પ્રકરણ 1

ભૌતિક જગત (Physical World)

1.1 ભૌતિકવિજ્ઞાન શું છે ?
1.2 ભૌતિકવિજ્ઞાનનું કાર્યક્ષેત્ર અને ઉત્તેજના
1.3 ભૌતિકવિજ્ઞાન, ટેક્નોલૉજી અને સમાજ
1.4 કુદરતમાં પ્રવર્તતાં મૂળભૂત બળો
1.5 ભૌતિકશાસ્ત્રમાં નિયમોની પ્રકૃતિ
સારાંશ
સ્વાધ્યાય

1.1 ભૌતિકવિજ્ઞાન શું છે ? (WHAT IS PHYSICS ?)

માનવીને સદાયથી તેની આસપાસ ફેલાયેલા વિશ્વની બાબતમાં જાણવાની જિજ્ઞાસા રહેલી છે. અનાદિકાળથી આકાશમાં રાત્રે ચમકતાં અવકાશીય પદાર્થો તેને સંમોહિત કરતાં રહ્યા છે. દિવસ અને રાત્રિનું નિયમિત પુનરાવર્તન થવું, ઋતુઓનું વાર્ષિકચક્ર, ગ્રહણો, ભરતી-ઓટ, જ્વાળામુખીઓ, મેઘધનુષ્ય એ કાયમ માટે તેના આશ્ચર્યના સ્રોત રહ્યા છે. વિશ્વમાં દ્રવ્યના અચરજ પમાડે તેવા પ્રકારો અને જીવન તથા વર્તણૂકની વિસ્મયકારી વિભિન્નતા છે. પ્રકૃતિના આવા આશ્ચર્યો અને વિસ્મયો પ્રત્યે મનુષ્ય કલ્પનાશીલ તથા જિજ્ઞાસાશીલ મગજથી અલગ અલગ રીતે પોતાના પ્રતિભાવ વ્યક્ત કરતો રહ્યો છે. મનુષ્યનો એક પ્રતિભાવ એ રહ્યો છે કે, તેણે પોતાની આસપાસના ભૌતિક પર્યાવરણને ધ્યાનપૂર્વક અવલોકિત કરવું. કુદરતી ઘટનાઓમાં અર્થપૂર્ણ પૅટર્ન તથા સંબંધો શોધવા તથા પ્રકૃતિ સાથે આંતરક્રિયા કરવા માટે નવાં ઉપયોગી સંસાધનો બનાવવાં અને તેનો ઉપયોગ કરવો. સમયાંતરે મનુષ્યના આવા પ્રયત્નો આધુનિક વિજ્ઞાન અને ટેકનોલૉજી તરફ દોરી ગયા છે.

સાયન્સ (Science) શબ્દનો ઉદ્‌ભવ લૅટિન ભાષાના શબ્દ સિન્ટિયા (Scientia) પરથી થયો છે. જેનો અર્થ છે 'જાણવું'. સંસ્કૃત ભાષાનો શબ્દ 'વિજ્ઞાન' તથા અરબી ભાષાનો શબ્દ 'ઈલ્મ' પણ આ જ અર્થ વ્યક્ત કરે છે. જેનો અર્થ છે 'જ્ઞાન' વ્યાપક અર્થમાં વિજ્ઞાન માનવજાતિ જેટલું જ પ્રાચીન છે. ઈજિપ્ત, ભારત, ચીન, ગ્રીસ, મેસોપોટેમિયા તથા વિશ્વનાં અન્ય દેશોની પ્રાચીન સભ્યતાઓએ વિજ્ઞાનની પ્રગતિમાં ખૂબ મહત્ત્વનું યોગદાન આપ્યું છે. સોળમી સદીથી યુરોપમાં વિજ્ઞાનક્ષેત્રે હરણફાળ ભરાઈ હતી. વીસમી સદીના મધ્ય ભાગથી વિજ્ઞાન આંતરરાષ્ટ્રીય ઉપક્રમ બની ચૂક્યું હતું. જેમાં ઘણા દેશો અને સભ્યતાઓએ તેના ઝડપી વિકાસમાં ફાળો આપ્યો હતો.

વિજ્ઞાન અને **વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિ** શું છે ? વિજ્ઞાન કુદરતી ઘટનાઓને શક્ય તેટલી વિસ્તૃત અને ઊંડાણપૂર્વક સમજવા માટે કરવામાં આવતો સુવ્યવસ્થિત પ્રયત્ન છે અને આ રીતે મેળવેલ જ્ઞાનનો ઉપયોગ કુદરતી ઘટનામાં આગાહી, નિયંત્રણ અને બદલાવ માટેનો પ્રયત્ન છે. આપણી આજુબાજુ જે કંઈ જોવા મળે છે તેના આધારે સંશોધન કરવું, પ્રયોગ કરવા અને આગાહી કરવી તે વિજ્ઞાન છે. વિશ્વને સમજવા માટેની જિજ્ઞાસા, પ્રકૃતિનાં રહસ્યોને ઉકેલવાનું વિજ્ઞાનમાં સંશોધન તરફનું પ્રથમ પગલું છે. વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિમાં આંતરસંબંધ ધરાવતા કેટલાક પદ : પદ્ધતિસરનાં

અવલોકનો, નિયંત્રિત પ્રયોગો, ગુણાત્મક અને માત્રાત્મક તર્ક, ગાણિતિક નમૂનીકરણ (મોડલિંગ), આગાહીઓ, સિદ્ધાંતો ચકાસવા અથવા નકારવાનો સમાવેશ થાય છે. અનુમાન અને નિરાધાર કલ્પનાઓનું સ્થાન પણ વિજ્ઞાનમાં છે. પરંતુ વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધાંતો છેવટે તો ત્યારે જ સ્વીકાર્ય બને છે જ્યારે તેને સંબંધિત અવલોકનો અથવા પ્રયોગો દ્વારા તેની સત્યાર્થતા ચકાસી શકાય. પ્રકૃતિ અને વિજ્ઞાનની પ્રવિધિઓ માટે ઘણા તાર્કિક વિવાદો છે જેની ચર્ચા અત્રે કરવી આવશ્યક નથી.

સિદ્ધાંત તથા અવલોકનો (અથવા પ્રયોગો)નો એકબીજાની આંતરક્રીડા (Interplay) વિજ્ઞાનની પ્રગતિનો મુખ્ય આધાર છે. વિજ્ઞાન હંમેશાં ગતિશીલ (Dynamic) છે. વિજ્ઞાનમાં કોઈ પણ સિદ્ધાંત અંતિમ હોતો નથી તથા વૈજ્ઞાનિકોમાંથી કોઈને નિર્વિવાદિત સત્તા હોતી નથી. જેમ જેમ અવલોકનોની વિગતો અને ચોકસાઈમાં સુધારો થતો જાય અથવા પ્રયોગો દ્વારા નવાં પરિણામો પ્રાપ્ત થાય તેમ તેમ સિદ્ધાંતોએ જરૂર હોય તો પોતાનામાં ફેરફાર કરીને પણ તેમને સમજાવવાં જોઈએ. ઘણી વાર ફેરફારો મોટા હોતા નથી અને હયાત સિદ્ધાંતોનાં માળખામાં જ હોય છે. ટાઈકો બ્રાહે (1546-1601) દ્વારા ગ્રહોની ગતિને સંબંધિત એકત્રિત કરેલ વિસ્તૃત માહિતીનું, જોહાનીસ કેપ્લરે (1571-1630) પરીક્ષણ કર્યું તો, આ તમામ માહિતી, નિકોલસ કોપરનિક્સે આપેલ સૂર્યકેન્દ્રીયવાદ (જેમાં સૂર્ય સમગ્ર સૂર્યમાળાનાં કેન્દ્રમાં સ્થિર છે)ની વર્તુળાકાર કક્ષાઓને બદલે લંબવૃત્તીય કક્ષાઓ દ્વારા વધુ સારી રીતે સમજાવી શકાઈ. ઘણી વાર પ્રવર્તમાન સિદ્ધાંતો નવાં અવલોકનોને સમજાવવા માટે અસમર્થ હોય છે. આને કારણે વિજ્ઞાનમાં મોટા ખળભળાટ મચે છે. વીસમી સદીની શરૂઆતમાં એવું અનુભવાયું કે તે સમયનો સૌથી સફળ ન્યૂટોનિયન યંત્રશાસ્ત્રનો સિદ્ધાંત પરમાણ્વીય ઘટનાઓનાં મૂળભૂત લક્ષણો સમજાવવામાં અસમર્થ નીવડ્યો. આ જ રીતે પ્રકાશનું તરંગસ્વરૂપ ફોટોઇલેક્ટ્રિક લાક્ષણિકતા સમજાવવામાં નિષ્ફળ રહ્યું. પરિણામે પરમાણ્વીય અને આણ્વીય સિદ્ધાંતો સમજવા માટે ધરમૂળથી નવા સિદ્ધાંતોનો (ક્વૉન્ટમ મિકેનિક્સ) વિકાસ થયો.

જેવી રીતે કોઈ નવો પ્રયોગ વૈકલ્પિક રીતે સૈદ્ધાંતિક નમૂના (પ્રતિકૃતિ)ઓનું સૂચન કરે છે, તે જ રીતે કોઈ સિદ્ધાંતની પ્રગતિ, કેટલાક પ્રયોગોમાંથી કેવાં અવલોકનો મેળવવાં જોઈએ તેમ સૂચવે છે. અર્નેસ્ટ રધરફોર્ડ (1871-1934) 1911માં સોનાના વરખ પર α-કણોનાં પ્રકીર્ણનના પ્રયોગનાં પરિણામો દ્વારા પરમાણુનું ન્યુક્લિયર મોડેલ સ્થાપિત કર્યું. આ મોડેલ નીલ્સ બ્હોરે (1885-1962) 1913માં આપેલ હાઇડ્રોજન પરમાણુના ક્વૉન્ટમવાદનો પાયો બન્યું. બીજી તરફ પૉલ ડિરાકે (1902થી 1984) 1930માં પ્રતિકણના ખ્યાલને સૌ પ્રથમવાર સૈદ્ધાંતિક રીતે રજૂ કર્યો, જેનાં બે વર્ષ બાદ કાર્લ એન્ડરસને પ્રોઝીટ્રોન(ઇલેક્ટ્રૉનનો પ્રતિકણ)ની પ્રાયોગિક શોધ દ્વારા તેની પુષ્ટિ કરી.

પ્રાકૃતિક વિજ્ઞાનના વિભાગોમાં ભૌતિકવિજ્ઞાન એક મુખ્ય વિભાગ છે, આ વિભાગોમાં રસાયણ વિજ્ઞાન અને જીવવિજ્ઞાનનો પણ સમાવેશ થાય છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન માટે અંગ્રેજીમાં વપરાતો શબ્દ **Physics** એ ‘પ્રકૃતિ’ એવા અર્થ ધરાવતા ગ્રીક શબ્દ પરથી આવ્યો છે. સંસ્કૃત શબ્દ ‘ભૌતિકી’ પરથી ભૌતિક જગતને લગતા વિજ્ઞાન માટે ‘ભૌતિકવિજ્ઞાન’ શબ્દનો ઉપયોગ થયો. આ વિષયની સચોટ વ્યાખ્યા આપવી સંભવ નથી અને જરૂરી નથી. કુદરતના મૂળભૂત નિયમોના અભ્યાસ તથા વિવિધ પ્રાકૃતિક ઘટનાઓમાં તેની અભિવ્યક્તિ રજૂ કરતા વિજ્ઞાનને આપણે ભૌતિકવિજ્ઞાન કહી શકીએ. હવે પછીના વિભાગમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનનાં કાર્યક્ષેત્ર વિસ્તારનું સંક્ષિપ્ત વર્ણન કરેલ છે. અહીં આપણે ભૌતિકવિજ્ઞાનમાંની બે મુખ્ય વિચારોની નોંધ લઈએ. **એકીકીકરણ (Unification)** અને **ન્યૂનીકરણ (Reductionism)**.

ભૌતિકવિજ્ઞાન અંતર્ગત આપણે જુદી જુદી ઘટનાઓની સમજૂતી કેટલીક સંકલ્પના અને નિયમોનાં પદમાં કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ છીએ. આપણો ઉદ્દેશ જુદાં જુદાં **પ્રભાવક્ષેત્રો (domain)** અને ***જુદી જુદી પરિસ્થિતિઓમાં કેટલાક સાર્વત્રિક નિયમો***ની અભિવ્યક્તિ સ્વરૂપે ભૌતિક જગતને જોવાનો છે. દા.ત., (ન્યૂટને આપેલ) તે જ ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ જમીન પર સફરજનનું પતન, પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ, સૂર્યની આસપાસ ગ્રહોની ગતિને સમજાવે છે. આ જ રીતે વિદ્યુતચુંબકત્વ માટેનો મૂળભૂત સિદ્ધાંત (મેક્સવેલ સમીકરણ) તમામ વિદ્યુત અને ચુંબકત્વના સિદ્ધાંતોનું સંચાલન કરે છે. કુદરતમાં પ્રર્વતતા મૂળભૂત બળોના એકીકીકરણ (પરિચ્છેદ 1.4)ના પ્રયત્નો એકીકીકરણનાં સંશોધનોને પ્રતિબિંબિત કરે છે.

કોઈ મોટા અને ખૂબ જ જટિલ તંત્રના ગુણધર્મો અને તેનાં સાદાં ઘટકો વચ્ચેની આંતરક્રિયાના ગુણધર્મો તારવવા, તે એક સંબંધિત પ્રયત્ન છે. આવા પ્રયત્નોને **ન્યૂનીકરણ** કહે છે અને તે ભૌતિકવિજ્ઞાનનું હાર્દ છે. દા.ત., ઓગણીસમી સદીમાં વિકસેલ વિષય થરમૉડાયનેમિક્સમાં તાપમાન, આંતરિક ઊર્જા, એન્ટ્રોપી જેવી સ્થૂળ ભૌતિકરાશિઓનાં પદોમાં મોટા તંત્ર સાથે કામ લેવું પડે છે. ત્યાર બાદ ગતિવાદ અને સ્ટેટેસ્ટિકલ યંત્રશાસ્ત્ર વિષયોમાં સ્થૂળતંત્રનાં આણ્વીય ઘટકોના ગુણધર્મોનાં પદમાં આ રાશિઓનું અર્થઘટન કરવામાં આવ્યું હતું. જેમકે તંત્રનું તાપમાન અણુઓની સરેરાશ ગતિઊર્જા સાથે સંબંધિત હોવાનું જણાયું.

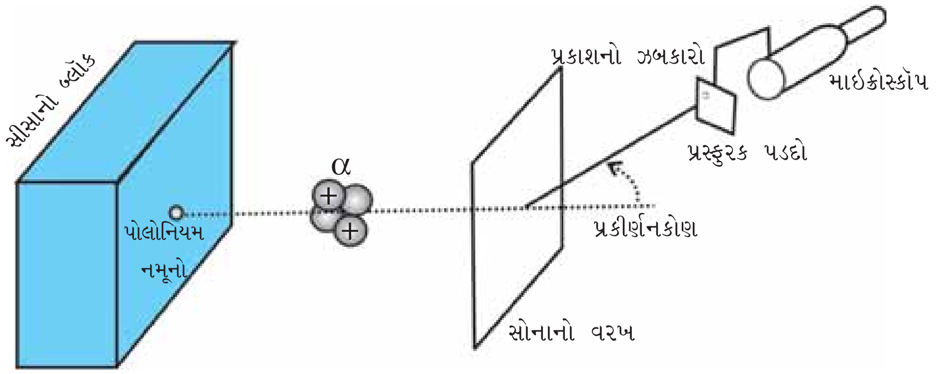
1.2 ભૌતિકવિજ્ઞાનનું કાર્યક્ષેત્ર અને ઉત્તેજના (SCOPE AND EXCITEMENT OF PHYSICS)

ભૌતિકવિજ્ઞાનનું કાર્યક્ષેત્ર અને વિસ્તાર ભૌતિકવિજ્ઞાનની જુદી જુદી વિદ્યાશાખાઓ દ્વારા મેળવી શકાય છે. મૂળભૂત રૂપે તેનાં બે રસપ્રદ પ્રભાવક્ષેત્રો છે. સ્થૂળ અને સૂક્ષ્મ. સ્થૂળ પ્રભાવક્ષેત્રમાં પૃથ્વી પરની તથા ખગોળિય સ્તરની ઘટનાઓનો સમાવેશ

પ્રયોગશાળામાં થાય છે. જ્યારે સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રમાં પરમાણ્વીક, આણ્વીક અને ન્યુક્લિયર ઘટનાઓનો* સમાવેશ થાય છે. **પ્રચલિત ભૌતિકવિજ્ઞાન (Classical Physics)**માં મુખ્યત્વે સ્થૂળ ઘટનાઓનો અભ્યાસ થાય છે. જેમાં **યંત્રશાસ્ત્ર (Mechanics), ઈલેક્ટ્રૉડાયનૅમિક્સ (Electrodynamics), પ્રકાશશાસ્ત્ર (Optics)** અને **થરમૉડાયનેમિક્સ (Thermodynamics)** જેવી વિદ્યાશાખાઓનો સમાવેશ થાય છે. ન્યૂટનના ગતિના નિયમો અને ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમો પર આધારિત યંત્રશાસ્ત્ર એ કણોની ગતિ, દૃઢ તથા વિરૂપણશીલ પદાર્થની ગતિ તથા કણોના વ્યાપક તંત્રની સાથે સંકળાયેલ છે. જૅટ દ્વારા બહાર નીકળતા વાયુ વડે રૉકેટનું આગળ વધવું, હવામાં પ્રસરતા ધ્વનિતરંગો અથવા પાણીના તરંગો તથા બોજ હેઠળ વળીને રહેલા સળિયાનું સંતુલન વગેરે યંત્રશાસ્ત્ર સંબંધિત સમસ્યાઓ છે. ઇલેક્ટ્રૉડાયનેમક્સિ એ વિદ્યુતભાર અને કાર્યક્ષમતા, ભૌતિક અથવા રાસાયણિક પ્રક્રિયાની દિશા વગેરે થરમૉડાયનેમક્સિની રસપ્રદ સમસ્યાઓ છે.

ભૌતિકવિજ્ઞાનના સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રમાં સૂક્ષ્મ સ્તરે (લંબાઈના પણ સૂક્ષ્મ સ્તરે) પરમાણુઓ અને ન્યૂક્લિયસનાં દ્રવ્યનું બંધારણ અને સંરચના તથા ઈલેક્ટ્રૉન, ફોટોન અને બીજા પ્રાથમિક કણો સાથેની તેમની આંતરક્રિયાઓનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે. પ્રચલિત ભૌતિકવિજ્ઞાન (Classical Physics) આ સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રને સમજાવવા માટે અપૂરતું છે. જ્યારે સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રની ઘટનાઓને સમજાવવા માટે હાલમાં ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંતને સ્વીકારેલ છે. વ્યાપક રૂપે ભૌતિકવિજ્ઞાનની ઈમારત સુંદર અને ભવ્ય છે. જેમ જેમ આ વિષયમાં તમે આગળ વધશો તેમ તેમ તેનાથી વધુ અભિભૂત થતા જશો.

હવે તમે જોઈ શકો છો કે ભૌતિકવિજ્ઞાનનું કાર્યક્ષેત્ર કેટલું



આકૃતિ **1.1** *ભૌતિકવિજ્ઞાનના સિદ્ધાંત અને પ્રયોગ બંને સાથે જઈને એકબીજાના વિકાસમાં મદદ કરે છે. રધરફૉર્ડના α પ્રકીર્ણનના પ્રયોગોએ પરમાણુનું ન્યુક્લિયર મૉડેલ આપ્યું.*

ચુંબકીય પદાર્થ સાથે સંકળાયેલ વિદ્યુત અને ચુંબકીય ઘટનાઓ સાથે સંબંધિત છે. કુલંબ, ઑર્સ્ટેડ, ઍમ્પિયર અને ફેરેડેએ તેના પાયાના નિયમો આપ્યા. આ નિયમોને મેક્સવેલે તેનાં પ્રચલિત સમીકરણોમાં સમાવેશ કરી અનુમોદિત કર્યાં. ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં વીજપ્રવાહધારિત સુવાહકની ગતિ, પ્રત્યાવર્તી વૉલ્ટેજ (ac વૉલ્ટેજ) માટે પરીપથની વર્તણૂક, એન્ટેનાની કાર્યપદ્ધતિ, આયનોસ્ફિયરમાં રેડિયોતરંગોનું પ્રસરણ વગેરે સમસ્યાઓનો સમાવેશ ઈલેક્ટ્રૉડાયનેમિક્સમાં થાય છે. પ્રકાશશાસ્ત્રમાં પ્રકાશીય ઘટનાઓનો અભ્યાસ થાય છે. માઈક્રોસ્કૉપ અને ટેલિસ્કૉપની કાર્યપદ્ધતિ, પાતળી ફિલ્મ (કપોટી) વડે પ્રદર્શિત રંગો વગેરે પ્રકાશશાસ્ત્રના વિષયાંગો છે. યંત્રશાસ્ત્રથી વિરુદ્ધ થરમૉડાયનેમિક્સમાં સમગ્ર રીતે પદાર્થોની ગતિનો વિચાર કરવામાં આવતો નથી. પરંતુ તંત્રના સ્થૂળ સંતુલન સાથે કામ લઈને બાહ્ય કાર્ય અને ઉષ્માની આપ-લે દ્વારા તંત્રનાં તાપમાન, આંતરિક ઊર્જા, એન્ટ્રોપી વગેરેના ફેરફારો વિશે વિચારવામાં આવે છે. ઉષ્મા એન્જિનો અને રેફ્રિજરેટરોની

વિસ્તરેલું છે. તે લંબાઈ, દ્રવ્યમાન, સમય, ઊર્જા જેવી ભૌતિક રાશિઓનાં આશ્ચર્યજનક મૂલ્યોને આવરી લે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં એક તરફ ઈલેક્ટ્રૉન, પ્રોટોન વગેરે સાથે સંકળાયેલ લંબાઈમાં અતિસૂક્ષ્મ માપક્રમ પર (10^{-14} m કે તેથી પણ નાની) ઘટનાઓનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે, તેનાંથી વિરુદ્ધ બીજી તરફ તેમાં વિશાળ ફલક પર આકાશગંગા અથવા સમગ્ર વિશ્વ સાથે સંકળાયેલ ખગોળીય ઘટનાઓનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે. જેના વિસ્તાર 10^{26} mના માપક્રમનો છે. આમ લંબાઈના માપક્રમનો ગુણોત્તર 10^{40}ના ક્રમનો કે તેનાથી વધુ છે. લંબાઈના માપક્રમને પ્રકાશના વેગથી ભાગતા સમયના માપક્રમનો વિસ્તાર 10^{-22} s થી 10^{18} s જેટલો મળે છે. દ્રવ્યમાનનો વિસ્તાર 10^{-30} kg (ઈલેક્ટ્રૉનનું દ્રવ્યમાન)થી 10^{55}kg (જ્ઞાત અવલોકનીય વિશ્વનું દ્રવ્યમાન) જેટલો છે. ભૂમિગત ઘટનાઓ આ વિસ્તારના મધ્યમાં ક્યાંક હોય છે.

* *હાલમાં શોધખોળના ઉત્તેજનાપૂર્ણ ક્ષેત્રમાં સ્થૂળ અને સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રોની વચ્ચે એક એવું પ્રભાવક્ષેત્ર (Mesoscopic Physics) કે જે અમુક દશકથી શતક સંખ્યા સુધીના પરમાણુઓ સાથે કામ લે છે તેનો આવિર્ભાવ થયો છે.*

ભૌતિકવિજ્ઞાન ઘણીબધી રીતે ઉત્તેજનાત્મક છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન કેટલીક મૂળભૂત સંકલ્પનાઓ તથા નિયમો વડે વિશાળ શ્રેણીનાં પરિમાણ ધરાવતી ભૌતિકરાશિઓને સમાવતી ઘટનાઓને સમજાવી શકે છે. આ તથ્યોને લઈને કેટલીક વ્યક્તિઓ પાયાના સિદ્ધાંતોની સુઘડતા અને સર્વવ્યાપકતાના સંદર્ભે ઉત્તેજના અનુભવે છે. જ્યારે કેટલાક લોકો કુદરતનાં ગૂઢ રહસ્યો જાણવા કલ્પનાશીલ નવા પ્રયોગો કરવાનો પડકાર, સિદ્ધાંતોની ચકાસણી કે અસ્વીકૃતિમાં ઉત્તેજના અનુભવે છે. સમાનરૂપે પ્રયોજિત ભૌતિકવિજ્ઞાન (Applied Physics) એટલું જ મહત્ત્વનું છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં નિયમોનું ઉપયોજન અને પૂરેપૂરા ઉપયોગ દ્વારા ઉપયોગી રચનાઓ (Divices) બનાવવી તે રસપ્રદ અને ઉત્તેજક છે. તે માટે કુશળતા અને ખંતપૂર્વકના પ્રયત્નો જરૂરી છે.

છેલ્લી કેટલીક સદીઓમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનની અસાધારણ પ્રગતિનું શું રહસ્ય છે ? આ પ્રગતિ મૂળભૂત ધારણાઓ સાથે થતા ફેરફારોને સંલગ્ન છે. વૈજ્ઞાનિક પ્રગતિ માટે ગુણાત્મક વિચારો હોવા જોઈએ તે મહત્ત્વનું છે પરંતુ પર્યાપ્ત નથી. ખાસ કરીને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં માત્રાત્મક અવલોકનો મહત્ત્વનાં છે. કારણ કે કુદરતી નિયમો ચોક્કસ ગણિતીય સમીકરણો દ્વારા વ્યક્ત કરવામાં આવે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના પાયાના નિયમો સાર્વત્રિક છે અને તે જુદા જુદા વિશાળ સંદર્ભોમાં પણ લાગુ પાડી શકાય છે, આ બીજી મહત્ત્વની કોઠાસૂઝ હતી અને છેલ્લે અંદાજ લગાવવાની વ્યૂહરચના ખૂબ જ સરળ રહી છે. રોજિંદા જીવનમાં મોટા ભાગની ઘટનાઓ, પાયાના નિયમોની જટિલ અભિવ્યક્તિ હોય છે. કોઈ એક ઘટનાનાં જુદાં જુદાં પાસાઓમાંથી ઓછી મહત્ત્વપૂર્ણ બાબતો કરતાં વધુ મહત્ત્વપૂર્ણ બાબતોને વૈજ્ઞાનિકો અલગ તારવવાનું વધુ મહત્ત્વનું સમજે છે. એક સારી પ્રયુક્તિ એ છે કે, પ્રથમ કોઈ ઘટનાનાં અતિઆવશ્યક લક્ષણો પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરીને, તેના મૂળ સિદ્ધાંતો શોધવામાં આવે અને ત્યાર બાદ તેમાં જરૂરી સુધારા કરીને વધુ શુદ્ધ સ્વરૂપમાં સિદ્ધાંત રચવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે સમાન ઊંચાઈએથી મુક્તપતન કરાવેલ એક પથ્થર અને એક પીંછું સરખા સમયે જમીન પર પહોંચતાં નથી કારણ કે આ ઘટનાનું આવશ્યક પાસું 'ગુરુત્વક્ષેત્રમાં મુક્તપતન'ને હવાનો અવરોધ વધુ જટિલ બનાવે છે. અવરોધ અવગણી શકાય તેવી સ્થિતિનું નિર્માણ કરવામાં આવે, તો ગુરુત્વક્ષેત્રમાં મુક્તપતનનો નિયમ મેળવી શકાય. દા.ત., લાંબી અને શૂન્યાવકાશીત નળીમાં પથ્થર અને પીંછાનું મુક્તપતન કરાવવામાં આવે, તો બંને લગભગ એકસરખા દરથી મુક્તપતન પામે છે. આ પરથી મૂળ નિયમ મેળવી શકાય છે કે, ગુરુત્વપ્રવેગ પદાર્થનાં દળ પર આધારિત નથી. આ રીતે મેળવેલ નિયમ માટે ફરીથી પીંછાનાં મુક્તપતનનો કિસ્સો વિચારીએ, તો હવાના અવરોધનો સુધારો

અધિતર્કો, સ્વયંસિદ્ધ સિદ્ધાંતો અને નમૂના (Hypothesis, axioms and models)

ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ગણિત દ્વારા જ બધું જ સાબિત થઈ શકે તેમ માનવું યોગ્ય નથી. તમામ ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ગણિત પણ ધારણાઓ પર આધારિત છે. જે જુદી જુદી રીતે પૂર્વધારણાઓ, સ્વયંસિદ્ધ સિદ્ધાંતો અને અધિતર્કો તરીકે ઓળખાય છે.

ઉદાહરણ તરીકે, ન્યૂટન દ્વારા પ્રતિપાદિત થયેલ ગુરુત્વાકર્ષણ સાર્વત્રિક નિયમ એક અભિધારણા કે પરિકલ્પના જ છે. જેને ન્યૂટને પોતાનાં કૌશલ્યથી પ્રસ્થાપિત કર્યો હતો. આ પહેલાં સૂર્યની આસપાસ ગ્રહોની ગતિ, પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ, લોલક, પૃથ્વી તરફ પડતા પદાર્થો વગેરે માટેનાં અવલોકનો, પ્રયોગો અને આંકડાકીય માહિતી ઉપલબ્ધ હતા. આ બધા માટે અલગ અલગ સમજૂતીની જરૂર હતી જે વધુ કે ઓછા પ્રમાણમાં ગુણાત્મક હતું. ગુરુત્વાકર્ષીય સાર્વત્રિક નિયમ કહે છે કે જો આપણે ધારીએ કે બે પદાર્થો વચ્ચે પ્રવર્તતું આકર્ષણબળ તે બે પદાર્થનાં દળનો ગુણાકારને સપ્રમાણ અને તેમની વચ્ચેનાં અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય, તો આપણે ઉપર્યુક્ત તમામ અવલોકનોની સમજૂતી તરત આપી શકીએ. જે માત્ર આ ઘટનાઓની સમજૂતી જ નહિ પરંતુ ભવિષ્યમાં થનારા પ્રયોગોનાં પરિણામોનું પૂર્વાનુમાન કરવાની અનુમતિ આપે છે.

પરિકલ્પના એટલે એક એવું અનુમાન કે જેની સત્યાર્થતા વિશે કોઈ જ ધારણા કરેલી હોતી નથી. કોઈ પણ વ્યક્તિને ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ સાબિત કરવાનું કહેવું તે ન્યાય-સંગત નથી કારણ કે તે સાબિત થઈ શકે નહિ તેને માત્ર અવલોકનો અને પ્રયોગો દ્વારા જ ચકાસી શકાય અને સિદ્ધ કરી શકાય છે.

સ્વયંસિદ્ધ સિદ્ધાંતો સ્વયં સત્ય છે જ્યારે મોડલ અવલોકિત ઘટનાઓને સમજવા માટેનો પ્રસ્તાવિત સિદ્ધાંત છે. પરંતુ આપ સૌને અભ્યાસના આ સ્તરે આ તમામ શબ્દોના પ્રયોગ માટે ભેદ સ્પષ્ટ કરવા માટેની ચિંતા કરવાની જરૂર નથી. ઉદાહરણ તરીકે તમે હવે પછીના વર્ષે હાઇડ્રોજન પરમાણુનું બ્હોર મોડેલ વિશે અભ્યાસ કરશો. જેમાં બ્હોરે કલ્પના કરી હતી કે ''હાઇડ્રોજન પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉન કેટલાક નિયમો (પૂર્વધારણા)ને અનુસરે છે.'' તેણે આવું શા માટે કર્યું ? તેની પાસે વિસ્તૃત પ્રમાણમાં સ્પેક્ટ્રોસ્કોપીક આંકડાકીય માહિતી ઉપલબ્ધ હતી. જેને બીજો કોઈ સિદ્ધાંત સમજાવી શકતો ન હતો. બ્હોરે જણાવ્યું હતું કે જો આપણે કલ્પના કરી લઈએ કે પરમાણુની વર્તણૂક અમુક પ્રકારની છે તો આપણે બધી જ ઘટના તરત સમજાવી શકીએ છીએ.

આઇન્સ્ટાઇનનો વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદ બે પૂર્વધારણાઓ પર આધારિત છે. 'વિદ્યુતચુંબકીય વિકિરણોની ઝડપનું અચલત્વ' તથા 'બધી જ જડત્વીય નિર્દેશ ફ્રેમમાં ભૌતિકશાસ્ત્રના નિયમોની યથાર્થતા' શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ અચળ હોય છે તથા તે ઉદ્ગમસ્થાન અને અવલોકનકારથી સ્વતંત્ર હોય છે તેમ સાબિત કરવાનું કોઈને કહેવું એ બુદ્ધિમતા ન કહેવાય.

ગણિતશાસ્ત્રમાં દરેક તબક્કે પરિકલ્પનાઓ અને સિદ્ધ સિદ્ધાંતોની આપણને જરૂર પડે છે. યુક્લિડનું કથન 'બે સમાંતર રેખાઓ ક્યારેય એકબીજાને છેદતી નથી.' એક પરિકલ્પના જ છે. એનો અર્થ એવો થાય કે જો આપણે આ કથન સ્વીકારી લઈએ તો સુરેખાઓની ઘણીબધી લાક્ષણિકતાઓ અને તેના દ્વારા તૈયાર થતી દ્વિ કે ત્રિપરિમાણ્વિય આકૃતિઓને સમજાવી શકીએ. પરંતુ આ કથન તમે ન સ્વીકારો તો તમે એક અન્ય અભિધારણાનો ઉપયોગ કરીને નવી ભૂમિતિ પ્રસ્થાપિત કરવા માટે મુક્ત છો. વાસ્તવિક રીતે છેલ્લી કેટલીય શતાબ્દી કે દશકોમાં આવું બન્યું પણ છે.

વર્તમાન સિદ્ધાંતમાં લાગુ પાડી, પૃથ્વી પર મુક્તપતન પામતા પદાર્થો માટે વધુ વાસ્તવિક સિદ્ધાંત મેળવી શકાય છે.

1.3 ભૌતિકવિજ્ઞાન, ટેક્નોલૉજી અને સમાજ (PHYSICS, TECHNOLOGY AND SOCIETY)

ભૌતિકવિજ્ઞાન, ટેક્નોલૉજી અને સમાજ વચ્ચેનો સંબંધ ઘણાં-બધાં ઉદાહરણોમાં જોઈ શકાય છે. ઉષ્મા એન્જિનોની કોઈ પ્રણાલીને સમજવા માટે અને તેમાં સુધારા કરવાની જરૂરિયાતને કારણે ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર વિષયનો ઉદ્ભવ થયો. આપણે જાણીએ છીએ કે વરાળયંત્ર કે જેની માનવસભ્યતા પર ખૂબ મોટી અસર પડી છે તેને અઢારમી સદીમાં ઇંગ્લૅન્ડમાં થયેલ ઔદ્યોગિક ક્રાંતિથી અલગ પાડી શકાય તેમ નથી. ઘણી વખત ટેક્નોલૉજી નવા ભૌતિકવિજ્ઞાનને વિકસાવે છે તો ક્યારેક ભૌતિકવિજ્ઞાન નવી ટેક્નોલૉજી વિકસાવે છે. જેનું ઉદાહરણ છે વાયરલેસ કમ્યૂનિકેશન. જે ઓગણીસમી સદીમાં શોધાયેલ વિદ્યુત અને ચુંબકત્વના મૂળભૂત નિયમોને અનુસરે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના પ્રયોજન માટે પૂર્વાનુમાન બાંધવું દરેક વખતે સરળ હોતું નથી. વર્ષ 1933ના અંત સુધીમાં મહાન ભૌતિકશાસ્ત્રી અર્નેસ્ટ રધરફૉર્ડ પરમાણુમાંથી ઊર્જાના ઉત્સર્જનની ઘટનાને નકારી ચૂક્યા હતા. પરંતુ થોડાં વર્ષ બાદ 1938માં હાન અને મિટનરે ન્યુટ્રૉનનો મારો ચલાવી યુરેનિયમમાં ન્યુક્લિયસની વિખંડનની ઘટના શોધી, જે ન્યુક્લિયર પાવર રીએક્ટરો અને ન્યુક્લિયર હથિયારોની કાર્યપ્રણાલીનો પાયો છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન ટેક્નોલૉજી વધુ ને વધુ ઊંચાઈ પર લઈ જાય છે તેનું બીજું ઉદાહરણ છે સિલિકોન 'ચીપ' જેને વીસમી શતાબ્દીના અંતિમ ત્રણ દશકામાં કમ્પ્યૂટર ક્રાંતિ જન્માવી છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનનું એક મહત્ત્વનું કાર્યક્ષેત્ર, 'વૈકલ્પિક ઊર્જાસ્રોતોનો વિકાસ' એ ભૌતિકવિજ્ઞાનનું યોગદાન હતું અને ભવિષ્યમાં પણ રહેશે. આપણી પૃથ્વી પર અશ્મીકૃત બળતણ ખૂબ જ ઝડપથી ઘટી રહ્યું છે. તેથી પરવડે તેવા અને નવા ઊર્જાસ્રોત શોધવાની જરૂરિયાત છે. આ દિશામાં ઘણી પ્રગતિ થઈ ચૂકી છે. (ઉદાહરણ તરીકે સૌરઊર્જા અને ભૂતાપીય ઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતર) પરંતુ તેને સંપૂર્ણ પરિપૂર્ણ કરવાનું હજુય બાકી છે.

કેટલાક મહાન વૈજ્ઞાનિકો તેમનું મુખ્ય યોગદાન અને તેમના મૂળ દેશનું નામ કોષ્ટક નં. 1.1માં દર્શાવેલ છે. આ કોષ્ટક દ્વારા આપ સૌ વૈજ્ઞાનિકોના પ્રયત્નોને બહુ સાંસ્કૃતિક અને આંતરરાષ્ટ્રીય સ્વરૂપ પ્રત્યે અભિભૂત થશો. કોષ્ટક નં. 1.2માં ટેક્નોલૉજી અને તે ભૌતિકવિજ્ઞાનના કયા સિદ્ધાંત પર આધારિત છે તે દર્શાવેલ છે. સ્પષ્ટ છે કે આ કોષ્ટકની માહિતી સંપૂર્ણ નથી. વિદ્યાર્થીમિત્રો, આપ સૌને વિનંતી છે કે તમે સૌ તમારા શિક્ષકોની મદદથી સારા પુસ્તકો અને વિજ્ઞાનની વેબસાઇટોની મદદથી આ કોષ્ટકની માહિતી વધુ સમૃદ્ધ બનાવી શકો છો. તમે અનુભવશો કે તમારો આ પ્રયત્ન જ્ઞાનવર્ધક અને મનોરંજક હશે. આવા પ્રયત્નોનો અંત ક્યારેય નહિ આવે તેમ ખાતરીપૂર્વક કહી શકાય. કારણ કે વિજ્ઞાનની સતત પ્રગતિ રોકી શકાય તેમ નથી.

ભૌતિકવિજ્ઞાન એટલે કુદરત અને કુદરતની ઘટનાઓનો અભ્યાસ. ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ પ્રયોગો, અવલોકનો અને તેના વિશ્લેષણના આધારે કુદરતમાં પ્રવર્તમાન નિયમોને શોધવાના પ્રયત્નો કરે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન કુદરતી જગતને નિયંત્રિત કરતા મૂળભૂત નિયમો સાથે સંકળાયેલ છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના નિયમોની

કોષ્ટક 1.1 દુનિયાના જુદા જુદા દેશોના કેટલાક ભૌતિકના વૈજ્ઞાનિકો અને તેમનું મહત્ત્વનું યોગદાન

નામ	મહત્ત્વનું યોગદાન / સંશોધન	મૂળ દેશ
આર્કિમિડિઝ	ઉત્પ્લાવનનો સિદ્ધાંત, ઉચ્ચાલનનો સિદ્ધાંત	ગ્રીસ
ગૅલેલિયો ગેલિલી	જડત્વનો નિયમ	ઇટલી
ક્રિશ્ચિયન હાઇગેન્સ	પ્રકાશનો તરંગ-સિદ્ધાંત	હોલૅન્ડ
આઈઝેક ન્યૂટન	ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ, ગતિના નિયમો, પરાવર્તક ટેલિસ્કોપ	યુ.કે.
માઇકલ ફેરાડે	વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણનો નિયમ	યુ.કે.
જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ	વિદ્યુતચુંબકીય સિદ્ધાંત, પ્રકાશ-એક વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ	યુ.કે.
હેનરિક રુડોલ્ફ હર્ટ્ઝ	વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું ઉત્પાદન	જર્મની
જે. સી. બોઝ	અલ્ટ્રાશોર્ટ (ખૂબ જ ટૂંકા) રેડિયોતરંગો	ભારત
ડબલ્યૂ. કે. રોન્જન	ઍક્સ-રે	જર્મની
જે. જે. થોમ્સન	ઇલેક્ટ્રૉન	યુ.કે.
મૅરી સ્કલોડોસ્કા ક્યૂરી	રેડિયમ તથા પોલોનિયમની શોધ, કુદરતી રેડિયોઍક્ટિવિટીનો અભ્યાસ	પોલૅન્ડ
આલ્બર્ટ આઇન્સ્ટાઇન	ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરની સમજૂતી, સાપેક્ષતાનો સિદ્ધાંત	જર્મની

નામ	મહત્ત્વનું યોગદાન / સંશોધન	મૂળ દેશ
વિક્ટર ફ્રાન્સિસ હેઝ	કોસ્મિક વિકિરણો	ઓસ્ટ્રિયા
આર. એ. મિલિકાન	ઇલેક્ટ્રૉન પરના વિદ્યુતભારનું માપન	યુ.એસ.એ.
અર્નેસ્ટ રધરફોર્ડ	પરમાણુનું ન્યુક્લિયર મૉડેલ	ન્યૂઝીલૅન્ડ
નીલ બ્હોર	હાઇડ્રોજન પરમાણુનું ક્વૉન્ટમ મૉડેલ	ડેનમાર્ક
સી. વી. ચંદ્રશેખર	અણુઓ દ્વારા પ્રકાશનું અસ્થિતિસ્થાપક પ્રકીર્ણન	ભારત
લ્યૂઇસ વિક્ટર-દ-બ્રોગ્લી	દ્રવ્યની તરંગપ્રકૃતિ	ફ્રાન્સ
એમ. એન. સહા	થર્મલ આયોનાઈઝેશન	ભારત
એસ. એન. બોઝ	ક્વૉન્ટમ સ્ટેટેસ્ટિક	ભારત
વુલ્ફગેંગ પાઉલી	અપવર્જનનો નિયમ	ઓસ્ટ્રિયા
ઍનરિકો ફર્મી	નિયંત્રિત ન્યૂક્લિયર ફિશન	ઇટલી
વર્નર હાઈઝેનબર્ગ	ક્વૉન્ટમ મિકેનિક્સ, અનિશ્ચિતતાનો સિદ્ધાંત	જર્મની
પૉલ ડિરાક	ઇલેક્ટ્રૉનની સાપેક્ષતાનો સિદ્ધાંત, ક્વૉન્ટમ સ્ટેટસ્ટિક	યુ.કે.
એડવિન હબલ	વિશ્વનું વિસ્તરણ	યુ.એસ.એ.
અર્નેસ્ટ ઑરલૅન્ડો લૉરેન્સ	સાયક્લોટ્રોન	યુ.એસ.એ.
જૅમ્સ ચેડવિક	ન્યુટ્રૉન	યુ.કે.
હિડેકી યુકાવા	ન્યૂક્લિયર બળોનો સિદ્ધાંત	જાપાન
હોમી જહાંગીર ભાભા	કોસ્મિક વિકિરણોની સોપાનીય (Cascade) પ્રક્રિયા	ભારત
લેવ ડેવિડોવિક લેઉન્ડો	સંઘનિત દ્રવ્ય સિદ્ધાંત, પ્રવાહી હિલિયમ	રશિયા
એસ. ચંદ્રશેખર	ચંદ્રશેખર-સીમા તારાઓની સંરચના અને વિકાસ	ભારત
જ્હૉન બારડીન	ટ્રાન્ઝિસ્ટર, સુપરકન્ડક્ટિવિટીનો સિદ્ધાંત	યુ.એસ.એ.
સી. એચ. ટાઉન્સ	મેસર, લેસર	યુ.એસ.એ.
અબ્દુસ સલામ	નિર્બળ અને વિદ્યુતચુંબકીય ક્રિયાનું એકીકીકરણ	પાકિસ્તાન

પ્રકૃતિ શું છે ? હવે આપણે કુદરતમાં પ્રવર્તતાં મૂળભૂત બળોની પ્રકૃતિ તથા ભૌતિકજગતનું વિવિધ પ્રકારે સંચાલન કરતા નિયમોની ચર્ચા કરીશું.

1.4 કુદરતમાં પ્રવર્તતા મૂળભૂત બળો (FUNDAMENTAL FORCES IN NATURE)*

આપણે સૌ બળ અંગેનો સાહજિક ખ્યાલ ધરાવીએ છીએ. આપણા અનુભવ પ્રમાણે પદાર્થને ધકેલવા, ઊંચકવા, ફેંકવા, તોડવા કે વિરૂપિત કરવા માટે બળની જરૂર પડે છે. જેમકે, ગતિશીલ પદાર્થ આપણને અથડાય અથવા આપણે મેરિગોરાઉન્ડ (ચગડોળ)માં હોઈએ ત્યારે બળની અસર અનુભવીએ છીએ. આ સાહજિક ખ્યાલોની મદદથી બળની વૈજ્ઞાનિક વ્યાખ્યા કરવી સરળ નથી. અહીં વૈજ્ઞાનિક એરિસ્ટોટલે આપેલ બળની વ્યાખ્યા ખોટી પડી હતી. બળ અંગેનો સાચો ખ્યાલ આઈઝેક ન્યૂટને આપેલા તેના ગતિના પ્રસિદ્ધ નિયમો દ્વારા મળ્યો. તેણે બે પદાર્થો વચ્ચે પ્રવર્તતા ગુરુત્વાકર્ષણબળનું સચોટ સ્વરૂપ આપ્યું. આપણે આગળના પ્રકરણમાં તેના વિશે અભ્યાસ કરીશું.

સ્થૂળ જગતમાં ગુરુત્વાકર્ષણબળ ઉપરાંત બીજા ઘણા પ્રકારોનાં બળો જોવા મળે છે. જેવા કે, સ્નાયુબળ, બે પદાર્થ વચ્ચેનું સંપર્કબળ, ઘર્ષણ (જે સંપર્કસપાટીને સમાંતર લાગતું સંપર્કબળ),

* *વિભાગ 1.4 અને 1.5 કેટલાક એવા ખ્યાલો ધરાવે છે કે જે તમે પ્રથમ વાચનમાં પૂરી રીતે સમજી ન શકો છતાં ભૌતિકવિજ્ઞાનની કેટલીક મૂળભૂત બાબતો અનુભવી શકાય તે માટે અમારી તમને સલાહ છે કે, તેમનું ધ્યાનપૂર્વક વાચન કરો. તેમાં કેટલાંક એવાં ક્ષેત્રો છે કે જેમાં ભૌતિક વૈજ્ઞાનિકો આજે પણ કાર્યરત છે.*

કોષ્ટક 1.2 ટેક્નોલૉજી અને ભૌતિકવિજ્ઞાન વચ્ચેનો સંબંધ

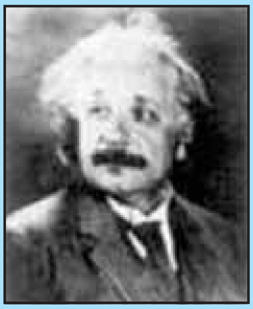
ટેક્નોલૉજી	વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધાંત
વરાળયંત્ર	થરમૉડાયનેમિક્સનો નિયમ
ન્યૂક્લિયર રીએક્ટર	નિયંત્રિત ન્યૂક્લિયર ફીશન
રેડિયો અને ટેલિવિઝન	વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનું ઉત્પાદન, પ્રસરણ અને ઓળખ (detection)
કમ્પ્યૂટર્સ	ડિજિટલ લૉજિક
લેસર	વિકિરણોના ઉત્તેજિત ઉત્સર્જન દ્વારા પ્રકાશનું વિવર્ધન
અતિપ્રબળ ચુંબકીયક્ષેત્રનું ઉત્પાદન	સુપરકન્ડક્ટિવિટી
રૉકેટ પ્રોપલ્શન	ન્યૂટનના ગતિના નિયમો
ઈલેક્ટ્રિક જનરેટર	ફેરેડેનો વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણનો સિદ્ધાંત
જળવિદ્યુત પાવરસ્ટેશન	ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ
ઍરોપ્લેન	તરલશાસ્ત્રમાં બર્નુલીનો સિદ્ધાંત
કણ પ્રવેગકો	વિદ્યુતચુંબકીય ક્ષેત્રમાં વીજભારિત કણની ગતિ
સોનાર	અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોનું પરાવર્તન
ઓપ્ટિકલ ફાઈબર	પ્રકાશનું પૂર્ણઆંતરિક પરાવર્તન
અપરાવર્તક આવરણ	પાતળી ફિલ્મ વડે પ્રકાશનું વ્યતિકરણ
ઈલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કૉપ	ઈલેક્ટ્રૉનની તરંગપ્રકૃતિ
ફોટોસેલ	ફોટોઈલેક્ટ્રિક અસર
ફ્યુઝન પરીક્ષણ રીએક્ટર (Tokamak)	પ્લાઝ્માનું ચુંબકીય બંધન
જાયન્ટ મીટરવેવ રેડિયો ટેલિસ્કૉપ (GMRT)	કૉસ્મિક રેડિયોતરંગોને પારખવા
બૉઝ-આઈન્સ્ટાઈન-કન્ડેન્સેટ	લેસર બીમ અને ચુંબકીયક્ષેત્ર વડે પરમાણુઓનું (ટ્રેપિંગ અને કુલિંગ) આંતરવા અને શીતલન કરવા

દબાયેલી કે ખેંચાણમાં રહેલી સ્પ્રિંગો વડે લાગતું બળ, તણાવ સહિતની દોરી કે દોરડા વડે લાગતું બળ (તણાવ), ઉત્પ્લાવકબળ, તરલના સંપર્કમાં રહેલ ઘન પદાર્થ પર લાગતું શ્યાનતાબળ, તરલના દબાણને લીધે ઉદ્‌ભવતું બળ, પ્રવાહીના પૃષ્ઠતાણને લીધે ઉદ્‌ભવતું બળ અને બીજાં ઘણાંબધાં બળો. વીજભારિત અને ચુંબકત્વ ધરાવતા પદાર્થો વચ્ચે પણ બળો પ્રવર્તે છે. વિદ્યુતબળો, ચુંબકીયબળો, પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન વચ્ચે પ્રવર્તતા ન્યુક્લિયર બળો, આંતર પરમાણ્વિક બળો અને આંતર આણ્વીકબળો વગેરે બળોનો સૂક્ષ્મ પ્રભાવક્ષેત્રમાં સમાવેશ થાય છે. આપણે અભ્યાસક્રમમાં હવે પછીનાં પ્રકરણોમાં ઉપર્યુક્ત બળો પૈકી કેટલાંક બળોથી પરિચિત થઈશું.

વીસમી શતાબ્દીની મહાન આંતરસૂઝ એ છે કે જુદા જુદા સંદર્ભોમાંથી મળી આવતાં વિવિધ પ્રકારનાં બળો, ખરેખર કુદરતના અલ્પ સંખ્યાનાં જ મૂળભૂત બળોમાંથી ઉદ્‌ભવ્યા હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, સ્થિતિસ્થાપક સ્પ્રિંગ જ્યારે ખેંચાયેલી/ સંકોચાયેલી હોય છે ત્યારે સ્પ્રિંગના પાસપાસે રહેલા અણુઓ વચ્ચે પરિણામી આકર્ષણ/અપાકર્ષણ બળ ઉદ્‌ભવે છે. જેને કારણે સ્થિતિસ્થાપક સ્પ્રિંગમાં પુનઃ સ્થાપકબળ ઉદ્‌ભવે છે. અહીં લાગતું કુલ આકર્ષી/ અપાકર્ષીબળ અણુઓનાં વિદ્યુતભારિત સૂક્ષ્મ કણો વચ્ચે પ્રવર્તતા અસંતુલિત વિદ્યુતબળો દ્વારા શોધી શકાય છે.

'સાધિત' બળ (જેવાં કે સ્પ્રિંગમાં ઉદ્‌ભવતું બળ, ઘર્ષણબળ)ના નિયમો કુદરતનાં મૂળભૂત બળોના નિયમોથી સ્વતંત્ર નથી. પરંતુ આ સાધિત બળોનું ઉદ્‌ભવસ્થાન વધુ જટિલ છે.

હાલમાં કુદરતમાં ચાર પ્રકારનાં મૂળભૂત બળો હોવાનું મનાય છે. જેનું ટૂંકમાં વર્ણન આ મુજબ છે :



આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈન (1879-1955)

1879માં ઉલ્મ, જર્મનીમાં જન્મેલા આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈન સાર્વત્રિક રીતે સર્વકાલિન મહાન ગણાતા ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓ પૈકીના એક વૈજ્ઞાનિક ગણાય છે. તેમના દ્વારા 1905માં પ્રકાશિત ત્રણ સંશોધન-લેખોથી તેમનું વિસ્મયકારી વૈજ્ઞાનિક જીવન શરૂ થયું. તેમનાં પ્રથમ સંશોધનપત્રમાં પ્રકાશ ક્વૉન્ટમ્ (જેને હવે ફોટોન કહે છે.) રજૂ કરેલ આ ધારણાનો ઉપયોગ ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરની લાક્ષણિકતા સમજવા માટે થયો હતો. જેને વિકિરણના પ્રચલિત તરંગવાદ વડે સમજાવી શકાઈ ન હતી. બીજા શોધપત્રમાં તેમણે બ્રાઉનિયન ગતિનો સિદ્ધાંત રજૂ કરેલ હતો. જેની પ્રાયોગિક સાબિતી થોડાં વર્ષો બાદ થઈ હતી. આ સિદ્ધાંતોએ દ્રવ્યના પરમાણ્વિય ચિત્રનું આધારભૂત પ્રમાણ આપ્યું. તેમનાં ત્રીજા સંશોધનપત્રએ વિશિષ્ટ સાપેક્ષવાદ (Special Theory of Relativity)નો જન્મ આપ્યો. જેને કારણે આઈન્સ્ટાઈન તેમના મહાનકાળ દરમિયાન દંતકથા સમાન બની ગયા. બીજા દશકમાં તેમના નવા સિદ્ધાંતોનાં પરિણામો અંગે સંશોધન કર્યું. જેમાં અન્ય તથ્યોની સાથે સાથે દ્રવ્યઊર્જા સમતૂલ્યતાનું સમીકરણ $E = mc^2$ પ્રસ્થાપિત કર્યું. તેમણે સાપેક્ષવાદની વ્યાપક સ્વરૂપ (The General Theory of Relativity)ની રચના કરી. જે ગુરુત્વાકર્ષણનો આધુનિક સિદ્ધાંત છે. આઈન્સ્ટાઈન પછીનાં મહત્ત્વપૂર્ણ યોગદાનો પૈકીનાં કેટલાક યોગદાનો નીચે મુજબ છે. પ્લાન્કે કાળા પદાર્થનાં વિકિરણનાં નિયમમાં વૈકલ્પિક વ્યુત્પન દ્વારા રજૂ કરાવેલ ઉદ્દીપ્ત (Stimulated) ઉત્સર્જનની ધારણાં, બ્રહ્માંડનું સ્થિત મોડેલ જેના દ્વારા બ્રહ્માંડની ઉત્પત્તિનો આધુનિક વિજ્ઞાનનો યુગ શરૂ થયો. દળદાર બોઝોન ગૅસનું ક્વૉન્ટમ સ્ટેટેસ્ટિક તથા ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્ર પાયાનું વિવેચનાત્મક પૃથક્કરણ વગેરે. આઈન્સ્ટાઈન દ્વારા 1905માં ભૌતિકવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે તેમનું ચિરઃસ્થાયી યોગદાન, જેમાં ક્રાંતિકારી વૈજ્ઞાનિક સંકલ્પનાઓની માહિતી હતી, જે આપણા આધુનિક જીવનને પ્રભાવિત કરતી રહી છે. તેના સન્માનમાં વર્ષ 2005ને ભૌતિકવિજ્ઞાનનું આંતરરાષ્ટ્રીય વર્ષ તરીકે ઘોષિત કરવામાં આવ્યું.

1.4.1 ગુરુત્વાકર્ષણ બળ (Gravitational Force)

ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બે પદાર્થો વચ્ચે તેમનાં દ્રવ્યમાનને કારણે લાગતું પરસ્પર આકર્ષીબળ છે. તે એક સાર્વત્રિક બળ છે. વિશ્વમાં પ્રત્યેક પદાર્થ અન્ય પદાર્થને કારણે આ બળ અનુભવે છે. ઉદાહરણ તરીકે પૃથ્વી પરના બધા જ પદાર્થ પૃથ્વીને કારણે ગુરુત્વબળ અનુભવે છે. ખાસ કરીને પૃથ્વીને અનુલક્ષીને પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર અને માનવસર્જિત ઉપગ્રહોનું પરિભ્રમણ, સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી તથા અન્ય ગ્રહોનું પરિભ્રમણ અને પૃથ્વી પર પડતા પદાર્થોની ગતિ, ગુરુત્વબળ દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે. વિશ્વની વિશાળ સ્તરિય ઘટનાઓ જેમકે, તારાવિશ્વ, તારા, આકાશગંગા, આકાશગંગાના ઝૂમખાઓની રચના અને વિકાસમાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળની મુખ્ય ભૂમિકા છે.

1.4.2 વિદ્યુતચુંબકીય બળ (Electromagnetic Force)

વિદ્યુતભારિત કણો વચ્ચે લાગતાં બળને વિદ્યુતચુંબકીય બળ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. સરળ કિસ્સામાં જ્યારે વિદ્યુતભારો સ્થિર સ્થિતિમાં હોય છે ત્યારે તેમની વચ્ચે લાગતું બળ કુલંબના નિયમ પરથી મળે છે. વિજાતીય વીજભારો વચ્ચે આ બળ આકર્ષી અને સજાતીય વીજભારો વચ્ચે આ બળ અપાકર્ષી પ્રકારનું હોય છે. જ્યારે વીજભારો ગતિમાં હોય છે ત્યારે તે ચુંબકીય અસર નીપજાવે છે અને ચુંબકીયક્ષેત્ર ગતિશીલ વીજભારો પર બળ લગાડે છે. વિદ્યુત અને ચુંબકીયક્ષેત્રની આ સંયુક્ત અસર અલગ ન પાડી શકાય તેવી હોવાથી આ બળને વિદ્યુતચુંબકીય બળ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ગુરુત્વાકર્ષણ બળની માફક વિદ્યુતચુંબકીય બળ પણ ગુરુઅંતરિય બળ છે તથા તેને લાગવા માટે તેમની વચ્ચે કોઈ માધ્યમની જરૂર પડતી નથી. આ બળ ગુરુત્વાકર્ષી બળ કરતાં અતિશય પ્રબળ બળ છે. નિશ્ચિત અંતરે રહેલા બે પ્રોટોન વચ્ચે લાગતાં ગુરુત્વાકર્ષીબળ કરતાં વિદ્યુતબળ 10^{36} ગણું મોટું હોય છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે દ્રવ્ય એ ઇલેક્ટ્રૉન, પ્રોટોન અને તેના જેવા બીજા વીજભારિત મૂળભૂત કણોનું બનેલું છે. વિદ્યુતચુંબકીય બળ ગુરુત્વાકર્ષી બળ કરતાં ઘણું વધુ પ્રબળ હોવાથી આણ્વીક અને પરમાણ્વીક સ્તરે થતી ઘટનાઓમાં વિદ્યુતચુંબકીય બળનું પ્રભુત્વ વધુ છે. (બીજાં બે બળો જેનો અભ્યાસ હવે કરીશું તે માત્ર ન્યુક્લિયસના માપક્રમ સુધી જ પ્રવર્તે છે). આમ પરમાણુ અને અણુઓની સંરચના, રાસાયણિક પ્રક્રિયાનું ગતિશાસ્ત્ર તથા દ્રવ્યની યાંત્રિક, ઉષ્મીય અને અન્ય લાક્ષણિકતાઓનું સંચાલન મુખ્યત્વે વિદ્યુતચુંબકીય બળ દ્વારા જ થાય છે. તણાવબળ, ઘર્ષણબળ, લંબબળ (Normal Force) અને સ્પ્રિંગમાં ઉદ્ભવતાં બળો જેવાં સ્થૂળ બળોના પાયામાં વિદ્યુતચુંબકીય બળ રહેલું છે.

ગુરુત્વાકર્ષણ બળ હંમેશાં આકર્ષી પ્રકારનું બળ છે જ્યારે વિદ્યુતચુંબકીય બળ આકર્ષી અથવા અપાકર્ષી પ્રકારનું હોઈ શકે છે. આ બાબત બીજી રીતે સમજીએ તો દ્રવ્યમાન માત્ર એક જ પ્રકારનું છે. (ઋણ દ્રવ્યમાન હોતું નથી.) જ્યારે વીજભાર બે પ્રકારના હોય છે : ધનવીજભાર અને ઋણવીજભાર. બધાં જ તફાવતનું કારણ આ જ છે. દ્રવ્ય મોટે ભાગે વિદ્યુતીય રીતે તટસ્થ હોય છે. (કુલ વીજભાર શૂન્ય હોય છે) અને તેથી તેના પર લાગતું વિદ્યુતબળ શૂન્ય હોય છે. જ્યારે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ પૃથ્વી પરની ઘટનાઓ પર પ્રભુત્વ ધરાવે છે. જ્યારે પરમાણુઓ આયનીકૃત થાય છે ત્યારે વાતાવરણમાં સ્વતઃ વિદ્યુતબળ ઉદ્ભવે છે અને તેને કારણે જ વીજળીના ચમકારા થાય છે.

સત્યેન્દ્રનાથ બૉઝ (1894-1974)

વર્ષ 1894માં કોલકાતામાં જન્મેલા સત્યેન્દ્રનાથ બૉઝ મહાન ભારતીય ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓ પૈકી એક છે. જેમણે વીસમી શતાબ્દીમાં વિજ્ઞાનની પ્રગતિ માટે મહત્ત્વનું યોગદાન આપ્યું હતું. તેઓ ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં ઉત્કૃષ્ટ વિદ્યાર્થી હતા. વર્ષ 1916માં કોલકતા વિશ્વવિદ્યાલયમાં પ્રાધ્યાપક તરીકે તેમની કારકિર્દી શરૂ કરી. પાંચ વર્ષ પછી તેઓ ઢાકા વિશ્વવિદ્યાલયમાં ગયા. જ્યાં તેમણે 1924માં પોતાની પ્રતિભાશાળી અંતઃદૃષ્ટિથી પ્લાન્કના નિયમની નવી તારવણી રજૂ કરી. જેમાં તેમણે વિકિરણને ફોટોન વાયુ તરીકે સ્વીકારી અને ફોટોન અવસ્થાઓની નવી આંકડાકીય ગણતરીની પદ્ધતિ અપનાવી હતી. આ વિષય પર તેમણે એક ટૂંકો શોધપત્ર લખી આઈન્સ્ટાઈનને મોકલી આપ્યો. આઈન્સ્ટાઈને તરત જ આ મહત્ત્વપૂર્ણ શોધને ઓળખીને તેનો જર્મન ભાષામાં અનુવાદ કરી તેને પ્રકાશિત કરવા મોકલી આપ્યો. ગણતરીની આ નવીન પદ્ધતિનો ઉપયોગ આઈન્સ્ટાઈને અણુઓના વાયુમાં કર્યો.

બૉઝનાં આ કાર્યમાં નવી સંકલ્પનામાં મૂળ ઘટકનો વિચાર એટલે કે કણો જુદા ન પાડી શકાય તેવા માનવામાં આવેલા જે પ્રચલિત મૅક્સવેલ બોલ્ટ્ઝમેન આંકડાશાસ્ત્રને આધારે થયેલ ધારણાથી ઘણી વિપરિત હતી. તે પછી તરત જ એવું અનુભવાયું કે, બૉઝ-આઈન્સ્ટાઈનની આંકડાકીય ધારણા માત્ર પૂર્ણાંક સ્પિન સંખ્યા ધરાવતાં કણોને જ લાગુ પાડી શકાય છે અને અર્ધપૂર્ણાંક સ્પિન સંખ્યા ધરાવતા કણો જે પાઉલીના અપવર્જન સિદ્ધાંતોને સંતોષે છે. તેમનાં માટે નવી ક્વૉન્ટમ આંકડાકીય માહિતી (ફર્મી-ડિરાક આંકડાકીય માહિતી)ની જરૂર પડી. બૉઝના સન્માનમાં પૂર્ણાંક સ્પિન ધરાવતા કણોને હવે બોઝોન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

બૉઝ-આઈન્સ્ટાઈન સ્ટેટસ્ટિકનાં મહત્ત્વનું પરિણામ એ છે કે, અણુઓનું વાયુ સ્વરૂપ એક નિશ્ચિત તાપમાનથી નીચા તાપમાને કેટલીક એવી લઘુત્તમ ઊર્જાવાળી જ અવસ્થામાં સંક્રમણ કરશે કે જ્યાં પરમાણુઓનો મોટો જથ્થો તે જ અવસ્થામાં હોય. બૉઝના પાયાના વિચારો જેને આઈન્સ્ટાઈને વધુ વિકસિત કર્યા. આ વિચારો 70 વર્ષ બાદ મંદવાયુના અતિશીત (Ultra Cold) આલ્કલી પરમાણુ બૉઝ આઈન્સ્ટાઈન સંઘનનમાં દ્રવ્યની નવી અવસ્થામાં અવલોકનો દ્વારા નાટ્યાત્મક રીતે પ્રમાણિત થયાં.

જો આપણે થોડું ચિંતન કરીએ તો આપણી રોજિંદા જીવનની ઘણીબધી ઘટના પરથી સ્પષ્ટ થઈ શકે છે કે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કરતાં વિદ્યુતચુંબકીય બળ વધુ પ્રબળ છે. જ્યારે આપણા હાથ પર એક પુસ્તક મૂકીએ છીએ ત્યારે હાથ વડે પુસ્તકને લંબબળ લાગુ પાડીએ છીએ જે પૃથ્વીના મોટા દ્રવ્યમાન વડે પુસ્તક પર લાગતાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળને સંતુલિત કરે છે. આ લંબબળ એટલે જ હાથ અને પુસ્તકના વીજભારિત ઘટકો વચ્ચે સંપર્કસપાટીએ પ્રવર્તતું કુલ વિદ્યુતબળ જ છે. જો વિદ્યુતચુંબકીય બળ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કરતાં સ્વભાવથી વધુ પ્રબળ ન હોય, તો સૌથી મજબૂત વ્યક્તિનો હાથ પીંછાના વજનથી નાના નાના ટુકડા થઈ જાય ! ખરેખર આવી પરિસ્થિતિ હોય તો આપણે જ આપણા વજનબળને કારણે ટુકડે ટુકડામાં વિભાજીત થઈ જઈએ !

1.4.3 પ્રબળ ન્યુક્લિયર બળ (Strong Nuclear Force)

પ્રબળ ન્યુક્લિયર બળ પ્રોટૉન અને ન્યુટ્રૉનને ન્યુક્લિયસમાં જકડી રાખે છે. એ સ્પષ્ટ છે કે આકર્ષી પ્રકારનાં કોઈ પણ બળ વગર, પ્રોટોન વચ્ચે લાગતાં વિદ્યુતીય અપાકર્ષણને લીધે ન્યુક્લિયસ અસ્થાયી બની જાય. આ આકર્ષીબળ ગુરુત્વીય ન હોઈ શકે. કારણ કે વિદ્યુતીય બળની સરખામણીમાં ગુરુત્વીય બળ અવગણ્ય છે. માટે કોઈ નવા મૂળભૂત બળનો વિચાર કરવો પડે. પ્રબળ ન્યુક્લિયર બળ એ બધાં જ મૂળભૂત બળોમાં સૌથી વધુ પ્રબળ છે, વિદ્યુતચુંબકીય બળથી લગભગ 100 ગણું પ્રબળ છે. તે વિદ્યુતભાર પર આધારિત નથી અને તે પ્રોટોન-પ્રોટોન, પ્રોટોન-ન્યુટ્રૉન અને ન્યુટ્રૉન-ન્યુટ્રૉન વચ્ચે સમાનપણે લાગે છે. જોકે તેની અવધિ લગભગ ન્યુક્લિયસના પરિમાણ (10^{-15} m) જેટલી અતિસૂક્ષ્મ છે. તે ન્યુક્લિયસના સ્થાયીપણા માટે જવાબદાર છે. અત્રે એ નોંધવું જોઈએ કે, ઇલેક્ટ્રૉન આ બળ અનુભવતો નથી.

આમ છતાં આધુનિક શોધોએ દર્શાવ્યું કે પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન પણ ક્વાર્ક્સ તરીકે ઓળખાતા વધુ મૂળભૂત ઘટકોનાં બનેલાં છે.

1.4.4 નિર્બળ ન્યુક્લિયરબળ (Weak Nuclear Force)

વીક (નિર્બળ) ન્યુક્લિયરબળ એ માત્ર નિશ્ચિત ન્યુક્લિયર પ્રક્રિયાઓ જેવી કે ન્યુક્લિયસમાંથી β-કણોના ઉત્સર્જન દરમ્યાન જોવા મળે છે. β-કણના ઉત્સર્જન દરમિયાન ન્યુક્લિયસ ઇલેક્ટ્રૉન અને વિદ્યુતભારવિહીન એવા ન્યુટ્રિનો કણોનું ઉત્સર્જન કરે છે. વીક્ (નિર્બળ) ન્યુક્લિયરબળ એ ગુરુત્વાકર્ષીય બળ કરતાં પ્રબળ પરંતુ સ્ટ્રૉંગ ન્યુક્લિયરબળ અને વિદ્યુતચુંબકીય બળ કરતાં નબળું હોય છે. વીક્ (નિર્બળ) ન્યુક્લિયરબળની અવધિ અત્યંત સૂક્ષ્મ 10^{-16} mના ક્રમની છે.

1.4.5 બળોના એકીકીકરણ તરફ (Towards Unification of Forces)

પરિચ્છેદ 1.1માં આપણે નોંધ્યું કે ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં એકીકીકરણ એ મૂળભૂત શોધનો મુદ્દો છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનની મહત્ત્વની પ્રગતિ ઘણીવાર વિવિધ સિદ્ધાંતો અને પ્રભાવક્ષેત્રોના એકીકીકરણ તરફ દોરી જાય છે. ન્યૂટને ભૂમિગત (Terrestrial) અને આકાશીય (Celestial) પ્રભાવક્ષેત્રોને ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમ વડે એકત્રિત

કોષ્ટક 1.3 કુદરતમાં પ્રવર્તતાં મૂળભૂત તત્ત્વો

નામ	સાપેક્ષ પ્રબળતા	અવધિ	કોની વચ્ચે પ્રવર્તે છે
ગુરુત્વાકર્ષણ બળ	10^{-38}	અનંત	વિશ્વના બધા જ પદાર્થો
વીક્ (નિર્બળ) ન્યુક્લિયરબળ	10^{-13}	અતિસૂક્ષ્મ, ન્યુક્લિયર પરિમાણથી પણ ઓછું ($\sim 10^{-16}$ m)	કેટલાક મૂળભૂત કણો, ખાસ કરીને ઇલેક્ટ્રૉન અને ન્યુટ્રિનો
વિદ્યુતચુંબકીયબળ	10^{-2}	અનંત	વિદ્યુતભારિત કણો વચ્ચે
પ્રબળ ન્યુક્લિયરબળ	1	સૂક્ષ્મ, ન્યુક્લિયર સાઇઝનું ($\sim 10^{-15}$ m)	ન્યૂક્લિઑન્સ અને ભારે પ્રાથમિક કણો

કર્યા. ઓર્સ્ટેડ અને ફેરેડેની પ્રાયોગિક શોધોએ દર્શાવ્યું કે વિદ્યુત અને ચુંબકીય ઘટનાઓ સામાન્યતઃ એકબીજાથી અલગ પાડી શકાય નહિ. મેક્સવેલની 'પ્રકાશ એ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ છે' શોધથી તેણે વિદ્યુતચુંબકત્વ અને પ્રકાશશાસ્ત્રને એકત્રિત કર્યા. આઇન્સ્ટાઇને ગુરુત્વાકર્ષણ અને વિદ્યુતચુંબકત્વને એકીકીકરણ કરવા પ્રયત્નો કર્યા જેમાં તેમને સફળતા ન મળી. પરંતુ આને લીધે બળોના એકીકીકરણના હેતુ માટે ખંતપૂર્વક પ્રયત્નો કરવામાંથી ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓને હતોત્સાહ કરી શકાયા નહિ.

છેલ્લા કેટલાક દશકોમાં આ ક્ષેત્રમાં ઘણીબધી પ્રગતિ થઈ છે. વિદ્યુતચુંબકીય બળ અને વીક્ ન્યુક્લિયર બળનું એકીકીકરણ કરવામાં આવ્યું અને તેમને ઇલેક્ટ્રૉનિક બળ નામના એક જ બળનાં જુદાં જુદાં પાસાઓ તરીકે જોવામાં આવે છે. આ એકીકીકરણનો વાસ્તવમાં શું અર્થ થાય છે તે અત્રે સમજાવી શકાય તેમ નથી. ઇલેક્ટ્રૉ-વીકબળ અને પ્રબળ બળનું એકીકીકરણ ઉપરાંત ગુરુત્વાકર્ષણ બળનું અન્ય બીજાં મૂળભૂત બળો સાથેનું એકીકીકરણના પ્રયત્નો થયા છે અને હજુ થઈ રહ્યા છે. આમાના કેટલાક ખ્યાલો હજુ અનુમાનની સ્થિતિમાં અને અનિર્ણાયક છે. કુદરતનાં મૂળભૂત બળોનું એકીકીકરણની પ્રગતિની દિશામાં કેટલાક સીમાચિહ્નો કોષ્ટક 1.4માં દર્શાવેલ છે.

1.5 ભૌતિકશાસ્ત્રના નિયમોની પ્રકૃતિ (NATURE OF PHYSICAL LAW)

ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓ વિશ્વનું અન્વેષણ કરે છે. તેમનાં સંશોધનો એવી વૈજ્ઞાનિક પ્રક્રિયાઓ પર આધારિત છે કે, જેનો વિસ્તાર પરમાણુથી પણ સૂક્ષ્મ કણોથી શરૂ કરીને અતિ દૂર રહેલા તારાઓ (Stars) સુધીનો છે. અવલોકનો અને પ્રયોગો દ્વારા તથ્યો શોધવાની સાથે સાથે ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓ તથ્યોનો સમાવેશ હોય તેવા નિયમો શોધવાનો પ્રયત્ન કરે છે. (ઘણી વાર તે ગણિતીય સૂત્રો સ્વરૂપે પણ હોય છે.

જુદાં જુદાં બળો દ્વારા નિયંત્રિત ભૌતિક ઘટનાઓમાં સમય સાથે ઘણી ભૌતિકરાશિ બદલાઈ શકે છે. જ્યારે તે પણ હકીકત છે કે કેટલીક વિશિષ્ટ રાશિઓ સમય સાથે અચળ રહે છે. જેને પ્રકૃતિની સંરક્ષિત ભૌતિકરાશિઓ કહે છે. અવલોકિત ઘટનાઓનાં માત્રાત્મક વર્ણન માટે સંરક્ષણના સિદ્ધાંતો સમજવા જરૂરી છે.

બાહ્ય સંરક્ષી બળની અસર હેઠળ થતી તંત્રની ગતિ માટે ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો એટલે કે તંત્રની યાંત્રિકઊર્જા અચળ હોય છે. આ બાબતનું એક વધુ પ્રચલિત ઉદાહરણ ગુરુત્વક્ષેત્રમાં મુક્ત પતન પામતો પદાર્થ છે. સમય સાથે પદાર્થની ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જા બંને સતત બદલાય છે. પરંતુ

કોષ્ટક 1.4 કુદરતનાં જુદાં જુદાં બળો/પ્રભાવક્ષેત્રોના એકીકીકરણમાં પ્રગતિ

ભૌતિકવિજ્ઞાનીનું નામ	વર્ષ	એકીકીકરણ તરફની ઉપલબ્ધિ
આઇઝેક ન્યૂટન	1687	ભૂલોક અને આકાશીય યંત્રશાસ્ત્રનું એકીકીકરણ, ગતિના નિયમો અને ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ સમાન રીતે બંને પ્રભાવક્ષેત્રોમાં લાગુ પડે છે તેમ બતાવ્યું.
હેસ ક્રિશ્ચિયન ઓર્સ્ટેડ માઇકલ ફેરેડે	1820 1830	વિદ્યુત અને ચુંબકીય ઘટનાઓ કોઈ એક જ પ્રભાવક્ષેત્ર : વિદ્યુતચુંબકત્વથી અલગ ન પાડી શકાય તેવાં બે પાસાં છે.
જેમ્સ ક્લાર્ક	1873	વિદ્યુતીય, ચુંબકીયથી અને પ્રકાશશાસ્ત્રનું એકીકીકરણ, પ્રકાશ એ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ છે તેમ બતાવ્યું.
શૈલ્ડન ગ્લેશોવ, અબ્દુસ સલામ, સ્ટીવન વીનબર્ગ	1979	વિદ્યુતચુંબકીય બળ અને વીક્ ન્યુક્લિયર બળ એ ઇલેક્ટ્રૉનિક બળનાં જ બે પાસાં તરીકે જોઈ શકાય છે તેમ બતાવ્યું.
કાર્લો રુબિયા, સાઇમન વાંડન મિર	1984	ઇલેક્ટ્રોવીક્ બળના સિદ્ધાંતની આગાહીઓની પ્રાયોગિક ચકાસણી કરી.

તેમનો સરવાળો અચળ રહે છે. સ્થિર સ્થિતિમાંથી મુક્ત પતન પામતો પદાર્થ પૃથ્વીની સપાટીને અથડાય છે. તે અગાઉની ક્ષણે તેની બધી જ સ્થિતિઊર્જા ગતિઊર્જામાં રૂપાંતર પામે છે. સંરક્ષીબળ પૂરતા સીમિત આ નિયમની અલગ કરેલા તંત્ર માટે ઊર્જા-સંરક્ષણના વ્યાપક નિયમ (જે થરમૉડાયનેમિક્સના પ્રથમ નિયમનો પાયો છે.) સાથે ગેરસમજ રાખવી જોઈએ નહિ.

ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં ઊર્જાની સંકલ્પના કેન્દ્રસ્થાને છે. બધી જ ભૌતિક પ્રણાલીઓ માટે ઊર્જાની અભિવ્યક્તિ કરી શકાય છે. ઉષ્માઊર્જા, યાંત્રિકઊર્જા, વિદ્યુતઊર્જા વગેરે જેવાં તમામ ઊર્જાનાં સ્વરૂપોને ધ્યાનમાં લઈએ તો એવો નિષ્કર્ષ તારવી શકાય છે કે ઊર્જાનું હંમેશાં સંરક્ષણ થાય છે. ઊર્જા-સંરક્ષણનો વ્યાપક નિયમ બધાં જ બળો તથા જુદા જુદા પ્રકારની ઊર્જાના પરસ્પર રૂપાંતરણો માટે સાચો છે.

સ્થિર સ્થિતિમાંથી મુક્ત પતન પામતા પથ્થરનાં ઉદાહરણમાં પતન દરમિયાન હવાનો અવરોધ ગણતરીમાં લેવામાં આવે ત્યારે પદાર્થ સપાટીને અથડાઈને સ્થિર થાય તે સ્થિતિમાં સ્પષ્ટ છે કે કુલ યાંત્રિકઊર્જાનું સંરક્ષણ થતું નથી. છતાં પણ ઊર્જા-સંરક્ષણનો વ્યાપક નિયમ લાગુ પડતો હોય છે. અહીં પદાર્થની પ્રારંભિક સ્થિતિઊર્જા, ઉષ્મા અને ધ્વનિ જેવી ઊર્જાનાં સ્વરૂપમાં રૂપાંતર પામે છે. (અહીં ધ્વનિઊર્જાનું શોષણ થયા બાદ તે ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર પામે છે.) આમ, તંત્ર (પથ્થર અને પરિસરથી બનેલું તંત્ર)ની કુલ ઊર્જા અચળ રહે છે.

કુદરતનાં બધાં જ પ્રભાવક્ષેત્રોમાં સૂક્ષ્મથી સ્થૂળ સુધી ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમનું પાલન થાય છે. પરમાણ્વિય, ન્યુક્લિયર અને મૂળભૂત કણોની પ્રક્રિયાઓનાં પૃથક્કરણમાં આ નિયમ નિયમિત રીતે લાગુ પાડી શકાય છે. તેનાથી વિપરીત દરેક ક્ષણે વિશ્વમાં પ્રચંડ ઘટનાઓ બનતી હોય છે. છતાંય વિશ્વ (સૌથી વધુ શક્ય તેવું આદર્શ રીતે અલગ કરેલું તંત્ર)ની કુલ ઊર્જા અચળ રહે છે તેમ માનવામાં આવે છે.

આઇન્સ્ટાઇને સાપેક્ષવાદનો સિદ્ધાંત આપ્યો તે પહેલાં, દ્રવ્યનો નાશ થઈ શકતો નથી તેમ મનાતું હોવાથી કુદરતના અન્ય એક મૂળભૂત નિયમોમાં દ્રવ્ય સંરક્ષણના નિયમનો સમાવેશ થયેલ હતો. આ નિયમ ઉપયોગમાં લેવાતા નિયમોમાં મહત્ત્વનો હતો અને આજે પણ છે. ઉદાહરણ તરીકે રાસાયણિક પ્રક્રિયાનાં વિશ્લેષણમાં આ નિયમનો ઉપયોગ આજે પણ કરવામાં આવે છે. રાસાયણિક પ્રક્રિયા એટલે મૂળભૂત રીતે અણુઓમાં રહેલા જુદા જુદા પરમાણુઓની પુનઃગોઠવણી. આવી પ્રક્રિયાઓમાં પ્રક્રિયક અણુઓની કુલ બંધનઊર્જા નીપજ અણુઓની બંધનઊર્જા કરતાં ઓછી હોય, તો પ્રક્રિયા દરમિયાનનો ઊર્જાનો તફાવત ઉષ્મા સ્વરૂપે ઉદ્ભવે છે અને તેને ઉષ્માક્ષેપક પ્રક્રિયા કહે છે. તેનાથી ઊલટું પણ સત્ય છે. ઉષ્માશોષક પ્રક્રિયામાં ઉષ્માનું શોષણ થાય છે. પ્રક્રિયામાં પરમાણુઓની પુનઃગોઠવણી થાય છે. પરંતુ પરમાણુઓનો નાશ થતો નથી. કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં નીપજોનું કુલ દ્રવ્યમાન પ્રક્રિયકોનાં કુલ દ્રવ્યમાન જેટલું જ હોય છે તથા બંધનઊર્જામાં થતાં સૂક્ષ્મ ફેરફાર એટલા સૂક્ષ્મ હોય છે કે દ્રવ્યમાનમાં થતાં સૂક્ષ્મ ફેરફાર સ્વરૂપે માપી શકાતા નથી.

આઇન્સ્ટાઇનના સિદ્ધાંત મુજબ, દળ (m)ને સમતુલ્ય ઊર્જા (E)ને $E = mc^2$ સૂત્ર વડે આપવામાં આવે છે. જ્યાં (c) શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ છે.

ન્યુક્લિયર પ્રક્રિયાઓમાં દળ ઊર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે. (તેનાથી ઊલટું પણ થાય છે.) ન્યુક્લિયર પાવર જનરેટરોમાં, પરમાણુ વિસ્ફોટોમાં આ જ ઊર્જા મુક્ત થતી હોય છે.

સર સી. વી. રામન (Sir C. V. Raman) (1888-1970)

ચંદ્રશેખર વેંકટરામનનો જન્મ 7 નવેમ્બર, 1888માં થીરુવંનાઈક્કલમાં થયો હતો. તેઓએ તેમનું શાળાકીય શિક્ષણ 11 વર્ષની ઉંમરે પૂર્ણ કરી પ્રેસિડેન્સી કૉલેજ, ચેન્નાઈથી સ્નાતકની ઉપાધિ મેળવી હતી. પોતાનો અભ્યાસ પૂર્ણ કર્યા બાદ તેઓ ભારત સરકારના નાણાવિભાગમાં જોડાયા.

કોલકાતામાં રહેવાની સાથે સાથે સાંજના કલાકો ડૉ. મહેન્દ્રલાલ સરકાર દ્વારા સ્થાપિત ઇન્ડિયન ઍસોસિયેશન ઑફ કલ્ટિવેશન સાયન્સ (Indian Association of Cultivation Science)માં પોતાના રુચિકર ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરવાનું શરૂ કર્યું. તેમનાં રુચિકર ક્ષેત્રમાં દોલનો, વાદ્યયંત્રોની વિવિધતા, અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો, વિવર્તન વગેરે સામેલ હતાં.

વર્ષ 1917માં તેમની કોલકાતા યુનિવર્સિટીમાં પ્રોફેસર તરીકેની નિમણૂક થઈ. 1924માં રૉયલ સોસાયટી ઑફ લંડનના ફેલો (Fellow) તરીકે ચૂંટાઈ આવ્યા અને 1930માં તેમની રામન અસરની શોધ માટે ભૌતિકવિજ્ઞાનનું નૉબલ પ્રાઇઝ મળ્યું. રામન અસરમાં, માધ્યમના અણુઓ પ્રકાશીય ઊર્જા દ્વારા કંપનઊર્જા સ્તરો સુધી ઉત્તેજિત થાય છે ત્યારે તેમના દ્વારા થતાં પ્રકાશનાં પ્રકીર્ણનનો અભ્યાસ થાય છે. તેમનાં આ શોધકાર્યએ આવનારાં વર્ષોમાં સંશોધનકાર્યનો એક નવો માર્ગ ચીંધ્યો.

તેમને પોતાનાં જીવનનું અંતિમ વર્ષ પ્રથમ બૅંગ્લોર ખાતે ભારતીય વિજ્ઞાન સંસ્થાન અને તે પછી રામન અનુસંધાન સંસ્થાનમાં વિતાવ્યું. તેમનાં કાર્યએ યુવાપેઢીના વિદ્યાર્થીઓને ખૂબ જ પ્રોત્સાહિત કર્યા હતા.

ઊર્જા, અદિશ ભૌતિકરાશિ છે, પરંતુ બધી જ સંરક્ષિત ભૌતિકરાશિઓ અદિશ હોવી જરૂરી નથી. અલગ કરેલા તંત્રનું કુલ રેખીય વેગમાન અને કુલ કોણીય વેગમાન (બંને સદિશ રાશિઓ) સંરક્ષિત ભૌતિકરાશિઓ છે. આ નિયમો યંત્રશાસ્ત્રમાં ન્યૂટનના ગતિના નિયમો પરથી મેળવી શકાય છે. પરંતુ યંત્રશાસ્ત્ર સિવાય અન્ય ભૌતિક વિદ્યાશાખામાં પણ આ નિયમનું પાલન થાય છે. ન્યૂટનના નિયમનું પાલન ન થતું હોય તેવાં પ્રભાવક્ષેત્રો સહિત બધાં જ પ્રભાવક્ષેત્રોમાં જળવાતા સંરક્ષણના આ નિયમો કુદરતના મૂળભૂત નિયમો છે.

કુદરતના સંરક્ષણના નિયમોની સરળતા અને વ્યાપકતા ઉપરાંત તે વ્યાવહારિક રીતે પણ ઉપયોગી છે. જુદાં જુદાં કણો અને પ્રવર્તતા બળોનો સમાવેશ થતો હોય તેવા જટિલ પ્રશ્નોનો ઉકેલ ઘણી વખત ગતિશાસ્ત્ર દ્વારા આપણે મેળવી શકતા નથી. છતાં સંરક્ષણના નિયમો દ્વારા ઉપયોગી પરિણામો મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે બે વાહનોની અથડામણ દરમિયાન લાગતાં જટિલ બળોથી આપણે અજાણ હોઈએ છીએ. છતાં વેગમાન સંરક્ષણનો નિયમ જટિલતાને બાજુએ રાખીને આપણને એટલા સક્ષમ બનાવે છે કે, આવી અથડામણો વિશેનાં શક્ય પરિણામોનું અનુમાન લગાવી શકીએ છીએ અથવા નકારી શકીએ છીએ. ન્યુક્લિયર અને મૂળભૂત કણો સાથે સંકળાયેલ ઘટનાઓનાં પૃથક્કરણ માટે સંરક્ષણના નિયમો ઉપયોગી છે. ઊર્જા અને વેગમાન સંરક્ષણના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને 1931માં વુલ્ફગેંગ પાઉલીએ (1900-1958) β-ક્ષય દરમિયાન ઇલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જન સાથે એક નવો કણ (જે હવે ન્યુટ્રિનો કહેવાય છે) પણ ઉત્સર્જિત થાય છે, તેવી સાચી આગાહી કરેલી હતી.

કુદરતની સંમિતિનો સંરક્ષણના નિયમો સાથે ગાઢ સંબંધ છે તેવું આપ સૌ મિત્રો ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં હવે પછીના ઉચ્ચ અભ્યાસમાં ભણશો. ઉદાહરણ તરીકે કુદરતના નિયમો સમય સાથે બદલાતા નથી તે એક મહત્ત્વનું અવલોકન છે ! આજે તમે પ્રયોગશાળામાં કોઈ એક પ્રયોગ કરો છો અને એક વર્ષ બાદ આજ પ્રયોગનું (તમામ પરિસ્થિતિ અગાઉની જેમ જ રાખીને) પુનરાવર્તન કરો તો બંને વખતે મળેલાં પરિણામો સમાન હોવા જ જોઈએ. એવું જણાય છે કે કુદરતમાં સમયમાં સ્થાનાંતર સંમિતિ એ ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમને સમતુલ્ય છે. તે જ રીતે અવકાશ સમાંગ છે, અને વિશ્વમાં કોઈ (આંતરિક રીતે) વિશિષ્ટ સ્થાન નથી. વધુ સ્પષ્ટ રીતે કહીએ તો કુદરતના નિયમો સમગ્ર વિશ્વમાં સમાન છે. (ધ્યાન રાખો : જુદી જુદી પરિસ્થિતિ અને જુદાં જુદાં સ્થળોને કારણે કોઈ ઘટનાઓ જુદી જુદી હોઈ શકે. દા.ત., ચંદ્ર પર ગુરુત્વપ્રવેગનું મૂલ્ય પૃથ્વી પરનાં ગુરુત્વપ્રવેગ કરતાં $\frac{1}{6}$ ગણું છે પરંતુ ચંદ્ર અને પૃથ્વી પર **ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ** સમાન છે. અવકાશમાં સ્થાનાંતરની સાપેક્ષે કુદરતના નિયમોની સંમિતિ રેખીય વેગમાન સંરક્ષણનો નિયમ આપે છે. આ જ રીતે અવકાશની સમદિગ્ધર્મિતા (Isotropy) (અવકાશમાં આંતરિક રીતે કોઈ વિશિષ્ટ દિશા ન હોવી)ને કારણે કોણીય વેગમાન સંરક્ષણનો નિયમ મળે* વીજભાર સંરક્ષણનો નિયમ અને મૂળભૂત કણોનાં લક્ષણો કેટલીક અમૂર્ત સંમિતિઓ સાથે સંકળાયેલ હોઈ શકે. કુદરતમાં પ્રવર્તતા મૂળભૂત બળોના આધુનિક સિદ્ધાંતોમાં અવકાશ, સમય અને અમૂર્ત સંદર્ભોની ભૂમિકા કેન્દ્રિય સ્થાને છે.

જુઓ પ્રકરણ 7.

ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં સંરક્ષણના નિયમો

ઊર્જા, વેગમાન, કોણીય વેગમાન અને વીજભાર વગેરેના સંરક્ષણને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં સંરક્ષણના મૂળભૂત નિયમો માનવામાં આવે છે. વર્તમાન સમયમાં આ પ્રકારના ઘણા સંરક્ષણના નિયમો છે. ઉપર્યુક્ત ચાર સંરક્ષણના નિયમો ઉપરાંત અન્ય સંરક્ષણના નિયમો અંતર્ગત મોટે ભાગે ન્યુક્લિયસ અને કણ ભૌતિકવિજ્ઞાન સાથે સંકળાયેલ ભૌતિકરાશિઓનો વિચાર કરવામાં આવે છે. સ્પિન, સ્ટ્રેન્જનેસ, બેરિઓન સંખ્યા અને હાઇપરચાર્જ જેવી કેટલીક સંરક્ષિત ભૌતિકરાશિઓ છે. પરંતુ તેની ચિંતા તમારે કરવાની જરૂર નથી.

સંરક્ષણનો નિયમ એ અધિતર્ક છે. જે પ્રયોગો અને અવલોકનો પર આધારિત હોય છે. અત્રે એ યાદ રાખવું અગત્યનું છે કે, સંરક્ષણનો નિયમ સાબિત કરી શકાતો નથી. તેને પ્રયોગો દ્વારા ચકાસી શકાય છે અથવા ખોટો ઠેરવી શકાય છે. કોઈ એક પ્રયોગનું પરિણામ આ નિયમને અનુરૂપ મળે તો તે પ્રયોગ દ્વારા નિયમની ચકાસણી થઈ અથવા નિયમનું પ્રમાણ મળ્યું તેમ કહેવાય. તે નિયમની સાબિતી નથી આપતો. બીજી તરફ કોઈ એક પ્રયોગનાં પરિણામો નિયમની વિરુદ્ધ મળે તો તે નિયમને ખોટો ઠેરવવા માટે પર્યાપ્ત છે.

કોઈને પણ ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમની સાબિતી આપવા માટે કહેવું તે ખોટું છે. આ નિયમ સદીઓના આપણા અનુભવોનું પરિણામ છે તથા તેનું યંત્રશાસ્ત્ર, ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર, વિદ્યુત-ચુંબકત્વ, પ્રકાશશાસ્ત્ર, પરમાણ્વીય અને ન્યૂક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન જેવા અન્ય પરમાણ્વીય અને ન્યુક્લિયર ભૌતિકવિજ્ઞાન જેવાં અન્ય ક્ષેત્રોના પ્રયોગોમાં તેનું પાલન થતું જણાયેલ છે.

કેટલાક વિદ્યાર્થીઓ એવું માને કે ગુરુત્વક્ષેત્રમાં મુક્ત પતન પામતા પદાર્થની કોઈ એક સ્થાને ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે, તે યાંત્રિકઊર્જાનાં સંરક્ષણની સાબિતી છે. પરંતુ ઉપર જણાવ્યા મુજબ નિયમની ચકાસણી જ છે. તેની સાબિતી નથી.

સારાંશ

1. કુદરતના મૂળભૂત નિયમોનો અભ્યાસ તથા પ્રાકૃતિક ઘટનાઓમાં તેની અભિવ્યક્તિ કરતું વિજ્ઞાન એટલે ભૌતિકવિજ્ઞાન. ભૌતિકવિજ્ઞાનના પાયાના નિયમો સાર્વત્રિક છે અને જુદા જુદા સંદર્ભો અને પરિસ્થિતિઓમાં તેને લાગુ પાડી શકાય છે.
2. ભૌતિકવિજ્ઞાનનો વ્યાપ ખૂબ જ વિશાળ છે. જે ભૌતિકરાશિઓનાં મૂલ્યોની ખૂબ જ મોટી અવધિને આવરી લે છે.
3. ભૌતિકવિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજી એકબીજા સાથે સંબંધિત છે. ઘણી વાર ટેક્નોલૉજીને લીધે નવું ભૌતિકવિજ્ઞાન અને બીજી કેટલીક વાર ભૌતિકવિજ્ઞાનને લીધે નવી ટેક્નોલૉજી ઉદ્ભવે છે. બંને સમાજ પર સીધી અસર કરે છે.
4. કુદરતમાં પ્રવર્તતા મુખ્ય ચાર બળો છે જે જગતની સ્થૂળ અને સૂક્ષ્મ ઘટનાઓને નિયંત્રિત કરે છે. આ ચાર બળો, ગુરુત્વાકર્ષણ બળ, વિદ્યુતચુંબકીય બળ, પ્રબળ ન્યુક્લિયર બળ અને નિર્બળ ન્યુક્લિયર બળ કુદરતમાં વિવિધ બળો/પ્રભાવક્ષેત્રો, એકીકીકરણ ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં શોધના મુખ્ય મુદ્દા છે.
5. કોઈ પણ પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન બદલાતી ન હોય (અચળ રહેતી હોય) તેવી ભૌતિકરાશિઓને સંરક્ષિત રાશિઓ કહે છે. કુદરતના અમુક સંરક્ષણના નિયમોમાં દ્રવ્યમાન ઊર્જા, રેખીય વેગમાન, કોણીય વેગમાન, વીજભાર અને પેરિટી (Parity) વગેરેના સંરક્ષણના નિયમોનો સમાવેશ થાય છે. કેટલાક સંરક્ષણનાં નિયમો એક મૂળભૂત બળ માટે સાચા હોય છે પણ બીજા માટે નહિ.
6. કુદરતની સંમિતિઓ સાથે સંરક્ષણના નિયમોનો ગાઢ સંબંધ છે. કુદરતમાં પ્રવર્તતા મૂળભૂત બળોના આધુનિક સિદ્ધાંતોમાં અવકાશ અને સમય સંમિતિઓ તથા બીજા પ્રકારની સંમિતિઓની ભૂમિકા કેન્દ્રસ્થાને છે.

સ્વાધ્યાય

વિદ્યાર્થીઓ માટે નોંધ

અહીં આપવામાં આવેલ સ્વાધ્યાયનો મુખ્ય ઉદ્દેશ વિજ્ઞાન, ટેક્નોલૉજી અને સમાજ સાથે સંકળાયેલ સમસ્યાઓથી આપ સૌને માહિતગાર કરવાનો તથા તમે તે સમસ્યાઓ અંગે વિચારણા કરી આપનાં મંતવ્યો સ્પષ્ટ રીતે રજૂ કરી શકો તે માટેનો છે. એવું પણ બની શકે કે, સ્વાધ્યાયમાં આપેલ પ્રશ્નોના વસ્તુલક્ષી ઉત્તર સુસ્પષ્ટ ન પણ હોય.

શિક્ષકમિત્રો માટે નોંધ

અહીં આપેલ પ્રશ્નો ઔપચારિક પરીક્ષા માટે નથી.

1.1 આજ સુધીમાં મહાન વૈજ્ઞાનિકો પૈકીના એક વૈજ્ઞાનિક આલ્બર્ટ આઇન્સ્ટાઇન દ્વારા કુદરતને સંબંધિત વિજ્ઞાનનાં કેટલાંક ગહન કથનો આપવામાં આવેલાં છે. આઇન્સ્ટાઇનના મત મુજબ 'વિશ્વની ન સમજી શકાય તેવી (અગમ્ય) બાબતો તે છે કે તે સમજી શકાય તેવી છે.' આ કથન માટે આપના વિચારો વ્યક્ત કરો.

1.2 'ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં દરેક મહાન સિદ્ધાંત, સર્વ સંમિતિ તરીકે શરૂ થાય છે અને માન્યતા તરીકે પૂર્ણ થાય છે.' આ કટાક્ષપૂર્ણ નોંધના અનુસંધાને કેટલાંક ઐતિહાસિક ઉદાહરણો જણાવો.

1.3 'રાજનીતિ શક્યતાઓની કળા છે.' તે જ રીતે 'વિજ્ઞાન પ્રશ્નોનું નિરાકરણ મેળવવાની કળા છે.' વિજ્ઞાનની પ્રકૃતિ અને વ્યાવહારિકતા માટેની આ સુંદર કહેવતને સમજાવો.

1.4 ખૂબ ઝડપથી ફેલાવો થતાં વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજીમાં ભારત પાસે ખૂબ જ વિશાળ આધાર છે. છતાં ભારતને વિજ્ઞાનક્ષેત્રમાં વિશ્વનેતા બનવાની તેની ક્ષમતાને પુરવાર કરવા ઘણી પ્રગતિ કરવાની જરૂર છે. ભારતની આવી પ્રગતિને અડચણરૂપ હોય તેવા તમારા ધ્યાનમાં રહેલાં અગત્યનાં પરિબળો જણાવો.

1.5 કોઈ પણ ભૌતિક વૈજ્ઞાનિકે હજુ સુધી ઇલેક્ટ્રૉનને જોયો નથી છતાં બધા જ વૈજ્ઞાનિકો ઇલેક્ટ્રૉનનું અસ્તિત્વ છે તેમ સ્વીકારે છે. કોઈ બુદ્ધિશાળી પરંતુ અંધ વિશ્વાસુ વ્યક્તિ આ જ બાબતને 'ભૂતનું અસ્તિત્વ છે. પરંતુ કોઈએ તેને જોયું નથી.' તેવા તર્ક સાથે સરખાવે છે. તો આ વ્યક્તિની તર્કસંગત વાતને આપ કેવી રીતે ખંડિત કરશો ?

1.6 જાપાનમાં એક વિશિષ્ટ સમુદ્રીય તટ વિસ્તારમાં મળી આવતાં કરચલાઓની કવચ પૌરાણિક સામુરાઈ જાતના ચહેરાને મળતી આવે છે. આ તથ્યસભર અવલોકન માટે બે સ્પષ્ટતા કરેલ છે. આ બે પૈકી કઈ સ્પષ્ટતા વૈજ્ઞાનિક રીતે તમને સ્પષ્ટ લાગે છે ?

(a) ઘણી સદીઓ પહેલાં એક ભયાનક સમુદ્રીય અકસ્માતમાં એક યુવાન સામુરાઈ ડૂબી ગયો હતો. તેની બહાદૂરીને શ્રદ્ધાંજલિ આપવા કુદરતે ગૂઢ રીતે તેના ચહેરાને કરચલાનાં કવચ પર અંકિત કરીને આ ક્ષેત્રમાં તેને અમર બનાવ્યો છે.

(b) આ સમુદ્રીય અકસ્માત બાદ આ વિસ્તારના માછીમારો તેમના મૃતક નેતાના સન્માનમાં સદ્‌ભાવના દર્શાવવા માટે, સમુરાઈના ચહેરાની મળતી આવતી કરચલાની કવચો પાછી સમુદ્રમાં ફેંકી દેતા હતા. પરિણામે વિશેષ પ્રતિકૃતિ ધરાવતાં આ કવચો લાંબા સમય સુધી અસ્તિત્વ ધરાવતી રહી અને સમયાંતરે આ કૃતિના જનીનીક્ (Genetically) પ્રસાર થયો. આ સ્પષ્ટીકરણ કૃત્રિમ પસંદગી દ્વારા ઉત્ક્રાંતિનું એક ઉદાહરણ છે.

[**નોંધ** : આ રોમાંચિત ઉદાહરણ કાર્લ-સાગનના પુસ્તક 'The Cosmos'માંથી લીધેલ છે. આ ઉદાહરણ તે વાત સમજાવે છે કે, વિચિત્ર અને ન સ્વીકારી શકાય તેવું આ તથ્ય પ્રથમ દષ્ટિએ અલૌકિક લાગે છે. પરંતુ તે વાસ્તવમાં આ તથ્ય સરળ વૈજ્ઞાનિક સમજૂતી ધરાવે છે. આ જ રીતે આવા પ્રકારનાં બીજાં ઉદાહરણો માટે આપ વિચારી શકો છો.]

1.7 બે શતાબ્દીથી વધુ પૂર્વે ઇંગ્લૅન્ડ અને પશ્ચિમ યુરોપમાં થયેલી ઔદ્યોગિક ક્રાંતિ જેનું કારણ કેટલીક વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજીની પ્રગતિ હતી. ટેક્નોલૉજીની આવી પ્રગતિઓ હતી.

1.8 ઘણી વખત એમ કહેવામાં આવે છે કે, વિશ્વ બીજી ઐતિહાસિક ક્રાંતિનું સાક્ષી બની રહ્યું છે, જે સમાજમાં પ્રથમ ઔદ્યોગિક ક્રાંતિની માફક ધરમૂળથી પરિવર્તન લાવશે. વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજીના આવાં મુખ્ય સમકાલિન ક્ષેત્રોની યાદી તૈયાર કરો. જે બીજી ઔદ્યોગિક ક્રાંતિ માટે જવાબદાર હોય.

1.9 ''બાવીસમી સદીમાં વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજી'' આ વિષય પર કાલ્પનિક અટકળોને આધારે 1000 શબ્દોમાં નિબંધ લખો.

1.10 ''વૈજ્ઞાનિક વ્યવહાર પર તમારો નૈતિક દષ્ટિકોણ રચવાનો પ્રયત્ન કરો.'' કલ્પના કરો કે સંજોગવશાત્ તમે એક એવું સંશોધન કરી રહ્યા છો કે જે શૈક્ષણિક દષ્ટિરૂપે રસપ્રદ છે. પરંતુ તેનાં પરિણામો નિશ્ચિતરૂપે સમાજ માટે ભયંકર નુકસાનકારક છે. આવી દુવિધા નિવારણ કરવા આપ શું કરશો ?

1.11 વિજ્ઞાનનો ઉપયોગ બીજા કોઈ પણ જ્ઞાનની માફક સારો કે ખરાબ થઈ શકે છે. જેનો આધાર ઉપયોગ કરનાર વ્યક્તિ ઉપર છે. વિજ્ઞાનનાં કેટલાંક પ્રયોજનો નીચે આપેલ છે. આ પ્રયોજનો પૈકી કયા પ્રયોજનનો ઉપયોગ સારો છે, ખરાબ છે કે વર્ગીકૃત થઈ શકે તેમ નથી. તે વિશે તમારો દષ્ટિકોણ સ્પષ્ટ કરો.

(a) સામાન્ય જનતાને ઑરી (Small Pox)નું રસીકરણ કરી તેના પર નિયંત્રણ મેળવવું અને આ રોગને સમાજમાંથી નાબૂદ કરવો. (જે ભારતમાંથી સફળતાપૂર્વક કરવામાં આવેલ છે.)

(b) નિરક્ષરતાની નાબૂદી અને સમાચાર તથા વિચારોના દૂર-સંચારણ માટે ટેલિવિઝન

(c) બાળકના જન્મ પહેલાં તેનું જાતિ-પરીક્ષણ કરવું

(d) કાર્યક્ષમતા વધારવા માટે કમ્પ્યૂટરનો ઉપયોગ

(e) પૃથ્વીની આસપાસ કૃત્રિમ ઉપગ્રહોને કક્ષામાં સ્થાપિત કરવાં

(f) ન્યુક્લિયર હથિયારોનો વિકાસ કરવો

(g) રાસાયણિક તથા જૈવિક યુદ્ધ માટે નવી અને શક્તિશાળી પ્રવિધિઓનો વિકાસ કરવો

(h) પીવાલાયક પાણીનું શુદ્ધીકરણ

(i) પ્લાસ્ટિક સર્જરી

(j) ક્લોનિંગ

1.12 ભારતમાં ગણિત, ખગોળીય, ભાષાવિજ્ઞાન, તર્ક અને નૈતિકતામાં મહાન છે તેવા વિદ્વાનોની અતૂટ પરંપરા રહી છે, છતાં તેની સાથે સાથે આપણા સમાજમાં ઘણો અંધવિશ્વાસ, રૂઢિચુસ્ત દૃષ્ટિકોણ અને પરંપરાઓ વિકસેલ છે. દુર્ભાગ્યવશ તે આજે પણ શિક્ષિતોમાં વ્યાપ્ત છે. આવા દૃષ્ટિકોણો અને પરંપરાઓનો સામનો કરવા માટેની રણનીતિ ઘડવા તમે વિજ્ઞાનના જ્ઞાનનો કેવી રીતે ઉપયોગ કરશો ?

1.13 ''ભારતમાં કાયદો સ્ત્રીઓને સમાન દરજ્જો આપતો હોવા છતાં ઘણા લોકો સ્ત્રીઓની સ્વાભાવિક પ્રકૃતિ, ક્ષમતા અને બુદ્ધિમતા માટે અવૈજ્ઞાનિક વિચારો રાખે છે તથા તેમને વ્યવહારમાં ગૌણ મહત્ત્વ અને ભૂમિકા પ્રદાન કરે છે.'' વૈજ્ઞાનિક તર્કો તથા અન્ય ક્ષેત્રોમાં મહત્ત્વનું યોગદાન પ્રદાન કરેલ મહાન સ્ત્રીઓનાં ઉદાહરણો આપી સ્ત્રીઓને સમાન તક આપવામાં આવે, તો તેઓ પુરુષોને સમકક્ષ થઈ શકે છે. તેવું તમે પોતે અને અન્યોને સમજાવી ઉપર્યુક્ત વિચારનું ખંડન કરો.

1.14 મહાન બ્રિટિશ વૈજ્ઞાનિક પી. એ. એમ. ડિરાકના મંતવ્ય ''ભૌતિકવિજ્ઞાનનાં સમીકરણમાં તેના પ્રયોગ સાથે સહમત હોવા કરતાં તેમનામાં સુંદરતા હોવી વધુ મહત્ત્વની છે.'' ડિરાકના આ મંતવ્યની સમીક્ષા કરો. આ પુસ્તકમાં આવાં પ્રયોગો અને સમીકરણો શોધો જે તમને સુંદર લાગે.

1.15 ઉપર્યુક્ત મંતવ્ય વિવાદાસ્પદ હોઈ શકે પરંતુ મોટા ભાગના વૈજ્ઞાનિકોનો સ્પષ્ટ મત છે કે, ''ભૌતિકવિજ્ઞાનના મહાન નિયમો એકદમ સરળ અને સુંદર છે.'' ડિરાક ઉપરાંત ઘણા સુપ્રસિદ્ધ ભૌતિક વૈજ્ઞાનિકોએ પણ આવી લાગણી વ્યક્ત કરેલ છે. જેમનાં નામ છે : આઇન્સ્ટાઇન, બ્હોર, હાઇઝનબર્ગ, ચન્દ્રશેખર, ફાઇનમૅન. આપ સૌને વિનંતી છે કે, ભૌતિકશાસ્ત્રના આવા મહાન વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા લખાયેલ પુસ્તકો અને તેના લેખો શોધવાનો પ્રયત્ન કરો. (આ પુસ્તકના અંતમાં આવેલી ગ્રંથસૂચિ જુઓ.) આ લેખો અને પુસ્તકો ખરેખર પ્રેરણાદાયી છે.

1.16 વિજ્ઞાનનાં પાઠ્યપુસ્તકો તમારા મનમાં એવી છાપ ઊભી કરે છે કે વિજ્ઞાન ભણવું કંટાળાજનક અને અત્યંત અઘરું છે તથા વૈજ્ઞાનિકો ભુલકણા, અંતર્મુખી, ક્યારેય હસતા ન હોય અને દાંત કચકચાવતી વ્યક્તિ હોય છે, વિજ્ઞાન અને વૈજ્ઞાનિકો વિશેની આવી છાપ આધારહીન છે. અન્ય માનવ સમુદાયોની માફક વૈજ્ઞાનિકો પણ રમૂજી સ્વભાવના હોય છે. ઘણા વૈજ્ઞાનિકો તેમનાં વૈજ્ઞાનિક કાર્ય માટે ગંભીર હોવા છતાં પોતાનું જીવન રમૂજી સ્વભાવ અને સાહસિક કાર્યો કરીને વિતાવ્યું છે. ગેમો (Gamow) અને ફાઇનમૅન (Feynman) આવી જ પ્રકૃતિ ધરાવતા બે ભૌતિક વૈજ્ઞાનિકો છે. ગ્રંથસૂચિમાં તેમનાં દ્વારા રચાયેલ પુસ્તકોનાં નામ આપેલ છે, જે વાંચીને આપને આનંદ મળશે.