પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન

7.1 પ્રસ્તાવના

7.2 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ

7.3 વાતાવરણનું પ્રદૂષણ

7.3.1 ક્ષોભ આવરણીય પ્રદૂષણ

7.3.1.1 વાયુમય હવાપ્રદૂષકો

- ગ્લોબલવૉર્મિંગ અને ગ્રીનહાઉસ અસર
- ઍસિડવર્ષા

7.3.1.2 રજકણ-પ્રદૂષકો

7.3.2 સમતાપ આવરણીય પ્રદૂષણ

- ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન, તેની અસરો અને તેનું રક્ષણ

7.4 પાણીનું પ્રદૂષણ

- પીવાના પાણીની ગુણવત્તાનાં ધોરણો
- પીવાના પાણીનું શુદ્ધીકરણ

7.5 જમીનનું પ્રદૂષણ

- જમીનના પ્રદૂષણનાં કારણો
- જમીનના પ્રદૂષણનું નિવારણ

7.6 ઉદ્યોગોના અનિવાર્ય નકામા કચરા દ્વારા થતું પ્રદૂષણ

7.7 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ-નિયંત્રણનાં પગલાં

7.8 હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન

7.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

આપણે જાણીએ છીએ તેમ આપણી આસપાસ જે છે તે બધું એટલે પર્યાવરણ, આપણી આસપાસનાં સામાજિક, જૈવિક, ભૌતિક અને રાસાયણિક પરિબળોના સમન્વયને પર્યાવરણ કહે છે. પર્યાવરણમાં થતી રાસાયણિક અને જૈવરાસાયણિક ઘટનાઓનો વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસ એટલે પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન. આમ, હવા, જમીન અને જલીય પર્યાવરણની રાસાયણિક સ્પીસીઝનાં ઉદ્‌ભવસ્થાનો, પ્રક્રિયાઓ, વહન, અસરો, નિર્માણ અને તેના પર માનવીય પ્રવૃત્તિઓની અસરના અભ્યાસને પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન કહે છે. પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન આંતરશાખીય વિજ્ઞાન છે, જેમાં વાતાવરણીય, જલીય, જમીન રસાયણવિજ્ઞાન અને વૈશ્લેષિક રસાયણવિજ્ઞાનનો સમાવેશ થાય છે. વૈશ્લેષિક રસાયણવિજ્ઞાનમાં રાસાયણિક પદાર્થોના વિશ્લેષણ માટેની જુદી-જુદી પદ્ધતિઓ (methods) અને તક્‌નિકો (Techniques)નો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે.

પર્યાવરણમાં થતી ઘટનાઓ અને ફેરફારોને કારણે આપણને અનેક પ્રશ્નો ઉદ્‌ભવે છે જેવા કે, શા કારણે અમુક વિસ્તારોમાંથી પસાર થતાં આંખોમાં બળતરા થાય છે ? પૃથ્વીનું તાપમાન કેમ વધતું જાય છે ? ઐતિહાસિક ઇમારતોનું અપક્ષરણ (erosion) થવાનું કારણ શું હોઈ શકે ? જમીન શા માટે શુષ્ક બનતી જણાય છે ? કેવું પાણી પીવાલાયક ગણી શકાય ? સામાન્ય વ્યક્તિ કરતાં કારખાનામાં કામ કરનાર કામદારને શા કારણે વહેલી બહેરાશ આવે છે ? આ પ્રકારના પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવવા આપણે પર્યાવરણીય રાસાયણવિજ્ઞાનનો સહારો લેવો પડે છે, જે હવા, પાણી, જમીન અને ધ્વનિ પ્રદૂષણના અભ્યાસને મહત્ત્વ આપે છે. આ એકમમાં આપણે મુખ્યત્વે હવા, પાણી અને જમીનનું પ્રદૂષણ થવાનાં કારણો, તેની અસરો અને પ્રદૂષણ-નિવારણના ઉપાયો વિષે ચર્ચા કરીશું.

7.2 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ (Environmental Pollution)

પર્યાવરણ દૂષિત થવાની ક્રિયાને પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ કહે છે. આ પ્રદૂષણ કેટલીક કુદરતસર્જિત કે માનવસર્જિત

પ્રવૃત્તિઓને કારણે ઉદ્ભવતા નુકસાનકારક કચરાથી થાય છે. પ્રદૂષણ પેદા કરનાર તથા ફેલાવનાર પદાર્થોને પ્રદૂષકો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રદૂષકો ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુ સ્વરૂપે જોવા મળે છે. પ્રદૂષકોનું કુદરતી રીતે વિઘટન થવા માટેનો જરૂરી સમય જુદો-જુદો હોય છે. જે પ્રદૂષકોનું વિઘટન ઝડપી થાય છે, તેને ઝડપી વિઘટનીય પ્રદૂષકો **(rapidly degradable pollutants)** કહે છે. દા.ત., શાકભાજીના કચરાનું કુદરતી રીતે વિઘટન 7થી 10 દિવસમાં થાય છે. જે પ્રદૂષકોનું વિઘટન ધીમું થાય છે, તેને ધીમા વિઘટનીય પ્રદૂષકો **(slowly degradable pollutants)** કહે છે. દા.ત., કૃષિકચરાનું કુદરતી રીતે વિઘટન થવા માટે લગભગ 3થી 5 મહિના લાગે છે, તેથી જ ખેડૂતો વર્ષમાં વધુમાં વધુ બે વખત ઉકરડા ખાલી કરે છે. કેટલાક પ્રદૂષકો વિઘટન પામ્યા વગર દશકાઓ સુધી મૂળ સ્વરૂપે રહે છે. તેને અવિઘટનીય પ્રદૂષકો **(non-degradable pollutants)** કહે છે. દા.ત., ડાયક્લોરોડાયફિનાઇલ-ટ્રાયક્લોરોઇથેન (DDT), પ્લાસ્ટિક પદાર્થો, ભારે ધાતુઓ, રેડિયોસક્રિય કચરો વગેરે. આ પદાર્થોનું કુદરતી રીતે વિઘટન થતું નથી, તેથી તેમને પર્યાવરણમાંથી દૂર કરવા મુશ્કેલ છે. આ પ્રદૂષકો જીવસૃષ્ટિ માટે ખૂબ જ હાનિકારક પુરવાર થાય છે. આપણે જાણીએ છીએ તેમ આપણું પર્યાવરણ મૃદાવરણ (જમીન), જલાવરણ (પાણી) અને વાતાવરણ (હવા, વાયુ)નું બનેલું છે, તેથી પર્યાવરણીય પ્રદૂષણના અભ્યાસમાં આ ત્રણેય આવરણોમાં જોવા મળતું પ્રદૂષણ એટલે કે હવા, પાણી અને જમીનના પ્રદૂષણનો અભ્યાસ જરૂરી બને છે. એનો અભ્યાસ આપણે ક્રમશઃ આ એકમમાં કરીશું.

7.3 વાતાવરણનું પ્રદૂષણ (Atmospheric Pollution)

પૃથ્વીની આસપાસ આવેલા હવાના આવરણને વાતાવરણ કહે છે જે દરિયાની સપાટીથી 500 કિમીની ઊંચાઈ સુધી વિસ્તરેલું છે. વાતાવરણનો નીચેનો વિસ્તાર કે જ્યાં માનવ સહિતની સમગ્ર જીવસૃષ્ટિ વસે છે, તેને **ક્ષોભ-આવરણ (Troposphere)** કહે છે. તે દરિયાની સપાટીથી લગભગ 10 કિમી સુધી વિસ્તરેલું છે. **ક્ષોભ-આવરણની ઉપર, દરિયાની સપાટીથી 10 કિમીથી 50 કિમીની વચ્ચેના વિસ્તારને સમતાપ આવરણ (Stratosphere)** કહે છે. ક્ષોભ-આવરણમાં ડાયનાઇટ્રોજન (N_2), ડાયઑક્સિજન (O_2), કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2), પાણીની વરાળ (H_2O) અને આર્ગોન (Ar) જેવા ઘટકોની હાજરી હોય છે. સમતાપ આવરણમાં ડાયનાઇટ્રોજન (N_2), ડાયઑક્સિજન (O_2) અને ઓઝોન (O_3) જેવા ઘટકો હાજર હોય છે. પૃથ્વીના જીવાવરણ પર ક્ષોભ-આવરણ અને સમતાપ આવરણની અસર વધુ થતી હોવાથી વાતાવરણના પ્રદૂષણના અભ્યાસમાં આ બંને વિસ્તારના પ્રદૂષણનો અભ્યાસ અતિ મહત્ત્વનો બને છે. તેથી આપણે ક્ષોભ-આવરણ અને સમતાપ આવરણમાં થતા હવાના પ્રદૂષણનો અભ્યાસ કરીશું.

7.3.1 ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ (Tropospheric Pollution) : હવામાં રહેલા અનિચ્છિનીય ઘન અથવા વાયુમય કણોને કારણે ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ થાય છે. ક્ષોભ-આવરણમાં મહદ્અંશે વાયુમય પ્રદૂષકો - SO_x, NO_x, CO, CO_2, H_2S, O_3, હાઇડ્રોકાર્બન તથા રજકણ સ્વરૂપના પ્રદૂષકો - ધૂળ (dust), ધુમ્મસ (mist), ધૂમ (fumes), ધુમાડો (smoke) અને ધૂમ્રધુમ્મસ (smog) જોવા મળે છે.

7.3.1.1 વાયુમય હવા પ્રદૂષકો (Gaseous Air Pollutants) :

(1) સલ્ફરના ઑક્સાઇડ (SO_x) : જ્યારે સલ્ફરયુક્ત અશ્મિગત બળતણનું દહન થાય છે, ત્યારે સલ્ફરના ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ સામાન્ય વાયુમય સ્પીસીઝ છે, જે પ્રાણી અને વનસ્પતિસૃષ્ટિ માટે ઝેરી છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના ઓછા પ્રમાણની હાજરીથી પણ મનુષ્ય-જાતિમાં શ્વસનતંત્રને લગતા રોગો જેવા કે, દમ (અસ્થમા), શ્વાસનળીમાં સોજો અને બળતરા વગેરે થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડને કારણે આંખમાં બળતરા થવી, લાલ થવી અને આંખમાંથી પાણી નીકળવું વગેરે તકલીફો પણ થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના વધુ પ્રમાણથી ફૂલની કળી કડક થઈ છોડ પરથી ખરી પડે છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું ઑક્સિડેશન ઉદ્દીપક વગર ધીમું થાય છે. પણ પ્રદૂષિત હવામાં રજકણો ઉદ્દીપક તરીકે વર્તી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડમાં રૂપાંતર કરે છે.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$$

આ પ્રક્રિયા ઓઝોન અને હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ જેવા ઑક્સિડેશનકર્તાની હાજરીથી પણ થઈ શકે છે.

$$SO_{2(g)} + O_{3(g)} \rightarrow SO_{3(g)} + O_{2(g)}$$

$$SO_{2(g)} + H_2O_{2(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$$

(2) નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ (NO_x) : વાતાવરણમાં નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ તરીકે નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ (N_2O), નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ (NO) અને નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડ (NO_2) વિશેષ પ્રમાણમાં હોય છે. નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડને સામાન્ય રીતે NO_x વડે ઓળખવામાં આવે છે. આપણે જાણીએ છીએ તે મુજબ હવામાં ડાયઑક્સિજન (21%) અને ડાયનાઇટ્રોજન (78%) મુખ્ય ઘટકો છે. ચોક્કસ પરિસ્થિતિમાં તેઓ એકબીજા સાથે સંયોજાઈ નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ બનાવે છે. NO_2નું ઑક્સિડેશન થઈ NO_3^- બને છે, જે જમીનમાં પ્રવેશે છે, ત્યારે ખાતર તરીકે કામ કરે છે. વાહનોના એન્જિનમાં ઊંચા તાપમાને અશ્મિગત

બળતણનું દહન થાય છે, ત્યારે ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન સંયોજાવાથી નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ અને નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડનો અસરકારક જથ્થો ઉત્પન્ન થાય છે.

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{1483\ K} 2NO_{(g)}$$

NO તરત જ ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરી NO_2 આપે છે.

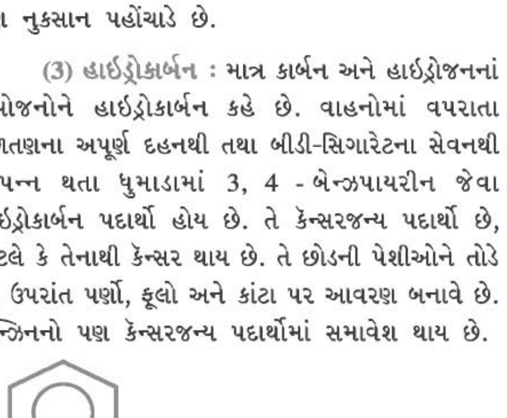
$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$

સમતાપ આવરણમાંના નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ સાથે ઓઝોનની પ્રક્રિયાથી NO_2 બનવાની પ્રક્રિયાનો વેગ ઝડપી હોય છે.

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

આમ, જંગલોમાં થતો દવ (જંગલોનું દહન), વાહનોનો ધુમાડો, ખનિજતેલ, કોલસા અને કુદરતી વાયુનું દહન, સુપરસૉનિક વિમાનોનો બહાર નીકળતો ધુમાડો વગેરે NO_xનાં ઉદ્ગમસ્થાનો છે. વાહનવ્યવહારની અવરજવર વધુ હોય ત્યાં અને ગીચ વિસ્તારમાં નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડના લીધે દાહક લાલ ધૂંધળું વાતાવરણ સર્જાય છે. NO_2નું વધુ પ્રમાણ વનસ્પતિનાં પર્ણોને નુકસાન પહોંચાડે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા ધીમી પાડે છે. NO_2 ફેફસાં માટે દાહક પદાર્થ છે. તેનાથી બાળકોમાં શ્વસનતંત્રના ગંભીર રોગ થાય છે. તે સજીવપેશીઓ માટે અત્યંત નુકસાનકારક છે. ઉપરાંત તે ધાતુઓ અને કાપડના રેસાઓને પણ નુકસાન પહોંચાડે છે.

(3) હાઇડ્રોકાર્બન : માત્ર કાર્બન અને હાઇડ્રોજનનાં સંયોજનોને હાઇડ્રોકાર્બન કહે છે. વાહનોમાં વપરાતા બળતણના અપૂર્ણ દહનથી તથા બીડી-સિગારેટના સેવનથી ઉત્પન્ન થતા ધુમાડામાં 3, 4 - બેન્ઝપાયરીન જેવા હાઇડ્રોકાર્બન પદાર્થો હોય છે. તે કેન્સરજન્ય પદાર્થો છે, એટલે કે તેનાથી કેન્સર થાય છે. તે છોડની પેશીઓને તોડે છે. ઉપરાંત પર્ણો, ફૂલો અને કાંટા પર આવરણ બનાવે છે. બેન્ઝિનનો પણ કેન્સરજન્ય પદાર્થોમાં સમાવેશ થાય છે.



3, 4- બેન્ઝપાયરીન

(4) કાર્બનના ઑક્સાઇડ :

(i) કાર્બન મોનૉક્સાઇડ (CO) : કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અતિગંભીર હવા પ્રદૂષક છે. તે રંગવિહીન, વાસવિહીન અને અતિઝેરી વાયુ છે. તે કાર્બનના અપૂર્ણ દહનથી ઉત્પન્ન થતો વાયુ છે.

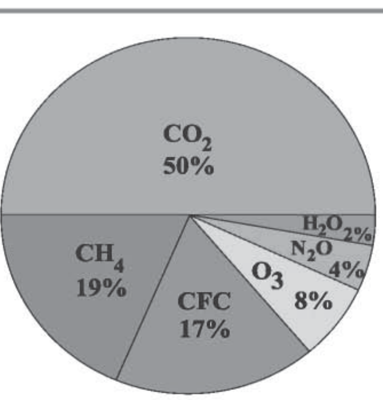
$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \xrightarrow[\text{દહન}]{\text{અપૂર્ણ}} 2CO_{(g)}$$

વાહનોમાંથી નીકળતા ધુમાડામાં કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વિશેષ પ્રમાણમાં હોય છે. આ ઉપરાંત તે લાકડાં, કોલસા અને પેટ્રોલિયમ જેવી પેદાશોના અપૂર્ણ દહનથી પણ ઉત્પન્ન થાય છે. આખા વિશ્વમાં દરરોજ વાહનોની સંખ્યા વધતી જાય છે. વાહનોની નિયમિત મરામત (service) ન થવાના કારણે અને વાહનોમાં જરૂરી પ્રદૂષણ-નિયંત્રક સામગ્રીના અભાવે આ વાહનો વધુ જથ્થામાં કાર્બન મોનૉક્સાઇડ બહાર કાઢે છે. કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વાયુ આપણા શરીરમાં પ્રવેશીને રુધિરમાંના હિમોગ્લોબીન સાથે જોડાઈ કાર્બોક્સિહિમોગ્લોબીન સંકીર્ણ બનાવે છે, જે ઑક્સિજન હિમોગ્લોબીન સંકીર્ણ સંયોજન કરતાં 300 ગણું વધુ સ્થાયી છે. જ્યારે આપણા શરીરમાં કાર્બોક્સિ-હિમોગ્લોબીનનું પ્રમાણ 3થી 4% જેટલું થાય છે, ત્યારે રુધિરમાંના હિમોગ્લોબીનની ઑક્સિજન વહન કરવાની ક્ષમતા ઘટતી જાય છે. તેના કારણે માથામાં દુઃખાવો, આંખોની દષ્ટિમાં નબળાઈ, હૃદય અને રક્તવાહિનીઓના કાર્યમાં ખલેલ પહોંચે છે. ધૂમ્રપાનથી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે, જે આપણા શરીરમાં ફેફસાં દ્વારા પ્રવેશી આપણને નુકસાન પહોંચાડતો હોવાથી ધૂમ્રપાન ન કરવાની સલાહ આપવામાં આવે છે. **તેથી સિગારેટના ખોખા પર કાનૂની ચેતવણી - ''ધૂમ્રપાન જીવલેણ છે.'' છાપવામાં આવે છે.** સગર્ભા સ્ત્રી ધૂમ્રપાન કરે તો તેના રુધિરમાં COનું પ્રમાણ વધવાને કારણે કસુવાવડ (premature birth), સ્વયંભૂગર્ભપાત (spontaneous abortion) અને બાળકમાં વિકૃતિ આવવાની શક્યતા વધી જાય છે.

(ii) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) : CO_2 એ હવામાંનો કુદરતી ઘટક છે, જે દરેક વનસ્પતિ માટે જરૂરી છે. સામાન્ય વાતાવરણમાં તેનું પ્રમાણ લગભગ 0.03% જેટલું હોય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ શ્વાસોચ્છ્વાસથી, ઊર્જા મેળવવા માટે અશ્મિગત બળતણના દહનથી તથા સિમેન્ટના ઉત્પાદન દરમિયાન ચૂનાના પથ્થરનું વિઘટન થવાથી ઉત્પન્ન થાય છે, જેથી વાતાવરણમાં CO_2 વધે છે. વનસ્પતિ પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા માટે વાતાવરણમાંના કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો ઉપયોગ કરે છે. આમ, વનસ્પતિ વાતાવરણમાંના CO_2નું પ્રમાણ ઘટાડે છે. પણ વધતી જતી

વસ્તી અને મનુષ્યની લોભવૃત્તિને સંતોષવા માટે જંગલો કપાવાથી અને અશ્મિગત બળતણનો વપરાશ વધવાથી વાતાવરણમાં CO_2 નું પ્રમાણ વધવા લાગ્યું છે. હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું વધતું જતું પ્રમાણ ગ્લોબલવૉર્મિંગ માટે જવાબદાર છે. ક્ષોભ આવરણમાં વાયુ પ્રદૂષકો દ્વારા થતા પ્રદૂષણની અસરથી પૃથ્વીનું તાપમાન વધે છે અને ઍસિડવર્ષા પણ થાય છે. હવે આપણે વાયુપ્રદૂષકોની આ અસરો વિષે સમજીએ.

ગ્લોબલવૉર્મિંગ અને ગ્રીનહાઉસ અસર : ગ્રીન-હાઉસનો સામાન્ય અર્થ 'છોડઉછેરઘર' થાય છે. અવાહક દીવાલો અને પારદર્શક છતોથી બનેલ કાચનાં ઘરોમાં ઇચ્છિત તાપમાન જાળવી છોડ ઉછેરી શકાય છે. દિવસ દરમિયાન આવતો સૂર્યપ્રકાશ પારદર્શક છતોમાંથી પસાર થઈને અંદરની જમીન, વનસ્પતિ અને અન્ય પદાર્થોને ગરમી આપે છે. આ ઘટકોએ શોષેલી ગરમી પૈકીની ફાજલ ગરમી રાત્રિ દરમિયાન પાછી ફેંકાય છે. પણ આ ગરમીની વેધકતા ઘટી જવાથી તે દીવાલો કે છતોમાંથી બહાર છટકી જઈ શકતી નથી. એટલે કે આ ગરમી છોડ ઉછેરઘરમાં જ રહેતી હોવાથી તેનું તાપમાન હૂંફાળું રહે છે. પરિણામે બહાર ગમે તેટલી ઠંડી પડતી હોય તો પણ ગ્રીનહાઉસમાં ઉનાળું છોડ ઉછેરી શકાય છે. પૃથ્વીને હૂંફાળી રાખવા માટે કુદરતમાં પણ આવી જ અદ્‌ભુત વ્યવસ્થા છે. સૌપ્રથમ ફ્રેન્ચ ગણિતશાસ્ત્રી જીન ફોરિયરે (Jean Fourier) 1882 માં પૃથ્વીના વાતાવરણને ગ્રીનહાઉસ સાથે સરખાવ્યું હતું. ત્યાર બાદ 1886 માં સ્વિડનના રસાયણવિજ્ઞાની સ્વાંતે આર્હેનિયસ (Swante Arrhenius) અને અમેરિકન વિજ્ઞાની ચેંબરલિને (Chamberlin) સમજાવ્યું હતું કે ગ્રીનહાઉસ અને પૃથ્વીનું વાતાવરણ એકસરખી રીતે કામ કરે છે. એટલે કે તેઓ સૂર્યકિરણોને અંદર પ્રવેશવા દે છે, પણ ગરમીને બહાર છટકવા દેતાં નથી, તેથી પૃથ્વીને હૂંફાળી રાખતી આ ઘટના 'ગ્રીનહાઉસઅસર' કે 'ગ્લોબલવૉર્મિંગ' અને તેમાં સક્રિય ફાળો આપતા વાયુઓ 'ગ્રીનહાઉસ વાયુ' તરીકે ઓળખાય છે. વાતાવરણમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, મિથેન, ઓઝોન, ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન (CFCs), નાઇટ્રસઑક્સાઇડ અને પાણીની વરાળ ગ્રીનહાઉસ વાયુ તરીકે વર્તે છે. આ ગ્રીનહાઉસ વાયુઓ ખરેખર તો પૃથ્વીના ધાબળા તરીકે કામ કરે છે. ગ્રીનહાઉસ અસર ન હોય, તો પૃથ્વીનું સરેરાશ તાપમાન હાલમાં છે તેના કરતાં 30^0 સે જેટલું ઓછું હોત. આપણે કલ્પના કરી શકીએ છીએ કે આટલી કાતિલ ઠંડીમાં કંઈ સજીવસૃષ્ટિ ટકી શકે!



આકૃતિ 7.1 ગ્લોબલવૉર્મિંગમાં ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનો ફાળો

આકૃતિ 7.1 માં દર્શાવેલ વિગત પરથી જાણી શકાય છે કે ગ્લોબલવૉર્મિંગમાં ગ્રીનહાઉસ વાયુઓ CO_2, CH_4, CFC, O_3, N_2O અને H_2Oનો અનુક્રમે 50%, 19%, 17%, 8%, 4% અને 2% ફાળો રહેલો છે. ગ્રીનહાઉસ વાયુઓની ગરમીને જકડી રાખવાની ક્ષમતા માટે યુનાઇટેડ નેશન્સ ઇન્ટરગવર્નમેન્ટલ પેનલ ઑન ક્લાઇમેટ ચેન્જ દ્વારા 'ગ્લોબલવૉર્મિંગ પોટૅન્શિયલ (GWP)' શબ્દ આપવામાં આવેલ છે. ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનો GWP આધારિત ક્રમ

$$\text{CFC} \overset{10000 \text{ ગણો}}{>} N_2O \overset{150 \text{ ગણો}}{>} CH_4 \overset{25 \text{ ગણો}}{>} CO_2 \quad \text{છે.}$$

એટલે કે મિથેન વાયુ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કરતાં 25 ગણો વધુ; નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ, મિથેન કરતાં 150 ગણો વધુ અને ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન, નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ કરતાં 10,000 ગણો વધુ ગ્લોબલવૉર્મિંગ પોટૅન્શિયલ (GWP) ધરાવે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કરતાં મિથેન 25 ગણો વધુ, નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ 3800 ગણો વધુ અને ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન 380 લાખ ગણો વધુ ગ્લોબલ-વૉર્મિંગ પોટૅન્શિયલ ધરાવે છે.

જો વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ 0.03% કરતાં વધી જાય તો કુદરતી ગ્રીનહાઉસના સમતોલનમાં ખલેલ પહોંચવાથી પૃથ્વીનું તાપમાન વધે છે. ઉકરડા, કાગળ, વાસી ખોરાક, સેન્દ્રિય પદાર્થો ઑક્સિજનની ગેરહાજરીમાં સડવાથી મિથેન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. સામાન્ય રીતે ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન વાયુ એરોસોલ, ફોમપ્લાસ્ટિક કપમાં, રેફ્રિજિટેરમાં, ઍરકન્ડિશનરમાં, વીજાણુસર્કિટના સર્જનમાં, ઑઈલપેઇન્ટમાં, આગ ઓલવવાના ફીણમાં વપરાય છે, જે અંતે વાતાવરણમાં ભળે છે. વીજમથકોમાં અને વાહનોમાં ઊંચા તાપમાને બળતા કોલસા અને પેટ્રોલિયમ પદાર્થોમાંથી નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ છૂટો પડે છે. ઉપરાંત નાઇટ્રોજનયુક્ત

ખાતરોના ઉપયોગથી પણ આ વાયુ વાતાવરણમાં ભળે છે. જો આ પ્રમાણે ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનું પ્રમાણ વાતાવરણમાં વધતું જશે તો પૃથ્વીનું તાપમાન પણ વધતું જશે, પરિણામે ધ્રુવીય બરફના ખડકો પીગળવાથી દરિયાઈ પાણીની સપાટી ઊંચી આવશે. તેથી નદીઓમાં પૂરની સંખ્યા અને તીવ્રતામાં વધારો થશે તથા દરિયાકિનારાના વિસ્તારોને ખૂબ જ નુકસાન થશે અને જમીનનું પણ ધોવાણ થશે. પૃથ્વીના સરેરાશ તાપમાનમાં વધારાને કારણે મૅલેરિયા, ડેન્ગ્યુ અને પીળો તાવ તથા ચેપીરોગો ફેલાવાની શક્યતાઓ વધી જાય છે. આમ, અહીં પૃથ્વીના વધતા તાપમાનને અટકાવવાના ઉપાયો વિચારવા જરૂરી બને છે.

પૃથ્વીના વધતાં તાપમાનને અટકાવવાના ઉપાયો :

(i) જંગલોનું જતન કરવું જોઈએ અને વધુ વૃક્ષો ઉછેરવાં જોઈએ, કારણ કે વૃક્ષો પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા માટે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુનો ઉપયોગ કરે છે અને ઑક્સિજન વાયુ મુક્ત કરે છે. એવું અંદાજવામાં આવે છે કે પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયાને કારણે પ્રતિવર્ષ 2200 કરોડ ટન જેટલો CO_2 વાતાવરણમાંથી દૂર થાય છે અને 1600 કરોડ ટન ઑક્સિજન ઉમેરાય છે.

(ii) વાહનોની બરાબર કાળજી લેવી જોઈએ. તેમની નિયમિત મરામત કરાવી તેનાં એન્જિન સારી સ્થિતિમાં રહે તેવો આગ્રહ રાખવો જોઇએ.

(iii) પુનઃપ્રાપ્ય ઊર્જાસ્રોતોનો વધારેમાં વધારે ઉપયોગ કરવો જોઈએ. કોલસા અને ખનિજતેલ પર સંપૂર્ણ આધાર રાખવાનું ઓછું કરવું જોઇએ.

(iv) વાતાવરણમાં નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડનું પ્રમાણ નિયંત્રણમાં રહે તે માટે રાસાયણિક ખાતરોનો ઉપયોગ બંધ કરી અથવા ઘટાડી સજીવ ખેતી તરફ વળવું જોઈએ.

(v) ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન રહિત સાધનો કે ઉપકરણોનો ઉપયોગ કરવો જોઇએ.

(vi) વાતાવરણમાં મિથેન વાયુ ભળતો અટકે તે માટે ખાતર મેળવવાના હેતુથી ખુલ્લી જગ્યામાં ઉકરડા બનાવવાના બદલે બાયોગૅસ પ્લાન્ટ (ગોબરગૅસ પ્લાન્ટ) દ્વારા તે કૃષિકચરા કે પ્રાણીઓના મળ-મૂત્રના ઉપયોગથી બાયોગૅસ તથા ઉત્તમ ખાતર મેળવવાની દિશામાં પ્રયત્નો વધારવા જોઈએ.

ઍસિડવર્ષા : આપણે સૌ જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે વરસાદી પાણીની pH 5.6ની આસપાસ હોય છે, કારણ કે પાણી વાતાવરણના CO_2 સાથે પ્રક્રિયા કરી કાર્બોનિક ઍસિડ (H_2CO_3) બનાવે છે.

$$H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$

$$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

જ્યારે વરસાદના પાણીનો pH 5.6 કરતાં ઓછો હોય તો તેવા વરસાદને ઍસિડવર્ષા કહે છે. વીજમથકોમાં પેટ્રોલિયમ અને કોલસા જેવા અશ્મિગત બળતણના દહનથી અને વાહનોમાં પેટ્રોલ અને ડીઝલના દહનથી ઉત્પન્ન થતા SO_2 અને NO_2 હવામાંના ભેજ સાથે સંયોજાઈ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને નાઇટ્રિક ઍસિડમાં રૂપાંતર પામે છે. આવાં ઍસિડમય વાદળાં પવનના પ્રવાહ સાથે ઢસડાઈ જાય છે અને જ્યાં સાનુકૂળ પરિસ્થિતિ હોય, ત્યાં વરસાદ તરીકે વરસે છે.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

$$4NO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 4HNO_{3(aq)}$$

ઍસિડવર્ષા નદી, તળાવ જેવાં જળાશયોમાં પડવાથી તેમાંની માછલીઓ, સૂક્ષ્મ જીવો, જલજ વનસ્પતિઓ જેવી જળસૃષ્ટિ પર માઠી અસર પડે છે. ઍસિડવર્ષા કૃષિક્ષેત્રે નુકસાનકારક સાબિત થાય છે. કારણ કે આ વરસાદના પાણીથી છોડના વિકાસ માટે જરૂરી પોષકતત્ત્વોનું ધોવાણ વધુ સરળતાથી થાય છે. ઍસિડવર્ષાનું વધુ પ્રમાણ જમીનની ફળદ્રુપતા પણ ઘટાડે છે. પથ્થર અથવા ધાતુની બનેલી ઇમારતો પર ઍસિડવર્ષાની વિપરીત અસર થાય છે. આપણા દેશની ઐતિહાસિક ઇમારત તાજમહેલ પણ ઍસિડવર્ષાથી અસર પામેલ છે. તેના માટે આસપાસની રિફાઇનરીઓમાંથી નીકળતા હાનિકારક વાયુઓ જવાબદાર છે. SO_x અને NO_x ઉત્સર્જિત કરતાં ઔદ્યોગિક એકમો માટે સ્વચ્છ હવા ધારો લાગુ પાડવાથી ઍસિડવર્ષાની અસરોથી બચી શકાશે.

7.3.1.2 રજકણ-પ્રદૂષકો (Particulate Pollutants) : રજકણ-પ્રદૂષકો હવામાં સૂક્ષ્મ ઘન કણ અથવા પ્રવાહીના સૂક્ષ્મબિંદુ સ્વરૂપના હોય છે. વાહનોમાંથી ઉત્સર્જિત થતા પદાર્થો, આગમાંથી નીકળતો ધુમાડો, ધૂળ, વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરતાં એકમો અને ઉદ્યોગોમાંથી નીકળતી રાખ આ પ્રકારના પ્રદૂષકો છે. રજકણ-પ્રદૂષકોને જીવસહિત અને જીવરહિત એમ બે પ્રકારોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

જીવાણુ (bacteria), ફૂગ (fungi) અને શેવાળ કે લીલ (algae) વગેરે સૂક્ષ્મ જીવો જે વાતાવરણમાં ફેલાયેલા હોય છે, તે જીવસહિતના રજકણ-પ્રદૂષકો છે. જીવરહિત પ્રદૂષકોનું તેમની લાક્ષણિકતા અને કદના આધારે વર્ગીકરણ કરવામાં આવે છે.

(1) ધુમાડો (Smoke) : જે કાર્બનિક પદાર્થોના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ઘન અથવા ઘન અને પ્રવાહી કણોનું મિશ્રણ છે. દા.ત. બીડી, સિગારેટનો ધુમાડો, અશ્મિગત બળતણ, સૂકાં પાંદડાં અને કચરો બાળવાથી ઉત્પન્ન થતો ધુમાડો.

(2) ધૂળ (Dust) : જે બારીક ઘનકણ છે (વ્યાસ 1μ (માઇક્રોન)થી વધુ, 1μ = 1 માઇક્રો મીટર = 10^{-6} મીટર). ઘન પદાર્થોને વાટતાં કે દળતાં આવા કણ પેદા થાય છે. પવનના જોરદાર સપાટાથી ઊડતી રેતી, લાકડાને વહેરવાથી ઉત્પન્ન થતો લાકડાનો વહેર, ઔદ્યોગિક કારખાનાંઓમાંથી ઊડતી ઝીણી રાખ વગેરે આ પ્રકારના પ્રદૂષકોનાં ઉદાહરણ છે.

(3) ધુમ્મસ (Mist) : હવામાંની વરાળની ઠારણપ્રક્રિયાથી ઉત્પન્ન થતાં પ્રવાહીના કુદરતી છંટકાવને ધુમ્મસ કહે છે. દા.ત., સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ધુમ્મસ. ઉપરાંત નીંદણનાશક અને જંતુનાશક હવામાં ફેલાઈને ધુમ્મસ બનાવે છે.

(4) ધૂમ (Fumes) : જે કાર્બનિક દ્રાવકો, ધાતુઓ અને ધાતુઓના ઑક્સાઇડના નિસ્યંદન અને ઉત્કલન અને કેટલીક અન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓથી ઉત્પન્ન થતી બાષ્પના ઠારણથી બને છે.

ધુમાડો, ધૂળ, ધુમ્મસ અને ધૂમ હવા દ્વારા ફેલાઈને મનુષ્યની તંદુરસ્તી માટે મોટું જોખમ ઊભું કરે છે. રજકણ-પ્રદૂષકોની અસર તેના કણના કદ પર આધારિત હોય છે. 1 માઇક્રોન (10^{-6} મીટર) જેટલા કદના રજકણો ફેફસાં સુધી સરળતાથી જઈ ફેફસાં સંબંધી રોગો ઉત્પન્ન કરે છે. 5 માઇક્રોનથી વધુ કદના રજકણો નાકના માર્ગમાં ગોઠવાઈ મનુષ્યના આરોગ્યને નુકસાન પહોંચાડે છે.

ધૂમ્રધુમ્મસ (Smog) : ધૂમ્રધુમ્મસ એ ધુમાડો (Smoke) અને હવામાંનો ભેજ (Fog) શબ્દોના જોડાણથી બનેલો શબ્દ છે. જે શહેરોમાં મોટા ભાગે જોવા મળતો સામાન્ય હવા પ્રદૂષક છે. ધૂમ્રધુમ્મસને બે ભાગમાં વહેંચી શકાય છે.

(1) પારંપારિક ધૂમ્રધુમ્મસ : પારંપારિક ધૂમ્રધુમ્મસ ઠંડા ભેજવાળા વાતાવરણમાં ઉત્પન્ન થાય છે. તે ધુમાડા, હવામાંના ભેજ અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુનું મિશ્રણ છે. તે રાસાયણિક રીતે રિડક્શનકર્તા મિશ્રણ હોવાથી તેને **રિડક્શનકર્તા ધૂમ્રધુમ્મસ (reducing smog)** કહે છે. ઓગણીસમી સદીમાં વધુ ઔદ્યોગિક એકમો ધરાવતાં શહેરો જેવાં કે લંડન અને ઇંગ્લૅન્ડનાં બીજાં શહેરોમાં પારંપારિક ધૂમ્રધુમ્મસ જોવા મળ્યું હતું. આ શહેરોનાં ઘર અને ઔદ્યોગિક એકમોમાં ઊર્જાના સ્રોત તરીકે વધુ સલ્ફર ધરાવતા કોલસાનો ઉપયોગ થયો હતો. તે સમયમાં પ્રદૂષણ નિયંત્રણની વિશેષ જાગૃતિ ન હોવાથી ઉત્પન્ન થતો ધુમાડો જમીન સ્તરે જ છોડવામાં આવતો હતો. તેથી હવામાનની પરિસ્થિતિને આધારે આ પ્રકારનું ધૂમ્રધુમ્મસ આ શહેરોમાં વારંવાર જોવા મળ્યું હતું, જે લાંબો સમય રહેતું હતું. 1952માં લંડનમાં આ પ્રકારનું ગંભીર ધૂમ્રધુમ્મસ ઘણાં સપ્તાહ સુધી રહ્યું હતું, જે ત્યાંના લોકોના શ્વાસમાં જવાથી 4000 કરતાં વધુ વ્યક્તિઓ મૃત્યુ પામ્યા હતા. આમ, આ પારંપારિક ધૂમ્રધુમ્મસ લંડનની દુર્ઘટના માટે જવાબદાર હોવાથી તે **'લંડન ધૂમ્રધુમ્મસ (London Smog)'** તરીકે પ્રચલિત બન્યું છે.

(2) પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસ : પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસ ગરમ, શુષ્ક અને સૂર્યપ્રકાશવાળા હવામાનમાં ઉત્પન્ન થાય છે. તે વાહનો અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી ઉત્પન્ન થતાં નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રોકાર્બન પર સૂર્યપ્રકાશ પડવાથી ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસ ઑક્સિડેશનકર્તાની ઊંચી સાંદ્રતા ધરાવતું હોવાથી તેને **ઑક્સિડેશનકર્તા ધૂમ્રધુમ્મસ (oxidising smog)** કહે છે. આ પ્રકારનું ધૂમ્રધુમ્મસ અમેરિકામાં વધુ વાહનો ધરાવતા લૉસ એન્જેલીસ (Los Angeles) શહેરમાં વારંવાર જોવા મળતું હોવાથી, તે **લૉસ એન્જેલીસ ધૂમ્રધુમ્મસ** તરીકે જાણીતું બન્યું છે.

જ્યારે અશ્મિગત બળતણનું દહન થાય છે ત્યારે જુદા-જુદા પ્રકારના પ્રદૂષકો પૃથ્વીના ક્ષોભ આવરણમાં ઉત્સર્જિત થાય છે. આ પૈકીના નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ (NO) અને હાઇડ્રોકાર્બનનું પૂરતું ઊંચું પ્રમાણ જ્યારે જમા થાય છે, ત્યારે સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં તેમની વચ્ચે શૃંખલા-પ્રક્રિયા થઈ NO_2 બને છે. આ NO_2 સૂર્યપ્રકાશમાંથી મળતી ઊર્જા શોષી નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ (NO) અને નવજાત ઑક્સિજન પરમાણુમાં ફેરવાય છે.

$$NO_{2(g)} \xrightarrow{hv} NO_{(g)} + O_{(g)} \qquad (7.1)$$

નવજાત ઑક્સિજન પરમાણુ વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક હોવાથી હવામાં રહેલા ઑક્સિજન વાયુ સાથે સંયોજાઈ ઓઝોન બનાવે છે.

$$O_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons O_{3(g)} \quad (7.2)$$

પ્રક્રિયા (7.2) દ્વારા બનેલ $O_{3(g)}$ પ્રક્રિયા (7.1) દ્વારા બનેલ $NO_{(g)}$ સાથે ખૂબ જ ઝડપી પ્રક્રિયા કરી ફરીથી $NO_{2(g)}$ બનાવે છે, જે વાતાવરણને ધૂંધળું બનાવે છે.

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad (7.3)$$

NO_2 અને O_3 પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. તે પ્રદૂષિત હવામાં દહન ન પામેલા હાઇડ્રોકાર્બન સાથે પ્રક્રિયા કરી ફોર્માલ્ડિહાઇડ, એક્રોલિન અને પરઑક્સિએસિટાઇલ-નાઇટ્રેટ બનાવે છે.

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસની આરોગ્ય પર ગંભીર અસર થાય છે. ઓઝોન અને પરઑક્સિએસિટાઇલનાઇટ્રેટ આંખોમાં તીવ્ર બળતરા પેદા કરે છે. ઓઝોન અને નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ નાક અને ગળામાં બળતરા પેદા કરે છે. તેમની ઊંચી સાંદ્રતાથી માથું દુઃખવું, છાતીમાં દુઃખાવો થવો, ગળું શુષ્ક થવું, કફ થવો અને શ્વાસ લેવામાં તકલીફ પડવી વગેરે આરોગ્ય સંબંધિત તકલીફો ઊભી થાય છે. પ્રકાશ રાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસ વનસ્પતિસૃષ્ટિને નુકસાન પહોંચાડે છે. તેનાથી ધાતુઓ, પથ્થરો, બાંધકામ માટેની સામગ્રી, રબર અને રંગેલી સપાટીનું અપક્ષરણ પણ થાય છે. પ્રકાશ-રાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસની ઉત્પત્તિ પર નિયંત્રણ કરવા માટે NO_2, હાઇડ્રોકાર્બન, ઓઝોન અને પરઑક્સિએસિટાઇલ-નાઇટ્રેટની ઉત્પત્તિને નિયંત્રિત કરવી પડે. વાહનોમાં ઉદ્દીપકીય રૂપાંતરકોના ઉપયોગ દ્વારા NO_2 અને હાઇડ્રોકાર્બન તત્ત્વોને વાતાવરણમાં ભળતાં ઘટાડી શકાયાં છે.

7.3.2 સમતાપ આવરણીય પ્રદૂષણ (Stratospheric Pollution) : સમતાપ આવરણના ઉપરના ભાગમાં ઓઝોન વાયુનું સ્તર આવેલું હોય છે, તેને આપણે 'ઓઝોન સ્તર' તરીકે ઓળખીએ છીએ. સમતાપ આવરણમાં પારજાંબલી કિરણો જ્યારે ડાયઑક્સિજન (O_2) અણુ પર પડે છે, ત્યારે તેમાંથી બે નવજાત ઑક્સિજન પરમાણુઓ બને છે. આ ઑક્સિજન પરમાણુ, ડાયઑક્સિજન અણુ સાથે સંયોજાઇ ઓઝોન બનાવે છે.

$$O_{2(g)} \xrightarrow{uv} O_{(g)} + O_{(g)}$$

$$O_{(g)} + O_{2(g)} \xrightleftharpoons{uv} O_{3(g)}$$

ઓઝોનસ્તર સમગ્ર જીવસૃષ્ટિને સૂર્યપ્રકાશમાંથી આવતાં પારજાંબલી કિરણોની (uv) હાનિકારક અસર સામે રક્ષણ આપે છે. પરંતુ કેટલીક માનવીય પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા પ્રદૂષકો આ ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન કરે છે. આમ, અહીં ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન થવાનાં કારણો, તેની અસરો અને ક્ષયન અટકાવવાનાં ઉપાયોની ચર્ચા અગત્યની બની જાય છે.

- **ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન :** સપ્ટેમ્બર 1980માં વૈજ્ઞાનિકોએ જણાવ્યું હતું કે એન્ટાર્ક્ટિકા ઝોન પર ઓઝોન-સ્તરમાં મોટું ગાબડું પડેલું જોવા મળ્યું છે. આ ઓઝોન-સ્તરમાં લગભગ 30% જેટલો ઘટાડો નોંધાયો હતો. સામાન્ય રીતે ઓઝોન વાયુ સ્તરને પાતળું બનાવતા કે નુકસાન કરતા પદાર્થોને ટૂંકમાં **ODS (Ozone Depletion Substances)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. વૈજ્ઞાનિકોએ નોંધ્યું છે કે CFCનો એક અણુ, સમતાપ આવરણમાં રહેલા ઓઝોન વાયુના એક લાખ અણુઓનું ક્ષયન કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. ક્લોરો કે બ્રોમોફ્લોરો કાર્બનનાં 95 વ્યુત્પન્નો જાણીતાં છે કે જે ODS તરીકે પ્રચલિત છે. આ ODSનો ઉપયોગ રેફ્રિજરેટર, ઍરકન્ડિશનર, વૉટરકુલર, અગ્નિશામક ઉપકરણોમાં વધુ થાય છે. ભારત સહિતના 93 દેશોએ 16મી સપ્ટેમ્બર, 1987ના રોજ 'મોન્ટ્રિયલકરાર'માં સહી કરીને આવા ODSનો ઉપયોગ ન કરવાનું સ્વીકાર્યું છે. ત્યાર બાદ બીજા ઘણા દેશોએ પણ આ બાબતને સ્વીકારી છે. આ જાગૃતિ સમગ્ર વિશ્વમાં કેળવાય તે હેતુથી રાષ્ટ્રસમૂહના દેશોએ દર વર્ષે 16મી સપ્ટેમ્બરના દિવસને આંતરરાષ્ટ્રીય સ્તરે 'ઓઝોનસ્તર જાળવણી દિન' તરીકે ઊજવવાનું નક્કી કર્યું છે.

ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન થવાનાં કારણો :

(1) CFC વાતાવરણમાં ભળી, વાતાવરણના વાયુ સાથે મિશ્ર થઈ સમતાપ આવરણમાં પહોંચે છે. ત્યાં રહેલ પ્રબળ પારજાંબલી કિરણો CFC અણુને તોડી ક્લોરિન મુક્તમૂલક ($\dot{C}l_{(g)}$) ઉત્પન્ન કરે છે.

$$CF_2Cl_{2(g)} \xrightarrow{uv} \dot{C}l_{(g)} + \dot{C}F_2Cl_{(g)}$$

આ ક્લોરિન મુક્તમૂલક સમતાપ આવરણમાં રહેલ ઓઝોન સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિન મોનૉક્સાઇડ મુક્તમૂલક અને ઑક્સિજન અણુ બનાવે છે.

$$\dot{C}l_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow Cl\dot{O}_{(g)} + O_{2(g)}$$

આ ક્લોરિન મોનૉક્સાઇડ મુક્તમૂલક ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિન મુક્તમૂલક બનાવે છે.

$$Cl\dot{O}_{(g)} + O_{(g)} \rightarrow \dot{C}l_{(g)} + O_{2(g)}$$

આમ, ક્લોરિન મુક્તમૂલક સતત બનતો જ રહે છે જે ઓઝોન વાયુ સ્તરનું ક્ષયન કરે છે. તેથી ક્લોરોફ્લોરોકાર્બનને ઓઝોનસ્તરના ક્ષયન માટે જવાબદાર પદાર્થ ગણવામાં આવે છે.

(2) NO_Xની O_3 સાથેની પ્રક્રિયાથી ઓઝોનની સાંદ્રતામાં લગભગ 40% સુધીનો ઘટાડો થાય છે. સુપરસૉનિક જેટ વિમાનોના ધુમાડા દ્વારા NO_X વાતાવરણમાં પ્રવેશે છે. અણુ-અખતરાઓના પરિણામે પણ NO_Xનું પ્રમાણ ઓઝોનની સાંદ્રતામાં ઘટાડો કરે છે.

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

$$NO_{2(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{3(g)} + O_{2(g)}$$

ઓઝોનસ્તરના ક્ષયનની અસરો : ઓઝોનસ્તરના ક્ષયનને કારણે સૂર્યમાંથી આવતાં પારજાંબલી કિરણો સીધાં પૃથ્વી પર પ્રવેશે છે. આ પારજાંબલી કિરણોને કારણે મનુષ્યમાં ચામડીનું કૅન્સર, કોષોમાં નુકસાનકારક જનીનિક પરિવર્તન, જમીનના ભેજના પ્રમાણમાં ઘટાડો અને માછલીના ઉત્પાદનમાં ઘટાડો થાય છે.

ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન અટકાવવાના ઉપાયો : વાતાવરણમાં આલ્કેન શ્રેણીનાં રસાયણોનો છંટકાવ કરવાથી, CFCના ઉત્પાદનમાં 50% ઘટાડો કરવાથી, વધુ પ્રમાણમાં ધ્રુવીય સમતાપી વાદળોની રચના કરવાથી અને ODSનો ઉપયોગ ટાળવાથી ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન અટકાવી શકાય છે.

7.4 પાણીનું પ્રદૂષણ (Water-Pollution)

'જળ એ જ જીવન', 'પાણીને બચાવશો તો પાણી તમને બચાવશે' જેવાં સુવાક્યો તમે વાંચ્યાં હશે, જે આપણને પાણીનું મહત્ત્વ સમજાવે છે. ઉપર્યુક્ત સુવાક્યો પાણીના જથ્થા સાથે સંબંધિત હોય તેમ લાગે છે. માત્ર જથ્થો જ અગત્યનો નથી, તેની ગુણવત્તા પણ એટલી જ અગત્યની છે. પૃથ્વીને ચાર ભાગમાં વહેંચીએ તો ત્રણ ભાગમાં પાણી છે. કુલ જથ્થો પ્રમાણમાં વિશેષ છે. પણ તે બધો જ જથ્થો આપણા માટે ઉપયોગી નથી કારણ કે તેની ગુણવત્તા સારી નથી. પૃથ્વી પર ઉપલબ્ધ પાણીના જથ્થાના 97% પાણી દરિયામાં છે. આપણે સૌ જાણીએ છીએ કે દરિયાનું પાણી ખારું હોવાથી તે પીવામાં, ખેતીમાં કે રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગી બનતું નથી. બાકી રહેલા 3% પૈકી 2% પાણી પૃથ્વીના ધ્રુવપ્રદેશોમાં બરફ સ્વરૂપે છે. આમ માત્ર 1% પાણીનો જથ્થો માનવજાત માટે ઉપયોગમાં લેવા માટે રહે છે. તે ભૂપૃષ્ઠીજલ (Surface Water)- નદી, તળાવ, ઝરણાં, બંધમાં સંગ્રહાયેલ પાણી અને ભૌમજલ (Ground Water) કૂવામાંના પાણીસ્વરૂપ ઉપલબ્ધ છે. માનવીય પ્રવૃત્તિઓની નકારાત્મક અસરથી ભૂપૃષ્ઠીજલ અને ભૌમજલ પ્રદૂષિત થાય છે. ભૂપૃષ્ઠીજલ જે, પ્રદૂષકોથી પ્રદૂષિત થાય છે તે જ પ્રદૂષકો સાર્વત્રિક દ્રાવક એવા પાણીમાં સરળતાથી દ્રાવ્ય થઈ જમીનમાં ઊતરે છે જે ભૌમજલને પણ પ્રદૂષિત કરે છે. આ પ્રદૂષકો કોષ્ટક 7.1માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 7.1 જલપ્રદૂષકો

ક્રમ	પ્રદૂષક	સ્રોત
(1)	સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ	સુએજના (Sewage) પાણીમાંથી, ઘરેલું ગંદાં પાણીમાંથી, ઉકરડામાંથી
(2)	નકામાં કાર્બનિક રસાયણો	સુએજથી, પ્રાણીઓનાં મળમૂત્રથી, પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિના અવશેષના કોહવાટથી, ખાદ્યપદાર્થોનું ઉત્પાદન કરતા એકમો દ્વારા ઉત્પન્ન થતા કચરાથી, પ્રક્ષાલકોથી
(3)	વનસ્પતિનાં પોષકતત્ત્વો	રાસાયણિક ખાતરોમાંથી
(4)	ભારે ધાતુઓ	ભારે ધાતુઓના ઉત્પાદનના રાસાયણિક ઉદ્યોગોમાંથી
(5)	ભારે કચરો (Sediments)	કૃષિઉદ્યોગ અને ખનિજ ઉદ્યોગથી જમીનનું ધોવાણ થવાથી
(6)	કીટનાશકો	જંતુઓ, ફૂગ તેમજ નીંદામણનો નાશ કરવા વપરાતાં રસાયણોથી
(7)	કિરણોત્સર્ગી પદાર્થો	યુરેનિયમ ધરાવતા ખનિજના ઉત્પાદનમાંથી
(8)	ઉષ્મીય	ઉદ્યોગોમાં શીતક તરીકે વપરાતા પાણીમાંથી

કોષ્ટક 7.1માં દર્શાવેલ પ્રદૂષકો દ્વારા પાણીમાં દ્રાવ્ય, અદ્રાવ્ય, જૈવિક, ભૌતિક અને રાસાયણિક અશુદ્ધિઓ ભળે છે. તે પાણીને પ્રદૂષિત કરે છે. આ ચર્ચાથી આપણને પ્રશ્ન થાય કે કેવું પાણી પીવાલાયક ગણી શકાય ? પાણીમાં કયાં તત્ત્વો કે પદાર્થોનું પ્રમાણ કેટલું હોય તો તે પીવાલાયક ગણી શકાય ? આ પ્રશ્નોના ઉકેલ માટે દેશ અને વિશ્વકક્ષાએ સમયાંતરે પ્રયત્નો થતાં રહ્યા છે. વિશ્વકક્ષાએ વિશ્વ આરોગ્યસંસ્થા (**WHO :** World Health Organization) અને ભારતમાં (**BIS :** Bureau of Indian Standards) અને (**ICMR :** Indian Council of Medical Research) જેવી સંસ્થાઓએ પીવાના પાણીની ગુણવત્તાના ધોરણો પ્રસ્થાપિત કરી આપેલાં છે. તેના આધારે પાણી પીવાલાયક છે કે નહીં તે આપણે નક્કી કરી શકીએ છીએ. 1991માં BIS દ્વારા પીવાના પાણીની ગુણવત્તા નક્કી કરતાં જે ધોરણો પ્રસ્થાપિત કરવામાં આવ્યાં છે, તે કોષ્ટક 7.2માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 7.2 BIS દ્વારા નક્કી થયેલ પીવાના પાણીની ગુણવત્તાનાં ધોરણો

લાક્ષણિકતા	ઇચ્છવાયોગ્ય માત્રા (Desirable Limit)
ભૌતિકરાસાયણિક લાક્ષણિકતા	
pH	6.5 થી 8.5
કુલ દ્રાવ્ય પદાર્થો (TDS)	500 ppm
કુલ કઠિનતા ($CaCO_3$સ્વરૂપે)	300 ppm
નાઇટ્રેટ	45 ppm
ક્લોરાઇડ	250 ppm
સલ્ફેટ	200 ppm
ફ્લોરાઇડ	1 ppm
જૈવિક લાક્ષણિકતા	
ઇસ્ટેરેશિયા કોલાઇ જીવાણુ (E.Coli)	બિલકુલ ન હોવા જોઈએ
કોલિફોર્મ જીવાણુ	10થી વધુ નહિ (100 મિલિ પાણીમાં)

1 ppm = 1 મિગ્રા લિટર$^{-1}$

પાણીની ભૌતિક-રાસાયણિક અને જૈવિક લાક્ષણિકતાના માપન માટે પ્રમાણિત વિશ્લેષણ પદ્ધતિઓ ઉપલબ્ધ છે. આ લાક્ષણિકતાના માપન માટે આપણે પ્રયોગશાળાનો સહારો લેવો પડે છે. જો પાણીમાં ભૌતિક-રાસાયણિક કે જૈવિક લાક્ષણિકતાની માત્રા, ઇચ્છવાયોગ્ય માત્રા (Desirable Limit) કરતાં વધુ હોય, તો તે આપણા આરોગ્યને નુકસાન પહોંચાડે છે, તેથી આવું પાણી પીવાલાયક ગણી શકાય નહિ.

pH : જો પાણીનો pH 8.5 કરતાં વધુ હોય તો તે પીવાના પાણીને જીવાણુમુક્ત બનાવવા માટે કરેલ ક્લોરિનેશનની અસર ઘટાડે છે. જો પાણીનો pH 6.5 કરતાં ઓછો હોય, તો પાણીના વહન માટેની નળીનું ક્ષારણ થાય છે. પરિણામે છૂટી પડતી નુકસાનકારક ધાતુઓ Zn, Pb, Cd અને Cu પીવાના પાણીમાં ભળે છે.

કુલ દ્રાવ્ય પદાર્થો (Total Dissolved Solids - TDS) : પાણીમાં મોટા ભાગના ક્ષારો દ્રાવ્ય હોય છે. જેમાં કેલ્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ, સોડિયમ, પોટૅશિયમ, આયર્ન જેવાં ધન આયનો અને કાર્બોનેટ, બાયકાર્બોનેટ, ક્લોરાઇડ, સલ્ફેટ, ફૉસ્ફેટ, નાઇટ્રેટ જેવા ઋણ આયનો રહેલાં હોય છે. પીવાના પાણીમાં કુલ દ્રાવ્ય પદાર્થોનું પ્રમાણ 500 ppm કરતાં વધુ હોય તો પેટ, હોજરી અને આંતરડાંમાં બળતરા થવાની શક્યતા રહે છે.

કુલ કઠિનતા : જો પીવાના પાણીની કઠિનતા 300 ppmથી વધુ હોય તો તેવા પાણીનો સ્વાદ બદલાય છે. આવું પાણી નિયમિતપણે પીવાથી હૃદયરોગ થવાની શક્યતા વધે છે. તેવા પુરાવાઓ પણ નોંધાયા છે.

નાઇટ્રેટ : જો પીવાના પાણીમાં નાઇટ્રેટનું પ્રમાણ 45 ppm કરતાં વધુ હોય, તો મિથિનીમોગ્લોબીનેમિયા (બ્લુબેબી) જેવા રોગ બાળકોમાં થવાની સંભાવના વધે છે.

ક્લોરાઇડ : પાણીમાં ક્લોરાઇડનું પ્રમાણ 250 ppm કરતાં વધુ હોય, તો તે પાણીની વહન માટેની નળીઓનું ક્ષારણ કરી પીવાના પાણીમાં નુકસાનકારક ધાતુઓનું પ્રમાણ વધારે છે.

સલ્ફેટ : જો પીવાના પાણીમાં સલ્ફેટનું પ્રમાણ 200 ppm કરતાં વધુ હોય, તો તેવા પાણીથી ઝાડા થવા અને જઠરમાં બળતરા થવી વગેરે અસરો જોવા મળે છે.

ફ્લોરાઇડ : ફ્લોરાઇડ દાંત અને હાડકાંની મજબૂતાઈ માટે જરૂરી છે, તેથી જ ફ્લોરાઇડયુક્ત ટૂથપેસ્ટનો ઉપયોગ વધ્યો છે. પણ ફ્લોરાઇડનું વિશેષ પ્રમાણ આપણા આરોગ્યને નુકસાન પહોંચાડે છે. જો પીવાના પાણીમાં ફ્લોરાઇડનું પ્રમાણ 1 ppm કરતાં વધુ હોય તો માનવશરીરમાં દાંત અને હાડકાંને લગતાં રોગ પેદા કરે છે. જો ફ્લોરાઇડનું પ્રમાણ 2 ppm કરતાં વધુ હોય તો તેનાથી દાંત પર કથ્થાઈ રંગના ડાઘા પડે છે. જો ફ્લોરાઇડનું પ્રમાણ 10 ppm કરતાં વધુ હોય તો ફ્લુરોસિસ નામનો રોગ થાય છે, જેમાં વ્યક્તિનાં દાંત અને હાડકાં નબળાં બને છે.

ઇસ્ટેરેશિયાકોલાઇ જીવાણુ અને કોલિફોર્મ જીવાણુ : પીવાના પાણીમાં ઇસ્ટેરેશિયા કોલાઇ જીવાણુ બિલકુલ ન હોવા જોઈએ. 100 મિલિ પાણીમાં કોલિફોર્મ જીવાણુની સંખ્યા 10 કરતાં વધુ હોય તો તેવું પાણી પીવાથી જઠર અને આંતરડાંમાં સોજો આવવાના અને મૂત્રમાર્ગના રોગો થાય છે.

પીવાના પાણીનું શુદ્ધીકરણ : પીવાના પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે પ્રથમ તેનું વિશ્લેષણ જરૂરી બને છે. તેના આધારે શુદ્ધીકરણ પદ્ધતિ નક્કી કરાય છે. પીવાના પાણીના શુદ્ધીકરણ માટેની ત્રણ પદ્ધતિઓ પ્રચલિત છે.

(1) રાસાયણિક પદ્ધતિ : પાણીને પીવાલાયક બનાવવા માટે તેમાં રહેલ ચોક્કસ પ્રકારની અશુદ્ધિ કે ઘટકને દૂર કરવા માટે પાણીમાં ચોક્કસ પ્રકારનાં રસાયણ ઉમેરવામાં આવે છે. તેનાથી મળતા અવક્ષેપને દૂર કરવાથી જે-તે અશુદ્ધિ દૂર કરી શકાય છે. દા.ત., પાણીમાંથી ફ્લોરાઇડને દૂર કરવા માટે ચૂનો કે કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે. તેથી પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય કૅલ્શિયમ ફ્લોરાઇડ અવક્ષેપિત થાય છે. આ અવક્ષેપને દૂર કરવાથી પાણીમાંથી ફ્લોરાઇડને સરળતાથી દૂર કરી શકાય છે.

(2) ભૌતિક પદ્ધતિ : પાણીની ડહોળાશ અને તેમાંના દ્રાવ્ય ક્ષારોને દૂર કરવા અથવા ઓછા કરવા માટે ગાળણ, પ્રતિ-પરાસરણ અથવા પ્રતિ-અભિસરણ (reverse osmosis) અને આયન વિનિમય પદ્ધતિ જેવી ભૌતિક પદ્ધતિઓ વપરાય છે. ગાળણ પ્રક્રિયામાં જરૂરિયાત અનુસાર જુદા-જુદા કદનાં છિદ્રોવાળાં ગાળણપત્રોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. 0.0001μ કદના છિદ્રોવાળાં ગાળણપત્ર પણ પ્રાપ્ય છે. પ્રતિ-પરાસરણમાં અર્ધપારગમ્ય પડદા (Semi-permeable membrane)માંથી પાણીને પસાર કરતાં તે ફક્ત પાણીને જ પસાર થવા દે છે, જ્યારે અન્ય દ્રાવ્ય પદાર્થોને રોકી રાખે છે. પ્રતિ-પરાસરણ પદ્ધતિથી જૈવિક અશુદ્ધિ પણ દૂર થઈ શકે છે, કારણ કે તેમાં વપરાતા અર્ધપારગમ્ય પડદાના છિદ્રનું કદ 0.0001μ જેટલું શક્ય બન્યું હોવાથી તેનાથી મોટા કદવાળા બૅક્ટેરિયા (ઓછામાં ઓછું કદ $0.2\text{-}0.5\mu$) અને વાઇરસ (ઓછામાં ઓછું કદ 0.015μ) સરળતાથી દૂર કરી શકાય છે. આયન વિનિમય પદ્ધતિમાં આયન વિનિમય રેઝિનનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ધન આયનોને દૂર કરવા અને ઋણ આયનોને દૂર કરવા ઉપયોગમાં લેવાતાં આયન વિનિમય રેઝિનને અનુક્રમે ધન આયન વિનિમય રેઝિન અને ઋણ આયન વિનિમય રેઝિન કહે છે. કઠિન પાણીમાં રહેલા કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ જેવાં ધન આયનો અને ક્લોરાઇડ, સલ્ફેટ જેવાં ઋણ આયનો આ રેઝિનના વારાફરતી ઉપયોગ કરવાથી સરળતાથી દૂર કરી શકાય છે.

(3) જૈવિક પદ્ધતિ : પીવાના પાણીને જીવાણુમુક્ત કરવા પાણીને ઉકાળવાની પદ્ધતિથી આપણે સૌ પરિચિત છીએ. આ પદ્ધતિ સૌથી સરળ, સુરક્ષિત (Safe) અને વિશ્વસનીય છે, તેથી જ બાળરોગના દાક્તર 1 વર્ષથી ઓછી ઉંમરનાં શિશુઓને ઉકાળેલું પાણી જ પિવડાવવાની ભલામણ કરે છે. આ ઉપરાંત ક્લોરિનેશનની (ક્લોરિન વાયુ પસાર કરીને કે બ્લીચિંગ પાઉડરનો ઉપયોગ કરી), ઓઝોન વાયુ પસાર કરવાથી કે પારજાંબલી કિરણોના ઉપયોગ દ્વારા પણ પાણીને જીવાણુમુક્ત કરી શકાય છે. શહેર કે ગામમાં પાણી પુરવઠા એકમ દ્વારા જે પાણી પહોંચાડાય છે, તે પાણીને ક્લોરિનેશનથી જીવાણુમુક્ત કરેલું હોય છે. વ્યક્તિ ઇચ્છે તો પોતાના ઘર, શાળા કે કૉલેજ કે જાહેર સંસ્થામાં પણ પીવાના પાણીમાં ક્લોરિનેશન કરી શકે છે. આ માટે બજારમાં ઉપલબ્ધ ક્લોરિનની ટીકડીઓ અથવા 33% થી 35% સાંદ્રતાવાળા બ્લીચિંગ પાઉડરનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આશરે 20 લિટર પાણીમાં ક્લોરિનની એક ટીકડી નાખવી જોઇએ. બ્લીચિંગ પાઉડરનો ઉપયોગ કરવો હોય તો 1000 લિટર પાણીમાં 5 ગ્રામ જથ્થો ઉમેરવો જરૂરી છે. ઓઝોન વાયુ ઝડપી અને વધુ અસરકારક રીતે પાણીને જીવાણુમુક્ત કરે છે. પારજાંબલી કિરણોને પાણીમાંથી પસાર કરવાથી પાણી જીવાણુમુક્ત બને છે. આ બંને પદ્ધતિઓ પીવા માટેના પાણીનું શુદ્ધીકરણ કરતાં ઔદ્યોગિક એકમોમાં વધુ વપરાય છે. હાલમાં મળતાં પીવાનાં પાણીનાં પાઉચ અથવા બૉટલમાંના પાણીને આ પદ્ધતિઓથી જીવાણુમુક્ત કરેલું હોય છે. પ્રવર્તમાન સમયમાં પીવાના પાણી અંગેની લોકજાગૃતિને કારણે ઘર, શાળા કે કૉલેજ, જાહેર સ્થળોએ પાણી શુદ્ધીકરણ યંત્ર (Water Purification Device)નો વિશેષ ઉપયોગ થતો જોવા મળે છે.

7.5 જમીનનું પ્રદૂષણ (Soil Pollution)

જમીન કાર્બનિક અને અકાર્બનિક પદાર્થોનું પાતળું સ્તર છે. તે પૃથ્વીની ખડકીય સપાટીને ઢાંકે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓના નકામા પદાર્થોના કોહવાટથી જમીનનો કાર્બનિક ભાગ બને છે જે જમીનનું ઉપલું સ્તર બનાવે છે. અકાર્બનિક ભાગ હજારો વર્ષો સુધીના ભૌતિક અને

રાસાયણિક ફેરફારોને કારણે બનેલા ખડકોના ઘટકો દ્વારા બને છે. જમીનના પ્રદૂષણ માટે કૃત્રિમ ખાતર અને કીટનાશકોનો (Pesticides) અવિવેકી ઉપયોગ, ઘન કચરાને જમીનમાં દાટવો અને જંગલોનો નાશ કરવો વગેરે મુખ્ય કારણો જોવા મળ્યાં છે.

જમીનના પ્રદૂષણનાં કારણો :

(1) કૃત્રિમ ખાતરનો અવિવેકી ઉપયોગ : જમીનમાં રહેલાં પોષકતત્ત્વો છોડની વૃદ્ધિ અને વિકાસ માટે ઉપયોગી છે. છોડ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન જેવાં તત્ત્વો હવા અને પાણી દ્વારા મેળવે છે, જ્યારે બીજા જરૂરી પોષક તત્ત્વો જેવાં કે નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, પોટૅશિયમ, કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ, સલ્ફર જમીનમાંથી મેળવે છે. ખેડૂત જમીનમાં રહેલાં પોષકતત્ત્વોની ઊણપ દૂર કરવા કૃત્રિમ ખાતર ઉમેરે છે. આ ખાતર તેમાં રહેલ અશુદ્ધિથી જમીનને નુકસાન કરે છે. ખાતરમાં આ અશુદ્ધિ તેના ઉત્પાદન માટે વાપરવામાં આવતા કાચા માલમાં રહેલી અશુદ્ધિને કારણે હોય છે. દા.ત. મિશ્ર ખાતરમાં એમોનિયમ નાઇટ્રેટ, ફૉસ્ફરસ (P_2O_5 તરીકે) અને પોટૅશિયમ (K_2O તરીકે) હોય છે. તે બનાવવા ઉમેરવામાં આવતાં ફૉસ્ફેટ ખડક As, Pb અને Cd જેવાં તત્ત્વોનું અલ્પ પ્રમાણ ધરાવે છે. આ તત્ત્વો અવિઘટનીય હોવાથી જમીનમાં જમા થતાં રહે છે. ફૉસ્ફેટ ખાતરના વધુ ઉપયોગથી જમીનમાં તેનું પ્રમાણ એટલું વધી જાય છે કે તે પાક માટે નુકસાનકારક સાબિત થાય છે NPK જેવા કૃત્રિમ ખાતરનો વિશેષ ઉપયોગ જે જમીનમાં કરવામાં આવે છે તે જમીનમાં પાક અને શાકભાજીનું ઉત્પાદન ઘટે છે. વળી, આ જમીનમાં ઉગાડેલા ઘઉં, મકાઈ અને ચણામાં પ્રોટીનનું પ્રમાણ પણ ઘટે છે.

(2) કીટનાશકોનો અવિવેકી ઉપયોગ : આપણા ખોરાકનો આધાર જે છોડ પર રહેલો છે તેની પર જંતુઓ, ફૂગ, જીવાણુઓ, વાઇરસ અને અન્ય પ્રાણીઓ આક્રમણ કરી પોતાનું પોષણ મેળવે છે, જ્યારે નીંદણ, મૂળપાકને મળતાં પોષકતત્ત્વોમાં ભાગ પડાવે છે, તેથી ખેડૂતો કીટનાશકોનો ઉપયોગ કરી ખેતરમાંના પાકને બચાવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. આ કીટનાશકો જમીનમાં શોષાય છે અને જમીનની ફળદ્રુપતાને નુકસાન પહોંચાડે છે. આ કીટનાશકો જમીન દ્વારા છોડમાં અને છોડ દ્વારા માનવશરીર અને અન્ય સજીવોમાં દાખલ થાય છે. તે તેમના આરોગ્યને નુકસાન પહોંચાડે છે. કીટનાશકો તરીકે મુખ્યત્વે જંતુનાશકો (insecticides), ફૂગનાશકો (fungicides) અને નીંદામણનાશકો (herbicides) નો સમાવેશ થાય છે. DDT (ડાયક્લોરોડાયફિનાઇલટ્રાયક્લોરોઇથેન) જેવા જંતુનાશક સજીવ શરીરના પાચનતંત્રમાં અન્નમાર્ગને નુકસાનકારક માલૂમ પડ્યા હોવાથી ભારત સહિત મોટા ભાગના દેશોમાં તેના ઉપયોગ પર પ્રતિબંધ છે. સોડિયમ ક્લોરેટ અને સોડિયમ આર્સેનાઇટ જેવા નીંદામણનાશકો સસ્તન વર્ગનાં પ્રાણીઓ માટે ઝેરી અસર દર્શાવનારાં માલૂમ પડ્યાં છે. ફૂગનાશકો તરીકે વપરાતાં મરક્યુરીનાં સંયોજનો જમીનમાં વિઘટન પામે છે અને તેની નીપજો હાનિકારક બને છે. મિથાઇલ-મરક્યુરી અને તેનાં સંયોજનોના વપરાશથી 1972માં ઇરાકમાં અનેક માનવમૃત્યુ નોંધાયાં છે.

(3) ઘન કચરાને જમીનમાં દાટવાથી : સામાન્ય રીતે ઘરમાંથી નીકળતો કચરો, વ્યાવસાયિક, ઔદ્યોગિક અને કૃષિએકમ દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં નકામા પદાર્થો ઘનકચરા સ્વરૂપે હોય છે. તેમાં વિશેષ પ્રમાણમાં નકામા ખાદ્ય-પદાર્થો, કાગળ, પૂઠાં, પ્લાસ્ટિક, કાચ, જૂના બાંધકામનો કાટમાળ, વગેરે ઝેરી અથવા નુકસાનકારક પદાર્થો હોય છે. તે પૈકીના કાગળ, નકામા ખાદ્ય પદાર્થો જૈવ વિઘટનીય છે. કાગળનું પુનઃચક્રણ (recycling) કરી શકાય છે. પ્લાસ્ટિક, કાચ અને જૂના બાંધકામનો કાટમાળ જૈવ અવિઘટનીય છે; પણ તેમનું પુનઃચક્રણ કરી શકાય છે. ઉદ્યોગો દ્વારા નિકાલ થતા કચરામાં રહેલી ભારે ધાતુઓ, ઝેરી અથવા નુકસાનકર્તા પદાર્થો જૈવ-અવિઘટનીય હોય છે. જ્યારે ઘન કચરાને નિકાલના ભાગરૂપ જમીનમાં દાટવામાં આવે છે, ત્યારે જૈવ અવિઘટનીય કચરો જમીનમાં લાંબો સમય પડી રહે છે. તે જમીનના બંધારણ અને તેની ફળદ્રુપતામાં ખલેલ પહોંચાડે છે.

(4) જંગલોનો નાશ : શહેરીકરણ, ઔદ્યોગિક વિકાસ અને વસ્તીવધારાના કારણે જંગલોનો નાશ વિશેષ પ્રમાણમાં થતો જોવા મળે છે. માનવીએ પોતાની જરૂરિયાત સંતોષવા માટે જંગલોનો નાશ વિશેષ પ્રમાણમાં કરવા માંડ્યો છે. પરિણામે જમીન ખુલ્લી થઈ જતાં જમીનનું ફળદ્રુપ પડ ધોવાઈ જાય છે. આ પ્રકારની જમીન ખેતીલાયક રહેતી નથી.

જમીનના પ્રદૂષણનું નિવારણ :

(1) ખેતીમાં પાકનું ઉત્પાદન વધારવા માટે રાસાયણિક ખાતરોના બદલે કુદરતી ખાતર (દા.ત. છાણિયું ખાતર, કૉમ્પોસ્ટ ખાતર વગેરે) અને જૈવિક ખાતરનો (દા.ત. રાઇઝોબિયમ, એઝેટોબેક્ટર, આલ્ગલ વગેરે) ઉપયોગ વધારવો જોઈએ.

(2) નુકસાનકર્તા કીટકોના નિયંત્રણ માટે વપરાતા રાસાયણિક પદાર્થોના બદલે જૈવિક પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. લીમડા, આકડા અને ધતૂરાનાં પાંદડાંનો અર્ક જંતુનાશક તરીકેનું કામ કરી શકે છે. ઉપરાંત ટ્રાઇકોડરમા નામની ફૂગ જંતુનાશક તરીકે જાણીતી છે.

(3) કચરા તરીકેના કાગળ, પ્લાસ્ટિકની વસ્તુઓ અને કાચને પુનઃઉપયોગમાં લઈ શકાય તેવા સ્વરૂપમાં ફેરવવાથી એટલે કે તેના પુનઃચક્રણ કરવાથી ઘન કચરાનું પ્રમાણ ઘટાડી શકાય છે અને કુદરતી સ્રોતની જાળવણી થઈ શકે છે. દા.ત., નકામા કાગળમાંથી 1 ટન કાગળનું પુનઃઉત્પાદન કરવામાં આવે, તો લગભગ 17 વૃક્ષોને કપાતાં બચાવી શકાય છે.

(4) ઉદ્યોગો દ્વારા ઉત્પન્ન થતા કચરાનું ઝેરીપણું ઘટાડવા માટે તેના પર જરૂરી ભૌતિક, રાસાયણિક અને જૈવિક પ્રક્રિયાઓ કર્યા બાદ જ તેનો નિકાલ કરવો જોઇએ.

(5) ઓછાં વૃક્ષો કપાય અને વધુ વૃક્ષો ઉછેરવામાં આવે એવી નીતિથી જમીનનું ધોવાણ અટકાવી તેની ફળદ્રુપતા જાળવી શકાય.

7.6 ઉદ્યોગોના અનિવાર્ય નકામા કચરા દ્વારા થતું પ્રદૂષણ (Pollution From Necessary Wastes of Industries)

ઔદ્યોગિક ક્રાંતિનું નકારાત્મક પાસું ઉદ્યોગોના અનિવાર્ય કચરાથી થતું પ્રદૂષણ છે. જુદા-જુદા ઉદ્યોગો દ્વારા નીકળતા કચરામાં રહેલા જુદા-જુદા ઘટકોનું પ્રમાણ જુદું-જુદું હોય છે. આ કચરાનો નિકાલ હવામાં, પાણીમાં કે જમીનમાં થતો હોવાથી અંતે તે સજીવસૃષ્ટિ માટે હાનિકારક બને છે. અહીં આપણે કેટલાક જુદા-જુદા ઉદ્યોગો દ્વારા નીકળતા કચરાની લાક્ષણિકતાનો વિચાર કરીશું.

(1) પેટ્રોલિયમઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં જુદા-જુદા કાર્બનિક અને અકાર્બનિક પદાર્થો, મુક્ત તેલ, ફિનોલિક પદાર્થો, તરતા ઘન પદાર્થો તથા H_2S હોય છે.

(2) કાગળ અને પલ્પઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં ડાયમિથાઇલ સલ્ફાઇડ, મિથાઇલ મરકૅપ્ટનસ જેવાં કાર્બનિક દ્રવ્યો, ઍસિડ, આલ્કલી અને ભારે ધાતુઓના ક્ષારો જેવાં અકાર્બનિક દ્રવ્યો હોય છે.

(3) ચામડું કમાવવાનો ઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં આલ્કલાઇન દ્રવ્યો, તરતા પદાર્થો, એમોનિયમ ક્ષારો, સોડિયમ સલ્ફાઇડ, ક્રોમિયમ અને આર્સેનિકના ક્ષારો, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, ડિટરજન્ટ, ઉત્સેચક દ્રવ્યો તેમજ પ્રાણિજ પ્રોટીન અને ચરબી હોય છે.

(4) ખાંડઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંમાંથી નીકળતું નકામું પાણી સમય જતાં જૈવિક ક્રિયાઓને કારણે કાળા રંગનું બને છે. તેમાંથી H_2S વાયુ ઉત્પન્ન થતો હોવાથી ખરાબ વાસ ફેલાવે છે.

(5) ઇલેક્ટ્રૉપ્લેટિંગ અને ધાતુશુદ્ધીકરણ ઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં નિકલ, ક્રોમિયમ, ઝિંક, સીસું, સિલ્વર, મરક્યુરી વગેરે ધાતુઆયનો તથા સલ્ફાઇડ, સાયનાઇડ, હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ, એમોનિયા વગેરે ઝેરી દ્રવ્યો હોય છે.

(6) ડિટરજન્ટઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં લાંબી શૃંખલાવાળા દ્રાવ્ય કાર્બનિક પદાર્થો અને દ્રાવ્ય અકાર્બનિક પદાર્થો ઉપરાંત ઍસિડ અને દ્રાવકો પણ હોય છે.

(7) કીટનાશકઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરાઓમાં વિશેષ પ્રમાણમાં ઍરોમેટિક કાર્બનિક પદાર્થો હોય છે. ઉપરાંત ઍસિડ પણ હોય છે.

(8) ખાતરઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં નાઇટ્રોજનનાં સંયોજનો, ફૉસ્ફેટ, ફ્લોરાઇડ, આર્સેનિક જેવા ઘટકો હોય છે.

(9) થર્મલ-પાવરઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરાઓમાં ફ્લાયઍશ, અકાર્બનિક પદાર્થો અને ભારે ધાતુઓ હોય છે.

(10) ડેરીઉદ્યોગ : આ ઉદ્યોગનાં કારખાનાંઓમાંથી નીકળતા કચરામાં તરતા પદાર્થો, નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસનાં સંયોજનો અને કાર્બનિક પદાર્થો હોય છે.

ઉદ્યોગો દ્વારા નીકળતો નકામો કચરો જો પ્રવાહી સ્વરૂપે હોય, તો તેમાંના કાર્બનિક કચરાનું પ્રમાણ માપવા માટે બે પ્રકારના માપનનો ઉપયોગ પર્યાવરણીય ટેક્નોલૉજીમાં વિશેષ થાય છે

(i) જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (BOD : Biochemical Oxygen Demand) : સામાન્ય રીતે પ્રદૂષિત પાણીમાં રહેલા જીવાણુઓનો ખોરાક તેમાં રહેલાં કાર્બનિક પદાર્થો હોય છે. આ જીવાણુઓ પોતાની જૈવરાસાયણિક ક્રિયા દરમિયાન આ કાર્બનિક પદાર્થોનું વિઘટન કરી સરળ કાર્બનિક પદાર્થોમાં રૂપાંતર કરે છે. આ કાર્ય માટે જીવાણુઓ પાણીમાંના દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનો જેટલો જથ્થો વાપરે છે, તેને જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત કહે છે. આમ, આ માપનથી દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની જરૂરી માત્રાના આધારે પ્રવાહી કચરામાં રહેલ કાર્બનિક પદાર્થો કે જેનું વિઘટન જીવાણુઓ દ્વારા થઈ શકે છે, તેની માત્રા જાણી શકાય છે. BODના માપન માટે પ્રવાહી કચરાના નમૂનાને 5 દિવસ સુધી 293 K તાપમાને રાખવામાં આવે છે. પ્રથમ દિવસના દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ (DO_1)અને પાંચમા દિવસના દ્રાવ્ય ઑક્સિજનના પ્રમાણ (DO_5)ના તફાવત ($DO_1 - DO_5$)ના આધારે જીવાણુઓએ નમૂનામાં રહેલા કાર્બનિક પદાર્થોનું વિઘટન કરવા માટે વાપરેલ દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ જાણી શકાય છે. તેને પ્રવાહી કચરા માટેનું BOD મૂલ્ય કહેવાય છે. BODના માપનનો સામાન્ય એકમ ppm અથવા મિ ગ્રામ લિટર$^{-1}$ છે.

(ii) રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (COD : Chemical Oxygen Demand) : પ્રવાહી કચરામાં રહેલા બધા જ કાર્બનિક પદાર્થોના ઑક્સિડેશન માટે જેટલી માત્રામાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની જરૂર પડે છે. તેને રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત કહે છે. આમ, આ માપનથી દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની જરૂરી માત્રાના આધારે પ્રવાહી કચરામાં રહેલા બધા જ કાર્બનિક પદાર્થોની માત્રા જાણી શકાય છે. તેથી એક જ પ્રવાહી કચરા માટે સામાન્ય રીતે CODનું મૂલ્ય BOD કરતાં વધુ હોય છે. CODના માપન માટે પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણ જેવા પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ માપન કરવા માટે માત્ર બે-ત્રણ કલાકના સમયની જરૂર પડે છે. COD માપનનો સામાન્ય એકમ ppm અથવા મિ ગ્રામ લિટર$^{-1}$ છે.

7.7 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ-નિયંત્રણનાં પગલાં (Remedies for Control of Environmental Pollution) :

સામાન્ય રીતે આપણે જાણીએ છીએ તેમ પર્યાવરણ પ્રદૂષણના મુખ્ય સ્રોત ઘરેલુ કચરો, વાહનોમાંથી નીકળતો ધુમાડો, ઔદ્યોગિક કચરો અને જૈવતબીબી કચરો છે, તેથી આ સ્રોતો દ્વારા થતા પ્રદૂષણને નિયંત્રિત કરવાના પ્રયત્નોથી પર્યાવરણીય પ્રદૂષણનું નિયંત્રણ સરળ બની જાય છે. તે અંગેના પ્રયત્નોનો વિચાર કરીએ તો :

(1) ઘરેલુ કચરામાંના જૈવ-વિઘટનીય અને જૈવ-અવિઘટનીય પદાર્થોને અલગ રાખવા જોઈએ. નગરપાલિકા કે ગ્રામપંચાયત દ્વારા આ કચરાના એકત્રીકરણ દરમિયાન જુદા-જુદા રંગનાં પાત્રો રાખવાં જોઈએ. કેટલાક વિકસિત દેશોમાં આ પ્રમાણેની વ્યવસ્થા છે. દા.ત., જૈવ-વિઘટનીય પદાર્થોના એકત્રીકરણ માટે લીલા રંગનું પાત્ર અને જૈવ-અવિઘટનીય પદાર્થોના એકત્રીકરણ માટે પીળા કે લાલ રંગનું પાત્ર રાખી શકાય. જૈવ-વિઘટનીય કચરામાંથી કૉમ્પોસ્ટનું ઉત્પાદન કરી શકાય છે. જૈવ-અવિઘટનીય પદાર્થોનું પુનઃચક્રણ કરવું જોઈએ.

(2) વાહનોમાંથી નીકળતા ધુમાડા દ્વારા થતા હવાના પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટે દરેક નાગરિકે પોતાની ફરજ સમજી પોતાના વાહનમાંથી નીકળતા ધુમાડામાં રહેલા વાયુઓના પ્રમાણની ચકાસણી અને વાહનની મરામત નિયમિત કરાવવી જોઈએ. આ જ કારણે દરેક વાહન માટે PUC (Pollution Under Control) પ્રમાણપત્ર મેળવવું ફરજિયાત છે.

(3) ઉદ્યોગો દ્વારા હવામાં છોડાતાં તરતાં રજકણો, સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, એમોનિયા, ક્લોરિન, હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ, હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ વગેરે હવાપ્રદૂષકોનું નિયંત્રણ કરવા માટે હવા પ્રદૂષણ-નિયંત્રણ સાધનો ગોઠવવાં જોઈએ. પ્રદૂષિત હવાની અસરથી બચવા માટે આપણે ગૅસમાસ્ક પહેરવો હિતાવહ છે.

(4) ઉદ્યોગોમાંથી નીકળતું ગંદું પાણી બિનહાનિકારક બને તે માટે તેને ચોક્કસ પ્રકારનો ઉપચાર આપવો જોઈએ. આ માટે જે-તે ઉદ્યોગે વ્યક્તિગત કે સામૂહિક ધોરણે એફ્લુઅન્ટ ટ્રિટમેન્ટ-પ્લાન્ટ ઊભા કરવા જોઈએ.

(5) જૈવતબીબી કચરાનો નિકાલ કરવા માટે તેની લાક્ષણિકતા અનુસાર તેને બાળવો કે જમીનમાં ઊંડે દાટવો કે જંતુમુક્ત કરવો જોઈએ.

ગુજરાત રાજ્યમાં પર્યાવરણના પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટે ગાંધીનગર મુકામે ગુજરાત પ્રદૂષણ નિયંત્રણ બોર્ડની સ્થાપના કરવામાં આવી છે.

7.8 હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન (Green Chemistry)

રાસાયણિક ઉદ્યોગોના વિકાસને કારણે માનવ-ઉપયોગી પદાર્થો જેવા કે ખાતરો, કીટનાશકો, ઔષધો, પ્લાસ્ટિક અને સૌંદર્ય-પ્રસાધનોનું ઉત્પાદન સરળ બન્યું છે; પરંતુ આ ઉદ્યોગોમાંથી નીકળતો કચરો માનવસહિતની જીવસૃષ્ટિ માટે હાનિકારક હોય છે, તેનો નિકાલ હવા, પાણી કે જમીનમાં કરવામાં આવે છે. તે પર્યાવરણને પ્રદૂષિત કરે છે, તેથી હાલમાં વૈજ્ઞાનિકો રાસાયણિક પદાર્થોના સંશ્લેષણ માટેની એવી પદ્ધતિઓ વિકસાવવાનો પ્રયત્ન કરી રહ્યા છે કે જે પર્યાવરણને અનુકૂળ (પર્યાવરણીય મિત્ર) હોય. આ પ્રયત્નોથી જે રસાયણવિજ્ઞાનનો વિકાસ થઇ રહ્યો છે તેને 'હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન' તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ટૂંકમાં, હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન એટલે પર્યાવરણીય હિતકારી રાસાયણિક સંશ્લેષણ માટેનું વિજ્ઞાન.

2005 માં ફ્રાન્સના વૈજ્ઞાનિક પ્રોફેસર યસ ચૌવિન (Prof. Yves Chauvin) અને અમેરિકાના બે વૈજ્ઞાનિકો રૉબર્ટ એચ. ગ્રુબસ (Robert H. Grubbs) અને રિચાર્ડ આર. શ્રોક (Richard R. Schrok) ને હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન આધારિત નવા રસાયણના સંશ્લેષણ માટે નૉબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું હતું. હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના વિકાસ માટે વિજ્ઞાની પાઉલ ટી. અનાસ્તાસે (Paul T. Anastas) કરેલાં કાર્યોને આધારે હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન માટે પાયાના બાર સિદ્ધાંતો રચવામાં આવ્યા છે. આ સિદ્ધાંતોને આધારે નવાં રસાયણોના સંશ્લેષણ કરવાની ભલામણ હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનમાં કરવામાં આવી છે.

હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના પાયાના સિદ્ધાંતો :

રાસાયણિક પદાર્થોના સંશ્લેષણ દરમિયાન,

(1) નકામા પદાર્થો કે આડપેદાશો બનતી અટકાવવી જોઈએ.

(2) પ્રક્રિયકનું સંપૂર્ણપણે નીપજમાં રૂપાંતર થવું જોઈએ એટલે કે નીપજ 100% મળવી જોઈએ.

(3) જોખમી રસાયણોના ઉત્પાદનને ટાળવું જોઈએ.

(4) સુરક્ષિત રસાયણોના ઉત્પાદનનો હેતુ રાખવો જોઈએ.

(5) કોઈ પણ સંશ્લેષણ માટે જરૂરી ઊર્જાનું મૂલ્ય ઓછું હોવું જોઈએ.

(6) વધુ યોગ્ય દ્રાવકની પસંદગી કરવી જોઈએ.

(7) સંશ્લેષણના શરૂઆતના પદાર્થ તરીકે યોગ્ય પદાર્થને પસંદ કરવો જોઈએ.

(8) શક્ય હોય ત્યાં સુધી રક્ષકસમૂહ (Protecting group)નો ઉપયોગ ટાળવો.

(9) શક્ય હોય ત્યાં સુધી ઉદ્દીપકના ઉપયોગને પસંદગી આપવી જોઈએ. હાલમાં કલા (ફેઝ-Phase) ઉદ્દીપકોનો ઉપયોગ થાય છે.

(10) સંશ્લેષિત નીપજ જૈવ-વિઘટનીય હોવી જોઈએ.

(11) ઉત્પાદન માટેના પ્લાન્ટની રચના એવી હોવી જોઈએ કે તેના ઉપયોગ વખતે અકસ્માત થવાની શક્યતાઓને દૂર કરી શકાય.

(12) જોખમી સંયોજનોના નિયંત્રણ માટે વૈશ્લેષિક તક્નિકોને બળવાન બનાવવી જોઈએ.

રોજિંદા જીવનમાં હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન : હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના સિદ્ધાંતોનો ઉપયોગ રોજિંદા જીવનમાં થતો જોવા મળ્યો છે.

(1) કપડાંના ડ્રાયક્લિનિંગમાં : અગાઉ ટેટ્રાક્લોરોઇથિન ($Cl_2C = CCl_2$) કપડાંના ડ્રાયક્લિનિંગમાં દ્રાવક તરીકે વધુ વપરાતો હતો. તે ભૌમજલને પ્રદૂષિત કરે છે અને કેન્સરપ્રેરક પણ છે. તેથી હાલમાં ટેટ્રાક્લોરોઇથિનના ઉપયોગને બદલે પ્રવાહીકૃત કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો અનુકૂળ ડિટરજન્ટ સાથે ડ્રાયક્લિનિંગમાં ઉપયોગ કરાય છે. હાલના સમયમાં હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડનો ઉપયોગ કપડાં ધોવામાં બ્લીચિંગ એજન્ટ (વિરંજનકર્તા) તરીકે વધ્યો છે. તે પાણીના ઓછા વપરાશથી પણ સારું પરિણામ આપે છે.

(2) કાગળના વિરંજનમાં : આપણે જાણીએ છીએ તેમ કાગળને લાકડામાંથી બનાવવામાં આવે છે. કાગળની સારી ગુણવત્તા માટે લાકડામાં રહેલ લિગ્નીનને સંપૂર્ણપણે દૂર કરવો જરૂરી છે. કાગળના ઉત્પાદનની પદ્ધતિ દરમિયાન મોટાભાગનો લિગ્નીન દૂર થાય છે. બાકી રહેતા લિગ્નીનને દૂર કરવા માટે ક્લોરિન વાયુનો ઉપયોગ થતો આવ્યો છે. પણ ક્લોરિન વાયુ લિગ્નીનની ઍરોમેટિક વલય સાથે પ્રક્રિયા કરી ડાયઑક્સિન બનાવે છે. તે સક્રિય કૅન્સરપ્રેરક પદાર્થ છે. તેથી કાગળના વિરંજન માટે ક્લોરિન વાયુના વિકલ્પરૂપે હાલમાં હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડનો યોગ્ય ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. આ હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના વિકાસને આભારી છે.

સારાંશ

પર્યાવરણમાં થતી રાસાયણિક અને જૈવરાસાયણિક ઘટનાઓનો વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસ એટલે પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન. તેના દ્વારા પર્યાવરણમાં થતી ઘટનાઓ અને ફેરફારોનાં કારણો આપણે જાણી શકીએ છીએ. પર્યાવરણનું પ્રદૂષણ કરનાર ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ-પ્રદૂષકોને સામાન્ય રીતે ઝડપી વિઘટનીય, ધીમા વિઘટનીય અને અવિઘટનીય પ્રદૂષકોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. જે પ્રદૂષકોનું વિઘટન ઝડપી થાય છે, તેને ઝડપી વિઘટનીય પ્રદૂષકો કહે છે. દા.ત., શાકભાજીનો કચરો. જે પ્રદૂષકોનું વિઘટન ધીમું થાય છે, તેને ધીમા વિઘટનીય પ્રદૂષકો કહે છે. દા.ત., કૃષિકચરો. કેટલાક પ્રદૂષકો વિઘટન પામ્યા વગર દશકાઓ સુધી મૂળસ્વરૂપે રહે છે. તેને અવિઘટનીય પ્રદૂષકો કહે છે. દા.ત., ડાયક્લોરોડાયફિનાઇલટ્રાયક્લોરોઇથેન (DDT), પ્લાસ્ટિક પદાર્થો, ભારે ધાતુઓ, રેડિયોસક્રિય કચરો. પૃથ્વીના જીવાવરણ પર ક્ષોભ આવરણ અને સમતાપ આવરણની અસર વધુ થતી હોવાથી વાતાવરણના પ્રદૂષણના અભ્યાસમાં આ બંને વિસ્તારના પ્રદૂષણનો અભ્યાસ અતિ મહત્ત્વનો બને છે. ક્ષોભ આવરણમાં વાયુમય પ્રદૂષકો SO_x, NO_x, CO, CO_2, H_2S, O_3, હાઇડ્રોકાર્બન તથા રજકણસ્વરૂપના પ્રદૂષકો- ધૂળ, ધુમ્મસ, ધૂમ, ધુમાડો, ધૂમ્રધૂમ્મસ પ્રદૂષણ ફેલાવે છે. પૃથ્વીને હૂંફાળી રાખતી ઘટનાને 'ગ્રીનહાઉસ અસર' કે 'ગ્લોબલવૉર્મિંગ' કહે છે અને તેમાં સક્રિય ફાળો આપતા વાયુઓ 'ગ્રીનહાઉસ વાયુ' તરીકે ઓળખાય છે. વાતાવરણમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, મિથેન, ઓઝોન, ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન (CFC), નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ અને પાણીની વરાળ ગ્રીનહાઉસ વાયુઓ તરીકે વર્તે છે. ગ્રીનહાઉસ વાયુઓની ગરમીને જકડી રાખવાની ક્ષમતાને ગ્લોબલવૉર્મિંગ પોટૅન્શિયલ (GWP) કહે છે. ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનો GWP આધારિત ક્રમ $CFC > N_2O > CH_4 > CO_2$ છે. જો વરસાદના પાણીનો pH 5.6 કરતાં ઓછો હોય, તો તેવા વરસાદને ઍસિડવર્ષા કહે છે. આ માટે ક્ષોભ આવરણમાંના વાયુમય પ્રદૂષકો જવાબદાર છે. ઍસિડવર્ષા નદી, તળાવ, જેવા જળાશયોમાં પડવાથી તેમાંની માછલીઓ, સૂક્ષ્મ જીવો, જલજ વનસ્પતિઓ જેવી જળસૃષ્ટિ પર માઠી અસર પડે છે. સમતાપ આવરણમાં આવેલું ઓઝોનસ્તર સમગ્ર જીવસૃષ્ટિને અવકાશમાંથી આવતા પારજાંબલી કિરણોની હાનિકારક અસર સામે રક્ષણ આપે છે. પરંતુ માનવ દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાતા ODS (Ozone Depletion Substances) ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન કરે છે. ઓઝોનસ્તરના ક્ષયનની અસરો અને ક્ષયન અટકાવવાના ઉપાયો અંગેની જાગૃતિ સમગ્ર વિશ્વમાં કેળવાય તે હેતુથી **રાષ્ટ્રસમૂહના દેશોએ દર વર્ષે 16મી સપ્ટેમ્બરના દિવસને આંતરરાષ્ટ્રીય સ્તરે 'ઓઝોનસ્તર જાળવણી દિન' તરીકે ઊજવવાનું નક્કી કર્યું છે.** હાલમાં માનવીએ કુદરતમાંથી મળતા પાણીનો સીધો જ પીવાના પાણી તરીકે ઉપયોગ કરતા પહેલાં વિચાર કરવો પડે તેમ છે. કારણ કે જુદા-જુદા સ્રોત દ્વારા ભૂપૃષ્ઠી જલ કે ભૌમજલમાં દ્રાવ્ય, અદ્રાવ્ય, જૈવિક, ભૌતિક કે રાસાયણિક અશુદ્ધિઓ ભળે છે તે પાણીને પ્રદૂષિત કરે છે. તેથી વિશ્વકક્ષાએ WHO (World Health Organization) અને ભારતમાં BIS (Bureau of Indian Standards) અને ICMR (Indian Council of Medical Research) જેવી સંસ્થાઓએ પીવાના પાણીની ગુણવત્તાનાં ધોરણો પ્રસ્થાપિત કર્યાં છે. પીવાના પાણીના શુદ્ધીકરણ માટે રાસાયણિક, ભૌતિક અને જૈવિક પદ્ધતિઓ પ્રચલિત છે. જમીનના પ્રદૂષણ માટે ખાતર અને કીટનાશકોનો અવિવેકી ઉપયોગ, ઘન કચરાને જમીનમાં દાટવો અને જંગલોનો નાશ કરવો વગેરે મુખ્ય કારણો જોવા મળ્યાં છે. જુદા-જુદા ઉદ્યોગો દ્વારા નીકળતા કચરાનો નિકાલ હવામાં, પાણીમાં કે જમીનમાં થતો હોવાથી અંતે તે સજીવસૃષ્ટિ માટે હાનિકારક બને છે. ઉદ્યોગોના પ્રવાહી કચરામાં કાર્બનિક કચરાનું પ્રમાણ જાણવા માટે જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (BOD) અને રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (COD) માપન અગત્યનું છે. BODના માપનથી

પ્રવાહી કચરામાં રહેલ કાર્બનિક પદાર્થો કે જેનું વિઘટન જીવાણુઓ દ્વારા થઈ શકે છે, તેની માત્રા જાણી શકાય છે. જ્યારે CODના માપનથી પ્રવાહીકચરામાં રહેલ બધાજ કાર્બનિક પદાર્થોની માત્રા જાણી શકાય છે. BODના માપન માટે 5 દિવસ અને CODના માપન માટે બે-ત્રણ કલાકનો સમય લાગે છે. આપણે ઘરેલું કચરાને, વાહનોમાંથી નીકળતા ધુમાડાને, ઔદ્યોગિક કચરાને અને જૈવતબીબી કચરાને નિયંત્રિત કરીને કે તેનું વ્યવસ્થાપન કરીને કે તેના પર સારવાર પ્રક્રિયા કે ઉપચાર કરીને પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને નિયંત્રિત કરી શકીએ છીએ. પર્યાવરણ-પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટેના પ્રયત્નોના ફળસ્વરૂપે પર્યાવરણ હિતકારી રાસાયણિક સંશ્લેષણ માટેના જે વિજ્ઞાનનો વિકાસ થઈ રહ્યો છે, તેને હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન કહે છે. ગુજરાત રાજ્ય સરકારે ગુજરાતમાં પર્યાવરણ-પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટે પ્રદૂષણ નિયંત્રણ બોર્ડની સ્થાપના કરેલી છે.

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા બહુવિકલ્પમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) કયો વાયુ ગ્રીનહાઉસ વાયુ નથી ?

(A) H_2O (B) O_2 (C) CO_2 (D) O_3

(2) ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનો GWP આધારિત કયો ક્રમ સાચો છે ?

(A) $CFC > N_2O > CO_2 > CH_4$ (B) $CFC > CO_2 > N_2O > CH_4$

(C) $CFC > N_2O > CH_4 > CO_2$ (D) $CFC > CH_4 > N_2O > CO_2$

(3) ગ્લોબલવૉર્મિંગમાં કયા વાયુનો ફાળો સૌથી વધુ હોય છે ?

(A) CO_2 (B) CFC (C) NO_2 (D) CH_4

(4) CFCનો એક અણુ ઓઝોન વાયુના આશરે કેટલા અણુઓનું ક્ષયન કરે છે ?

(A) 10^3 (B) 10^4 (C) 10^5 (D) 10^6

(5) પાણીના શુદ્ધીકરણ માટે કઈ પદ્ધતિ વપરાય છે ?

(A) પ્રતિ-પરાસરણ (B) જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત

(C) રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (D) ODSના ઉપયોગ દ્વારા

(6) નીચેનાં પૈકી કયું વિધાન સાચું છે ?

(A) BODના માપનથી પ્રવાહી કચરામાં રહેલા બધા જ કાર્બનિક પદાર્થોની માત્રા જાણી શકાય છે.

(B) CODના માપનથી પ્રવાહી કચરામાં રહેલ કાર્બનિક પદાર્થ કે જેનું વિઘટન સૂક્ષ્મ જીવો દ્વારા થઈ શકે છે, તેની માત્રા જાણી શકાય છે.

(C) CODનું માપન પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણના ઉપયોગથી કરવામાં આવે છે.

(D) CODના માપન માટે પાંચ દિવસનો સમય લાગે છે.

(7) પીવાના પાણીમાં કયા આયનની માત્રા જરૂર કરતાં વધુ હોય, તો બ્લુબેબી રોગ થવાની શક્યતા રહેલી છે ?

(A) ફ્લોરાઇડ (B) નાઇટ્રેટ (C) ક્લોરાઇડ (D) સલ્ફેટ

(8) નીચેના પૈકી કયો પદાર્થ જૈવ-અવિઘટનીય છે ?

(A) કાગળ (B) કાચ

(C) નકામા ખાદ્યપદાર્થો (D) સડેલાં શાકભાજી

(9) ફ્લાયએશ મુખ્યત્વે કયા ઉદ્યોગના કચરા તરીકે ઉત્પન્ન થાય છે ?

(A) ડેરીઉદ્યોગ (B) ડિટરજન્ટઉદ્યોગ

(C) થર્મલપાવરઉદ્યોગ (D) ખાતરઉદ્યોગ

(10) નીચેનાં પૈકી કયું વિધાન હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના પાયાના સિદ્ધાંતોને અનુરૂપ નથી ?

(A) સંશ્લેષિત નીપજ જૈવવિઘટનીય હોવી જોઈએ.

(B) નકામા પદાર્થો કે આડપેદાશો બનતી અટકાવવી જોઈએ.

(C) સંશ્લેષણ માટે જરૂરી ઊર્જાનું મૂલ્ય ઓછું હોવું જોઈએ.

(D) શક્ય હોય ત્યાં સુધી ઉદ્દીપકનો ઉપયોગ ટાળવો જોઈએ.

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) કાર્બન મોનૉક્સાઇડ રુધિરના હિમોગ્લોબીન સાથે સંયોજાઈ કયું સંયોજન બનાવે છે ?

(2) આંતરરાષ્ટ્રીય કક્ષાએ 'ઓઝોનસ્તર જાળવણી દિન' ક્યારે ઊજવાય છે ?

(3) BIS મુજબ પીવાલાયક પાણીમાં કુલ દ્રાવ્ય પદાર્થોનું ઇચ્છનીય પ્રમાણ કેટલું હોવું જોઇએ ?

(4) પાણીના શુદ્ધીકરણ માટેની બે ભૌતિક પદ્ધતિઓનાં નામ આપો.

(5) 'હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન'ના સિદ્ધાંત પ્રમાણે કપડાંના ડ્રાયક્લિનિંગ માટે કયાં બે રસાયણો વાપરવામાં આવે છે ?

(6) પૂરાં નામ જણાવો : ODS, GWP, BOD, COD, WHO, BIS, ICMR, PUC

(7) વ્યાખ્યા આપો :

(1) પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન (4) ઍસિડવર્ષા

(2) વૈશ્લેષિક રસાયણવિજ્ઞાન (5) ગ્રીનહાઉસ વાયુ

(3) હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) ઝડપી વિઘટનીય પ્રદૂષકો, ધીમા વિઘટનીય પ્રદૂષકો અને અવિઘટનીય પ્રદૂષકો એટલે શું ? એક-એક ઉદાહરણ આપો.

(2) ક્ષોભ આવરણીય પ્રદૂષકોની યાદી બનાવો.

(3) જીવસહિત અને જીવરહિત રજકણ પ્રદૂષકોનાં નામ જણાવો.

(4) પાણીને જીવાણુમુક્ત કરવાની ચાર પદ્ધતિઓનાં નામ લખો.

(5) તફાવતના બે મુદ્દા લખો : BOD અને COD

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) વાયુમય હવા પ્રદૂષકો જણાવો. તે પૈકીના બે પ્રદૂષકોની ઉત્પત્તિ અને તેની અસરોની ચર્ચા કરો.

(2) ધૂમ્રધુમ્મસ એટલે શું ? પારંપરિક અને પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્રધુમ્મસની સમજૂતિ આપો.

(3) ગ્લોબલવૉર્મિંગનાં કારણો, અસરો અને ઉપાયો જણાવો.

(4) ઍસિડવર્ષા થવાનાં કારણો જણાવી તેની અસરો ચર્ચો.

(5) ઓઝોનસ્તરનું ક્ષયન થવાનાં કારણો, અસરો અને ઉપાયો વર્ણવો.

(6) જળપ્રદૂષકોને તેમના સ્રોતસહિત વર્ણવો.

(7) BIS દ્વારા નક્કી થયેલા પીવાના પાણીની ગુણવત્તાનાં ધોરણો જણાવો.

(8) પીવાના પાણીના શુદ્ધીકરણની પદ્ધતિઓની ચર્ચા કરો.

(9) જમીનનું પ્રદૂષણ થવાનાં મુખ્ય કારણો સવિસ્તર ચર્ચો.

(10) જમીનનું પ્રદૂષણ અટકાવવાના ઉપાયો વર્ણવો.

(11) પેટ્રોલિયમ અને ચામડું કમાવવાના ઉદ્યોગમાંથી નીકળતા કચરાની લાક્ષણિકતા જણાવો.

(12) પર્યાવરણના પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટે કેવાં પગલાં લેવાં જોઈએ ?

(13) 'હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન'ના પાયાના સિદ્ધાંતો જણાવો.

• • •