી પારસ્પરિક અસર કરીને

પુત્રીને જન્મ આપે છે. અસામાન્ય સમપ્રમાણતા માટે ઉપરના વાક્યમાં જાતિ બદલતાં આપણને "સ્ત્રી અને પુરુષ પારસ્પરિક અસર કરીને પુત્રને જન્મ આપે છે." આમાં કશું જ ખોટું નથી. આથી અસામાન્ય સમપ્રમાણતા (સુપરસિમિટ્રી) શક્ય દેખાય છે. આ અસામાન્ય સમપ્રમાણતામાં દરેક કણના અસામાન્ય ભાગીદાર (સુપર પાર્ટનર) હોય છે. આ અસામાન્ય ભાગીદારમાં દ્રવ્ય સિવાયના ભાગીદારના ગુણધર્મો હોય છે. ફર્મિઓનોના અસામાન્ય ભાગીદાર બોઝોનના નામ આગળ S લગાડવામાં આવે છે. ઇલેક્ટ્રોનના અસામાન્ય ભાગીદાર એસઇલેક્ટ્રોન (Selectron) છે. ક્વાર્કોના અસામાન્ય ભાગીદારો એસક્વાર્કો (Squarks) છે. બોઝોનના અસામાન્ય ભાગીદાર ફર્મિઓના નામ પાછળ -ino લગાડવામાં આવે છે. હિગ્ગસનો (Higgs) અસામાન્ય ભાગીદાર ફર્મિઓન હિગ્ગિસનો છે. Wનો અસામાન્ય ભાગીદાર Wino (Weano) છે. ફોટોનનો અસામાન્ય ભાગીદાર ફર્મિઓન ફોટિનો (Photino) છે.

અગત્યનો સવાલ એ છે કે કુદરતમાં આવા અસામાન્ય ભાગીદારો (સુપર પાર્ટનર્સ) છે ? સુપર સિમિટ્રીમાં (અસામાન્ય સમપ્રમાણતા) આ હોવા જરૂરી છે. ફર્મિઓન ઇલેક્ટ્રોનનો અસામાન્ય ભાગીદાર બોઝોન એસઇલેક્ટ્રોન છે. આનું અસ્તિત્વ શોધવું જરાયે અઘરુ નથી. આવા કણો હજુ સુધી જોવા મળ્યા નથી. આનો અર્થ એ થાય કે તેમનું અસ્તિત્વ નથી અને આપણો દોરીવાદ ખોટો છે. પણ ઘણા બધા ભૌતિકશાસ્ત્રીઓનું માનવું છે કે અસામાન્ય ભાગીદાર કણોનું દ્રવ્ય પ્રમાણમાં ઘણું વધારે હોઈને હજુ સુધી શોધી શક્યા નથી.

(૩) ગૌણ અણુ કણોને બિંદુઓ ગણતાં તેમના પ્રમાણભૂત નમૂનાના ટેબલના ગૌણ અણુ કણોના વિદ્યુતભારો (electric charges) ૦, ± ૧, ± ૧/૩ અને ± ૨/૩ છે. ગૌણ અણુ કણોને સૂક્ષ્મ કાંપતી દોરીના બનેલા ગણતાં તેમના ઘણાં કણોના વિદ્યુતભારો વિચિત્ર લાગે તેવા ૧/૫, ૧/૧૧, ૧/૧૩ અને ૧/૫૩ છે. જેમ અસામાન્ય ભાગીદારો (સુપર પાર્ટનર) મળ્યા નથી તેમ હજુ સુધી આવા વિદ્યુતભારવાળા કણો મળ્યા નથી.

બીજી આ જાતની દોરીવાદની ઘણી આગાહીઓ સફળ થઈ નથી. પ્રયોગોનાં નકારાત્મક પરિણામો હોવા છતાં શા માટે ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ મૂળભૂત કણો કાંપતી સૂક્ષ્મ દોરીના બનેલા છે તે અનુમાનને વળગી રહ્યા છે ? સામાન્ય રીતે કોઈ અનુમાન પ્રયોગોની કસોટીમાં સફળ ન થાય તો મૂકી દેવામાં આવે છે. હકીકતમાં ઘણા બધા દોરીવાદો છે અને બધા જુદા જુદા પ્રકારની આગાહીઓ કરે છે. જે પ્રયોગો કરવામાં આવ્યા છે, તેનાં પરિણામો ખાસ પ્રકારના દોરીવાદને જરાયે અનુકૂળ આવ્યાં નથી, પણ બીજા ઘણાં દોરીવાદો માટે આ પરિણામો સાચાં પણ હોઈ શકે. ગુરુત્વાકર્ષણના ક્વૉન્ટમવાદ તરીકે દોરીવાદ સફળ થયો છે. શ્યામ પોલાણો (Black Holes) સમજવામાં દોરીવાદે ખૂબ જ મદદ કરી છે. આપણા વિશ્વનું દોરીવાદ સચોટ વર્ણન કરશે કે નહિ તેની ખબર નથી, પણ દોરીવાદે કઈ જાતના પ્રશ્નો પૂછવા તેની રેખાકૃતિ પૂરી પાડી છે.

આ ક્ષણે દોરીવાદ બહુ જ સુંદર પણ પુરાવા વગરનો વિચાર છે. કદાચ આવતાં વર્ષોમાં માન્યતાઓમાં એવો વિકાસ થાય કે જેથી આપણે હાલની ટેક્નોલૉજીથી દોરીવાદની પ્રયોગોથી કસોટી કરી શકીએ. હાલના પરિણામોમાં અસામાન્ય સમરૂપતાનાં પાંચ પાયાના દોરીવાદનાં સ્વરૂપો એકબીજા જોડે જોડાયેલાં છે. આ પાંચે સ્વરૂપો M-વાદ (એમ-વાદ) તરીકે ઓળખાતા વાદનાં લગભગ જુદાં જુદાં સ્વરૂપો છે. આ બધા દોરીવાદો અને એમ-વાદ જ્યાં સુધી પ્રયોગોની કસોટીમાંથી પસાર ન થાય ત્યાં સુધી અનુમાનો જ રહેશે.

(વિઠ્ઠલભાઈ અં. પટેલ

નરસિંહજીના મંદિર પાસે, ઉવારસદ-રોડ, મુ.પો. શેરથા, તા.જી. ગાંધીનગર) મો. ૯૮૨૪૦૪૯૭૩૯