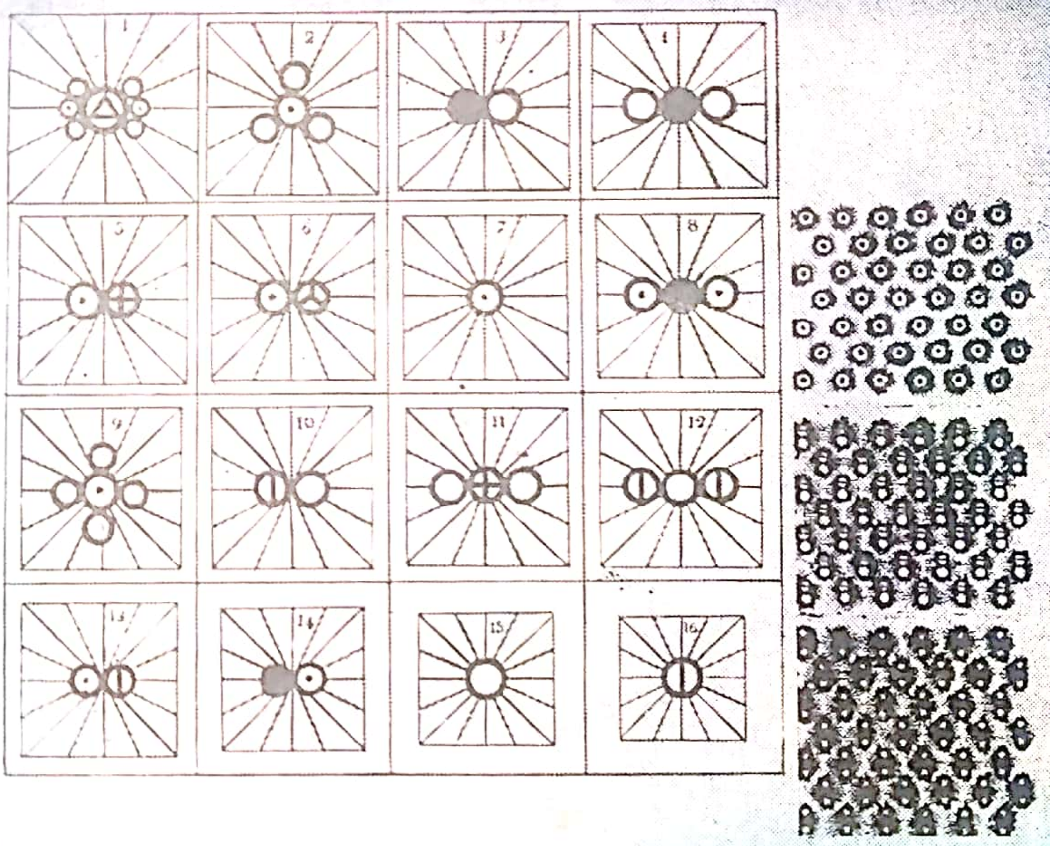
જ્ઞાન-ગંગોત્રી ગ્રંથ-શ્રેણી

૪

૪

વિજ્ઞાન વિદ્યાશાખા

રસાયણ દર્શન



SARDAR PATEL UNIVERSITY
VALLABH VIDYANAGAR
शीलवृत्तफलं श्रुतम्

સંયોજક : ઈશ્વરભાઈ પટેલ
મુખ્ય સંપાદક : ભોગીલાલ ગાંધી
સહાયક સંપાદક : બંસીધર ગાંધી

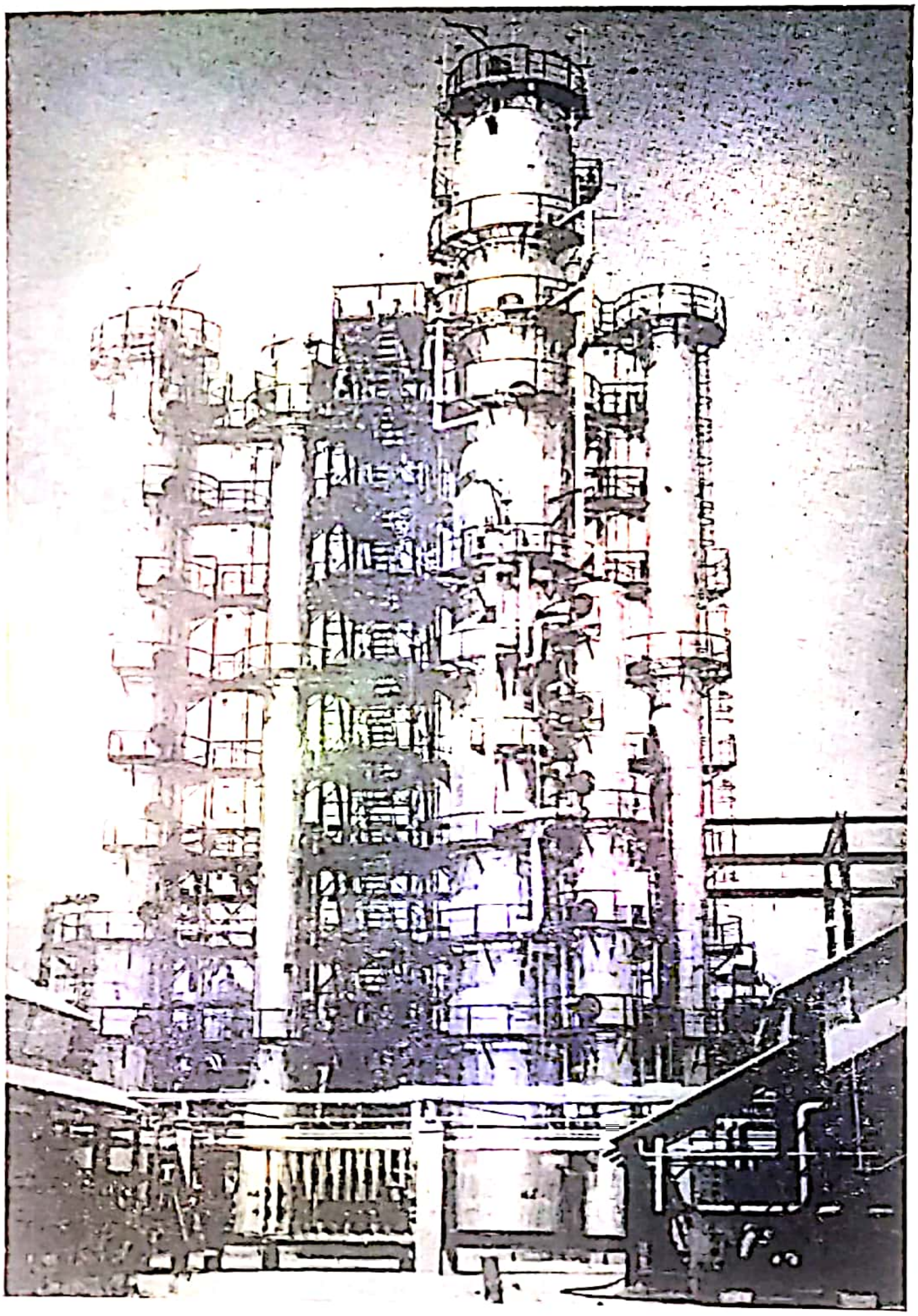
તંત્રીમંડળ

શ્રી ભાઈલાલભાઈ ઘા. પટેલ · શ્રી બાબુભાઈ જશભાઈ પટેલ
શ્રી ડોલરરાય માંકડ · શ્રી ઉમાશંકર જોશી · શ્રી એચ. એમ. પટેલ
શ્રી રવિશંકર રાવળ · શ્રી બી. સી. પટેલ · શ્રી હરિહર પ્રા. ભટ્ટ
શ્રી વી. એચ. ભાનોટ · શ્રી યશવંત શુકલ · શ્રી નીરુભાઈ દેસાઈ
શ્રી વિજયગુપ્ત મૌર્ય · શ્રી પી. સી. વૈદ્ય · શ્રી ભોગીલાલ સાંડેસરા
શ્રી જશભાઈ કા. પટેલ · શ્રી અંબુભાઈ પટેલ · શ્રી જે. જી. ચૌહાણ
શ્રી રમણભાઈ પટેલ

પરામર્શકો

પંડિત સુખલાલજી · શ્રી રસિકભાઈ પરીખ
શ્રી કાકાસાહેબ કાલેલકર : શ્રી રામપ્રસાદ બક્ષી
શ્રી કનૈયાલાલ મુનશી : શ્રી અનંતરાય રાવળ
શ્રી ગગનવિહારી મહેતા : શ્રી ચન્દ્રવદન સી. મહેતા
શ્રી હંસાબહેન મહેતા : શ્રી બાપાલાલ વૈદ્ય
શ્રી ઉમાશંકર જોશી : શ્રી ફીરોઝ કા. દાવર
ડૉ. વિક્રમ સારાભાઈ : શ્રી હરિનારાયણ આચાર્ય
શ્રી બી. બી. યોધ : શ્રી સી. એન. વકીલ
ડૉ. શાન્તિલાલ મહેતા : પ્રો. ટી. ટી. લાકડાવાળા
શ્રી વિષ્ણુપ્રસાદ ત્રિવેદી : પ્રો. એમ. એલ. દાંતવાળા
શ્રી બચુભાઈ રાવત

ગુજરાત રિફાઈનરી.
(કોયલી)



ગુજરાત રિફાઇનરી (કોયલી) : ત્રીજું યુનિટ

૦ ખાતમુહૂર્ત : ૧૦ મે, ૧૯૬૩

ઉત્પાદનની શરૂઆત
પ્રથમ યુનિટ : ૨૮-૧૦-૬૩
બીજું યુનિટ : ૨૮-૫-૬૬
ત્રીજું યુનિટ : ૧૮-૯-૬૭

૦ કેપેસિટી

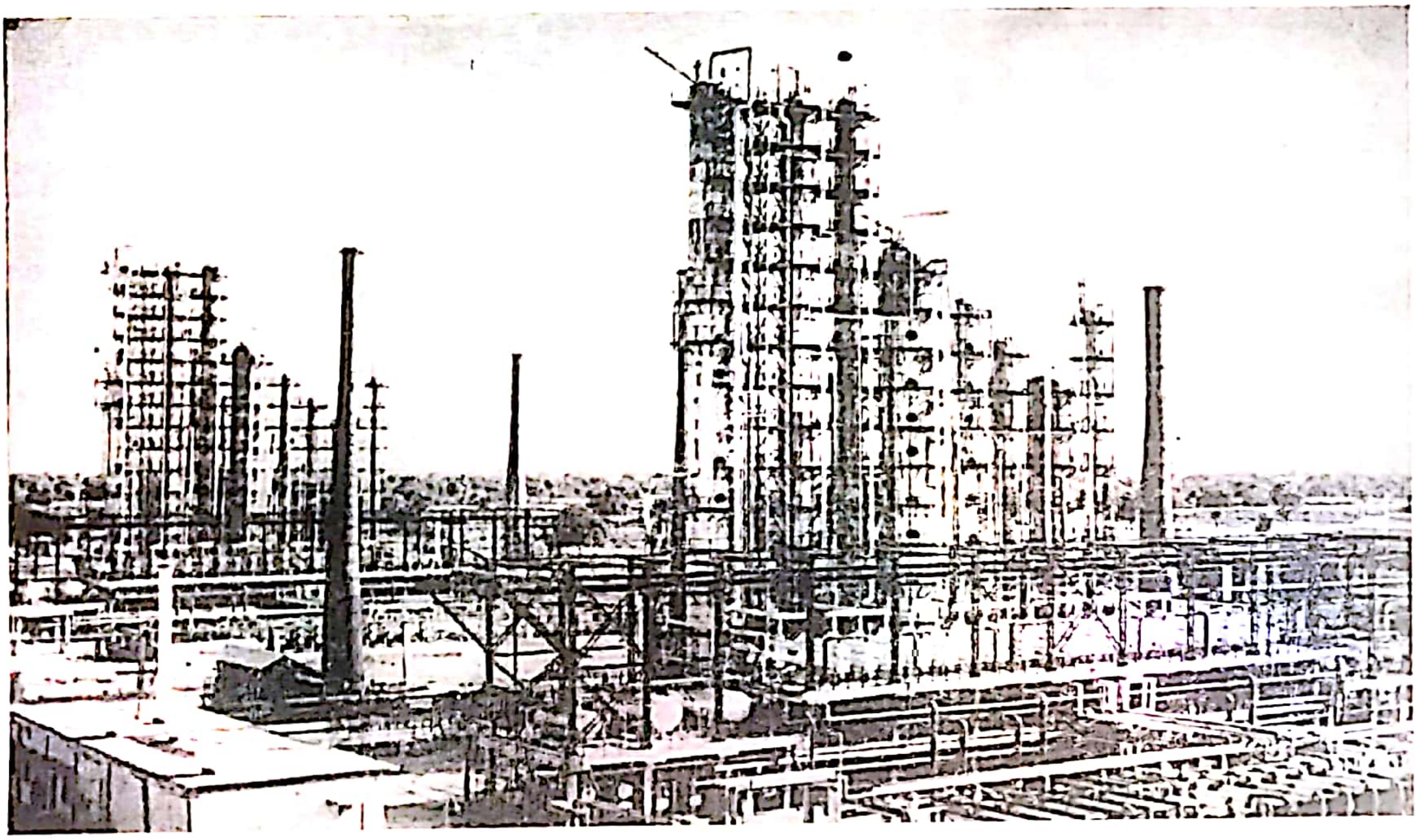
દરરોજના ૯૦૦૦ ટન ક્રુડ તેલનું ફ્રેક્શનેશન

૦ પેદાશ

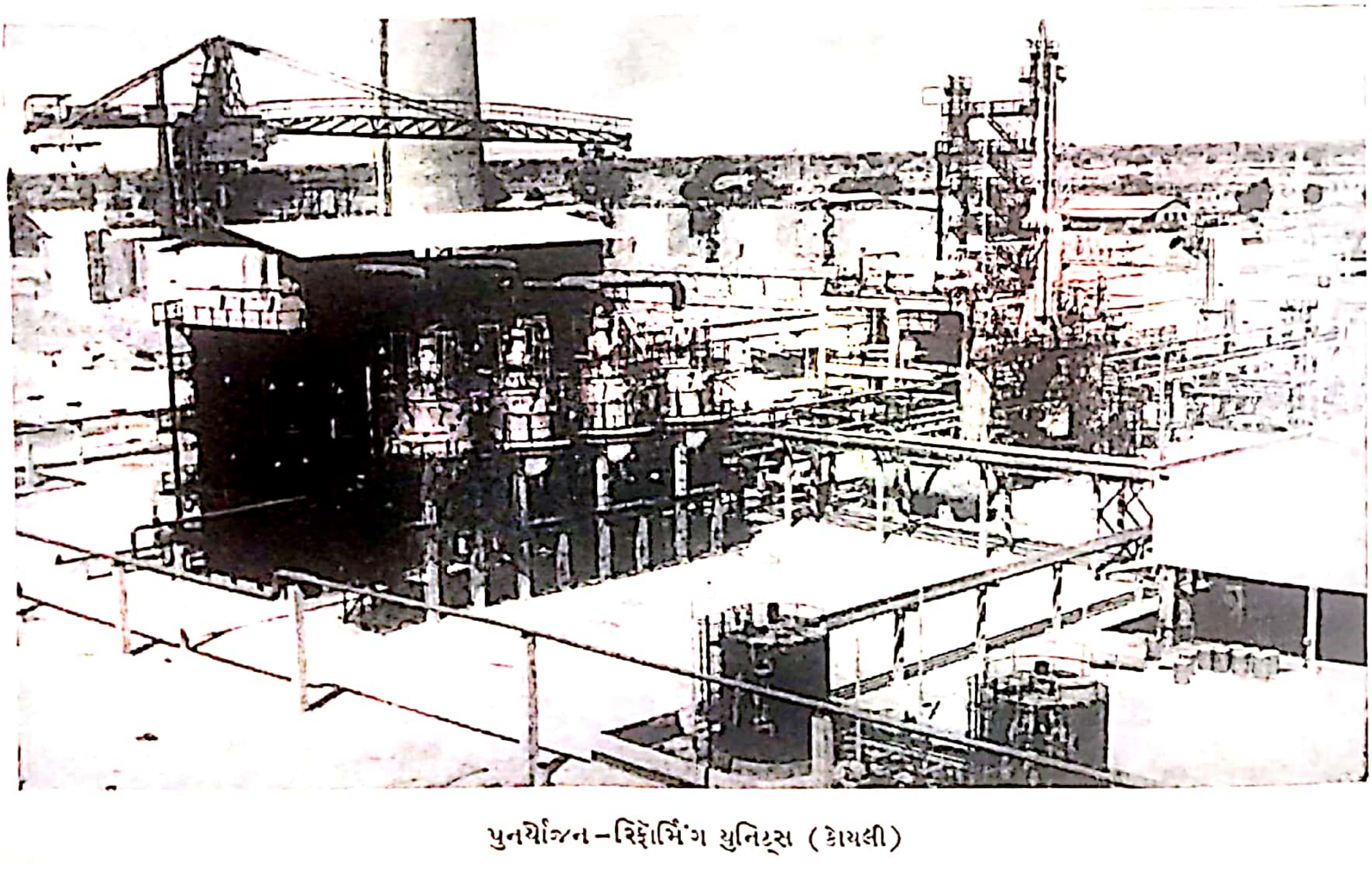
મોટર સ્પિરિટ,
કેરોસીન,
હાઈસ્પીડ ડીઝલ,
લાઇટ ડીઝલ,
બળતણનું તેલ.

વિશિષ્ટતા :

ભારતીય ઇજનેરો * ભારતીય માલસામાન * ઓછામાં ઓછું પરદેશી હૂંડિયામણ



ગુજરાત રિફાઇનરી (કોયલી)નાં પ્રથમ બે યુનિટ : પ્રત્યેકની કેપેસિટી ૧૦ લાખ ટન



પુનર્યોજન–રિફોર્મિંગ યુનિટ્સ (કોયલી)

ASHOK GOPALDAS
TRICHY.

सरदार पटेल युनिवर्सिटी
शीलवृत्तफलं श्रुतम्

૪

જ્ઞાનગંગોત્રી ગ્રંથશ્રેણી : વિજ્ઞાન વિદ્યાશાખા

રસાયણ દર્શન

ડૉ. નરસિંહ મૂ. શાહ
ડૉ. સુરેશ શેઠના
ડૉ. ભાસ્કર માંકડ
પદ્મકાન્ત શાહ
બંસીધર ગાંધી

LIBRARY
Serial No 502
G. Y. M.

SHREE
GUJARATHI YUVAK M...
52, ...
TIRUCHY

સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટી - વલ્લભવિદ્યાનગર

લેખન :

- ૦ **ડૉ. નરસિંહભાઈ મૂ. શાહ :** રસાયણ વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે અગ્રણી પ્રોફેસર તથા લેખક.
- ૦ **ડૉ. સુરેશ શેઠના :** મ. સ. યુનિ૦ વડોદરાની રસાયણ વિદ્યાશાખાના અધ્યક્ષ અને લેખક તથા ૧૯૬૮ની 'અખિલ ભારતીય વિજ્ઞાન પરિષદ'ના રસાયણ વિભાગના પ્રમુખ.
- ૦ **ડૉ. ભાસ્કર માંકડ :** સરદાર પટેલ યુનિ૦ની રસાયણ વિદ્યાશાખાના પ્રાધ્યાપક.
- ૦ **શ્રી પદ્મકાન્ત શાહ :** રેયૉન નેશનલ કૉર્પોરેશન (મુંબઈ)ના લાઇબ્રેરિયન : રસાયણ વિદ્યાના ક્ષેત્રે સિદ્ધહસ્ત લેખક.
- ૦ **શ્રી બંસીધર ગાંધી :** જ્ઞાનગંગોત્રી યોજનાના સહસંપાદક : વિજ્ઞાનક્ષેત્રે લેખક.

ચિત્ર :

- ૦ પૂઠું : ચંદ્ર ત્રિવેદી, અસ્તર : નગેશ પિંગળે

યોજનાદાન : હરિઃ ૐ આશ્રમ – નડિયાદ : ગં. સ્વ. ત્રિવેણીબા (મુંબઈ)ના શ્રેયાર્થે

અનુદાન : શિક્ષા મંત્રણાલય, દિલ્હી ★ ગુજરાત સરકાર, અમદાવાદ

: પ્રકાશન તિથિ :

૧લી આવૃત્તિ નકલ ૩૦૦૦ : ૧૧ જાન્યુઆરી, ૧૯૬૯

: કિંમત :

રૂ. ૨૦-૦૦ (Rs. 20-00)

પ્રકાશક : કાન્તિલાલ અંબાલાલ અમીન : રજિસ્ટ્રાર, સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટી, વલ્લભવિદ્યાનગર (INDIA)

મુદ્રક : શાંતિલાલ હ. શાહ, નવજીવન મુદ્રણાલય, અમદાવાદ–૧૪

નિવેદન

સ્વરાજ્ય આવ્યા પછી આપણા દેશમાં શિક્ષણનો વિસ્તાર વધ્યો છે. સાથે સાથે ઉચ્ચ શિક્ષણની પરિપાટીને કારણે જ્ઞાનવિસ્તારની નવી તકો ઊભી થઈ છે. ટેક્નૉલૉજી ક્ષેત્રે પણ આપણે મોટી ફાળ ભરી રહ્યા છીએ. આમ છતાં ઉચ્ચ શિક્ષણ પ્રાપ્ત કરવા સામાન્ય વિદ્યાર્થીનું જ્ઞાનસંસ્કારનું ભાથું અનેક કારણોસર પર્યાપ્ત નથી અને યુનિવર્સિટી-વિદ્યાર્થીનો જ્ઞાનજગતનો વ્યાપ વામણો ભાસે છે.

વળી સ્વાધીન લોકશાહી સમાજના સર્વાંગી વિકાસ દરમ્યાન સર્વસાધારણ શિક્ષિત પ્રજાજનને પડકારતી અપરંપાર જટિલ સમસ્યાઓ ઉપસ્થિત થતી રહે એ સ્વાભાવિક છે. આવા પ્રસંગે બૌદ્ધિક તાલીમનું ભાથું અપર્યાપ્ત રહી જતાં સુસજ્જ નાગરિક તરીકેની તેની અધૂરપ વૈયક્તિક અને રાષ્ટ્રીય દૃષ્ટિએ અસરકારક પૂર્તિ માગી લે છે.

સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટીએ આ પૂર્તિ, પોતાની મર્યાદામાં રહીને, યથાશક્તિ કરવાના ઉદ્દેશથી એક અદનો સન્નિષ્ઠ પ્રયાસ આદર્યો છે, અને 'જ્ઞાનગંગોત્રી' દ્વારા માનવ વિદ્યાશાખાના ૨૦ અને વિજ્ઞાન વિદ્યાશાખાના ૧૦ એમ કુલ ૩૦ ગ્રંથોની શ્રેણીની યોજનાથી પ્રારંભ કર્યો છે.

આ ગ્રંથશ્રેણી કૉલેજકક્ષાના વિદ્યાર્થીઓ અને શિક્ષિત નાગરિકોને લક્ષમાં રાખી તૈયાર કરવાનું નિરધાર્યું છે. આ શ્રેણી પાછળની નેમ એ છે કે (૧) અભ્યાસવાંછુઓ આ ગ્રંથો થોડાક પરિશ્રમે, છતાં રસપૂર્વક વાંચે, એમની જ્ઞાનપિપાસા પ્રદીપ્ત બને, (૨) આ વાચનને અંતે બહુવિધ વિકાસના મુખ્ય તબક્કા ચિત્તપટ સમક્ષ ઊપસી આવે, (૩) વાચકો માહિતી અને વિગતોની અનેકવિધતા દ્વારા જ્ઞાનપ્રાપ્તિની ચાવી હસ્તગત કરે અને (૪) અભ્યાસીઓના ચિત્તમાં મૂળભૂત સત્યો અને મૂલ્યોની શ્રદ્ધાનાં બીજ રોપાય.

આ દૃષ્ટિએ ઇતિહાસ, ચિંતન, સાહિત્ય, લલિતકલા અને વિજ્ઞાન જેવાં વિવિધ ક્ષેત્રોનાં વિભિન્ન પ્રકારનાં આલેખન પાછળ કેટલીક પાયાની આધારશિલાઓ સ્વીકારીને અમે ચાલ્યા છીએ. જેવી કે,

૧. માનવ-વિકાસ પાછળ અનેક પરિબળો કામ કરતાં હોય છે; પરંતુ, અંતે તો, પરિસ્થિતિના પરિવર્તનમાં માનવીય ચેતના પ્રમુખ ભાગ ભજવે છે; અને વૈયક્તિક માનવીના વ્યક્તિત્વના શક્ય-પૂર્ણ વિકાસના પાયા ઉપર જ સામાજિક-સામુદાયિક વિકાસની ઇમારત રચાવી જોઈએ.

૨. વિજ્ઞાનનું રહસ્ય સતત પરિવર્તનશીલતામાં રહેલું છે અને તેની ચાવી અખંડ સંશોધનવૃત્તિમાં છે. વિજ્ઞાનની વિલક્ષણતા હકીકતોના ભંડાર સંચિત કરવામાં નથી; પરંતુ બાહ્ય વિશૃંખલતાઓની અંતર્નિહિત સંવાદિતા શોધી કાઢવામાં છે.

૩. સંશોધનની આ પ્રક્રિયામાં માનવીને ચેતના અને કલ્પનાશક્તિનું યોગદાન અસાધારણ છે; અને આ વૈજ્ઞાનિક સત્ય મુક્તમાનવ નિર્ણયનું જ પરિણામ છે.

૪. આખરી તોર પર વિજ્ઞાન પણ બીજાં માનવીય ક્ષેત્રોની જેમ મૂલ્યોના નિર્ણય વિના કેવળ યાંત્રિક પ્રવૃત્તિરૂપે ટકી શકે નહીં. આ સંદર્ભમાં વિજ્ઞાનો અને માનવવિદ્યાઓ વચ્ચેના જ્ઞાનસીમાડા એકરૂપ બનતા ભાસે છે.

૫. જીવનની સમગ્રતા સાથે આદિયુગથી સમરસ બનેલી સર્જન પ્રવૃત્તિઓ પ્રત્યે સવિશેષ અભિમુખતા અને આત્મીયતા કેળવવી ઘટે. આપણો વિદ્યાર્થી અને નાગરિક સૌંદર્ય નીરખતો થાય, ઓળખતો થાય, અને આસ્વાદતો થાય એટલે કે પરમાનંદી ઘૂંટ પીતો થાય—એ પ્રકારે ચૈતસિક સર્જનશક્તિનું રહસ્ય છતું કરવું જોઈએ.

૬. અંતે તો, જ્ઞાન એ કેવળ માહિતી નથી; વિજ્ઞાન એ કેવળ ભૌતિક પ્રાકૃતિક હકીકતાનું સંકલન કે પૃથક્કરણ નથી; અનુભૂતિ કેવળ ઘટનાઓનો બાહ્ય સ્પર્શ નથી. જ્ઞાનાનુભૂતિ આ ઉપરાંત ઘણું વિશેષ છે, એ રહસ્ય અવગત કરવાનું આ ગ્રંથશ્રેણીનું લક્ષ્ય છે.

આ સિદ્ધ કરવાનું કાર્ય અત્યંત દુષ્કર છે એવી સભાનતા અમે હમેશ અનુભવી છે. એક બાજુ, યુવકો અને નાગરિકોની કક્ષા—તેમની અભિરુચિ, વાચનશક્તિ અને સમજશક્તિની મર્યાદાઓ છે; તો બીજી બાજુ, ઇતિહાસવિકાસ અને ઘટનાવિકાસ, વિચાર-વિકાસ અને મૂલ્યવિકાસની ઝાંખી કરાવવાનું કાર્ય કઠિન છે. ગંભીર અને કઠણ ગણાતા વિષયો, ગંભીરપણે છતાં આસ્વાદ્ય બનાવીને રજૂ કરવાનું કાર્ય લેખકો માટેય કસોટીરૂપ છે. સંપાદકોની મર્યાદાઓય હોવાની. આમ, આ પ્રયાસ મહત્ત્વાકાંક્ષી અને દુરારાધ્ય લેખાય તેવો હોવા છતાં અતિમહત્ત્વાકાંક્ષી કે અસાધ્ય નથી. ગંગાવતરણ કરવાનો નહીં, ગંગોત્રીનું આચમન કરાવવા જેટલો તો યશ મળશે, એવી શ્રદ્ધાએ અમોએ આ યાત્રા આરંભી છે. અને પરભાષાના ગ્રંથોના અનુવાદો વા રૂપાંતરો રજૂ કરવાને બદલે શક્ય એટલાં મૌલિક અભ્યાસ અને ચિંતન રજૂ કરવાનો હેતુ છે.

અમારા આ પ્રયાસમાં પૂજ્ય શ્રી મોટા દ્વારા, ભારત સરકારના શિક્ષણમંત્રાલય, ગુજરાત રાજ્યના ભાષા નિયામક, તથા અન્ય સદ્‌ગૃહસ્થો, સંસ્થાઓ તરફથી જે આર્થિક સહાય પ્રાપ્ત થઈ છે તે માટે અમે સૌના અંતઃકરણપૂર્વક આભારી છીએ. વાસ્તવમાં આની બીજભૂમિકાનું યથાયોગ્ય શ્રેય પૂ. મોટાને ઘટે છે. હરિઃ ૐ આશ્રમ, નડિયાદ અને રાંદેરના પોતાના ભક્તો ને પ્રશંસકો દ્વારા રૂપિયા બે લાખનું દાન ગુજરાતી આવૃત્તિ માટે અને રૂપિયા પાંત્રીસ હજાર હિંદી આવૃત્તિ માટે પૂ. મોટાએ સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટીને આપી 'જ્ઞાનગંગોત્રી'ના આ કાર્યનું પદારોપણ કર્યું છે.

વિશેષ કરીને, ગુજરાતના અનેક શ્રેષ્ઠ ચિંતકો અને વિદ્વાનોએ આ યોજનામાં તંત્રીમંડળના સભ્યો વા પરામર્શક તરીકે પોતાની સેવા આપીને તથા અનેક પ્રાધ્યાપકો, અભ્યાસીઓ અને વિદ્વાનોએ લેખનની જવાબદારી સ્વીકારીને અમારી યોજનાને મૂર્તરૂપ આપ્યું છે તે માટે અમે તેમના ઋણી છીએ.

અમારી યુનિવર્સિટીની સિન્ડિકેટના સભ્યો તથા અન્ય શિક્ષક તેમ જ વહીવટી સેવકવર્ગે જ્ઞાનગંગોત્રીના આ કાર્યમાં ઉત્સાહપૂર્વક ટેકો આપ્યો છે તેની, આ ગ્રંથના મુદ્રણકાર્યમાં શ્રી મોહનભાઈ પટેલે સુયોગ્ય માર્ગદર્શન આપ્યું છે તેની તથા આ યોજનાના સંપાદક શ્રી ભોગીલાલ ગાંધી તેમ જ સહાયક સંપાદક (વિજ્ઞાન) શ્રી બંસીધર ગાંધીની નૈષ્ઠિક યત્નશીલતાની નોંધ લેતાં મને ખુશી ઊપજે છે.

'જ્ઞાનગંગોત્રી'નું હિંદી સંસ્કરણ થયું છે અને પ્રથમ પુસ્તક ब्रह्माण्डदर्शन હિંદી શ્રેણીમાં પ્રકાશિત થયું છે એ અમારે માટે ખુશનસીબીની બિના છે.

ઈશ્વરભાઈ પટેલ
ઉપ-કુલપતિ
સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટી

વલ્લભવિદ્યાનગર

સત્કાર

ડૉ. ચતુરભાઈ એસ. પટેલ
[વાઇસ ચાન્સેલર, મહારાજા સયાજીરાવ યુનિવર્સિટી, વડોદરા]

સરદાર પટેલ યુનિવર્સિટીએ વ્યાપક શિક્ષણનું જે ભગીરથ કાર્ય ઉપાડયું છે તેની શરૂઆત વિજ્ઞાનશાખાના ગ્રંથોથી થઈ છે એ ખરેખર આવકારપાત્ર છે. અગાઉના ત્રણે ગ્રંથોને બધી બાજુથી સારો સત્કાર મળ્યો છે એ જાણીને મને ખુશી થઈ છે. આ ચોથો ગ્રંથ ‘રસાયણ દર્શન’ પણ તેની વિશેષતા પુરવાર કરશે એવી મને ખાતરી છે.

આજના યુગમાં રસાયણવિદ્યાનું મહત્ત્વ અસાધારણ છે. ઔદ્યોગિક અને વૈદકીય ક્ષેત્ર ઉપરાંત આધુનિક ભૌતિક જરૂરિયાતો સાથે રસાયણવિજ્ઞાન, આશ્ચર્ય લાગે તે હદે, વણાઈ ગયેલું છે. આ ગ્રંથના આરંભમાં ભારતીય વિજ્ઞાનના આદિ યુગનો પરિચય આપતું પ્રકરણ છે; અને અંતમાં વીસમી સદીની હરણફાળનો ખ્યાલ આપતું પ્રકરણ છે. આ બે છેડાનાં બહુ જ મહત્ત્વનાં પ્રકરણોની વચ્ચે રસાયણવિજ્ઞાનના વિકાસના અનેક તબક્કાઓ (ભરપૂર ચિત્રો સાથે) તથા મૂળભૂત સિદ્ધાંતો (જરૂરી વિગતો સાથે) સુંદર રીતે ગૂંથી લેવામાં આવ્યા છે એ આ ગ્રંથની વિશેષતા ગણાય. એટલું જ નહીં પણ રસાયણવિજ્ઞાન જેવા કઠણ વિષયને તેના નિષ્ણાત લેખકોએ અને સુજ્ઞ સંપાદકોએ વિદ્યાર્થીઓ અને નાગરિકો માટે સુલભ અને રોચક સ્વરૂપે રજૂ કરીને તેની ઉપયોગિતા ઘણી વધારી દીધી છે.

આજની આપણી પેઢીના સાંસ્કારિક-બૌદ્ધિક વિકાસનો વિચાર કરતાં મને લાગે છે કે જ્ઞાનગંગોત્રીની આખી યોજના એક ગરવા જ્ઞાનયજ્ઞસમી બની જશે. . .

હું ‘રસાયણ દર્શન’ના ગ્રંથનો આનંદપૂર્વક સત્કાર કરું છું.

વડોદરા, ૪–૧–૧૯૬૯

સંપાદકીય

જ્ઞાનગંગોત્રી શ્રેણીનો આ ચોથો ગ્રંથ પ્રગટ થાય છે.

આ ગ્રંથ, એક રીતે, ટેકનિકલ વિષયનો છે. એનો અભ્યાસ વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનની અપેક્ષા રાખે છે. પરંતુ, અદ્યતન યુગના ઔદ્યોગિક વિકાસમાં આ વિદ્યાનું અસાધારણ વ્યવહારુ અર્પણ રહ્યું છે. આથી આ વિજ્ઞાનથી અપરિચિત શિક્ષિત નાગરિકોને આ વિષયમાં પ્રવેશ કરાવવાના હેતુથી આ ગ્રંથમાં મહત્ત્વનાં મૂળભૂત સૂત્રોનો પરિચય કરાવીને, ઉત્તરોત્તર વિકસતા આ ક્ષેત્રનો ઇતિહાસ, તેના વ્યવહારુ પ્રયોગો તથા તેની સિદ્ધિઓ આગળ ધરી છે; ભાવિની શક્યતાઓનો અંગુલિનિર્દેશ પણ કર્યો છે. આ વિદ્યાના ક્ષેત્રે આદિયુગમાં ભારતનું અર્પણ અપૂર્વ અને ગૌરવભર્યું રહ્યું છે; આથી આ ગ્રંથનો આરંભ અમે ભારતીય રસાયણવિદ્યાથી કરવાનું ઉચિત લેખ્યું છે. અત્રે એક ખુલાસો કરી લેવો ઉચિત છે: 'કૃષિ વિજ્ઞાન'નો એક સ્વતંત્ર ગ્રંથ તૈયાર કરી રહ્યા હોઈને અમે આ ગ્રંથમાં 'કૃષિક્ષેત્રે રસાયણ વિજ્ઞાન' વિષયનો સમાવેશ કરવાનું ઉચિત લેખ્યું નથી.

આ ગ્રંથના લેખકો રસાયણવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે લબ્ધપ્રતિષ્ઠ તજ્જ્ઞો અને લેખકો છે. એમનાં જ્ઞાન અને રસળતી કલમનો લાભ આ ગ્રંથને ઉપકારક બન્યો છે. આ ક્ષેત્રે શિરમોર સમા વડીલ વિદ્વાન આચાર્ય શ્રી નરસિંહભાઈ મૂ. શાહ ગ્રંથનું લખાણ અથેતિ જોઈ ગયા છે; અને તેમનાં સતત સૂચનો અમને માર્ગદર્શક રહ્યાં છે, તે માટે અમે તેમના સવિશેષ ઋણી છીએ. આ ગ્રંથના લેખક ડૉ. સુરેશ શેઠનાએ, હૃદયરોગની અસરમાંથી મુક્ત થયા પછી, તેમને માથે અખિલ ભારતીય વિજ્ઞાન પરિષદના રસાયણ વિભાગના પ્રમુખ તરીકેની ગંભીર જવાબદારી હોવા છતાં, આ ગ્રંથ માટે સ્વીકારેલી જવાબદારી પાર પાડવામાં જે ઉત્સુકતા ધરાવી છે તે ખરેખર ઉલ્લેખનીય છે.

આ ગ્રંથમાં ભારતીય રસાયણ વિદ્યાના પ્રકરણમાં જૈન તત્ત્વજ્ઞાન અંગે કેટલાંક વિધાનો છે. આ વિધાનો જૈન તત્ત્વજ્ઞ અને ઇતિહાસવિદ તથા આ યોજનાના એક પરામર્શક, શ્રી રસિકલાલ છો. પરીખે ચકાસી આપીને અમને મમતાપૂર્ણ સહકાર આપ્યો છે તે અમૂલ્ય છે.

આ ગ્રંથને આ વિષયના અભ્યાસી ડૉ. ચતુરભાઈ એસ. પટેલ (એમ. એસ. યુનિવર્સિટી, વડોદરાના વાઇસ ચાન્સેલર) તરફથી 'સત્કાર' પ્રાપ્ત થયો છે તે વિશેષ આનંદપ્રદ છે. અને આ ગ્રંથનું પ્રકાશન તા. ૧૧મી જાન્યુઆરી ૧૯૬૯ના રોજ, ભારતીય ઉચ્ચશિક્ષણ ક્ષેત્રે વરસો સુધી એકધારી સેવા બજાવનાર, ભારત સરકારના શિક્ષણપ્રધાન ડૉ. ત્રિગુણ સેનને હાથે થાય છે એ ગ્રંથને સાંપડેલો સવિશેષ લાભ છે.

અગાઉના ગ્રંથોની જેમ આ ગ્રંથ વિદ્યાર્થીઓ અને શિક્ષિત નાગરિકોને એક મહત્ત્વના વિષયના પ્રવેશક તરીકે ઉપયોગી નીવડશે એવી આશા સાથે રજૂ કરીએ છીએ.

— સંપાદકો

તા. ક.

ડૉ. ત્રિગુણસેન, સંજોગોવશાત્, આવી ન શકવાને કારણે, એસ. એન. ડી. ટી. યુનિવર્સિટીનાં વાઇસ-ચાન્સેલર શ્રીમતી લેડી પ્રેમીલાબેન ઠાકરસીના પ્રમુખ પદે ગુજરાત યુનિવર્સિટીના વાઇસ ચાન્સેલર શ્રી. ઉમાશંકર જોશીએ દીપ પ્રગટાવી પ્રકાશન કર્યું હતું.

અનુક્રમણિકા

ખંડ : ૧

ભારતીય રસાયણવિજ્ઞાન : ડૉ. ન. મૂ. શાહ ૧ : ૧
ચીની-આરબી કીમિયાગીરી : બંસીધર ગાંધી ૨ : ૧૦
યુરોપ : રસાયણ વિજ્ઞાનનો વિકાસ : ડૉ. સુરેશ શેઠના ૩ : ૧૯
મૂળતત્ત્વોનું આવર્તક કોષ્ટક : ડૉ. સુરેશ શેઠના ૪ : ૩૬

ખંડ : ૨

ધાતુ-રસાયણ : ડૉ. ન. મૂ. શાહ ૫ : ૪૩
સ્ફોટકો : ડૉ. ન. મૂ. શાહ ૬ : ૮૫
રત્નવિજ્ઞાન : ડૉ. ન. મૂ. શાહ ૭ : ૮૯

ખંડ : ૩

કાર્બનિક રસાયણની ભૂમિકા : પદ્મકાન્ત શાહ ૮ : ૧૦૩
સ્નિગ્ધ દ્રવ્યો : પદ્મકાન્ત શાહ ૯ : ૧૧૦
પેટ્રોલિયમ : પદ્મકાન્ત શાહ ૧૦ : ૧૧૯

ખંડ : ૪

રબર : પદ્મકાન્ત શાહ ૧૧ : ૧૩૭
પ્લાસ્ટિકો : પદ્મકાન્ત શાહ ૧૨ : ૧૪૫
માનવસર્જિત વસ્ત્રતંતુ : પદ્મકાન્ત શાહ ૧૩ : ૧૫૯

ખંડ : ૫

રંગ અને વર્ણકો : ડૉ. ભાસ્કર માંકડ ૧૪ : ૧૬૭
સંશ્લેષિત ઔષધો : ડૉ. ભાસ્કર માંકડ ૧૫ : ૧૮૩

ખંડ : ૬

અધાતુઈ મૂળતત્ત્વો : બંસીધર ગાંધી ૧૬ : ૨૧૧
રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગ : ડૉ. ન. મૂ. શાહ ૧૭ : ૨૨૬

ખંડ : ૭

અદ્યતન હરણફાળ અને નવી ક્ષિતિજો : ડૉ. સુરેશ શેઠના ૧૮ : ૨૩૩

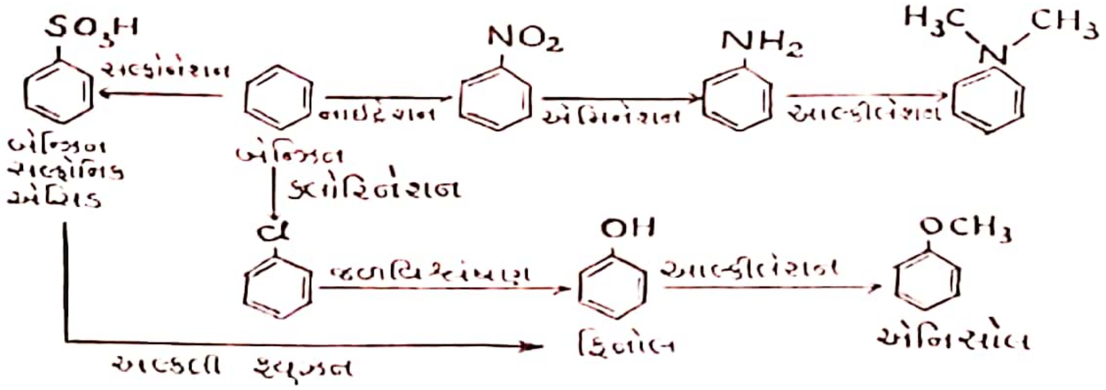
શુદ્ધિપત્ર

પૃષ્ઠ	લીટી	ક્ષતિ	સુધારો

૪૭ ૧૬–૧૭મી લીટીનું સમીકરણ નીચે મુજબ જોઈએ.

$$4\,Co(OH)NO_3 + 28\,NH_4OH + O_2$$
$$= 4[Co(NH_3)_6]^{+++}(OH)_3 + 4NH_4NO_3 + 22H_2O$$

પૃષ્ઠ	લીટી	ક્ષતિ	સુધારો
૪૭	૧૫	$[Co(NH_2)_6]$	$[Co(NH_3)_6]$
૬૫	૧૭	સૂત્રમાં નાનો o કેપિટલ O વાંચવો.	
૭૬	૨૩	મૅગ્નેશિયમ	મૅગ્નેલિયમ
૮૪	છેક નીચેના બ્લૉકમાં	કેકોડિલનું સૂત્ર	$As_2(CH_3)_4$
૮૬	૨૦	KNO	KNO_3
૯૩	૪	સૂત્ર NA_5NO_3	$NaNO_3$
૧૫૩	મથાળાના સૂત્રમાં	C=	C=C
૧૬૭	૧૧	એનેલિન	આધારિત
૧૬૮	૨	રંગરંજન	રંગ કે રંજક
૧૬૯	૧૨	નાઈટ્રો સમૂહો	નાઈટ્રોસો સમૂહો
૧૬૯	ઉપરનો બ્લૉક રદ		નીચે આપેલો બ્લૉક



પૃષ્ઠ	લીટી	ક્ષતિ	સુધારો
૧૬૯	નીચેના બ્લૉક નીચે	બેન્ઝિન	સાયક્લોહેક્ઝેન
,,	,,	સાયક્લોહેક્ઝેન	બેન્ઝિન
૧૭૦	૨૩	ટ્રાયએફિલ મેથેઇન	ટ્રાયફિનાઇલ મિથેઇન
૧૭૩	૨૪	કાર્બોલિન	કાર્બોનિલ
૧૭૫	જમણા હાથે ઉપરનું સૂત્ર	CHCH	CH=C
૧૭૫	,, છેલ્લું સૂત્ર	Cl વાળા વલયમાં	દ્વિબંધો ઉમેરવા
૧૭૬	૧૨	ph	pH
૧૭૬	૧૪	ફ્લેવેનોન	ફ્લેવોન
૧૮૪	૧૮	વર્ણકો	રંજકો
૧૯૧	રેસર્પિનના નામ પાસે	વલયયુક્ત મસ્ટાર્ડ	(શબ્દ કાઢી નાખવા)
૧૯૧	રેસર્પિનના સૂત્રમાં	O–CO	O⋮–CO
૨૦૩	જમણી બાજુ મથાળાના બ્લૉક નીચે	ઓરિયોમાયસિન	ઇરિથ્રોમાયસિન

૨૦૩ નાઈટ્રોજન મસ્ટાર્ડના સૂત્ર સામે આપેલા સૂત્ર નીચે વલયયુક્ત મસ્ટાર્ડ ઉમેરવું

૨૩૫ વિરલ માટીનાં મૂળતત્ત્વોની યાદીમાં ત્રીજા કૉલમમાંથી છેલ્લાં ચાર નામ કાઢી નાખવાં.

ખંડ : ૧

મહર્ષિ આચાર્યશ્રી
ડૉ. પ્રફુલ્લચંદ્ર રાય

જન્મ : ૨-૮-૧૮૬૧
અવસાન : ૧૬-૬-૧૯૪૪

"આપ પુરાણા ભારતના કોઈ મહર્ષિ ગુરુ, પુનર્જન્મ પામી, એ સમયના ભારતના જ્ઞાનભંડાર ઉપર પ્રકાશ પાથરી અમોને પ્રેરણાનાં પીયૂષ પાવા પધાર્યા છો.

જ્યારે વર્તમાનકાળની બુદ્ધિમત્તાએ હાંસલ કરેલી સિદ્ધિઓનો ઇતિહાસ આલેખાશે, ત્યારે રસાયણ-વિદ્યાના આદ્યપિતા, પ્રચારક અને અગ્રેસર તરીકે આપનું નામ સુવર્ણાક્ષરે અંકાશે.

'ભારતીય રસાયણવિદ્યાનો ઇતિહાસ' લખી આપે ભારતની સિદ્ધિઓ પરત્વે એક નવું જ પ્રકરણ ઉઘાડ્યું છે અને વીસરાઈ ગયેલા ભૂતકાળ સુધી સેતુ બાંધી આજના યુવાન સંશોધકોને કોઈક નાગાર્જુન અને ચરકના આત્મા સાથે હાથ મિલાવવાની તક પૂરી પાડી છે.

રસાયણવિદ્યાના આપના શાસ્ત્રીય જ્ઞાને આપણા દેશના કાચા ધનનો વ્યાવહારિક ઉપયોગ કરવા આપને પ્રેર્યા અને એક ફૂટી બદામનાય ટેકા વગર વિજ્ઞાન તેમજ તેની આનુષંગિક વ્યાપારી સંસ્થા, શું શું સાધી શકે છે તેનું જીવંત પ્રતીક આપે સ્થાપેલું 'બેંગોલ કેમિકલ ઍન્ડ ફાર્માસ્યુટિકલ વર્ક્સ' બની રહેશે.

જીવનની સંધ્યાએ જ્યારે બહુજન સમાજ શાંતિ અને આરામ ઝંખે ત્યારે એક પેઢી અગાઉ આપે જલાવેલી વિજ્ઞાનની જ્યોતને એકધારા પ્રકાશથી સતત જલતી રાખવા આપ ધુરા વહી રહ્યા છો."

[પ્રેસિડન્સી કૉલેજ, કલકત્તામાંથી નિવૃત્ત થઈ યુનિવર્સિટી કૉલેજમાં જોડાયા તે સમયે તેમના શિષ્યોએ આપેલા માનપત્રમાંથી]

૧ : ભારતીય રસાયણવિજ્ઞાન

રસાયણવિજ્ઞાનની શરૂઆત ક્યારથી થઈ એ કહેવું શક્ય નથી. અનેક દેશોમાંથી મળી આવેલા પુરાતત્ત્વીય અવશેષો પરથી જણાય છે કે ઈ. સ. પૂર્વે ૩,૫૦૦ વર્ષથીય પહેલાં કેટલીક રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓનો ઉપયોગ પ્રચલિત હતો. મદ્ય, સરકો, ધાતુકામ, વનસ્પતિજન્ય તેમ જ પ્રાણીજન્ય રંગો, ખનિજ રંગો, કાચ, ઓપ ચડાવેલાં માટીનાં વાસણો વગેરેની વપરાશ ઘણી જૂની છે. પરંતુ આવા બધા પદાર્થોમાં રહેલા રાસાયણિક સિદ્ધાંતો તથા રાસાયણિક ક્રિયાઓને આપણા પૂર્વજોએ ઓળખ્યાં ન હતાં. છેક પાષાણયુગના અવશેષોમાં પણ સોનાનાં ઘરેણાં મળી આવ્યાં છે. રસાયણના ક્ષેત્રમાં હિંદ, ચીન અને ઇજિપ્તે નોંધપાત્ર પ્રગતિ દાખવી હતી. એ જૂના જમાનામાં આવી વિદ્યા જાણનારા જાદુગર કીમિયાગર કહેવાતા. રસાયણવિજ્ઞાનની વિજ્ઞાન તરીકેની પ્રગતિ તો છેલ્લી બે સદીમાં જ થઈ છે. હવે આપણે ક્રમશઃ ભારત, ચીન, અરબ દેશો અને યુરોપમાં એ પ્રગતિ ક્યા પ્રકારે થઈ તેનું વિહંગાવલોકન કરી લઈએ.

અન્ય દેશોની માફક પ્રાચીન હિંદમાં પણ રસાયણવિજ્ઞાનનો ઉદ્ભવ જીવનની જરૂરિયાતો સંતોષવા વ્યવહારુ કળાઓની ખિલવણીમાંથી થયો છે. આ ઉપરાંત દ્રવ્યની રચના અને તેનું સ્વરૂપ સમજવાના વિચારો પણ વિકસતા જતા હતા. જાત-સંરક્ષણ અને કાંઈક નવું જાણવાની ઉત્કંઠાએ પણ રસાયણને જન્મ આપ્યો.

ભારતીય રસાયણવિજ્ઞાનનો ઇતિહાસ નીચે મુજબ છ તબક્કામાં વહેંચી શકાય:

૧. પ્રાગ્-ઐતિહાસિક કાળ – (ઈ. સ. પૂર્વે ૪૦૦૦ થી ૧૫૦૦ સુધી)

૨. આયુર્વેદિક કાળ – (વૈદિક યુગથી યા પ્રાગ્-બુદ્ધકાળ – આશરે ઈ. સ. પૂર્વે ૬૦૦થી થી ઈ. સ. ૮૦૦ સુધી)

૩. સંક્રાન્તિ કાળ – (ઈ. સ. ૮૦૦થી ૧૧૦૦ પર્યંત)

૪. તાંત્રિક યુગ – (ઈ. સ. ૮૦૦થી ૧૩૦૦ પર્યંત)

૫. આયેટ્રો-કેમિકલયુગ (Iatro-chemical period) – (ઈ. સ. ૧૩૦૦થી ૧૫૦૦ સુધી) (રસાયણનો ઔષધો માટે ઉપયોગ કરવાનો યુગ)

૬. બ્રિટિશરોના આગમન પછીનો યુગ – (આશરે ઈ. સ. ૧૮૦૦)–તે સમયે હુન્નરોમાં થતો રસાયણનો ઉપયોગ.

પ્રાગ્-ઐતિહાસિક યુગમાં ભારતમાં રસાયણનું જ્ઞાન ધરાવનારાઓ હતા તેની માહિતી બલૂચિસ્તાન, સિંધ, પંજાબ અને ગુજરાતમાંથી મળેલા પુરાતત્ત્વના અવશેષો પરથી સાંપડે છે. સિંધમાં

મોહેં-જો-ડેરો, પંજાબમાં હડપ્પા અને ગુજરાતમાં લોથલ સુધી પ્રાગ્-આર્ય સંસ્કૃતિ ફેલાયેલી હતી એમ ત્યાંથી મળેલા પુરાતત્ત્વીય અવશેષો પરથી પુરવાર થાય છે. આ સંસ્કૃતિ ઈજિપ્તની નાઈલની ખીણમાં અને મૅસોપોટેમિયામાં સુમેરિયન સંસ્કૃતિની સાથે સંકળાયેલી હતી યા તેના જેવી હતી.

નિષ્ણાત તજજ્ઞોના અભિપ્રાયો અનુસાર હડપ્પા સંસ્કૃતિ ઈ. સ. પૂર્વે ૨૫૦૦ થી ૧૮૦૦ પર્યંત સિંધુ નદી અને તેને મળતી પાંચ નદીઓના પ્રદેશમાં ખીલી હતી. એટલે આદિ કાંસાયુગની સિંધુખીણની સંસ્કૃતિ તરીકે તેનો નિર્દેશ કરવામાં આવે છે.

આ પ્રાગ્-ઐતિહાસિક કાળમાં એ વખતના લોકો માટીમાંથી વાસણો બનાવવાની કળાથી પરિચિત હતા એટલું જ નહીં પણ બે કે વધારે રંગોથી રંગવાની કળા પણ જાણતા હતા. આનો અર્થ એ થયો કે માટીનાં વાસણો પકવવાની ભઠ્ઠીઓ(નિભાડા)ની રચના પણ તેઓ કરી જાણતા. તાંબાના ખનિજમાંથી તાંબું કાઢવાની કળા, તેમાંથી જુદા જુદા ઘાટ ઘડવા માટે હથોડા વડે ટીપવાનું, ધાતુ કાપવાનું અને તેનાં પતરાં બનાવવાનું અને કાંસાના ઢાળા પાડવાનું પણ તેઓ જાણતા. આ બધું કામ ૭૦૦°–૮૦૦° સે. જેટલા ઉષ્ણતામાને કરવાની સિદ્ધિ તેમણે પ્રાપ્ત કરી હતી.

ઈ. સ. પૂર્વે ૧૫૦૦ના અરસામાં આર્યો આવ્યા ત્યાં સુધી આ સંસ્કૃતિની જાહોજલાલી હયાત હતી. આર્યો શરૂઆતમાં ખેડૂતો હતા. પણ ધીમે ધીમે તેમણે વિજ્ઞાન, સાહિત્ય, કલા, તત્ત્વજ્ઞાન અને ધર્મ આદિ ક્ષેત્રોમાં પ્રગતિ સાધીને આર્ય સંસ્કૃતિ ઊભી કરી. આ સંસ્કૃતિના પ્રારંભથી રસાયણવિજ્ઞાન આગળ વધવા લાગ્યું. અનેક રાજકીય અને સામાજિક ફેરફારો દેશમાં થતા હતા છતાં, એ પ્રગતિ ઘણાં વર્ષો સુધી ચાલુ રહી. છેવટે મધ્યયુગના અંતમાં તેના વિકાસમાં ભિક પીછેહઠ શરૂ થઈ એ વાત સાચી છે.

ઋગ્વેદના દેવો મૂળતત્ત્વોનાં અને બીજી કુદરતી ઘટનાઓનાં વિશિષ્ટ પ્રતીકો છે, જેમ કે અગ્નિદેવ, વાયુદેવ, સૂર્યદેવ. ઔષધીય વનસ્પતિઓને પણ દેવો તરીકે લેખવામાં આવતી; દા. ત. સોમવલ્લી. તેનો દેવ સોમદેવ માંદાને સાજા કરે છે. હિંદુ કીમિયાગીરીનો ઉષ:કાળ સોમરસથી શરૂ થાય છે. અથર્વવેદમાં ડાકણ, મેલી વિદ્યાઓ અને જાદુ એવી બાબતોનો ઉલ્લેખ જોવા મળે છે. ત્રણ વેદોની જેમ અથર્વવેદને પવિત્ર ગણવામાં આવતો ન હતો કારણ કે તેનાં અમુક સૂક્તોમાં સ્વાર્થ તેમ જ દુષ્ટ કાર્યો સાધવા માટે આસુરી શક્તિઓનું આવાહન કરવામાં આવ્યું છે. અથર્વવેદમાં દર્દોના નિવારણ માટે અને ભૂતનો વળગાડ મટાડવા માટે જે સૂક્તો આપેલાં છે તેને भैषज्यानि તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. એથી ઊલટું દીર્ઘાયુષ્ય અને તંદુરસ્તી મેળવવા માટેનાં સૂક્તો आयुष्याणि કહેવામાં આવ્યાં છે; એ બેમાંથી 'રસાયણ' વિદ્યા આવી લાગે છે.

અથર્વવેદના સમયમાં સોના અને સીસા અંગે જે રસાયણ વિષેના ખ્યાલો એકત્રિત થયા હતા તે નોંધવા જેવા છે:

'રસરત્નસમુચ્ચય'માં પાંચ પ્રકારના સુવર્ણનો ઉલ્લેખ છે. સુવર્ણને જીવનનું સત્ત્વ ગણવામાં આવ્યું છે. સીસાને જાદુની અસર દૂર કરનાર ગણવામાં આવ્યું છે.

વેદોના ઉત્તર કાળમાં વિકાસ પામેલ તત્ત્વજ્ઞાનની પદ્ધતિઓ અને ઉપનિષદોના સિદ્ધાંતોનું આ યુગમાં પ્રાબલ્ય હતું. વિશ્વરચના અને વિજ્ઞાનની રીતોને લગતા ભૌતિક અને રાસાયણિક

સિદ્ધાંતો આ સાથે સંબંધ ધરાવે છે. આ સિદ્ધાંતોનું વિગતવાર વિવરણ બી. એન. સીલે પોતાના 'પોઝિટિવ સાયન્સીસ ઑફ એન્શ્યન્ટ હિંદુઝ' નામના પુસ્તકમાં કર્યું છે. દ્રવ્યરચના અને તેમાં થતા ફેરફારો સાથે મુખ્યત્વે રસાયણવિજ્ઞાનનો સંબંધ હોવાથી એમાંના કેટલાક સિદ્ધાંતોની વિશેષતાઓ અહીંયાં જોઈ જઈએ.

એ સ્પષ્ટ કરવું જોઈએ કે, આ સિદ્ધાંતો કેવળ કાલ્પનિક હતા. તેને પુરવાર કરવા પ્રયોગોનો ટેકો શૂન્યવત્ હતો: તેઓ સૂક્ષ્મ વિચારશ્રેણીના પરિણામ રૂપ હતા. વિશ્વોત્પત્તિ અંગેના બે સિદ્ધાંતો ઉલ્લેખનીય છે: ઈ. સ. પૂર્વે ૧૦૦૦ના અરસામાં છાંદોગ્ય ઉપનિષદમાં અને સાંખ્ય વિચારસરણીમાં તેનું વિવરણ કરેલું છે. પતંજલિએ પોતાના 'યોગશાસ્ત્ર'માં અપનાવેલ વિશ્વોત્પત્તિનો સાંખ્યસિદ્ધાંત ખરેખર વૈજ્ઞાનિક અભિતર્કનાં બધાં લક્ષણો ધરાવે છે. શક્તિસંરક્ષણ, પરિવર્તન અને વિતરણના સિદ્ધાંતો પર તેનું મંડાણ છે; એટલું જ નહીં પણ દેશ અને કાળનો વિચાર પણ તેમાં કરેલો છે. ઋગ્વેદનાં કેટલાંક સૂક્તોમાં અને છાંદોગ્ય આદિ ઉપનિષદોમાં તેમ જ પુરાણોમાં વિશ્વોત્પત્તિનાં નિરૂપણો છે તેમાં એક કલ્પના આ પ્રમાણે છે:

પ્રથમ પાણી હતું. એમાંથી હિરણ્યગર્ભ નામનું સુવર્ણ ઈંડું ઊપસી આવ્યું. આ ઈંડાના પરિપાક બાદ અમુક સમયે તેના બે ટુકડા થયા અને સ્વર્ગ અને પૃથ્વી એ બે દુનિયા પેદા થઈ. આ અતિ પ્રાથમિક વિચાર છે પણ 'વિકસતું વિશ્વ'ના વિચાર પર રચાયેલા ઉત્ક્રાંતિના આધુનિક સિદ્ધાંતને તે કંઈક મળતો આવે છે. બ્રહ્માંડ શબ્દમાં પણ બ્રહ્મ અને અંડ એવા બે શબ્દો છે. બ્રહ્મનો અર્થ વિકસતું યા વૃદ્ધિ પામતું તત્ત્વ અને અંડ એટલે ઈંડું. આ વિશ્વોત્પત્તિની પ્રક્રિયાનું સૂચક છે.

વિપરિણમન અથવા પરિણમન યા પરિણામનો સિદ્ધાંત પણ પ્રાચીન કાળમાં હિંદુઓને સમજાયો હતો. ઈ. સ. પૂર્વે ૮થી ૬ સૈકાના મનાતા યાસ્કના નિરુક્તમાં જે છ ભાવો વર્ણવ્યા છે તેમાં પરિણામનો પણ સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે. આની વ્યાખ્યા એવી છે કે સ્વભાવમાંથી ખસ્યા વગરનો વિકાર તે વિપરિણમન. આ સિદ્ધાંત આગળ વધીને સાંખ્યવાદના પ્રકૃતિદર્શનમાં વિકસ્યો છે અને જૈન દર્શનમાં જડ અને ચેતન તત્ત્વો પરત્વે પણ વિકસ્યો છે.

સાંખ્ય પદ્ધતિના પ્રસિદ્ધ પ્રણેતા કપિલે દ્રવ્યનાં અંતિમ તત્ત્વો અંગે પોતાના વિચારો ખીલવ્યા હતા. તેમના મત અનુસાર પ્રકૃતિમાંથી મહત્(બુદ્ધિ), તેમાંથી અહંકાર (વિશેષ થવું તે – individuation) અને તેમાંથી સોળ તત્ત્વો વિકાસ પામ્યાં. એને ષોડશક કહે છે. પાંચ તન્માત્રા તે શબ્દ તન્માત્ર, સ્પર્શ તન્માત્ર, રૂપ તન્માત્ર, રસ તન્માત્ર અને ગંધ તન્માત્ર. એમાંથી પાંચ જ્ઞાનેન્દ્રિયો, પાંચ કર્મેન્દ્રિયો અને જ્ઞાનક્રિયાઉભયાત્મકમાં પંચ તન્માત્રામાંથી પંચ મહાભૂતો ઉદ્ભવ્યાં: જેમ કે શબ્દ તન્માત્રમાંથી આકાશ, સ્પર્શ તન્માત્રમાંથી વાયુ, રૂપ તન્માત્રમાંથી તેજ, રસ તન્માત્રમાંથી પાણી અને ગંધ તન્માત્રમાંથી પૃથ્વી. આમ પાંચ પરમાણુમાંથી પાંચ મહાભૂત ઉત્પન્ન થાય છે. (ઈશ્વરકૃષ્ણ, સાંખ્યકારિકા, ૨૨, ગૌડપાદભાષ્ય).

આપણી પંચેન્દ્રિયોનો સંબંધ પંચ તન્માત્રા સાથે છે અને પંચ મહાભૂતો, જેના સંયોજન અને વિયોજનથી આ વિશ્વપ્રક્રિયા ચાલે છે તેના મૂળમાં પણ આ પંચ તન્માત્રા છે એ

ઉલ્લેખનીય છે. ક્ષિતિ, અપ્ અને વાયુને રસાયણનાં મૂળતત્ત્વો તરીકે ગણવામાં આવ્યાં છે. ક્ષિતિ એટલે બધા ઘન પદાર્થો, અપ્ એટલે બધા પ્રવાહીઓ અને વાયુ એટલે બધા વાયુઓ.

સાંખ્યમત અનુસાર આ બધાં સ્થૂળ મૂળતત્ત્વોના પરમાણુઓ (અણુઓ) 'તન્માત્રા'ના બનેલા છે. અણુઓમાં 'તન્માત્રા'ના સમૂહીકરણમાં ફેરફારોને લીધે એક જ 'ભૂત' વર્ગના ગુણ-ધર્મોમાં તફાવત આવે છે. ઍમ્પીડૉક્લિસ (ઈ. સ. પૂર્વે ૪૯૦–૪૩૦) નામના ગ્રીક તત્ત્વવેત્તાએ દાખલ કરેલા મૂળતત્ત્વના સિદ્ધાંતને આ સાંખ્યવાદ ઘણો મળતો આવે છે. વૈશેષિક પદ્ધતિના સ્થાપક કણાદનો સિદ્ધાંત ડૅમોક્રિટસ (ઈ. સ. પૂર્વે ૪૭૦–૩૬૦)ના સિદ્ધાંતને ઘણી રીતે મળતો આવે છે. નૈયાયિક પદ્ધતિમાં પણ લગભગ આવા જ વિચારો દર્શાવાયા છે.

જૈનોનો (આશરે ઈ. સ. ૪૦) પરમાણુવાદનો સિદ્ધાંત રાસાયણિક સંયોજનના વિષયમાં ખૂબ રસપ્રદ ફાળો આપે છે. પરમાણુ સંયોજનોના પૃથક્કરણ અને અણુની બનાવટમાં પરમાણુઓના આકર્ષણ યા પ્રત્યાકર્ષણને તે સ્પર્શે છે. જૈન દાર્શનિકો માને છે કે, પ્રાથમિક પદાર્થો(ભૂતો)ના વિવિધ વર્ગો એક જ મૂળ પરમાણુઓના બનેલા છે. એટલે રાસાયણિક સંયોજનો તેમ જ અણુની બનાવટમાં એક જ પ્રકારનાં આંતર-પરમાણુ બળો સંકળાયેલાં છે. જૈન મત અનુસાર પરમાણુઓ કે અણુઓ માત્ર એકબીજાની સમીપ આવે એટલે રાસાયણિક સંયોજન થાય એવું નથી. સંયોજન પૂર્વે પરમાણુઓ કે અણુઓ વચ્ચે આંતર-ગઠન થવું જોઈએ. દ્રવ્ય(ભૂત)ને જૈન દર્શનમાં પુદ્ગલ કહેવાય છે. તેનાં બે સ્વરૂપો છે: એક પરમાણુ(અણુ) અને બીજું, સમૂહ (સ્કંધ).

વિરોધી ગુણધર્મવાળાં દ્રવ્યના રજકણો વચ્ચે જ સંયોજન સંભવિત છે. એક ધન (+) હોવો જોઈએ, અને બીજો ઋણ(–). આવા વિરોધી ગુણો, દાખલા તરીકે બરછટ અને સુંવાળું, સૂકું અને સ્નિગ્ધ વગેરે વડે દર્શાવી શકાય. બે એકસરખા રજકણો – બન્ને ધન અને બન્ને ઋણ – સંયોજાઈ ન શકે, જો આ ગુણો સરખા માનના હોય તો.

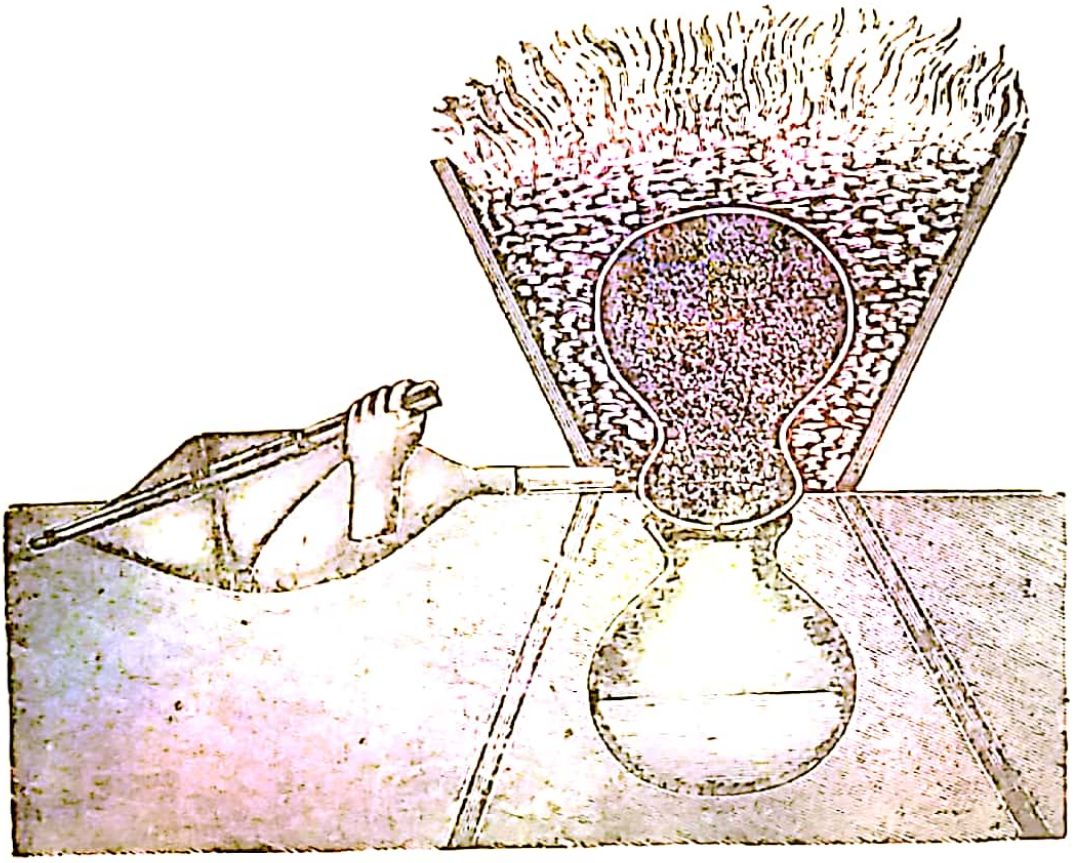
પરમાણુના ગુણધર્મો અને સંયોજનના ભૌતિક ગુણધર્મોના ફેરફારો આ સંયોજન પર આધાર રાખે છે. જૈનોનો આ મત મહાન સ્વીડિશ રસાયણવિદ બર્ઝેલિયસે (ઈ. સ. ૧૭૭૯–૧૮૪૮) રજૂ કરેલા રાસાયણિક સંયોજનના દ્વંદ્વવાદ(dualistic hypothesis)ને સારી રીતે મળતો આવે છે. આ દર્શનોના સમય અંગે ખાસ ચોક્કસ માહિતી પ્રાપ્ત થઈ નથી. પણ મૅક્સમૂલર, મૅકડોનેલ અને અન્ય વિદ્વાનોના અભિપ્રાય અનુસાર એમ કહી શકાય કે હિંદુ દર્શનોની છ પદ્ધતિઓ બુદ્ધના સમય (ઈ. સ. પૂર્વે પાંચમા સૈકા)થી આશરે ઈ. સ. પૂર્વે ૧૦૦ સુધીમાં, જૈન અને બૌદ્ધ ધર્મોની વૃદ્ધિ અને વિસ્તારની સાથે ઉદ્ભવી હોવી જોઈએ. સાથોસાથ એમ માનવામાં આવે છે કે ઉપનિષદો અને બ્રાહ્મણગ્રંથોના સિદ્ધાંતોની સાથે તે સંબંધિત છે.

ઈસ્વી સનના બીજાત્રીજા સૈકામાં ગુજરાતમાં રસાયણના જ્ઞાન અંગે નાગાર્જુન અને તેના ગુરુ પાદલિપ્ત જાણીતા છે. આ નાગાર્જુન અને બૌદ્ધ કીમિયાગર નાગાર્જુન જુદા છે. જૈનોનું તીર્થ શત્રુંજય પાલિતાણા પાસે આવેલું છે. પાલિતાણાનું નામ પાદલિપ્ત ઉપરથી પડેલું છે એમ મનાય છે.

તાંબું પકવવાની ગામઠી ભઠ્ઠી [સ્થળ : જયપુર પાસેનું ખેત્રી]

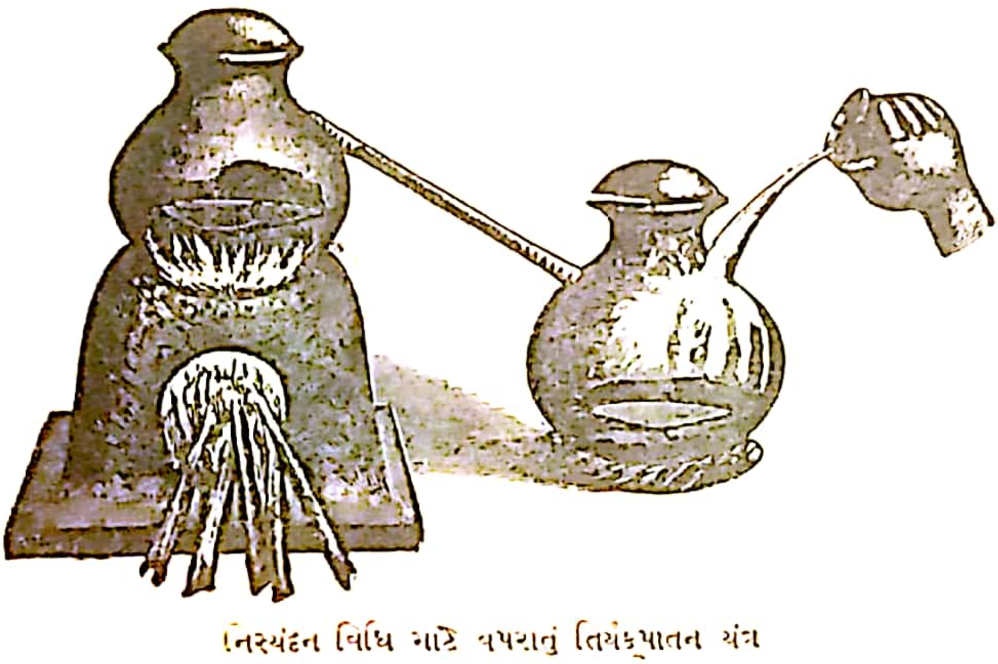
ગોરધુડુ, ફટકડી વગેરે રસાયણો પકવવાનું કારખાનું [સ્થળ: ખેત્રી]

[સર પી. સી. રાયના 'હિસ્ટ્રી ઑફ હિંદુ કેમિસ્ટ્રી'માંથી]



કોષ્ઠી યંત્ર

નીચલા માટલામાં પાણી ભરી તેના ઉપર ચાળણી ઢાંકી, ચાળણીમાં કેલેમાઇન, લાખ, ગોળ, સરસવ વગેરે ઓસડિયાં ભરેલી કુલડી મૂકી ઉપર બીજું પાત્ર ઊંધું ઢાંકવાનું; પછી તેને તપાવવાથી તત્ત્વ છૂટું પડશે. દવામાં તેનો ઉપયોગ કરવો.



નિસ્યંદન વિધિ માટે વપરાતું તિર્યક્પાતન યંત્ર

[સર પી. સી. રાયના 'હિસ્ટ્રી ઑફ હિંદુ કેમિસ્ટ્રી' ગ્રંથમાંથી]

જૈન આચાર્ય નાગાર્જુને 'યોગરત્નાવલિ', 'યોગરત્નમાલા', 'કક્ષપુટી' આદિ ગ્રંથો રચ્યા હોય એમ મનાય છે. નાગાર્જુનને બાળપણથી જ રસાયણસિદ્ધિની પ્રક્રિયામાં રસ પડવા લાગ્યો હતો: એ કારણથી તેણે વન, નદી અને પર્વતોને પોતાનું ઘર બનાવ્યું હતું. પરિણામે એને સુવર્ણરસની પ્રાપ્તિ થઈ હતી. એમને પાદલિપ્તનો સંપર્ક થયો, જે તેમના કરતાં રસાયણશાસ્ત્રમાં વધારે સિદ્ધ હતા. પાદલિપ્તને હવામાં ઊડવાના રાસાયણિક પ્રયોગોનું જ્ઞાન હતું એમ કહેવાય છે. એ મેળવવા નાગાર્જુન તેમનો શિષ્ય થયો હતો. ('પ્રભાવચરિત્ર', પ્રસ્તાવના, પૃષ્ઠ ૩૦–૩૨, કલ્યાણવિજયજી: પ્રકાશક આત્માનંદ જૈન સભા, ભાવનગર. વિ. સં. ૧૯૮૭)

આ ઉપરથી એવો નિર્ણય તારવી શકાય કે હિંદુ દર્શનોમાં આલેખેલ દ્રવ્ય-રચના અને દ્રવ્યના ગુણધર્મો પોતાની સ્વતંત્ર રીતે ઉદ્‌ભવેલા છે; કેટલાક પાશ્ચાત્ય વિદ્વાનો સૂચવે છે એમ ગ્રીકો પાસેથી લીધેલા નથી. 'હિસ્ટ્રી ઑફ સંસ્કૃત લિટરેચર'માં પ્રો. મૅકડોનેલ કહે છે કે "થેઈલ્સ, ઍમ્પીડોક્લિસ, એનાક્સાગોરસ, ડૅમોક્રિટસ અને અન્ય ગ્રીક વિદ્વાનોએ પૂર્વનું તત્ત્વજ્ઞાન શીખવા પૂર્વના દેશોમાં સફરો ખેડી હતી. એટલે પર્શિયા મારફત ગ્રીકો પર ભારતીય વિચારોની અસર થઈ હોવાની ઐતિહાસિક શક્યતા છે." કોલે બ્રૂક (ટ્રાંસ. રૉયલ એશિયાટિક સોસાયટી, વૉલ્યુમ ૧, પાનું ૫૭૯) લખે છે કે "ભારતીયો આ બાબતમાં શિષ્યો કરતાં શિક્ષકો હતા એવો નિર્ણય લેવા હું પ્રેરાઉં છું." સાંખ્યકારિકાની પ્રસ્તાવનામાં પ્રો. એચ. એચ. વિલ્સન પણ ઉપરના અનુમાનનું સમર્થન કરે છે.

આચાર્ય કૌટિલ્ય(ઈ. સ. પૂર્વે ૩૨૧–૨૯૬)ના 'અર્થશાસ્ત્ર'માં રસાયણ, ધાતુશોધન અને ઔષધો અંગે સારી માહિતી આપેલી છે. કૌટિલ્ય યા ચાણક્ય મૌર્ય સમ્રાટ ચંદ્રગુપ્તનો વડો પ્રધાન હતો. ખનિજો, ધાતુઓ અને મિશ્રધાતુઓ અંગે સર્વગ્રાહી અહેવાલ તેણે લખેલા 'અર્થશાસ્ત્ર'માંથી મળી આવે છે. કાચની બનાવટ પણ તેમાં વર્ણવેલી છે. સુવર્ણ જોખવા માટે કાંટા(બૅલેન્સ)નું વર્ણન તેમાં આપેલું છે. સોનામાં ભેળ કરનારને સખત શિક્ષા થતી. આથવણીથી વિવિધ પ્રકારનાં મદ્ય (પીણાં) બનાવવાનું જ્ઞાન પણ ખૂબ આગળ વધેલું હતું. કૌટિલ્યના વખતમાં કીમિયાગીરીને ખાસ મહત્ત્વ આપાતું નહોતું. ત્યાર બાદ આયુર્વેદમાં રસાયણની વિશેષ પ્રગતિ થઈ. હિંદુ વૈદક પદ્ધતિસર થયું અને વૈજ્ઞાનિક પરિભાષા સહિત તેની રચના થઈ. આ યુગના 'ચરકસંહિતા' અને 'સુશ્રુતસંહિતા' નામના ગ્રંથો અનુક્રમે વૈદક અને શસ્ત્રક્રિયા(સર્જરી)ને લગતા અતિ જાણીતા છે. એમાં એ સમયની ઘણી રાસાયણિક માહિતી આપેલી છે.

'ચરકસંહિતા'માં છ ધાતુઓ — સોનું, રૂપું, તાંબું, સીસું, કલાઈ અને લોહ અને તેની ભસ્મો (ઑક્સાઇડો) દવા તરીકે વપરાતી હોવાનો ઉલ્લેખ આવે છે. ચરકે પાંચ જાતના ક્ષારો — સૌવર્ચલ અગર સૂરોખાર (nitre), સૈન્ધવ (rock-salt), વિટ (black-salt), ઔદ્‌ભિદ (વનસ્પતિક્ષાર) અને સમુદ્રક્ષાર(sea-salt)નો ઉલ્લેખ કર્યો છે; ચામડીનાં દર્દો માટે બહાર લગાડવા માટે મોરથૂથુ, હીરાકસી, ગંધક વગેરે પદાર્થો વાપરવાનું 'ચરકસંહિતા'માં જણાવાયું છે. ક્ષાર બનાવવાની રીતો તેમ જ ધાતુમારણની રીતોનું પણ તેમાં વર્ણન આપેલું છે. સુશ્રુતે ટંકણખારનો ઉલ્લેખ અલ્કલી તરીકે કર્યો છે. તેણે મુખ્યત્વે વનસ્પતિજન્ય ઔષધોનો ઉલ્લેખ કરેલો છે. સોમલ (arsenic)નાં

સંયોજનો ઝેરી છે એમ સ્વીકારવામાં આવેલું છે. આ પછીના સમયમાં રંગો માટે રાળ, લાખ, હળદર, ગળી અને મજીઠ વપરાતાં હોવાના ઉલ્લેખો મળે છે.

ચીની તુર્કસ્તાનમાં કુત્ચા પાસે બૌદ્ધ સ્મારકમાંથી ઈ. સ. ૧૮૯૦માં બ્રિટિશ લશ્કરી અમલદાર લેફ. એ. બોવરે શોધેલી બોવર હસ્તપ્રત તરીકે ઓળખાતી અતિ પ્રાચીન હસ્તપ્રતમાં આપેલી કેટલીક બનાવટો અનેક બાબતોમાં શબ્દશ: ચરક અને સુશ્રુતને મળતી આવે છે. આ ગ્રંથનું નામ 'નાવનીતક' છે. ચરક અને સુશ્રુત સંહિતાઓ જેટલું મહત્ત્વ ધરાવતું વૈદકીય પુસ્તક વાગ્ભટનું 'અષ્ટાંગહૃદય' છે. તેમાં પારાનો ઉલ્લેખ માલૂમ પડે છે.

આયુર્વેદિક યુગમાં રસાયણના જ્ઞાન અંગે શી પરિસ્થિતિ હતી તે જોઈ જઈએ. કૌટિલ્યે કાચની બનાવટ અંગે પોતાના 'અર્થશાસ્ત્ર'માં કરેલા ઉલ્લેખ અંગે આગળ કહેવાઈ ગયું. સુશ્રુતે કાચ અને સ્ફટિક વચ્ચેનો ભેદ સમજાવ્યો. હિંદના કાચ બીજા દેશો કરતાં ચડિયાતા છે એમ પ્લીનીએ નિર્દેશ કરેલો છે. મહાભારતમાં કાચનો ઉલ્લેખ ઘણી જગ્યાએ આવે છે. ઉત્તર પ્રદેશના બસ્તી જિલ્લામાં ખલીલાબાદ નજીક અનોમા નદીને કાંઠે, ઈ. સ. પૂર્વે પાંચમા સૈકાનું જૂનું કાચનું કારખાનું મળી આવ્યું છે. એ પુરવાર કરે છે કે ભારતમાં કાચ બનાવવાની કલા જાણીતી હતી. તક્ષશિલામાંથી કાચની બંગડીઓ અને મણકા મળી આવ્યાં છે.

ઈ. સ. પૂર્વે ૫૦૦થી ૧૦૦ સુધીમાં બનાવેલ માટીની અનેક ચીજો મળી આવી છે. તેના પર ઓપ (પૉલિશ) પણ કરેલો છે.

હવે ધાતુઓ લઈએ. તાંબું અને તેની મિશ્ર ધાતુઓ, કાંસું તેમ જ પિત્તળની બનાવેલી અનેક વસ્તુઓના અવશેષો ત્યાંથી મળી આવ્યા છે. દિલ્હીમાં કુતુબમિનાર પાસે આવેલો લોહસ્તંભ ઈ. સ. ૪૦૦માં બનાવાયો હશે એમ તેના પરના લેખ પરથી લાગે છે. લોઢાની બીજી વસ્તુઓ પણ મળી આવી છે. એ ઉપરથી લાગે છે કે પ્રાચીન ભારતમાં બનાવાતું લોઢું ઘડતરનું લોઢું (wrought iron) હશે, કારણ કે તેના શોધનમાં લાકડાં વપરાતાં હતાં અને તેથી બહુ ઊંચું ઉષ્ણતામાન ઉત્પન્ન કરવું મુશ્કેલ હતું; એટલે ભરતરનું લોઢું (cast iron) બનાવી શકાય એટલું ઊંચું ઉષ્ણતામાન ભઠ્ઠીમાં પેદા થઈ શકતું નહોતું. પોલાદ બનાવાતું અને વપરાતું. લોઢાને પાણી પાવાની (temper) રીત જાણીતી હતી એમ વરાહમિહિર(આશરે ઈ. સ. ૫૫૦)નાં લખાણો પરથી જણાય છે. સૌંદર્ય-સાધનો (cosmetics) અને ચણતર માટે ચૂના–રેતીનો કોલ બનાવવાની કળાઓ જાણીતી હતી. ઝવેરાત અને રત્નો વિષેનું જ્ઞાન પણ સારી રીતે પ્રચલિત હતું.

હિંદુ ઔષધવિજ્ઞાનની પ્રગતિમાં આશરે ઈ. સ. ૮૦૦ના સમયથી સંક્રાન્તિ આવે છે. અત્યાર સુધી મોટે ભાગે વનસ્પતિજ ઔષધો વાપરવામાં આવતાં: ઔષધ તરીકે વપરાતા ખનિજ ક્ષારો અને રાસાયણિક પદાર્થો અલ્પ સંખ્યામાં પ્રાપ્ય હતા. વાગ્ભટના સમયથી ધાતુમાંથી તૈયાર કરેલી બનાવટોનો ઔષધો તરીકે વિશેષ ઉપયોગ થવા માંડ્યો. રસાયણની પ્રગતિને લીધે પ્રયોગશાળામાં બનાવેલાં ધાતુ-સંયોજનોની વપરાશ વધી. આ કાળનાં બે નોંધપાત્ર પુસ્તકો છે: એક, વૃંદનો

'સિદ્ધયોગ' અને ચ પાણિ દત્તાનો 'ચક્રદત્ત'. આ બંને નાગાર્જુનનો ઉલ્લેખ કરે છે અને ચરક, સુશ્રુત અને વાગ્ભટને અનુસરે છે. વૃંદ અને ચક્રપાણિનાં લખાણોમાં તાંત્રિક ક્રિયાઓની અસર સ્પષ્ટ દેખાય છે. સંક્રાન્તિ કાળની સાથોસાથ તાંત્રિક કાળ પ્રવર્તેલો છે. ચક્રપાણિએ પોતાના ગ્રંથમાં વૃંદનાં લખાણોનો આધાર લીધેલો છે. ચરક અને સુશ્રુતના ટીકાકાર ચક્રપાણિએ પોતાનો ગ્રંથ ઈ. સ. ૧૦૫૦માં લખ્યો છે. ઈ. સ.ના આઠમા સૈકામાં ખલીફાઓના હુકમથી વૈદકીય ગ્રંથ 'માધવનિદાન'નો અરબી ભાષામાં તરજુમો કરવામાં આવ્યો હતો. આમ વૃંદનો સમય ઈ. સ. ૯૭૫ અને ૧૦૦૦ની વચ્ચે આવે છે. તેના 'સિદ્ધયોગ'માં જૂ મારવા માટેની દવાઓના એક અંશ તરીકે પારાનો ઉલ્લેખ આવે છે. પારાનાં ખનિજો, ગંધક, તામ્રમાક્ષિક (copper pyrites) વગેરેનો ઉપયોગ પણ વર્ણવ્યો છે. ચક્રપાણિએ રસપર્પટી (કજ્જલિ), તાંબાનો સલ્ફાઈડ, લોહભસ્મ, રૂપાની ભસ્મ વગેરે બનાવવાની રીતો પોતાના ગ્રંથમાં લખેલી છે.

અન્ય દેશોની સરખામણીમાં ભારતમાં કીમિયાગીરી મોટે ભાગે તાંત્રિક ક્રિયાઓમાંથી વિકાસ પામી હતી. અન્ય દેશોમાં વૈદક, હલકી ધાતુઓમાંથી સુવર્ણ બનાવવાનું અને પારસમણિ (philosopher's stone)ની શોધ પાછળ પડેલા કીમિયાગરોની અથાગ મહેનતને પરિણામે રસાયણવિજ્ઞાનની કેટલીક માહિતી મળી. એ કીમિયાગીરીમાંથી રસાયણવિજ્ઞાનની પ્રગતિ થઈ. સ્વાસ્થ્ય, ધનપ્રાપ્તિ, શક્તિ અને દીર્ઘાયુષ્ય વૈદક અને કીમિયાગીરીનાં અંતિમ ધ્યેય નથી, પણ ઈશ્વરના સાક્ષાત્કાર અર્થે એની ઉપાસના છે, એમ કહેવાતું.

ભારતમાં કીમિયાગીરીની ખિલવણી તાંત્રિક કાળમાં વિશેષ થઈ, પ ંતુ કીમિયાગીરીનું જ્ઞાન આ તાંત્રિક કાળ પહેલાં પણ ભારતમાં સારી રીતે પ્રચલિત હતું. છઠ્ઠા સૈકામાં 'વાસવદત્તા' અને 'દશકુમારચરિત'માં પારાની બનાવટો, નિશ્ચેતક તરીકે યોગચૂર્ણ, સ્તંભનચૂર્ણ આદિ બનાવટો અંગે ઉલ્લેખ મળી આવે છે.

જાદુ, નજરબંધી, કીમિયાગીરી અને સંબંધિત બાબતોને સ્પર્શતાં તંત્રો બે પ્રકારનાં છે: બ્રાહ્મણ અને બૌદ્ધ. બુદ્ધ અને શિવના ભક્તોએ રચેલું કીમિયાગીરીને લગતું પુષ્કળ સાહિત્ય મળી આવે છે. ભારતીય કીમિયાગરોમાં સુપ્રસિદ્ધ નાગાર્જુન (આ નાગાર્જુન, બુદ્ધનો અનુયાયી હતો. ગુજરાતના જૈનાચાર્ય પાદલિપ્તસૂરિનો શિષ્ય ક્ષત્રિય નાગાર્જુન હોવાનો સંભવ ઓછો છે.)

ઉપનિષદો સમાજના ઉપલા થરના બૌદ્ધિક વર્ગને લભ્ય હતાં. ઉપનિષદો અનુસાર નિર્વાણ યા મોક્ષ સદાચાર વડે અનેક પુનર્જન્મો પછી મળે છે. તંત્રો એ મેળવવાનો સહેલો માર્ગ ચીંધે છે. મુમુક્ષુએ શરીરનું જતન કરીને કામ કરવું અને શરીરની સાચવણી પારો, ઔષધો અને યોગ વડે સિદ્ધ થાય છે, એટલે તંત્રો ઔષધીય બનાવટોને સ્પર્શે છે. આ બનાવટોમાં રસાયણનું જ્ઞાન હોવું જોઈએ એ દેખીતું છે.

બધાંય તાંત્રિક પુસ્તકોમાં પારા માટે રસ શબ્દ વાપરવામાં આવ્યો છે. રસાયણવિદ્યાનો મૂળ અર્થ જ પારાની બનાવટો અને ઉદ્યોગનું શાસ્ત્ર થાય છે. આમ અનેક રાસાયણિક બાબતો અને કીમિયાગીરીનાં સૂત્રોના ભંડાર રૂપ એ સમયનાં તાંત્રિક પુસ્તકો છે. અનેક ગ્રંથોમાંથી મુખ્ય કીમિયાગરો અને તેમના ગ્રંથોની યાદી નીચે આપી છે:

મુખ્ય તાંત્રિક ગ્રંથો

કર્તાનું નામ	પુસ્તકનું નામ
આનંદાનુભાવ	રસદીપિકા
ભોજદેવ	રસરાજમૃગાંક
ચંદ્રસેન	રસચંદ્રોદય
ચારપટ	ચારપટસિદ્ધાંત
ચુડામણિ મિશ્રા	રસકામધેનુ
ધનપતિ	દિવ્ય રસેન્દ્ર સાર
ગુરુ દત્તાસિદ્ધ	સરરત્નાવલી
ગોરક્ષનાથ	ગોરક્ષસંહિતા
	રસેશ્વરસિદ્ધાંત

આ ઉપરાંત હરિહર, કપાલી, કેશવદેશ, નાન્દી, નરહરિ, રામરાજ, શ્રીનાથ, ત્રિમલ્લ ભટ્ટ, વાસુદેવ, કંકરી, મલ્લરી, (સિદ્ધ) ભાસ્કર, (સિદ્ધ) પ્રાણુનાથ વૈદરાજ વગેરે નામોના ઉલ્લેખો મળી આવે છે.

તાંત્રિક યુગમાં રસ યા પારો મુખ્યત્વે વપરાતો, એટલે તેના રસાયણુ અંગે પુષ્કળ માહિતી ભેગી થઈ હતી. એ માહિતી તેના પછીના સમયમાં ઉપયોગી થઈ—ભારતીય રસાયણુના આયેટ્રૉ-કેમિકલ (ઔષધોપયોગી રસાયણુ) યુગમાં.

તાંત્રિક યુગની વિશેષતા તે અમૃતની શોધ; તો આયેટ્રૉ-કેમિકલ યુગમાં આ વિચિત્ર અને 'ઉડાઉ' વિચારો અશક્ય લાગવાથી છોડી દેવામાં આવ્યા અને કાંઈક વ્યાવહારિક બાબતોમાં વલણુ ગયું. પારો, લોહ, તાંબું અને અન્ય ધાતુઓની સંખ્યાબંધ બનાવટો વૈદકમાં ઉપયોગી માલૂમ પડી. પરિણામે રસાયણુ અંગે જ્ઞાન આગળ વધ્યું.

ચરક અને સુશ્રુતનાં સૂત્રો અનુસાર વનસ્પતિમાંથી બનાવેલ પદાર્થો સાથે આ બધા રાસાયણિક પદાર્થો વપરાવા લાગ્યા અને આયુર્વેદની જૂની પદ્ધતિમાં તેમણે પોતાનું સ્થાન જમાવી દીધું; એટલે સુધી કે ધાતુઓની ઉપયોગી બનાવટોમાં આ વૈદકમાં અતાર્કિક સિદ્ધિઓનું આરોપણુ કરવામાં આવ્યું. આ યુગનું પ્રકાશન 'રસરત્નસમુચ્ચય' નમૂનેદાર છે. ઔષધીય રસાયણુને લગતા અન્ય ગ્રંથો સંખ્યાબંધ છે, અને બધાય એકસરખી બાબતો ચર્ચે છે.' 'રસરત્નસમુચ્ચય'માં દર્દો મટાડવા માટે પારાના ઉપયોગી પદાર્થો અને ખનિજોનું વિવરણુ કરેલું છે. ભારતીય 'મેટેરિયા મેડિકા'માં ખનિજોનું વર્ગીકરણુ રસ, ઉપરસ, રત્ન અને લોહ એમ કરેલું છે. રસ એટલે સામાન્યત: પારો. વૃદ્ધાવસ્થા અટકાવનાર અને આયુષ્ય વધારનાર ઔષધ એટલે રસાયણ. પાછળથી પારો અને બીજી ધાતુઓના ઔષધોમાં ઉપયોગ એવો અર્થ લાગુ પાડવામાં આવ્યો.

અબરખ, વૈક્રાંત, મક્ષિકા (pyrites), વિમળ, અદ્રિજ, સસ્યક (મોરથૂથુ : $CuSO_4$), ચપલ (ગંધકયુક્ત ખનિજ) અને રસક (calamine) — આ આઠ રસો અને ગંધક, રાતો ગેરુ, કાસિકા (હીરાકસી : $FeSO_4$) ફટકડી, તાલક (orpiment), મન:શિલા (realgar), અંજન અને કામ- કુષ્ઠ — આ આઠ ઉપરસો પારાની ક્રિયાઓમાં ઉપયોગી છે.

સોમદેવના 'રસેન્દ્રચૂડામણિ'માં પારિભાષિક શબ્દો આપેલા છે. પ્રયોગશાળા ક્યાં બાંધવી, તેમાં પ્રયોગ સાધનો (યંત્રો) ક્યાં ક્યાં વસાવવાં, પ્રયોગ કરવાની લાયકાત કોને છે, એ બધી બાબતો 'રસરત્નસમુચ્ચય'માં વર્ણવેલી છે. 'રસપ્રદીપ'માં (આશરે ઈ. સ. ૧૫૩૫) ખનિજ ઍસિડો બનાવવાની રીત આપેલી છે. આ ઍસિડો ધાતુઓને ઓગાળે છે અને શંખને ઓગાળવા માટે કામમાં આવે છે એટલે તેને શંખદ્રાવક નામ આપેલું છે. 'રસકૌમુદી'માં અફીણના ઉપયોગ અંગે નિરૂપણ છે. સિફિલિસ (ફિરંગ રોગ : ચાંદી) માટે પારાનું સંયોજન કેલોમલ (HgCl) વાપરવાનું લખેલું છે. આ સમયના કેટલાક અન્ય ગ્રંથોનો ઉલ્લેખ કરી લઈએ : સાલિનાથનું 'રસમંજરી', 'રસરંજન', 'ગંધકકલ્પ' (તંત્ર), 'રસાર્ણવ' (કીમિયાગીરીના પ્રમાણભૂત ગ્રંથથી જુદો પણ એ જ નામનો), 'રસ-રત્નાકર' (નિત્યનાથના ગ્રંથથી જુદો). આ બધામાં ખાસ કાંઈ નવીનતા નથી — બધાયમાં અગાઉ વર્ણવેલી પ્રક્રિયાઓનું પુનરાવર્તન થાય છે.

પ્રાચીન ભારતમાં ઉપયોગી કળાઓ અને વિજ્ઞાનની ખિલવણી ઉચ્ચ જાતિઓના હાથમાં હતી. દુ:ખની વાત છે કે, જ્ઞાતિસંસ્થાનું બંધારણ સજ્જડ થતાં આ જ્ઞાન લુપ્ત થતું ગયું. 'કામસૂત્ર'માં (ઈ. સ. ૧૫૦૦) ૬૪ કલાઓનો ઉલ્લેખ કરેલો છે. આયુર્વેદમાં દશ કલાઓ હતી. लोहविद् અને धातुविद् શબ્દો સંસ્કૃત સાહિત્યમાં વારંવાર મળી આવે છે. એ બતાવે છે કે ધાતુશોધન જાણનારાઓ-નું ઊંચું સ્થાન હતું. રંગવાની કળા સારી રીતે ખીલેલી હતી. વૈદિક યુગમાં ઋષિઓએ પોતાની જ્ઞાતિનો વાડો કર્યો ન હતો, એટલે લોકો પણ પોતાની સગવડ યા રસ અનુસાર જુદા જુદા ધંધાઓ કરતા.

બૌદ્ધ ધર્મની અવનતિ પછી બ્રાહ્મણોએ પોતાની સર્વોપરિતા ઠોકી બેસાડી એટલે પરિસ્થિતિ બદલાઈ. જ્ઞાતિનું વર્ચસ્વ જ્ઞાતિ સંસ્થા તરીકે સજ્જડ બન્યું. સુશ્રુત અનુસાર શવચ્છેદ (dissection) સર્જરીના વિદ્યાર્થીને આવશ્યક છે પણ મનુએ એ ચાલવા દીધું નહીં. મડદાનો સ્પર્શ પણ બ્રાહ્મણના પવિત્ર દેહને દૂષિત કરે છે એવું પ્રતિપાદન કરવામાં આવ્યું. ધંધા વંશ-પરંપરાગત બની ગયા. કલાઓમાં સક્રિય ભાગ લેવાનું બુદ્ધિશાળીઓએ બંધ કર્યું, પરિણામે જિજ્ઞાસા-ની ભાવના નાશ પામી અને ભારતમાંથી પ્રાયોગિક વિજ્ઞાનને તિલાંજલિ મળી. બૉઇલ, ડેકાર્ટ્સ કે ન્યૂટનના જન્મ માટે ભારત ભૂમિ અયોગ્ય બની ગઈ અને વિજ્ઞાન-જગતના નકશામાંથી ભારતનું નામ ભૂંસાઈ ગયું. આ પછી તો ખરેખર, ભારતમાં કીમિયાગીરી અને અગમ્યવાદનો અભ્યાસ આડે પાટે ચડી ગયો. પરિણામે મધ્યયુગના પાછલા કાળમાં વિજ્ઞાન બંધિયાર બની ગયું અને ક્ષીણ થવા લાગ્યું.

મધ્યયુગમાં યુરોપમાં પણ વિજ્ઞાનની દશા આપણા કરતાં સારી નહોતી; પણ કૉપરનિકસ, ગૅલિલિયો, ન્યૂટન, બૉઇલ, લેવોશિયર અને ડૉલ્ટન આદિએ તેને નવો ઝોક આપ્યો. તેઓના વિચારોએ વિજ્ઞાનને નવું પ્રોત્સાહન આપ્યું; પણ ૧૯મી સદીના મધ્ય સુધી ભારતમાં બ્રિટિશ અમલના આગમન અને સ્થિરતા સુધી એ વિચારો ભારતમાં પ્રવેશી ન શક્યા.

૨ : ચીની-અરબી કીમિયાગીરી

જોસેફ નિડહામ નામના વિખ્યાત ચિંતકે પોતાના 'સાયન્સ ઍન્ડ સિવિલિઝેશન ઇન ચાઈના' નામના પુસ્તકમાં અત્યંત અધિકૃત માહિતીઓ આપી છે તે ચીનની રસાયણવિદ્યાના આરંભ અને વિકાસ ઉપર વેધક પ્રકાશ પાડે છે. તેમના જણાવ્યા મુજબ ચીનનો આદિ તત્ત્વવિચાર—તાઓવાદ કુદરતનું નિરીક્ષણ કરી જ્ઞાનસંપાદન કરવાની તરફેણમાં હતો, અને તેને પરિણામે તે જમાનાની સમજ પ્રમાણે ત્યાં વિજ્ઞાન વિકસ્યું હતું. આજની દૃષ્ટિએ આપણને તે વામણું લાગે પરંતુ એ જમાનામાં એક નવી વિદ્યા વિકાસ પામતી જતી હતી. આ વિદ્યાને આપણે ચીનની આલ્કેમી કહી શકીએ.

ઈ. સ. પૂર્વે બીજા સૈકામાં લખાયેલા 'હુ આઇ નાન ત્ઝુ' પુસ્તકમાં તેના લેખક હુ આઇ નાનના રાજા લીઉ આન જણાવે છે : લાકડાના બે ટુકડાને ઘસવાથી અગ્નિ ઉત્પન્ન થાય છે. અગ્નિમાં ધાતુ તપાવવાથી તે પીગળી જાય છે. પૈડાં ગોળ ગોળ ફર્યા કરે છે. કોરીને બખોલ પાડેલી વસ્તુઓ પાણીમાં તરે છે. એમ પ્રત્યેક પદાર્થ પોતપોતાના આગવા ગુણધર્મ ધરાવે છે.

અન્ય એક ચીની લેખક જણાવે છે કે, કેરબા (amber) સડેલા સરસવનાં છોતરાંને આકર્ષી નહીં શકે. સીનાબાર—રસસિંદૂર (HgS) નબળી ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા કરી શકશે નહીં અને લોહચુંબક નબળી ધાતુને (લોહ સિવાયની) આકર્ષી શકશે નહીં.

જાદુ એ એક પ્રકારની કરામત હતી, જે આમસમાજની નજર બહાર હતી. એવી કરામતોની શોધ પાછળ પડેલા જાદુગર કહેવાતા લોકો મૂળે તો સારા નિરીક્ષક અને પ્રયોગકાર હતા. એ જમાનાની કીમિયાગીરી એ એક પ્રકારનું પ્રયોગક્ષેત્ર ગણી શકાય. પરંતુ એ પ્રયોગોનાં પરિણામોના અર્થઘટનમાં તે તે સમયના પ્રચલિત ખ્યાલો વિશેષ ગૂંથાતા હતા. તેથી વિજ્ઞાનનો વિકાસ કંઈક અંશે રૂંધાતો હતો એમ કહી શકાય. પરંતુ યુરોપમાં એવા ખ્યાલો પારસેલ્સસ (૧૬મી સદી)ના સમય સુધી ક્યાં પ્રચલિત નહોતા? યુરોપ એવા ખ્યાલોથી છેક ૧૯મી સદીમાં મુક્ત થયું અને એ દૃષ્ટિએ મૂલવતાં ચીનનું તે સમયનું રસાયણ વિષેનું જ્ઞાન ઠીક ઠીક વિસ્તૃત હતું એમ કહી શકાય.

'બુક ઑફ ચેન્જીસ' નામનો એક ચીની ગ્રંથ ઈ. સ. પૂર્વે ૮૦૦માં લખાયેલો. મૂળે તો એ ગ્રંથ માત્ર શુભ અને અશુભ શકુનોનો સંગ્રહ હતો; પરંતુ ત્યાર બાદ સદીઓ સુધી થયેલાં વૈજ્ઞાનિક નિરીક્ષણોને પણ એ પુસ્તકની વિશિષ્ટ સંજ્ઞાઓમાં સમાવવાનો પ્રયત્ન થયેલો. ચીનની લાક્ષણિકતા મુજબ એ ગ્રંથ શકુનોને બદલે વિજ્ઞાનનો બની રહ્યો. તેથી મૂળ લખાણ એનું એ જ રહેવા છતાં તેમાં નવા નવા અર્થો ઉમેરાતા ગયા. ઈ. સ. પૂર્વે ત્રીજા સૈકામાં એ પુસ્તકની નવી આવૃત્તિ થઈ. ત્યાર બાદ બારમા સૈકા સુધી તેમાં વખતોવખત નવાં નવાં નિરીક્ષણો સમાવી

લેવામાં આવતાં ગયાં. આ જ કારણે એ પુસ્તકના લખાણને સમજવામાં પણ પાર વગરની મુશ્કેલીઓ પડે છે. કેટલાક વિદ્વાનોએ સારી જહેમત ઉઠાવી તેનું અર્થઘટન કરેલું છે. જેમ કે કેટલાકને મતે તે ગ્રંથમાં પારો, સોનું અને ગંધકની પ્રક્રિયાનું પણ સૂચન થયેલું છે.

હુઆન્ગ તી નામના બાદશાહે ઈ. સ. પૂ. ૨૬૫૦માં 'નિ ચિંગ' નામે લખેલા પુસ્તકમાં યાન્ગ અને યીન તત્ત્વોની આલોચના કરેલી છે. તેનું એક અર્થઘટન આપણે 'સ્વાસ્થ્યદર્શન'માં જોઈ ગયા છીએ. આ બે તત્ત્વોની પરસ્પર પ્રક્રિયા થવાથી પાણી, અગ્નિ, કાષ્ઠ, ધાતુ અને માટી ઉત્પન્ન થાય છે. આકાશનું પુરુષતત્ત્વ પૃથ્વીના સ્ત્રીતત્ત્વને સંપૂર્ણતા બક્ષે છે. એ બંને શક્તિઓ પરસ્પર અસર કરીને લાખો પદાર્થો અસ્તિત્વમાં લાવે છે. તેમના અસ્તિત્વની સાથે જ તેમના ગુણધર્મ પણ પેદા થાય છે. પ્રથમ જળ, પછી કાષ્ઠ, પછી અગ્નિ, પછી માટી, પછી ધાતુ અને પછી પાછું જળ—એમ ઉત્તરોત્તર એકની એક પ્રક્રિયા આગળ ચાલ્યા જ કરે છે. આ હકીકત પુરુષ અને પ્રકૃતિ-માંથી વિશ્વ ઉત્પન્ન થયું છે એ વાદને મહદંશે મળતી આવે છે.

ચીની તત્ત્વજ્ઞાનમાં યાન્ગ અને યીન એ બે શક્તિઓ માતા અને પિતા, ધન અને ઋણ, અગ્નિ અને જળ, આકાશ અને પૃથ્વી વગેરે દ્વંદ્વોના પ્રતીક તરીકે પણ ગણાય છે.

કીમિયાગરો જ્યારે બે પદાર્થોને કુલડી કે મૂસ (crucible)માં ગાળવા મૂકે છે ત્યારે એ બે પદાર્થો પૈકી એકનું પુરુષતત્ત્વ અને અન્યનું નારીતત્ત્વ સંયોજાઈ નવો પદાર્થ બને છે એવું માને છે. ચીની ભાષા આ હકીકતને જાતીય ભાષામાં મૈથુન જેવા પ્રાકૃત શબ્દ દ્વારા વર્ણવે છે. વળી એક બીજી સંજ્ઞા-કથા પણ જોઈએ :

"એક પાત્રમાં કિશોર બિરાજે છે અને અન્યમાં સુંદર કન્યકા છે. જો કોઈ પ્રથમ પાત્રના કિશોરને અન્ય પાત્રમાં યોજી શકે તો તે બંને કિશોર-કિશોરી એકબીજાને જોઈ શકે અને તે બંનેનું સંયુક્ત સ્વરૂપ ખડું થાય." સોનાનું પારા સાથે થતું સંરસ (એમાલ્ગમ) વર્ણવવા આ ભાષા વાપરવામાં આવી છે.

"બંને એકબીજા ઉપર અધિકાર જમાવશે, પરસ્પર અંકુશમાં રાખશે, સહયોગ કરશે અને પરસ્પર ગંઠાઈ જશે. તેને પરિણામે પરિવર્તન થશે. કેટલીક વાર કિશોર અને કિશોરી જુદાં દેખાશે તો વળી ઘડી પછી તે ઊછળશે, દોડશે, કૂદશે અને ઘડીભરે જંપશે નહીં. પરંતુ તે પાત્રની બહાર નીકળી શકશે નહીં. બરાબર આ સમયે જ અગ્નિમાં પવન ફૂંકવો પડશે અને પછી જ જોરદાર પરિવર્તન થઈ સિનાબાર—રસસિંદૂર (HgS) તૈયાર થઈ જશે."

આવી સંજ્ઞાઓની સમજણ વગર ચીની લખાણ સમજવું મુશ્કેલ પડે. જેમ કે બીજી સદીના કીમિયાગર વેઈ પો-ચાંગના એક પુસ્તક 'શાન થુંગ છી'માં જણાવ્યા મુજબ રાજા એટલે વાસણની અંદરની બાજુ અને પ્રધાન એટલે બહારની બાજુ. કુઆ લી એટલે પારો, અને ખાન એટલે સીસું થાય છે. 'કુઆ છિયેં' (kua chhien) અને 'ખુન' (khun) શબ્દના અર્થ અનુક્રમે માપ અને મૂસ (કુલડી) થાય છે. પિતાનો અર્થ શરૂઆત અને માતાનો અર્થ અંત થાય છે. પતિપત્નીનું ભેટવું કે મૈથુન એ શબ્દો બે પદાર્થો વચ્ચે થતી રાસાયણિક ક્રિયા દર્શાવે છે. અમાસ એટલે ઉપર અને પડવો એટલે નીચે એવા અર્થ થાય છે. કુઆ અને તેમના હશિયાવ એટલે પરિવર્તન કે નવું સ્વરૂપ એવો અર્થ નીકળે છે:

આ બધા જ્ઞાનનું વર્ણન તૂટક રેખા અગર આખી રેખા એવી ત્રણ અને છ રેખાઓની સંજ્ઞા દ્વારા આપવામાં આવ્યું છે અને આખી અને તૂટેલી રેખાઓના ક્રમ મુજબ તેમના ઘણાબધા અર્થ નીકળે છે. આ રેખાઓને કુઆ કહેવામાં આવે છે પણ કીમિયાની પરિભાષામાં તેનો અર્થ પરિવર્તન થાય છે. આ કારણે સામાન્ય ભાષાના શબ્દોને સંજ્ઞા રૂપે લખવામાં આવેલા હોવાથી કીમિયાગીરીનાં લખાણો ઉકેલવામાં સારી એવી મુશ્કેલી પડે છે.

	1 *kua*	2	3	4a
1	☰	*Chhien*	乾	♂
2	☷	*Khun*	坤	♀
3	☳	*Chen*	震	♂
4	☵	*Khan*	坎	♂
5	☶	*Kên*	艮	♂
6	☴	*Sun*	巽	♀
7	☲	*Li*	離	♀
8	☱	*Tui*	兌	♀

ચીની ટ્રાયાગ્રામ

ઉત્તર હનકાલનો એક જાણીતો કીમિયાગર યુ ફાન (ઈ.સ. ૧૬૪થી ૨૩૩) થઈ ગયો. તેણે એક પદ્ધતિ સ્થાપી સૂર્ય ચંદ્ર વગેરેને કીમિયાગીરી સાથે જોડી દીધા.

ક્યારે ભઠ્ઠીમાં ઓરણું કરવું અને ક્યારે તૈયાર થયેલ પદાર્થોને કાઢી લેવા તે સૂચવવા સમયની ચર્ચા તે પુસ્તકમાં કરી છે; વળી તે ઉપરાંત કેટલાંક રાસાયણિક સાધનો કે ઉપકરણોનાં નામ સંજ્ઞાઓ રૂપે આપ્યાં છે.

ઈ. સ. ૨૭૦થી ૫૮૦ના જમાનામાં ચીનમાં કીમિયાગીરી સોળે કળાએ વિકસી ચૂકી હતી. ઈ. સ. ૩૨૫માં કો હુંગનું રાજ હતું. ઈ. સ.ના બીજા સૈકામાં કાગળની શોધ ચીનમાં થઈ ચૂકી હતી. પણ એ કાગળ ટકાઉ ન હતા. એટલે એ જમાનાનું ઘણુંખરું સાહિત્ય નાશ પામ્યું. તેમ છતાં એ જમાનાનું કેટલુંક સાહિત્ય સચવાયું છે. તેમાંના કેટલાક ઉલ્લેખો જોઈએ.

"ચોથી સદીમાં થયેલા ચીનના સર્વશ્રેષ્ઠ કીમિયાગર કો હંગને કોઈકે પૂછ્યું કે લુ યાન અને [illegible]ો તી જેવા કારીગરો પણ પથ્થરમાંથી સારી સોય બનાવી શકતા નથી. ઓ યેહ જેવા પણ સીસા કે કલાઈમાંથી કોદાળીનું પાનું સરખુંય ઘડી શકતા નથી. જે સાચે જ અશક્ય છે તે આસમાન પણ કરી શકે નહીં." પરંતુ તેમાં એવો ઉલ્લેખ પણ મળે છે કે, પાણી અને અગ્નિ આકાશમાં રહેલાં છે પણ આરસી દ્વારા તે બંનેને જમીન ઉપર લાવી શકાય છે. વળી સીસું સફેદ ચળકતી ધાતુ છે પણ તેમાંથી રાતો પદાર્થ બનાવી શકાય છે અને એ રાતા પદાર્થમાંથી પાછું સીસું બનાવી શકાય છે. ઉપરાંત અજગરની ચરબી અને જાવસાત(વનસ્પતિ)ની ચરબીમાં કશો ભેદ નથી. મતલબ કે વનસ્પતિ અને પ્રાણિજ ચરબી એ બંને સરખાં છે—(કારણ કે તે બંનેમાંથી સાબુ બનાવી શકાય છે. તે સમયે ચીનમાં પોટાશ-સાબુ બનતો હોવાનું આ સૂચવી જાય છે.)

ઈ. સ. ૩૮૯થી ૪૦૪ના ગાળામાં એક રાજાએ કીમિયાગરને ઔષધિ શોધવા સગવડ કરી આપી હતી. પર્વતો ઉપર ઊગેલાં જંગલોમાંથી લાકડાં લેવાની અને બીજી સગવડો ઉપરાંત ત્યાં બનતી દવાના ગુણદોષ ચકાસવા કેદીઓને તે દવાઓ ખવડાવવામાં આવતી. તેને કારણે ઘણા કેદીઓ મરી ગયાનો ઉલ્લેખ મળી આવે છે.

અનેક દેશોની જેમ ચીનમાં પણ કીમિયાગીરીને—વિધિઓને સુધ્ધાં ગ્રહોની ચાલ સાથે જોડવાનો પ્રયત્ન થયેલો. અમુક સમયે જ કરેલી ક્રિયા ફળે અને બાકીના સમયે પ્રયત્ન નિષ્ફળ જાય. કેટલીક રાસાયણિક [ ]યાઓ અને સાધનોને પણ એ જમાનામાં વિકસાવવામાં આવેલાં.

ઈ.સ. ૧૦૮૬માં પ્રસિદ્ધ થયેલા 'મેંગ ચિ પી થાન' નામના પુસ્તકમાં તેના કર્તા શેન ફુઆ જણાવે છે :

"છિયેં શાન નામના પ્રદેશમાં એક કડવા પાણીનો ઝરો છે. તેના પાણીને તપાવવામાં આવે ત્યારે તે પાણીની કડવી ફટકડી (મોરથૂથુ) થઈ જાય છે. એ કડવી ફટકડીને લોઢાના વાસણમાં ખૂબ તપાવતાં તે લોઢાનું વાસણ તાંબાનું બની જાય છે." કૉપર સલ્ફેટ અને લોહ વચ્ચે પરસ્પર પ્રક્રિયા થવાથી કોપર (તાંબું) છૂટું પડે છે અને હીરાકસી એટલે કે લોહ સલ્ફેટ બને છે એ પ્ર[ ]યા ઉપર વર્ણવવામાં આવી છે. લોઢાના વાસણ ઉપર તાંબાનો અવક્ષેપ થાય છે, તેને બદલે લોઢાનું વાસણ તાંબામાં ફેરવાઈ જાય છે એમ કહેવાયું છે. વળી કૂવાનું પાણી દ્રાવણ છે એ સમજાયું નથી અને પાણી ઊડી જાય છે તે પણ ખબર ન હોવાથી પાણીનું કડવી ફટકડીમાં રૂપાંતર થાય છે એમ જણાવ્યું છે. અવક્ષેપનો આવો ઉલ્લેખ એ સમયના યુરોપીય સાહિત્યમાં કોઈ સ્થળે મળતો નથી.

સુ[ ]વ નામના એક વૈદકના પુસ્તકમાં જણાવવામાં આવ્યું છે કે આકાશમાં પાંચ તત્ત્વ રહેલાં છે અને પાંચ તત્ત્વ પૃથ્વીમાં રહેલાં છે. પૃથ્વીમાંના છી તત્ત્વને મળતું આકાશમાં ભેજ તત્ત્વ રહેલું છે. પૃથ્વી પથ્થર અને ધાતુ ઉત્પન્ન કરે છે અને ભેજમાંથી પણ પથ્થર અને તાંબું ઉત્પન્ન થાય છે—આગળ આપેલા દાખલામાં ઝરાના પાણીમાંથી તાંબું અને ફટકડી કે પથ્થર ઉત્પન્ન થાય છે એ મુજબ.

અન્ય એક કીમિયાગરના લખાણ મુજબ :

"મનુષ્ય કુદરતને જીતી શકે, શિયાળામાં મેઘ અને ઉનાળામાં બરફ વરસાવી શકે, ભૂતને રાઈના દાણામાં પૂરી શકે, પાણીના પવાલામાં મગરમચ્છને રાખી શકે, ચિત્રમાંનાં દ્વાર ખોલી શકે અને જડ મૂર્તિને બોલાવી શકે. . . . મહેમાનો તો આવે અને જાય, પણ તે બધાનું સત્ત્વ—મૂળ પદાર્થ કાયમ રહે છે. તેનો નાશ નથી." પદાર્થના અવિનાશીપણાના નિયમને આ મળતું આવે છે.

"કેટલીક ગુફાઓમાં પાણી ટપકયા કરે છે અને એ ટપકતું પાણી પથ્થરના સ્તંભમાં ફેરવાઈ જાય છે. વળી વસંત તેમ જ શરદસંપાત સમયે કેટલાક કૂવામાંથી મળી આવતું પાણી પથ્થરમાં ફેરવાઈ જાય છે, મતલબ કે કેટલાંક જળ પથ્થરમાં ફેરવાઈ જાય છે. એ પથ્થર સદાય ભેજદ્રાવી (hygroscopic) રહે છે." આ બધાં ઉદાહરણ તે વખતની માન્યતા મુજબ પાણીનું પરિવર્તન થઈ બનેલા પદાર્થોના છે.

એવી જ રીતે, લાકડાનું તત્ત્વ આકાશમાં હોય છે, ત્યારે પવન હોય છે. લાકડું અગ્નિ ઉત્પન્ન કરે છે અને પવન તેને પોષે છે. પાંચ તત્ત્વો કે મહાભૂતોનો સ્વભાવગત ધર્મ આવો છે.

કેટલીક ગુફાઓમાં પાણી ટપક્યા કરે છે અને એ ટપકતું પાણી સ્તંભમાં ફેરવાઈ જાય છે.

આ બધાં ઉદાહરણો સૂચવી જાય છે કે પ્રાચીન કાળમાં રાસાયણિક ક્રિયાઓની અધકચરી છતાં ઘણીખરી સમજ ચીનમાં હતી, નિરીક્ષણો ભૂલ વગરનાં હતાં. પરંતુ પાણીનું બાષ્પાયન થઈ ઊડી જાય છે અને તેમાંનો દ્રાવ્ય ક્ષાર બાકી રહી જાય છે એનો ખ્યાલ તેમને નહોતો, તેથી પાણીનું પથ્થરમાં રૂપાંતર થાય છે એવું તેઓ માનતા હતા.

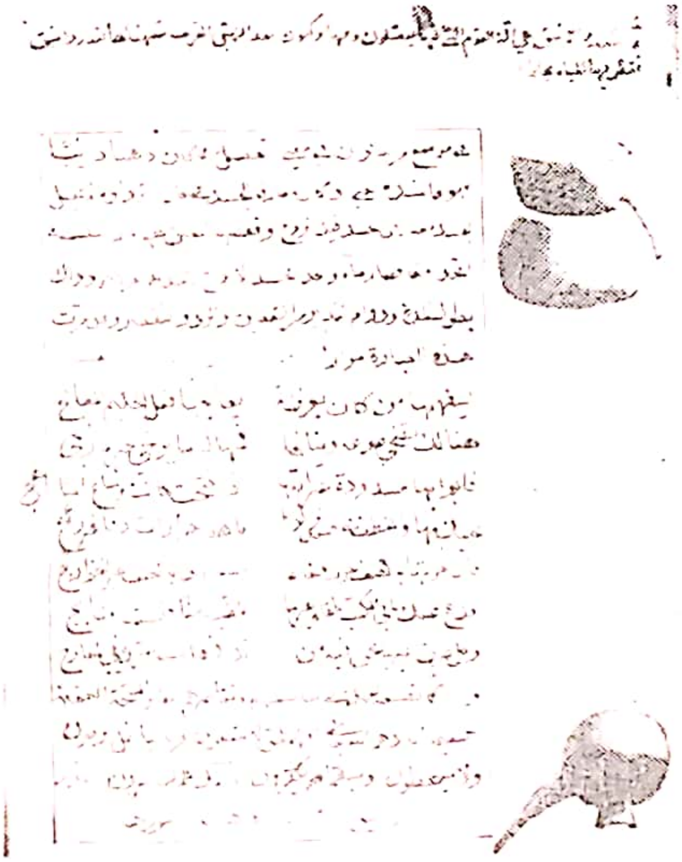
ઉપરાંત ભઠ્ઠીઓ, વાસણો, ધમણો અને ધમણમુખ આદિ સાધનોના તથા ક્યારે ધમણ ધીમી ચલાવવી, ક્યારે જોરથી ચલાવવી વગેરે ક્રિયાઓના ઉલ્લેખ ચીનના કીમિયાગીરીના સાહિત્યમાં મળે છે. ક્રિયાનું જોર વધારવું હોય ત્યારે શુક્લ પક્ષ અને ઘટાડવું હોય ત્યારે કૃષ્ણ પક્ષ એમ ચંદ્રની કળા દ્વારા ક્રિયાઓ વર્ણવેલી છે.

ચીની કીમિયાગીરીનું સમસ્ત સાહિત્ય જોતાં એકંદરે એમ જણાઈ આવે છે કે ૧૭મી સદી સુધી ચીનમાં રસાયણવિજ્ઞાન યુરોપ કરતાં આગળ વધેલું હતું. પરંતુ ત્યારબાદ ચીન પાછું પડી

ગયું. ઈ. સ. ૧૬૯૪માં યેન યુઆને ચીનમાં એક મહાશાળા કાઢેલી. એ મહાશાળામાં ભાષાજ્ઞાન, ગણિત, ખગોળ, વૈદક અને યુદ્ધકળામાં વપરાતાં યંત્રોનો ઉપયોગ શીખવવામાં આવતો. રસાયણશાસ્ત્ર અને દારૂ બનાવવાની તથા વાપરવાની પદ્ધતિઓ શીખવવામાં આવતી. ૧૬૮૩માં તાઈ જંગે લખેલા એક પુસ્તકમાં બૅરોમીટર, થરમૉમીટર, કાંટા દ્વારા ભેજ દર્શાવતું ભેજમાપક, બકનળી (siphon), સૂક્ષ્મ-દર્શક જેવાં ૮૦ અદ્યતન ગણાય એવાં સાધનોનું વર્ણન આપવામાં આવેલું છે.

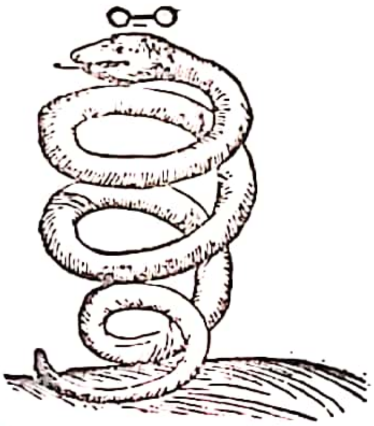
હવે આપણે અરબસ્તાનની કીમિયાગીરી અને તેમાંથી રસાયણશાસ્ત્ર કેવી રીતે વિકસ્યું તે જોઈ લઈએ.

આલ્કેમી સૌ પ્રથમ ચીનમાં વિકસેલી, પરંતુ યુરોપને તો તેનો વારસો ઇજિપ્ત દ્વારા જ મળેલો. ગ્રીસની કીમિયાગીરીનો વારસો ઈ. સ.ના પાંચમા સૈકામાં નેસ્ટોરિયન કુટુંબો સીરિયામાં લઈ ગયાં તે આપણે 'સ્વાસ્થ્યદર્શન'માં જોઈ ગયા છીએ. અરબ રાજ્યોમાં મુસ્લિમ સંસ્કૃતિના ઉદય બાદ એ વારસો આરબોને મળ્યો. પરંતુ તે સમયે મુસ્લિમ સંસ્કૃતિએ ચીન, ભારત તેમ જ એશિયાઈ વિસ્તારોમાંથી પણ વિદ્યા પચાવી હતી એટલું જ નહીં પણ પ્રયોગ દ્વારા શું સાચું છે તે નાણી જોવાની તમન્ના પણ કેળવી હતી.

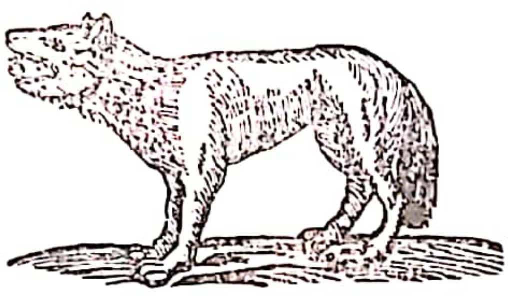


અરબી કીમિયાગીરીના પુસ્તક 'શાર્હ દિવાન અલ શુદુર'નું એક પાનું

કેટલાક કીમિયાગરો એક ધાતુમાંથી બીજી ધાતુના પરિવર્તનની વાતને સ્વીકારતા ન હતા. વળી કેટલાક તો કોઈ દૈવી અમૃતતત્ત્વ બનાવવા પાછળ પડ્યા હતા કે જે દ્વારા મનુષ્યનું આયુષ્ય ખૂબ લંબાય. વળી કેટલાક ગ્રહોની ગતિને આધારે ગ્રહદશામાં માનનારા પણ હતા અને તમામ વૈજ્ઞાનિક કામોમાં પણ શકુન-અપશકુન, ગ્રહો વગેરે દ્વારા જ સિદ્ધિ મળશે એવુંય



સોમલની ધાતુ આર્સેનિકની સંજ્ઞા – ૧૭ મી સદી



૧૭ મી સદીમાં સુરમાનીધાતુ ઍન્ટિમનીની સંજ્ઞા

માનતા. આમ કીમિયાગીરી વહેમના જાળામાં ફસાયેલી હોવા છતાં, તેનાં કેટલાંક ઉજ્જવળ પરિણામ આવ્યાં. કીમિયાગીરીનો જમાનો છેક ૧૮મા સૈકા સુધી ચાલ્યો ગણાય. પણ તેમાં પડેલા કેટલાક પ્રયોગવિદોને હાથે રસાયણવિજ્ઞાન તેમ જ રસાયણઔષધવિજ્ઞાન (Iatro-chemistry)નો પાયો નંખાયો એમ કહી શકાય.

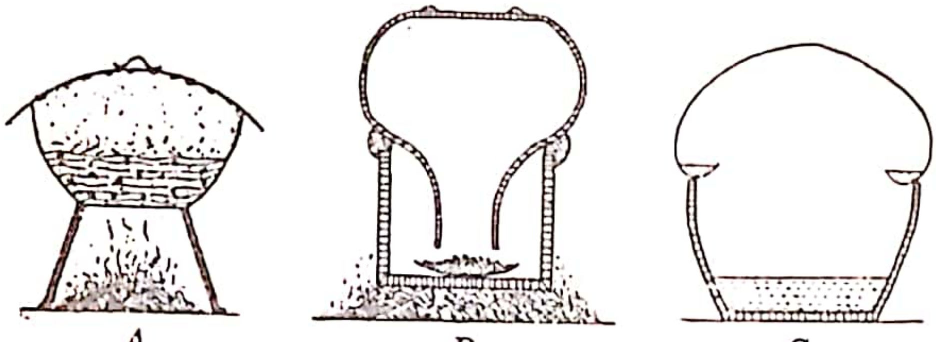
કીમિયાગરોની પ્રયોગશાળાઓ અને મેટલર્જિસ્ટના અનુભવો એ બંનેને પરિણામે રસાયણવિદ્યા વિકસી ગણાય. મૅસોપોટેમિયા અને ઇજિપ્તમાં થયેલાં ખોદકામોના નમૂના ઈ. સ. પૂર્વે પાંચમા સૈકામાં થતા ધાતુકામ, કાચકામ, ડિસ્ટિલરી વગેરેની સાક્ષી પૂરે છે. ધાતુશોધન, ચામડાં કમાવવાં, ચૂનો પકવવો, દારૂ ગાળવો, જાતજાતનાં શરબતો બનાવવાં વગેરે ક્રિયાઓ મુસ્લિમ યુગમાં વિકસી ચૂકી હતી.

આલ્કેમી અંગે અરબ વિજ્ઞાની જબીર (૭૬૮–૮૦૯)નાં લખાણો નોંધપાત્ર ગણાય. તેણે લખેલા 'ગુણધર્મો' ('Book of Properties') નામના ગ્રંથમાં તેણે સફેદો બનાવવાની રાસાયણિક ક્રિયાનું ઝીણવટપૂર્વક વર્ણન કર્યું છે.

તેના લખાણ ઉપરથી એ વાત પણ જાણવા મળે છે કે તે સમયે ચોકસાઈપૂર્વક તોલમાપનો પણ ઉપયોગ થતો હતો.

જબીરે પદાર્થના બે વિભાગ કર્યા હતા. જે પદાર્થો ગરમ કરતાં વાયુરૂપ બની ઊડી જાય તેવા પદાર્થોને તેણે 'સાલ' એટલે કે 'સ્પિરિટ' કહેલા. ગંધક, સોમલના ક્ષારો, પારો, કપૂર, સાલ ઍમોનિક (નવસાર)નો આ વિભાગમાં સમાવેશ થતો. એના જમાનામાં પણ નવસારનો ઉપયોગ ધાતુશોધનમાં ફ્લક્સ તરીકે કરવામાં આવતો. નવસાર કેવી રીતે બનાવવો તેની તેને જાણ હતી.

એ સમયની જાણીતી સાત ધાતુઓને તેણે બીજા વિભાગમાં મૂકેલી છે. એ ધાતુઓમાં સોનું, રૂપું, સીસું, કલાઈ, તાંબું, લોહ અને પારાનો સમાવેશ થઈ જાય. પરંતુ તે ઉપરાંત તેણે ચાની લોઢા (જસત)ની પણ વાત કરેલી છે.



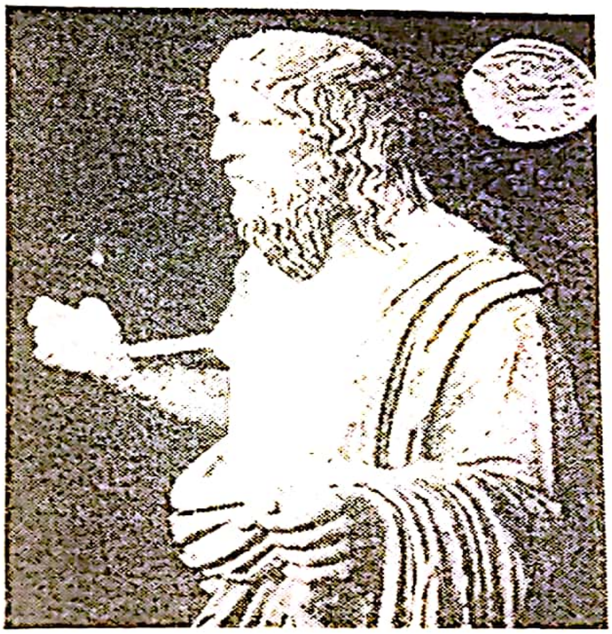
A B C

નિસ્યંદનનું પૂર્વસ્વરૂપ – બાષ્પધારણનાં પાત્રો

જબીરે જણાવેલું કે જે ધાતુઓનો ભૂકો થઈ શકે તેમને ટીપીને તેમનાં પતરાં બનાવી શકાતાં નથી. જબીરની પોતાની પ્રયોગશાળા તૈગ્રિસ નદીને કાંઠે કૂફામાં હતી. તેણે તેના યૌવનનો ભાગ કીમિયાગીરી શીખવામાં ખર્ચેલો અને પ્રયોગો દ્વારા મેળવેલા અનુભવસિદ્ધ જ્ઞાનને આધારે જ તેણે લખાણ કરેલું. પ્રયોગશાળા વસાવવા માટે જરૂરી સાધનોની યાદી પણ તેણે આપેલી છે. તેમાં

હીરાક્લિટસ

[ઈ.સ. પૂર્વે ૫૪૦–૪૭૫]



ગ્રીક તત્ત્વચિંતકો ઝેનોફેનીસ, હિરાક્લિટસ, થેઈલ્સ એ બધા એમ માનતા કે સમસ્ત સર્જન એક જ આદ્યતત્ત્વમાંથી નીપજ્યું છે. પણ એ મૂળતત્ત્વ કયું તે પરત્વે તેમને મતભેદ હતો.

થેઈલ્સ કહે: આદ્યતત્ત્વ પાણી છે. વરાળ બનાવી તેને ઉડાડી દેતાં, તેમ જ તેને ઠારતાં, ઘન પદાર્થો મળી આવે છે.

હીરાક્લિટસ કહે: આદ્યતત્ત્વ અગ્નિ છે અને તે દ્વારા થતું પરિવર્તન એ જ તથ્ય – વાસ્તવિકતા છે.

નીલમની તકતી

[હર્મિસે નીલમની તકતી ઉપર આલેખેલું કીમિયાગીરીનું રહસ્ય]

એક જ (સત્)નાં અનેક કૌતુકો સિદ્ધ કરવા, જે ઊંચે (આસમાનમાં) છે તે જ નીચે (પાતાળમાં) છે, અને જે પાતાળમાં છે તે જ આસમાનમાં છે, આ હકીકત સાચી, અસત્ (દોષ) વગરની સર્વશ્રેષ્ઠ સત્ય છે.

એકના જ ચિંતનમાંથી બધી ચીજોનો પ્રાદુર્ભાવ થાય છે એટલે એ બધી એકમાંથી જ જન્મેલી છે.

તેના પિતા સવિતા છે અને માતા ચંદ્રમા છે. વાયુએ તેમનું સ્થાપન ચંદ્રમાના ઉદરમાં કરેલું છે.

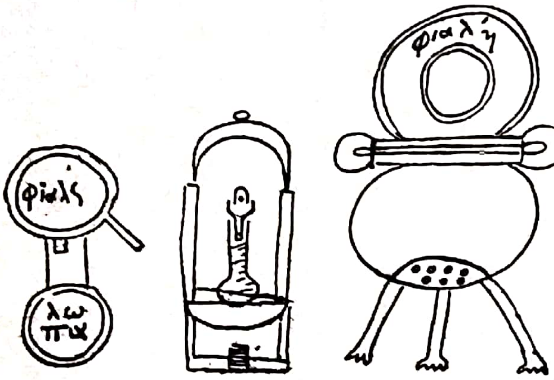
સર્જનમાં રહેલા સમસ્ત જ્ઞાનના પિતા સવિતા જ છે. તેમને પૃથ્વી તરફ ફેરવવામાં આવે તોપણ તેમના ગુણધર્મો અબાધિત રહેશે.

ખૂબ જ કૌશલ્ય અને ધીરજથી તમે અગ્નિમાંથી ધાતુ છૂટી પાડો છો. સ્થૂળમાંથી સૂક્ષ્મ નિપજાવો છો. એ જ પ્રકારે મૂળ એક જ સત્‌માંથી તમામ વસ્તુઓ સર્જાયેલી છે.

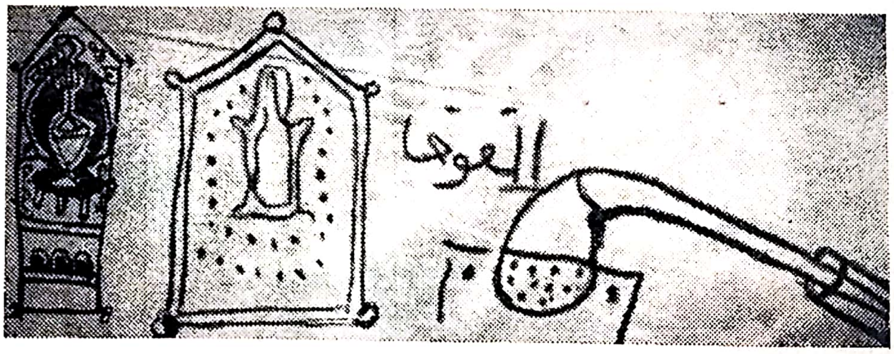
સવિતાદેવની સત્તા સંબંધી જે કાંઈ મારે કહેવાનું હતું તે મેં સમાપ્ત કર્યું છે. તે (સત્) પૃથ્વીથી ઊંચે ચડી આસમાનને આંબી જાય છે અને ત્યાંથી પાછું ફરી પૃથ્વીને—પાતાળને પણ આવરી લે છે. જે કાંઈ ઊંચે છે કે જે કાંઈ નીચે છે એ બંનેની સત્તા તે ધરાવે છે.

આ રીતે જ સમસ્ત સર્જનના જ્ઞાનનો પ્રકાશ થશે અને અજ્ઞાન નાસી છૂટશે.

બળોમાંનું બળ પણ તે જ છે. કારણ કે સૂક્ષ્મમાં સૂક્ષ્મ એવા તમામ જ્ઞાનને તે પહોંચી વળે છે અને સ્થૂળમાં સ્થૂળના હાર્દ સુધી જઈ શકે છે.



રસાયણ અંગેનાં પુરાણાં પ્રયોગ-સાધનો
પ્રાચીન ગ્રીક હસ્તપ્રતમાંથી



ધાતુ પકવવાનું સાધન: ક્રમિક વિકાસ

રિટૉર્ટ અને રિસીવર

જાતજાતની ભઠ્ઠીઓ, ધમણો, કુલડીઓ (મૂસ), નિસ્યંદન માટેનાં પાત્રો (still), ત્રાજવાં, વજનિયાં, ચંબૂ (flask), કાચપાત્રો, રેતી અને પાણીનાં તપામણાં (sand bath & water bath), શેકવાની પદ્ધતિ અને પદાર્થો ગાળી લેવા જુદાં જુદાં ગળણાં બનાવવાની રીતોનો સમાવેશ થઈ જાય છે. ભારાત્મક (gravimatric) પદ્ધતિએ રાસાયણિક પ્રયોગો કરવાની તેણે પ્રથા પાડેલી.

રહેઝીસ (૮૬૫–૯૨૫) ધાતુ-ધાતુના પરિવર્તનમાં માનતો હતો. તે નાઈટ્રિક અને ગંધકના તેજાબનો ઉપયોગ કરતો. જડ અને ચેતન પદાર્થોનું ત્રણ વિભાગમાં તેણે વર્ગીકરણ કરેલું: વનસ્પતિ, પ્રાણી અને ખનિજ. ગંધક, લવણ અને પારો એ ત્રણના ગુણધર્મો પ્રત્યેક (જડ) પદાર્થમાં રહેલા છે, એવી એ જમાનાની પ્રચલિત માન્યતા તેણે નકારી કાઢેલી. જોકે તેના પછી થઈ ગયેલા પારસેલ્સસે તેને પકડી રાખેલી.

રહેઝીસે ખનિજના છ વિભાગ પાડેલા:

(૧) બાષ્પશીલ પદાર્થો—પારો, નવસાર વગેરે અને ગંધક, રિયલગર (realgar) જેવા દહનશીલ પદાર્થો.

(૨) સાત ધાતુઓ

(૩) છ પ્રકારના 'બોરેક્સ' (નેટ્રોન કે ઊસ સાથે).

(૪) અગિયાર પ્રકારનાં લાવણો જેમાં સિંધવ, ચૂનો, મૂત્રક્ષાર, પોટાશ (અલ કાલી) વગેરેનો સમાવેશ કરવામાં આવેલો.

(૫) તેર પ્રકારના પથ્થરો—મુખ્યત્વે કાચી ધાતુઓ—મેલેચાઈટ, હિમેટાઈટ, જિપ્સમ, ફટકડી ઇત્યાદિ.

(૬) વિટ્રિયલ (સલ્ફેટ)—જેને ગરમ કરવાથી ગંધકનો તેજાબ મેળવી શકાય.

ત્યાર બાદ એવીસેના—ઇબ્નસેના (૯૮૦–૧૦૩૭)એ આલ્કેમી પરત્વેના લખાણમાં સ્પષ્ટ કહ્યું છે કે ધાતુ-ધાતુનું પરિવર્તન અશક્ય છે. નબળી ધાતુઓનું મિશ્રણ કરવાથી સોના કે ચાંદી જેવા દેખાવની મિશ્રધાતુ મળી આવે ખરી, પરંતુ તે સોનું કે ચાંદી હોવાનું ન જ સંભવે.

આમ જાણીતા આલ્કેમિસ્ટો વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિએ કામ કરતા. તેમણે દારૂ આથવવાની પદ્ધતિમાં સુધારા કર્યા, શુદ્ધ આલ્કોહૉલનું નિસ્યંદન સિદ્ધ કર્યું, ગંધકનો તેજાબ, મીઠાનો તેજાબ અને સૂરાખારનો તેજાબ બનાવવાની રીતો શોધી અને એ તેજાબોનો ઉપયોગ પણ કર્યો. ભારાત્મક પદ્ધતિએ કામ કરવાની પદ્ધતિ તેમણે વિકસાવી. અરબી આલ્કેમીએ દ્રાવણ, આસવન, નિસ્યંદન, ઊર્ધ્વપાતન વગેરે રાસાયણિક પદ્ધતિની ભેટ યુરોપને આપી.

એવીસેના

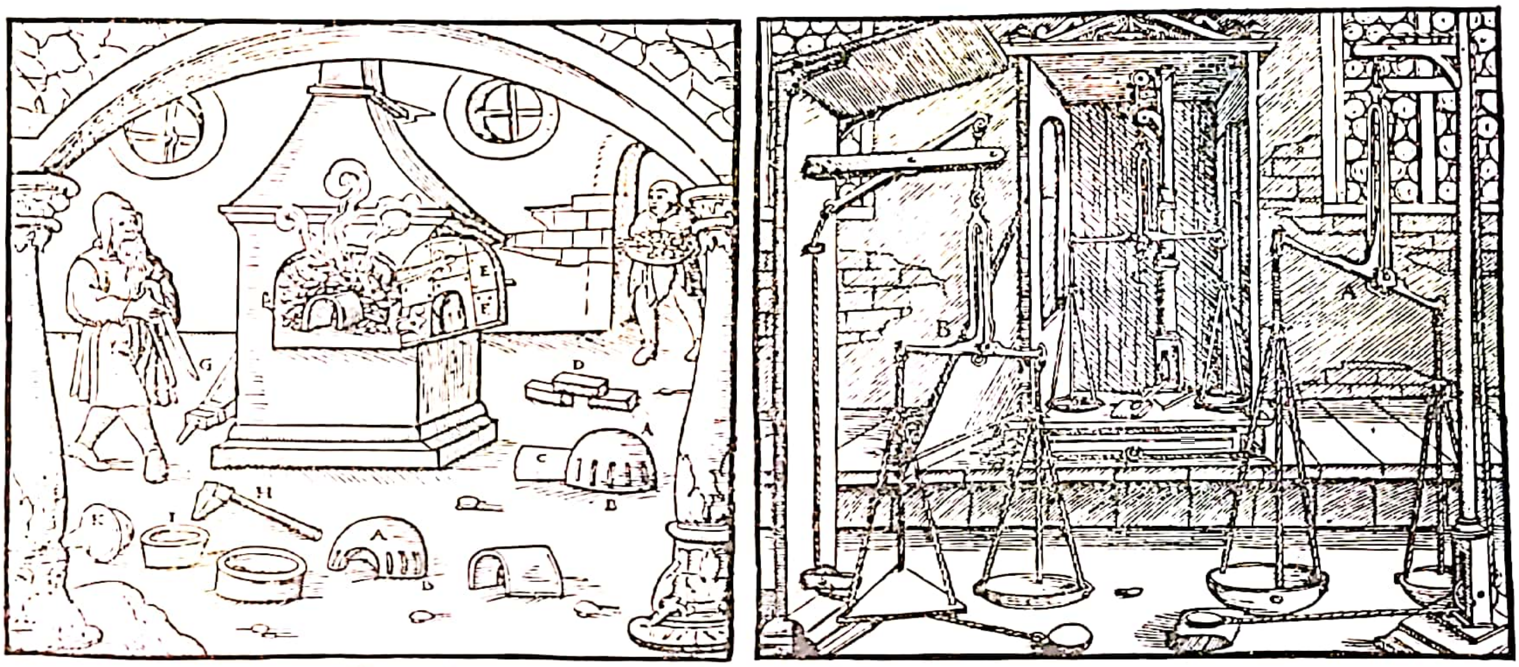
ત્યાર બાદ અરબ-વિજ્ઞાન આગળ વધી શક્યું નહીં. જ્ઞાનવિજ્ઞાનનું ક્ષેત્ર બગદાદ કે અરબસ્તાનનાં શહેરોને બદલે અલૅક્ઝાન્ડ્રિયા બન્યું. ત્યાં આલ્કેમી કંઈક વિશેષ સંસ્કૃત સ્વરૂપ પામવા લાગી. ઍરિસ્ટોટલે એવી માન્યતા વ્યક્ત કરેલી કે ધાતુઓના રંગ, ચળક, તન્યતા (tenacity), ટિપાઉપણું વગેરે ગુણો ઉપરછલ્લા હોય છે અને યોગ્ય વિધિ દ્વારા નબળી ધાતુઓમાં પણ સોના-ચાંદી જેવી ધાતુઓના ગુણધર્મો લાવી શકાય. તેને આધારે આલ્કેમિસ્ટો આગળ વધ્યા. પદાર્થમાત્ર ચાર મહાભૂતોના બનેલા છે અને તેમની ઓછીવત્તી માત્રાની મેળવણીથી સર્વ પદાર્થો બન્યા છે. ઍરિસ્ટોટલના સમયથી ચાલી આવતી એ જૂની માન્યતા સાથે અરબી આલ્કેમી વિદ્યાનો મેળ બેસાડવાનો પ્રયત્ન ત્યાં કરવામાં આવ્યો. પાંચ મહાભૂતની દૃષ્ટિએ, તેમની ઓછીવત્તી માત્રાની મેળવણી કરવાથી અગર બદલવાથી એક ધાતુમાંથી બીજી ધાતુ બનાવી શકાય એમ કીમિયાગરો માનતા.

રૉબર્ટ એસ્ટરે (૧૧૧૦–૧૧૬૦) ઈ. સ. ૧૧૪૪માં કીમિયાગીરી વિષે અરબી લખાણનું પહેલવહેલું લૅટિન ભાષાંતર કર્યું. જિરાર્ડ ઑફ ક્રેમોના (૧૧૧૪–૧૧૮૦) અને તેના સાથીદારોએ ૯૨ ગ્રંથોનાં અરબીમાંથી લૅટિનમાં ભાષાંતર કર્યાં. પરંતુ યુરોપના ખ્રિસ્તી દેશોની માન્યતાઓમાં અરબી આલ્કેમી સાથે ગૂઢવાદ, જ્યોતિષી ફલાદેશ, ગ્રહ વગેરે પ્રવેશ કરી ચૂક્યાં હતાં.

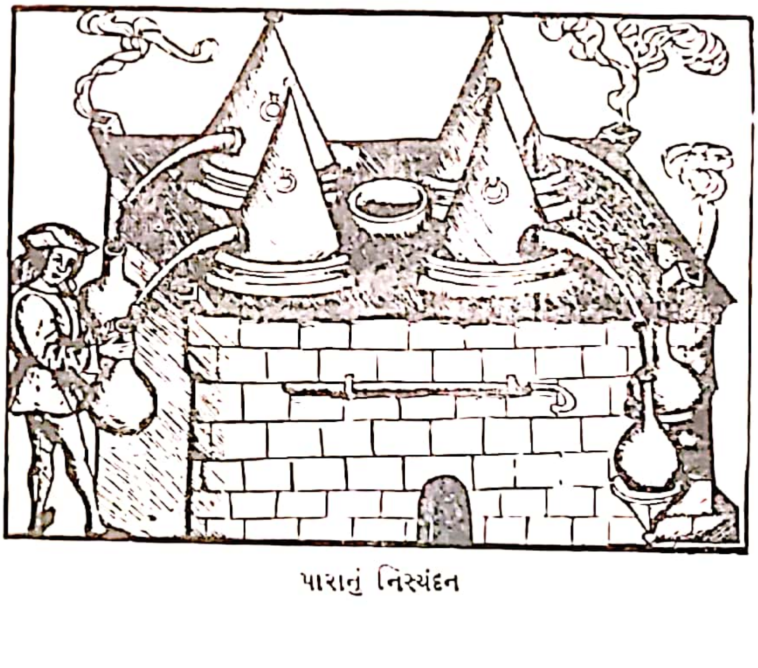
એ સમયના આલ્કેમિસ્ટો માનતા કે ચાર મહાભૂતોનું અંતિમ સ્વરૂપ પારો છે. પારાની ગંધક સાથે પ્રક્રિયા થવાથી ફિલૉસૉફરનો પથ્થર — પારસમણિ તૈયાર થાય. નબળી ધાતુઓને એ પથ્થરનો સ્પર્શ કરાવવાથી તેમનું સોનામાં રૂપાંતર થઈ જાય છે. ગંધકનાં ત્રણ સ્વરૂપો તેઓ જાણતા. એટલે તેમણે કલ્પેલું કે સફેદ ગંધક દ્વારા બનાવેલો પથ્થર ધાતુઓનું ચાંદીમાં રૂપાંતર કરે, પીળા ગંધક દ્વારા બનાવેલો પથ્થર ધાતુઓનું સોનામાં રૂપાંતર કરી શકે વગેરે. એ દિશામાં પ્રયત્ન કરતાં પ્રયોગવીરોને નરી નિષ્ફળતા જ મળી. હા, કેટલાક ઢોંગી ધુતારા કુલડીને તળિયે સોનાની કરચો રાખી તેના ઉપર મીણ દબાવી દેતા અને એ કુલડીમાં નબળી ધાતુઓ મૂકી તેને તપાવીને તેમાંથી સોનું નીકળ્યું એમ જણાવતા. તેમની આવી કરામતથી રાજપુરુષો પણ છેતરાઈ જતા. આલ્કેમિસ્ટો તેથી વગોવાઈ ગયા. ત્યાર બાદ આલ્કેમી વિદ્યાનો ઝોક દવા તરફ વળ્યો. ગંધક, પારો અને ક્ષારોના પ્રયોગ કરી પારસેલ્સસે (૧૪૯૩–૧૫૪૧) નવાં નવાં ઔષધો બનાવ્યાં. તે કેટલાં કારગત હતાં તે કહેવું મુશ્કેલ છે. પણ આલ્કેમિસ્ટો દવા તરફ વળ્યા એ વાત નિર્વિવાદ છે અને તેનું પણ કારણ હતું. યુરોપમાં ઉપરાઉપરી આવતી મહામારી પ્લેગ, શીતળા, નૃત્યરોગ વગેરેએ માનવીનો ભોગ એટલા મોટા પ્રમાણમાં લેવા માંડયો હતો કે સોનું બનાવવાને બદલે ઔષધિવિદ્યા તરફ આલ્કેમિસ્ટોનું ધ્યાન વળે એ સ્વાભાવિક હતું. આ ઝોકને પરિણામે યુરોપમાં ઔષધિવિજ્ઞાનનો ઉદય થયો.

૧૮મી સદી સુધી આલ્કેમીની પકડ યુરોપના દેશોમાં રહી હતી. જોકે વૈજ્ઞાનિકોએ તેમનાથી અલગ પડી શુદ્ધ વિજ્ઞાન વિકસાવવાનું ૧૭મી સદીથી શરૂ કરી દીધું હતું. પરંતુ લોકો તો તેમને પણ જાદુગર, કીમિયાગર કે આલ્કેમિસ્ટ તરીકે જ ઓળખતા. લોકમાનસ જાદુગર અને કીમિયાગર વચ્ચે ભેદ પાડી શકતું નહીં અને એટલે જ ન્યૂટનને તેમણે છેલ્લો જાદુગર (last of the magicians) કહેલો. ૧૬મી સદી દરમિયાન તો વિજ્ઞાનનું નામ 'કુદરતી જાદુ' (natural magic) તરીકે જ જાણીતું હતું.

કીમિયાગર અને જાદુગરનો જમાનો કાળાંતરે અસ્ત પામ્યો અને શુદ્ધ વિજ્ઞાને તેની સંપૂર્ણ ઝલક સાથે ૧૯મી સદીમાં પગરણ માંડયાં. હવે આપણે યુરોપમાં આલ્કેમીમાંથી થયેલા રસાયણ-વિજ્ઞાનના વિકાસનું ટૂંકું વિહંગાવલોકન કરી લઈએ.

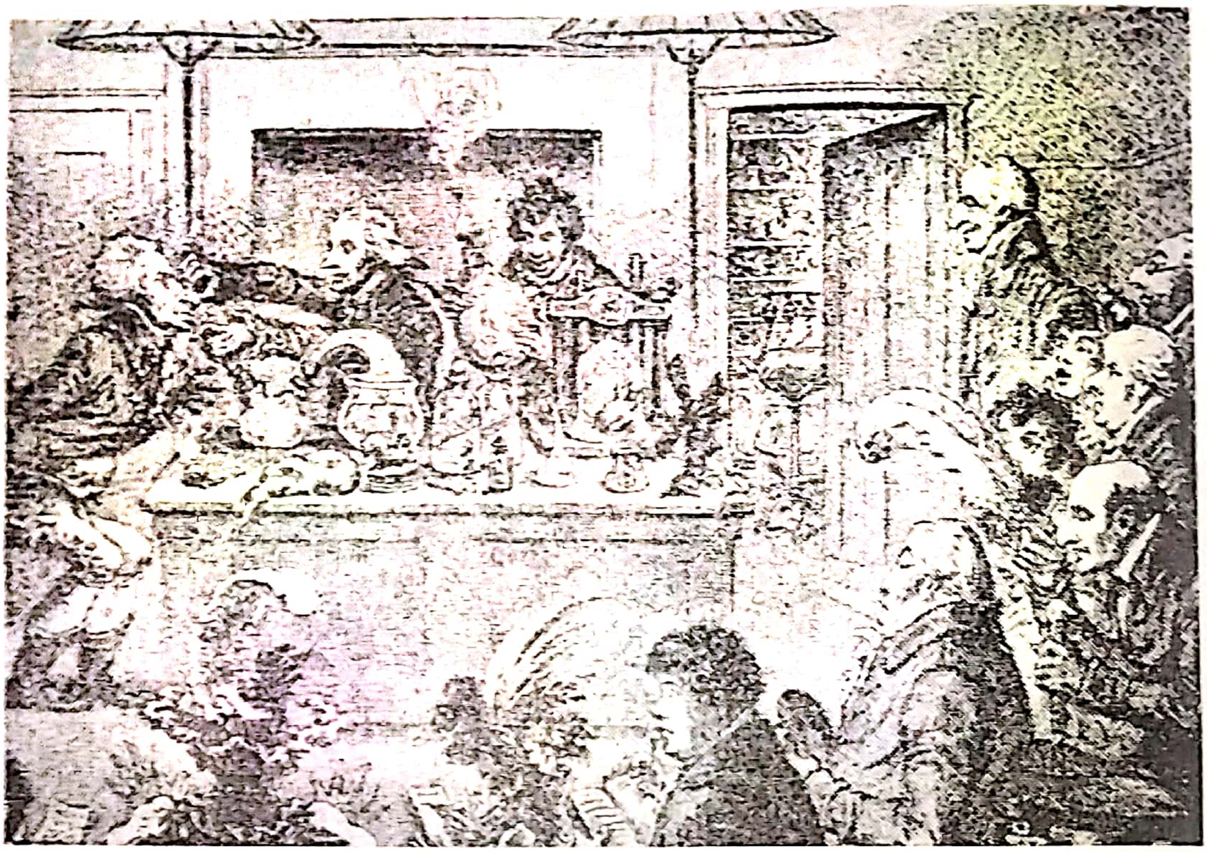


ઍગ્રિકોલા (૧૪૯૪-૧૫૫૫)ની ધાતુશોધનની પ્રાયોગિક ભઠ્ઠી અને તેનાં સાધનો

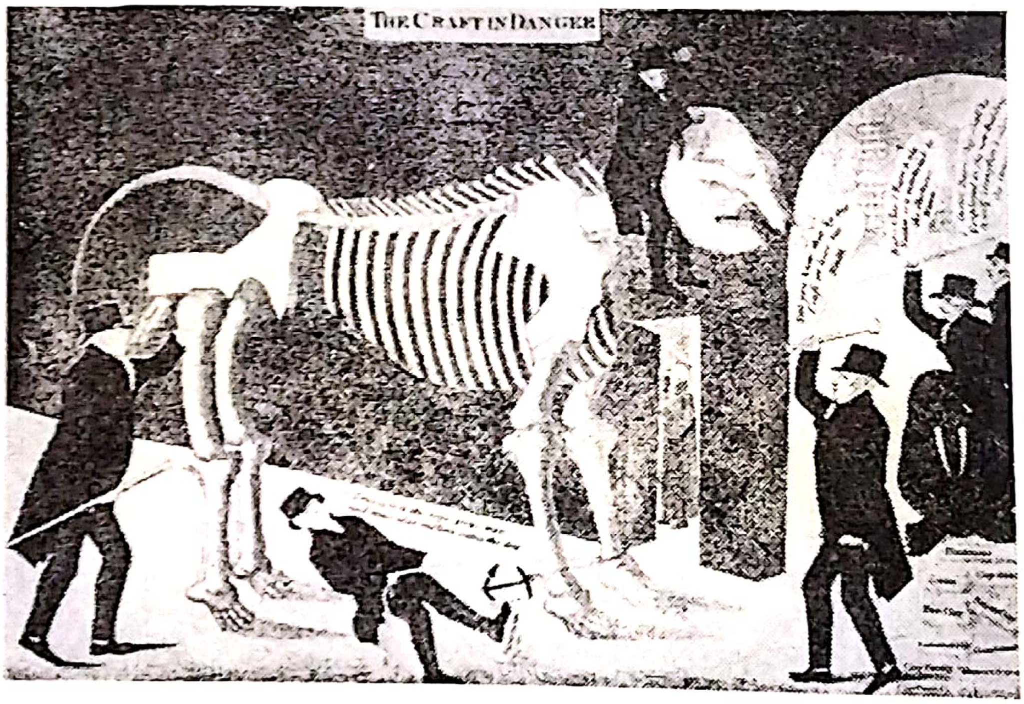


પારાનું નિસ્યંદન

સોળમી સદીમાં વિજ્ઞાનની આગેકૂચ



રોયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના સભ્યોની ઠેકડી ઉડાવતું કાર્ટૂન
(ડેવીના સમયમાં)



લાજી મરો! વિજ્ઞાનના આવાં ખાતાં તે યુનિવર્સિટીમાં ખોલાતાં હશે ?
યુરોપ કરવટ બદલી વિજ્ઞાન તરફ મીટ માંડે છે ત્યારે જુનવાણીનો વિરોધ.

૩ : યુરોપમાં રસાયણવિજ્ઞાનનો વિકાસ

મધ્યકાળના અંત સુધી યુરોપનો વિજ્ઞાનનો ઈતિહાસ બહુ ખેદજનક છે. અજ્ઞાનતાના થર, વહેમનાં જાળાં, ધર્માંધતા એ સર્વે રોધક બળો વિજ્ઞાનનો વિકાસ રૂંધી રહ્યાં હતાં. તે સમયના વિદ્વાનો પ્રત્યક્ષ નિરીક્ષણ અને પ્રયોગો દ્વારા જ્ઞાન મેળવવાને બદલે અનુમાનો બાંધતા. ધર્મગુરુઓની સત્તા પણ જબરી હતી અને પ્રાણાલિકાને પડકાર આપી નવાં વિધાનો રજૂ કરનારા વિદ્વાનોને જેલ યા મોતની સજા થતી. ઍરિસ્ટોટલ, ટોલેમી, ગેલન અને પ્લીની જેવા ફિલસૂફોનાં લખાણો પર સ્વતંત્ર રીતે વિચાર કરી નવું જ્ઞાન સંપાદન કરી તેનો પ્રચાર કરવાની હિંમત ધરાવનારા ગણ્યાગાંઠ્યા વિદ્વાનો હતા. ૧૨મી અને ૧૩મી સદીમાં યુરોપનાં કેટલાંક શહેરોમાં વિશ્વવિદ્યાલયો ઉઘાડવામાં આવ્યાં હતાં તેમાં પણ આ પ્રાચીન ગ્રીક ફિલસૂફોના વિચારો વિદ્યાર્થીઓના મગજ પર ભારપૂર્વક ઠસાવવામાં આવતા. ૧૪મી સદીથી યુરોપમાં બુદ્ધિવાદીઓએ પ્રયોગો દ્વારા નવું જ્ઞાન મેળવવાની ચળવળ ઉપાડી. ૧૫મી સદીમાં મુદ્રણકળા શોધાઈ અને તે દ્વારા જનતામાં નવા વિચારો ઝડપથી પ્રસારવાની શક્યતા ઊભી થઈ. ૧૪૫૩માં કૉન્સ્ટેન્ટિનોપલનું પતન થયું અને પૂર્વ સામ્રાજ્યનાં વિજ્ઞાનો યુરોપમાં પ્રસર્યાં. કોલંબસ, વાસ્કો દ' ગામા, મૅગેલન ઇત્યાદિની સફરો દ્વારા નવા દેશ અને નવા દરિયાઈ માર્ગો શોધાયા અને આ સર્વેથી પ્રભાવિત થયેલા યુવાનો નવી શોધો કરવા પ્રેરાયા. ૧૬મી સદીમાં કૉપરનિકસે ખગોળના ક્ષેત્રમાં પૃથ્વી સ્થિર નથી પણ તે સૂર્યની આસપાસ ફરે છે એ વિધાન રજૂ કર્યું હતું અને પુરાતન ગ્રીક ખગોળશાસ્ત્રી ટોલેમી જે શીખવી ગયો હતો કે સૂર્ય પૃથ્વીની આસપાસ ફરે છે, એ સત્ય નથી એમ બતાવ્યું હતું. વૈદકના ક્ષેત્રમાં તે જ સમયે વેસેલિયસે ગ્રીક વૈદકશાસ્ત્રી ગેલનના માનવીના શરીરની રચના વિષેના કેટલાક ખ્યાલો તદ્દન ખોટા ઠરાવ્યા હતા. આ શોધોએ જુનવાણી વિચારોને વરેલાઓમાં ઘણો ઊહાપોહ મચાવ્યો હતો—જેણે વિજ્ઞાનને નવો ઝોક આપ્યો: ગૅલિલિયો, કેપલર અને ન્યૂટનનાં કાર્યો દ્વારા ખગોળ અને ભૌતિક વિજ્ઞાન ૧૭મી સદીમાં ઝડપથી વિકસી રહ્યાં હતાં પણ રસાયણશાસ્ત્ર હજી કીમિયાગીરીમાંથી બહાર આવી શક્યું ન હતું; કારણ કે કેટલાક સારા વિદ્વાનો પણ કીમિયાગારીનો મોહ છોડી શકતા નહોતા.

૧૬મી સદીમાં રસાયણની પ્રગતિમાં ફાળો આપનારા વૈજ્ઞાનિકોમાં પારસેલ્સસ (૧૪૯૩–૧૫૪૧), ઍગ્રિકોલા (૧૪૯૪–૧૫૫૫) અને વાન હેલમૉંટ (૧૫૭૭–૧૬૪૪) ગણી શકાય. પારસેલ્સસ વૈદકનો શિક્ષક હતો અને નવાં નવાં ઔષધો શોધવા માટે પ્રયોગો કર્યા કરતો. પારો, ગંધક ઇત્યાદિમાંથી તેણે નવા ક્ષારો બનાવ્યા હતા. વૈદો રાસાયણિક પ્રયોગો દ્વારા નવાં ઔષધો શોધે એવો તેનો આગ્રહ હતો. તેણે વૈદક, કીમિયાગારી, જ્યોતિષ, જાદુ અને ધર્મ એવા વિવિધ વિષયો પર લગભગ

પારસેલ્સસ [૧૪૯૩–૧૫૪૧]

ઍગ્રિકોલા [૧૪૯૪–૧૫૫૫]

૨૩૪ પ્રકાશનો બહાર પાડ્યાં હતાં. તેના કેટલાક ખ્યાલો તદ્દન ખોટા હતા. દાખલા તરીકે તે માનતો કે આપણું શરીર પારો, ગંધક અને મીઠાનું બનેલું છે! ઍગ્રિકોલા વૈદક, રસાયણ અને ધાતુઓના ક્ષેત્રમાં પારંગત હતો અને ધાતુઓ પરનું તેનું પુસ્તક અનેક વર્ષો સુધી વપરાશમાં હતું. વાન હેલમૉંટે કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુની શોધ કરી હતી અને લાકડું બળવાથી અથવા ચૂનાના પથ્થર (limestone) પર તેજાબની ક્રિયાથી અને આથવણ (fermentation)ની ક્રિયા દરમિયાન આ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે એમ બતાવ્યું હતું.

જ્હૉન બૅપ્ટિસ્ટા વાન હેલમૉંટ [૧૫૭૭–૧૬૪૪]
અને તેનો દીકરો ફ્રાન્સિસ મરક્યુરિયસ

રૉબર્ટ બૉઇલ [૧૬૨૭–૧૬૯૧]

૧૭મી સદીમાં રસાયણના વિકાસમાં સક્રિય ફાળો આપનારાઓમાં રૉબર્ટ બૉઇલ (૧૬૨૭–૧૬૯૧) અગ્રણી હતો. સમૃદ્ધ કુટુંબમાં જન્મેલો રૉબર્ટ ઈંગ્લંડ અને યુરોપમાં સારું શિક્ષણ પામ્યો હતો. તે સમયના જ્ઞાનપિપાસુ, આગળ પડતા વિચારો ધરાવનારા વિદ્વાનોએ એક વૃંદ રચ્યું હતું જેમનું ધ્યેય નવું જ્ઞાન મેળવવાનું હતું. મળવાની કોઈ નિયત જગ્યા ન હોવાથી તેમણે પોતાના વૃંદનું નામ અદૃશ્ય કૉલેજ (Invisible College) રાખ્યું હતું. ૧૬૬૦માં ઈંગ્લંડના રાજા ચાર્લ્સ બીજાએ આ વૃંદને ચાર્ટર આપ્યો હતો અને તે અદૃશ્ય કૉલેજ મટીને રૉયલ સોસાયટી બની હતી. છેલ્લી ત્રણ સદીમાં આ

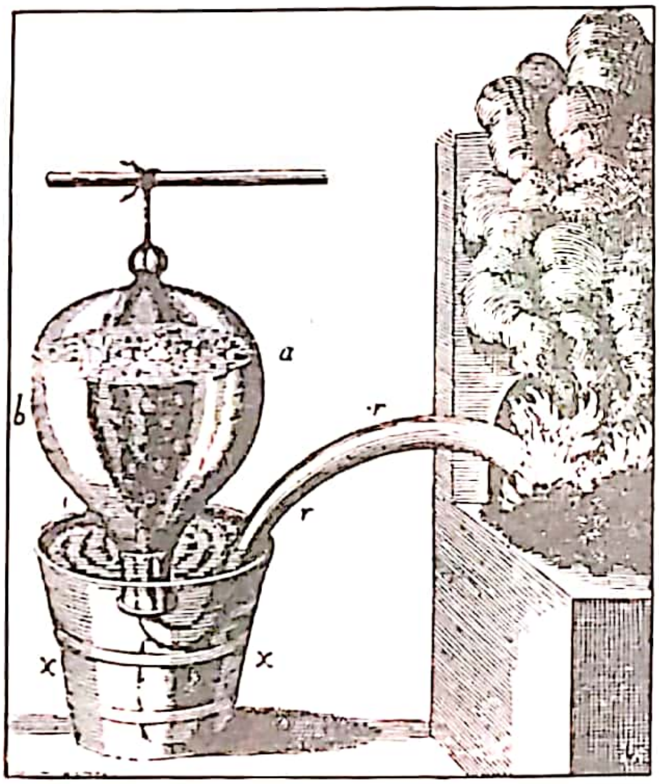
સંસ્થાએ વિજ્ઞાનનાં ક્ષેત્રમાં ઘણો ફાળો આપ્યો છે અને તેના ફેલો તરીકે ચૂંટાવું એ એક મોટું માન ગણાય છે. ૧૭મી અને ૧૮મી સદીના વૈજ્ઞાનિકો પાણી, હવા, દહન એ મૂળભૂત પદાર્થો અને પ્રક્રિયાઓ સમજવા મથી રહ્યા હતા.

બૉઈલનું સંશોધન અનેક ક્ષેત્રોમાં છે. તેના વાયુઓ પરના સંશોધનને લીધે તે આધુનિક રસાયણના પિતા તરીકે ઓળખાય છે. આ પ્રયોગો દરમિયાન વાયુનું દબાણ (pressure) અને તેનું કદ (volume) એ બન્ને વચ્ચે સંબંધ દર્શાવતો જે નિયમ તેણે શોધ્યો તે 'બૉઈલ્સ લૉ' નામે ખ્યાતિ પામ્યો છે. તેણે હવાનું વજન કર્યું અને અદૃશ્ય હવા એ અદૃશ્ય કૉલેજના સભાસદો વચ્ચે એક ચર્ચાનો વિષય બની. હવાનું દબાણ ઓછું કરવાથી ઉત્કલન બિંદુ (બૉઈલિંગ પૉઈંટ) ઓછું થાય છે, પાણી થીજીને બરફ બને છે ત્યારે તે વિસ્તાર પામે છે, હવા કાઢી નાખેલા વાસણમાં પણ લોહચુંબક તેનો ચુંબકીય ગુણ બતાવે છે, આ બધાં નિરીક્ષણો બૉઈલે કર્યાં હતાં. તેણે મૂળતત્ત્વની નવી વ્યાખ્યા આપી કે જે આજે પણ વપરાય છે. તેની વ્યાખ્યા પ્રમાણે મૂળતત્ત્વ એટલે એવો પદાર્થ કે જેમાંથી રાસાયણિક ક્રિયા દ્વારા બીજાં તત્ત્વો છૂટાં ન પાડી શકાય. મિશ્રણ, સંયોજન અને મૂળતત્ત્વ એ ત્રણ વચ્ચેનો ફરક તેણે સમજાવ્યો. ફૉસ્ફરસ બનાવવાની શોધ પણ તેણે સ્વતંત્ર રીતે કરી હતી. રાસાયણિક પૃથક્કરણનો તેણે પાયો નાખ્યો. તેના 'સ્કેપ્ટિકલ કેમિસ્ટ' નામના પુસ્તકે વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં એક નવો ચીલો પાડ્યો. પ્રયોગાત્મક વિજ્ઞાનનો તે એક અગ્રણી હતો. ૧૭મી સદીમાં રસાયણના વિકાસમાં ફાળો આપનારા બીજા કેટલાક વૈજ્ઞાનિકો હતા. આમાં રૉબર્ટ હૂક (૧૬૩૫–૧૭૦૩), જ્હૉન મેયો (૧૬૪૫–૧૬૭૯), ગ્લોબર (૧૬૦૪–૧૬૭૦) કુંકલ (૧૬૩૦–૧૭૦૩), બેચર (૧૬૩૫–૧૬૮૨) અને લેમરી (૧૬૪૫–૧૭૧૫)નો ઉલ્લેખ કરી શકાય.

જોહાન કુંકલ વૉન લૉવેન્સ્ટર્ન
[૧૬૩૦–૧૭૦૧]

હૂકે દહનક્રિયા સમજવા પ્રયત્ન કર્યો હતો. તે એવા અનુમાન પર આવ્યો હતો કે હવામાં એવું કોઈ તત્ત્વ છે કે જે દહનને પોષે છે. પણ આ શું છે તે હૂક નક્કી કરી શક્યો નહોતો. ભૌતિક વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં પણ તેણે પ્રકાશ ઇત્યાદિ વિષે પોતાનાં અનુમાનો રજૂ કર્યાં હતાં. મેયો એવા અનુમાન પર આવ્યો હતો કે હવામાં એવો કોઈક પદાર્થ છે જે ધાતુઓને ગરમ કરીએ ત્યારે તેમની સાથે સંયોજિત થાય છે. તેણે એ પણ બતાવ્યું કે આ જ પદાર્થ સૂરોખાર(saltpetre)માં છે અને આ પદાર્થ દ્વારા અશુદ્ધ લોહી શુદ્ધ બને છે. ગ્લોબરે ઍસિડ અને બેઈઝની પ્રક્રિયા દ્વારા ક્ષારો બને છે એ સ્વીકાર્યું હતું અને સ્ફટિક રૂપે સોડિયમ સલ્ફેટ તેણે બનાવ્યો હતો, જે આજે પણ 'ગ્લોબર સૉલ્ટ'ના નામે ઓળખાય છે. વળી, ઍન્ટિમની સલ્ફાઇડ અને મરક્યુરિક ક્લોરાઇડમાંથી ઍન્ટિમની ક્લોરાઇડ બને છે એ પણ તેણે બતાવ્યું હતું; અને આજે દ્વિ-વિઘટન (double decomposition) ની બહુ જાણીતી રાસાયણિક ક્રિયાનું નોંધપાત્ર નિરીક્ષણ તેણે કર્યું હતું.

લાકડાના નિસ્યંદનમાંથી ઍસેટિક ઍસિડ મળે છે એ પણ તેણે બતાવ્યું હતું. કુંકલ કાચ બનાવવામાં પ્રવીણ હતો અને બ્લો પાઈપ (ફૂંકણી) દ્વારા પૃથક્કરણ કરવાની રીત તેણે શોધી હતી તે આજે પણ ઉપયોગમાં છે. કાર્બનિક પદાર્થોનું સડવું અને આથવણીની ક્રિયામાં સામ્ય છે એ તેણે બતાવ્યું હતું. ફૉસ્ફરસની શોધ તેણે સ્વતંત્ર રીતે કરી હતી. બેચરે ધાતુઓને ઓગાળવા માટે બળતણ તરીકે કોલસાના નિસ્યંદન દરમિયાન મળતા વાયુને વાપરવાની અને સાથે મળતા ડામરને બીજા ઉપયોગમાં લેવાની હિમાયત કરી હતી; પણ ડામરના ઉદ્યોગ માટે હજી યુરોપ તૈયાર ન હતું. બેચર ખાસ તો ૧૮મી સદીમાં વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં બહુ ઊહાપોહ મચાવનાર ફ્લોજિસ્ટોનવાદના પુરોગામી તરીકે જાણીતો છે. તેણે એવું વિધાન રજૂ કર્યું હતું કે વસ્તુઓ ત્રણ જાતની માટીની બનેલી છે. ટેરા લેપિડા, ટેરા મરક્યુરિઆલીસ અને ટેરા પિંગુઈસ. તેના મત પ્રમાણે સહેલાઈથી બળતી વસ્તુઓમાં



વાયુ ભેગા કરવા હેલ્સે યોજેલું પ્રયોગ-સાધન

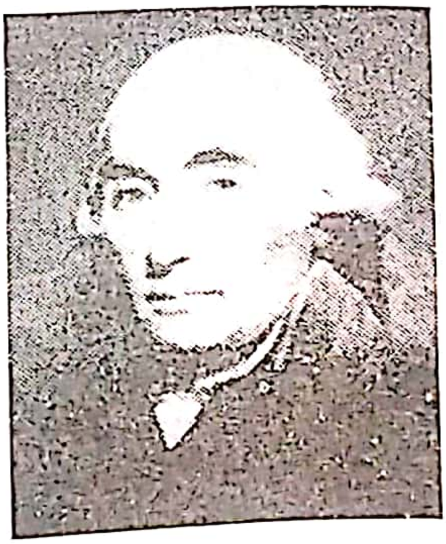
ટેરા પિંગુઈસ વધારે પ્રમાણમાં હોય છે અને જ્યારે વસ્તુ બળે છે ત્યારે એ વિલીન થાય છે. લેમરીએ ફ્રેંચ ભાષામાં રસાયણ વિદ્યાને લગતું એક પુસ્તક પ્રસિદ્ધ કર્યું હતું, જેનું યુરોપની અનેક ભાષાઓમાં ભાષાંતર થયું હતું. લેમરીએ ખનિજ પદાર્થો અને વનસ્પતિજ રસાયણો વચ્ચે ફરક બતાવ્યો હતો અને આજના અકાર્બનિક અને કાર્બનિક એવા રસાયણના બે મુખ્ય ભાગોની આંખી કરાવી હતી.

૧૮મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં રસાયણે ઝડપી પ્રગતિ કરી પણ તેના પૂર્વાર્ધમાં નોંધપાત્ર પ્રગતિ થઈ ન હતી. સ્ટીફન હેલ્સે (૧૬૭૭–૧૭૬૧) લોહી, લાકડું, કોલસો, ખાંડ અને મધ ઈત્યાદિ કાર્બનિક પદાર્થોને ગરમ કરી તેમાંથી નીકળતા વાયુઓને પાણી ઉપર ભેગા કર્યા હતા. પણ તેણે આ જુદા જુદા વાયુઓને હવા તરીકે વર્ણવ્યા છે. તેમના ગુણધર્મો તેણે તપાસ્યા ન હતા, તેને તો માત્ર જુદા જુદા પદાર્થોમાંથી કેટલા પ્રમાણમાં વાયુ મળે છે, એટલું જ જોવું હતું. તેના પ્રયોગોમાં એક મુખ્ય ત્રુટી હતી. કેટલાક વાયુઓ પાણીમાં ઓગળે એવા હતા પણ તેની તેણે દરકાર કરી ન હતી. સ્ટાહલે (૧૬૬૦–૧૭૩૪) ઑક્સિડેશન રિડક્શનના ક્ષેત્રમાં કાર્ય કર્યું હતું અને અનેક ક્ષારોને ગરમ કરી તેમાં થતા ફેરફારો તપાસ્યા હતા. તેની ખ્યાતિ તો દહન વિષેના ફ્લોજિસ્ટોનવાદના પુરસ્કર્તા તરીકેની છે. સ્ટાહલે બેચરના ટેરા પિંગુઈસને 'ફ્લોજિસ્ટોન' નામ આપ્યું અને એવું વિધાન રજૂ કર્યું કે બળી શકે એવા બધા પદાર્થોમાં ફ્લોજિસ્ટોન નામનું એક તત્ત્વ છે જે પદાર્થના દહન દરમિયાન ઊડી જાય છે. લાકડું બળે છે ત્યારે તેમાંથી જ્વાળા

નીકળે છે અને છેવટે રાખોડી રહે છે. સ્ટાહલના વિધાન પ્રમાણે લાકડું એ રાખોડી અને ફ્લોજિસ્ટોનનું બનેલું છે. કલાઈ, સીસું ઇત્યાદિ ધાતુઓને ગરમ કરવાથી નવો પદાર્થ તૈયાર થાય છે જેને ધાતુની ભસ્મ કહી શકાય. આ ધાતુઓ પોતપોતાની ભસ્મ અને ફ્લોજિસ્ટોનની બનેલી છે એવો ફ્લોજિસ્ટોનવાદીઓનો મત હતો. કેટલાકોએ આ ફ્લોજિસ્ટોનવાદને આગળ ધપાવ્યો અને બળતણ સિવાયની બીજી કેટલીક રાસાયણિક ક્રિયાઓને પણ આ સિદ્ધાંત લાગુ પાડયો. દાખલા તરીકે આપણા શરીરમાંની રાસાયણિક ક્રિયાઓને દહન સાથે તેમણે સરખાવી. આપણાં ફેફસાંમાંથી ઉચ્છ્વસનમાં ફ્લોજિસ્ટોન બહાર નીકળે છે એમ ફ્લોજિસ્ટોનવાદીઓ માનતા.

ફ્લોજિસ્ટોનના સિદ્ધાંતમાં અનેક ખામીઓ હતી. ફ્લોજિસ્ટોન એ કોઈએ જોયેલી વસ્તુ ન હોવાથી કોઈ તેના ગુણધર્મો ચોક્કસ રીતે કહી શકતું નહીં. જ્યારે કોઈ ધાતુને હવામાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તેનો ઑક્સાઇડ બને છે અને વજન વધે છે અને તેથી જો ધાતુમાંથી ફ્લોજિસ્ટોન જતો રહેતો હોય તો વજનમાં ઘટાડો થવો જોઈએ. આનો પણ જવાબ ફ્લોજિસ્ટોનવાદીઓએ ઉપજાવ્યો. તેમણે એવું વિધાન રજૂ કર્યું કે ફ્લોજિસ્ટોન એ ઋણભાર(negative weight) વાળી વસ્તુ છે. એટલે ધાતુને ગરમ કરવાથી તેનું વજન વધે છે. લગભગ એક સદી સુધી રાસાયણિકોના મગજ પર આ સિદ્ધાંતે જબરી પકડ રાખી હતી. ૧૮મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં ઑક્સિજનની શોધ થયા પછી લૅવોશિયર અને બીજા રાસાયણિકોના કાર્ય દ્વારા આ સિદ્ધાંતને ખોટો ઠરાવવામાં આવ્યો અને તેને તિલાંજલિ આપાઈ. આ સિદ્ધાંત ખોટો છે કે ખરો તે પુરવાર કરવા માટે અનેક પ્રયોગો વૈજ્ઞાનિકોએ કર્યા અને તેથી વિજ્ઞાનની સીમાઓ વિસ્તૃત બની. પણ કેટલાક વિજ્ઞાનીઓ પ્રયોગોના પરિણામો સ્વતંત્ર રીતે તપાસીને અનુમાન પર આવવાને બદલે ફ્લોજિસ્ટોનના સિદ્ધાંત દ્વારા તે સમજાવવાનો મિથ્યા પ્રયત્ન કરતા, તેથી વિજ્ઞાનની પ્રગતિ કાંઈક અંશે ધીરી પણ પડી.

૧૮મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં કેટલાક બાહોશ રાસાયણિકો થઈ ગયા. આમાં જોસેફ બ્લૅક (૧૭૨૮–૧૭૯૯), કૅવેન્ડિશ (૧૭૩૧–૧૮૧૦), શીલ (૧૭૪૨–૧૭૮૬), જોસેફ પ્રિસ્ટલી (૧૭૩૩–૧૮૦૪) અને લૅવોશિયર (૧૭૪૩–૧૭૯૪)નું કાર્ય અગત્યનું છે.



જોસેફ બ્લૅક [૧૭૨૮–૧૭૯૯]

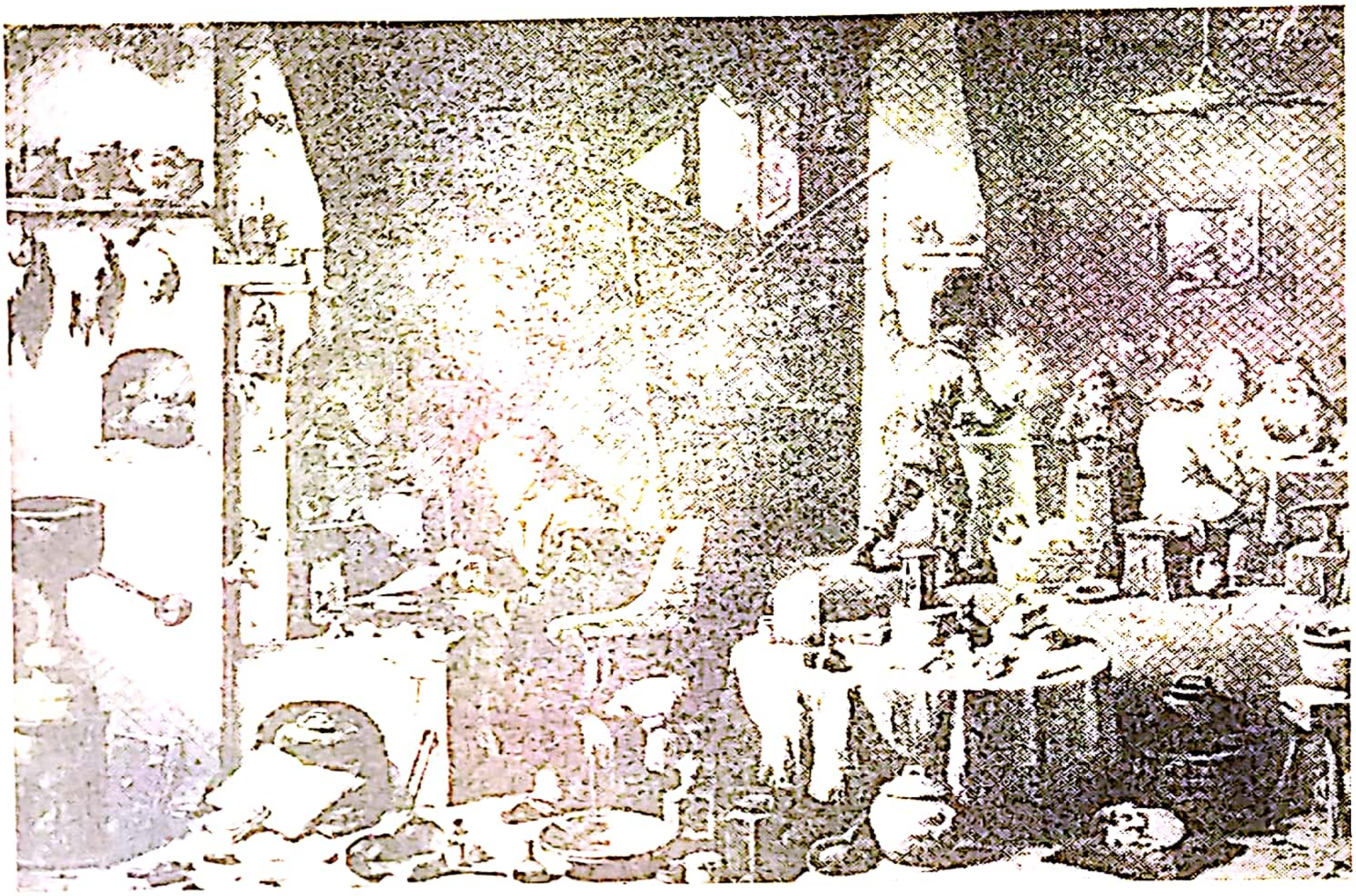
બ્લૅકે મૅગ્નેશિયમ આલ્બા નામના પદાર્થ પર કાર્ય કર્યું હતું. આ પદાર્થ મૅગ્નેશિયમ કાર્બોનેટ છે. બ્લૅકે આ પદાર્થને ગરમ કરીને એક વાયુ મેળવ્યો જે દહન કે જીવનને પોષતો ન હતો અને ચૂનાના પાણીમાં શોષાઈને પાણીને ધોળું બનાવતો હતો. આ વાયુને તેણે સંયોજાયેલી હવા (fixed air) નામ આપ્યું. વધુમાં તેણે બતાવ્યું કે આ પદાર્થ પર તેજાબની ક્રિયાથી પણ આ જ વાયુ મળે છે, તેમ જ આપણે ઉચ્છ્વાસ વાટે આ વાયુ શરીરમાંથી બહાર કાઢીએ છીએ. બ્લૅક ગ્લાસગોમાં રસાયણનો શિક્ષક હતો અને જે સિદ્ધાંતો પ્રયોગો પર આધારિત ન હોય તેમને તે અપનાવતો નહિ.

કેવેન્ડિશ ઇંગ્લાંડના એક ઉમરાવ કુટુંબમાં જન્મ્યો હતો અને બહુ શરમાળ અને કંઈક અંશે ચક્રમ ગણાતો. તેણે પોતાની જિંદગી વૈજ્ઞાનિક સંશોધન પાછળ ખર્ચી હતી. હાઇડ્રોજન વાયુની તેણે શોધ કરી હતી અને તે વાયુ સહેલાઈથી સળગી ઊઠે એવો હોવાથી તેને સળગી ઊઠે એવી હવા (inflammable air) એવું નામ આપ્યું હતું. ધાતુઓ ઉપર તેજાબની પ્રક્રિયા થવાથી આ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રિસ્ટલીએ ઑક્સિજનની શોધ કરી ત્યાર બાદ કેવેન્ડિશે આ સળગી ઊઠે એવા વાયુને ઑક્સિજન સાથે ભેગો કરી અંદર વિદ્યુત-તણખા (spark) દ્વારા સંયોજિત કર્યો અને તેને પાણી મળ્યું. આ પરથી પાણી એ મૂળતત્ત્વ નથી પણ ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજનનું એક સંયોજન છે એ તેણે સિદ્ધ કર્યું. ત્યાર બાદ તેણે ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજનના મિશ્રણમાં વિદ્યુત-તણખો પાડી તેમનું સંયોજન કર્યું અને તૈયાર થયેલા નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડને કૉસ્ટિક પોટાશના દ્રાવણમાં શોષી લીધો. તેણે જોયું કે શરૂઆતના કદનો ૧/૧૨૦મો ભાગ વાયુ રૂપે જ રહેતો હતો. તે ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન કે નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ ન હતો. આનું કારણ તે સમજાવી ન શક્યો. લગભગ એક સદી પછી વિલિયમ રામ્સેએ શોધ કરી કે આ વાયુનો એક પરપોટો નાઇટ્રોજનમાં રહેલા આર્ગોન જેવા નિષ્ક્રિય વાયુઓને લીધે હતો; કેવેન્ડિશની ઉચ્ચકક્ષાની પ્રયોગશક્તિનો આ એક નમૂનો છે.

કેવેન્ડિશ [૧૭૩૧–૧૮૧૦]

શીલે પોતાની ટૂંકી જિંદગીમાં સારું કાર્ય કર્યું હતું. તેણે ઑક્સિજન અને ક્લોરિન વાયુની શોધ કરી હતી. ટંગસ્ટન અને મૉલિબ્ડેનમનાં સંયોજનોનો તેણે અભ્યાસ કર્યો હતો. મૉલિબ્ડેનમની કાચી ધાતુ જે આજે મૉલિબ્ડેનાઇટના નામે ઓળખાય છે તેને તે સમયના લોકો ગ્રૅફાઇટ તરીકે ઓળખતા. આ બન્ને વચ્ચેનો ફરક શીલે બતાવ્યો હતો અને ગ્રૅફાઇટ એ કાર્બનનું એક રૂપ છે એમ તેણે સૂચવ્યું હતું. હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ, આર્સાઇન અને તાંબાનો ક્ષાર કૉપર આર્સેનાઇટ—તેનો રંગ લીલો હોવાથી તે 'શીલેઝ ગ્રીન' નામે ઓળખાય છે—એ ત્રણેનો તેણે અભ્યાસ કર્યો હતો. તેના પ્રશિયન બ્લુ નામના રંગ પરના સંશોધન દરમિયાન તેણે અતિ ઝેરી હાઇડ્રોસાયનિક ઍસિડ બનાવ્યો હતો. કાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં ગ્લિસરીન, યુરિક ઍસિડ, લૅક્ટિક ટાર્ટારિક, સાઇટ્રિક, મેલિક અને ઑક્ઝેલિક ઍસિડો તેણે બનાવ્યા હતા અને તેમના કૅલ્શિયમ ક્ષારો બનાવી શુદ્ધીકરણ કરવાની રીત શોધી હતી. આવો

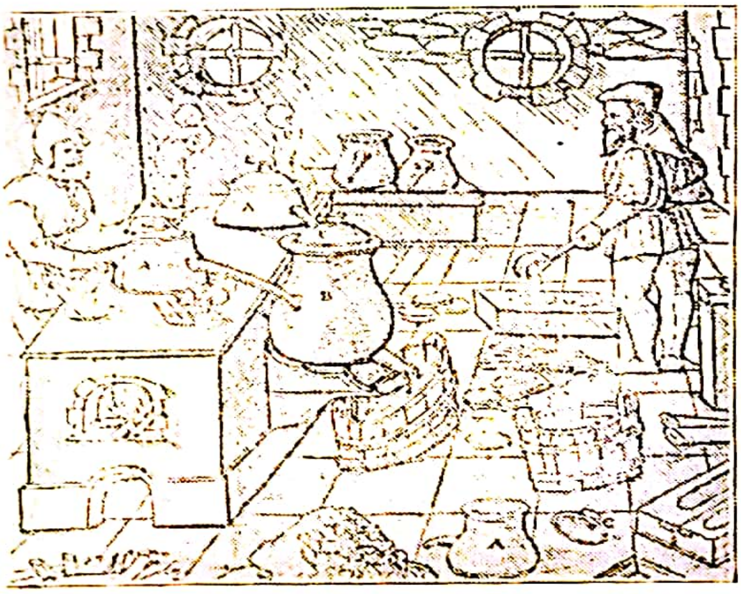
કાર્લ શીલ
[૧૭૪૨–૧૭૮૬]



કીમિયાગરની પ્રયોગશાળા

પેઇન્ટર : ડેવિડ ટેનિયેર [૧૬૧૦-૧૬૯૦]

સત્તરમી સદીની કીમિયાગીરી



ગંધકનું નિસ્યંદન (૧૬મી સદી)

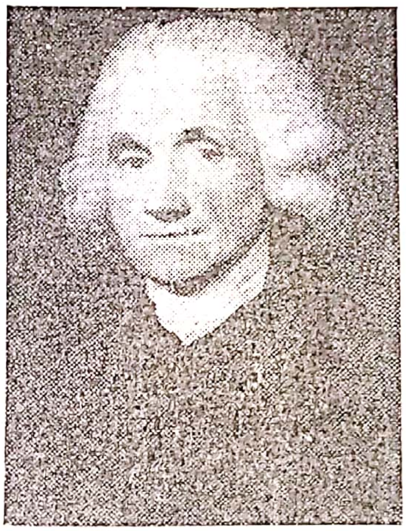
[જોસેફ પ્રિસ્ટલીની પ્રયોગનોંધોથી છવાયેલા શહેરના રસ્તા]

વૈજ્ઞાનિકની કદર !

ફ્રાંસની રાજ્યક્રાંતિથી કોઈ હરખાયા તો કોઈ હેબતાયા. ઑક્સિજનના શોધક જોસેફ પ્રિસ્ટલીએ મુક્તિ, સમાનતા અને ભાઈચારાને વધાવી લેતાં, ફ્રાંસની ક્રાંતિનાં વખાણ કર્યાં, તો ઍડમંડ બર્ક જેવા સ્વાતંત્ર્યનાં નિત્ય ગાણાં ગાનારે તેનો વિરોધ પણ કર્યો. તેને પરિણામે ઉશ્કેરાયેલા લોકોના ટોળાએ પ્રિસ્ટલીનું ઘર (ફેર હિલ, બર્મિંગહામ) લૂંટ્યું, ફર્નિચર બાળી મૂક્યું અને વીસ વીસ વરસની મહેનતે તેણે તૈયાર કરેલી પ્રયોગનોંધોનાં કાગળિયાં ફાડીને રસ્તા ઉપર ફેંકી દીધાં. હોઢ બે માઈલના રસ્તામાં વેરાયેલી જીવનભરની સાધનાની એ મૂડી જોઈ ને એ વૈજ્ઞાનિકને હૈયે લાગેલો કારી ઘા તેના મૃત્યુ સુધી રુઝાયો નહોતો. ઇંગ્લંડમાં જીવન અસહ્ય બની જતાં, ૧૭૯૪માં તે અમેરિકા જઈ વસ્યો. એ જ અરસામાં ફ્રાંસમાં લૅવોશિયરનું માથું વધેરાઈ ગયું.

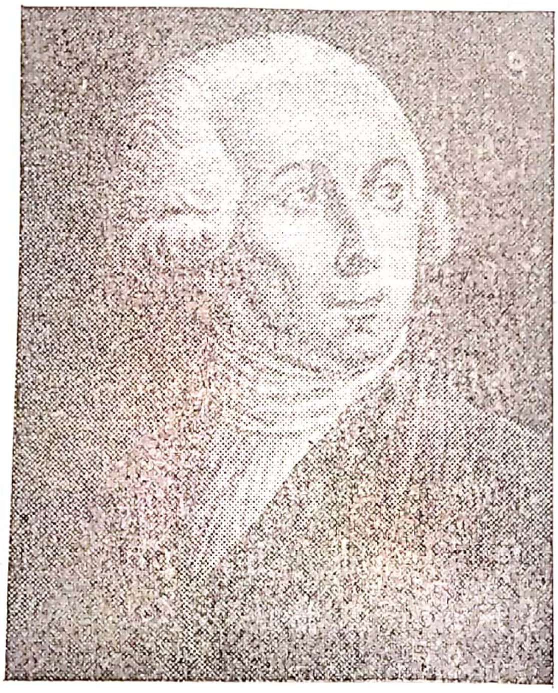
પ્રભાવશાળી વૈજ્ઞાનિક પણ ફ્લોજિસ્ટોનના સિદ્ધાંતમાં માનતો હતો અને પોતાના પ્રયોગોના પરિણામો ફ્લોજિસ્ટોનના સિદ્ધાંત દ્વારા સમજાવવાનો પ્રયત્ન તેણે કર્યો હતો.

પ્રિસ્ટલીની ખ્યાતિ તેની ઑક્સિજનની શોધ પર આધારિત છે; આ વાયુ તેણે મરક્યુરિક ઑક્સાઇડ કે જે પારા અને ઑક્સિજનનું એક સંયોજન છે તેને ગરમ કરીને મેળવ્યો. તેના ગુણધર્મો તેણે તપાસ્યા અને તે દહન અને જીવનને પોષે છે એવું શોધ્યું. પ્રિસ્ટલીએ પારાની ઉપર વાયુઓને ભેગા કરવાની રીત શોધી. તે પહેલાં પાણીની ઉપર વાયુઓ ભેગા કરવામાં આવતા હતા. આથી પાણીમાં જે વાયુઓ ઓગળે તે પકડાતા ન હતા. પ્રિસ્ટલી આ રીતે પાણીમાં ઓગળી જાય એવા સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ અને એમોનિયા મેળવી શક્યો. એમોનિયા વાયુમાં વિદ્યુત-તણખો પાડવાથી હાઇડ્રોજન વાયુ મળે છે, જે વાસણમાં મીણબત્તી બાળી હોય તેમાં જીવન શક્ય નથી પણ જો તેમાં વનસ્પતિ ઉગાડીએ તો પછી તેમાં જીવન શક્ય બને છે. આ તેણે પ્રયોગો દ્વારા બતાવ્યું હતું. પ્રિસ્ટલીએ પણ ફ્લોજિસ્ટોનવાદ છેવટ સુધી પકડી રાખ્યો હતો અને તેણે ઑક્સિજનને 'ડીફ્લોજિસ્ટીનેટેડ ઍર' એટલે કે ફ્લોજિસ્ટોન વગરની હવા અને નાઇટ્રોજનને 'ફ્લોજિસ્ટીનેટેડ ઍર' એટલે કે ફ્લોજિસ્ટોનવાળી હવા એવાં નામ આપ્યાં હતાં.



જૉસેફ પ્રિસ્ટલી [૧૭૩૩–૧૮૦૪]

લૅવોશિયર (૧૭૪૩–૧૭૯૪) ૧૮મી સદીનો એક મહાન વૈજ્ઞાનિક હતો. તેના સમયથી અને તેના પ્રયોગો દ્વારા રસાયણના ક્ષેત્રમાં ઝડપી વિકાસ થવા લાગ્યો. લૅવોશિયરે ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓની કાર્યપદ્ધતિ અને માનસિક વલણ રસાયણના ક્ષેત્રમાં અપનાવ્યું. તેણે દહનના ક્ષેત્રમાં પ્રયોગો કર્યા અને ફ્લોજિસ્ટોનવાદને સદાયને માટે તિલાંજલિ આપી. તેણે બતાવ્યું કે દહન એ હવામાંના ઑક્સિજન અને બળતા પદાર્થ વચ્ચેની રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. ફ્લોજિસ્ટોન જેવી કોઈ વસ્તુ અસ્તિત્વમાં જ નથી. કાર્બનિક પદાર્થો બળવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ અને પાણી પેદા થાય છે એ પણ લૅવોશિયરે બતાવ્યું; અને દારૂ, કપૂર વગેરે અનેક પદાર્થોનું પૃથક્કરણ કરી તેમાં કેટલા ભાગ કાર્બન, કેટલા ભાગ હાઇડ્રોજન અને કેટલા ભાગ ઑક્સિજન છે તે તેણે નક્કી કર્યું. રૉબર્ટ બૉઇલની મૂળતત્ત્વની વ્યાખ્યાને આધારે લૅવોશિયરે ૩૩ મૂળતત્ત્વોની યાદી આપી હતી. આ યાદી તદ્દન ખરી હતી એવું નથી



લૅવોશિયર [૧૭૪૩–૧૭૯૪]

કારણ કે લૅવોશિયરે તેમાં પ્રકાશ અને ગરમીનો મૂળતત્ત્વ તરીકે સમાવેશ કર્યો હતો. ૧૭૮૯માં તેનું વિખ્યાત પુસ્તક 'ટ્રેડ દ શીમી' બહાર પડયું તેમાં તેણે રસાયણના ક્ષેત્રમાં પોતાના વિચારો દર્શાવ્યા હતા. આ પુસ્તકે રસાયણના ક્ષેત્રમાં ક્રાન્તિ આણી હતી. રાસાયણિક પદાર્થોનાં પૃથક્કરણ અને રાસાયણિક સમીકરણો તેના કાર્ય દ્વારા પગભર થયાં. લૅવોશિયરના સમયમાં કેવા ખોટા ખ્યાલો પ્રચલિત હતા તેનો એક દાખલો લઈએ. તે સમયે એવી માન્યતા પ્રચલિત હતી કે પાણીને ગરમ કરવાથી તેમાંથી માટી બને છે. લૅવોશિયરે ૧૦૦ દિવસ સુધી પાણીને એક બંધ વાસણમાં ગરમ કરીને બતાવ્યું કે આ ખ્યાલ ખોટો હતો. રસાયણના ક્ષેત્રમાં ક્રાન્તિ લાવનારા લૅવોશિયરનો ભોગ ફ્રાન્સની રાજ્યક્રાન્તિએ લીધો હતો. લૅવોશિયરને લોકો પાસે કર ઉઘરાવવાની એક સંસ્થા 'ફેર્મ દ જનરાલ'ના સભાસદ હોવાના ગુના માટે દેહાંતદંડની શિક્ષા કરવામાં આવી હતી.

હૉફમાન, બીરહાવ (૧૬૬૮–૧૭૩૮) અને મારગ્રાફ (૧૭૦૯–૧૭૮૨) ૧૮મી સદીના બીજા કેટલાક રાસાયણિકો હતા, હૉફમાને ખનિજ પાણી(mineral water)નું પૃથક્કરણ કર્યું હતું અને સલ્ફેટ અને નાઈટ્રેટ વચ્ચેનો ફરક બતાવ્યો હતો.

બીરહાવ લેઈડન યુનિવર્સિટીમાં રસાયણ અને વૈદકનો અધ્યાપક હતો અને તેણે 'એલીમેન્ટા કેમિયા' (Elementa Chemiae) પ્રસિદ્ધ કર્યું હતું જેમાં તેના સમયની રાસાયણિક માહિતી તેણે આવરી લીધી હતી. મારગ્રાફે કેટલીક અગત્યની શોધો કરી હતી. દાખલા તરીકે મૅગ્નેશિયા અને ઍલ્યુમીના વચ્ચેનો તફાવત તેણે બતાવ્યો હતો. જિપ્સમ (ચિરોડી) બેરાઈટ્સ અને પોટૅશિયમ સલ્ફેટ એ બધા ગંધકના તેજાબના ક્ષારો છે એ તેણે બતાવ્યું હતું.

૧૯મી સદીમાં રસાયણના ક્ષેત્રમાં ઝડપી પ્રગતિ થઈ અને અનેક નવા વિચારો, સિદ્ધાંતો, રીતરસમો (ટેકનિક), ઉદ્યોગો શોધાયાં. આમાં ડૉલ્ટનની ઍટમિક થિયરી (પરમાણુવાદ), મેન્ડેલીફનું પીરિયોડિક ટેબલ, કેકુલેના કાર્બનિક પદાર્થોની રચના વિષેના વિચારો એ અગત્યનાં ગણી શકાય.

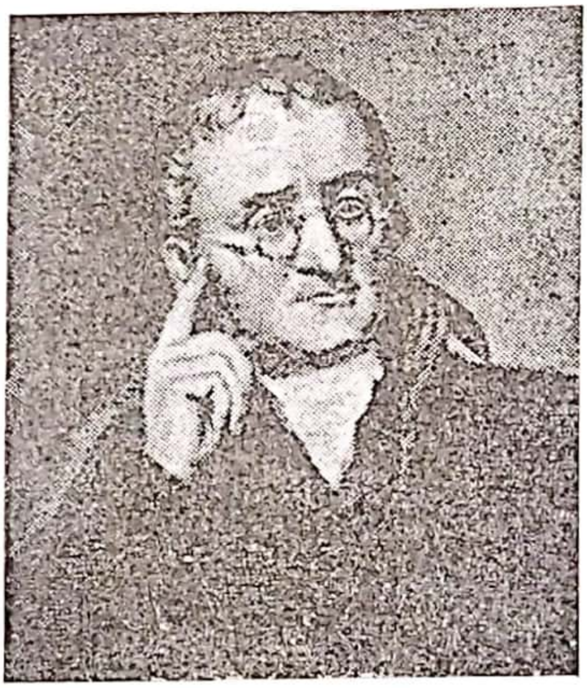
સર હમ્ફ્રી ડેવી [૧૭૭૮–૧૮૨૫]

૧૯મી સદીની શરૂઆતમાં હંફ્રી ડેવીએ રસાયણના ક્ષેત્રમાં સંગીન કાર્ય કર્યું હતું. સમૃદ્ધ કુટુંબમાં તેનો જન્મ થયો હતો. તે એક તેજસ્વી યુવક હતો અને નાની ઉંમરે ઘણું સંશોધન કર્યું હતું. ખાણોમાં વાપરવા માટેના અભય દીવા માટે તે આજે પણ જાણીતો છે. પણ રસાયણના ક્ષેત્રમાં તેનું કાર્ય તેટલું જ અગત્યનું હતું. ઈ. સ. ૧૮૦૦માં વૉલ્ટાએ વૉલ્ટેઈક સેલ બનાવી વિદ્યુતને વહેતી કરી હતી. ડેવીની તેજસ્વી બુદ્ધિએ આ શોધનું મૂલ્ય તરત આંક્યું હતું અને વિદ્યુત તથા રસાયણો વચ્ચેનો પરસ્પર સંબંધ શોધવા તેણે અનેક રસાયણોમાંથી વિદ્યુત પસાર કરી હતી. કૉસ્ટિક સોડા અને પોટાશને ગરમ કરી પ્રવાહી બનાવી તેમાંથી વિદ્યુત પસાર કરી ડેવીએ પોટૅશિયમ અને સોડિયમ

ધાતુઓ મેળવી હતી. ત્યાર બાદ તેણે સ્ટ્રૉન્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ અને બોરોન એ ત્રણ ધાતુઓ તેમના ક્ષારોમાંથી છૂટી પાડી હતી. ઑક્સિમ્યુરિયાટિક ઍસિડ નામે ઓળખાતો એક વાયુ એ એક મૂળતત્ત્વ હતો એમ ડેવીએ સિદ્ધ કર્યું અને તેનું નામ ક્લોરિન રાખ્યું. આયોડિનના ગુણધર્મો પણ તેણે તપાસ્યા હતા. ડેવીએ ફૅરેડેને મદદનીશ તરીકે લીધો હતો. ફૅરેડે ઘણો ગરીબ હતો અને નાની ઉંમરે તે ચોપડીઓ બાંધનારને ત્યાં મદદનીશ તરીકે નોકરી કરતો. ખંતીલા ફૅરેડેને ડેવીનાં ભાષણો સાંભળવાની એક વખત તક મળી અને તે ભાષણોની નોંધોની ચોપડીને સારી રીતે બાંધીને તેણે ડેવીને મોકલી અને ડેવીની પ્રયોગશાળામાં નોકરી માટે આજીજી કરી. ડેવીએ તેને પોતાની પ્રયોગશાળામાં મદદનીશ તરીકે નોકરી આપી. આમ, ફૅરેડેને પોતાની જ્વલંત કારકિર્દી શરૂ કરવાની તક પ્રાપ્ત થઈ.

માઇકલ ફૅરેડે [૧૭૯૧–૧૮૬૭]

૧૮૦૫માં ડૉલ્ટને પોતાની 'ઍટમિક થિયરી' એટલે પરમાણુવાદ રજૂ કર્યો અને રસાયણના ક્ષેત્રમાં ઝડપી પ્રગતિ શક્ય બની. ડૉલ્ટન એક સાધારણ કુટુંબમાં જન્મ્યો હતો અને ગામડાની નિશાળમાં શિક્ષણ પૂરું કરી નાની ઉંમરે તેણે નિશાળમાં શિક્ષક તરીકે નોકરી સ્વીકારી હતી. તે જિંદગીભર શિક્ષક રહ્યો હતો. વિજ્ઞાનનાં અનેક ક્ષેત્રોમાં તેણે કાર્ય કર્યું છે. રંગ-અંધત્વ (colour blindness), વાયુશાસ્ત્ર, ભૌતિક વિજ્ઞાન અને રસાયણનાં ક્ષેત્રમાંનું તેનું કાર્ય જાણીતું છે. પણ તેની ખ્યાતિ તો તેની 'ઍટમિક થિયરી' સાથે સંકળાયેલી છે. પરમાણુનો ખ્યાલ ઘણો જૂનો છે. ડિમોક્રિટસે (ઈ. સ. પૂ. ૪૬૦–૩૭૦) એવું વિધાન રજૂ કર્યું હતું કે કોઈ પણ વસ્તુનો નાનામાં નાનો અદૃશ્ય કણ કે જેનું વધુ વિભાજન શક્ય નથી તે ઍટમ (a = not, tom = to divide). ડૉલ્ટનના પરમાણુવાદ પ્રમાણે ઍટમ એ ઘન, આકારવાળા અને વજનવાળા કણો છે. એક મૂળતત્ત્વના પરમાણુઓ એક જ જાતના અને એક જ વજનના હોય છે પણ જુદાં જુદાં મૂળતત્ત્વોના પરમાણુઓ જુદા જુદા વજનના હોય છે અને તે નિયત પ્રમાણમાં બાજા પરમાણુઓ સાથે સંયોજિત થાય છે. એક મૂળતત્ત્વના પરમાણુઓ જો બીજા



જ્હોન ડૉલ્ટન [૧૭૬૬–૧૮૪૪]

મૂળતત્ત્વના પરમાણુઓ સાથે જુદા જુદા પ્રમાણમાં સંયોજિત થઈ જુદાં જુદાં સંયોજનો બનાવે તો તે પ્રત્યેક સંયોજનમાં યોજાયેલા બીજા પદાર્થના પરમાણુઓ ૧ : ૨ : ૩ : ૪ જેવા અંકમાં દર્શાવી શકાય તેવા ચોક્કસ પ્રમાણમાં હોય છે. ડૉલ્ટને આપેલાં જુદાં જુદાં મૂળતત્ત્વોનાં પરમાણુ-વજનો વખત જતાં, વધુ પ્રયોગોને અંતે ભૂલભરેલાં ઠર્યાં હતાં, તેમ જ તેની 'ઍટમિક થિયરી'માં પણ જતે દિવસે ઘણા ફેરફારો થયા હતા. પરંતુ, તેના આ સિદ્ધાંતે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ અને રાસાયણિક પૃથક્કરણ વધારે સારી રીતે સમજવાની શક્તિ અર્પી હતી.

ગે-લુસૅક [૧૭૭૮–૧૮૫૦]

આ જ સમયે ગે-લુસૅક નામનો એક બાહોશ વૈજ્ઞાનિક વાયુઓ પર સંશોધન કરી રહ્યો હતો અને તેના કાર્ય દ્વારા ડૉલ્ટનના પરમાણુવાદને સમર્થન મળ્યું હતું. ગે-લુસૅકે સંયોજિત થતા વાયુઓના કદનો કાયદો (Law of Combining Volume of Gases) શોધ્યો હતો. પોતાના સંશોધન દરમિયાન ગે-લુસૅકે જોયું કે હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન જ્યારે સંયોજિત થાય છે ત્યારે બે કદ હાઈડ્રોજન ને એક કદ ઑક્સિજનના પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય છે અને બે કદ વરાળ મળે છે.

હાઈડ્રોજન	+	ઑક્સિજન	=	પાણી (વરાળ)
૨ કદ		૧ કદ		૨ કદ

આવી જ રીતે,

કાર્બન મૉનૉક્સાઈડ	+	ઑક્સિજન	=	કાર્બનડાયૉક્સાઈડ
૨ કદ		૧ કદ		૨ કદ

આવાં બીજાં પણ કેટલાંક નિરીક્ષણો તેણે કર્યાં હતાં. આ બધા પ્રયોગો દ્વારા ગે-લુસૅક એવા નિર્ણય ઉપર આવ્યો કે જ્યારે વાયુઓ વચ્ચે રાસાયણિક પ્રક્રિયા થાય છે ત્યારે પ્રક્રિયા દરમિયાન સંયુક્ત થતા કે પ્રક્રિયાને પરિણામે ઉત્પન્ન થતા વાયુઓના કદનાં પરસ્પર પ્રમાણ સાદી સંખ્યા (૧ : ૧; ૧ : ૨; ૧ : ૩; ૨ : ૩ વગેરે)થી દર્શાવી શકાય છે.

ગે-લુસૅકના કાર્યે બતાવ્યું કે સરખા કદના વાયુઓ સરખા ઉષ્ણતામાને અને દબાણે સરખા પ્રમાણમાં સંયોજિત થતા કણો ધરાવે છે. આ ખ્યાલ પ્રમાણે નીચે જણાવેલા પ્રમાણમાં સંયોજનો મળવાં જોઈએ પણ તેટલાં પ્રમાણમાં તે મળતાં નથી.

(૧)	હાઈડ્રોજન	+	ઑક્સિજન	=	પાણી (વરાળ) (મળવી જોઈએ)
	૨ કદ		૧ કદ		૧ કદ

પણ પ્રયોગમાં ૨ કદ વરાળ મળે છે.

તેમ જ

(૨)	નાઈટ્રોજન	+	હાઈડ્રોજન	=	એમોનિયા વાયુ (મળવો જોઈએ)
	૧ કદ		૩ કદ		૧ કદ

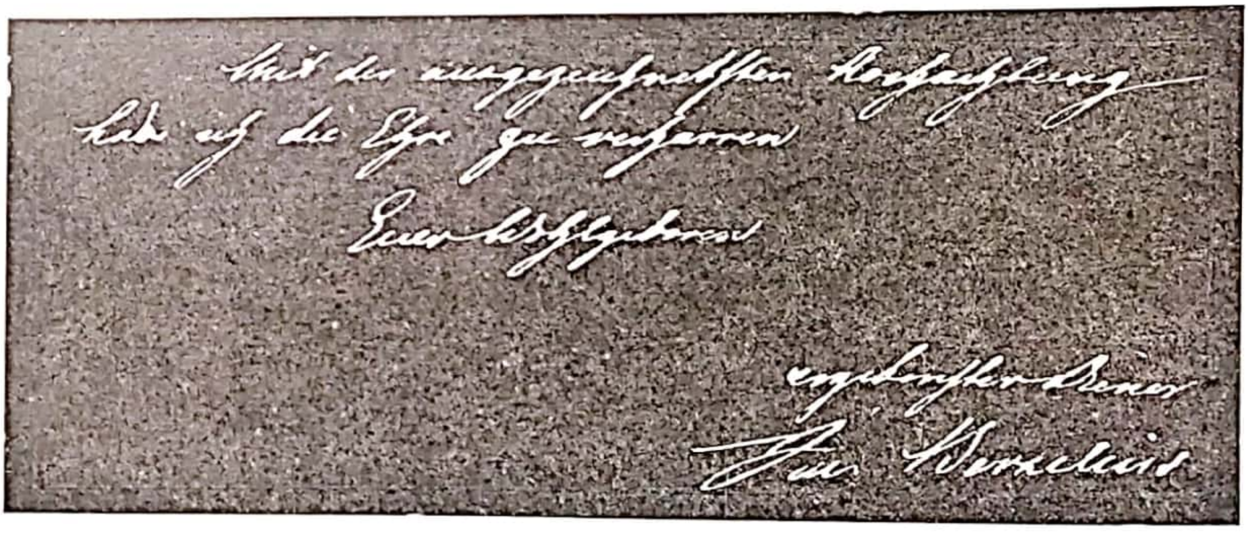
પણ પ્રયોગમાં ૨ કદ એમોનિયા મળે છે. અને હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ વાયુની બનાવટમાં,

(૩) હાઈડ્રોજન	+	ક્લોરિન	=	હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ
૧ કદ		૧ કદ		૨ કદ

મળે છે. તો શું હાઈડ્રોજન અને ક્લોરિનના અર્ધા અર્ધા પરમાણુ સંયોજિત થઈ ૧ પરમાણુ હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ આપે છે? તો શું પરમાણુ વિભાજ્ય છે? આ સમસ્યાનો ઉકેલ એવોગેડ્રોએ ઈ. સ. ૧૮૧૧માં આપ્યો.

તેણે જણાવ્યું: પદાર્થનો નાનામાં નાનો કણ તો પરમાણુ જ છે. પણ તે સ્વતંત્ર સ્વરૂપે રહી શકતો નથી. તે બે કે તેથી વધારે પરમાણુના ઝૂમખારૂપે રહે છે. આવું ઝૂમખું અણુ કહેવાય. હાઈડ્રોજન, ઑક્સિજન અને ક્લોરિનના અણુઓ બબ્બે પરમાણુઓના બનેલા હોય છે. રાસાયણિક સંયોજન થાય ત્યારે એ અણુના પરમાણુઓ છૂટા પડી તેમાં ભાગ લે છે. રાસાયણિક પ્રયોગોનાં પરિણામો આ કસોટીએ ચડાવતાં સરળતાથી સમજાઈ જાય છે. એવોગેડ્રોના આ સિદ્ધાંત તરફ તેના સમયના કોઈ વૈજ્ઞાનિકે લક્ષ્ય આપ્યું નહીં. ડૉલ્ટને પણ તેને અવગણ્યો. છેક ૧૮૬૦માં સ્ટેનિસ્લાવ કેનિઝારોએ આ પરત્વે વૈજ્ઞાનિકોનું ધ્યાન ખેંચ્યું, ત્યાં સુધી રસાયણવિદો અંધારામાં જ અથડાયા. આજ તો એવોગેડ્રોનો સિદ્ધાંત સર્વમાન્ય બની ચૂક્યો છે.

બર્ઝેલિયસ નાનપણથી જ માતાપિતાના મરણથી અનાથ બનેલો. બર્ઝેલિયસે સગાંવહાલાંઓની મહેરબાનીથી શિક્ષણ શરૂ કર્યું. પણ તે પૂરું કરે તે પહેલાં તો શિક્ષકો સાથે અણબનાવ થયો અને માંડ માંડ તે પરીક્ષામાં પાસ થઈ શક્યો. જિંદગીના ઉષ:કાળના આ કપરા અનુભવોએ તેના સ્વભાવ પર અસર કરી હતી. નિશાળના દિવસોથી તે રાસાયણિક પ્રયોગોમાં રચ્યોપચ્યો રહેતો. શિક્ષણ પૂરું કર્યા પછી તેણે સ્ટૉકહોમની મેડિકલ કૉલેજમાં નોકરી લીધી અને છેવટે ત્યાં પ્રોફેસર બન્યો. ડૉલ્ટન


Mit der ausgezeichneten Hochachtung
habe ich die Ehre zu verharren
Euer Wohlgeboren
ergebenster Diener
Jac. Berzelius

બર્ઝેલિયસનો એક પત્ર

અને રીકટર (Richter)ના કાર્યથી તે પ્રભાવિત થયો હતો પણ તેણે જોયું કે જ્યાં સુધી પૃથક્કરણની રીતો ચોકસાઈભરેલી ન બને ત્યાં સુધી આ સિદ્ધાંતોને સમર્થન ન મળી શકે. પોતે આ

દિશામાં ઘણી પ્રગતિ કરી હતી અને લગભગ ૧૦ વર્ષના ગાળામાં તેણે ૪૩ મૂળતત્ત્વોનાં બધાં મળીને લગભગ ૨,૦૦૦ સંયોજનો બનાવ્યાં હતાં અને તેમને શુદ્ધ કરી, તેમનું પૃથક્કરણ કરી, તેમના સંયોજિત થવાનાં પ્રમાણ નક્કી કર્યાં હતાં. આ પ્રયોગોને આધારે તેણે અનુમાન કર્યું કે એકસરખા ઉષ્ણતામાને અને એકસરખા દબાણે સરખા કદના વાયુઓમાં રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યા એકસરખી હોય છે.

તેણે આપેલાં કેટલાંક પરમાણુઓનાં વજનો એક સદી પછી નિષ્ણાતોએ કરેલા પરમાણુ વજન સાથે ઘણી સારી રીતે મળતાં આવે છે. અશુદ્ધ રસાયણો, ઘરગથ્થુ સાધનો અને રસોડા જેવડી નાનકડી પ્રયોગશાળામાં તેણે આ કાર્ય કર્યું હતું અને નિયમિત રીતે પોતાનાં સામયિકો દ્વારા તે પોતાનાં લખાણો બહાર પાડતો. રસાયણના વિષયમાં એક પાઠ્યપુસ્તક તેણે બહાર પાડયું હતું જેની અનેક આવૃત્તિઓ થઈ હતી અને જેના યુરોપની અનેક ભાષાઓમાં અનુવાદો થયા હતા. ૧૯મી સદીના રસાયણ પર તેણે ઊંડી છાપ પાડી હતી.

૧૯મી સદીની શરૂઆતમાં કાર્બનિક પદાર્થોનું રસાયણ વિકસ્યું ન હતું. કાર્બનિક પદાર્થો પ્રાણીજન્ય અને વનસ્પતિજન્ય એમ બે વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવતા. અનેક કાર્બનિક પદાર્થો જાણીતા હતા. દારૂ, સરકો, કપૂર, ગળી, ખાંડ, ગુંદર, લોહી, મૂત્ર ઇત્યાદિનાં વર્ણનો, ખાસ કરીને વૈદકીય દૃષ્ટિએ, છૂટાંછવાયાં પુસ્તકોમાં જોવામાં આવતાં. કાર્બન અને હાઈડ્રોજન ઉપરાંત કેટલાક કાર્બનિક પદાર્થોમાં ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન અને ગંધક જેવાં બીજાં મૂળતત્ત્વો પણ હોય છે એ જાણીતું હતું. પણ આ પદાર્થો પ્રયોગશાળામાં બનાવી ન શકાય તેનું કારણ એ હતું કે કાર્બનિક પદાર્થોને બનાવવા માટે એક અગત્યની જીવંત શક્તિ (Vital Force) જરૂરી છે એવી માન્યતા હતી.

ફ્રેડરિક વોહલર [૧૮૦૦–૧૮૮૨]

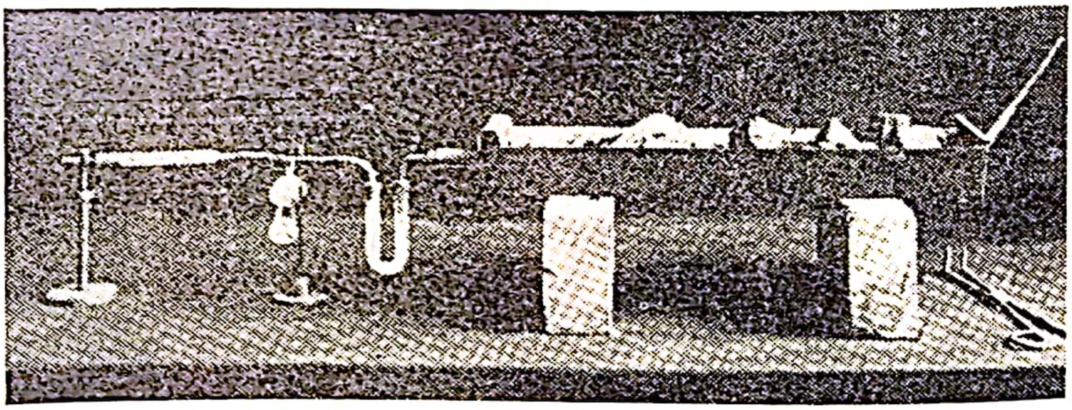
૧૮૨૮માં વોહલરે એમોનિયમ સાઈનેટ નામના અકાર્બનિક પદાર્થને ગરમ કરીને મૂત્રમાંથી મળી આવતો કાર્બનિક પદાર્થ યુરિયા બનાવ્યો. આ પ્રયોગે 'વાઈટલ ફોર્સ'ના સિદ્ધાંતને જબરો ફટકો માર્યો.

વોહલર (૧૮૦૦–૧૮૮૨), લિબિગ (૧૮૦૩–૧૮૭૩) અને ડ્યુમા (૧૮૦૦–૧૮૮૪) તે સમયના કાર્બનિક રસાયણના ધુરંધરો હતા. વોહલરે પૃથક્કરણના ક્ષેત્રમાં બર્ઝેલિયસ પાસે તાલીમ લીધી હતી. સાઈનેટો અને યુરિક ઍસિડ પર તેણે ઘણું કાર્ય કર્યું હતું. અકાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં તેણે ૧૮૨૭માં ઍલ્યુમિનિયમની શોધ કરી હતી. તે એક નામાંકિત શિક્ષક હતો અને દેશપરદેશથી વિદ્યાર્થીઓ તેની પાસે શિક્ષણ લેવા આવતા.

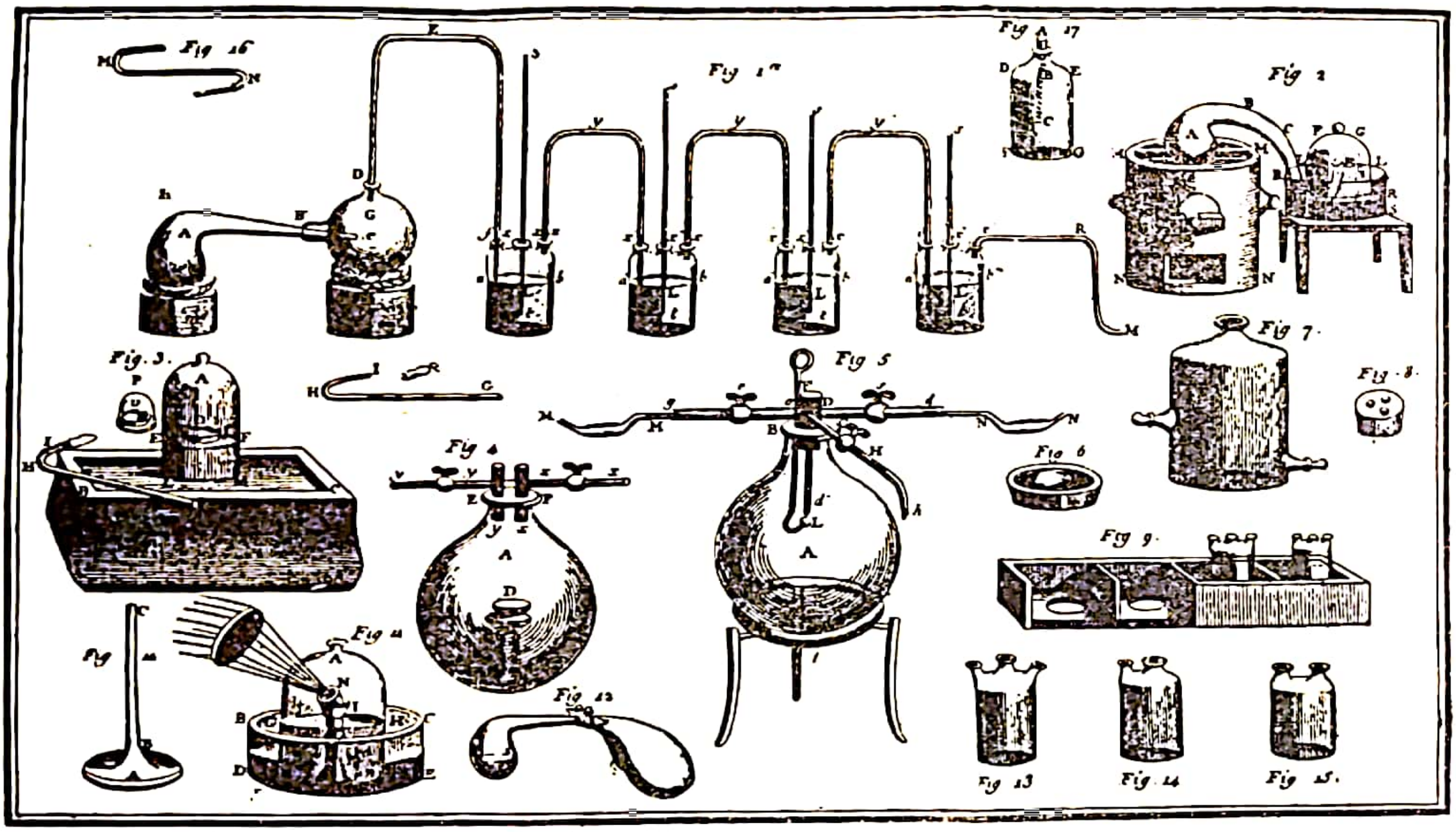
લિબિગ પણ એક ઉત્તમ શિક્ષક હતો અને તેની પ્રયોગશાળામાં ચાલતો અભ્યાસક્રમ આદર્શ ગણાતો. વિદ્યાર્થીઓને તે જાતજાતનાં પૃથક્કરણો,—જેવાં કે ગુણદર્શક અને પરિમાણમાપક પૃથક્કરણો—શીખવતો અને કાર્બનિક પદાર્થો બનાવવાની તાલીમ પણ આપતો. પહેલાં શુદ્ધ કાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં તેણે કાર્ય કર્યું હતું. પછી તે ખાદ્ય પદાર્થો, ખેતીવાડી અને શરીરક્રિયાવિજ્ઞાન

લિબિગની મશહૂર પ્રયોગશાળા–ઈ. સ. ૧૮૪૨

આ પ્રયોગશાળામાં તેના શિષ્યો ક્લેર, ડૉ. વિલ, ડૉ. વૉરેનટ્રેપ, શેરર અને હૉફમેન વગેરે કામ કરી રહેલા દેખાય છે.

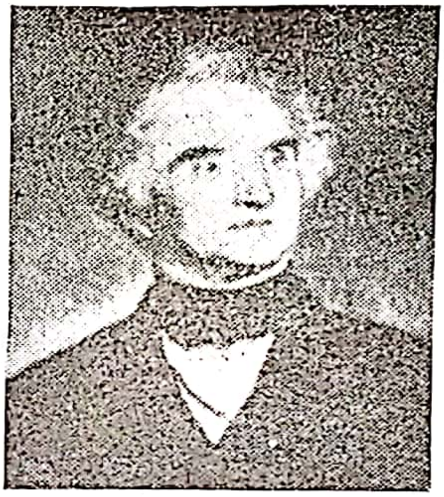


કાર્બનિક પદાર્થોનું વિશ્લેષણ કરવા લિબિગે યોજેલા પ્રયોગસાધનો



લેવોશિયરનાં પ્રયોગસાધનો

(Physiology)માં રસ લેતો થયો હતો. કાર્બનિક પદાર્થોનાં પૃથક્કરણની આજની રીત લીબિગે શોધી હતી. લીબિગનો સ્વભાવ બહુ તેજીલો હતો અને અનેક વાદવિવાદોમાં તે ઊતરી પડતો.



જસ્ટસ વૉન લિબિગ
[૧૮૦૩–૧૮૭૩]

ડ્યુમાને નાનપણથી જ વિજ્ઞાનમાં રસ હતો અને નાની ઉંમરે તેણે શરીરવ્યાપારના ક્ષેત્રમાં પ્રયોગો આદર્યા હતા. ગૉઈટર (કંઠમાળ)ના રોગમાં આયોડિનની ઉપયોગિતા, શરીરના પ્રવાહીઓનું પૃથક્કરણ, રાતા કણોનું કાર્ય, ડીજીટાલિસની શરીર પર અસર ઇત્યાદિ પ્રશ્નો પર તેણે કાર્ય કર્યું હતું. ૨૩ વર્ષની ઉંમરે તે પૅરિસમાં શિક્ષક બન્યો. કાર્બનિક પદાર્થોમાં નાઈટ્રોજનનું પ્રમાણ નક્કી કરવાની રીત જે આજે પણ વપરાય છે તે ડ્યુમાને આભારી છે. બાષ્પઘનતા શોધવાની રીત તેણે શોધી હતી અને કાર્બનિક પદાર્થોમાં વિસ્થાયન (substitution)નો અભ્યાસ તેણે કર્યો હતો.

૧૯મી સદીના પૂર્વાર્ધમાં મૂળતત્ત્વના પરમાણુઓના વજન અંગે કોઈ એકમત ન હતો. કેટલાંક મૂળતત્ત્વોના તુલ્યભાર (equialvent weights.) જાણીતા હતા પણ એવોગેડ્રોના સિદ્ધાંત તરફ રાસાયણિકો બેદરકાર રહ્યા હતા. પદાર્થનાં અણુવજનો ચોક્કસ ન હોવાથી તેમનાં અણુસૂત્રો (molecular formula) પણ નક્કી ન હતાં. એક જ પદાર્થને જુદી જુદી રીતે વર્ણવવામાં આવતો. બર્ઝેલિયસ-ની ડ્યુઆલિસ્ટિક થિયરી અને ડ્યુમાની ટાઈપ થિયરી પ્રચલિત હતી. પણ તે અણુરચના પર પ્રકાશ પાડવા માટે અસમર્થ હતી. ૧૮૫૩માં વોહલરે બર્ઝેલિયસને લખ્યું કે "કાર્બનિક રસાયણ એ કોઈ એક પ્રાચીન કાળનું ગાઢું જંગલ હતું, અનેક અવનવી વસ્તુઓથી ભરપૂર, બિહામણી અને સીમા વગરની ઝાડી કે જેમાંથી નાસી છૂટવા માટે કોઈ માર્ગ ન હતો અને જેમાં દાખલ થવાની પણ બીક લાગતી હતી." ૧૮૫૮માં બે યુવાન રાસાયણિકોએ સ્વતંત્ર રીતે કાર્બનના પરમાણુઓને જોડવાની આગવી રીત બતાવી આ જંગલમાંથી બહાર નીકળવાનો માર્ગ કાઢ્યો. આ હતા કેકુલે (૧૮૨૯–૧૮૯૬) અને થોમસ કપર (૧૭૫૯–૧૮૪૧).

કેકુલે લિબિગનો વિદ્યાર્થી હતો અને લિબિગનાં ભાષણો અને રસાયણના વિષયે તેને મુગ્ધ કર્યો હતો. સ્થાપત્યકળા (architecture)નો તે વિદ્યાર્થી હતો પણ ઘરોની રચના કરતાં કાર્બનિક અણુ-ઓની રચનામાં તેને વધારે રસ પડવા લાગ્યો અને તેણે કાર્બનિક રસાયણમાં ઝંપલાવ્યું.

કાર્બનિક પદાર્થોની રચના વિષે અનેક ખ્યાલો તે સમયે પ્રચલિત હતા. લૅવોશીયરે પોતાનો અકાર્બનિક તેજાબોનો સિદ્ધાંત કાર્બનિક તેજાબોને લાગુ પાડવાનો અસફળ પ્રયાસ કર્યો હતો. કાર્બનિક તેજાબો સંયુક્ત રેડિકલમાં ઑક્સાઈડ હતા એમ તે માનતો. બર્ઝેલિયસે પોતાની 'ડ્યુઆલિસ્ટિક થિયરી' બહાર પાડી હતી. તે પ્રમાણે પાણી વગરના ઍસિડનું સૂત્ર તેના ક્ષારનાં સૂત્રોમાંથી બેઇઝનો ભાગ કાઢીને લખી શકાય. દાખલા તરીકે કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ $Ca\,SO_4$ માં SO_3 ઍસિડ છે. આ જ પ્રમાણે કૅલ્શિયમ ઍસેટેટ $C_4H_6O_4$ Ca માંથી CaO બાદ કરીએ તો ઍસિડનો ભાગ, $C_4H_8O_4$

હોવો જોઈએ પણ ઍસેટિક ઍસિડનું અણુસૂત્ર $C_4H_8O_4$ જણાયું. કેટલાક C=6, O=8 એ આધારે એ સૂત્રની ગણતરી કરતા તો કેટલાક C=6, O=16 એ આધારે કરતા. ડયુમાએ પોતાની 'ઈથરીન થિયરી' બહાર પાડી હતી. તેણે દારૂ (આલ્કોહૉલ) સાથે સંકળાયેલા બધા પદાર્થો ઈથિલિનમાંથી બનેલા છે એવું અનુમાન રજૂ કર્યું. ત્યાર બાદ લિબિગે પોતાની 'ઍસેટાઇલ થિયરી' બહાર પાડી. આ બધા વિચારોને પહેલી 'રેડિક્લ થિયરી' તરીકે વર્ણવવામાં આવે છે.

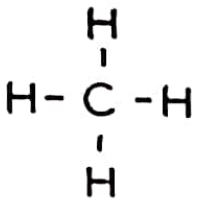
[જે. બી. એ. ડયુમા [૧૮૦૦–૧૮૮૪]

ડયુમાએ પહેલવહેલા કાર્બનિક પદાર્થો પર ક્લોરિન અને બ્રોમિનની વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ (substitution reactions) કરી હતી. અને એક યા બે હાઈડ્રોજનને ક્લોરિન અથવા બ્રોમિનથી વિસ્થાપિત કર્યા હતા. ઍસેટિક ઍસિડમાં ક્લોરિન પસાર કરવાથી ટ્રાયક્લોરોઍસેટિક ઍસિડ મળ્યો હતો અને તેના ગુણધર્મો ઍસેટિક ઍસિડને મળતા આવતા હતા. ડયુમાએ આ પછી પોતાની ટાઈપ થિયરી બહાર પાડી હતી. તે મુજબ જે રાસાયણિક પદાર્થોના ગુણધર્મો સરખા હોય, જેવા કે ક્લૉરોફૉર્મ અને બ્રૉમોફૉર્મ, તેમને રાસાયણિક ટાઈપ (chemical types) અને બાકીના બધાને યાંત્રિક ટાઈપ (mechanical types), જેવા કે મિથેઇન, ફૉર્મિક ઍસિડ, ક્લૉરોફૉર્મ અને 'કાર્બન ક્લોરાઈડ' ગણવામાં આવ્યા હતા.

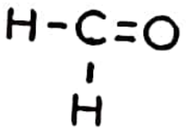
૧૮૫૨માં ગરહાર્ડે પોતાની નવી 'ટાઈપ થિયરી' બહાર પાડી. આ સિદ્ધાંત પ્રમાણે સંયોજનોને નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે વિવિધ ટાઈપમાં વહેંચવામાં આવ્યા હતા.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N \quad \left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}M$$

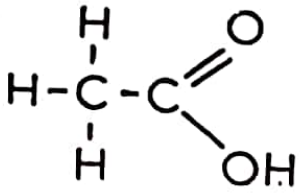
આ સિદ્ધાંત કાર્બનિક પદાર્થોના વર્ગીકરણ કરવા માટે ઠીક હતો. પણ કાર્બનિક પદાર્થોની રચના સમજાવવા માટે ઉપયોગી ન હતો. લગભગ આ જ સમયે ફ્રૅંક્લૅન્ડે (૧૮૨૫–૧૮૯૯) દરેક પરમાણુની બીજા પરમાણુ અથવા પરમાણુઓ સાથે સંયોજિત થવાની શક્તિ દર્શાવવા 'વેલન્સી' (સંયોજકતા) શબ્દ દાખલ કર્યો હતો. કેકુલેએ પોતાના વિચારો આ સંયોજકતાના સિદ્ધાંતને આધારે વિકસાવ્યા અને બતાવ્યું કે કાર્બનની વેલન્સી ચાર છે અને કાર્બનના પરમાણુઓ કાર્બનિક પદાર્થમાં એકબીજા સાથે સંકળાયેલા હોય છે. કૂપરે પણ તે જ સમયે તેવા જ ખ્યાલો બહાર પાડયા અને કાર્બનિક પદાર્થોને રચનાદર્શક સૂત્ર (graphic formula) દ્વારા દર્શાવવાની શરૂઆત કરી. આ ખ્યાલ પ્રમાણે આજે પણ આપણે કાર્બનિક પદાર્થોને ઓળખીએ છીએ. કેટલાક દાખલા નીચે આપ્યા છે :



મિથેઇન

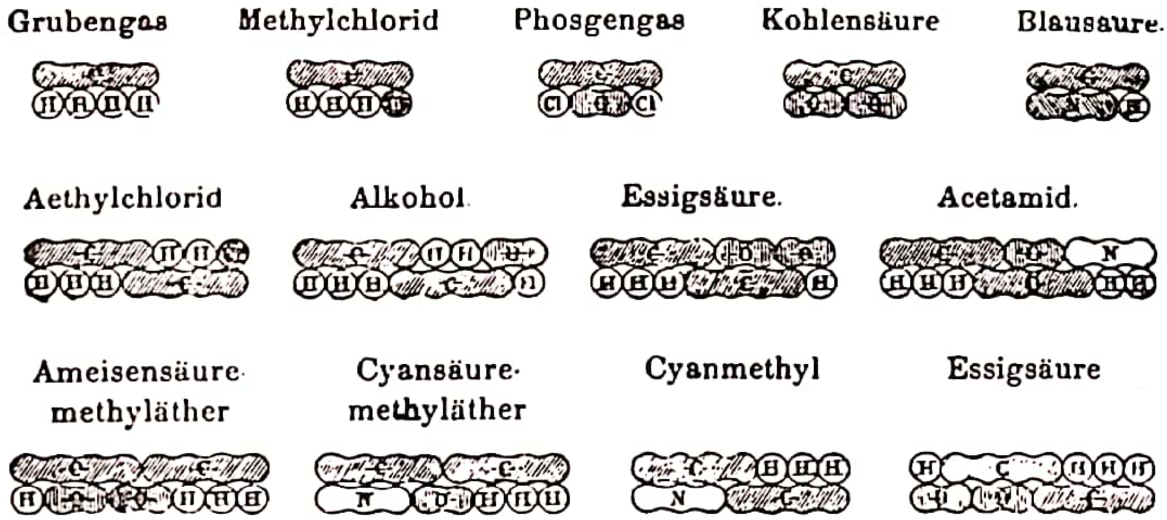


ફૉર્માલ્ડિહાઇડ



ઍસેટિક ઍસિડ

૧૮૬૫માં કેકુલેએ પોતાનું બીજું અગત્યનું સંશોધન પ્રસિદ્ધ કર્યું. તેણે સિદ્ધ કર્યું કે ઍરો-મેટિક વર્ગના કાર્બનિક પદાર્થોની રચના મિથેન, ઈથેન, આલ્કોહૉલ, ઍસેટિક ઍસિડ વગેરેથી જુદી

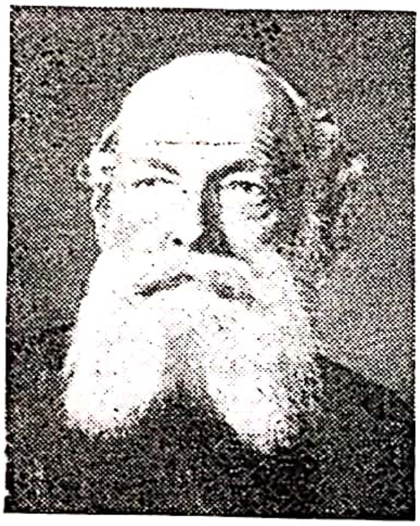


૧૮૬૧માં પ્રસિદ્ધ કરેલા પુસ્તકમાં કેકુલેએ દર્શાવેલા કાર્બનિક પદાર્થના સૂત્રો

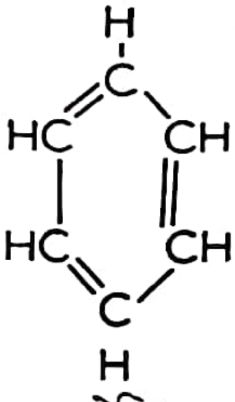
છે. ઍરોમેટિક વર્ગનો મૂળભૂત પદાર્થ બેન્ઝિન છ કાર્બન અને છ હાઈડ્રોજનનો બનેલો છે. (C_6H_6) તેમાં ૬ કાર્બન સીધી લીટીમાં નહીં પણ ષટ્કોણ આકારમાં ગોઠવાયેલા છે અને દરેક કાર્બનના પરમાણુઓની ચાર વેલેન્સી એક હાઈડ્રોજન, એક બીજા કાર્બન સાથે અને બીજી બે બીજા એક કાર્બન સાથે સંકળાયેલી છે. જ્યાં બે કાર્બન એક લીટીથી જોડાયેલા હોય તેને સિંગલ બૉન્ડ કહેવાય છે, જ્યાં બે લીટીઓ હોય તેને દ્વિસંયોજકતા કે ડબલ બૉન્ડ કહેવાય છે.

આ પદાર્થના એક યા વધુ હાઈડ્રોજનની જગ્યાએ બીજા કોઈ પરમાણુ અથવા 'ગ્રૂપ' (group) વિસ્થાપન દ્વારા દાખલ કરી શકાય છે. તેની વિશેષ સમજૂતી કાર્બનિક રસાયણની ભૂમિકાના પ્રકરણમાં આપેલી છે.

જે. એચ. વેન્ટહૉફ [૧૮૫૨–૧૯૧૧]



ઑગસ્ટ કેકુલે [૧૮૨૯–૧૮૯૬]

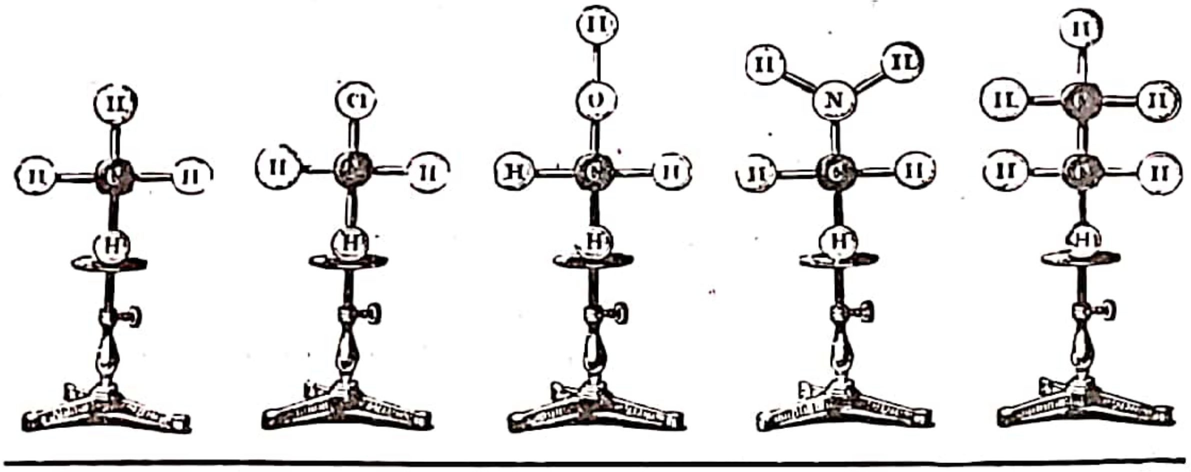


બેન્ઝિન

કેકુલેએ કાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં બીજું પણ કેટલુંક કાર્ય કર્યું છે. પણ તેની બેન્ઝિન થિયરીના મુકાબલે તે બહુ અગત્યનું ન ગણી શકાય.

આગળ જતાં કાર્બનિક પદાર્થોની રચના વિષે વધુ ચોખવટ થઈ અને લબેલ અને વેન્ટઃ હૉફ્ના કાર્યથી બીજા અનેક અણઉકલ્યા પ્રશ્નોના જવાબ મળ્યા. આવો એક પ્રશ્ન તે ઑપ્ટિકલ ઍક્ટિવિટી—પ્રકાશ સક્રિયતાનો પ્રશ્ન હતો. કેટલાક પદાર્થોમાં, દાખલા તરીકે લૅક્ટિક ઍસિડ, ટાર્ટારિક ઍસિડ, ગ્લુકોઝ વગેરે પદાર્થોમાં ટુરમાલિન સ્ફટિકમાંથી (નિકોલ પ્રિઝમમાંથી) પસાર કરેલાં પ્રકાશનાં કિરણોને, ડાબી અથવા જમણી બાજુએ વાળવાની શક્તિ હોય છે. લુઈ પાશ્ચર નામના ફ્રેંચ વૈજ્ઞાનિકે એમોનિયમ ટાર્ટરેટના બે જાતના સ્ફટિકો જુદા પાડયા અને તેણે જોયું કે એક જાતના સ્ફટિકના દ્રાવણમાંથી પ્રકાશ પસાર કરવાથી પોલેરાઇઝ્ડ લાઇટ જમણી બાજુએ અને બીજી જાતના સ્ટફિટકના દ્રાવણમાંથી પોલેરાઇઝ્ડ લાઇટ પસાર કરવાથી તે ડાબા બાજુએ વળી જાય છે. બીજા ઘણા કાર્બનિક પદાર્થો આવો પ્રકાશ-સક્રિયતાનો ગુણ ધરાવે છે.

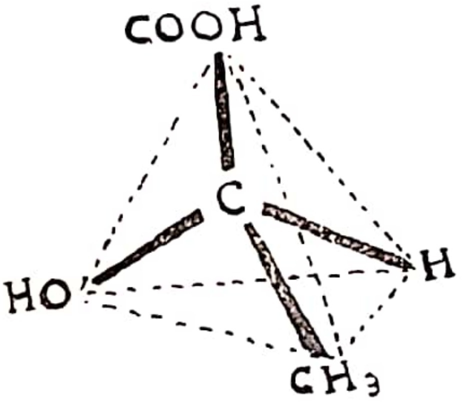
હૉફમાને બનાવેલા કાર્બનિક પદાર્થના નમૂના



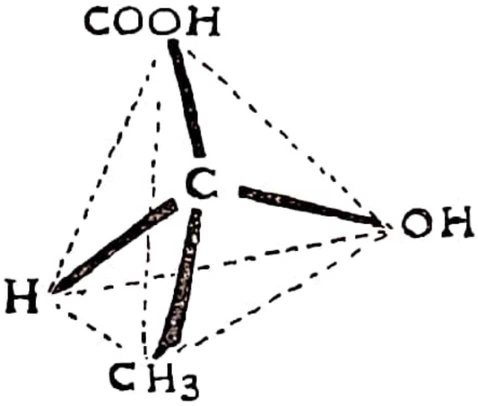
હાઇડ્રાઇડ ઑફ મિથાઇલ | ક્લોરાઇડ ઑફ મિથાઇલ | હાઇડ્રેટ ઑફ મિથાઇલ | એમાઇડ ઑફ મિથાઇલ | મેથાઇડ આફ મિથાઇલ

લબેલ અને વેન્ટહૉફ્ના કાર્યથી આનું કારણ સમજાયું. આ બે સંશોધકોએ સ્વતંત્ર રીતે પોતાનાં અનુમાના ૧૮૭૪માં બહાર પાડયાં હતાં. તેમણે બતાવ્યું કે કાર્બનની ચાર સંયોજકતા એક જ સપાટી પર નથી પણ તે અવકાશમાં ચારે તરફ પ્રસરેલી છે અને તેમના છેડા જો જોડીએ તો regular tetrahedron આપણને મળે. હવે જો આ કાર્બન પરમાણુની ચાર સંયોજકતા ચાર જદા પરમાણુઓ અથવા અણુસમૂહ સાથે જોડાયેલી હોય તો તે કાર્બન અસમ (unsymmetrical) બને અને તેની બે રચનાઓ શક્ય બને—જેમનો સંબંધ વસ્તુ અને આરસીમાં પડતા તેના પ્રતિબિંબ જેવો છે. સામા પાના પરની આકૃતિઓ લૅક્ટિક ઍસિડની રચનાઓ બતાવે છે.

૧૯મી સદીમાં અનેક રાસાયણિક ઉદ્યોગોના પાયા નંખાયા. આમાંનો એક ઉદ્યોગ તે રંગોનો (synthetic dyes)નો ઉદ્યોગ. આજથી એક સદી પહેલાં માત્ર ડઝનેક વનસ્પતિજ રંગો, પ્રાણિજ રંગો અને ખનિજ રંગો વપરાશમાં હતા. ૧૮૫૭ની સાલમાં વિલિયમ પર્કિન નામના એક ૧૭ વર્ષના યુવકે નિશાળની રજાઓમાં પોતાના ઘરની પ્રયોગશાળામાં ક્વિનીન બનાવવાની હામ ભીડી.

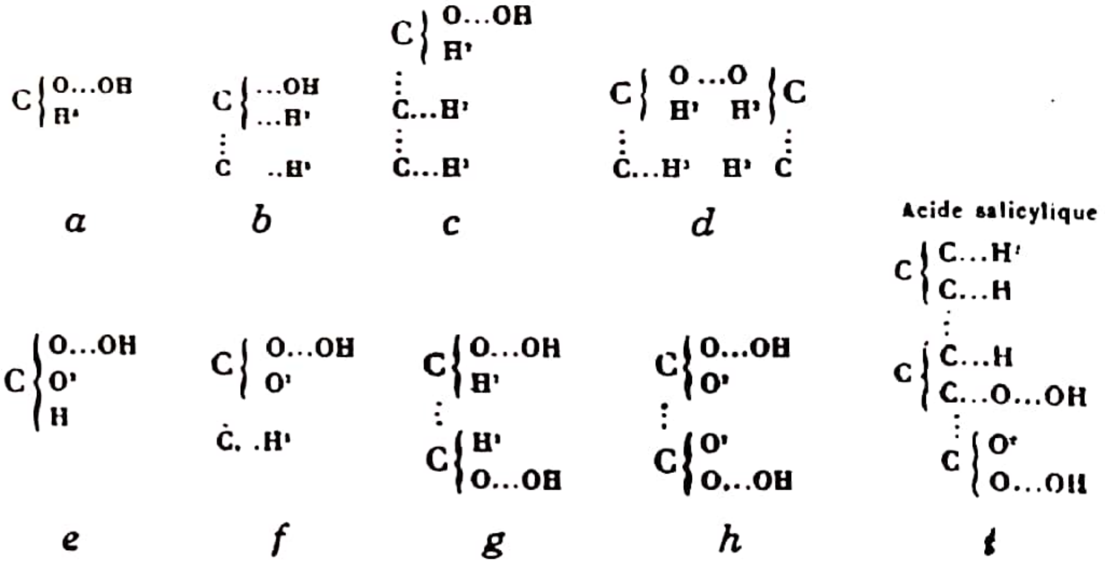


લૅક્ટિક ઍસિડની
બે રચનાઓ



તેણે એનિલિન નામનો એક પદાર્થ લઈ તેના પર પોટૅશિયમ ડાઈક્રોમેટ અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની પ્રક્રિયા કરી. તેને સફેદ ક્વિનીનને બદલે એક કાળો ચીકણો પદાર્થ મળ્યો. તેમાં આલ્કોહૉલ (દારૂ) નાખવાથી એક સુંદર જાંબુડિયા રંગનું દ્રાવણ મળ્યું. તેનામાં રેશમને રંગવાની શક્તિ હતી. આ હતો પહેલવહેલા સંશ્લેષિત રંગ 'મોવ'. ત્યાર બાદ ૧૮૫૭માં પર્કિને કૃત્રિમ રંગોના ઉદ્યોગની શરૂઆત કરી, અને આજે તો તે ઉદ્યોગે ઘણી પ્રગતિ કરી છે. જુદી જુદી વસ્તુઓ માટે આજે જુદા જુદા રંગો મળે છે. આ રંગો બનાવવા માટેનાં જરૂરી રસાયણો ડામરમાંથી મેળવવામાં આવતાં એટલે તે ડામરના રંગો તરીકે પણ ઓળખાતા.

રંગ, ઔષધો, સ્ફોટકો, ફોટોગ્રાફિક રસાયણો વગેરે મોટા પ્રમાણમાં બનાવવા માટે મૂળભૂત રસાયણોની જરૂર હતી અને તે ક્યાંથી મેળવવાં તેની ખોજ થઈ. ધાતુઓ બનાવવા માટે, ખાસ કરીને લોખંડ અને પોલાદ માટે કોલસાનું નિસ્યંદન કરી કોક મેળવવામાં આવતો. આ દરમિયાન કોલગૅસ મળતો; જતે દિવસે તે શહેરોને પ્રકાશ પૂરો પાડવા માટે તેમ જ બળતણ તરીકે વપરાવા લાગ્યા. નિસ્યંદન દરમિયાન મળતો ડામર કાર્બનિક પદાર્થોમાં ઘણો સમૃદ્ધ હોવાનું જણાયું અને મોટા પાયા પર તેનું નિસ્યંદન કરા તેમાંથી અનેક પ્ર યાઓ દ્વારા બેન્ઝિન, ટોલ્યુઇન, ઝાઇલિન, ફિનોલ, એનિલિન, ક્વિનાલિન, ક્રસોલ, નેપ્થેલિન, એન્થ્રાસિન ઇત્યાદિ રસાયણોના ઉત્પાદનના શરૂઆત ૧૯મી સદીમાં થઈ.



કાર્બનિક રસાયણનાં કૂપરે દર્શાવેલાં સૂત્રો : [૧૮૫૮] *a* આલ્કોહૉલ. *b* ઇથાઇલ આલ્કોહૉલ. *c* પ્રોપાઈલ આલ્કોહૉલ. *d* ઇથાઇલ ઇથર *e* ફૉર્મિક ઍસિડ. *f* ઍસેટિક ઍસિડ *g* ઇથિલિન ગ્લાઇકોલ. *h* ઑક્ઝેલિક ઍસિડ. *i* સેલિસીલિક ઍસિડ

૪ : મૂળતત્ત્વોનું વર્ગીકરણ અને આવર્ત કોષ્ટક

૧૮૬૦ સુધીમાં અનેક મૂળતત્ત્વોના પરમાણુભાર નક્કી થયા હતા. આમાં બર્ઝેલિયસે સારી પ્રગતિ કરી હતી. ત્યાર બાદ બેલ્જિયન રાસાયણિક સ્ટાસે શુદ્ધ રસાયણો વાપરી અત્યંત ચોકસાઈ-પૂર્વક પરમાણુભાર શોધ્યા હતા. હવે રાસાયણિકો જુદાં જુદાં મૂળતત્ત્વો વચ્ચેનો પરસ્પરનો સંબંધ શોધી તેમનું વર્ગીકરણ કરવા મથી રહ્યા હતા. ૧૮૩૯માં ડોબરાઈનરે જોયું કે સમાન ગુણધર્મોવાળાં મૂળતત્ત્વોને ત્રણ ત્રણના સમૂહમાં મૂકી શકાય. આ ત્રિપુટીઓના પરમાણુભાર કાં તો સરખા હોય છે અથવા તો ત્રિપુટીના વચ્ચેના મૂળતત્ત્વનો પરમાણુભાર બીજા બે પરમાણુભારનો લગભગ મધ્ય-માન (mean) હોય છે. આવી કેટલાક ત્રિપુટીઓ નીચે આપી છે. કૌંસમાં તેના પરમાણુભાર આપ્યા છે.

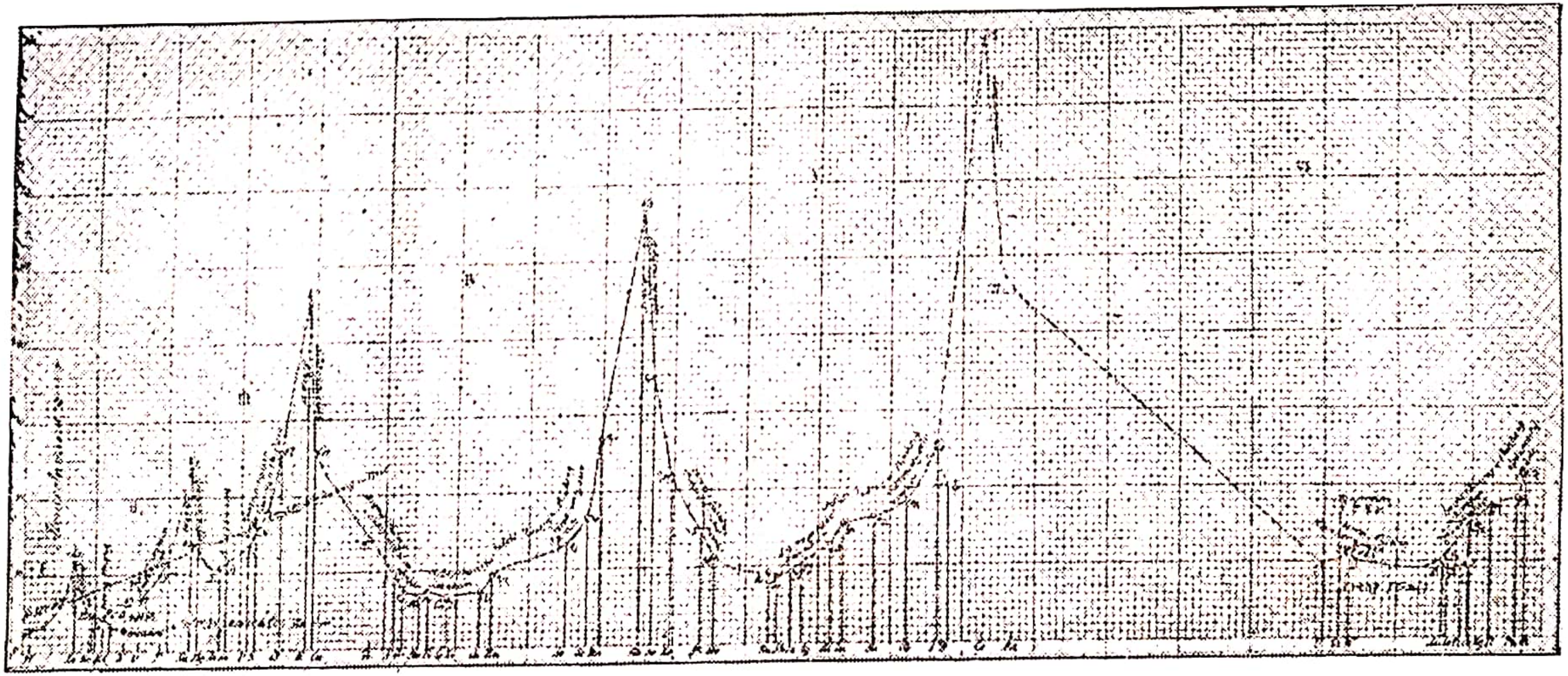
૧. લોખંડ (૫૫.૮૫), કોબાલ્ટ (૫૮.૯૪) અને નિકલ (૫૮.૬૯);

૨. ક્લોરિન (૩૫.૫), બ્રોમિન (૮૦) અને આયોડિન (૧૨૭)

૩. કૅલ્શિયમ (૪૦), સ્ટ્રૉન્શિયમ (૮૭) અને બેરિયમ (૧૩૭);

૪. લિથિયમ (૭), સોડિયમ (૨૩) અને પોટૅશિયમ (૩૮).

પણ બધાંય મૂળતત્ત્વો આવી રીતે ત્રણના સમૂહમાં ગોઠવી શકાતાં નથી એટલે આ પ્રયાસ અધૂરો જ રહ્યો. ત્યાર બાદ મૂળતત્ત્વોના વર્ગીકરણના બીજા કેટલાક અસફળ પ્રયોગો થયા. ઈંગ્લંડમાં ન્યુલૅન્ડઝે મૂળતત્ત્વોને તેમના પરમાણુભાર પ્રમાણે ગોઠવ્યા અને નંબરો આપ્યા. એ ઉપરથી તેને જણાયું કે દરેક આઠમું મૂળતત્ત્વ ગુણધર્મોની દૃષ્ટિએ પહેલાને મળતું આવે છે. આમ સંગીતના સપ્તકની માફક મૂળતત્ત્વોમાં ગુણધર્મોનું પુનરાવર્તન થાય છે. ન્યુલૅન્ડઝે આને અષ્ટક નિયમ (Law of octaves) નામ આપ્યું. આ યોજના પ્રમાણે સમાન ગુણધર્મોવાળાં મૂળતત્ત્વો એકસાથે આવે છે. દાખલા તરીકે લિથિયમ, સોડિયમ અને પોટૅશિયમ; બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમ, બોરોન અને ઍલ્યુ-મિનિયમ વગેરે. આગળ જતાં આ યોજનામાં અનેક ત્રુટિઓ જણાઈ એટલે આ પ્રયાસ પડતો મુકાયો. પણ ન્યુલૅન્ડઝના કાર્યે એટલું તો જરૂર બતાવ્યું કે અનેક મૂળતત્ત્વો વચ્ચે સમાનતાના અંશો છે અને તેમાં આવર્તન જોવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ લોથર માયરે આ ક્ષેત્રમાં નોંધપાત્ર પ્રગતિ કરી.

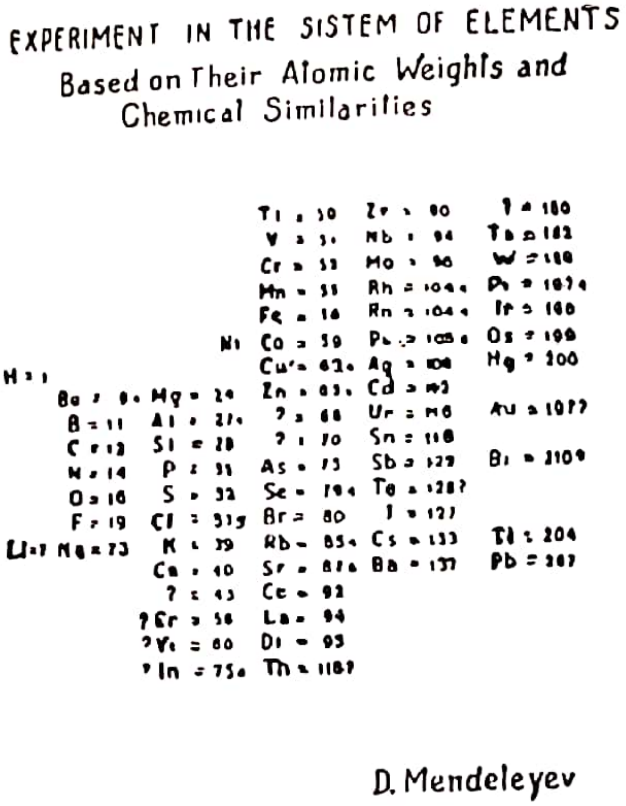


લોથર માયરનો આલેખ

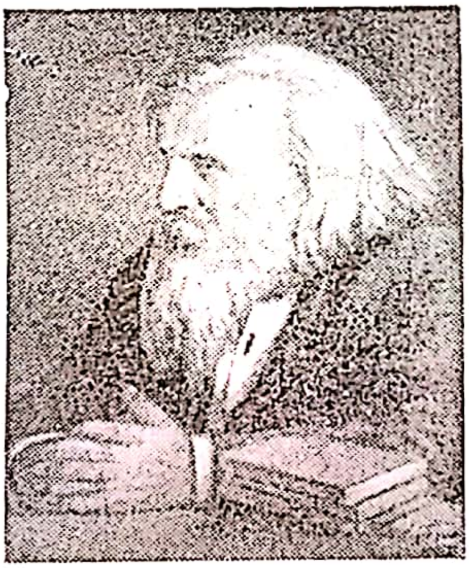
લોથર માયર [૧૮૩૦–૧૮૯૫]

લોથર માયર (૧૮૩૦–૧૮૯૫) ટ્યુબિનગનમાં પ્રાધ્યાપક હતો. તે એક ઉચ્ચકોટિનો શિક્ષક અને લેખક હતો. 'રસાયણના આધુનિક સિદ્ધાંતો' નામનું તેનું પુસ્તક ઘણાં વર્ષો સુધી પ્રમાણભૂત પ્રકાશન રહ્યું હતું. લોથર માયરે પરમાણુકદ અને પરમાણુભાર એ બેનો આલેખ દોર્યો. આને લોથર માયરનો પરમાણુકદ આલેખ (curve) કહેવાય છે. પૃ. ૩૭ ઉપર દર્શાવેલા આ આલેખમાં ગુણધર્મોમાં સામ્ય હોય એવાં જુદાં જુદાં મૂળતત્ત્વો સરખાં સ્થાનમાં આવેલાં (analogous positions) છે.

આજે વપરાતું મૂળતત્ત્વોનું વર્ગીકરણ અને આવર્ત કોષ્ટક રશિયાના રસાયણવિદ મેન્ડેલીફને આભારી છે. મેન્ડેલીફ (૧૮૩૪–૧૯૦૭) સાઇબીરિયામાં ટોબોલ્સ્ક ગામમાં જન્મ્યો હતો. નાજુક તબિયત, પૈસાની તંગી અને ભણવામાં બહુ રસ ન હોવાથી તે સાધારણ વિદ્યાર્થી ગણાતો. પણ પેટ્રોગ્રેડની



મેન્ડેલીફનું વર્ગીકરણ



મેન્ડેલીફ [૧૮૩૪–૧૯૦૭]

શિક્ષકો તૈયાર કરનારી સંસ્થામાં તે દાખલ થયો ત્યારથી તેની વિચારશક્તિ ખીલી અને તેણે સંશોધનનાં પરિણામો પ્રગટ કરવા માંડયાં. ૧૮૬૯માં તેણે મૂળતત્ત્વોના વર્ગીકરણ પર પહેલું પ્રકાશન બહાર પાડયું અને ૧૮૭૧માં તેના સમગ્ર વિચારો તેણે બહાર પાડયા. પોતાના આવર્ત

કોષ્ટક (Periodic Table)માં તેણે પરમાણુઓને તેમના વજન પ્રમાણે એવી રીતે ગોઠવ્યા હતા કે જેથી સમાન ગુણધર્મોવાળાં મૂળતત્ત્વો એકબીજાની નીચે આવે. આ કોષ્ટકમાં કોઈ એક મૂળતત્ત્વની જગ્યાના આધારે તેના ગુણધર્મો આપણે કહી શકીએ. મેન્ડેલીફ લખે છે કે "જ્યારે મેં ઓછામાં ઓછા પરમાણુભારવાળાં મૂળતત્ત્વોથી શરૂઆત કરી અને તેમને પરમાણુભારના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવ્યાં ત્યારે મને જણાયું કે મૂળતત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં એક પ્રકારનું આવર્તન રહેલું છે એટલે જો મૂળતત્ત્વોને પરમાણુભાર પ્રમાણે ગોઠવવામાં આવે તો નિયમિત રીતે સમાન ગુણધર્મોવાળાં તત્ત્વોનું પુનરાવર્તન થાય છે." આ ગોઠવણુમાં ઊભાં ખાનાંઓને સમૂહ (group) કહેવામાં આવે છે. કેટલાક સમૂહને બે ભાગ, 'અ' અને 'બ'માં વહેંચવામાં આવ્યા છે. એક સમૂહમાં 'અ' કે 'બ' નીચે આવતાં મૂળતત્ત્વોના ગુણધર્મો સરખા હોય છે પણ 'અ' અને 'બ' સમૂહનાં મૂળતત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં ફરક હોય છે. આડાં ખાનાંઓ શ્રેણી (period) કહેવાય છે તેમાં આવતાં મૂળતત્ત્વોના ગુણધર્મો ક્રમશઃ બદલાય છે.

કોઈ એક વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધાંતની અગત્ય અને સુંદરતા માત્ર તે પ્રચલિત માહિતીની સમજ પૂરી પાડે છે તેમાં જ નથી પણ તે સિદ્ધાંત અણશોધાયેલી ચીજો શોધવામાં મદદ કરે અને તેમના ગુણધર્મ ઈત્યાદિ વિષે આગાહી કરી શકે તેમાં રહેલી છે. જો આ આગાહી ખરી પડે તો તે સિદ્ધાંતનું સમર્થન થાય છે. મેન્ડેલીફે જોયું કે, તેના કોષ્ટકમાં કેટલીક જગ્યાઓ ખાલી હતી. તે ખાલી જગ્યાઓ કયા સમૂહમાં છે અને તેની ઉપર નીચે આવેલાં મૂળતત્ત્વોના શા ગુણધર્મો છે તેના પરથી તેણે આ ખાલી જગ્યાએ આવનારાં હજી અણશોધાયેલાં મૂળતત્ત્વોના પરમાણુભાર અને ગુણધર્મો શા હોવા જોઈએ તેની આગાહી કરી. આ અણશોધાયેલાં મૂળતત્ત્વોને તેણે એકબોરોન, એકઍલ્યુમિનિયમ અને એકસિલિકોન નામ આપ્યાં. વર્ષો બાદ તે શોધાયાં અને આજે તે સ્કેન્ડિયમ, ગેલિયમ અને જર્મેનિયમને નામે ઓળખાય છે. તેમના ગુણધર્મો પણ મેન્ડેલીફની આગાહી મુજબ જ હોવાનું જણાયું.

મેન્ડેલીફના વર્ગીકરણમાં કેટલીક ત્રુટિઓ જણાઈ હતી. દાખલા તરીકે ટેલુરિયમ જેનો પરમાણુભાર ૧૨૭.૬ છે તેને આયોડિન જેનો પરમાણુભાર ૧૨૬.૯ છે તેના પહેલાં છઠ્ઠા સમૂહમાં તેના ગુણધર્મોને આધારે મૂકવો પડે છે. જ્યારે નિષ્ક્રિય વાયુઓ હેલિયમ, આર્ગોન, નિયોન વગેરે શોધાયા ત્યારે તેમને ક્યાં મૂકવા એ પ્રશ્ન ઊભો થયો અને તેમની સંયોજકતા શૂન્ય હોવાને લીધે તેમને માટે એક નવો શૂન્ય સમૂહ દાખલ કરવો પડયો અને આર્ગોન જેનો પરમાણુભાર ૩૯.૯ છે તેને તેના ગુણધર્મોની દૃષ્ટિએ પોટેશિયમ જેનો પરમાણુભાર ૩૯.૧ છે તેની પહેલાં મૂકવો પડયો. વળી વિરલ પાર્થિક મૂળ તત્ત્વો (rare earths)ના ૧૫ સભાસદોને બેરિલિયમ અને હાફનિયમ વચ્ચે એક જ ખાનામાં મૂકવા પડે છે.

૨૦મી સદીમાં થયેલા પરમાણુરચનાના કાર્ય પરથી આ કોષ્ટક પર નવો પ્રકાશ પડયો છે અને પરમાણુભારને બદલે પરમાણુ સંખ્યા જો લઈએ તો કેટલીક ત્રુટિઓનો ઉકેલ મળે છે. વખત જતાં આ વર્ગીકરણ બદલાશે કે કેમ તે કહેવું શકય નથી. પણ તે બદલાય તોપણ આ કોષ્ટક એ પૃથ્વી પર મળી આવતાં અનેક મૂળતત્ત્વો અને તેમના અસંખ્ય સંયોજનોનું વ્યવસ્થિત વર્ગીકરણ કરી, અવ્યવસ્થામાંથી વ્યવસ્થા આણવાનો એક મહાન પ્રયાસ લેખાશે.

D. I. MENDELEYEV'S PERIODIC

PERIODS	SERIES	ELEMENT I	II	III	IV	V
1	I	H 1 1.0080 1				
2	II	Li 3 6.940 1 2	Be 4 9.013 2 2	5 B 10.82 3 2	6 C 12.011 4 2	7 N 14.008 5 2
3	III	Na 11 22.991 1 8 2	Mg 12 24.32 2 8 2	13 Al 26.98 3 8 2	14 Si 28.09 4 8 2	15 P 30.975 5 8 2
4	IV	K 19 39.100 1 8 8 2	Ca 20 40.08 2 8 8 2	Sc 21 44.96 2 9 8 2	Ti 22 47.90 2 10 8 2	V 23 50.95 2 11 8 2
	V	29 Cu 63.54 1 18 8 2	30 Zn 65.38 2 18 8 2	31 Ga 69.72 3 18 8 2	32 Ge 72.60 4 18 8 2	33 As 74.91 5 18 8 2
5	VI	Rb 37 85.48 1 8 18 8 2	Sr 38 87.63 2 8 18 8 2	Y 39 88.92 2 9 18 8 2	Zr 40 91.22 2 10 18 8 2	Nb 41 92.91 1 12 18 8 2
	VII	47 Ag 107.880 1 18 18 8 2	48 Cd 112.41 2 18 18 8 2	49 In 114.76 3 18 18 8 2	50 Sn 118.70 4 18 18 8 2	51 Sb 121.76 5 18 18 8 2
6	VIII	55 Cs 132.91 1 8 18 18 8 2	56 Ba 137.36 2 8 18 18 8 2	57 La ★ 138.92 2 9 18 18 8 2	72 Hf 178.6 2 10 32 18 8 2	73 Ta 180.95 2 11 32 18 8 2
	IX	79 Au 197.0 1 18 32 18 8 2	80 Hg 200.61 2 18 32 18 8 2	81 Tl 204.39 3 18 32 18 8 2	82 Pb 207.21 4 18 32 18 8 2	83 Bi 209.00 5 18 32 18 8 2
7	X	87 Fr [223] 1 8 18 32 18 8 2	88 Ra 226.05 2 8 18 32 18 8 2	89 Ac ★★ 227 2 9 18 32 18 8 2	(Th)	(Pa)

★ LANTHA

58 Ce 140.13 2 8 20 18 8 2	59 Pr 140.92 2 8 21 18 8 2	60 Nd 144.27 2 8 22 18 8 2	61 Pm [145] 2 8 23 18 8 2	62 Sm 150.43 2 8 24 18 8 2	63 Eu 152.0 2 8 25 18 8 2	64 Gd 156.9 2 9 25 18 8 2

★★ ACTI

90 Th 232.05 2 10 18 32 18 8 2	91 Pa 231 2 9 20 32 18 8 2	92 U 238.07 2 9 21 32 18 8 2	93 Np [237] 2 8 23 32 18 8 2	94 Pu [242] 2 8 24 32 18 8 2	95 Am [243] 2 8 25 32 18 8 2	96 Cm [245] 2 9 25 32 18 8 2

Figures in square brackets are mass numbers of stablest isotopes

TABLE OF ELEMENTS

GROUPS

VI	VII	VIII			0
	(H)				He 2 4.003 2
O 8 16 6 2	F 9 19.00 7 2				Ne 10 20.183 8 2
S 16 32.066 6 8 2	Cl 17 35.457 7 8 2				Ar 18 39.944 8 8 2
Cr 24 52.01 1 13 8 2	Mn 25 54.94 2 13 8 2	Fe 26 55.85 2 14 8 2	Co 27 58.94 2 15 8 2	Ni 28 58.69 2 16 8 2	
Se 34 78.96 6 18 8 2	Br 35 79.916 7 18 8 2				Kr 36 83.80 8 18 8 2
Mo 42 95.95 1 13 18 8 2	Tc 43 [99] 2 13 18 8 2	Ru 44 101.1 1 15 18 8 2	Rh 45 102.91 1 16 18 8 2	Pd 46 106.7 0 18 18 8 2	
Te 52 127.61 6 18 18 8 2	I 53 126.91 7 18 18 8 2				Xe 54 131.3 8 18 18 8 2
W 74 183.92 2 12 32 18 8 2	Re 75 186.31 2 13 32 18 8 2	Os 76 190.2 2 14 32 18 8 2	Ir 77 192.2 2 15 32 18 8 2	Pt 78 195.23 1 17 32 18 8 2	
Po 84 210 6 18 32 18 8 2	At 85 [210] 7 18 32 18 8 2				Rn 86 222 8 18 32 18 8 2
(U)					

NIDES

Tb 65 158.93 2 8 27 18 8 2	Dy 66 162.46 2 8 28 18 8 2	Ho 67 164.94 2 8 29 18 8 2	Er 68 167.2 2 8 30 18 8 2	Tu 69 168.94 2 8 31 18 8 2	Yb 70 173.04 2 8 32 18 8 2	Lu 71 174.99 2 9 32 18 8 2

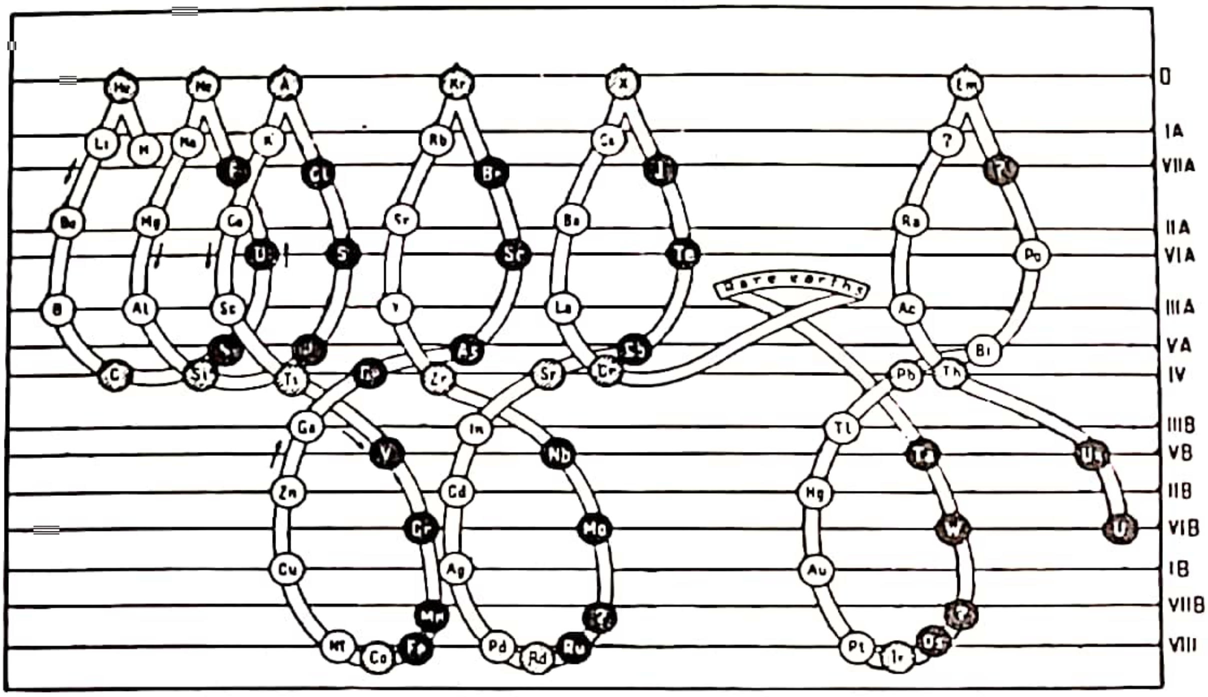
NIDES

Bk 97 [245] 2 8 27 32 18 8 2	Cf 98 [248] 2 8 28 32 18 8 2	En 99 [253] 2 8 29 32 18 8 2	Fm 100 [255] 2 8 30 32 18 8 2	Mv 101 [256] 2 8 31 32 18 8 2	Atomic number Electron layers Atomic weight Symbol

સૌથી વિશેષ સ્થાયી આઇસોટોપની પરમાણુ સંખ્યા કૌંસમાં મૂકી છે.

૧૯મી સદીમાં અનેક રાસાયણિક ઉદ્યોગોના પાયા નંખાયા. આમાંના કેટલાક ઉદ્યોગો વિષે હવે પછીનાં પ્રકરણોમાં ઉલ્લેખ કરવામાં આવ્યો છે.

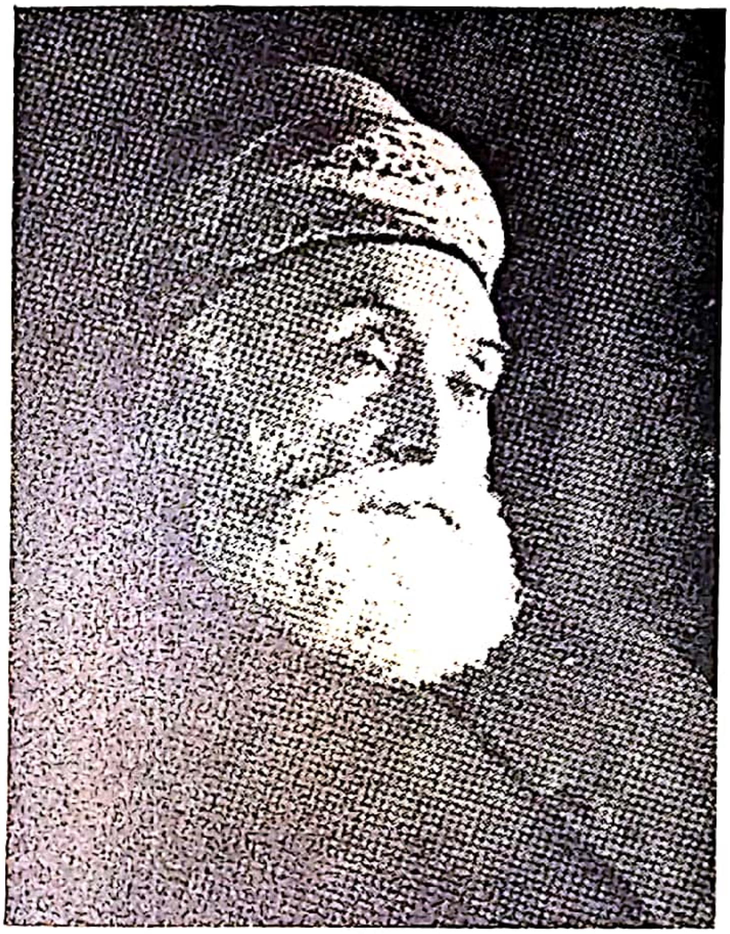
વીસમી સદીમાં અનેક નવા વિચાર દાખલ થયા છે જે દ્વારા કાર્બનિક પદાર્થોની રચના, તેમની રાસાયણિક પ્ર યાઓ, તેમના ગુણધર્મો ઇત્યાદિ પર વધુ પ્રકાશ પડયો છે. એમાં ઇલેક્ટ્રોનિક થિયરી, મોલેક્યુલર ઓર્બિટસ થિયરી વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. વીસમી સદીના આ વિકાસ ઉપર આપણે આ ગ્રંથના અંત ભાગમાં દૃષ્ટિપાત કરવાના છીએ જ.



ફ્રેડરિક સોડીની આવર્તક કોષ્ટકની યોજના

[આડી રેખામાં સમાન ગુણધર્મવાળા પરમાણુઓ, સફેદ ટપકામાં ધાતુઓ, કાળામાં અર્ધધાતુઓ અને ભૂખરા રંગમાં ન્યુટ્રલ મૂળતત્ત્વો દર્શાવ્યા છે. નોબલ ગૅસ અને ઍમ્ફોટેરિક ઑક્સાઈડ સૌથી ઉપરની રેખામાં દર્શાવ્યા છે.]

ફ્રેડરિક સોડી
[૧૮૭૭–૧૯૫૬]



જમશેદજી નસરવાનજી તાતા

[૧૮૩૯–૧૯૦૪]

ખંડ : ૨

મહાન સખાવતી સ્વદેશાભિમાની દીર્ઘદ્રષ્ટા સાહસવીર

જીવતાં જાગતાં સ્મારકો

- તાતા હાઇડ્રોઇલેકટ્રિક વકર્સ
- જમશેદપુરનું લોહ-નગર
- નેશનલ મેટલર્જિકલ લેબોરેટરી
- બેંગ્લોર : ઇન્ડિયન ઇન્સ્ટિટયૂટ ઑફ સાયન્સિઝ

તથા અનેક સંસ્થાઓ અને ટ્રસ્ટો.

૫ : ધાતુ-રસાયણ

ધાતુ અને અધાતુ

મનુષ્યનું પ્રથમ રાસાયણિક હથિયાર હતું અગ્નિ. ઠંડી સામે પોતાના શરીરનું રક્ષણ કરવા મનુષ્ય અગ્નિ પ્રજ્વળાવતો. હિંસક પ્રાણીઓ સામે પોતાના રક્ષણાર્થે માનવી અગ્નિ અને હથિયારોનો ઉપયોગ પ્રાગૈતિહાસિક કાળથી કરતો આવેલો. આ હથિયારો તેણે શરૂઆતમાં લાકડું અને હાડકાંમાંથી બનાવ્યાં હતાં. ત્યાર બાદ પથ્થરયુગમાં તેણે ઓજારો બનાવવા પથ્થરનો ઉપયોગ કર્યો. લગભગ સાત હજાર વર્ષો પહેલાંની આ વાત.

પછી સંસ્કૃતિ જેમ જેમ આગળ વધવા માંડી તેમ તેમ તેણે માટીની ઈંટો અને વાસણો બનાવવાનું શરૂ કર્યું. શરૂઆતમાં આવા પદાર્થો પકવવા તેણે સૂર્યની ગરમીનો ઉપયોગ કર્યો. ત્યાર બાદ તો માટી પકવવામાં પણ તે અગ્નિનો ઉપયોગ કરવા લાગ્યો. એવી માટી પકવતાં જ અકસ્માત્ તેમાંથી તેને ધાતુ મળી આવી. પછી તો ધાતુઓનો ઉપયોગ હથિયાર બનાવવામાં થવા લાગ્યો. કેટલીક ધાતુઓ તો કુદરતમાંથી જ શુદ્ધ સ્વરૂપે મળી આવતી; એટલે તેમાં તેને રાસાયણિક દૃષ્ટિએ ખાસ કશુંય વિશેષ કરવાપણું નહોતું. આવી ધાતુઓમાં સોનું, રૂપું અને તાંબું મુખ્ય હતી. કેટલાક ખરતા તારાઓમાંથી અત્યંત જૂજ પ્રમાણમાં શુદ્ધ લોહ પણ મળી આવતું. આ ધાતુઓએ મનુષ્યનું ધ્યાન ખેંચ્યું પરંતુ એ જમાનાના જનસમાજમાં પથ્થરનાં હથિયારોનો જ ઉપયોગ ચાલુ રહ્યો.

તાંબાની કાચી ધાતુને એ જમાનાનો માનવી પથ્થર જ માનતો. પથ્થરની જેમ તેણે તેનાં ઓજાર બનાવવા માંડયાં ત્યારે તેને તેના ગુણધર્મનું ભાન થયું. પથ્થર ધારદારને બનાવવાની ક્રિયામાં કેટલાક પથ્થર તૂટી જાય ત્યારે એકાદ પથ્થરને ખપજોગી ધાર નીકળતી. પણ આ નવી જાતનો પથ્થર તો તૂટતો જ નહોતો. તેને જેમ જેમ ટીપવામાં આવે તેમ તે ચપટો બની વિસ્તરતો. તેનાં હથિયાર લાંબો સમય ટકતાં. વળી ધાર ખરાબ થાય તો તેને ઘસીને ધાર પણ કાઢી શકાતી. તેને પરિણામે પાષાણયુગ આથમવા લાગ્યો અને તામ્રયુગની શરૂઆત થઈ.

કેટલેક સ્થળે તાંબા અને કલાઈની કાચી ધાતુઓ પાસે પાસે મળી આવતી. આવી કાચી ધાતુઓમાંથી અગ્નિની આંચે તાંબું કાઢવાનો પ્રયત્ન કરતાં આકસ્મિક રીતે કાંસાની શોધ થઈ. કાંસું તો તાંબા કરતાંય કઠણ. વળી તે કટાય પણ નહીં, તેને ધાર પણ સારી નીકળે. એટલે કાંસાયુગ શરૂ થયો. ઈ. સ. પૂર્વે ૫,૦૦૦ની આ વાત.

ઈ.સ. પૂર્વે ૩,૦૦૦ વર્ષ પહેલાં કલાઈ શોધાઈ. તે નરમ ધાતુ હોવાથી તેનો સ્વતંત્ર ઉપયોગ તો નહોતો થઈ શકતો; પરંતુ ઓછાવત્તા પ્રમાણમાં તાંબા સાથે તેને મેળવવાથી કાંસું બનતું, જેમાંથી વધારે સારી રીતે ઓજારો બનાવી શકાતાં.

ક્રમશ: લોઢાના ખનિજમાંથી લોઢું બનાવવાનું જ્ઞાન માનવીને થવા લાગ્યું. તેમાં રહેલી ગૂંચવણ-ભરેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ વધારે સારી રીતે સમજાવા લાગી. લોઢું ધીમે ધીમે આગળ આવવા લાગ્યું. કાંસા યુગમાંથી મનુષ્ય લોહયુગમાં આવ્યો. લોઢાનાં હથિયારો અને ઓજારો વિશેષ વપરાશમાં આવતાં ગયાં. આજે પણ આફ્રિકાની કેટલીક હબસી જાતિઓ જૂનીપુરાણી રીતે પોતાના ઉપયોગ પૂરતું લોઢું બનાવી લે છે. એ જૂના કાળમાં પણ ભારતમાં લોઢું બનાવવાની કળા ઊંચી કક્ષાએ પહોંચી હતી. દિલ્હી નજીક કુતુબમિનાર પાસે સાડા છ ટનનો લોહસ્તંભ આની જીવંત સાક્ષી રૂપે હજી પણ ઊભો છે.

આપણા આધુનિક જીવનમાં લોહ મુખ્ય ભાગ ભજવે છે. આપણા ઉદ્યોગોની જાહોજલાલી તેના પર નિર્ભર છે.

धातु	ग्रह	संज्ञा
सोना	सूर्य	☉
चांदी	चन्द्र	☽
ताम्र	शुक्र	♀
लोह	मंगल	♂
सीसा	शनि	♄
कलई	गुरु	♃
पारद	बुध	☿

જૂના કાળમાં માત્ર સાત ધાતુઓ જાણીતી હતી. એ જમાનાના કીમિયાગરો આ ધાતુઓ ઉપર ગ્રહોની અસર થાય છે એવી માન્યતા ધરાવતા. સૂર્યને પણ તે ગ્રહ જ માનતા. એટલે ગ્રહોનાં નામ એ ધાતુઓ સાથે જોડવામાં આવતાં. જેમ કે, સોનાને સૂર્ય સાથે, રૂપાને ચંદ્ર સાથે, તાંબાને શુક્ર સાથે વગેરે. રસાયણ વિદ્યામાં એ જમાનામાં દરેક ધાતુને પણ ગ્રહની સંજ્ઞા આપવામાં આવતી.

આ પ્રાચીન નામોના અવશેષો હજી પણ ચાલુ છે. સિલ્વર નાઈટ્રેટને આજે પણ લ્યુનર કૉસ્ટિક કહેવામાં આવે છે (લૅટિન ભાષામાં ચંદ્રને લ્યુના કહે છે). આ જૂનાં નામો પૈકી પારા માટે મર્ક્યુરી (બુધનો ગ્રહ) શબ્દ હજી પણ પ્રચલિત છે.

સમય જતાં, ધાતુઓ ગાળવાની કળા વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિએ આગળ વધવા લાગી. રસાયણવિદો રસાયણના સિદ્ધાંતો વિસ્તૃત કર્યે જતા હતા. પ્રાચીન તત્ત્વવેત્તાઓએ આંકેલી અને બાંધેલી

મર્યાદાઓ પ્રયોગો દ્વારા તૂટતી જતી હતી. પદાર્થોની સાદામાં સાદી સ્થિતિ શોધી કાઢવા પ્રયત્ન થતા હતા. આમ, મૂળતત્ત્વો (elements) અસ્તિત્વમાં આવ્યાં. પાંચ મહાભૂતોનો સિદ્ધાંત ઊડી ગયો.

શરૂઆતમાં ચૂનો અને મીઠું મૂળતત્ત્વ લેખાતાં. ઈ. સ. ૧૮૦૭માં વીજળીની મદદ વડે ચૂના-માંથી કૅલ્શિયમ અને મીઠામાંથી સોડિયમ જુદાં પાડવામાં આવ્યાં. પાણી મૂળતત્ત્વ ગણાતું. પણ તે ઑક્સિજન અને હાઈડ્રોજનનું સંયોજન છે એમ સિદ્ધ થયું. આમ ક્રમશ: મૂળતત્ત્વોની સંખ્યા વધતી ચાલી.

આ મૂળતત્ત્વોનાં અનેકવિધ સંયોજનોથી હજારો પદાર્થો અસ્તિત્વમાં આવ્યા હોવાનું મનાતું. દરેક મૂળતત્ત્વ તેના પરમાણુનું બનેલું હોય છે. આ પરમાણુઓ અવિનાશી અને અવિભાજ્ય ગણાતા. પરંતુ મેરી ક્યૂરીએ કરેલી રેડિયમની શોધે ઉલ્કાપાત મચાવ્યો. રેડિયમ અને એના જેવાં અન્ય મૂળતત્ત્વો સ્વયં તૂટતાં રહે છે અને તેમાંથી બીજાં મૂળતત્ત્વો પેદા થાય છે. આ પ્રક્રિયા સ્વયં ચાલ્યા કરે છે. તેમાં ગરમી કે બીજી કોઈ રાસાયણિક ક્રિયાની મદદની જરૂર પડતી નથી. આથી એક મહાપ્રશ્ન ઉદ્‌ભવ્યો કે રેડિયમને મૂળતત્ત્વ કહેવું કે નહીં? અને જો તેને મૂળતત્ત્વ માનીએ તો મૂળતત્ત્વની પ્રચલિત વ્યાખ્યામાં ફેરફાર કરવાની જરૂર ઊભી થાય છે.

વિશ્વની રચનામાં એકંદરે ૯૨ મૂળતત્ત્વો આવે છે. આ ઉપરાંત કેટલાંક મૂળતત્ત્વો પ્રયોગશાળામાં બનાવાયાં છે. પણ તેઓ અસ્થાયી છે અને અમુક વખત પછી તૂટી જાય છે. રસાયણવિદોએ મૂળતત્ત્વોના બે વિભાગ કર્યા છે. એક, ધાતુઓ અને બીજો અ-ધાતુઓ. આ વિભાગીકરણ જોકે પૂરેપૂરું શાસ્ત્રીય નથી છતાં સગવડિયું છે.

હવે આપણે ધાતુઓ કોને કહેવાય એ સમજવા પ્રયત્ન કરીએ. હથોડે ટિપાય, જતરડામાંથી ખેંચાય, સાફ કરતાં સપાટી ચળકી ઊઠે એવા પદાર્થોને ધાતુઓ ગણવામાં આવતી. મોટે ભાગે તેઓ ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતની સુવાહક હોય છે. આ ગુણધર્મો ધાતુઓને ઓળખવા પૂરતા ઠીક છે, પણ તે વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિએ સંતોષકારક ન ગણાય. તાંબું, લોઢું, કલાઈ, સોનું, ચાંદી, જસત અને નિકલ વગેરે મૂળતત્ત્વો ધાતુઓ તરીકે આ રીતે ઓળખાતાં અને આજે પણ ઓળખાય છે.

સામાન્ય ઉષ્ણતામાને ધાતુઓ ઘન સ્વરૂપની હોય. માત્ર પારો એક અપવાદ છે — તે પ્રવાહી છે. અગાઉ પારાને ધાતુ ગણવામાં આવતો નહોતો. પારાને રસ કહેવામાં આવતો.

કયા મૂળતત્ત્વને ધાતુ અને કોને અધાતુ કહેવી એ એક કોયડો હતો. રસાયણવિદોએ તેનો એક તોડ કાઢયો. જે મૂળતત્ત્વનો ઑક્સાઇડ પાણીમાં ઓગળી ઍસિડ આપે એ મૂળતત્ત્વ અધાતુ; અને જેનો ઑક્સાઇડ પાણીમાં ઓગળી બેઇઝ—આલ્કલી—બનાવે તે ધાતુ. ઍસિડ કોને કહેવો અને આલ્કલી કોને કહેવો એ નક્કી કરવા લિટમસ નામે એક વનસ્પતિ રસનો ઉપયોગ થતો — આજે પણ થાય છે. ઍસિડમાં ભૂરો લિટમસ લાલ થઈ જાય છે. આલ્કલીના દ્રાવણમાં લાલ લિટમસ ભૂરો રંગ આપે છે. આમ, ધાતુ અને અધાતુ નક્કી કરવાનું કામ લિટમસ અમુક અંશે કરી આપે છે. પરંતુ અદ્રાવ્ય ઑક્સાઇડનું શું કરવું?

વળી, ઍસિડ અને આલ્કલીની ઉપર મુજબની વ્યાખ્યામાં અપવાદ તો છે જ. પાણી હાઈડ્રોજનનો ઑક્સાઇડ છે—પણ તે લિટમસની કસોટી ખાપતું નથી. ઍસિડ-આલ્કલીની કસોટીમાં પાણી અપવાદ રૂપ બને છે.

જમીનમાંથી ખોદેલી માટી ઍસિડિક કે અલ્કલાઈન છે એ લિટમસ વડે નક્કી કરી શકાય. અલ્કલીનો ગુણ દેખાડતી માટી અલ્કલાઈન અર્થ કહેવાય. એ માટીમાંથી કોઈ મૂળતત્ત્વ છૂટું પડે તો ઉપર દર્શાવેલ વ્યાખ્યા પ્રમાણે તેને ધાતુ કહેવી પડે—પછી ભલે તેને ટીપી શકાય નહીં, તે ચળકે નહીં કે જતરડામાં તેને ખેંચી શકાય નહીં.

અધાતુઓને સામાન્યત: ધાતુઓની માફક ચળકાટ હોતો નથી; તેમને ઘડી શકાતી નથી; તે કઠણ હોતી નથી; તેમની વિશિષ્ટ ઘનતા ધાતુઓને મુકાબલે ઓછી હોય છે; તે ઉષ્ણતાવાહક હોતી નથી અને વિદ્યુતવાહકતાનો ગુણ નજીવો ધરાવે છે—જોકે, આમાં કેટલાક અપવાદ પણ છે. આયોડિન અને ગ્રૅફાઈટ અધાતુઓ હોવા છતાં ચળકાટ ધરાવે છે. ગ્રૅફાઈટ તો વિદ્યુતવાહક પણ છે. એથી ઊલટું, ધાતુઓ ધાત્વિક ચળકાટનો ગુણ ધરાવે છે. ધાતુઓને ટીપીને તેમનાં પતરાં બનાવી શકાય છે. પરંતુ ઍન્ટિમની (સુરમાની ધાતુ) અને બિસ્મથ ધાતુઓ હોવા છતાં તેમનાં પતરાં બનાવી શકાતાં નથી, તેમને ટીપતાં ભરભર ભૂકો થઈ જાય છે. ધાતુઓ કઠણ—સખત હોય છે, એટલે તેમના તાર ખેંચી શકાય છે. તાર રૂપે પણ તે તૂટતી નથી.

વળી કેટલીક ધાતુઓ એકદમ હલકી હોય છે. સોડિયમ, પોટૅશિયમ, મૅગ્નેશિયમ, કૅલ્શિયમ અને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુઓની ઘનતા ઓછી હોવાથી તે હલકી ધાતુઓ તરીકે ઓળખાય છે. પરંતુ સાથી હલકી ધાતુ તો લિથિયમ છે. તેના ઘનતા માત્ર ૦·૫૩ છે. ધાતુઓ મોટે ભાગે ઉષ્ણતાવાહક છે.

આ થઈ ભૌતિક ગુણધર્મની વાત. રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં અધાતુંઓ અને ધાતુઓ વચ્ચે ચાર બાબતોમાં ફરક પડે છે.

(૧) અધાતુઓને હવા યા ઑક્સિજનમાં બાળતાં તેમના ઑક્સાઇડો ઍસિડિક ગુણ દાખવે છે. પરંતુ પાણી, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને નાઈટ્રસ ઑક્સાઇડ જેવાં કેટલાંક સંયોજનો લિટમસ પર કોઈ અસર કરતાં નથી. એટલે કે તે અલ્કલી કે ઍસિડ બેમાંથી એકે ગણાતાં નથી. ધાતુઓને એ રીતે બાળતાં જે ઑક્સાઇડો મળે છે તે બેઝિક ગુણ દાખવે છે. પરંતુ ઝિંક (જસત) અને ઍલ્યુમિનિયમના ઑક્સાઇડો ઉભયધર્મી (amphoteric) કહેવાય છે તેથી તેઓ ઍસિડિક તેમ જ બેઝિક બંને ગુણ દર્શાવે છે. ક્રોમિયમ અને મૅંગેનીઝ ધાતુઓના ઑક્સાઇડો (જેમાં ધાતુની સંયોજકતા છ અને સાત જેટલી વિશેષ છે) CrO_3 અને Mn_2O_7 ઍસિડિક ગુણ ધરાવે છે.

(૨) ફ્લોરિન, ક્લોરિન, બ્રોમિન, આયોડિન હેલોજન કહેવાય છે. તેમનાં સંયોજનો હેલાઇડો કહેવાય છે. આવાં અધાતુઓનાં હેલોજન-સંયોજનો પાણી સાથે સંપૂર્ણત: વિઘટન પામે છે. માત્ર કાર્બન ટ્રેટાક્લોરાઇડ પાણીથી વિઘટન પામતો નથી. ધાતુઓનાં હેલોજન-સંયોજનો પાણીમાં વિઘટન પામ્યા વિના ઓગળે છે. કેટલીક ધાતુઓના હેલોજન-સંયોજનોનું (ઍન્ટિમની, બિસ્મથ, કલાઈ)

પાણી સાથે મર્યાદિત અંશે પ્રતિવર્તી(reversible) વિઘટન થાય છે. જેમ કે, બિસ્મથ ક્લોરાઈડમાં પાણી નાખતાં સફેદ અવક્ષેપ (precipitate) પેદા થાય છે.

$$BiCl_3 + H_2O \rightleftharpoons \downarrow BiOCl + 2HCl$$

પાણી નાંખતાં જમણી બાજુ તરફની પ્રક્રિયા અને HCl ઉમેરતાં ડાબી બાજુ તરફ પ્રક્રિયા થાય છે.

(૩) ધાતુઓનાં સંયોજનોનું કોઈક દ્રાવણ લઈએ અને તેમાં વિદ્યુત ઈલેક્ટ્રોડ મૂકી તેમાંથી વિદ્યુત પસાર કરીએ તો એ દ્રાવણનું વીજ-વિભાજન થાય છે. દ્રાવણમાં આયન સ્વરૂપે રહેલો ધાતુવાળો ભાગ ઋણધ્રુવ તરફ આકર્ષાય છે અને અધાતુવાળો ભાગ ધનધ્રુવ તરફ આકર્ષાય છે. તેથી ધાતુઓ ઈલેક્ટ્રો-પૉઝિટિવ એટલે કે ધનાત્મક (+) અને અધાતુઓ ઈલેક્ટ્રો-નેગેટિવ (—) એટલે કે ઋણાત્મક કહેવાય છે.

(૪) અધાતુઓ સંકુલ ક્ષારો(complex salts) આપતી નથી. પરંતુ તેમાંય અપવાદ છે. બોરોન (બોરિક ઍસિડનું મૂળતત્ત્વ) અને સિલિકોન (રેતીનું મૂળતત્ત્વ) KBF_4, K_2SiF_6 જેવા સંકુલ ક્ષારો બનાવે છે. એથી ઊલટું ધાતુઓ સંકુલ ક્ષારો આપે છે, જેમાં ધાતુ કોઈક વાર ધનાત્મક વીજભાર, તો કોઈકમાં ઋણાત્મક રૂપે હોય છે. દાખલા તરીકે, કોબાલ્ટ ધાતુ કોબાલ્ટ-એમાઈન્સ આપે છે. જેમાં $[CO(NH_2)_6]^{---}$ ઋણાત્મક વીજભાર દર્શાવે છે.

$$4\ CO(OH)\ \ NO_2 + 28\ \ NH_4OH + O_2 = 4[Co(NH_2)_6]^{+++}(OH)_2 + 4NH + NO_2 + 22H_2O$$

પોટાશિયમ ફેરોસાઇનાઇડમાં ફેરોસાઇનાઇડ $[Fe\ (CN)_6]$ આયન ઋણાત્મક ભાર દર્શાવે છે. આમ રસાયણવિદો ધાતુ અને અધાતુના ભેદને સ્પષ્ટ કરવા અનેક રીતે મથ્યા, પણ તેમની દરેકે દરેક વ્યાખ્યામાં કોઈ નહીં ને કોઈક અપવાદ નીકળતા જ. એટલે ધાતુ અધાતુની વાત ચોક્કસ રૂપને પામી શકી નહોતી. પરંતુ આધુનિક ઈલેક્ટ્રોનિક સિદ્ધાંત સુસ્થાપિત થયા બાદ ધાતુ અને અધાતુની વ્યાખ્યા બદલાઈ ગઈ છે.

જે મૂળતત્ત્વના પરમાણુમાં બાહ્ય ઈલેક્ટ્રોનોની સંખ્યા ૧, ૨, ૩, હોય તે બધાં મૂળતત્ત્વો ધાતુઓ ગણાય છે. તેમનું અધાતુ તત્ત્વો સાથે સંયોજન થાય ત્યારે વીજદ્રાવણમાં તેની સાથે જોડાનારા પરમાણુને તે પોતાના ઈલેક્ટ્રોન આપી દે છે અને ધનભાર (પૉઝિટિવ ચાર્જ) ધારણ કરે છે. જેમ કે, સોડિયમ ધાતુ પોતાનો એક ઈલેક્ટ્રોન ક્લોરિનને આપે છે એટલે સોડિયમ પ્રૉઝિટિવ આયન (Na^+) બને છે. અને ક્લોરિનને એક ઈલેક્ટ્રોન મળતાં તે નેગેટિવ ચાર્જ ધારણ કરે છે એટલે ક્લોરિન નેગેટિવ આયન (Cl^-) ક્લોરાઈડ બને છે. પાણીમાં ઓગાળેલું મીઠું ($NaCl$) Na^+ અને Cl^- આયનો આપે છે.

અધાતુ એ છે કે જેના પરમાણુના બાહ્ય ઈલેક્ટ્રોન ૫, ૬, ૭ હોય છે. સંયોજન થતાં ધાતુના પરમાણુ પાસેથી ખૂટતા ઈલેક્ટ્રોન મેળવી પોતાના બાહ્ય વર્તુળમાં આઠ ઈલેક્ટ્રોનોની સંખ્યા પૂરી કરે છે.

આ દૃષ્ટિએ જોતાં પણ ધાતુ અધાતુનો ભેદ પૂરેપૂરો સ્પષ્ટ થતો નથી. જે મૂળતત્ત્વોમાં બાહ્ય ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા ચાર હોય તેમનું શું?

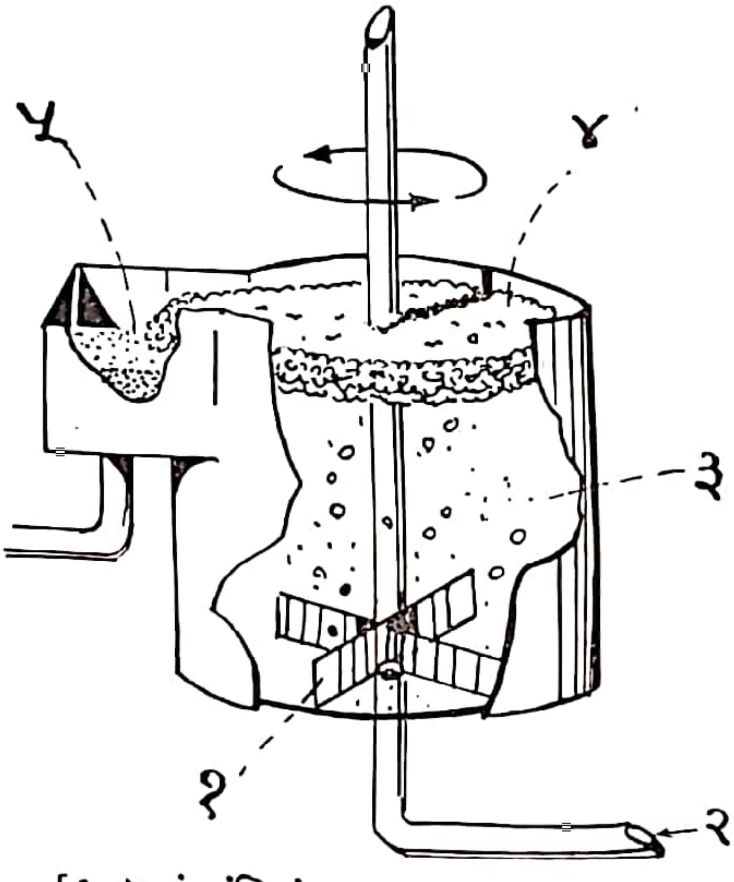
આ સદીમાં કેટલીક ધાતુઓનાં કાર્બનિક સંયોજનો (organo metalic compounds) બનાવાયાં છે. તે ઑર્ગેનો-મેટલિક સંયોજનો તરીકે ઓળખાય છે. કેટલાંય ધાતુ-કાર્બનિક-સંયોજનો છેલ્લાં થોડાં વર્ષો થયાં ઔષધો તરીકે, ખેતીવાડીના ક્ષેત્રમાં છોડને અને પાકને નુકસાનકારક જીવ-જંતુઓ અને ફૂગોમાંથી બચાવવા જંતુનાશક પદાર્થો તરીકે, ઉદ્યોગો અને કળામાં, પેટ્રોલમાં 'ઍન્ટિ-નૉક' પદાર્થ તરીકે વપરાય છે. વળી, ઉષ્ણતા અને રસાયણરોધક રબરની બનાવટમાં, મકાનમાં પાણી ગળતું અટકાવવા ઈંટોને તેમનો પટ લગાવવામાં, અતિમહત્ત્વનાં પુરવાર થયાં છે. ધાતુ-કાર્બનિક સંયોજનો કુદરતમાં મળી આવતાં નથી. આ પદાર્થોનાં ઝાડ થતાં નથી; પણ તાલીમ પામેલા, બુદ્ધિ-શાળી, ઉત્સાહી સંશોધનકારોના અથાગ પરિશ્રમને પરિણામે એ બધાં ઉપલબ્ધ થઈ શક્યાં છે.

ધાતુ-શોધનની સામાન્ય પદ્ધતિઓ

ખનિજો કાચી ધાતુઓના સ્વરૂપે ભૂગર્ભમાંથી નીકળે છે. પરંતુ તેમની સાથે માટી, રેતી અને અન્ય નકામા પદાર્થો પણ વળગેલા હોય છે. એટલે ખનિજમાંથી ધાતુ કાઢતાં પહેલાં તેને વળગી રહેલા નકામા પદાર્થો કાઢી નાંખી ખનિજને સાફ કરવું પડે છે. આથી તેમાં ધાતુના પ્રમાણનું સંકેન્દ્રણ (concentration) થાય છે. આ નકામા પદાર્થોમાંથી ઉપયોગી ખનિજ જુદું પાડવું એને 'ખનિજ-સમાર' (ore dresssing) કહે છે.

ખનિજ ગઠ્ઠારૂપે હોય તો તેનો ભૂકો કરવા માટે તેને યંત્ર (crushers)માં દળવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ આવે ભૂકાને પાણી સાથે તારવી કાઢવામાં આવે છે. એટલે તેમાં રહેલી માટી, રેતી વગેરે દૂર કરી શકાય છે.

વળી કેટલીક વાર બેત્રણ જુદાં જુદાં ખનિજોનું મિશ્રણ મળી આવે છે. તેમની વિશિષ્ટ ઘનતા જુદી જુદી હોવાથી, વિશિષ્ટ ઘનતાના તફાવતોનો લાભ લઈ તેમને છૂટાં પાડવામાં આવે છે.

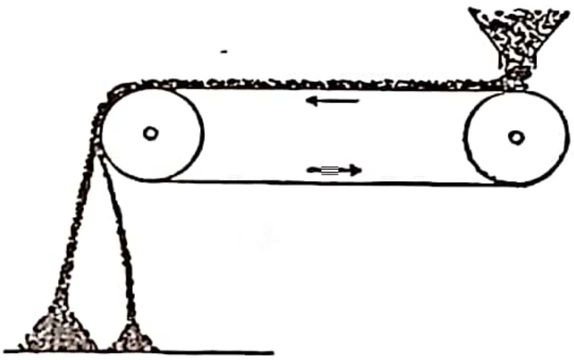


[૧. ફરતાં પાંખિયાં ૨. હવા ૩. નકામો કચરો ૪. ફીણ ૫. સંકેન્દ્રિત કાચી ધાતુ]

તેલતારણ

ગ્રેનાઇટમાં ફેલ્સપાર (ઘનતા : ૨·૫૭), અબરખ (ઘનતા : ૨·૮૫) અને ક્વાર્ટ્ઝ (ઘનતા : ૨·૬૫) હોય છે. તેમને જુદા પાડવા બેન્ઝિન (ઘનતા : ૦·૮૭૯) અને મિથિલિન આયોડાઇડ (ઘનતા : ૩·૩૩)નું મિશ્રણ વપરાય છે. એમાં ગ્રેનાઇટનો ભૂકો નાંખતાં ફેલ્સપાર તેમાં તરે છે પણ અબરખ અને ક્વાર્ટ્ઝ ભારે હોવાથી તળિયે બેસે છે.

કેટલીક વાર પ્રવાહીના પૃષ્ઠતાણ (surface tension)ના તફાવતોનો ઉપયોગ પણ રસાયણ-વિદો કરી લે છે. જસતનું ખનિજ ઝિંકબ્લેન્ડ અને સાથેની રેતી કચરાવાળા ભૂકાને પાણીની સપાટી પર છાંટીએ તો રેતી તુરત ભીંજાય છે અને નીચે બેસી જાય છે. ઝિંકબ્લેન્ડ પાણીથી ભીંજાતું નથી અને પાણી ઉપર તરે છે—જોકે પાણી કરતાં તે ભારે છે. ઝિંકબ્લેન્ડ અને સીસાનું ખનિજ ગેલિનાને પણ એવી જ રીતે જુદાં પાડી શકાય. તેમાં પાણીની સાથોસાથ કેટલીક વાર ઓછાવત્તા પ્રમાણમાં તેલ પણ વપરાય છે. એટલે તેને તેલતારણ (oil floatation) વિધિ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ચુંબકનો ઉપયોગ કરીને પણ ખનિજો છૂટાં પાડી શકાય છે. કલાઈનું ખનિજ ટિનસ્ટોન (ઘનતા : ૬·૪ થી ૭·૧) અને ટંગ્સ્ટન ધાતુનું ખનિજ વુલ્ફ્રામ (ઘનતા : ૭·૧ થી ૭·૯) સાથે નીકળે છે. બંનેની ઘનતા લગભગ સરખી છે. એટલે તેલતારણ-વિધિ વડે તેમને જુદાં પાડી શકાતાં નથી. પરંતુ ટિન-સ્ટોન પર ચુંબકની અસર થતી નથી. એ અ-ચુંબકીય છે. પણ વુલ્ફ્રામ ચુંબકીય છે. એટલે આ ખનિજ-મિશ્રણના ભૂકાને ચુંબકીય રોલર પર ફરતા પટા પર પડવા દેવામાં આવે છે. ટિનસ્ટોન સીધું પડે છે. અને વુલ્ફ્રામ ચુંબક તરફ ખેંચાતું હોવાથી તેનો ઢગલો જુદો થાય છે. આને ઈલેક્ટ્રો-મૅગ્નેટિક વિધિ કે ચુંબકીય પદ્ધતિ કહેવાય છે. આટલી પ્રક્રિયા બાદ ધાતુશોધનનું કામ આગળ વધે છે. તેમાં વપરાતી કેટલીક સામાન્ય પદ્ધતિઓ પણ આપણે જોઈ લઈએ.



ચુંબકીય પદ્ધતિ

સોનું અને પ્લૅટિનમ ધાતુઓ કુદરતમાંથી તેમની ધાતુ અવસ્થામાં મળી આવે છે. તાંબું, રૂપું અને મર્ક્યુરી (પારો) જેવી કેટલીક ધાતુઓ પણ કવચિત્ ધાતુઓ રૂપે મળી આવે છે. બાકીની બધી ધાતુઓ મોટે ભાગે ઑક્સાઈડો અને સલ્ફાઈડો અથવા કાર્બોનેટો અને સલ્ફેટો રૂપે હોય છે.

ખનિજોમાંથી ધાતુ કાઢવાની વિધિને ધાતુશોધન કહેવામાં આવે છે.

કુદરતી તાંબું, સોનું અને પ્લૅટિનમ ધાતુઓ ઝીણા ઝીણા દાણા રૂપે નીકળતી હોવાથી તેમને બીજા પદાર્થોમાંથી છૂટી પાડવાની રહે છે. એટલે એમાં કોઈ ખાસ પ્રકારની રાસાયણિક ક્રિયા અખત્યાર કરવી પડતી નથી.

ધાતુઓને તેમના ઑક્સાઈડમાંથી શુદ્ધ સ્વરૂપે મેળવવા તેમનું રિડક્શન કરવાની જરૂર રહે છે. રિડક્શન એટલે તેમાંથી ઑક્સિજનને છૂટો પાડવો. આ ક્રિયા માટે ઑક્સિજન સહેલાઈથી લઈ લે તેવા પદાર્થો સાથે તેમને તપાવવામાં આવે છે. જસત, લોહ, મૅંગેનીઝ, સીસું, તાંબું વગેરે ધાતુઓના ઑક્સાઈડો કોલસા સાથે સંયોજાઈ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ બને છે અને ખનિજમાંથી ધાતુઓ છૂટી પડે છે. આ ક્રિયા ઝડપી બનાવવા કવચિત્ ટંકણખાર, ચૂનો વગેરે ઉમેરવાની જરૂર પડે છે. ટંગ્સ્ટન તેમ જ મૅંગેનીઝ કરતાં વધારે અણુવજનવાળી ધાતુઓના ઑક્સાઈડના રિડક્શનમાં કોલસો કામ આપતો નથી. તેથી તેમને ખૂબ તપાવી તેમાંથી હાઈડ્રોજન પસાર કરવામાં આવે છે.

હાઈડ્રોજન ધાતુ—ઑક્સાઈડના ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ બાષ્પ સ્વરૂપે પાણી બની જાય છે અને ધાતુઓ છૂટી પડે છે.

ક્રોમિયમ, મૅંગેનીઝ, મૉલિબ્ડેનમ, વૅનેડિયમ જેવી કેટલીક ધાતુઓના ઑક્સાઈડનું રિડક્ષન કરવા કાર્બન અને હાઈડ્રોજન બંને નકામા પડે છે. એવી ધાતુઓને શુદ્ધ સ્વરૂપે મેળવવા તેમનાં ખનિજોને ઍલ્યુમિનિયમના પાઉડર સાથે તપાવવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિ સ્મિટની થર્માઈટ પદ્ધતિને નામે ઓળખાય છે. ક્વચિત્ ઍલ્યુમિનિયમના ભૂકાને બદલે મૅગ્નેશિયમ યા મિચમેટલ **(mischmetal)** પણ વપરાય છે.

અતિ ઊંચા ઉષ્ણતામાનની જરૂર પડે ત્યાં વીજળિક ભઠ્ઠીનો આશ્રય લેવામાં આવે છે.

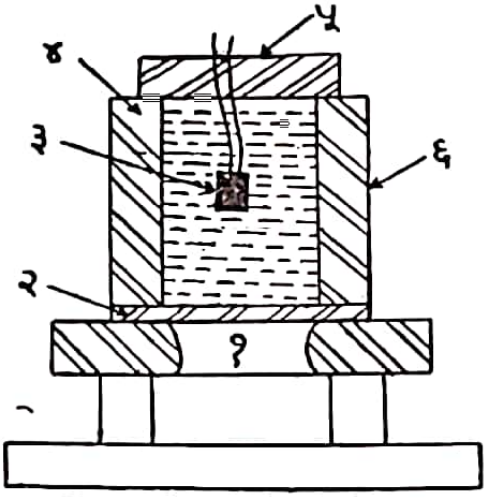
કાચી ધાતુ સલ્ફાઈડ સ્વરૂપે મળે ત્યારે તેને હવામાં ભૂંજવાથી સલ્ફર એટલે કે ગંધક હવામાંના ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ ધાતુને છૂટી પાડે છે. આ ઉપરાંત સંખ્યાબંધ ખનિજોનું પાણી યા અન્ય કોઈ પ્રવાહી કે કોઈ અન્ય પદાર્થના રસમાં યોગ્ય ઉષ્મામાને દ્રાવણ બનાવી, તેમાંથી વિદ્યુત પસાર કરી વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા શુદ્ધ સ્વરૂપે ધાતુ મેળવવામાં આવે છે. સોડિયમ, પોટૅશિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ તેમ જ સંખ્યાબંધ ધાતુઓના ક્લોરાઈડમાંથી વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા ધાતુઓ છૂટી પાડવામાં આવે છે.

કેટલીક ધાતુઓ મેળવવા ખાસ પદ્ધતિ યોજવી પડે છે. નિકલને શુદ્ધ સ્વરૂપે મેળવવા, કાર્બન મૉનૉક્સાઈડ વાયુ સાથે તેને સંયોજતાં નિકલ કાર્બોનિલ નામનો પ્રવાહી બને છે, જેનું ગરમી વડે વિઘટન કરતાં શુદ્ધ નિકલ બને છે. આ પદ્ધતિ મૉન્ડની પદ્ધતિને નામે ઓળખાય છે.

આમ ધાતુઓને શુદ્ધ સ્વરૂપે મેળવવા રસાયણવિદોએ અનેક જુદી જુદી પદ્ધતિઓ વિકસાવી છે. ઉદ્યોગોમાં તેમનો યોગ્ય રીતે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે અને જગતની ધાતુઓની માગણીને સંતોષવામાં આવે છે.

ધાતુ-કામની અવનવી પદ્ધતિઓ

ધાતુઓના શોધન માત્રથી કંઈ તેમાંથી બનતી વસ્તુઓ તૈયાર થઈ જતી નથી. વિવિધ પ્રકારના ઉપયોગ અનુસાર ધાતુ ઉપર અનેક પ્રકારની ક્રિયાઓ કરવી પડે છે. એકાદ નાનીસરખી ટાંકણી બનાવવામાં પણ અનેક વિધિઓનો આશરો લેવો પડે છે. તાર બનાવવા, સરખા ટુકડા કરવા, છેડો



સ્ફોટક પદ્ધતિએ થતું ધાતુકામ

[૧. ડાઈ ૨. ધાતુની પ્લેટ ૩. પાણીથી ભરેલી પોલિથિલિન બૅગમાં સ્ફોટક પદાર્થ ૪, ૫, ૬ ધાતુના વજનદાર બ્લૉક.]

દબાવીને માથું બનાવવું, ધાર કાઢવી, પૉલિશ કરવી વગેરે. નાનાંમોટાં યંત્રોના ભાગો બનાવવામાં, કોઈ ઠેકાણે શાર પાડવા પડે અને કોઈક ભાગનો ઢાળો પણ પાડવો પડે.

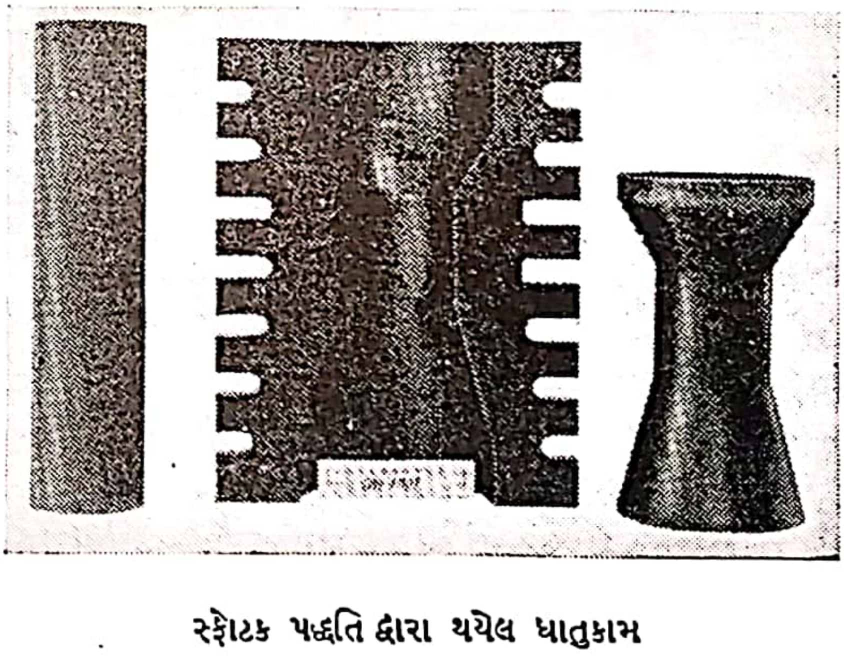
કેટલીક ધાતુઓ સખત હોય છે. તેના ઉપર કામ કરવા તેનાથીય વધારે કઠણ ધાતુઓનાં ઓજારોની જરૂર પડે. આવી કઠણ ધાતુઓનાં ઓજારો વારંવાર ખવાઈ જાય છે. કેટલીક મિશ્રધાતુઓ તો એટલી બધી સખત હોય છે કે તેના ઉપર કામ કરવું અતિ મુશ્કેલ તેમ જ ખરચાળ બની જાય છે. તેમાં ઉત્પન્ન થતી ગરમીને કારણે એવી મિશ્રધાતુઓનું બંધારણ ઢીલું પડી જાય છે અને નવી નવી મુશ્કેલીઓ ઊભી થતી જાય છે. વળી, સમય પણ ઘણો ખરચાય છે.

આ બધી મુશ્કેલીઓને કારણે વૈજ્ઞાનિકોને ધાતુકામ માટે નવી નવી પદ્ધતિ યોજવી પડે છે, અગર તો જૂના સમયની ભુલાઈ ગયેલી પુરાણી પદ્ધતિઓને પુનર્જીવિત કરવી પડે છે. વળી ધાતુઓને ઘાટ આપવામાં અશ્રાવ્ય તરંગો, લાસર કિરણો, ઇલેક્ટ્રોન કિરણો વગેરે આધુનિક શોધોનો પણ યોગ્ય ઉપયોગ કરી લેવામાં આવે છે.

ધાતુકામની નવી નવી પદ્ધતિઓ પૈકી, સ્ફોટક પદાર્થોનો ઉપયોગ, પાઉડર પદ્ધતિ તેમ જ વીજરાસાયણિક (ઇલેક્ટ્રોકેમિકલ) મશીનિયરિંગ મુખ્ય ગણી શકાય.

યાંત્રિક સામગ્રીમાં કેટલીક કઠોણી જગ્યાએ રિવેટ લગાડવામાં સ્ફોટક પદાર્થનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મજબૂત ટાંકીમાં પાણી કે તેલની સપાટી ઉપર યોગ્ય રીતે ગોઠવેલી ધાતુના પતરા ઉપર ડાઈ મૂકી યોગ્ય પ્રકારનો સ્ફોટક ફોડવામાં આવે ત્યારે તે ટાંકીમાંના પ્રવાહી ઉપર એકધારું દબાણ કરે. એ દબાણ ધાતુનાં પતરાંને લાગતાં તે દબાઈને ડાઈમાં એવી સરસ રીતે બેસી જાય કે પતરાને ડાઈ મુજબનો ધાર્યો ઘાટ આપી શકાય. આ પદ્ધતિ હજી શરૂઆતના તબક્કામાં છે, પરંતુ તે વિકસતી જાય છે.

પાઉડર-ધાતુ-કામમાં ધાતુઓના ભૂકામાંથી ધાતુના નાનામોટા દાગીના બનાવવામાં આવે છે. તેમાં ધાતુનો ભૂકો તૈયાર કરીને તેને જરૂરી આકારમાં ઘનધાતુમાં ફેરવવો પડે છે. પ્રચલિત પદ્ધતિઓની સરખામણીએ આ નવી પદ્ધતિએ ખૂબ રસ પેદા કર્યો છે અને તેનો ઉપયોગ વધતો જાય છે. એવી આગાહી કરી શકાય કે સમય જતાં પાઉડર-ધાતુશોધન પદ્ધતિ મહત્તાપૂર્ણ બનશે.



સ્ફોટક પદ્ધતિ દ્વારા થયેલ ધાતુકામ

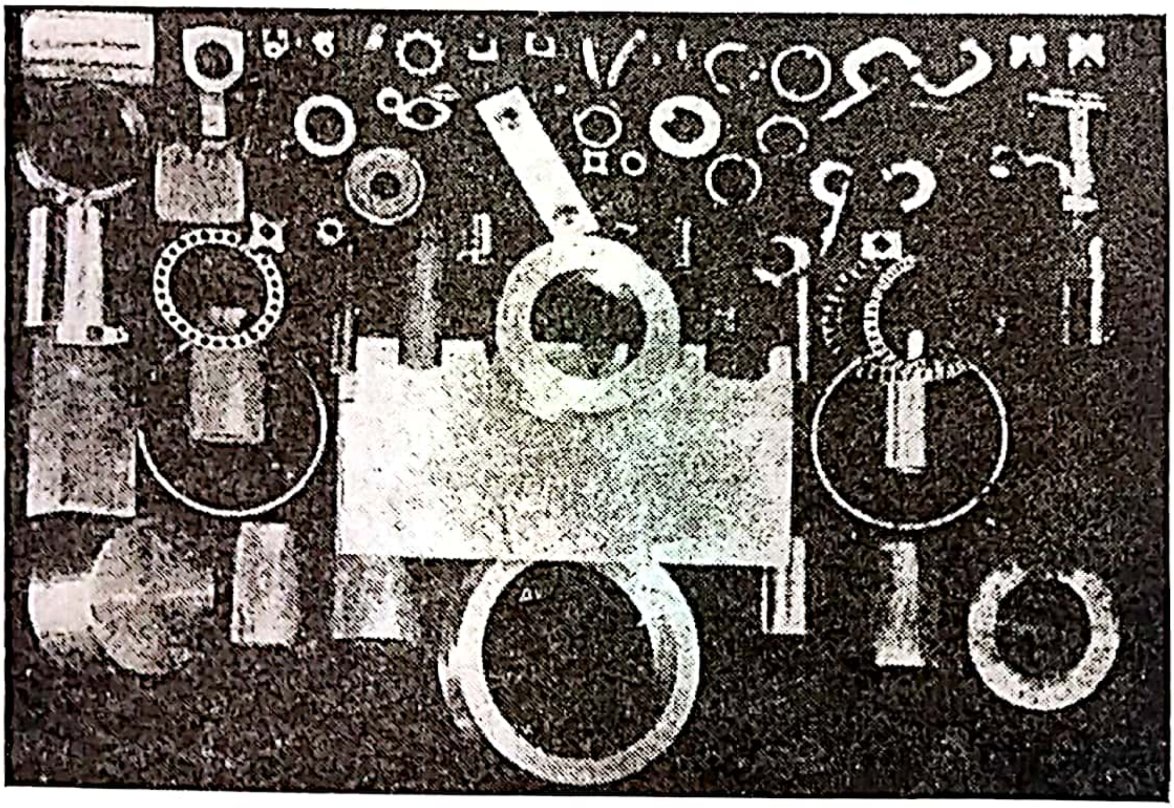
જોકે, ધાતુઓના ભૂકામાંથી ધાતુ ઘણાં વર્ષોથી બનાવાતી આવી છે. દક્ષિણ અમેરિકામાં ઇન્કા સંસ્કૃતિ સમયે બનાવેલા સોનાચાંદીના સંખ્યાબંધ દાગીનાઓ મળી આવ્યા છે. કુદરતમાંથી મળી આવતા

પ્લૅટિનમ ધાતુના ભૂકાને ધાતુના રૂપમાં લાવવા ૧૮મી સદીના અંતમાં યુરોપમાં પાઉડર-ધાતુસંશોધનની રીત વપરાતી. આ રીતથી નાના પ્રમાણમાં થોડાક કિલોગ્રામના ધાતુના નમૂના બનાવી શકાય છે. જોકે, ૧૬૦૦ વર્ષો પૂર્વે દિલ્હીમાં કુતુબમિનાર પાસે આવેલો લોહસ્તંભ (૬–૭ ટનનો) લોઢાના ભૂકામાંથી બનાવાયો હતો.

પાઉડર-ધાતુ-શોધનની પ્રથમ આધુનિક ઉપયોગિતા વીજળીના ગાળામાં વપરાતા ધાતુના તાંતણા જેવા તાર બનાવવા માટે કરવામાં આવી. ઑસ્મિયમ ધાતુના ભૂકામાંથી પ્રથમ એ ધાતુનો તાંતણો બનાવવામાં આવ્યો. એવી જ રીતે ટંગ્સ્ટન, વેનેડિયમ, ઝિર્કોનિયમ, ટેન્ટાલમ અને બીજી ધાતુઓને પાઉડર-ધાતુ-શોધનની આ રીત લાગુ પાડવામાં આવી. તે પૈકી ટેન્ટાલમ ધાતુનો તાંતણો પ્રથમ તૈયાર કરવામાં આવ્યો હતો. બાદ, કુલીજે શોધી કાઢ્યું કે ટંગ્સ્ટનના ભૂકામાંથી બનાવેલી ટંગ્સ્ટન ધાતુને અમુક ઉષ્ણતામાને તપાવીએ તો, તે ઠરી ગયા બાદ સામાન્ય ઉષ્ણતામાને પણ તેમાંથી તાર ખેંચી શકાય છે. આમ તે તણાઉપણું ટકાવી રાખે છે. એટલે એ ધાતુ ઉપયોગમાં લેવાઈ.

સહેજે પ્રશ્ન ઊઠે કે ધાતુનો ભૂકો બનાવવાની કંઈ જરૂર ખરી? ધાતુને ઓગાળીને તેમાંથી દાગીના બનાવવાની પ્રચલિત પદ્ધતિ કરતાં એ શી રીતે વિશિષ્ટ છે?

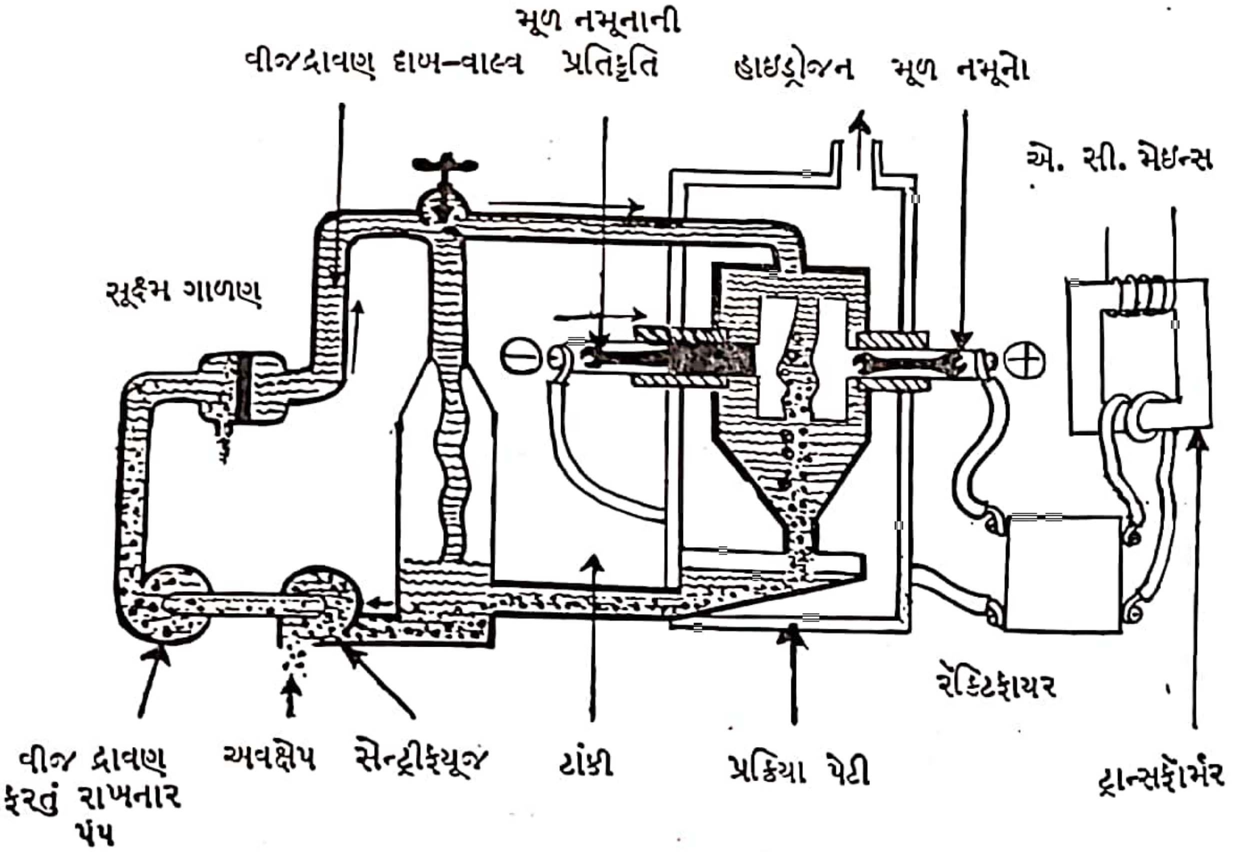
ટંગ્સ્ટન જેવી કેટલીક ધાતુઓનો રસ કરવા માટે અત્યંત ઊંચા ઉષ્ણતામાનની જરૂર પડે છે, જ્યારે તેમનો ભૂકો સહેલાઈથી બનાવી શકાય છે. વળી પાઉડર સ્વરૂપે વાપરવાથી તેનો બગાડ થતો નથી, તે જરૂર જોગી જ વપરાય છે. વળી, આ પદ્ધતિએ ધાતુના તૈયાર દાગીનાઓ સહેલાઈથી બનાવી શકાય છે.



પાઉડર પદ્ધતિથી બનાવેલ યંત્રસામગ્રી

આ પદ્ધતિમાં ધાતુને દળીને અગર તો વીજ-રાસાયણિક પદ્ધતિએ તેનો ભૂકો બનાવવામાં આવે છે. ધાતુના આ ભૂકાને યોગ્ય બીબામાં સખત દબાણ આપવામાં આવે છે. આવા દબાણને કારણે ભૂકો ચોંટીને બીબા મુજબનો આખો પદાર્થ બની જાય છે. તેને સખત કરવા તેને ભઠ્ઠીમાં ગરમી આપવામાં આવે છે. એ ધાતુના ગલનબિંદુ કરતાં થોડા ઓછા ઉષ્ણતામાન સુધી તપાવતાં એ પદાર્થમાંનો ભૂકો સજ્જડ ચોંટી જઈ અખંડ પદાર્થ બનાવે છે.

ઈ. સ. ૧૯૩૦માં વ્લાડીમીર ગુસ્સેફે એક ખાસ પ્રકારનો પેટન્ટ લીધો. એ પેટન્ટ મુજબ ધાતુકામ કરવાની પદ્ધતિ ઇલેક્ટ્રોકેમિકલ મશીનિયરિંગને નામે ઓળખાય છે. તેને ટૂંકામાં ઈ. સી. એમ. કહેવામાં આવે છે. વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા ધાતુઓને ઢોળ ચડાવવામાં આવે છે, તેને મળતી જ આ પદ્ધતિ છે. તેમાં પણ પ્રવાહી વીજદ્રાવણ, ઍનોડ અને કૅથોડ હોય છે. સામાન્યત: વીજ-દ્રાવણમાંથી વીજળીનો પ્રવાહ પસાર કરીએ ત્યારે ઍનોડ ઉપરથી ધાતુ ખવાઈ જઈને વીજદ્રાવણમાં આવે છે. અને વીજદ્રાવણમાંથી ધાતુનો અવક્ષેપ કૅથોડ ઉપર જમા થાય છે. પરંતુ ઈ. સી. એમ. પદ્ધતિમાં ઢોળ ચડાવવાનો હોતો નથી; એથી ઊલટું, કૅથોડ ઉપર અવક્ષેપ જમા ન થાય એની કાળજી રાખવી પડે છે. ઍનોડ ઉપર મૂકેલી ધાતુના ટુકડામાંથી અમુક ચોક્કસ જગાએથી જ ધાતુ વીજદ્રાવણમાં આવે એવી ચોકસાઈ રાખવાની હોય છે. કૅથોડ તરીકે મૂકેલા ઓજાર મુજબ જ ઘાટઘૂટ, ખાંચ, વીંધ વગેરે આબેહૂબ ઍનોડ ઉપર ઊઠવા જોઈએ. અને કૅથોડ તરીકે વપરાયેલા ઓજાર ઉપર અવક્ષેપ થયા વગર તે યથાવત્ રહેવું જોઈએ. તદુપરાંત, આ રીતમાં વિદ્યુતના ભારે પ્રવાહની જરૂર રહે છે. તેથી ઊંચું ઉષ્ણતામાન પેદા થાય છે અને એ ઉષ્ણતામાનને કારણે વીજદ્રાવણનું બાષ્પાયન થઈ જાય છે. વળી, એ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા વાયુઓ સરળ



ઈ. સી. એમ. પદ્ધતિએ થતું ધાતુકામ

ચાલતી રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં મુશ્કેલી ઊભી કરે છે. આ મુશ્કેલીઓ દૂર કરવા બે પાયાના ફેરફારો જરૂરી છે. એક ઈ. સી. એમ.માં ઈલેક્ટ્રોલાઈટ સતત ફરતું રાખવામાં આવે છે. બીજું તેને ખૂબ ઝડપથી યાંત્રિક રીતે ગાળી લેવું પડે છે. આથી પ્રક્રિયામાં રુકાવટ કરનારા પદાર્થો દૂર થાય છે. અને બીજું, ઈલેક્ટ્રોલાઈટ સતત ફરતું રહેવાથી ભારે કરન્ટને લીધે પેદા થતી ગરમી વેરાઈ જાય છે.

ઈલેક્ટ્રોડ વચ્ચે વધતા જતા ગાળાનો સવાલ કૅથોડ—ઓજારને ઍનોડ તરફ ધીમે ધીમે લઈ જવાથી હલ કરી શકાયો છે; આથી ગાળો સતત સરખો રહે છે અને પ્રક્રિયા ચાલ્યા કરે છે.

ધાતુનો અંતિમ આકાર કૅથોડના આકાર ઉપર અને ઍનોડ અને કૅથોડ વચ્ચેના અંતર ઉપર અવલંબે છે. ઍનોડ અને કૅથોડ વચ્ચેના અંતર પર ખૂબ ચોકસાઈપૂર્વક કાબૂ રાખવો પડે છે. જો એ ઝડપથી પાસે પાસે આવી જાય તો, વીજળિક ચાપ (arc) ઉત્પન્ન થવાનો ભય રહે અને પરિણામે કીમતી સાધનને નુકસાન થાય. જો અંતર વધારે પડતું રહે તો હથિયારનો ચોક્કસ ઘાટ પેદા થતો નથી. એટલે દ્રવ-ચાલિત (hydraulic) પદ્ધતિએ એના પર બરાબર નિયમન કરવામાં આવે છે. કૅથોડ અને ઍનોડ વચ્ચેના અંતરમાં જરા સરખો ફેરફાર થાય તો પણ ઈલેક્ટ્રોલાઈટના દબાણમાં ફેરફાર થઈ જવા પામે છે. એટલે નિયંત્રણમાં ખામી હોવાની ખબર પડી જાય છે.

આમ એક જ [ ]યામાં ધાતુ પર ઈ. સી. એમ. વડે જોઈતો આકાર લાવી શકાય છે. ચાલુ પદ્ધતિથી ઊલટું આમાં ઓજાર અને ધાતુ વચ્ચે સીધો સંબંધ હોતો નથી એટલે ઓજાર ઘસાતું નથી અને માત્ર ફોટોગ્રાફની નૅગેટિવ ફિલ્મની ગરજ સારે છે. આમાં ધાતુની સખતાઈ મહત્ત્વની નથી, કારણ કે છોલવા કે કાપવાની કે વીંધ પાડવાની જરૂર હોતી નથી. ઝડપ, [ ]યાવિધિની સાદાઈ અને ચોકસાઈને લીધે મશીનના સંકુલ ભાગો તૈયાર કરવામાં ઈ. સી. એમ.ના ઉપયોગનો ફાયદો સ્પષ્ટ છે.

પણ ઈ. સી. એમ. બધી જ ચાલુ પદ્ધતિઓની જગ્યા લઈ લેશે એમ માનવું ખોટું છે, કારણ કે આ પદ્ધતિને પણ કેટલીક મર્યાદાઓ છે. બહુ મોટી સાઈઝના દાગીના આ પદ્ધતિએ બનાવવા મુશ્કેલ છે. એટલે ઈ. સી. એમ. તેમ જ ચાલુ પદ્ધતિઓએ પોતપોતાનો હિસ્સો વિધવિધ વ્યવહારુ ઉપયોગમાં આપવાનો રહેશે.

સોનું, રૂપું, પ્લૅટિનમ

સોનું, રૂપું અને પ્લૅટિનમ—આ ધાતુ-ત્રિપુટી કીમતી છે. તેમનો ઉપયોગ ચલણી સિક્કાની બનાવટમાં, ઝવેરાતમાં અને વૈજ્ઞાનિક ક્ષેત્રે થાય છે. એ ત્રણે સ્વતંત્ર અવસ્થામાં કુદરતમાંથી મળી આવે છે. આ ત્રણે ધાતુઓ બીજી ધાતુઓની સાથેના મિશ્રણમાં પણ માલૂમ પડે છે. સોનું ધાતુઓનો રાજા કહેવાય છે. રાસાયણિક દૃષ્ટિએ તે અત્યંત અક્રિય હોવાથી તેને કાટ લાગતો નથી અને લાંબા સમય સુધી તેના ચળકાટને ઝાંખ લાગતી નથી. તેથી રસાયણમાં તે 'ઉમદા ધાતુ' કહેવાય છે. તેની કુદરતી સુંદરતા અને તેમાંથી ઘાટ ઘડવાની સરળતાએ આદિમાનવનું ધ્યાન ખેંચ્યું હશે અને શણગારની ચીજો માટે તેનો ઉપયોગ થવા લાગ્યો હશે. કૅરોના સંગ્રહસ્થાનમાં રાખવામાં આવેલાં સુંદર ઝવેરાત, બંગડીઓ કડાં, વીંટીઓ દર્શાવે છે કે સોનાનો ઉપયોગ શણગારની ચીજો માટે ઈ. સ. પૂર્વે ૩૫૦૦માં ઇજિપ્તમાં જાણીતો હશે. સોનું કુદરતમાં અતિ વિસ્તૃત રીતે વહેંચાયેલું છે. પણ ખાસ કરીને તે દક્ષિણ આફ્રિકા (ટ્રાન્સવાલ), રશિયા, અમેરિકા અને કૅનેડામાં પ્રાપ્ત થાય છે.

ભારતમાં મૈસૂર રાજ્યમાં કોલારની સોનાની ખાણો જાણીતી છે. જૂના જમાનામાં ચોમાસામાં વરસાદથી ધોવાઈ ગયેલ જમીનમાંથી ધૂળધોયા સોનાની કરચો વીણી કાઢતા, પરંતુ શ્રમની દૃષ્ટિએ તેમાં વળતર બહુ ઓછું રહે છે. એટલે હવે તો સોનાવાળી શિલાઓમાંથી જ મોટે ભાગે સોનું કાઢવામાં આવે છે. કોલારમાં સોનું ચકમકની સાથે તેની ભૂકી રૂપે ભળેલું નીકળે છે. આ સુવર્ણમય ચકમક પૃથ્વીના પેટાળમાં છેક આઠ હજાર ફૂટ નીચેથી કાઢવામાં આવે છે.

સોનું વજનમાં ભારે હોવાથી એ સુવર્ણમય ચકમકનો ખાંડેલો ભૂકો પાણીના પ્રવાહમાં ધોતાં, માટી ઇત્યાદિ પ્રવાહમાં ચાલ્યાં જાય છે અને સોનું નીચે પડી રહે છે. આ ક્રિયા દરમિયાન તેમાં પારો નાખવામાં આવે છે અને સોનાનું પારા સાથે પારદ મિશ્રણ થાય છે અને તેને ભેગું કરી શુદ્ધ કરવામાં આવે છે. ધોવાણમાં જતું જૂજ સોનું પણ પોટૅશિયમ સાયનાઇડ નામના રસાયણ સાથે મેળવવાથી તેમાં રહેલું સોનું સાયનાઇડ સાથે સંયોજન પામે છે, જેમાંથી પછી તે જસત વડે છૂટું પાડી લઈને શુદ્ધ કરવામાં આવે છે.

સોનાની વિશુદ્ધિ – 'ફાઇનનેસ' હજારના હિસાબે ગણવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, ૮૦૦ 'ફાઇન' સોનું એટલે ૮ ભાગ સુવર્ણ અને ૨ ભાગ બીજી ધાતુઓ. સોનાની શુદ્ધિ 'સોનું અમુક વાલ છે' એ રીતે પણ દર્શાવાય છે. તદ્દન શુદ્ધ સોનું એટલે સોળવલ્લું સોનું એટલે પૂર્ણ શુદ્ધ સોનું. બારવલ્લું સોનું એટલે બાર વાલ સોનામાં ચાર વાલનું અન્ય ધાતુનું મિશ્રાણ. ગુણવત્તાની દૃષ્ટિએ ૨૪ કૅરૅટનું સોનું શુદ્ધ ગણાય છે. માટે ૧૦૦૦ ફાઇનનૅસ એટલે ૨૪ કૅરૅટ સોનું ગણાય.

ઘરેણાં અને ઘાટ માટે રૂપું સોનાથી બીજે નંબરે ઉપયોગમાં આવે છે. ઈ. સ. પૂર્વે ચાર હજાર વર્ષ પહેલાં બનાવેલાં રૂપાનાં ઘરેણાં ખાલ્ડિયાની શાહી કબરોમાંથી મળી આવ્યાં છે. કેટલાક દેશોમાં રૂપું સોના કરતાં પણ કીમતી લેખાય છે.

કુદરતમાં રૂપું સ્વતંત્ર ધાતુ રૂપે તેમ જ બીજી ધાતુઓની સાથે સંયુક્ત સ્થિતિમાં મળી આવે છે. દક્ષિણ આફ્રિકાની સોનાની ખાણોમાંથી નીકળતા સોનામાં આશરે ૧૦ ટકા રૂપું મિશ્રધાતુ તરીકે રહેલું હોય છે. પરંતુ દુનિયાનું અરધા ઉપરનું રૂપું રૂપાની ખાણોમાંથી નથી નીકળતું પણ સીસા, જસત અને તાંબાનાં ખનિજોમાંથી, એ ધાતુઓ કાઢી લીધા પછી બાકી રહેલા કચરામાંથી મેળવાય છે. એવો અડસટ્ટો કરવામાં આવ્યો છે કે આ રીતે કાઢેલું રૂપું, રૂપાની ખાણમાંથી કાઢવામાં આવતા રૂપાના કુલ જથ્થા કરતાં વિશેષ હોય છે. દુનિયાભરમાં મેક્સિકોમાં સૌથી વધુ રૂપું નીકળે છે. ત્યાર બાદ અમેરિકાનો નંબર આવે છે. હિંદુસ્તાનમાં ક્યાંય રૂપું નીકળતું નથી. બ્રહ્મદેશમાં તેની ખાણો છે.

ઘરેણાં, સિક્કા ઉપરાંત દુનિયામાં પેદા થતા રૂપાનો ચોથો ભાગ કળા-કારીગરી તથા ઉદ્યોગમાં વપરાય છે. રૂપાનો ખરેખરો મહત્ત્વનો ઉપયોગ ફોટોગ્રાફીમાં થાય છે. સિનેમાઉદ્યોગની ખિલવણી પછી તો ફોટોગ્રાફી માટેના તેના આ ઉપયોગમાં અત્યંત વૃદ્ધિ થઈ છે. અમેરિકામાં સરકારી ટ્રેઝરી ખાતા પછી વધુમાં વધુ ઉપયોગ કરનાર કોડાકની ફિલ્મો ઉત્પન્ન કરનારી લૅબોરેટરી છે. રૂપાના વિધવિધ ક્ષારો દવાઓ તરીકે પણ વપરાય છે ખાસ કરીને સિલ્વર નાઇટ્રેટ. એક કરોડ ભાગ પાણીમાં માત્ર એક જ ભાગ રૂપું હોય તો પણ પાણીમાં રહેલાં બધાં જંતુઓ નાશ પામે છે

એવો દાવો કરવામાં આવ્યો છે. સુખી હિંદુઓનાં ઘરોમાં રૂપાનાં વાસણ વડે પાણી પીવાનો જે રિવાજ છે તેમાં ઉપરનો મુદ્દો હોય એમ લાગે છે. રેફ્રિજરેટર, વિમાનો વગેરેની બાંધણીમાં રૂપાનું રેણ વપરાય છે. દાંત ભરવામાં પણ રૂપું કામ લાગે છે. કાચમાંથી દર્પણ બનાવવા માટે પણ રૂપું વપરાય છે. રૂપું વિદ્યુતનું સુવાહક હોવાથી વીજળીનાં સાધનોની બનાવટમાં પણ તેનો ઉપયોગ થાય છે.

XXXIII. 1. I take the freedom to incloſe to you an account of a ſemi-metal called *Platina di Pinto*; which, ſo far as I know, hath not been taken notice of by any writer on minerals. Mr *Hill*, who is one of the moſt modern, makes no mention of it. Preſuming therefore that the ſubject is new, I requeſt the favour of you to lay this account before the *R. S.* to be by them read and publiſhed, if they think it deſerving thoſe honours. I ſhould ſooner have publiſhed this account, but waited, in hopes of finding leiſure to make further experiments on this body with ſulphureous and other cements; alſo with Mercury, and ſeveral corroſive *menſtrua*. But theſe experiments I ſhall now defer, until I learn how the above is received. The experiments which I have related were ſeveral of them made by a friend, whoſe exactneſs in performing them, and veracity in relating them, I can rely on: however, for greater certainty, I ſhall myſelf repeat them.

Several Papers concerning a new Semi Metal, *called* Platina; *communicated to the* Royal Society *by Mr* Wm Watſon, *F R S.* N°. 496. p. 584. Nov. &c. 1750. *Read* Dec. 13. 1750. *Extract of a letter from* Will. Brownrigg. *M. D. F. R. S. to* Wm. Watſon, *F. R. S. Dated* Whitehaven, Dec. 5, 1750.

પ્લૅટિનમની શોધ

હિંદી રસાયણશાસ્ત્રમાં પ્લૅટિનમ માટે 'શ્વેત સુવર્ણ' શબ્દ વાપરવામાં આવ્યો છે. ગરમીમાં કે ઠંડીમાં, શુદ્ધ તેમ જ અશુદ્ધ હવાના વાતાવરણમાં, પ્લૅટિનમ પર કોઈ જાતની અસર થતી નથી.

ઈ. સ. ૧૭૩૮માં કોલમ્બિયાનાં ભરાણોમાંથી સોનાની સાથે તે મળી આવ્યું અને સોનામાંથી તેને જુદું પાડવામાં આવ્યું. ૧૯મી સદીના અંત સુધી દુનિયાને પ્લૅટિનમ ધાતુ કોલમ્બિયાની ખાણો પૂરી પાડતી.

રશિયા (યુરલ પ્રદેશ) કૅલિફોર્નિયા, બ્રાઝિલ, બોર્નિયો અને ઑસ્ટ્રેલિયામાં પણ પ્લૅટિનમનાં ભરાણો આવેલાં છે. એક સૈકા સુધી પ્લૅટિનમની માગણીનો લગભગ ૯૬ ટકા પુરવઠો રશિયા પૂરો પાડતું અને બાકીનું કોલમ્બિયાની ખાણોમાંથી આવતું. હવે, કૅનેડાની નિકલની ખાણો આખી દુનિયાને પ્લૅટિનમ પૂરું પાડે છે.

પેલેડિયમ, ઑસ્મિયમ, ઈરીડિયમ, રુથેનિયમ અને રેડિયમ આ પાંચ ધાતુઓની સાથે પ્લૅટિનમ મળી આવે છે. આ ઉપરાંત સોનું, લોઢું પણ તેના સાથે હોય છે. આ ધાતુઓ ઝીણા ઝીણા દાણા રૂપે મળી આવે છે.

કુદરતી પ્લૅટિનમને પારા સાથે મેળવીને પહેલાં તેમાંથી સોનું કાઢી લેવામાં આવે છે. પછી હાઈડ્રોક્લોરિક અને નાઈટ્રિક ઍસિડોના મિશ્રણ (એકવા રીજિયા)માં ગાળવામાં આવે છે. એટલે ઑસ્મિયમ ને ઈરીડિયમ છૂટું પડી જાય છે. અને પ્લૅટિનમ તેના ક્ષાર ક્લોરાઈડ રૂપે રહે છે. એ ક્ષારને ગરમ કરવાથી પ્લૅટિનમ ધાતુ છૂટી પડે છે, જેમાંથી શુદ્ધ પ્લૅટિનમ બનાવાય છે. પ્લૅટિનમને કાર્બન અને ફૉસ્ફરસ સાથે તપાવવાથી તે બટકણું બની જાય છે. પ્લૅટિનમનો ખાસ ઉપયોગ

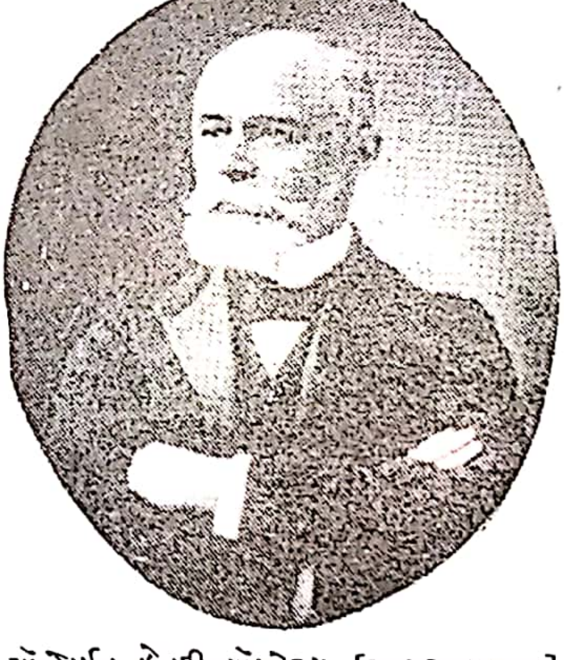
ઝવેરાતમાં (૩૬ ટકા), દાંતના કામમાં (૨૩ ટકા), વીજળીના ઉદ્યોગમાં (૨૨ ટકા) અને રાસાયણિક ઉદ્યોગોમાં (૧૪ ટકા) તથા પરચૂરણ કામમાં (૫ ટકા) થાય છે.

પ્લૅટિનમ અને કાચનો પ્રસરણાંક (coefficient of expansion) લગભગ સરખો હોવાથી ગરમ કાચમાં પ્લૅટિનમ બેસાડયા બાદ કાચ ઠંડો પડે ત્યારે તે નબળો પડવાનો કે તૂટી જવાનો ભય રહેતો નથી. વીજળીના ગોળામાં વપરાતા તાર પહેલાં પ્લૅટિનમના બનાવાતા પણ તેની ભારે કિંમતને લીધે તે વપરાતું નથી. હવે નિકલ-લોઢાના મિશ્રધાતુ 'પ્લૅટિનાઈટ' વપરાય છે. તેમાં ૪૨થી ૪૬ ટકા જેટલું નિકલ અને બાકીનું લોહ હોય છે.

યુરેનિયમ રેડિયમ અને જર્મેનિયમ

વિનાશક પરમાણુ બૉમ્બની બનાવટમાં વપરાતા યુરેનિયમનું નામ સૌ કોઈ જાણે છે. પરમાણુ વજનના ચડતા મે ૯૨ મૂળતત્ત્વોમાં યુરેનિયમનું પરમાણુ વજન સૌથી વિશેષ છે (૨૩૮·૦૭).

રાસાયણિક દૃષ્ટિએ તે ટંગ્સ્ટનને મળતું આવે છે. યુરેનિયમના ક્ષારો મુખ્યત્વે રંગીન કાચની બનાવટમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે. ગજવેલની બનાવટમાં થોડું યુરેનિયમ ઉમેરવાથી બનતા ફેરો-યુરેનિયમના અભ્યાસે વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં નવું પ્રકરણ ઉઘાડયું છે. ઈ. સ. ૧૮૯૬માં બૅકવૅરેલે



ઍન્ટોઈન હેનરી બૅકવેરલ [૧૮૫૨–૧૯૦૮]
[યુરેનિયમની વિકિરણધર્મિતાનો શોધક]

મૅરી કયુરી [૧૮૬૭–૧૯૩૫]
[રેડિયમની શોધક]

શોધી કાઢયું કે યુરેનિયમ અને તેના ક્ષારો અમુક પ્રકારનાં કિરણો છોડવાનો અજબ ગુણ ધરાવે છે. ફોટોગ્રાફિક પ્લેટને કાળા કાગળ વડે સુરક્ષિત ઢાંકીને તેની પાસે મૂકવાથી તેના પર ચિત્ર પડયું હોય એવી અસર થાય છે. વળી તેની પાસે ઇલેક્ટ્રોસ્કોપ મૂકયો હોય તા તેમાં રહેલો વીજળિક ચાર્જ નીકળી જાય છે. થોરિયમ, રેડિયમ, પોલોનિયમ પણ આવા ગુણો ધરાવે છે. આવા પદાર્થો રેડિયો-ઍક્ટિવ એટલે કે વિકિરણધર્મી કહેવાય છે. તેમના પરમાણુઓમાંથી ખાસ કિરણો વછૂટે છે. બૅકવૅરેલની શોધ પછી મૅડમ મૅરી કયૂરીએ શોધી કાઢયું કે યુરેનિયમનું ખનિજ (પિચબ્લૅન્ડ)

શુદ્ધ કરેલા યુરેનિયમ કરતાં પણ વિશેષ વિકિરણધર્મી હોય છે. માટે તેમાં કોઈ બીજું અજાણ્યું રેડિયો-ઍક્ટિવ તત્ત્વ હોવું જોઈએ. ત્રણચાર વર્ષના સંશોધન પછી તેણે તેમાંથી જે મૂળતત્ત્વ જુદું પાડ્યું તે રેડિયમને નામે ઓળખાયું.

રેડિયમ મેળવવાનું સાધન પણ યુરેનિયમનું ખનિજ પિચબ્લેન્ડ છે. તેમાંથી ત્રીસ લાખ ભાગ યુરેનિયમના પ્રમાણમાંથી માત્ર એક ભાગ રેડિયમ કાઢી શકાય છે. પહેલાં તો આફ્રિકાના બેલ્જિયમની ખાણો દુનિયાને યુરેનિયમ પૂરું પાડતી. પરંતુ ૧૯૩૦માં કૅનેડામાં ગ્રેટ બૅર લેકની પ્રસિદ્ધ ખાણો મળી આવી. અમેરિકાના પશ્ચિમ ભાગમાંથી પણ યુરેનિયમનાં ખનિજ મળે છે. ચેકોસ્લોવાકિયા-ના ખનિજમાંથી યુરેનિયમ ઓછા પ્રમાણમાં મળે છે. ભારતમાં પણ યુરેનિયમનાં ભરાણો બિહારમાં મળી આવ્યાં છે.

વિજ્ઞાનના અભ્યાસમાં રેડિયમ ખૂબ અગત્યનું પુરવાર થયું છે. પરમાણુ અવિભાજ્ય અને અવિનાશી છે એ જૂની માન્યતા હવે નષ્ટ થઈ છે અને પરમાણુ રચનામાં ઇલેક્ટ્રૉન, પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન કણો રહેલા છે, એ હવે સમજાયું છે; એટલું જ નહીં પણ આ કણોની સંખ્યામાં ફેરફાર કરીને નવાં મૂળતત્ત્વોના પરમાણુઓ પેદા કરી શકાય છે એમ સાબિત થયું છે.

રેડિયમનો ઉપયોગ વૈદકીય સારવારમાં કૅન્સર અને બાજાં દર્દો મટાડવા માટે થાય છે એ જાણીતું છે. રેડિયમમાંથી ક્ષ-કિરણ જેવા ગુણો ધરાવતાં ગામા કિરણો છૂટે છે. તેમાં એ ગુણ રહેલો છે.

પણ શુદ્ધ રેડિયમ કાઢવું અતિ દુર્ઘટ છે. આખા દુનિયામાં આજે માત્ર ૫૦૦થી ૧૦૦૦ ગ્રામ જેટલો રેડિયમનો જથ્થો હશે. રાત્રે સમય જોઈ શકાય તેવા ઘડિયાળના ડાયલ ઉપરના આંકડામાં ઝિંક સલ્ફેટ સાથે અલ્પ પ્રમાણમાં રેડિયમ મિશ્ર કરવામાં આવે છે. શુદ્ધ રેડિયમનો ચળકાટ વાદળી રંગનો હોય છે. અંધારા ઓરડામાં રેડિયમના પ્રકાશમાં વસ્તુઓ પ્રકાશિત દેખાય છે. રેડિયમની શોધ દરમિયાન મૅડમ ક્યૂરીને પિચબ્લેન્ડમાંથી એક બીજું રેડિયો-ઍક્ટિવ ગુણ ધરાવતું મૂળતત્ત્વ મળી આવ્યું હતું. મૅડમ ક્યૂરીએ પોતાની માતૃભૂમિ પોલૅન્ડના માનમાં તેનું નામ પોલોનિયમ પાડયું હતું. ખનિજ-માંથી રેડિયમ કાઢી લીધા પછી જે ભાગ પાછળ રહે છે તેમાંથી ઍક્ટિનિયમ નીકળે છે. તે પણ રેડિયો-ઍક્ટિવ હોઈ સ્વયં રૂપાંતર પામે છે, અને છેવટે તેમાંથી સીસું બને છે. રેડિયો-ઍક્ટિવ મૂળતત્ત્વોની શોધ વિજ્ઞાનની તવારીખમાં એક સિમાચિહ્ન રૂપ છે. એનાથી આપણા જ્ઞાનમાં પુષ્કળ વૃદ્ધિ થઈ છે અને નવાં ક્ષેત્રો વિકસ્યાં છે. કેટલીયે જૂનીપુરાણી માન્યતાઓ ઊડી ગઈ છે અને પ્રયોગસિદ્ધ પુરાવાઓ પ્રાપ્ત થયા છે.

પરમાણુ બૉમ્બની બનાવટમાં બે મૂળતત્ત્વો આવે છે.

(૧) યુરેનિયમ-૨૩૫ (U-૨૩૫) અને

(૨) પ્લુટોનિયમ—યુરેનિયમ-૨૩૮ને તોડીને બનાવેલ કૃત્રિમ મૂળતત્ત્વ

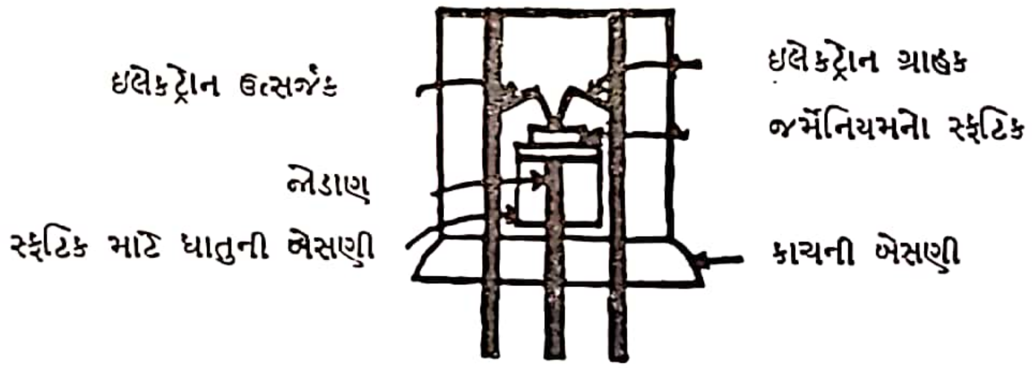
કુદરતી યુરેનિયમ U-૨૩૮ છે. આ યુરેનિયમની જાત પરમાણુ બૉમ્બ માટે નકામી છે. તેના અણુઓ તૂટતા નથી. ખનિજમાં આ યુરેનિયમની જાત (એટલે U-૨૩૮) લગભગ ૯૯.૩ ટકા હોય છે. માત્ર ૦.૭ ટકામાં પરમાણુ બૉમ્બમાં તૂટે એવો U-૨૩૫ હોય છે. પરંતુ ખૂબીની વાત

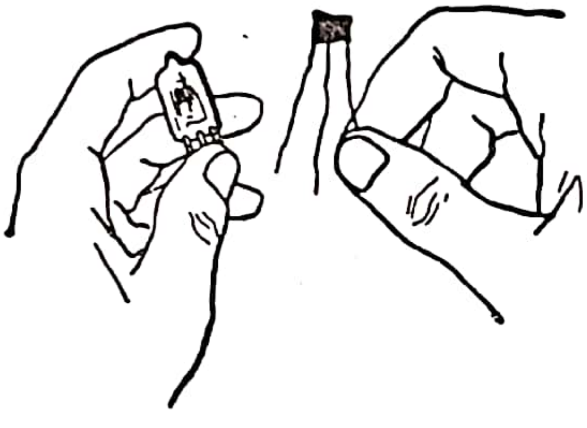
એ છે કે U-૨૩૮ પર ન્યુટ્રૉનનો મારો કરતાં પ્લુટોનિયમ બને છે. પ્લુટોનિયમ ભંજનીય છે અને U-૨૩૫ માફક તે ન્યૂક્લિયર બળતણ તરીકે વાપરી શકાય છે. યુરેનિયમ અને રેડિયમ પરમાણુ-યુગની મહત્ત્વની ધાતુઓ છે.

પચાસ વર્ષ પૂર્વે જર્મેનિયમ ધાતુ વિજ્ઞાન જગતમાં ઠીક ઠીક અજાણી હતી. સામાન્ય જનતાને તો તેને વિષે કાંઈ ખબરેય નહોતી. ૧૮૭૧માં મહાન રશિયન વૈજ્ઞાનિક મેન્ડેલીફે મૂળતત્ત્વોના આવર્ત કોષ્ટકના ચોથા સમૂહમાં એક નવા મૂળતત્ત્વની આગાહી કરી હતી. એ વખતે આ ધાતુ શોધાઈ નહોતી એટલે તેની જગ્યા ખાલી હતી અને એનું નામ રાખ્યું હતું. 'એકસિલિકોન'. ૧૮૮૬માં આર્જિરોડાઈટ નામના વિરલ ખનિજ પદાર્થમાંથી જર્મનીના વિજ્ઞાની સી. એ. વિન્કલરે આ ધાતુ શોધી અને તેના બધા ગુણધર્મો મેન્ડેલીફના 'એકસિલિકોન'ને મળતા માલૂમ પડ્યા. આ ધાતુનું નામ જર્મેનિયમ (જર્મનીના માનમાં એ નામ) પાડવામાં આવ્યું. જર્મેનિયમ ધાતુનું મોટું પ્રમાણ ધરાવતાં કોઈ ખનિજો હજી સુધી મળી આવ્યાં નથી. વિવિધ ખનિજોમાં તેનું અસ્તિત્વ અલ્પ પ્રમાણમાં માલૂમ પડે છે. કોલ-ગૅસ બનાવવાનાં કારખાનાંની ચીમનીઓના ધુમાડામાંથી આ ધાતુ કાઢવામાં આવે છે. જર્મેનિયમ ધાતુનું પ્રમાણ વધે ત્યાં સુધી ધુમાડાને ઘટ્ટ કરવામાં આવે છે. પછી જર્મેનિયમને તેના ક્લોરાઈડ રૂપે છૂટો પાડી તેનું પાણી વડે વિભાજન કરતાં જર્મનિયમ ડાયૉક્સાઈડ પેદા થાય છે. જેને હાઈડ્રોજન વાયુમાં ગરમ કરવાથી જર્મેનિયમ ધાતુ મળે છે.

ધાતુઓ સામાન્યતઃ વિદ્યુતસુવાહક હોય છે. પરંતુ જર્મેનિયમ આ બાબતમાં અદ્વિતીય ગુણ ધરાવે છે. તે વિદ્યુતની અર્ધવાહક (semi conductor) છે. આ અદ્વિતીય ગુણને લીધે તેના

ટ્રાન્ઝિસ્ટર



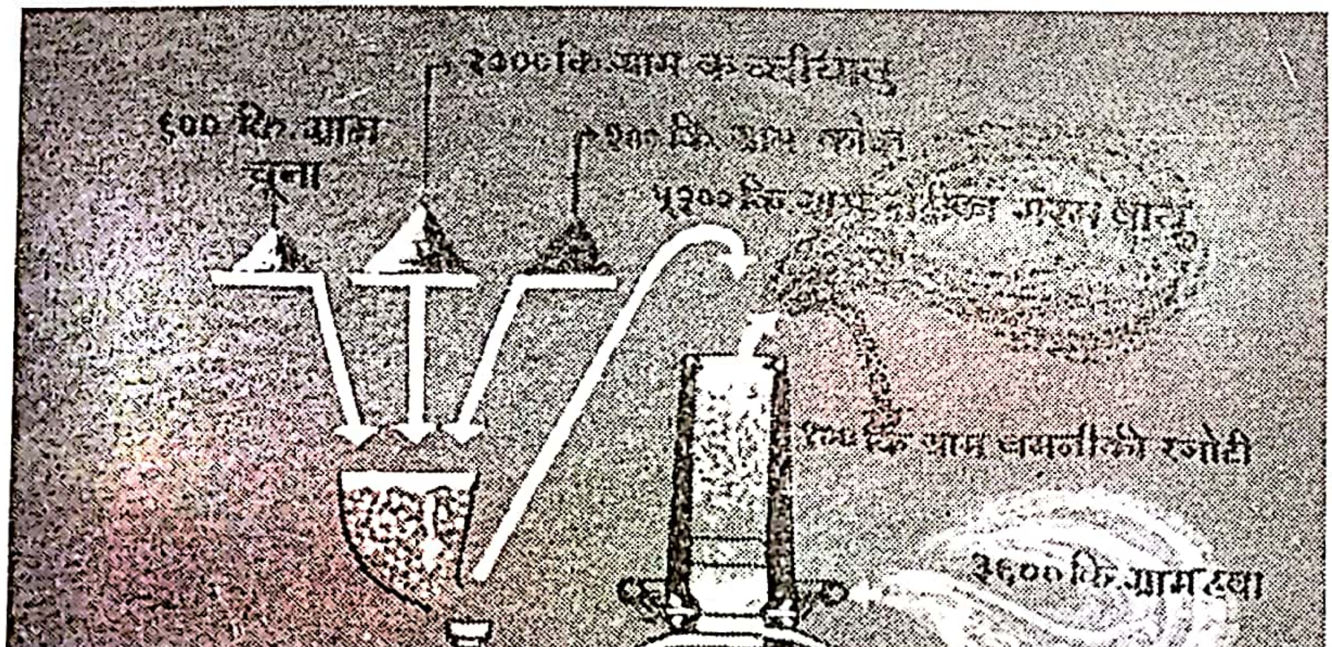


નાનામાં નાનો વાલ્વ અને ટ્રાન્ઝિસ્ટર

અનેક વ્યવહારુ ઉપયોગો યોજાયા છે. જેમ કે, વીજળીના મોટા વૉલ્ટેજને ઝીલી શકે એવા રેક્ટિફાયરોની બનાવટમાં તથા વિદ્યુત પ્રવાહને મોટો કરી શકે એવા ટ્રાયોડ વાલ્વમાં. ટ્રાન્ઝિસ્ટર રેડિયોમાં વપરાતા ટ્રાન્ઝિસ્ટરો મુખ્યત્વે કરીને જર્મેનિયમમાંથી બનાવવામાં આવે છે. આવા મહત્ત્વના ઉપયોગો ઉપરાંત જર્મેનિયમનો ઉપયોગ દાંતનાં ચોકઠાંની બનાવટમાં પણ થાય છે. આવી વિરલ ધાતુ વર્તમાન યુગમાં અતિ મહત્ત્વનું સ્થાન પ્રાપ્ત કરી શકી છે.

લોઢું અને પોલાદ

આપણે 'લોહયુગ'માં જીવી રહ્યા છીએ. દુનિયાની ધાતુઓમાં ૯૦ ટકા હિસ્સો લોઢાનો છે. આજે કોઈ પણ દેશની પ્રગતિનું માપ તેના પોલાદના ઉત્પાદન પરથી અંકાય છે. લોઢાનું મુખ્ય ખનિજ હેમેટાઇટ (Fe_2O_3) છે; તે શુદ્ધ હોય તો, તેમાં ૭૦ ટકા લોહ હોય છે. હેમેટાઇટ જળસંયુક્ત હોય તો તેને લિમોનાઇટ કહેવાય છે. શુદ્ધ લિમોનાઇટમાં ૬૦ ટકા લોહ હોય છે. મૅગ્નેટાઇટ અને સિડેરાઇટ પણ લોહનાં ખનિજો છે, પરંતુ મૅગ્નેટાઇટ (Fe_3O_4) પુષ્કળ મળતું નથી, અને સિડેરાઇટ ($FeCO_3$) ખનિજમાં લોહનું પ્રમાણ ઓછું હોવાથી ખાસ વપરાતું નથી. લોઢાનાં ખનિજોમાં સામાન્ય અશુદ્ધિઓ રેતી, ટિટેનિયમ, ફૉસ્ફરસ, ગંધક વગેરે હોય છે. જે ખનિજમાં આ અશુદ્ધિઓ ઓછામાં ઓછી હોય તેને કીમતી ગણવામાં આવે છે. સ્વીડનમાંથી મળતા લોહનાં ખનિજ ફૉસ્ફરસ અને ગંધકથી લગભગ મુક્ત છે એટલે સ્વીડિશ લોઢું અને પોલાદ ઊંચી જાતનાં ગણાઈને કીર્તિ પામ્યાં છે. અમેરિકાના લેક સુપીરિયર જિલ્લામાંથી મળતા લોહના ખનિજમાં ૬૮ ટકા લોઢું હોય છે. હેમેટાઇટમાં લોઢું તેના ઑક્સાઇડ રૂપે હોય છે. લોઢાને



૧૦૦૦ કિ. ગ્રા. પિગ આયર્નમાં વપરાતો કાચો માલ

ઑક્સિજનથી છૂટું પાડવા કોલસા સાથે તેના ખનિજને મેળવીને ઊંચા ઉષ્ણતામાને ગરમ કરવામાં આવતું. આ ક્રિયાનો મૂળ શોધક કોણ એની તવારીખ મળતી નથી. આજે તો મોટા પાયા પર લોઢાનું શોધન હેમેટાઇટને કોલસા સાથે મેળવીને 'બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠી'માં કરવામાં આવે છે.

'બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠી' ખૂબ ઊંચી હોય છે અને તેની અંદરનો ભાગ લગભગ ઈંડા આકારનો હોય છે. ઊંચા ઉષ્ણતામાને ભઠ્ઠી ટકી શકે એટલા માટે તેના બાંધકામમાં અગ્નિરોધક ઈંટો વાપરવામાં આવે છે. ભઠ્ઠીમાં અગ્નિ પેટાવ્યા પછી ભઠ્ઠી તપે એટલે તેમાં ઉપરથી હેમેટાઇટ, ખનિજ કોલસો (કોક) અને ચુનાળ પથ્થર(કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ)નું મિશ્રણ ઓરવામાં આવે છે અને નીચેથી પંપો વડે ગરમ હવાના સપાટા (બ્લાસ્ટ) દાખલ કરવામાં આવે છે. આથી ખૂબ ઊંચું ઉષ્ણતામાન પેદા થાય છે. કોક બળે છે; અને લાલચોળ કોકની હાજરીમાં કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ ($CO_2 + C = 2CO$) બને છે.

તપેલા ઓરણાના જથ્થામાં થઈને આ વાયુ ઉપર આવે છે અને તે રિડ્યુસિંગ એજંટ હોવાથી ખનિજના ઑક્સિજન સાથે સંયોજાતાં લોહ ધાતુ છૂટી પડે છે. ભઠ્ઠીની સખત ગરમીમાં લોહ પીગળી જાય છે. અને ભઠ્ઠીને તળિયે એકઠું થાય છે. સાથોસાથ ચૂના-પથ્થરમાંથી બનેલો ચૂનો ($CaCO_3 = CaO + CO_2$) ખનિજમાં આવેલી રેતી યા પદાર્થો સાથે સંયોજાઈ કાચ જેવો પદાર્થ (સ્લૅગ) બને છે. આ સ્લૅગ પણ ભઠ્ઠીને તળિયે ભેગો થાય છે, અને લોહના રસ કરતાં હલકો હોવાથી પીગળેલા લોઢા પર તરે છે. તેને વખતોવખત કાઢી લેવામાં આવે છે અને પીગળેલા લોઢાને બીબાંમાં નાખવામાં આવે છે. તેમાં તે ઠંડું પડતાં ઘટ્ટ બની જાય છે અને 'પિગ આયર્ન' બને છે. તેમાં ૨.૨ થી ૪.૧ ટકા કાર્બન ઉપરાંત સિલિકોન, મૅંગેનીઝ, સલ્ફર અને ફૉસ્ફરસ હોય છે. સ્લૅગનો ઉપયોગ 'પોર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટ'ની બનાવટમાં થાય છે. આ પોર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટ એટલે કૅલ્શિયમ સિલિકેટ અને કૅલ્શિયમ ઍલ્યુમિનેટનું મિશ્રણ. ભઠ્ઠીના ઉપલા ભાગમાંથી પુષ્કળ ગરમ કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ વાયુ નીકળે છે, જેનો ઉપયોગ 'બ્લાસ્ટ'ની હવા ગરમ કરવા માટે તેમ જ એન્જિનો ચલાવવા માટે બળતણ તરીકે થાય છે.

ઉદ્યોગોમાં શુદ્ધ લોઢું કદી વપરાતું નથી. તેમાં ઓછેવત્તે અંશે અન્ય પદાર્થો મિશ્રિત હોય છે.

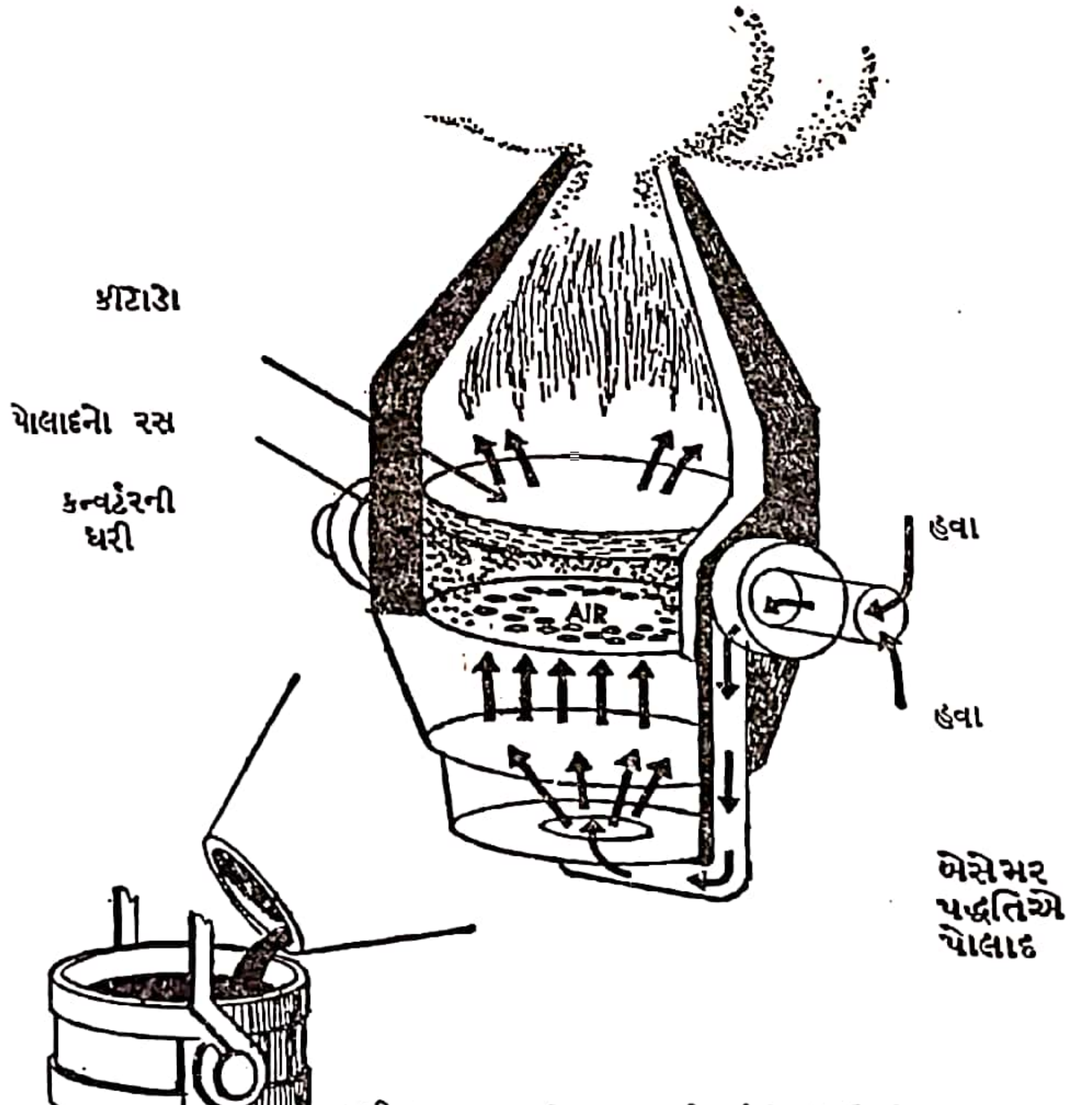
લોઢાની ત્રણ મુખ્ય જાતો છે :

(૧) કાસ્ટ આયર્ન (cast iron) : બીડનું લોઢું

(૨) રૉટ આયર્ન (wrought iron) : ઘડતરનું લોઢું

(૩) પોલાદ—ગજવેલ (steel)

બ્લાસ્ટ ફરનેસમાંથી જે 'પિગ આયર્ન' મળે છે તે વાસ્તવિક રીતે કાસ્ટ આયર્ન છે. તેમાં ૨.૧ ટકા ગ્રૅફાઇટ રૂપે કાર્બન હોય છે. 'પિગ આયર્ન' ને ફરી ઓગાળી તેમાં કાર્બન, સિલિકોન અને ફૉસ્ફરસનું પ્રમાણ એવી રીતે લાવવામાં આવે છે કે જે કામ માટે તેને વાપરવું હોય તે માટે તે યોગ્ય થાય. તેના રસમાંથી ઢાળીને, વરસાદના પાણીનો નિકાલ કરવાના પાઈપો, સ્ટવ વગેરે બનાવી શકાય છે. આ લોઢું સખત પણ બટકણી જાતનું છે.



ધરી ઉપર નમાવેલા કન્વર્ટરમાંથી કોઠીમાં પોલાદનો રસ ઠલવાય છે.

સામાન્ય કાસ્ટ આયર્ન પર મંદ હાઈડ્રોક્લોરિક અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડોની ક્રિયા જલદી થાય છે. ૧૨–૧૯ ટકા સિલિકોનવાળું કાસ્ટ આયર્ન ઍસિડપ્રૂફ છે એટલે તેમાં સિલિકોનનું પ્રમાણ વધારીને તેને ઍસિડપ્રૂફ બનાવાય છે. 'તાન્તીરન', 'ડયુરીન', 'આયર્ન દ', 'નર્કી' નામે જાણીતી લોહની જાતો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું બાષ્પાયન કરવા ખાસ પ્રકારનાં વાસણો બનાવવા વપરાય છે. પરંતુ આવું લોઢું અતિશય બટકણું હોય છે.

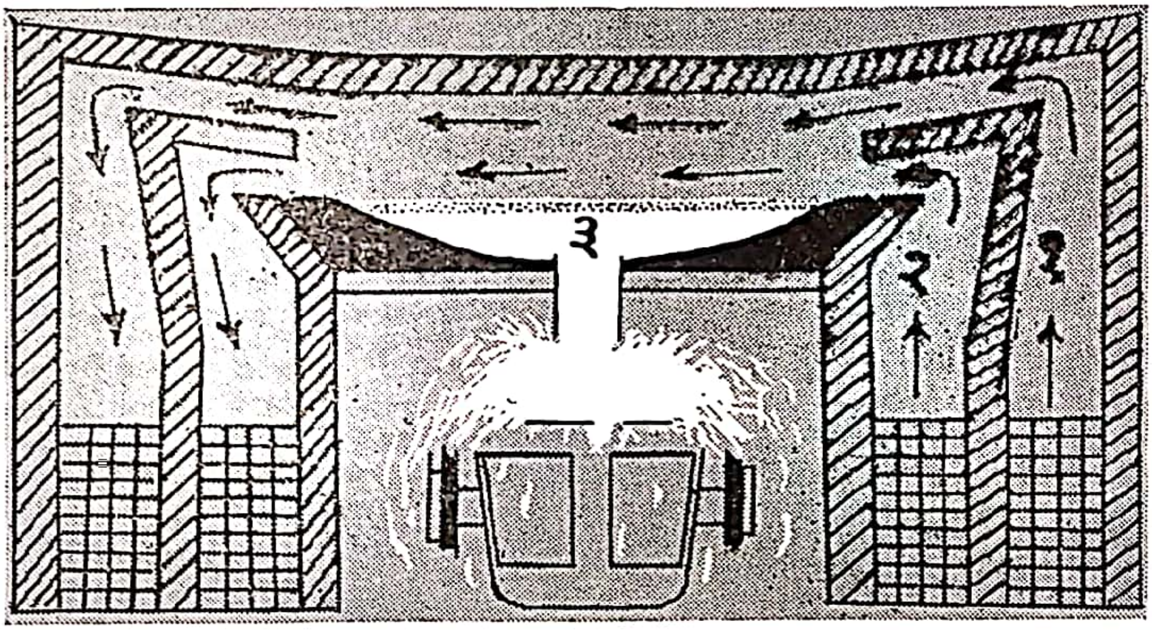
ઉદ્યાગમાં વપરાતી લોઢાની જાતોમાં 'રૉટ આયર્ન' સૌથી વિશેષ શુદ્ધ લોઢું છે. પિગ આયર્નને હેમેટાઈટ સાથે મેળવી એ મિશ્રણને ભઠ્ઠીમાં તપાવીને ઘડતરનું લોઢું (wrought iron) બનાવાય છે. હેમેટાઈટ કાર્બન, સિલિકોન તેમ જ ફૉસ્ફરસ અને સલ્ફરનું ઑકિસડેશન કરે છે. ઘડતરનું લોઢું–'રૉટ આયર્ન' મૃદુ અને રચનામાં તંતુમય છે, પણ તે સખત છે. એટલું જ નહીં પણ તેને ઘડી શકાય છે. લોહના ખનિજમાં ફૉસ્ફરસની હાજરી હોય તો ભઠ્ઠીને મૅગ્નેસાઈટ MgO + CaO)નું અસ્તર કરવામાં આવે છે, એટલે ફૉસ્ફરસનું ઑકિસડેશન થતાં ફૉસ્ફેટ બને છે, અને બેઝિક સ્લૅગ (કીટોડો) મળે છે. આ સ્લૅગ ખેતીમાં ખાતર તરીકે વપરાય છે.

ઉપર દર્શાવેલી લોહની બંને જાતો કરતાં પોલાદ (steel) વધારે મજબૂત છે. તેને ઊંચા ઉષ્ણતામાને તપાવીને પછી પાણી યા તેલમાં ઠંડું પાડી પાણી પાવામાં આવે છે. પોલાદને ચડાવેલું 'પાણી' તેની રચના પર નહીં પણ જે ઉષ્ણતામાને તેને તપાવી ગરમ કરવામાં આવે અને જે દરે તેને ઠંડું પાડવામાં આવે તેના પર આધાર રાખે છે.

અસ્ત્રાની બ્લેડો બનાવવા તેને ૨૩૦° સે. સુધી તપાવવું પડે છે. આ ઉષ્ણતામાને પોલાદનો રંગ ઘાસના જેવો આછો પીળો દેખાય છે. ૨૫૫° સે. જેટલા ઉષ્ણતામાને તપાવતાં પોલાદનો રંગ ભૂરો-પીળો બની જાય છે. આવું પોલાદ ચપ્પુ, છરી અને યંત્રની ધરીઓ માટે વપરાય છે. પોલાદને ૨૭૭° સે ઉષ્ણતામાને તપાવી તેમાંથી કટલરીનો સામાન બનાવવામાં આવે છે. ઘડિયાળની કમાનો અને ઊંચી જાતની તલવારો માટેનું પોલાદ ચકચકિત વાદળી રંગનું હોય છે. સુથારનાં ઓજાર બનાવવા માટે તો તેથી પણ ઊંચા ઉષ્ણતામાને (એટલે કે ૨૯૦° થી ૩૧૬° સે.) પાણી પાવાની જરૂર છે. ઉદ્યોગો માટે અનેક જાતનાં પોલાદ બનાવાય છે. પરંતુ તે બધાંય લોઢું અને કાર્બનની મિશ્ર ધાતુઓ છે. તેમાં કાર્બનનું પ્રમાણ ૦·૧ થી ૦·૨ ટકા હોય છે, અને તેમાં સિમેન્ટાઇટ Fe_3C તરીકે જાણીતા સંયોજનના રૂપે કાર્બનની હાજરી હોય છે.

જૂના જમાનામાં લોહને સળગતા કોલસા પર ટીપી ટીપીને તેમાંથી પોલાદ બનાવવામાં આવતું. મોટા પાયા પર પોલાદ બનાવવાની બે જુદી પદ્ધતિઓ ૧૮૫૫માં હેનરી બેસેમરે અને સિમેન્સ અને પાર્કરે ૧૮૬૪માં વિકસાવેલી. તે અનુક્રમે બેસેમર અને ઓપન હર્થ (open hearth) પદ્ધતિને નામે ઓળખાય છે. હાલમાં સર્વત્ર બેસેમર પદ્ધતિ વપરાય છે.

બેસેમર પદ્ધતિમાં ખાસ પ્રકારની કોઠી વપરાય છે. તેને બેસેમર કન્વર્ટર કહેવામાં આવે છે. તેમાં બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠીમાં પીગળેલો લોહરસ ભરવામાં આવે છે અને પછી તેમાં યાંત્રિક રીતે હવાના જોરદાર સપાટા ફૂંકવામાં આવે છે. ઓપન હર્થની ભઠ્ઠીમાં લોહના રસમાં કાચું હેમેટાઇટ ઉમેરવામાં આવે છે. ગરમ હવાની અસરથી લોહરસમાંથી વધારાનો કાર્બન બળી જાય છે અને બિનજરૂરી



પોલાદ બનાવવાની ખુલ્લી ભઠ્ઠી [૧. હવા ૨. વાયુ ૩. પીગળેલું પોલાદ]

ગંધક અને ફૉસ્ફરસ જેવી અશુદ્ધિઓ જતી રહે છે અને ઊંચા પ્રકારનું પોલાદ મળી આવે છે. ઊંચી જાતનું પોલાદ તૈયાર કરવા તેને શૂન્યાવકાશે ભઠ્ઠીમાં પિગાળવામાં આવે છે. આથી સામાન્ય પદ્ધતિએ તૈયાર થતા પોલાદમાં રહી જતા વાયુઓ નીકળી જાય છે. વળી તેમાંથી કેટલીક વણ-જોઈતી અશુદ્ધિઓ પણ દૂર થાય છે.

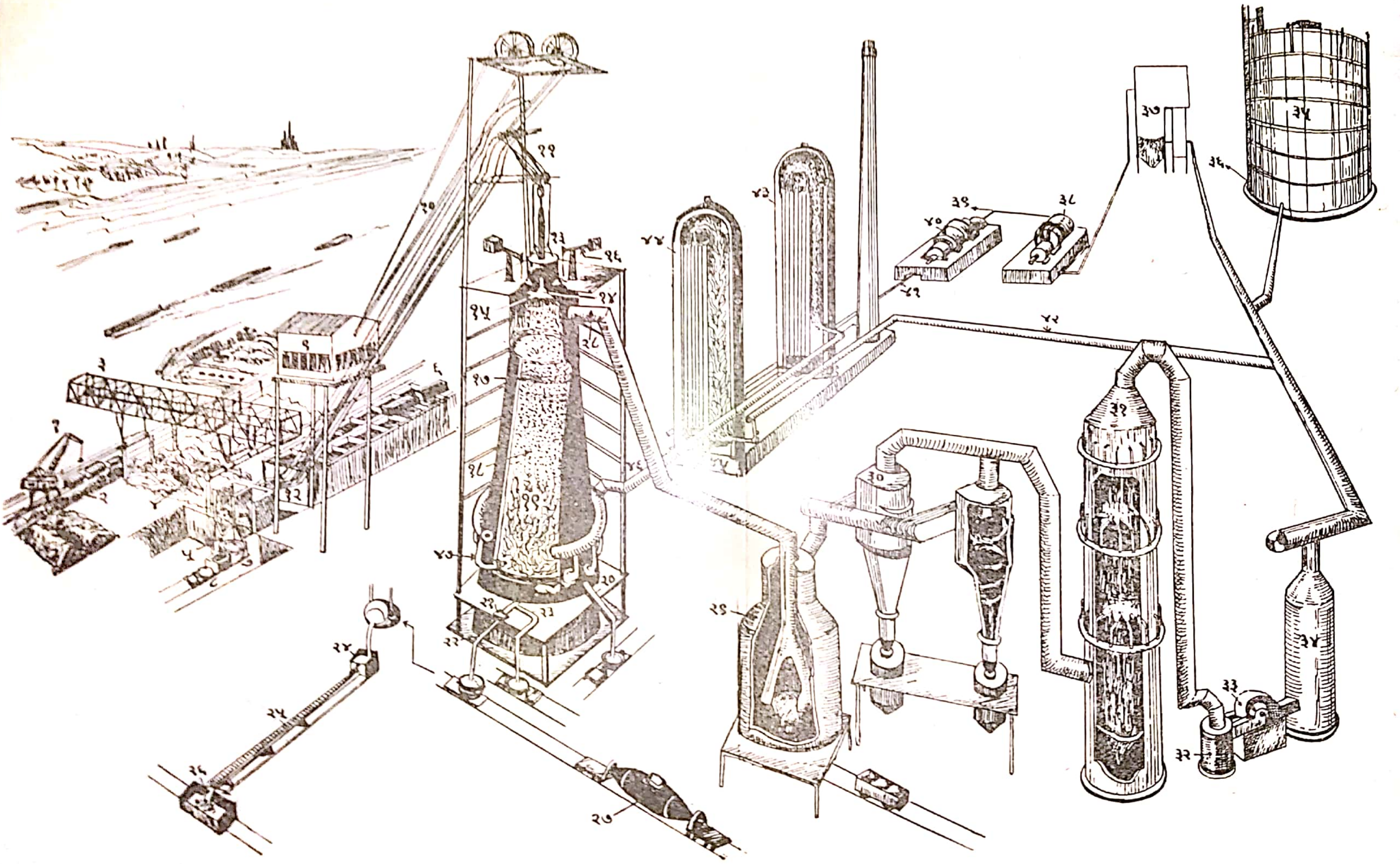
લોહમાં બીજા પદાર્થો ઉમેરીને તૈયાર કરવામાં આવતા પોલાદમાં જે ગુણધર્મોના ફેરફાર થાય છે તેની અસર વિષે ધાતુ-શોધનવિદ્યાના અભ્યાસીઓએ ખૂબ સંશોધન કરીને માનવજાતની સેવામાં વિશિષ્ટ ગુણોવાળાં નવાં પોલાદો આપ્યાં છે. પોલાદમાં ક્રોમિયમ ઉમેરવાથી તેની સખતાઈ વધે છે. પોલાદમાં બે ટકા ક્રોમિયમ ઉમેરવાથી ક્રોમસ્ટીલ બને છે. તેનો ઉપયોગ પોલાદનાં ટાયર, બૉલબૅરિંગ, કાનસો, પથ્થર ફોડવાની મશીનરી, બખતર અને એવી અનેક ચીજો બનાવવા માટે થાય છે. ક્રોમસ્ટીલમાં જરાક નિકલ ઉમેરવાથી તેની સ્થિતિસ્થાપકતા વધે છે.

'સ્ટેનલેસ સ્ટીલ'માં ૧૨થી ૧૫ ટકા ક્રોમિયમ હોય છે. તેનો ચળકાટ ઝાંખો પડતો નથી અને તેને કાટ ચડતો નથી. ૧૮ ટકા ક્રોમિયમ અને આશરે ૮ ટકા નિકલવાળું પોલાદ 'સ્ટેબ્રાઈટ' કહેવાય છે. તેના પર સમુદ્રના પાણીની ક્ષારક અસર થતી નથી. તે ઍસિડપ્રૂફ છે. રસાયણ ઉત્પાદક ઉદ્યોગમાં અને ઘરગથ્થુ ઉપયોગની ચીજોની બનાવટમાં તે મબલક વપરાય છે. સ્ટેનલેસ સ્ટીલની એક જાત ૪૪૬ ને નામે ઓળખાય છે. તેમાં એક ટકો ઈટ્રિયમ હોય છે. ૧૩૫૦° સે. જેટલા ઊંચા ઉષ્ણતામાને પણ તેના ઉપર ઑક્સિજનની અસર થતી નથી. તેને ટીપીને તેનાં પતરાં બનાવી શકાય છે.

પોલાદમાં નિકલ ઉમેરવાથી તેની સખતાઈ અને સ્થિતિસ્થાપકતા વધે છે. એટલે નિકલ-પોલાદ બખતર, પ્રૉપેલર શૅફ્ટ વગેરે માટે વપરાય છે. નિકલનું પ્રમાણ ખૂબ વધારવાથી અતિ ઉપયોગી ખાસ ગુણધર્મોવાળું પોલાદ મળે છે. ૩૬ ટકા નિકલ અને ફક્ત ૦.૨ – ૦.૫ ટકા કાર્બનવાળું પોલાદ 'ઈન્વાર' કહેવાય છે તેનો ગરમીથી થતો વિસ્તારણાંક અત્યંત અલ્પ હોવાથી તેનો ઉપયોગ માપનાં સાધનો, સરવેયરની પટ્ટી, ચોકસાઈપૂર્વકનાં પ્રયોગ-સાધનો અને ઘડિયાળના લોલક માટે થાય છે. એવી જ બીજી મિશ્ર ધાતુ 'ઍલિન્વાર' ઘડિયાળની સ્પ્રિંગો માટે વપરાય છે. ૪૬ ટકા નિકલવાળા પોલાદ 'પ્લૅટિનાઈટ'નો અને કાચનો પ્રસરણાંક(coefficient of expansion) સરખો હોવાથી વીજળીનાં સાધનોમાં કાચ સાથે તેના તાર જોડી સીલ કરી શકાય છે. ૫૩.૮ ટકા લોઢું, ૨૯ ટકા નિકલ, ૧૭ ટકા કોબાલ્ટ અને ૦.૨ ટકા મૅંગેનીઝ-વાળી મિશ્રધાતુનો પ્રસરણાંક નહીંવત્ એટલે કે ૪×૧૦^{-૬} જેટલો હોય છે.

તમામ પ્રકારના પોલાદમાં જૂજ પ્રમાણમાં મૅંગેનીઝ હોય છે. પણ જો તેનું પ્રમાણ ૯-૧૪ ટકા જેટલું વધારાય તો અતિ સખત અને મજબૂત પોલાદ બને છે. તેનો ઉપયોગ રેલવે પાટાના સાંધા બનાવવા માટે, ચોર-પ્રૂફ તૂટે નહીં એવી તિજોરીઓ અને લશ્કરી ટોપા (helmets) માટે થાય છે. આવું પોલાદ ચુંબકીય ગુણવિહીન છે.

ક્રોમસ્ટીલમાં ટંગ્સ્ટન યા મૉલિબ્ડેનમ ઉમેરવાથી બનતી મિશ્રધાતુને લાલચોળ તપાવતાં પણ તેની સખતાઈમાં ફેર પડતો નથી. આવું પોલાદ આધુનિક ઍન્જિનિયરિંગના કામમાં વપરાય છે.



૧. વૅગનમાં કાચી ધાતુ ડાલવતો ઊંટડો ૨. કાચી ધાતુ સંઘરવાનો વાડો ૩. કાચી ધાતુને વહી જનાર ટ્રાન્સ્પોર્ટર ૪. કાચી ધાતુ, કોક અને ચૂનો રાખનાર વાડો ૫. કોક, કાચી ધાતુ અને ચૂનો ભરેલી કોઠીઓ ૬. કોક ભઠ્ઠીમાં કોકની કોઠી લઈ જતી ટ્રૉલી ૭. આઠ નંબરની ટ્રૉલીમાં માલ ડાલવતી કોઠી ૮. તોળેલો માલ લઈ જતી ટ્રૉલી ૯. માલ ઊંચે લઈ જનારી યંત્રસામગ્રીવાળો રૂમ ૧૦. કોક, ચૂનો અને કાચી ધાતુઓની ટ્રૉલીને ખેંચનાર દોરડાં. ૧૧. ટ્રૉલીમાંથી માલભરેલી કોઠી ભઠ્ઠીના મુખ પાસે ૧૨. ટ્રૉલીને સમતોલ રાખનારો ઘડો ૧૩. ટ્રૉલીમાંથી લટકાવેલું ઘંટાકાર ઢાંકણ ૧૪. ઘંટાકાર ઢાંકણાંસોતી કોઠી ભઠ્ઠીમાં પ્રવેશે છે ૧૫. તેના જોરથી ભઠ્ઠીનું ઢાંકણું નીચે ધકેલાય છે અને કોઠીમાંનો માલ ભઠ્ઠીમાં ઓરાય છે ૧૬. માલ ઠલવાયા બાદ ભઠ્ઠીનું ઢાંકણું યથાવત્ ગોઠવનારું લીવર ૧૭. માલ ઓરાયા બાદ ઉપર આવતા વાયુઓમાં ભેજ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ખેંચાઈ આવે છે ૧૮. કાચી ધાતુમાંથી ઑક્સિજન જુદો પડે છે. લોહ કાર્બનને ચૂસી લે છે ૧૯. પીગળેલો લોહરસ નીતરે છે. કીટોડો કે ધાતુમળ તેના ઉપર તરે છે ૨૦. કીટોડો ભઠ્ઠીની બહાર ઠલવાય છે ૨૧. કીટોડાને લોહરસમાં ભળતો અટકાવનારી કરામત ૨૨. કોઠીમાં ઠલવાતો લોહરસ ૨૩. ઠલવાતો ધાતુમળ ૨૪. કોઠીમાંથી લોહરસ ઢાળામાં રેડાય છે ૨૫. ઢાળાના યંત્રનો પટ્ટો–જે તૈયાર ઢાળાને લઈ જાય છે અને ભરવાના ખાલી ઢાળાને ત્યાં લાવી મૂકે છે ૨૬. ઢાળામાં ઢળાયેલા લોહના ઇન્ગોટ (ingot) બહાર આવે છે ૨૭. ગરમ લોહરસને પોલાદ બનાવનાર કન્વર્ટરમાં લઈ જતી ટ્રૉલી ૨૮. બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠીમાંથી મથાળેથી નીકળતા વાયુઓને વહી જનારી નળી ૨૯-૩૦. ગરમ વાયુમાંથી રજોટી શોષી લેનાર યંત્રો ૩૧-૩૨-૩૩-૩૪. ગૅસ યાંત્રિક રીતે ધોવાઈને શુદ્ધ થાય છે ૩૫. ગૅસ ભરનારી ટાંકી ૩૬. ગૅસ લઈ જનારી નળી ૩૭. ગૅસ દ્વારા ચાલતું સ્ટીમ બૉઇલર ૩૮. બૉઇલરની સ્ટીમ દ્વારા ચાલતી ટર્બાઇન ૩૯. ટર્બાઇનથી વિદ્યુતનું ઉત્પાદન કરનાર પ્લૅન્ટ ૪૦. ટર્બાઇન દ્વારા ભઠ્ઠીમાં ફૂંકાતી હવા ૪૧. કાઉપર સ્ટવમાં હવાને ગરમ કરવા લઈ જવાની નળીઓ ૪૨. કાઉપર સ્ટવમાં જતા ગરમ વાયુઓ ૪૩. બ્લાસ્ટ સ્ટવમાં ગરમ થતી હવા ૪૪. વાયુઓ દ્વારા ગરમ થતો કાઉપર સ્ટવ ૪૫. ધુમાડિયામાં વાયુ વહી જનારી નળી ૪૬. ગરમ થયેલી હવા બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠીમાં લાવનારી મુખ્ય નળી ૪૭. બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠીમાં ઊઘડતાં મુખ્ય નળીનાં મોઢિયાં.

ભારતમાં બ્રિટિશ રાજ્ય આવ્યું એ અરસામાં
લોહની ભઠ્ઠી – સાલેમ (તામિલનાડુ)

સૌરાષ્ટ્ર (એ સમયનું કાઠિયાવાડ)માં
સ્થાનિક લોહ ઉદ્યોગ

લોઢાને ભીની યા ભેજવાળી હવામાં રાખવાથી તેનું ઑક્સિડેશન થાય છે. સામાન્ય ભાષામાં એને 'કાટ ચડયો' એમ કહેવાય છે. કાટ થતો અટકાવવા લોઢાને રંગીને રક્ષાય છે. આ ઉપરાંત તેને જસતનો પટ આપીને (ગૅલ્વેનાઇઝ કરીને) યા કલાઈનો પટ આપીને (ટિનપ્લેટ કરીને) કાટ ચડતો અટકાવાય છે. લોઢું અને પોલાદનું ક્ષારણ અતિમહત્ત્વનો વિષય છે.

લોઢાને ગૅલ્વેનાઇઝ કરવા માટે જસતની આવશ્યકતા છે. પણ આપણા દેશમાં જસતની તંગી છે. એટલે જમશેદપુરની નૅશનલ મેટલર્જિકલ લૅબોરેટરીએ જસતને બદલે ઍલ્યુમિનિયમ વાપરીને 'ઍલ્યુમિનાઇઝ્ડ લોહ' તૈયાર કર્યું છે, જે વધારે સારું પુરવાર થયું છે. ભેજવાળી હવામાં લોઢું કટાઈને ખવાઈ જાય છે. આથી તેની સપાટી પર રતાશ પડતો ભૂરો પદાર્થ બને છે, જેમાં મુખ્યત્વે જળયુક્ત ફૅરિક ઑક્સાઇડ હોય છે.

લોઢાનું તેમ જ બીજી ધાતુઓનું ક્ષારણ કેવી રીતે થાય છે એ અંગે પુષ્કળ સંશોધન થયું છે અને હજી પણ એ ચાલુ છે. ધાતુની જાત, તેની શુદ્ધતા અને અન્ય બાબતો પર ક્ષારણનો આધાર રહે છે. ક્ષારણમાં ભેજની હાજરી આવશ્યક છે. કેટલાક સંશોધકો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને પણ આવશ્યક માને છે. તાજા બનેલા કાટમાં ફૅરસ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને કાર્બોનેટની હાજરી માલૂમ પડી છે. આ સૂચવે છે કે લોઢાના ક્ષારણમાં શરૂઆતમાં આ સંયોજનો બનતાં હોવાં જોઈએ.

ઈ.સ. ૧૮૭૬માં ક્રેઇસ કાલ્વર્ટે અને ઈ.સ. ૧૮૮૮માં બ્રાઉને નીચેનાં સમીકરણો લોઢાના કાટની બનાવટ માટે સૂચવ્યાં હતાં.

$$Fe + H_2O + Co_2 = FeCo_3 + H_2$$

લોહ ભેજ કાર્બન ફૅરસ હાઇડ્રોજન

ડાયૉક્સાઇડ કાર્બોનેટ

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe\ (OH)_3 + 4CO_2$$

ફૅરિક હાઇડ્રૉક્સાઇડ

ઈ.સ. ૧૯૦૬માં મૂડીએ બતાવ્યું કે હવા અને ભેજ જો ન હોય તો શુદ્ધ લોહ પર કાટ ચડતો નથી. પ્રથમ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની હાજરીમાં લોઢામાંથી ફેરસ બાયકાર્બોનેટ બને છે. જેનું ઑક્સિડેશન થતાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડ બને છે. પાણીને ઉકાળી તેમાં પીગળેલો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઑક્સિજન કાઢી નાંખીએ તો અથવા પાણીમાં આલ્કલી ઉમેરવાથી ફેરિક હાઇડ્રૉક્સાઇડ દૂર થાય છે તેમ જ તેની દ્રાવ્યતા ઘટે છે. પરિણામે લોહને કાટ ચડવાની ક્રિયા અવરોધાય છે.

ઈ. સ. ૧૯૧૦માં લેમ્બર્ટે શોધી કાઢયું કે નિસ્યંદિત પાણીમાં લોઢા પર કાટ પેદા થતો નથી. થેનાર્ડના સિદ્ધાંત અનુસાર કાટ ચડવો એટલે ક્ષારણ વીજ-રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે.

મોરથૂથુના દ્રાવણમાં લોહના સળિયાને મૂકીએ તો લોહનો સલ્ફેટ બને છે. તાંબાની સૂક્ષ્મ રજ છૂટી પડે છે. તેને અવક્ષેપન કહે છે. પરંતુ કેટલીક વાર લોહ નિષ્ક્રિય પણ બની જાય છે, અને તે તાંબાનું અવક્ષેપન કરી શકતું નથી. લોઢાને સધૂમ નાઇટ્રિક ઍસિડમાં, ક્લોરિક ઍસિડમાં, ક્રોમિક ઍસિડમાં યા હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડમાં ડુબાડીએ તો તે પ્રક્રિયાશીલ મટી જાય છે અને નિષ્ક્રિય (passive) બને છે. એટલે કે મંદ ઍસિડના દ્રાવણમાં તે અદ્રાવ્ય રહે છે અને તેથી

મંદ ઍસિડમાંથી હાઈડ્રોજન નીકળતો નથી; અને મોરથૂથુના દ્રાવણમાંથી તાંબાનું અવક્ષેપન થતું નથી. આ ઘટના લોહની નિષ્ક્રિયતા કહેવાય છે.

ઈ. સ. ૧૯૩૭માં પેરીઆર અને ઇમીલીઓ સેગ્રેએ મૉલિબ્ડેનમ ધાતુ પર સાઈક્લોટ્રોનમાં ડ્યુટ્રોનનો મારો કરી તેનું પરિવર્તન કર્યું અને નવું મૂળતત્ત્વ બનાવ્યું. આ કૃત્રિમ મૂળતત્ત્વ બનાવવાની સિદ્ધિ ઊજવવા તેનું નામ પડયું ટેકનિશિયમ. રિઍક્ટરમાં યુરેનિયમનું ભંજન થતાં તેના ભંગારમાં પણ ૬ ટકા જેટલું ટેકનિશિયમ મળે છે. આ કૃત્રિમ મૂળતત્ત્વના બે ગુણધર્મો વિશિષ્ટ છે. એક, તે ક્ષારણ અટકાવનાર પ્રબળ એજંટ છે; અને બીજું તે રેડિયોઍક્ટિવ એટલે કે વિકિરણધર્મી છે.

ક્ષારણ બે રીતે અટકાવી શકાય. એક રીત: ધાતુ અને તેની આજુબાજુના વાતાવરણની સાથે થતી રાસાયણિક ક્રિયા અટકાવીને. દાખલા તરીકે ઍલ્યુમિનિયમ તેની પોતાની સપાટી પર અછિદ્રાળુ ફિલ્મ બનાવીને ક્ષારણ રોકે છે. કેટલાક બનાવટી ક્ષારણ-રોધકો પણ આ પ્રમાણે કામ આપે છે. બીજી રીત તે ધાતુની સપાટી રાસાયણિક રીતે બદલી તેને નિષ્ક્રિય કરવી. જેમ કે પોટેશિયમ ડાયક્રોમેટના દ્રાવણમાં લોઢું ગમે તેટલા વખત સુધી કાટ ખાતું નથી. એમ માલૂમ પડયું છે કે ટેકનિશિયમને બીજી બાબત લાગુ પડે છે. તેના ક્ષાર પરટેકનેટના દ્રાવણમાં લોઢું કાટ ખાતું નથી. ર્‌હેનિયમ પણ ટેકનિશિયમ જેવું છે. પણ તે ક્ષારણવિરોધી ગુણ દાખવતું નથી કારણ કે તે રેડિયોઍક્ટિવ નથી.

આપણા દેશમાં શ્રી જમશેદજી નસરવાનજી તાતાએ તાતા આયર્ન અને સ્ટીલ કંપની ૧૯૧૧–૧૨માં સ્થાપીને લોઢાના ઉદ્યોગનો પાયો નાંખ્યો. આ કારખાનું બિહારમાં જમશેદપુરમાં આવેલું છે. ૧૯૨૨માં ઈન્ડિયન આયર્ન અને સ્ટીલ કંપની; ૧૯૩૩માં મૈસૂરમાં ભદ્રાવતીનું લોઢાનું કારખાનું; ૧૯૩૬માં ઈન્ડિયન આયર્ન અને બૅંગાલ આયર્નનું સંયુક્ત કારખાનું—આ બધાં આપણા દેશની લોહઉદ્યોગની પ્રગતિનાં આધુનિક સીમાચિહ્નો છે. સ્વાતંત્ર્યપ્રાપ્તિ બાદ પંચવર્ષીય યોજનાઓમાં રૂરકેલા, દુર્ગાપુર અને ભિલાઈનાં કારખાનાં ઊભાં થયાં છે તે વિશેષ નોંધપાત્ર ઘટના છે.

લોહેતર ધાતુઓ

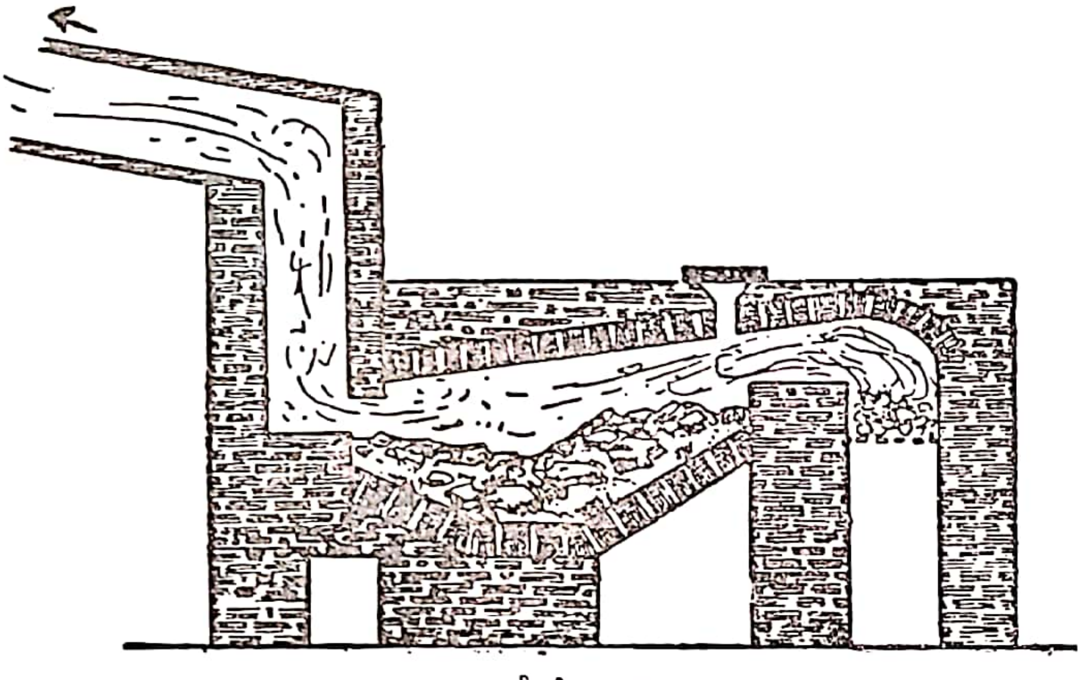
લોહેતર ધાતુઓનો અર્થ લોહ સિવાયની બધી ધાતુઓ એવો થાય. પરંતુ, સામાન્યત: તાંબું, ઍલ્યુમિનિયમ, સીસું, જસત, કલાઈ, નિકલ અને મૅગ્નેશિયમ તેમ જ તેમાંની કોઈ ધાતુઓમાંથી ભેગી કરી બનાવાતી મિશ્રધાતુઓને લોહેતર ધાતુઓ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

સૌ પ્રથમ આપણે તાંબાની વાત કરીએ. જૂના જમાનાથી તેનો ઉપયોગ થતો આવ્યો છે. એક જમાનામાં રજપૂતાનાની સમૃદ્ધ તાંબાની ખાણો જાહોજલાલીપૂર્વક કામ આપતી. આજે તો પરદેશથી આયાત થતું તાંબું પુષ્કળ વપરાય છે. છેલ્લાં થોડાં વર્ષો થયાં બિહારમાં ઈન્ડિયન કૉપર કૉર્પોરેશન સફળતાપૂર્વક તાંબું બનાવે છે એ ખાસ નોંધવું જોઈએ. ઈ. સ. પૂર્વે ૧૦૦૦થી ૫૦૦ સુધીના કાળમાં બ્રાહ્મણ ગ્રંથોમાં તાંબાને 'રાતી ધાતુ' તરીકે વર્ણવવામાં આવી છે. અથર્વવેદમાં 'તાંબાની છરી'નો ઉલ્લેખ મળી આવે છે. એ સંભવિત છે કે તાંબાની છરી યજ્ઞમાં ઉપયોગમાં લેવાતી હોય. તાંબાનાં ખનિજો વજનમાં ભારે, રંગમાં લીલાં, ભૂખરાં યા લાલ એવાં વર્ણવ્યાં છે. આ

વર્ણન મૅલેચાઇટ, પાઇરાઇટીઝ અને રેડ કૉપર ઓર તરીકે અત્યારે જાણીતાં તાંબાનાં ખનિજોને બરાબર લાગુ પડે છે.

તાંબાનાં ખનિજો—કુપરાઇટ (કૉપર ઑક્સાઇડ) અને મૅલેચાઇટ (કૉપર કાર્બોનેટ)ને કોલસા સાથે તપાવવાથી તાંબું જુદું પાડી શકાય છે. પણ આ ખનિજોનો ઉપયોગ મર્યાદિત છે. તાંબું ગંધક સાથે સહેલાઈથી સંયોજાતું હોવાથી કુદરતમાં ગંધકિત તાંબાનાં ખનિજો પુષ્કળ મળી આવે છે. અને તાંબું કાઢવા માટે મુખ્યત્વે આ ખનિજો વપરાય છે. તેમાં ૧ાા–૨ ટકા તાંબું હોય તોપણ તેમાંથી તાંબાનું શોધન આર્થિક દૃષ્ટિએ પરવડે છે. આ ગંધકિત ખનિજોમાં પાઇરાઇટીઝ, કૉપર ગ્લાન્સ વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. વળી તેની સાથે ગંધકિત લોહ પણ હોય છે. ઉપરાંત તેમાં થોડા પ્રમાણમાં સોમલ, સીસું અને કલાઈ પણ હોય છે. આવા સંકુલ મિશ્રણમાંથી તાંબું છૂટું પાડવાનું કામ મુશ્કેલીભર્યું થઈ પડે છે.

ખનિજમાંથી તાંબાનું શોધન કરવા માટે પ્રથમ ખનિજને હવામાં શેકવામાં (calcine કરવામાં) આવે છે. આ ક્રિયા દ્વારા વધારાનો ગંધક સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુરૂપે નીકળી જાય છે. સોમલ પણ તેના ઑક્સાઇડ રૂપે જુદું પડી જાય છે. લોહના સલ્ફાઇડો તેના ઑક્સાઇડોમાં પરિવર્તન પામે છે. પરંતુ મોટે ભાગે તાંબાના સલ્ફાઇડમાં કાંઈ ફેરફાર થતો નથી. ત્યાર બાદ લોહ કાઢી નાખવા માટે પર્યાવર્તક ભઠ્ઠી (reverberatory furnace)માં તેને રેતી સાથે ઓગાળવામાં આવે છે. આ ક્રિયા



પર્યાવર્તક ભઠ્ઠી

બે વાર કરવાથી ૭૦–૮૦ ટકા તાંબાવાળો કૉપર સલ્ફાઇડ બનાવી શકાય છે. આ કૉપર સલ્ફાઇડમાંથી તાંબું જુદું પાડવા તેને હવામાં ભૂંજવામાં આવે છે. આ તાંબું 'બ્લિસ્ટર કૉપર' કહેવાય છે, કારણ આ ક્રિયામાં પ્રવાહી તાંબામાંથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ નીકળે છે. એટલે તેની સપાટી ઉપર ફોલ્લા જેવો દેખાવ થઈ જાય છે. આ તાંબામાં પણ ૩ ટકા જેટલી અશુદ્ધિઓ હોય છે. એટલે તેને વિદ્યુતવિભાજનની રીતે શુદ્ધ કરવામાં આવે છે.

હવે તાંબાના શોધનમાં વીજળીનો ઉપયોગ થવા માંડ્યો છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની બનાવટ માટે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ કાઢી લીધા પછી બાકી રહેલો પાઈરાઈટીઝનો કચરો આ રીતે ઉપયોગમાં લઈ તેમાંથી તાંબું કાઢવામાં આવે છે. આ વીજળિક રીતે તાંબું સહેલાઈથી તૈયાર થઈ શકે છે અને તે એકદમ શુદ્ધ હોય છે. આમ, સૈદ્ધાંતિક રીતે તાંબાનું શોધન સહેલું લાગે છે. પણ પ્રત્યક્ષ કાર્યમાં મુશ્કેલીઓ ખૂબ આવે છે. એટલે તાંબાનું શોધન ઘણું અટપટું ગણાય છે.

વીજળીના આ યુગમાં તાંબાનો મુખ્ય ઉપયોગ વીજળી માટે તાર અને દોરડાં બનાવવામાં થાય છે. તાંબું સરસ વિદ્યુતવાહક છે. પણ વીજળીના ઉદ્યોગ માટે તાંબાનું શુદ્ધીકરણ ખૂબ કાળજી-પૂર્વક કરવું પડે છે. આ કાર્ય માટે તાંબાના ક્ષારનું દ્રાવણ કરી તેનું વિદ્યુતવિભાજન કરી શુદ્ધીકરણ કરવામાં આવે છે. આથી તેમાં રહેલું જૂજ રૂપું-સોનું પણ જુદું પાડી શકાય છે. અમેરિકાની 'પનીઓ આ રીતે હજારો ઔંસ રૂપું અને સોનું પેદા કરે છે. તાંબું લોઢાની માફક કટાઈ જતું નહીં હોવાથી હુન્નરઉદ્યોગોમાં તેનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

શુદ્ધ તાંબાનો બારીક ભૂકો તૈયાર કરવા માટે મોરથૂથુના દ્રાવણમાં જસતના ટુકડા મૂકવામાં આવે છે. જસત મોરથૂથુના દ્રાવણમાં ઓગળી જાય છે અને મોરથૂથુમાંથી તાંબું છૂટું પડી તેની બારીક રજ દ્રાવણને તળિયે બેસે છે. આ ભૂકાને પાણી તથા આલ્કોહૉલથી ધોઈ હવા વિનાના વાસણમાં ગરમ કરી સૂકવવાથી શુદ્ધ તાંબાનો પાઉડર મળી આવે છે.

મોરથૂથુ એ તાંબાનો સલ્ફેટ છે. મોરથૂથુ બનાવવાનાં કારખાનાં આપણા દેશમાં ઘણાં બધાં હતાં. દવામાં તેનો ઉપયોગ થતો આવ્યો છે. ખેતીવાડીમાં વપરાતા બોર્ડો મિશ્રણ નામે ઝેરી છાંટણામાં આજે પણ તેનો ઉપયોગ પ્રચલિત છે.

તાંબાના વરખને જસતની ધૂણી આપવાથી તેનો રંગ સોના જેવો ચકચકિત બની જાય છે. આવા વરખ ડચ ગોલ્ડને નામે ઓળખાય છે અને સસ્તા વરખની ગરજ સારે છે.

તાંબાનો સૌથી વિશેષ ઉપયોગ તો તેની મિશ્રધાતુમાં થાય છે. તાંબાની મિશ્રધાતુઓ પૈકી પિત્તળ અને કાંસું તો પ્રાચીન જમાનાથી વપરાતી આવી છે. વળી તાંબાની નવી નવી મિશ્રધાતુઓ પણ જુદા જુદા ઉપયોગમાં આવી રહી છે. તેમાં પિત્તળ, ગનમેટલ, બેલમેટલ, મોનેલ મેટલ, જર્મન સિલ્વર, મુંઝ મેટલ, મૅંગાનીન વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

તાંબામાં ૨.૫ ટકા બેરિલિયમ ધાતુનું મિશ્રણ કરવાથી એ મિશ્રધાતુની તાર ખેંચાવાની શક્તિ છ ગણી વધી જાય છે. તાંબામાં ૭ ટકા ઍલ્યુમિનિયમ ઉમેરવાથી બનતો ઍલ્યુમિનિયમ બ્રૉન્ઝ સુવર્ણ રંગી બને છે, જેનો ઉપયોગ ઇમિટેશન ગોલ્ડની ડબીઓ, ઘરેણાં અને શણગારની ચીજો માટે થાય છે. એ હકીકત 'ચળકે એટલું સોનું નહીં' એની યાદ આપે છે.

૫૪ ટકા તાંબું, ૪૫ ટકા નિકલ અને ૧ ટકો મૅંગેનીઝવાળી મિશ્રધાતુ 'સિલ્વરૉઇડ' કહેવાય છે. તે રૂપા જેવી લાગે છે. હવે તો સ્ટીમરમાં પિત્તળની નળીઓને બદલે ૭૬ ટકા તાંબું, ૨૨ ટકા જસત, ૨ ટકા ઍલ્યુમિનિયમ અને ૦.૪ ટકા આર્સેનિકવાળી મિશ્રધાતુ વપરાય છે. આ વધારે ટકે છે અને ઓછી કટાય છે.

નિક્લ એટલે ખોટું તાંબું. નિક્લનું ખનિજ તાંબાના ખનિજને બરાબર મળતું આવે છે. પણ એમાંથી તાંબું કાઢવાના બધા પ્રયાસ નિષ્ફળ નીવડતાં, જર્મનીના ખાણિયાઓએ ઉપહાસમાં એનું નામ 'કુફ્ર નિક્લ' (એટલે ખોટું તાંબું) પાડ્યું. સંસ્કૃતમાં પણ નિકલને **पिशाच्च ताम्र** કહ્યું છે. નિક્લ ધાતુ સૌ પ્રથમ ઈ. સ. ૧૭૫૧માં તેના ખનિજમાંથી છૂટી પાડવામાં આવી. ત્યાર પછીના દસકાઓમાં કાંઈ પ્રગતિ ન થઈ શકી. ૧૭૭૪માં બર્ગમાને નિકલના ગુણધર્મોનો વિશેષ અભ્યાસ કર્યો. ઈ. સ. પૂર્વે ૨૩૫ વર્ષના જૂના સિક્કાઓમાં નિકલ માલૂમ પડે છે અને ચીનમાં એથીયે પ્રાચીન કાળમાં નિકલ ધાતુ વપરાતી એમ પુરવાર થયું છે.

નિકલના ખનિજમાં નિક્લ ઉપરાંત લોઢું, કોબાલ્ટ, ગંધક, સોમલ વગેરે હોય છે. નિક્લ ધાતુ કાઢવાની રીત ખૂબ અટપટી છે. તે માટે અનેક ક્રિયાઓ કરવી પડે છે. નિક્લ ધાતુના શુદ્ધીકરણમાં કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ વાયુ વપરાય છે. તે નિક્લ સાથે સંયોજાઈ નિક્લ કાર્બોનિલ બને છે, જેને ગરમ કરતાં શુદ્ધ નિકલ છૂટું પડે છે. આને મોન્ડ રીત કહેવાય છે.

દુનિયાની અત્યારની નિકલની પેદાશનો ૮૦ ટકા ઉપરાંત ભાગ કૅનેડામાં ઑન્ટારિયોના સડબરી જિલ્લામાંની ખાણો પૂરો પાડે છે. લગભગ એ બધી ખાણો કૅનેડાની ઈન્ટરનૅશનલ નિકલ કંપનીની માલિકીની છે. નૉર્વે, રશિયા તેમ જ ફિનલૅન્ડમાં પણ નિકલનાં ભરાણો આવેલાં છે. પણ અત્યાર સુધી થતા ઉત્પાદનમાં તેમનો હિસ્સો અગત્યનો નથી. બ્રહ્મદેશમાં સીસા, જસત-રૂપાનાં ખનિજોમાં જૂજ પ્રમાણમાં નિક્લ છે. મુખ્ય ધાતુઓ કાઢી લીધા પછી જે કચરો રહે તેને જર્મની મોકલવામાં આવે છે.

સામાન્ય માણસને મન નિક્લ એટલે નિક્લ-પ્લેટિંગમાં અને ચલણી નાણાંના સિક્કાની બનાવટમાં ઉપયોગી ધાતુ. પણ તેમાં તો માત્ર કુલ ઉત્પાદનના ૧૦ ટકા જેટલું જ નિક્લ વપરાય છે. પચીસ દેશોમાં શુદ્ધ નિક્લ સિક્કાની બનાવટમાં વપરાય છે. પરંતુ એનું સ્થાન ઉદ્યોગોમાં વિશેષ મહત્ત્વપૂર્ણ છે. મિશ્રધાતુઓમાં નિક્લનો ઉપયોગ અપૂર્વ અને કીમતી ગુણો આણે છે. તેમાં ૧થી માંડી ૯૦ ટકા સુધીના પ્રમાણમાં નિક્લ વપરાય છે.

અત્યારે દુનિયાનું નિકલનું ઉત્પાદન ૧૨૫ હજાર ટન ઉપરાંત છે. તેમાંથી ૬૦ ટકા જેટલું નિકલ લોહની મિશ્રધાતુ બનાવવામાં વપરાય છે. ૨૪ ટકા નિકલનો ઉમેરો કરવાથી લોઢું ચુંબકત્વનો ગુણ ગુમાવે છે અને ૩૨ ટકા ઉમેરવાથી એ મિશ્રધાતુ વીજળીના પ્રવાહને ખૂબ પ્રતિરોધ આપે છે. નિકલ, લોઢું અને ક્રોમિયમની મિશ્રધાતુ નિક્રોમ વીજળિક હીટરો અને અતિશય ગરમીએ ચાલતી વીજળિક ભઠ્ઠીઓની બનાવટમાં વપરાય છે. નિકલનો બારીક ભૂકો વનસ્પતિ ઘીની બનાવટમાં સંસર્ગ પદાર્થ (catalyst) તરીકે ઉપયોગમાં આવે છે.

નિકલમાં જે વિધવિધ ઉપયોગી ગુણોનું એકીકરણ થયેલું છે તે અન્ય કોઈ ધાતુમાં માલૂમ પડતું નથી. નિકલમાં ન કટાવાનો અદ્‌ભુત ગુણ છે. વૅલ્ડિંગ કરવાથી કે કેસિંગમાં વાપરવાથી પણ તેના ગુણોમાં ફેર પડતો નથી. અતિ ઊંચા ઉષ્ણતામાને પણ તેની એ શક્તિ ટકી રહે છે. અતિશય મુલાયમ ખોરાક, પીણાં, દવાઓ ઈત્યાદિના સડા તેમ જ કાટ સામે રક્ષણ કરવા નિકલનો પટ આપેલા પૅકિંગનો ઉપયોગ થાય છે. ટેલિવિઝન, રેડાર, રેડિયો, તારટેલિફોનનાં અને બીજા વ્યવહારનાં સાધનોની બનાવટમાં વીજળિક ગુણોને લીધે તેનો ઉપયોગ ખૂબ થાય છે.

આપણા દેશમાં નિકલ પરદેશથી આયાત કરવામાં આવે છે. આ મુશ્કેલી નિવારવા જમશેદ-પુરની નેશનલ મેટલર્જિકલ લૅબોરેટરીએ કામ ઉપાડયું. સ્ટેનલેસ સ્ટીલની બનાવટમાં નિકલ આવશ્યક છે. પરંતુ નિકલ વિનાનું સ્ટેનલેસ સ્ટીલ નેશનલ મેટલર્જિકલ લૅબોરેટરીએ બનાવ્યું છે. દેશમાં પ્રાપ્ય ક્રોમિયમ, મૅંગેનીઝ, નાઈટ્રોજન, ઍલ્યુમિનિયમ અને તાંબું વાપરીને સ્ટેનલેસ સ્ટીલ તૈયાર કર્યું છે. ત્યાં નિકલ વિનાની કેટલીક મિશ્રધાતુઓ પણ તૈયાર કરવામાં આવી છે.

કોબાલ્ટ એટલે નિકલનો ભાઈ. તેનાં ખનિજ પણ તાંબાના ખનિજને મળતાં આવે છે. તેને ભૂંજવાથી લસણ જેવી ગંધ છૂટે છે. તેના ખનિજને તાંબાનું ખનિજ માની લઈ તેમાંથી તાંબું મેળવવા અનેક પ્રયત્ન કર્યા છતાં તેમાંથી તાંબુ ન મળવાથી તેનું નામ 'ખોટું ખનિજ' (કોબાલ્ટ) પડયું.

ગ્રીક શબ્દ કોબાલ્ટ એટલે 'તોફાની ભૂત'; તેના ઉપરથી એ ખનિજમાંથી મળી આવેલી ધાતુનું નામ કોબાલ્ટ પડયું. કોબાલ્ટ માટે સંસ્કૃતમાં भांडरंजन मृत्तिका શબ્દ છે. પંજાબમાં એને 'રીત' કહે છે—સંસ્કૃત रीति શબ્દ ઉપરથી. હિંદીમાં તેને માટે सैंत—सेरत શબ્દ છે, જે સંસ્કૃત सैंक्त ઉપરથી આવ્યો લાગે છે. આ ધાતુનું ખનિજ કાળી રેતી જેવું છે. ટૂંકમાં કોબાલ્ટ માટે સંસ્કૃત શબ્દોની યોજના ખૂબ અર્થવાહી છે એમ ભારતીય રસશાસ્ત્રના કર્તા ડૉ. દેસાઈ માને છે; અને આપણા વિદ્વાન બાપાલાલ ગ. વૈદ્ય તે મત સાથે મળતા થાય છે. કોબાલ્ટના ખનિજને ભૂંજી, રેતી અને પોટૅશિયમ કાર્બોનેટ સાથે ગરમ કરવાથી સુંદર વાદળી કાચ બનતો. આ રંગ તેમાં રહેલી સોમલની અશુદ્ધિને આભારી છે એમ મનાતું. પરંતુ ઈ. સ. ૧૭૩૫માં બ્રાન્ડટે પુરવાર કર્યું કે એ ખનિજમાં કોઈ નવી ધાતુ છે. અને તેનો ક્ષાર વાદળી રંગ પેદા કરે છે. ઈ. સ. ૧૭૮૦માં બર્ગમાને તે ધાતુને કોબાલ્ટ તરીકે ઓળખાવી.

બીજી ધાતુઓ કાઢવાની ક્રિયામાં કોબાલ્ટ પેટા-પદાર્થ તરીકે મળી આવે છે. ત્રણેક દસકા ઉપર ઓન્ટારિયોમાં કોબાલ્ટ શહેર નજીક આવેલી રૂપાની ખાણોમાંથી રૂપું કાઢી લીધા પછી કોબાલ્ટ કાઢવામાં આવતું. હવે કોબાલ્ટનું મુખ્ય પ્રાપ્તિસ્થાન ઉત્તર રોડેશિયા અને બેલ્જિયન કૉંગોમાં કાટાંગાની તાંબાની ખાણો છે. આ ઉપરાંત ફ્રેન્ચ મોરોક્કોની સોનાની ખાણો અને બ્રહ્મદેશની નિકલની ખાણોમાંથી આડપેદાશ તરીકે કોબાલ્ટ નીકળે છે.

આજ સુધી રંગીન કાચ, ઇનેમલ (મીનો) અને ગ્લેઝ (રોગાન)ની બનાવટોમાં વપરાતી આ ધાતુનો ઉપયોગ હવે નવી નવી મિશ્રધાતુઓની બનાવટના ક્ષેત્રમાં અતિમહત્ત્વનો બનતો જાય છે. ૩૫ ટકાવાળું કોબાલ્ટ પોલાદ મૅગ્નેટોમાં કાયમી લોહચુંબક બનાવવા માટે વપરાય છે. હજામતની બ્લેડો (પતરીઓ) બનાવવામાં પણ કોબાલ્ટવાળું પોલાદ વપરાય છે. નવી ધાતુઓમાં કોબાલ્ટે ઘણું અગત્યનું સ્થાન પ્રાપ્ત કર્યું છે.

આપણા દેશમાં રાજસ્થાનમાં જયપુર પાસે ખેત્રીની તાંબાની ખાણોમાં કોબાલ્ટનાં ખનિજ નીકળે છે. ત્રાવણકોરની મૅંગેનીઝ અને ગંધકિત પદાર્થોની ખાણોમાં કોબાલ્ટ જૂજ પ્રમાણમાં મળે છે. આ ધાતુ તેમ જ નિકલ આપણા દેશમાં જોઈતા પ્રમાણમાં નીકળતું નથી.

ક્રોમિયમ અનેક મિશ્રધાતુઓની બનાવટમાં વપરાય છે. અને બીજી ધાતુઓને પ્લેટિંગ કરવા માટે પુષ્કળ વપરાય છે. ક્રોમાઇટ ખનિજ હિંદુસ્તાનમાં ઘણી જગ્યાએથી પુષ્કળ પ્રમાણમાં નીકળે છે. તેમાં બલૂચિસ્તાન અને મૈસૂરમાંથી નીકળતો ક્રોમાઈટ ઊંચા પ્રકારનો છે. હિંદનું આ કાચું ધન હજારો ટનને હિસાબે પરદેશ ખાતે ચડતું અને તેમાંથી તૈયાર થયેલો બાઇક્રોમેટ હિંદમાં આયાત થતો. પણ હવે આપણા દેશમાં બાઇક્રોમેટ બનાવવાનું શરૂ થયું છે. ક્રોમિયમના ઑક્સાઇડને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ સાથે મેળવી થર્માઇટ પદ્ધતિથી ક્રોમિયમ ધાતુ બનાવાય છે. આ રીતની મદદથી બીજી કોઈ રીતે અપ્રાપ્ય ધાતુઓ મેળવવાનું સુલભ બન્યું છે. ક્રોમિયમ ધાતુ નિકલ કરતાં પણ વધારે સખત છે અને તેના પર વાતાવરણની અસરને લીધે કાટ ચડતો નથી કે ક્ષારણ થતું નથી. ક્રોમિયમ અને મૅંગેનીઝનો ઉપયોગ પોલાદની બનાવટમાં ખૂબ થાય છે.

ધાતુઓને તેમના ઑક્સાઇડમાંથી જુદી પાડવાની ખાસ પદ્ધતિ થર્માઈટ કહેવાય છે. તેમાં ઍલ્યુમિનિયમના પાઉડરને ધાતુના ઑક્સાઇડના ભૂકા સાથે મૂસમાં મૂકવામાં આવે છે. તેના ઉપર સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ અને ઍલ્યુમિનિયમ પાઉડરનું મિશ્રણ ભભરાવવામાં આવે છે અને તેને વિદ્યુત ફ્યૂઝ અગર મૅગ્નેશિયમથી સળગાવવામાં આવે છે. તેથી ઘણું ઊંચું ઉષ્ણતામાન પેદા થાય છે. ઍલ્યુમિનિયમનો ઑક્સાઇડ થઈ જાય છે અને મૂળ ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ છૂટી પડે છે.

આયુર્વેદને લગતા આપણા જૂના ગ્રંથોમાં લોહના અનેક પ્રકાર વર્ણવેલા છે, તેમાં મૅંગેનીઝ ધાતુનો સમાવેશ થઈ જાય છે. મૅંગેનીઝનું મુખ્ય ખનિજ પાઇરોલ્યુસાઇટ છે. સંસ્કૃત ભાષામાં તેને कृष्ण-पाषाण — કાળા પથ્થર તરીકે ઓળખાવવામાં આવ્યું છે. તેનું બીજું નામ अयस्कान्ति છે. લોઢાની સાથે તેનું સામ્ય હોઈ આ નામ આપવામાં આવ્યું હશે, અને તેમાંથી નીકળતી ધાતુ લોઢાના એક પ્રકાર તરીકે ગણી લેવામાં આવી છે.

કાચની બનાવટમાં આવતી લીલા રંગની છાંટને દૂર કરવા તેમાં થોડું પાઈરોલ્યુસાઈટ ઉમેરવામાં આવે છે. પાઇરોલ્યુસાઈટ કોલસા જેવું કાળું હોવાથી કેટલાક લોભી વેપારીઓ પાઈરોલ્યુસાઈટ ખનિજમાં કોલસાનો ભૂકો મેળવીને દગો કરે છે. આવી ભેળસેળ જોખમકારક છે, કારણ કે પાઇરોલ્યુસાઇટને ગરમ કરવાથી તેમાંથી ઑક્સિજન વાયુ નીકળે છે અને ગરમ કોલસો એમાં સળગી ઊઠે છે; પરિણામે ભડાકો થવાનો સંભવ રહે છે.

ઈ. સ. ૧૭૪૦માં જે. એચ. પોટ્ટ નામના રાસાયણિકે પુરવાર કરી બતાવ્યું કે, પાઈરોલ્યુસાઈટમાંથી બનાવેલા ક્ષારો લોહના એવા ક્ષારો કરતાં જુદા પડે છે. આ પછી ઈ. સ. ૧૮૮૨માં સર આર. હડફીલ્ડે મૅંગેનીઝ-પોલાદની શોધ કરી. લોહની મિશ્રધાતુઓનો ત્યારથી પ્રારંભ થાય છે. આ પોલાદ હડફીલ્ડની શોધના માનમાં હડફીલ્ડ પોલાદ કહેવાય છે.

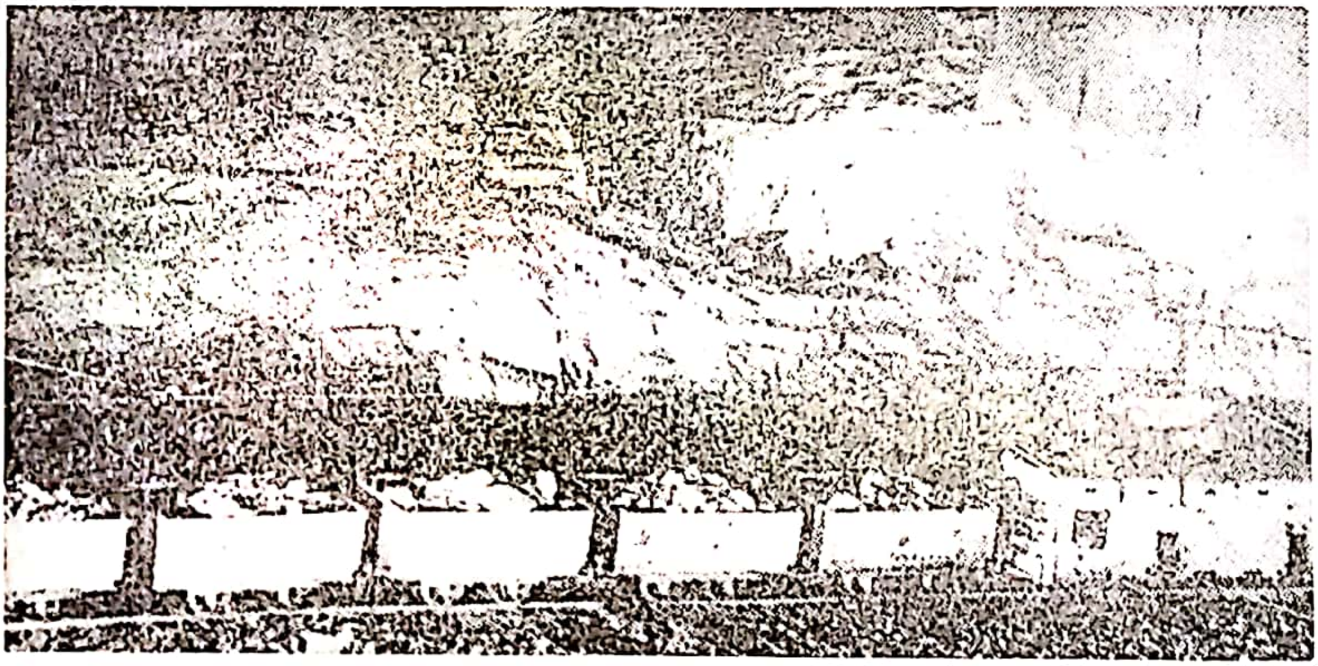
મૅંગેનીઝનો મુખ્ય ઉપયોગ લોઢું અને પોલાદની બનાવટમાં ધાતુશોધન માટે થાય છે. શુદ્ધ મૅંગેનીઝ ધાતુને ગરમ કરવાથી તેમાં લોહચુંબકત્વનો ગુણ આવે છે. ૫૫ ભાગ તાંબું, ૧૫ ભાગ ઍલ્યુમિનિયમ અને ૩૦ ભાગ મૅંગેનીઝવાળી મિશ્રધાતુ લોહચુંબકત્વનો ગુણ ધરાવે છે.

મૅંગેનીઝ ખનિજની દુનિયાની માગણી મુખ્યત્વે રશિયા (કૉકેસસ પ્રદેશ) અને હિંદુસ્તાન પૂરી પાડે છે. તે ઉપરાંત બ્રાઝિલ, પશ્ચિમ આફ્રિકા અને સ્પેનમાંથી પણ આ ખનિજ નીકળે છે.

ગુજરાતમાં પાવાગઢ પાસે શિવરાજપુરમાં મગેનીઝની ખાણો આવેલી છે. મધ્ય હિંદુસ્તાનમાં ઝાબુઆ, દક્ષિણ હિંદમાં વિશાખાપટ્ટમ ને સંદૂરમાં, મધ્ય પ્રદેશમાં અને મૈસૂરમાં પણ આ ખનિજ નીકળે છે. મૅંગેનીઝનાં અન્ય ખનિજો પૈકી બ્રાઉનાઇટ, હાઉસ્મેનાઇટ, સિલોમોલેઇમ, મૅંગેનાઇટ અને રોડોક્રોસાઇટ છે. પણ ઉદ્યોગની દૃષ્ટિએ એ બહુ મહત્ત્વનાં નથી.

પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટથી તો ઘણા પરિચિત હશે. કૂવાનું પાણી બગડયું હોય તે વખતે જીવાણુ-ઓનો નાશ કરવા કૂવામાં નાખવામાં આવતો આ પદાર્થ, સર્પદંશ વખતે ડંખ ઉપર મૂકવામાં આવતો આ પદાર્થ, ગામડાંઓમાં પણ "ગુલાબી દવા" તરીકે સારી રીતે જાણીતો છે. પાઇરોલ્યુ-સાઇટને કૉસ્ટિક સોડા યા પોટાશ સાથે મેળવીને હવા મળે એવી રીતે ગરમ કરતાં આ બધું મિશ્રણ એકરસ થઈ લીલો પદાર્થ બને છે, જેમાં પાણી ઉમેરી હવામાં રાખતાં યા તેમાંથી ક્લોરિન વાયુ પસાર કરતાં ગુલાબી રંગનું દ્રાવણ પેદા થાય છે. આ દ્રાવણમાંથી પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ મેળવવામાં આવે છે. આ ઉપરાંત તેનો ઉપયોગ રંગરોગાન, વાર્નિશ અને શાહીની બનાવટમાં પણ થાય છે. ઔષધ તરીકે આ શામક, શોણિતસ્થાપક અને આર્તવપ્રદ છે. ગડગૂમડ અને લોહીના વિકારોમાં મૅંગેનીઝનાં ઇન્જેક્શન આપવામાં આવે છે. પાઇરોલ્યુસાઇટમાંથી વૈદ્યો અયસ્કાંતિ ભસ્મ બનાવે છે.

સીસું (lead) જૂની ધાતુઓમાંની એક છે. ઈ. સ. પૂર્વે ત્રણ હજાર વર્ષ જૂની સીસાની ચીજો પુરાતત્ત્વના અવશેષોમાંથી મળી આવે છે. જૂના ગ્રંથોમાં પણ સીસાના ઉપયોગ અંગે ઉલ્લેખો મળી આવે છે. પરંતુ એ જમાનામાં સીસું અને કલાઈનો ભેદ સમજાતો નહોતો. બંનેને એક જ ધાતુ તરીકે ગણવામાં આવતાં. કલાઈ સફેદ સીસું કહેવાતું. સીસું કલાઈની માફક નરમ ધાતુ છે. તેનો સહેલાઈથી ઘાટ ઘડી શકાય છે. બૅબિલોનના હૅંગિંગ ગાર્ડનમાં છોડોને સીસાનાં કૂંડાંઓમાં રોપવામાં આવતા. રોમનો સીસાના ઉપયોગ પાઇપો બનાવવા માટે કરતા.



ભૂગર્ભમાં સીસાની ખાણ, દક્ષિણ મિસૂરી

સીસું કુદરતમાં સ્વતંત્ર અવસ્થામાં ધાતુરૂપે જડતું નથી. પરંતુ તેનાં ખનિજ સર્વત્ર વિસ્તરેલાં માલૂમ પડે છે. સીસાનું મુખ્ય ખનિજ ગૅલિના (galena) કહેવાય છે. તે સીસા અને ગંધકનું સંયોજન છે ને કાળા રંગનું ચમકદાર હોય છે. સ્પેન, અમેરિકા વગેરે પ્રદેશોમાંથી તે પુષ્કળ નીકળે છે. બ્રહ્મદેશમાં સીસાના ખનિજની મોટી ખાણો છે. આ ઉપરાંત અન્ય ખનિજોમાં તેના કાર્બોનેટો, સલ્ફેટ ઇત્યાદિ સંયોજનો ઓછે અંશે મળી આવે છે. આપણા દેશમાં સીસાનાં ખનિજ બહુ ઓછા પ્રમાણમાં માલૂમ પડે છે. સિમલા, મદ્રાસ અને રાજસ્થાન વગેરે પ્રદેશોમાં અતિ ઓછા પ્રમાણમાં આ ધાતુનાં ખનિજ મળી આવે છે. ધાતુ કાઢવા માટે ગૅલિનાને ભઠ્ઠીમાં તપાવવાથી ગંધક છૂટો પડીને બળી જતાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ પેદા થાય છે, જેનો ઉપયોગ ગંધકના તેજાબની બનાવટમાં થાય છે. સીસું ધાતુ રૂપે પ્રવાહી સ્થિતિમાં ભઠ્ઠીમાં તળિયે એકઠું થાય છે. પછી તેને શુદ્ધ કરવામાં આવે છે.

સીસાના ખનિજમાં જૂજ પ્રમાણમાં ચાંદી હોય છે. દુનિયાની મોટા ભાગની ચાંદી આ ખનિજમાંથી કાઢવામાં આવે છે. આ ઉપરાંત સીસાના ખનિજ સાથે સામાન્યત: જસતનું ખનિજ—ઝિન્કબ્લેન્ડ પણ હોય છે. આને સ્ફાલેરાઇટ કહેવામાં આવે છે. આમ સીસાની ખાણવાળાને સીસાની સાથોસાથ વધારે કીમતી ધાતુઓ આડપેદાશ તરીકે મળે છે.

સીસાના ખનિજમાંથી ધાતુ કાઢવાના કારખાનાવાળા ચાંદી અને બીજી ધાતુઓ કાઢવા માટેની વ્યવસ્થા સાથે જ રાખે છે. આથી સીસાની કિંમત ઉપરાંત તેમને પુષ્કળ લાભ થાય છે પરંતુ આનો આધાર ખનિજમાં રહેલી અન્ય ધાતુઓના પ્રમાણ પર રહે છે. ચાંદીયુક્ત સીસાને 'આર્જેન્ટીફેરસ લેડ' કહેવાય છે. સીસાના તાર ખેંચી શકાતા નથી. તે ૩૧૬° સે. ઉષ્ણતામાને પીગળી જાય છે. પાણીમાં સીસું જૂજ પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય છે. આવું પાણી પીવાથી લાંબે ગાળે અનેક રોગો થાય છે. સીસાનું ઝેર હળવે હળવે શરીરમાં પ્રસરે છે. સીસાના ઝેરની નિશાની એ છે કે દાંતના અવાળાની કિનાર પર વાદળી લીટી દેખાય છે. અગાઉ પાણી લઈ જવા માટેના નળોની બનાવટમાં સીસાની પાઈપો વપરાતી, પરંતુ તેમાંથી પેદા થતી ઝેરી અસરને લીધે તેનો ઉપયોગ બંધ થઈ ગયો છે.

બૅરિંગમાં વપરાતી ફ્રારી ધાતુ (frary metal)ની બનાવટમાં સીસામાં બે ટકા બેરિયમ ધાતુ અને એક ટકો કૅલ્શિયમ હોય છે. છાપવાનાં બીબાંમાં વપરાતા સીસામાં ઍન્ટિમની ધાતુ ઉમેરવામાં આવે છે. મોટરમાં વપરાતા પેટ્રોલમાં સીસાનો કાર્બનિક સંયોજન—ટેટ્રાઈથાઇલ લેડ (TEL) ઉમેરવામાં આવે છે. તેનું કાર્ય 'ઍન્ટિનૉક' તરીકે છે. સીસા અને કલાઈની મિશ્રધાતુ રેવણ (solder) તરીકે વપરાય છે.

સિંદૂર યા રાતું સીસું સીસાની ભસ્મ છે. સીસાનાં સંયોજનો ઉદ્યોગોમાં વિધવિધ રીતે વાપરવામાં આવે છે. દા. ત. કાપડ રંગવામાં અને છાપવામાં, ઔષધોની બનાવટમાં, રંગરોગાનની બનાવટમાં, કાચને સખત બનાવવામાં, માટીનાં વાસણોને ગ્લેઝ કરવામાં, રબરના વલ્કેનાઈઝિંગમાં.

લેડનો ઑક્સાઈડ એટલે મુરદારસંગ (litharge). આનો ઉપયોગ મલમ રૂપે, ચાંદાં, ઘારાં વગેરે ચામડીનાં દર્દો માટે આયુર્વેદમાં થાય છે. મુરદારસંગ અને ચૂનો ભેગો કરવાથી કાળો રંગ બને છે, જે માથાના સફેદ વાળ કાળા કરવા માટે વાપરવામાં આવે છે.

સીસું ગંધકના તેજાબમાં ઓગળતું નથી એ એની વિશેષતા છે એટલે ગંધકના તેજાબની બનાવટ માટે 'લેડ ચેમ્બર' બનાવવામાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.

કલાઈ ઘણા પુરાણા સમયથી જાણીતી છે. અગાઉ તાંબાની મિશ્રધાતુનો કાંસું બનાવવામાં ઉપયોગ થતો. આખા કાંસાયુગ દરમિયાન તાંબું અને કલાઈનું ખૂબ મહત્ત્વ રહેલું. આજે તો પિત્તળના વાસણને કલાઈ કરવા પૂરતું જ તેનું મહત્ત્વ રહ્યું છે અને તે પણ સ્ટેનલેસ સ્ટીલ અને ઍલ્યુમિનિયમના ઉપયોગથી ઘટી રહ્યું છે. તેનો મહત્ત્વનો ઉપયોગ નાનામોટા ડબ્બા માટે વપરાતી 'ટિનપ્લેટ'માં એટલે કે લોઢના પતરાને ઢોળ ચડાવવામાં થાય છે.

કલાઈ(tin)નું અગત્યનું ખનિજ ટિનસ્ટોન યા કાર્નિટેરાઈટ મલાયા અને બર્મામાંથી, નાઈજેરિયા અને દક્ષિણ આફ્રિકામાંથી મળે છે. સાફ કરેલું ખનિજ 'કાળું ટિન' કહેવાય છે, તેને કોલસા સાથે મેળવીને પર્યાવર્તક ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરતાં ટિન છૂટું પડે છે.

$$SnO_2 + 2C = Sn + 2CO$$

આ ટિનને 'લિક્વેશન' રીતથી શુદ્ધ કરવામાં આવે છે. એટલે પર્યાવર્તક ભઠ્ઠીમાં અશુદ્ધ ધાતુને ગરમ કરતાં શુદ્ધ ધાતુ પીગળી જઈને છૂટી પડી જાય છે અને અશુદ્ધિવાળો કચરો (તાંબું, લોઢું, સોમલ વગેરેની મિશ્રધાતુ) પાછળ રહે છે. આયુર્વેદમાં કલાઈની ભસ્મને બંગભસ્મ કહે છે. તેનો ઉપયોગ લોહીના વિકારનાં દર્દોથી થતાં ગૂમડાં મટાડવા માટે કરવામાં આવે છે.

કલાઈ ચડાવેલાં પતરાંની વપરાશ આપણા દેશમાં અંદાજે ત્રણ લાખ ટનની છે. ૧૯૭૦-૭૧માં આ વપરાશ પાંચ લાખ ટને આવી રહેશે. કલાઈ પરદેશથી આવે છે અને કલાઈ ચડાવેલાં પતરાં વગર ચાલવાનું નથી. નાનામોટા ટિનપ્લેટના ડબ્બાડુબ્બીઓની વપરાશ વધતી જ જાય છે. ખોરાક, ફળો વગેરે પૅક કરવાના ટિનપ્લેટના ડબ્બા બનાવવામાં ટિનપ્લેટના કકડાનો ઘણો ભંગાર પડે છે. વળી કેરોસીન, ઘી, તેલ વગેરેમાં વપરાયેલા અને કાણા થયેલા તેમ જ અધકચરી કલાઈ ઊતરી ગઈ હોય એવા ડબ્બાઓમાંથી કલાઈ ઉતારી લેવામાં આવે તો ઘણું ઉપયોગી હૂંડિયામણ બચાવી શકાય. એ રીતે દોઢથી બે કરોડ રૂપિયાની કલાઈ બચી શકે અને એકંદરે ૫૦,૦૦૦થી ૭૫,૦૦૦ ટન જેટલા વજનનો ભંગાર પ્રોસેસ કરવો પડે, જે સહેલાઈથી મળી શકે.

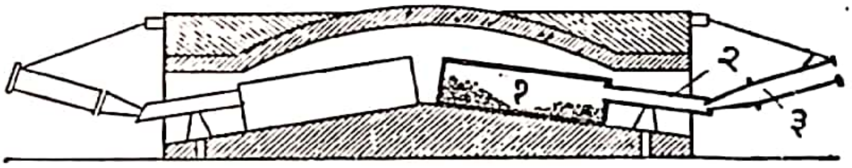
પતરાં ઉપરથી કલાઈ ઉતારવા માટે પરદેશોમાં આલ્કલી-કેમિકલ પદ્ધતિ વપરાય છે. તેમાં, ગરમ કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં કોઈક ઑક્સિડાઈઝિંગ પદાર્થની હાજરીમાં પતરાંનો ભંગાર નાખવામાં આવે છે. પતરાં ઉપરથી કલાઈ દ્રાવણમાં ઓગળી જાય છે અને સોડિયમ સ્ટેનેટ નામનો પદાર્થ મળે છે. તેના દ્રાવણનું વીજપૃથક્કરણ કરવાથી કલાઈ મળી આવે છે.

ભારતમાં સેન્ટ્રલ ઈલેક્ટ્રો-કેમિકલ રિસર્ચ ઈન્સ્ટિટ્યૂટ (કારાઈકુડી)માં કલાઈ ઉતારવાની એક ઍસિડ-કેમિકલ પદ્ધતિ શોધી કાઢવામાં આવી છે. તેમાં ખનિજ ઍસિડના દ્રાવણમાં ભંગાર કે સ્ક્રૅપ નાખવામાં આવે છે. ઊતરી ગયેલી કલાઈ વાદળીના લોચા જેવા સ્વરૂપે દ્રાવણ ઉપર તરી આવે છે. આ રીતે ૯૦થી ૯૫ ટકા જેટલી કલાઈ ટિનપ્લેટના ભંગારમાંથી પાછી મેળવી શકાય છે. આ પદ્ધતિ સાદી તેમ જ સસ્તી છે.

જસત (zinc) સંબંધે જૂના ઉલ્લેખ ઘણા મળી આવે છે. ઈ. સ. પૂર્વે ૬૫૦ના પ્રાચીન આસીરિયાના અવશેષોમાંથી શિલાલેખો મળી આવ્યા છે. તેમાં જસતના ખનિજ સંબંધી નોંધ મળે છે. તાંબામાંથી પિત્તળ બનાવવા માટે આ જ ખનિજ વપરાતું. રાતા રંગના તાંબામાંથી જસતની મદદ વડે પીળા રંગનું પિત્તળ બનતું. એટલે જસતના ખનિજને કેટલાક ભોળા કીમિયાગર પારસમણિ તરીકે ગણતા!

જસતને એક સ્વતંત્ર ધાતુ તરીકેનું નિરાળું અસ્તિત્વ ઈ. સ. ૧૬૯૭માં મળ્યું. તેના ખનિજમાંથી ધાતુ કાઢવાની શરૂઆત છેક ઈ. સ. ૧૭૩૦માં થઈ. જૂના રાસાયણિક સાહિત્યમાં જસત માટે 'સ્પેલ્ટર' શબ્દ વપરાતો. હજી પણ અશુદ્ધ જસત સ્પેલ્ટર કહેવાય છે.

હિંદુસ્તાનમાં જસતનાં ખનિજ નીકળતાં નથી. રજપૂતાનામાં તાંબાની ખાણો ચાલતી ત્યારે કાંસું બનાવાતું પણ પિત્તળ અંગે કશો ઉલ્લેખ મળતો નથી. બ્રહ્મદેશમાં જસતનાં ખનિજ પુષ્કળ નીકળે છે. ખનિજમાંથી ધાતુ કાઢવાની રીત સાદી છે. ખનિજને ખુલ્લામાં ભૂંજવાથી જસતનો



જસત પકવવાની ભઠ્ઠી
(૧. જસતની કાચી ધાતુ ૨. જસત ૩. જસતની ભૂકી)

ઑક્સાઈડ બને છે. તેને કોલસાની ભૂકી સાથે મેળવીને ગરમ કરવાથી જસત જુદું પડે છે. છેલ્લા બે દશકાઓ થયાં વીજળી વડે જસત કાઢવાની રીત વિશેષ પ્રચલિત થતી જાય છે. જસતના ઑક્સાઈડને ગંધકના તેજાબમાં ઓગાળી તેમાં વીજળીનો પ્રવાહ પસાર કરવાથી જસત છૂટું પડે છે. વિદ્યુત-વિભાજનની આ પદ્ધતિનો ફાયદો એ છે કે આ રીત વડે વિશેષ શુદ્ધ જસત મળે છે. જસતના સ્ફટિકો ષટ્કોણી પ્રિઝમ (prism) આકારના હોય છે. જસત ૪૨૦°સે. ઉષ્ણતામાને પ્રવાહી બને છે અને ૯૦૭°સે. ઉષ્ણતામાને ઊકળે છે. જસતના વાસણમાં પાણી ભરી રાખવાથી જસત પાણીમાં ઓગળે છે. આપણા રોજિંદા વપરાશની અનેક બનાવટમાં જસતનો ઉપયોગ રોજબરોજ વધતો જાય છે.

ઓછા પ્રમાણમાં જસતવાળી મિશ્ર ધાતુઓમાં ગિલ્ડિંગ મેટલ (૩–૮ ભાગ જસત), તોમ્બાક (૧૦–૧૮ ભાગ જસત) અને પિન્ચબેક (૭–૧૧ ભાગ જસત) વપરાય છે. જસતનો મુખ્ય ઉપયોગ લોહનાં પતરાં ગૅલ્વેનાઈઝ બનાવવામાં થાય છે. નળ માટે વપરાતી પાઈપો પણ જસતથી ગૅલ્વેનાઈઝ કરવામાં આવે છે.

જીવ-રાસાયણિક ક્રિયાઓમાં જસત કોઈ અગત્યનો ભાગ લેતું લાગતું નથી. પણ એ નોંધવું જોઈએ કે સાપના ઝેરમાં ૦.૧૧ થી ૦.૫૬ ટકા જસતના સંયુક્ત પદાર્થો હોય છે.

મૅગ્નેશિયમ અને ઍલ્યુમિનિયમ

આધુનિક કાળમાં ધાતુઓમાં પોલાદ અને ગજવેલ અગ્રસ્થાને છે. મૅગ્નેશિયમ અને ઍલ્યુમિનિયમ એ બે ધાતુઓ હવે પોલાદનું સ્થાન લેવા લાગી છે. તેની મિશ્રધાતુઓ વજનમાં હલકી

હોવા સાથે પોલાદની મજબૂતી અને બીજા ઈષ્ટ ગુણો ધરાવે છે. જર્મની, ઈંગ્લાંડ અને અમેરિકામાં તો છેલ્લી પચીસીમાં મૅગ્નેશિયમમાંથી તૈયાર કરેલી મિશ્રધાતુઓ મબલક વપરાવા લાગી છે. પોલાદનું સ્થાન લેનાર તરીકે મૅગ્નેશિયમ અને ઍલ્યુમિનિયમની મહત્તા પુરવાર થઈ છે.

મૅગ્નેશિયમ ઍલ્યુમિનિયમથી પણ હલકી ધાતુ છે. વિમાનોના ભાગોની બનાવટમાં, આધુનિક યુદ્ધ સંચાલનમાં તેનો ઉપયોગ પુષ્કળ થાય છે. મૅગ્નેશિયમમાં ઝિર્કોનિયમ અને થોરિયમ જેવી વિરલ ધાતુ ઉમેરવાથી બનતી મિશ્રધાતુ યુદ્ધકાળમાં આગિયા બૉમ્બમાં વપરાતી. ત્રણ દશકા પૂર્વે તેના ઉપયોગો તદ્દન નજીવા હતા.

મૅગ્નેશિયમ ધાતુ તેનાં સંયોજનો રૂપે પૃથ્વીની સપાટી પર સર્વત્ર વેરાયેલી મળી આવે છે. તેનાં ખનિજો પૈકી મૅગ્નેસાઈટ, ડોલોમાઈટ અને કાર્નાલાઈટ ઉદ્યોગમાં ઉપયોગી છે. ગરમી વડે ઓગાળેલા મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઈડમાં વીજળીનો પ્રવાહ પસાર કરતાં આ ધાતુ છૂટી પડે છે. કૅનેડામાં શોધાયેલી એક નવી પદ્ધતિ મુજબ ડોલોમાઈટ અને લોહયુક્ત સિલિકોનનું મિશ્રણ કરી તેને ભઠ્ઠીમાં પૅક કરી ગરમ કરતાં, મૅગ્નેશિયમ તેની બાષ્પરૂપે જુદું પડી ભઠ્ઠીના મોં આગળ જમા થાય છે. આ રીતનો ફાયદો એ છે કે મૅગ્નેશિયમના ઓછા પ્રમાણવાળાં અશુદ્ધ ખનિજોમાંથી પણ મૅગ્નેશિયમ કાઢી શકાય છે. મૅગ્નેશિયમ હલકી ધાતુ હોવા છતાં ખૂબ મજબૂત છે. વળી તેને કાટ ચડતો નથી. ૩ ટકા મીઠાના દ્રાવણમાં છ વર્ષ સુધી તેને રાખવાથી માત્ર ઉપરની સપાટી પર થોડો કાટ જણાય છે. મૅગ્નેશિયમનો ઉપયોગ યુદ્ધ સમયે આગિયા બૉમ્બ બનાવવામાં અને યુદ્ધ બાદ બૅટરી અને ડ્રાય સેલની બનાવટમાં જસતને સ્થાને થવા લાગ્યો છે.

વીજળીની તેમ જ બીજી ભઠ્ઠીઓના બાંધકામમાં વપરાતી ઈંટો મૅગ્નેસાઈટ ખનિજમાંથી બનાવાય છે. આ ઈંટો ખૂબ ગરમી સામે ટકી શકે છે. સામાન્ય ઈંટો ગરમી લાગતાં ભર ભર ભૂકો થઈ જાય છે. ગરમી સહી શકે એવી ઉષ્ણતા-રોધક ઈંટો 'રિફ્રેક્ટરી' ઈંટો કહેવાય છે. મૅગ્નેસાઈટ કરતાં ડોલોમાઈટ કુદરતમાં વિશેષ મળી આવે છે. બાંધકામમાં પથ્થર તરીકે તેનો ઉપયોગ જાણીતો છે. મૅગ્નેશિયમની નીચેની મિશ્રધાતુઓ ઉદ્યોગોમાં પુષ્કળ વપરાય છે.

મૅગ્નેશિયમ – ૧૦ ટકા મૅગ્નેશિયમ + ૯૦ ટકા ઍલ્યુમિનિયમ

ડયુરેલ્યુમિન – ૯૪.૪ ટકા ઍલ્યુમિનિયમ + ૦.૯૫ ટકા મૅગ્નેશિયમ + ૪.૧ ટકા તાંબું + ૦.૭૬ ટકા મૅંગેનીઝ (આને ૫૨૦ ડિગ્રીએ પાણી પાવાથી તેની સખતાઈ ખૂબ વધે છે.)

ઍલ્યુમિનિયમ સર્વત્ર મળી આવતી ધાતુઓ પૈકી એક છે. પૃથ્વીના પેટાળમાંથી મળતાં સર્વવ્યાપી મૂળતત્ત્વોમાં પ્રથમ બે ઑક્સિજન અને સિલિકોન પછી ત્રીજો નંબર ઍલ્યુમિનિયમનો આવે છે. માટી, સ્લેટ, અબરખ વગેરે ઉપયોગી ખનિજોમાં ઍલ્યુમિનિયમ તેના સિલિકેટ રૂપે છે. ફટકડીને રોમન ભાષામાં ઍલ્યુમેન કહે છે. આથી ઍલ્યુમેનનું તત્ત્વ ઍલ્યુમિનિયમ એવું આ ધાતુનું નામ રાખવામાં આવ્યું છે.

પૃથ્વીના પડમાં પુષ્કળ પ્રમાણમાં આવેલાં ઍલ્યુમિનિયમનાં ખનિજોમાંથી ધાતુ કાઢવાની રીત માંડ એક સૈકાથી શોધાઈ છે. ૧૮૨૫માં જર્મન વૈજ્ઞાનિક વોહલરે આ ધાતુ છૂટી પાડવામાં ફતેહ મેળવી. ૧૮૭૮માં ફ્રાંસમાં ઍલ્યુમિનિયમ કાઢવાનો ઉદ્યોગ પગભર થયો. એ કાળે તેની કિંમત

દર કિલોગ્રામે ૩,૦૦૦ રૂપિયાથી પણ વિશેષ હતી. તેમાંથી ઘટીને તે રૂ. ૮૦ સુધી આવી ગઈ. ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઈડને સોડિયમ ધાતુ સાથે ગરમ કરી ધાતુ કાઢવામાં આવતી. ઈ. સ. ૧૮૮૩માં અમેરિકામાં ઓબર્લિન કૉલેજના પ્રોફેસર વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ ઍલ્યુમિનિયમના રસાયણનું વિવરણ કરી રહ્યા હતા. ભાષણ સમેટી લેતાં તેમણે ઉમેર્યું: "તમારામાંનો કોઈ જો આ ધાતુ સસ્તી રીતે મોટા પાયા પર તૈયાર કરી શકે તો તેમાં ધનના ઢગલા છે." વર્ગના વિદ્યાર્થીઓ પૈકી ચાર્લ્સ માર્ટિન હૉલે એ કામ ઉપાડી લીધું. ત્રણ વર્ષની જહેમત બાદ દુનિયાના મહાન રાસાયણિકો જે નહોતા કરી શકયા તે કરવામાં આ યુવાન વિદ્યાર્થી સફળ થયો. તેણે ઍલ્યુમિનિયમના ખનિજ બૉક્સાઈટ (અલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડ)માંથી વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ છૂટી પાડી. બૉક્સાઈટમાં અનેક અશુદ્ધિઓ હોય છે. એટલે તેનો ધાતુશોધન માટે ઉપયોગ કરતાં પહેલાં તેમાંથી શુદ્ધ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડ (ઍલ્યુમિના) બનાવવો પડે

ચાર્લ્સ માર્ટિન હૉલ [૧૮૬૩–૧૯૧૪]

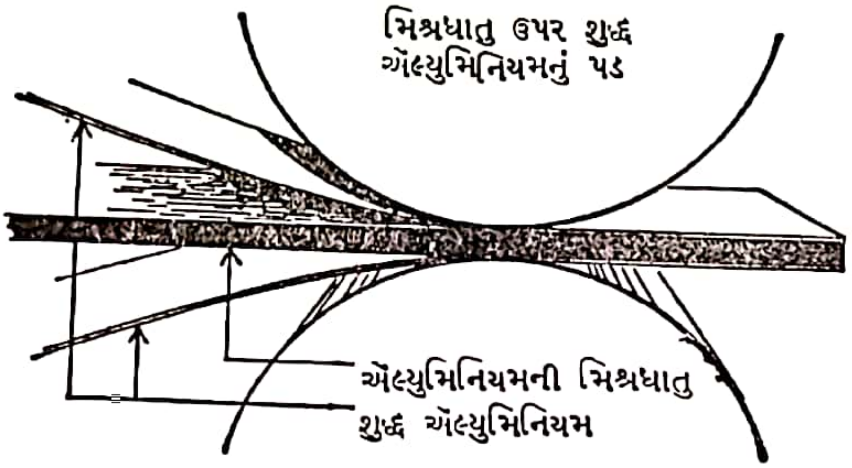
આ માટે બૉક્સાઈટને ગરમીમાં સોડા સાથે લાલચોળ બને ત્યાં સુધી શેકવાથી તેમાં રહેલ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડનું સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટમાં રૂપાંતર થાય છે. આ ક્ષાર પાણીમાં દ્રાવ્ય છે, એટલે તેને અશુદ્ધિઓમાંથી ગાળી લેવામાં આવે છે. આ દ્રાવણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુ છોડવાથી શુદ્ધ ઍલ્યુમિનિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડ છૂટો પડે છે. એ હાઈડ્રૉક્સાઈડને ગરમ કરવાથી પાણી નીકળી જાય છે અને શુદ્ધ ઑક્સાઈડ બને છે. તેને ગરમ ક્રાયોલાઈટમાં ઓગાળી, કાર્બનના ઈલેક્ટ્રોડ વાપરી તેનું વિદ્યુત-વિભાજન કરવાથી ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ છૂટી પડે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ સામાન્ય રીતે નરમ અને હલકું હોવા છતાં તેની મિશ્રધાતુઓ પોલાદ જેવી કઠણ, કલાઈ જેવી ચકચકિત, જસત જેવી ટકાઉ અને તાંબા જેવી વિદ્યુતવાહક હોય છે. તાંબામાં ૪-૧૧ ટકા જેટલું ઍલ્યુમિનિયમ ઉમેરી ઍલ્યુમિનિયમ બ્રૉન્ઝ નામે એક નવા પ્રકારનું કાંસું બનાવવામાં આવે છે. તેમાં કલાઈ મુદ્દલ હોતી નથી.

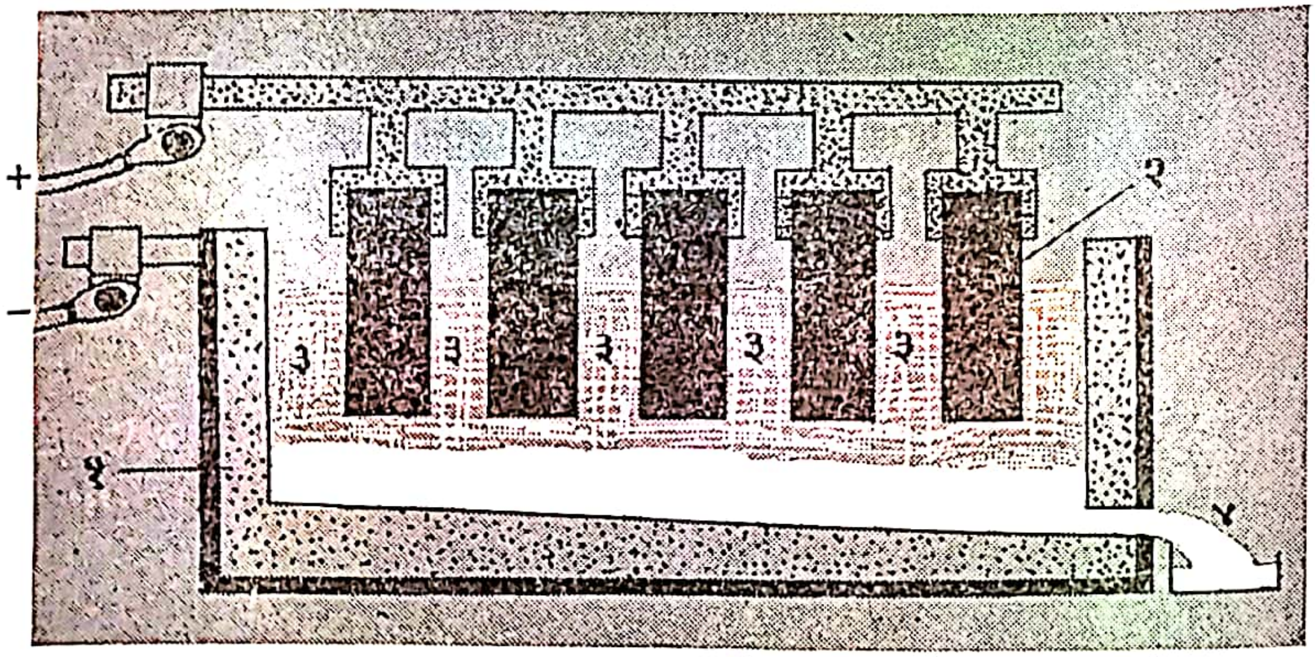
ઍલ્યુમિનિયમની ઉપયોગી મિશ્રધાતુઓમાં મૅગ્નેશિયમ, ડયુરેલ્યુમિનનો ઉલ્લેખ આગળ આવી ગયો. ઍરોપ્લેનની બનાવટમાં આ મિશ્રધાતુઓ વપરાય છે. ઍલ્યુમિનિયમ ઉપર કેટલાંયે રસાયણો અને વાયુઓની અસર થતી નથી. આથી દારૂ ગાળવામાં અને પેટ્રોલિયમના શુદ્ધીકરણમાં ઍલ્યુમિનિયમનાં વાસણો અને સરંજામ વપરાય છે. સામાન્ય ઉપયોગમાં સિગારેટ, ચૉક્લેટ, મીઠાઈ

વગેરેને વીંટાળવા માટે ઍલ્યુમિનિયમનાં પાતળાં પતરાંનો ઉપયોગ વધતો જાય છે. ભારતમાં તાંબું બહુ ઓછું નીકળે છે. તે પરદેશથી મંગાવવું ન પડે એ દૃષ્ટિથી તારનાં દોરડાં, ડાઈનેમા અને

ઍલ્યુમિનિયમની મિશ્રધાતુને કટાતી અટકાવવા તેના ઉપર શુદ્ધ
ઍલ્યુમિનિયમનું પડ ચડાવવામાં આવે છે.



મોટરની કૉઈલો વગેરેમાં ઍલ્યુમિનિયમના તારનો ઉપયોગ શરૂ થયો છે. રૉકેટમાં ઘન બળતણ તરીકે ઍલ્યુમિનિયમના પાઉડરનો ઉપયોગ અન્ય બળતણ સાથે કરવામાં આવે છે. આપણા દેશમાં ઍલ્યુ-મિનિયમ દાખલ કરનાર મદ્રાસની એન્જિનિયરિંગ કૉલેજના પ્રોફેસર સર આલ્ફ્રેડ ચેટર્ટન હતા. તેમણે ૧૮૯૮માં મદ્રાસની આર્ટ સ્કૂલમાં વાસણો અને બીજો સામાન તૈયાર કરવાનું કારખાનું કાઢ્યું: ૧૯૦૦માં ઇન્ડિયન ઍલ્યુમિનિયમ કંપનીએ ચેટર્ટનનું કામ લઈ લીધું.



[૧. કાર્બનના અસ્તરવાળો ડબ્બો ૨. કાર્બનના સળિયા ૩. પિગાળેલા ક્રાયોલાઇટમાં ઓગળેલો ઍલ્યુ-મિનિયમનો ઑક્સાઇડ ૪. પીગળેલા ઍલ્યુમિનિયમનો રસ.]
ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડના વિદ્યુત-વિભાજન દ્વારા ઍલ્યુમિનિયમ-ઉત્પાદન

ઍલ્યુમિનિયમના ઉદ્યોગમાં બૉક્સાઈટ અને સસ્તી વીજળીની ખાસ જરૂર રહે છે. આપણા દેશમાં ઘણી જગ્યાએ બૉક્સાઈટ સુપ્રાપ્ય છે. તાતા, મૈસૂર અને બીજી કંપનીઓ ધોધના પાણી દ્વારા સસ્તી વીજળી પેદા કરે છે. એટલે આ દિશામાં વિશેષ ખિલવણીની શક્યતાઓ સારી છે. સ્વાતંત્ર્યપ્રાપ્તિ બાદ ઍલ્યુમિનિયમ કાઢવાનાં કારખાનાંઓ આપણા દેશમાં શરૂ થયાં છે.

ઍલ્યુમિનિયમના વાસણમાં મીઠું રાખવાથી તેમાં કાણાં પડે છે. આને સાંધવાં મુશ્કેલ છે, તાંબાપિત્તળની ચીજો પેઠે તેને રેણ થઈ શકતું નથી. પણ દિલ્હીની સાયન્ટિફિક અને ઈન્ડસ્ટ્રિયલ સંશોધન કાઉન્સિલના ભૂતપૂર્વ નિયામક સ્વ. ડૉ. શાંતિસ્વરૂપ ભટનાગર અને શ્રી સુંદરરાવે ઍલ્યુ-મિનિયમ સાંધવા નીચે મુજબનું રેવણ શોધી કાઢ્યું છે. ટંકણખાર (બોરેક્સ) ૫.૧ ભાગ, પોટેશિયમ ક્લોરાઈડ ૨૫ ભાગ, મીઠું ૨૫ ભાગ, ટિટેનિયમ ડાયૉક્સાઈડ ૨.૫ ભાગ અને સૉડિયમ બાયસલ્ફાઈટ ૧૧.૩ ભાગ—એ બધી ચીજોનું મિશ્રણ કરીને સાંધા પર મૂકી ૬૦૦°સે. ઉષ્ણતામાને ગરમ કરવાથી ઍલ્યુમિનિયમને રેણ કરી શકાય છે, અને ઍલ્યુમિનિયમ સંધાઈ જાય છે. ઍલ્યુમિનિયમનું પતરું ૩.૫ મિલીમીટર જેટલું જાડું હોય ત્યાં સુધી આ રેણ સરસ કામ આપી શકે છે. બહુ પાતળાં પતરાંને સાંધવામાં મુશ્કેલી પડે છે અને રેવણ નકામું પડે છે.

મોનાઝાઈટ રેતી અને કેટલીક વિરલ ધાતુઓ

સિગારલાઈટરથી તો આજે કોણ અજાણ્યું હશે? જૂના કાળમાં આ કામ માટે ચકમક વપરાતો. આથી સિગારલાઈટરમાં તણખો પેદા કરનાર પદાર્થને ચકમક ગણવામાં આવે છે. પરંતુ વસ્તુતઃ એ એક મિશ્રધાતુ છે. તેમાં લોઢા ઉપરાંત સીરિયમ ધાતુનું મેળવણ હોય છે.

આ સીરિયમ મેળવવાનું મુખ્ય સાધન મોનાઝાઈટ નામની કુદરતી રેતી છે. સામાન્ય રેતી કરતાં આ રેતી વિશિષ્ટ પ્રકારની છે અને દુનિયામાં માત્ર બે જગ્યાએ જ મળે છે. આ રેતીમાં સીરિયમ ઉપરાંત બીજી ધાતુઓ પણ આવેલી છે. આ રેતી એક વિશિષ્ટ ગુણ ધરાવે છે. તે રેડિયોઍક્ટિવ છે. આ બાબતમાં આપણો દેશ નસીબદાર છે. ત્રાવણકોરના દરિયાકાંઠે મોનાઝાઈટ રેતીનાં મોટાં ભરાણો આવેલાં છે. દુનિયાને તેની જરૂરિયાતનો લગભગ ૯૦ ટકા જેટલા જથ્થો માત્ર ત્રાવણકોર પૂરો પાડે છે. બાકીનામાં બ્રાઝિલ અને ઈસ્ટ ઈન્ડીઝ ટાપુઓ આવે છે. રડયાંખડયાં સ્થળોએ જ નીકળની હોવાથી આ રેતી 'મોનાઝાઈટ' કહેવાય છે. ગ્રીક ભાષામાં મોનાઝાઈટ એટલે 'એકાકી રહેવું' એવો અર્થ થાય છે.

આ રેતી લોઢાની માફક લોહચુંબકીય છે. એટલે તેને બીજા પદાર્થોમાંથી છૂટી પાડવા લોહચુંબકીય રીતો વાપરવામાં આવે છે.

આ રેતી કેટલીય વિરલ ધાતુઓના ફૉસ્ફેટોનું મિશ્રણ છે. સીરિયમ ઉપરાંત થોરિયમ, લેન્થાનમ, નિયોડિયમ, ફ્રેસિયોડિયમ, ડીડાઈમિયમ અને બીજી ઉપયોગી વિરલ ધાતુઓ મેળવવાનું મુખ્ય સાધન મોનાઝાઈટ રેતી છે. મેઝોથોરિયમ નામનું રેડિયોઍક્ટિવ તત્ત્વ પણ તેમાંથી નીકળે છે. ડિડાઈડીમિયમવાળાં ચશ્માં પહેરનારની આંખને પ્રકાશના ઝગમગાટથી નુકસાન થતું નથી. એટલે વેલ્ડિંગ અને ભઠ્ઠી આગળ કામ કરનારા કામદારોની આંખોનું રક્ષણ કરવા આવા કાચનાં ચશ્માં વપરાય છે. પેટ્રોમૅક્સની બત્તીઓમાં વપરાતા મેન્ટલની બનાવટમાં ઉપયોગી થોરિયમ નાઈટ્રેટ

બનાવવા મોનાઝાઈટ રેતી ઉપયોગી છે. વીજળીના ગોળાઓમાં વપરાતો ટંગ્સ્ટન ધાતુનો તાર પણ થોરિયમની સાથે મેળવીને બનાવાય છે. મોનાઝાઈટમાંથી હેલિયમ વાયુ નીકળે છે. (એક ગ્રામ રેતીમાંથી એક ઘન સેન્ટિમીટર વાયુ મળે છે.)

મોનાઝાઈટ રેતીમાં રહેલાં રેડિયો-ઍક્ટિવ તત્ત્વોને કારણે પરમાણુશક્તિ માટે એનો ઉપયોગ કરવા સંશોધન ચાલુ છે. આથી તેનું મહત્ત્વ વધી ગયું છે. યુદ્ધમાં તેમ જ શાંતિકાળમાં આ રેતી વૈજ્ઞાનિક જગતમાં વિશિષ્ટ સ્થાન પ્રાપ્ત કરી ચૂકી છે.

ટંગ્સ્ટન, ટિટેનિયમ, ટેન્ટાલમ, ઝિર્કોનિયમ, મૉલિબ્ડેનમ અને વેનેડિયમ 'વિરલ ધાતુઓ' કહેવાય છે. એ ઉપરથી કદાચ એવો ખ્યાલ આવે કે એ અત્યંત જૂજ પ્રમાણમાં મળતી હશે, અને આપણા રોજિંદા જીવનમાં બહુ ખપની નહીં હોય—પણ પરિસ્થિતિ એથી ઊલટી છે. આ ધાતુઓનાં ખનિજ બીજી સુલભ ગણાતી સામાન્ય ધાતુઓના કરતાં પૃથ્વીમાંથી વિશેષ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. ઝિર્કોનિયમ તાંબા કરતાં બેત્રણગણું અને સીસા કરતાં તેર ગણું વધારે નીકળે છે. ગેલિયમ ધાતુનાં ખનિજ તો રૂપા કરતાં દોઢસો ગણાં વધારે મળી આવે

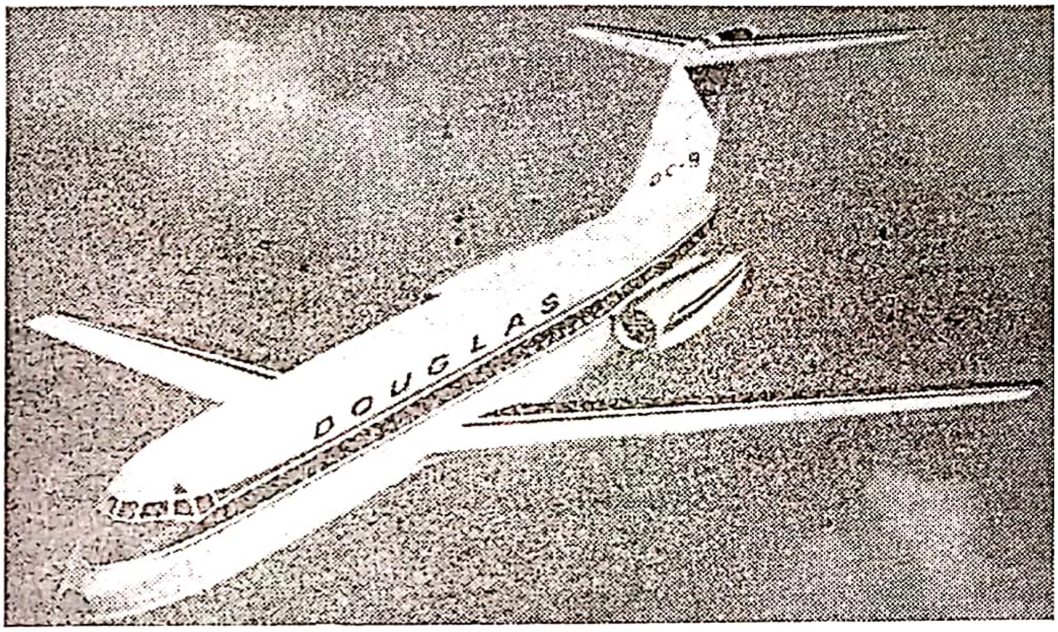
આ વિરલ કહેવાતી ધાતુઓ વિશેષ પ્રચારમાં નહોતી એનાં કારણોમાં એક તો તેમનાં ખનિજોમાંથી એ ધાતુઓ સહેલાઈથી ને સસ્તી રીતે કાઢી શકાતી નથી; અને બીજું એ કે પ્રચલિત ધાતુઓની સરખામણીમાં તેમના ધાતુઈ ગુણધર્મ કેટલીક વાર નબળા જોવા મળે છે. છતાં કેટલાયે ઉદ્યોગોમાં તેમની ઉપયોગિતા સિદ્ધ થઈ ચૂકી છે. જૂની ધાતુઓને બદલે નવી ધાતુઓ વિશેષ મહત્ત્વની બનતી જાય છે.

ટંગ્સ્ટનનું ઉપયોગી ખનિજ વુલ્ફ્રામ કલાઈનાં ખનિજોની સાથે નીકળે છે. આ ઉપરાંત શલાઈટ અને ફર્બેરાઈટ પણ તેનાં ખનિજો છે. વુલ્ફ્રામની પેદાશ દુનિયામાં સૌથી વિશેષ ચીનમાં અને બ્રહ્મદેશમાં છે. ટંગ્સ્ટન ધાતુ કાઢવા ટંગ્સ્ટિક ઍસિડને કોલસા સાથે મેળવી હાઈડ્રોજન વાયુમાં લાલચોળ તપાવવામાં આવે છે. ટંગ્સ્ટનનો ઉપયોગ પોલાદના ઉદ્યોગમાં થાય છે એ ઉલ્લેખ આગળ આવી ગયો છે.

ઈ. સ. ૧૭૯૦માં એક અંગ્રેજ પાદરી રેવ. વિલિયમ ગ્રેગરે ઇલ્મેનાઈટ નામના એક ખનિજમાં ટિટેનિયમ નામની એક નવી ધાતુનું અસ્તિત્વ શોધી કાઢ્યું. પોણાબસો કરતાં વધારે વર્ષોથી જાણીતી આ ધાતુ અન્ય ધાતુઓની સરખામણીમાં અત્યાર સુધીમાં એટલી ઉપયોગી નીવડી નહોતી. માત્ર રસાયણના અભ્યાસીઓને એક અભ્યાસના વિષયરૂપ રહી હતી. પરંતુ જેટ વિમાનના આ જમાનામાં આ ધાતુ ચાવીરૂપ બની ચૂકી છે. જેટ વિમાનોની બનાવટમાં વપરાતી ધાતુઓની બાબતમાં તેની મહત્તા અદ્વિતીય ગણાય છે.

કુદરતમાં ટિટેનિયમ ખૂબ મળી આવે છે. મૂળતત્ત્વોમાં તેનો નંબર નવમો છે, અને ધાતુઓમાં તેનું સ્થાન ચોથું છે. લોહ, ઍલ્યુમિનિયમ અને મૅગ્નેશિયમ પછી તેનો નંબર આવે છે. ઈ. સ. ૧૯૪૭માં ટિટેનિયમનું ઉત્પાદન માત્ર ૨ ટન જેટલું હતું. ૧૯૫૪માં એ આંકડો ૫૦૦૦ ટન પર્યંત પહોંચી ગયો છે.

કુદરતમાંથી પુષ્કળ મળી આવતી આ ધાતુનાં મુખ્ય ખનિજો રુટાઈલ અને ઈલ્મેનાઈટ. ઈલ્મેનાઈટ કાળો મેશ કોલસા જેવો હોય છે. ત્રાવણકોરમાંથી તે પુષ્કળ નીકળે છે. દુનિયાના દેશોને લગભગ



જેટ વિમાનના ઉત્પાદનમાં ટિટેનિયમ ધાતુ ચાવીરૂપ બની રહે છે.

૯૮ ટકા ઈલ્મેનાઈટ એકલું ત્રાવણકોર પૂરું પાડે છે. ત્યાર પછી નૉર્વેનો નંબર આવે. નવાઈની વાત એ છે કે આ કાળા પદાર્થમાંથી સુંદર સફેદ રંગ બને છે. મહારાષ્ટ્ર રાજ્યના રત્નાગિરી જિલ્લામાંથી ઈલ્મેનાઈટનું ખનિજ મળી આવ્યું છે. આ ખનિજમાં ૨૭થી ૭૫ ટકા પર્યંત ઈલ્મેનાઈટ છે એમ માલૂમ પડયું છે.

રુટાઈલ ઑસ્ટ્રેલિયામાં પુષ્કળ નીકળે છે. તેનાથી ઓછા પ્રમાણમાં બ્રાઝિલ, અમેરિકા અને નૉર્વે વગેરે દેશોમાં નીકળે છે. રુટાઈલ સફેદ પદાર્થ છે. ચિનાઈ માટીનાં વાસણોને મીનો ચડાવવા માટે તે ખૂબ વપરાય છે. બનાવટી દાંતને કુદરતી રંગનો ઓપ ચડાવવા માટે પણ તેનો ઉપયોગ થાય છે.

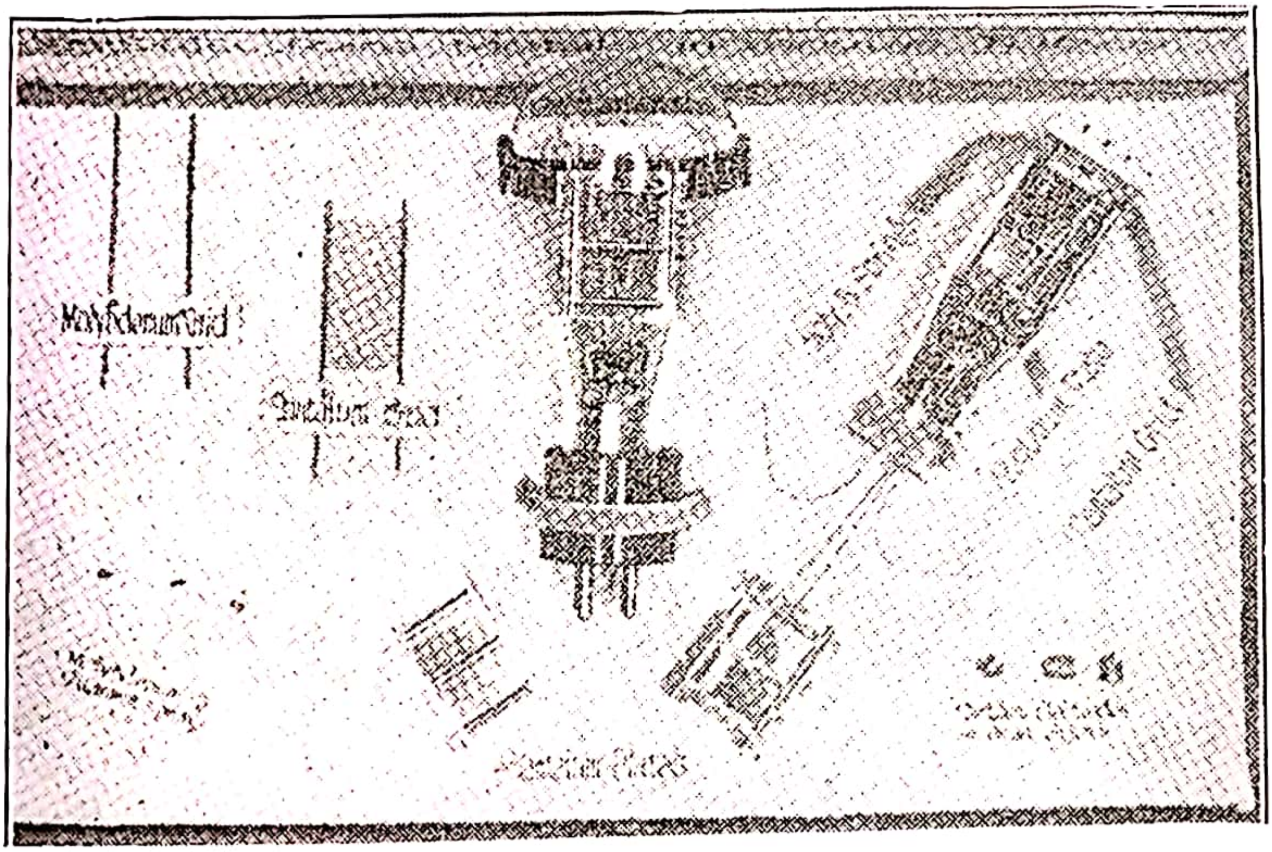
ટિટેનિયમ ધાતુ આ ખનિજોમાંથી કાઢવામાં આવે છે. ખનિજોને સાફ કરી તેમાં રહેલો ટિટેનિયમ ડાયૉક્સાઈડ સંકેન્દ્રિત કરવામાં આવે છે અને તેને કાર્બન સાથે વીજળીની ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરવાથી કાર્બનયુક્ત ટિટેનિયમ બને છે. શુદ્ધ ધાતુ બનાવવી હોય તો ડાયૉક્સાઈડને કૅલ્શિયમ ધાતુ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

આ થઈ એક રીત. બીજી રીત પણ પ્રચલિત છે. તેમાં પ્રથમ ટિટેનિયમ ડાયૉક્સાઈડમાંથી ટિટેનિયમ ક્લોરાઈડ તૈયાર કરવામાં આવે છે. આ ક્લોરાઈડને મૅગ્નેશિયમ ધાતુ સાથે ગરમ કરવાથી ટિટેનિયમ ધાતુ છૂટી પડે છે. તાજેતરમાં મૅગ્નેશિયમને બદલે સોડિયમ ધાતુ વાપરવાની પદ્ધતિ પ્રચલિત બની છે. આથી ટિટેનિયમ ધાતુનો "સ્પંજ" તૈયાર થાય છે, જેના છોલને ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરીને ટિટેનિયમ ધાતુના ગઠ્ઠા બનાવવામાં આવે છે.

ટિટેનિયમ ઍલ્યુમિનિયમ કરતાં માત્ર દોઢગણું વધારે ભારે છે. સ્ટેનલેસ સ્ટીલ જેટલી તેની મજબૂતી છે. વળી તેના પર કાટ ચડતો નથી તેમ જ તે ખવાઈ જતું નથી. તે એક તરફ લોઢાના અને બીજી બાજુ ઍલ્યુમિનિયમ જેવી હલકી ધાતુના ગુણો ધરાવે છે. ટિટેનિયમની મિશ્ર-ધાતુઓ સ્ટીલ જેવી મજબૂત પણ તેમના કરતાં અડધી ઘનતાવાળી હોય છે. ટિટેનિયમનું ગલનબિંદુ સ્ટીલ કરતાં ૨૦૦° સે. વધારે એટલે ૧૭૨૦° ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ છે. ઉપરના ગુણોને લઈને વિમાનોની બનાવટમાં તેનો ઉપયોગ વધતો જાય છે.

અત્યાર સુધી "ટિટેનિયમ સ્પાંજ"ની પેદાશ અમેરિકા અને જાપાનનો એકહથ્થુ ઈજારો હતો. બંને દેશોએ પોતાનું ઉત્પાદન ખૂબ વધારી દીધું છે. હવે કૅનેડા પણ બજારમાં આવ્યું છે. રશિયા પણ આ ધાતુ બનાવે છે.

ઝિર્કોનિયમ ટિટેનિયમનો ભાઈ છે. તેના પર તેજાબોની અસર ન થતી હોઈ, ઍસિડપ્રૂફ સરંજામની બનાવટમાં તે ઉપયોગી છે. ઝિર્કોનિયમ સળગી ઊઠે તેવી ધાતુ છે. જો તેના સરખા કદના પાણીમાં તેને ન રાખવામાં આવે તો અતિભીષણ જ્વાળા સાથે ધડાકો થઈને તે સળગી ઊઠે છે. આગિયા બૉમ્બમાં તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો. ઍટમિક રિઍક્ટરમાં યુરેનિયમ અને થોરિયમ અનિવાર્ય હોવા છતાં તેમને વાપરવામાં મુશ્કેલી નડતી. રિઍક્ટરના ઊંચા ઉષ્ણતામાને આ ધાતુઓ પોચી પડી જતી. છેવટે તેમને ઝિર્કોનિયમથી મઢી લેવામાં આવી અને કામ સરળ બન્યું.



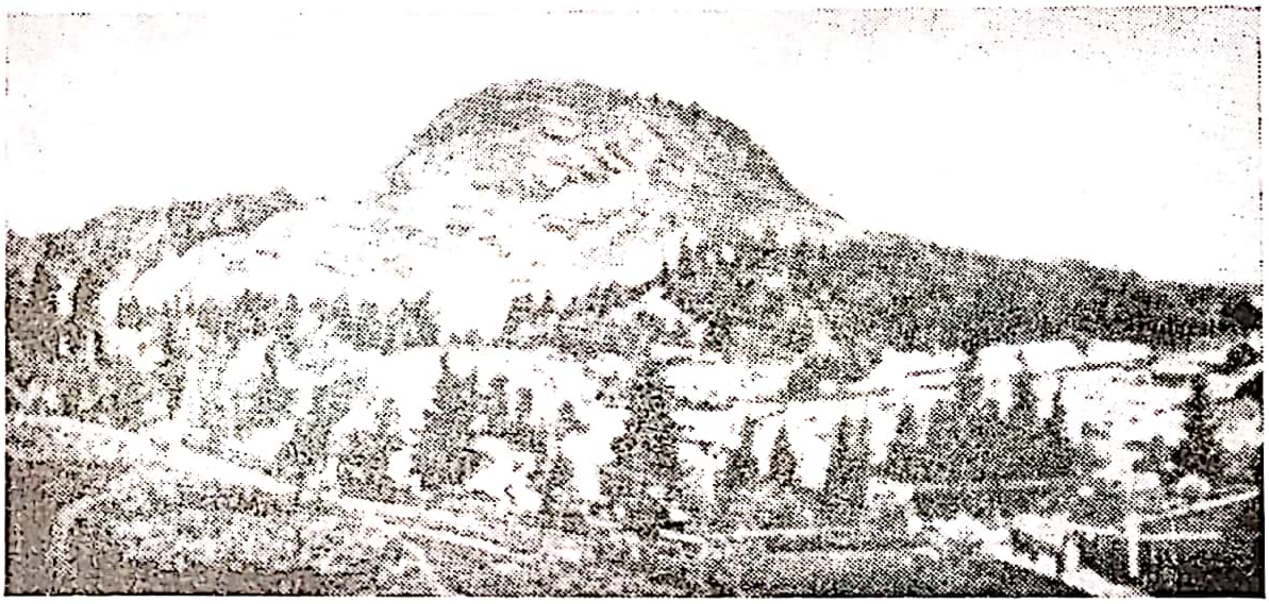
વેક્યુમ ટ્યૂબ (વાલ્વ)માં ટૅન્ટાલમ અને મૉલિબ્ડેનમનો ઉપયોગ

ટૅન્ટાલમ પરમાણુશક્તિનાં કારખાનાંઓમાં બાંધકામની ધાતુ તરીકે ઉપયોગી નીવડયું છે. ટૅન્ટાલમ વાઢકાપમાં ખૂબ વપરાય છે. કેમ કે તેના પર શરીરના પ્રવાહીઓની અસર થતી નથી. આથી

હાડકાંના પૂરક ભાગ તરીકે તેમ જ પ્લાસ્ટિક સર્જરીમાં તેના તાર-ટાંકા લેવા માટે વપરાય છે. બૅટરીથી ચાલતા રેડિયોસેટમાં રૅકિટફાયર સેલોમાં પણ તે વપરાય છે.

ટૅન્ટાલમનું ખનિજ ટૅન્ટાલાઇટ કઠણ, કાળું અને ભારે હોય છે. આપણા દેશમાં મૈસૂરથી કાશ્મીર સુધીમાં દશેક જગ્યાઓએ તે મળી આવે છે. તેની સાથોસાથ કોલમ્બિયમ ધાતુનું ખનિજ કોલમ્બાઇટ પણ એકસાથે નીકળતું જોવા મળે છે.

મૉલિબ્ડેનમ ધાતુ બાંધકામમાં ઘણી ઉપયોગી છે. તેમાંથી 'મૉલી-સ્ટીલ' તૈયાર કરવામાં આવે છે. તેનાં બે ઉપયોગી ખનિજો મૉલિબ્ડેનાઇટ અને વુલ્ફેનાઇટ મુખ્યત્વે અમેરિકા જ પૂરાં પાડે છે. મૉલિબ્ડેનાઇટ ગ્રૅફાઇટને મળતું આવે છે અને તેની સાથે મળી આવે છે.



લોહની ખાણ—ટાબર્ગ, સ્મોલૅન્ડ, સ્વીડન
[આ ખાણમાંથી નીકળતા લોહમાંથી સૅલ્ફસ્ટ્રૉમે વેનેડિયમ શોધી કાઢ્યું હતું]

વેનેડિયમ ધાતુ તરીકે ઉપયોગમાં આવતું નથી પણ ખાસ જાતના પોલાદની બનાવટમાં વપરાય છે. પેટ્રોનાઇટ, રોસ્કોલાઇટ, કાર્બોટાઇટ અને વેનેડિનાઇટ તેનાં મહત્ત્વનાં ખનિજો છે. આ ખનિજો પેરૂમાં કોલસા જેવી કાળી શિલાઓમાંથી મળી આવે છે. દુનિયાના ઉત્પાદનનો ૩૩ ટકા જેટલો હિસ્સો એ દેશ આપે છે.

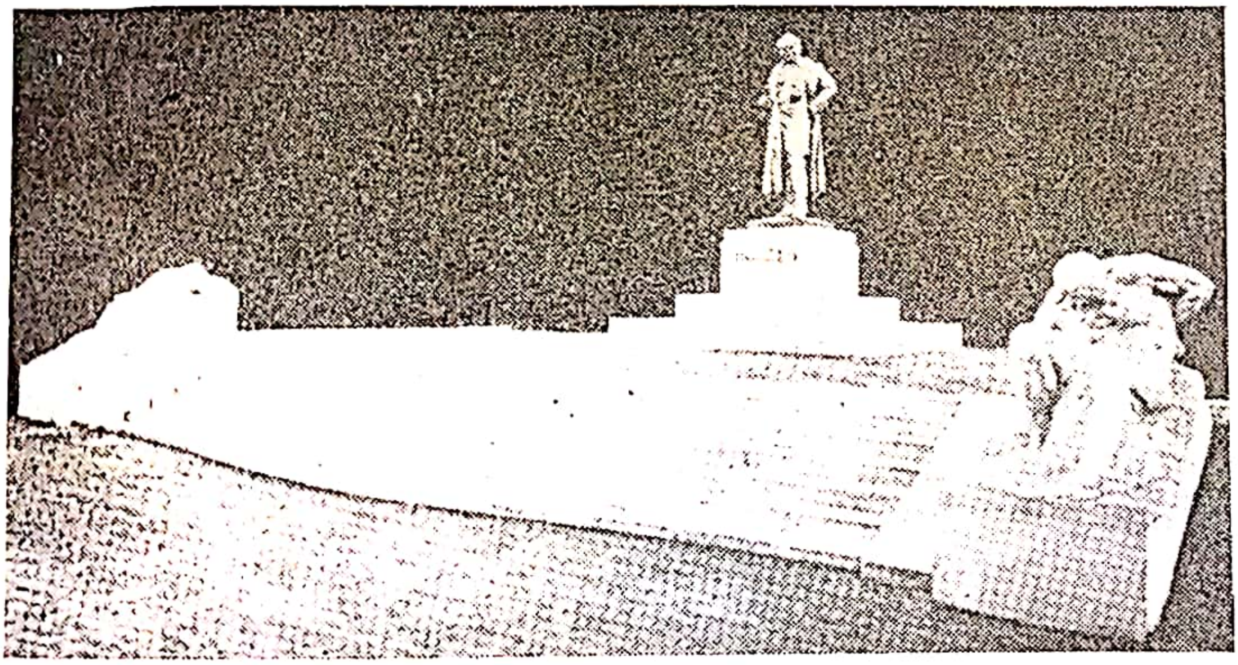
પૃથ્વીમાં રહેલા આગ્નેય ખડકોમાં તેના દસમા ભાગ જેટલી ટેલુરિયમ ધાતુ રહેલી છે. મધ્ય-યુરોપ, કોલોરેડો, બોલિવિયા તેમ જ જાપાનમાં તેનું ઉત્પાદન થાય છે. સામાન્યતઃ ટેલુરિયમની કાચી ધાતુને ગરમ કરવા ગંધકના જલદ તેજાબમાં ઓગાળવાથી ટેલ્યુરાઇટ બને છે. તેમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ પસાર કરવાથી ટેલુરિયમ ધાતુ છૂટી પડે છે.

$$H_2TeO_3 + 2SO_2 + H_3O \longrightarrow Te + 2H_3SO_4$$

આ ધાતુ સ્ફટિક તેમ જ અસ્ફટિક એ બંને સ્વરૂપે મળી આવે છે. આ ધાતુનો કોઈ ખાસ ઉપયોગ નહોતો. પરંતુ તાજેતરમાં થરમૉકપલમાં તે ઉપયોગી હોવાનું જણાયું છે.

બિસ્મથ અને ટેલુરિયમ ધાતુના છેડાને રેવણ કરી લેવાથી ઉત્તમ પ્રકારની થરમૉકપલ બનાવી શકાય છે. જ્યારે તેમના સાંધાને તપાવવામાં આવે છે ત્યારે ગરમીનું વિદ્યુતમાં રૂપાંતર થઈ જાય છે. વળી થરમૉકપલમાંથી વિદ્યુત પસાર કરવામાં આવે ત્યારે તેનો એકે છેડો અત્યંત ગરમ બની જાય છે, તો સામેનો છેડો એકદમ ઠંડો પડી જાય છે. આવા થરમૉકપલનો ઉપયોગ કરી બિલકુલ અવાજ ન કરે તેવા સાયલંટ રેફ્રિજરેટરો વિકસાવવામાં આવી રહ્યાં છે. તેમાં કોઈ પણ ભાગ હરતાફરતા નહીં હોય.

બહેરા માણસો કાનમાં હિયરિંગ એડ પહેરી રાખે છે. તેની બૅટરીનો પાવર ઊતરી જવાથી બરાબર સાંભળી શકાતું નથી અને વખતોવખત બૅટરી બદલવાની જરૂર પડે છે. આવી હિયરિંગ એડમાં થરમૉકપલ વાપરવા અંગે સંશોધન ચાલી રહ્યું છે. શરીરની સામાન્ય ગરમીથી એ થરમૉ-કપલ વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરશે અને એ વિદ્યુતથી હિયરિંગ એડ કામ આપશે. આથી હિયરિંગ એડમાં અન્ય કોઈ બૅટરીના પાવરની જરૂર રહેશે નહીં.



હિડનબર્ગમાં બન્સનનું સ્મારક

રૉબર્ટ વિલિયમ બન્સન
[૧૮૧૧–૧૮૯૯]
રૂબિડિયમના શોધક જેમણે કેકોડિલ (ϕCH_3COOK) સાથે પ્રયોગ કરતાં આંખ ગુમાવેલી.

આલ્ફ્રેડ
નોબેલ

[૧૮૩૩-૧૮૯૬]

વસિયતનામું

મારી વસૂલ કરી શકાય એવી બાકીની તમામ મિલકતની વ્યવસ્થા નીચે મુજબ કરવી.

મારી મિલકતના વહીવટકર્તાઓ તમામ રોકડ રકમને સલામત રહે એવી સિક્યુરિટીમાં રોકશે અને તેનું એક ફંડ બનાવશે જેના વ્યાજમાંથી, અગાઉના વર્ષમાં મનુષ્યજાતને મોટામાં મોટો લાભ થાય એવું કંઈ જે કોઈ કરી છૂટ્યા હોય તેમને વાર્ષિક ઇનામ વહેંચવામાં વપરાશે. ઉપરોક્ત વ્યાજના પાંચ સરખા ભાગ પાડવામાં આવશે અને તેની વહેંચણી નીચે મુજબ થશે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે સૌથી અગત્યની શોધ કે સંશોધન કર્યું હોય તેને તેમાંનો એક ભાગ; રસાયણક્ષેત્રે અગત્યની શોધ કે સુધારા કર્યા હોય તેવી વ્યક્તિને એક ભાગ, શરીરક્રિયાવિજ્ઞાન અને વૈદકના ક્ષેત્રે સૌથી વધુ અગત્યની શોધ કરનારને એક ભાગ, જે વ્યક્તિએ સાહિત્યના ક્ષેત્રે આદર્શની દૃષ્ટિ ધરાવતું નોંધપાત્ર સર્જન કર્યું હોય તેને એક ભાગ અને જે વ્યક્તિએ દેશ દેશ વચ્ચે ભાઈચારો સ્થાપવામાં, ખડા લશ્કરની નાબૂદી કે ઘટાડો કરવામાં અને શાંતિ સ્થાપવા અંગેનાં સંમેલનો દ્વારા સૌથી વધુ અગર ઉત્તમ કોટિનું કામ બજાવ્યું હોય તેને એક ભાગ આપવો.

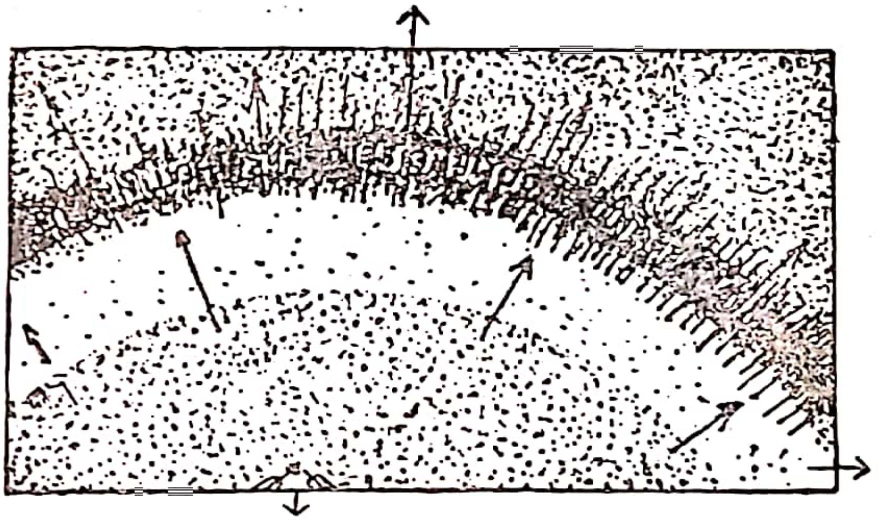
ભૌતિકવિજ્ઞાન અને રસાયણનાં ઇનામો સ્વીડનની એકેડેમી ઑફ સાયન્સ દ્વારા, શરીરક્રિયાવિજ્ઞાન અને વૈદક કામ અંગેનું ઇનામ સ્ટૉકહોમના કેરાલીન ઇન્સ્ટિટ્યૂટ દ્વારા, સાહિત્યનું ઇનામ સ્ટૉકહોમની એકેડેમી દ્વારા અને શાંતિના ચૅમ્પિયનને આપવાનું ઇનામ નૉર્વેજિયન સ્ટૉર્ટિંગે ચૂંટી કાઢેલા પાંચ માણસોના પંચ દ્વારા અપાશે. મારી ખાસ ઇચ્છા છે કે પારિતોષિકોનું વિતરણ કરવામાં ઉમેદવારોની રાષ્ટ્રીયતા ઉપર બિલકુલ લક્ષ આપવામાં નહીં આવે, જેથી સૌથી વધુ લાયક ઉમેદવાર પારિતોષિક મેળવી શકે; પછી ભલે તે સ્કેન્ડિનેવિયાનો હોય કે ન પણ હોય.

પૅરિસ, નવેમ્બર ૨૭, ૧૮૯૫

—**આલ્ફ્રેડ બર્નહાર્ડ નોબેલ**

૬ : સ્ફોટકો

ઉગ્ર અવાજ સહિત કોઈ પણ પદાર્થ તૂટે યા ફૂટે એટલે ધડાકો થયો કહેવાય. જ્યોત યા દહન તરીકે જાણીતી ક્રિયામાં પદાર્થ બળે છે પણ તેમાં અવાજ થતો નથી અને રાસાયણિક ક્રિયા એકસરખી રીતે ચાલે છે.



સ્ફોટક પદાર્થના ધડાકાથી ઉત્પન્ન થતાં દાબ-મોજાં

સ્ફોટક પદાર્થોને ગરમ કરતાં યા ફોડતાં વાયુઉત્પત્તિ સાથે ઝડપી રાસાયણિક ફેરફાર થવા પામે છે. તેમાંથી ઉત્પન્ન થયેલા વાયુનું કદ અતિશય વધારે થતું હોવાથી તે પુષ્કળ દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે. અને એ દબાણને કારણે ભયંકર ધડાકો થાય છે. એ ધડાકો હવામાં દાબ-તરંગ (pressure wave) ઉત્પન્ન કરી શકે છે.

સ્ફોટક બે પ્રકારના હોય છે. પ્રથમ પ્રકારના સ્ફોટકોમાં દારૂ, નાઈટ્રોસેલ્યુલોઝ જેવા પદાર્થોનો સમાવેશ થાય છે. આ પદાર્થો હળવા સ્ફોટકો તરીકે ઓળખાય છે. તેમને એક છેડેથી સળગાવીએ તો દર સેકંડે ૪૦૦ મીટર સુધીની લંબાઈએ તેની આગ પહોંચી જાય છે. આવા હળવા સ્ફોટકો નાનાં નાનાં કામોમાં તેમ જ શસ્ત્રોને દૂર સુધી ફેંકવા માટેનાં ધક્કાદાર પદાર્થ (propellant) તરીકે વપરાય છે.

સ્ફોટકોના બીજા વર્ગમાં ભારે સ્ફોટકોનો સમાવેશ થાય છે. તે જબરા ધડાકા સાથે ઝડપથી ફાટે છે. તેના ફાટવાથી ઉત્પન્ન થયેલાં દાબ-મોજાંનો વેગ એક સેકંડમાં ૧૦૦૦થી ૮૫૦૦ મીટર

જેટલો ઝડપી હોય છે. આ વર્ગમાં ડાયનેમાઈટ, સાઈક્લોનાઈટ, ટી. એન. ટી. જેવા પ્રબળ સ્ફોટકોનો સમાવેશ કરવામાં આવે છે. તેમાં ઉત્પન્ન થયેલા વાયુઓનું કદ મૂળ પદાર્થ કરતાં વીસ હજાર ગણુ વધી જાય છે.

પ્રથમ સ્ફોટક દારૂગોળાની શોધ ચીનમાં થઈ હતી. ત્યાંથી એ શોધ આરબો દ્વારા પશ્ચિમના દેશોમાં પહોંચી. બાબરે હિંદ પર ચડાઈ કરી ત્યારે તેણે ભારતમાં પહેલવહેલો દારૂગોળાનો ઉપયોગ કરેલો. સાતમા સૈકામાં 'ગ્રીક ફાયર' તરીકે ઓળખાતું ઝડપથી બળતું મિશ્રણ કૉન્સ્ટેન્ટિનોપલના રહેવાસીઓએ મુસલમાનો સામે પોતાના શહેરનો બચાવ કરવા વાપર્યું હતું. ૧૩મા સૈકામાં ગંધક, ડામર, નેપ્થા જેવા પદાર્થોનું ઝડપથી બળતું મિશ્રણ મુસલમાનોએ જેહાદો (crusades)માં વાપર્યું હતું. ઈતિહાસકારોએ તેનું વર્ણન આ પ્રકારે કર્યું છે: "ગર્જનાના અવાજ સહિત વીજળીની ગતિથી હવામાં ઊડતું, તથા ડુક્કરના જેવું જાડું પૂછડું ધરાવતા પાંખાળા જાનવર જેવું દેખાતું હતું."

પ્રથમ વાસ્તવિક સ્ફોટક 'દારૂગોળો' ક્યારે અને કોણે શોધ્યો એની તવારીખ ચોક્કસ નથી, પણ ૧૩મા સૈકામાં રોજર બેકનને નામે ભૂલથી એ શોધ ચડાવાય છે.

ઓગણીસમી સદીમાં ખાસ કરીને, વધારે ને વધારે શક્તિશાળી નવા સ્ફોટકો શોધવા, સ્ફોટકોમાં રહેલી પોટેન્શિયલ શકિતના મોટા ભંડારને સારી રીતે વાપરવા અને તેને કાબૂમાં રાખવા, અને શાંતિ તેમ જ યુદ્ધ બંનેમાં કામ લેવા પ્રયત્નો થયા. ઈ. સ. ૧૩૪૬ની ક્રેસીની લડાઈમાં અંગ્રેજોએ જે દારૂગોળો તોપોમાં વાપર્યો હતો તેને આજના સ્ફોટકો સાથે સરખાવીએ ત્યારે પ્રગતિનો કાંઈક ખ્યાલ આવે છે. 'ઘોડાઓને ભડકાવવા લોઢાના નાના નાના ગોળા ફેંકતી' એ જમાનાની તોપો ક્યાં અને ૪૮ કિલોમીટરના અંતરે લગભગ એક મેટ્રિક ટન વજનના ગોળા ફેંકી શકે અને શહેરોનાં શહેરોનો નાશ કરી નાખે એવી આધુનિક ગંજાવર તોપ ક્યાં?

દારૂગોળો એટલે પોટેશિયમ નાઈટ્રેટ (સૉલ્ટપિટર: KNO), કોલસો અને ગંધકનું મિશ્રણ. સ્ફોટક તરીકે તેનું કાર્ય પોટેશિયમ નાઈટ્રેટમાંથી જુદા પડતા ઑક્સિજનની મદદથી ગંધક અને કોલસાના ઝડપી દહન પર અવલંબે છે.

જુદા જુદા દેશોમાં દારૂગોળાના મિશ્રણમાં તેના ઘટકોનું પ્રમાણ એકસરખું હોતું નથી. તેમાં થોડોઘણો ફરક હોય છે. પરંતુ સામાન્યત: તેમાં ૭૫ ટકા સૉલ્ટપિટર, ૧૦ ટકા ગંધક અને ૧૫ ટકા કોલસો હોય છે.

આધુનિક કાળમાં દારૂગોળાની બનાવટમાં ખૂબ સુધારણા કરવામાં આવી છે. પરંતુ આ બધા સુધારા ભૌતિક યા યાંત્રિક છે—રાસાયણિક પ્રકારના નથી. દારૂખાનામાં વપરાતો દારૂ કાળો હોય છે. એ 'કાળા પાઉડર'ની બનાવટમાં તેના ઘટકોને બારીક દળી તેનું મિશ્રણ કરવામાં આવે છે. પછી એ મિશ્રણને તાંબા યા પિત્તળની ઝીણી ચાળણીમાંથી ચાળવામાં આવે છે. મિશ્રણ બરાબર થાય તે માટે તેને ભીનું કરી ખાસ પ્રકારની મિલમાં દળીને તેના રોટલા બનાવવામાં આવે છે. આ રીતે તૈયાર થયેલા 'રોટલા'ના ટુકડા કરી તેને દર ચોરસ ઈંચે ૪૦૦ રતલનું દબાણ આપી સખત બનાવવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ, એ ટુકડાઓને જુદી જુદી સાઈઝના દાંતાવાળા રોલરો વચ્ચે પસાર કરીને તેના ઝીણા ઝીણા દાણા બનાવવામાં આવે છે. પછી એ દાણાને ગોળગોળ

ફરતા પોલા સિલિન્ડર-ડ્રમમાં ફેરવી ગ્રૅફાઈટથી પૉલિશ કરવામાં આવે છે. પૉલિશ કર્યા બાદ એ દારૂગોળાને ૪૦° સે. (૧૦૪° ફે.) ઉષ્ણતામાને હવામાં સૂકવવામાં આવે છે. બ્લાસ્ટિંગ સ્ફોટક તરીકે આવા દારૂગોળાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. દાણાની ઘનતા અને કદ મુજબ તેની સ્ફોટકતાનું જોર ઓછુંવત્તું હોય છે. ખાણોમાંના સખત સ્તરને તોડવામાં તેમ જ આતશબાજીની બનાવટમાં મોટે ભાગે દારૂગોળો વપરાય છે. વળી, શેલ અને ટાઈમ બૉમ્બના ફ્યૂઝની રિંગો ભરવા માટે, શાર્પનેલ જેવા અન્ય સ્ફોટકોને ફોડવાના ચાર્જ તરીકે પણ તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

હવે તો, આવા દારૂગોળા કરતાં વધારે શક્તિશાળી અને કાર્યક્ષમ સ્ફોટકો શોધાયા છે.

ગનકૉટન એક એવો જ પ્રબળ સ્ફોટક છે. તેની શોધ અકસ્માત જ થઈ ગયેલી. ઈ. સ. ૧૮૪૬માં બાલ (Basle) યુનિવર્સિટીના રસાયણના પ્રોફેસર ક્રિશ્ચિયન શૉન્બિન પોતાના ઘરમાં એક પ્રયોગ કરી રહ્યા હતા. એકાએક તેમના હાથમાંથી એક બાટલી પડી ગઈ. બાટલીમાં નાઈટ્રિક ઍસિડ અને ગંધકના તેજાબનું મિશ્રણ હતું. એ મિશ્રણ ફરસ ઉપર ઢોળાઈ ગયું. તેમણે તેમની પત્નીનો સુતરાઉ એપ્રોન લઈ તેને ફરસ પરથી લૂછી નાખ્યું અને એપ્રોનને ધુમાડિયા પાસે સૂકવવા મૂક્યો. એપ્રોન સુકાતામાં જ તે ભડભડ કરતો સળગી ગયો. સુતરાઉ એપ્રોન એટલે રૂની જ બનાવટ. રાસાયણિક દૃષ્ટિએ રૂ એટલે સેલ્યુલોઝ. આમ, નાઈટ્રોસેલ્યુલોઝની શોધ થઈ. નાઈટ્રોસેલ્યુલોઝમાં બેથી ચાર નાઈટ્રોસમૂહ હોય તો તેને પાઈરોક્સિલિન કહેવાય છે અને છ નાઈટ્રોસમૂહ હોય ત્યારે તેને ગનકૉટન કહેવામાં આવે છે.

ક્રિશ્ચિયન ફ્રેડરિક શૉન્બીન
[૧૭૯૯–૧૮૬૮]

તેની બનાવટમાં રૂ તેમ જ લાકડાના માવામાં કે ઘાસમાં રહેલા સેલ્યુલોઝનો ઉપયોગ થઈ શકે. પરંતુ સ્ફોટકોની બનાવટમાં તો રૂ કાઢી લીધા બાદ કપાસિયાને ચોંટી રહેલા ટૂંકા રેસાઓનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ગનકૉટનને સળગાવતાં તે ખૂબ ઝડપથી બળે છે પણ તેનો ધડાકો થતો નથી. પરંતુ, તેને થોડા મર્ક્યુરી ફુલ્મિનેટ અથવા લેડ એઝાઈડ જેવા ધડાકિયા પદાર્થ વડે આંચકો આપતાં તે ઝડપી વિઘટન પામે છે. તેમાંથી વાયુરૂપી પદાર્થોનું ગંજાવર કદ પેદા થાય છે. એ વાયુઓમાં નાઈટ્રોજન, કાર્બનના ઑક્સાઈડો અને બાષ્પ હોય છે. આ બધા વાયુઓ રંગહીન હોવાથી ગનકૉટનનો ધડાકો થાય છે, ત્યારે ધુમાડો ઉત્પન્ન થતો નથી; વળી, ગનકૉટનને ભીનો પણ વાપરી શકાય છે. અને તેથી જ અત્યંત દબાણે દબાવી સખત બનાવેલા ગનકૉટનના ચોસલાનો ઉપયોગ દરિયાઈ સુરંગો અને ટૉર્પિડોમાં કરવામાં આવે છે. ગનકૉટનની વિનાશક અસર તેના વિઘટનના સમયદર ઉપર આધાર રાખે છે. એક કિલોગ્રામ દારૂગોળાને ફૂટતાં $\frac{૧}{૨૦૦}$ સેકન્ડ લાગે છે પણ એટલા જ વજનના ગનકૉટનને ફૂટતાં $\frac{૧}{૫૦૦૦૦}$ સેકન્ડ લાગે છે. આવા જલદ સ્ફોટકને તોપના ગોળા છોડવાના ધક્કાદાર પદાર્થ તરીકે વાપરીએ તો તોપ જ ફાટી પડે; તેથી તેનો ઉપયોગ

મર્યાદિત જ થઈ શકે. પણ ભારે વિનાશક સ્ફોટક તરીકે તે અતિ કીમતી છે. તે ધુમાડા-વિહીન સ્ફોટક હોવાથી તેનો 'સ્મોક્લેસ પાઉડર' બનાવવામાં આવે છે. ગનકૉટનને દ્રાવ્ય નાઈટ્રો-કૉટન સાથે મેળવી તેને ઈથર(આલ્કોહૉલ)માં ટૂંપી કણક જેવો લોચાદાર બનાવી દેવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ યોગ્ય બીબાના ઢાળામાંથી પસાર કરી તેના દાણા પાડવામાં આવે છે. સુકાયા બાદ તેના સરેસ જેવા દાણા બને છે. તેનો સૌ પ્રથમ ઉપયોગ ૧૮૬૬માં પ્રુશિયન લશ્કરે કરેલો. આ ભારે પ્રબળ સ્ફોટકનો વિઘટન-દર ઘટાડીને, તેને તોપમાં ધક્કાદાર પદાર્થ તરીકે વાપરવા જોગો બનાવવા માટે, તેમાં ડાયફિનાઇલ એમાઇન ઉમેરવામાં આવે છે.

વનસ્પતિજન્ય તેલ કે ચરબી ગ્લિસરાઈડો છે. એટલે વનસ્પતિજ તેલ કે ચરબીમાંથી મોટા પાયા ઉપર ગ્લિસરીન તૈયાર કરી શકાય છે. પેટ્રોલિયમની રિફાઇનરીમાંથી પણ પેટ્રોકેમિકલ તરીકે મોટા પાયા ઉપર ગ્લિસરીન તૈયાર કરી શકાય છે. નાઈટ્રિક અને ગંધકના તેજાબની પ્રક્રિયા દ્વારા ગ્લિસરીન 'નાઈટ્રોગ્લિસરીન' નામના પદાર્થમાં ફેરવાઈ જાય છે. આ પ્રવાહી પદાર્થ અતિ પ્રબળ સ્ફોટક છે.

$$\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[H_2SO_4]{3HONO_2} \begin{array}{l} CH_2-O-NO_2 \\ | \\ CH-O-NO_2 \\ | \\ CH_2-O-NO_2 \end{array} \quad 94\%$$

(નાઈટ્રિક ઍસિડ: $3HONO_2$; સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ: H_2SO_4)

ગ્લિસરીન → નાઈટ્રોગ્લિસરીન

ઈ. સ. ૧૮૪૭માં ઈટાલીના રસાયણવિદ સોબ્રેરોએ (૧૮૭૩–૧૮૯૬) આ પદાર્થ બનાવ્યો હતો અને તે જ સમયે થયેલા તેના ધડાકામાંથી એ મરતાં મરતાં બચી ગયો હતો. આ નાઈટ્રોગ્લિસરીન સાથે કામ લેવું અતિ મુશ્કેલ હતું. જરાક જોર કે આંચકો લાગે અથવા તેનું વાસણ જરા સરખુંય અથડાઈ પડે કે લાગલો જ ધડાકો થઈ જતો. તેથી તેને આંચકા લાગે નહીં એવી રીતે રાખવો પડતો. એક વખત આલ્ફ્રેડ નોબેલે (૧૮૩૩–૧૮૯૬) નાઈટ્રોગ્લિસરીનના શીશા કિસલગુહ્ર નામની માટીમાં દબાવી રાખેલા. તેમાંથી એ શીશાનું પ્રવાહી ઢોળાઈ ગયું અને માટીમાં શોષાઈ ગયું; પણ ધડાકો ન થયો. આ ઉપરથી આલ્ફ્રેડ નોબેલે નાઈટ્રોગ્લિસરીનને કિસલગુહ્રની માટીમાં ભેળવીને રાખવાનું નક્કી કર્યું. એવી માટીને ધડાકિયા પદાર્થ દ્વારા આંચકો આપવામાં આવે ત્યારે જ તેમાંનો નાઈટ્રોગ્લિસરીન ફૂટીને ધડાકો થતો. આ પદાર્થનું નામ ડાઈનેમાઈટ પાડવામાં આવ્યું. નોબેલે ડાઈનેમાઈટ બનાવવાની પદ્ધતિ શોધી કાઢીને સારું ધન પેદા કર્યું પણ તેણે એ ધનનો ઉપયોગ વિદ્યાસંપાદન અર્થે જ થાય તેવું ટ્રસ્ટ બનાવ્યું. આજે પણ એ ટ્રસ્ટમાંથી 'નોબેલ' પારિતોષિકો એનાયત કરવામાં આવે છે.

ડાઈનેમાઈટનું વિઘટન થતાં તેમાંથી નાઈટ્રોજન, કાર્બનડાયૉક્સાઇડ, બાષ્પ અને ઑક્સિજન વિપુલ પ્રમાણમાં છૂટે છે. ડાઇનેમાઇટને ફોડવા માટે મર્ક્યુરી ફુલ્મિનેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ડાઈનેમાઈટ કરતાંય વધારે પ્રબળ સ્ફોટક બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીન છે. ૯૨ ટકા નાઈટ્રોગ્લિસરીનમાં ૮

ટકા નાઈટ્રોકૉટન એટલે કે કોલોડીઓન સાથે મેળવીને બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીન બનાવવામાં આવે છે. બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીનની શોધ પણ આલ્ફ્રેડ નોબેલે જ કરેલી. એક દિવસ અકસ્માત્ તેની આંગળી-એથી લોહી નીકળ્યું. તેણે ઘા ઉપર ચોપડવા કોલોડીઓન મંગાવ્યું. આંગળી ઉપર તે લગાડતાં જ તેને એક વિચાર આવ્યો. કોલોડીઓન પણ નાઈટ્રોકૉટન છે ને? તેમાં નાઈટ્રોજનનું પ્રમાણ ડાઈને-માઈટ કરતાં ઓછું હોય છે. પણ જો ડાઈનેમાઈટ સાથે તેને ભેળવી દઈએ તો? અને એ વિચારને મૂર્ત સ્વરૂપ આપીને તેણે બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીનની શોધ કરી. તેમાં નાઈટ્રોગ્લિસરીન કિસલગુહ્‌ર જેવી માટી સાથે નહીં પણ એક બીજા સ્ફોટક સાથે મેળવેલો હોવાથી સ્ફોટક તરીકેની તેની પ્રબળતા અત્યંત વધી જાય છે.

બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીનમાં પોટૅશિયમ નાઈટ્રેટ, એમોનિયમ નાઈટ્રેટ, લાકડાનો વહેર તથા ચૉક જેવા પદાર્થોને જુદા જુદા પ્રમાણમાં ઉમેરવાથી જેલિગ્નાઈટ નામના પદાર્થો બને છે અને ખાણો વગેરેના સ્તરો તોડવામાં તે વપરાય છે. બ્રિટિશ સર્વિસ પાઉડર કૉર્ડાઈટને નામે ઓળખાય છે. ૬૫ ટકા ગનકૉટન, ૩૦ ટકા નાઈટ્રોગ્લિસરીન અને ૫ ટકા વેસેલીનને ઍસિટોન સાથે મેળવીને તે બનાવવામાં આવે છે. આ મિશ્રણને દોરા યા રસ્સી (cord)ના રૂપમાં બીબાંમાંથી હાઈડ્રૉલિક દબાણ વડે પસાર કરવામાં આવે છે. આ ઉપરથી એનું નામ કૉર્ડાઈટ (cordite) પડયું છે.

ઍસિટોનનું બાષ્પાયન કરી તેને ઉડાડી દીધા પછી કૉર્ડાઈટ શિંગડા જેવો પદાર્થ બની જાય છે. તેના પર આંચકાની અસર થતી નથી એટલે તે સહીસલામત છે. બે અતિ પ્રબળ સ્ફોટકોને જિલેટીનાઈઝ કરવાથી તેમની પાસેથી ધાર્યું કામ લઈ શકાય છે. સ્ફોટકોના વિજ્ઞાનમાં અતિ મહત્ત્વપૂર્ણ અને વિશિષ્ટ પ્રકારની આ એક શોધ છે. એક યા બીજી રીતે જિલેટીનાઈઝ કરેલું નાઈટ્રોકૉટન આ બધા ધક્કાદાર (propulsive) દારૂગોળાની બનાવટમાં વપરાયું હોય છે.

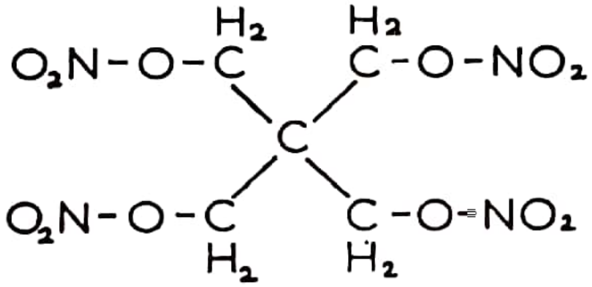
કોલસાનું હવાચુસ્ત નિસ્યંદન કરવાથી કેટલાક રાસાયણિક પદાર્થો મળી આવે છે. તેમાંથી પણ કેટલાક સ્ફોટકો બનાવી શકાય છે. આવા સ્ફોટકો દારૂગોળા તરીકે વપરાય છે.

ફિનોલ (કાર્બોલિક ઍસિડ) ઉપર નાઈટ્રિક અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડોના મિશ્રણની પ્રક્રિયા થવાથી ટ્રાયનાઈટ્રોફિનોલ ઉર્ફે પ્રિક્રિક ઍસિડ બને છે. તે સહેજ પીળો સ્ફટિકમય પદાર્થ છે. તે રેશમને પીળો રંગ ચડાવવા વપરાય છે. સ્ફોટક તરીકે તેનાં જુદાં જુદાં નામો છે: મેલિનાઈટ, લિડ્ડાઈટ, ડુનાઈટ, પરટાઈટ અને શિમોસાઈટ.

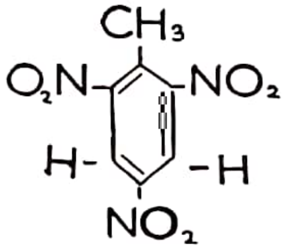
હવે, પિક્રિક ઍસિડને બદલે હાઈડ્રોકાર્બન ટોલ્યુઈનમાંથી બનાવેલો ટી.એન.ટી. સ્ફોટક મોટે ભાગે વપરાય છે. તેને ટ્રાયનાઈટ્રોટોલ્યુઈન અથવા ટૂંકામાં ટી.એન.ટી. (T.N.T.) અથવા ટ્રોટાઈલ કહેવાય છે. આ ઘન પદાર્થ છે અને તેને છૂટથી ગમે તેમ ફેરવી શકાય છે.

તેના જથ્થા પર ગોળી છોડતાં પણ કાંઈ ખાસ અસર થતી નથી. ટી. એન. ટી.નો ધડાકો પિક્રિક ઍસિડથી જરાય ઊતરતો નથી. પણ તેમાં રહેલા કાર્બનના પરમાણુઓનું ઑક્સિડેશન કોઈ રીતે સંપૂર્ણ નહીં થતું હોવાથી, ટી. એન. ટી.નો ધડાકો કરીએ ત્યારે મેશનાં કાળાં વાદળાં છૂટે છે. વધારે સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય એ દૃષ્ટિએ ટી. એન. ટી.માં એમોનિયમ નાઈટ્રેટ ઉમેરવામાં આવે

છે. આ રીતે બનેલો પદાર્થ એમેટોલને નામે ઓળખાય છે. તેમાં ૮૦ ભાગ એમોનિયમ નાઇટ્રેટ ટી. એન. ટી. હોય છે. આ સ્ફોટક પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધમાં વપરાતો હતો. ટી. એન. ટી.નું ગલનબિંદુ ૮૧° સે. છે અને તેને વરાળમાં પિગાળી શકાય છે, જેથી તેના શેલ બનાવી શકાય. આ રીતે આ સ્ફોટક અપૂર્વ છે. એટલે બીજા પ્રબળ સ્ફોટકો શોધાયા હોવા છતાં શેલના સ્વરૂપે તેનો ઉપયોગ ચાલુ છે.



પેન્ટા એરિથ્રિટાલ ટેટ્રાનાઇટ્રેટ [P.E.T.N.]



ટ્રાઇનાઈટ્રોટોલ્યુઇન [T.N.T.]

ટી. એન. ટી. (T.N.T.) અને પી. ઈ. ટી. એન (P.E.T.N) (પેન્ટા. એરિથ્રિટોલ ટ્રેટાનાઇટ્રેટ)નું મિશ્રણ પેન્ટોલાઇટ કહેવાય છે.

ગયા યુદ્ધ દરમિયાન 'બ્લૉકબસ્ટર્સ' તરીકે જાણીતા થયેલા બૉમ્બમાં ભરવા માટે ટી.એન.ટી. અને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુના બારીક ભૂકાનું મિશ્રણ વપરાયું હતું; અને એ મિશ્રણ ટ્રિટોનોલ તરીકે ઓળખાતું. અત્યાર સુધી bursting charges માટે વપરાતા કોઈ પણ બીજા વિસ્ફોટક કરતાં સાઇક્લોનાઇટ (R.D.X.) ખૂબ ચડિયાતું છે. મિથેનોલ યા મિથાઇલ આલ્કોહૉલમાંથી તે બનાવવામાં આવે છે.

આજે તો અનેક પ્રકારના સ્ફોટકો બનાવવામાં આવી રહ્યા છે. તે માત્ર યુદ્ધમાં જ નહીં પણ શાંતિના સમયે અનેક ઉપયોગી કામોમાં વપરાય છે. જેમ કે ખાણો-બુગદાઓ ખોદવામાં તે લાખો મજૂરોનું કામ થોડી સેકંડોમાં જ કરી આપે છે. વળી, વિવિધ પ્રકારનાં એન્જિનિયરિંગ કામોમાં પણ તે વપરાય છે. તેનો નવતર ઉપયોગ ધાતુ ઉપરની કામગીરીમાં થઈ રહ્યો છે, જે અન્ય પ્રકરણમાં ઉલ્લેખેલો છે. સ્ફોટકોને ખપમાં લેવા જોગા બનાવવાની પદ્ધતિ શોધાયા બાદ તેમની ઉપયોગિતા અનેકગણી વધી ગઈ છે; અને અનેક રસાયણવિદોના અથાગ પરિશ્રમને પરિણામે સ્ફોટકોની અપૂર્વ સિદ્ધિઓ લબ્ધ થઈ શકી છે.

સ્ફોટકોની લાક્ષણિકતાઓ અને ઉપયોગો

નામ	રાસાયણિક સૂત્ર અગર બંધારણ	ધડાકાનો પ્રવેગ મીટર/સેકંડ	વિસ્તરણનું કદ સી.સી./૧૦ ગ્રામ	આઘાત-ક્ષમતા	લાક્ષણિકતા અને ઉપયોગ
નાટ્રોઇગ્લિસરીન (N.G.)	$C_3H_5(ONO_2)_3$	૭૪૫૦	૫૧૫	અતિ ઊંચી	તેલી પ્રવાહી, ૫૦°સે. ઉપર બાષ્પશીલ. નાઈટ્રો-કૉટનને પ્લાસ્ટિક બનાવે છે. જિલેટીનમય યા કોલોઈડ કરે છે. તેલના કૂવા ખોદવા માટે; ડાયનેમાઈટનો ઘટક; બેવડા પાઉડરોમાં.
સીધા ડાઇનેમાઇટો	લાકડાના વહેરમાં ૧૫થી ૬૦ ટકા N.G. $NaNO_3$ અને ઍસિડવિરોધી પદાર્થ સાથે	N.G.ના પ્રમાણ મુજબ ઓછુંવત્તું	N.G.ના પ્રમાણ મુજબ	સામાન્યત: નીચી	પનીર જેવો પ્લાસ્ટિક પદાર્થ. કાગળના કાર્ટ્રિજમાં પૅક કરેલા. ડિટોનેટર વડે ફોડી શકાય. ઠરી ગયા પછી કાઢવો ભયંકર. ગરમી અને ઘર્ષણની અસરથી ફાટે છે. પાણી N.G.નું સ્થાનાંતર કરે છે. સખત શિલાઓ, ખડકો, કોલસો અને અન્ય ખનિજોને તોડવા માટે. ભયંકર વિનાશ વેરી શકે છે.
એમોનિયા ડાઇનેમાઇટો	ઉપર મુજબ N.G.ના અમુક ભાગને બદલે NH_4NO_3	૯૧૦૦–૧૩૦૦૦ N.G.ના પ્રમાણ પ્રમાણે ફરે છે	—	સામાન્યત: નીચી	એટલી જ સ્ફોટક શક્તિ ધરાવનાર સીધા ડાયનેમાઈટો કરતાં સસ્તા. પોચા ખડકો અને કઠણ જમીન તોડવા માટે; કોલસાની ખાણોમાં કોલસાના સ્તર તોડવા વપરાય છે.

જિલેટીન ડાયનેમાઇટ	૨·૬ ટકા કોલોડીઓન કૉટન, લાકડાનો વહેર યા ભૂસું, નાઇટ્રેટ વગેરેની સાથે N.G.નું મિશ્રણ	૬૧૦૦ (N.G.ના પ્રમાણ અનુસાર ફરે છે)	૪૧૫	નીચી	જેલી જેવો પદાર્થ. અતિ પ્રબળ સ્ફોટક; વૉટરપ્રૂફ. વિશેષ વિનાશકારી અસર કરવી હોય ત્યાં વપરાય છે. સબમરીનોને ઉડાવી મૂકવા.
નીચા ઠારણબિંદુવાળા ડાઇનેમાઇટો	સીધા ડાઇનેમાઇટ અગર એમોનિયા ડાઇનેમાઇટ મુજબ પણ N.G.ને બદલે ઈથિલિન ગ્લાયકોલ ડાઈનાઈટ્રેટ	—	—	નાચી	૦ અંશ સે. નીચે ઠારણબિંદુ: અમેરિકાના બધાય ડાઈને-માઈટો નીચા ઠારણબિંદુવાળા હોય છે.
બ્લાસ્ટિંગ જિલેટીન	N.G.+૭·૮ ટકા કોલોડીઓન કૉટન	૭૮૦૦	૫૨૦	સામાન્યત: નીચ.	વ્યાપારી સ્ફોટકો પૈકી સૌથી વિશેષ પ્રબળ ઝડપી. વૉટર-પ્રૂફ. બુગદા કોરી કાઢવા માટે, ઊંડા કૂવા ખોદવા અને સબમરીનના કામમાં. (દરિયાનું તળ તાડવા !)
ટી. એન. ટી. ટ્રાયનાઇટ્રોટોલ્યુઇન	$CH_3C_6H_2(NO_2)_3$	૬૮૦૦	૨૬૦	નીચી	શેલ યા બ્લૉક માટે સહેલાઈથી પિગાળી શકાય (ગ.બિ. ૮૦·૩ અંશ સે.) ધડાકો થતાં કાળો ધુમાડો છૂટે છે. શેલ અને બૉમ્બમાં ચાર્જ તરીકે મકાન તોડવા માટે, અને પાણી નીચે ધડાકા કરવા માટે બ્લૉક, ઢાળાનું ટેમ્પરેચર ઓછું કરવા માટે મિશ્રણમાં વપરાય છે.

નામ	રાસાયણિક સૂત્ર અગર બંધારણ	ધડાકાનો પ્રવેગ મીટર/સેકંડ	વિસ્તરણનું કદ સી.સી./૧૦ ગ્રામ	આઘાત-ક્ષમતા	લાક્ષણિકતા અને ઉપયોગ
સેમેટોલ	(૧) D. ૫૦ ટકા T.N.T. ૫૦ ટકા NH_4NO_3	૬૯૦૦	300	નીચી	(૧) શેલ સહેલાઈથી ઢાળી શકાય છે. શેલ ફોડવા માટે ચાર્જ તરીકે. ગ.બિંદુ ૮૫° સે.
	(૨) ૨૦ ટકા T.N.T. ૮૦ ટક NA_5No_3	૫૧૦૦	300 નીચી	નીચી	(૨) શેલમાં દાબીને ભરવામાં આવે છે. આ બંને સફેદ ધુમાડો આપે છે. T.N.T. જેટલી શક્તિવાળા મોટા શેલમાં T.N.T. ને બદલે વાપરી શકાય એવા અમેરિકન લશ્કરી નિષ્ણાતોનો અભિપ્રાય છે.
એમોનિયમ નાઈટ્રેટ મિશ્રિત સ્ફોટકો	૬૦ ટકા NH_4NO_3 ૧૫ ટકા T.N.T. ૧૮ ટકા Al, ૭ ટકા કોલસો	અનુકૂળતા પ્રમાણે મિશ્રણમાં ઘટકોમાં ફેરફાર રહે છે. રજકણની સાઈઝ પર આધાર રાખે છે		,,	ધક્કાદાર પદાર્થ તરીકે કવચિત્ નિષ્ફળ નીવડે છે. સરકારી પરવાનગી વગર છૂટથી વાપરી શકાય એવા સ્ફોટકોમાં અતિ લોકપ્રિય જાત
D.N.T. ડાયનાઈટ્રો-ટોલ્યુઈન	$CH_3C_6H_3(NO_2)_2$	—		,,	બીજા પ્રબળ સ્ફોટકો સાથે મેળવવાથી તેમના ધડાકાના વેગને અને જોસને ઘટાડે છે. T.N.T. સાથે એનું વીસ ટકા જેવું મિશ્રણ ખડકો ઇ. ઉડાવી દેવામાં વપરાય છે. ૫ ટકા સુધીનું મિશ્રણ F.N.H. પ્રોપેલન્ટોમાં અને ગન-કૉટન સાથે ૬ ટકા જેટલું મિશ્રણ હળવા પ્રકારના દારૂગોળામાં વપરાય છે.
R.D.X. સાઈક્લોનાઈટ	સમમિત (સિમેટ્રિકલ) ટ્રાયમેથિલિન ટ્રાયનાઈટ્રામાઈન	૮૪૦૦	—	સાધારણ ઊંચી	ગરમ કરતાં ૨૦૦° સે. ઉષ્ણતામાને વિઘટન પામે છે. T.N.T. કરતાં ૫૦ ટકા વધારે પ્રબળ બૉમ્બ અને શેલના ચાર્જમાં T.N.T. સાથે મેળવીને તેના ઢાળા થાય છે.

ટોર્પેક્સ Torpex	R.D.X. T.N.T. અને Al ના પાઉડરનું મિશ્રણ	—	—	નીચી	અતિ પ્રબળ. પાણીમાં વપરાતા સ્ફોટક તરીકે સબમરીનનો નાશ કરવા વપરાય છે.
Hexonit હેક્સોનિટ	N. G. અને P.E.T.N. સાથે ઓછામાં ઓછા ૧૦ ટકા જેટલા R.D.X.નું મિશ્રણ	—	—		સૌથી પ્રબળ સ્ફોટકોમાંનો એક
હેઈલીટ (E.D.N.A.)	ઈથિલિન ડાયનાઈટ્રામાઈન $O_2N.\ NH.\ CH_2$ $Clh\text{-}NH\text{-}NO_2$	—	—	RDX કરતાં ઓછી	T.N.T. કરતાં વધારે પ્રબળ પણ R.D.X. કરતાં ઓછો. R.D.X.ની માફક વપરાય છે
પિક્રિક ઍસિડ ૨ : ૪ :૬ ટાય-નાઈટ્રોફિનોલ	$(OH)C_6H_2(NO_2)_3$	૭૦૦૦	૩૦૦	સાધારણ ઊંચી	તેને ઢાળવું જોખમકારક. ઉનાળાના ઊંચા ઉષ્ણતામાને અસ્થાયી. તાંબા જેવી ધાતુઓના જીવલેણ પિક્રેટો બનાવે છે. મર્ક્યુરી ફુલ્મિનેટને બદલે પલીતો ચાંપવા પૂરતો મર્યાદિત ઉપયોગ થઈ શકે. તેનું ગલનબિંદુ નીચું લાવે એવા અન્ય સ્ફોટકો સાથે ભેળવીને વાપરી શકાય.
એમોનિયમ પિક્રેટ (એક્સ્પ્લોઝિવ)	$(NOH_4)C_6H_2(NO_2)_3$	૬૫૦૦	૨૩૦	અતિ નીચી	ઘર્ષણ અને પછટાડની અસર થતી નથી એટલે શેલમાં તેને ઠાંસી ઠાંસીને દબાવીને ભરી શકાય છે. T.N.T. કરતાં ઓછો શકિતશાળી. બખ્તર ભેદવાના શેલમાં વપરાય છે.
નાઈટ્રો સ્ટાર્ચ	સ્ટાર્ચના વિવિધ નાઈટ્રિક એસ્ટસેનું મિશ્રણ	-	-	નીચી	અતિ સહેલાઈથી સળગી ઊઠે એવો સફેદ ભૂકો. ખાણોને તોડવામાં અન્ય સ્ફોટકો સાથે ભેળવી વાપરવામાં આવે છે.

નામ	રાસાયણિક સૂત્ર અગર બંધારણ	ધડાકાનો પ્રવેગ મીટર/સેકંડ	વિસ્તરણનું કદ સી.સી./૧૦ ગ્રામ	આઘાત-ક્ષમતા	લાક્ષણિકતા અને ઉપયોગ
ટેટ્રીલ : ટ્રાયનાઈટો-ફિનાઈલ મિથાઈલ-નાઈટ્રામાઈન	$(NO_2)_3$ $C_6H_2.N.CH_2$ NO_2	૭૨૦૦	૩૪૦	સાધારણ ઊંચી	અતિ પ્રબળ હોવાથી તેને અન્ય સ્ફોટકો સાથે ભેળવીને. સહાયક ચાર્જ તરીકે શેલમાં ભરવામાં આવે છે. વિમાન-વિરોધી તોપોમાં ફોડવાના ચાર્જ તરીકે.
P.E.T.N. : પેન્ટા બેરિથ્રિટોલ ટેટ્રા-નાઈટ્રેટ	$C(CH_2ONO_2)_4$	૮૦૦૦	—		અતિ પ્રબળ સ્ફોટકોમાંનો એક. ટેટ્રીલની માફક સહાયક ચાર્જ તરીકે
પેન્ટ્રીટોલ	T.N.T. અને P.E.T.N.નું સરખા ભાગે મિશ્રણ	—	—	નીચી	અતિ પ્રબળ બર્સ્ટિંગ ચાર્જ તરીકે
મરકર્યુરી ફલ્મિનેટ	$Hg(ONC)_2 \frac{1}{2}H_2O$	૩૯૨૦	૨૧૩	ફોડનાર તરીકે અતિ ઊંચી	તણખા કે ગરમ ટાંકણી સાથે ઘસવાથી અતિ સહેલાઈથી ફૂટે છે. અન્ય સ્ફોટકો સાથે મેળવી જ્યોત પેદા કરવા વપરાય છે. ઔદ્યોગિક બ્લાસ્ટિંગના મોઢિયામાં શેલના મોઢિયાના ફ્યૂઝ તરીકે નાના કાર્ટ્રિજના ટોપકામાં ફોડવા માટે ફલ્મિનેટ કરતાં ઊંચું ઉષ્ણતામાન જોઈએ. વધારે સહીસલામત. પ્રાઈમર્સ અને ફ્યૂઝ માટે ઉપયોગ.
લેડ એઝાઈડ	$Pb(N_3)_2$	૫૦૦૦	૨૫૦	ફલ્મિનેટથી અર્ધી	લેડ એઝાઈડ કરતાં સહેલાઈથી સળગાવી શકાય છે. પ્રાઈમર્સ વગેરેમાં ઉપયોગ
લેડ સ્ટીફનેટ	$C_6H(NO_2)_3O_4Pb$	—	—	ઊંચું	

પ્રૉપેલર તરીકે વપરાતા સ્ફોટકો

કોલોઈડલ નાઈટ્રો-સેલ્યુલોઝ (N.C.) ભૂકો (પાઉડર)	પાઈરો કૉટન : સેલ્યુલોઝ નાઈટ્રેટ ૧૨ % Nવાળો	સપાટીના ક્ષેત્ર મુજબ ઓછો વત્તો		નીચું	ભેજગ્રાહક; દાણાના કદ પર દહનનો દર કાબૂ રાખે છે. તીવ્ર ઝળકાટ સાથે ધુમાડા વિનાની જ્યોત આપે છે. આલ્કોહૉલ-ઈથર વડે તેનું જીલેટિનાઈઝેશન થાય છે.
	ગન કૉટન : સેલ્યુલોઝ નાઈટ્રેટ ૧૩·૨ % Nવાળો	—		—	તોપો, નાનાં હથિયારો અને રમતગમતમાં વપરાતા દારૂગોળાની બનાવટમાં ધૂમ્રહીન સ્ફોટક. પાઈરોકૉટન અને ગનકૉટન મેળવીને ૧૩·૧૫ ટકા Nવાળો દારૂગોળો બનાવાય છે. વીજળી દ્વારા સળગાવાતા પ્રાઈમરોમાં તાંતણા રૂપે વપરાય છે.
કોરડાઈટ	૬૫ ટકા N. C. ૩૦ ટકા N. G. ૫ ટકા વેસેલીન	—	નીચું	એસિટોન વડે જીલેનાઈઝડ	મોટી દરિયાઈ તોપો માટે પ્રોપેલન્ટ (ઇંગ્લૅન્ડમાં)
ડબલ બેઈઝ પાઉવડરો	૬૦–૮૦% N. C. ૪૦–૨૦% N. G	—	—	ઝડપથી સળગે છે તોપનાં છિદ્રોને ક્ષારણ થાય છે.	મોર્ટાર અને રમતગમતના દારૂગોળા માટે. પ્રોપેલન્ટ (અમેરિકામાં વપરાતું નથી)
આલ્બાનાઈટ DINA ભૂકો	ડાય-(૨–નાઈટો-ઑક્સિ-ઈથાઈલ-નાઈટ્રામિન	—	—	—	દરિયાઈ દારૂગોળામાં વપરાય છે

નામ	રાસાયણિક સૂત્ર અગર બંધારણ	ધડાકાનો પ્રવેગ મીટર/સેકંડ	વિસ્તરણનું કદ સી.સી./૧૦ ગ્રામ	આઘાત-ક્ષમતા	લાક્ષણિકતા અને ઉપયોગ
રૉકેટ પાઉડર (દ્રાવકહીન ભૂકો)	૫૦% N. G.વડે પ્લાસ્ટિસાઇડ નાઇટ્રોસેલ્યુલોઝ સ્થિરતા લાવનાર પદાર્થો અને પોટૅશિયમ ક્ષારો	—	—	—	એકસરખી રીતે જલતો દારૂગોળો ૪.૫ ઇંચ સુધીનાં રૉકેટમાં વપરાય છે.
રાસાયણિક પ્રોપેલન્ટો	૮૦–૯૦% હાઇડ્રોજન પૅરૉક્સાઈડ+Ca, Na યા K પરમૅન્ગેનેટ (ઘન યા પાણીવાળો)	—	—	—	પેટ્રોલ બળતણને ઑક્સિજન પૂરો પાડે છે. ટર્બાઇન યા સબમરીન માટે. વી-૨ રૉકેટમાં. જેટ મોટરોમાં.
	હાઇડ્રોઝીન સલ્ફેટ + મિથાઈલ આલ્કોહૉલ	—	—	ઝડપી દહન	ટૉર્પિડો ટર્બાઇન ચલાવવા માટે.
	સધુમ નાઇટ્રિક ઍસિડ + એંજામીન	—	—	—	ગરમી અને વાયુ પેદા કરે છે. જેટ વિમાનો માટે.
	ઍસિડ મિશ્રણ+મૉનૉ-ઈથાઈલ એન્થાલીન	—	—	—	ઉપર મુજબ
કાળો ભૂકો	૭૫ ટકા KNO_3યા$NaNO_3$ ૧૫ ટકા કોલસો ૧૦ ટકા ગંધક	૪૦૦	૫૦	પરચૂરણ નીચું	સસ્તું : ધુમાડિયા જ્યોત. કોલસાની ખાણોમાં બ્લાસ્ટિંગ કાર્ટ્રિજિસ; આતશબાજી અને પ્રૅક્ટિસ માટે બૉમ્બ વગેરેની બનાવટમાં

૭ : રત્નવિજ્ઞાન

હીરા-માણેક વગેરે કીમતી પદાર્થો માનવીને કુદરતે આપેલી બક્ષિસો છે. તે બધા પૃથ્વીના પેટાળમાંથી નીકળે છે; એટલે તે ખનિજ પદાર્થો છે. પરંતુ અન્ય ખનિજોની સરખામણીમાં આ પદાર્થોનું રૂપ વિશેષ સુંદર હોવાથી લોકોને આવા પદાર્થો પ્રત્યે વિશેષ આકર્ષણ કહે છે. આ બધાંના ઘાટ, આકાર પણ અન્ય ખનિજો કરતાં વિશેષ રમણીય અને આકર્ષક હોય છે અને આ બધાં ખૂબ મૂલ્યવાન હોવાથી પણ અતિ વહાલાં લાગે છે. આ બધાં સામુદાયિક રીતે રત્નો તરીકે ઓળખાય છે. રત્નોના બે વિભાગ પાડી શકાય : એક, મહારત્નો; બીજો, ઉપરત્નો યા ક્ષુદ્રરત્નો. મહારત્નો દસ છે : હીરા (diamond), માણેક (ruby), મોતી (pearl), પોખરાજ (topaz), નીલમ (sapphire), મરકત (emerald), પન્નું (beryl), લસણિયો (cat's eye), અકીક (agate) અને પરવાળાં (coral). ઉપરત્નો છ છે : બિલોરી (fluorspar), સૂર્યકાન્ત (sunstone), ચંદ્રકાન્ત (moonstone), લાજવર્દ (lapis-lazuli), પીરોજા (turquoise) અને સ્ફટિક (quartz minerals).

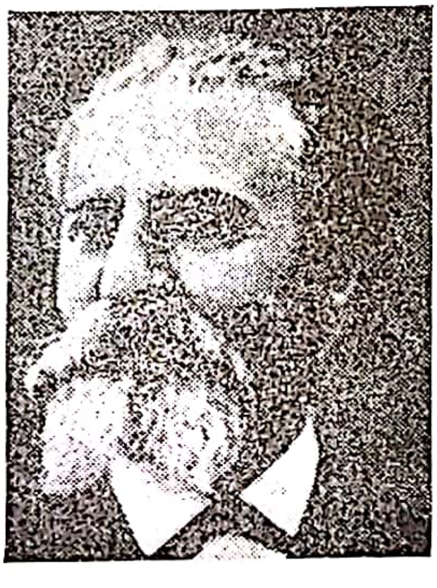
રત્નો સંબંધી અનેક માન્યતાઓ પ્રચલિત છે. જ્યોતિષશાસ્ત્ર પ્રમાણે રોગોની ઉત્પત્તિ ગ્રહોની દૃષ્ટિ અનુસાર માનવામાં આવી છે. જો એ દૃષ્ટિ સારી હોય તો રોગ થતો નથી અને થયો હોય તો આરામ આપે છે. પરંતુ ગ્રહોની વક્ર દૃષ્ટિ રોગ અને દુ:ખ લાવે છે. વક્રદૃષ્ટિવાળા ગ્રહોની શાંતિ અર્થે રત્નોનો ઉપયોગ, દાન વગેરે કરવાનું જ્યોતિષશાસ્ત્ર સૂચવે છે. અમુક ગ્રહોની શાંતિ અર્થે અમુક રત્ન પહેરી રાખવાથી ફાયદો થાય છે એવી માન્યતા છે. માણેક સૂર્યનું, મોતી ચંદ્રમાનું, પન્નું બુધનું, પોખરાજ ગુરુનું, હીરા શુક્રનું, નીલમ શનિનું, અકીક રાહુનું—આમ સાત વાર અને બે રાહુ કેતુ મળી નવ ગ્રહોનું સાંત્વન કરવા માટે નવ રત્નો વાપરવાનું જ્યોતિષશાસ્ત્રીઓ સૂચવે છે. ઉપરત્નોનો આવો ઉપયોગ થતો નથી. મનુષ્યનો હીરા પ્રત્યેનો મોહ અતિ પ્રાચીન છે. આ મોહ માનવીને ક્યારે અને કેવી રીતે લાગુ પડ્યો એ એક કોયડો છે. હીરાની મૂળ ઉત્પત્તિ પરત્વે કેટલાકનું માનવું એવું છે કે હીરા ખરતા તારાની વૃષ્ટિમાં પૃથ્વી પર આવે છે. ટૂંકમાં, હીરો માનવીને મળેલી દૈવી બક્ષિસ છે. રત્નોની લોકપ્રિયતાનાં કારણો તપાસીએ તો જણાશે કે આ પદાર્થોની વિરલ સુંદરતા એક કારણ છે. તેમની કિંમત તેમના કુદરતી સ્વરૂપને આભારી નથી, પણ તેને પહેલ પાડ્યા પછી જ તેની કિંમત આંકવામાં આવે છે. પહેલ કુશળતાપૂર્વક ન પાડી હોય તો તેની કિંમત ઘટી જાય છે.

સાચો હીરો કોલસાનું સ્ફટિકમય રૂપાંતર છે. લોહને સખત ઉષ્ણતા અને પુષ્કળ દબાણમાં રાખવાથી (જે સ્થિતિ પૃથ્વીની સપાટી નીચે ઊંડાણમાં પ્રવર્તે છે) કોલસો—કાર્બન તેમાં ઓગળી

જાય છે અને હીરા રૂપે પરિવર્તન પામે છે. રાસાયણિક રીતે તૈયાર કરેલા હીરાની અને ખાણમાંથી ખોદી કાઢેલા હીરાની ઉત્પત્તિ સરખા પ્રકારની છે. હીરાની સૌથી વિખ્યાત ખાણો દક્ષિણ આફ્રિકામાં કિમ્બર્લીમાં છે, જયાંના હીરા દુનિયાભરમાં જાય છે. હિંદમાં ગોવળકોંડા અને પન્નાની હીરાની ખાણો જાણીતી છે. પણ આજે તેમની અગત્ય આફ્રિકાને મુકાબલે ઘટી ગઈ છે. આજે તો દુનિયાના ૯૬ ટકા હીરા આફ્રિકા પૂરા પાડે છે. કિમ્બર્લીએ દુનિયાને લગભગ ૧૦ ટન હીરા આપ્યા છે! હીરા શણગારમાં, રાજામહારાજાઓના મુકુટો શોભાવવામાં તથા ધનાઢય લોકો માટે દાગીના બનાવવામાં વપરાય છે. પણ હીરાના સામાન્ય ઉપયોગ ઉપરાંત વિજ્ઞાનના આ યુગમાં હીરા બીજા ઘણા ઉપયોગમાં આવે છે. હીરો સૌથી કઠણ વસ્તુ છે. જેમ સુથારનો રંધો લાકડાને છોલી કાઢે છે તેમ હીરો સખત વસ્તુને છોલી શકે છે એટલે સખત ચીજને કાપવા માટે હીરાનો ઉપયોગ ઉદ્યોગમાં થાય છે. ફક્ત ટેન્ટેલમ નામની ધાતુ આ બાબતમાં હીરા કરતાં ચડે છે.

હીરાની કિંમત પહેલ પાડયા પછી જ અંકાય છે. ખાણમાંથી નીકળેલો હીરો તદ્દન કદરૂપો અને કોલસા જેવો લાગે છે. પહેલ પાડવાની પણ એક કલા છે. આ કામના કુશળ કારીગરો હોલૅંડ-ની રાજધાની આમસ્ટર્ડામમાં છે. હીરાને કાપવા હીરાનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. કાળા યા ભૂરા રંગના હીરા કાર્બનાડો તરીકે ઓળખાય છે. હીરા તરીકે તેમની કિંમત નજીવી ઊપજે છે. પરંતુ તેમનો ઉપયોગ પથ્થર કાપવાની શારડીનાં પાનાં, ધાતુના તાર ખેંચવાની ડાઇ ઇત્યાદિ હુન્નરઉદ્યોગમાં થાય છે. બોર્ટનો ભૂકો હીરાને પૉલિશ કરવા કે પાસા પાડવાના ઉપયોગમાં લેવાય છે.

કુદરતી હીરાના જેવા બનાવટી હીરા તૈયાર કરવાના પ્રયાસો ૧૮૨૦થી ચાલુ છે. ઈ.સ. ૧૮૯૬માં મહાન ફ્રેંચ વૈજ્ઞાનિક એચ. મોઇઝાંએ આ દિશામાં પ્રાપ્ત કરેલ ફતેહ નોંધપાત્ર છે. આ કાર્ય માટે આવશ્યક ખૂબ ઉષ્ણતા મેળવવા વીજળિક ભઠ્ઠીની રચના તેણે શોધી કાઢી. પ્રયોગશાળામાં હીરાની બનાવટનો મુખ્ય મુદ્દો એ છે કે કાર્બનનું હીરા તરીકે ઓળખાતા ષટ્કોણી સ્ફટિકોમાં રૂપાંતર કરવું. ગ્રૅફાઈટ કાર્બનનું સ્ફટિકમય રૂપાંતર છે—પરંતુ હીરા જેવું નહીં. હીરાની બનાવટ માટે શુદ્ધ કાર્બન જોઈએ. મોઇઝાંએ પોતાની વીજળિક ભઠ્ઠીમાં અત્યંત ઊંચા ઉષ્ણતામાને પીગળી ગયેલ લોહમાં ખાંડમાંથી તૈયાર કરેલ શુદ્ધ કાર્બનને ઓગાળીને એ મિશ્રણ ઠંડું પાડતાં લોહનાં ઉપરનાં પડો ઘન થઈ ગયાં અને અંદરના પ્રવાહી લોહને બરાબર સકંજામાં પકડી રાખતાં પુષ્કળ દબાણ ઉત્પન્ન થયું. પરિણામે તેમાં રહેલ કાર્બન અત્યંત સૂક્ષ્મ પારદર્શક હીરાના સ્વરૂપમાં રૂપાંતર પામ્યો. આમાંથી હીરા જુદા પાડવા તેજાબ વડે લોહને ઓગાળીને અદ્રાવ્ય હીરા જુદા પાડયા. મોઇઝાંની હીરાની બનાવટની ક્રિયાની આ થઈ રૂપરેખા. મોઈઝાંએ બનાવેલો મોટામાં મોટો હીરો ૦.૭ મિલીમીટરનો હતો. કુદરતમાંથી મળી આવતા મોટા હીરા જેવા ચકચકિત હીરા હજી પ્રયોગશાળામાં બનાવી શકાયા નથી.



ફ્રાડનાન્ડ ફ્રેડરિક હેનરી મોઇઝાં
[૧૮૫૨–૧૯૦૭]

આજકાલ બજારમાં ઇમિટેશન હીરા પુષ્કળ મળે છે. તેઓની બનાવટ એક જાતના ચકચકિત કાચમાંથી કરવામાં આવે છે. સાચા અને ઇમિટેશન હીરાને ઓળખવા રેડિયમ ખૂબ ઉપયોગી થાય છે. રેડિયમની હાજરીમાં અંધારામાં સાચો હીરો ફૉસ્ફરસની માફક તેજ આપે છે. ઇમિટેશન હીરાને આવું તેજ સાંપડતું નથી. વૈદ્યો હીરાની ભસ્મ બનાવે છે અને તેને ટૉનિક તરીકે વાપરે છે. સારી રીતે બનાવેલી હીરાની ભસ્મ સર્વોત્કૃષ્ટ રસાયણ ગણાય છે.

હીરા સિવાય અન્ય રત્નોની બાબતમાં વિજ્ઞાને કુદરતનું અનુકરણ પ્રયોગશાળામાં સિદ્ધ કર્યું છે. નીલમ અને માણેક બનાવવાનો ઉદ્યોગ પુરજોશમાં ચાલે છે. ફ્રાંસ, સ્વીડન અને જર્મનીમાં કુદરતી નીલમ, માણેકને બરાબર મળતાં આવતાં બનાવટી નંગો તૈયાર થાય છે. યુદ્ધ પછી ઇંગ્લંડે પણ આ ઉદ્યોગ હસ્તગત કર્યો છે. માણેક બ્રહ્મદેશ — ખાસ કરીને માંડલેમાંથી અને સિયામમાંથી મળી આવે છે. રંગે તે ખૂબ ચમકદાર લાલ રંગનાં હોય છે. એને જ મળતાં આસમાની રંગનાં રત્નો સિયામમાંથી નીકળે છે તેને નીલમ કહે છે. એનો રંગ ઘેરો વાદળી હોય તો તેને શનિનું નંગ પણ કહે છે. માણેકનો રંગ તેમાં ક્રોમિયમની હાજરીને લીધે છે. નીલમનો રંગ ટિટેનિયમને લીધે છે. આ પદાર્થો ખનિજ કોરન્ડમ કે કુરુન્દ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડનું પારદર્શક રૂપ છે.

શુદ્ધ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડમાં યોગ્ય પ્રમાણમાં બીજા જરૂરી પદાર્થો મેળવી વીજળિક ભઠ્ઠીમાં અતિઉષ્ણતાએ ગરમ કરવાથી નીલમ તથા માણેક બનાવી શકાય છે. આ બનાવટી પદાર્થોનું રાસાયણિક બંધારણ કુદરતી નમૂનાઓ પ્રમાણે જ હોય છે.

પોખરાજ રંગે સફેદ હોય છે. કોઈ કોઈ પીળા રંગના પણ હોય છે. પીળા પોખરાજને બૃહસ્પતિ કહેવાય છે. આ જાતનાં રત્નો સિલોન તરફથી મળી આવે છે.

સુંદર લીલા રંગનું પન્નું તમે જોયું છે? બધાંય રત્નોમાં પન્નાં વિશેષ કીમતી ગણાય છે. આ પન્નાં એટલે બેરિલિયમ નામની એક વિરલ ધાતુના ખનિજ બેરિલની જાતો. લીલા રંગના પન્નાનો રંગ તેમાં રહેલ ક્રોમિયમના અસ્તિત્વને આભારી છે. બેરિલમાં ઍલ્યુમિનિયમ અને રેતીનું બેરિલિયમ સાથે સંયોજન હોય છે. વિજ્ઞાન પ્રયોગશાળામાં પન્નાં પેદા કરી શક્યું છે. પન્નાને સંસ્કૃત ભાષામાં મરકત કહેવામાં આવે છે. મહાકવિ કાલિદાસે મેઘદૂતમાં मरकतशिलावद्धसोपानमार्गा યક્ષનું ઘર વર્ણવેલું છે. એટલે પન્નાં ઘણા જૂના કાળથી જાણીતા છે.

પન્નું એટલે બેરિલિયમ ઍલ્યુમિનિયમ સિલિકેટ. આ પદાર્થને સ્ફટિકમય બનાવવાની એક રીત એ હોઈ શકે કે વિશેષ ઉષ્ણતાએ વધારે ઓગળે એવો દ્રાવક — Solvent તેને માટે શોધી કાઢવો. આવા દ્રાવણને ઠંડું કરતાં એ પદાર્થ સ્ફટિક રૂપે છૂટો પડી જાય. પન્નું પાણીમાં તો તદ્દન અદ્રાવ્ય છે. છતાં પાણીમાં અદ્રાવ્ય આવા પદાર્થો બનાવવાનું સંશોધન ૧૯૧૨માં જર્મનીમાં ફ્રાન્કફુર્ટ યુનિવર્સિટીના ખનિજ-વિશારદ પ્રોફેસર નાકેને શરૂ કર્યું. વિજ્ઞાનની પરિભાષામાં પાણીના ક્રિટિકલ ટેમ્પરેચર (critical temperature) તરીકે જાણીતા ઉષ્ણતામાને પન્ના અને એવા બીજા અદ્રાવ્ય પદાર્થોનું દ્રાવણ કરીને તેમાંથી સ્ફટિકો છૂટા પાડવામાં તેઓ ૧૯૨૮માં સફળ થયા. બેરિલિયમ ઑક્સાઇડ, ઍલ્યુમિનિયમ અને રેતીને બરોબર આવશ્યક પ્રમાણમાં મેળવીને ગજવેલના બંધ ઑટોક્લેવમાં કૉસ્ટિક સોડાવાળા પાણીની સાથે ૩૭૦–૪૦૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ઉષ્ણતાએ ગરમ કરવામાં આવ્યું. થોડા દિવસ આ ક્રિયા ચાલુ રાખવામાં આવી. આ પરિસ્થિતિમાં પાણી ક્રિટિકલ ટેમ્પરેચરની આજુ-

બાજુ આખા ઑટોક્લેવમાં રહે છે. આ રીતે એક કેરેટ (૦.૨ ગ્રામ) વજનનાં બનાવટી પન્નાં તેઓ તૈયાર કરી શક્યા. પછી અનેક પ્રયોગોને અંતે તેઓ એક સેન્ટિમીટર લાંબાં અને ૨-૩ મિલીમીટર પહોળાં પન્નાં બનાવવામાં સફળ થયા. આમ પન્ના જેવી કીમતી ઝવેરાતની બનાવટ વિજ્ઞાન સિદ્ધ કરી શક્યું છે.

ઉત્તમ મોતી ગોળ, ચકચકિત અને વજનમાં ભારે હોય છે. આજે તો બજારમાં બનાવટી મોતી પુષ્કળ આવે છે. મોતી કેલ્શિયમનું સંયોજન છે. સારાં મોતી સૌરાષ્ટ્ર, ઈરાન અને રામેશ્વર પાસે સમુદ્રનાં છીછરાં પાણીના કિનારે થાય છે. મોતી તેની છીપોમાં પાકે છે. વૈદ્યો મોતીની ભસ્મ શક્તિવર્ધક દવા તરીકે બનાવે છે.

પરવાળાં દરિયામાં રહેનાર જંતુઓ પેદા કરે છે. પરવાળાંની ઉત્પત્તિ ખૂબ રસિક છે. પરવાળાં ઉત્પન્ન કરનારાં જંતુઓ અનેક જાતનાં હોય છે. આ જંતુઓ મરી જાય ત્યારે જે અવશેષ રહે તે આપણું પરવાળું. આ જંતુઓ ગોળ આકારનાં હોય છે. આવાં જંતુઓમાંથી કોઈ એક માદા એક વાર કરોડો ઈંડાં મૂકે છે. આ ઈંડાં સૂક્ષ્મ હોય છે, અને દરિયાના પાણીમાં પડ્યાં રહે છે. થોડા વખત પછી તેઓમાંથી પૂર્ણ વિકસિત જંતુ બને છે. સમુદ્રતળિયે કોઈ અનુકૂળ સ્થાન મળી જતાં ત્યાં તે ચોંટી જાય છે. આ જંતુ ઉપર લાખો જંતુઓ બેસી જાય છે અને એક બીજા પર મજબૂત રીતે પકડીને રહેલાં હોય છે. કેટલાક વખત પછી નીચેનું જંતુ મરી જાય છે: પરંતુ નવાં બીજાં જંતુઓ ઉપરાઉપરી વધતાં જ જાય છે. આ રીતે ક્રિયા ચાલ્યા કરે છે. પરિણામે પરવાળાંના મોટા પહાડો સમુદ્રમાં બને છે. મરેલાં જંતુઓનાં અસ્થિઓનો અવશેષ ભાગ એ આપણાં પરવાળાં. પરવાળાંના જંતુઓની જાતનો રંગ સામાન્યતઃ રતાશપડતો ગુલાબી હોય છે. એટલે પરવાળાં સામાન્યતઃ રાતા રંગનાં હોય છે. પરવાળાંમાં કેલ્શિયમ ખૂબ હોય છે. સફેદ પરવાળાં પણ થાય છે. પ્રવાલ ભસ્મ પરવાળાંમાંથી બનાવાય છે, પરંતુ સફેદ જાત દવામાં વપરાતી નથી. કાળા રંગનાં પરવાળાં ઈરાનની ખાડીમાં; ગુલાબી અને લાલ રંગનાં પરવાળાં ભૂમધ્ય સમુદ્રમાં થાય છે. હિંદના તેમ જ ઈટાલીના લોકો તેને પવિત્ર માને છે.

હવે ક્ષુદ્રરત્નો લઈએ. ફ્લુઅરસ્પારનું ગુજરાતી નામ બિલોરી કાચ આપેલું છે. સંસ્કૃતમાં તેને વૈકાન્ત કહે છે. દેખાવમાં એ હીરા જેવા લાગે છે. ખૂબ ગરમ કરવાથી તે ચળકે છે. પણ વિશેષ ગરમીમાં પીગળી જાય છે. ખનિજોમાંથી ધાતુઓના શોધનમાં તેનો ઉપયોગ ફ્લક્સ તરીકે થાય છે. તુરમેરીન અને વૈકાન્ત બંને સરખા લાગે છે. વૈકાન્તમાં ફ્લોરિન હોય છે. તે કેલ્શિયમ અને ફ્લોરિનનું સંયોજન છે. તુરમેરીન ઍલ્યુમિનિયમ અને રેતીનું સંયોજન છે. ફ્લુઅરસ્પાર ઉત્તર ભારતમાંથી બધેય મળી આવે છે. સામાન્ય રીતે તે સ્ફટિક પથ્થરોની સાથે જોવામાં આવે છે. વૈદ્યરાજ શ્રી બાપાલાલભાઈ 'રસશાસ્ત્ર'માં લખે છે કે પહેલાં દવામાં એ ખૂબ વપરાતો હશે. "આવો અમૂલ્ય પદાર્થ આજે સંદિગ્ધ બની ગયેલો છે."

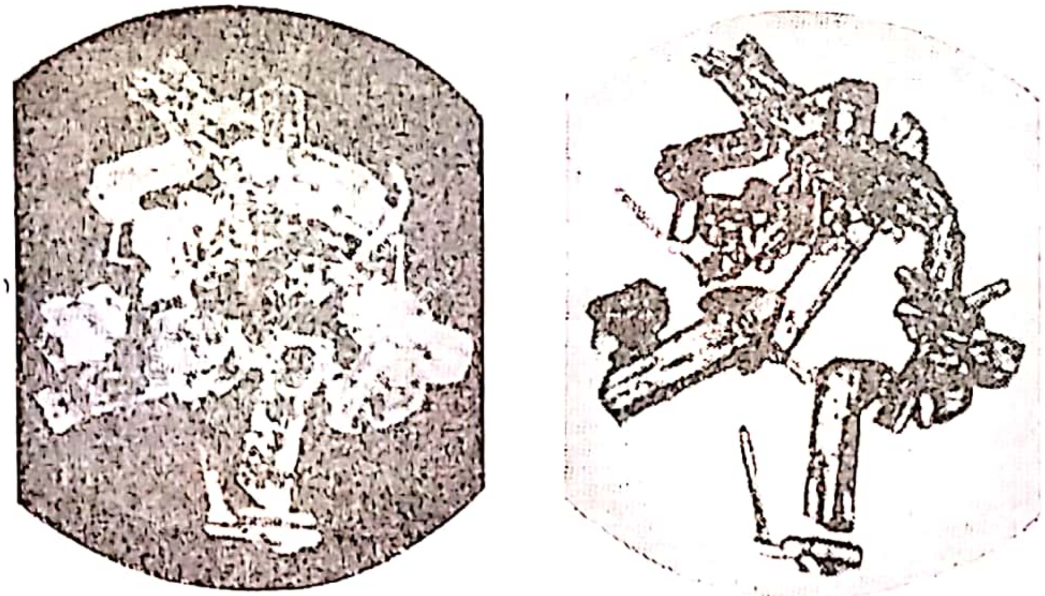
સૂર્યકાન્ત સોડિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ અને કેલ્શિયમ ધાતુઓનું રેતી સાથેનું અટપટું સંયોજન છે. બ્રહ્મદેશ, રશિયા અને નૉર્વેમાંથી તે મળી આવે છે. વૈદ્યો આની ભસ્મ બનાવે છે. ચંદ્રકાન્ત બર્મા અને સિલોનમાંથી મળી આવે છે.

લાજવર્દ યા લાજાવર્તનું ગુજરાતી નામ રેવટી છે. મારવાડમાં અજમેરથી થોડે દૂર ડુંગરોમાંથી મળી આવે છે. આનો મુખ્ય ઉપયોગ રંગમાં થાય છે. તેનો બારીક ભૂકો ઘર શણગારવામાં વપરાય છે. તેનો રંગ ગળી જેવો લાગે છે. આને અલ્ટ્રામરીન તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.

પીરોજાનો રંગ નીલો યા નીલ-લીલો હોય છે. તે ઈરાનમાંથી મળી આવે છે. આ રત્ન બહુ તેજસ્વી નથી હોતું. ગરમીમાં તેનો રંગ બગડી જાય છે.

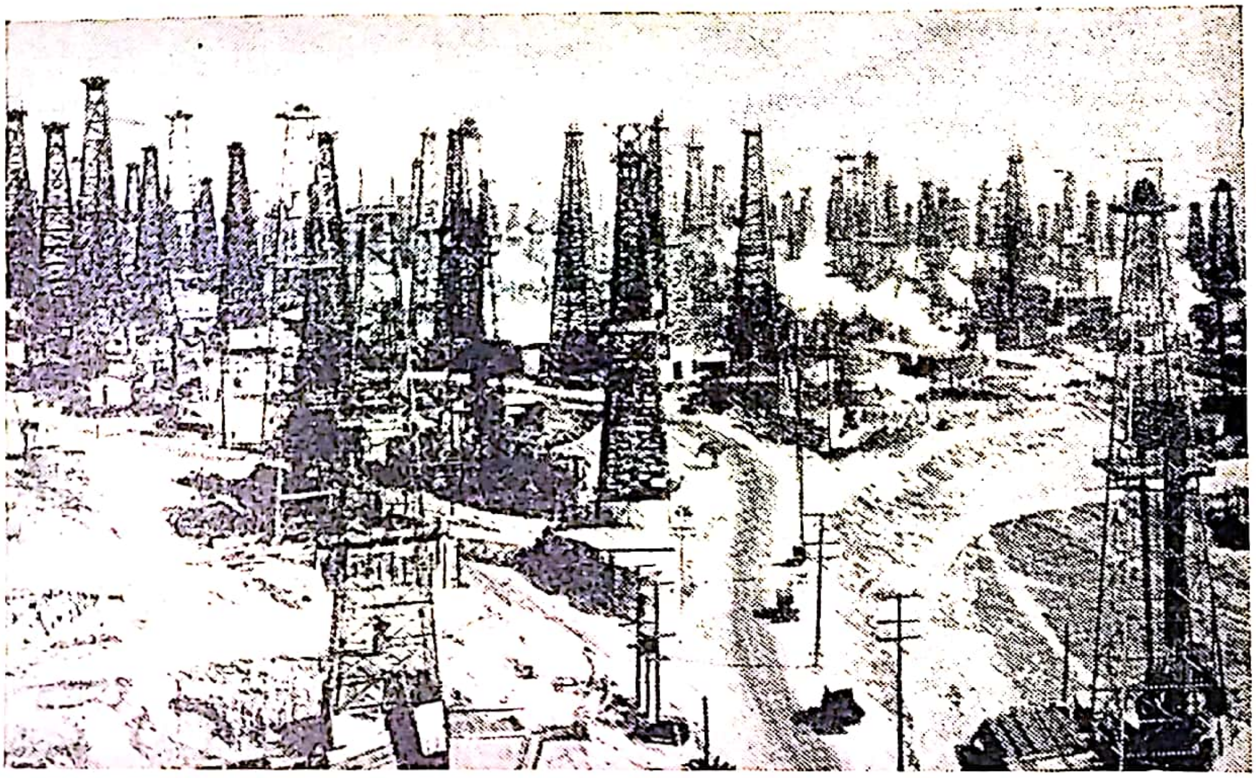
સ્ફટિકો પાસાદાર રેતીનાં રૂપાંતરો છે. તેમાં જે રંગ હોય છે તે કેટલીક ધાતુઓના અંશની હાજરીને આભારી છે. શુદ્ધ સ્ફટિકને અંગ્રેજીમાં rock crystle કહેવામાં આવે છે. સ્ફટિકનાં અનેક રૂપાંતરો કુદરતમાંથી મળી આવે છે.

આ ઉપરાંત કરંજનો પથરો—કોરન્ડમ કે કુરુન્દ (corundum) એમરી પથ્થર તરીકે ઓળખાય છે. તે રાતા રંગનો અતિ કઠણ પથ્થર છે. કોરન્ડમની પારદર્શક અને રંગીન જાતો રત્નો તરીકે ઉપયોગમાં આવે છે. અપારદર્શક જાતો તેની કઠણતાને લીધે સખત વસ્તુઓ કાપવા માટે ઘર્ષક (abrasives) તરીકે વપરાય છે.



એક જ સ્ફટિક — જુદા જુદા પ્રકાશમાં

ખંડ : ૩



ડેરિકનું જંગલ (કેલિફોર્નિયા)

રબ અલ-ખાલી (સાઉદી અરેબિયા)માં તેલની ખોજ – સિસ્મોગ્રાફિક સર્વે

૮ : કાર્બનિક રસાયણની ભૂમિકા

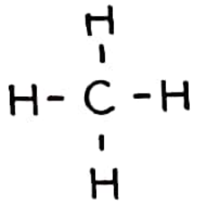
દરેક દ્રવ્ય પરમાણુઓ અને તેમાંથી બનતા અણુઓનું બનેલું છે તે તો આપણે જાણીએ છીએ. પરમાણુઓની અંદર પ્રોટોન, ન્યુટ્રોન અને ઇલેક્ટ્રોન રૂપી વિદ્યુતકણો હોય છે. પરમાણુની આંતરિક રચના આપણી સૂર્યમાળાને મળતી હોય છે. દરેક પરમાણુમાં એક કેન્દ્ર (nucleus) રૂપી સૂર્યની આસપાસ જુદી જુદી કક્ષાઓમાં પરિભ્રમણ કરતા ગ્રહોરૂપી ઇલેક્ટ્રોનો હોય છે. પરમાણુને સૂર્યમાળા જેટલો વ્યાપક બનતો કલ્પવામાં આવે તો તેના મધ્યસ્થ ભાગની આસપાસ ફરતા છેલ્લી કક્ષાના ઇલેક્ટ્રોનને સૂર્યથી ૩૬ લાખ માઈલ દૂર આવેલા પ્લૂટોના ગ્રહ સાથે સરખાવી શકાય. પરમાણુના કેન્દ્રમાં પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોનનો બનેલો ન્યુકલીઓન સ્થિત થયેલો હોય છે. પ્રોટોનમાં નરી ધન (positive) વિદ્યુત છે જ્યારે ન્યુટ્રોનમાં ધન અને ઋણ (negative) વિદ્યુત સમાન માત્રામાં રહેલી હોય છે. ગ્રહો રૂપે ફરતા ઇલેક્ટ્રોનો ઋણ વિદ્યુત ધરાવે છે, જેની માત્રા પ્રોટોનની ધનવિદ્યુત જેટલી જ હોય છે. આથી સળંગ રીતે કોઈ પણ પરમાણુ વિદ્યુતભાર ધરાવતો હોતો નથી. પરંતુ જો આ બેમાંથી એક પ્રકારની વિદ્યુત છૂટી પાડવામાં આવે તો શક્તિ ઉત્પન્ન થાય. અણુશક્તિનું રહસ્ય આમાં રહેલું છે.

બધાં મૂળતત્ત્વામાં સૌથી હલકું હાઈડ્રોજન છે. હાઈડ્રોજનના એક પરમાણુમાં ૧ પ્રોટોન કેન્દ્રમાં અને તેની આસપાસ ૧ ઇલેક્ટ્રોન ફરતો હોય છે. આ હાઈડ્રોજનની આંતરરાષ્ટ્રીય સંજ્ઞા H (એચ) છે. દરેક મૂળતત્ત્વ માટે રસાયણશાસ્ત્રમાં સંજ્ઞા વપરાય છે. આ પ્રમાણે ઑક્સિજનની સંજ્ઞા O(ઓ), નાઇટ્રોજનની N(એન) અને કાર્બનની C(સી) છે. જુદાં જુદાં મૂળતત્ત્વોના પરમાણુઓ કદમાં તેમ જ ગુણધર્મોમાં ભિન્ન હોય છે. પદાર્થોના અણુઓમાં જુદા જુદા પ્રકારના પરમાણુઓ અસ્તિત્વ ધરાવી શકે છે, જેમ કે, પાણીના અણુમાં બે હાઈડ્રોજનના પરમાણુઓ અને એક ઑક્સિજનનો પરમાણુ હોય છે. સંજ્ઞાઓની અંદર 'પાણી'નો અણુ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

H—O—H અથવા H_2O

પાણીને આથી હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું સંયોજન (compound) કહેવામાં આવે છે. પરમાણુની અંદર રહેલા ઉપલી કક્ષાના ઇલેક્ટ્રોનના વિનિમયને પરિણામે સંયોજન બને છે. આને સહસંયોજકતા (covalent bond) કહે છે અને આવી રીતે એક મૂળતત્ત્વનું બીજા મૂળતત્ત્વ સાથે રાસાયણિક સંયોજન ઉત્પન્ન કરવાની શક્તિને સંયોજકતા (valency) કહે છે. આ સંયોજકતાને

આપણે ભુજાઓ તરીકે કલ્પીએ તો વિષય સમજવામાં સરળતા થશે. કાર્બનની સંયોજકતા ચાર છે એટલે તેની સાથે હાઈડ્રોજનનો સંયોગ નીચે પ્રમાણે થશે:



અથવા CH_4

આ પદાર્થ 'મિથેઈન' અથવા ભેજવાયુ છે, જે ખનિજ તેલ અથવા કોલસાની ખાણના વાયુમાં હોય છે.

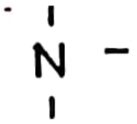
કાર્બનિક (organic) રાસાયણિક પદાર્થોને દર્શાવવા માટે જુદા જુદા પરમાણુઓ વચ્ચેની સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોનની એક જોડ પૂરતી, એક રેખારૂપે દર્શાવવામાં આવે છે. આ રેખાને સંયોજકતાનું બંધન (valency bond) કહેવામાં આવે છે. આવું એક બંધન (single bond) એક રેખા વડે, દ્વિબંધન (double bond) બે રેખાઓ વડે અને ત્રિબંધન (triple bond) ત્રણ રેખાઓ વડે નીચે મુજબ દર્શાવવામાં આવે છે:

C–C	C=C	C≡C
સિંગલ બૉન્ડ	ડબલ બૉન્ડ	ટ્રિપલ બૉન્ડ

યાદ રાખવું જોઈએ કે કાર્બનનો પરમાણુ 'ચતુર્ભુજ' (ચાર વૅલેન્સીવાળો) હોવાથી તે એક વૅલેન્સીવાળા હાઈડ્રોજનના ચાર પરમાણુઓ જોડે સંધિ કરી શકે. નીચેના ચિત્રમાં નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજનની સંજ્ઞા સાથે તેમની સંયોજકતા રેખા દ્વારા દેખાડી છે. :

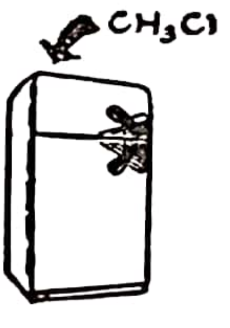
–O–

ઑક્સિજન



નાઈટ્રોજન

મિથેઈનનું સૂત્ર CH_4 છે તે આપણે જોઈ ગયા. આ વાયુમાંના ચાર હાઈડ્રોજન પરમાણુ પૈકી એકને સ્થાને ક્લોરિનનું વિસ્થાપન કરવામાં આવે તો CH_3Cl પદાર્થ બને. તેને મિથાઈલ ક્લોરાઈડ કહેવાય. આ વાયુ રેફ્રિજરેટરમાં ઠંડક ઉત્પન્ન કરવા વપરાય છે. મિથેઈનમાંથી બે હાઈડ્રોજનના પરમાણુને ઠેકાણે બે ક્લોરિનના પરમાણુનું વિસ્થાપન કરીએ તો CH_2Cl_2 બને. તેને મિથિલિન ડાયક્લોરાઈડ કહેવાય. જો ત્રણ હાઈડ્રોજનને હઠાવી ત્રણ ક્લોરિનનું વિસ્થાપન કરીએ તો $CHCl_3$ પદાર્થ મળે, જેને ક્લૉરોફૉર્મ કહેવાય છે અને ઑપરેશન કરતાં પહેલાં દર્દીને નિશ્ચેત બનાવવા તેનો ઉપયોગ થાય છે. આમ સાદામાં સાદા મિથેઈન વાયુમાંથી આટલા ઉપયોગી પદાર્થ બની શકે છે. હવે આપણે મિથેઈન જેવા કેટલાક પદાર્થો લઈ તેમની સૂત્રરચના તથા નામવિધિ સમજવા પ્રયત્ન કરીએ.



મિથાઇલ ક્લોરાઇડ
(રેફ્રિજરંટ)

ક્લોરોફૉર્મ
(નિશ્ચેતક)

કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ
(અગ્નિરોધક તેમ જ ડાઘા સાફ કરવામાં વપરાતો પ્રવાહી)

CH_4	મિથેઇન	C_4H_{10}	બ્યુટેઇન
C_2H_6	ઇથેઇન	C_5H_{12}	પેન્ટેઇન
C_3H_8	પ્રોપેઇન	C_6H_{14}	હેક્ઝેઇન

CH_4 માંથી એક H નું ક્લોરિન દ્વારા વિસ્થાપન કરીએ. CH_3Cl બને છે. તેને મિથાઇલ ક્લોરાઇડ કહે છે તે આપણે જોઈ ગયા. એમાં CH_3 આણુસમૂહ યા રેડિકલ તરીકે વર્તે છે. એને મિથેઇલ રેડિકલ કહેવામાં આવે છે. એ અને એના જેવા અન્ય એકમોને રેડિકલ કહેવામાં આવે છે. આવા આણુસમૂહને ટૂંકામાં લખવા અંગ્રેજી અક્ષર R (આર) મુકાય છે.

હવે આપણે કેટલાક રેડિકલોનો પરિચય કરી લઈએ.

ઇથેઇનમાંથી C_2H_5, પ્રોપેઇનમાંથી C_3H_7 અને બ્યુટેનમાંથી C_4H_9 વગેરે રેડિકલો મળી આવે. તે બધા અનુક્રમે ઇથાઇલ, પ્રોપાઇલ, બ્યુટાઇલ વગેરે નામોથી ઓળખાય છે.

મિથેઇનમાંથી બે હાઇડ્રોજનના આણુઓ ઓછા થવાથી બનતું રેડિકલ મિથિલિન કહેવાય છે. એ જ મુજબ C_2H_4 ઇથિલિન, C_3H_8 પ્રોપેલિન, C_4H_8 બ્યુટિલિન જેવાં નામો વડે ઓળખાય છે.

જે રેડિકલ પાછળ OH જોડાય તેને આલ્કોહૉલ કહેવામાં આવે છે. જેમ કે CH_3OH મિથાઇલ આલ્કોહૉલ, C_2H_5OH ઇથાઇલ આલ્કોહૉલ, C_3H_7OH પ્રોપાઇલ આલ્કોહૉલ વગેરે. આધુનિક નામકરણ પ્રમાણે જે હાઇડ્રોકાર્બનમાંથી આલ્કોહૉલ બન્યો હોય તેને ol લગાડીને આલ્કોહૉલનું નામ અપાય છે. એટલે મિથાઇલ આલ્કોહૉલ એટલે મિથેનૉલ, ઇથાઇલ આલ્કોહૉલ એટલે ઇથેનૉલ, પછી પ્રોપેનૉલ વગેરે.

મિથેઇન, ઇથેઇન, પ્રોપેઇન વગેરે હાઇડ્રોકાર્બનના આખા સમૂહને સૂચવવા સામાન્ય સૂત્ર $C_nH_{2n}+_2$ છે. તેમાં n ને ઠેકાણે ૧, ૨, ૩ વગેરે અંક મૂકવાથી જુદા જુદા હાઇડ્રોકાર્બનનાં સૂત્ર બને છે. આ પ્રકારનાં સંયોજનો આલ્કેઇન કે પૅરેફિન કહેવાય છે. હાઇડ્રોકાર્બનના અન્ય કેટલાક વર્ગોનો કોઠો પ્રકરણને અંતે આપવામાં આવ્યો છે.

પૅરેફિન અથવા આલ્કેઇન પદાર્થો

આ શ્રેણીનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n+2} છે. તેમાં પ્રથમ CH_4 — મિથેઇન છે, જે મુખ્યત્વે કુદરતી વાયુમાં રહેલો હોય છે. એના એક હાઈડ્રોજનને સ્થાને CH_3 — મિથાઈલ ગ્રૂપ મૂકીએ તો શ્રેણીનો બીજો પદાર્થ C_2H_6 — ઇથેઇન થાય છે. તે જ પ્રમાણે ઇથેઇનમાંથી ત્રીજો પદાર્થ પ્રોપેઇન C_3H_8, પ્રોપેઇનમાંથી ચોથો પદાર્થ બ્યુટેઇન C_4H_{10} એ પ્રમાણે ક્રમિક રીતે આ શ્રેણીમાં પદાર્થો આવેલા હોય છે. હવે કોઈ રાસાયણિક પદાર્થમાં પરમાણુઓની સંખ્યા સરખી હોય પરંતુ જ્યારે તેની આંતરિક રચનામાં ભિન્નતા હોય ત્યારે આવાં રસાયણો નૉર્મલ અને આઈસો એ રીતે અનુક્રમે ઓળખાય છે. દૃષ્ટાંત તરીકે

$$CH_3\ CH_2\ CH_2\ CH_3 \quad \rightarrow \quad CH_3\ \underset{\displaystyle CH}{\underset{|}{CH_3}}\ CH_3$$

નૉર્મલ બ્યુટેઇન   આઈસો બ્યુટેઇન

જેમ જેમ અણુ વિસ્તરતો જાય તેમ તેમ તેના સમઘટકો (isomer)ની સંખ્યા પણ વધતી જાય. બ્યુટેઇનના ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે ૨ સમઘટકો છે; ઑક્ટેઇનના ૧૮ છે, જ્યારે ટ્રાયડિકેઇનના તો ૮૦૨ જેટલા થાય.

આ શ્રેણીમાં દરેક પદાર્થના નામને અંતે 'ane' પ્રત્યય લાગેલો હોય છે. નામને છેડે 'yl' (આઈલ) નૉર્મલ સૂચવે છે. આલ્કેઇન પદાર્થમાંથી એક હાઈડ્રોજનનો પરમાણુ દૂર કરીએ તો બાકીના ભાગને નામ પાછળ 'આઈલ' લગાડીને બોલાય છે, જેમ કે,

$-CH_3$	મિથાઈલ
$-C_4H_7$	બ્યુટાઈલ
$-C_nH_{2+1}$	આલ્કીલ (આલ્કેઇન ઉપરથી આલ્કીલ સામાન્યત:)
$-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$	આઈસોપ્રોપાઇન

ખુલ્લી સાંકળવાળા અસંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બનો

આ શ્રેણીમાં આવતા પદાર્થો ઓલેફિન, ડાયઓલેફિન અને ઍસિટિલિન પ્રકારના હાઈડ્રોકાર્બનો છે. ઓલેફિન અથવા આલ્કાઇન વર્ગના પદાર્થોનું નામકરણ ઇન (–ene) કે ઈલિન (–ylene) પ્રત્યય લગાડીને કરવામાં આવે છે, જેમ કે ઇથિલિન (ethylene) અને પ્રોપિલિન (propylene). ડાયઓલેફિનનાં નામોને છેડે –diene પ્રત્યય લાગે છે. દા. ત., બ્યુટાડાઈન (butadiene) – ઓલેફિનમાં કાર્બનના પરમાણુને એક દ્વિ-બંધન, ડાયઓલેફિનમાં બે દ્વિ-બંધન અને ઍસિટિલિનમાં એક ત્રિ-બંધન હોય છે. પરમાણુઓ વચ્ચે ઇલેક્ટ્રોનોના વિનિમયને લીધે આ બંધન અસ્તિત્વમાં આવે છે અને તેને લીધે એક મૂળતત્ત્વનો બીજા મૂળતત્ત્વ સાથે રાસાયણિક સંયોગ શક્ય બને છે.

એલિસાઈકિલક–નેફ્‌થીન–અથવા સાઈકલો-પૅરેફિનો

આ પદાર્થોનું સામાન્ય બાંધારણ C_nH_{2n} સૂત્રથી દર્શાવવામાં આવે છે. પૅરેફિનો માફક આ દ્રવ્યો તૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બનો છે પણ દરેક અણુમાં કાર્બનના પરમાણુઓ સીધી સાંકળને બદલે વલયાકારમાં ગોઠવાયેલા હોય છે.

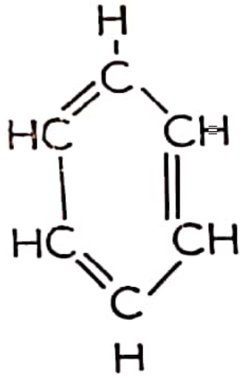
આ કારણથી આ પદાર્થો ચક્રીય – સાઈક્લો-પૅરેફિન – તરીકે ઓળખાય છે. તેમાંનાં કેટલાંકનાં નામો આ પ્રમાણે છે: સાઈક્લોપ્રોપેઈન, સાઈક્લોબ્યુટેઈન, સાઈક્લોપેન્ટેઈન, સાઈક્લોહેક્ઝેઈન વગેરે.

ઍરોમેટિક (aromatic) હાઈડ્રોકાર્બનો

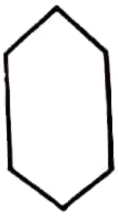
કાર્બનના પરમાણુઓ સીધી સાંકળમાં તેમ જ વલયાકાર એવાં બે સ્વરૂપે જોડાઈ શકે છે. સીધી સાંકળમાં જોડાનાર પદાર્થોની વાત આપણે કરી ગયા. હવે આપણે વલયાકારે જોડાનાર બેન્ઝિન જેવા રાસાયણિક પદાર્થોની વાત કરીએ.

ઍરોમેટિક હાઈડ્રોકાર્બનોમાંનાં ઘણાં બધાં ગંધવાળાં હોવાથી તેમને સૌરભીય પદાર્થો પણ કહેવામાં આવે છે. તેમનાં નામોને છેડે 'ઈન' (–ene) પ્રત્યય લાગે છે. બેન્ઝિન, ટોલ્યુઈન, ઝાઈલિન, નેફ્‌થેલિન, એન્થ્રેસિન વગેરે પદાર્થો સૌરભીય પ્રકારના છે અને જમીનમાંથી નીકળતા પેટ્રોલિયમમાં હોય છે.

કોલ-ટાર એટલે કે કોલસાના ડામરમાંથી બેન્ઝિન નામનું પ્રવાહી નીકળે છે. તે છ કાર્બન અને છ હાઈડ્રોજન પરમાણુનું બનેલું છે એમ વૈજ્ઞાનિકોને જણાયું. તેનું સૂત્ર સાંકળસ્વરૂપે દર્શાવી શકાતું નહોતું તેથી વૈજ્ઞાનિકો મૂંઝવણમાં પડયા હતા; પરંતુ જર્મન રસાયણવિદ કેક્યુલેએ બેન્ઝિનનું સૂત્ર નીચે મુજબ ગોઠવી આપ્યું.



બેન્ઝિનનું સૂત્ર

આ સૂત્રને ફક્ત  સ્વરૂપે પણ દર્શાવવામાં આવે છે.

અત્યાર સુધી આપણે બેન્ઝિન અને નેફ્‌થેલિન જેવા ચક્રીય પદાર્થોનો અભ્યાસ કર્યો. તે બધામાં કાર્બન પરમાણુઓ એકબીજા સાથે જોડાયેલા છે. આવાં સંયોજનો સમચક્રીય (homocyclic) કહેવાય છે. કાર્બન પરમાણુઓની સાથે નાઈટ્રોજન, ગંધક કે ઑક્સિજન જેવાં અન્ય મૂળતત્ત્વો પણ ચક્રની બનાવટમાં ભાગ લે ત્યારે તેવાં સંયોજનો વિષમચક્રીય કહેવાય છે. ક્લૉરોફિલ, હેમોગ્લોબિન, વનસ્પતિના કેટલાક રંગો, આલ્કલોઈડો વગેરે આવા વિષમચક્રીય હોય છે. કાર્બનિક પદાર્થોની કુલ સંખ્યાના હિસાબે, તેમાંના ૭૫ ટકા પદાર્થો વિષમચક્રીય હોય છે, એ બીના નોંધપાત્ર છે.

હાઈડ્રોકાર્બનોની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ

ઉષ્ણતામાન અને દબાણ પર આધારિત અનેક રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ હાઈડ્રોકાર્બન ઉપર કરી શકાય છે, જેમાંની મુખ્ય નીચે પ્રમાણે છે:

(૧) **પોલિમેરાઈઝેશન :** બે અસંતૃપ્ત અણુઓ વચ્ચેની રાસાયણિક ક્રિયાને પોલિમેરાઈઝેશન—બહુલીકરણ કહેવાય છે, જેમાં બે અણુઓ જોડાઈને એક મોટો અસંતૃપ્ત અણુ બને છે: દા.ત.

$$C_4H_8 + C_4H_8 \rightarrow C_8H_{16}$$

(૨) **આલ્કિલેશન :** ઓલેફિન અને આઈસોપૅરેફિન વચ્ચેની પ્ર યાને પરિણામે એક મોટી શાખાવાળો પૅરેફિન પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે: દા. ત.

$$C_4H_8 + C_4H_{10} \rightarrow C_8H_{18}.$$

(૩) **હાઈડ્રોજિનેશન :** આ પ્રક્રિયામાં અસંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બન અને હાઈડ્રોજન વાયુના સંયોગથી પૅરેફિન ઉત્પન્ન થાય છે. દા. ત.

$$C_8H_{16} + H_2 \rightarrow C_8H_{18}$$

(૪) **ડિ-હાઈડ્રોજિનેશન :** આ ક્રિયામાં પદાર્થમાંથી હાઈડ્રોજન ઓછો કરીને તેને અસંતૃપ્ત બનાવવામાં આવે છે. જેમ કે

$$C_4H_{10} \longrightarrow C_4H_8 + H_2$$

(૫) **ઍરોમેટાઈઝેશન :** આ રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં સીધી સાંકળવાળું બંધારણ ધરાવતા પદાર્થમાંથી વલયાકાર પદાર્થ બનાવવામાં આવે છે. પરિણામે હાઈડ્રોજનના પરમાણુ દૂર થાય છે. જેમ કે

$$C_7H_{16} \longrightarrow C_6H_5CH_3 + 4H_2$$

(૬) **ક્રૅકિંગ (ભંજન):** આ ક્રિયામાં મોટા અણુઓ તૂટીને નાના અણુઓમાં રૂપાન્તર પામે છે. પૅરેફિન હાઈડ્રોકાર્બન ઉપર ક્રૅકિંગની ક્રિયા વડે તેમાંથી પૅરેફિન અને ઓલેફિન વર્ગના પદાર્થો પેદા થાય છે: જેમ કે

$$C_{16}H_{34} \longrightarrow C_8H_{18} + C_8H_{16}$$

આ પ્રક્રિયામાં બીજા આડ-પદાર્થો પણ ઉત્પન્ન થાય છે, જેમાં કાર્બન અને ઉપર (૧) થી (૫) સુધી બતાવેલી ક્રિયાઓમાંથી ઉદ્‌ભવતા પદાર્થો પેદા થાય છે. ઉષ્ણતામાન, દબાણ અને સમયના નિયંત્રણ વડે જુદી જુદી પ્રક્રિયાઓ સિદ્ધ કરી શકાય છે. ઉદ્દીપકની સહાયથી આ ક્રિયાઓ સુગમ થાય છે. આવી ક્રિયાને કેટાલિટિક ક્રૅકિંગ કહેવામાં આવે છે. ઊંચા ઉષ્ણતામાને ફક્ત ગરમી વડે જ કરવામાં આવતા ભંજનને થર્મલ ક્રૅકિંગ કહે છે, જેમાં ઉષ્ણતામાન ૧૦૦૦° ફે. સુધી હોય છે અને દબાણ દર ચોરસ ઇંચે ૧૦૦૦ રતલ જેટલું રાખવું પડે છે.

(૭) આઈસોમેટાઈઝેશન (સ્વરૂપાંતર): આ ક્રિયામાં અણુઓની રચના જ બદલાય છે:

$$CH_3.CH_2.CH_2CH_2.CH_3 \longrightarrow CH_3CH_2CH{<}^{CH_3}_{CH_3}$$

નૉર્મલ પેન્ટેઇન   આઈસો પેન્ટેઇન

(૮) પુનર્ઘટન (**reforming**): આમાં એક પદાર્થને તેના આઈસોમરમાં અગર તો ખુલ્લી સાંકળવાળા પદાર્થને ચક્રીય સ્વરૂપમાં ફેરવવામાં આવે છે.

સમાનધર્મી શ્રેણી (homologous series)

નામ	સામાન્ય સંજ્ઞા n—કોઈ સંખ્યા $R=C_nH_{2n-1}$	પ્રકાર અથવા ક્રિયાશીલ ભાગ
આલ્કેઈન અથવા પેરેફિન	C_nH_{2n+2}	તૃપ્ત ખુલ્લી સાંકળ
આલ્કાઈન્સ અથવા ઓલેફિનો	C_nH_{2n}	ખુલ્લી સાંકળ ૧ ડબલ બૉન્ડ
આલ્કાડીએન્સ અથવા ડાયઓલેફિનો	C_nH_{2n-2}	,, ,, ૨ ,,
આલ્કિન્સ અથવા ઍસિટિલિન્સ	C_nH_{2n-2}	,, ,, ૧ ટ્રિપલ બૉન્ડ
સાઈક્લોઆલ્કેન્સ સાઈક્લો પેરેફિનો અથવા નેફ્થીન્સ	C_nH_{n2}	સાઈક્લિક, (ચાક્રિક), તૃપ્ત (સૅચ્યુરેટેડ)
સાઈક્લોઓલેફિન્સ	C_nH_{2n-1}	સાઈક્લિક (ચાક્રિક), તૃપ્ત
ઍરોમેટિક્સ (સૌરભીય)	C_nH_{2n-6}	
આલ્કોહૉલ	R—OH	—OH (હાઈડ્રૉક્સિલ) રેડિકલ
ઈથર	R—O—R′	—O— રેડિકલ
ઍસિડ	$R{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH$	—COOH (કાર્બોક્સિલ) રેડિકલ
કિટોન	$R{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}R'$	—CO— (કાર્બોનિલ)
આલ્ડિહાઈડ	$R{-}\overset{\overset{\displaystyle H}{\|}}{C}{=}O$	—CHO
ઍમાઈન	RR″R‴N	≡N
મરકૅપ્ટાન	R—S—H	—SH
ક્લોરાઈડ	R—Cl	—Cl

૯ : સ્નિગ્ધ દ્રવ્યો

ઘૃત અથવા ઘીનો ઋગ્વેદમાં ઉલ્લેખ મળી આવે છે:

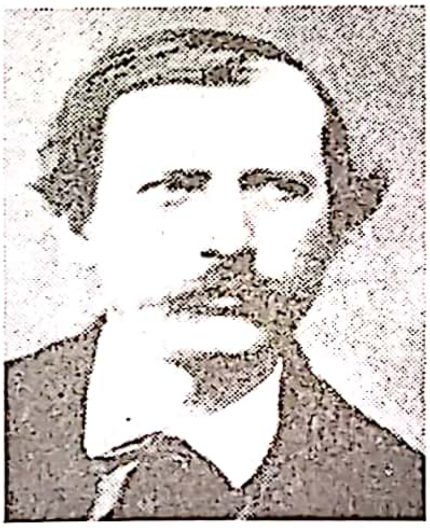
मित्रं हुवे पूतदक्षं, वरुणं चऽरिंशादसं ।
धियं घृता चीं साधन्ता ॥
[ऋग्वेद, १-२-७]

પવિત્ર અને દક્ષ મિત્રદેવને અને શત્રુઓને ખાઈ જનારા વરુણદેવને – ઘી ઝરતી ઉજ્જ્વળ બુદ્ધિ સાધનારા (એ બેને) નિમંત્રું છું.

ઋગ્વેદનો સમય ઈ. સ. પૂર્વે ૨૦૦૦ વર્ષનો ગણાય છે એટલે ઘી વગેરે સ્નિગ્ધ દ્રવ્યોનો પરિચય માનવીને વેદકાળથી હશે એમ માનવા કારણ મળે છે. શ્રીમદ્ ભાગવતમાં પણ શ્રીકૃષ્ણની બાળલીલામાં માખણ ચોરીનું રસિક વર્ણન કરેલું છે. સૌથી પ્રથમ આ સ્નિગ્ધ દ્રવ્યોનું જ્ઞાન માનવી-ને કેવી રીતે અને ક્યારે થયું તેનો ઇતિહાસ ભૂતકાળમાં વિલીન થઈ ગયો છે. પરંતુ આ પદાર્થો પુરાતનકાળથી ખાદ્ય ઉપયોગમાં, યજ્ઞ વગેરે ધાર્મિક ક્રિયાઓમાં પ્રકાશ માટે દીપકો જલાવવામાં, શારી-રિક અંગરાગા અને શૃંગાર સામગ્રી (કૉસ્મેટિક્સ)માં વગેરે કામોમાં વપરાતા હતા એમ ચોક્કસ કહી શકાય છે.

ઈ. સ. પૂર્વે ૧૦૦૦ના સમયમાં ઇજિપ્તમાં પ્રાચીન કબરોમાંથી ખોદી કઢાયેલા માટીના ચરુઓમાં તૈલી પદાર્થ ભરેલો એક ચરુ શોધી કાઢવામાં આવ્યો હતો. ઈ. સ. પૂર્વે ૯ થી ૧૮મી સદીથી માંડી છેક મધ્યયુગ સુધીના સમયનો ગાળો ધરાવતી ગ્રીક અને હિબ્રૂ સંસ્કૃતિ દરમ્યાન તેલોનો ઉપયોગ કલા, હુન્નરઉદ્યોગ અને ઔષધો વગેરેમાં થતો હતો એમ સાર્ટનકૃત 'ઇન્ટ્રોડક્શન ટુ ધ હિસ્ટરી ઑફ સાયન્સ'માંથી જાણવા મળે છે. રોમન સમયમાં ચરબી તથા મીણમાંથી બનાવેલી મીણબત્તી-ઓના વપરાશની ઇતિહાસકારોએ નોંધ લીધી છે. રોમન વિદ્વાન પ્લીની (ઈ. સ. ૨૭–૭૯)એ તા તેલમાંથી બનતા સાબુનું વર્ણન કરેલું છે. ઍનકોસ્ટિક નામની એક ચિત્રક્રિયાના પ્રકારમાં ઇજિ-પ્શિયન મમીના આચ્છાદન ઉપર ચીતરેલાં ચિત્રોમાં મીણની અંદર કાલવેલા રંગોનો ઉપયોગ કર-વામાં આવ્યો હતો; તથા ટેમ્પેરા પ્રકારના ચિત્રકામમાં મીણ, પાણી અને ઈંડાના ગર્ભનું મિશ્રણ વાપરવામાં આવ્યું હતું એના ઘણા ઉલ્લેખો મળે છે. થિયોફિલિસ પ્રેસબિટર (૧૨મી સદી) નામના એક કલાકારે તૈલી રંગોની બનાવટ અને તેના ઉપયોગો વિશે એક પુસ્તક લખ્યું છે તેમાં તેણે રંગો અને વાર્નિશ બનાવવાનાં પ્રમાણો પણ આપ્યાં છે. વળી સાગરનાં તોફાન વખતે દરિયાઈ મોજાંને શમાવવા માટે ગ્રીક નાવિકો મોજાં ઉપર તેલ રેડતા એ હકીકત જાણીતી છે. ૧૨મી સદીમાં ભારતીય ગણિતશાસ્ત્રી ભાસ્કરાચાર્યે તેલ-પાણીનું પૃષ્ઠતાણ માપ્યું હતું. નજદીકના ભૂતકાળ પ્રત્યે નજર

નાખતાં, તેલ વિશેનું વિજ્ઞાન ઈ. સ. ૧૭૭૯થી વિકાસ પામવા લાગ્યું છે. તે સાલમાં સ્વીડિશ રસાયણ-શાસ્ત્રી શીલે ઑલિવ તેલ અને સિંદૂરને સાથે ગરમ કરી તેમાંથી ગ્લિસરીન છૂટું પાડ્યું હતું. પણ એમ. ઈ. શેવેરુલ (M. E. Cheverul) તેલ તથા ચરબીના રસાયણશાસ્ત્રના પિતા ગણાય છે. ૧૮૧૩થી ૧૮૨૩નાં વર્ષો દરમ્યાન તેણે કરેલાં સંશોધનોને પરિણામે એ વાત સિદ્ધ થઈ કે આ પદાર્થો કાર્બનિક ઍસિડ તથા ગ્લિસરીન (અથવા ગ્લિસરોલ)ના 'એસ્ટરો' છે. બ્યુટિરિક, વેલેરિક, કેપ્રોઈક, કેપ્રિક, સ્ટિરિક વગેરે ચરબીના ઍસિડો (fatty acids) તેણે તેલ-ચરબીમાંથી છૂટા પાડયા. આ વૈજ્ઞાનિકે ૧૦૩ વર્ષનું દીર્ઘાયુષ્ય ભોગવ્યું અને ૧૮૮૯માં તે મૃત્યુ પામ્યો ત્યારે કાર્બનિક રસાયણનો વિષય ઘણો આગળ વધ્યો હતો. ૧૮૫૪માં બર્થલોટ નામના રસાયણશાસ્ત્રીએ ગ્લિસરીન ટ્રાયહાઈડ્રિક આલ્કોહૉલ છે તે સાબિત કરી બતાવ્યું. કુદરતી તેલો ટ્રાયગ્લિસરાઈડ સંયોજનો છે એવું અનુમાન પાછળથી સાચું પડયું હતું. ઓગણીસમી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં તેલના પૃથક્કરણ સંબંધી સારી પ્રગતિ થઈ હતી. આ સમયમાં જુદા જુદા દેશોમાં વિવિધ પ્રકારનાં તેલીબિયાં પીસીને તેલનું ઉત્પાદન કરવાનો ઉદ્યોગ મોટા પ્રમાણમાં આગળ વધ્યો હતો.



માર્સેલિન બર્થેલોટ [૧૮૨૭–૧૯૦૭]

આધુનિક સમયમાં આ વિષયના અભ્યાસીઓ અને સંશોધકોમાં ટિ. પી. હિલ્ડીચ, ટી. મૂર, જે. બી. બ્રાઉન વગેરે વૈજ્ઞાનિકો અને તેમના સાથીઓનાં નામો મોખરે છે. તેલની ટેકનોલૉજીનો વિકાસ થતાં તેના પર આધારિત અનેક કારખાનાં સ્થપાયાં છે. (દૃષ્ટાંત તરીકે, ખાદ્ય સામગ્રી, સાબુ, રંગો અને વાર્નિશો, વગેરે.)

રસાયણશાસ્ત્રમાં તૈલી પદાર્થો 'લિપિડ' (lipids) વર્ગના ગણાય છે. સૃષ્ટિ ઉપર સેન્દ્રિય (organic) પદાર્થોના ત્રણ મુખ્ય વિભાગો છે તેમાં લિપિડ્ઝનો એક વર્ગ છે (બીજા બે કાર્બો-હાઈડ્રેટ અને પ્રોટીનના વર્ગો છે). લિપિડ્ઝ પદાર્થોનાં મુખ્ય લક્ષણો બે છે: (૧) તેઓ મુખ્યત્વે ફેટી ઍસિડના એસ્ટરો અથવા તજ્જન્ય પદાર્થો છે અને (૨) પાણીમાં તેઓ અદ્રાવ્ય છે; પણ બેન્ઝિન કે ઈથર જેવા દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય છે. સાદાં લિપિડો આલ્કોહૉલ તથા ઍસિડના સંયોગથી ઉદ્ભવેલાં એસ્ટરો છે. તેલ, ચરબી તથા મીણ આવાં સાદાં લિપિડો છે: જ્યારે ફૉસ્ફોલિપિડ, ગ્લાયકોલિપિડ વગેરે સંકીર્ણ લિપિડો છે. કેટલાક ફેટી ઍસિડો, નત્રિલો, હાઇડ્રોકાર્બનો, કેરોટિનોઇડો સાદાં તેમ જ સંકીર્ણ લિપિડોમાંથી ઉદ્ભૂત પદાર્થો છે.

આ તેલોને ખનિજ તેલો અથવા સુગંધિત ઉડ્ડયનશીલ તેલો (ઈસેન્શ્યલ)ના વર્ગોથી અલગ ગણવાનાં છે. ખનિજ તેલો હાઇડ્રોકાર્બન વર્ગનાં છે અને સુગંધિત તેલો ટર્પિન વર્ગનાં છે.

વિવિધ પ્રકારનાં તેલો એકબીજાથી જુદાં તારવી કાઢવામાં, તેમનામાં રહેલા ફેટી ઍસિડની માત્રાનો ઉપયોગ કરી લેવામાં આવે છે. ફેટી ઍસિડમાં બેકી નંબરના કાર્બનના પરમાણુઓ હોય

છે. પામિટિક અને સ્ટિરિક ઍસિડ સંતૃપ્ત (saturated) ઍસિડો છે જ્યારે ઓલિક અને લિનોલિક અતૃપ્ત (unsaturated) ઍસિડો છે. માણસના શરીરમાંની ૬૭ ટકા જેટલી ચરબી અતૃપ્ત ઓલિક અને લિનોલિક ઍસિડ ધરાવે છે જ્યારે ૩૨ ટકા પામિટિક અને સ્ટિરિક ઍસિડ છે. મકાઈનું તેલ વનસ્પતિમૂલક સાદા લિપિડનું દૃષ્ટાંત છે. તેમાં ૮૦ ટકા લિનોલિક અને ઓલિક ઍસિડ છે. તેમાં જૂજ પ્રમાણમાં અન્ય ફેટી ઍસિડો પણ અસ્તિત્વ ધરાવતા હોય છે. દિવેલમાં ૮૦થી ૯૦ ટકા રિસિનોલિક ઍસિડ હોય છે, જે ઓલિક ઍસિડમાંથી હાઇડ્રોક્સિ ઍસિડ તરીકે ઊતરી આવેલો છે. માખણમાં મુખ્યત્વે બ્યુટિરિક ઍસિડ છે. મુખ્ય પ્રકારના ફેટી ઍસિડો આ પ્રકરણને અંતે દર્શાવ્યા છે.

ચરબી અને તેલો વચ્ચેનો તફાવત ધ્યાનમાં લેવા જેવો છે. સાધારણ ઉષ્ણતામાને ચરબી ઘન હોય છે જ્યારે તેલ પ્રવાહી હોય છે તે મુખ્ય ફેર છે. આ સ્થિતિ ભૌતિક છે અને તેનો આધાર ઉષ્ણતામાન, રાસાયણિક અસંતૃપ્તતા અને અણુઓની ભૌમિતિક રચના તથા ફેટી ઍસિડોની અણુ-સાંકળની લંબાઈ (chain length) ઉપર છે. ફેટી ઍસિડોનું ગલનબિંદુ અણુભાર ઉપર આધારિત છે. જેમ અણુભાર વધારે તેમ ગલનબિંદુ પણ ઊંચું. રાસાયણિક અતૃપ્તતા ઉપર ગલનબિંદુ અધિકાંશે નિર્ભર છે. ચરબી કરતાં તેલો રાસાયણિક અસંતૃપ્તતા ઘણા વધારે પ્રમાણમાં ધરાવે છે.

વિવિધ પ્રકારોનાં લિપિડોને નિસ્યંદન વડે છૂટાં પાડી શકાતાં નથી કારણ કે તેઓનાં ઉત્કલન બિંદુઓ બહુ નજીક છે. વળી ઉકાળવાથી તેમની રાસાયણિક રચના પણ તૂટી જાય છે. સાદાં લિપિડોને છૂટાં પાડવા માટે તેમની દ્રાવકતાનો ગુણધર્મ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. પેટ્રોલિયમ, ઈથર, બેન્ઝિન, હેક્ઝેન, કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ વગેરે દ્રાવકોમાં તેઓનું નિષ્કર્ષણ (solvant extraction) કરીને તેઓને શુદ્ધ રીતે પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે.

તેલ અથવા ચરબીને જ્યારે કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તેમાંથી ક્ષારો અને ગ્લિસરોલ પ્રાપ્ત થાય છે. આ ક્રિયાને 'સેપોનિફિકેશન' અથવા 'સાબુ' બનાવવાની ક્રિયા કહેવાય છે આમ તેલ કે ચરબીનો ક્ષાર (સૉલ્ટ) છે. સેપોનિફિકેશનની ક્રિયાથી કુદરતી તેલ કે ચરબીનું રૂપાન્તર પાણીમાં દ્રાવ્ય થાય તેવા પદાર્થમાં થાય છે. એકાદ ટકો ભાગ આ ક્રિયાને અંતે અદ્રાવ્ય પણ રહે છે, તે 'સ્ટેરોલ'નો હોઈ શકે (દૃષ્ટાંત, કોલેસ્ટેરોલ) કે પછી કોઈ હાઇડ્રોકાર્બન પદાર્થ અથવા તો રંગનો ભાગ હોઈ શકે.

તેલ/ચરબી ઉપર થતી અન્ય રાસાયણિક ક્રિયા 'હાઇડ્રોલિસિસ' (hydrolysis)ની છે. આ ક્રિયામાં વરાળ, એન્ઝાઈમ કે ઉદ્દીપક (catalyst)નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેના વડે તેલમાંથી ખોરાશ (rancidity), દુર્ગંધ અને અમુક પ્રકારના બેક્ટેરિયા નાશ પામે છે.

લિપિડો પાણી કરતાં હલકાં હોય છે. તેમનામાં વિટામિન 'એ', 'ડી', 'ઈ', અને 'કે', દ્રાવ્ય થઈ શકે છે. ઑલિવ તેલનો લીલો રંગ તેમાં ઓગળેલા ક્લોરોફિલને આભારી છે.

તેલો રંગોના સારા વાહકો બની શકે છે. તૈલી રંગો જલદી સુકાઈ જાય તેવા બનાવવા માટે તેલ ઉપર ઑક્સિડેશનની ક્રિયા કરવામાં આવે છે. આ ક્રિયાથી અણુઓનું સંઘટન થઈ પદાર્થ સખત થાય છે અને તે જલદી સુકાઈ જાય તેવો બને છે.

'હાઈડ્રોજનેશન' નામની તેલ ઉપર થતી પ્રક્રિયાનો તેલમાંથી ઘીને મળતો પદાર્થ, જે 'વનઃસ્પતિ' નામથી ઓળખાય છે, તેના ઉદ્યોગમાં અત્યારે બહોળો ઉપયોગ થાય છે અને આ ટેક્નોલૉજી ઘણી વિકાસ પામી છે.

૧૯૦૧માં વિલ્હેલ્મ નોર્માન નામના જર્મન રસાયણશાસ્ત્રીએ શોધી કાઢ્યું કે ગરમ કરેલા ઓલિક ઍસિડમાં નિકલની ભૂકીની હાજરીમાં હાઈડ્રોજન વાયુ પસાર કરવાથી ઓલિક ઍસિડ જામી જઈને તેમાંથી સ્ટિરિક ઍસિડ બને છે. આ શોધનો ઉપયોગ અંતે, ઉદ્યોગમાં વનસ્પતિનાં તેલો ઠારીને તેમાંથી 'ઘી' બનાવવામાં થયો. આ પ્રમાણે હાઈડ્રોજનેશનની રાસાયણિક પ્રક્રિયા વડે મગફળી, સોયાબીન, કપાસિયા વગેરે મુખ્ય વનસ્પતિજન્ય તેલોમાંથી ઘી જેવા પદાર્થ બનાવવાનો ઉદ્યોગ જગત પર અત્યારે એટલો બધો વિસ્તૃત થયો છે કે તેના વ્યાપારમાંથી અબજો રૂપિયાની કિંમતનું વાર્ષિક ઉત્પાદન થાય છે.

ઉદ્યોગમાં આ ક્રિયા નીચે પ્રમાણે કરવામાં આવે છે: નિકલની ભૂકીને સૂક્ષ્મ સ્વરૂપમાં ૧૨૦–૫૦૦ અંશ સે. ઉષ્ણતામાન સુધી ગરમ કરેલા તેલની અંદર ધારણ કરવામાં આવે છે. પ્રક્રિયા માટેનું પાત્ર ઊંચી ટાંકી જેવું હોય છે અને તેમાંથી આ મિશ્રણ પંપ વડે ઉપરથી નીચે ફેરવવામાં આવે છે. આ મિશ્રણને ખૂબ હલાવવા માટે યાંત્રિક વ્યવસ્થા કરવામાં આવી હોય છે. પછી તેમાં હાઈડ્રોજન વાયુ પસાર કરવામાં આવે છે. નિકલનું પ્રમાણ તેલના માત્ર અડધાથી એક ટકા જેટલું જ હોય છે. આ ક્રિયાને અંતે ઉદ્‌ભવેલો પદાર્થ ઉષ્ણ સ્થિતિમાં ગાળીને બીજી ટાંકીમાં સંગ્રહ માટે ભરવામાં આવે છે. નિકલનો ઉપયોગ માત્ર ઉદ્દીપક તરીકે જ છે. ક્રિયાને અંતે નિકલ પુનઃપ્રાપ્ત કરી ફરી ઉપયોગમાં લેવાય છે. આ ક્રિયામાં ઘણી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. તેલમાંથી વાસ દૂર કરવા માટે તેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પસાર કરવામાં આવે છે. આવું તેલ ઠંડું પડે ત્યારે તે ઘી માફક ઠરીને જામી જાય છે. ખાદ્ય તેલ શારીરિક ઉષ્ણતામાને પ્રવાહી રહે તે આવશ્યક છે અને તેટલા જ પ્રમાણમાં 'હાઈડ્રોજનેશન'ની ક્રિયા કરવામાં આવે છે. આ ક્રિયામાં રાસાયણિક અતૃપ્તતા કેટલેક અંશે તૃપ્ત થાય છે. દાખલા તરીકે ગ્લિસેરોટ્રાયઓલિયેટ જે પ્રવાહી છે તેનું હાઈડ્રોજનેશન કરવાથી ગ્લિસેરોટ્રાયસ્ટિયરેટ નામનો ઘન પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે.

વનસ્પતિનાં ફળ બી તથા ગર્ભમાં તેમ જ મૂળ, પાંદડાં અને ડાંખળાંમાં પણ તેલ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. મોટા ભાગના અનાજમાં તેના અંકુરની અંદરના ભાગમાં તેલ રહેલું હોય છે. તેલીબિયાંના દાણામાં તે વ્યાપક રીતે રહેલું હોય છે. તેલી પદાર્થોમાંથી તેલને મુક્ત કરવા માટે તેને પીસીને, દબાવીને, ખોતરીને અથવા દ્રાવક વડે નિષ્કર્ષણ કરીને—એમ વિવિધ પ્રક્રિયાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેલને શુદ્ધ કરવા માટે ઊંચાં વાસણોમાં તેને ભરી કચરો નીચે બેસાડી દેવાની એક ક્રિયા છે. આ માટે તેને પ્રથમ ગરમ કરવામાં આવે છે. પછી કૉસ્ટિક અથવા ધોવાના સોડાનું દ્રાવણ ઉમેરી તેલને ઠારવામાં આવતાં તેમાં રહેલા મુક્ત સ્વરૂપનાં ફેટી ઍસિડો સાબુ રૂપે તળિયે બેસી જાય છે. તેલને રંગહીન કરવા માટે કોલસો, ઍક્ટિવેટેડ માટી, 'ફૂલર્સ અર્થ' વગેરે શોષકો વપરાય છે. તેલ અખાદ્ય હોય તો કેમિકલ બ્લીચ પણ વાપરી શકાય. તેમાંથી વાસ દૂર કરવા માટે તેને ટાવર જેવી ઊંચી ટાંકીમાંથી ઉપરથી નીચે ટપકાવી, ટાંકીને

ઉત્તરોત્તર વધુ ઉષ્ણતામાને રાખી તેલમાંથી વાયુ કાઢી નાખવામાં આવે છે. તેલ જેમ જેમ નીચે ઊતરતું જાય છે તેમ તેમ તે ગરમ વરાળના સંસર્ગમાં આવતું જાય છે અને સાથે સાથે તેની ગંધ પણ દૂર થાય છે. તેમાંથી સંતૃપ્ત ગ્લિસરાઇડોને દૂર કરવા માટે 'વિન્ટરાઇઝિંગ' નામની પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે. કપાસિયાના તેલ જેવાં કેટલાંક ખાદ્ય તેલો ઠંડી ઋતુમાં તેઓની અંદર રહેલા સંતૃપ્ત ગ્લિસરાઇડોના અસ્તિત્વને લીધે ઘટ્ટ થઈ ડહોળાં બની જાય છે. આ 'ડહોળાશ' દૂર કરી તેમને સ્વચ્છ પારદર્શક બનાવવાની જરૂર રહે છે. 'વિન્ટરાઇઝિંગ' એ એક ખાસ પ્રકારની ક્રિયા છે. તેમાં તેલોને ધીમે ધીમે શીત આપી ઠંડાં પાડવામાં આવે છે અને તેથી અંદરના ઠંડા થયેલા ગ્લિસરાઇડોના સ્ફટિકો (crystals) બને છે. પછી આ તેલોને ગાળી નાંખી તેમને શુદ્ધ, સ્વચ્છ અને પારદર્શક બનાવવામાં આવે છે. આ એક શુદ્ધીકરણની ક્રિયા છે. રિફાઇનિંગની ક્રિયા સંપૂર્ણ કરવા માટે ઉપર વર્ણવેલી 'હાઇડ્રોલિસિસ'ની પ્રક્રિયાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વળી આ ક્રિયામાં ઉત્પન્ન થયેલા જુદી જુદી લંબાઈની અણુસાંકળો ધરાવતા ફેટી ઍસિડોને વિભાગીય સ્ફટિકીકરણ (fractional crystallisation) વડે અલગ કરવામાં આવે છે.

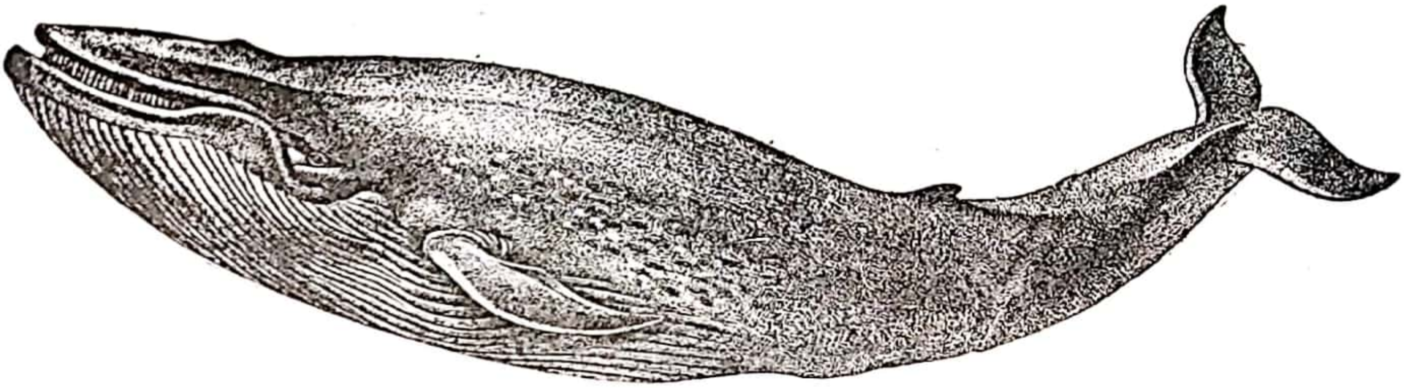
તેલ પર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની ક્રિયા કરીને 'ટર્કી રેડ ઑઇલ' બનાવવામાં આવે છે. તે પાણીમાં દ્રાવ્ય છે અને સૂતરની મિલોમાં કાપડને ધોવા તથા રંગવામાં વપરાય છે. આ ક્રિયા 'સલ્ફોનેશન' નામથી ઓળખાય છે. આધુનિક ધોવાના પદાર્થોની બનાવટમાં (ડિટરજન્ટ ઉદ્યોગ) આ ક્રિયાનો સારા પ્રમાણમાં લાભ લેવામાં આવે છે.

અગત્યનાં વનસ્પતિ તેલોમાં ઑલિવ ઑઇલ, અળસીનું તેલ (linseed oil) કપાસિયાનું તેલ, કોપરેલ, ડોળિયું, સરસિયું, દિવેલ, તલનું તેલ, મગફળીનું તેલ વગેરે મુખ્ય ગણાવી શકાય. આ બધાનાં તેલ કાઢવાની પદ્ધતિ લગભગ સરખી છે. તેમનાં બિયાંને પીલવામાં આવે છે. પહેલો ઘાણ ઉત્તમ હોય છે. બીજા ઘાણો દ્રાવણ વડે નિષ્કર્ષણની પદ્ધતિ વાપરીને કઢાય છે. છેવટના ઘાણોનું તેલ અખાદ્ય હોય છે, એટલે તે સાબુ વગેરે ઔદ્યોગિક વપરાશની ચીજવસ્તુઓ બનાવવા માટે ઉપયોગમાં આવે છે. અળસીના તેલનો ઉપયોગ મુખ્યત્વે રંગોના વાહક તરીકે થાય છે. તે જલદી સુકાઈ જાય તે માટે તેના ઉપર અમુક રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરવી પડે છે. આવી રીતે તૈયાર કરેલા તેલને બેલતેલ કહે છે.

તેલમાં થતી ભેળસેળ પારખવા માટે કેટલીક પદ્ધતિઓ વપરાય છે, જેમાં 'ક્રોમેટોગ્રાફી'ની પૃથક્કરણક્રિયા સૌથી આધુનિક છે. જૂની એક પદ્ધતિ તેલમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીને ઉત્પન્ન થતી ગરમી માપવાની છે. સેપોનિફિકેશન પદ્ધતિમાં પોટૅશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ ઉમેર્યા પછી બનેલા સાબુનું વજન કરવામાં આવે છે. ખનિજ તેલનો સાબુ બનતો નથી એટલે જો તેમાં ખનિજ તેલ ભેળવ્યું હોય તો તે પકડાઈ જાય છે.

હવે આપણે પ્રાણિજ તેલો અને ચરબીની વાત જોઈ લઈએ. સૌથી પ્રથમ તો, વહેલ માછલીનું તેલ, સાધારણ મોટી વહેલમાંથી ૧૦૦થી ૨૦૦ પીપો જેટલું મળે છે. વહેલની ચરબીના ટુકડા કરી તેમને ગરમ કરીને તેલ કાઢવામાં આવે છે. આ તેલનું હાઇડ્રોજનેશન કરીને તેની ચરબી પણ બનાવવામાં આવે છે. બીજું કૉડલિવર-ઑઇલ કૉડ માછલીના કાળજા (લિવર)ને વરાળથી ગરમ કરેલાં ખાસ પ્રકારનાં પાત્રોમાં ઉકાળીને કાઢવામાં આવે છે. આની મહત્તા તેમાં રહેલા **એ**

અને 'ડી' વિટામિનોને લીધે છે. તેનું ઊતરતા પ્રકારનું તેલ ચામડું નરમ કરવામાં વપરાય છે. અન્ય માછલીનાં તેલો પણ વપરાશમાં આવે છે. દા.ત. હેલિબટ, શાર્ક, ટ્યુના વગેરે. આ તેલો ઉપર પ્રમાણે જ બનાવવામાં આવે છે.



નીલ વહેલ : લંબાઈ ૯૦'; વજન ૧૨૦ ટન; તેલ ૧૨૦ બૅરલ; લિવરનું વજન ૧ ટન; જીભ ૩ ટન; પેટના અવયવો ૩.૫ ટન

પ્રાણિજ ચરબીનો જથ્થો ડુક્કરમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. ડુક્કરના શરીરમાંથી કાચી ચરબી કાઢીને તેને પાણી સાથે દબાણ આપીને ગરમ કરીને લોખંડની કઢાઈઓમાં તૈયાર કરવામાં આવે છે. આને મોટા પ્રમાણમાં તૈયાર કરવા માટે યાંત્રિક સામગ્રી વપરાય છે, જેમાં ૫૦ રતલ જેટલું વરાળનું દબાણ આપવામાં આવે છે.

આ ઉપરાંત મટનટેલો, બીફટેલો, ઘેટાંની ચરબી વગેરે પણ કાઢવામાં આવે છે. સાબુ માટે તથા વસ્ત્રોદ્યોગમાં આ 'ટેલો' સૂતરને આર ચઢાવવામાં વપરાય છે.

પ્રાણિજ ચરબીયુક્ત પદાર્થમાં માખણ મહત્ત્વનું છે. દૂધને સેન્ટ્રિફ્યુજમાં નાંખી તેને ફેરવવાથી તેમાંથી મલાઈ છૂટી પડે છે; અને મલાઈને પાણી તથા મીઠા 'સાથે વલોવવાથી ટેબલ બટર' બને છે. માખણમાં ૮૦ ટકા ' ફેટ ' હોય છે. બાકીનું પાણી હોય છે. માખણને બરાબર તાવવાથી પાણી ઊડી જઈને તેનું ઘી બને છે તે વાત સૌની જાણીતી છે. પરંતુ, 'માર્ગારિન' જે ઘી અથવા તેલની ગરજ સારે છે તે સૅરેટેડ-સિક્મ્ડ દૂધ અને વનસ્પતિ તેલમાંથી બનાવવામાં આવે છે. તેમાં વિટામિન 'એ' અને 'ડી' ઉમેરવામાં આવે છે અને 'ફેટ'નું પ્રમાણ ૮૦ ટકા રાખવામાં આવે છે. તેમાં ૨ થી ૩ ટકા મીઠું, ૧ ટકો દૂધનાં ચરબી વિનાનાં દ્રવ્યો અને ૧૬ ટકા પાણી હોય છે. બીજાં ઍસેન્સો અને યોગ્ય રંગો પણ તેમાં ઉમેરી શકાય છે.

મીણ (wax) પણ તૈલી પદાર્થ છે. તે સ્પર્મ વહેલના મસ્તકના પોલાણમાંથી કાઢવામાં આવે છે. આ ઘન પદાર્થ છે અને તેને ઔષધ તથા મીણબત્તી બનાવવાના ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. 'સ્પર્માસેટી' નામથી ઓળખાતો આ પદાર્થ 'સેટિલ પામિટેટ' નામનું ઑર્ગેનિક ઈસ્ટર છે. તો વળી કારનોબા વૅક્સ નામે ઓળખાતું મીણ દક્ષિણ અમેરિકામાં બ્રાઝિલમાં ઊગતા પામ વૃક્ષનાં પાંદડાંમાંથી નીકળે છે. આ પાંદડાં એકત્ર કરી તેમને ઘસવાથી તેમાંથી મીણ બહાર આવે છે. તેનું ગલનબિંદુ ૧૦૫° સે. જેટલું ઊંચું છે. વાર્નિશ, બૂટપૉલિશ, કાર્બનપેપર વગેરેમાં તે વપરાય છે. બધાં મીણોમાં સૌથી સખત આ મીણ છે. પરંતુ આપણે મીણબત્તીઓ તરીકે વાપરીએ છીએ તે મીણ મધપૂડાનું

મીણ (બીઝવૅક્સ) છે, જે મધમાખીઓએ મધપૂડામાંથી બનાવેલું હોય છે. ઉદ્યોગમાં તેની ખાસ ઉપયોગિતા નથી. હવે તો મીણબત્તી પણ ખનિજ તેલમાંથી મળી આવતા મીણમાંથી બનાવવામાં આવે છે.

મીણ 'મૉનોહાઈડ્રિક આલ્કોહૉલ'નું ઈસ્ટર છે (જ્યારે તેલો અને ચરબી ટ્રાયહાઈડ્રિક આલ્કોહૉલનાં ઈસ્ટરો છે. આ તફાવત ધ્યાનમાં રાખવા જેવો છે). મીણની કિંમત આલ્કોહૉલના પ્રમાણ ઉપરથી અંકાય છે.

લાખ પણ મીણનો એક પ્રકાર ગણાય. તે એક પ્રકારનાં જીવડાંમાંથી ઉત્પન્ન થાય છે. તેનું મૂળ વતન ભારત અને ચીન છે. લાખનું ગલનબિંદુ ૮૦° સે. જેટલું છે અને તેનો ઉપયોગ વીજળિક ઉદ્યોગોમાં તાર ઉપર અવરોધક (ઈન્સુલેશન) અસ્તર લગાવવામાં થાય છે.

એશિયાઈ દેશોમાંથી પેદા થતું 'જાપાનવૅક્સ' વસ્ત્રોદ્યોગમાં ખૂબ વપરાય છે. તે એક ફળમાંથી ઉત્પન્ન થાય છે. રબર, સાબુ, કૉસ્મેટિક્સ વગેરેમાં તે ઉપયોગી છે. તેનું જાપાનમાં વાર્ષિક ઉત્પાદન ૬,૦૦૦ ટન જેટલું છે અને ચીનમાં તેથી અર્ધું છે. ક્યુબામાં શેરડીનું મીણ પણ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. તે પીળાશ પડતું અને બરડ છે.

કોષ્ટક : ૧ : કેટલાક અગત્યના ફેટી ઍસિડો

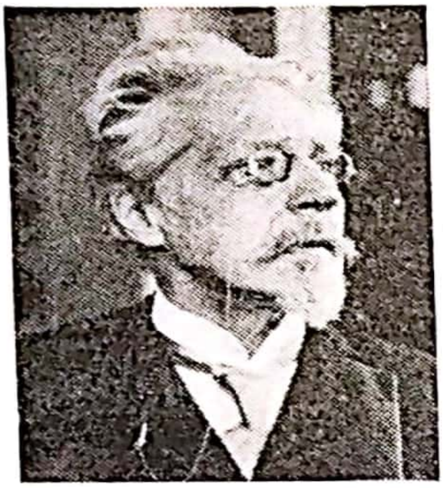
૧ કાર્બનના અણુઓની સંખ્યા	૨ ચાલુ નામ (પ્રચલિત) ઍસિડ	૩ શાસ્ત્રીય નામ ઍસિડ	૪ રાસાયણિક ફૉર્મ્યુલા (સૂત્ર)	૫ ગલન બિંદુ °સે.
૪	n–બ્યુટિરિક	બ્યુટેનોઇક	$CH_3(CH_2)_2.COOH$	–૮
૬	n–કેપ્રોઇક	હેક્ઝેનોઇક	$CH_3(CH_2)_4.COOH$	–૨
૮	n–કેપ્રિલિક	ઑક્ટેનોઇક	$CH_3(CH_2)_6.COOH$	૧૬
૧૦	n–કેપ્રિક	ડેકાનોઇક	$CH_3(CH_2)_8.COOH$	૩૧
૧૨	લૉરિક	ડોડેકાનોઇક	$CH_3(CH_2)_{10}.COOH$	૪૪
૧૪	મિરિસ્ટિક	ટેટ્રાડેકાનોઇક	$CH_3(CH_2)_{12}.COOH$	૫૪
૧૬	પામિટિક	હેક્ઝાડેકાનોઇક	$CH_3(CH_2)_{14}.COOH$	૬૩
૧૮	સ્ટિરિક	ઑક્ટાડેકાનોઇક	$CH_3(CH_2)_{16}.COOH$	૭૦
૨૦	ઍરેચિડિક	આઇકોસેનોઇક	$CH_3(CH_2)_{18}.COOH$	૭૭
૧૮	ઑલિક	સિસ-ઑક્ટા ડેશીનોઇક	$CH_3(CH_2)_7CH(CH_2)_7COOH$	૧૬
૧૮	લિનોલિક	સિસ-સિ-૯–૧૨ ઑક્ટાડીકડાયેનિક	$CH_3(CH_2)_4.CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	–૯

કોષ્ટક : ૨ : સામાન્ય પ્રાણિજ અથવા વનસ્પતિજ ચરબી-તેલોમાં રહેલા ફૅટી ઍસિડોનું પ્રમાણ, ટકા

મૂળ	પામિટિક	સ્ટિઅરિક	અન્ય (સંતૃપ્ત)	કુલ, સંતૃપ્ત	ઓલિક	લિનોલિક	અન્ય, અસંતૃપ્ત	કુલ, અસંતૃપ્ત	સંદર્ભ
બીફ (ગાય)	૨૯	૨૦	૧	૫૦	૪૬	૨	૨	૫૦	Fats and Fatty Acids Year book of Agriculture, USDA, 1959,
પૉર્ક (ભૂંડ)	૨૨	૧૪	૨	૩૮	૪૪	૯	૯	૬૨	
ચિકન	૨૬	૭	૧	૩૪	૪૭	૮	૧૧	૬૬	
માછલીનું તેલ	૧૬	૩	૬	૨૫	૧૬	૪	૫૫	૭૫	
ઈંડાં	૨૬	૭	૧	૩૪	૪૦	૨૧	૫	૬૬	
મગફળીનું તેલ	૮	૬	૫	૧૯	૫૦	૩૧	૦	૮૧	
અળસીનું તેલ	૭	૩	૦	૧૦	૨૨	૧૮	૫૦	૯૦	
ઑલિવ તેલ	૯	૨	૧	૧૨	૮૦	૮	૦	૮૮	
*સૅફફ્લાવર તેલ	૩	૪	૧	૮	૧૫	૭૬	૧	૯૨	
ડુક્કરની ચરબી (પેટની)	૩૨	૮	૦	૪૦	૪૮	૧૧	૧	૬૦	
માખણ	૨૭	૧૨	૨૦	૫૯	૩૫	૩	૩	૪૧	
માર્ગારિન	૨૨	૩	૨	૨૭	૬૦	૯	૪	૭૩	

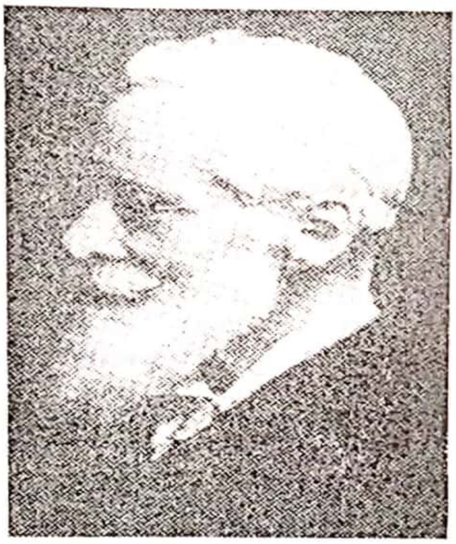
*કરડીનું તેલ

રસાયણ વિજ્ઞાનના કેટલાક જ્યોતિર્ધરો



આર્થર રુડોલ્ફ હેન્ઝ [૧૮૫૭–૧૯૩૫]

જેમણે ડાયાઝો–એઝો સંયોજનોમાં C–N, પ્રકાશના અવ-શોષણને આધારે પદાર્થનું બંધારણ નિશ્ચિત કરવા અંગે તેમ જ થાયોફિન અને બેન્ઝિન, થાયોઝોન અને પાયરિડિન જેવા પદાર્થોમાં રાસાયણિક મિમિક્રીને અંગે નોંધપાત્રકાર્ય કર્યું છે.



થેલિયમના શોધક વિલિયમ ક્રૂક્સ

[૧૮૩૨–૧૮૯૯]

નેવિલ વિન્સેન્ટ સિજવિક [૧૮૭૩–૧૯૫૨]

'કો-ઑર્ડિનેશન કંપાઉન્ડ્ઝ ઑફ બ્હોર' અને 'કેમિકલ એલિમેન્ટ્સ ઍન્ડ ધેર કંપાઉન્ડ્સ'ના લેખક; ખ્યાતનામ વિજ્ઞાનશિક્ષક

૧૦ : પેટ્રોલિયમ

પેટ્રોલિયમની ઉત્પત્તિ

પૃથ્વી ઉપર પેટ્રોલિયમનો ઉદ્‌ભવ કેવી રીતે થયો તે સંબંધી વૈજ્ઞાનિકોએ અનેક મંતવ્યો રજૂ કર્યાં છે; પરંતુ, સૌથી વધુ પ્રતીતિકર માન્યતા પ્રમાણે પેટ્રોલિયમની શરૂઆત જીવંત વસ્તુમાંથી થઈ છે. અર્થાત્ પેટ્રોલિયમનું મૂળ સેન્દ્રિય (organic) એટલે કે કાર્બનિક પદાર્થ છે. આ માન્યતા મુજબ પેટ્રોલિયમનું મૂળ વૃક્ષો અને વનસ્પતિ હતાં. તેમાંથી થયેલા કોલસા ઉપર પાંદડાંના કે વૃક્ષના અશ્મીભૂત (fossil) આકારો અંકિત થયેલા જોઈ શકાય છે. આ કોલસો છેવટે પેટ્રોલિયમમાં પરિણમ્યો હતો. ઉપરાંત, કરોડો વર્ષો પહેલાં અગણિત સૂક્ષ્મ દરિયાઈ પ્રાણીઓ જેવાં કે ફોરામિનાફેરા અને ડાયએટમ જેવી દરિયાઈ વનસ્પતિના અવશેષ પેટ્રોલિયમ છે. જ્યારે આ બધાંનો નાશ થયો ત્યારે તેમનાં શરીરો દરિયામાં મળતી નદીઓમાંથી ઠલવાતાં પાણી સાથે કાંપ અને કાદવના થરો વડે દબાઈ ગયાં. એના ઉપર બેક્ટેરિયાની અસરો વડે તેમનું પેટ્રોલિયમમાં રૂપાંતર થયું. કાદવવાળી ભીની જમીનમાં આવો ફેરફાર ભેજવાયુ (methane–marsh-gas) ઉત્પન્ન કરે છે. પેટ્રોલિયમના કૂવામાંથી પણ આ વાયુ નીકળે છે. ત્યાર પછીના તબક્કામાં દરિયાઈ પ્રાણીઓનાં મૃત શરીરોથી ભરપૂર તેલવાળા કાદવ ઉપર બીજા થરો જામતા ગયા અને છેવટે આ ભારને પરિણામે નીચલા તૈલી થરો-માંથી સખત પોપડા (shale) ઉત્પન્ન થયા. આવા થરો ઉપર પછી નદીઓનાં પાણી વહેવા લાગ્યાં અને તે થરો પોચા પથ્થરોમાં પરિણમ્યા. આવા પથ્થરોમાં કેદ થયેલો તૈલી પદાર્થ ઉપરના વજનને લીધે જ્યાં દબાણ ઓછું હોય તેવે સ્થળે વહી ગયો. તેલનાં નાનાં બિંદુઓમાંથી મોટા વહેળા બંધાયા અને તેલ પાણીથી હલકું હોવાને લીધે પાણીની સપાટી પર તેલના સ્તરો પેદા થયા. આમ છિદ્રાળુ ખડકોની અંદર પેટ્રોલિયમ સપાટી નીચે સંગ્રહાતું રહ્યું. પેટ્રોલિયમના પ્રભવ સંબંધી આ માન્યતાને વૈજ્ઞાનિક સમર્થન પણ મળ્યું છે.

પાણી અથવા ખડક કરતાં તેલ ઓછી ઘટના ધરાવતું હોવાથી, જો અવરોધ ન આવે તો તે ઊંચે ચઢવાનું વલણ દાખવે છે. આવી રીતે સપાટી સુધી તેલ કેટલું ઊંચે ચઢ્યું હશે તે અંદાજવું મુશ્કેલ છે, પરંતુ તેલાશયોની સીમાઓ, ખડકોની છિદ્રાળુતા અને બંધારણ તથા ભૂસ્તરીય સ્તરોના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ દર્શાવે છે કે ભૂગર્ભનો તેલનો જથ્થો સોએક ફૂટથી વધારે ઊંચે ચઢ્યો નહીં હોય. કેટલાંક તેલક્ષેત્રોમાં તેલ અને વાયુને ધારણ કરતા ભંડારો ઉપરાછાપરી આવેલા હોય છે. પણ તેમની વચ્ચે ઉપર નીચેના જોડાણ સંબંધી પુરાવો મળ્યો નથી. ભૂસ્તરીય અવલોકનો પ્રમાણે તો પેટ્રોલિયમના ઉદ્‌ભવસ્થાનથી એક કે બે માઈલ દૂર જ પેટ્રોલિયમનો સંગ્રહ ધારણ કરનારાં સ્થાનો અસ્તિત્વ ધરાવતાં હોય છે.

તેલનું આ પ્રકારનું પાર્શ્વીય વિસ્તરણ નિર્માણ વખતનું બાંધારણ, ખડકની છિદ્રાળુતા, ધરતીકંપનો ક્ષોભ, ઉષ્ણતામાન, પાણીના હલનચલનની ગતિ અને ભૂસ્તરીય ઈતિહાસ દરમ્યાન ઊભી થયેલી અનેક પ્રકારની સ્થિતિઓ પર આધાર રાખે છે. આમ ખડકમાં વહેતું તેલ માર્ગમાં આવતા અનેક ખાડાઓની અંદર કેદ પુરાઈ જાય છે. આવી રીતે ખાડાઓમાં બદ્ધ થયેલું તેલ મોટે ભાગે અસ્તિત્વમાં વહેણ ઉપર થઈ ત્યાં પહોંચ્યું હોવું જોઈએ. આવી રીતે ખડકોની અંદર મોટાં તેલાશયો પાણીના આવ્યાં છે.

સામાન્ય રીતે ૫,૦૦૦ ફૂટ ઊંડાઈની નક્કર જમીન નીચે અને દર ચોરસ ઇંચે ૨,૫૦૦ રતલ જેટલે દબાણે તેલ મળી આવે છે. વાસ્તવમાં દર ચોરસ ઇંચે ૧,૦૦૦ રતલ જેટલું દબાણ હોય તો ત્યાંથી ક્રૂડ તેલ મળી આવવાનો સંભવ રહે છે.'

સેન્દ્રિય દ્રવ્યોથી ભરપૂર પાણીવાળા કાંપની અંદર સજીવ બેકટેરિયાની વસ્તી સારી સંખ્યામાં હોય છે. દર ચોરસ ઇંચે ૧૫,૦૦૦ રતલ જેટલા દબાણે હજારો ફૂટ ઊંડાઈએ તથા ૧૦૦ અંશ સેન્ટિગ્રેડ જેટલા ઉષ્ણતામાને પણ આ જંતુઓ જીવતા રહી શકયા છે. બેકટેરિયા સર્વ પ્રકારનાં સેન્દ્રિય દ્રવ્યો પર હુમલો કરી શકતા હોઈ કાંપની અંતર્ગત રહેલાં આવાં સેન્દ્રિય દ્રવ્યોમાંથી તેઓ પેટ્રોલિયમ પેદા કરી શકે છે.

વિકિરણધર્મિતા (radioactivity)ની અસરથી મિથેઈન તેનાથી ઊંચા વર્ગના હાઈડ્રોકાર્બન પદાર્થોમાં ફેરવાઈ જાય છે એવી શોધ લગભગ ૪૫ વર્ષ પૂવ રેડિયેશન વૈજ્ઞાનિક એચ. સી. લિન્ડે કરી હતી. જીવંત દ્રવ્યના તૈલી પદાર્થ પર આલ્ફા કિરણોની અસરથી પૅરેફિન વર્ગના હાઈડ્રોકાર્બનો, હાઈડ્રોજન, કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વગેરે ઉત્પન્ન થાય છે, જે હકીકતને ભૂસ્તર-રસાયણશાસ્ત્રીઓએ સમર્થન આપ્યું છે. એટલે પેટ્રોલિયમની ઉત્પત્તિમાં બેકટેરિયા તથા વિકિરણધર્મિતાએ – રેડિયોઍક્ટિવિટી (radioactivity) એ સંયુક્ત રીતે ભાગ ભજવ્યો હશે એમ માનવાને કારણો મળે છે પૃથ્વીના ગર્ભમાં તેલનો વિપુલ ભંડાર ભર્યો છે. આ ભંડાર કેટલો હશે તેનો અંદાજ કાઢવો અશકય છે. છેલ્લી પ્રાપ્ત થયેલી માહિતી મુજબ ૩૧૪ અબજ પીપો (૧ પીપ=આશરે ૧૯૦ લિટર) જેટલો અંદાજ કાઢવામાં આવ્યો છે.

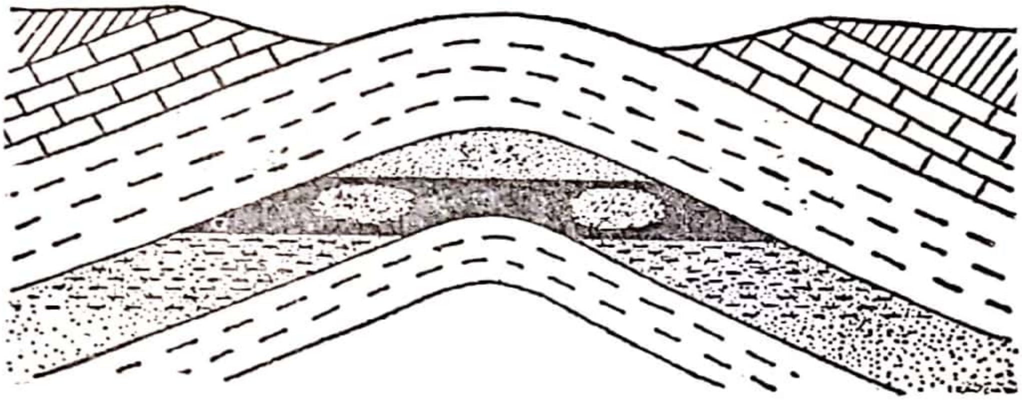
પેટ્રોલિયમની શોધ અને મોજણી

પેટ્રોલિયમની પ્રાથમિક શોધનો વિચાર કરતાં જણાય છે કે પૃથ્વીની સપાટી પર અથવા તેની બહુ નીચે નહીં એવી જગ્યાઓ પર તેના કુંડો, સરોવરો કે તળાવો જોવામાં આવ્યાં હતાં. આમાં પ્રથમ ડામરની શોધ હતી, જે અત્યંત કીમતી ગણાઈ હતી. તેલમાંથી બાષ્પશીલ દ્રવ્યો ઊડી ગયા પછી જે કાળો રગડો બાકી રહે છે તેને ડામર કહે છે.

ઈ. સ. પૂર્વે ૬,૦૦૦ વર્ષો અગાઉ જમીન નીચે દટાયેલાં મધ્યપૂર્વનાં નગરોની દીવાલો પરની ઈંટોને આવા કાળા ડામરથી જોડવામાં આવી હતી, એમ ત્યાં થયેલું ખોદકામ બતાવે છે. કાળા સમુદ્રના પૂર્વ કિનારા ઉપર બાકુ નજીક અને ઈરાકમાં સમૃદ્ધ તેલક્ષેત્રો ઓગણીસમી સદીમાં હાથ લાગ્યાં હતાં. અમેરિકામાં ટાઈટસવિલે નામના સ્થળે ૧૮૫૯ના ઑગસ્ટની ૨૮મી તારીખે કર્નલ એડવિન એલ. ડ્રેકને ૬૯ ફૂટની ઊંડાઈ સુધી કૂવો ખોદતાં તેમાંથી તેલ મળી આવ્યું હતું. એટલે

કર્નલ એડવિન એલ. ડ્રેકનો કૂવો (૧૮૫૯)

આ તારીખ અમેરિકામાં પેટ્રોલિયમ ઉદ્યોગની જન્મતિથિ મનાય છે. ડ્રેકની શોધ પછી અમેરિકામાં ઠેર ઠેર વિશાળ તેલક્ષેત્રો ઊભાં થયાં હતાં. હવે તો દુનિયામાં આ ઉદ્યોગ હરણફાળ ભરતો જાય છે. શરૂઆતમાં તેલનું સ્થાન અડસટ્ટે મુકરર કરવામાં આવતું હતું. આવી દૈવાધીન પરિસ્થિતિને લીધે આ કામને 'વાઈલ્ડ કૅટિંગ' કહેવામાં આવતું હતું. પરંતુ ધીમે ધીમે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓનો આશ્રય લેવાની જરૂરિયાત સમજાવા લાગી અને છેલ્લાં ૫૦ વર્ષોની અંદર નિષ્ણાતોને હાથે ચોક્કસ પદ્ધતિઓ શોધાઈ અને વિકાસ પામી. અત્યારે વિજ્ઞાનસિદ્ધ પદ્ધતિઓને પરિણામે પેટ્રો-લિયમની પ્રાપ્તિનો સંભવ



ઍન્ટિક્લાઇન–તેલનો જથ્થો

[કાળો પટ્ટો તેલ દર્શાવે છે. તેના ઉપરના છાયાવાળા ભાગમાં ખનિજ વાયુઓ અને નીચેના છાયાવાળા ભાગમાં પાણી છે. તેની ઉપરનીચે અભેદ્ય ખડકો આવેલા છે.]

વધ્યો છે અને નિષ્ફળ કૂવાઓ ખોદવામાં સમય અને પૈસાનો વ્યય થતો અંશતઃ અટકયો છે. આમાં ભૂસ્તરશાસ્ત્રીનું કાર્ય અતિ મહત્ત્વનું હોય છે. તેલના કૂવાઓ ખોદતી વખતે તેલ સાથે ઉપર આવતા ખડકોનો તેમણે અભ્યાસ કર્યો હોય છે. આ ખડકો પોચા અને છિદ્રાળુ હોય છે અને જેમ છિદ્રાળુ વાદળીમાં પાણી ચુસાઈ રહે છે તે પ્રમાણે ખડકોનાં છિદ્રોમાં તેલ ભરાઈ રહ્યું હોય છે. આ છિદ્રાળુ ખડકો ઉપર અભેદ્ય ખડકોનો સ્તર પથરાયેલો હોય છે. આવો અભેદ્ય સ્તર ખડકોનાં છિદ્રોમાં કેદ પુરાયેલા પેટ્રોલિયમના ભંડાર ઉપર ઢાંકણનું કામ કરે છે. આથી પેટ્રોલિયમ અથવા તેનો વાયુ નીચે પુરાઈ રહે છે અને તે બહાર ઊડી જતાં નથી. આવાં ખડકોનાં પડને પાઘડિયાળ ખડકો અથવા 'કૅપરૉક' કહે છે. કૅપ એટલે ટોપી. ઘણી વાર આ 'ટોપી' ચૂનાનો ખડક હોય છે, તો કેટલીક વાર મીઠાનો પણ બનેલો હોય છે, જે અતિશય દબાણને કારણે અભેદ્ય બની ગયો હોય છે. આમ પેટ્રોલિયમનો સારો એવો જથ્થો બે અભેદ્ય ખડકો વચ્ચે કચોરીમાં પુરાયેલા મસાલાની જેમ કેદ થઈ રહ્યો હોય છે. તે નથી ઉપર જઈ શકતો કે નથી નીચે ઊતરી શકતો. ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓના મત પ્રમાણે પૃથ્વીના લાંબા ઇતિહાસમાં ઘણી બધી વાર ભૂપૃષ્ઠ ઉપર મોટી હિલચાલો ઊભી થઈ હતી તેને લીધે નવા પર્વતો અસ્તિત્વમાં આવ્યા હતા અને 'સૅન્ડસ્ટોન' અને 'લાઇમસ્ટોન'માં સ્તરોની સપાટી ઊંચીનીચી થઈ ગઈ હતી, તથા તેમાં ભયંકર કરાડો ચિરાડો પડી ગઈ હતી. આવી સ્થાનભ્રષ્ટતાને લીધે આ સ્તરો એક બાજુએ કમાનની માફક ઉપર વળી ગયા

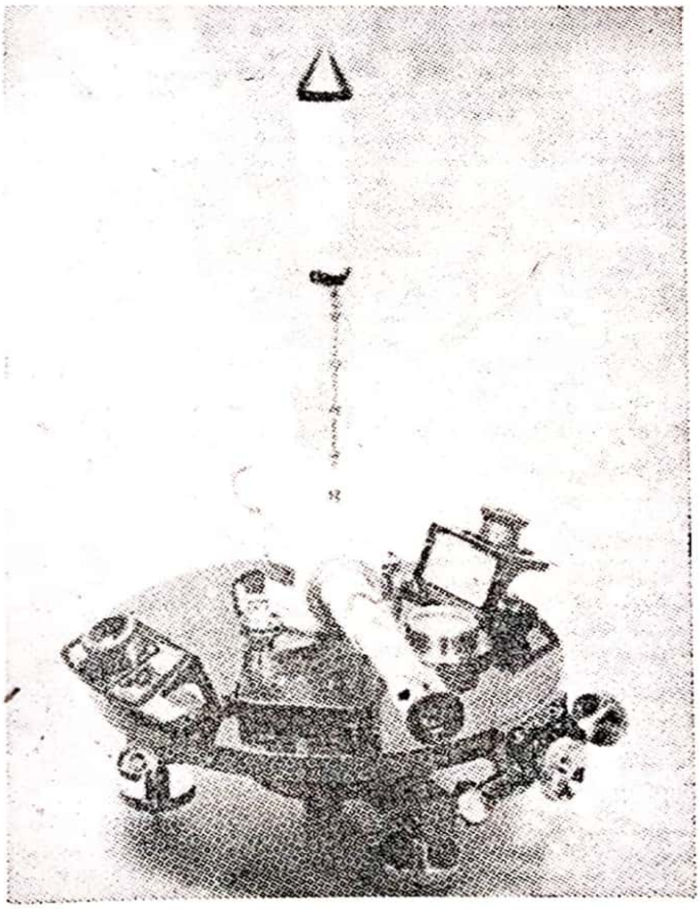
ટ્રિનિડાડનું (વેસ્ટ ઇન્ડીઝ) ડામરનું સરોવર

[એક મજૂરે લાકડાનો ટુકડો ડામરમાં બોળી ઊંચો કર્યો છે, તેની સાથે ડામરનો રગડો ઊંચકાઈ આવ્યો છે. દર વર્ષે ૧,૫૦,૦૦૦ ટન ડામર (આસ્ફાલ્ટ) પરદેશ મોકલવામાં આવે છે.]

હતા તો બીજી તરફ રકાબીની જેમ ખાડાવાળા બની ગયા હતા. ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓએ તેઓનાં નામ અનુક્રમે 'ઍન્ટિકલાઇન' અને 'સિંકલાઇન' પાડ્યાં છે. ઍન્ટિકલાઇનનો આકાર ઊંધા તાંસળા જેવો હોય છે. જ્યારે સિંકલાઇનની આકૃતિ ચત્તા તાંસળા જેવી હોય છે. સિંકલાઇનની બંને બાજુઓથી ઊભરાઈને પેટ્રોલિયમ ઍન્ટિકલાઇનના ઘુમ્મટ નીચે જાણે બંદીવાન થઈ રહ્યું હોય એમ લાગે છે. કેટલીક વાર ખૂબ દબાણ કે ઉપરના અત્યંત વજનને કારણે 'કૅપરૉક'માં તડ પડે છે અને તેની નીચે રહેલું પેટ્રોલિયમ તેમાંથી ઊંચે આવી વાતાવરણમાં ઊડી જાય છે. વળી પવન, વરસાદ અને તડકાની અસરોને કારણે 'કૅપરૉક' ધોવાઈ કે ઘસાઈ જાય છે ત્યારે પણ તેની નીચે રહેલું પેટ્રોલિયમ બહાર નીંગળવા—ઝરવા માંડે છે અને તેમાં રહેલાં ઉડ્ડયનશીલ દ્રવ્યો હવામાં ઊડી જઈ છેવટે ડામર રહી જાય છે. આથી આવે સ્થળે ડામરનું તળાવ બની જાય છે. આવી રીતે વેસ્ટ ઇન્ડીઝમાં ટ્રિનિડાડ અને વેનેઝુએલામાં ડામરનાં સરોવરો ઉત્પન્ન થયાં છે. ઘણી વાર ખડકોની હલચાલ એવી જોરદાર હોય છે કે નબળી જગ્યાઓએથી તેના લોચા ઊંચે ધસી જઈ ગુંબજ જેવું છત્ર બનાવી આસપાસ તેલનો ભંડાર પાથરી દે છે. આવી ભૂસ્તરીય ચળવળોને લીધે તેલના ગુપ્ત ભંડારો પૃથ્વીના પૃષ્ઠ નીચે ભરાઈ જાય છે. વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓ વડે તેમની શોધ કરી ચોક્કસ સ્થાને કૂવાઓ ખોદવામાં આવે છે અને તેલને બહાર લાવવામાં આવે છે.

ઍરોપ્લેન નીચે લટકાવેલું મૅગ્નેટોમીટર

પેટ્રોલિયમની શોધ માટેની એક પદ્ધતિમાં જમીનની નીચેના ખડકોનું ચુંબકત્વ માપીને વિવિધ જગ્યાએ તેના સૂક્ષ્મ ફેરફારોની નોંધ કરી ખડકોનું બંધારણ નક્કી કરવામાં આવે છે. જેમ જેમ ખડકોનું ઊંડાણ વધતું જાય છે તેમ તેમ તેનું ચુંબકત્વ ઘટતું જાય છે. આ ચુંબકત્વ માપવાના યંત્રને 'મૅગ્નેટોમીટર' કહે છે, જે અત્યંત વિષયગ્રાહી

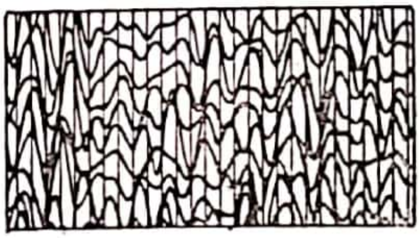


મૅગ્નેટોમીટર

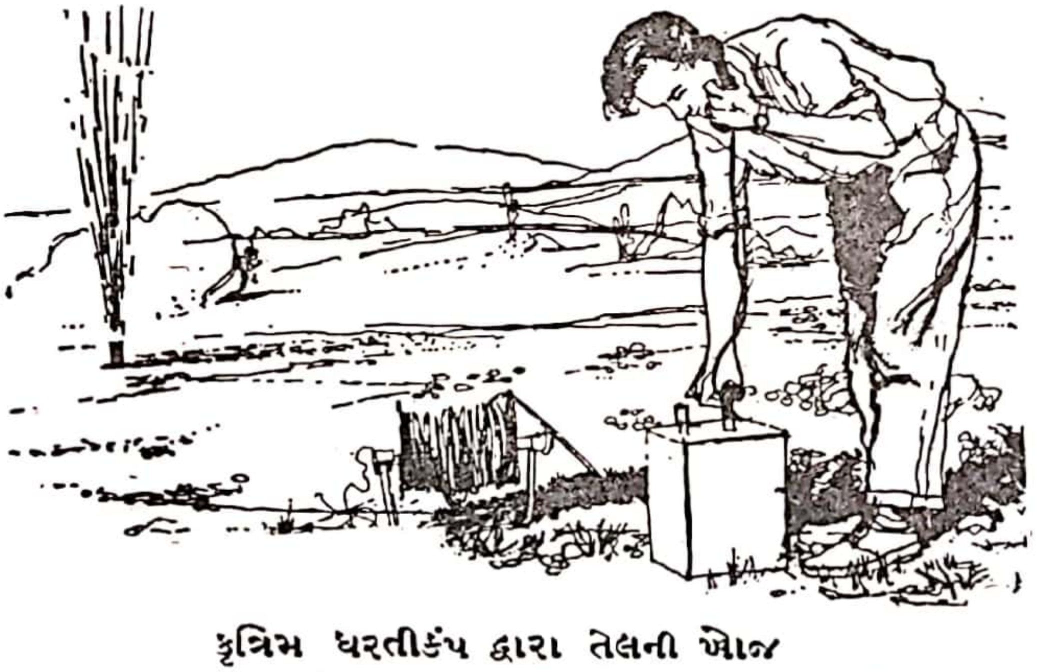
(sensitive) હોય છે, અર્થાત્ ચુંબકત્વના તદ્દન અલ્પ ફેરફારો પણ તે નોંધી શકે છે. આ મૅગ્નેટોમીટર તાર વડે ચોક્કસ ઊંચાઈએથી ઉડાવાતા ઍરોપ્લેન નીચે લટકાવવામાં આવે છે અને જે તે પ્રદેશો ઉપર ઍરોપ્લેન ઊડતું રહે છે તેની નીચેની જમીનના ખડકોની ચુંબકત્વની રેખાઓ તે યંત્રમાં અંકિત થાય છે. દરિયાની તળિયે રહેલી જમીનની અંદર રહેલા પેટ્રોલિયમની તપાસ કરવા માટે આ પદ્ધતિ અનુકૂળ પડે છે.

બીજી એક પદ્ધતિમાં જે તે પ્રદેશોનું 'ગ્રેવિટોમીટર' નામના યંત્ર વડે ગુરુત્વાકર્ષણ માપવામાં આવે છે. આ બળ જુદા જુદા પ્રદેશો ઉપર બદલાતું હોય છે. સખત ખડકો ઉપર તે નરમ ભૂમિ કરતાં વધુ હોય છે. ગ્રેવિટોમીટર એટલું બધું નાજુક છે કે તે ગુરુત્વાકર્ષણમાંની વધઘટનો દસ કરોડમા ભાગ જેટલો સૂક્ષ્મ ફેરફાર નોંધી પણ શકે છે.

ત્રીજી પદ્ધતિ પ્રમાણે જમીનની અંદર કૃત્રિમ ધરતીકંપ વડે ક્ષોભ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ધરતીકંપના આંચકા નોંધવાનું જે યંત્ર સિસ્મોગ્રાફ કહેવાય છે તેને મળતું આ સાધન છે. જમીનની અંદર ૫૦થી ૧૦૦ ફૂટ નીચે ડાયનેમાઈટ પાઉડરને દાટી તેની સાથે 'જિયોફોન' અથવા 'પિક-અપ' નામનાં સાધનો જોડી રાખવામાં આવે છે જે સુરંગ વડે ડાયનેમાઈટ ચંપાતાં, જમીનની અંદરથી થયેલાં અને જુદે જુદે અંતરેથી પરાવર્તિત થયેલાં આંદોલનોના પડઘા નોંધે છે. આ આંદોલનો સખત ખડકો ઉપરથી જલદી પરાવર્તિત થાય છે, જ્યારે સાધારણ ખડકો ઉપરથી પરાવર્તન પામીને આવતાં વધુ સમય લાગે છે. 'સિસ્મોગ્રાફ'



સિસ્મોગ્રાફ



કૃત્રિમ ધરતીકંપ દ્વારા તેલની ખોજ

[જમીનમાં ઊંડે ટોટા ફોડી તે દ્વારા થયેલા ધરતી કંપનાં મોજાં જિયોફોન દ્વારા સાંભળી ક્યાસ કાઢતો વૈજ્ઞાનિક.]

આવા સૂક્ષ્મ ફેરફારો નોંધી શકે છે. અને જિયોફોનની અંદર આ ધ્રુજારીઓને મોટી કરવામાં આવે છે. પછી કૅમેરા વડે તેનો ફોટો લેવાય છે. (ટૉકીઝમાં જેમ સાઉન્ડ ટ્રૅક તૈયાર કરવામાં

આવે છે તેમ) સેકંડના એક હજારમા ભાગ સમયના ભાગની નોંધ આ યંત્ર લઈ શકે છે. આવા સૂક્ષ્મ ફેરફારોની યથાર્થ ગણતરી કરીને ભૂગર્ભ ખડકોની રચનાનો નકશો તૈયાર કરવામાં આવે છે અને તેને આધારે શારકામ કરવા માટે ચોક્કસ સ્થળ નક્કી કરવામાં આવે છે.

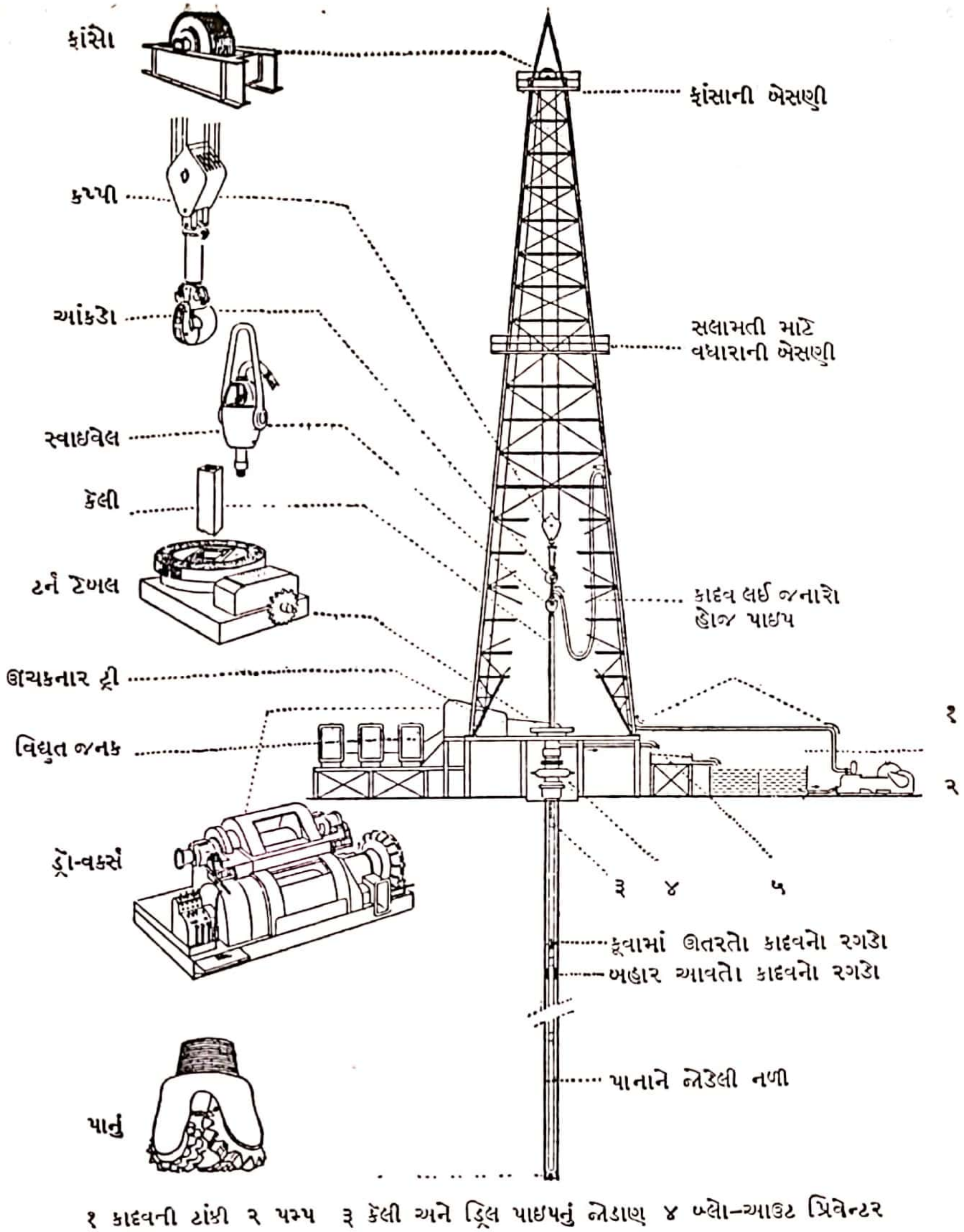
વધુ સહેલાઈથી ભૂસ્તરીય માહિતી મેળવવા માટે 'ઇલેક્ટ્રિક લૉગિંગ'ની સૌથી આધુનિક પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ ઉપરથી જુદી જુદી ઊંડાઈએ વિદ્યુત પ્રવાહને કેટલો અવરોધ નડે છે તે માપી જમીનની અંદર રહેલા ખડકોના સ્તરોનું બંધારણ નક્કી કરવામાં આવે છે. વળી ખડકમાં રહેલી વિકિરણધર્મિતા—રેડિયોઍક્ટિવિટી માપી તેની માત્રા મુકરર કરવામાં આવે છે. ચૂનાવાળા, મૅગ્નેશિયમ-વાળા અને રેતીવાળા પથ્થરો ગામા કિરણોનો અલ્પ ઉત્સર્ગ કરે છે; જ્યારે ખનિજ તેલ જેવા સેન્દ્રિય પદાર્થવાળા 'શેલ' ખડકો ઉપરથી ગામા કિરણોનો ઉત્સર્ગ વધારે પ્રમાણમાં થાય છે. વળી ગામા કિરણોને કાઈ વાયુમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે ત્યારે તે વાયુને વિદ્યુતવાહક બનાવે છે. તેથી તેમાંથી વિદ્યુત પસાર થઈ શકે. આ ગુણધર્મને 'આયોનાઇઝેશન' કહેવાય છે. ગામા કિરણોને જ્યારે 'આયો-નાઈઝેશન ચેમ્બર'માંથી પસાર કરવામાં આવે છે ત્યારે તેના પ્રમાણમાં તેમાંથી વિદ્યતનો પ્રવાહ વહેવા માંડે છે. આ ચેમ્બર, જે દસેક ફૂટ લાંબી અને ત્રણ ઈંચ વ્યાસવાળી હોય છે તેમાં વાયુ ભરેલો હોય છે અને જેમ જેમ તેને ખડકોના જુદા જુદા સંસર્ગમાં લાવવામાં આવે છે તેમ તેમ તેમાંથી ઉત્સર્ગ પામતાં ગામા કિરણોની માત્રાના પ્રમાણમાં વાયુ ચેમ્બરની વિદ્યુતનો પ્રવાહ પેદા થાય છે. વિદ્યુતના પ્રવાહમાં થતા આવા ફેરફારો એક યંત્ર દ્વારા કાગળની પટ્ટીઓ ઉપર નોંધાય છે.

પેટ્રોલિયમની શોધ માટે અત્યારે વપરાતી જુદી જુદી ત્રણ પદ્ધતિઓનું મૂલ્યાંકન સમજવા જેવું છે.

અનુક્રમ	પદ્ધતિ	સફળતાની સંભવિતતા
૧	અડસટ્ટે કરેલું શારકામ	૨૭ માં ૧
૨	ફક્ત ભૂસ્તરીય તપાસ	૧૦ માં ૧
૩	સંયુક્ત ભૂભૌતિક તથા ભૂસ્તરીય તપાસ	૫ માં ૧

શારકામ

પેટ્રોલિયમ મેળવવા માટે સ્થળ નક્કી કર્યા પછી તે જગ્યાએ શારકામ કરવા માટે નિયુક્ત થયેલા કર્મચારીઓ જોઈતી સામગ્રી લાવી પોતાના કામનો આરંભ કરે છે. આ માટે તે જગ્યાએ પહોંચવા કાચા રસ્તા બનાવવા પડે છે; નદીનાળાં પર પુલો બાંધવા પડે છે અથવા તો જંગલોની અંદરથી વૃક્ષો કાપીને માર્ગ તૈયાર કરવો પડે છે. આ સાથે કામચલાઉ નિવાસનાં સાધનો માટે તંબૂઓ ઊભા કરવા પડે છે અને વિદ્યતશક્તિ પેદા કરવા માટે જનરેટરો, પંપો અને શારકામ કરવા માટે શારડીઓ વગેરે સ્થળ પર એકત્ર કરવાં પડે છે. પહેલાં તો જેને 'ડેરિક' કહેવામાં આવે છે તેવો એક ૧૫૦ ફૂટ ઊંચો અને પાયા આગળ ૩૦ ફૂટ લાંબો અને ૩૦ ફૂટ પહોળો પોલાદનો મિનારો બાંધવો પડે છે. તેની ટોચ ઉપર તારની મજબૂત રસી વડે શારડીને બાંધવાનો મોટો

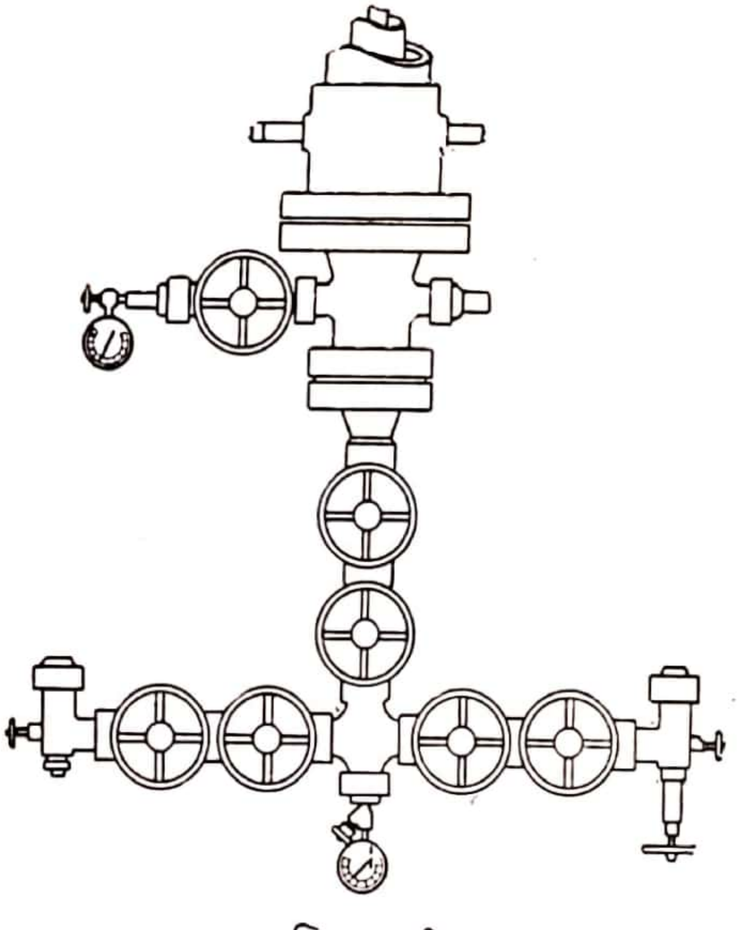


૧ કાદવની ટાંકી ૨ પમ્પ ૩ કેલી અને ડ્રિલ પાઇપનું જોડાણ ૪ બ્લો–આઉટ પ્રિવેન્ટર
૫ ધ્રુજનવણું જે કાદવને એકસરખો રાખે છે.

'ફાંસો' લટકાવેલો હોય છે. આ ફાંસા ઉપર લાંબી પોલાદની નળીઓ સાથે જોડેલી શારડી હોય છે. આ પોલાદની નળીઓ એકબીજાને સાંધેલી હોય છે અને જેમ 'શારડી' જમીનમાં અંદર પેસતી જઈ કૂવો ખોદે છે તેમ આ નળીઓ પણ શારડી સહિત જમીનમાં પ્રવેશ કરે છે. ડેરિકના મૂળ આગળ શારડીના દોરડાને ઉપર નીચે કરવા માટે યંત્રો ગોઠવેલાં હોય છે. શારડીને ચક્રાકાર ગતિ આપવા માટે ડેરિકના પાયા નજીક રાખેલા એક ફરતા ટેબલ (turn table) સાથે શારડીને જોડેલી નળી (જેને 'કેલી' કહે છે)નું સંધાન કરવામાં આવે છે. આ ટેબલ વીજળીની મોટરથી ચાલતા દંત-ચક્રો (gears) વડે ગોળ ગોળ ફેરવવામાં આવે છે અને તેની આ ગતિ શારડીને પણ પ્રાપ્ત થતાં તે ચક્રાકારે ફરે છે તથા જમીનની અંદર ફરતી ફરતી છિદ્ર પાડતી જાય છે. આ શારડીના પાનાના અનેક પ્રકારો હોય છે. કેટલીકમાં સખત પોલાદના દાંતાઓ હોય છે તો કેટલીકમાં કૃત્રિમ હીરા જડવામાં આવ્યા હોય છે. ખડકોના સખત થરોમાં કલાકે એક ફૂટથી વધુ ઊંડું શારકામ થઈ શકતું નથી. પણ પોચા થરોમાં કલાકના ૧૫૦ ફૂટ ઊંડાણે પણ જઈ શકાય છે. જેમ જેમ શારડી નીચે ઊતરતી જાય છે તેમ તેમ તેની સાથે જોડેલી પોલાદની નળી (કેલી)નો છેડો પણ કૂવામાં પ્રવેશ કરે છે. આ નળી જ્યારે આખી અંદર પેસી જાય છે ત્યારે ટેબલની ગતિ બંધ કરી તેને ઊંચે ખેંચી લઈ તેની ઉપર બીજી નળી (૩૦ ફૂટ લાંબી) જોડવામાં આવે છે અને આમ લાંબી કરેલી નળીને ફરી શારડી સાથે કૂવામાં વધુ ઊંડે ખોદવા ગતિમાન કરવામાં આવે છે. આ ક્રિયાઓનું પુનરાવર્તન કરીને કૂવો વધુ ઊંડાણથી ગાળવામાં આવે છે. શારડી અને તેની સાથે જોડેલી રસ્સીનું વજન લગભગ ૫૦ ટન જેટલું થઈ જાય છે. આ વજન ઝીલવા માટે 'ડેરિક' ઉપર 'ડ્રૉ-વર્ક્સ' નામે ઓળખાતા સાધનની વ્યવસ્થા કરી હોય છે. કૂવો ખાદતી વખતે ખડકોમાંથી કોરાયેલો પથ્થરોનો ભૂકો છિદ્રમાંથી બહાર કાઢવો આવશ્યક છે. આ માટે છિદ્રની અંદર ખાસ તૈયાર કરેલો કાદવ રબરની નળી વાટે દાખલ કરવામાં આવે છે. આ કાદવ શારડી સાથેની જોડેલી નળીમાં થઈને નીચે જાય છે અને શારડીના પાનાની બાજુ પર થઈને પાછો ઊંચે આવે છે અને સાથે સાથે કોરાયેલા ખડકોનો ભૂકો અને કચરો પણ બહાર લાવે છે. ઉપરાંત આ કાદવ શારડીને ગરમ થતી અટકાવી તેને ઠંડી રાખે છે અને કૂવામાંથી ઉપર ધસતા વાયુને જોરપૂર્વક ઉપર ધસી આવતો રોકે છે. પથ્થરના જે ટુકડાઓ કાદવ સાથે બહાર નીકળે છે તેની ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓ પરીક્ષા કરીને તેમનામાં રહેલા તેલની શકયતાઓનો ખ્યાલ બાંધે છે.

કૂવાના શારમાં ખડક ધસી ન પડે માટે તેની અંદર લોખંડની નળીઓ બેસાડવામાં આવે છે. આથી તેમાં પાણી પણ ઝમતું અટકે છે. કૂવો ખોદાઈ રહ્યા પછી શારડીને તેની નળી સહિત ઉપર **ખેંચી** લેવામાં આવે છે અને તેને સ્થાને ત્રીસ ત્રીસ ફૂટની લંબાઈમાં લોખંડના પતરાની નળીઓ ઉતારવામાં આવે છે. પછી કૂવાની દીવાલ અને આ પતરાની નળીઓ વચ્ચેની જગ્યામાં સિમેન્ટનું ચણતર ભરી લેવામાં આવે છે, જે પાકું થઈ ગયા પછી પતરાની નળી કૂવામાં સ્થિર બેસી જાય છે. હવે વધુ ઊંડે ખોદવા માટે પહેલા કરતાં ઓછા વ્યાસવાળી શારડી લેવામાં આવે છે અને તેને નીચે ઉતારવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે જેમ જેમ કૂવો ઊંડો ને ઊંડો ખોદાતો જાય છે તેમ તેમ ટેલિસ્કોપની જેમ લોખંડની નળીઓ એકબીજામાં પરોવીને અંદર બેસાડાતી જાય છે. આ પ્રમાણે ૧૫,૦૦૦ ફૂટ ખોદાણ થતાંમાં શારડીનો વ્યાસ ક્રમે ક્રમે બે ફૂટમાંથી ઘટીને અડધા

ફૂટ જેટલો થઈ ગયો હોય છે. 'ડ્રિલપાઈપ' કેપરૉકને પહોંચે ત્યાં સુધી શારકામ ચાલુ રાખવું પડે છે. કેપરૉકને જ્યારે ડ્રિલ અથડાય છે ત્યારે તેલ મેળવવાની આશામાં આતુરતા તથા ઉશ્કેરાટ વધી જાય છે. અંતે ડ્રીલ કેપરોકમાં કાણું પાડે છે અને તેલનો ફુવારો ઊડે છે. પેટ્રોલિયમ કાઢવાના શરૂઆતના દિવસામાં આ તેલ ખૂબ ધસારાપૂર્વક બહાર આવતું હતું જેને 'ગશર' નામ આપવામાં આવ્યું હતું. આથી પેટ્રોલિયમનો ઘણો વ્યય થતો અને આગ પણ લાગતી. હવે તો કાદવ નાંખીને આ ધસારાને નિયંત્રિત કરી શકાય છે. આ નિયંત્રણને સતત ટકાવી રાખવા માટે ખાસ પ્રકારાન વાલ્વ, જે 'બ્લો-આઉટ પ્રિવેન્ટર' કહેવાય છે તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ સમય દરમ્યાન ડ્રિલ પાપઈને સાચવીને ઉપર ખેંચી લેવામાં આવે છે.


ક્રિસ્ટમસ ટ્રી

પછી જેને પેટ્રોલિયમ 'વેલ-હેડ' કહે છે તે કૂવા ઉપર બેસાડવામાં આવે છે. આ હેડ ઉપર વાલ્વ, પ્રેશર ડાયલ, ગોળ હાથા વગેરે સાધનો લગાડેલાં હોય છે તેથી તેનો દેખાવ વૃક્ષ જેવો બને છે. આથી તેને વિજ્ઞાનની તળપદી ભાષામાં 'ક્રિસ્ટમસ ટ્રી' પણ કહેવાય છે. આ વેલ-હેડ કૂવા ઉપર મૂક્યા પછી કૂવામાંના કાદવનો ભાર હલકો કરવામાં આવે છે. આ માટે તેમાં પાણી ભેળવવામાં આવે છે અને તે પાતળો થઈ ધીમે ધીમે પેટ્રોલિયમની ઊર્ધ્વગતિ વડે ઉપર ધકેલાય છે. અંતે તે જ્યારે સંપૂર્ણ રીતે બહાર નીકળી જાય છે ત્યારે પેટ્રોલિયમ તેમાંના દ્રાવ્ય વાયુને લીધે ફીણ સ્વરૂપે સપાટી ઉપર દર્શન દે છે. બધું ફીણ નીકળી ગયા પછી પેટ્રોલિયમ બહાર નીકળે છે, અને તેને એક મધ્યસ્થ કેન્દ્રભંડારમાં પાઈપલાઈનો દ્વારા લઈ જવામાં આવે છે.

ક્રૂડતેલ — રિફાઈનરીમાં

કૂવામાંથી નીકળતું પેટ્રોલિયમ ક્રૂડઑઈલ કહેવાય છે. ક્રૂડઑઈલને શુદ્ધ કરવાના કારખાનાને 'રિફાઈનરી' કહેવામાં આવે છે. રિફાઈનરીનું કામ સતત, ચોવીસે કલાક, ચાલુ હોય છે. તેનું મુખ્ય કામ ક્રૂડતેલમાં રહેલા તેના જદા જુદા હાઈડ્રોકાર્બનોને વાપરવા યોગ્ય સ્વરૂપમાં પ્રાપ્ત કરવાનું હોય છે. ક્રૂડતેલમાં રહેલા આ રાસાયણિક પદાર્થોને સમગ્ર રીતે હાઈડ્રોકાર્બન કહેવામાં આવે છે. કાર્બન અને હાઈડ્રોજન નામનાં મૂળતત્ત્વોના પરમાણુઓના સંયોજનથી હાઈડ્રોકાર્બનો બનેલા હોય છે.

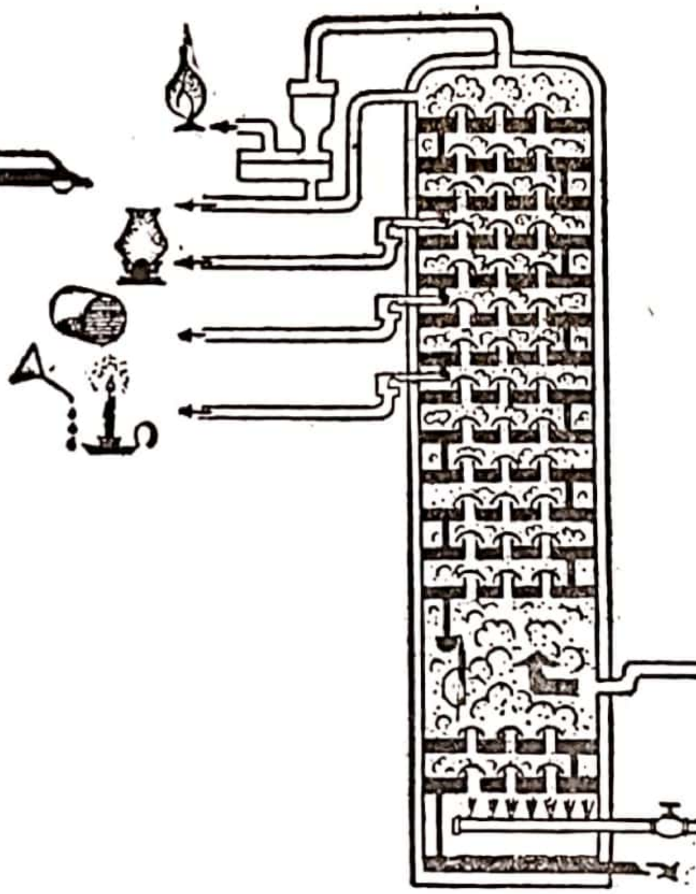
પેટ્રોલિયમમાં રહેલા હાઈડ્રોકાર્બન પૈકી સૌથી હલકો હાઈડ્રોકાર્બન 'મિથેઇન' છે, જેમાં હાઈડ્રોજનના ચાર પરમાણુઓ અને કાર્બનના એક પરમાણુનો રાસાયણિક સંયોગ થયો હોય છે.

પેટ્રોલિયમમાં એક કાર્બનવાળા હાઈડ્રોકાર્બનથી માંડીને ૪૦ કાર્બન પરમાણુવાળા હાઈડ્રોકાર્બનો હોય છે. આ ઉપરાંત ચક્રીય પૅરેફિનો (નેપ્થીનો) અને સૌરભીય (ઍરોમેટિક) હાઈડ્રોકાર્બનો (બેન્ઝિન વગેરે) પણ હોય છે. આ હાઈડ્રોકાર્બનો ઉપરાંત ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન અને સલ્ફરના પરમાણુઓ ધરાવતાં અન્ય સંયોજનો પણ તેમાં હોય છે.

હાઈડ્રોકાર્બનોની શ્રેણીમાં ઉત્તરોત્તર કાર્બન તથા હાઈડ્રોજનના પરમાણુઓની સંખ્યા વધતી જાય છે. મિથેઇન પછી બીજો હાઈડ્રોકાર્બન ઇથેઇન છે; ઇથેઇન પછી પ્રોપેઇન અને તે પછી બ્યુટેઇન, પેન્ટેઇન, હેક્ઝેઇન, ઑક્ટેઇન વગેરે આવે છે. સામાન્ય ઉષ્ણતામાન અને દબાણે મિથેઇનથી બ્યુટેઇન સુધીના હાઈડ્રોકાર્બનો વાયુરૂપ હોય છે; પેન્ટેઇનથી સેપ્ટેઇન સુધી પ્રવાહી હોય છે અને હેપ્ટાડેકેન અને તેની પછીના ઘન હોય છે. રિફાઈનરીમાંથી અનેક પદાર્થો સામાન્ય રીતે મેળવવામાં આવે છે. તેની યાદી નીચે આપી છે.

હાઇડ્રોકાર્બનો	ઉત્કલનબિંદુ (°સે.)	રચના	ઉપયોગ
હલકું પેટ્રોલ	૨૦–૧૦૦	C_5H_{12}–C_7H_{16}	દ્રાવક
બેન્ઝાઇન	૭૦–૯૦	C_6–C_7	ડ્રાયક્લિનિંગ
લિગ્રોઇન	૮૦–૧૨૦	C_6–C_8	દ્રાવક
પેટ્રોલ (ગૅસોલિન)	૭૦–૨૦૦	C_6–C_{11}	મોટરનું બળતણ
કેરોસીન (પૅરેફિન તેલ)	૨૦૦–૩૦૦	C_{12}–C_{16}	બત્તી માટે
ગૅસતેલ (ભારે તેલ)	૩૦૦થી વિશેષ	C_{13}–C_{18}	બળતણ
ઊંજણાં (ખનિજ તેલ)	,,	C_{16}–C_{20}	ઊંજણાં
ગ્રીઝ, વૅસેલિન, પેટ્રોલિયમ વગેરે	,,	C_{18}–C_{22}	દવા-ઔષધની બનાવટોમાં
પૅરેફિન મીણ (સખત)	,,	C_{20}–C_{30}	મીણબત્તી, મીણિયો કાગળ, કાર્બનપેપર વ.
અવશેષ ડામર	,,	C_{30}–C_{40}	રસ્તા બનાવવામાં

આ ઉપરાંત, યોગ્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ વડે આ પદાર્થોમાંથી અસંખ્ય અન્ય રસાયણો બનાવવામાં આવે છે, જે 'પેટ્રો-કેમિકલ્સ' તરીકે ઓળખાય છે. રિફાઈનરી જેમ મોટી તેમ તેમાંથી શુદ્ધ થતા પેટ્રોલિયમના પદાર્થોની સંખ્યા પણ વિશેષ. રિફાઈનરીની કાર્યપદ્ધતિના સિદ્ધાંત સાદો છે. જુદા જુદા પદાર્થોનાં ઉત્કલનબિંદુઓ જુદાં જુદાં હોય છે. ઉત્કલનબિંદુ પ્રમાણે તેમને અલગ પાડવામાં આવે છે. આ સિદ્ધ કરવા માટે રિફાઈનરીમાં 'ફ્રૅક્શનેશન ટાવર્સ' નામે ઓળખાતાં પાલાદનાં મોટાં ટાવરો હોય છે. ટાવરોમાંથી થોડી થોડી જગાને અંતરે મોટી તાસકોની થપ્પી રાખવામાં આવી હોય છે. જે પદાર્થોનાં ઉત્કલનબિંદુઓ ઊંચાં હોય તે નીચેની તાસકોમાં ઠરીને ભેગાં થાય છે. નીચા



ફ્રૅક્શનેશન ટાવર

ઉષ્ણતામાને ઊકળતાં પ્રવાહી તેલો ઉપરની તાસકોમાં જમા થાય છે. આ બધાં તેલોને છૂટાં પાડવા માટે ૪૦ તાસકો રહે એવા મોટા ટાવરની આવશ્યકતા રહે છે.

શુદ્ધીકરણના મુખ્ય ત્રણ સિદ્ધાંતો જોઈ લઈએ :

(૧) ક્રૂડતેલમાંથી અંશો (ફ્રૅક્શન્સ અથવા કટ)ને સામાન્ય નિસ્યંદન (ડિસ્ટિલેશન) વડે છૂટા પાડવામાં આવે છે અને સમાન પ્રકારના ક્રૂડતેલમાંથી નીકળતાં દ્રવ્યોનું પ્રમાણ તેમ જ તેઓના ગુણધર્મો નિશ્ચિત હોય છે.

(૨) ક્રૂડતેલમાંથી નીકળતા પદાર્થો ઉપર મુજબ છૂટા પાડયા પછી વધુ શુદ્ધિ માટે અન્ય ઉપચારો માગી લે છે; જેવા કે રાસાયણિક પુનર્યોજન, કેટાલિટિક પુનર્યોજન, (reforming) પોલિમેરાઈઝેશન (બહુલીકરણ) પ્રક્રિયા વગેરે.

(૩) કોઈ દ્રવ્યની ખપત ઓછી હોય તો તેનો અપવ્યય અટકાવવા માટે તેમાંથી અન્ય ઉપયોગી પદાર્થો બનાવવાનો પ્રબંધ પણ કરવામાં આવે છે.

પેટ્રોલિયમમાંથી વિવિધ રસાયણો (પેટ્રો-કેમિકલ્સ) બનાવવાનો ઉદ્યોગ વર્તમાન યુગની એક માટી સિદ્ધિ છે. બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમ્યાન (૧૯૩૯–૪૫) પરંપરાગત પદાર્થોમાંથી રસાયણો પ્રાપ્ત કરવામાં અનેક મુશ્કેલીઓ આવી પડી અને તેમને માટે અન્ય રસ્તાઓ શોધવાની જરૂર જણાઈ. પેટ્રોલિયમ આ માટે એક આદર્શ અને અખૂટ પ્રભવસ્થાન સિદ્ધ થયું. આથી બીજા વિશ્વયુદ્ધ પછી પેટ્રો-કેમિકલ્સ અથવા પેટ્રોલિયમજન્ય રસાયણો બનાવવાનો ઉદ્યોગ અદ્‌ભુત રીતે આગળ વધ્યો. બીજા વિશ્વયુદ્ધ પહેલાં ઔષધો, કૃત્રિમ રબર, પ્લાસ્ટિકો, સ્ફોટક પદાર્થ અને અન્ય રસાયણોનો પિતૃપદાર્થ

કોલસો હતો. તેને સ્થાને હવે પેટ્રોલિયમે પ્રવેશ કર્યો. આ માટે 'ક્રૅકિંગ' નામની રાસાયણિક પ્રક્રિયાની શોધ કારણભૂત હતી. આ પ્રક્રિયા વડે પેટ્રોલિયમમાંથી હાઈડ્રોકાર્બનોના મોટા આણુઓ તૂટીને વધુ ને વધુ ક્રિયાશીલ (reactive) આણુઓમાં પરિણમે છે. ગૅસોલિન અથવા પેટ્રોલનું ઉત્પાદન જ્યારે વધારવાની જરૂર લાગી ત્યારે આ પ્રક્રિયા શોધવામાં આવી હતી. બીજી અગત્યની પ્રક્રિયા પોલિમેરાઈઝેશન — બહુલીકરણ — ની શોધાઈ; જેને પ્રભાવે વધુ અને વિશુદ્ધ સ્વરૂપમાં ગૅસોલિન પ્રાપ્ત કરી શકાયું. ક્રૅકિંગની પ્રક્રિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતા પ્રોપેઈન તથા બ્યુટેઈન નામના વાયુઓમાંથી અનુક્રમે પ્રોપિલિન તથા બ્યુટિલિન નામનાં અગત્યનાં રસાયણો મેળવવામાં આવ્યાં. આમ, ધીમે ધીમે આ ઉદ્યોગ વિસ્તરતો ગયો. આજે તો આ આખોય ઉદ્યોગ પેટ્રો-કેમિકલ ઉદ્યોગના સ્વતંત્ર નામે ઓળખાય છે.

સામાન્ય રીતે જે રસાયણનું મૂળ પેટ્રોલિયમ અથવા કુદરતી વાયુ (natural gas) હોય તેમાંથી અથવા તો તજ્જન્ય હાઈડ્રોકાર્બનમાંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવેલાં રસાયણોને પેટ્રો-કેમિકલ કહેવાય છે. મૂળભૂત હાઈડ્રોકાર્બનની પેટ્રોલિયમ કેમિકલમાં ગણના થઈ શકે. પણ તેમાંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવેલા અંતિમ પદાર્થો, જેવા કે નાયલૉન, કૃત્રિમ રબર વગેરેને પેટ્રોલિયમ રસાયણોમાં ન આવરી લેવાય. આવા વર્ગીકરણમાં ઘણી વાર સંદિગ્ધતા ઊભી થાય છે કારણ કે જે રસાયણોનો નિર્દેશ થયો હોય છે તે વચગાળાના (intermediate) પદાર્થ પણ હોઈ શકે છે તેમ જ ક્વચિત્ અંતિમ પદાર્થ પણ સંભવી શકે છે; જેમ કે 'ટૅરિલિન'ના કૃત્રિમ તંતુના સર્જનમાં વપરાતું રસાયણ એથિલિન ગ્લાયકોલ 'ઍન્ટિફ્રીઝ (શીત પ્રતિબંધક) તરીકે અંતિમ પદાર્થ છે, પરંતુ ટૅરિલિન પૂરતું તે વચગાળાનું રસાયણ છે.

સૈદ્ધાંતિક રીતે, લગભગ એકેએક કાર્બનિક પદાર્થ ક્રૂડ ઑઈલ અથવા તો કુદરતી વાયુમાંથી બનાવી શકાય. તાજેતરમાં મનુષ્યના ખોરાકમાં ઉપયોગી નીવડે તેવું પોષક પ્રોટીન પણ તેમાંથી ઉત્પન્ન કરવાના પ્રયત્નોને સફળતા મળી છે. ફ્રાંસના પેટ્રોલિયમ નિષ્ણાત ડૉ. ગેગેલિયરે એવા જ પ્રયોગો ફ્રાંસમાં સફળ થયા હોવાનું જણાવ્યું છે, અને ભારતની પ્રોટીનની ભૂખ આ રીતે ભાંગી શકાશે એવું મંતવ્ય તેમણે વ્યક્ત કર્યું છે. દરરોજના ૫૦ કિ.ગ્રા. પ્રોટીન બનાવી શકે તેવા બે પાયલોટ પ્લાન્ટ ઇન્ડસ્ટ્રિયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ દહેરાદૂનમાં અને જોરહાટની નૅશનલ રિજિયોનલ રિસર્ચ લૅબોરેટરીમાં ઊભા કરવામાં આવ્યા છે.

જોરહાટની રિજિયોનલ રિસર્ચ લૅબોરેટરીનો દાવો એવો છે કે તેલના કૂવાની માટીના સૅમ્પલમાંથી મીણિયા વિભાગોને મનુષ્યના ખાદ્ય તરીકે ઉપયોગમાં આવી શકે એવા પ્રોટીનમાં ફેરવી શકાય છે. એ તેલના ફર્મેન્ટેશનમાંથી ઉત્પન્ન થયેલા પદાર્થોમાં ૭૦ ટકા જેટલું પ્રોટીન હોવાનું જણાયું છે. ઘણી બાબતોમાં કાચા માલથી અંતિમ પદાર્થ બનાવતાં સુધીનો ખર્ચ કાં તો પોસાઈ ન શકે તેવો હોય અથવા તો વ્યાપારી ઉત્પાદન માટે તેનું વિજ્ઞાન ઘણું અટપટું હોય એવું બને છે. એટલે પેટ્રો-કેમિકલ પદાર્થોનું ઉત્પાદન પેટ્રોલિયમના એવા અંશોમાંથી સાધવામાં આવે છે કે જેઓ વિપુલ પ્રમાણમાં ઓછી કિંમતે લબ્ધ થઈ શકે એટલું જ નહીં પણ વ્યાપારી પદ્ધતિએ તેઓનું ઉત્પાદન કરી શકાય.

મૂળભૂત હાઈડ્રોકાર્બનોના પિતૃપદાર્થોને તેમની અગત્યના ક્રમમાં ગોઠવીએ તો પ્રથમ આવે કુદરતી વાયુઓ; બીજો આવે પ્રવાહી પેટ્રોલિયમ ગૅસ (લિક્વિફાઇડ પેટ્રોલિયમ ગૅસ—એલ. પી. જી.) અને રિફાઇનરીના વાયુઓ અને ક્રૂડ ઑઇલના અંશો. મૂળભૂત હાઈડ્રોકાર્બનોની સંખ્યા જૂજ છે. તે પૈકી મુખ્ય મુખ્ય નીચે પ્રમાણે છે:

એસિટિલિન ઓલેફિન વર્ગ	ઍરોમેટિક વર્ગ	પૅરેફિન વર્ગ	નેફ્થીન વર્ગ
એસિટિલિન	બેન્ઝિન	મિથેઇન	સાઇક્લોહેક્ઝેન
એથિલિન	ટોલ્યુઇન	ઇથેઇન	
પ્રોપિલિન	ઝાઇલિન	પ્રોપેઇન	
બ્યુટિલિન			
આઇસો-બ્યુટિલિન			
બ્યુટાડાઇન			

ઉપરાંત, સામાન્ય રિફાઇનરીની ક્રિયાઓમાંથી ઉદ્ભવતા પદાર્થો પણ 'પેટ્રો-કેમિકલ' તરીકે ઓળખાય છે. એમાં ઇલેક્ટ્રોડ બનાવવામાં વપરાતો કોક, કૅલ્શિયમ કાર્બાઇડ, ઘસવા માટેના પદાર્થો (abrasives), રંગોને સૂકવનાર દ્રવ્યો બનાવવામાં વપરાતો નેફ્થિનિક ઍસિડ, કાપડ પર જંતુનાશક અસ્તર લગાવવાના પદાર્થો, પ્લાસ્ટિક, દ્રાવકો, ધોવા માટેના 'ડિટરજન્ટ પદાર્થો' વગેરેને ગણાવી શકાય.

પેટ્રોકેમિકલ ઉદ્યોગોને વિકસાવવામાં મહત્ત્વનો ફાળો આપનારાં ઑલેફિન, ઍરોમેટિક, પૅરેફિન અને નેફ્થિન વર્ગનાં રસાયણોને ક્રમવાર તપાસીએ.

ઓલેફિનો પેટ્રોલિયમ અથવા તો કુદરતી વાયુમાં સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવતા નથી. તેઓને બનાવવા પડે છે. ગૅસોલિન ઉપર 'ક્રૅકિંગ'ની પ્રક્રિયા કરવાથી વાયુ સ્વરૂપવાળા ઓલેફિન પ્રાપ્ત થાય છે. રિફાઇનરીમાં ક્રૅકિંગની ક્રિયાઓમાંથી પ્રોપિલિન, આઇસો-બ્યુટિલિન અને નૉર્મલ બ્યુટિલિન મોટા પ્રમાણમાં ઉત્પન્ન થાય છે; એથિલિન પ્રમાણમાં ઓછું પેદા થાય છે; બ્યુટાડાઇન તથા આઇસોપ્રીન અત્યન્ત અલ્પ પ્રમાણમાં બને છે અને ઍસિટિલિન બિલકુલ નથી બનતું. ત્યારે એથિલિનની વાત જુદી છે. સેન્દ્રિય રસાયણોના ઉત્પાદનમાં એથિલિન મુખ્ય અને મૂળભૂત હાઇડ્રોકાર્બન છે. પેટ્રો-કેમિકલ ઉદ્યોગમાં લગભગ ૯૦ ટકા જેટલો એથિલિન ઊંચા ઉષ્ણતામાને થતી ક્રૅકિંગની પ્રક્રિયામાંથી મેળવવામાં આવે છે. તેને માટે આદ્ય પદાર્થો ઇથેન અને પ્રોપેઇન છે પણ તે ઉપરાંત લિક્વિફાઇડ પેટ્રોલિયમ ગૅસ-પ્રોપેઇન તથા બ્યુટેઇન, નેફ્થા અને ગૅસનાં તેલો પણ વપરાય છે.

જો માત્ર એથિલિન જ બનાવવાનો હોય તો ઇથેઇન અને તેથી ઓછા પ્રમાણમાં પ્રોપેઇનને મૂળ પદાર્થો તરીકે પસંદ કરવામાં આવે છે. સાથે બ્યુટાડાઇન, આઇસોપ્રીન, ગૅસોલિનના અંશો, ઍરોમેટિક પદાર્થો, ઓલેફિનોના સંકુલ પદાર્થો (complexes) અને ડામર બનાવવા માટે પણ

વધુ ભારે દ્રવ્યોથી શરૂઆત કરવી જોઈએ. વાયુ સ્વરૂપ પદાર્થોનું ઉત્પન્ન વધારવા માટે પ્રવાહી દ્રવ્યોને વારંવાર ક્રૅકિંગની ભઠ્ઠીમાં ફેરવવાં પડે છે. ભઠ્ઠીમાંથી 'ક્રૅક' થઈને બહાર નીકળતા પદાર્થોમાં મિથેઇનથી માંડીને બ્યુટાડાઇન સુધીના સર્વ પ્રકારના હાઇડ્રોકાર્બનોનું મિશ્રણ હોય છે અને ડામર જેવા ભારે 'પોલિમર' (અણુ સંઘટિત) પદાર્થ તેમાંથી અલગ પડી જાય છે. વાયુઓને દબાણ આપીને (compress કરીને) તેમને શૂન્ય અંશ ફે. સુધી ઠંડા પાડયા બાદ 'ઍબ્સૉર્બર' નામના ટાવરમાં પંપ વડે દાખલ કરવામાં આવે છે. એ ઉષ્ણતામાને પણ વાયુસ્વરૂપે રહેલા મિથેઇન અને હાઇડ્રોજનને ટાવરના ઉપલા ભાગમાંથી કાઢી લેવામાં આવે છે અને એથિલિન અને ભારે વાયુઓ ટાવરની નીચેના ભાગમાંથી વહેતા પ્રવાહી તેલમાં શોષાયેલા રહે છે. તેમાંથી તેમને છૂટા પાડવામાં આવે છે.

ઈથેઇન અને પ્રોપેઇનને સંયુક્ત કરીને જુદી ભઠ્ઠીમાં 'ક્રૅકિંગ' કરવાથી તેમાંથી 'એથિલિન' પેદા કરી શકાય છે.

એથિલિનમાંથી બનતાં કેટલાંક ઉપયોગી રસાયણોનું વંશવૃક્ષ જોવા જેવું છે જે પ્રકરણને અંતે આપ્યું છે.

પોલિમર ગૅસોલિન બનાવવા માટે ઘણા સમયથી પ્રોપિલિન વપરાય છે. આઇસો-પ્રોપિલ આલ્કોહૉલ, એસિટોન, ડિટરજન્ટ (ધોવાના) પદાર્થો માટે જોઈતો પોલિમર ડો-ડેસિલ બેન્ઝિન અને અન્ય પેટ્રો-કેમિકલો બનાવવામાં પણ તેનો ઉપયોગ થાય છે. બ્યુટિલિનના ચાર પ્રકારો છે : બ્યુટિલિન-૧, બ્યુટિલિન સિસ-૨, અને ટ્રાન્સ-૨, તથા આઇસોબ્યુટિલિન. પહેલા ત્રણ સમાનધર્મી છે. આઇસો-બ્યુટિલિન ગુણધર્મોમાં તદ્દન ભિન્ન છે અને વધુ ક્રિયાશીલ છે. આઇસોબ્યુટિલિનનું આઇસોપ્રીન (ડાય-ઓલેફિન) સાથે સહ-બહુલીકરણ (co-polymerisation) કરીને પોલિબ્યુટિલિન બનાવી શકાય છે. તેમાંથી કૃત્રિમ રબર બનાવવામાં આવે છે. બીજાં વચગાળાનાં રાસાયણિક દ્રવ્યો માટે પણ આઇસો-બ્યુટિલિન અગત્યનો મૂળભૂત પદાર્થ છે. પ્રોપિલિન અને બ્યુટિલિનને સામાન્ય શુદ્ધીકરણના ઉપચાર દ્વારા ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. પ્રોપિલિનમાંથી સૌથી અગત્યનો પદાર્થ આઇસો-પ્રોપિલ આલ્કોહૉલ મળે છે, જે દ્રાવણો, ઍન્ટિફ્રીઝ વગેરેના સર્જન માટે ઘણો ઉપયોગી છે. વળી તેમાંથી પાણીનો અંશ દૂર કરીને એસિટોન નામનો પદાર્થ બનાવવામાં આવે છે. આ ઍસિટોન ઍસિ-ટેટ રેયૉન અને પ્લાસ્ટિકની બનાવટમાં ઘણો ઉપયોગી છે. પ્રોપિલિન ટ્રાયમર (નોનેન) અને પ્રોપિલિન ટ્રેટ્રામર (ડો-ડેસેન) પ્રોપિલિનના અલ્પ આણુભારવાળા પોલિમર પદાર્થો છે. આ બંનેમાંથી ડિટરજન્ટ (ધોવાના) પદાર્થો બને છે. પ્રોપિલિન ઑક્સાઇડ ઉપર 'ક્લોરોહાઇડ્રોનેશન' નામની પ્રક્રિયા કરવાથી તેમાંથી પ્રોપિલિન ગ્લાયકોલ અને ડ્રાયપ્રોપિલિન ગ્લાયકોલ નામના પદાર્થો બને છે, જેમાંથી અંતે 'પોલિયુરેથેન ફોમ'વાળો પ્લાસ્ટિક પદાર્થ બને છે. પ્રોપિલિન પર ક્લોરિનની પ્રક્રિયા કરવાથી એલિલ ક્લોરાઇડ નામનું રસાયણ બને છે, જેમાંથી એલિલ આલ્કોહૉલ અને એપિક્લોરહાઇડ્રિન નામનાં રસાયણો બનાવી શકાય છે. જેમાંથી ગ્લિસરીન અને ઈપોકિસ પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિકો ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. પ્રોપિલિન ઉપર ઑક્સિજનની સીધી પ્રક્રિયા કરવાથી તેમાંથી 'એક્રિલિન' બને છે, જે એક્રિલિક વર્ગના વસ્ત્રતંતુઓ અને પ્લાસ્ટિકોના સર્જન માટે મૂળભૂત પદાર્થ છે. પ્રોપિલિનમાંથી એક મહત્ત્વનો પેટ્રો-કેમિકલ હાલ બનાવવામાં આવ્યો છે જે

પોલિપ્રોપિલિન નામથી જાણીતો થયો છે. આમાંથી તદ્દન નવા જ પ્રકારના વસ્ત્રતંતુનું સર્જન કરવામાં આવ્યું છે.

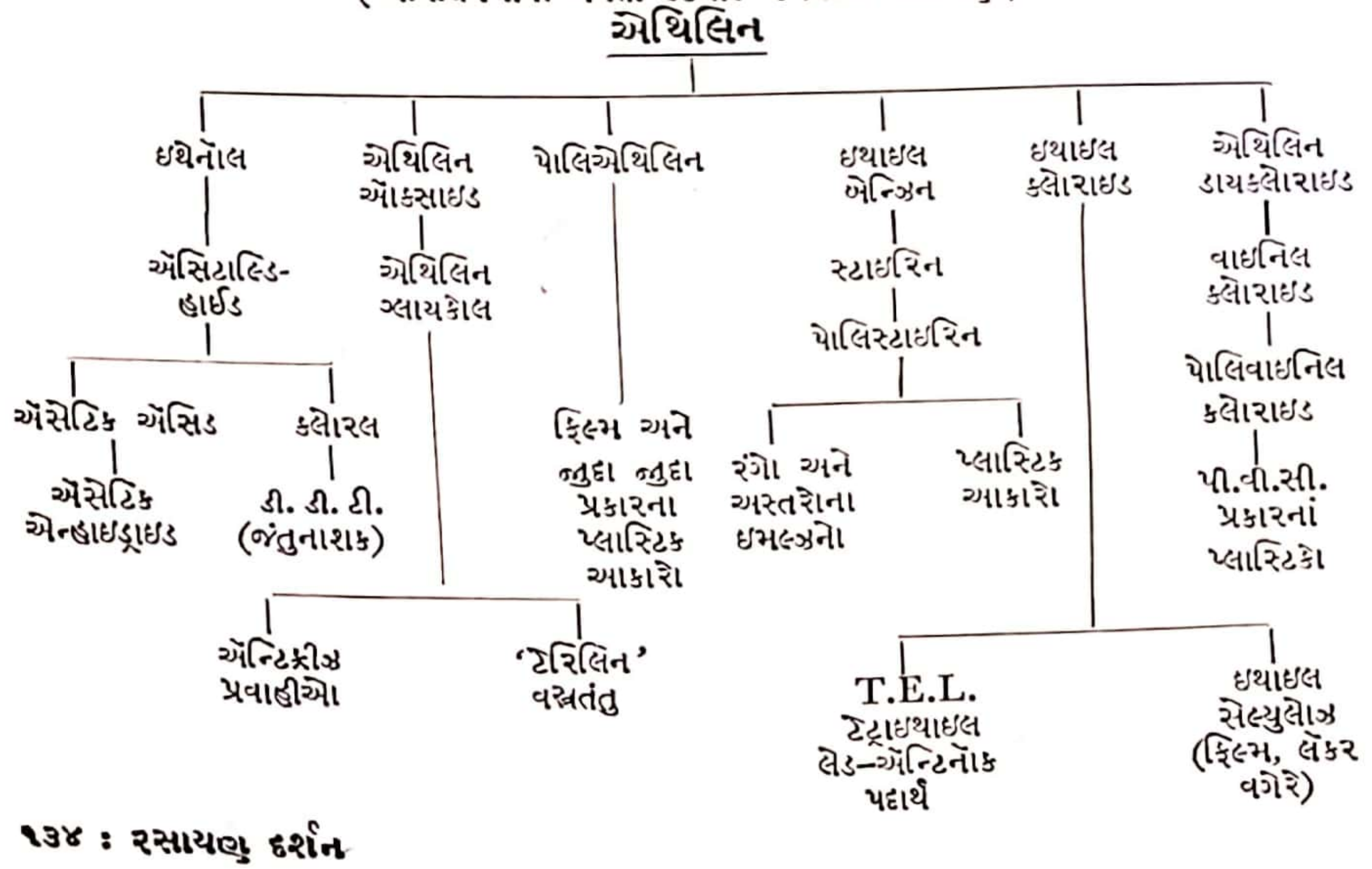
બ્યુટાડાઈનનો બહોળો ઉપયોગ કૃત્રિમ રબર, પ્લાસ્ટિકો અને નાયલૉનની બનાવટ માટે થાય છે. ઈથાઈલ આલ્કોહૉલ ઉપર સ્ટીમ ક્રૅકિંગની ક્રિયા વડે બ્યુટાડાઈન ઉત્પન્ન થાય છે. બ્યુટેઈનનું બ્યુટિલિન બનાવી તેનું બ્યુટાઈનમાં 'કન્વર્ઝન પ્રોસેસ' વડે રૂપાન્તર કરી શકાય છે.

ઍથિલિનની માફક ઍસિટિલિન પણ બહુવિધ રસાયણોનું જન્મદાતા છે. તેમાંથી વાઈનિલ ક્લોરાઈડ (પ્લાસ્ટિક) નિયોપ્રીન (કૃત્રિમ રબર) ટ્રાયક્લોરોઈથિલિન (દ્રાવણ), ઍક્રિલોનાઈટ્રિલ (પ્લાસ્ટિક ઓરલોન, ડાયનેલ, ઍક્રિલાન) વગેરે ઉત્પન્ન કરી શકાય છે પરંતુ સામાન્ય રિફાઈનરીમાં તેનું ઉત્પાદન બહુ અલ્પ હોય છે એટલે તેને બનાવવા માટે ખાસ યોજના કરવી પડે છે. પેટ્રોલિયમમાંથી ઍસિટિલિન ઉત્પન્ન કરવા માટે વાયુરૂપ પૅરેફિન હાઈડ્રોકાર્બનને અત્યંત ઊંચું ઉષ્ણતામાન એક પલક સુધી આપવામાં આવે છે.

આ ઉપરાંત બીજાં ઘણાં પેટ્રોલિયમ રસાયણો, જેવાં કે પેન્ટેઈન, સાઈક્લો હેક્મેઈન, હેપ્ટેઈન વગેરે ઉપરની યાદીમાં ઉમેરી શકાય તેમ છે. દિન-પ્રતિદિન આ રસાયણોની યાદી વિસ્તૃત થતી જ જાય છે. એવું એક પણ સેંદ્રિય રસાયણ નથી જે પેટ્રોલિયમમાંથી બનાવી શકાય તેમ ન હોય. પેટ્રોલિયમની અગત્યનો આથી ખ્યાલ આવશે. પેટ્રોલિયમ અને તેનાં રસાયણો ભવિષ્યમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવશે તે નિર્વિવાદ છે. દુનિયા પર ખનિજ તેલની વપરાશ દર વર્ષે સાડા પાંચ ટકા લેખે વધે છે એટલે જગત ઉપર વધુ ને વધુ ખનિજ તેલ પ્રાપ્ત કરવાના પ્રયત્નો ચાલુ રહેશે અને હરકોઈ રાષ્ટ્રના સ્વાવલંબનની તે એક ગુરુચાવી બની રહેશે.

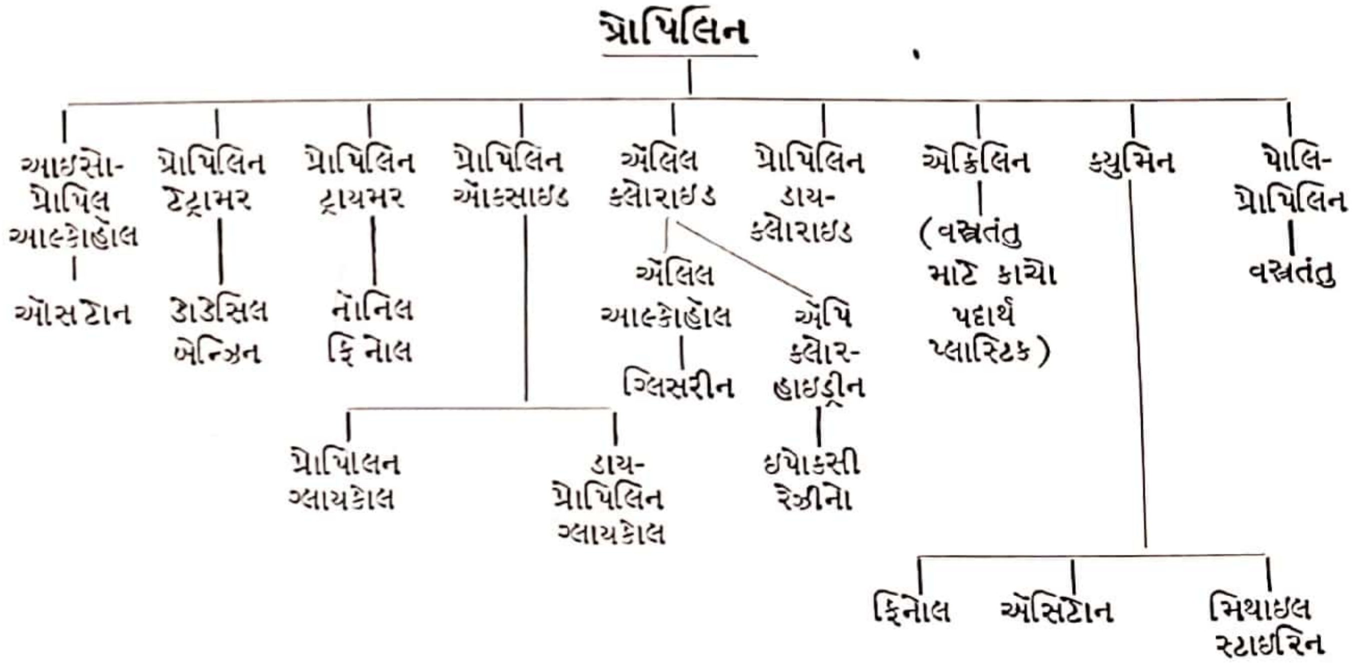
ઍથિલિનનું વંશવૃક્ષ

(ઍથિલિનમાંથી બનતાં કેટલાક ઉપયોગી રસાયણો)



પ્રોપિલિનનું વંશવૃક્ષ

(પ્રોપિલિનમાંથી બનતાં કેટલાંક ઉપયોગી રસાયણો)



આ ઉપરાંત, બીજાં ઘણાં પેટ્રોલિયમ રસાયણો, જેમ કે, પેન્ટેઈન, સાયકલહેક્ઝેઈન

ઍરોમેટિક દ્રવ્યોનું વંશવૃક્ષ

બેન્ઝિન
- ઈથાઈલ બેન્ઝિન → સ્ટાઈરિન કૃત્રિમ રબર
- ક્યુમિન → મિથાઈલ સ્ટાઈરિન પોલિ સ્ટાઈર્રિન (પ્લાસ્ટિક)
- ડોડેસિલ બેન્ઝિન → ડિટરજન્ટ (ડેટ) ધોવાનો પાઉડર
- ફિનોલ → ફિનોલ પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિક
- મેલિક એન્હાઈડ્રાઈડ
- એડિપિક ઍસિડ → નાયલૉન વસ્ત્રતંતુ
- બેન્ઝિન હેક્ઝાક્લોરાઈડ (BHC) જંતુનાશક

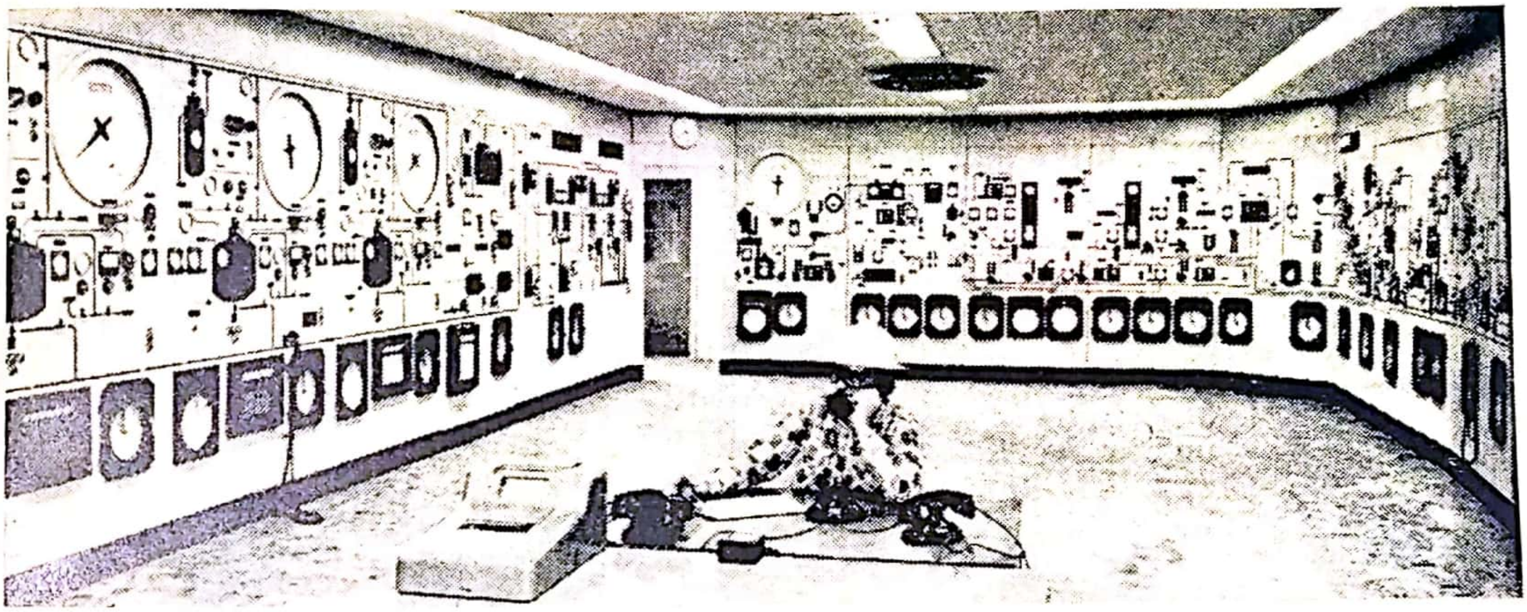
ટૉલ્યુઈન
- ટ્રાયનાઈટ્રો ટોલ્યુઈન (TNT) સ્ફોટક
- દ્રાવણો
- ટૉલ્યુઈન ડાયઆઈસો-સાયનેટ્સ → પોલિયુરેથેન (ફોમ પ્લાસ્ટિક)

ઝાઈલિન
- પારાઝાઈલિન → ટેરેફ્થેલિક ઍસિડ → ‘ટેરિલિન તંતુ
- મેટાઝાઈલિન → આઈસોફ્થેલિક ઍસિડ → પ્લાસ્ટિસાઈઝર
- ઑર્થોઝાઈલિન → રૂથેલિક ઍન્હાઈડ્રાઈડ → પ્લાસ્ટિસાઈઝર ઈસ્ટર, વગેરે

પૅરૅફિન દ્રવ્યોનું વંશવૃક્ષ

મિથેઇન ઉદ્ભૂત પેટ્રોકેમિકલો —

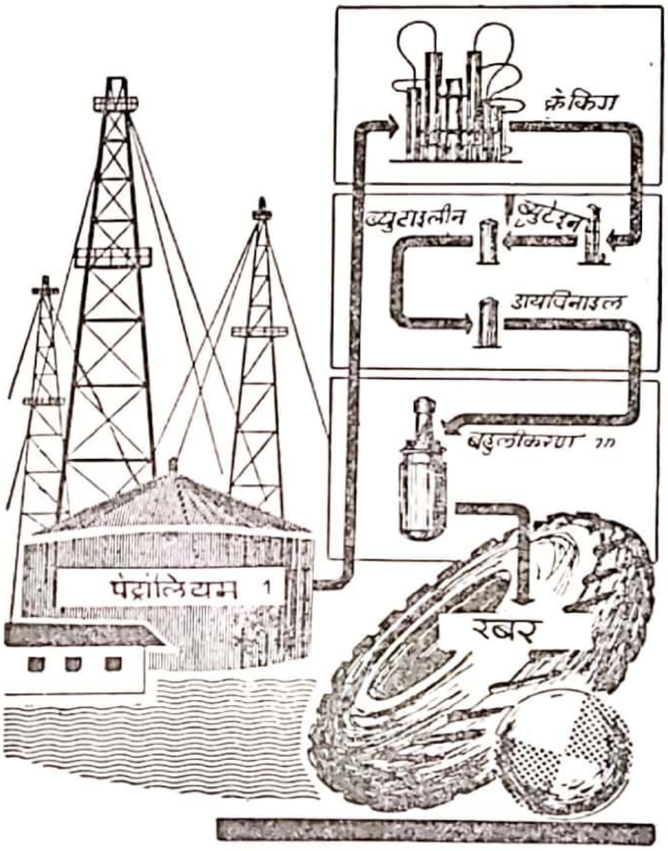
- એમોનિયા
  - નાઇટ્રિક ઍસિડ
  - એમોનિયમ નાઇટ્રેટ
  - એમોનિયમ સલ્ફેટ
    - } ખાતરો તથા સ્ફોટકો (એક્સપ્લોઝિવ્ઝ)
  - યુરિયા
  - કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ
- મિથાઇલ આલ્કોહૉલ → ફૉર્માલ્ડિહાઇડ → { રંગો, પ્લાસ્ટકો, વિસ્ફોટકો
- આઇસોબ્યુટિલ આલ્કોહૉલ
- ઍસિટિલિન
  - વાઇનિલ ઍસિટેટ
  - વાઇનિલ ક્લોરાઇડ
  - એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ
  - નિયોપ્રીન રબર
  - એસિટાલ્ડીહાઇડ
  - ઍસિટિક ઍસિડ
  - પરક્લોરોઇથિલિન
- કાર્બન બ્લૅક
- હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ
  - એડિયોલોનાઇટ્રાઇલ – તંતુઓ (એડિલિક) અને પ્લાસ્ટિકો
  - એડિયોનાઇટ્રાઇલ – તંતુઓ (નાયલૉન) અને પ્લાસ્ટિકો
- કાર્બન બાઇ-સલ્ફાઇડ
- ક્લોરિનેશન-પ્રક્રિયા
  - કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ
  - ક્લૉરોફૉર્મ
  - મિથાઇલ ક્લોરાઇડ
  - મેથિલિન ક્લોરાઇડ



ઇ. આઈ. ડુપોન્ટ કેમિકલ કોર્પોરેશનની કન્ટ્રોલ રૂમમાંથી એક જ વ્યક્તિ દ્વારા, આખા કારખાનાનું સંચાલન

ખંડ : ૪

[દરરોજ ૬૫૦,૦૦૦ પગરખાંનું ઉત્પાદન]



૧૧ : રબર

ઈતિહાસકારોએ પૃથ્વી ઉપર માનવ જુદા જુદા સમયે જે સાધનાનો ઉપયોગ કરતો હતો તેને આધારે માનવજીવનના યુગો નક્કી કર્યા છે. આ યુગામાં પથ્થર યુગ, લોહયુગ, કાંસા (Bronze) યુગ જાણીતા છે. પરંતુ છેલ્લી દોઢ સદીમાં રબરનો ઉપયાગ મહત્તાપૂર્ણ બની ગયો છે.

૧૬મી સદીમાં મધ્ય અને દક્ષિણ અમેરિકામાં ' પહોંચેલા સ્પેનિશ સાગરખેડુઓએ ત્યાં રબરનાં વૃક્ષોની શોધ કરી હતી. કુદરતી રબર વિશેનું સૌથી પ્રથમ સાહિત્યે Valdes La historia Natural Y genreal de las Indias નામના સેવિલમાં પ્રસિદ્ધ થયેલા પુસ્તકમાં નોંધાયું છે. આ પુસ્તકમાં રબરના દડા વડે રમાતી એક 'બેટિ' નામની રમત – જે આજની ટેનિસની રમતને મળતી આવે છે – નું વર્ણન કરવામાં આવેલું છે. આ રબરનો દડો બલૂનથી પણ ઊંચે ઊડી શકે છે, એવો તેમાં નિર્દેશ કરવામાં આવ્યો છે. એ વાત ચાક્કસ રીતે હવે સ્વીકારાઈ છે કે દક્ષિણ અમેરિકામાં વસેલા સ્પેનિયાર્ડોએ કપડાં તથા પગરખાં તેમ જ પોશાકની અન્ય વસ્તુઓ બનાવવામાં રબરનો સારો ઉપયોગ કર્યો છે. પરંતુ છેક અઢારમી સદી સુધી યુરોપના લોકોને રબર પ્રાપ્ત થયું ન હતું. તેમ જ તેના વિષે ખાસ જાણ પણ થઈ ન હતી. ૧૭૩૬માં ફ્રાન્સની સાયન્સ એકેડેમીએ પોતાના કેટલાક સભ્યોને વિષુવવૃત્ત આગળ મધ્યાહ્ન સમયની નોંધ તથા સૂર્ય સાથેના વેધ નક્કી કરવા દક્ષિણ અમેરિકામાં આવેલા પેરુ નામના દેશમાં મોકલ્યા હતા. આ લોકોએ દક્ષિણ અમેરિકાનો વિસ્તૃત પ્રવાસ ખેડયો હતો અને રબર વિષે ખૂબ માહિતી પ્રાપ્ત કરી હતી. રબરના ઝાડમાંથી નાકળતું દૂધિયું પ્રવાહી યુરોપમાં મોકલવું પાલવે તેમ ન હતું, પરંતુ તેમાંથી બનાવેલા કેટલાક વસ્તુઓ ત્યાં માકલવામાં તેમને સફળતા મળી હતી. પછા તો ટર્પેન્ટાઈનનો રબરના દ્રાવક તરીકેના ગુણ શાધાતાં, રબરને તેમાં ઓગાળી તેને કપડા ઉપર લગાવવામાં આવતું અને દ્રાવક ઊડી જતાં કપડા ઉપર રબરનો લેપ બરાબર ચોંટી જતો; તેમાંથી રબરના કાપડની

શરૂઆત થઈ અને તે દેશપરદેશ મોકલવામાં આવ્યું. ૧૮૧૯માં ગ્લાસગોમાં ચાર્લ્સ મૅકિન્ટોશે વૉટરપ્રૂફ કાપડ બનાવ્યું અને તેનું પેટન્ટ લઈ માન્ચેસ્ટરમાં કારખાનું નાખ્યું (૧૮૨૩). તે જ અરસામાં ટૉમસ હેનકૉક નામની વ્યક્તિએ મૅકિન્ટૉશ પાસેથી લાઈસન્સ લઈ રબરના પટ્ટા, પાકીટો, મોજાં, વગેરે બનાવીને વેચવાનો ઉદ્યોગ શરૂ કર્યો. આ બનાવટ દરમ્યાન નીકળતા રબરના ટુકડા અને પટ્ટીઓનો ઉપયોગ શોધી કાઢી તેણે તેને ગૂંદવાનું એક યંત્ર બનાવી નરમ પ્લાસ્ટિક જેવો પદાર્થ તૈયાર કર્યો અને તેમાંથી બીજા આકારો બનાવ્યા. આ ગૂંદવાની ક્રિયાને વિજ્ઞાનની ભાષામાં 'મેસ્ટિકેશન' કહે છે. આમાથી આધુનિક રબર ઉદ્યોગનો પાયો નંખાયો. આ રીતે પેદા થતા પદાર્થમાંથી કોઈ પણ આકારનો ઘાટ ઘડવાનું શક્ય બન્યું. આનું કારણ એ છે કે આ ક્રિયાથી રબરના આણુભારમાં અત્યંત ઘટાડો થાય છે.

ત્યાર બાદ, ૧૯૩૯માં અમેરિકામાં ચાર્લ્સ ગૂડઈયરે શોધી કાઢયું કે રબરને જો ગંધક સાથે ગરમ કરવામાં આવે તો તે તેની સ્થિતિસ્થાપકતા ઉષ્ણતામાનના મોટા ગાળામાં જાળવી શકતું હતું; તેમ જ દ્રાવકો સામે પણ વધારે પ્રતિકારશક્તિ દાખવી શકતું હતું. પછી ટૉમસ હેનકૉકે આ ક્રિયા શોધી કાઢી. તેના એક મિત્ર વિલિયમ બ્રોકેન્ડોને તેનું 'વલ્કેનાઇઝેશન' નામાભિધાન કર્યું. વલ્કન એ રોમનોના અગ્નિદેવનું નામ છે.

વલ્કેનાઇઝેશનની ક્રિયામાં ગંધકનું પ્રમાણ ૫૦ ટકા જેટલું વધારતાં ગૂડઈયર અને હેનકૉકને એક સખત પદાર્થ પ્રાપ્ત થયો. આ પદાર્થ આજે એબોનાઇટ, વલ્કેનાઇટ અથવા હાર્ડ રબર નામથી ઓળખાય છે. એબોનાઇટની શોધને રબર ઉદ્યોગના ઈતિહાસમાં એક સીમાસ્તંભ તરીકે ગણવામાં આવી છે. કારણ કે સૌથી પ્રથમ ઉત્પન્ન કરવામાં આવેલું ઉષ્ણકઠોર પ્લાસ્ટિક એબોનાઈટ જ હતું.

રબરનું નામ 'રબર' એટલા માટે પડયું છે કે જોસેફ પ્રિસ્ટલી નામના અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિકે તેના એક પુસ્તકમાં પેન્સિલનાં લખાણો ભૂંસી કાઢવા માટે રબરનો ઉલ્લેખ કર્યો હતો. ફ્રેંચ ભાષામાં તેનું નામ 'કેઓત્ચુક' છે જેનો મૂળ અર્થ 'રડતું વૃક્ષ' એવો થાય છે. આજનું વિજ્ઞાન રબરને 'ઇલે-સ્ટોમર' કહે છે.

રબરનું વૃક્ષ દક્ષિણ અમેરિકાનું વતની છે. તેનું શાસ્ત્રીય નામ 'હેવિઆ બ્રાઝિલિએન્સિસ' છે. આ વૃક્ષની છાલ ઉપર કાપ મૂકવાથી તેમાંથી દૂધ જેવું જાડું પ્રવાહી નીકળે છે. વૃક્ષ ઉપર યોગ્ય અંતરે પ્યાલા બાંધી અથવા કાપ પાડીને તેમાં આ પ્રવાહી એકઠું કરવામાં આવે છે. બ્રાઝિલમાં આવેલી ઍમેઝોન નદીની ખીણમાં આ વૃક્ષો પ્રથમ મળી આવ્યાં હતાં. અને પછી દૂરપૂર્વમાં તેનાં બી લઈ જઈ ત્યાં પણ ઉગાડવામાં આવ્યાં હતાં. અત્યારે જાવા, સિંગાપોર, બર્મા, સિલોન વગેરેમાં આ વૃક્ષોના બગીચા તૈયાર કરવામાં આવ્યા છે.

૧૯મી સદીમાં કેટલીક દીર્ઘદર્શી વ્યક્તિઓએ (જેમાં હેનકૉક પણ હતો) ઍમેઝોનની ખીણમાંથી રબરનાં વૃક્ષો ઉગાડવા માટે અન્ય સ્થળો ઉપર તેનાં બી મોકલવા માટે પ્રવૃત્તિ કરી હતી. ૧૮૭૫માં લંડનના રૉયલ બૉટેનિકલ ગાર્ડન તરફથી હેનરી વિક્હામે આ વૃક્ષનાં ૭૦,૦૦૦ બીની દાણચારી કરી હતી. (એ માટે તેને બ્રિટિશ સરકારે 'સર'નો ઇલકાબ આપ્યો હતો!). ક્યૂ ગાર્ડનમાં આના રોપ તૈયાર કરી મલાયા, આસામ, બર્મા, સિલોન અને અન્ય દૂરપૂર્વના દેશોમાં રબરનાં વૃક્ષો ઉગાડ-

વામાં આવ્યાં હતાં. આ કારણને લીધે અત્યારે અગ્નિ એશિયામાંથી જગતનું ૯૦ ટકા કુદરતી રબર પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. ૧૯૪૨માં બીજા વિશ્વયુદ્ધ વખતે જાપાને આ પ્રદેશ જીતી લીધો ત્યારે અંગ્રેજોને આ દાણચોરીનું પાપ નડયું હતું!

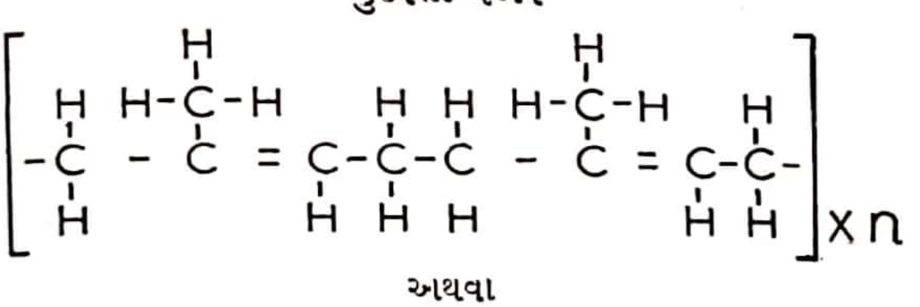
ઈ. સ. ૧૯૦૦થી રબરનાં વૃક્ષો ઉગાડવાની શરૂઆત થઈ હતી અને આજે દુનિયાનું કુદરતી રબરનું ઉત્પાદન ૨૦,૦૦,૦૦૦ ટન ઉપરાંત થઈ ગયું છે.

૧૮૯૦માં મોટરકાર માટે રબરનાં હવા ભરેલાં (ન્યુમેટિક) ટાયરોનો ઉપયોગ થવા માંડયો ત્યારથી રબરની માંગ વધતી ચાલી. આ ઉદ્યોગો પરસ્પર પૂરક બની રહ્યા; મોટરકારના ઉત્પાદન સાથે રબરનું ઉત્પાદન વધ્યું અને જેમ રબર ઉદ્યોગ ફાલતો ગયો તેમ ટાયરોની સંખ્યા પણ વધવા લાગી. દુનિયાનું રબરનું અડધું ઉત્પાદન તો મોટર ઉદ્યોગમાં વપરાય છે.

હવે આપણે રબરનું રસાયણશાસ્ત્ર જોઈએ. સૌથી પ્રથમ રબર શું છે, તેનું બંધારણ કેવું છે, તેના ગુણધર્મો અને આણુરચના વચ્ચે કેવો સંબંધ છે, વગેરે પ્રશ્નો ગૂડઈયર તથા હેનકૉકના રબર ઉપરના પ્રયોગો વખતે ઉપસ્થિત થયા હતા.

૧૮૬૦માં ગ્રેવિલ વિલિયમ્સ નામના વૈજ્ઞાનિકે રબરના વિજ્ઞાન ઉપર પ્રથમ પ્રકાશ નાંખ્યો. રબર લેટેકસ (રસ)નું નિસ્યંદન કરીને તેણે 'આઈસોપ્રીન' નામનું હાઈડ્રોકાર્બન પ્રાપ્ત કર્યું. આ આઈસોપ્રીનમાં પાંચ આણુઓ કાર્બનના અને આઠ આણુઓ હાઈડ્રોજનના આવેલા છે. હવે હાઈડ્રો-જનનો પરમાણુ એક વેલેન્સી ધરાવતો હોઈ તે એક વેલેન્સીવાળા પરમાણુ સાથે એકીવખતે જોડાઈ શકે જ્યારે કાર્બનની વેલેન્સી ચાર હોવાથી તે એક વેલેન્સી ધરાવના એક, બે, ત્રણ અને ચાર પરમાણુ સાથે સંયોજાઈ શકે. C_5H_8 સૂત્રવાળા રાસાયણિક સંયોજનમાં કાર્બનના પાંચ પરમાણુઓ સાથે હાઈડ્રોજનના આઠ પરમાણુઓ જોડાવાની અનેક સંભવિતતા હોઈ શકે અને એમાંની એક રચના કુદરતી રબરના આણુઓની છે; જ્યારે બીજા બધા રાસાયણિક પદાર્થો જુદા પ્રકારના છે. આમ C_5H_8 જે આઈસોપ્રીન છે, તે ફૉર્મ્યુલા કુદરતી રબરની પણ છે. પરંતુ રબર અને આઈસોપ્રીન સરખા પદાર્થો નથી. કારણ કે આઈસોપ્રીન રંગહીન પ્રવાહી છે, જ્યારે રબર સ્થિતિસ્થાપક ઘન પદાર્થ છે. રબરનું નિસ્યંદન કરવાથી આઈસોપ્રીન નીકળે છે, એ ઉપરથી રસાયણશાસ્ત્રીઓને લાગ્યું કે રબરના આણુની સાંકળોમાં આઈસોપ્રીનના આણુઓ જોડાયેલા હશે. રબર અને આઈસોપ્રીનની રાસાયણિક રચનાઓ આ પ્રમાણે છે :

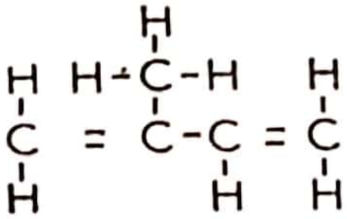
કુદરતી રબર



અથવા

$$\left[-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_2-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_2-\right] \times n$$

આઇસોપ્રીન

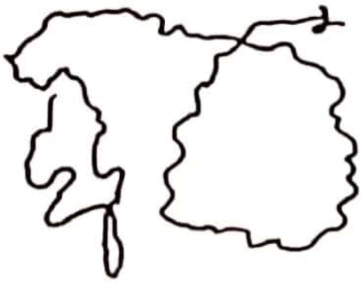


અથવા

$$CH_2 = \overset{CH_3}{\overset{|}{C}} - CH = CH_2$$

કુદરતી રબર અને આઈસોપ્રીન વચ્ચે તફાવત એ છે કે કુદરતી રબરમાં ૧,૦૦૦થી ૪૦,૦૦૦ આઈસોપ્રીન એકમોનું પુનરાવર્તન (રિપીટિંગ યુનિટ્સ) થયું હોય છે. જ્યાં જ્યાં કાર્બનનાં દ્વિબંધન (double bond) હોય છે ત્યાં તેના ઉપર હવામાંનો ઑક્સિજન પ્રક્રિયા કરે છે. એટલે 'રબર' અને 'ગંધક' વચ્ચે વલ્કેનાઈઝેશનની પ્રક્રિયા થઈ શકે છે.

આ અણુઓ વિશે અગત્યની હકીકત એ છે કે તેમને છૂટા મૂકવામાં આવે તો તેમની સાંકળા પરસ્પર ગૂંચવાઈ જાય છે. માળાઓની અનેક સેરો છૂટી ફેંકી હોય તો એકબીજા સાથે તેઓ કેવી એકત્ર થઈ જાય છે? નીચેની આકૃતિમાં આવું એક ગૂંચળું બતાવ્યું છે.



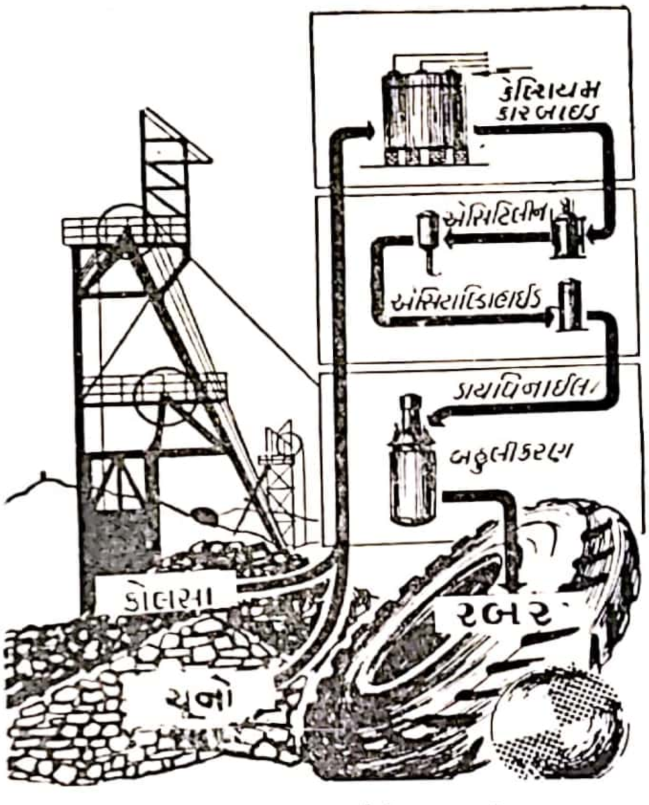
રબરનો અણુ

આ ગૂંચળાના બે છેડા જો ખેંચવામાં આવે તો અણુ લાંબો થશે. આથી રબરમાં સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ આવેલો છે.

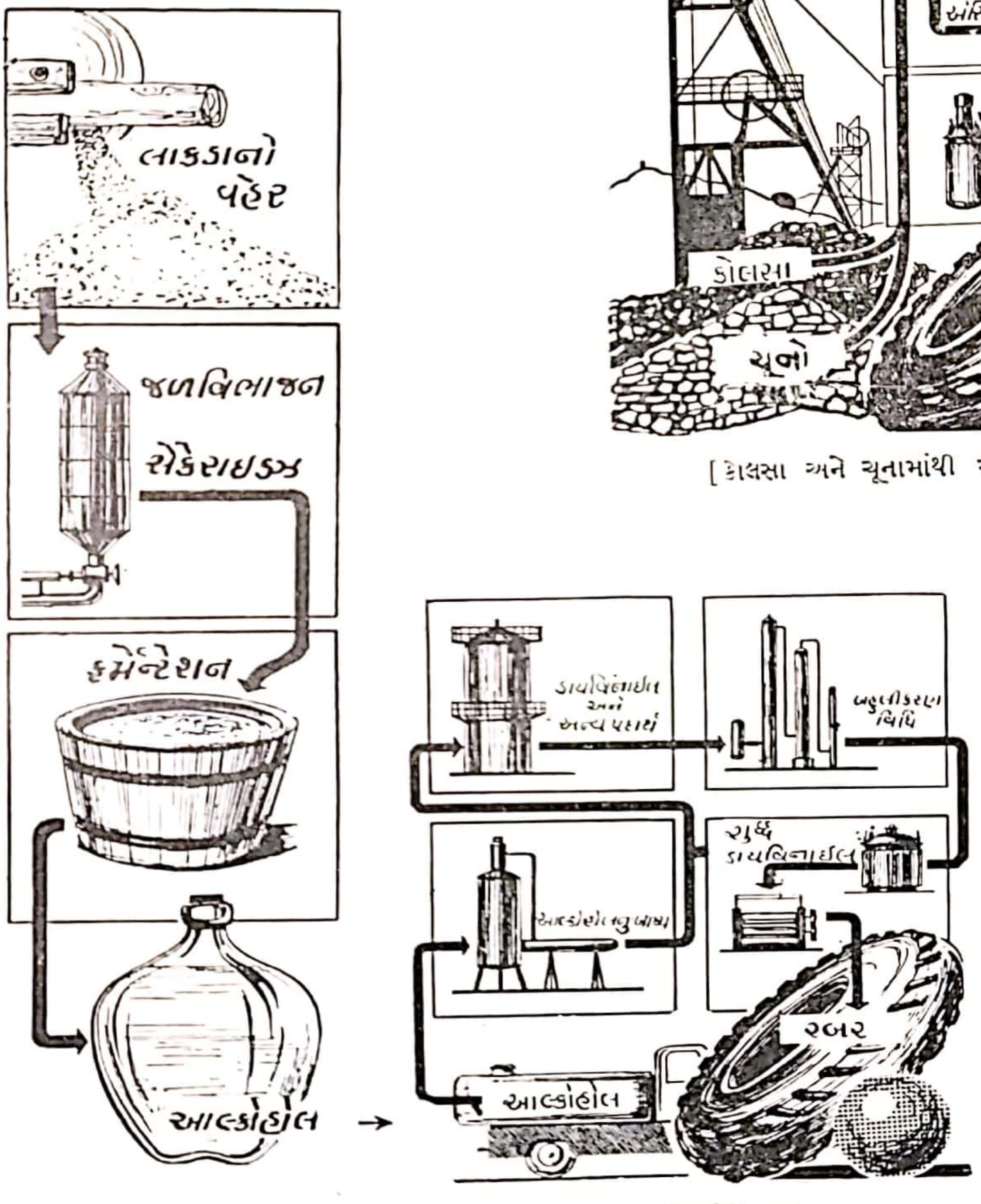
આવો વિસ્તૃત અણુ પ્રયોગશાળામાં બનાવવો મુશ્કેલ છે. પરંતુ ગયાં ત્રીસબત્રીસ વર્ષની અંદર આવા ઘણા પ્રકારના અણુઓ માનવીના હાથે સર્જાયા છે, એટલે હવે આપણે માનવસર્જિત રબર તરફ વળીશું.

૧૮૭૯માં ગુસ્ટાવ બુશાર્ડૅટ નામના વૈજ્ઞાનિકે આઈસોપ્રીન અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ વચ્ચેની પ્રક્રિયામાંથી રબર જેવો પદાર્થ બનાવ્યો. ત્રણ વર્ષ પછી, ૧૮૮૨માં ઈંગ્લંડમાં વિલિયમ ટિલ્ડને ટર્પેન્ટાઈનમાંથી આઈસોપ્રીન બનાવ્યું અને પછી તેમાંથી રબર જેવો પદાર્થ પેદા કર્યો. ૧૯૧૦માં એસ. વી. લેબેદેવ નામના રશિયન રસાયણશાસ્ત્રીએ બ્યુટાડાઈનમાંથી રબર બનાવ્યું. રબર સાથે સંબંધ ધરાવતું સાદામાં સાદું રાસાયણિક દ્રવ્ય બ્યુટાડાઈન છે. બ્યુટાડાઈન પોતાના જ અણુઓ એકત્ર કરીને લાંબી સાંકળ ઉત્પન્ન કરે છે. આ ક્રિયાને બહુલીકરણ અથવા પોલિમેરાઈઝેશનની ક્રિયા કહેવાય છે. 'પોલિ' એ મૂળ ગ્રીક શબ્દ છે, જેનો અર્થ 'એકથી અધિક' એવા થાય છે. બે જુદા જુદા અણુઓ ભેગા થાય તો તેવા પદાર્થને 'કો-પોલિમર' અથવા સહપોલિમર કહેવાય છે.

કુદરતી રબર એક અદ્‌ભુત પદાર્થ છે. પરંતુ માનવસર્જિત રબર ઘણી બાબતોમાં કુદરતી પદાર્થથી ઉત્કૃષ્ટ છે. કુદરતી રબર સહેલાઈથી બળે છે; જ્યારે માનવસર્જિત રબર એવું પણ બને છે કે તેને અગ્નિની આંચ પણ આવતી નથી. કુદરતી રબર તેલ અને ચીકણા પદાર્થો લાગવાથી ફૂલે છે; માનવીએ બનાવેલું રબર આવી અસરથી મુક્ત કરી શકાય છે; વળી વિવિધ રંગો અને



[કોલસા અને ચૂનામાંથી રબર]



લાકડાના વહેરમાંથી રબર

કથીરમાંથી કાંચન

રંગીન ઝાંયવાળું માનવકૃત રબર બનાવી શકાય છે. માનવસર્જિત રબર કુદરતી રબર કરતાં ૧,૦૦૦ ગણું ટકાઉ વધારે હોવાથી અભેદ્ય (ઇમ્પર્મીએબલ) રહી શકે છે. ઓઝોનવાયુ સહેજે અસર ન કરી શકે એવા પ્રકારના રબરનું માનવીએ સર્જન કર્યું છે. કુદરતી રબર કરતાં પોલિયુરેથેન પ્રકારનાં રબરનાં ટાયરો હમણાં મજબૂત હોય છે. ૧,૦૦,૦૦૦ માઈલ સુધી રસ્તા ઉપર ફરીને ઘસારો વેઠી શકે તેવાં ટાયરો બનાવી શકવાનો સમય હવે ઘણો નજીક છે. આનો અર્થ એ કે સામાન્ય મોટરકારની જિંદગી સુધી તેનાં ટાયરો પણ ચાલશે.

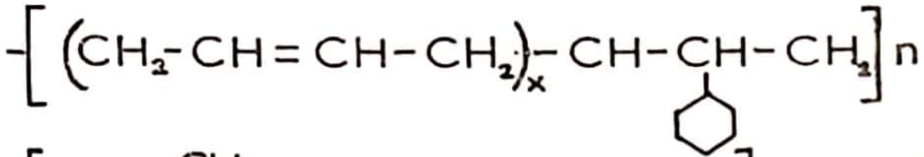
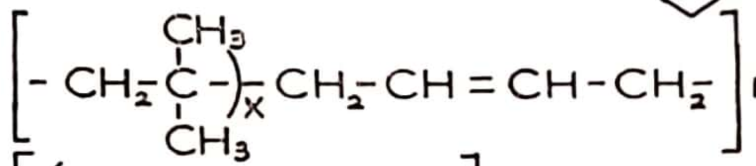
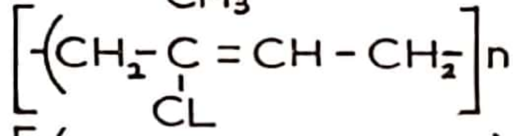
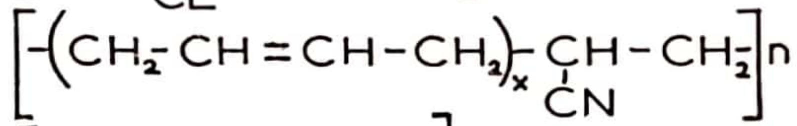
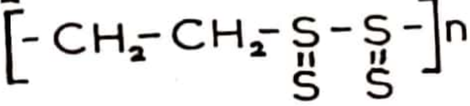
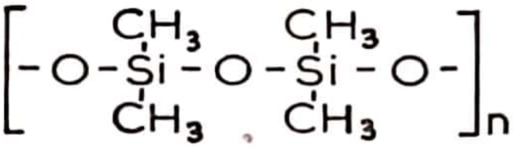
માનવસર્જિત રબર હાઈડ્રોકાર્બન વર્ગનાં રસાયણોની બનેલી ઈમારત છે. ૧૯૦૯થી ૧૯૧૨ સુધીના સમયના ગાળામાં જર્મનીમાં આઈસોપ્રીન બનાવવામાં આવ્યું અને તેમાંથી જર્મન રસાયણ-શાસ્ત્રીઓએ એટલા મોટા જથ્થામાં રબરનું સર્જન કર્યું કે ત્યાં કૈસરની મોટરગાડીનાં ટાયરો તેમાંથી તૈયાર કરવામાં આવ્યાં હતાં. ત્યાર બાદ પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન જર્મનીને કુદરતી રબર મળતું બંધ થયું અને તેઓએ તેને બદલે ડાયમિથાઈલ બ્યુટાડાઈન નામના રસાયણમાંથી તેને બનાવવાનું શોધી કાઢ્યું. આ પદાર્થને મિથાઈલ રબર કહે છે. તેનું રાસાયણિક બંધારણ આઈસોપ્રીન જેવું છે પણ તેમાં એક મિથાઈલ ગ્રૂપ — (CH_3) વધારે છે. જર્મનોએ લડાઈમાં ૨,૩૫૦ ટન મિથાઈલ રબર ઉત્પન્ન કર્યું હતું અને તેનાં ટાયરો પણ બનાવ્યાં હતાં જોકે તે બહુ મજબૂત થઈ શક્યાં ન હતાં. પરંતુ જર્મન વિજ્ઞાનશાસ્ત્રીઓનો આ પ્રયત્ન હાઈડ્રોકાર્બન રસાયણોમાંથી રબરનું સર્જન કરવા માટેનો નવો ચીલો હતો અને આજે તો મોટા ભાગનું માનવસર્જિત રબર હાઈડ્રોકાર્બન રસાયણોમાંથી બને છે.

૭મી ડિસેમ્બર ૧૯૪૧ના રોજ જાપાને બીજા વિશ્વયુદ્ધમાં ઝંપલાવ્યું. તેણે હવાઈ ટાપુના પર્લહાર્બર ખાતે સ્થિત થયેલા અમેરિકન પૅસિફિક નૌકાદળનો નાશ કર્યો. ત્રણ મહિના કરતાં પણ ટૂંકા સમયમાં અંગ્રેજોનું અજેય ગણાતું સિંગાપોર પણ તેના કબજામાં આવ્યું અને ડચ ઈસ્ટ ઇન્ડીઝ જાપાનીઓએ સર કર્યું. આ બે આફતોએ સાથી રાજ્યોની મોટી તાકાતમાં ભયંકર ગાબડું પાડયું; કારણ કે લશ્કરી રણગાડીઓ અને વહાણો માટે ઉપયોગમાં આવતા કુદરતી રબરનું પ્રાપ્તિસ્થાન તેમણે ગુમાવ્યું હતું. તેમની પાસે થોડોઘણો રબરનો સંગ્રહ હતો પણ તે કયાં સુધી ચાલે? રબર વગર કાંઈ લોરી, ટૅન્ક અથવા ઍરોપ્લેન ચલાવી ન શકાય; ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરો બાંધી ન શકાય; વાહનવ્યવહાર સ્થગિત થઈ જાય; ટૂંકમાં, સિન્થેટિક રબર ઉત્પન્ન ન કરી શકાય તો પરાજય ચોક્કસ હતો. સિન્થેટિક રબર ઉત્પન્ન કરવા બાબત અત્યાર સુધી તેઓએ ધ્યાન આપ્યું ન હતું. કારણ કે, પોતાને હસ્તકનાં દૂર પૂર્વનાં રબરનાં વાવેતરો ઉપર તેઓ મુસ્તાક હતા. 'ધરી' રાજ્યો — જર્મની અને જાપાન — ને તો કોઈ ફિકર ન હતી. તેમણે કબજે કરેલો પ્રદેશ તેમને રબર આપી શકવા સમર્થ હતો. અને જર્મનો પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધમાંથી બોધપાઠ શીખ્યા હતા એટલે ૧૯૪૨માં જર્મનીનું કૃત્રિમ રબરનું વાર્ષિક ઉત્પાદન ૯૦,૦૦૦ ટન સુધી પહોંચ્યું હતું. અને એક વર્ષ બાદ જર્મનીનું રબરનું ઉત્પાદન ૧,૦૦,૦૦૦ ટન થયું, જે ૪,૦૦,૦૦૦ એકર જેટલી જમીન પર ઉગાડેલાં વૃક્ષોમાંથી નીકળતા રબર બરાબર થાય.

મિત્રરાજ્યો માટે વિજય એ વિજ્ઞાનની સમય સાથે હોડ હતી. સદ્ભાગ્યે, તે પહેલાં થાડા સમય ઉપર અમેરિકાએ જર્મનીના 'બ્યૂના' (Buna) રબરના પેટન્ટો મેળવી લીધા હતા અને તેના વડે તેઓએ

GR-S (ગવર્નમેન્ટ રબર સ્ટાઇરિન) પ્રકારનું રબર ઉત્પન્ન કરવા માંડયું. એ રબરનું યુદ્ધકાલીન નામ 'બ્યૂના-એસ' હતું. અમેરિકામાં ૫૦ ઉપરાંત રબરનાં કારખાનાં તાત્કાલિક ઊભાં કરવામાં આવ્યાં. આમાંનાં અર્ધાંમાં રબર માટેનો કાચો માલ બ્યુટાડાઇન અને સ્ટાઇરિનનાં રસાયણો બનાવવામાં આવતાં હતાં. ચાર કારખાનાંમાં નિયોપ્રીન, બ્યુટિલ અને થાયોકોલ પ્રકારનાં રબર બનાવવાનું શરૂ કરવામાં આવ્યું અને નવ કારખાનાંમાં આલ્કોહૉલ અને અન્ય જરૂરી રસાયણો ઉત્પન્ન કરવાની વ્યવસ્થા કરવામાં આવી. આવા જમ્બર પ્રયત્નનું ફળ પણ શીઘ્ર મળ્યું. ૧૯૪૩માં કૃત્રિમ રબરનું ઉત્પાદન ૨,૦૦,૦૦૦ ટન જેટલું થયું, જે જર્મનીના ઉત્પાદનથી બમણું હતું. ૧૯૪૫ સુધીમાં તો અમેરિકાનું ઉત્પાદન ૭,૦૦,૦૦૦ ટન સુધી પહોંચી ગયું. આમ વિજ્ઞાનની સિદ્ધિનો વિજય થયો: યુદ્ધમાં મિત્રરાજ્યોનો વિજય થયો. સાથે સાથે અમેરિકા કૃત્રિમ રબરના ઉત્પાદનમાં જગતનો સૌથી પ્રથમ દેશ પુરવાર થયો.

કૃત્રિમ રબરની મુખ્ય જાતો

પ્રકાર	મૉનોમર	પોલિમર રચના
G R–S (બ્યૂના–એસ)	બ્યુટાડાઇન ૨૫% સ્ટાઇરિન	
G R–I (બ્યુટિલ રબર)	આઇસો બ્યુટિલિન ૫% આઇસોપ્રીન	
G R–M (નિયોપ્રીન)	ક્લોરોપ્રીન	
નાઇટ્રાઇલ રબર (બ્યૂના–N)	બ્યુટાડાઇન ૧૮–૪૨% એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ	
પોલિસલ્ફાઇડ રબરો (થાયોકોલ)	અનેક પ્રકારનાં	
સિલિકોન પ્રકાર		

હવે કેટલાંક ખાસ પ્રકારનાં રબરોનો ઉલ્લેખ કરી લઈએ. આમાં સિલિકોન પ્રકાર અસામાન્ય છે. ઉપરના છેલ્લા સૂત્રમાં જણાવ્યા મુજબની તેની રચનામાં કાર્બનને સ્થાને સિલિકોન અને ઑક્સિજન હોય છે અને હાઇડ્રોકાર્બન સમૂહ સિલિકોન સાથે જોડાયેલો હોય છે.

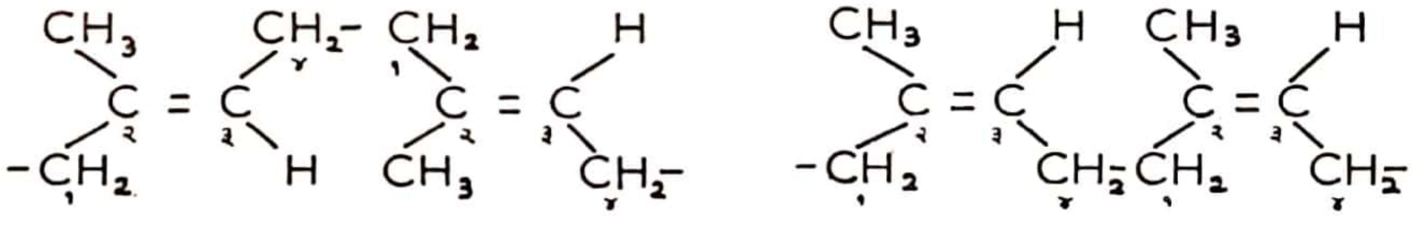
સિલિકોન રબર પોચું હોય છે. તેને બીબામાં દબાવવામાં આવે તો તે બીબાનો આકાર ધારણ કરે છે. આ દબાણ માત્ર આંગળીથી જ આપવાનું રહે છે. સિલિકોન રબરની અણુરચનામાં દ્વિબંધન ન હોવાથી ગંધક સાથે તેનું વલ્કેનાઇઝેશન થઈ શકતું નથી. સિલિકોન રબર ઉપર અન્ય રસાયણાની અસર થતી નથી. તેનો આવો એક જાણીતો પ્રકાર 'સિલેસ્ટિક' નામથી ઓળખાય છે.

પોલિએથિલિન, ક્લોરિન અને ગંધકનું મિશ્રણ કરીને બનાવેલું રબર 'હાયપેલોન' નામથી પ્રસિદ્ધ છે અને તે ખૂબ સખત હોવાથી એન્જિનિયરિંગ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

બીજો એક પ્રકાર કાર્બન અને ફ્લુઓરિનનો સહપોલિમર છે અને Kel–F નામથી ઓળખાય છે. તેની મજબૂતી ૩,૫૦૦ રતલ દરચોરસ ઇંચે છે અને ઉષ્ણતા તેમ જ જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને ફ્યુમિંગ નાઈટ્રિક ઍસિડની તેના ઉપર બિલકુલ અસર થતી નથી.

પોલિયુરેથન રબર 'ફોમ-રબર' તરીકે જાણીતું છે. તેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુ ભરેલો હોવાથી તે ફૂલે છે.

ઉપર વર્ણવેલા રબરના પ્રકારો કુદરતી રબરના જેવી રચનાવાળા ગણી શકાય. પરંતુ, કુદરતી રબર અને તેમની વચ્ચે આણુરચનામાં ભિન્નતા છે. સાચું સિન્થેટિક રબર તે કહેવાય જે આણુરચનામાં પણ કુદરતી રબરને સાંગોપાંગ અનુસરે. બી. એફ. ગુડરિચ, ગલ્ફ ઑઈલ કૉર્પોરેશન અને ફાયરસ્ટોન ટાયર ઍન્ડ રબર કંપનીઓએ આવું સાચું સિન્થેટિક રબર બનાવ્યાની જાહેરાત કરી છે. આ રબર અનુક્રમે અમેરિપોલ S-N અને કોરલ રબર નામથી પ્રસિદ્ધ છે. કુદરતી રબરને પાલિઆઈસોપ્રીન કહી શકાય. તેની આણુરચનાને cis–poly–Isoprene કહેવાય છે. આ Cis શું છે? હાઈડ્રોકાર્બન પદાર્થમાં કાર્બન સાથે યુક્ત થયેલું કોઈ તત્ત્વ અથવા ગ્રૂપ જો એક બંધન ધરાવતું હોય, તો તે બંધનની અસપાસ ફરી શકે. દ્વિબંધનવાળા કાર્બન જોડકાની આસપાસ 'ગ્રૂપ' આ પ્રમાણે ફરી શકે નહીં. હવે અમુક દ્વિબંધન ધરાવતા પદાર્થોમાં cis અને trans પ્રકારો હોય છે. cis એટલે એક પક્ષમાં અને trans એટલે તેથી વિરુદ્ધ પક્ષમાં. આ પ્રમાણે કુદરતી રબર 'સિસ' આકાર ધરાવે છે અને ગટ્ટા-પરચા 'ટ્રાન્સ' આકાર ધારણ કરે છે.



ટ્રાન્સ રચના   સિસ રચના

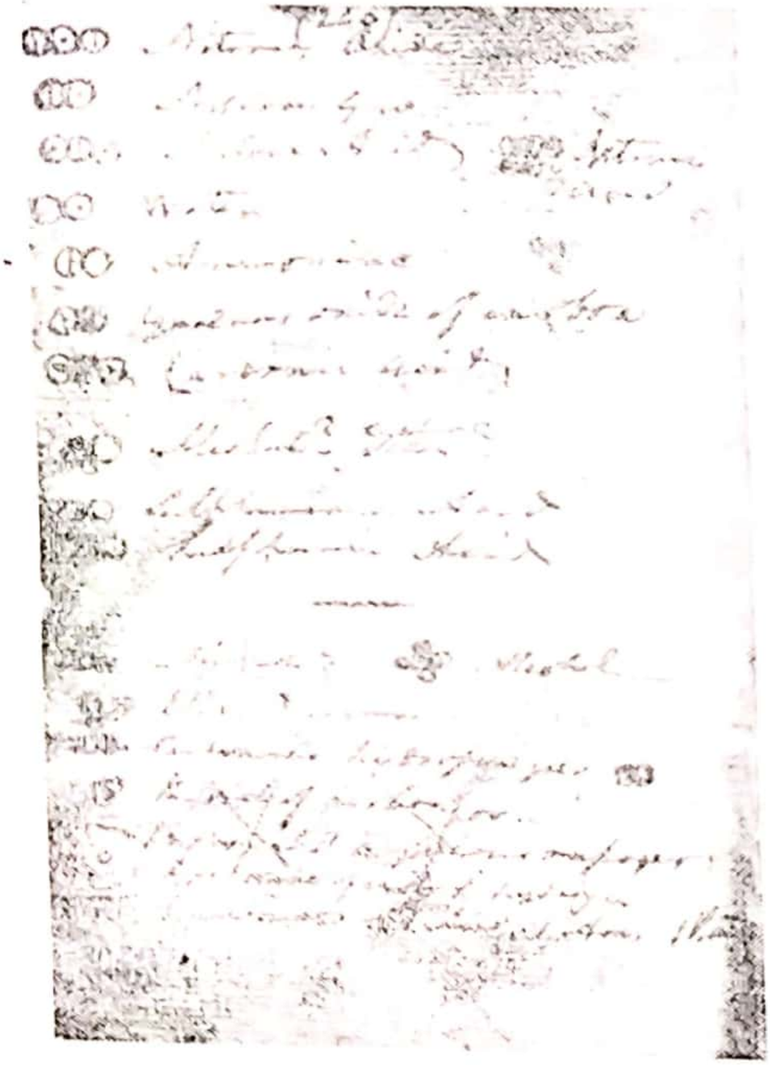
આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ૧ અને ૪ જગ્યાએ જો આઈસોપ્રીનના આણુઓ યુક્ત કરી શકાય તો પદાર્થ કુદરતી રબર જેવો જ બનાવી શકાય. જર્મનીમાં વૈજ્ઞાનિક કે. ઝિગ્લરે બનાવેલા ઉદ્દીપકના ઉપયોગથી આ સિદ્ધ થઈ શક્યું છે.

વાહનવ્યવહારમાં રબરનું સ્થાન મહત્ત્વપૂર્ણ છે. ઍરોપ્લેન, મોટરકાર, બસો, બાઈસિકલો રબરનો સારો ઉપયોગ કરે છે. આધુનિક કારમાં ૫૦૦ ભાગો રબરના હોય છે. રેલવે ટ્રેનમાં પણ બેઠકો સ્પન્જ રબરની હોય છે અને બારીબારણાં ઉપર રબરની લાઈનિંગો તથા દટ્ટાઓ હોય છે. રેલવેમાં ઉપલા વર્ગના ડબ્બાની ફરસ પર રબરની ચટાઈઓ પાથરેલી હોય છે. રબરના કેબલ, પટ્ટાઓ, હોઝ વગેરે ઘણી વસ્તુઓ મળે છે. પણ રબરનો મોટો ભાગ ટાયરોમાં વપરાય છે.

અવકાશયાત્રા માટે વપરાતાં રૉકેટોમાં રબરની વપરાશ દિનપ્રતિદિન વધતી જાય છે. રૉકેટોમાં બળતણ છોડવાની ચેમ્બરોમાં રિંગ, સીલ, ગાસ્કેટ વગેરે પૅકિંગ માટે બ્યુટિલ, સિલિકોન અથવા નિયોપ્રીન પ્રકારનાં રબરો વપરાય છે. કારણ કે તેઓ દબાણ, ઉષ્ણતા અને દ્રાવણોને પ્રતિકાર આપી શકે છે. રૉકેટ પણ આંચકો સહી શકે તેવા રબરના માળખા ઉપર ચડાવવામાં આવ્યું હોય છે. ઘન બળતણ મિશ્રણ હોઈ તેને પકડમાં રાખવા માટે થાયોકોલ પ્રકારનું રબર વપરાય છે.

અમેરિકાનાં 'જેમિની' અને 'ઍપોલો' અવકાશયાનોમાં બારીઓના ઇન્સુલેશન માટે પોલિયુરેથન પ્રકારના રબરનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો.

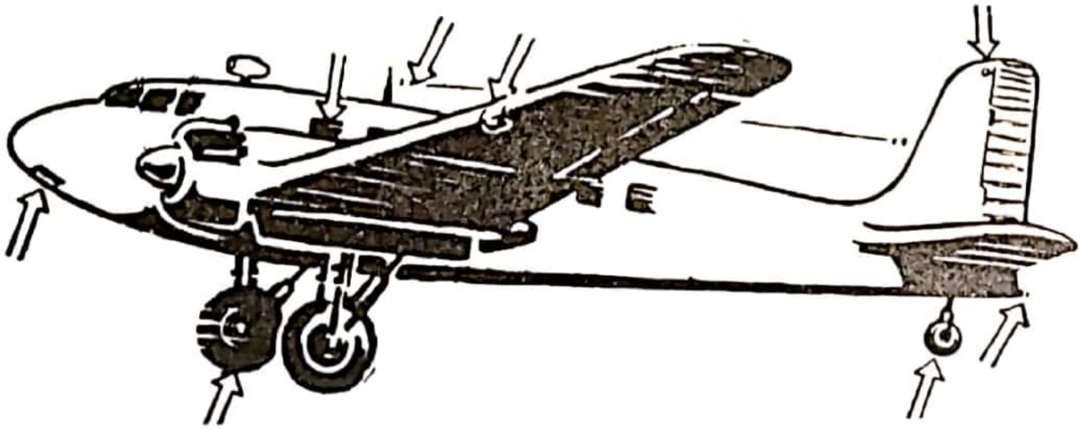
આમ, માનવીએ કુદરતી રબરનો ઇજારો તોડયો છે અને વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધિની વિજયપતાકા ઊંચે લહેરાવી છે.

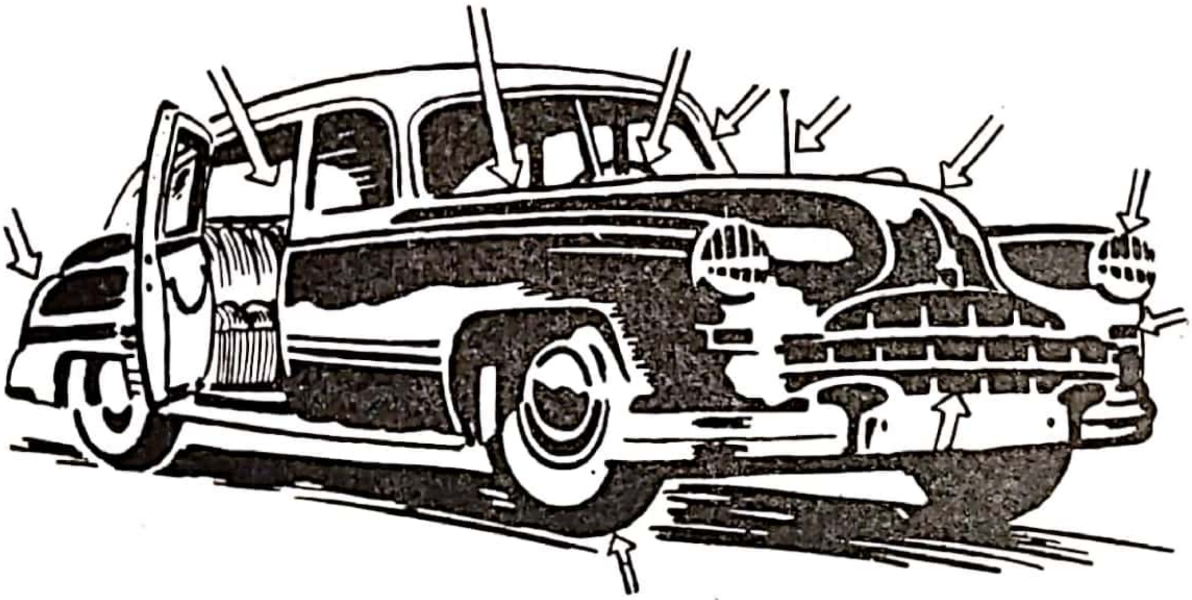


ડૉલ્ટનની નોંધપોથીમાંથી એક પાનું

પ્લાસ્ટિકની મોહિની !

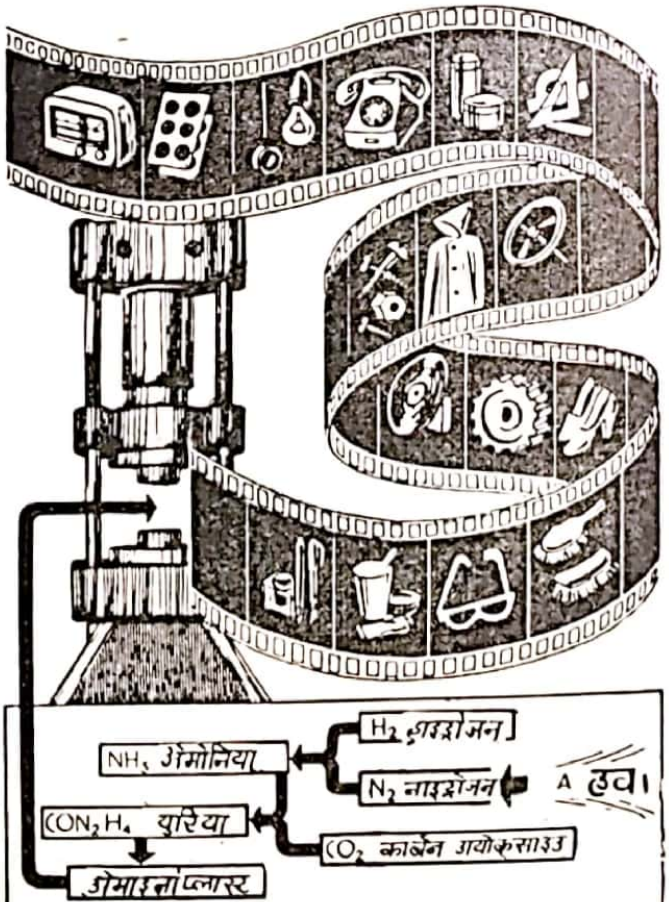
સવારના પહોરમાં યુરિયા ફૉર્માલ્ડિહાઇડ પ્લાસ્ટિકથી સુશોભિત ઍલાર્મ ઘડિયાળની ઘંટડીના રણકારથી જાગીને, પૉલિઍમાઇડ (નાયલૉન) પ્લાસ્ટિકના બ્રશથી દાંત સાફ કરી, વિનાઇલ પ્લાસ્ટિકનાં કપરકાબીમાં પ્લાસ્ટિકના ચમચા વડે ચા-નાસ્તો કરીને, ઍસિટેટ પ્લાસ્ટિકની ફ્રેમથી મઢેલા અરીસા સામે પ્લાસ્ટિકના હાથાવાળો અસ્ત્રો ગ્રહણ કરી, પ્લાસ્ટિકના શેવિંગ (હજામત) બ્રશ અને પ્લાસ્ટિકના રેઝર વડે દાઢી કરી, પૉલિઍથિલિન પ્લાસ્ટિકની બાલદી અને લોટાનો સ્નાનાર્થે ઉપયોગ કરી, નાયલૉન પ્લાસ્ટિકના કાંસકાથી કેશ-સંમાર્જન કરી, પૉલિઈસ્ટર પ્લાસ્ટિક ટૅરિલિનનાં ખમીસ, કોટ, પાટલૂન, ટાઈ અને નાયલૉનનાં મોજાં ધારણ કરી, સિન્થેટિક લેધર (ચામડા)ના બૂટ પહેરી, ખિસ્સામાં પ્લાસ્ટિકની ફાઉન્ટન પેન, સિગાર-કેસ, ચશ્માં વગેરે મૂકી, પ્લાસ્ટિકની હૅન્ડબૅગ કરે ગ્રહી, ઑફિસે ગમન કરી, ટાઇપિસ્ટ પ્લાસ્ટિકના પાસે ટાઇપરાઇટર પર કાગળો ટાઇપ કરાવી, વાતચીત માટે પ્લાસ્ટિકનો ટૅલિફોન વાપરી, સાંજે પ્લાસ્ટિકનાં સાધનો વડે શોભાયમાન થયેલી મોટરકાર કે બસમાં પ્લાસ્ટિકના કાપડથી મઢેલી બેઠક ઉપર આસનસ્થ થઈ, સ્વગૃહે પધારી, દ્વાર પર પ્રતીક્ષા કરતાં નાયલૉન પ્લાસ્ટિકની સાડી વડે શોભતાં શ્રીમતીજી સામે મુખ મલકાવી પોતાના રૂમમાં જઈ પ્લાસ્ટિકની સ્વિચ દબાવી પ્લાસ્ટિકની કૅબિનેટવાળા રેડિયોમાંથી સંગીત-સમાચાર શ્રવણ કરી થાક ઉતારી પ્લાસ્ટિકનાં ફિટિંગોથી સુશોભિત બાથરૂમમાં જઈ પ્લાસ્ટિકના 'શાવર' નીચે સ્નાન કરી, પ્લાસ્ટિક(સનમાઇકા) થી મઢેલા ડાઇનિંગ ટેબલ ઉપર પ્લાસ્ટિકની પ્લેટો અને વાડકામાં કુટુંબ સાથે વાળુ કરી, પછી છોકરાં સાથે પ્લાસ્ટિકની કૂકરીઓથી શેતરંજ કે પ્લાસ્ટિકનાં પાનાં વડે રમત રમી, અંતે પૉલિયુરેથેન પ્લાસ્ટિકની ફોમ રબરની શૈય્યામાં નિદ્રાધીન થવા સુધીની દિનચર્યામાં આજનો નાગરિક પ્લાસ્ટિકની માયામાં કેવો વીંટળાઈ રહ્યો છે !





એરોપ્લેન અને
મોટરકારમાં
પ્લાસ્ટિકના
દાગીના

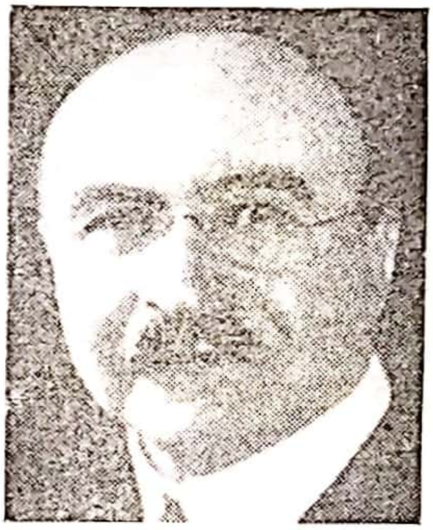
'જ્યાં જ્યાં નજર મારી ઠરે'



જીવન જરૂરિયાતનાં તમામ ક્ષેત્રો
સર કરી રહેલું
પ્લાસ્ટિક

૧૨ : પ્લાસ્ટિકો

અર્વાચીન કાળ એ પ્લાસ્ટિકોનો યુગ છે. પહેલવહેલું પ્લાસ્ટિક સેલ્યુલૉઈડ અથવા તો કચકડું ઈ. સ. ૧૮૬૮માં બનાવવામાં આવ્યું હતું તેથી ૧૯૬૮ની સાલ પ્લાસ્ટિકની જન્મશતાબ્દીનું વર્ષ ગણાય છે. ૧૯૫૦ પછી દર પાંચ વર્ષે પ્લાસ્ટિકોનું ઉત્પાદન બમણું થતું રહ્યું છે અને ૧૯૬૭માં તે પંદર અબજ રતલ જેટલું ગણવામાં આવ્યું છે. એમ માનવામાં આવે છે કે ૧૯૮૦ સુધીમાં પ્લાસ્ટિકોનું ઉત્પાદન ૭૦૦ ટકા જેટલું વધશે. આજે તો, ફાઉન્ટન પેનો, ઘડિયાળો તથા કમરના પટ્ટાઓ, મીઠાઈનાં કે અન્ય ખાદ્ય વસ્તુઓનાં પડીકાંઓ, ચશ્માંની ફ્રેમો — અરે, હવે તો ચશ્માંના કાચ સુધ્ધાં, — રંગબેરંગી રમકડાં, ચા-કૉફી પીવાના પ્યાલા-રકાબીઓ, ગ્રામોફોનની રેકર્ડો, માનવ-સર્જિત કાપડનાં વસ્ત્રો, ફિલ્મો, નર્યા પ્લાસ્ટિકનાં પગરખાંઓ, વરસાદમાં વાપરવાનાં વૉટરપ્રૂફ વસ્ત્રો — એ સર્વ આપણા જીવનનું એક અંગ બની ગયાં છે. ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે પણ પ્લાસ્ટિકોએ મેદાન મારી લીધું છે. તેજાબો કે ક્ષારો વડે ખવાઈ જવાની ધાસ્તી નહીં, ભારે વજન નહીં, રંગીન પ્લાસ્ટિક બની શકતાં હોવાથી રંગવાની કડાકૂટ નહીં, ધાતુઓની સાથે સરખાવી શકાય તેવી મજબૂતી પણ ખરી — એવી બધી સગવડોને લીધે ઉદ્યોગોમાં પણ પ્લાસ્ટિકોની વપરાશ દિનપ્રતિદિન વધતી રહી છે.



લિયો હેન્ડ્રિક બૅકલૅન્ડ
[૧૮૬૪–૧૯૪૪]

ઈતિહાસની દૃષ્ટિએ પ્લાસ્ટિકોનું મૂળ હાથીદાંતની તંગીને કારણે અટકી પડેલા 'બિલિયર્ડ બૉલ'ના ઉત્પાદનમાં જડે છે. ન્યૂ જર્સીના જહૉન હ્યાટે ઈ. સ. ૧૮૬૮માં રૂ, નાઈટ્રિક ઍસિડ અને કપૂરના સંયોગ વડે પહેલવહેલું કચકડું બનાવ્યું અને થોડા જ સમયમાં જાતજાતની વસ્તુઓની બનાવટમાં કચકડું વપરાવા લાગ્યું. ત્યાર પછી ૧૮૯૭માં ડબ્લ્યુ. ક્રિસ્ટી નામના એક જર્મને કાગળ ઉપર દૂધમાંથી પ્રાપ્ત થતા કેસીનનું દ્રાવણ લગાડી તેના સુકાયા પછી બીજી રાસાયણિક ક્રિયાઓ વડે તેને વૉટરપ્રૂફ બનાવવાનો પ્રયોગ કર્યો. દૂધને ફાડીને બનાવવામાં આવતું દૂધનું એ અપત્ય કેસીન ત્યાર સુધી ખાદ્ય પદાર્થો બનાવવામાં જ વપરાતું હતું. હવે એનો ઔદ્યોગિક ઉપયોગ શોધાયો. ક્રિસ્ટીનો બીજો સાથી એડોલ્ફ સ્પિટલર, આ જ દિશામાં પ્રયોગો કરી રહ્યો હતો, તેની સહાયથી કેસીનની અંદર 'ફૉર્માલ્ડિહાઈડ' પ્રકારનું પ્લાસ્ટિક શોધાયું. દરમિયાન ૧૯૦૭માં યુનાઈટેડ સ્ટેટ્સ ઑફ અમેરિકામાં લિયો હેન્ડ્રિક બૅકલૅન્ડે 'ફિનોલ' અને ફૉર્માલ્ડિહાઈડના સંયોગથી લાખ જેવો

પ્લાસ્ટિક પદાર્થ બનાવવાનું શોધી કાઢ્યું અને એ પદાર્થ 'બૅકેલાઇટ' નામે ઓળખાયો. ક્રમે ક્રમે આ બૅકેલાઇટની વપરાશ ખૂબ વ્યાપક બની. વજનમાં હલકું છતાં તે મજબૂત હોવાથી ગૃહઉદ્યોગની ચીજોથી માંડીને ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રમાં તેને અપૂર્વ સ્થાન મળ્યું. આજે તો દુનિયાના દરેક દેશમાં તેનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે.

આ સ્થળે પ્લાસ્ટિકોના બે વિભાગોનો ઉલ્લેખ કરવો પ્રસ્તુત થશે. પહેલા વિભાગને થરમૉ-પ્લાસ્ટિક એટલે કાચું કે ઉષ્ણમૃદુ કહે છે જ્યારે બીજાને થરમૉસેટિંગ અથવા ઉષ્ણ-કઠોર કહેવાય છે. થરમૉપ્લાસ્ટિક લાખ જેવો પદાર્થ છે. તેને ગરમ કરતાં તે ઓગળવા માંડે છે અને ઠંડો પાડતાં સખત બને છે. થરમૉસેટિંગ પ્લાસ્ટિક ગરમ કરતાં પહેલાં નરમ માટીના લોચા જેવું હોય છે. પણ એક વાર એનો રસ કરીને એનો ઘાટ ઘડ્યા પછી ગરમ કર્યા બાદ તે ઘાટ કાયમ જ રહે છે, અને ફરી તેને નરમ કરી શકતું નથી. બૅકેલાઇટ થરમૉસેટિંગ પ્લાસ્ટિક વિભાગનું છે, જ્યારે કચકડું થરમૉ-પ્લાસ્ટિક છે.

જગત પર થઈ ગયેલાં બે મહાયુદ્ધોએ રાસાયણિક ઉદ્યોગોના વિકાસને ખૂબ વેગ આપ્યો છે. યુદ્ધો વખતે કુદરતી પદાર્થોની અછત વર્તાતાં કૃત્રિમ પદાર્થો શોધવાની તીવ્ર જરૂરિયાત જો ઊભી થઈ ન હોત તો પ્લાસ્ટિક અને રબર ઉદ્યોગ આટલી ઝડપથી વિકસ્યા ન હોત. અત્યારે લગભગ પચાસેક પ્રકારનાં જુદાં જુદાં પ્લાસ્ટિકો અસ્તિત્વ ધરાવે છે. પ્રથમ વર્ગીકરણમાં મુખ્ય ૧૭ પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિકો સમાવી શકાય. અન્ય પ્રકારો મુખ્ય પ્રકારોમાંના ગૌણ વિભાગોમાં મૂકી શકાય. પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગની સાચી શરૂઆત ૧૯૧૮ પછી થઈ એમ કહી શકાય. ૧૯૩૦થી ૧૯૪૦ના ગાળા દરમિયાન આધુનિક પ્લાસ્ટિકોનો યુગ શરૂ થયો. ૧૯૪૦થી ૧૯૫૫ દરમિયાન ઉત્તરોત્તર આ ઉદ્યોગનો વિકાસ વધતો ચાલ્યો અને ડઝનેક પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિકોનું તો આજે ટનબંધી ઉત્પાદન થવા લાગ્યું છે.

વનસ્પતિજન્ય સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ પ્લાસ્ટિક ૧૯૧૭માં પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન ઍરોપ્લેનનાં પાંખો ઉપર સળગી ન જાય તેવો પદાર્થ લગાડવાની જરૂરિયાત પૂરી પાડવા માટે શોધાયું હતું. કચકડાની માફક આ પદાર્થ સળગી ઊઠતો નથી. આ પદાર્થ વસ્ત્રતંતુઓ બનાવવા માટે પણ વપરાય છે. ઈ. સ. ૧૯૩૦ અને ૧૯૪૦ના દસકા વચ્ચે આજના જાણીતા પૉલિસ્ટાઇરિન, પૉલિવાઇનિલ ક્લોરાઇડ (પી. વી. સી.), પોલિઓલેફિન, પૉલિમિથાઈલ એક્રિલેટ વગેરે થરમૉપ્લાસ્ટિકો શોધવામાં આવ્યાં હતાં. એથિલિન નામના વાયુમાંથી આ પદાર્થો શોધાયા હોઈ તેઓને એથેનોઇડ પ્લાસ્ટિકો પણ કહેવામાં આવે છે. એથિલિન પેટ્રો-કેમિકલોમાંનું એક હોઈ પેટ્રો-કેમિકલ્સ ઉદ્યોગના વિકાસ સાથે પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગ પણ વિકસ્યો.

ઈ. સ. ૧૯૩૦માં જર્મનીમાં ફાર્બેન કંપનીએ તથા અમેરિકામાં ડાઉ કેમિકલ કંપનીએ સૌથી પ્રથમ પૉલિસ્ટાઈરિન પ્લાસ્ટિક બનાવ્યું. આ જ અરસામાં પોલિવાઇનિલ ક્લોરાઇડ પણ શોધાયું હતું. ૧૯૩૧માં ઈંગ્લન્ડની આઈ. સી. આઈ. (ઇમ્પીરિયલ કેમિકલ ઈન્ડસ્ટ્રીઝ)ની પ્રયોગશાળામાં પાલિ-એથિલિન પ્રકારનું પ્લાસ્ટિક શોધાયું, પરંતુ બીજા મહાયુદ્ધ પછી જ તેનો આગળ વિકાસ થયો અને હવે તો તેનું ટનબંધી ઉત્પાદન થવા લાગ્યું છે. આ જ આઇ. સી. આઈ.ની પ્રયોગ-શાળામાં હિલ અને ક્રૉફર્ડ નામના રસાયણશાસ્ત્રીઓએ સખત પારદર્શક પ્લાસ્ટિક પોલિમિથાઇલ-મિથાક્રિલેટ શોધી કાઢ્યું. તેનો ઉપયોગ ગયા યુદ્ધમાં મોટા પ્રમાણમાં થયો હતો. અત્યારે તે 'પરપેક્સ'

નામનાં પારદર્શક પાટિયાં તરીકે વેચાય છે. આ પદાર્થ કૃત્રિમ દાંતનાં ચોકઠાં બનાવવામાં પણ ઉપ-યોગમાં લેવામાં આવે છે. તેના પર હવામાનની અસર ઘણી ઓછી થાય છે.

અમેરિકામાં ૧૯૩૯માં ડયુંપોન્ટ કંપનીના ડૉ. વૉલેસ હ્યુમ કેરોધર્સે નાયલૉનની શોધ કરી હતી, જેનો સૌથી પહેલો ઉપયોગ પ્લાસ્ટિકના ઘાટ બનાવવામાં થયો હતો.

૧૯૪૧માં ડયુપોન્ટ કંપનીની પ્રયોગશાળામાં જ આર. જે. પ્લેન્કેટે 'ટેફલૉન' નામથી જાણીતું થયેલું પોલિટેટ્રાફલુઓરોએથિલિન નામનું પ્લાસ્ટિક શોધ્યું.

બીજા મહાયુદ્ધ પછી દસેક વર્ષના ગાળા બાદ પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગ દુનિયાભરમાં પગદંડો જમાવી ચૂકયો હતો. શરૂઆતમાં મોંઘી કિંમતનાં પ્લાસ્ટિકોનું મબલક ઉત્પાદન થવાને લીધે તે સસ્તાં થતાં જતાં હતાં. સમયના વીતવા સાથે સંશોધનોને પરિણામે પ્લાસ્ટિકોના ગુણધર્મોમાં પણ યોગ્ય સુધારા કરવામાં આવતા હતા. વધુ કઠણ અને મજબૂત પ્લાસ્ટિકોની શોધને અંતે ખાસ પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિકો શોધવામાં સફળતા મળી. એ. બી. એસ. (એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ-બ્યુટાડાઇન-સ્ટાઇરિન) પ્રકારનું સૌથી આધુનિક પ્લાસ્ટિક તેના બંધારણમાં રબરના અત્યંત સૂક્ષ્મ કણો ધરાવે છે. તે ધાતુઓ જેટલું જ મજબૂત છે. ગયા યુદ્ધ વખતે તેનો ઉપયોગ રડારના તથા ઍરોપ્લેનના ભાગો બનાવવામાં થયો હતો.

કાચા માલ માટે પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગ રસાયણોનો બહોળો ઉપયોગ કરે છે. ૩૦–૩૫ વર્ષ પહેલાં વનસ્પતિજ (સેલ્યુલોઝ), પ્રાણિજ (કેસીન) અને જીવડાંઓ વડે પેદા થયેલો પદાર્થ (લાખ) પ્લાસ્ટિકો માટે મૂળ પદાર્થો હતા. ત્યાર બાદ ડામરમાંથી ઉત્પન્ન થતા 'ફિનોલ' નામના રસાયણનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો. આજે તો પેટ્રોલિયમનાં રસાયણો (પેટ્રો-કેમિકલ્સ) પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગમાં આદ્યપદાર્થો તરીકે મહત્ત્વનો ભાગ ભજવી રહ્યાં છે. પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગને પેટ્રો-કેમિકલ ઉદ્યોગે અભૂતપૂર્વ વેગ આપ્યો છે. પેટ્રો-કેમિકલ ઉદ્યોગે સસ્તા અને વિપુલ પ્રમાણમાં પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગ માટે રસાયણો ઉત્પન્ન કર્યાં છે. એકલા કોલસામાંથી સર્જાતાં રસાયણો ઉપર જ જો આ ઉદ્યોગનો આધાર રહ્યો હોત તો શકય છે કે તેનો આટલી ઝડપથી વિકાસ થયો ન હોત.

પેટ્રોલિયમ રસાયણોનો ઉદ્યોગ પ્રથમ મહાયુદ્ધ પછી સ્થપાયો હતો. ક્રૂડ ઑઇલના મોટા અણુઓનું વિભાજન (ક્રકિંગ) કરવાથી તેમાંથી અનેક દ્રાવણો ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યાં હતાં. બીજું મહાયુદ્ધ આવી પડતાં આ ઉદ્યોગે આગળ વધીને એથિલિન ડાયકલોરાઇડ, એથિલિન ગ્લાયકોલ, એથિલિન ઑકસાઇડ, વાઇલિન કલોરાઇડ અને સ્ટાઇરિન વગેરે રસાયણો પેદા કર્યાં. કૃત્રિમ રબર મેળવવાની આવશ્યકતાએ બ્યુટાડાઇન અને સ્ટાઇરિનમાંથી માનવસર્જિત રબર ઉત્પન્ન કરાવ્યું. પોલિ-એથિલિન પ્લાસ્ટિક હવે પેટ્રોલિયમમાંથી પેદા થતા એથિલિનમાંથી જ સર્વાંશે પોલિમેરાઇઝેશનની પ્રક્રિયા વડે બનાવવામાં આવે છે. આમ, પેટ્રોલિયમમાંથી નીકળતાં વચગાળાનાં રસાયણો પ્લાસ્ટિકોના સર્જન માટે સસ્તા કાચા માલની ગરજ સારે છે.

પ્લાસ્ટિકના સર્જનમાં સૌ પ્રથમ પ્લાસ્ટિક પદાર્થનું ચૂર્ણ કરવાનું હોય છે. આ ચૂર્ણમાં રંગ ઉમેરી યોગ્ય ફિલર નાંખી તેની મેળવણી કરવામાં આવે છે. ફિલર તેની મજબૂતીમાં વધારો કરે છે, પણ તેની મર્યાદા હોય છે. વીસ ટકા ફિલર વાપરવાથી આશરે ૧૭ ટકા જેટલી મજબૂતી વધે

છે; ૪૦ ટકા કરવાથી મજબૂતીમાં જૂજ વધારો થાય છે અને ૫૦ ટકાથી તો ઊલટી મજબૂતી ઘટે છે. એટલે આ મર્યાદા જાળવવી ખાસ જરૂરી છે. મૂળ પદાર્થોનું ચૂર્ણ કરવા માટે ગરમ કરેલા 'રોલરો' વપરાય છે. 'રોલર' વડે મેળવણી પણ સપ્રમાણ થાય છે. ચૂર્ણ કરતી વખતે ઉષ્ણતામાનનું પ્રમાણ બરાબર સચવાવું જોઈએ; નહીં તો ચૂર્ણ એકદમ કડક બની જાય. ચૂર્ણ તૈયાર થયા પછી એને ચાળીને પેટીમાં પૅક કરવામાં આવે છે. ત્યાંથી તેને 'બીબાં'માં ભરવા માટે લઈ જવામાં આવે છે. આ બીબાં એકસાથે આશરે પચીસેક નંગો કાઢવાની શક્તિ ધરાવે છે. ચૂર્ણને એક કોઠીમાં ભરવામાં આવે છે તેમાંથી સ્વતઃ તે બીબાંમાં પ્રવેશ કરે છે. ત્યાર પછી તેના ઉપર દબાણ આપવામાં આવે છે. સાથે જ બીબાંને તપાવવામાં આવે છે અને ત્યાર બાદ દબાણ ઓછું કરી, બીબાંને ઠંડાં પાડી તેમાં તૈયાર થયેલા પદાર્થોને કાઢી લેવામાં આવે છે.

ઇંજેક્ષન અને એકસ્ટ્રુઝન મોલ્ડિંગ, બ્લોઇંગ, કાસ્ટિંગ વગેરે પદ્ધતિઓ પણ વપરાય છે. 'ઇંજેક્ષન મોલ્ડિંગ'માં પદાર્થને રસ કરી ઠંડાં બીબાંમાં રેડવામાં આવે છે. અહીં તે ઠરી જાય છે અને ત્યાર પછી બીબાંમાંથી ઘાટને કાઢી લેવામાં આવે છે. રસ રેડતી વખતે બીબાં ઉપર દબાણ ચાલુ હોય છે અને આકારને છૂટા પાડતી વખતે બીબાં ઉપરથી દબાણ દૂર કરવામાં આવે છે. 'એકસ્ટ્રુઝન મોલ્ડિંગ'માં પદાર્થના રોલર ઉપર પતરાં તૈયાર કરવામાં આવે છે અને તેમાંથી ઇચ્છિત આકારો ઘડવામાં આવે છે. પછીની ક્રિયાઓ ઇંજેક્ષન મોલ્ડિંગને મળતી છે.

'કાસ્ટિંગ' એ સૌથી સસ્તી પદ્ધતિ છે. આને માટે મુખ્ય વસ્તુઓ છે—સીસું, કાચ અથવા રબરનું બીબું અને ગરમી આપવા માટે એક ભઠ્ઠી. પદાર્થનો રસ બીબાંમાં રેડવામાં આવે છે અને પછી એ બીબાંને અમુક સમય સુધી ભઠ્ઠીમાં તપાવવામાં આવે છે. અહીં તેને આશરે ૮૦° સેન્ટિગ્રેડ જેટલા ઉષ્ણતામાને ચારથી માંડીને દસ દિવસ સુધી રાખવામાં આવે છે અને પછી આકારને બીબાંમાંથી છૂટા પાડવામાં આવે છે. સીસાનાં બીબાં બહુ સગવડભર્યાં છે કારણ કે તેમાંથી બીબું ભાંગીને સહેલાઈથી પદાર્થ કાઢી લઈ શકાય છે અને પછી એને ફરી ઓગાળીને નવું બીબું પણ જલદીથી બનાવી શકાય છે. આ પદ્ધતિનો ગેરલાભ એ છે કે એમાંથી તૈયાર થયેલી વસ્તુઓ દબાણ આપીને તૈયાર કરેલી વસ્તુઓ કરતાં નબળી હોય છે.

પોલા આકારો બનાવવા માટે 'બ્લોઇંગ'ની પદ્ધતિ વપરાય છે. આમાં બીબાંની અંદર પ્લાસ્ટિકનાં બે પતરાં વચ્ચે હવા અથવા વરાળ દબાણ સાથે પસાર કરવામાં આવે છે અને પ્લાસ્ટિકનો ધારેલો ઘાટ તૈયાર થાય છે.

કાગળ અથવા કાપડ ઉપર 'પ્લાસ્ટિક'નો લેપ મારવાની પદ્ધતિને લેમિનેશન કહે છે. આવી રીતે અસ્તર કરેલા કાગળ અથવા કાપડને દબાણ નીચે મૂકી પ્લાસ્ટિકનાં પાટિયાં તૈયાર કરવામાં આવે છે, જે ઘણાં મજબૂત હોય છે; તે એટલે સુધી કે ધાતુઓની જગ્યા પણ તેણે પડાવી લીધી છે. વળી, વજનમાં તે હલકાં હોય છે. એમનું વજન ઍલ્યુમિનિયમથી અડધું હોય છે. તે ઉપરાંત, તેજાબ કે ક્ષારથી તે ખવાતાં નથી; તેમ જ ધાતુની માફક તેમને કાટ લાગવાનો પણ સંભવ નથી. વિવિધ રંગો અને સુંદર ડિઝાઇનોની અંદર આવાં હાર્ડબોર્ડ-પાટિયાં પ્રાપ્ત થઈ શકે છે. તેમનું સામાન્ય કદ ૧૦૦ × ૫૦ ઇંચ અને જાડાઈ ૦.૦૦૪ ઇંચથી ૪ ઇંચ સુધી હોય છે. આવી રીતે પ્લાસ્ટિકના સળિયા તેમ જ પાઇપો—નળીઓ પણ બની શકે છે.

પ્લાસ્ટિકોની વિવિધ વસ્તુઓની એક યાદી બનાવવામાં આવે તો તે ઘણી લાંબી થાય. દિવસે દિવસે તેમના અવનવા ઉપયોગો શોધાતા જાય છે. શરૂઆતમાં પ્લાસ્ટિક પદાર્થો ધાતુ કે લાકડા જેવી વસ્તુની અવેજીમાં વપરાતા હતા. પરંતુ હવે તે અધિકારપૂર્વક અને માનમર્યાદા સાથે પોતાનું વિશિષ્ટ સ્થાન પ્રાપ્ત કરી રહ્યાં છે. આપણી ચોતરફ પ્લાસ્ટિકોનું એટલું બધું વૈવિધ્ય પથરાયેલું પડયું છે કે કલાપીની પેલી કવિતાની પંક્તિ, 'જ્યાં જ્યાં નજર મારી ઠરે, યાદ ભરી ત્યાં આપની' સહેજે સ્મરણમાં આવે છે.

પ્લાસ્ટિકોએ સર કરેલા ક્ષેત્રની શરૂઆત તેના બનેલા 'હાર્ડ વૅર'થી કરીએ. બારણાના હાથા અને તાળાં, પડદાના સળિયા, બાથરૂમનાં સાધનો, ઇલેક્ટ્રિક ફિટિંગો, નામનાં અને નંબરનાં પાટિયાં, જાતજાતનું ફર્નિચર વગેરે આ યાદીમાં સમાવી શકાશે. લંડનની મહાન વેસ્ટ એન્ડ હોટેલની સજાવટમાં કહે છે કે પ્લાસ્ટિકોનાં બનાવેલાં ૬૦ હજાર ફિટિંગો વપરાયાં હતાં! યુનાઇટેડ સ્ટેટ્સ ઑફ અમેરિકામાં રૉકેટ બનાવવાના પેટીના આકારના મકાન 'કૅનેડી સ્પેસ સેન્ટર'ની ૪૧૮ ફૂટ ઊંચી ઝાંખી પારદર્શક દીવાલો પોલિવાઇનિલ ફ્લુઓરાઇડના અસ્તરવાળા પોલિએસ્ટર પ્લાસ્ટિકમાંથી બનાવવામાં આવી છે, કારણ કે આ પદાર્થ હવાના મોટા ઝંઝાવાતો અને આઘાતો ખમી શકે છે. ૭૫૦ ફૂટના વ્યાસવાળું હાઉસ્ટન એસ્ટ્રોડોમ છાપરાંની વચ્ચેના ભાગમાં એક્રિલિક પ્લાસ્ટિકનું પતરું ધરાવે છે. આવતી કાલનાં પ્લાસ્ટિકો માટે તો વિજ્ઞાનીઓએ એટલે સુધી કલ્પના કરી છે કે શહેરો ઉપર પ્લાસ્ટિકનું આકાશ બાંધી એ શહેરોને ઍરકન્ડિશન્ડ કરી તેને વરસાદ, ટાઢ કે તડકાથી મુક્ત કરી શકાશે! ત્યાં ફક્ત ફૂલો અને ઉદ્યાનો હશે અને લોકો સ્વર્ગીય આનંદમાં દિવસો ગુજારતા હશે! અમેરિકામાં એક સ્થળે તો શાળાના વિદ્યાર્થીઓનાં તોફાનોથી બચવા પારદર્શક એક્રિલિક પ્લાસ્ટિકના કાચની બારીઓ બનાવવામાં આવી છે એટલે તેના ઉપર પથ્થરો ફેંકાતાં તે પાછા સામા ઊછળીને તોફાનીઓ ઉપર જ પડે છે!

આજકાલ ફેનિલ (ફીણ) પ્લાસ્ટિકો ચિત્તને ઘણું આકર્ષી રહ્યાં છે. તેની બનાવેલી શય્યાઓ, ગાદીઓ, ઓશીકાંઓ તો છૂટથી વપરાય છે. પરંતુ રેફ્રિજરેટરમાં ઉષ્ણતાઅવરોધક વસ્તુ માટે પણ આવું પોચું પૅકિંગ ખૂબ અગત્યનું થઈ પડયું છે. ફેનિલ પ્લાસ્ટિકોમાંથી સુંદર રમકડાં પણ બનાવાય છે. ઈમારતોના મોટા ઘૂમટો પણ એમાંથી બની શકે છે. તેઓ ખૂબ જ હલકા હોય છે કારણ કે તેમાં કાર્બન-ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ભરેલો હોવાથી મૂળના કરતાં તેઓ ત્રીસ ગણાં ફૂલે છે અને કદમાં વધે છે.

હવે અવકાશી પ્રવાસ શક્ય બનતાં, ચંદ્ર અથવા કોઈ ગ્રહ પર નિવાસસ્થાન બાંધવા માટે, પ્લાસ્ટિકો તરફ પ્રથમ નજર પડશે. ત્યાં પાણી લઈ જવાને બદલે એક બલૂનમાં પ્લાસ્ટિકના પડદા વડે જુદા રખાયેલા હાઇડ્રોજન તથા ઑક્સિજનને લઈ જવામાં આવશે અને ગ્રહ ઉપર રાસાયણિક સંયોગ કરીને પાણી બનાવી લેવામાં આવશે!

પ્લાસ્ટિકમાંથી કૃત્રિમ ચામડી બનાવી પ્લાસ્ટિક સર્જરી વડે શરીરના અવયવો સાંધી શકાશે અથવા બદલી પણ શકાશે. 'સેલિસ્ટિક' નામના સિલિકોન પ્લાસ્ટિકનું હૃદય એક મૃત વાછરડામાં હૃદયની જગ્યાએ મૂકી તેને ૪૮ કલાક સુધી જીવતું રાખવામાં આવ્યું હતું. આવા સિલિકોન પ્લાસ્ટિક-માંથી યોગ્ય પ્રકારના સ્નાયુઓ તથા પોચા 'ટિશ્યુ'ઓ બનાવી શકાશે. કાનની સર્જરીમાં ટેફલૉનની સળી દ્વારા પૅંગડાનાં હાડકાં અને અંદરના કાનને જોડી દેવામાં અવે છે. સિલિકોન પ્લાસ્ટિકોમાંથી

બનાવેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર જર્મેનિયમના પ્લાસ્ટિક કરતાં ઘણું વિશેષ કામ આપે છે અને તેની બનાવેલી સૂર્યશક્તિથી ચાલતી સિલિકોન-સેલ કૃત્રિમ ઉપગ્રહોમાં મૂકવામાં આવે છે. કૃત્રિમ ફળફૂલોથી લચી પડતાં મોટાં ઉદ્યાનો પણ રચવામાં આવ્યાં છે, જે કુદરતને પણ ટક્કર મારે છે. એક મકાનની અગાસીમાં આવું ઉદ્યાન અમેરિકામાં વિલિયમ ફુસ નામની વ્યક્તિએ બનાવ્યું છે. તેની કિંમત પાઉંડ ૧૦,૦૦૦ જેટલી થવા જાય છે!

સિલિકોન પ્લાસ્ટિકના એક સ્લૅબ નીચે ૨,૦૦૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ જેટલું ઉષ્ણતામાન આપતી જ્વાળા સળગાવીને તેના ઉપર બિલાડીના એક બચ્ચાને બેસાડવામાં આવ્યું હતું. તમે માનશો? એ બિલાડીના બચ્ચાને અગ્નિની જરા પણ આંચ લાગી ન હતી. આ પ્રયોગ અંતરીક્ષના પ્રવાસીઓની સલામતી માટેની પરીક્ષા માટે કરવામાં આવ્યો હતો; કારણ કે જ્યારે અવકાશયાન પૃથ્વી ઉપર પાછું તેના વાતાવરણમાં પ્રવેશ કરે છે ત્યારે ત્રણેક મિનિટ સુધી તેને ૮,૦૦૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ જેટલા ઉષ્ણતામાનનો પ્રતિકાર કરવો પડે છે.

પ્લાસ્ટિકોની રાસાયણિક રચના અને તેના ઉપયોગો

કાર્બનિક રસાયણની ભૂમિકામાં આપણે કેટલાક કાર્બનિક પદાર્થોનો પરિચય કરી લીધો છે. હવે આપણે પ્લાસ્ટિક સાથે સંબંધ ધરાવતા પદાર્થોનો પરિચય કરી લઈએ. આવા પદાર્થોનાં નામ આ પ્રમાણે છે: એમોનિયા વાયુ, ઍસિટિલિન વાયુ, ઍસેટિક વાયુ, એથિલિન વાયુ, પોલિએથિલિન અને ફૉર્માલ્ડિહાઈડ ફિનોલ.

બેન્ઝિનમાં એક હાઈડ્રોજન પરમાણુને સ્થાને OH અણુ આવે તો 'ફિનોલ'નામનો પદાર્થ બને છે, જે 'ફૉર્માલ્ડિહાઈડ' સાથેના સંયોગથી ફિનોલ-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ પ્રકારનો પ્લાસ્ટિક પદાર્થ બનાવે છે: આવા ઘણા અણુઓ સંઘટિત થઈને મોટો અણુ બનાવે છે, જે 'પ્લાસ્ટિક' રૂપે ઓળખાય છે. આ ક્રિયાને ઘટ્ટીકરણ (કન્ડેન્સેશન) કહે છે. તેવી જ બીજી ક્રિયા 'બહુલીકરણ' અથવા તો પોલિ-મેરાઈઝેશનની છે. કન્ડેન્સેશનમાં બે જુદા જુદા અણુઓનો સંયોગ થાય છે અને પાણી છૂટું પડે છે; બહુલીકરણ (પોલિમેરાઈઝેશન)માં સમાન પ્રકારના અણુઓ એકત્ર થાય છે. એથિલિનના અણુઓ આવી રીતે એકત્ર થઈ પોલિએથિલિન પ્રકારનું પ્લાસ્ટિક સર્જે છે.

પોલિએથિલિનનું અણુ એથિલિન વાયુઓના ૨૦૦૦ અણુઓ જોડાઈને બનેલું છે.

પ્લાસ્ટિકો, રબર, તંતુઓ અને સઘળા વનસ્પતિજ (સેલ્યુલોઝ) તથા પ્રાણિજ (કેસીન) પદાર્થો 'પોલિમર' નામથી જાણીતા વિશાળ અણુઓના કુટુંબીજનો .છે. 'પોલિ' શબ્દ એ જ સૂચવે છે કે અનેક અણુઓ સંઘટિત થઈને તેઓનું વિશાળ સ્વરૂપ સર્જાયું છે. આ એક અપૂર્વ ઘટના છે. આપણે ચારે બાજુએથી પોલિમરો વડે ઘેરાયેલા છીએ. તેમના વગર આપણું જીવન અસંભવિત બને. આપણો ખોરાક, આપણાં કપડાં, આપણું ઘર, આપણાં વ્યવહારનાં સાધનો, સર્વ કાંઈ પૉલિમર-મય છે.

'પોલિમેરાઈઝેશન' ક્રિયાની સફળતાના સિદ્ધાંતો આ તબક્કે જાણવા ઠીક થઈ પડશે.

(૧) પરિણમતા પદાર્થનો અણુભાર સામાન્ય રીતે ૧૦,૦૦૦ ઉપર હોવો જોઈએ.

(૨) તેનો અણુ સુબદ્ધ અને સપ્રમાણ આકૃતિ ધરાવતો હોવો જોઈએ.

(૩) તેના અણુઓની દિક્સ્થિતિ (ઓરિયેન્ટેશન) નિયમિત રીતે ગોઠવાયેલી હોવી જોઈએ, જેથી તેમાંથી મજબૂત પ્રકાર ઉત્પન્ન થઈ શકે.

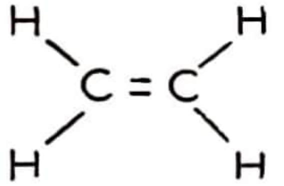
(૪) પદાર્થના અણુ-અણુઓ વચ્ચે સારું આકર્ષણ હોવું જોઈએ અને તેનું ગલનબિંદુ ઊંચું હોવું જોઈએ.

(૫) તેનામાં તાપ, પાણી અને રાસાયણિક ક્રિયા સામે પ્રતિકાર આપવાની સારી શકિત હોવી જોઈએ અને છતાં રાસાયણિક રંગો પકડી શકવાનો પણ તેમાં ગુણ હોવો જોઈએ.

પ્લાસ્ટિકો બે પ્રકારનાં હોય છે – ઉષ્ણમૃદુ અને ઉષ્ણકઠોર.

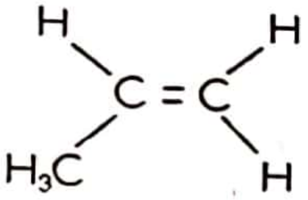
(અ) ઉષ્ણમૃદુ પ્લાસ્ટિક (થરમૉપ્લાસ્ટિક)

(૧) **પાલિઅથિલિન** — આના અણુના એકમની રચના (મૉનોમર સ્ટ્રકચર) આ પ્રમાણે છે :



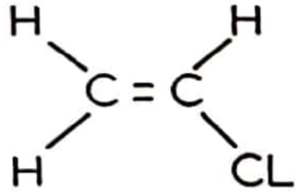
ઉપયોગો : રેફ્રિજરેટરની બરફ મૂકવાની ટ્રે, કચરાપેટીઓ, ટોપલીઓ, દબાવી શકાય તેવી બાટલીઓ, પડીકાં બાંધવાની ફિલ્મ, કાગળનાં કવરો, તરવાના હોજની અંદરની લાઈનિંગ, દૂધ ભરવાનાં વાસણોની અંદરની લાઈનિંગ, ટેનિસકોર્ટ માટે વરસાદથી રક્ષણ આપવાનાં ઢાંકણો વગેરે.

(૨) **પોલિપ્રોપિલિન** — અણુ એકમ-રચના :



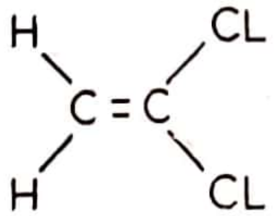
ઉપયોગો : પાઈપ ફિટિંગો, વસ્ત્રોદ્યોગમાં વપરાતાં યંત્રો, 'એરોસોલ' પાત્રો, વિદ્યુત અથવા ઉષ્ણતા અવરોધકો, પડીકાં બનાવવાના કાગળો વગેરે.

(૩) **પોલિવાઈનિલ કલોરાઈડ તથા વાઈનિલ ઍસિટેટ અને વિનિલિડીન કલોરાઈડના સહ-પોલિથર (કો-પોલિમર)** — આણુનો એકમ નીચે પ્રમાણે રાસાયણિક રચના ધરાવે છે :



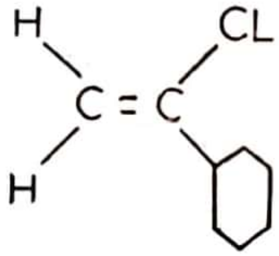
ઉપયોગો : રેનકોટ, સોફા તથા પડદાનું કાપડ, ટાઈલ્સ, હોઝ-પાઈપ, વિદ્યુત તથા ઉષ્ણતા-અવરોધક તાર, ગ્રામોફોન રેકર્ડ, પગરખાંનાં તળિયાં, પર્સ, લગેજ પેટીઓ, લૅમ્પ શેડ, રમકડાં, છત્રીનું કાપડ ઈત્યાદિ. હવે તો સંપૂર્ણ પગરખાં પણ આમાંથી બનાવાય છે.

(૪) પૉલિવિનિલિડીન ક્લોરાઇડ—એકમની અણુરચના નીચે મુજબ છે :



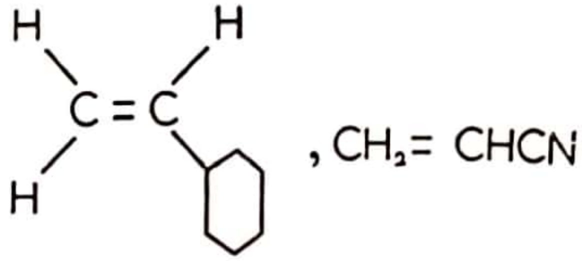
ઉપયોગો : રસાયણો માટે વપરાતી પાઇપો, બ્રશ, સોફાનું કાપડ, બારીના પડદા અને રસાયણો ગાળવા માટેનું કાપડ (ફિલ્ટર ક્લૉથ) વગેરે.

(૫) પૉલિસ્ટાઈરિન—એકમની અણુરચના આ પ્રમાણે છે :



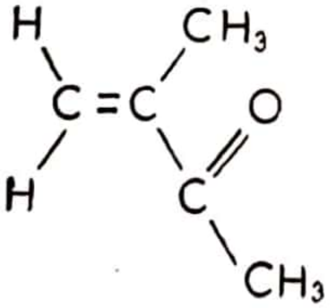
ઉપયોગો : રેડિયોની કૅબિનેટો, રેફ્રિજરેટરના ભાગો, દીવાલ પર જડવાના ટાઇલ્સ, ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટની પેનલો વગેરે.

(૬) સ્ટાઇરિન-ઍક્રિલોનાઇટ્રાઈલ સહ-પૉલિમર—અણુરચના (એકમ) :



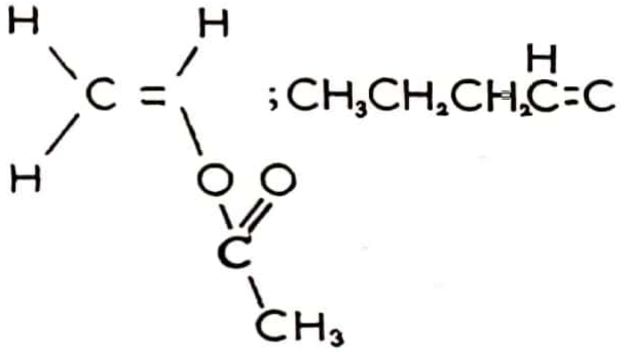
ઉપયોગો : ઍરોપ્લેનની કૅબિનની અંદરના ભાગો. બીજા ઉપયોગો પોલિસ્ટાઈરિન પ્રમાણે.

(૭) પૉલિમિથાઈલ-મેથાક્રિલેટ (' પ્લેક્સિગ્લાસ ') — અણુરચના (એકમ) :



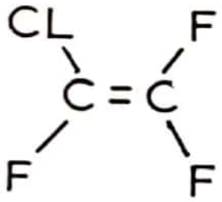
ઉપયોગો : ઑટોમોબાઈલ પાછળની લાઇટો, કારખાનાંની બારીઓ, પાઇપો, બ્રશના હાથા. આ પ્લાસ્ટિક પારદર્શક હોવાથી કાચને બદલે વાપરી શકાય છે.

(૮) **પોલિવાઈનિલ બ્યુટિરાલ—આણુરચના (એકમ):**



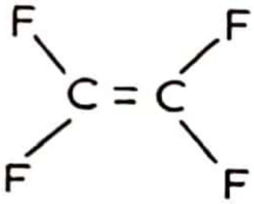
ઉપયોગ : આ પ્લાસ્ટિક રબર જેવું છે અને તે કાચ સાથે સખત રીતે ચોંટી જાય છે. સેફ્ટી ગ્લાસના અંદરના પડ માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.

(૯) હોલિકલોરોટ્રાઈફ્લુઓએથિલિન ('Kel—F') — **આણુરચના (એકમ):**



ઉપયોગ : રસાયણો સામે ખૂબ પ્રતિકારશકિત ધરાવે છે; વિદ્યુત અવરોધક તરીકે વપરાય છે.

(૧૦) **પોલિટેટ્રાફ્લુઓરો એથિલિન—એકમની આણુરચના :**
૪૫૦° થી ૫૦૦° ફે. ઉષ્ણતામાને નરમ બને છે. એને 'ટેફ્લૉન' પણ કહેવાય છે.



ઉપયોગ : 'ટેફ્લૉન' અત્યંત 'સ્થિર' પદાર્થ છે. એને કશું થતું નથી એમ કહીએ તો ચાલે. એના પર કોઈ વસ્તુ ચોંટતી નથી અને તેને લાગેલી ચીજ જલકમલવત્ સરી પડે છે. ઍટમ બૉમ્બ બનાવવાના પૅકિંગ માટે તેનો પ્રથમ ઉપયોગ થયો હતો. પ્રવાહી બળતણ ભરવાનાં પાત્રોમાં તેની લાઈનિંગ કરવાથી તે પ્રવાહી ઠંડીથી ઠરી જતું નથી. આથી બહુ ઊંચે ઊડતાં ઍરોપ્લેનોનું બળતણ ટેફ્લૉનના અસ્તરવાળી ટાંકીઓમાં ભરવામાં આવે છે. તેના અસ્તરવાળાં પાત્રો તેજાબોથી કે અન્ય રસાયણોથી ખવાતાં નથી. રસોડાની વપરાશ માટે ખાદ્યવસ્તુઓ તળવાની પેણીમાં ટેફ્લૉન લગાડવાથી પેણી તેલથી ખરડાતી નથી અને સદા સાફ જ રહે છે! સર્જરીમાં શરીરનાં હાડકાં જેવા ભાગો સાથે જોડી શકાય છે.

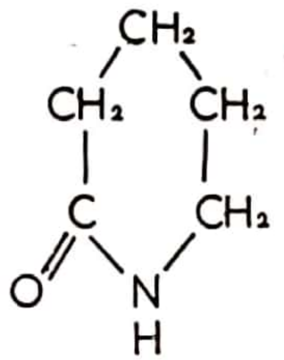
(૧૧) નાયલૉન-૬૬—આણુરચના (એકમ):

$$HO\overset{\overset{O}{\|}}{C}(CH_2)_4\overset{\overset{O}{\|}}{C}OH$$

$$NH_2(CH_2)_6NH_2$$

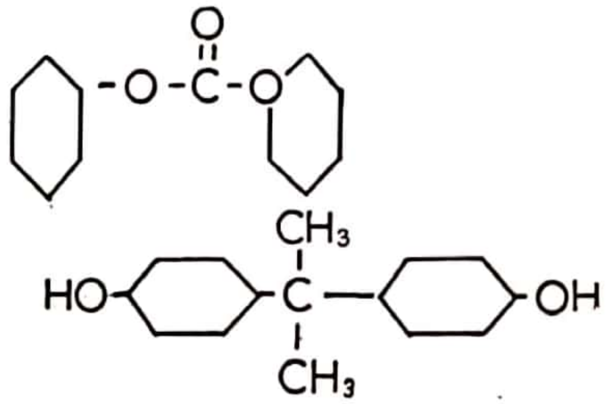
ઉપયાગ : બ્રશ, દંતચક્રો, માછલી પકડવાની જાળ, રેનકોટ, ટેનિસના રૅકેટની દોરીઓ, કૃત્રિમ નેતર વગેરે.

(૧૨) નાયલૉન – ૬ (કૅપ્રોલેકટામ)—આણુરચના (એકમ) :



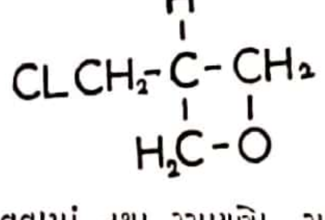
ઉપયોગ : ઉપર મુજબ.

(૧૩) પોલિકાર્બોનેટ—પ્લાસ્ટિકની આણુરચના છે :



ઉપયોગ : 'લેકસાન' અને 'મરલોન' નામથી ઓળખાતું આ પ્લાસ્ટિક ઘણું મજબૂત છે. તેનામાં ધાતુ જેટલું બળ છે. આઘાત ખમી શકવાની તે શક્તિ ધરાવે છે અને ઉષ્ણતા સામે સારી પ્રતિકારશક્તિ ધરાવે છે. પ્લાસ્ટિકના રિવેટો, ખીલા, બોલ્ટ વગેરે તેમાંથી બનાવાય છે.

(૧૪) પોલિક્લોરોઈથર (પેન્ટેઈન)—આણુરચના એકમ :



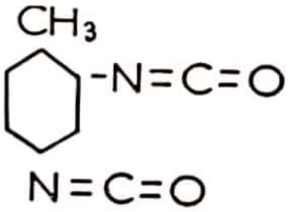
ઉપયોગ : પંપના ભાગો બનાવવામાં તથા રસાયણો સામે પ્રતિકાર આપવાની જરૂર હોય તેવી જગ્યાઓએ એની બનાવટના ભાગો બનાવવામાં આવે છે. પેન્ટાએરિથ્રિટોલમાંથી તેને ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

(૧૫) **પોલિફૉર્માલ્ડિહાઈડ (ડેલ્રીન)—એકમની અણુરચના :**

$$H_2C=O \quad ; \quad HOROH$$

ઉપયોગ : એને 'ઍસિટાલ પ્લાસ્ટિક' પણ કહેવાય છે. તેના ગુણધર્મો ધાતુઓના જેવા હોય છે. ધાતુ અને પ્લાસ્ટિક વચ્ચે તે એક સેતુરૂપ છે. અત્યંત મજબૂત, રસાયણો સામે પ્રતિકારશક્તિ ધરાવતું અને ઇચ્છિત આકાર ધારી શકતું આ પ્લાસ્ટિક છે. તેની મજબૂતી પર પાણીની કોઈ અસર થતી નથી. યંત્રોના ભાગો, બૅરિંગો તેમ જ બુશિંગો તેમાંથી બનાવવામાં આવે છે.

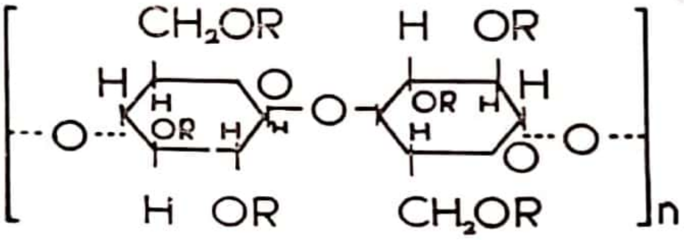
(૧૬) **પોલિયુરેથન—એકમની અણુરચના :**



$$HO\overset{O}{\overset{\|}{C}}R\overset{O}{\overset{\|}{C}}OH$$

ઉપયોગ : નાયલૉન પ્રમાણે. 'ફેનિલ' રૂપમાં પણ તેને ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. તેના ગાલીચા, ધાબળા, રગ, ઓશીકાં, તથા મોટરનાં ટાયરો બનાવવામાં આવે છે.

(૧૭) **વનસ્પતિજન્ય સેલ્યુલોઝ પ્લાસ્ટિકો—સેલ્યુલોઝ એસિડ અણુરચના :**



$$n = 50-100$$

$$R = -\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

(૧૮) **સેલ્યુલોઝ નાઈટ્રેટ—અણુબંધારણ :**

$$n = 250$$

$$R = NO_2$$

(૧૯) **સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બ્યુટિરેટ—અણુબંધારણ :**

$$R = \overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$$

$$R' = -\overset{O}{\overset{\|}{C}}\,CH_2CH_2CH_3$$

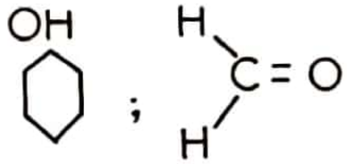
(૨૦) **ઈથાઈલ સેલ્યુલોઝ :**

$$n = 250$$
$$R = CH_2CH_3$$

ઉપયોગો : કાંસકા, ચશ્માંની ફ્રેમો, ટેબલક્લૉથ, જોડાનાં તળિયાં, ફાઉન્ટન પેનો, બટન, ફર્નિચરની પટીઓ, રોલરો, રેડિયોની જાળીઓ, વૉલબોર્ડ, ઓજારોના હાથા, પિયાનોની ચાવી વગેરે વગેરે. સેલ્યુલોઝ નાઈટ્રેટ સળગી ઊઠે તેવું હોવાથી હવે તે ઘણું ઓછું વપરાય છે.

(આ) ઉષ્ણકઠોર પ્લાસ્ટિકો (થરમૉસેટિંગ)

(૨૧) **ફિનોલ-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ (બૅકેલાઈટ)—આણુરચના (એકમ) :**



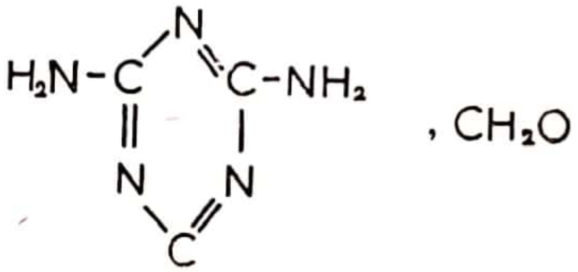
ઉપયોગ : ઑટોમોબાઈલના 'ઇગ્નિશન'ના ભાગો, ફર્નિચર, ફિલ્મ ડેવલેપ કરવાની ટ્રે, ટેલિફોન હેન્ડલ, લૅમ્પ હોલ્ડર તથા સૉકેટ, આર્ટ-વર્ક, બનાવટી પ્લાયવુડ વગેરે.

(૨૨) **યુરિયા-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ—એકમની આણુરચના (એકમ) :**

$$H_2N\underset{\underset{O}{\|}}{C}NH_2,\ CH_2O$$

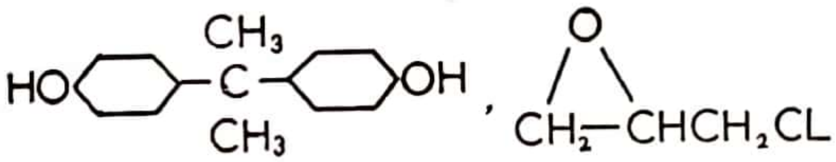
ઉપયોગ : રસોડામાં વપરાતી ચીજવસ્તુઓ, રેડિયો કૅબિનેટ, ટેબલવૅર, બ્રશના હાથા, અનેમલ કોટિંગ વગેરે.

(૨૩) **મેલેમિન-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ—આણુરચના (એકમ) :**



ઉપયોગ : વૉશિંગ મશીનના પંખા (એજિટેટર), રંગીન આકર્ષક ટેબલવૅર, જમવાની પ્લેટો, ડાઈનિંગ ટેબલ પર વપરાતી ચીજવસ્તુઓ વગેરે.

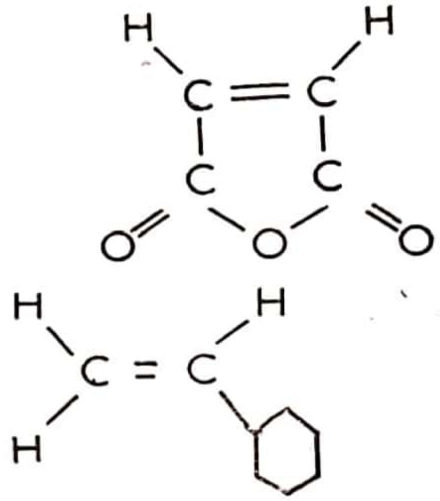
(૨૪) **ઍપોક્સિ—આણુરચના (એકમ) :**



ઉપયોગ : પાઈપ લાઈનો અને પ્રિન્ટેડ સર્કિટ, ઔદ્યોગિક સામગ્રી, ધાતુ સાથે સંલગ્ન કરવા માટે 'એડ્હેઝિવ'. પ્રવાહી તેમ જ ઘનસ્વરૂપમાં પ્રાપ્ત થઈ શકે છે. કોઈ પણ દબાણ વગર વસ્તુઓ

એકબીજા સાથે મજબૂત રીતે ચોંટાડવા આ પ્લાસ્ટિક વપરાય છે. રસાયણો સામે તે અતીવ પ્રતિકાર-શક્તિ ધરાવતો હોવાથી રાસાયણિક કારખાનાની અંદર સામગ્રીઓને પડ લગાવવા માટે વપરાય છે.

(૨૫) પોલિઈસ્ટર અથવા આલ્કિડ — આણુરચના (એકમ) :



, HOROH

ઉપયોગ : રંગના વાહક તરીકે, મોલ્ડિંગ પાઉડર તરીકે તથા મોટે ભાગે બાઈન્ડર, પ્લાસ્ટિ-સાઈઝર અને અસ્તર લગાડવા તેનો ઉપયોગ વધુ થાય છે.

(૨૭) સિલિકોન્સ — આણુરચના :

$$(CH_3)_2\ SiCL_2$$

, $SiCL_2$

ઉપયોગ : ઈલેક્ટ્રિક સ્વિચ, વસ્ત્ર પરનાં ફિનિશ, ઈન્ડક્શન હીટિંગ સામગ્રી, કાચના કાપડ ઉપરનું અસ્તર વગેરે.

કોષ્ટક : ૧

મુખ્ય પ્રકારનાં પ્લાસ્ટિકો

(૧) **એક્રિલિક** : પોલિમેથાક્રિલેટ, પોલિએક્રિલેટ અને એક્રિનોલાઈટ્રાઈલ પોલિમર વર્ગના રાસાયણિક પદાર્થો

(૨) **આલ્કિડ રેઝિનો** : (વ્યાપારી નામ પ્લાસ્કોન)

(૩) **સેલ્યુલોઝિક (વનસ્પતિજન્ય)** : સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ, સેલ્યુલોઝ પ્રોપિઓનેટ, સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બ્યુટિરેટ, ઈથાઈલ સેલ્યુલોઝ

(૪) **એપોક્સિ રેઝિનો**

(૫) **મેલેમિન રેઝિનો**

(૬) **નાયલૉન**

(૭) **ફિનોલિક**

(૮) પોલિઈસ્ટર

(૯) પોલિફ્લુઓરોકાર્બન

(૧૦) પોલિફૉર્માલ્ડિહાઈડ રેઝિનો

(૧૧) પોલિઓલેફિનો : પોલિએથિલિન, પોલિપ્રોપિલિન વગેરે.

(૧૨) પોલિસ્ટાઈરિન

(૧૩) પોલિયુરેથન

(૧૪) સિલિકોન

(૧૫) યુરિયા

(૧૬) વાઈનિલ : પોલિવાઈનિલ ઍસિટેટ (પી. વી. એ.), પોલિવાઈનિલ ક્લોરાઈડ, પોલિવાઈનિલ આલ્કોહૉલ, પોલિવાઈનિલ ઍસિટાલ – પોલિવાઈનિલ ક્લોરાઈડ ઍસિટેટ.

(૧૭) વધુ નૂતન પ્લાસ્ટિકો : પોલિકાર્બોનેટ તથા પોલિક્લોરોઈથર

કોષ્ટક : ૨

ખાદ્ય વસ્તુઓ રાખવા માટે પ્લાસ્ટિકોની યોગ્યાયોગ્યતા

યોગ્ય	અયોગ્ય
પુનર્જનિત સેલ્યુલોઝ	ફિનોલ – ફૉર્માલ્ડિહાઈડ (બેકેલાઈટ)
પોલિએથિલિન	પોલિયુરેથેન (ફ્રેમ-રબર)
પોલિપ્રોપિલિન	પોલિઈથર
પોલિસ્ટાઈરિન	કેસીન
પોલિમિથાઈલમિથાક્રિલેટ	
પી. ટી. એફ. ઈ. (ટેફ્લૉન)	
નાયલૉન	
આલ્કિડ (પોલિઈસ્ટર)	
મેલેમિન ફૉર્માલ્ડિહાઈડ	
પોલિવિનિલ ક્લોરાઈડ (પી. વી. સી.)	

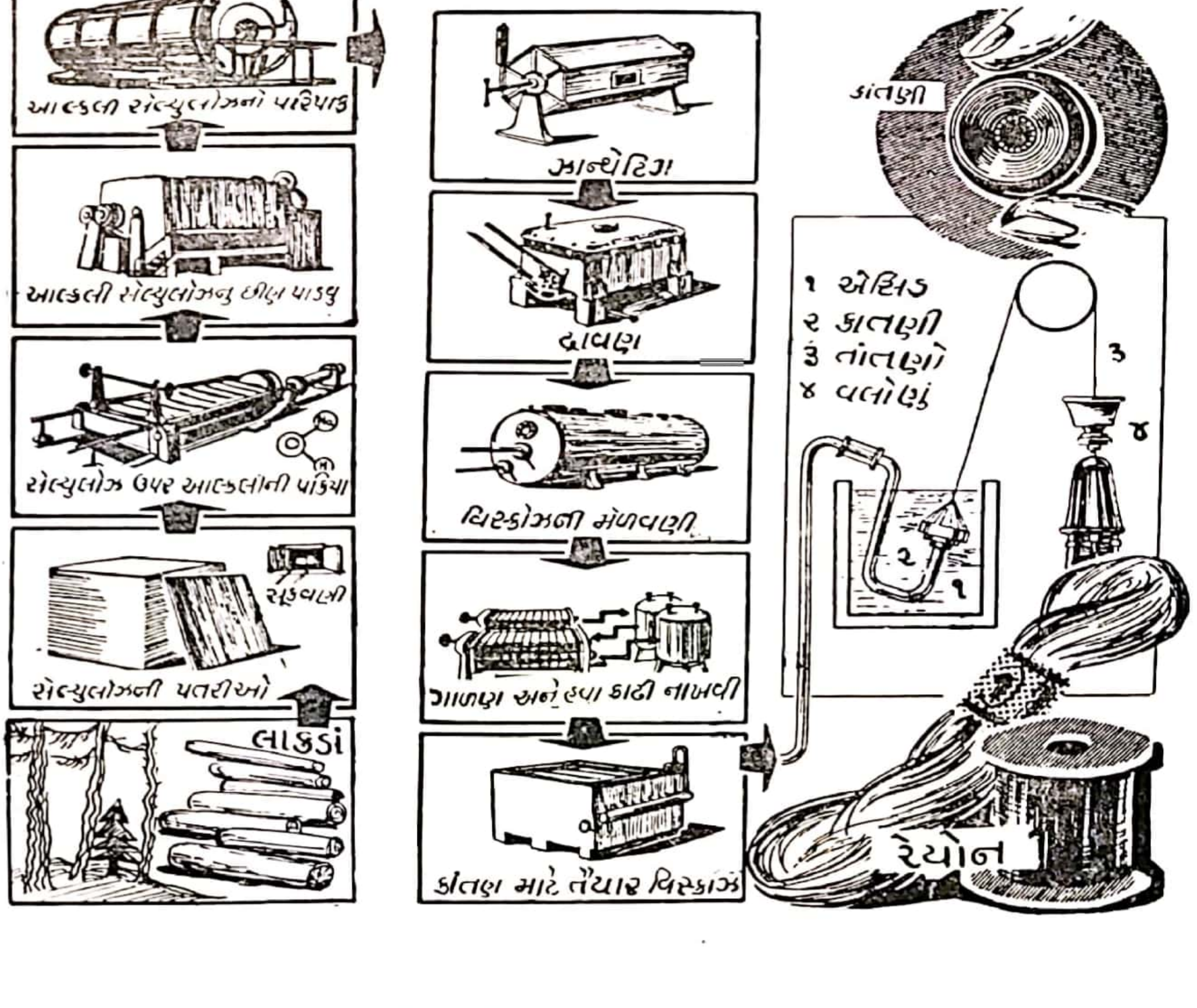
કોષ્ટક : ૩

ઊતરતા ક્રમમાં પ્લાસ્ટિકોની કિંમત

[રતલે પાઉન્ડ ૨–૦–૦ થી શિલિંગ ૦–૩–૦ સુધીની હદમાં]

ટેફ્લૉન, પોલિકાર્બોનેટ, નાયલૉન, ઍસિટાલ, એપોક્સાઈડ, સેલ્યુલોઝ, પ્રોપિઓનેટ, સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બ્યુટિરેટ, એક્રિલિક, સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ, પોલિપ્રોપિલિન, પોલિઈસ્ટર, મેલેમિન ફૉર્માલ્ડિહાઈડ, પોલિએથિલિન (ભારે), પોલિએથિલિન (હલકું), પોલિવિનિલ ક્લોરાઈડ, પોલિવિનિલ આલ્કોહૉલ, પોલિસ્ટાઈરિન, યુરિયા-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ, ફિનોલ-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ.

SHREE
GUJARATHI YUVAK MANDAL
52. GUJILI STREET
TIRUCHY-8.



વીસમી સદીનાં વલ્કલ

૧૩ : માનવસર્જિત વસ્ત્રતંતુઓ

વસ્ત્રોએ આપણી રહેણીકરણીમાં અને સામાજિક વ્યવસ્થામાં અગત્યનો ભાગ ભજવ્યો છે. આપણા જીવનમાં હવા, પાણી અને ખોરાક પછી મહત્ત્વનું સ્થાન વસ્ત્રોનું આવે છે. પરંતુ વસ્ત્રોનો ઉપયોગ માત્ર શરીર ઢાંકવા માટે કરવામાં આવતો નથી. વ્યક્તિનો અહમ્ સંતોષવામાં પણ વ સ્ત્રો સારો ભાગ ભજવ્યો છે. કાપડ ઉદ્યોગના વિકાસનું આ પણ એક કારણ છે. વસ્ત્રો ઉપર વ્યક્તિની 'પ્રતિષ્ઠા' પણ નભતી હોય છે. વળી 'ફૅશન' બદલાય તેમ નૂતન પ્રકારનાં વસ્ત્રો બનાવવા માટે વધુ કપડાં ખરીદાય છે. મનુષ્યની સુંદર દેખાવાની ઇચ્છા તેના સ્વભાવમાં મૂળભૂત છે. 'એક નૂર આદમી, હજાર નૂર કપડાં' એ કહેવત એના જીવનમાં સૂત્રની માફક વણાઈ ગઈ છે.

પૂર્વે, સુંદર વસ્ત્રો શ્રીમંતોનો ઇજારો બની રહ્યાં હતાં; આ એકાધિકાર નષ્ટ થવા માંડયો અને આજે હવે સામાન્ય જનને પણ તે સુલભ થઈ શકયાં છે. આમ, માનવસર્જિત વસ્ત્રતંતુઓએ જનતા વચ્ચે સમાનતા સ્થાપવામાં નોંધપાત્ર ફાળો આપ્યો છે.

રેયૉન રેશમ સૂતર

માનવસર્જિત કૃત્રિમ તંતુની કલ્પના આ વિજ્ઞાનના પિતા મનાતા અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિક રૉબર્ટ હૂકને ઈ. સ. ૧૬૬૪માં આવી હોવાનું મનાય છે. જોકે ઇજિપ્શિયનોએ કરોળિયાને જાળું બનાવતો જોઈ તેમાંથી વસ્ત્રો વણવાનું શરૂ પણ કરેલું. રેશમનો કીડો શેતૂર વૃક્ષનાં પાંદડાં ખાઈને તેમાંથી ચીકણો ચાસણી જેવા પ્રવાહીનો તાર બહાર કાઢે છે અને બહાર આવતાંની સાથે જ આ પ્રવાહી ઘનસ્વરૂપ ધારણ કરે છે. આ જોઈ કૃત્રિમ તંતુનું સર્જન કરી શકવાની આગાહી રૉબર્ટ હૂકે

આશરે ૩૦૦ વર્ષ પૂર્વે કરી હતી. છતાં ૧૯મી સદીના ઉત્તરાર્ધ સુધી પ્રથમ માનવકૃત કૃત્રિમ તંતુનું સર્જન થયું ન હતું.

માનવીએ બનાવેલા કૃત્રિમ રેશમ માટે હવે 'રેયૉન' નામ રૂઢ થઈ ગયું છે. અંગ્રેજી શબ્દ 'રે' એટલે 'કિરણ', તેથી કિરણ જેવા તેજસ્વી તાંતણાનું નામ 'રેયૉન' પાડવામાં આવ્યું છે.

રેયૉન બનાવવા માટે મૂળ પદાર્થ 'સેલ્યુલોઝ' છે, જે વૃક્ષોના લાકડામાંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. આ માટે દેવદાર, પાઈન, સ્પ્રૂસ વગેરે વૃક્ષોનાં પોચાં લાકડાં વધારે યોગ્ય છે કારણ કે તેમના રેષાઓ લાંબા હોય છે અને તેમને સહેલાઈથી રાસાયણિક ઉપચાર આપી શકાય છે. રેયૉન માટે કામ આવે તેવા સેલ્યુલોઝના પ્રકારને આલ્ફા-સેલ્યુલોઝ કહે છે. સેલ્યુલોઝના બીજા પ્રકારોને હેમી-સેલ્યુલોઝ કહે છે, જે કૉસ્ટિક સોડામાં દ્રાવ્ય હોવાથી તેના ઉપચાર વડે રેયૉન બનાવતાં પહેલાં સેલ્યુલોઝમાંથી તેને દૂર કરવામાં આવે છે. રેયૉન માટે સેલ્યુલોઝમાં આલ્ફા પ્રકારનું પ્રમાણ ૯૮ ટકાથી વિશેષ હોવું આવશ્યક છે. રૂ અને કપાસિયા ઉપરની રુવાંટી (linters)માં સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ ઘણું બધું હોય છે.

રેયૉન પછી ઊનને મળતા ગુણધર્મોવાળા એટલે નત્રિલ પ્રકારના તંતુઓનું સર્જન કરવામાં આવ્યું. આ માટે કાચા પદાર્થો દૂધ, સોયાબીન, મગફળી, મકાઈ વગેરેમાંથી મેળવવામાં આવ્યા હતા. ત્યાર પછી તંતુઓના સર્જનના વિકાસક્રમમાં મૂળભૂત રસાયણો આદ્ય પદાર્થો તરીકે આવ્યા, જેના દૃષ્ટાંત તરીકે નાયલૉન અને ટેરિલિન લઈ શકાય. આ રાસાયણિક દ્રવ્યો પેટ્રોલિયમના નિસ્યંદન (distillation)માંથી પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે એટલે તેમનામાંથી સર્જાયેલા તંતુઓ સંપૂર્ણ કૃત્રિમ છે. જ્યારે કુદરતમાંથી પ્રાપ્ત થતા કાચા પદાર્થોની સહાયથી બનાવેલા તંતુઓ અર્ધ-કૃત્રિમ ગણાય છે.

રેયૉન બનાવવા માટે ચાર પદ્ધતિઓ છે. જે દ્વારા તે તે પ્રકારનાં રેયૉન પ્રાપ્ત થઈ શકે છે. એક તો નાઇટ્રો સેલ્યુલોઝ અથવા શાર્દોને(ત) રેયૉન, બીજો વિસ્કોઝ રેયૉન, ત્રીજો કયુપ્રામોનિયમ રેયૉન અને ચોથો સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ રેયૉન (અથવા ફક્ત ઍસિટેટ).

પહેલા પ્રકારનું નાઇટ્રોસેલ્યુલોઝ રેયૉન આજે ખાસ અગત્ય ધરાવતું નથી. પણ સૌથી પ્રથમ રેયૉનનું સફળ સર્જન આ પદ્ધતિ વડે થયું હતું એથી એનું ઐતિહાસિક મહત્ત્વ છે. કાઉન્ટ હિલેર દ શાર્દોને(ત)ના આજીવન પરિશ્રમનો એ પરિપાક હતો. શાર્દોને(ત)ના પ્રોસેસમાં સેલ્યુલોઝને નાઇટ્રિક ઍસિડની પ્રક્રિયા વડે રૂપાંતર કરી તેને ઈથર અને આલ્કોહૉલના મિશ્રણમાં ઓગાળવામાં આવતું એટલે ચાસણી જેવો પદાર્થ બનતો અને પછી તેને એક ખાસ પ્રકારની ચાળણીનાં બારીક છિદ્રો વાટે જોસબંધ ધકેલવામાં આવતો. તે છિદ્રની બહાર લાંબા તારના સ્વરૂપમાં નીકળતો. એ તારમાંથી ઈથર અને આલ્કોહૉલ ઊડી જતાં અને માત્ર તંતુઓ જ રહેતા. શરૂઆતમાં આ રેયૉનને સારી સફળતા મળી, પરંતુ ત્યાર બાદ બીજી વધુ સારી પદ્ધતિઓ વડે રેયૉન બનાવવાનું શોધાયું. વળી આ પદ્ધતિએ બનાવવામાં આવેલ રેયૉનમાં સળગી ઊઠવાનું જોખમ રહેલું હોવાથી તેનું ઉત્પાદન બંધ કરવામાં આવ્યું.

બીજા પ્રકારના વિસ્કોઝ રેયૉનની બનાવટમાં મૂળ પદાર્થ સેલ્યુલોઝ છે અને તે હલકા અને પોચા લાકડા (દેવદાર, પાઈન, સ્પ્રૂસ, વાંસ વગેરે)માંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ઈ. સ. ૧૮૯૧માં ચાર્લ્સ ક્રોસ, એડવર્ડ બેવન અને કલેટન બિડલ નામના ત્રણ બ્રિટિશ કેમિસ્ટોએ શોધી કાઢેલી સેલ્યુલોઝની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ ઉપર આ પદ્ધતિનું મંડાણ થયું છે. કૉસ્ટિક સોડાના જલદ

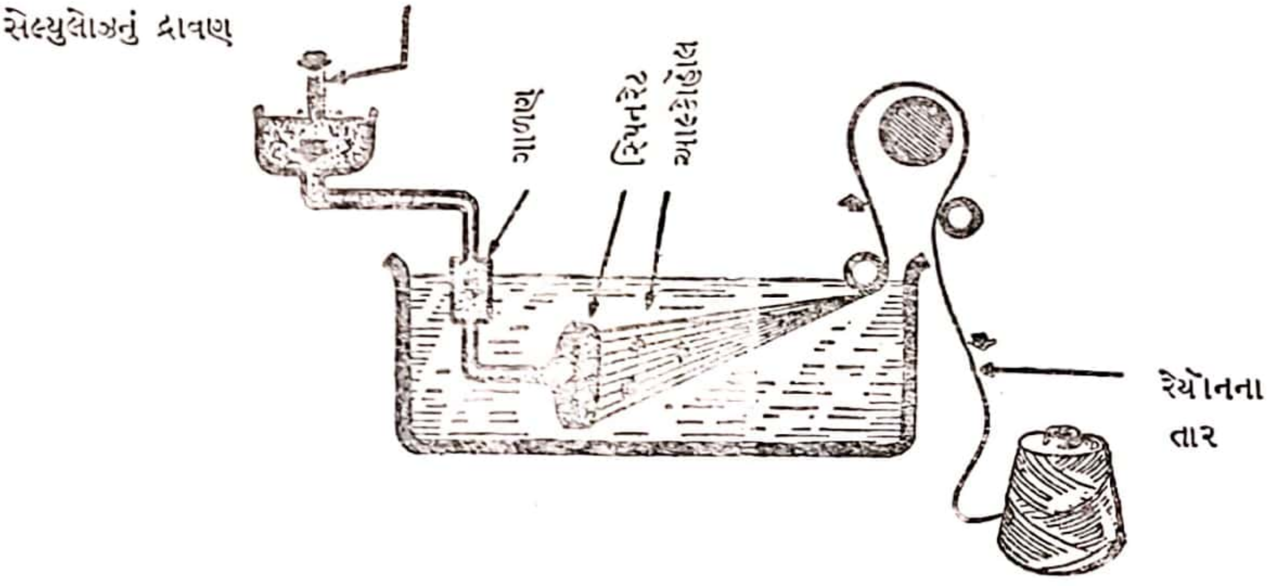
(૧૮ ટકા) દ્રાવણમાં સેલ્યુલોઝને રાખવાથી તેનો સોડા સેલ્યુલોઝ નામનો પદાર્થ બને છે. આ સોડા સેલ્યુલોઝ પર કાર્બન બાયસલ્ફાઇડ નામના રસાયણની પ્રક્રિયા વડે સોડિયમ સેલ્યુલોઝ ઝેન્થેટ નામનો પદાર્થ પેદા થાય છે.

$$\text{(Cellulose)} . \text{ONa} + \text{CS}_2 \longrightarrow \text{SC} < \begin{matrix} \text{O . Cellulose} \\ \text{S . Na} \end{matrix}$$

Cellulose xanthate

આ પદાર્થ કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં ઓગળી શકે છે અને તેનું દ્રાવણ થઈ ચીકણો મધ જેવો પદાર્થ બને છે. દેખાવે અને રંગે પણ તે મધ જેવો જ દેખાય છે. આ પદાર્થને વિસ્કોઝ કહે છે, કારણ કે અંગ્રેજીમાં ચીકાશ માટે 'વિસ્કોસિટી' શબ્દ છે. હવે આ વિસ્કોઝને બારીક છિદ્રોમાંથી દબાણપૂર્વક ખેંચવામાં આવે છે. એટલે વિસ્કોઝમાં અંતર્ગત થયેલો સેલ્યુલોઝ તંતુઓ સ્વરૂપે પુનર્જન્મ પામે છે. રાસાયણિક દૃષ્ટિએ તે તેના પૂર્વાવતાર જેવો જ છે. આ રેયૉન અશુદ્ધ હોય છે એટલે તેને વિશુદ્ધ કરવા માટે જુદા જુદા ઉપચારો કરવા પડે છે. આમાંની અશુદ્ધિઓ દૂર કરવા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને સોડિયમ સલ્ફાઇડ વપરાય છે, પીળાશ દૂર કરવા હાઇપોક્લોરાઇટ વપરાય છે. આ અશુદ્ધિઓ નીકળી ગયા પછી તેને સાબુના પાણી વડે ધોયા બાદ તેને ચોખ્ખા પાણી વડે ધોઈ 'ડ્રાયર'માં સૂકવવામાં આવે છે. સુકાયા બાદ છેલ્લે તેને કાગળના શંકુ ઉપર વીંટાળી આકર્ષક રીતે લપેટી, પેટીઓમાં પૅક કરી રેશમી કાપડ તૈયાર કરતી મિલોમાં મોકલવામાં આવે છે. આ કાપડમાં ચળકાટ આવે છે. ચળકાટ વગરના તાર ઉત્પન્ન કરવા વિસ્કોઝ રેયૉનના માવામાં ટિટેનિયમ ડાયૉક્સાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે.

રેયૉનની એક ખામી એ છે કે તે વધુ પ્રમાણમાં એટલે કે ૩૦થી ૪૦ ટકા જેટલો ભેજ ચૂસી શકે છે અને સાથોસાથ તેની મજબૂતી ૩૦થી ૪૦ ટકા જેટલી ઓછી થાય છે. આને લીધે રેયૉનને ધોવામાં બહુ કાળજી રાખવી પડે છે; નહીં તો તે ફસકી જાય. તેથી જ આ કાપડ શરૂઆતમાં વપરાશમાં આવ્યું ત્યારે તેને માટે એવી કહેવત પડેલી કે તેને 'ધુએ એ રુએ!'



ત્રીજા પ્રકારનું ક્યુપ્રામોનિયમ રેયૉન તો ઈ. સ. ૧૮૯૦માં પ્રથમ શોધાયું હતું. પણ મોટા પાયા ઉપર તેનું ઉત્પાદન સાત વર્ષ બાદ પાઉલીએ કર્યું. અમુક સમય સુધી તો તે 'પાઉલી સિલ્ક'

તરીકે જાણીતું હતું અને શરૂઆતમાં તેની બનાવટમાં મુશ્કેલીઓ પણ નડી હતી. આ રેયૉન બનાવવા માટે મૂળ પદાર્થ સેલ્યુલોઝનો જ છે અને અંતે પણ તે જ રહે છે. મોરથૂથુને એમોનિયાના પાણીમાં ઓગાળવાથી કયુપ્રામોનિયમ નામનું દ્રાવણ બને છે. આ દ્રાવણ ઘેરાભૂરા રંગનું હોય છે. તેમાં ૩ ટકા જેટલું તાંબું (મોરથૂથુમાં રહેલ) અને ૨૫ ટકા એમોનિયા હોવો જરૂરી છે.

આ દ્રાવણની અંદર સેલ્યુલોઝ ઉમેરી આ મિશ્રણને સારી પેઠે ગૂંદવામાં આવે છે. એટલે તેનું ઘટ્ટ દ્રાવણ બની જાય છે. પછીથી ૧૦ ટકા જેટલું સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ સચવાય એ મુજબ તેમાં પાણી ઉમેરવામાં આવે છે. ત્યાર પછી એમાંથી હવા કાઢી નાંખવામાં આવે છે અને તેને ફિલ્ટરમાં ગાળવામાં આવે છે. કાંતવાની ક્રિયા વિસ્કોઝના જેવી હોય છે; તફાવત એટલો છે કે સેલ્યુલોઝને છૂટું પાડવા અહીં ઍસિડને બદલે પાણી વપરાય છે. આ પ્રોસેસમાં તારને વધુ પ્રમાણમાં ખેંચવામાં આવે છે. તે કુદરતી રેશમના તાર જેટલો બારીક બને છે. આ સમયે તાર ભૂરા રંગનો હોય છે. એટલે તેને શુદ્ધ કરવો પડે છે. આ શુદ્ધીકરણ મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વડે કરવામાં આવે છે.

આ પ્રકારનું રેયૉન 'બેમ્બર્ગ રેયૉન'ના નામથી ઓળખાય છે. વિસ્કોઝ રેયૉનની માફક આ રેયૉન પુનર્જનિત સેલ્યુલોઝ હોવાથી તેના રાસાયણિક ગુણધર્મો વિસ્કોઝ રેયૉનના જેવા છે. ભીનું થતાં તેની મજબૂતી ઘટી જાય છે. આ રેયૉન મોંઘું હોવાથી ઉદ્યોગમાંથી તેની અમુક અંશે પીછેહઠ થઈ છે.

ચોથા પ્રકારના ઍસિટેટ રેયૉનમાં શરૂઆતનો પદાર્થ જોકે સેલ્યુલોઝ છે; છતાં આ રેયૉન તે ફરી ઉત્પન્ન થયેલું સેલ્યુલોઝ નહીં પણ સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ નામનું પ્લાસ્ટિક વર્ગનું રાસાયણિક દ્રવ્ય છે. આથી એના ગુણધર્મો વિશિષ્ટ પ્રકારના છે. વિસ્કોઝ રેયૉનની શોધ થયા પહેલાં એ તો જાણીતું હતું કે કપાસના સેલ્યુલોઝ ઉપર ઍસેટિક ઍસિડની રાસાયણિક પ્રક્રિયા વડે તેમાંથી સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બનતું હતું. આ પદાર્થની અનેક વખત પરીક્ષા કરવામાં આવી હતી અને એવું માલૂમ પડયું હતું કે તે પદાર્થ બરડ બની જતો હોવાથી તેમાંથી કોઈ પ્રકારનો સળંગ તાર ખેંચાવાની શકયતા ન હતી. પરંતુ ઈ. સ. ૧૯૧૪–૧૮ના પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ દરમ્યાન ઍરોપ્લેનની પાંખોને એવું અસ્તર આપવાની જરૂર પડી કે જેના ઉપર હવા અગર પાણીની અસર ન થાય. આને માટે સેન્દ્રિય (organic) રાસાયણિક દ્રાવકોમાં સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટનું દ્રાવણ બહુ ઉપયોગી જણાયું એટલે મોટા પાયા પર તેનું ઉત્પાદન કરવા માટે ડૉ. હેનરી અને કેમિલ ડ્રેફસ નામના સ્વિસ કેમિસ્ટોને બ્રિટિશ સરકારે રોકયા. એ લોકોએ ઇંગ્લન્ડમાં સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બનાવવાનું કારખાનું નાખ્યું અને યુદ્ધ દરમ્યાન આ કારખાનામાં વિપુલ પ્રમાણમાં સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બનવા લાગ્યું. યુદ્ધ પૂરું થયા પછી આ પદાર્થનો બીજો કશો ઉપયોગ થઈ શકે તેવો પ્રશ્ન ઉપસ્થિત થયો. આ પ્રશ્નનો બુદ્ધિપૂર્વકનો નિકાલ સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટનો વસ્ત્રતંતુ બનાવીને કરવામાં આવ્યો અને ટેક્ષટાઇલ ઉદ્યોગને એક નવીન પ્રકારનું રેયૉન સાંપડયું.

આ રેયૉનની બનાવટમાં કપાસના સેલ્યુલોઝને ઍસેટિક ઍસિડ, ઍસેટિક એન્હાઇડ્રાઇડ અને ઉદ્દીપક (catalyst) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણમાં વલોવવામાં આવે છે. આ ક્રિયા વડે સેલ્યુલોઝમાંથી સેલ્યુલોઝ ટ્રાય-ઍસિટેટ નામનું રાસાયણિક દ્રવ્ય ઉત્પન્ન થાય છે. પછી આ પદાર્થમાં પાણી ઉમેરી મિશ્રણને નિર્ણીત સમય સુધી સખત પરિપકવ કરવું પડે છે. આથી તેમાં એવો ફેરફાર થાય છે કે સેલ્યુલોઝ ટ્રાય-ઍસિટેટમાંથી સેકંડરી સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટ બને છે, જે ઍસિટોન નામના

પ્રવાહી રસાયણમાં દ્રાવ્ય હોય છે. આ પદાર્થને શુદ્ધ કર્યા બાદ એનું ઍસિટોનમાં ૨૫ ટકા જેટલું દ્રાવણ કરવામાં આવે છે, જેની ચીકાશ એવા પ્રકારની હોય છે કે અંદરથી તંતુઓ ખેંચી શકાય. ઍસિટોન જલદી ઊડી જાય તેવું ઉડ્ડયનશીલ પ્રવાહી છે અને ગરમ હવામાં તરત જ બાષ્પ બની જાય છે. એટલે આ પ્રોસેસમાં કાંતવાની ક્રિયા બહુ જ સરળ રીતે કરવામાં આવે છે. સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટના દ્રાવણને ચાળણી (spinneret)માંથી બહાર ખેંચવામાં આવે છે ત્યારે બહારથી ગરમ રાખેલા વાતાવરણને લીધે ઍસિટોન જલદી ઊડી જાય છે અને એકલા સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટનો તાર બની રહે છે જે અત્યંત શુદ્ધ સ્વરૂપમાં પ્રાપ્ત થયેલો હોવાથી તેને વિશેષ શુદ્ધ કરવા બીજા કશા ઉપચારોની જરૂર પડતી નથી. વપરાયેલા ઍસિડ તેમ જ ઍસિટોનને ફરી મેળવી લેવા માટે યોજના કરેલી જ હોય છે.

ઍસિટેટ રેયૉન, ગુણધર્મે બીજાં રેયૉન કરતાં જુદું તરી આવે છે એટલે તેને રેયૉનને બદલે માત્ર ઍસિટેટ પણ કહેવામાં આવે છે. તે ઉષ્ણ-મૃદુ એટલે કે ગરમ થતાં નરમ બનવાનો ગુણ ધરાવે છે અને ઘણાં રસાયણોમાં ઓગળી શકે તેવું હોય છે. સદ્‌ભાગ્યે તે પેટ્રોલ અને તેની બરનાં તેલોમાં ઓગળતું નથી. તેના આ ગુણને લીધે તેના પર ખમીસના કૉલર, કફ વગેરે ભાગોને કડક રાખવાનો ખાસ ઉપચાર કરવામાં આવે છે. વળી તે સ્પર્શે પણ ઠંડું નથી. તેનો બીજો વિશિષ્ટ ગુણ એ છે કે તેમાં યોગ્ય દ્રવ્યો ઉમેરવાથી તેમાં યથારુચિ ચળકાટ પેદા કરી શકાય છે. છેવટે તે વસ્ત્રતંતુ હોવા ઉપરાંત અક મહત્ત્વનું પ્લાસ્ટિક પણ છે અને તેમાંથી ફિલ્મ અથવા વિવિધ પ્રકારના આકારો ઢાળી શકાય છે.

સેલ્યુલોઝમાંથી બનતા વસ્ત્રતંતુની કથા અહીં પૂરી થાય છે. હવે આપણે કૃત્રિમ ઊન (નત્રિલ-પ્રોટીનના તંતુઓ)ની બનાવટ તરફ નજર નાંખીએ.

દૂધ, સોયાબીન, મગફળી, મકાઈ વગેરે પદાર્થોના નત્રિલોમાંથી ઊનના ગુણધર્મો ધરાવતા તંતુઓનું નિર્માણ શક્ય બન્યું છે. દૂધના કેસીનમાંથી ઈ. સ. ૧૯૩૫માં ફેરેન્ટ્રી નામના ઈટાલિયન વૈજ્ઞાનિકે દસ વર્ષના પરિશ્રમને અંતે વસ્ત્રતંતુઓનું સફળ સર્જન કર્યું હતું. તેના પેટન્ટનો ઉપયોગ કરીને એક ઈટાલિયન પેઢી 'લેનિટાલ' નામનો વસ્ત્રતંતુ ૧૯૩૭થી મોટા પાયા ઉપર બનાવી રહી છે. અમેરિકામાં આવા જ પ્રકારનો તંતુ 'આરાલાક' નામથી પ્રસિદ્ધ છે. મકાઈના નત્રિલમાંથી 'વિકારા' નામનો વસ્ત્રતંતુ બનાવાય છે. મગફળીના નત્રિલમાંથી ઇંગ્લન્ડમાં 'આરડિલ' નામના તંતુનું સર્જન કરવામાં આવ્યું હતું. નત્રિલમાંથી બનતા તંતુઓનું પ્રકારનું નામ 'એઝ્‌લૉન' પાડવામાં આવ્યું છે.

આ તંતુઓને કૃત્રિમ ઊન કહી શકાય કારણ કે ઊનના રાસાયણિક બંધારણ સાથે તેમનું ઘણું બધું સામ્ય છે.

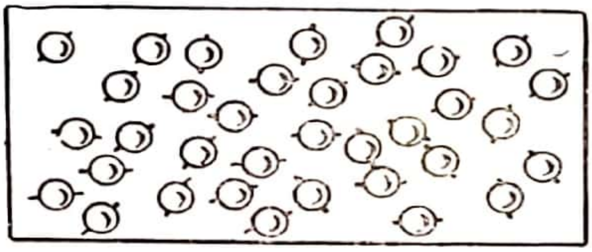
આ તંતુઓ બનાવવા માટે પ્રથમ મૂળ પદાર્થમાંથી નત્રિલ જુદું પાડવામાં આવે છે અને પછી કૉસ્ટિક સોડાના ઉપચાર વડે તેમાંથી ચાસણી જેવો ઘટ્ટ પદાર્થ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. છેવટે તેને ચાળણીમાંથી દબાણપૂર્વક બહાર કાઢી તંતુઓના રૂપે મેળવવામાં આવે છે. આ તંતુઓને પછી ફૉર્માલ્ડિહાઇડના દ્રાવણ વડે ધોવામાં આવે છે એટલે તેઓ સખત થાય છે. અંતમાં આ તારોને કાપી ઊનના તંતુઓ સાથે મિશ્ર કરી કાંતવામાં આવે છે. સુતરાઉ તથા ઊનના કાપડની મિલોમાં જેવી યંત્રસામગ્રી હોય છે તેના વડે જ તેમાંથી કાપડ વણવામાં આવે છે.

ઉપર વર્ણવેલા તંતુઓનું મૂળ પ્રકૃતિમાંથી પ્રાપ્ત થતા પદાર્થોમાં હોવાથી તેઓ સંપૂર્ણ માનવ-સર્જિત ન કહેવાય. ત્યારે નાયલૉન, ટેરિલિન, એક્રિલાન વગેરે વસ્ત્રતંતુઓ મૂળભૂત રસાયણોમાંથી બનાવવામાં આવતા હોઈ તેઓ સંપૂર્ણ રીતે માનવસર્જિત (fully synthetic) કહેવાય છે અને ૧૯૨૭માં અમેરિકાની ડ્યુપોન્ટ કંપનીમાં ડૉ. વૉલેસ હ્યુમ કેરોધર્સે કરેલા અણુઓના સંયોગ સંબંધી મૂળભૂત સંશોધનના ફળ રૂપે નાયલૉનનું તેમ જ અન્ય તંતુઓનું સર્જન થયું છે. તંતુઓના સર્જનમાં અણુઓની બે ક્રિયાઓનાં વિશિષ્ટ નામો પાડવામાં આવ્યાં છે. એકને ઘટીકરણ (condensation) કહે છે અને બીજીને બહુલીકરણ (polymerisation) કહે છે. બહુલીકરણમાં સમાન પ્રકારના અણુઓ એકત્ર થાય છે અને પદાર્થ ભારે બને છે. આવી રીતે એકત્ર થયેલા અણુના એક ગુચ્છને 'મૉનોમર' કહે છે. અનેક મૉનોમર જોડાઈને એક 'પોલિમર' બને છે. ઑર્ગેનિક ઍસિડ (દા.ત. ઍસેટિક ઍસિડ) અને આલ્કોહૉલના રાસાયણિક સંયોગને પરિણામે તેમાંથી 'પોલિએસ્ટર' વર્ગનાં દ્રવ્યો ઉત્પન્ન થાય છે. 'એમાઇન' નામના અણુઓનો વર્ગ ઑર્ગેનિક ઍસિડ સાથે

ડૉ. વૉલેસ હ્યુમ કેરોધર્સ
[૧૮૯૬–૧૯૩૭]

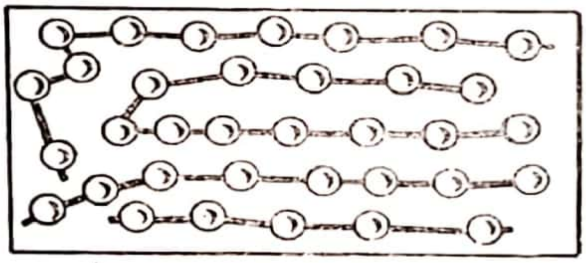
અણુએકમ
(Monomer)

1



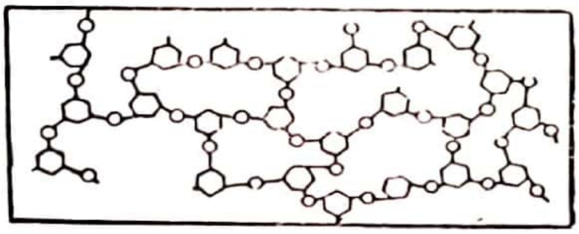
પોલિમર–શૃંખલા
(chain type polymer)

2



પોલિમર–
અવકાશી
(Space type polymer)

3

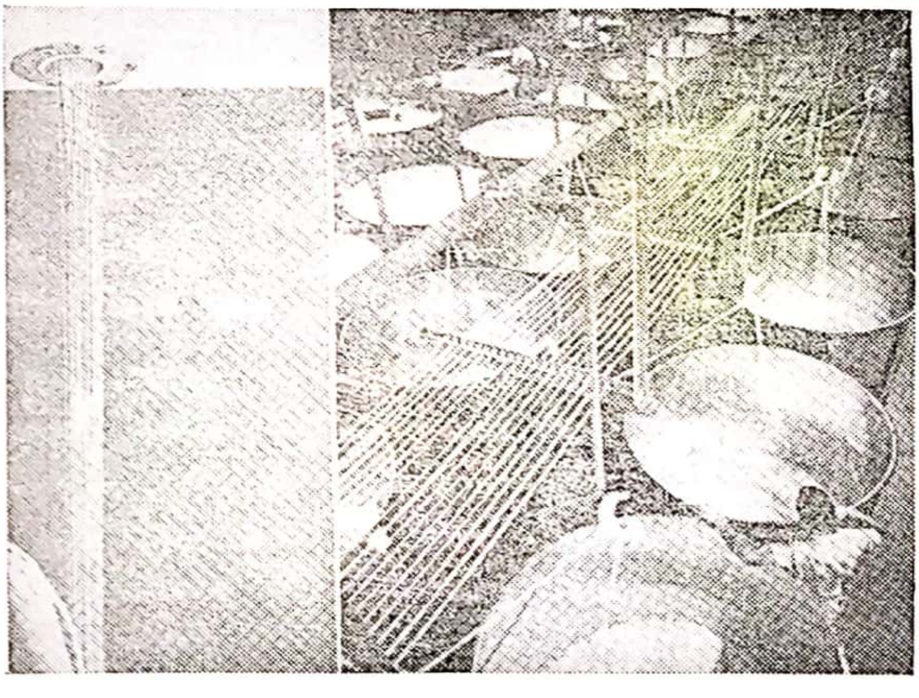


સંયોજિત થઈ 'પોલિએમાઇડ' નામના પદાર્થો બનાવે છે. આ પ્રકારનાં દ્રવ્યોમાંથી શીત અને ઉષ્ણતાના નિયંત્રણ વડે સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ બનાવી શકાય છે અને અનુકૂળ સ્થિતિએ તેમાંથી તંતુ ખેંચી શકાય છે.

નાયલૉનના સર્જન માટે વપરાતા આદ્ય પદાર્થો — ઍડિપિક ઍસિડ અને હેક્ઝામેથિલિન ડાએ-માઇન — મૂળ ફિનોલમાંથી બનાવવામાં આવ્યા હતા. ફિનોલ બેન્ઝિનમાંથી અને બેન્ઝિન ડામર

અથવા તો પેટ્રોલિયમમાંથી પેદા કરવામાં આવે છે. ફિનોલમાંથી સાઇક્લોહેક્ઝેનોલ નામનો પદાર્થ બનાવવામાં આવે છે. આમાંથી પછી નાઇટ્રિક ઍસિડની પ્રક્રિયા વડે એડિપિક ઍસિડ બનાવવામાં આવે છે. બીજો પદાર્થ હેક્ઝામિથિલિન ડાયએમાઇન એડિપિક ઍસિડ અને એમોનિયા વચ્ચેની પ્રક્રિયા વડે બને છે. છેવટે હેક્ઝામિથિલિન ડાયએમાઇન એડિપિક ઍસિડને મિથાઇલ આલ્કોહૉલમાં અલગ અલગ એકત્ર કરવામાં આવે છે અને આ દ્રાવણોને પરસ્પર મેળવતાં તેમાંથી હેક્ઝામિથિલિન ડાઇએમાઇન એડિપેટ નામનો પદાર્થ, જે 'નાયલૉન સૉલ્ટ' કહેવાય છે તે છૂટો પડે છે. આ નાયલૉન સૉલ્ટનું પછી બહુલીકરણ કરવામાં આવે છે. અર્થાત્ નાયલૉન સૉલ્ટના મૉનોમરમાંથી આણુસંઘટન કરીને પોલિમર બનાવવામાં આવે છે, જે નાયલૉન-૬૬ કહેવાય છે, કારણ કે એમાઇન તથા ઍસિડ, દરેકમાં છ કાર્બન આણુઓ આવી રહેલા હોય છે. હવે પછીના ક્રમમાં પોલિમરને પતરીઓ (સાબુની ચિપ્સ જેવી)માં કાપી તેમને ઓગાળી તેનો રસ બનાવી તે રસમાંથી નાયલૉનના તંતુઓ ખેંચવામાં આવે છે. ઠંડા પડ્યા પછી આ તંતુઓને વધુ ખેંચવામાં આવે છે એટલે તેઓની લંબાઈ મૂળ લંબાઈથી ચારગણી વધે છે. આ પ્રમાણે ૧૯૩૦માં નાયલૉનનું પ્રથમ ઉત્પાદન કરવામાં આવ્યું હતું. ૧૯૩૯માં ડ્યુપોન્ટ કંપનીએ વ્યાપારી ધોરણે કારખાનામાં તેનું ઉત્પાદન શરૂ કર્યું. પરંતુ બીજું વિશ્વયુદ્ધ શરૂ થતાં તેનો વિશેષ ઉપયોગ મિલિટરીમાં ઍરોપ્લેનનાં ટાયરો અને પેરેશૂટ બનાવવા માટે થયો. યુદ્ધ પૂરું થયા પછી તેનો વિનિયોગ વસ્ત્રતંતુમાં પરિણમ્યો. આજે તો નાયલૉન એક ઉત્તમ વસ્ત્રતંતુ તરીકે લોકપ્રિય થઈ ગયું છે.

સ્પિનરેટમાંથી નીકળતા તાર



નાઇલૉનનો તાણો

ડૉ. કેરોથર્સના સંશોધનનો ઉપયોગ કરીને ઇંગ્લંડમાં બ્રિટિશ વૈજ્ઞાનિકો ડૉ. વ્હિનફીલ્ડ અને ડિકસને પેટ્રોલિયમ-મૂલક એથિલિન ગ્લાયકોલ અને ટેરેપ્થેલિક ઍસિડ નામનાં રસાયણોના સંયોગમાંથી

ટેરિલિન નામનો વસ્ત્રતંતુ બનાવ્યો (૧૯૫૩). ત્યાર બાદ અમેરિકામાં પણ ડયુપોન્ટ કંપનીએ આ પ્રકારનો તંતુ બનાવ્યો અને તેનું નામ 'ડેક્રોન' આપ્યું. ભારતમાં 'ટેરીન' નામથી તેનું ઉત્પાદન ૧૯૬૫થી શરૂ થયું છે. જર્મની, જાપાન અને જગતના અન્ય દેશોમાં તે વિવિધ નામોથી બનાવવામાં આવે છે.

ટેરિલિન અને નાયલૉનને પગલે પગલે વાયનિલ, પોલિએથિલિન, પોલિવાઈનિલ ક્લોરાઈડ, પોલિવાઈનિલ આલ્કોહૉલ, વિન્યોન, એક્રિલાન, પોલિપ્રોપિલિન વગેરે પ્રકારના વસ્ત્રતંતુઓ પ્રયોગ-શાળામાંથી જન્મ પામીને કારખાનાને ધોરણે ઉત્પન્ન થઈને બહાર પડયા છે અને સારો લોકાદર પામ્યા છે. આ માટેના મૂળ પદાર્થો પેટ્રોલિયમનાં રસાયણો (petrochemicals) છે એટલે જેમ જેમ પેટ્રોલિયમ ઉદ્યોગ વિકસશે તેમ તેમ તેમનું ઉત્પાદન સરળ થશે અને તેમની કિંમત ઘટશે.

સંપૂર્ણ માનવસર્જિત તંતુઓના ગુણધર્મો કુદરતી તંતુઓના કરતાં ઘણા જુદા હોય છે. ભેજ ચૂસવાની ઓછી શક્તિ, રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ સામે ટકવાનું સામર્થ્ય, ઊબ, ફૂગ અને જંતુઓનો સામનો કરવાનું બળ અને વિશેષ મજબૂતી વગેરે તેમની વિશિષ્ટતાઓ છે. કુદરતી તંતુઓની ખામીઓ આ તંતુઓના મિશ્રણથી દૂર થઈને પરિણમતો વસ્ત્રતંતુ વધુ મજબૂત બને છે. ઊન સાથે ટેરિલિનનું મિશ્રણ કરવાથી ખૂબ જ ટકાઉ ગરમ કાપડ બને છે. નાયલૉન અને ટેરિલિન અથવા તેમના મિશ્રણવાળું કાપડ ભેજ ચૂસી શકતું નથી તેથી જલદી સુકાઈ જાય છે. વળી તે જલદી ચોળાઈ પણ જતું નથી કારણ કે એક વાર સળ આપ્યા પછી તે કાયમ રહે છે. એટલે તેમાંથી બનાવેલાં વસ્ત્રોને વારંવાર ઈસ્ત્રી કરવાની કડાકૂટ રહેતી નથી.

આમ માનવસર્જિત વસ્ત્રતંતુઓએ સામાજિક ક્રાંતિ આણી છે અને તેમનું ભવિષ્ય અત્યંત ઉજ્જવળ છે એમ બેધડક કહી શકાય.

તત્ત્વ	'આરાલાક' (ટકા)	ઊન (ટકા)
કાર્બન	૫૩.૦	૪૯.૨
હાઈડ્રોજન	૭.૫	૭.૬
ઑક્સિજન	૨૩.૯	૨૩.૭
નાઈટ્રોજન	૧૫.૦	૧૫.૯
ગંધક	૦.૭	૩.૬
ફૉસ્ફરસ	૦.૮	—

ખંડ : ૫

સ્વ. ત્રિભુવનદાસ કલ્યાણદાસ ગજ્જર

[જન્મ : ૩–૮–૧૮૬૩; અવસાન : ૧૬–૭–૧૯૨૦]

જેમની પ્રેરણાથી સ્થપાયાં ને વિકસ્યાં :

- ઍલેમ્બિક કેમિકલ વર્ક્સ
- સંખ્યાબંધ રંગશાળાઓ
- ટૅકનિકલ પ્રયોગશાળાઓ
- કલાભવન
- વનિતાવિશ્રામ
- સ્વભાષામાં વૈજ્ઞાનિક શિક્ષણ

"રસાયણની મૂળ ઉત્પત્તિ આદિકાળમાં જ થયેલી છે. અને જેમ બધાં શાસ્ત્રની મૂળ ભૂમિ હિંદુસ્તાન છે તેમ એની પણ છે. . . . રસાયણનો હેતુ પારસમણિ શોધીને સઘળા જગતને કાંચનમય કરવાનો હતો અને અમૃત અથવા ઍલિક્ઝિર શોધી મનુષ્યનું આયુષ્ય વધારવાનો હતો. . . .

"હાલના રસાયણના હેતુ પણ તેને મળતા જ છે . . . . હલકી વસ્તુને ઊંચા પ્રકારનાં રૂપ અને ગુણ આપવાનો હેતુ છે, અને બીજો આરોગ્ય વધારવાનો છે."

[સ્વ. ત્રિ. ક. ગજ્જરના ભાષણમાંથી]

સામાન્ય બોલીમાં કપડાં રંગવા માટે વપરાતા પદાર્થો તથા તૈલી રંગરોગાનમાં વપરાતા પદાર્થોને આપણે રંગના નામથી ઓળખીએ છીએ. પરંતુ વૈજ્ઞાનિક ભાષામાં પ્રથમ પ્રકારને 'રંગરંજન' અને દ્વિતીય પ્રકારને વર્ણક (pigment) કહે છે.

રંગ ઘણુંખરું કોઈક રંગીન કાર્બનિક સંયોજન અગર પદાર્થોનું મિશ્રણ હોય છે. તેનાથી કાપડ, કાગળ, પ્લાસ્ટિક અથવા ચામડાં જેવી ચીજોને પાકા રંગે રંગી શકાય છે. જે રંગો પ્રકાશ, હવા, પાણી કે સાબુની ધોલાઈ અને સામાન્ય હથરોટીની અસર તળે આવવા છતાંય કાયમ ટકી રહે છે તેમને પાકા (fast) રંગો કહે છે અને જે રંગો આવી અસર તળે ઊડી જાય છે, અગર ઝાંખા પડી જાય છે તેમને કાચા (fugitive) રંગો કહે છે.

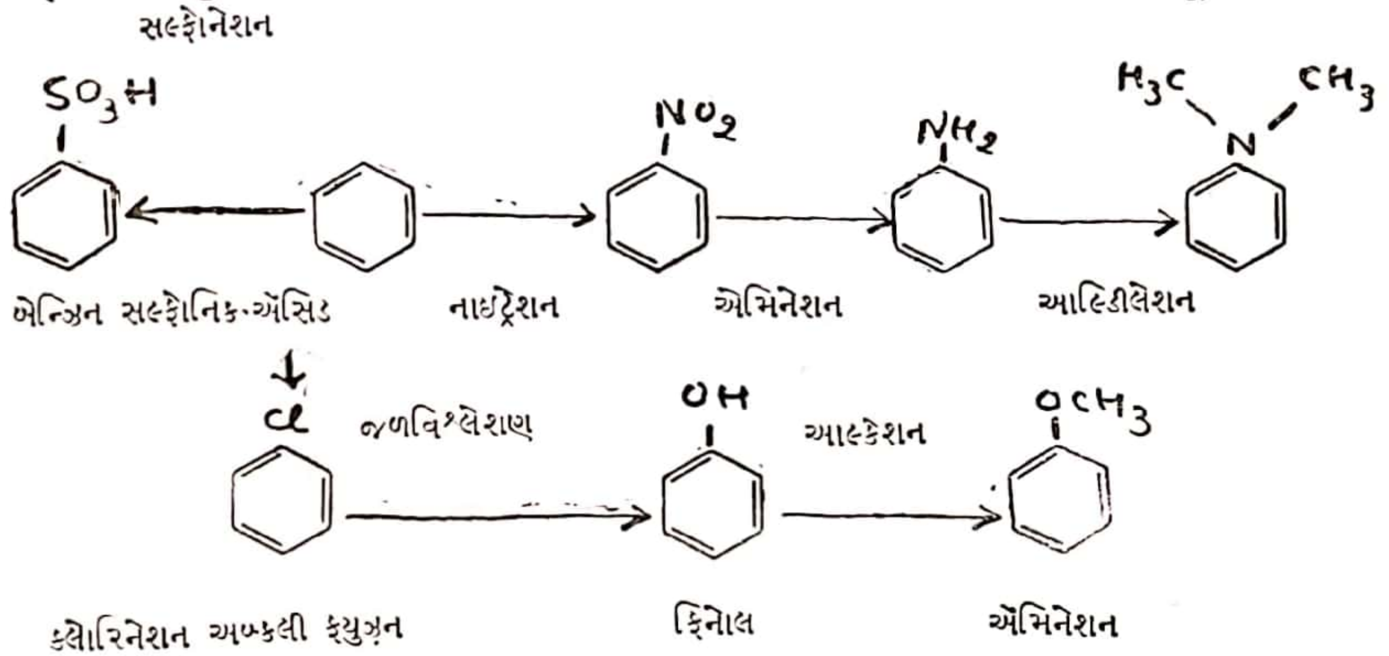
બજારમાં વેચાતા ઘણાખરા રંગો બેન્ઝિન, ટોલ્યુઇન જેવા ઍરોમેટિક હાઇડ્રોકાર્બનો અથવા તેને મળતા આવતા પદાર્થોમાંથી સંશ્લેષિત કરવામાં આવે છે. રંગો મુખ્યત્વે કાપડ રંગવાના કામમાં વપરાય છે. પરંતુ તે સિવાય તેમની વપરાશ બીજી વસ્તુઓમાં પણ થાય છે. જેમ કે ઑઇલ પેન્ટ (રોગાન) અને તેની સાથે સંબંધ રાખતા પદાર્થોમાં, તેલ અને મોટરમાં વપરાતા પેટ્રોલમાં, ઠંડીથી ઠરીને જામી ન જાય તેવાં ઍન્ટિફ્રીઝ મિશ્રણોમાં અને અન્ય રાસાયણિક સંયોજનોમાં, ખાદ્ય પદાર્થો અને મુરબ્બા, જેલી, જામ વગેરે ફળ સાચવણીની વાનગીઓમાં, શાહી અને કાગળમાં, રબર, રેઝિન, (રાજન જેવા પદાર્થો), પ્લાસ્ટિકોમાં, કાર્બન પેપર અને ટાઇપરાઇટરોની રિબનોમાં અને સાબુ, નખ-પૉલિશ અને સૌંદર્ય પ્રસાધનોમાં, ફર્નિચર માટેનાં પૉલિશો, કેન્ડલ-મીણ અને અન્ય મીણિયા પદાર્થોમાં અને કેટલાક વર્ણકોમાં આ રંગોની બહોળી વપરાશ છે.

રંગોનું વર્ગીકરણ બે રીતે થઈ શકે છે. એક રીત રંગના અણુની રાસાયણિક સંરચના ઉપર આધાર રાખે છે. બીજી રીત રંગ લગાડતી વખતે વ્યક્ત થતા વર્તન ઉપર આધાર રાખે છે. આપણે પ્રથમ રીતની ચર્ચા કરી લઈએ. બીજા પ્રકારના વર્ગીકરણનો આગળ ઉપર લંબાણથી વિચાર કરીશું.

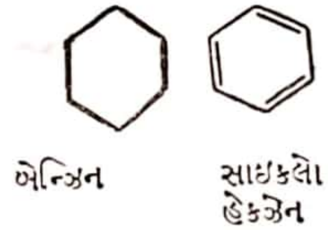
જ્યારે આપણે કોઈ સામાન્ય રંગનું અટપટું રાસાયણિક સૂત્ર જોઈએ ત્યારે આપણામાંના ઘણાને મૂંઝવણ થાય છે પરંતુ જો આપણે આપણા ઘરનું ચણતર અને રંગના સૂત્રના ઘડતરનો તુલનાત્મક દૃષ્ટિએ ખ્યાલ કરીએ તો રંગની સંરચના સમજવાનું કામ સરળ બની જાય છે. જેમ જુદી જુદી જાતનાં ઘરો બાંધવા આર્કિટેકટ માત્ર લાકડું, ઈંટ, પથ્થર, સ્ટીલ, રેતી, સિમેન્ટ જેવી ચીજો વાપરી તેની કલાકૃતિમાં ભિન્નતા લાવી શકે છે તેમ રસાયણવિદ ફક્ત પાંચસો જેટલાં રંગોત્પાદક માધ્યમિકો (intermediates) વાપરીને અસંખ્ય રંગોની ભાત ઊભી કરી શકે છે. વળી ઘર બાંધવામાં ભીંત પલાળવી, પાણી છાંટવું, સ્ટીલ વાપરી થાંભલા અને સ્લૅબ ભરવા વગેરે વિધિનો આશરો લેવાય છે, તેવી જ રીતે પેલાં માધ્યમિકોમાંથી ભિન્ન ભાતવાળા રંગોના નિર્માણમાં પણ ડઝનેક જેટલી જુદી જુદી પ્રક્રિયાવિધિઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ વિધિઓ પૈકી કેટલીક અહીં આલેખી શકાય.

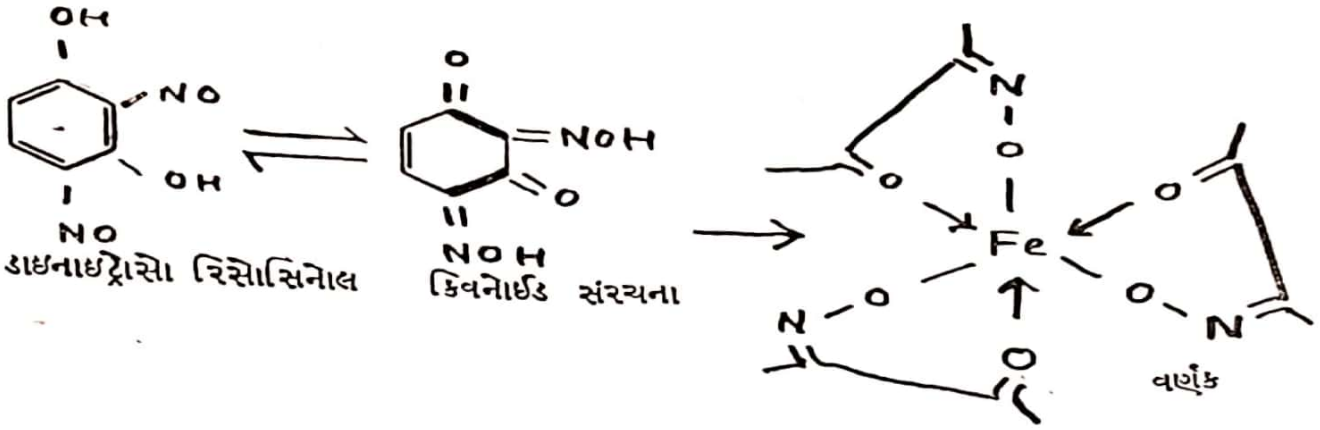
પદાર્થની ઉપર નાઈટ્રિક ઍસિડની પ્રક્રિયા દ્વારા નાઇટ્રો સમૂહ ($-NO_2$) અણુમાં દાખલ કરી શકાય. આ વિધિ નાઇટ્રેશન કહેવાય છે. પદાર્થમાં એમિનો સમૂહ ($-NH_2$) દાખલ કરવો, એટલે એમિનેશન કરવું. પદાર્થમાં ક્લોરિન ($-Cl$) સામેલ કરવો એટલે ક્લોરિનેશન કરવું. સલ્ફ્યુરિક

ઍસિડ સાથે પદાર્થની પ્રક્રિયા કરી સલ્ફોનિક સમૂહ ($-SO_3H$) આણુમાં ઉમેરવો એટલે સલ્ફોનેશન કરવું. આ વિધિઓનો સમગ્ર ખ્યાલ સરળતાથી લેવા માટે નીચે આલેખ મૂક્યો છે.



પદાર્થ રંગ તરીકે ક્યારે વર્તે એ એક મુદ્દાનો પ્રશ્ન છે. રંગના આણુમાં અમુક પ્રમાણમાં પરમાણુ વચ્ચેના બંધનમાં અસંતૃપ્તતા હોવી જોઈએ. જ્યારે કાર્બન અને કાર્બન વચ્ચે જોડાણ બતાવતી રેખા એકને બદલે બે કે ત્રણ બતાવવામાં આવે ત્યારે તે કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચેનું બંધન અસંતૃપ્ત છે એમ કહેવાય. દા. ત. બેન્ઝિન અસંતૃપ્ત છે, પરંતુ સાઇકલો હેક્ઝેન સંતૃપ્ત છે. બેન્ઝિનના અને તેના વર્ગનાં વ્યુત્પન્નોમાં રહેલાં વલયને 'ઍરોમેટિક' કહે છે. આ ઍરોમેટિક વલયના ભાગમાં અસંતૃપ્તતા હોવી આવશ્યક છે. વળી આ અસંતૃપ્તતાની સાથોસાથ ઓછામાં ઓછી અટપટી ક્વિનોઇડ સંરચના પણ હોવી જોઈએ. આ બધી છે રંગના આણુ વિષેની પાયાની શરતો. દા. ત. બેન્ઝિન વલય ઉપર નાઇટ્રો સમૂહો ($-NO$) અને હાઇડ્રોક્સિલ ($-OH$) સમૂહો દાખલ કરવાથી આપણને એક સાદો નાઇટ્રોસો રંગ મળે છે. રિસોર્સિનોલની સાથે સોડિયમ નાઇટ્રાઇટ અને જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની ક્રિયાથી નાઇટ્રોસો રિસોર્સિનોલ મળે છે. આ આણુની સંરચના એવી છે કે હાઇડ્રોક્સિલ સમૂહ ઉપરના હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ પોતાનું સ્થાનાંતર કરીને નાઇટ્રોસોના ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થાય છે; દ્વિ-બંધનોમાં પણ પરિવર્તન આવે છે. આવી જાતના સ્થાનાંતરની પ્રક્રિયાને 'ટોટોમેરિઝમ' કહે છે અને તે દર્શાવવા બંને બાજુ બાણચિહ્નો → મૂકવામાં આવે છે. આ ચિહ્નો એમ બતાવે છે કે બંને પ્રકારના આણુઓ પરસ્પર સમતોલનમાં છે. બીજી રીતે કહીએ તો ડાઇનાઇટ્રોસો રિસોર્સિનોલ બીનક્વિનોઇડ તેમ જ ક્વિનોઇડ દશામાં મોજૂદ હોય છે. ક્વિનોઇડ પરમાણુ લોહ (Fe) સાથે સંયોજિત થતાં વર્ણક બને છે. આ વર્ણકની સંરચનામાં દ્વિબંધો છે એટલે અસંતૃપ્તતા બધા સંજોગોમાં જળવાઈ રહે છે. લોહના પરમાણુ સાથે સંયોજન થતાં જે પદાર્થ બને છે તે નવા પ્રકારનો આણુ છે. તેમાં ધાતુ અને કાર્બનિક સમૂહો સાથેનું સંયોજન થયેલું હોય છે. કેટલાક રંગબંધકથી સ્થાયી બને એવા (mordant) રંગો ધાતુના પરમાણુઓ સાથે સંયોજન પામતાં પાકા રંગો બને છે.





ડાઇનાઇટ્રોસો રિસોર્સિનોલ ક્વિનોઈડ સંરચના વર્ણંક

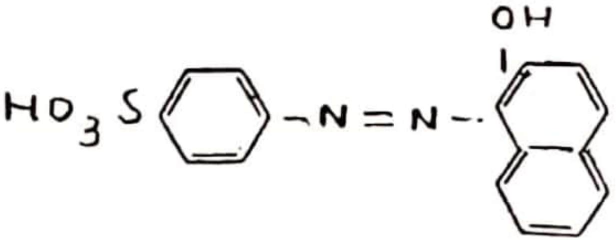
ઑટો નિકોલસ વિટ
[૧૮૫૩–૧૯૩૨]

રાસાયણિક સંરચના અને રંગ વચ્ચે સંબંધ દર્શાવતાં કેટલાંક સામાન્યીકરણ તારવી કાઢવામાં આવ્યાં છે. ઈ. સ. ૧૮૬૭માં ઓ. એન. વિટે તારવેલાં તથ્યો આજે પણ આપણને સહાયક નીવડે છે. આપણે એક સૂત્ર લખી શકીએ કે : રંગ (રંજક) = વર્ણજન (chromogen) + વર્ણવર્ધક (ઓકસોક્રોમ)

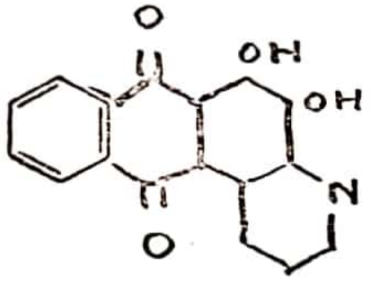
વર્ણમૂલક (chromophore)ને નામે ઓળખાતા સમૂહવાળા ઍરોમેટિક વલયદેહને વર્ણજન કહે છે. વર્ણમૂલક એટલે રંગ આપનાર એવો સ્પષ્ટ અર્થ નીકળે છે. આવા વર્ણમૂલકો એટલા બધા અગત્યના છે કે રંગોનું વર્ગીકરણ તેમને આધારે કરવામાં આવે છે. આવા વર્ણમૂલકોનું રિડક્શન શક્ય હોય છે અને તેથી રિડક્શન થતાં રંગ અદૃશ્ય થાય છે. જ્યારે દ્વિબંધ અને એકબંધ વારાફરતી આવતા હોય છે ત્યારે અણુ વધારે રંગીન બને છે. ડાઇમિથાઇલ ફ્લ્વિન નારંગી રંગનો પદાર્થ છે. આ પદાર્થ રંગીન હોવા છતાં રંગ તરીકે કામ આપી શકતો નથી. આ ઉપરથી આપણે તારવી શકીએ કે વર્ણજન રંગીન હોય પરંતુ વણાટી રેષાઓને ચોંટવાની તેનામાં રાસાયણિક મમતા—વલણ ન પણ હોય. આ કારણસર સહાયક સમૂહો એટલે વર્ણવર્ધકોની જરૂર ઊભી થાય છે. આ વર્ણવર્ધકો ઘણુંખરું લવણ આપે તેવા સમૂહો, $-NH_2$ $-OH$ અને તેનાં વ્યુત્પન્નો હોય છે. અથવા તો પદાર્થની ઓગળવાની શકિત વધે તેવા કાર્બોકિસલ ($-COOH$) અથવા સલ્ફોનિક ઍસિડ ($-SO_3H$) સમૂહો હોય છે. આમ, વર્ણજનો અને વર્ણવર્ધકોએ રંગ-વિજ્ઞાનમાં પોતાની ભવ્ય લીલા વિસ્તારી છે.

હવે, આપણે કેટલાક રંગોના વર્ગોનો પરિચય કરવા પ્રયાસ કરીએ. પ્રથમ તો ઍસિડ રંગોની વાત કરીએ. આ રંગો પોતે ઍસિડ તરીકે વર્તે છે, એટલે ઊન અને રેશમને રંગવા માટે તેમનો ઉપયોગ થાય છે. ઍસિડ રંગોમાં એઝો, ટ્રાયએફિલમિથેઇન અને એન્થ્રાકિવનોન રંગોનો સમાવેશ થાય છે. તેમની સંરચનામાં નાઇટ્રો ($-NO_2$), કાર્બોકિસલ ($-COOH$) અથવા સલ્ફોનિક ઍસિડ

($-SO_3H$) સમૂહો મોજૂદ હોય છે. ઊન અને રેશમના આણુઓમાં રહેલા પ્રોટીનના બેઝિક સમૂહો સાથે ઍસિડ સમૂહો સંયોજિત થાય છે. આવા રંગો પૈકી ઑરેન્જ-ટુ અને એલિઝરિન-બ્લુ ઉદાહરણો પૂરાં પાડે છે.

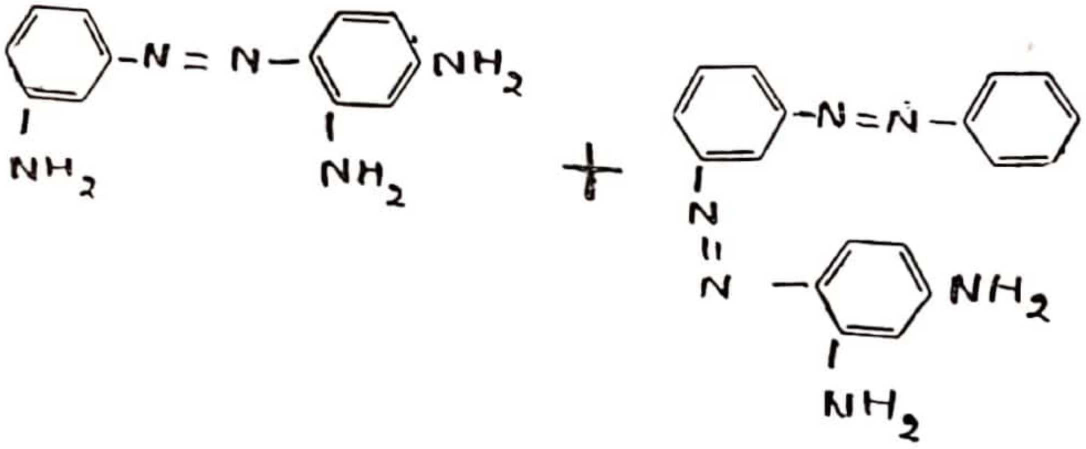


ઓરેન્જ–ટુ

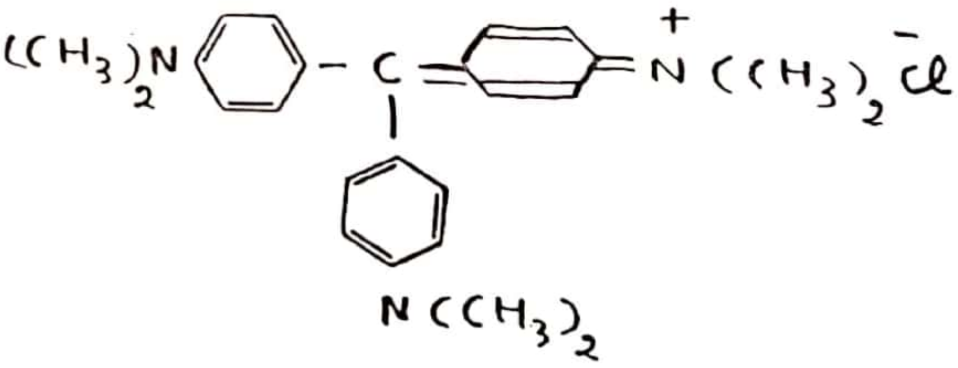


એલિઝરીન–બ્લુ

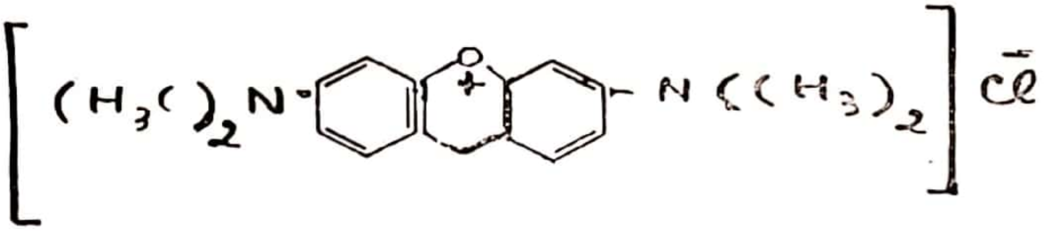
જે રંગોમાં એમિનો ($-NH_2$) અથવા પ્રવિસ્થાપિત એમિનો ($-NHR$ અથવા NR_2) સમૂહો હોય છે એવા ટ્રાયએરિલમિથેઈન અથવા ઝાન્થિન વર્ગના પદાર્થોને બેઝિક રંગો કહે છે. તેમનો ખાસ ઉપયોગ કાગળને રંગવામાં થાય છે. બિસ્માર્ક બ્રાઉન ચામડાંને રંગવા માટે વપરાય છે. ક્રિસ્ટલ વાયોલેટ ટાઈપરાઈટરની રિબનો, કાર્બન પેપર તથા ડુપ્લિકેટિંગ શાહીમાં વપરાય છે. સ્પિરિટમાં ઓગળે તેવા બેઝિક રંગો લેખન અને મુદ્રણ માટેની શાહીમાં વપરાય છે. કેટલાક વિશિષ્ટ બેઝિક રંગો જેવા કે એસ્ટ્રાઝોન, નવા સંશ્લેષિત રેષાઓને રંગવામાં અને સેલ્યુલોઝ ઍસિટેટના છપાઈ કામમાં વપરાય છે.



બિસ્માર્ક બ્રાઉનજી
(બન્નેનું મિશ્રણ)

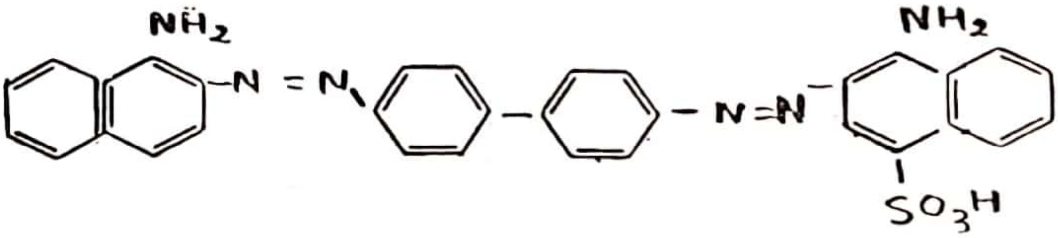


ક્રિસ્ટલ વાયોલેટ (ટ્રાઇફિનાઇલ મિથેઇન–વર્ગનો)



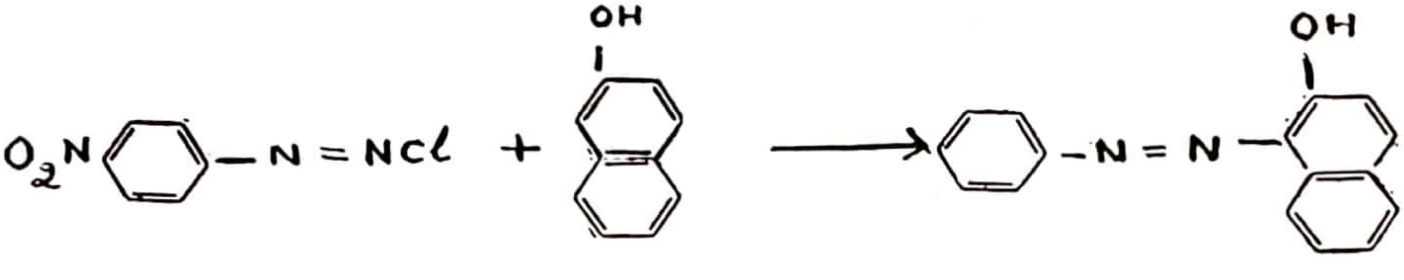
પાયરોનિન જી (ઝાન્થિન વર્ગનો)

કેટલાક રંગોને સીધા રંગો કહે છે. કારણ કે તેનો સીધેસીધો ઉપયોગ થઈ શકે છે અને સુતરાઉ અને બીજા વનસ્પતિજન્ય રેષાઓને રંગવા માટે વપરાય છે. આ રંગો એઝો વર્ગના હોય છે. સોડિયમ ક્લોરાઈડ અને સોડિયમ સલ્ફેટ જેવાં લવણોની હાજરીમાં તેઓ રૂના રેષા માટે મમતા બતાવે છે. આ કારણે તેને કેટલીક વખત લવણ રંગો પણ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે, લાલચટક લાગતો કૉંગો રેડ સુતરાઉ કાપડને સીધેસીધું રંગે છે. તેનું સૂત્ર નીચે મુજબ હોય છે.



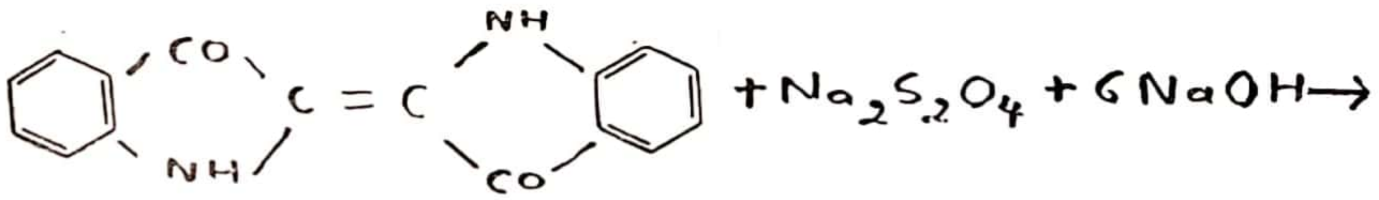
કૉંગો રેડ

કેટલાક રંગો કાપડ ઉપર ઉત્પન્ન થાય છે. કાપડ અથવા સૂતરને એક કે બે વચગાળાના પદાર્થોથી ગર્ભિત કરવામાં આવે છે. પછી બીજા પદાર્થ સાથે રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરીને રંગને વિકસિત કરવામાં આવે છે. આવા રંગ પાણીમાં ઓગળતા નથી. આમ, કાપડ અથવા સૂતર ઉપર જ રંગ તૈયાર થાય છે. તેથી તેમને ક્રમવિકસિત યાને આંતરિક વિકસિત રંગો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. દા. ત. પેરા-રેડથી કાપડને રંગવા માટે પહેલાં બીટા-નેપ્થોલને કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં ઓગાળવામાં આવે છે, તેમાં ટર્કી-રેડ ઑઈલના નામે ઓળખાતો પદાર્થ નાખવામાં આવે છે. આ ટર્કી-રેડ ઑઈલ એટલે એરંડિયાના તેલ ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની પ્રક્રિયા કરી બનાવવામાં આવતો પદાર્થ. આ રીતે તૈયાર થતા દ્રાવણથી કાપડને ગર્ભિત કરવામાં આવે છે. ત્યાર પછી બરફ જેટલા ઠંડા પેરાનાઈટ્રોએનિલિનમાંથી સોડિયમ નાઈટ્રાઈટની પ્રક્રિયાથી તૈયાર કરેલા દ્રાવણમાં કાપડને ડબાડવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે કરવાથી રાસાયણિક પ્રક્રિયા દ્વારા પેરા-રેડ રંગ બને છે.

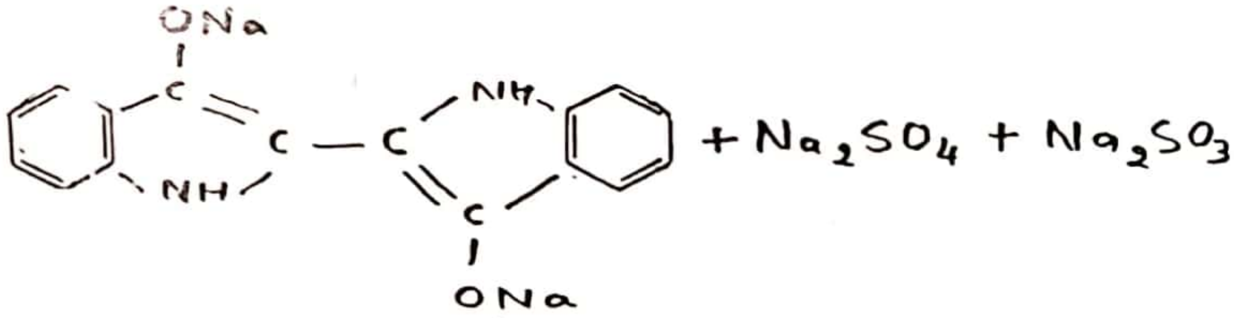


પેરાનાઈટ્રો એનિલિનમાંથી બનાવેલો પદાર્થ બીટા નેપ્થોલ પેરારેડ

'વૅટ-રંગો'ને નામે ઓળખાતા પદાર્થો સહેલાઈથી રિડયુસ કરી શકાય છે. જ્યારે તે રિડયુસ કરેલ દશામાં આવે છે ત્યારે તે રંગહીન લ્યુકો અથવા વૅટ સ્વરૂપ ધારણ કરે છે અને પાણીમાં ઓગળે છે. જ્યારે રેષાઓને વૅટથી ગર્ભિત કર્યા બાદ તેના ઉપર ઑક્સિડેશનની પ્રક્રિયા કરતાં તે રંગ ફરી ઊઘડે છે. આ રીતે તૈયાર થતો રંગ ધોલાઈ, પ્રકાશ અને રસદ્રવ્યો સામે ટકી રહે છે. એ દૃષ્ટિએ વૅટ-રંગો પાકા હોય છે. દા. ત. ગળી. આ અલ્ટ્રામેરિન નથી; વૅટ-રંગ છે. જ્યારે વૅટ-રંગો ઉપર સોડિયમ હાઇડ્રોસલ્ફાઇટના આલ્કલાઇન દ્રાવણની ક્રિયા થાય છે ત્યારે તેઓનું રિડક્શન થાય છે અને 'વૅટ' મળે છે. આ વૅટનું હવા, પરબોરેટ અથવા ડાઈક્રોમેટથી ઑક્સિડેશન થાય છે ત્યારે રંગ દેખા દે છે. રૂ અને રેયૉનને અથવા કવચિત્ રેશમને રંગવા માટે ગળી વપરાય છે.



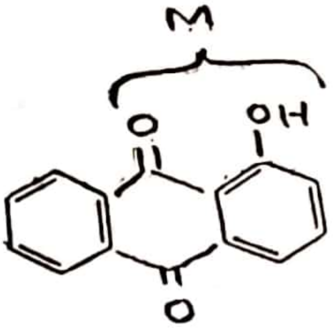
ઇન્ડિગો (બ્લુ) સોડિયમ હાઇડ્રોસલ્ફાઇટ કૉસ્ટિક સોડા



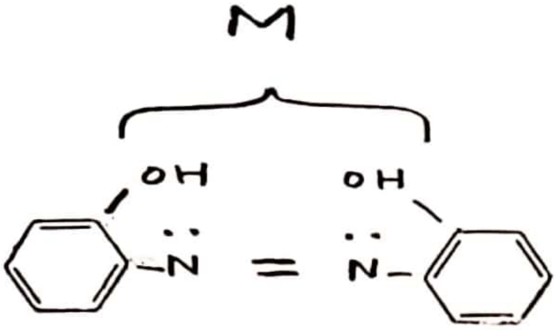
ઇન્ડિગો [સફેદ] સોડિયમ સલ્ફેટ સોડિયમ સલ્ફાઇટ

હવા, પરબોરેટ અથવા ડાઇક્રોમેટની પ્રક્રિયા દ્વારા ઇન્ડિગો–બ્લુ

રંગબંધકો દ્વારા સ્થાયી થતા સ્થાપક રંગો જુદી જુદી ધાતુઓ સાથે સંયોજિત થઈ વિવિધ પ્રકારના ધાતુ-સંકીર્ણ (metal complex) ઉત્પન્ન કરી શકે છે. આ રંગોની કેટલીક લાક્ષણિકતાઓ નિશ્ચિત થયેલી છે. તે રંગની સંરચનામાં એક લવણજનક સમૂહ હોવો જોઈએ; પોતાની પાસેના અબદ્ધ ઇલેક્ટ્રૉનનું પ્રદાન કરી શકે એવો બીજો સમૂહ હોવો જોઈએ. આમ બે જાતના સમૂહો વડે રંગ ધાતુના પરમાણુને પકડીને ધાતુ-સંકીર્ણ ઉત્પન્ન કરે છે. દા. ત. મજીઠમાં રહેલા એલિઝરિનમાં હાઇડ્રૉકિસલ (–OH) સમૂહ લવણજનક છે અને કાર્બોલિન સમૂહ (–C–Ö:)માં રહેલાં ટપકાંથી બતાવેલા અબદ્ધ ઇલેક્ટ્રૉનો આપી શકે એવો સમૂહ છે. આવી જ રીતે ઓરથો-ઓરથો ડાઈહાઇડ્રૉકિસ એઝો રંગો પણ ધાતુ-સંકીર્ણ બનાવે છે. ક્રોમિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ અને લોહનાં લવણો રંગબંધક તરીકે વપરાય છે.



એલિઝરિન M=ધાતુ



ઓરથો-ઓરથો ડાઇહાઇડ્રોક્સિ એઝો–રંગ

વૅટ-રંગની માફક સલ્ફર (ગંધકયુક્ત) રંગોનું, રિડક્ષન થતાં, પાણીમાં ઓગળે એવા નિર્વર્ણ (લ્યુકો) બેઝમાં પરિવર્તન થાય છે. આ 'નિર્વર્ણ' પદાર્થોને કાપડના રેષાઓ સાથે રાસાયણિક મમતા હોય છે. તેથી તે તેના ઉપર ચોંટે છે. જ્યારે 'નિર્વર્ણ'નું રેષા ઉપર ઑક્સિડેશન થાય છે ત્યારે મૂળ રંગ દેખા દે છે. સલ્ફર રંગોમાં વર્ણજનક તરીકે – S – હોય છે. સોડિયમ સલ્ફાઇડ વડે સલ્ફર રંગનું રિડક્ષન થાય છે. ઘણુંખરું સલ્ફર રંગો સુતરાઉ કાપડને લગાડવામાં આવે છે. નારંગી, લાલ, કથ્થાઈ, ભૂરા, લીલા અને કાળા એવા વિવિધ પ્રકારના રંગો આ વર્ગમાં મળે છે. છતાં કિંમતમાં સસ્તા હોય છે. સલ્ફર રંગોની સંરચના બહુ અટપટી હોય છે.

આમ, આપણે જુદા જુદા રંગોનો સામાન્ય પરિચય સાધ્યો.–જોકે તે અપૂર્ણ લાગવાનો જ. આ ટૂંકા લેખમાં રાસાયણિક સમૂહને આધારે વર્ગીકરણ અને તેનાં દૃષ્ટાંત આપવાનું અસંભવિત છે. માત્ર નિર્દેશ ખાતર આપણે બે વર્ગનો ઉલ્લેખ કરી લઈએ કારણ કે તે વર્ગના રંગોનું ઔષધીય દૃષ્ટિએ પણ મહત્ત્વ છે.

એક છે ટ્રાઇફિનાઈલ રંગો અને બીજા છે એક્રિડિન રંગો. ટ્રાઇફિનાઇલ રંગો પૈકી ક્રિસ્ટલ વાયોલેટ, મિથાઇલ વાયોલેટ, મેલેચાઇટ ગ્રીન, ઓરેમાઇન વગેરે જીવાણુ-નિરોધક ક્રિયાશીલતા બતાવે છે અને તેથી ચેપનાશક (antiseptic) તરીકે વપરાય છે. એક્રિડિન રંગો પૈકી, ઔષધ તરીકે વપરાતું એક્રિફ્લેવિન પ્રોફ્લેવિન અને તેના મેથોક્લોરાઇડનું મિશ્રણ હોય છે. આમાં જીવાણુ-રોધક ક્રિયાશીલતા હોય છે તેથી ઘાના ઉપચારમાં વપરાય છે. આ ઉપરાંત કેટલાક એઝો રંગો પણ ઍન્ટિસેપ્ટિક ગુણવાળા પ્રાપ્ત થાય છે, અને તેઓ એક્રિડિન રંગો કરતાં ચડિયાતા છે; કારણ કે તે ઘા ઉપર આવતી ચામડીની વૃદ્ધિમાં સહાયક નીવડે છે, ઔષધીય રંગો પૈકી મેથિલિન બ્લુનું ઐતિહાસિક મહત્ત્વ છે. ડૉ. એહર્લિકના રસાયણ-ચિકિત્સાના શરૂઆતના પ્રયોગો રંગો ઉપરના હતા અને તે પૈકી મેથિલિન બ્લુ એક હતો.

રાસાયણિક વર્ગ મુજબ જુદા જુદા રંગ બનાવટની પદ્ધતિ જુદી જુદી હોય છે. છતાંય એટલું ચોક્કસ છે કે ડામરમાંથી મળેલા બેન્ઝિન, ટોલ્યુઇન, નેપ્થેલિન અને એન્થ્રેસિન જેવા સાદા પદાર્થોથી પ્રારંભ કરી, જુદી જુદી એકમવિધિઓ વાપરીને જ બધા રંગો મેળવાય છે.

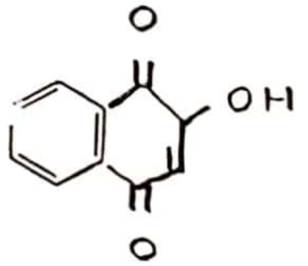
વર્ણકો

વર્ણકો કાર્બનિક તેમ જ અકાર્બનિક હોય છે. અકાર્બનિક સફેદ વર્ણકો પૈકી વ્હાઈટ લેડ [$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$,], ઝિંક ઑક્સાઇડ (ZnO), લિથોપોન [$ZnS+BaSO_4$], અને ટીટેનિયમ ઑક્સાઇડ [TiO_2] મુખ્ય મુખ્ય વર્ણકો છે. પ્રશિયન બ્લુ [$Fe(FeCN)_6$], લેડ ક્રોમેટ [$PbCrO_4$], રેડ લેડ [Pb_3O_4], ફેરિક ઑક્સાઈડ [Fe_2O_3], ક્રોમિયમ ઑક્સાઇડ [Cr_2O_3] વગેરે રંગીન વર્ણકો છે. આ વર્ણકોને રંગરોગાન માટેનાં યોગ્ય તૈલી મિશ્રણોમાં ભેળવીને વાપરવામાં આવે છે.

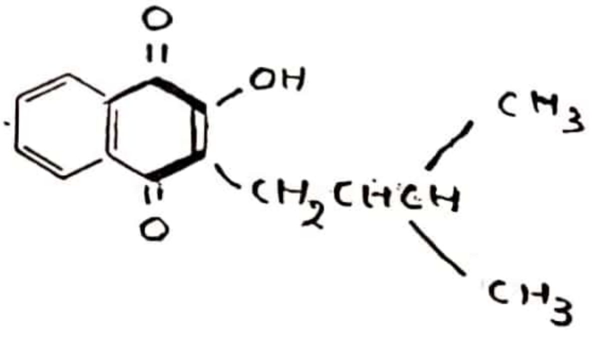
તેઓ કુદરતી રીતે મળતા અથવા સંશ્લેષણ દ્વારા મળતા રાસાયણિક પદાર્થો છે. ઘણુંખરું વર્ણક બારીક ચૂર્ણ હોય છે. તે પાણી કે તેલમાં ઓગળતું નથી. પરંતુ વપરાશ અર્થે તેને ભીંજવ. શકાય છે. વર્ણક અને રંગ વચ્ચે ખાસ સીમા-રેખા નથી; પરંતુ એમ કહી શકાય કે વર્ણકો, કોઈ પણ અપવાદ વગર અદ્રાવ્ય હોય છે. રંગો કાપડ અને બીજા રેષાવાળા અને પ્લાસ્ટિક પદાર્થોને રંગવામાં વાપરી શકાય એવા દ્રાવ્ય પદાર્થો હોય છે. પરંતુ વર્ણકો આ કાર્ય માટે નકામા હોય છે. રંગરોગાનમાં, છાપવાની શાહીમાં, ભોંયતળિયાને રંગીન કરવામાં, રબર અને પ્લાસ્ટિકની બનાવટમાં, ચામડાં, મીણ, ચૉક, ક્રેયૉન વગેરેમાં વર્ણકોનો ઉપયોગ થાય છે.

સૌથી પહેલાં આપણે કેટલાક કાર્બનિક કુદરતી વર્ણકોનો ખ્યાલ કરીએ. વિવરણ માટે આપણે કુદરતી વર્ણકોને ચાર વર્ગમાં વહેંચી નાખીએ: (૧) ક્વિનોન વર્ણકો, (૨) એન્થોસાયનિન અને ફ્લેવોન વર્ણકો (૩) પોલિન વર્ણકો, (૪) પોરફાઇરિન વર્ણકો.

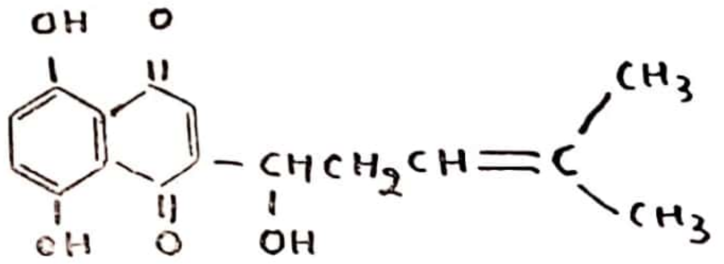
ક્વિનોન વર્ણકો વનસ્પતિ અને પ્રાણી જીવોમાં જોવા મળે છે. દા. ત. મેંદીના પાનમાંથી મળતો પીળો વર્ણક (લોસૉન), કેટલાંક લાકડાંમાંથી મળતો પીળો સ્ફટિકીય પદાર્થ (લેપોકોલ), 'અલ્કાના ટિંકટોરિયા'ના મૂળમાંથી મળતો વર્ણક (અલ્કાનિન), દરિયાઈ અર્ચિનનાં ઈંડાંમાંનો વર્ણક (ઇકિનાક્રોમ-અ) વગેરે આ વર્ગના છે. તેમાં મુખ્યત્વે ક્વિનોન-પ્રણાલીની રચના હાય છે.



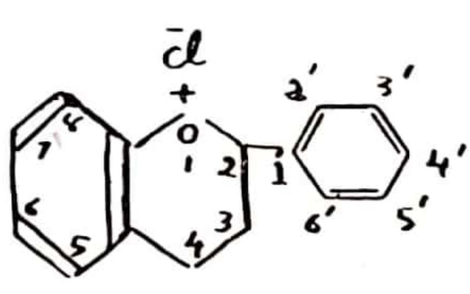
લોસાન (પીળો)



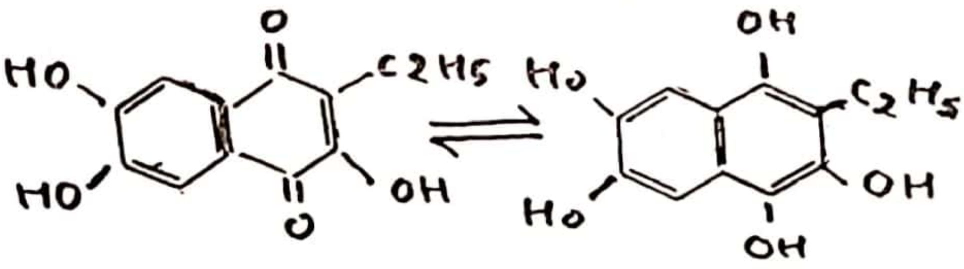
લેપોકોલ (પીળો)



અલ્કાનિન (કથ્થાઈ લાલ)

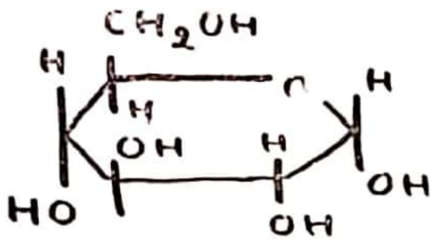


ફ્લાવિલિયમ ક્લોરાઇડ

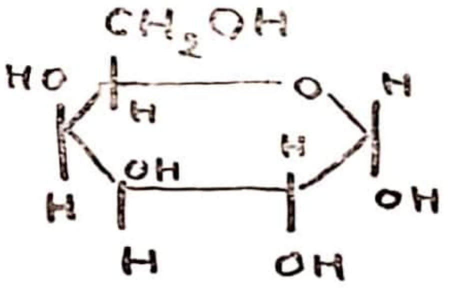


ઇકિનોક્રોમ–એ (લાલ)

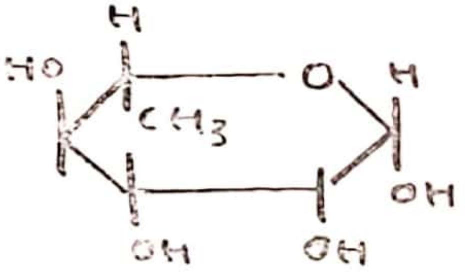
અનેક ફૂલો અને ફળોના વર્ણકો એન્થોસાયનિન વર્ગના હોય છે. આ વર્ણકોની વિશિષ્ટતા એ છે કે તેના આણુમાં રંગીન ભાગ સાથે સાકરદ્રવ્યના આણુઓ સંયોજિત હોય છે. સાકરરહિત રંગીન ભાગને એન્થોસાયનિડિન કહે છે. આ ફ્લાવિલિયમ ક્લોરાઇડની આસપાસ ૩, ૪, ૫, ૬, ૭ અને ૮ સ્થાનો અને ૨', ૩', ૪', ૫', ૬', સ્થાનો ઉપર યોગ્ય સમૂહો અને સાકરદ્રવ્યના આણુ લગાડવાથી જુદાં જુદાં ફૂલોના વર્ણકોનો આવિર્ભાવ થાય છે. આ વર્ણકોમાં ખાસ કરીને વલયો ઉપર હાઇડ્રોક્સિલ ($-OH$) અથવા/અને મેથોક્સિ ($-OCH_3$) સમૂહો હોય છે. ઉપરાંત ગ્લુકોઝ, ગેલેક્ટોઝ અને રેમ્નાઝ નામના સાકરદ્રવ્યના એક કે બે આણુઓ વળગેલા હોય છે. દા. ત.



ગ્લુકોઝ



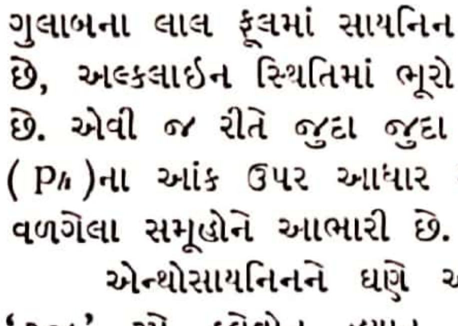
ગેલેક્ટોઝ



રેમ્નોઝ

ગુલાબના લાલ ફૂલમાં સાયનિન નામનો વર્ણક હોય છે. આ વર્ણક ઍસિડયુક્ત સ્થિતિમાં લાલ હોય છે, અલ્કલાઇન સ્થિતિમાં ભૂરો હોય છે; પરંતુ લગભગ ન્યૂટ્રલ સ્થિતિમાં જાંબુડો (વાયોલેટ) હોય છે. એવી જ રીતે જુદા જુદા રંગો તેમનામાં રહેલા વર્ણક તથા તેજાબિતા (ઍસિડિટી) પીએચ (p_H)ના આંક ઉપર આધાર રાખે છે. આમ, ફૂલોના રંગોનું વૈવિધ્ય ફ્લાવિલિયમની આસપાસ વળગેલા સમૂહોને આભારી છે.

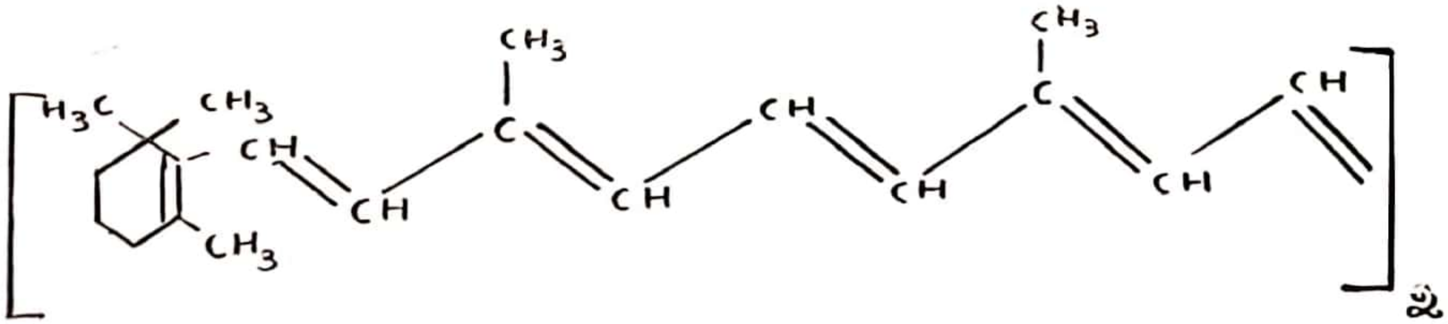
એન્થોસાયનિનને ઘણે અંશે મળતા આવતા ફ્લેવેનોન વર્ણકો છે. ફૂલ તથા પાન ઉપરની 'રજ' રૂપે ફ્લેવોન હયાત હોય છે. તેની સામાન્ય સંરચના બતાવે છે કે ચોથા સ્થાન ઉપર $>C=O$ સમૂહ હોય છે. જ્યારે ૩, ૩,' ૪,' ૫ અને ૭ સ્થાનો ઉપર OH સમૂહ હોય છે ત્યારે કવરસેટિન નામના ફ્લેવોન મળે છે.



ફ્લેવોન

વનસ્પતિના પાનમાં ક્લોરોફિલની સાથે કેરોટિન નામનો વર્ણક હોય છે. કેરોટિન જેવા વર્ણકોને 'કેરોટિનોઇડ' કહે છે. કેરોટિનોઇડો વનસ્પતિ તેમ જ પ્રાણીજીવનમાં વિસ્તરેલા હોય છે. રાસાયણિક દૃષ્ટિએ તેને 'પોલિઇન' કહેવાય છે કારણ કે તેના આણુમાં ઘણાં દ્વિબંધનો આવેલાં હોય છે. તેના મૂળ હાઇડ્રોકાર્બનનું આણુસૂત્ર $C_{40}H_{56}$ છે. તેના આણુમાં વલયો હોય કે ન પણ

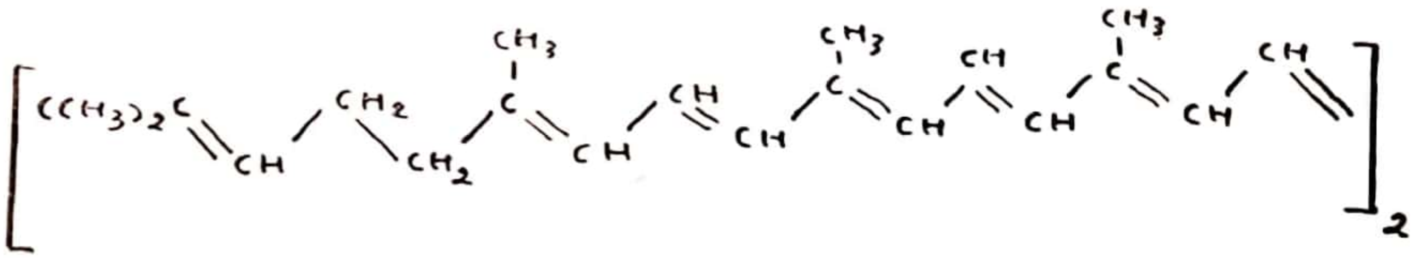
હોય; પરંતુ દ્વિબંધવાળી શૃંખલા અવશ્ય હોવી જોઈએ. દા. ત. ગાજરમાં રહેલ મુખ્ય બીટા-કેરોટિનની સંરચના આ પ્રમાણે છે:



બીટા-કેરોટિન

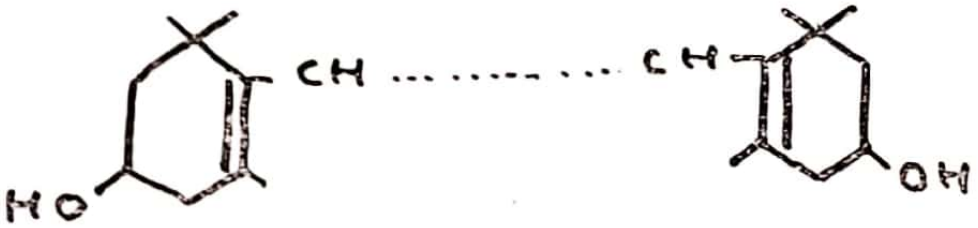
બીટા-કેરોટિનનું સૂત્ર વિટામિન એ થી બમણું છે તેથી કેરોટિનવાળી ચીજો ખાવાથી શરીરને વિટામિન એ મળી રહે એ સંભવિત છે.

ટામેટાનો લાલ વર્ણક, લાયકોપિન પણ પોલિઈન વર્ગનો છે. તેના આણુસૂત્રમાં એક પણ વલય નથી, માત્ર દ્વિબંધોવાળી મોટી શૃંખલા છે.



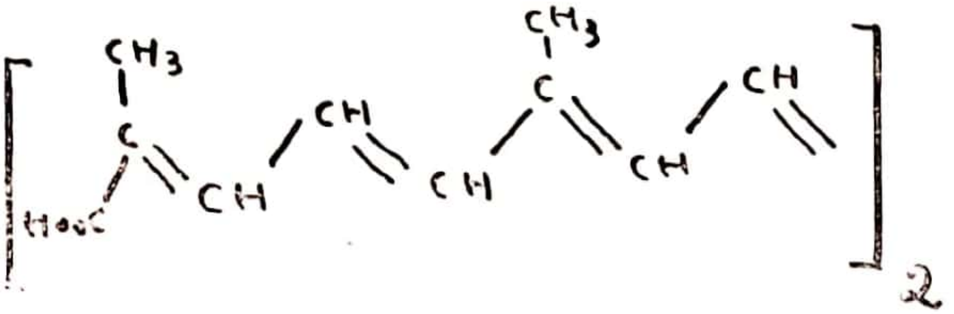
લાયકોપિન

પોલિઈન વર્ણકો પૈકી ઑક્સિજન સમૂહવાળા ઝાન્થાફિલો કહેવાય છે. દા. ત. મકાઈના દાણામાં રહેલો પાળો ઝિઆન્થિન આ વર્ગના છે. તેની આણુ-સંરચના બીટા-કેરોટિન જેવી હોય છે. માત્ર તફાવત એટલો જ છે કે વલયમાં વધારાના હાઈડોકિસલ (–OH) સમૂહ હોય છે.



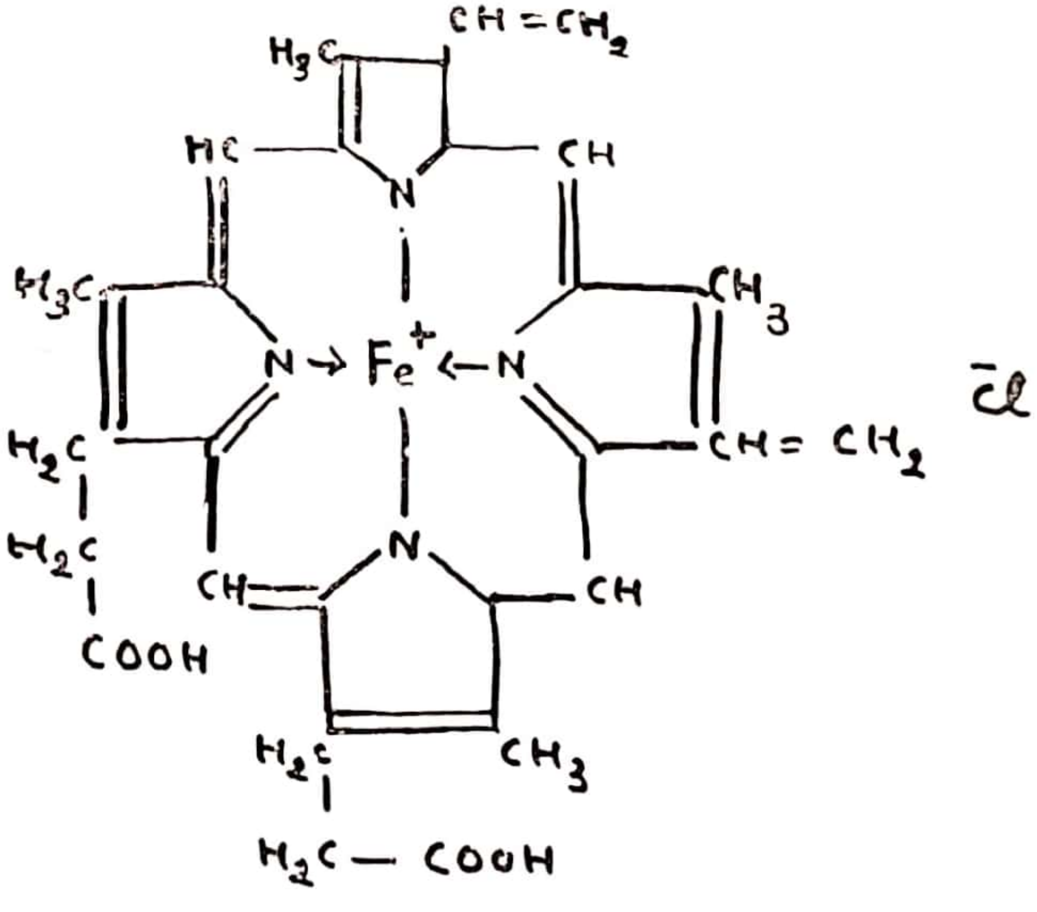
ઝિઆન્થિન

ક્રોસેટિન કેસરમાં જેન્શીઓબાયોઝ નામના સાકરદ્રવ્ય સાથે સંયોજિત અવસ્થામાં હોય છે. ક્રોસેટિનની સંરચના ઉપરથી સ્પષ્ટ થશે કે કેસરનો રંગ પણ પોલિઇન વર્ણકને આભારી છે.

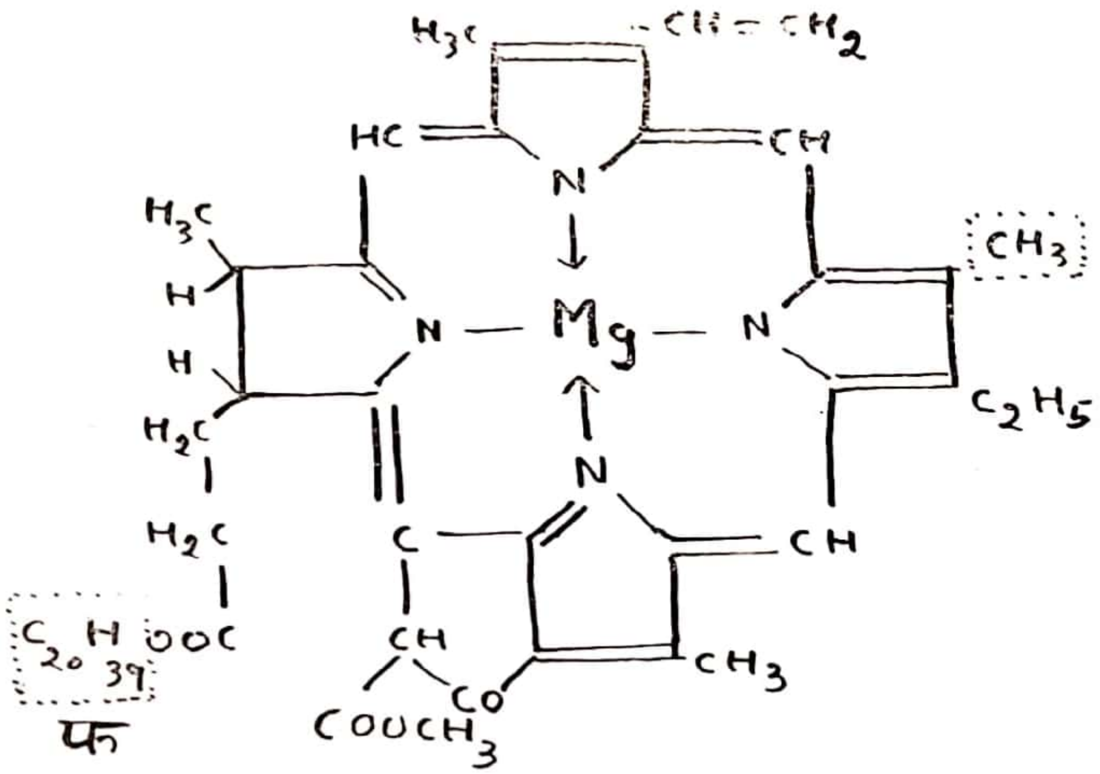


ક્રોસેટન

કુદરતમાં 'પોરફાઈરિન' વર્ગના બે અગત્યના વર્ણકો છે: એક છે ક્લોરોફિલ અને બીજો છે હેમિન. લીલી વનસ્પતિનાં પાંદડાંઓમાં ક્લોરોફિલ વિસ્તરેલો હોય છે. પ્રાણીમાત્રના લોહીમાં હેમોગ્લોબિન તરીકે હેમિન વ્યાપક છે. હેમોગ્લોબિન એક પ્રોટીન છે જેમાં ૯૪% ગ્લોબિન નામનું પ્રોટીન છે અને ૬% હેમિન હોય છે. તેના સ્ફટિકનો રંગ તેની આરપાર આવતા પ્રકાશમાં કથ્થાઈ અને તેના ઉપરથી પાછા ફેંકાતા પ્રકાશમાં પોલાદી ભૂરો હોય છે. આમાં રહેલા લોહના પરમાણુ રિડ્યુસ્ડ અવસ્થામાં હોય છે. આને લીધે તે ઑક્સિજન ગ્રહણ કરે છે. લોહીના રક્તકણમાં ચાલતા ઑક્સિજન વિનિમય માટે આ હેમિન જવાબદાર છે. હેમિનની સંરચનાને જોતાં સ્પષ્ટ થશે કે પ્રકૃતિ સૂક્ષ્મમાં સૂક્ષ્મ અણુમાં પણ કલા પાથરવાનું ચૂકી નથી.



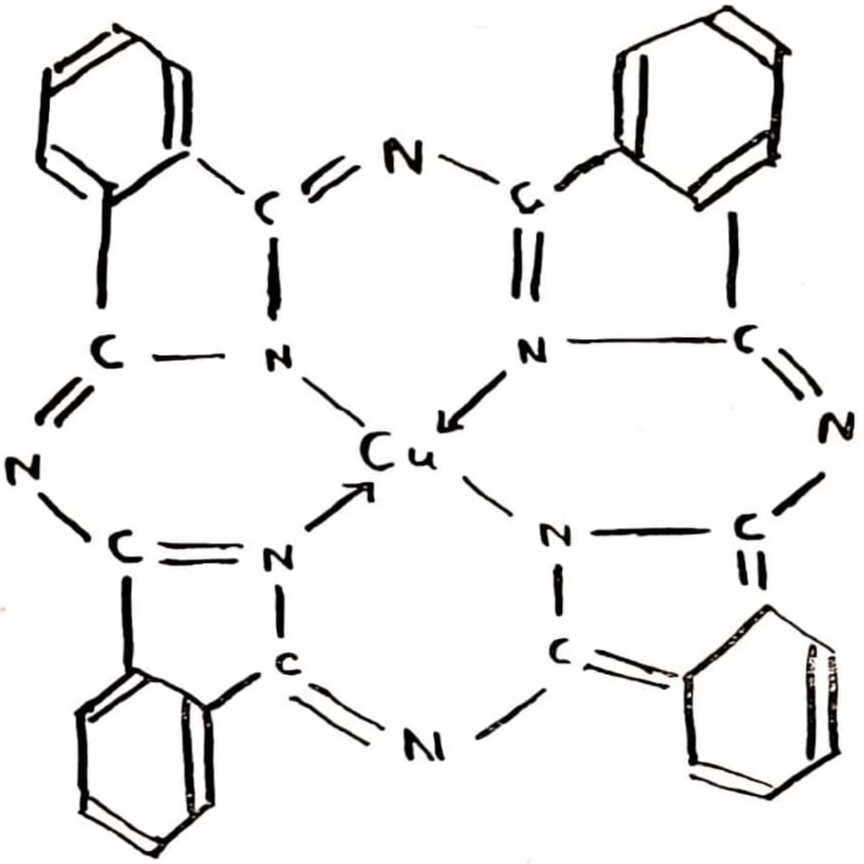
હેમિન



કલોરોફિલ – ए

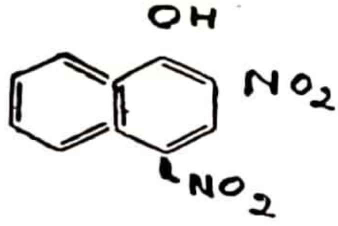
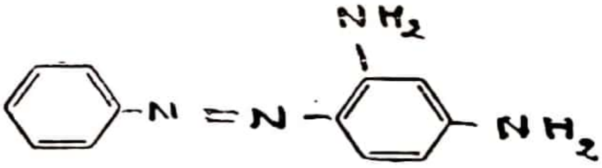
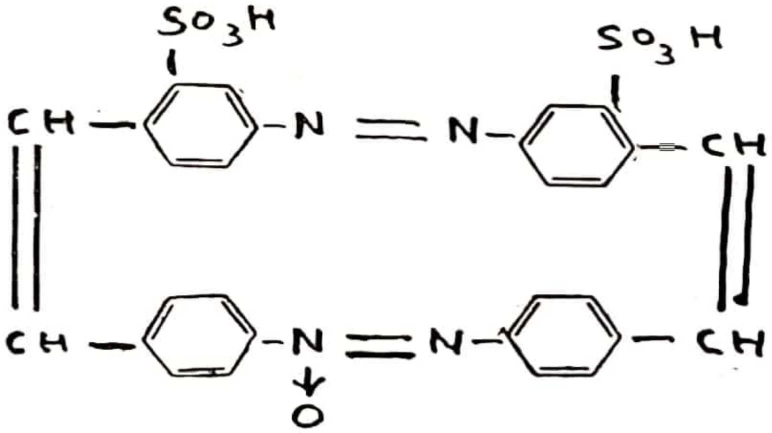
આ કલામય આકૃતિ પોરફાઈરિન વલય-પ્રણાલી ઉપર રચાયેલી છે. નવાઈની વાત એ છે કે વનસ્પતિનાં વ્યાપક લીલા કલોરોફિલમાં પણ આ વલય-પ્રણાલી હોય છે. વનસ્પતિમાં પ્રકાશસંશ્લેપણના કાર્યમાં કલોરોફિલ મહત્ત્વપૂર્ણ ભાગ ભજવે છે. કલોરોફિલના બે પ્રકાર હોય છે. બેને અલગ ઓળખવા માટે કલોરોફિલ-ए અને કલોરોફિલ-बी એવાં નામ આપવામાં આવ્યાં છે. એ બે વચ્ચે નજીવો તફાવત છે. આકૃતિમાં લંબવર્તુળમાં બતાવેલા મિથાઈલ ($-CH_3$) સમૂહને બદલે $-CHO$ સમૂહ હોય છે ત્યારે તે કલોરોફિલ-बी કહેવાય છે. હેમિન અને કલોરોફિલ વચ્ચે દેખીતો તફાવત હોય તો તે ધાતુના પરમાણુનો છે. હેમિનમાં લોહનો પરમાણુ હોય છે પરંતુ કલોરોફિલમાં મૅગ્નેશિયમનો હોય છે. ઉપરાંત કલોરોફિલમાં એક વધારાનું વલય (व) અને લાંબી પાર્શ્વશૃંખલા $-C_{20}H_{39}$ (फ) (ફાઈટિલ સમૂહ) હોય છે.

કલાત્મક સંરચનાની દૃષ્ટિએ હેમિન અને કલોરોફિલની સ્પર્ધા કરી શકે એવાં સંશ્લેષિત થેલોસાયનિનો છે. આ વર્ગના વર્ણકનો ઈતિહાસ રોમાંચક છે. ઈ. સ. ૧૯૨૮માં સ્કૉટિશ ડાઈઝ લિમિટેડના કારખાનામાં એક આકસ્મિક શોધ થઈ અને આ વર્ગના વર્ણકનો ઉદ્ભવ થયો. લોખંડના વાસણમાં નેપ્થેલિનમાંથી મળતા થેલિક ઍસિડ અને એમોનિયા વચ્ચે રાસાયણિક પ્રક્રિયા ચાલી રહી હતી ત્યારે તૈયાર થતા થેલિમાઈડમાં ભૂરો રંગ પેદા થતો હતો. આમ થવાનું કારણ કોઈક અપરિચિત વર્ણક હતો. તેની સંરચના નિશ્ચિત કરતાં છ વર્ષ વીત્યાં. ત્યાર પછી તો તાંબું, મૅગ્નેશિયમ, સીસું વગેરે ધાતુઓ સાથે જુદી જુદી જાતના રંગવાળા વર્ણકો પેદા કરી શકાયા છે. સૌથી પહેલા બજારમાં મુકાયેલો વર્ણક કૉપર થેલોસાયનિન હતો. તેની સંરચના પણ કળામય છે. આને મોનેસ્ટ્રાલ ફાસ્ટ બ્લુ બી. એસ.ના નામથી ઓળખવામાં આવે છે.

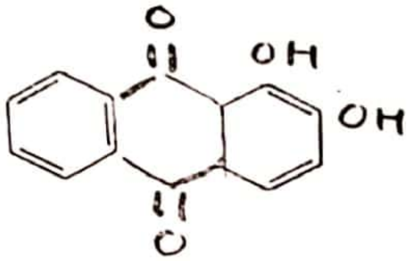
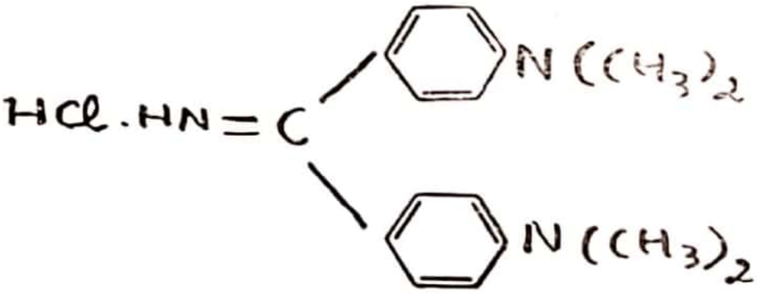


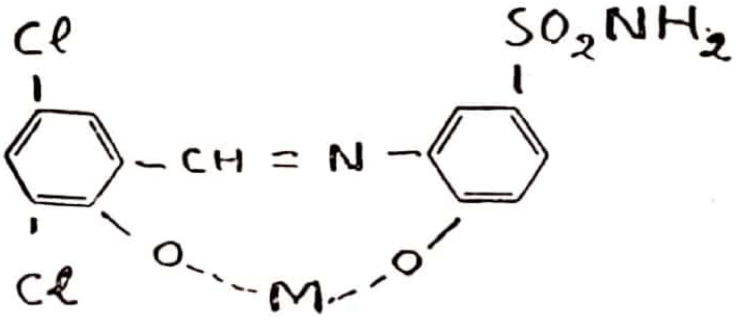
મોનેસ્ટ્રાલ ફાસ્ટ બ્લુ બી. એસ.

ધાતુ વગરનો વર્ણક ભૂરાશ પડતો લીલો હોય છે. તાંબા સાથે ગાઢો ભૂરો વર્ણક મળે છે. જ્યારે તાંબાવાળા વર્ણકમાં હાઈડ્રોજનને બદલે પંદરથી સોળ ક્લોરિન દાખલ કરવામાં આવે છે તો લીલો વર્ણક મળે છે. સામાન્ય રીતે આ વર્ણકો અદ્રાવ્ય હોય છે; પરંતુ તેમાં બે હાઈડ્રોજનને બદલે સલ્ફોનિક સમૂહ ($-SO_3H$) દાખલ કરવામાં આવે છે ત્યારે લીલો વર્ણક મળે છે અને તે દ્રાવ્ય હોય છે. થેલોસાયનિનોના જુદા જુદા ઉપયોગ થાય છે. શોભાવનારા અનેમલો, ફિનિશો, લિનોલિયમ, પ્લાસ્ટિક, મુદ્રણની શાહીઓ, ભીંતપત્રા, રબરની ચીજો વગેરેમાં આ વર્ણકો વપરાય છે.

સમૂહો	સમૂહનાં સૂત્રો	દૃષ્ટાંત
નાઈટ્રોસો સમૂહ	—NO (અથવા = NOH)	ડાઈનાઈટ્રોસો રિસોર્સિનોલ
નાઈટ્રો સમૂહ	$—NO_2$ (અથવા = NO.OH)	 માર્શિયસ યલો
અઝો સમૂહ	— N = N —	 ઍનિલિન યલો
ઈથિલિન સમૂહ	>C = C<	 સન યલો

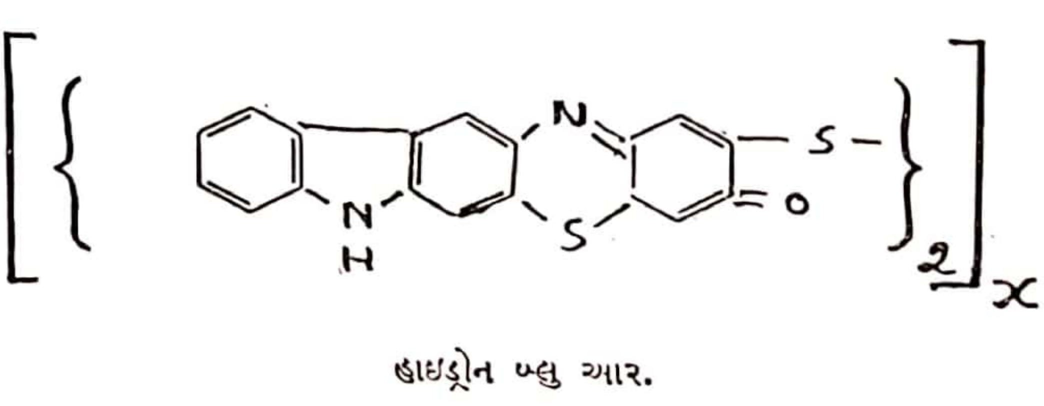
વર્ણમૂલકો

સમૂહો	સમૂહનાં સૂત્રો	દૃષ્ટાંત
કાર્બોનિલ સમૂહ	>C = O	 એલિઝારન
કાર્બન-નાઇટ્રોજન સમૂહો	>C = NH અને —CH = N	 ઓરેમાઇન



M = ધાતુનો પરમાણુ

પરલોન ફાસ્ટ યલો આર. એસ.

સલ્ફર સમૂહો	>C = S અને ->C—S—S—C<-	 હાઇડ્રોન બ્લુ આર.

૧૫ : સંશ્લેષિત ઔષધો

આધુનિક ઔષધરસાયણની ભવ્ય કલ્યાણકારી સિદ્ધિઓ કોઈ ચમત્કાર નથી; પરંતુ છેલ્લા સાત દાયકામાં ચિકિત્સકો અને ઔષધવિદો (pharmacologist)ના સહકારથી રસાયણવિદોએ કરેલાં અન્વેષણોનું ફળ છે. ઔષધરસાયણ સાથે સંકળાયેલા ઇતિહાસની કેટલીક સુવિખ્યાત વ્યક્તિઓ અને તેમના અગત્યના ફાળા વિષે 'સ્વાસ્થ્ય દર્શન'માં કેટલોક ઉલ્લેખ થયો છે. અહીં ઔષધરસાયણના ઉજ્જવળ વિકાસનું સમગ્ર ચિત્ર આપવાનો મર્યાદિત પ્રયાસ છે.

રસાયણવિદોએ ઔષધક્ષેત્રે ઝંપલાવ્યું તે પહેલાં વૈદકવિજ્ઞાન વિકસ્યું તો હતું જ. એ વિકાસની પાછળ અનુભવદૃષ્ટિ રહેલી હતી. વનસ્પતિજન્ય, પ્રાણીજન્ય તેમ જ કેટલાક ખનિજ પદાર્થોની ઔષધક્ષેત્રે તેમણે પ્રતિષ્ઠા કરી હતી. આ જ્ઞાન પરંપરાગત ચાલ્યું આવતું હતું. જુદા જુદા વૈદો કે ડૉક્ટરો અખતરા કરી કરીને કેટલીક વનસ્પતિ કે ખનિજના ઔષધીય ગુણ ખોળી કાઢતા. પરંતુ એ બધો વિકાસ 'પ્રયાસ કરો અને ભૂલ્યા ત્યાંથી ફરીથી ગણો' એવી ભૂલસુધારપદ્ધતિને આધારે થયેલો. વર્ષોના અનુભવથી અમુક પ્રકારના રોગમાં અમુક ઉપાયો કે ઔષધો ખપમાં આવે એવા નિર્ણયો થયેલા. પરંતુ ઔષધ તરીકે વાપરવામાં આવતી વનસ્પતિજન્ય, પ્રાણીજન્ય કે ખનિજ વસ્તુઓ રાસાયણિક દૃષ્ટિએ કંઈ નિતાન્ત શુદ્ધ પદાર્થો નહોતા. ટાઢિયા તાવમાં સિંકોનાના વૃક્ષની છાલ વપરાતી હતી પણ એ છાલમાં અનેક પદાર્થો હતા. લોકો તો તેના ચૂર્ણ અથવા ઉકાળાનો ઉપયોગ કરી મલેરિયાજ્વર મટાડતા. રસાયણવિદોએ ઔષધક્ષેત્રે ઝંપલાવ્યું ત્યારે ઔષધક્ષેત્રે આવી પરિસ્થિતિ હતી. તેમને તો મલેરિયા મટાડવામાં સિંકોના વૃક્ષની છાલમાંના અનેક પદાર્થો પૈકી કયો પદાર્થ ઔષધીય ગુણ ધરાવે છે અને કયા પદાર્થો ફાલતુ છે તેનું અન્વેષણ જરૂરી લાગ્યું, એટલે કે વિવિધ રોગો મટાડતી ભિન્ન ભિન્ન ચીજોમાં 'ઔષધીય સત્ત્વ' (active principle) કયું છે તે જાણવું આવશ્યક જણાયું અને તે જ્ઞાન પ્રાપ્ત કરવાની ઝંખના જાગી. તેમની આ ઝંખનાને પરિણામે ઔષધીય વિજ્ઞાન બીજે તબક્કે પહોંચ્યું. તે વખતે પરિચિત ઔષધોમાં રહેલા શુદ્ધ ઔષધીય સત્ત્વને બીજા ફાલતુ પદાર્થોથી અલગ કરવાની રીતો તેમણે શોધી. દાખલા તરીકે, અફીણના આલ્કલોઇડોમાંથી સેટર્નરે ઈ. સ. ૧૮૧૬માં મૉર્ફિન જુદું પાડયું; ઈ. સ. ૧૮૮૭માં નગાઈએ એફેડ્રા વલ્ગારિસમાંથી એફેડ્રિન જુદું તારવી કાઢયું. સિંકોનાની છાલમાંથી ઈ. સ. ૧૮૨૦માં પેલેશિયે અને કેવન્ટોએ કિવનીન અલગ પાડયું. ફાર્માકોપિયામાં વપરાતા પદાર્થોમાંથી ઉત્તરોત્તર શુદ્ધ ઔષધીય સત્ત્વો જુદાં તારવવામાં રસાયણવિદો કામે લાગી ગયા અને ડૉક્ટર સંશોધકો તે સત્ત્વોની પ્રત્યક્ષ અજમાયશ કરી તે તે ઔષધની ચોક્કસ માત્રા નક્કી કરવામાં કામે લાગી ગયા.

સૌ પ્રથમ તો આવા ઔષધીય સત્ત્વ તરીકે તારવી કાઢેલા પદાર્થના શુદ્ધ કરેલા નમૂના લઈ તેમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન વગેરે મૂળતત્ત્વો કેટકેટલા પ્રમાણમાં રહેલાં છે તે

નક્કી કરવા તેનું તાત્ત્વિક વિશ્લેષણ કરવું પડે. આમાંથી મૂળતત્ત્વોના પરમાણુભારને આધારે પારસ્પરિક મૂળતત્ત્વોનું પ્રમાણ નક્કી કરવું પડે, અને એ પ્રમાણની મદદથી પ્રયોગનિર્ણીત સૂત્ર (empirical formula) ગણતરીથી નક્કી કરી શકાય. ત્યાર બાદ આણુભાર અંગેના પ્રયોગો વડે એનો આણુભાર નક્કી કરી તેનું આણુસૂત્ર નિશ્ચિત કરવું પડે. આ પ્રારંભિક વિશ્લેષણની સાથોસાથ એ સત્ત્વમાં ક્રિયાશીલ પરમાણુ-સમૂહો કયા અને કેટકેટલા છે તે પણ જાણવું પડે. વળી તેમાં ઑક્સિજન-યુક્ત સમૂહો (ગ્રૂપ) પૈકી હાઇડ્રૉક્સિલ ($-OH$), મેથોક્સિ ($-OCH_3$), કાર્બોક્સિલ ($-COOH$), એસ્ટર ($-COOR$) જેવા સમૂહો છે કે નહીં તે પણ શોધવું પડે અને જો એ હોય તો તે કેટકેટલી સંખ્યામાં છે તે નક્કી કરવું પડે. તમામ પ્રકારના આલ્કલોઇડમાં નાઇટ્રોજનની હાજરી હોય છે જ એટલે તે નાઇટ્રોજન વલય (ring)માં છે કે મુક્ત સમૂહ તરીકે છે તે પણ નક્કી કરવું પડે. વળી આલ્કલોઇડમાં વલયપ્રણાલીનાં સ્વરૂપ પણ જાણવાં પડે. આ ઉપરથી સ્પષ્ટ થશે કે આ વિશ્લેષણનો ત્રીજો તબક્કો — ઔષધીય સત્ત્વની સંરચના જાણવાનો — ખૂબ શ્રમ માગે તેવો હોય છે. ઔષધ તરીકે વપરાતાં અનેક આલ્કલોઇડો, વિટામિનો અને હોર્મોનની સંરચનાની પાકી સમજણ મેળવવામાં અનેક રસાયણવિદોએ વર્ષો સુધી પરસેવો પાડયો છે.

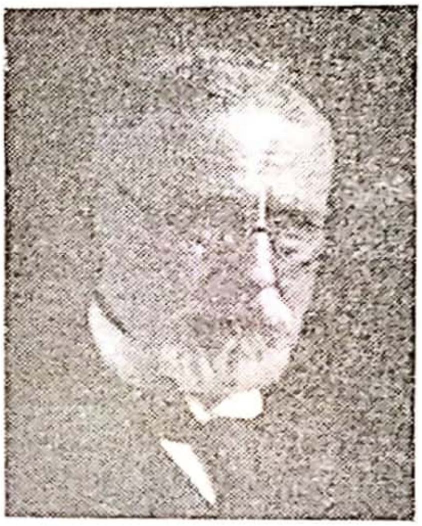
ચોથે તબક્કે રસાયણવિદોએ જ્ઞાત સંરચનાવાળા ક્રિયાશીલ પદાર્થોના સંશ્લેષણનું કાર્ય હાથ ધર્યું. આ કામ વિશ્લેષણ કરતાં વધારે મુશ્કેલ હતું. જોકે સાદા કાર્બનિક પદાર્થોનાં સંશ્લેષણની રીતો તો રસાયણવિદોને હસ્તગત હતી છતાંય ક્વિનીન જેવા પદાર્થનું સંશ્લેષણ સિદ્ધ કરવું મુશ્કેલ હતું. ડબ્લ્યુ. એચ. પર્કિને એલાઇલ ટોલ્યુડિન નામના પદાર્થમાંથી ક્વિનીન બનાવવાનો પ્રયોગ કરેલા; તેમાં તેને સફળતા મળી ન હતી. પરંતુ એને પરિણામે બનાવટી વર્ણકોનો ઉદ્યોગ સ્થાપિત થયો. ક્વિનીનનું પૂર્ણ સંશ્લેષણ તો ઈ. સ. ૧૯૪૪માં વુડવર્ડ અને ડોરિંગને હાથે થયું.

રૉબર્ટ બર્ન્સ વુડવર્ડ
[જન્મ : ૧૯૧૭]

ડબ્લ્યુ. ફૉન ઈ. ડૉરિંગની સહાયથી ૧૯૪૪માં ક્વિનાઈનનું સંશ્લેષણ, ૧૯૫૧માં સહકાર્યકર્તાઓની મદદથી સંપૂર્ણ સંતૃપ્ત સ્ટેરૉઇડનું સંશ્લેષણ, ૧૯૫૯માં સહકાર્યકર્તાઓની મદદથી સ્ટ્રિકનાઇન (ઝેર કચોલાનું અલ્કલોઇડ)નું સંશ્લેષણ, રિસર્પિન (સર્પગંધાનું ઔષધીય સત્ત્વ)નું સંશ્લેષણ તેમ જ એફ. ફિઝર. ઍન્ડ કું. ના રસાયણવિદોના સહકારથી ટેટ્રાસાઇક્લિનનું અને ૧૯૬૦માં ક્લોરોફિલનું સંશ્લેષણ સિદ્ધ કર્યું. તે ઉપરાંત તેમણે સહકાર્યકર્તાઓની મદદથી લેનોસ્ટેરોલ અને કોલ્ચિસાઇનનું સંશ્લેષણ કર્યું. ૧૯૬૫માં તેને તેની સિદ્ધિઓ માટે નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું.

કુદરતમાંથી મળતા ક્રિયાશીલ પદાર્થો ઔષધમાં વપરાતા હતા; પરંતુ ૧૯મી સદીના છેલ્લા બે દાયકાઓમાં કુદરતમાં શોધ્યાય ન જડે તેવા કેટલાક પદાર્થોનાં સંશ્લેષણ શક્ય બન્યાં. ઈ. સ. ૧૮૮૩માં નૉરે જ્વરહારક ઍન્ટિપાયરિન, ઈ. સ. ૧૮૮૮માં બૉમન અને કાસ્ટે નિદ્રાદાયી સલ્ફોનલ

અને ઈ. સ. ૧૮૯૯માં ડ્રેસરે પીડાપહારી એસ્પિરિન બનાવ્યાં. આ ઉપરાંત એ બે દાયકામાં રાસાયણિક પ્રયોગશાળામાં બીજા સંખ્યાબંધ પદાર્થો સંશ્લેષણ દ્વારા બનાવવામાં આવ્યા હતા.



ડૉ. પૉલ એહર્લિક
[૧૮૫૪–૧૯૪૫]

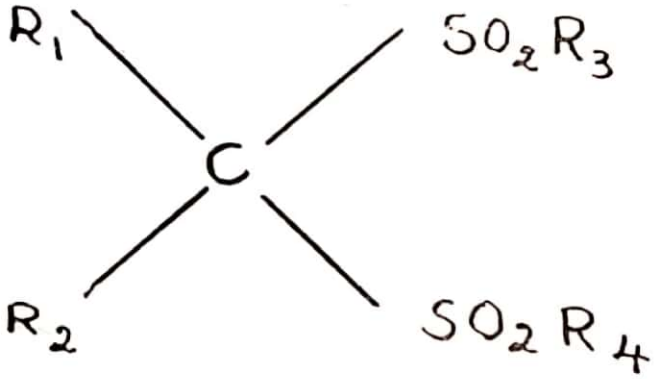
કોઈ કોષના આંતરિક ભાગોને જોવા, જાણવા અને સમજવા માટે તે ભાગોને રંગવા પડે છે. મિથિલિન બ્લુ, રોઝેનિલિન, ઈઓસિન વગેરે રંગો આ માટે વપરાય છે. કોષમાંનો કેન્દ્રભાગ કેટલાક રંગોને પકડી લે છે તો કેટલાક રંગો બહારના પ્રદેશને રંગે છે. આમ ભિન્ન ભિન્ન રંગોની કોષના અમુક ભાગ માટે અભિમુખતા હોય છે, તો બીજા ભાગ માટે વિમુખતા હોય છે. રંગીન પદાર્થોની જેમ રંગહીન પદાર્થોનું પણ આવું ન હોઈ શકે? એવો પ્રશ્ન ડૉ. એહર્લિકને ઊઠ્યો. તે પદાર્થો ભલે રંગહીન હોવાથી સૂક્ષ્મદર્શકમાં ન દેખાય છતાંય કોષનાં વિવિધ અંગોમાં એનું વરણાત્મક (selective) વિતરણ થઈ શકે. એ પ્રમાણે શરીરમાં અથવા લોહીમાં રહેલા બેક્ટેરિયાના કોષમાં રંગહીન પદાર્થનું અવશોષણ (absorption) થાય અને એવો રંગહીન પદાર્થ બેક્ટેરિયાની વૃદ્ધિ અટકાવે અથવા તેમનો વિનાશ કરી શકે. આ વિચારના ફળરૂપ ડૉ. એહર્લિકે અસંખ્ય રંગહીન રસદ્રવ્યો બનાવ્યાં. સોમલ અને પારો સિફિલિસના રોગમાં દવા તરીકે વપરાતાં. સોમલની ધાતુ આર્સેનિક પસંદ કરી તેણે રંગહીન આર્સેનિક પદાર્થોની અવનવી શ્રેણી ઊભી કરી. તેમણે બનાવેલા આ પદાર્થોની ઔષધીય ચકાસણી કરી અને જ્યાં સુધી અસરકારક ઔષધ પ્રાપ્ત ન થયું ત્યાં સુધી પદાર્થોની સંરચનામાં ફેરફાર કરતા રહ્યા અને છેવટે ૬૦૬મા પ્રયોગે તેમને સાલ્વરસન જેવું ઔષધ મળ્યું. સિફિલિસના ઉપચારમાં તે અકસીર પુરવાર થયું.

આ અને એના જેવી બીજી અનેક સિદ્ધિઓમાંથી રસાયણવિદોને એક મૂળભૂત જ્ઞાન લાધ્યું કે પદાર્થોની રાસાયણિક સંરચના તેમના ઔષધીય ગુણ સાથે સીધો સંબંધ ધરાવે છે. આ જ્ઞાને સંશ્લેષણના કાર્યક્રમોને વેગ આપ્યો એટલું જ નહીં પરંતુ ત્યાર પછીનાં સંશ્લેષણો આયોજિત અને હેતુલક્ષી બન્યાં. તદુપરાંત અમુક પરમાણુસમૂહોની અસર ઔષધીય ગુણવત્તા પરત્વે કેવી છે તે વિષે પણ જ્ઞાન ઉપલબ્ધ થવા માંડ્યું.

ઔષધ તરીકે વપરાતાં રસદ્રવ્યો અને અન્ય પદાર્થોને બે વર્ગમાં વહેંચી શકાય : (૧) તંત્રાન્વયી (systematic) અને (૨) રસાયણી ચિકિત્સાન્વયી (chemotherapeutic). પચનતંત્ર, શ્વસન-તંત્ર, રુધિરાભિસરણતંત્ર, જ્ઞાનતંત્ર, ઉત્સર્ગતંત્ર વગેરે શરીરનાં તંત્રોમાં અજીવાણુજન્ય કે અ-નિયંત્રિત કોષવિભાજનને કારણે થતા કૅન્સર જેવા રોગો સિવાયનાં બીજાં દરદોના ઉપચાર માટે વપરાતાં ઔષધોને પહેલા વર્ગમાં મૂકવામાં આવે છે. જુદા જુદા પ્રકારનાં ઔષધીય ગુણધર્મો મુજબ આ વર્ગનાં ઔષધોને ઉપવર્ગોમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યાં છે. ઔષધોના ઉપવર્ગોની સંખ્યા પચાસ-પંચાવન જેટલી થવા જાય છે. તે પૈકીના મુખ્ય ઉપવર્ગોનો પરિચય કરી લઈએ.

તંત્રાન્વયી ઔષધો

ઈ. સ. ૧૮૬૪માં બેહરેન્ડે અનિદ્રાના રોગ માટે બ્રોમાઇડ (પોટૅશિયમ બ્રોમાઇડ)નો ઉપયોગ કર્યો. ત્યાર પછી કેટલાક પદાર્થો વપરાશમાં આવ્યા. પરંતુ આયોજનબદ્ધ કામ સલ્ફોન નામના પદાર્થોના ઉપયોગથી શરૂ થયું કહેવાય. બૉમન અને કાસ્ટ નામના બે વૈજ્ઞાનિકોએ ઈ. સ. ૧૮૮૮માં અનેક સલ્ફોન દ્રવ્યો બનાવ્યાં અને કૂતરાને ખવડાવીને તેના નિદ્રાપ્રેરક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. તેમણે સલ્ફોનના સામાન્ય સૂત્રમાં R_1, R_2, R_3, R_4 ને સ્થાને, મિથાઇલ $-CH_3$, અને ઇથાઇલ, $-C_2H_5$ મૂકી ભિન્ન ભિન્ન પદાર્થો બનાવ્યા, અને તેમને ચકાસી જોયા. R_1, R_2, R_3 અને R_4 એ ચારે સ્થાને $-C_2H_5$ આણુસમૂહ પ્રસ્થાપિત કરી, એવી રીતે બનેલા પદાર્થને ટેટ્રાનલ નામ આપવામાં આવ્યું. R_1ને બદલે CH_3 અને બાકી બધે C_2H_5 પ્રસ્થાપિત કરી બતાવેલા પદાર્થનું નામ ટ્રાયોનલ આપવામાં આવ્યું. R_1 અને R_2ને સ્થાને $-CH_3$ સમૂહો પ્રસ્થાપિત કરવાથી મળતા પદાર્થનું નામ સલ્ફોનલ પાડવામાં આવ્યું.

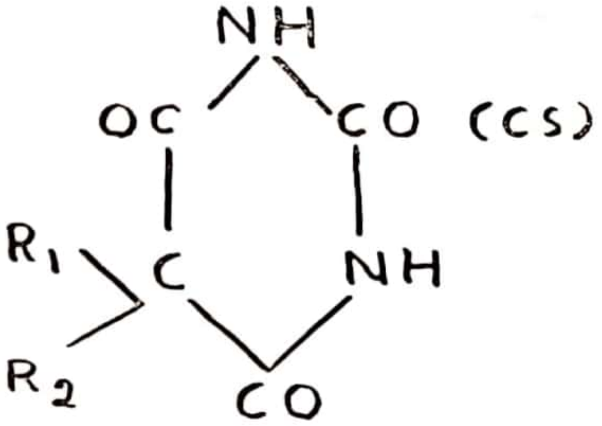


સલ્ફોન

આમ આપણી પાસે ટ્રેટાનલ, ટ્રાયોનલ અને સલ્ફોનલ પદાર્થ આવ્યા. તે દરેકની નિદ્રાપ્રેરક-પણાની ગુણવત્તા ચકાસતાં ટ્રેટાનલ શ્રેષ્ઠ માલૂમ પડચો, ટ્રાયોનલનું સ્થાન બીજું અને સલ્ફોનલનું સ્થાન છેલ્લું આવ્યું. આ ઉપરથી એક વાત ફલિત થઈ કે ઔષધની સંરચના સાથે ઔષધીય ગુણદોષ સીધો સંબંધ ધરાવે છે.

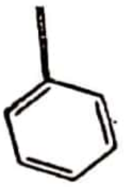
એમિલ ફિશર
[૧૮૫૨–૧૯૧૯]

નિદ્રા લાવનારી દવાઓમાં ‘બાર્બિટચુરેટો’ પણ ખૂબ મહત્ત્વનાં છે. ઈ. સ. ૧૯૦૩માં સૌથી પ્રથમ બાર્બિટાલ (બજારુ નામ વેરોનાલ) નામનું ઔષધ ફિશર અને ફોન મેરિંગે વાપર્યું. બાર્બિટચુરિક ઍસિડનું સામાન્ય સૂત્ર વલયવાળું છે. આ સંરચના-માં R_1 અને R_2ને સ્થાને જુદી જુદી જાતના સમૂહો મૂકીને ભિન્ન ભિન્ન પ્રકારના બાર્બિટચુરિક ઍસિડ બનાવાયા છે. બીજા સ્થાનવાળા COને બદલે CS સમૂહ મૂકવાથી થાયો-બાર્બિ-ટચુરિક ઍસિડ બને છે. R_1 અને R_2 ને સ્થાને મિથાઇલ ($-CH_3$), ઇથાઇલ ($-C_2H_5$), પ્રોપાઇલ ($-C_3H_7$) જેવા આણુસમૂહ મૂકવાથી અન્ય કેટલાક વિવિધ પ્રકારનાં ઔષધો મળી શકચાં છે. આમાં કેટલાંક તો એટલાં ઝડપથી અસર કરે છે કે માણસને પથારીમાં પડચા બાદ જ તે લેવાની ભલામણ કરવામાં આવે છે. નહીંતર ખાતાંવેંત જ નિદ્રા આવવાથી પડી જવાનો ભય રહે છે. નિદ્રા લાવવાનો ગુણ આ પદાર્થોમાં જળવાઈ રહે તે માટે બાર્બિટચુરેટની સંરચનાને લગતા કેટલાક નિયમો પણ તારવી કાઢવામાં આવ્યા છે. જેમ કે C_5 ઉપર આવતા સમૂહોમાં



બાર્બિટ્યુરિક ઍસિડ

સાઇક્લો હેક્સિનિલ સમૂહ



ફિનાઇલ સમૂહ

એકંદર કાર્બનની સંખ્યા આઠથી વધારે ન હોવી જોઈએ; R_1 અને R_2 એ બે પૈકી એક જ સ્થાને વલય સમૂહ હોવો જોઈએ. ઔષધોમાં આ પ્રકારની સંરચના અને તેનો નિદ્રા લાવવાનો ગુણ એ બે પરસ્પર સંબંધિત છે એમ પ્રતીત થયું.

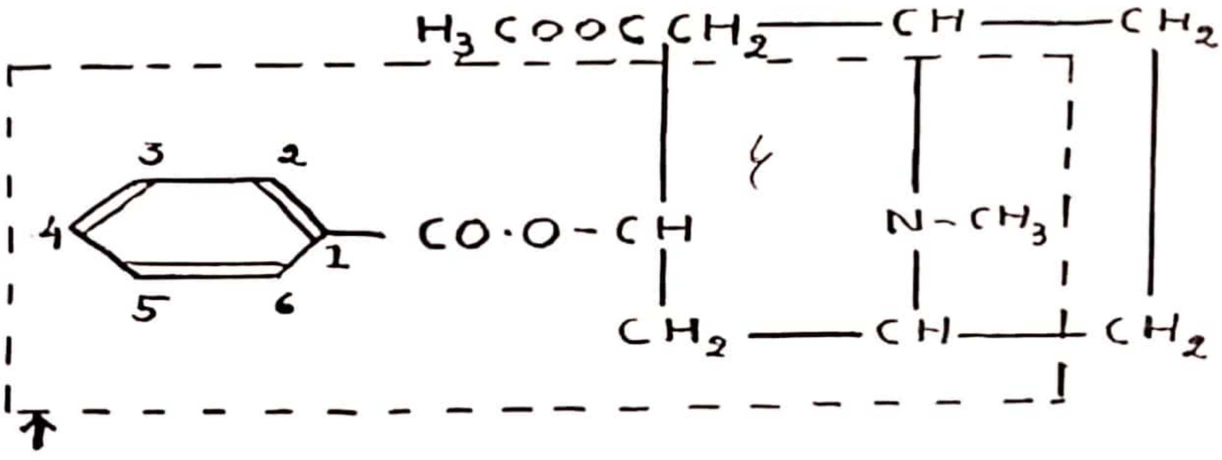
શસ્ત્રક્રિયા દરમિયાન દરદીને પીડા ન થાય તે માટે અફીણ, ભાંગ અને અન્ય મદ્યાર્કવાળાં પીણાં આપવાની પદ્ધતિ પુરાતન કાળથી જાણીતી હતી. પરંતુ પીડાની જાણ ન થાય એવાં આધુનિક નિશ્ચેતકો (એનેસ્થેટિક્સ)નો ઉદય તો ૧૯મી સદીમાં થયો છે. ઈ. સ. ૧૮૪૨થી ઈ. સ. ૧૮૪૭ના પાંચ વર્ષના ગાળામાં નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ, ડાયઈથાઇલ ઈથર અને ક્લોરોફૉર્મ જેવાં નિશ્ચેતકો અસ્તિત્વ-માં આવ્યાં. કોલ્ટન નામનો એક વ્યાખ્યાતા નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ (laughing gas)નું ઈંગ્લન્ડમાં જનસમુદાય સમક્ષ નિદર્શન કરી રહ્યો હતો. કૂલે નામના એક કલાર્કે આ ગૅસ સૂંઘ્યો અને તે ઉત્તેજિત બન્યો. આગલી હરોળમાં બેઠેલા એક સશક્ત માણસ સાથે લડવા માટે તે કૂદી પડયો. પેલો માણસ નાઠો. અને એને પકડવા માટે દોડતાં તે ખુરશી ઉપર ઠેકતાં નીચે પડયો. તેના પગમાંથી લોહી નીકળ્યું. તેને ઈજા થયા છતાં દુઃખ થયું નહીં. એને આધારે ત્યાં હાજર રહેલા હૉરેસ વેલ્સ નામના એક દાંતના ડૉક્ટરે નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડના ઉપયોગ દંતવિદ્યામાં થઈ શકે એમ સિદ્ધ કર્યું.

પ્રો. ચાર્લ્સ ટી. જૅકસન (રસાયણ શિક્ષક) અને બર્નેલ (pharmacist) રાત્રે પત્તાં રમતા હતા. ત્યાં બળતા દીવામાં ભૂલથી ડાયઈથાઇલ ઈથર પૂરવામાં આવ્યો હતો. તેની અસરને પરિણામે બંને રમતાં રમતાં બેભાન થઈ ઢળી પડયા. ભાનમાં આવ્યા બાદ ઈથરની નિશ્ચેતકશક્તિનો ખ્યાલ તેમને આવી ગયો. આ હકીકતને આધારે પ્રો. જૅક્સનના વિદ્યાર્થી વિલિયમ ટી. જી. મૉર્ટને ઈથરનો પ્રયોગ પોતાના ઉપર તેમ જ ઘરનાં કૂતરાં, બિલાડાં, મરઘી અને ઉંદર ઉપર કરી જોયો. ઈ. સ. ૧૮૪૬માં દાંત કાઢવામાં દરદીને પીડા ન થાય એ દૃષ્ટિએ ઈથરનો પ્રયાસ સફળ થયો.

એડિનબરોમાંના સર્જન જેમ્સ સેમ્સને ક્લોરોફૉર્મનો સફળ પ્રયોગ ઈ. સ. ૧૮૪૭માં કર્યો. નિશ્ચેતકો બે પ્રકારના હોય છે. નિશ્ચેતક મધ્યવર્તી જ્ઞાનતંત્રને એટલી હદ સુધી અસર કરે છે કે માણસ બેભાન બને છે અને સ્નાયુઓ શિથિલ થાય છે. આવી સ્થિતિમાં દરદી ઉપર શસ્ત્રક્રિયા કરાય છે છતાં દરદીને પીડા થતી નથી. આવી ક્રિયાશીલતાવાળાં રસદ્રવ્યોને 'સામાન્ય નિશ્ચેતકો' કહે છે. ઉપર જણાવ્યાં તે ત્રણ ઉપરાંત ડાય-વિનાઇલ ઈથર, સાયક્લોપ્રોપેઇન વગેરે બાષ્પશીલ રસદ્રવ્યો આ

વર્ગનાં નિશ્ચેતકો છે, જે દરદીને સૂંઘાડવામાં આવે છે. આવાં સામાન્ય નિશ્ચેતકો સૂંઘાડતાં પહેલાં મૉર્ફિન, એટ્રોપિન, સ્કોપોલેમાઇન, બાર્બિટયુરેટ જેવાં ઔષધો ઇન્જેક્શન વાટે આપીને દરદીને તૈયાર કરવામાં આવે છે. હવે તો, કેટલીક શસ્ત્રક્રિયા માટે કરોડરજ્જુમાં અમુક ઔષધો આપી નિશ્ચેતન પેદા કરી શકાય છે.

બીજા પ્રકારનાં નિશ્ચેતકો 'સ્થાનિક નિશ્ચેતકો' કહેવાય છે. જે સ્થાન ઉપર તેને વાપર્યાં હોય છે તે સ્થાન અમુક મુદત માટે બહેરું બની જાય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો એ સ્થાન આગળ જ્ઞાનતંત્રનો સંદેશાવ્યવહાર ટૂંક સમય માટે અટકે છે. સ્થાનિક નિશ્ચતકોના વિકાસનો ઇતિહાસ ખરેખર ગૌરવપ્રદ છે. ઇરિથ્રોઝાઇલોન કોકાનાં પાંદડાંમાંથી કોકેઇન આલ્કલોઇડ ઈ. સ. ૧૮૬૦માં શોધાયું. ઈ. સ. ૧૮૮૪માં કોલરે કોકેઇનનો દંતવિદ્યામાં ઉપયોગ કર્યો. કોકેઇનની નિશ્ચેતક ક્રિયાશીલતા આકસ્મિક શોધાઈ હતી. ડૉ. સિગ્મંડ ફ્રૉઇડ અને કાર્લ કોલર મૉર્ફિનને બદલે અન્ય ઔષધની ખોજ કરી રહ્યા હતા. તેમના અભ્યાસ દરમિયાન કોલરની આંખમાં કોકેઇન પડયું અને તેને નિશ્ચેતક ગુણનો ખ્યાલ આવ્યો એવી વાત પ્રચલિત છે. ત્યાર બાદ રસાયણવિદોએ કોકેઇનની સંરચનામાં ફેરફાર કરી નવાં નવાં ઔષધો બનાવ્યાં. ઈ. સ. ૧૯૦૦માં આઇનહોર્ને બેન્ઝો-કેઇન અને ઈ. સ. ૧૯૦૧–૦૪માં પ્રોકેઇન સંશ્લેષિત કર્યાં. આજ સુધી થયેલાં સંરચનાત્મક પરિવર્તનો કોકેઇનમાં રહેલા નિશ્ચેતનમૂલક (anaestheophore)ની આસપાસ થયાં છે. તેનો ખ્યાલ વિવિધ સ્થાનિક નિશ્ચેતકોની સંરચના ઉપરથી સ્પષ્ટ થશે.

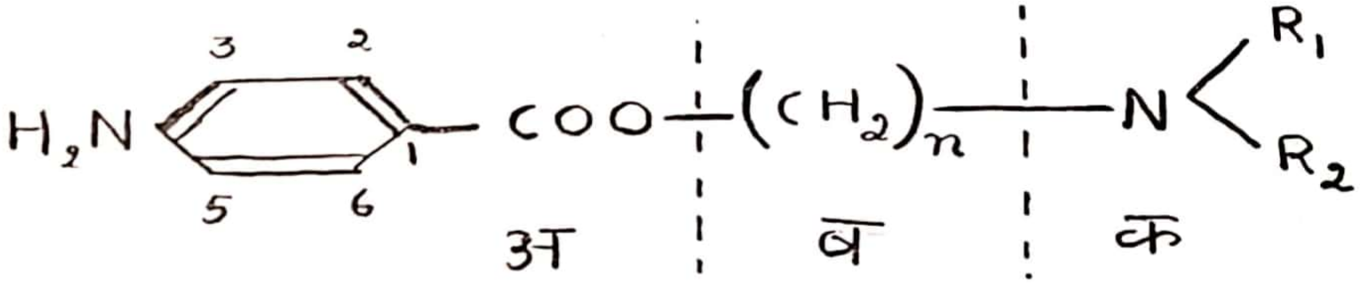


અ ब ક

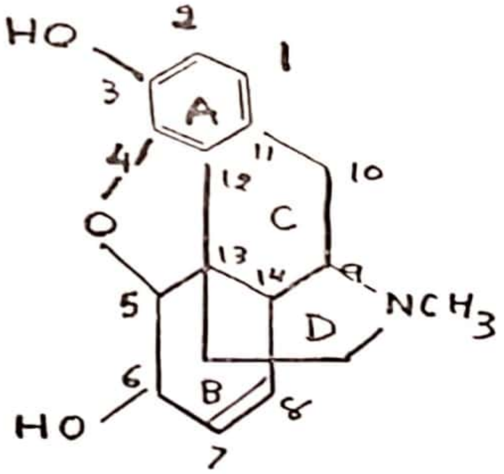
નિશ્ચેતમૂલક કોકેન

આ નિશ્ચેતમૂલકમાં જે વલય છે તેના ચોથા સ્થાન ઉપર એમિનો ($-NH_2$) સમૂહ મૂકીને બીજી રીતે લખીએ તો આપણને એક સામાન્ય નિરૂપણ મળે છે. આના આધારે, $n = 2$ અને $R_1 = R_2$ = ઇથાઇલ સમૂહ મૂકતાં પ્રોકેઇન મળે છે. અ, બ અને ક વિભાગોમાં અનેકવિધ ફેરફારો શક્ય છે. સ્થાન–૨ ઉપર $-OH$ સમૂહ મૂકીએ તો ઑક્સિકેઇન મળે છે. બ–શૃંખલામાં $-CH_2-$ની સંખ્યા વધારીને કે ઘટાડીને, લાંબી કે ટૂંકી કરીને, અથવા શાખાવાળી બનાવીને પણ પરિવર્તન કરી શકાય છે. R_1 અને R_2ને સ્થાને મિથાઇલ $-CH_3$, ઇથાઇલ $-C_2H_5$, પ્રોપાઇલ C_3H_7 વગેરે સમૂહો મૂકી સંરચના બદલી અવનવાં નિશ્ચતકો બનાવાયાં છે. આમ, પ્રોકેઇન વર્ગનાં ઘણાં ઔષધો અસ્તિત્વમાં આવ્યાં છે.

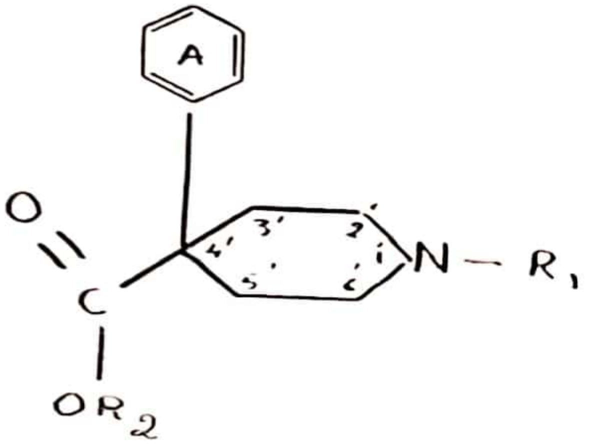
ઈ. સ. ૧૯૪૭માં ઉપરની સંરચનામાં થોડોઘણો ફેરફાર કરી ઝાયલોકેઈન નામનું એક ખૂબ અસરકારક નિશ્ચેતક બનાવવામાં આવ્યું. આપણા સામાન્ય નિરૂપણની દૃષ્ટિએ આમાં ચોથા સ્થાન ઉપર બ્યુટોક્સિ સમૂહ, બીજા અને છઠ્ઠા સ્થાન ઉપર મિથાઈલ સમૂહો અને $-CO_2$ સમૂહને બદલે $-NHCO-$ સમૂહ મૂકવામાં આવ્યા છે. આમ, હજી પણ अ, ब, कના સ્વરૂપમાં ફેરફાર કરવાના અખતરા ચાલુ છે.



શામક (analgesic) તરીકે વપરાતાં ઔષધોને બે વિભાગમાં વિચારી શકાય. એસ્પિરિન, ફિનાસેટિન, ઍન્ટિપાયરિન વગેરે અનેક સંશ્લેષિત પદાર્થોનો એક વિભાગ. મૉર્ફિન અને તેની સંરચનાના આધારે સંશ્લેષિત થયેલાં શામકોનો બીજો વિભાગ. આપણે અહીં તો બીજા વિભાગને જ સ્પર્શ કરીશું. અફીણમાંથી મળી આવતાં વીસ જેટલાં આલ્કલોઇડો પૈકી મૉર્ફિન, કોડિન અને થિબેન મુખ્ય છે. આ બધાંની સંરચનામાં ઘણું સામ્ય છે. મૉર્ફિનમાં ત્રીજા અને છઠ્ઠા સ્થાન ઉપર મુક્ત હાઈડ્રૉક્સિલ ($-OH$) સમૂહ હોય છે. પરંતુ કોડિનમાં ત્રીજા સ્થાનમાં મિથોક્સિ સમૂહ ($-OCH_3$) હોય છે. મૉર્ફિનથી ઘેન ચડે છે, પીડા શમે છે અને દરદી તાજગી અનુભવે છે; કોડિન ખાસ કરીને ઉધરસ અટકાવે છે.



મૉર્ફિન



R_1 = મિથાઇલ } પેથિડિન
R_2 = ઇથાઇલ }

શરૂઆતમાં મૉર્ફિનના વલય માળખાને અખંડિત રાખી શકય એટલાં સમૂહ-પરિવર્તન કરવામાં આવ્યાં અને તે રીતે પ્રાપ્ત થયેલા કેટલાક પદાર્થોમાં શામકતાનો ગુણ વધારે જણાયો. દાખલા તરીકે, મેટોપોન મૉર્ફિન કરતાં સવાબે ગણું ક્રિયાશીલ ઔષધ જણાયું.

ત્યાર પછીના અખતરા ખરેખર નવાઈ પમાડે તેવા છે. મૉર્ફિન વલય માળખાના અમુક ભાગ જાળવી અને અમુકનું ખંડન કરી નવા સંશ્લેષિત પદાર્થો બીજે રસ્તે મેળવવામાં આવ્યા છે. ઉદાહરણ તરીકે, પેથિડિનમાં માત્ર મૉર્ફિનનાં A અને D વલયો જાળવાયાં છે. પેથિડિનના માળખા ઉપર અનેક પરિવર્તનપ્રયોગો થયા છે. તેમાં A-વલયનાં ખાલી સ્થાનોએ યોગ્ય સમૂહો મૂકીને અનેક પદાર્થો મેળવાયા છે. પરંતુ ક્રિયાશીલતાની દૃષ્ટિએ બધા પદાર્થો પેથિડિનથી ઊતરતા અગર તો સમકક્ષ જણાયા છે. આ શ્રેણીમાં જ્યારે ($-COOR_2$) ને બદલે(COR_2) મૂકવામાં આવ્યો ત્યારે પેથિડિન કરતાં ૨૦ગણો ક્રિયાશીલ શામક, કિટોબિમિડોન પ્રાપ્ત થયો. જોકે તેનું અફીણની જેમ વ્યસન લાગુ પડે છે તેથી ઔષધ તરીકે તેની ભલામણ કરવામાં આવતી નથી. આ ઉપરાંત ($COOR_2$) ને બદલે ($-O.COR_2$) મૂકીને શામક મેળવવાના પ્રયાસ થયા છે અને તેમ કરતાં પેથિડિનથી પાંચ ગણી વિશેષ ક્રિયાશીલતાવાળો પદાર્થ, નિસેન્ટિલ પ્રાપ્ત થયો છે. આમાં વધારાનો એક મિથાઈલસમૂહ ૩'-સ્થાન ઉપર અને ૪-સ્થાન ઉપર બ્યુટોકિસ સમૂહ હોય છે.

આમ, આપણે મૉર્ફિનની સંરચનાના એક ખંડ-ભાગને આધારે કેવાં શામક મળે છે તે જોયું. લગભગ બીજા તેરચૌદ ખંડ-ભાગો લઈને શામક-સંશ્લેષણના ક્ષેત્રનું વિસ્તૃત ખેડાણ થયું છે. આ ઉપરથી સમજાશે કે રસાયણવિદોની સંશ્લેષણ પ્રવૃત્તિ યોજનાબદ્ધ અને હેતુપૂર્ણ હોય છે; પરંતુ તે અથાગ સમય અને પરિશ્રમ માગી લે છે. એટએટલો પરિશ્રમ કર્યા છતાં પણ નવા નવા બનેલા બધા જ પદાર્થો ઉપયોગી નીવડતા નથી. કેટલીક વખત તો એકે પદાર્થ ઉપયોગી ન જણાય. ફક્ત રાસાયણિક 'વિષય: કથાનામ્' જેવું ગણાવા પૂરતું થઈ રહે; પરંતુ ત્યાર પછી પાંચપચીસ વર્ષે તેનો કોઈક નવા ઉપયોગી ગુણ જણાઈ આવે ત્યારે એ સંશોધનનું મૂલ્ય વધી જાય.

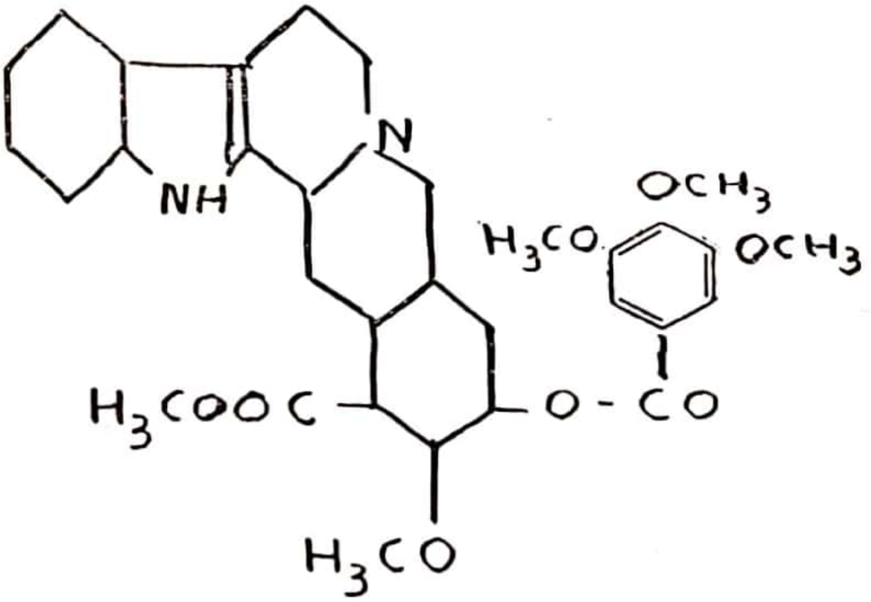
વનસ્પતિસૃષ્ટિના અલ્કલોઇડના સંશોધન અર્થે ૧૯૪૭માં તેમને રસાયણનું નોબલ પારિતોષિક આપવામાં આવ્યું.

સર રૉબર્ટ રૉબિન્સન
[જન્મ : ૧૮૮૬]

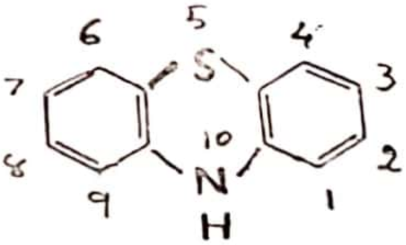
છેલ્લાં ૧૧ વર્ષમાં પ્રશામકો (tranquiliser) પ્રકાશમાં આવ્યાં છે. ખાસ કરીને માનસિક રોગવાળાને તે આપવામાં આવે છે. પ્રશામકની અસર તળે દરદીનું ચિત્ત શાંત બને છે; તેનો ખળભળાટ અને ઉશ્કેરાટ દૂર થાય છે. આમાં દરદી શાતા અનુભવે છે પણ ઘેનમાં પડતો નથી. સર્પગંધામાંથી મળતું એક આલ્કલોઇડ રેસર્પિન છે અને તે એક કુદરતી પ્રશામક છે. સર્પગંધાનો આવો ગુણ આપણા વૈદોએ પિછાન્યો અને તેને કારણે સર્પગંધાનું નામ જ 'પાગલકી

દવા' તરીકે ઓળખાતું. ઈ. સ. ૧૯૩૨માં સેન અને બોઝે સર્પગંધાનું મૂળ લોહીનું દબાણ હલકું કરે છે અને ઉશ્કેરાટને શમાવે છે એવી જાહેરાત કરી. ઈ. સ. ૧૯૪૧માં કર્નલ ચોપરા અને તેના સાથીદારોએ સર્પગંધામાં રહેલી ક્રિયાશીલતા પિછાની. ઈ. સ. ૧૯૪૩માં સીબા કંપનીએ સર્પગંધા ઉપર સંશોધન શરૂ કર્યું. ઈ. સ. ૧૯૫૨માં સીબા કંપનીના અન્વેષકોએ રાવોલ્ફીઆ

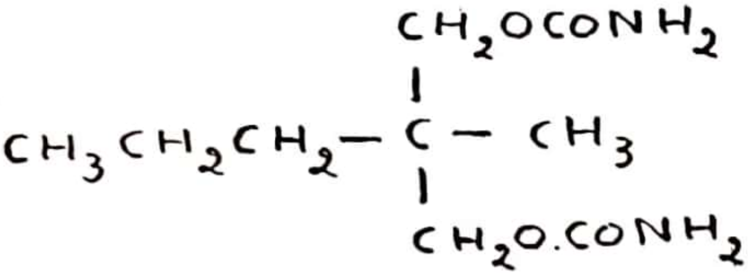
ડૉ. આર. એ. હકીમ



રેસર્પિન વલયયુક્ત મસ્ટાર્ડ

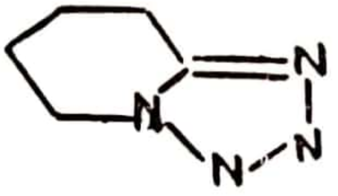


ફિનોથાયાઝિન

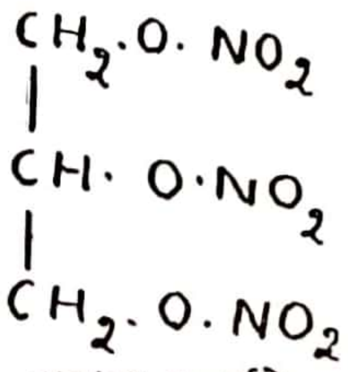


ઇક્વાનિલ

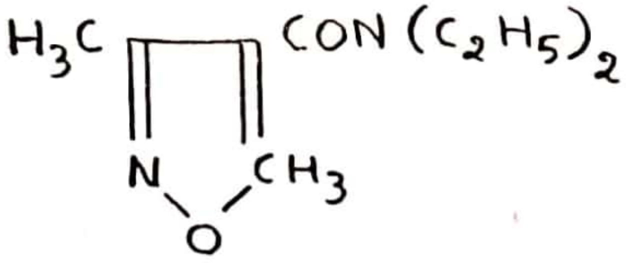
સર્પેન્ટિના (સર્પગંધા)ના મૂળમાંથી ક્રિયાશીલ સત્ત્વ રેસર્પિન છૂટું પાડયું. અને પછીનાં ચાર વર્ષમાં સ્લિટલર, બર્જર, રૉબિન્સન, કારેર, વુડવર્ડ વગેરેના અથાગ પ્રયાસ અને સહકારને લીધે રેસર્પિનની સંરચના અને સંશ્લેષણ સિદ્ધ થઈ શકયાં. ૧૯૫૩માં અમદાવાદના ડૉ. આર. એ. હકીમે રેસર્પિનનો સફળતાપૂર્વક ઉપયોગ મનોભંગના દરદીઓ ઉપર કરી સારાં પરિણામ મેળવ્યાં. તેમણે તે અંગે પ્રસિદ્ધ કરેલ સંશોધન પરથી તેમને સુવર્ણ ચંદ્રક અર્પણ કરવામાં આવ્યો. રેસર્પિનમાં લોહીનું દબાણ ઓછું કરવાની પણ શકિત રહેલી છે. આ કુદરતી પ્રશામકના જેટલી અથવા વિશેષ ક્રિયા-શીલતાવાળા પદાર્થો બનાવવાના પ્રયાસો રસાયણવિદોએ આદર્યા. ઈ. સ. ૧૯૫૬માં મિલર અને વિન-બર્ગે ખંડિત રેખાઓથી (રેસર્પિનની સંરચનામાં) બતાવેલા ભાગ ઉપર નજર નાંખી. આ ભાગ સાથે સંકલિત હોય એવાં સાદાં તૃતીયક એમાઇનોએ કેટલેક અંશે રેસર્પિન જેવો પ્રશામક ગુણ બતાવ્યો.



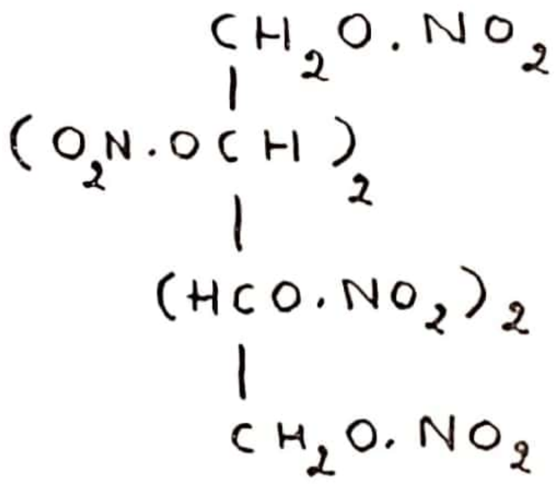
કાર્ડિયેઝોલ



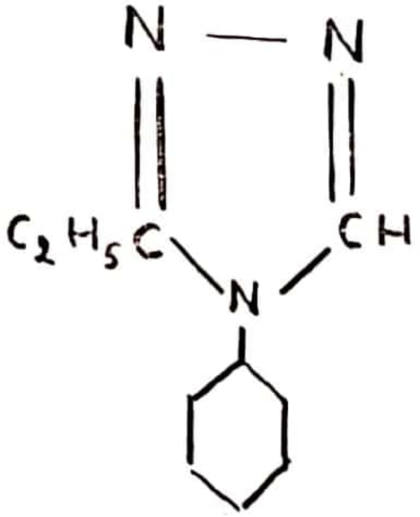
ગ્લિસરિલ ટ્રાયનાઈટ્રેટ



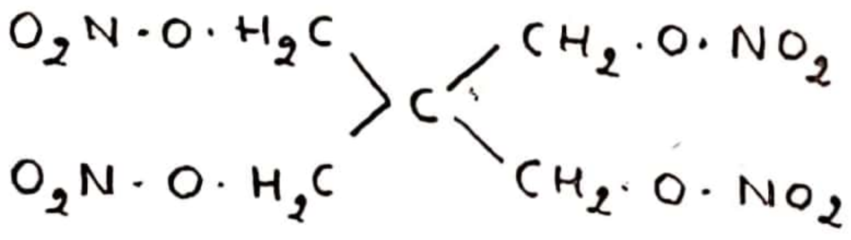
સાયક્લિટોન



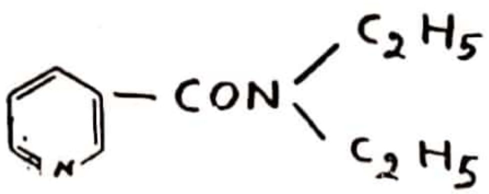
મેનિટોલ હેક્ઝાનાઈટ્રેટ



એઝોમાન



પેન્ટાઈરિથ્રિટોલ ટેટ્રાનાઈટ્રેટ



કોરેમાઈન

જોકે પ્રશામક તરીકે વપરાતાં ઔષધો ભિન્ન શ્રેણીમાંથી અસ્તિત્વમાં આવ્યાં છે. રોજિંદા જીવનમાં વૉલેસ લૅબોરેટરી, ન્યૂ બ્રુન્સવિક, ન્યૂ જર્સીમાં પહેલવહેલું સંશ્લેષિત થયેલ મેપ્રોબેમેટ (equanil) લોકપ્રિય બની ગયું છે. સૌથી વધુ અસરકારક પ્રશામક ક્લોરપ્રોમેઝિન છે. આમાં નવા પ્રકારનો વલય હોય છે. તેને ફિનોથાયાઝિન વલય કહે છે. આમાં બેન્ઝિનનાં બે વલયોને નાઇટ્રોજન અને સલ્ફરના પરમાણુઓ સેતુ બનીને જોડે છે. આ વલયના સ્થાન-૨ ઉપર ક્લોરિન હોય અને દશમા સ્થાન ઉપરના નાઇટ્રોજનને વળગેલા હાઇડ્રોજનને બદલે

$$—CH_2–CH_2.CH_2N <\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}$$

સમૂહ લાગેલો હોય તો ક્લોરપ્રોમેઝિન મળે છે. ફિનોથાયાઝિન વલય એ રીતે મહત્ત્વનું છે કે તેની આસપાસ બીજા વર્ગનાં ઔષધો, જેવાં કે હિસ્ટામિનરોધી, કૃમિઘ્નો મેળવી શકાયાં છે. વલય ઉપરના નાઇટ્રોજન ઉપર ભિન્ન ભિન્ન શૃંખલા લગાડતાં તેની ક્રિયાશીલતામાં ફેરફાર કરી શકાય છે.

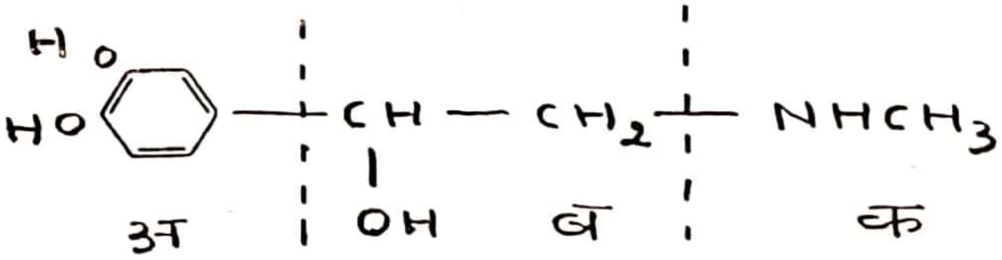
પ્રશામકોના અનુસંધાનમાં 'નિર્મૂલ ભ્રમ' (hallucination) પેદા કરતાં ઔષધોનો ઉલ્લેખ કરી લઈએ. કેટલીક વખત મનુષ્યને ખોટો ભાસ થાય છે. કોઈ વસ્તુ ખરેખર અસ્તિત્વમાં ન હોય છતાં વ્યક્તિને એ વસ્તુ છે એવો ભાસ થાય છે. મનોભંગ (schrizophrenia) જેવા માનસિક રોગમાં વિભ્રમને અવકાશ રહે છે. આ રોગમાં વિચારો, લાગણીઓ અને કાર્ય વચ્ચે કોઈ સુમેળ રહેતો નથી. માણસે ભાંગ જેવું પીણું પીધું હોય છે તો તેને વિભ્રમ થાય છે. આવા ચિત્તભ્રમના અનુભવો કેટલાંક ઔષધો ખાઈને પણ કરી શકાય છે. આવાં ઔષધોને વિભ્રામક (hallucinogenic) કહે છે. તે પૈકી કેટલાકની સંરચના નિશ્ચિત થઈ શકી છે.

મસ્કેલિનમાં રેસર્પિનનો અંશતઃ ખંડ-રેખિત ભાગ અને અન્ય પદાર્થોમાં ઇન્ડોલ-વલય હયાત છે. ઇન્ડોલ-વલયવાળાં રસદ્રવ્યો માનસિક પ્રવૃત્તિમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. અર્ગટ આલ્કલોઇડમાં જે લાયસર્જિક ઍસિડ હોય છે તેનો ડાયઇથાઇલએમાઇડ વિભ્રામક તરીકે વપરાય છે.

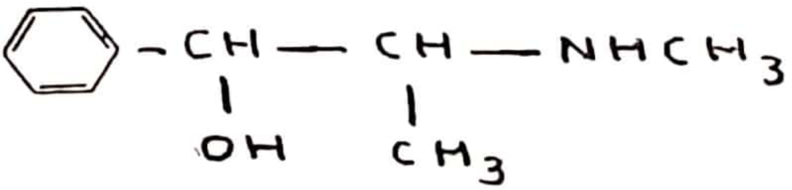
હૃદયને બળ આપનાર—ઉત્તેજક (analeptic) વિશાળ દૃષ્ટિએ જોતાં બાર્બિટ્યુરેટ અને મૉર્ફિન જેવાં ઘેન પેદા કરતાં ઔષધોની અસરોને હળવી કરે છે. કપૂર અને સ્ટ્રિક્નિનની ગણના પ્રાચીન કાળથી ઉત્તેજકો તરીકે થતી આવી છે. ઈ. સ. ૧૯૨૪માં સ્મિટને હાથે કાર્ડિયોઝોલ નામનું પ્રથમ ઔષધ સંશ્લેષિત થયું. તે પ્રબળ ઉત્તેજક તરીકે પુરવાર થયું. ત્યાર બાદ ટ્રાયેઝોલ એઝોમાન પ્રકાશમાં આવ્યું. ત્યાર પછી અનેક પરિવર્તનો બાદ સાયક્લિટોન અસ્તિત્વમાં આવ્યું. આમ એક પ્રભાવશાળી અણુસમૂહનું દર્શન થયું. તેને પરિણામે કાર્યક્ષમ કોરેમાઇનનો ઉદય થયો. આજે પણ હૃદય બંધ થવાની ભીતિ હોય ત્યારે શ્વસન અને રુધિરાભિસરણ બરાબર કરવા માટે આ ઔષધ વપરાય છે.

આના સંદર્ભમાં આપણે બીજાં કેટલાંક ઔષધોનો વિચાર કરી લઈએ. રુધિરાભિસરણતંત્રમાં હૃદય અને રુધિરવાહિનીનાં જુદી જુદી જાતનાં દરદો થાય છે અને તેને માટે જુદાં જુદાં ઔષધો પ્રાપ્ય છે. આપણે અહીં તો કેવળ હૃદયના સ્નાયુ ઉપર સીધી અસર કરતાં ઔષધનો જ ઉલ્લેખ કરીશું. ડિજિટેલિસ, સિલ્લા અને સ્ટૉફેન્થસ વર્ગના આલ્કલોઇડ, ટૉડ-વિષ, ખેલિન અને વિસનાગિન, સ્ટેરોઇડ આલ્કલોઇડ વગેરે કુદરતી સ્રોતમાંથી મળતાં ઔષધો છે. સંશ્લેષિત ઔષધો પૈકી ગ્લિસરિલ

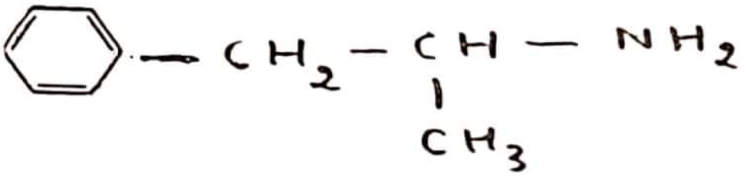
ટ્રાયનાઇટ્રેટ, પેન્ટા ઈરિથ્રિટોલ ટેટ્રાનાઇટ્રેટ અને મેનિટોલ હેકસાનાઇટ્રેટ મહત્ત્વના છે. આ નાઇટ્રેટો મહાધમનીના વિસ્તારક તરીકે કામ આપે છે અને એન્જાઈના પેકટોરિસ—હૃદયશૂળની પીડાને હળવી કરી નાંખે છે. આશ્ચર્યજનક વાત તો એ છે કે ટ્રાઇનાઇટોગ્લિસરિન એક પક્ષે અહીં પીડાહારક છે તો બીજે પક્ષે તે સ્ફોટક પદાર્થ છે. (જુઓ સ્ફોટકો)



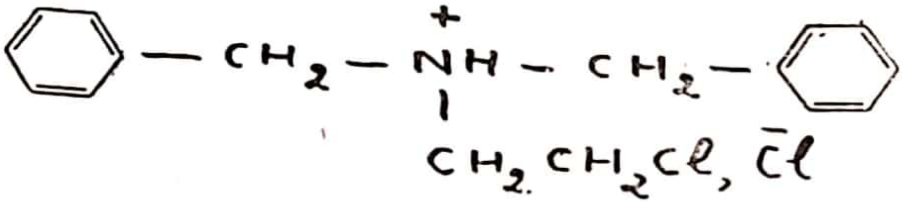
એડ્રિનલિન



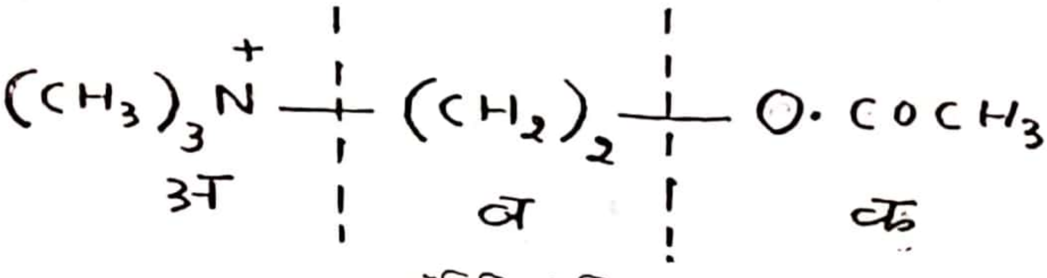
ઍફેડ્રિન



એમ્ફેટેમાઇન

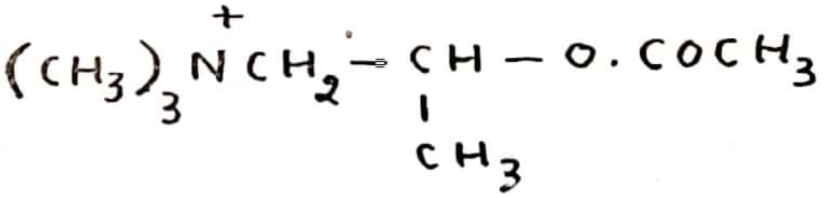


ડાયબેનામિન

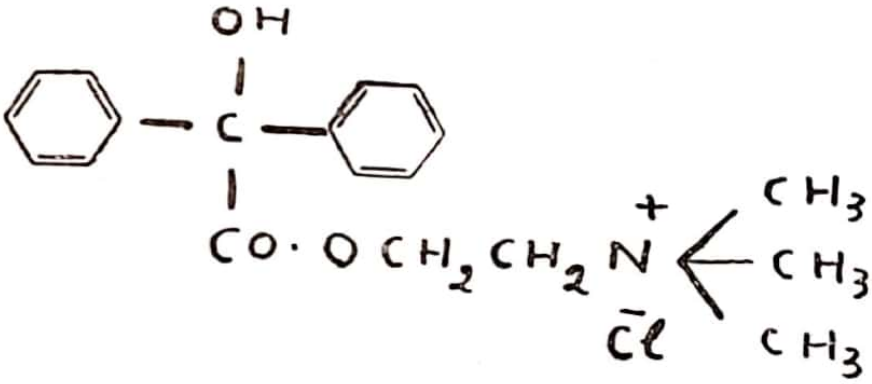


ઍસિટિલ કોલિન

સ્વયંસંચાલિત જ્ઞાનતંત્ર ઉપર અસર કરતાં ઔષધો ભિન્ન ઉપવર્ગોમાં વહેંચાયેલાં છે. એડ્રિનલિનધર્મી, એડ્રિનલિન ક્રિયાવિરોધી, કોલિનધર્મી, કોલિન ક્રિયાવિરોધી, હિસ્ટામિનરોધી વગેરે. સ્વયંસંચાલિત જ્ઞાનતંત્રના સંચાલનમાં એડ્રિનલિન અને ઍસિટિલ કોલિન હોર્મોનો મુખ્ય ભાગ ભજવે છે. રસાયણવિદોએ આ હોર્મોનોના જેવી ક્રિયાશીલતા બતાવનારાં તેમ જ એવી ક્રિયાને અવરોધનારાં ઔષધો સંશ્લેષિત કર્યાં છે.

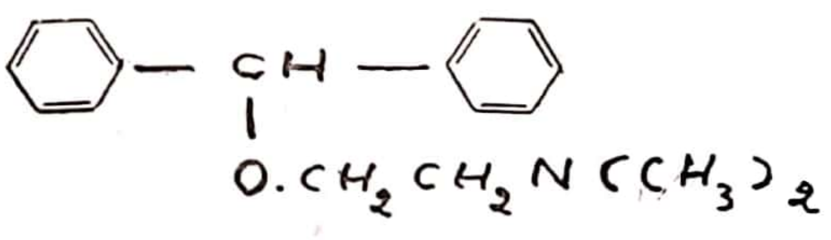


મેથાકોલિન ક્લોરાઈડ

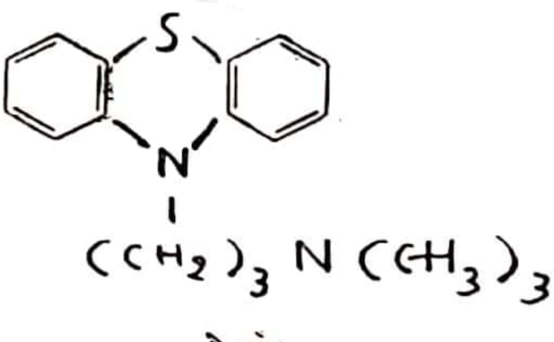


લોકોસન

હિસ્ટામિન એક વિષમચક્રીય એમાઇન છે અને શરીરમાં તે પ્રોટીન સાથે સંયુક્ત સ્થિતિમાં હોય છે. જ્યારે તે શરીરમાં મુક્ત દશામાં છૂટું પડે છે ત્યારે એક પ્રકારનો વિકાર પેદા થાય છે અને તેને 'એલર્જી' કહે છે. એલર્જી ઘણા કારણથી પેદા થાય છે પરંતુ હિસ્ટામિનને લીધે જ તે પેદા થઈ હોય છે તો તેને મટાડવા માટે ખાસ ઔષધો વપરાશમાં આવ્યાં છે. આ પૈકી રસાયણવિદોએ બનાવેલાં બેનાડ્રિલ અને ફેનર્ગન જેવાં ઔષધો મુખ્ય છે. આવાં ઔષધોને પ્રતિ-એલર્જીકો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.



બેનાડ્રિલ

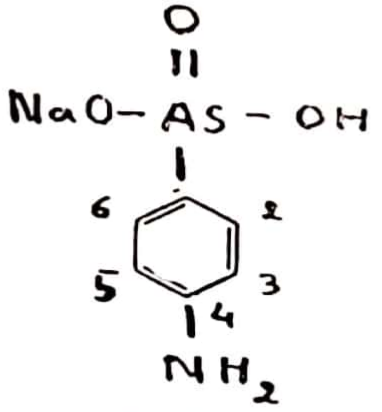


ફેનર્ગન

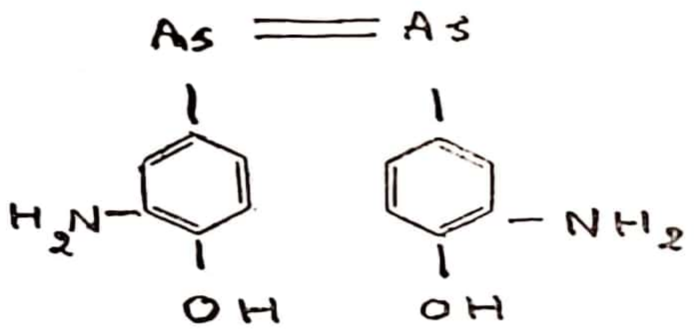
અત્યાર સુધી આપણે કેટલાંક તંત્રાન્વયી ઔષધો વિષે વિવરણ કર્યું. હવે આપણે ચિકિત્સામાં રાસાયણિક ઔષધો તરફ વળીએ.

રસાયણ-ઉપચાર (Chemotherapy)નાં ઔષધો

ડૉ. એહર્લિક ટ્રાઇપ્નોસોમ નામના જીવાણુઓ ઉપર એઝો વર્ગના ટ્રિપન રેડ રંગનો પ્રયોગ કરતા હતા. તે અરસામાં આફ્રિકામાં પ્રચલિત નિદ્રાજ્વર (sleeping sickness) ઉપર એટોકિસલ નામના સોમલયુક્ત ઔષધનો ઉપયોગ થયો. આ ઉપરથી ડૉ. એહર્લિકને વિચાર આવ્યો કે આ ઔષધની સંરચનામાં પરિવર્તન કરવામાં આવે તો કાર્યક્ષમ ઔષધ કદાચ મળી આવે. આ વિચારે તેમણે અનેક રાસાયણિક પદાર્થોનાં સંશ્લેષણને વેગ આપ્યો. તેમણે મેળવેલા પદાર્થોમાંથી કેટલાક સિફિલિસ (ચાંદી રોગ)ને તથા ટ્રાઇપ્નોસોમોથી થતા રોગોને અટકાવનારા માલૂમ પડયા. જોકે સિફિલિસના અકસીર ઇલાજ માટે તો સંશ્લેષણનું કામ જારી રાખવામાં આવ્યું અને '૬૦૬' નામે ઓળખાતું



એટોકિસલ

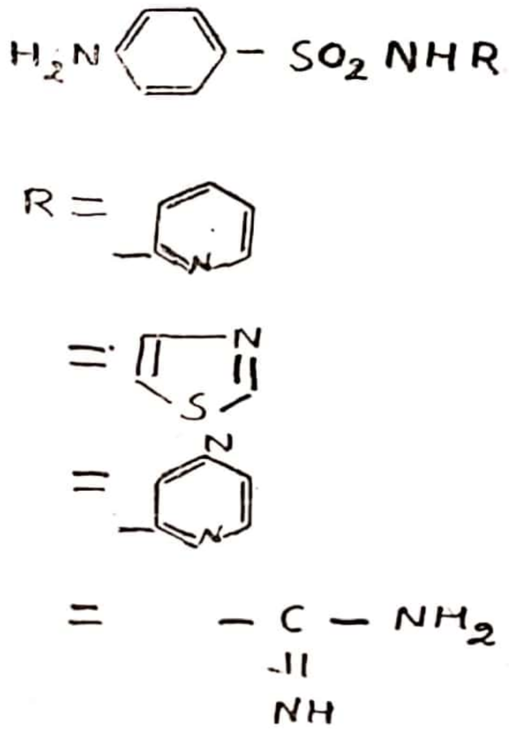


સાલ્વર્સાન

'સાલ્વર્સાન' મળ્યું. સાલ્વર્સાનની સંરચનામાં નજીવો ફેરફાર કરવાથી આ ઔષધથી પણ ચડિયાતું ઔષધ નિયોસાલ્વર્સાન અસ્તિત્વમાં આવ્યું. આ રીતે આર્સેનિકવાળા પદાર્થોનો પ્રચંડ સંશ્લેષણ-વિકાસ થયો.

ટ્રિપન રેડ ઉંદરના શરીરમાં રહેલા ટ્રાઇપ્નોસોમનો પ્રતિકાર કરી શક્યો પરંતુ બધી જાતના ટ્રાઇપ્નોસોમ ઉપર અસરકર્તા ન નીવડયો. વિશેષ સંશોધન બાદ ઈ. સ. ૧૯૨૪માં ફોર્નોને સુરેમાઇન-શ્રેણી હાથ લાગી. આ શ્રેણીમાં યુરિયા જેવો સમૂહ હતો. આ સમૂહને બદલે નવા આણુસમૂહો NH_2 જોડવાથી ડાઇએમિડિન વર્ગનાં ઔષધો બનાવવામાં આવ્યાં. આ ઉપરાંત કિવનોલિનવાળાં ઔષધો શોધાયાં. આ વર્ગમાં એક નોંધપાત્ર ઘટના જોવા મળી છે. ક્રિયાશીલતા દાખવવા માટે આણુમાં સમમિતિ (symmetry) હોવી જોઈએ તેમ જ અંતિમ સમૂહ ભારે હોવા જોઈએ. વળી એમ પણ જાણવા મળ્યું કે સમમિત ઔષધો અમુક જાતના અને અસમમિત ઔષધો બીજી જાતના (ટ્રાઇપ્નોસોમથી પેદા થતા) રોગોને મટાડવામાં અસરકારક નીવડે છે. આ રીતે આણુની અવકાશરચના (ભૂમિતિ) અને ઔષધીય ગુણ વચ્ચે કંઈક સંબંધ છે એમ પ્રતીત થયું.

અસમમિત પદાર્થોમાં આણુઓની અવકાશરચના વિશિષ્ટ પ્રકારની હોય છે. તેમનાં દ્રાવણ-માંથી પ્રકાશ પસાર કરીએ તો પ્રકાશનાં કિરણો ડાબી બાજુ અગર તો જમણી બાજુ વળાંક લઈ લે છે. તેથી આવા પદાર્થો પ્રકાશ-સક્રિય કહેવાય છે. તેમના આણુની અવકાશરચના ડાબેરી કે જમણેરી એમ બે પ્રકારની હોય છે. ઉપરટપકે જોતાં તેમની અવકાશરચના એકસરખી જ જણાય પરંતુ તેમાં વ્યક્તિ અને આરસીમાં પડેલા તેના પ્રતિબિંબના જેવો ફેર હોય છે, જેથી ડાબી બાજુ જમણી

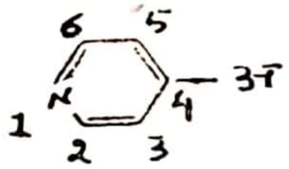


સલ્ફાપિરિડિન

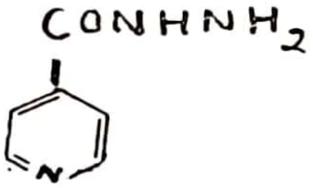
સલ્ફાથાયેઝોલ

સલ્ફાડાયાઝિન

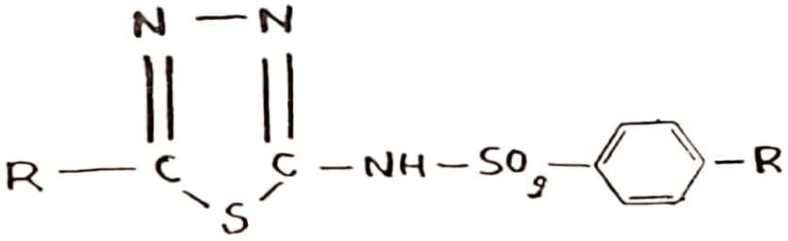
સલ્ફાગ્વાયનેડિન



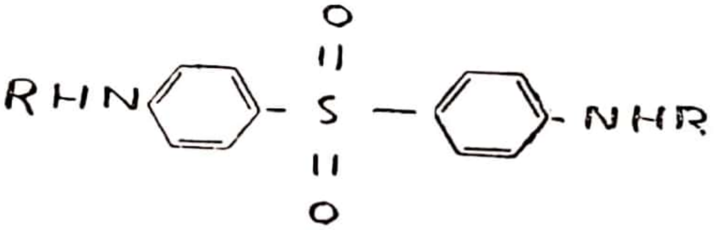
પિરિડિન-વલય



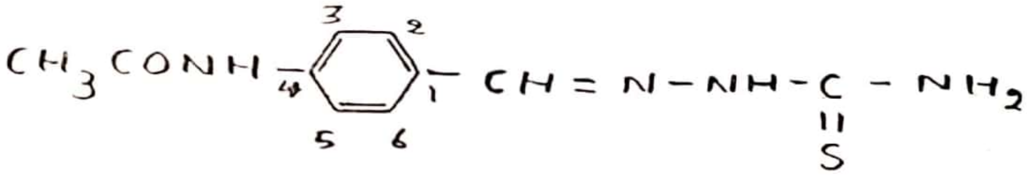
આયસોનાયેઝાઇડ



સલ્ફાથાયાડાયાઝોલ

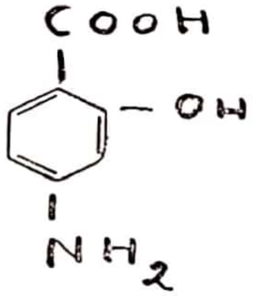


સલ્ફોન

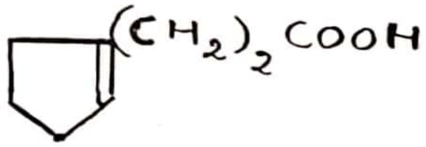


ટિબિયોન

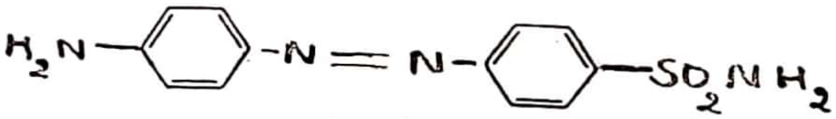
---- અ ----



પેરાએમિનો સેલિસિલિક ઍસિડ



n=10 હિડ્નોકાર્પિક ઍસિડ
n=12 શૌલમુગરિક ઍસિડ



પ્રોન્ટાસિલ

તરફ દેખાય છે. ડાબેરી પદાર્થ શરીરમાંના અમુક બૅક્ટેરિયાનો નાશ કરી શકે પરંતુ જમણેરી તેના ઉપર કશીય અસર કરી શકે નહીં. ડાબેરી એડ્રેનલિન અને જમણેરી એડ્રેનલિન રાસાયણિક દૃષ્ટિએ એક જ પદાર્થ છે. પરંતુ તેમની સંરચના ડાબા જમણી હોઈ તે જુદા ગણાય. ડાબેરી એડ્રેનલિન મનુષ્યશરીરમાં ઔષધીય દૃષ્ટિએ ગણનાપાત્ર કામ કરી જાય છે, જે જમણેરી એડ્રેનલિન કરી શકતો નથી.

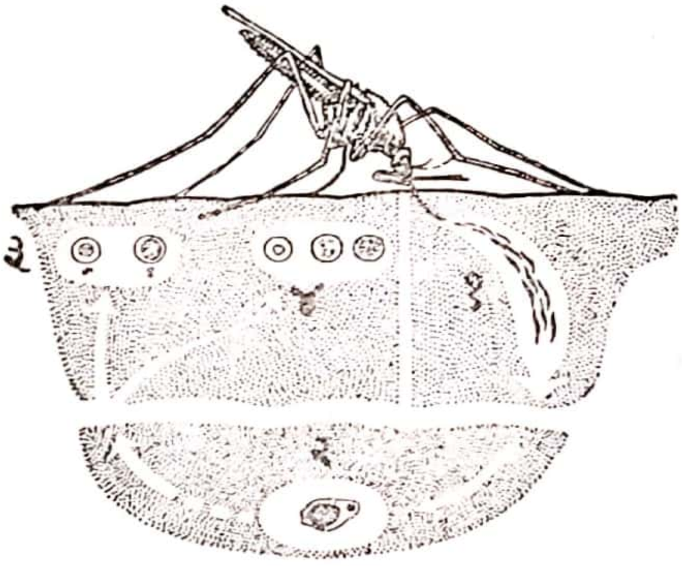
રસાયણચિકિત્સાના વિકાસપથનું દ્વિતીય અંતરદર્શી સીમાચિહ્ન ગેહાર્ડ ડોમાગ્કને હાથે ઈ. સ. ૧૯૩૪માં નંખાયું. પ્રોન્ટોસિલ નામનો એક એઝો-રંગ સ્ટ્રેપ્ટોકૉકાઈથી ઉત્પન્ન થતા રોગો ઉપર અસરકારક નીવડ્યો. અભ્યાસથી સમજાયું કે પ્રોન્ટોસિલ શરીરમાં ગયા બાદ ખંડિત થાય છે અને પેરા-એમિનો બેન્ઝિન સલ્ફોનેમાઇડ બને છે. આ જ્ઞાન થયા પછી તેના ઉપર અનેક સમૂહપરિવર્તન કરી હજારો સલ્ફોનેમાઇડ પદાર્થો સંશ્લેષિત થયા. ખાસ કરીને આ બધામાંથી અમુક નિશ્ચિત સંરચનાવાળા પદાર્થો જ ઔષધો તરીકે અસરકારક પુરવાર થયા. આ ઔષધોનું મહત્ત્વ એ છે કે તે જુદી જુદી જાતના કૉકાઈજન્ય રોગો પર કાર્યક્ષમ નીવડ્યાં. સલ્ફાગ્વાયનેડિન બેસિલસજન્ય મરડા ઉપર અસરકારક નીવડે છે. સલ્ફા-ઔષધો અસ્તિત્વમાં આવ્યાં ન હતાં ત્યારે ન્યુમોનિયા, મૅનિન્જાઇટિસ અને પરમિયા (gonorrhoea) જેવા રોગોનો સામનો કરવાનું ઘણું વિકટ હતું. પરંતુ જુદી જુદી જાતનાં સલ્ફા-ઔષધો શોધાયાં પછી આ રોગોના સફળ ઇલાજ શક્ય બન્યા અને તે રોગોની ભયંકરતા દૂર થઈ.

આના સંદર્ભમાં ઔષધ-મારણ (drug-antagonism) શું છે તે સમજી લઈએ. પેરા-એમિનો બેન્ઝોઇક ઍસિડ થોડા પ્રમાણમાં પણ જો સલ્ફા-ઔષધ સાથે સામેલ થાય છે તો તે ઔષધની પ્રતિ-બૅક્ટિરિયક કાર્યક્ષમતામાં વિક્ષેપ પાડે છે. આથી પેરા-એમિનો બેન્ઝોઇક ઍસિડ સલ્ફા ઔષધોના મારણ (antagonist) તરીકે વર્તે છે એમ કહેવાય. ઔષધ-મારણની પ્રક્રિયા સમજવી મુશ્કેલ છે કારણ કે તેનો ઉદ્ભવ ભિન્ન કારણોને લીધે હોય છે. તેમાં મુખ્યત્વે ઔષધ અને તેના મારણની સંરચના વચ્ચેનું આંશિક સામ્ય હોય છે.

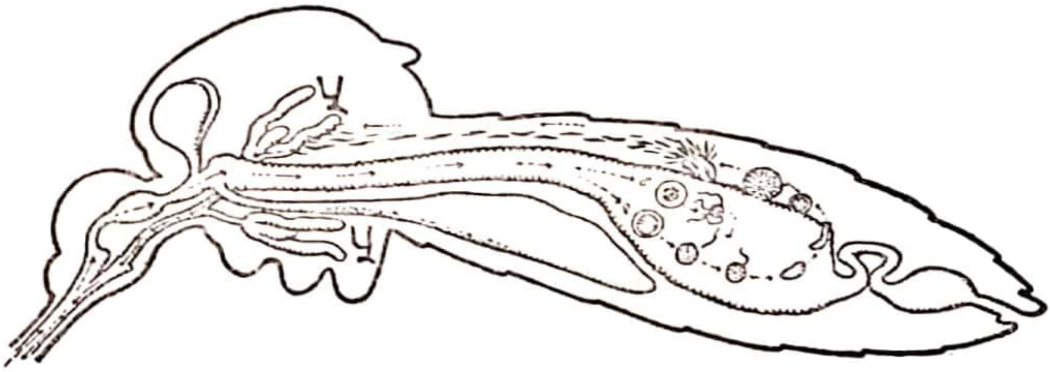
ક્ષય રોગ અને કુષ્ઠ (કોઢ) રોગના જીવાણુઓ વચ્ચે સામ્ય છે. શરીરના કોઈ પણ ભાગમાં તે વસવાટ કરી બેસે છે. પરંતુ તે સામાન્ય રુધિર-પ્રવાહના મુખ્ય પથથી દૂર જ રહે છે. તેમનો નાશ કરનાર ઔષધે તે ભાગ સુધી પહોંચવું જોઈએ. પણ તે મુશ્કેલ હોવાથી એક સમયે આ રોગો મટાડવાનું દુષ્કર હતું. સ્ટ્રેપ્ટોમાઇસિન અને અન્ય ઔષધોની શોધ થયા પછી ક્ષયને મટાડવાનું હવે સુગમ બન્યું છે. ક્ષયરોગરોધક ઔષધો પૈકી બે વર્ગનાં ઔષધોનો વિકાસ વ્યવસ્થિત રીતે થયો છે; જેનાં નામ છે : થાયોસેમિકાર્બેઝોન અને હાઇડ્રેઝાઇડ. બેનિશ અને તેના સાથીદારો ક્ષય રોગના જીવાણુ ઉપર સલ્ફા-ઔષધોની કેવી અસર થાય છે તેનો અભ્યાસ કરતા હતા. તેમને સલ્ફાથાયાડાયાઝોલ થોડે અંશે જીવાણુ-સ્તંભક માલૂમ પડ્યો. તેની સંરચનાના ખંડ-રેખાથી દર્શાવેલ ભાગ ઉપરથી થાયો-સેમિકાર્બેઝોન વર્ગની પ્રેરણા મળી. આ વર્ગમાં ટિબિયોન સૌથી ક્રિયાશીલ પુરવાર થયો.

આ સંરચનામાં બેન્ઝિન વલયના સ્થાન-૪ ઉપર, ખાસ કરીને, અને અન્ય સ્થાનો ઉપર સમૂહ પરિવર્તન કરી વધારે ક્રિયાશીલ પદાર્થો મેળવવાના પ્રયાસો થયા છે. બેન્ઝિન વલયને બદલે પિરિડિન વલય લઈને સ્થાન-૨, સ્થાન-૩ અને સ્થાન-૪ ઉપર પાર્શ્વશૃંખલા (अ) લગાડીને જુદા જુદા પદાર્થો મેળવાયા છે.

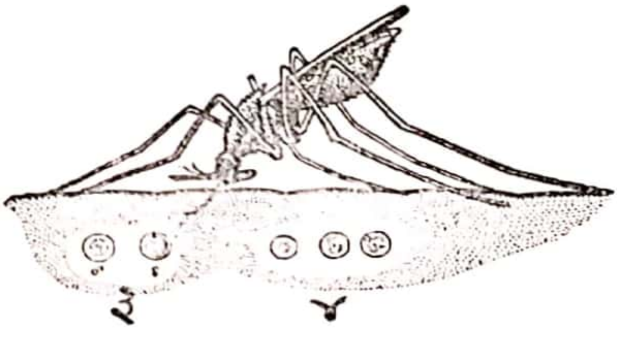
ઈ. સ. ૧૯૫૨માં ફૉક્સે આઈસોનિકોટિન આલ્ડિહાઈડ થાયોસેમિકાર્બેઝોન પરોક્ષ રીતે બનાવ્યો. આમાં પિરિડિન વલય તેમ જ તેના સ્થાન-૪ ઉપર પાર્શ્વશૃંખલા અ હોય છે. આ બનાવટ દરમિયાન આઈસોનિકોટિનિક ઍસિડ હાઈડ્રેઝાઈડ વચગાળાના પદાર્થ તરીકે મળતો હતો. ફૉક્સે આ



૧. મચ્છરની લાળમાંથી પ્લાઝમોડિયાનો માનવ શરીરમાં પ્રવેશ.
૨. રક્તકણમાં પ્લાઝમોડિયમનો પ્રવેશ
૩. માનવ-લોહીમાં ગેમેટોસાઇટ
૪. મેલેરિયાના જીવાણુનો નવા રક્તકણમાં પ્રવેશ



૫.—મચ્છરના પેટમાં મચ્છરના જીવાણુઓનો ઉછેર – લાળગ્રંથિમાં જીવાણુ જમા થાય છે.



માનવલોહીથાંથી મેલેરિયાના જીવાણુ (૩) મચ્છરના શરીરમાં

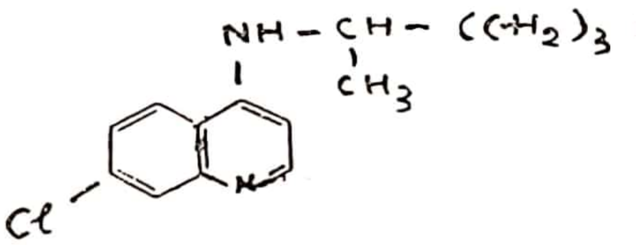
આયસોનાયેઝાઇડ [INH]ની ક્ષયના જીવાણુ પ્રત્યેની ક્રિયાશીલતા તપાસી તો તે ઘણી નોંધપાત્ર લાગી. આ સંશોધને ક્ષય-ઉપચારના ક્ષેત્રમાં નવી ઝલક રેલાવી. આજે તો સ્ટ્રેપ્ટોમાઇસિન, પેરાએમિનો સેલિસિલિક [PAS]ની સાથે INH પણ એક ઔષધ તરીકે ખૂબ પ્રચલિત થઈ ગયું છે. INH ની સંરચનામાં ખાસ કરીને–$NHNH_2$ સમૂહમાં ઘણા સુધારા કરી બનતા નવા નવા પદાર્થો ચકાસી જોવામાં આવ્યા છે. પરંતુ કોઈ પદાર્થ INHથી ચડિયાતો સિદ્ધ થયો નથી.

કુષ્ઠરોગરોધક ઔષધો પૈકી પહેલાં હિડનોકાર્પસ અને ટારક્ટોજીનસ વર્ગની વનસ્પતિનાં બીનાં તેલો બાહ્ય ઉપચાર માટે વપરાતાં હતાં. આમાં બે મુખ્ય ઍસિડો હોય છે : શાલમોગરાના તેલમાં રહેલો શોલમુગરિક ઍસિડ અને હિડનોકાર્પિક ઍસિડ — જેની સંરચનામાં ઘણું સામ્ય હોય છે. આધુનિક ઉપચારમાં સલ્ફોન, સ્ટ્રેપ્ટોમાઈસિન પ્યુરોમાઈસિન વગેરે વપરાય છે. સલ્ફોનને નામે ઓળખાતાં ઔષધો સંશ્લેષિત છે. ક્ષયના ઉપચારમાં એક તબક્કે સલ્ફોનોનો ઉપયોગ થયેલો અને તેથી તેનો ઉપયોગ કુષ્ઠ રોગ ઉપર કરવાની પ્રેરણા થઈ આવી; જેમાં સફળતા પ્રાપ્ત થઈ. સલ્ફોનની સામાન્ય સંરચનામાં જ્યારે R ને સ્થાને હાઇડ્રોજનનો પરમાણુ હોય છે ત્યારે ડાઇએમિનો ડાઇફિનાઈલ સલ્ફોન મળે છે. R ને બદલે બીજા સમૂહો મૂકીને જુદા જુદા ક્રિયાશીલ સલ્ફોનો મેળવી શકાયા છે.

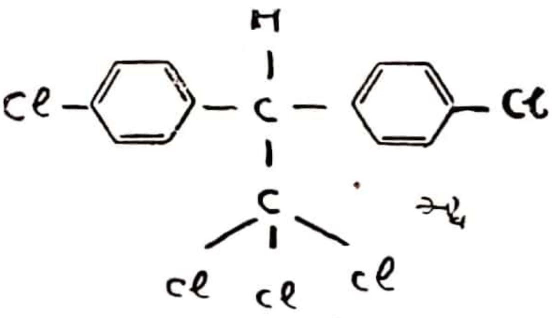
મલેરિયા-નિવારક ઔષધોનો વિકાસ ખરેખર રસાયણવિદોએ દાખવેલી અદ્‌ભુત શક્તિની પ્રતીતિ કરાવી જાય છે. મલેરિયાના જીવાણુઓ પોતાના જીવનક્રમ દરમિયાન જુદાં જુદાં સ્વરૂપો ધારણ કરે છે. માનવશરીરમાં મોટે ભાગે તેનો જીવનક્રમ ચાલે છે પરંતુ થોડે અંશે એનોફિલિસ જાતના મચ્છરના જઠરમાં પણ પસાર થાય છે. આ જીવનક્રમના વૃત્તાંતના વિસ્તરણમાં ઊતર્યા વગર તેનો આછો ખ્યાલ ૧૯૯મા પાના પરની આકૃતિ ઉપરથી આવશે.

મલેરિયાનો ફેલાવો અટકાવવા મચ્છરનો નાશ કરવો જોઈએ. ડી. ડી. ટી. આ માટે અકસીર ઇલાજ છે. પરંતુ માણસને એક વખત મલેરિયા લાગુ પડ્યો તો પછી તેને ડામવા માટે કક્ષા-૧, કક્ષા-૨, ૩, અને કક્ષા-૪ એમ ત્રિપક્ષી પ્રયાસ કરવો પડે છે. રસાયણવિદોએ એવાં ઔષધો બનાવ્યાં છે કે કોઈ પણ કક્ષાએ મલેરિયાના જીવાણુઓનો વિનાશ કરી શકાય છે. મલેરિયાના ઉપચારમાં કિવનીન પ્રચલિત હતું. તેની સંરચનામાં કિવનોલિન વલય હતું. પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન અને ત્યાર પછી જર્મનીમાં કિવનીન મેળવવાનું મુશ્કેલ બન્યું. તેથી રસાયણવિદોએ કિવનોલિન વલયમાં આઠમા સ્થાન ઉપર —$NH(CH_2)_2N\ (C_2H_5)$ સમૂહ દાખલ કર્યો અને તે શૃંખલામાં પરિવર્તન કરીને પેન્ટાકિવન, જેવાં અનેક ઔષધો બનાવ્યાં ત્યાર બાદ થોડાં વર્ષ પછી મેપાક્રિન અસ્તિત્વમાં આવ્યું. દ્વિતીય વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન જે ઔષધો જર્મન સૈનિકો વાપરતા હતા તે મિત્ર-સૈન્યોના હાથમાં આવ્યાં ત્યારે માલૂમ પડ્યું કે તે ઔષધોમાં પાર્શ્વસમૂહ કિવનોલિનના ચોથા સ્થાન ઉપર હોય છે. આથી આ દિશામાં સંશ્લેષણને વેગ મળ્યો અને ક્લોરોકિવન અને કેમોકિવન જેવાં ઔષધો અસ્તિત્વમાં આવ્યાં.

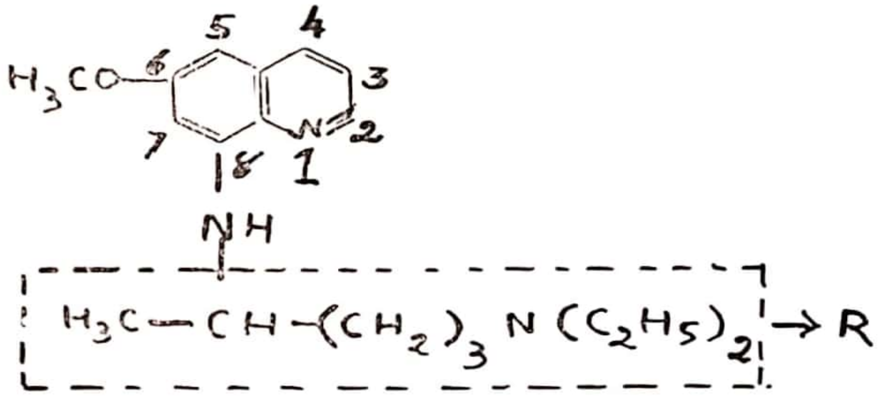
ઈ. સ. ૧૯૪૨માં ઇંગ્લંડમાં કર્ડ, ડેવી અને રોઝે એક નવું વિકાસક્ષેત્ર શોધ્યું. તેમણે કિવનોલિન અને મેપાક્રિનમાં હોય છે તેવાં એક્રિડિન વલયને બદલે પિરિમિડિન વલય પસંદ કરી નવા નવા ઔષધીય પદાર્થોનું સંશ્લેષણ શરૂ કર્યું.



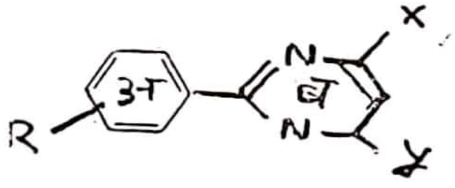
ક્લોરોક્વિન



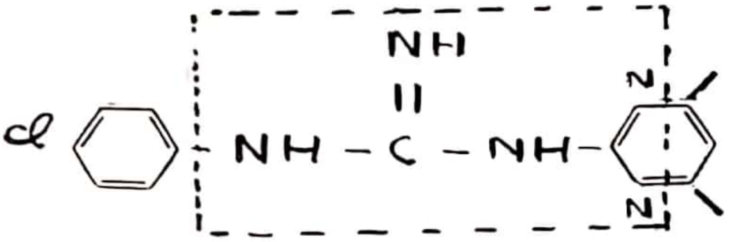
ડી. ડી. ટી.



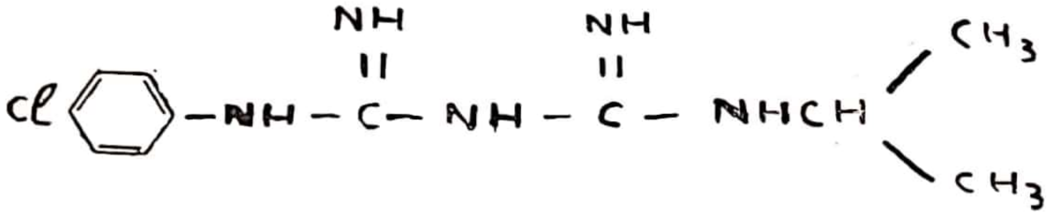
પેમાક્વિન



બેન્ઝિન–પિરિમિડિન વલય જોડાણ



બાયગ્વાનિડિન



પેલુડ્રિન

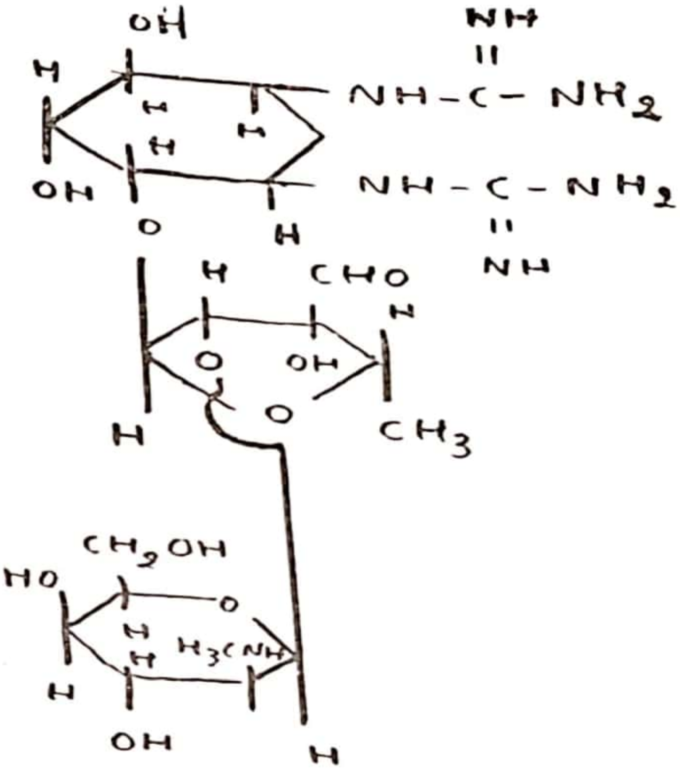
પ્રથમ પ્રયાસે તેમણે બેન્ઝિન વલય (अ) અને પિરિમિડિન વલય (ब) વચ્ચે સીધાં જોડાણ હોય એવા પદાર્થો બનાવ્યા. તેમાં R, x અને y સમૂહો હતા. પરંતુ તે પદાર્થોમાં ઔષધીય ગુણવત્તા ન જણાઈ. તેથી अ અને ब વચ્ચે –NH– સમૂહ હોય તેવા પદાર્થો બનાવ્યા. તેમણે અન્ય સમૂહ-પરિવર્તન કરી જોયાં પણ ઇચ્છિત પરિણામ ન આવ્યાં. ત્યાર પછી —NH–ને બદલે વલય $-NH-\underset{\overset{\|}{NH}}{C}-NH-$ સમૂહ મૂકયો. આમ પદાર્થો બનાવતાં બનાવતાં તેમની સમગ્ર સંરચનામાં ખંડ-રેખાંકિત નવા સમૂહનું દર્શન થયું. આ સમૂહને બાય-ગ્વાયનિડિન કહે છે. પરિણામે આવા સમૂહ સાથેનું પેલુડ્રિન મળ્યું. પિરિમિડિનના ક્ષેત્રને ખેડતાં આમ અચાનક આ ઔષધ હાથ લાગ્યું. આ અન્વેષકોના લલાટે પિરિમિડિન વલયવાળું મલેરિયા-નિવારક ઔષધ શોધ્યાનો યશ નહીં લખાયો હોય એમ જ માનવું પડે તેમ છે; કારણ કે ઈ. સ. ૧૯૫૧માં ફાલકો ઇત્યાદિએ પિરિમિડિન વલયવાળું 'ડિરા-પ્રિમ' નામનું શક્તિશાળી ઔષધ જગતને આપ્યું.

મલેરિયા-નિવારકોના સંદર્ભમાં આપણે કૃમિઘ્નો (Anthelmintics) પૈકી પ્રતિફાઈલેરિયકોનો વિચાર કરી લઈએ. મચ્છર અને માખી તેના સૂક્ષ્મ કૃમિના વાહક છે. પ્રતિફાઈલેરિયક ઔષધોમાં આર્સેનિક અને ઍન્ટિમનીવાળાં ઔષધો વપરાતાં પરંતુ હેટ્રાઝનનું સંશ્લેષણ થતાં આ ક્ષેત્રમાં નવા યુગનો ઉદય થયો. આ હેટ્રાઝનની સંરચનામાં પરિવર્તનના અનેક પ્રયાસ થયા છે અને એને પરિણામે જણાયું છે કે અમુક પ્રકારની અણુ-રચનાની ભૂમિતિ તેની ક્રિયાશીલતામાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.

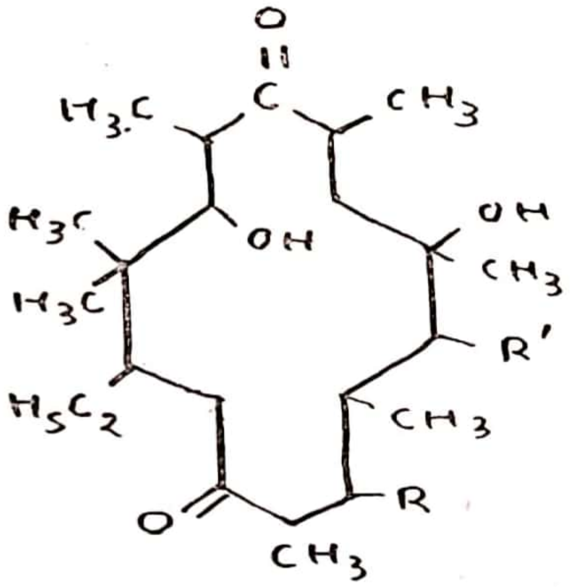
ગમે તે પ્રકારના કોષની અસામાન્ય વૃદ્ધિ જે રોગમાં થાય છે તેને આપણે કૅન્સર કહીએ છીએ. કૅન્સર ભિન્ન ભિન્ન જાતનાં હોય છે. તેના ઉપચાર માટે કેટલાંક સંશ્લેષિત ઔષધો તૈયાર થયાં છે. તે પૈકી 'નાઇટ્રોજન મસ્ટાર્ડ' ઉલ્લેખનીય છે. તેની સંરચનામાં ફેરફાર કરતાં કેટલાંક ઉપયોગી ઔષધો મળ્યાં છે તે ઉપરાંત કૅન્સરના ઉપચાર માટે ઍન્ટિમેટાબોલાઇટ, હોર્મોન, ઍન્ટિબાયોટિક, કોલ્ચિસીન જેવાં સમસૂત્રણરોધક (Antimiotic) ઔષધો પણ શોધાયાં છે. વળી આલ્ફા, બીટા, ગામા વિકિરણો દ્વારા પણ આ રોગ સામે જેહાદ ચાલે છે.

'સ્વાસ્થ્ય દર્શન'માં કૅન્સરનાં કારણોમાં કેટલાક હાઇડ્રોકાર્બનો જવાબદાર છે એમ જણાવ્યું છે. આના અનુસંધાનમાં રસાયણવિદોએ કેટલાક સૈદ્ધાંતિક સામાન્ય નિયમો તારવ્યા છે. હાઇડ્રોકાર્બનની સંરચનામાં કેટલાક પ્રદેશો નક્કી કર્યા છે. જે પ્રદેશમાં ૧.૨૯૨ મિલીઇલેક્ટ્રોન વૉલ્ટસથી વધારે વીજભાર હોય છે એ હાઇડ્રોકાર્બનો ચામડી તેમ જ ચામડી નીચેના કોષોમાં અવશ્ય કૅન્સરજનક ક્રિયાશીલતા બતાવે છે. આવાં સૈદ્ધાંતિક વિધાનો નવાં ઔષધોની ક્ષિતિજ વિસ્તારશે અને અસાધ્ય ગણાતા કૅન્સર જેવા રોગને પણ માનવીની મેધા કાબૂમાં લાવી શકશે.

ઔષધ રસાયણના વિકાસપથનો ત્રીજો તબક્કો ઍન્ટિબાયોટિકની શોધથી શરૂ થયો. ઍન્ટિબાયોટિકોના ક્ષેત્રમાં રસાયણવિદનો મુખ્ય રસ તેની જટિલ સંરચનાઓ સ્થાપિત કરવામાં અને સંશ્લેષણથી તેને પ્રાપ્ત કરવામાં રહ્યો છે. આજ સુધી મોટા પાયા પર મળતાં ઍન્ટિબાયોટિકો જીવરાસાયણિક પદ્ધતિએ બનાવવામાં આવે છે. જોકે પ્રયોગશાળામાં કેટલાંક સંશ્લેષણો સફળ થયાં છે અને તેથી મોટા પાયા ઉપર પણ પદાર્થો સંશ્લેષિત થવા માંડે એ સંભવિત છે. આપણે ઍન્ટિબાયોટિકોના ત્રણ

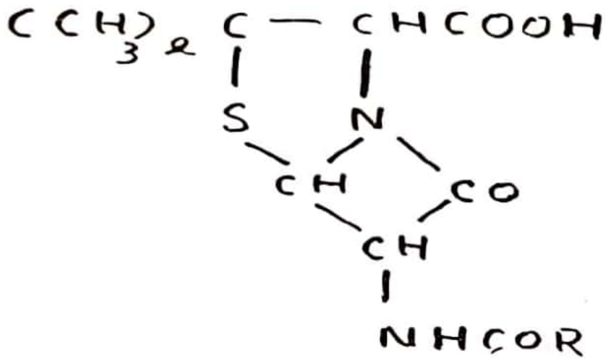


સ્ટ્રેપ્ટોમાયાસન



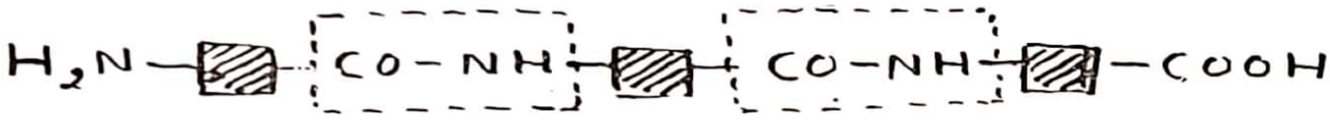
ઓરિયોમાયસન
R=શર્કરાના અણુ
R'=શર્કરાના અણુ

નાઇટ્રોજન મસ્ટાર્ડ



પેનિસિલીન

એમિનોઍસિડનું નિરૂપણ



પોલિપેપ્ટાઇડનો નમૂનો

વર્ગ પાડી શકીએ : (૧) પેનિસિલીન વર્ગ (૨) માઈસિન વર્ગ (૩) પોલિપેપ્ટાઈડ વર્ગ. પેનિસિલીનની સામાન્ય સંરચના પૃ. ૨૦૩ ઉપર બતાવી છે. તેમાં R ને બદલે જુદા જુદા સમૂહો હોય છે. R ને બદલે બેન્ઝિલ — $CH_2C_6H_5$ હોય છે ત્યારે તેને પેનિસિલીન-જી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

માઈસિન વર્ગનાં ઘણાં ઍન્ટિબાયોટિકો છે. સ્ટ્રેપ્ટોમાઈસિન, ટેટ્રાસાયકિલનો, ઇરિથ્રોમાઈસિન વગેરે. તે બધાંની સંરચના પેનિસિલીન કરતાં વધારે ગૂંચવણવાળી છે. છતાંય રસાયણવિદો આધુનિક સાધનો-ની સહાયથી આવી મિશ્ર સંરચનાઓની જાણ કેળવી શકયા છે. ઍન્ટિબાયોટિકો બનાવનારા જીવાણુ-ઓ સૂક્ષ્મ છે પરંતુ તેમની બનાવેલી કૃતિઓ ખરેખર ભવ્ય અને આશ્ચર્યજનક માલૂમ પડી છે.

પ્રોટીનના અણુઓ એમિનોઍસિડમાંથી બને છે તે આપણે જાણીએ છીએ. એમિનોઍસિડમાં એમિનો ($—NH_2$) સમૂહ અને કાર્બોકિસલ ($—COOH$) સમૂહ હોય છે. પ્રોટીનના અણુઓમાં આ બે સમૂહો વચ્ચેનું સંયોજન મોટી શૃંખલા અથવા મોટું વલય રચે છે. આ સંયોજનમાં કેટલાક સમૂહનું પુનરાવર્તન થાય છે અને તેમાં એમિનોઍસિડોની સંખ્યા બેથી માંડી ગમે તેટલી શકય હોય છે. આ જ્ઞાનને આધારે બેસિટ્રેસિન ઔષધ બનાવવામાં આવ્યું છે. આ ઍન્ટિબાયોટિકની કથા તાજુબ કરે તેવી છે. માર્ગરેટ ટ્રેસીના પગનું હાડકું ભાંગ્યું હતું; અને ઘામાં ધૂળ ભરાવાથી ચેપ લાગ્યો હતો. શરૂઆતમાં ચેપની અસર જોરદાર જણાઈ પરંતુ તે ચિહ્નો અચાનક અદૃશ્ય થયાં.

જૉન્સન, એન્કર અને મૅલેને તેનું કારણ શોધવા પ્રયત્ન કર્યો. તેમણે ૧૯૪૭માં, તેના ઘામાંથી, 'બૅસિલસ સબટિલિસ'નો એક પ્રકાર અલગ પાડયો અને તેની મદદથી નવું ઍન્ટિબાયોટિક બનાવ્યું. ટ્રેસીની યાદગીરીમાં એ ઍન્ટિબાયોટિકનું નામ બેસિટ્રેસિન પાડયું.

પોલિપેપ્ટાઈડ વર્ગમાં આ રીતે એક અજબ ઔષધ મળ્યું. ઈસ્યુલિન પણ પોલિપેપ્ટાઈડ વર્ગનો એક વિરાટ પ્રોટીન અણુ છે. આ ઉપરાંત પ્રોટીન વર્ગમાં એન્ઝાઈમ અને વાયરસ મહત્ત્વ-પૂર્ણ ભાગ ભજવે છે. આપણા શરીરમાં સેંકડો એન્ઝાઈમોની હયાતીથી જીવનનાં અગત્યનાં રાસાયણિક પરિવર્તનો ચાલે છે. તેના વિના જીવન અસંભવિત બન્યું હોત. પેપ્સિન એક આવું જ એન્ઝાઈમ છે. સૂક્ષ્મ માત્રામાં માત્ર શારીરિક ઉષ્ણતામાને તેની કામગીરી ચાલે છે. વાછરડાંના જઠરમાંથી મેળવેલું રેનિન નામનું એન્ઝાઈમ માત્ર ૩૦ ગ્રામ હોય છે છતાં ૩૪,૫૭,૦૦૦ લિટર દૂધને આખરી શકે છે.

વાયરસ રોગ ઉત્પન્ન કરતા એજન્ટો છે. તેઓ નથી બૅકિટરિયા કે નથી સૂક્ષ્મ જીવ. તે એટલા બધા સૂક્ષ્મ હોય છે કે સૌથી વધારેમાં વધારે વૃદ્ધીકરણ કરતા સૂક્ષ્મદર્શકમાં પણ દેખાતા નથી; ઇલેક્ટ્રોન માઈક્રોસ્કોપમાં તે દેખી શકાય છે. ઈ. સ. ૧૯૩૫માં વેન્ડેલ એમ. સ્ટેન્લેએ તમાકુના છોડને લાગુ પડતા ચિત્રી (mosaic) નામના રોગમાંથી સૌથી પ્રથમ વાયરસ છૂટું પાડયું. તમાકુના કોષની બહાર તમાકુના મોઝેકનો વાયરસ એક નિર્જીવ અણુની માફક વર્તે છે. પણ સજીવ કોષમાં તે પ્રજનન કરવાને શક્તિમાન હોઈને વૃદ્ધિ પામી શકે છે. આ દૃષ્ટિએ તે સજીવ છે એમ કહી શકાય.

ઇન્ફ્લુએન્ઝા, સામાન્ય શરદી, વાયરસજન્ય ન્યુમોનિયા, શીતળા, પોલિયો, ગળસૂડાં, ઓરી વગેરે વાયરસથી પેદા થાય છે. આવા રોગના વાયરસનો પ્રતિકાર કરવા માટે ઔષધો શોધાયાં છે.

અંતમાં હવે આપણે 'ફંગસ'થી પેદા થતા રોગોનું થોડુંક વિવરણ કરીએ. મનુષ્યને થતા જીવાણુ-જન્ય રોગોમાં ફૂગ વર્ગની સૂક્ષ્મ વનસ્પતિથી થતા રોગોને નિવારવાનું કામ જરા મુશ્કેલ છે.

રોગોત્પાદક ફૂગ ઘણુંખરું જમીનમાં, વાસી ખોરાક કે સડેલાં ફળ ઉપર અને ખાસ કરીને 'હ્યુમસ'માં અથવા વાવેતર ઉપર વાસ કરે છે. જ્યારે આ ફૂગ માણસમાં પરજીવી (parasite) તરીકે રહે છે ત્યારે પોતાની વૃદ્ધિ અને પ્રજનનની પદ્ધતિ બદલે છે. ફૂગથી બે પ્રકારના રોગો થાય છે. એક તો ચામડી ઉપરનાં દરદોનો પ્રકાર છે : જેમ કે દરાજ, હાથપગનો કોહવારો. બીજો પ્રકાર શરીરનાં જુદાં જુદાં તંત્રો ઉપર અસર કરે છે. દા. ત. ઍક્ટિનોમાયસિસ બોવિસ જે ઢોર મારફતે મનુષ્યમાં પ્રવેશે છે, તેમાંથી જડબાં અને જીભનાં ટ્યુમર પેદા થાય છે. એસ્પર્જિલસ વર્ગની ફૂગ નબળાં ફેફસાં ઉપર અસર કરે છે. ઘાસ, અનાજ અને લોટ સાથે સતત કામ કરનારને આ રોગ લાગુ પડવાનો સંભવ રહે છે. આ ઉપરાંત ભિન્ન શરીરતંત્રોને અસર કરતા 'ફૂગજન્ય' રોગો ઘણા છે. પહેલાં આવા રોગો માટે ઔષધોનો અભાવ હતો પરંતુ હવે તો ફૂગનિરોધક અને ફૂગવિનાશક ઔષધો ઘણાં શોધાયાં છે. તેમાં શુદ્ધ રાસાયણિક પદાર્થોથી માંડી ઍન્ટિબાયોટિકનો ઉપયોગ થાય છે. આ રીતે એક વખતે મુશ્કેલ ગણાતા ઉપચારો સુસાધ્ય બન્યા છે.

ખરેખર જીવાણુજન્ય રોગો અને તેના પ્રતિકારની પ્રવૃત્તિએ રસાયણી ચિકિત્સાને ગૌરવ આપ્યું છે.

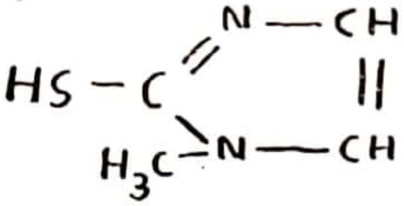
હોર્મોનો, વિટામિનો અને પ્રકીર્ણ ઈલાજ

પ્રાણીશરીરમાં નલિકારહિત યાને અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ હોય છે તે આપણે જાણીએ છીએ. આ ગ્રંથિઓમાં હોર્મોનો પેદા થાય છે. આ હોર્મોનોની સંરચના પૃ. ૨૦૬ ઉપર બતાવેલા સાયક્લોપેન્ટિલ વલયપ્રણાલી ઉપર આધારિત છે. જુદાં જુદાં સ્થાનો જે આંકડાઓથી દર્શાવ્યાં છે તેના ઉપર ભિન્ન સમૂહો તથા અમુક બે સ્થાનો વચ્ચે દ્વિબંધ હોવાથી ભિન્ન હોર્મોનો મળે છે. આપણે ઈસ્ટ્રોજનનો સવિસ્તર વિચાર કરીએ. સ્ત્રીનો માસિક ધર્મ પ્રોગેસ્ટેરોન અને ઈસ્ટ્રાડાયોલ નામના બે મુખ્ય હોર્મોનો ઉપર આધાર રાખે છે. તેમની સંરચનાઓને ખ્યાલમાં રાખી કેટલાક સ્ટેરોઇડ પદાર્થોની ઈસ્ટ્રોજેનિક ક્રિયાશીલતા ચકાસી જોવામાં આવી. ત્યાર પછી ઈસ્ટ્રોજન હોર્મોનોના જેવી ક્રિયાશીલતા દર્શાવે એવા સાદા સંશ્લેષિત પદાર્થો શોધાયા. દૃષ્ટાંત તરીકે સ્ટિલ્બેસ્ટ્રોલ. તેની અવકાશ-ભૂમિતિ સ્ટેરોઇડને મળતી આવે છે.

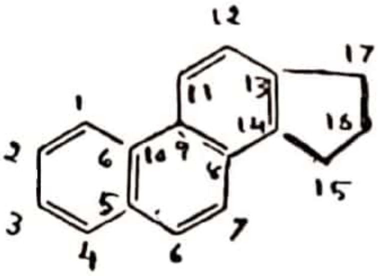
કોર્ટિસોન પણ સ્ટેરોઇડના વર્ગનું હોર્મોન છે. અને તેની સંરચના કુદરતી ઈસ્ટ્રોજનને મળતી આવે છે. સ્પષ્ટ તરી આવતો તફાવત વલયમાં રહેતા કાર્બોનિલ (—CO) સમૂહો છે. કોર્ટિસોનો અને તેનાં વ્યુત્પન્નો રુમેટોઇડ આરથ્રાઈટિસમાં વપરાય છે. તેમાં સોજો ઉતારવાની ખાસ શક્તિ રહેલી છે.

અ-સ્ટેરોઇડ હોર્મોનોમાં એડ્રિનલિન, થાયરોક્સિન અને ઈન્સ્યુલિન મુખ્ય છે. થાયરોઈડ ગ્રંથિમાંથી ઝરતા થાયરોક્સિનની એ વિશિષ્ટતા છે કે તેની સંરચનામાં આયોડિનના પરમાણુઓ હોય છે. જો કોઈ વ્યક્તિને થાયરોઇડ પદાર્થોના અભાવને લીધે વ્યાધિ પેદા થાય તો કુદરતી અથવા સંશ્લેષિત થાયરોક્સિન આપીને માવજત કરી શકાય છે. પરંતુ થાયરોઇડ પદાર્થોનું પ્રમાણ વધતાં જે રોગો થાય છે તેને નિવારવા મેથિમેઝોલ જેવાં પ્રતિ-થાયરોઇડ ઔષધો વાપરવાં પડે છે.

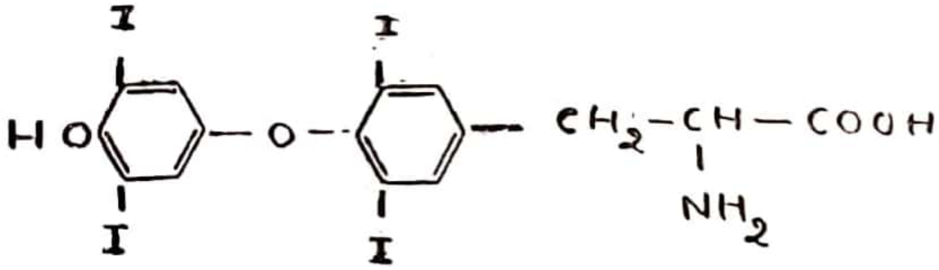
પેન્ક્રિયાસમાં પેદા થતું ઈન્સ્યુલિન ખૂબ અગત્યનું હોર્મોન છે. ઈન્સ્યુલિનમાં —CONH— બંધ દ્વારા બનેલો એક પોલિપેપ્ટાઇડ અણુ છે. તેમાં રહેલાં એમિના ઍસિડોની ક્રમબદ્ધતા ઈ. સ. ૧૯૫૪માં સૅંગરે નિશ્ચિત કરી; તેને તે માટે ઈ. સ. ૧૯૫૮માં નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયું. તેની સંરચના જટિલ હોવા છતાં તેનું સંશ્લેષણ શક્ય બન્યું છે.



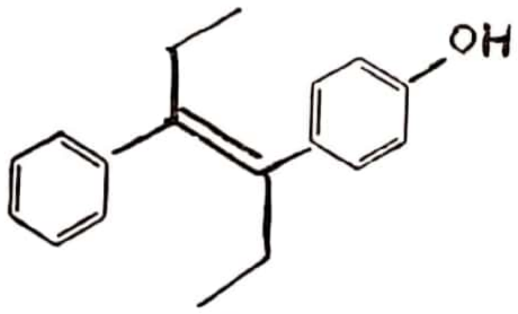
મેથિમેઝોલ



સાયક્લોપેન્ટિલ ફિનેન્થ્રિન

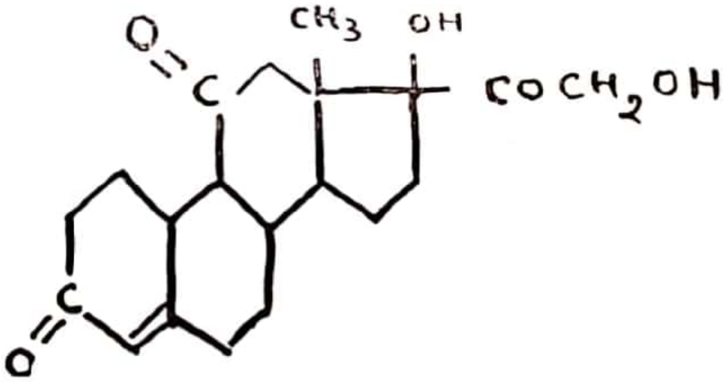


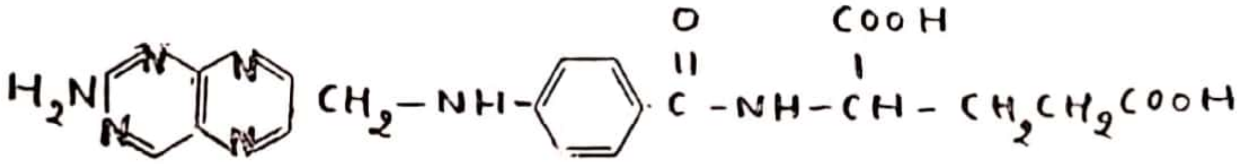
થાયરોક્સિન



સ્ટિલ્બએસ્ટ્રોલ

કોર્ટિસોન



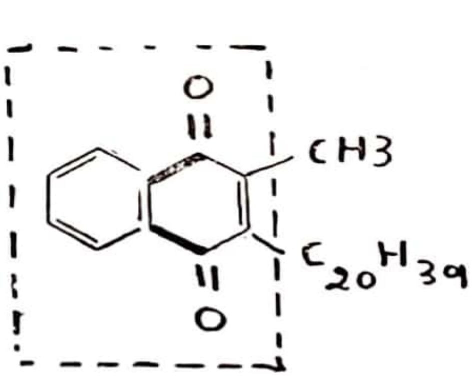


ફૉલિક ઍસિડ

ડાયાબિટિસના રોગના પ્રતિકાર સામે ઈન્સ્યુલિનનાં ઈન્જેક્શન ઉચિત ઉપાય છે. પરંતુ હવે તો કેટલાંક સલ્ફા ઔષધોની ગોળીઓ પણ લઈ શકાય છે. આમ કુદરતી ઈન્સ્યુલિનની સાથે પ્રતિ-સ્પર્ધા કરવાનું સંશ્લેષિત પદાર્થો માટે શક્ય બન્યું છે.

હોર્મોનની માત્રા ઘણી ઓછી હોય છે, છતાં તેની ક્રિયાશીલતા નોંધપાત્ર હોય છે. હોર્મોનની જેમ વિટામિનો ઓછી માત્રામાં જીવ-રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓનું નિયંત્રણ કરે છે. હોર્મોનો સામાન્ય પ્રાણીઓની અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓમાં ઉત્પન્ન થાય છે પરંતુ વિટામિનો તો રોજિંદા ખોરાકમાંથી જ મેળવવાં પડે છે. વિટામિનો એ, બી, સી, ડી, ઈ કે એવા નામે ઓળખાય છે. આહારમાં આ વિટામિનોનો અભાવ હોય તો ભિન્ન ભિન્ન જાતનાં દર્દો પેદા થાય છે. વિટામિન બી વર્ગના ઘણા સભ્યો છે જેમાંના કેટલાંક થાયામિન, રિબોફ્લાવિન નિકોટિનિક ઍસિડ, બાયોટિન, ફોલિક ઍસિડ, પેરા-એમિનોબેન્ઝોઈડ ઍસિડ, સાયનોકોબાલ્ટેમાઇન (વિટામિન બી$_{૧૨}$) વગેરે નામોથી ઓળખાય છે. આ પૈકી ફોલિક ઍસિડ અને વિટામિન બી$_{૧૨}$ શું છે તે જોઈએ. ફોલિક ઍસિડના અભાવથી એક જાતનો એનિમિયા થાય છે. ઈ. સ. ૧૯૩૧માં વિલ્સે, મુંબઈમાં એક હિંદુ સ્ત્રીને સુવાવડ દરમિયાન એક પ્રકારનો એનિમિયા થયો હતો અને યીસ્ટની અમુક બનાવટ આપવાથી તે મટયો હતો એવી, નોંધ કરી. એ રીતે યીસ્ટમાં એવું કયું સત્ત્વ છે તે જાણવા પ્રયાસ શરૂ થયા. યીસ્ટ અને કલેજાના સત્ત્વથી એનિમિયા મટે છે એવું અનુભવે જણાયેલું. તેમાં રહેલું ઔષધીય સત્વ, છેવટે ઈ. સ. ૧૯૪૪માં ટેરોઇડ ગ્લુટેનિક ઍસિડ (folic acid) છે એમ પુરવાર થયું અને રસાયણવિદોએ તેનું સંશ્લેષણ કરવાની પદ્ધતિ ખોળી કાઢી. વિટામિન બી$_{૧૨}$ ઝેરી એનિમિયાના ઉપચારમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. તેની સંરચનામાં કોબાલ્ટ ધાતુનો અણુ અનેક સમૂહો વચ્ચે બંધાયેલો હોય છે. આ વિટામિનો માત્ર વનસ્પતિજન્ય નથી. તે પ્રાણીની મેટાબૉલિક પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા આંતરડામાં સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ તેને ઉત્પન્ન કરે છે. વિટામિન બી$_{૧૨}$ અને ફોલિક ઍસિડ બહુ સૂક્ષ્મ માત્રામાં ન્યુક્લિક ઍસિડની બનાવટમાં એન્ઝાઇમની માફક વર્તે છે.

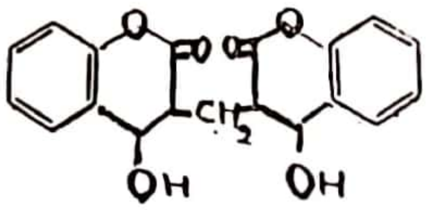
ઈ. સ. ૧૯૨૯માં ડેમને માલૂમ પડયું કે મરઘીનાં પીલાંના ખોરાકમાં અમુક પોષકતત્ત્વ ખૂટતું હતું તેથી લોહી સ્વયં વહી જવાથી તેઓ મરી જતાં હતાં. આ ખૂટતો પદાર્થ વિટામિન કે નામે ઓળખાયો. જે વ્યકિતના લોહીમાં વિટામિન કેનો અભાવ હોય છે તેને સહેજ ઘા પડતાં લોહી વહેવા માંડે છે અને લોહી જામી જઈને ઘાને બંધ કરી શકતું નથી. લોહીની જામવાની પ્રક્રિયા એક આશ્ચર્યજનક પ્રક્રિયા છે. તેની સંરચના નેપ્થાક્વિનોન વલય ઉપર રચાઈ હોવાનું જણાયું છે. એટલે તે વલય ઉપર રચાયેલાં બીજાં સંશ્લેષિત ઔષધો પણ વપરાશમાં આવ્યાં છે. જે પૈકી મેનાડાયોન એક છે. તેની સંરચના સાદી છે. વિટામિન કે$_{૧}$ની સંરચનામાંથી $C_{20}H_{39}$ કાઢી લઈએ તો તેનું નિરૂપણ મળી જાય છે.



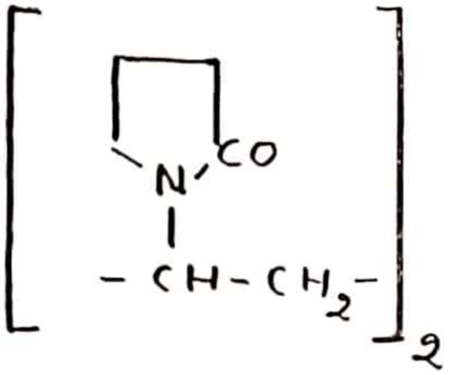
વિટામિન—કે$_{૧}$

જેમ વિટામિન કેમાં લોહીને જમાવવાની શક્તિ છે તેમ કેટલાક અન્ય પદાર્થોમાં લોહીને જામતું અટકાવવાની શકિત છે. ખાસ કરીને શસ્ત્રક્રિયા દરમિયાન લોહી રક્તવાહિનીમાં જામી ન જાય તેની ખાસ સંભાળ લેવી પડે છે. હેપેરિન અને બિસહાડ્રોકિસ-કૌમારિન આવા પદાર્થો છે. હેપેરિન તો પ્રાણીઓની અમુક પેશીઓમાં પેદા થાય છે. ફેફસાંમાં તેનું પ્રમાણ ખાસ વધારે હોય છે. બિસહાડ્રોકિસ-કૌમારિન 'સ્વીટ કલોવર' નામના ઘાસચારામાં પેદા થાય છે. ઈ. સ. ૧૯૨૧–૨૨ આ ચારો ખાનારાં ઢોરને કંઈક ઈજા થતાં, ખસી કરતાં અને શિંગડાં ફૂટતી વેળાએ નીકળતા સખત

લોહીને પરિણામે મૃત્યુને વશ થવું પડે છે એવો ખ્યાલ આવ્યો. 'સ્વીટ ક્લોવર'માં ક્રિયાશીલ સત્ત્વ કયું છે તેની શોધખોળ શરૂ થઈ. ઈ. સ. ૧૯૪૧માં કૅમ્પબેલ અને લિંકે બિસહાઇડ્રોકિસ-કૌમારિન સ્ફટિક રૂપમાં મેળવ્યો અને તેની સંરચના નક્કી કરી. ત્યાર પછી આ પદાર્થને બદલે વાપરી શકાય



બિસ હાઇડ્રોક્સિ કૌમારિન



પોલવિનાઇલ પાયરોલિડોન

તેવા અન્ય પદાર્થો સંશ્લેષણથી મેળવ્યા. લોહીને શરીરના બધા ભાગમાં ફરતું રાખવા તેનો અમુક જથ્થો આવશ્યક છે. જ્યારે શરીરમાંથી મોટા પ્રમાણમાં લોહી વહી જાય છે ત્યારે જરૂરી જથ્થો ટકાવી રાખવા માટે યોગ્ય વ્યક્તિનું લોહી દરદીને આપવું એ સૌથી શ્રેષ્ઠ ઉપાય છે, પણ તે ન મળી શકે તેવા સંજોગમાં ગ્લુકોઝસહિત અથવા ગ્લુકોઝરહિત સેલાઈન આપવું પડે છે. આની સાથે કેટલાક બીજા પદાર્થો ઉમેરવાની જરૂર પડે છે. તે પૈકી ડેક્સ્ટ્રાન જિલેટીન અને પોલિવિનાઇલ પાયરોલિડોન ઉમેરાય છે. ડેક્સ્ટ્રાન અને જિલેટીન કુદરતી સ્રોતમાંથી મળે છે. સામાન્ય ખાંડ ઉપર અમુક પ્રકારના બૅક્ટેરિયાના વિકાસથી ડેક્સ્ટ્રાન મળે છે. ચામડી, હાડકાં, સંધાનપેશીઓ વગેરે ઉપર રાસાયણિક અભિક્રિયા કરીને જિલેટીન મેળવાય છે.

બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન જર્મનીમાં પોલિવિનાઇલ પાયરોલિડોન નામનો પદાર્થ સંશ્લેષણ દ્વારા મેળવાયો. વાતાવરણના સામાન્ય દબાણ કરતાં સોગણા દબાણે અને ૯૦ અંશ સેન્ટિગ્રેડ જેટલા ઉષ્ણતામાને એસિટિલિન અને ફૉર્માલ્ડિહાઇડની પારસ્પરિક અભિક્રિયાને પરિણામે ગામા-બ્યુટિરોલેક્ટમ યાને પાયરોલિડોન બને છે. રિફાઇનરી-ગૅસ નેપ્થા અને ઉચ્ચતર હાઇડ્રોકાર્બનોના ભંજન (cracking) દરમિયાન અન્ય ગૅસ સ્વરૂપે મળતી આ ઊપજ સાથે ઍસિટિલિન, મિથેઇન વગેરે પેદા થાય છે. મિથેઇનમાંથી મેથેનોલ અને તેમાંથી ફૉર્માલ્ડિહાઇડ બને છે. આમ પાયરોલિડોનની બનાવટ માટે આવશ્યક પદાર્થો પેટ્રોકેમિકલ રસદ્રવ્યો તરીકે પ્રાપ્ત થાય છે. એક વખત પાયરોલિડોન બન્યા પછી તેના ઉપર ઍસિટિલિનની પ્રક્રિયાથી વિનાઇલ પાયરોલિડોન બને છે. આના અનેક અણુઓ જોડાઈને પોલિવિનાઇલ પાયરોલિડોનનો વિરાટ અણુ ઉત્પન્ન કરે છે. તેનો અણુભાર ૨૫,૦૦૦ જેટલો થાય છે અને પ્રોટીનની માફક તે પાણીમાં ઓગળે છે. આ પદાર્થ શોધીને રસાયણવિદોએ એક મહાન સિદ્ધિ મેળવી છે. ડેક્સ્ટ્રાન, જિલેટીન અને પોલિવિનાઇલ પાયરોલિડોન જેવા પદાર્થો રક્તરસનો જથ્થો વધારવા વપરાય છે.

કેટલીક વખત વિકિરણધર્મી કિરણોની શરીરના ભિન્ન કોષો ઉપર માઠી અસર થાય છે. વિકિરણ-ધર્મી પદાર્થો સાથે કામ કરનારને આવાં કિરણો સામે રક્ષણ આપે એવા કેટલાક પદાર્થો સંશ્લેષિત

કરવાના અખતરા શરૂ થયેલા છે. મનુષ્યના વાળમાંથી મળી આવેલું સિસ્ટિન-એમાઇન વિકિરણરક્ષક તરીકે કામ આપી શકે એમ જણાયું છે.

આજે ઔષધ-રસાયણનું ખેડાણ ઘણું વિશાળ બન્યું છે અને દિનપ્રતિદિન વિસ્તૃત બનતું રહેવાનું જ. જેમ માનવી રોગનિવારણ માટે નવાં નવાં ઔષધો શોધે છે તેમ તેમ રોગોત્પાદક સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ પણ ધીમે ધીમે ઔષધો તરફની સહિષ્ણુતા કેળવે છે. તેને પરિણામે વંશપરંપરાગત આ સહિષ્ણુતા એવી વધે છે કે ચીલાચાલુ ઔષધની તેના ઉપર કંઈ અસર થતી નથી. પરિણામે સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ અને માનવ વચ્ચે આ બાબતમાં અવિરત હરીફાઈ ચાલુ રહેવાની જ. તેથી જ નવાં સંશ્લેષણોને મોટો અવકાશ છે. જેમ જીવાણુજન્ય રોગો માટે નવા ઔષધની જરૂર ઊભી થાય છે તેમ શરીરતંત્રો ઉપર પણ વધુ અસરકારક નીવડે એવા પદાર્થોની ખોજ ચાલુ રહે છે. જે રસાયાણવિદ માટે એક સાધના છે.

આધુનિક ઔષધોના ઉપવર્ગો

તંત્રાન્વયી : (સિસ્ટેમેટિક)

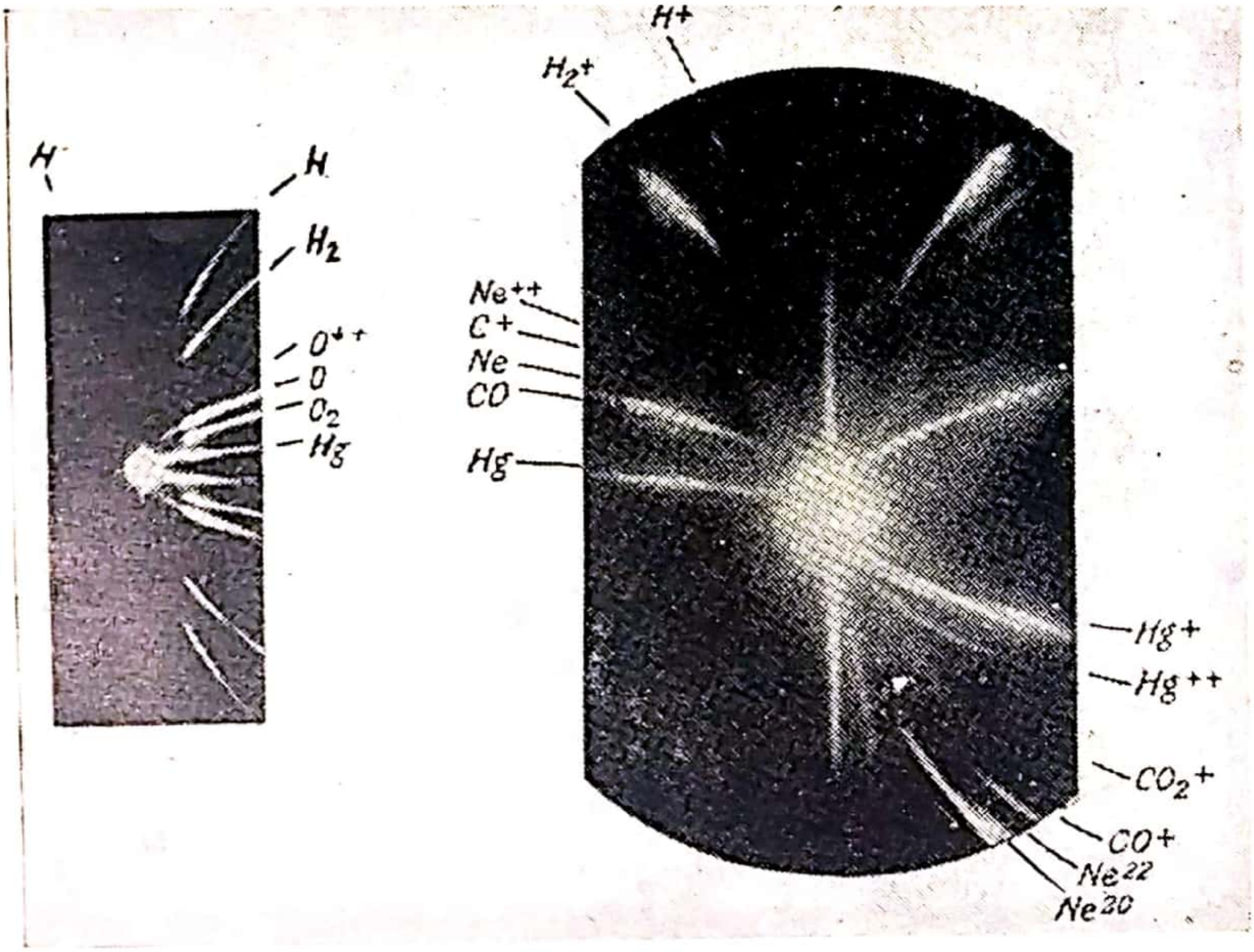
o પીડાપહારી (પીડાહારક)	(એનાલજેસિક)
o શામક	(સિડેટિવ)
o નિદ્રાપક (નિદ્રાદાયી)	(હિપ્નોટિક)
o નિશ્ચેતક	(એનેસ્થેટિક)
o પ્રશામક	(ટ્રાન્કિવલાઇઝર)
o અપસ્મારરોધી	(ઍન્ટિએપિલેટિક)
o સંજીવક	(એનાલેપ્ટિક)
o એડ્રિનલિનધર્મી	(એડ્રિનર્જિક)
o કોલિનધર્મી	(કોલિનર્જિક)
o એડ્રિનલિન ક્રિયારોધી	(ઍન્ટિએડ્રિનર્જિક)
o કોલિન ક્રિયારોધી	(ઍન્ટિકોલનર્જિક)
o હિસ્ટામિનરોધી	(ઍન્ટિહિસ્ટામિનિક)
o રુધિરાભિસરણતંત્રલક્ષી	(કાર્ડિયોવેસ્ક્યુલર)
o કાસરોધી (કફરોધી)	(ઍન્ટિટયુસિવ)
o કફોત્સારક	(એક્સ્પેક્ટોરન્ટ)
o ભૂખ-ઉદ્દીપક	(એપેટાઇટ સ્ટિમ્યુલન્ટ)
o ભૂખહારક	(ઍન્ટિએપેટાઇટ, એનોરેક્સિસ)
o રેચક	(કેથારેટિક)
o વમનકારી	(એમિટિક)
o વમનરોધી	(ઍન્ટિએમિટિક)
o મૂત્રવર્ધક	(ડાઇયુરેટિક)
o ગર્ભાશય સંકોચક	(ઓકિસટોસિક)

રસાયણી ચિકિત્સાન્વયી

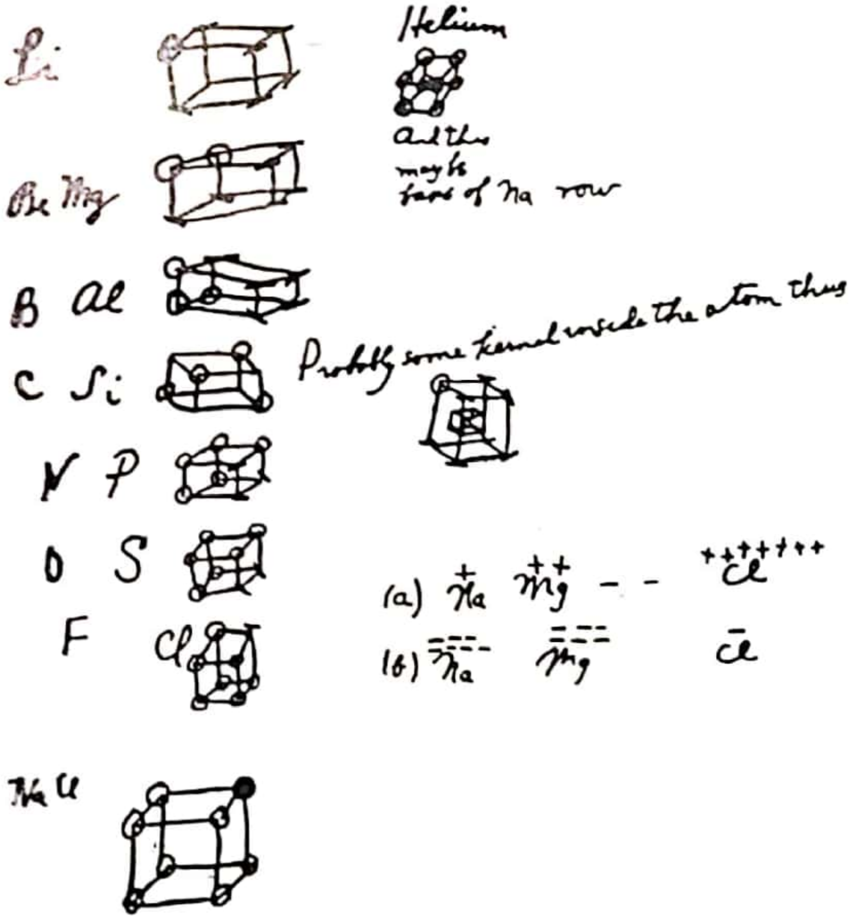
- શિફિલિસરોધી (ઍન્ટિસિફિલિટિક)
- ટ્રાઇપનોસોમાયાસિસરોધી
- ક્ષયરોગરોધી (ઍન્ટિટયુબર્ક્યુલર)
- કુષ્ઠરોગરોધી (ઍન્ટિલેપ્રોઇટિક)
- સલ્ફા ઔષધો (કૉકાઈજન્યરોગરોધી)
- પ્રતિમલેરિયકો (ઍન્ટિમલેરિયલ)
- કૃમિઘ્ન (એન્થેલમિન્ટિક)
- કૅન્સરરોધી (ઍન્ટિકૅન્સર)
- ઍન્ટિએમિબિક
- ઍન્ટિબાયોટિક
- ઍન્ટિફંગસ
- ઍન્ટિવાયરસ
- વિટામિન
- હોર્મોન
  - થાયરોઇડ હોર્મોન-પ્રતિથાયરોઇડ ઔષધ
  - સ્ટેરોઇડ હોર્મોન
  - પોલિપેપ્ટાઇડ અને પ્રોટીન હોર્મોન

પ્રકીર્ણ

- ઍન્ટિસેપ્ટિક
- નિદાનસહાયક (ડાયાગ્નોસ્ટિક એજન્ટ)
- કિરણીયન વ્યાધિનિવારક
- પ્લાઝમા આયતનપ્રવર્ધક (પ્લાઝમા એક્સ્ટેન્ડર)



જુદા જુદા મૂળતત્ત્વોના માસ સ્પેક્ટ્રા



ખંડ : ૬

પરમાણુ રચનામાં ઇલેક્ટ્રોનના બંધન
લ્યુઈસની કલ્પના મુજબ

૧૬ : અધાતુઈ મૂળતત્ત્વો

ધાતુઓ અંગે આપણે ચોથા પ્રકરણમાં ચર્ચા કરી ગયા. હવે આપણે કેટલાંક અધાતુઈ મૂળતત્ત્વોની ચર્ચા કરી લઈએ. આપણે હેલોજન નામે ઓળખાતાં મૂળતત્ત્વોથી શરૂઆત કરીએ.

હેલોજન

ફ્લોરિન, ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિન એ ચાર મૂળતત્ત્વો હેલોજનને નામે ઓળખાય છે. તે પૈકી હલકામાં હલકું મૂળતત્ત્વ ફ્લોરિન છે. તે ઝાંખા પીળા રંગનો વાયુ છે. તેની સંજ્ઞા F, પરમાણુભાર ૧૯.૦૦ અને પરમાણુસંખ્યા ૯ છે. રાસાયણિક રીતે અત્યંત સક્રિય હોવાથી ફ્લોરિન સ્વતંત્ર મળી આવતો નથી. તેનાં સંયોજનો જ કુદરતમાં મળી આવે છે. સંખ્યાબંધ ખનિજો તેમ જ જળકૃત અને આગ્નેય ખડકોમાં તેનાં ખનિજો મળી આવે છે. તેનું મુખ્ય ખનિજ ફ્લોરસ્પાર એટલે કે કૅલ્શિયમનો ફ્લોરાઇડ છે.

હાઇડ્રોજન સાથે સંયોજાઈ તે હાઇડ્રોજન ફ્લોરાઇડ એટલે હાઇડ્રોફ્લોરિક ઍસિડ બનાવે છે. આ ઍસિડ કાચને પણ ખાઈ જાય છે. તાંબા જેવી ધાતુના વાસણમાં રાખીએ તો તેની સપાટી ઉપર ફ્લોરાઇડનું પડ બનાવે છે. આવું પડ એ ઍસિડથી તાંબાને બચાવી લે છે. તેથી આ ઍસિડને તાંબાના કે એવી કોઈ ધાતુના વાસણમાં સંઘરી શકાય છે.

પારા જેવા ઉદ્દીપકોની મદદથી કાર્બન અને ફ્લોરિન સંયોજાઈ (CF_4, C_2F_6) જેવા ફ્લોરોકાર્બન બનાવે છે. તેમને પાણી કે તેલ સ્પર્શી શકતાં નથી. ઊંજણાં તરીકે તેમાંનાં ઘણાં બધાં સારું કામ આપે છે. ફ્લોરોકાર્બનનાં ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન અને ગંધક સાથેનાં વ્યુત્પન્નો રાળ, પ્લાસ્ટિક, તેલો, મીણ, રેસા વગેરે બનાવવાની વિશેષ યોગ્યતા ધરાવે છે. કારણ કે તે અન્ય પદાર્થો કરતાં વિશેષ ઉષ્ણતામાન સહી શકે છે.

યુદ્ધ સમયે યુરેનિયમ-૨૩૫ છૂટું પાડવા યુરેનિયમ હેક્ઝાફ્લોરાઇડનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો. સોડિયમ ફ્લોરોસિલિકેટથી પાણીને અલ્પ પ્રમાણમાં ફ્લોરિનયુક્ત બનાવી કેટલાંક શહેરોને પૂરું પાડવામાં આવે છે. તેનાથી દાંતનો સડો થતો અટકી જાય છે. જંતુઘ્ન તરીકે તેમ જ લાકડાંને ઊધઈ અને જીવાતથી બચાવવા ફ્લોરોસિલિકેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ટેટ્રાફ્લોરોઇથિલિનના અણુઓ પરસ્પર જોડાઈ પોલિમર બનાવે છે. ક્રાયોલાઇટ Na_3AlF_6 નો ઉપયોગ ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુના ઉત્પાદનમાં કરવામાં આવે છે.

ક્લોરિનની સંજ્ઞા Cl, બ્રોમિનની સંજ્ઞા Br અને આયોડિનની સંજ્ઞા I છે. તેમનાં પરમાણુ-ભાર અને પરમાણુસંખ્યા અનુક્રમે ૩૫.૪૫૭–૧૭, ૭૯.૯૧૬–૩૫, અને ૧૨૬.૯૨–૫૩ છે.

ક્લોરિન દાહક વાસવાળો પીળાશ પડતા લીલા રંગવાળો ઑક્સિડાઈઝિંગ ગુણ ધરાવનારો વાયુ છે. બ્લીચિંગ પાઉડર, કાર્બનિક રંગો અને દવાઓની બનાવટમાં તેમ જ શહેરોમાં વપરાતા પાણીને જંતુશુદ્ધ કરવામાં વપરાય છે. પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ સમયે દુશ્મનનાં લશ્કરોને હેરાન કરવા જર્મનીએ ક્લોરિનનો ઉપયોગ ઝેરી વાયુ તરીકે કરેલો. સંખ્યાબંધ મૂળતત્ત્વો સાથે સંયોજાઈ તે તેમના ક્લોરાઇડ બનાવે છે. રસોઈમાં વપરાતું ખાવાનું મીઠું એ સોડિયમનો ક્લોરાઇડ છે. મોટા ભાગના ક્લોરાઇડ (ચાંદી, પારો અને સીસા સિવાયના) પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય છે અને ક્લોરાઇડનું વીજપૃથક્કરણ કરી ક્લોરિન વાયુ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. મીઠાના પાણીનું વીજપૃથક્કરણ કરતાં કૉસ્ટિક સોડા, હાઇડ્રોજન અને ક્લોરિન મળી આવે છે. કૉસ્ટિક સોડા સાબુ બનાવવામાં તેમ જ ક્લોરિન બ્લીચિંગ પાઉડર બનાવવામાં વપરાય છે. ક્લોરિનનું એક જાણીતું સંયોજન ક્લૉરોફૉર્મ છે જેનો ઉપયોગ સર્જરીમાં નિશ્ચેતક તરીકે કરવામાં આવે છે.

બ્રોમિન સામાન્ય ઉષ્ણતામાને કાળાશપડતો રતુંબડો પ્રવાહી છે. તેની બાષ્પ ઝેરી છે. જુદી જુદી ધાતુઓમાં બ્રોમાઇડ તરીકે તે કુદરતમાં મળી આવે છે. સ્ટ્રૅસફર્ટ અને મિચિગનમાં આવા બ્રોમાઇડ પુષ્કળ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. દરિયાના પાણીમાંથી મીઠું પકવી લીધા બાદ બાકી રહેલા 'બિટર્ન' નામે ઓળખાતા 'મધર-લિકર'માંથી તેનું ઉત્પાદન કરવું સસ્તું પડે છે. બ્રોમિનનો ઉપયોગ રાસાયણિક રીતે કાર્બનિક પદાર્થોના ઉત્પાદનમાં વિશેષ કરવામાં આવે છે. ધાતુઓ સાથે સંયોજાઈ તે બ્રોમાઇડ બનાવે છે. ચાંદીનો બ્રોમાઇડ ફોટોગ્રાફીમાં વપરાય છે. પોટૅશિયમ બ્રોમાઇડ અને અન્ય કેટલાક બ્રોમાઇડો દવા તરીકે વપરાય છે.

જાંબલી રંગના સ્ફટિકોના સ્વરૂપે આયોડિન મળી આવે છે. દરિયાઈ વનસ્પતિમાંથી તે કાઢી શકાય છે. પ્રાણીશરીરની થાયરોઇડ ગ્રંથિમાંના સ્રાવ થાયરોકિસનમાં તે માલૂમ પડે છે. ટિંચર આયો-ડિન દવા, આયડોફૉર્મ, આયોડેક્સ વગેરે પદાર્થો દવા તરીકે વપરાય છે. આયોડિન જંતુઘ્ન તરીકે વપરાય છે. તે ઉપરાંત વનસ્પતિજ કે પ્રાણિજ તેલોમાં તે કયા પ્રમાણમાં સંયોજાઈ શકે છે તે ઉપરથી એ તેલનું આયોડિન-મૂલ્ય નક્કી કરી શકાય છે. તેલનું હાઇડ્રોજનેશન કેટલી માત્રામાં કરવું જોઈએ એ નક્કી કરવા આયોડિન-મૂલ્ય કાઢવાની જરૂર પડે છે. આયોડિન-મૂલ્ય તેલોમાં રહેલા ફૅટી ઍસિડ કેટલા પ્રમાણમાં અસંતૃપ્ત છે તે દર્શાવે છે.

ઑક્સિજન, હાઇડ્રોજન, નાઈટ્રોજન

ઑક્સિજનની સંજ્ઞા O, નાઈટ્રોજનની સંજ્ઞા N અને હાઇડ્રોજનની સંજ્ઞા H છે. તેમના પરમાણુભાર અને પરમાણુસંખ્યા અનુક્રમે ૧૬–૮, ૧૪.૦૦૮–૭ અને ૧.૦૮–૧ છે. આ ત્રણે વાયુઓ રંગ અને વાસરહિત હોય છે.

ઑક્સિજન સંખ્યાબંધ ધાતુ અને અધાતુઓ સાથે સંયોજાઈ ઑક્સાઇડ બનાવે છે. તે પૈકી કેટલાક ઑક્સાઇડ તો ઘણા જના સમયથી જાણીતા છે. પીવાનું પાણી હાઇડ્રોજનનો ઑક્સાઇડ છે. કળીચૂનો કૅલ્શિયમનો ઑક્સાઇડ છે, સોમલ આર્સેનિકનો ઑક્સાઇડ છે, અંજનમાં વપરાતા સુરમા

ઍન્ટિમનીનો ઑક્સાઇડ છે અને સીપીસન કે હિંગળોક નામે ઓળખાતો પદાર્થ પારાનો ઑક્સાઇડ છે. પારાના ઑક્સાઇડનો ઉલ્લેખ અરબ કીમિયાગર જબીરે 'મકર્યુરસ કેલ્સિનેટસ પર સે'ને નામે કરેલો છે.

ઑક્સિજનની શોધનો ઈતિહાસ રસિક છે. માઓ ખોઆ નામના એક ચીની લેખકે અઢારમી સદીમાં લખેલા એક પુસ્તકમાં જણાવ્યું છે: હવામાં બે વાયુઓ છે. એક પૂર્ણ અને બીજો અપૂર્ણ. પૂર્ણ વાયુને તેણે 'યાન' (નાઇટ્રોજન) અને અપૂર્ણવાયુને 'યન' (ઑક્સિજન) નામ આપેલું. તેણે જણાવેલું કે કાર્બન, ગંધક વગેરે વાયુઓનું દહન કરવાથી અપૂર્ણ હવા ચાલી જાય છે અને બાકી રહેલી હવા પૂર્ણ હોય છે. દહનશીલ પદાર્થનું દહન થાય છે ત્યારે તે 'યન' સાથે સંયોજાય છે. આ 'યન' હવામાં તો હોય છે જ પણ તે ઉપરાંત સૂરોખાર જેવા કેટલાક પદાર્થોમાં પણ હોય છે. તેમને ગરમ કરવાથી 'યન' નીકળી આવે છે.

હવા એ મૂળતત્ત્વ નથી એવું લિયોનાર્દો દ વિન્સીએ જાહેર કરેલું. ઓલ બોર્ચ નામે એક પ્રયોગવીરે સૂરાખારને ગરમ કરી આ વાયુ કાઢેલો, પણ તે કયા પ્રકારે ભેગો કરી શકાય તેનો તેને ખ્યાલ નહોતો. સ્ટિફન હેઈલ્સે તેને એ જ પ્રકારે કાઢી પાણી ઉપર ભેગો કર્યો પરંતુ તે તેના ગુણ-ધર્મ તપાસવાનું ચૂકી ગયેલો.

જોસેફ પ્રિસ્ટલી અને શીલેએ એ વાયુ જુદો પાડી તેના ગુણધર્મો તપાસ્યા. લૅવોશિયરે તેનું નામ ઑક્સિજન પાડયું, અને એ વાયુ આજે પણ એ જ નામે ઓળખાય છે.

ઔદ્યોગિક પાયા પર આ વાયુ બનાવવા પ્રવાહી હવાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. હવાને ખૂબ દબાણે ઠંડી પાડી તેને પ્રવાહી બનાવવામાં આવે છે. તેમાં રહેલા ઑક્સિજનનું ઉત્કલનબિંદુ –૧૮૩° સે. અને નાઇટ્રોજનનું ઉત્કલનબિંદુ –૧૯૬° સે. છે. એટલે એ પ્રવાહીમાંથી નાઈટ્રોજન બાષ્પ સ્વરૂપે પહેલો બહાર નીકળે છે અને ઑક્સિજન પછી નીકળે છે. અત્યંત શુદ્ધ સ્વરૂપે ઑક્સિજન મેળવવો હોય તો કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણનું વિદ્યુતવિભાજન કરવામાં આવે છે. તેથી ઑક્સિજન ઉપરાંત હાઇડ્રોજન પણ શુદ્ધ સ્વરૂપે મળી આવે છે.

ધાતુઓને વેલ્ડિંગ કરવામાં વપરાતી ઑક્સિ-ઍસિટિલિન જ્યોતમાં ઑક્સિજન અને ઍસિ-ટિલિન વાયુ વપરાય છે. ઑક્સિજનનો બીજો ઉપયોગ ઊંચી જાતનું પોલાદ બનાવવામાં કરવામાં આવે છે. માંદા માણસની શ્વસનની તકલીફ દૂર કરવા તેને ઑક્સિજન આપવામાં આવે છે. ઑક્સિજન વગર જીવન કે દહન શક્ય નથી.

ઑક્સિજનનું ઘટ્ટ સ્વરૂપ ઓઝોન વાયુ છે. ઑક્સિજનના આણુમાં તેના બે પરમાણુ હોય છે પણ ઓઝોનમાં ત્રણ પરમાણુ હોય છે. ઓઝોન પ્રબળ ઑક્સિડાઈઝિંગ પદાર્થ છે. હવામાં વિદ્યુતના તણખા પસાર કરવાથી તે ઉત્પન્ન થાય છે. ચોમાસામાં ગાજવીજના તોફાન સમયે તેમ જ ક્વચિત્ દરિયાકિનારે હવાનું શ્વસન ઘણી વખત આહ્‌લાદજનક લાગે છે તેનું કારણ તેમાં રહેલો ઓઝોન વાયુ છે. પાણીને જંતુશુદ્ધ કરવામાં ઓઝોન વાયુ વપરાય છે. દ્વિબંધનવાળા કેટલાક હાઇડ્રોકાર્બનમાં ઓઝોનનો આણુ ઉમેરાવાથી ઓઝોનાઇડ્ઝ નામના પદાર્થો ઉત્પન્ન થાય છે.

પાણી અગર કૉસ્ટિક સોડાનું વિદ્યુત-વિભાજન કરવાથી હાઇડ્રોજન મેળવી શકાય છે. ખનિજ તેલની રિફાઇનરી તેમ જ પેટ્રો-કેમિકલ્સના કારખાનામાં આડપેદાશ તરીકે હાઇડ્રોજન અને એમોનિયા મળી આવે છે. હાઇડ્રોજન હલકામાં હલકો વાયુ છે. અગાઉ તે બલૂન તેમ જ હવાઈ જહાજોમાં ભરવામાં આવતો પરંતુ તે સળગી ઊઠે તેવો હોવાથી અકસ્માત થતા. તે ભય ટાળવા હવે તેને બદલે હેલિયમ વાયુ વાપરવામાં આવે છે.

હાઇડ્રોજનનો અગત્યનો ઉપયોગ પ્રવાહી તેલોના હાઇડ્રોજનેશન માટે થાય છે. આ પ્રક્રિયા દ્વારા પ્રવાહી તેલને ઘી જેવું ઘટ્ટ કરી શકાય છે. માખણને બદલે વપરાતું માર્ગેરિન કે ઘીને બદલે વપરાતું જમાવેલું મગફળીનું તેલ એ હાઇડ્રોજનેશન વિધિનો પ્રતાપ છે. પેટ્રો-કેમિકલના કેટલાક ઉદ્યોગોમાં પણ હાઇડ્રોજન વપરાય છે. ગરમ કોલસા ઉપર હવા અને વરાળ પસાર કરવાથી હાઇડ્રોજન અને કાર્બન મૉનૉક્સાઇડનું મિશ્રણ બને છે. આ મિશ્રણ 'મોન્ડ' ગૅસને નામે ઓળખાય છે અને ઍંજિનોમાં બળતણ તરીકે વાપરી શકાય છે. નાઇટ્રોજન સાથે હાઇડ્રોજનનું સંયોજન કરી એમોનિયા બનાવવાની હેબરની પદ્ધતિમાં પણ હાઇડ્રોજન વપરાય છે.

નાઇટ્રોજન એક અગત્યનો વાયુ છે. પૃથ્વીના વાતાવરણમાં તેની ખોટ નથી. વાતાવરણની હવામાં અંદાજે ૮૦ ટકા જેટલો નાઇટ્રોજન રહેલો છે. રાસાયણિક દૃષ્ટિએ એ એક સક્રિય વાયુ છે. પ્રવાહી હવામાંથી તેનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે એ આપણે જોઈ ગયા.

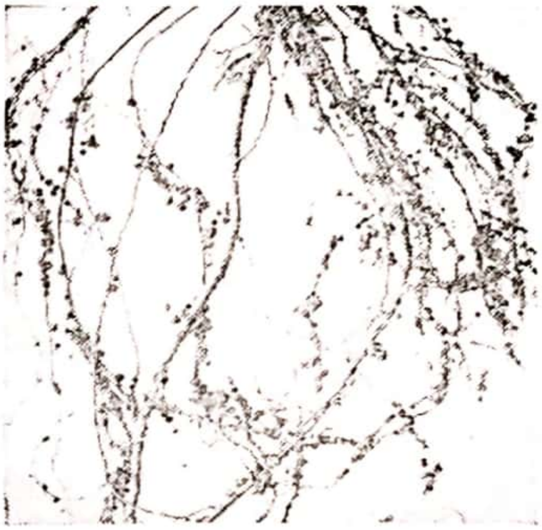
વનસ્પતિને ખાતર તરીકે નાઇટ્રોજનનાં સંયોજનો આપવાની જરૂર રહે છે. આવાં સંયોજનો પશુપ્રાણીનાં મળમૂત્રમાં રહેલાં હોઈ, તેમનો કુદરતી ખાતર તરીકે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મળમૂત્રમાંથી આવતી એમોનિયા વાયુની વાસ જાણીતી છે. કુદરતમાં નાઇટ્રેટ સ્વરૂપે મળી આવતાં ખનિજો ખાતર તરીકે વાપરી શકાય છે પરંતુ મોટા પાયા ઉપર જગતની ખાતરની માગ પૂરી કરવા, તેમ જ યુદ્ધ સમયે સ્ફોટકોની માગ પૂરી કરવા, હવાના નાઇટ્રોજનમાંથી તેનાં સંયોજનો બનાવવાં જોઈએ. એ સિદ્ધ કરવાની પદ્ધતિ પણ પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ સમયે શોધાઈ હતી.

ફ્રિટ્ઝ હેબર
[૧૮૬૮–૧૯૩૪]

ઊંચા દબાણે હાઇડ્રોજન અને નાઇટ્રોજનને સંયોજી એમોનિયા વાયુ બનાવવાની પદ્ધતિ હેબર પદ્ધતિને નામે ઓળખાય છે. તેમાં લોહના ઑક્સાઇડ અગર પોટૅશિયમના ઑક્સાઇડનો ઉદ્દીપક તરીકે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. નાઇટ્રોજનને સંયોજવાની બીજી એક પદ્ધતિ સાયનેમાઇડ પદ્ધતિ છે. તેમાં કૅલ્શિયમ કાર્બાઇડને ૧૦૦૦° સેં.ઉષ્ણતામાને રાખી તેના ઉપરથી નાઇટ્રોજન વાયુ પસાર કરવામાં આવે છે. આ રીતે બનેલા કૅલ્શિયમ સાયનેમાઇડ પર પાણીની અસરથી એમોનિયા છૂટો પડે છે: તેનું ઑક્સિડેશન કરવાથી નાઇટ્રિક ઍસિડ બનાવી શકાય છે

લોઢાની બ્લાસ્ટ ભઠ્ઠી માટે જરૂરી કોક ઓવન ગૅસ એમોનિયાની બનાવટ માટે વપરાય છે. આ રીત રૂરકેલાના ગજવેલના કારખાનામાં ચાલુ કરવામાં આવી છે.

એમોનિયા વાયુ (NH_3) નાઇટ્રોજન અને હાઇડ્રોજનનું સંયોજન છે પાણીમાંથી બરફ બનાવવા તેમ જ રેફ્રિજરેટરમાં પ્રશીતક તરીકે આ વાયુ વપરાય છે.



[સોયાબીનના છોડના મૂળ ઉપર નાઇટ્રોજન સ્થાયી કરનાર બૅક્ટેરિયાની ગાંઠો. આવી રીતે સ્થાયી થયેલો નાઇટ્રોજન જમીનને ફળદ્રુપ બનાવે છે.]

ડ્યુલૉંગ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઈ. સ. ૧૮૧૧માં નાઇટ્રોજન ટ્રાયક્લોરાઇડ બનાવ્યો હતો: પણ એનો જબ્બર ધડાકો થયો અને ડ્યુલૉંગે એક આંખ અને ત્રણ આંગળાં ગુમાવ્યાં. નાઇટ્રોજનનાં ઘણાં સંયોજનો સ્ફોટક છે. વનસ્પતિને નાઇટ્રોજન આપવા તેને પાવામાં આવતા પાણીમાં એમોનિયા ભેળવવામાં આવે છે.

નાઇટ્રોજનને સંયોજિત કરવાની કરામત કેટલાક બૅક્ટિરિયાઓએ સિદ્ધ કરેલી છે. વનસ્પતિમાં ખાસ કરીને કેટલાંક કઠોળનાં મૂળ ઉપર બાઝી આ બૅક્ટિરિયા હવામાંના નાઇટ્રોજનને સ્થાયી કરવાનું કામ કર્યા કરે છે અને જમીનને ફળદ્રુપ બનાવે છે.

કુદરતમાં નાઇટ્રોજનનું ચક્ર-પરિભ્રમણ ચાલ્યા જ કરે છે. હવામાંથી બૅક્ટિરિયા દ્વારા, તેમ જ પ્રાણી-શરીરનાં મળમૂત્રમાંથી ખાતર દ્વારા વનસ્પતિ નાઇટ્રોજન મેળવે છે. પ્રાણીઓ વનસ્પતિજ ખોરાકનો ઉપયોગ કરી તેમનાં મળમૂત્રમાં નાઇટ્રોજનનાં સંયોજનો બહાર પાડે છે જે ફરી પાછાં વનસ્પતિના ઉપયોગમાં આવે છે.

વિરલ વાયુઓ

આર્ગોન, ક્રિપ્ટોન, ઝેનોન, રેડોન અને હેલિયમ વાયુઓને 'વિરલ' યા 'ઉમદા' વાયુઓ ગણવામાં આવે છે અને મેન્ડેલીફનાં આવર્ત કોષ્ટકોમાં તેમને શૂન્ય સમૂહમાં મૂકવામાં આવ્યા છે. તેનું કારણ એ છે કે આ બધા વાયુઓ એકલશૂરા છે. તે સંયોજનો બનાવતા નથી. તેમનાં સંયોજનો બનાવવામાં છેક ૧૯૬૨માં સફળતા મળી અને તે પણ મર્યાદિત જ.

કૅવેન્ડિશે જણાવ્યું કે હવામાંથી ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજન કાઢી લીધા પછી વાયુનો એકાદ પરપોટો બાકી રહી જાય છે. તેણે તેની વિશેષ તપાસ કરી નહીં. ૧૮૯૪માં રૅલે અને રામ્સેએ શોધી કાઢ્યું કે નાઇટ્રોજનમાં તેના આશરે ૧ ટકા જેટલો અન્ય કોઈક વાયુ રહેલો છે. આ વાયુ તે આર્ગોન. ત્યાર બાદ રામ્સે અને ટ્રાવર્સે વાતાવરણમાં બીજા કેટલાક આવા નિષ્ક્રિય વાયુઓ શોધી કાઢ્યા. તેમનાં નામ ક્રિપ્ટોન, ઝેનોન, નિયોન અને હેલિયમ.

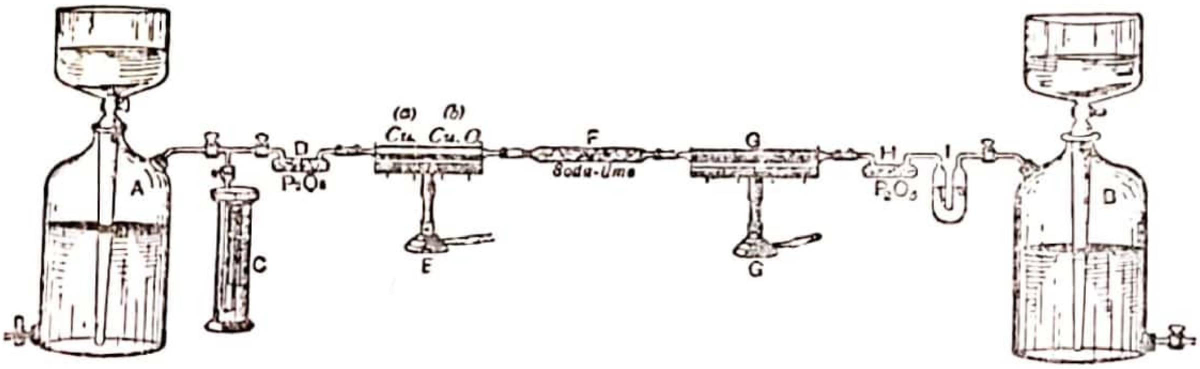
આર્ગોનની રાસાયણિક સંજ્ઞા A છે. તેનો પરમાણુભાર ૩૯.૯૪૪ અને પરમાણુસંખ્યા ૧૮ છે. વીજળીના દીવાના ગોળામાં ભરવા ઉપરાંત તેનો કોઈ અન્ય ઉપયોગ શોધાયો નથી.

ક્રિપ્ટોનની સંજ્ઞા Kr છે. તેનો પરમાણુભાર ૮૩.૭ અને પરમાણુસંખ્યા ૩૬ છે. વાતાવરણમાં દર કરોડ ભાગે તેનો એકાદ ભાગ હોય છે. તેનો ઉપયોગ પણ દીવાદાંડીમાં વપરાતા વીજળીના ગોળા ભરવામાં થાય છે.

ઝેનોનની સંજ્ઞા Xe છે. વાતાવરણમાં તેનું પ્રમાણ તો ક્રિપ્ટોન કરતાંય ઓછું છે. તેનો પરમાણુભાર ૧૩૧.૩ અને પરમાણુસંખ્યા ૫૪ છે.

સર વિલિયમ રામ્સે
[૧૮૫૨–૧૯૧૬]

૧૯૬૨માં યુનિવર્સિટી ઑફ કોલમ્બિયામાં બાર્ટલેટે ઝેનોન અને પ્લૅટિનમ હેક્ઝાફલોરાઇડ વચ્ચેની પ્રક્રિયા દ્વારા એક પીળો પદાર્થ ઉત્પન્ન કર્યો. ત્યાર બાદ ઝેનોન અને ફ્લોરિન વાયુઓનું મિશ્રણ ગરમ કરીને અન્ય રસાયણવિદોએ ઝેનોન ટેટ્રાફ્લોરાઇડ બનાવ્યો. હવે તો પ્લૅટિનમ ઉપરાંત ટેન્ટેલમ, ઍન્ટિમની, આર્સેનિક, બોરોન વગેરે ધાતુઓના ઝેનોન સાથેનાં સંયોજન બનાવી શકાયાં છે. આટલી સિદ્ધિ મેળવ્યા બાદ વૈજ્ઞાનિકોએ ક્રિપ્ટોનને નાથવાનો પણ પ્રયત્ન કર્યો છે. ઝેનોનનાં સંયોજનોને ઑક્સિડાઇઝિંગ પદાર્થો તરીકે વાપરી શકાય છે. તેમના આ ઉપયોગમાં એક મોટો ફાયદો



આર્ગોનની શોધ

[હવામાંથી ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજન કાઢી લેવાનું રામ્સેનું પ્રયોગ-સાધન. બાકી રહેલા વાયુના પરપોટાને આધારે આર્ગોનની આગાહી.]

એ છે કે તેમાંથી ઉત્પન્ન થતા તમામ પદાર્થો વાયુ હોઈ પ્રક્રિયા દરમિયાન મેલ કે કચરો જામતો નથી. તેથી રૉકેટોમાં ધક્કાદાર પદાર્થ (propellant) તરીકે વાપરવા એ સંયોજનો બનાવાય છે.

સૂર્યના વાતાવરણમાં તેના વર્ણપટને આધારે હેલિયમની શોધ લોકિયરે ૧૮૬૮માં કરેલી. ૧૮૯૪માં રામ્સેએ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં હેલિયમને પકડી પાડયો. ક્રિપ્ટોન અને નિયોન તો ૧૮૯૮માં જુદા પાડવામાં આવ્યા. પીઅર ક્યૂરી અને મૅડમ ક્યૂરીએ રેડિયમના વિકિરણમાંથી ઉત્પન્ન થતો વાયુ — રેડોન શોધી કાઢયો.

નિયોન વાયુથી તો શહેરમાં રહેનારા બધા જ પરિચિત હોય છે. મોટાં મોટાં મકાનો ઉપર જાહેરાતની રંગબેરંગી વિદ્યુત ટ્યૂબો રાતે ઝગઝગી ઊઠતી હોય છે. એ ટ્યૂબોમાં નિયોન ગૅસ હોય છે અને તેથી એવા દીવા નિયોન સાઇન લાઇટને નામે ઓળખાય છે. નિયોનની સંજ્ઞા છે, પરમાણુભાર ૨૦·૧૮૩ અને પરમાણુસંખ્યા ૧૦ છે.

રેડોનની સંજ્ઞા Rn, પરમાણુભાર ૨૨૨ અને પરમાણુસંખ્યા ૮૬ છે. તે વિકિરણધર્મી પદાર્થ છે અને કૅન્સરની સારવારમાં વપરાય છે.

હેલિયમની સંજ્ઞા He_2 કે He_3, પરમાણુભાર ૪·૦૦૨, અને પરમાણુ સંખ્યા ૨ છે. પ્રવાહી હેલિયમનાં બે સ્વરૂપ છે. He_1 અને He_2. He_2 ઉષ્ણતાવાહક છે. તેની ઉષ્ણતાવહનશકિત તાંબા કરતાં ૧૦૦૦ ગણી વિશેષ છે. ઘન સ્વરૂપનો હેલિયમ ખૂબ દાબી શકાય છે. જો તેને એકાદ ઉઘાડા પવાલામાં ભર્યો હોય તો તે પવાલાની ધારે ધારે ઊંચે ચઢીને બહારની બાજુ પણ પવાલાની દીવાલને અડીને જ ઊતરી – કેદીની માફક અલોપ થઈ જાય છે. હવાઈ જહાજોમાં ભરવામાં હેલિયમ વપરાય છે. રેડિયોઍક્ટિવ પદાર્થના વિકિરણમાંથી તેમ જ કેટલાક ગરમ પાણીના ઝરામાંથી પણ હેલિયમ વાયુ નીકળે છે.

આ બધા વિરલ વાયુઓમાંથી કેટલાકનાં સંયોજન થઈ શક્યાં છે. અને એમની સંયોજકતા આઠ જેટલી જણાઈ હોવાથી તેમના સમૂહને શૂન્યને બદલે ૮ કહેવો જોઈએ એમ કેટલાકનું માનવું છે.

ગંધક, ફૉસ્ફરસ, સિલિકોન

ગંધક તેના નામ મુજબ ગંધનો વિશિષ્ટ ગુણ ધરાવે છે. શુદ્ધ ગંધક તેમ જ તેનાં સંયોજનો વાસ ઉપરથી પરખાઈ જાય છે. ઈ. સ. પૂ. ૯૦૦ની સાલમાં થઈ ગયેલ ગ્રીક કવિ હોમરે ગંધકનો ઉલ્લેખ કરેલો છે. તમામ કીમિયાગરોએ એક અગર બીજા સ્વરૂપે ગંધકનો ઉપયોગ કરેલો છે. ગંધક એક મૂળતત્ત્વ છે એ તો ફ્રેન્ચ રાસાયણિક લૅવોશિયરે સૌ પ્રથમ પુરવાર કરેલું.

લાકડિયો ગંધક, આમલસારો ગંધક અને ફૂલગંધકનો દૂધ જેવો ધોળો ભૂકો: આ બધા ગંધકનાં જ સ્વરૂપો છે. ગંધકનાં ભરાણો ભારતમાં અસ્તિત્વમાં નથી એટલે આપણે પરદેશથી જ ગંધક મંગાવવો પડે છે. રબરને વલ્કેનાઈઝિંગ કરવા ગંધકની જરૂર પડે છે. દવામાં પણ ગંધક વપરાય છે. ખેતરાઉ પાકને નુકસાન કરનાર જીવજંતુ તેમ જ ફૂગનો નાશ કરવા છાંટવામાં આવતા ઝેરી છાંટણામાં પણ ગંધક વપરાય છે.

ગંધકને બાળીએ ત્યારે ગંધકનો ડાયૉક્સાઇડ પેદા થાય છે અને તેની ઉગ્ર વાસ ઉપરથી પરખાઈ આવે છે. ગરમ કપડાંના ડાઘાડૂઘી ઉડાડવા – બ્લીચ કરવા ગંધકના ડાયૉક્સાઇડનો ઉપયોગ થાય છે. પાણી સાથે રાસાયણિક સંયોજન પામી તે સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ બનાવે છે. આ નિર્બળ (weak) ઍસિડ છે. ગંધકનો તેજાબ બનાવવા સલ્ફરનો ટ્રાયૉક્સાઇડ જરૂરી છે. હવામાં તેનું ઑક્સિડેશન થતાં ગંધકનો તેજાબ બને છે.

ગંધકની સૌથી મોટી વપરાશ તો ગંધકનો તેજાબ બનાવવામાં થાય છે. ગંધકનો તેજાબ 'ઉદ્યોગોનો રાજા' કહેવાય છે. તેના વગર કેટલાય રાસાયણિક ઉદ્યોગો બેસી જાય. કોઈ પણ દેશની

ઔદ્યોગિક પ્રગતિનું માપ કાઢવું હોય તો ત્યાં ગંધકનો તેજાબ કેટલો વપરાય છે તેના ઉપરથી એ નીકળી શકે. સલ્ફરટ્રાયૉક્સાઇડની પાણી સાથે પ્રક્રિયા થવાથી ગંધકનો તેજાબ બને છે. તેનું રાસાયણિક સૂત્ર H_2SO_4 છે. જૂના સમયથી હીરાકસી એટલે કે લોહનો સલ્ફેટ રંગકામ તેમ જ રુશનાઈ બનાવવામાં વપરાતો આવ્યો છે. એ હીરાકસીનું નિસ્યંદન કરી કીમિયાગરો ગંધકનો તેજાબ બનાવતા. હીરાકસીને અંગ્રેજીમાં વિટ્રિયલ કહે છે. તેથી યુરોપમાં ગંધકના તેજાબનું જૂનું નામ 'વિટ્રિલયનું તેલ' પ્રચલિત હતું.

આજે ગંધકનો તેજાબ ઉત્પન્ન કરવા બે જાણીતી પદ્ધતિઓ વપરાય છે. તેમાંની એક પદ્ધતિ સીસાઘર એટલે કે લેડ ચેમ્બર (lead chamber)ની છે અને બીજી પદ્ધતિ સંસર્ગ-પદ્ધતિ છે. આ બંને પદ્ધતિમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડમાંથી સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ બનાવવા ઉદ્દીપકોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સીસાઘર-પદ્ધતિમાં નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડો ઉદ્દીપનનું કામ કરે છે; તો સંસર્ગ-પદ્ધતિમાં પ્લૅટિનમ ધાતુની ભૂકી વપરાય છે. પ્લૅટિનમ મોંઘી ધાતુ હોવાથી સંસર્ગ-પદ્ધતિમાં શરૂઆતનું ખર્ચ વિશેષ આવે છે પણ તે પદ્ધતિ સરળ છે. લેડ ચેમ્બર કે સીસાઘરની પદ્ધતિમાં શરૂઆતમાં બહુ ખર્ચ કરવું પડતું નથી. ગંધકનો તેજાબ અન્ય ધાતુઓને ખાઈ જાય છે. ફક્ત સીસા ઉપર તેની અસર અત્યંત અલ્પ થાય છે એટલે ચેમ્બર-પદ્ધતિમાં ઓરડાની અંદરની બાજુ સીસાના અસ્તરથી મઢી લેવામાં આવે છે.

'લેડ ચેમ્બર' રીતની ટૂંકી રૂપરેખા આપીએ, તો ગંધક યા ગંધકવાળાં ખનિજ બાળીને પેદા થતો સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ અને હવાનું મિશ્રણ એ બંનેને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ સાથે સીસાનાં પતરાં વડે મઢેલા એક મોટા ઓરડામાં લઈ જવામાં આવે છે. ત્યાં પાણીનો ઝીણો ફુવારો ચાલુ હોય છે અને ડાયૉક્સાઇડમાંથી ટ્રાયૉક્સાઇડ બને છે. નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ પોતાનો ઑક્સિજન સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડને આપી દે છે એટલે ટ્રાયૉક્સાઇડ બનતાં તેમાંથી પાણીની સાથે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ગંધકનો તેજાબ) બને છે. આ ક્રિયા થઈ ગયા પછી છૂટો પડતો નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ ફરી પાછો કામમાં લેવામાં આવે છે. આ રીતે બનાવેલો તેજાબ પાતળો હોય છે. તેમાં ૩૦ ટકા પાણી હોય છે. તેને સંકેન્દ્રિત કરવો પડે છે.

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$$
$$2SO_2 + (NO_2 + NO) + O_2 + H_20 = 2SO_2(OH).O.\ NO + H_2O =$$
$$2H_2SO_4 + NO_2 + NO$$

'સંસર્ગ રીત' ૧૮૩૧માં શોધાઈ હતી પણ ૧૯૦૧ સુધી તેનો કાંઈ ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો ન હતો. જર્મનીમાં બનાવટી ગળીને અંગે સંશોધન ચાલતું હતું. આ કાર્યમાં ખૂબ જલદ તેજાબ વિપુલ પ્રમાણમાં જોઈએ. ચેમ્બર પદ્ધતિનો તેજાબ આ કામમાં નબળો નીવડ્યો. એટલે સંસર્ગ રીતને ફતેહમંદ પાર ઉતારી અને ઉદ્યોગોના ઇતિહાસમાં નવું પ્રકરણ શરૂ થયું.

આ રીતમાં શુદ્ધ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડની જરૂર પડે છે: નહીંતર સંસર્ગ પદાર્થ પ્લૅટિનમ નિષ્ક્રિય બની જાય છે. કોટ્રેલે આ શુદ્ધીકરણ માટે 'વીજળિક અગ્રપાત' (electric precipitation)ની રીત દાખલ કરી સંસર્ગ-પદ્ધતિને ખૂબ ફતેહમંદ બનાવી છે. સંસર્ગ-રીત વધારે કાર્યક્ષમ

છે. એનાથી વધારે જલદ તેજાબ પેદા થાય છે અને તેની શુદ્ધતા વિશેષ છે એટલે લેડ ચેમ્બર રીત લગભગ નકામી થઈ પડી છે.

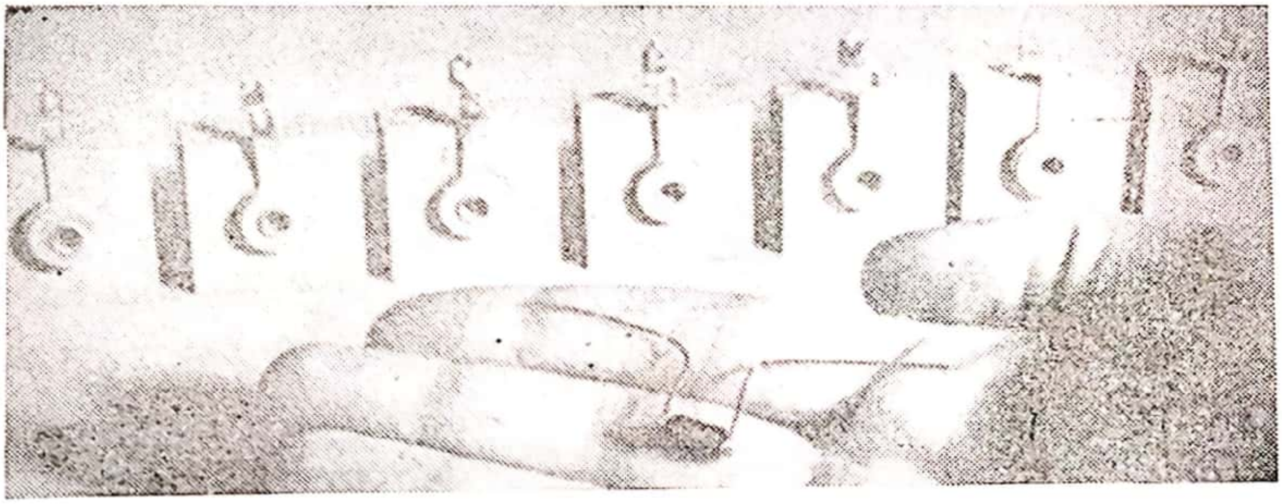
ગમે તે પદ્ધતિએ ગંધકનો તેજાબ ઉત્પન્ન કરીએ, પણ તે માટે સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ પેદા કરવા ગંધક કે ગંધકનાં સંયોજનો તો જોઈએ જ. ગંધકયુક્ત ધાતુઓના ખનિજને પાયરાઇટિસ કે 'માક્ષિક' કહેવામાં આવે છે. તેમાંથી ધાતુશોધન સમયે નીકળતા વાયુઓમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ હોય છે. એટલે ત્યાં જ તેનો ઉપયોગ કરી લઈ ગંધકનો તેજાબ બનાવવામાં આવે છે. તાજેતરમાં કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ–ચિરોડીમાંથી ગંધકનો તેજાબ બનાવવાની એક પદ્ધતિ શોધાઈ છે. ભારતમાં ચિરોડી સારા પ્રમાણમાં મળી આવે છે એટલે તેમાંથી ગંધકના તેજાબનું ઉત્પાદન ભારત માટે ખૂબ સગવડભર્યું ગણાય.

ગંધકનું એક જાણીતું સંયોજન હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ (H_2S) છે. ખાળકૂવા સાફ થતા હોય, ગટર ઉલેચાતી હોય, કે બંધિયાર પાણી ગંધાઈ ઊઠે ત્યારે તેમાંથી આવતી દુર્ગંધ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડની હોય છે. કોહવાટ, સડતાં ઈંડાંમાંથી પણ તે નીકળે છે. પ્રયોગશાળામાં એક ઉપયોગી રાસાયણિક પ્રક્રિયક તરીકે હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડનો ઉપયોગ બહુ જાણીતો છે.

ગરમ પાણીના કેટલાક ઝરાઓમાંથી આવતી વાસ પણ મુખ્યત્વે ગંધકના સલ્ફાઇડની હોય છે.

સિલિકોન

સિલિકા એટલે રેતી. તેમાંથી નીકળતું મૂળતત્ત્વ તે સિલિકોન. તેની રાસાયણિક સંજ્ઞા Si છે, પરમાણુભાર ૨૮·૦૬ અને પરમાણુસંખ્યા ૧૪ છે. તેની સંયોજકતા ૪–એટલે કાર્બન જેટલી

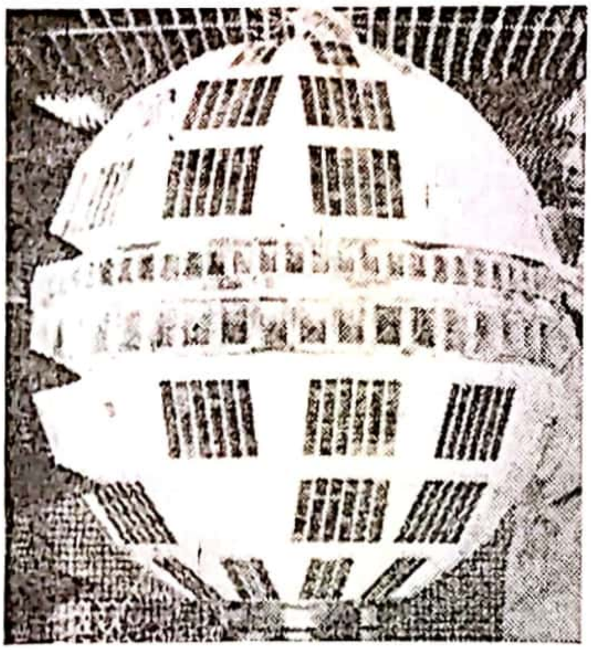


જર્મેનિયમના સાત ટ્રાન્ઝિસ્ટર જેટલું ઍમ્પ્લિફિકેશન આપતું સિલિકોન ટ્રાન્ઝિસ્ટર

જ છે. તેનાં સંયોજનો જગતમાં સર્વત્ર પથરાયેલાં છે. નદીની રેતીથી માંડી કેટલાંક કીમતી રત્નો સુધ્ધાં સિલિકોનનાં સંયોજનો છે. શુદ્ધ સિલિકોન બટકણું કે બરડ હોય છે અને તે ધાતુ અને અધાતુ એ બંને વચ્ચેનું સ્થાન ધરાવનાર મેટેલોઇડ (metalloid) છે. વિદ્યુતભઠ્ઠીમાં રેતી અને કાર્બનને તપાવવાથી સિલિકોન ધાતુ રેતીમાંથી છૂટી પડે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ, તાંબું, મૅગ્નેશિયમ વગેરે ધાતુમાં સિલિકોન ઉમેરી તેમની મિશ્ર ધાતુ બનાવવામાં આવે છે. રેતીનો ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં થાય છે. રેતી અને કાર્બનને તપાવી

સિલિકોન કાર્બાઇડ બનાવવામાં આવે છે. સિલિકોનના સ્ફટિકો રેડિયોના ઓસિલેટર રેક્ટિફાયર તેમ જ ટ્રાન્ઝિસ્ટર બનાવવામાં વપરાય છે. સામાન્ય ટ્રાન્ઝિસ્ટર જર્મેનિયમ ધાતુના બને છે. પરંતુ ઊંચા ઉષ્ણતામાને તે બરાબર કામ આપતા નથી જ્યારે સિલિકોનના ડાયોડ ઊંચા ઉષ્ણતામાને પણ કામ આપી શકે છે.



ઉપગ્રહમાં સૂર્યશક્તિથી ચાલતી સિલિકોન સેલની બૅટરીની હારમાળા. દર ચોરસ વારે ૯૦ વૉટ વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે.

કાર્બનિક પદાર્થો સાથે સંયોજાઈને સિલિકોન ઑર્ગેનોકલોરો સિલેઇન જેવાં કેટલાંક સંયોજનો બનાવે છે. આવા પદાર્થોને પાણી સ્પર્શી શકતું નથી. તેથી કાપડ ઉદ્યોગમાં અને ચર્મ ઉદ્યોગમાં જળવિરોધક (water repellant) તરીકે તે વપરાય છે. ઑર્ગેનોસિલિકોનના પોલિમર બનાવી શકાય છે. તૈલરાળિયા (resinous) પ્રવાહી હોય છે અને વીજ-રખા (insulator) તરીકે, ધાતુઓના ઢાળા પાડવાનાં બીબાં બનાવવામાં, જલાસ્પર્શ્ય પેન્ટ (water repellant coating), પૉલિશ, ઊંજણાં (lubricants), અંગરાગનાં સૌંદર્ય પ્રસાધનો વગેરેની બનાવટમાં ઉપયોગમાં આવે છે. સિલિકોન એસ્ટરનો ઉપયોગ રંગરોગાનની બનાવટમાં તેમ જ પ્રવાહી તપામણાં (Heat transfer fluid) તરીકે કરવામાં આવે છે.

હવે સિલિકોન રસાયણ કાર્બન રસાયણની હરીફાઈમાં ઊતરતું જાય છે. સિલિકોન કાર્બનના જેવા જ આયનો તેમ જ સમબંધનો (co-vallent bonds) ધરાવી શકે છે. ઑક્સિજન સાથે તેની મમતા (affinity) વિશેષ હોવાથી આ મૂળતત્ત્વ તેના સંયોજન સ્વરૂપે કુદરતમાંથી મળી આવે છે.

સિલિકોનના સ્ફટિક મંદ તેજાબમાં સામાન્યત: અદ્રાવ્ય હોય છે, પરંતુ જલદ સૂરાખારના તેજાબ અને મીઠાના તેજાબના મિશ્રણ (Aqua regia)માં તે ધીમી ગતિએ ઓગળે છે અને સિલિકોન ટેટ્રાક્લોરાઇડ બનાવે છે.

મિથાઇલ સિલિકોન તેલો ઊંજણાં તથા ડાયઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહીઓ તરીકે ઊંચા ઉષ્ણતામાને પણ કામ આપી શકે છે. વિનાઇલ સિલિકોન ટ્રાયક્લોરાઇડ ગ્લાસફાઇબર – રેસાને મજબૂત કરવા વપરાય છે. સિલિકોન પ્રવાહીઓનું પૃષ્ઠતાણ ઓછું હોય છે એટલે તે ફીણવિરોધી પદાર્થ તરીકે કામ આપી રહે છે. સિલિકોન રબર ઓછા ઉષ્ણતામાને પણ સુરમ્ય (flexible) રહી શકે છે અને ઊંચા ઉષ્ણતામાને તે પોતાના ગુણધર્મો ટકાવી શકે છે.

આમ સિલિકોનનું મહત્ત્વ દિનપ્રતિદિન વધતું જાય છે અને તેનાં સંયોજનોના નવા નવા ઉપયોગ શોધાતા જાય છે.

રેતીનો સામાન્ય ઉપયોગ સિમેન્ટ કે ચૂનાના ચણતર કામમાં થાય છે. રેતી એ સિલિકોનનો ઑક્સાઈડ છે, ચકમક, ક્વાટ્ર્ઝ શંખજીરું, અબરખ વગેરે અનેક પદાર્થોમાં સિલિકોન હોય છે. ચાક કે આરસ સિવાયનો એક પણ ખડક એવો નહીં હોય કે જેમાં સિલિકોન ન હોય.

સિમેન્ટ કૅલ્શિયમ સિલિકેટો અને ઍલ્યુમિનેટોનો બારીક ભૂકો છે. સામાન્ય સિમેન્ટ પોર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટ છે. પાણી સાથે મેળવવાથી તેમાં આવેલા સિલિકેટો અને ઍલ્યુમિનેટો સખત મજબૂતીપૂર્વક પાણી સાથે સંયોજાઈ ચોંટી જાય છે.

ફૉસ્ફરસ

હેનિંગ બ્રાન્ડ નામે એક વૈદ્ય-કીમિયાગરને ઈ. સ. ૧૬૬૯માં ચાંદીમાંથી સોનું બનાવવાનો અભખરો થયો. ચાંદીમાંથી સોનું બનાવવા તેણે પેશાબનો ઉપયોગ કર્યો. તેને તેના પ્રયોગમાંથી સોનું તો ન મળ્યું પણ એક મીણ જેવો પોચો પદાર્થ મળી આવ્યો. એ પદાર્થ અંધારામાં ઝગઝગતો. ત્યાર બાદ જોહાન કુંકલે (૧૬૩૦–૧૭૦૨) પણ પેશાબને ગરમ કરી, કેટલીક વિધિઓ બાદ તેમાંથી ફૉસ્ફરસ બનાવ્યો. રૉબર્ટ બૉઈલ પણ ફૉસ્ફરસ બનાવવામાં સફળ થયો. તેના એક સાથીદાર એ. જી. હેન્કવિને તો ત્રણ પાઉંડે એક ઑંસ ફૉસ્ફરસ વેચવાની જાહેરાત પણ છપાવી.

ઈ. સ. ૧૭૬૯માં સ્વીડનના વજ્ઞાનિક શીલે અને ગાહને હાડકામાં ફૉસ્ફરસ રહેલો છે એમ જાહેર કર્યું અને તેમણે તેમાંથી ફૉસ્ફરસ છૂટો પાડી બતાવ્યો.

ફૉસ્ફરસ વગર જીવન શક્ય નથી. વનસ્પતિ તેમ જ પ્રાણીશરીરના કોષોમાં રહેલાં ન્યુક્લિઓપ્રોટીનમાં ફૉસ્ફરસ રહેલો છે. નાઈટ્રોજનની જેમ ફૉસ્ફરસનું પણ ચક્ર ચાલ્યા કરે છે. જમીનમાં રહેલા ફૉસ્ફેટના ક્ષારોમાંથી વનસ્પતિમાં, વનસ્પતિમાંથી પ્રાણીશરીરમાં અને એ પ્રાણી મરીને દફનાઈ જાય ત્યારે જમીનમાં તે મળી જાય છે. જીવંત પ્રાણીનાં મળમૂત્રમાં પણ ફૉસ્ફેટના ક્ષારો હોય છે. જમીનને ફળદ્રુપ બનાવવા ફૉસ્ફેટના ક્ષારોની જરૂર પડે છે.

ફૉસ્ફરસનાં બે સ્વરૂપ છે. પીળો ફૉસ્ફરસ મીણ જેવો પોચો, ઝેરી અને જલદી સળગી ઊઠે એવો હોય છે. સામાન્ય ઉષ્ણતામાને – મનુષ્યશરીરની ગરમીથી પણ તે સળગી ઊઠે છે એટલે તેને પાણીમાં રાખવો પડે છે. પહેલાં તેનો ઉપયોગ દીવાસળી બનાવવામાં થતો પરંતુ તે ઝેરી હોવાથી દીવાસળીના કારખાનામાં કામ કરનારનાં હાડકાંને રોગ લાગુ પડતો, તેથી પીળા ફૉસ્ફરસનો ઉપયોગ કરવાની મનાઈ કરવામાં આવી છે.

રાતો ફૉસ્ફરસ ઝેરી નથી. દીવાસળી સળગાવવા જે પટ્ટી ઉપર તે ઘસવામાં આવે છે તે પટ્ટી ઉપર તેને લગાડવામાં આવે છે. આવી દીવાસળીઓ સેફ્ટી – સલામત દીવાસળી કહેવાય છે કારણ કે ગમે ત્યાં ઘસતાં તે સળગી ઊઠતી નથી.

કુદરતમાંથી મળતો કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફેટ ખાતર તરીકે નકામો પડે છે કારણ કે તે પાણીમાં દ્રાવ્ય નથી. કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફેટને દળી નાખી તેનો બારીક ભૂકો બનાવી તેના ઉપર ગંધકના તેજાબની પ્રક્રિયા કરવાથી તેનો સુપરફૉસ્ફેટ બને છે. વનસ્પતિના ખાતર તરીકે આ સુપરફૉસ્ફેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

ફૉસ્ફરસનાં કેટલાંક સંયોજનો કઠણ પાણીને નરમ બનાવવા વપરાય છે.

ફૉસ્ફરસનું એક સંયોજન ફૉસ્ફિન (PH_3) છે. તે ખૂબ જ ગંધાય છે. હવામાં તે આપો-આપ સળગી ઊઠે છે. સ્મશાનમાં ભેજવાળી જગાએથી નીકળતા વાયુઓમાં માર્શગૅસ અને ફૉસ્ફિન મુખ્યત્વે હોય છે અને કહેવાતા ભૂતના ભડકા આ બે વાયુઓને આભારી છે.

પરમાણુ વજનનો કોઠો

૧૯૬૧ – (કાર્બન–૧૨ મુજબનો)

મૂળતત્ત્વ	સંજ્ઞા	પરમાણુસંખ્યા – ક્રમાંક	પરમાણુભાર
ઍક્ટિનિયમ	Ac	૮૯	૨૨૭
ઍલ્યુમિનિયમ	Al	૧૩	૨૬·૯૮૧૫
અમેરિશિયમ	Am	૯૫	૨૪૩*
ઍન્ટિમની	Sb	૫૧	૧૨૧·૭૫
આર્ગોન	Ar	૧૮	૩૯·૯૪૮
આર્સેનિક	As	૩૩	૭૪·૯૨૧૬
ઍસ્ટેટાઈન	At	૮૫	૨૧૦*
બેરિયમ	Ba	૫૬	૧૩૭·૩૪
બર્કેલિયમ	Bk	૯૭	૨૪૯
બેરિલિયમ	Be	૪	૯·૦૧૨૨
બિસ્મથ	Bi	૮૩	૨૦૮·૯૮૦
બોરોન	B	૫	૧૦·૮૧૧
બ્રોમિન	Br	૩૫	૭૯·૯૦૯
કેડમિયમ	Cd	૪૮	૧૧૨·૪૦
કૅલ્શિયમ	Ca	૨૦	૪૦·૦૮
કૅલિફોર્નિયમ	Cf	૯૮	૨૪૯*
કાર્બન	C	૬	૧૨·૦૧૧૧૫
સેરિયમ	Ce	૫૮	૧૪૦·૧૨
સીઝિયમ	Cs	૫૫	૧૩૨·૯૦૫
ક્લોરિન	Cl	૧૭	૩૫·૪૫૩
ક્રોમિયમ	Cr	૨૪	૫૧·૯૯૬
કોબાલ્ટ	Co	૨૭	૫૮·૯૩૩૨
કૉપર (તાંબું)	Cu	૨૯	૬૩·૫૪
ક્યુરિયમ	Cm	૯૬	૨૪૩*
ડિસ્પ્રોસિયમ	Dy	૬૬	૧૬૨·૫૦
આઈન્સ્ટીનિયમ	Es	૯૯	૨૫૩

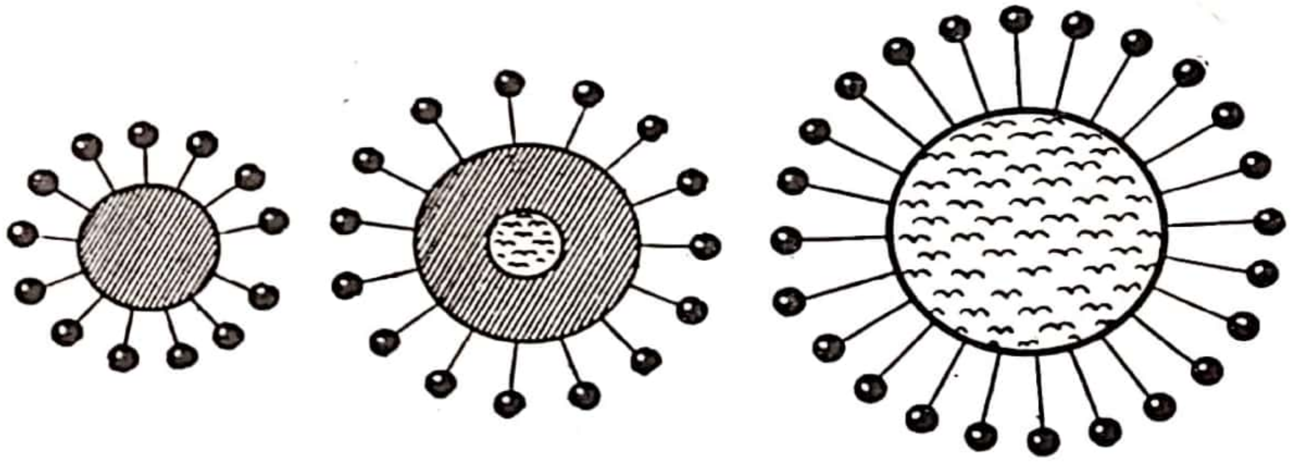
* સવિશેષ સ્થાયી સમસ્થાનિકનો પરમાણુભાર

મૂળતત્ત્વ	સંજ્ઞા	પરમાણુસંખ્યા – ક્રમાંક	પરમાણુભાર
ઍર્બિયમ	Er	૬૮	૧૬૭.૨૬
યુરોપિયમ	Eu	૬૩	૧૫૧.૯૬
ફર્મિયમ	Fm	૧૦૦	૨૫૬
ફ્લોરિન	F	૯	૧૮.૯૯૮૪
ફ્રાંસિયમ	Fr	૮૭	૨૨૩*
ગૅડોલિનિયમ	Gd	૬૪	૧૫૭.૨૫
ગૅલિયમ	Ga	૩૧	૬૯.૭૨
જર્મૅનિયમ	Ge	૩૨	૭૨.૫૯
ગોલ્ડ (સોનું)	Au	૭૯	૧૯૬.૯૬૭
હાફ્નિયમ	Hf	૭૨	૧૭૮.૪૯
હેલિયમ	He	૨	૪.૦૦૨૬
હોલ્મિયમ	Ho	૬૭	૧૬૪.૯૩૦
હાઈડ્રોજન	H	૧	૧.૦૦૭૯૭
ઈન્ડિયમ	In	૪૯	૧૧૪.૮૨
આયોડિન	I	૫૩	૧૨૬.૯૦૪૪
ઈરિડિયમ	Ir	૭૭	૧૯૨.૨
આયર્ન (લોહ)	Fe	૨૬	૫૫.૮૪૭
ક્રિપ્ટોન	Kr	૩૬	૮૩.૮૦
લેન્થેનમ	La	૫૭	૧૩૮.૯૧
લેડ (સીસું)	Pb	૮૨	૨૦૭.૧૯
લિથિયમ	Li	૩	૬.૯૩૯
લૉરેન્શિયમ	Lw	૧૦૩	૨૫૭
લ્યુટેટિયમ	Lu	૭૧	૧૭૪.૯૭
મૅગ્નેશિયમ	Mg	૧૨	૨૪.૩૧૨
મૅંગેનીઝ	Mn	૨૫	૫૪.૯૩૮૦
મૅન્ડેલેવિયમ	Md	૧૦૧	૨૫૬*
મર્ક્યુરી (પારો)	Hg	૮૦	૨૦૦.૫૯
મૉલિબ્ડેનમ	Mo	૪૨	૯૫.૯૪
નિયોડિમિયમ	Nd	૬૦	૧૪૪.૨૪
નિયોન	Ne	૧૦	૨૦.૧૮૩
નેપ્ચૂનિયમ	Np	૯૩	૨૩૭
નિકલ	Ni	૨૮	૫૮.૭૧
નિયોબિયમ	Nb	૪૧	૯૨.૯૦૬
નાઈટ્રોજન	N	૭	૧૪.૦૦૬૭

અધાતુઈ મૂળતત્ત્વો : ૨૨૩

મૂળતત્ત્વ	સંજ્ઞા	પરમાણુસંખ્યા – ક્રમાંક	પરમાણુભાર
નોબેલિયમ	No	૧૦૨	૨૫૩
ઑસ્મિયમ	Os	૭૬	૧૯૦.૨
ઑક્સિજન	O	૮	૧૫.૯૯૯૪
પેલેડિયમ	Pd	૪૬	૧૦૬.૪
ફૉસ્ફરસ	P	૧૫	૩૦.૯૭૩૮
પ્લૅટિનમ	Pt	૭૮	૧૯૫.૦૯
પ્લુટોનિયમ	Pu	૯૪	૨૪૨*
પોલોનિયમ	Pd	૮૪	૨૧૦
પોટૅશિયમ	K	૧૯	૩૯.૧૦૨
પ્રેઝિયોડિમિયમ	Pr	૫૯	૧૪૦.૯૦૭
પ્રોમિથિયમ	Pm	૬૧	૧૪૬
પ્રોટૅક્ટિનિયમ	Pa	૯૧	૨૩૧
રેડિયમ	Ra	૮૮	૨૨૬.૦૫
રેડોન	Rn	૮૬	૨૨૨
રિનિયમ	Re	૭૫	૧૮૬.૨
રોડિયમ	Rh	૪૫	૧૦૨.૯૦૫
રુબિડિયમ	Rb	૩૭	૮૫.૪૭
રુથેનિયમ	Ru	૪૪	૧૦૧.૦૭
સેમેરિયમ	Sm	૬૨	૧૫૦.૩૫
સ્કૅન્ડિયમ	Sc	૨૧	૪૪.૯૫૬
સેલેનિયમ	Se	૩૪	૭૮.૯૬
સિલિકોન	Si	૧૪	૨૮.૦૮૬
સિલ્વર (ચાંદી)	Ag	૪૭	૧૦૭.૮૭૦
સોડિયમ	Na	૧૧	૨૨.૯૮૯૮
સ્ટ્રૉન્શિયમ	Sr	૩૮	૮૭.૬૨
સલ્ફર (ગંધક)	S	૧૬	૩૨.૦૬૪
ટૅન્ટેલમ	Ta	૭૩	૧૮૦.૯૪૮
ટેક્નેટિયમ	Tc	૪૩	૯૯*
ટેલ્યુરિયમ	Te	૫૨	૧૨૭.૬૦
ટર્બિયમ	Tb	૬૫	૧૫૮.૯૨૪
થેલિયમ	Tl	૮૧	૨૦૪.૩૭
થોરિયમ	Th	૯૦	૨૩૨.૦૩૮
થુલિયમ	Tm	૬૯	૧૬૮.૯૩૪
ટિન (કલાઈ)	Sn	૫૦	૧૧૮.૬૯

મૂળતત્ત્વ	સંજ્ઞા	પરમાણુસંખ્યા–ક્રમાંક	પરમાણુભાર
ટિટેનિયમ	Ti	૨૨	૪૭·૯૦
ટંગ્સ્ટન	W	૭૪	૧૮૩·૮૫
યુરેનિયમ	U	૯૨	૨૩૮·૦૩
વેનેડિયમ	V	૨૩	૫૦·૯૪૨
ઝેનોન	Xe	૫૪	૧૩૧·૩૦
યિટર્બિયમ	Yb	૭૦	૧૭૩·૦૪
યિટ્રિયમ	Y	૩૯	૮૮·૯૦૫
ઝિંક (જસત)	Zn	૩૦	૬૫·૩૭
ઝિર્કોનિયમ	Zr	૪૦	૯૧·૨૨



બહુલી કરણ

૧૭ : રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગ

કોઈ પણ દેશના અર્થતંત્રમાં રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગનું સ્થાન અતિ મહત્ત્વપૂર્ણ છે. અન્ય ઉદ્યોગોની ખિલવણીનો આધાર તેના પર નિર્ભર છે. જેટલે અંશે દેશમાં રસાયણ-ઉત્પાદન ખીલે તેટલા પ્રમાણમાં બીજા ઉદ્યોગો પર તેની આબાદીની અસર થાય; દેશનાં વણખેડાયેલાં સાધનોનો ઉપયોગ કરી શકે એવા ઉદ્યોગો ખીલવવાની શરૂઆત કરી શકાય, અને દેશના ઉદ્યોગીકરણમાં પ્રગતિ થઈ શકે. એટલે જ રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગને યથાર્થ રીતે 'ચાવી રૂપ' યા 'અન્ય ઉદ્યોગોની જનેતા' તરીકે વર્ણવવામાં આવે છે.

આ ઉદ્યોગ દેશને ચાર રીતે આવશ્યક છે:

(૧) આધુનિક યુદ્ધોમાં દેશના સંરક્ષણ કાર્ય અંગે ઉપયોગી સામગ્રી બનાવવા માટે;

(૨) શાંતિના કાળમાં ખેતીમાં ઉપયોગી ખાતરોની બનાવટ માટે;

(૩) અન્ય ઉદ્યોગો, જેમ કે કાપડ, રંગરોગાન, કાચ, પ્લાસ્ટિક, સાબુ, તેલ વગેરે રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગી ચીજોની બનાવટમાં આવશ્યક રસાયણોની ઉત્પત્તિ માટે;

(૪) પ્રજાકીય તંદુરસ્તી માટે આવશ્યક ઔષધો, દવાઓ ઈત્યાદિ ચીજોની બનાવટ માટે.

એક સમય એવો હતો કે યુદ્ધ-સંચાલનમાં શારીરિક બળની મહત્તા અંકાતી. દારૂગોળાની શોધે આ સ્થિતિમાં પરિવર્તન આણ્યું અને તોપબંદૂક વગેરે સરંજામે અગત્યનું સ્થાન લીધું. આધુનિક સમયમાં નવી નવી શોધોએ નવાં નવાં શસ્ત્રો અસ્તિત્વમાં આણ્યાં છે. આજના યુદ્ધ-સંચાલનમાં રસાયણો અતિ અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. સૈનિકોની સંખ્યા કરતાં રસાયણોનું પ્રભુત્વ વિશેષ છે. ટૂંકામાં આજના સમયમાં કોઈ પણ રાષ્ટ્ર માટે આધુનિક રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગ યુદ્ધની કટોકટીમાં ઉપયોગી દારૂગોળો અને બીજી સામગ્રીની બનાવટ માટે આવશ્યક બને છે. આ સામગ્રીની ચાવી સુવ્યવસ્થિત અને સુસંચાલિત રસાયણ-ઉત્પાદન છે.

આધુનિક યુદ્ધનું નિર્ણયાત્મક હથિયાર પરમાણુ બૉમ્બ છે: આજનું યુદ્ધ માત્ર સૈનિકો કે હથિયાર પર નથી ચાલતું, પરંતુ શસ્ત્રસરંજામની આધુનિકતા પર અવલંબે છે. એટલે જે દેશમાં ઉદ્યોગીકરણ ઊંચી કક્ષાએ પહોંચ્યું હોય તે દેશ જ આવાં આધુનિક સંહાર-સાધનો પેદા કરી શકે. આ બધી ચીજોના પુરવઠા માટે સુસ્થાપિત અને સુવિકસિત રસાયણ-ઉત્પાદક ઉદ્યોગ આવશ્યક બને છે. દેશના ઉદ્યોગોની વ્યવસ્થાની રચના કરવામાં તેના રક્ષણની જરૂરિયાતો અગ્રિમ

સ્થાને રાખવામાં આવે એ સ્વાભાવિક છે. ધારો કે સંયુક્ત રાષ્ટ્રોની સંસ્થા યુદ્ધ નાબૂદ કરવામાં ફળીભૂત થઈ, તો પણ દરેક રાષ્ટ્રે એ સંસ્થાના કાર્યમાં મદદ કરવા પોતાનો ફાળો આપવાનો રહેશે. એટલે રસાયણ-ઉત્પાદનના સુવ્યવસ્થિત ઉદ્યોગીકરણ વિના કોઈ પણ દેશને ચાલી શકે નહીં એ સ્પષ્ટ છે.

આપણો દેશ કૃષિપ્રધાન છે. વસ્તીનો મોટો ભાગ ખેતી પર નભે છે. છતાં આપણી ખેતી અતિ પુરાણી ઢબે ચાલે છે. પાકની પેદાશ અને ખેતીને લગતી અન્ય બાબતોમાં આપણો દેશ ખૂબ પછાત છે. આ બધી ખામીઓ દૂર કરી શકાય એવી છે. જમીનને પૂરતું ખાતર મળતું નથી. પેદાશ વધારવા ખાતરની જરૂર રહે છે. જો દેશમાં રસાયણ-ઉત્પાદનનો ઉદ્યોગ સારી રીતે ખીલેલો હોય તો સસ્તાં ખાતર પૂરાં પાડી પેદાશમાં વધારો કરી શકાય એ સ્પષ્ટ વાત છે. કાપડ, ખાંડ, તેલ, દવા, રંગ ઇત્યાદિ આપણા જીવનની જરૂરિયાતો બનાવવાના અનેક ઉદ્યોગોમાં તેમ જ ઉપર દર્શાવ્યું તેમ જીવનની પ્રથમ જરૂરિયાત જે અનાજ, તેને પેદા કરવા માટે ખેતીમાં જે જે મહત્ત્વનાં રસાયણોની જરૂર પડે છે, તેમાં ભારે રસાયણોનો ઉદ્યોગ (heavy chemicals industry) અતિ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. જે દેશ ભારે રસાયણો વિપુલ પ્રમાણમાં પેદા કરી શકે તેની આધુનિક સંસ્કૃતિ ઊંચે સ્થાને પહોંચી ગણાય, એવો એનો મહિમા છે.

આ ભારે રસાયણોમાં ગંધકનો તેજાબ—સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ પહેલે નંબરે આવે છે. તેને રસાયણોનો રાજા કહેવામાં આવે છે. વિજ્ઞાનજગતમાં એવી કહેવત પ્રચલિત છે કે ગંધકનો તેજાબ ઉદ્યોગોની માતા છે. જેટલો સસ્તો આ તેજાબ બનાવી શકાય તેટલા પ્રમાણમાં ઔદ્યોગિક પ્રગતિ આગળ વધે છે.

આપણા દેશમાં આ તેજાબ અંગે મોટી મુશ્કેલી ગંધકની છે. આપણે આયાત કરેલા ગંધક પર નભવું પડે છે. આપણા દેશનું આ ઍસિડનું ઉત્પાદન એક લાખ ટન ઉપર પહોંચ્યું છે. આશરે ૧૧૦ કારખાનાંઓ આ ઍસિડ બનાવે છે. કાચા માલ માટે બીજા પર આધાર રાખવો પડે એ સ્થિતિ ઉદ્યોગો માટે ઇષ્ટ ન ગણાય. દેશમાં સહેલાઈથી મળી શકે એવા અન્ય ગંધકિત પદાર્થોમાંથી આ ઍસિડ બનાવી શકાય એ પ્રકારના સંશોધનને ઉત્તેજવાની આવશ્યકતા છે. આવા પદાર્થોમાં બિહારમાં સિંગભૂમ જિલ્લામાંથી નીકળતો આલ્કોપાઇરાઇટિઝ; રાજસ્થાન, મદ્રાસ અને ઉત્તરપ્રદેશમાંથી મળતી ચિરોડી અને આસામના કોલસાનો નિર્દેશ કરી શકાય. આસામમાંથી નીકળતા કોલસામાં ૪ ટકા ગંધક છે. આ ગંધકનો ઉપયોગ થાય તો ઉદ્યોગને ખૂબ રાહત મળે.

બીજાં ભારે રસાયણોમાં એમોનિયા, નાઇટ્રિક ઍસિડ, હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને તેમના ક્ષારો, મૅગ્નેશિયમના ક્ષારો, હીરાકસી, મોરથૂથુ વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. ઉપરાંત કૉસ્ટિક સોડા, પોટાશ, ધોવાનો અને ખાવાનો સોડા, બાયક્રોમેટ અને બીજાં ઉપયોગી ભારે રસાયણો પણ ઔદ્યોગિક વિકાસ માટે આવશ્યક ગણાય છે.

હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (મીઠાનો તેજાબ) આપણા રોજિંદા ઉપયોગમાં આવતા સામાન્ય મીઠામાંથી બનાવાય છે. મીઠાને ગંધકના તેજાબ સાથે મેળવવાથી આ ઍસિડ પેદા થાય છે.

તે વાયુરૂપ છે. તેને ઠંડો પાડવાથી તે પ્રવાહી બનતો નથી પણ તેને પાણીમાં પસાર કરવાથી હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડનું દ્રાવણ તૈયાર થાય છે. બજારમાં મળતા ઍસિડમાં ૩૨–૩૩ ટકા આ ઍસિડ હોય છે. હવે નવી રીતો અસ્તિત્વમાં આવતી જાય છે. (૧) હાઇડ્રોજન સાથે ક્લોરિનને વીજળિક રીતે બાળવાથી આ ઍસિડ પેદા થાય છે. (૨) ગરમ કોલસા પર ક્લોરિન અને વરાળ પસાર કરવાથી પણ આ ઍસિડ બને છે: ઉદ્દીપક તરીકે લોઢાના ક્ષારો વપરાય છે. (૩) મીઠામાંથી સોડા બનાવવાના ઉદ્યોગમાં આ ઍસિડ ઉપપેદાશ તરીકે મળે છે.

સલ્ફ્યુરિક, નાઇટ્રિક અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડો તેમના જલદ સ્વરૂપમાં ખૂબ નુકસાનકારક છે. એટલે આ તેજાબોની સાથે કામ લેતાં ખૂબ સાવચેતી રાખવી. પડે છે. તેમાંય ખાસ કરીને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડથી વધુ ચેતતા રહેવું. પડે છે. કારણ કે તેનું એક નાનું ટીપું પણ કપડા પર પડે તા ત્યાં કપડું બળી જાય છે. ચામડી પર પડે તો દાઝી જવાય છે. તેમાં પાણી રેડતા ખૂબ સાવચેતી રાખવી. રહે છે.

એક ખાસ નોંધવા જેવી નવાઈની વાત એ છે કે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઊનનાં કપડાંને બાળી શકતો નથી!

હવા અને પાણીને બાદ કરતાં, મીઠા જેવો રોજિંદા ઉપયોગમાં આવતો પદાર્થ ભાગ્યે જ મળશે. આપણા ખોરાકનો તે ઉપયોગી અંશ છે. ઢોરના ખોરાકમાં પણ મીઠું અગત્યનું છે. ઉપરાંત, મીઠાનું સ્થાન ઉદ્યોગોમાં તો અતિ મહત્ત્વનું છે. તેજાબોમાં જેમ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તેમ ક્ષારોમાં મીઠું પણ એવું જ સ્થાન ભોગવે છે. મીઠામાંથી સોડા બનાવવાનો ઉદ્યોગ ‘આલ્કલી ઇન્ડસ્ટ્રી’ કહેવાય છે. રસાયણો બનાવવાના ઉદ્યોગોમાં આલ્કલી બનાવવાનો ઉદ્યોગ મોખરે આવે છે. તેમાં મીઠું કાચા પદાર્થ તરીકે વપરાય છે.

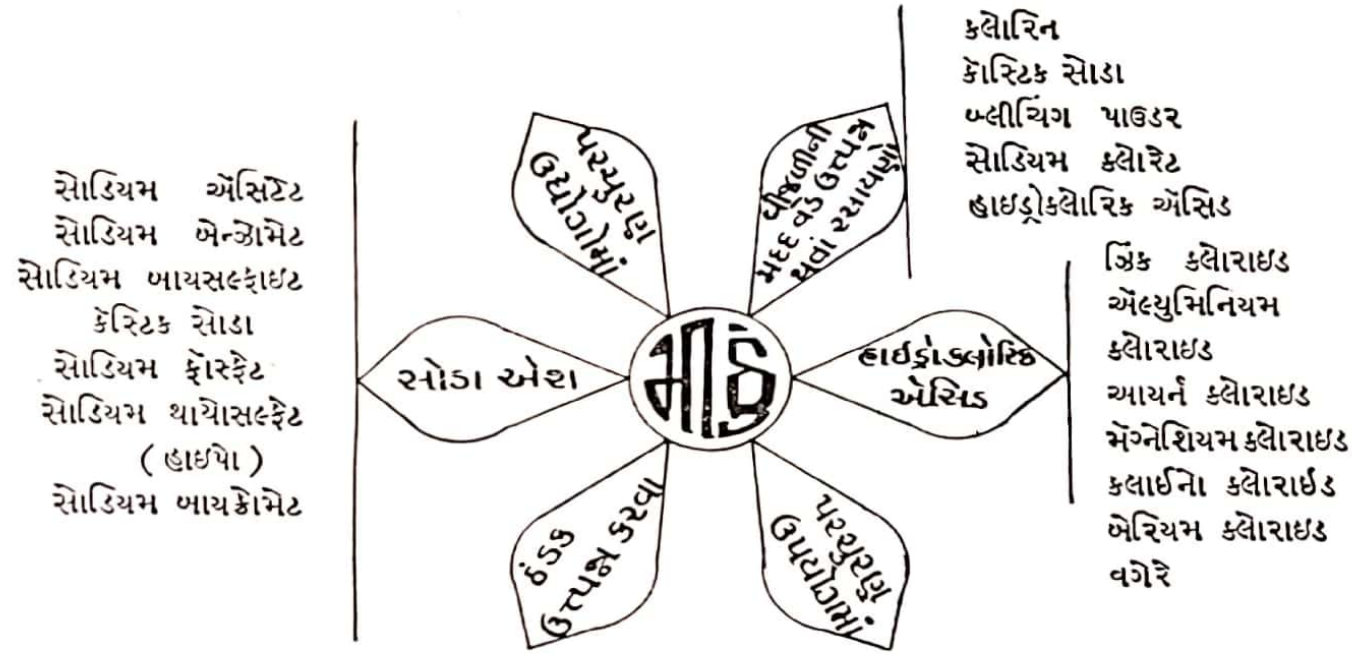
મીઠા પછી વધુમાં વધુ મહત્ત્વનો ભાગ આપણા જીવનમાં કોઈ રસાયણ ભજવતું હોય તો તે સોડા-વિજ્ઞાનની પરિભાષામાં સોડિયમ કાર્બોનેટ. આપણા આરોગ્ય-સંરક્ષણમાં સોડાનો હિસ્સા નાનોસૂનો નથી. આપણી અંગત સ્વચ્છતા અર્થે તેમ જ ધોવા માટે ઉપયોગમાં આવતો સાબુ તથા બીજા એવા અનેક પદાર્થોની બનાવટમાં સોડા વિના ન ચાલે. જૂના જમાનામાં દરિયા-કાંઠે ઊગતી વનસ્પતિની રાખમાંથી અશુદ્ધ સોડા કાઢવામાં આવતો. સાજીખાર, પાપડ ખાર, ઊસ વગેરેમાંથી પણ સોડા નીકળે છે. આધુનિક સંસ્કૃતિના પ્રસારની સાથોસાથ તો સોડાનો ઉપયોગ ખૂબ વધ્યો છે. કાચની બનાવટમાં સોડા પુષ્કળ વપરાય છે. સોડિયમના વિધવિધ ક્ષારોની બનાવટમાં સોડા મૂળભૂત પદાર્થ બન્યો છે.

મીઠામાંથી સોડા બનાવવાની બે રીતો પ્રચલિત છે: (૧) લ બ્લાન્કની રીત અને (૨) સોલ્વેની રીત યા ‘એમોનિયા-સોડા-પદ્ધતિ.’

બ્લાન્કની રીતમાં પ્રથમ મીઠાને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે. આથી સોડિયમ સલ્ફેટ (સૉલ્ટ-કેક) બને છે અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના પુષ્કળ ધુમાડા છૂટે છે, જેને

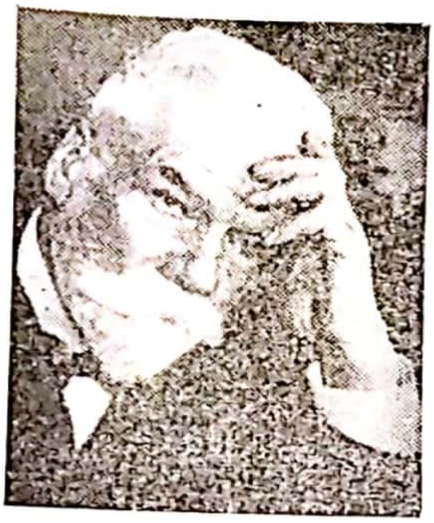
મીઠાનો ઉપયોગ તથા તેમાંથી બનતી ચીજો

[ખાવાનો સોડા બાઈ કાર્બ: સૉલ્ટ કેક: સોડિયમ સલ્ફેટ: સોડિયમ સાયનાઇડ: સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ]



[મનુષ્ય તેમ જ જાનવરોના ખોરાકમાં: ખનિજમાંથી રૂપું ને તાંબું કાઢવામાં: ખોરાકની સાચવણીમાં: માટીનાં વાસણો પર ઓપ ચડાવવામાં: સાબુ તથા કાપડની બનાવટમાં: ચામડાં કમાવવામાં: ખાતરમાં: નકામા છોડ કાઢી નાખવામાં વગેરે].

પાણીમાં શોષી લઈ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ બનાવાય છે. તેનો ઉપયોગ ક્લોરિન તૈયાર કરવામાં થાય છે. પછી સૉલ્ટ-કેકને કોલસા અને ચૂના-પથ્થર સાથે મેળવીને ગોળ ફરતી ભઠ્ઠીઓમાં ગરમ કરવામાં આવે છે. કોલસો સૉલ્ટ-કેકનું રિડક્શન કરે છે; એમાંથી સોડિયમ સલ્ફાઈડ બનતાં તે ચૂના પથ્થર સાથે જોડાઈને સોડિયમ-કાર્બોનેટ (સોડા) બને છે. આ 'કાળી રાખ' તરીકે ઓળખાય છે. પછી તેને પાણી સાથે મેળવી તેમાંથી સોડા કાઢવામાં આવે છે. એ દ્રાવણમાં ૨૫ ટકા સોડાના રૂપમાં અને ૨૦ ટકા કૉસ્ટિક સોડાના રૂપમાં આલ્કલી હોય છે. જો સોડા બનાવવો હોય તો તેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પસાર કરવામાં આવે છે. તેની અશુદ્ધિઓ ગરમી વડે બાળી નાંખવામાં આવે છે. આ તૈયાર થયેલો સોડા બજારમાં 'સોડા ઍશ' તરીકે મળે છે. સોડા કાઢી લીધા પછી રહેલો અદ્રાવ્ય પદાર્થ આલ્કલી-વેઈસ્ટ એટલે આલ્કલીનો કચરો કહેવાય છે. તેમાંથી ગંધક, હાઈપા વગેરે ઉપયોગી રસાયણો તૈયાર કરવામાં આવે છે. આ બ્લાન્ક પદ્ધતિની એક ખામી એ છે કે એમાં મીઠું જ વાપરવું પડે— તેનું પાણી ન ચાલે. બીજું, કીમતી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ



અર્નેસ્ટ સોલ્વે [૧૮૩૮–૧૯૨૨]

વાપરવો પડે. પણ આ રીત હરીફાઈમાં ટકી રહી છે કારણ કે આનાં કારખાનાંવાળાઓને સાડા ઉપરાંત હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, ગંધક વગેરે કીમતી રસાયણો લગભગ મફતમાં પડે છે.

એમોનિયા-સોડા-પદ્ધતિમાં યા તેના શોધક સોલ્વેના માનમાં 'સોલ્વે રીત' તરીકે જાણીતી પદ્ધતિમાં મીઠા ઉપરાંત કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ અને એમોનિયા જેવા તદ્દન સસ્તા કાચા પદાર્થોની જરૂર પડે છે. આ રીતમાં એમોનિયાથી સંતૃપ્ત મીઠાના દ્રાવણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુ પસાર કરવાથી સોડિયમ બાયકાર્બોનેટ (સોડા બાઈ કાર્બ) અને એમોનિયમ ક્લોરાઈડ બને છે.

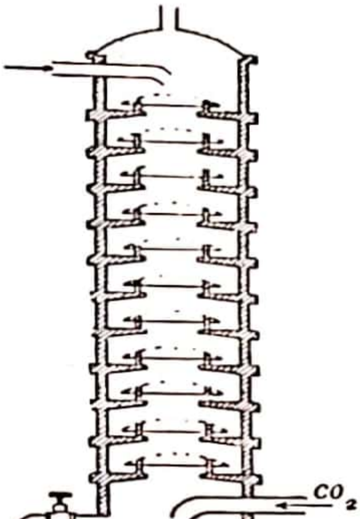
$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$ અને

મીઠું એમોનિયા કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પાણી સોડાબાયકાર્બ નવસાર

$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_3O + CO_2$$

સોડા બાઈ કાર્બ ધોવાનો સોડા

દ્રાવ્યતા ઓછી હોવાથી તે પાસાદાર પદાર્થ રૂપે જુદો પડે છે. તેને ગરમ કરતાં તેમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુ નીકળી જાય છે અને સોડા બને છે.



સોલ્વે ટાવર

આ રીતમાં સોલ્વે ટાવરનો ઉપયોગ થાય છે. તેની રચના એક જંગી ટિફિન બૉક્સનાં ખાનાં ગોઠવ્યાં હોય તેવી છે. સોડા બનાવતાં મળતો કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પાછો વાપરવામાં આવે છે અને નવસારમાંથી ચૂના સાથે ક્રિયા કરીને મળતો એમોનિયા પણ પાછો વાપરવામાં આવે છે. આ રીતે આ ક્રિયામાં ઉપ-પેદાશો ફરી કામમાં આવે છે.

સોલ્વેની રીતમાં કેટલીક ખામીઓ રહેલી છે: લગભગ ૩૦ ટકા જેટલું મીઠું નકામું જાય છે. ચીનના રાસાયણિક ડૉ. ટી. પી. હોઉએ (T. P. Hou) આ રીતમાં સુધારણાઓ કરી છે: (૧) મીઠાનું સોડામાં ૯૬ ટકા રૂપાંતર (૨) મીઠાના ક્લોરિનનો એમોનિયમ ક્લોરાઈડની બનાવટમાં ઉપયોગ અને (૩) ખર્ચ ઓછો એટલે કિંમતમાં ઘટાડો.

સોડાના દ્રાવણમાંથી કૉસ્ટિક સોડા બનાવવાની રીતમાં તેને ચૂના સાથે મેળવીને તેમાંથી કૉસ્ટિક સોડા બનાવાય છે.

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + 2NaOH$$

આ ક્રિયામાં જો પ્રમાણ બરાબર સચવાય તો જ ક્રિયા જમણી બાજુ પાછી ચાલે છે પણ કૉસ્ટિક સોડા બનાવવાની આ રીત હવે વપરાતી નથી. કેમ કે વીજળી સસ્તી થવાથી મીઠાના દ્રાવણનું વિદ્યુત-વિભાજન કરીને કૉસ્ટિક સોડા બનાવાય છે અને તે બહુ સસ્તો પડે છે.

રાસાયણિક વર્ગીકરણમાં સોડિયમ અને પોટૅશિયમ બંને 'આલ્કલી ધાતુઓ' કહેવાય છે. બંનેના ગુણધર્મ પણ લગભગ સરખા છે. પણ સોડિયમને મુકાબલે પોટૅશિયમ કુદરતમાં ઓછું માલૂમ પડે છે. પોટૅશિયમના ક્ષારો સોડિયમના ક્ષારોના જેવું કામ આપે છે. પોટૅશિયમના ક્ષારો બનાવવાની રીત સોડિયમના ક્ષારો બનાવવાની રીતને મળતી આવે છે. પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને પરમૅન્ગેનેટ અત્યંત ઉપયોગી છે.

પર્યાવર્તક ભઠ્ઠીમાં ક્રોમાઇટ ખનિજ, સોડા અને ચૂનાનું મિશ્રણ ૧૦૫૦–૧૧૦૦° સે. તપાવવામાં આવે છે અને આ ક્રિયા દરમિયાન ભઠ્ઠીમાં હવા દાખલ કરવામાં આવે છે. ચૂનો ગરમીમાં ઓગળતા જથ્થાને છિદ્રમય રાખે છે, જેથી પ્રક્રિયા બરાબર ચાલે. ક્રોમેટને જુદો પાડવા પાણી સાથે ગરમ જથ્થાને ભેળવી ગાળી લેતાં અદ્રાવ્ય અશુદ્ધિઓ જુદી પડી જાય છે. ક્રોમેટને ડાયક્રોમેટમાં ફેરવવા તેમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાખી તેને સંકેન્દ્રિત કરતાં સોડિયમ બાઇક્રોમેટ પ્રથમ તૈયાર થાય છે. તેમાંથી પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ બનાવવા પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણ સાથે મેળવતાં પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટના ચકચકિત રાતા સ્ફટિકો તૈયાર થાય છે.

પોટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ બનાવવા પાઇરોલ્યુસાઇટને કૉસ્ટિક સોડા યા પોટાશ સાથે મેળવી હવા મળે એવો રીતે ગરમ કરવામાં આવે છે. આ ક્રિયા જલદી પાર ઉતારવા ૨·૪ ભાગ કૉસ્ટિક સોડા અને ૧ ભાગ પાઇરોલ્યુસાઇટના મિશ્રણમાં પોટૅશિયમ ક્લોરેટ ઉમેરવામાં આવે છે.

પોટૅશિયમના ક્ષારો જોકે કદરતમાં સર્વત્ર વેરાયેલા મળી આવે છે, છતાં તેનો ઉપયોગમાં લઈ શકાય એવો જથ્થો – ભરાણો જર્મનીના સ્ટાસ્ફૂર્ટમાં જોવા મળે છે. ૧૮૩૯માં મળી આવેલ આ ભરાણો અત્યાર સુધી દુનિયાને પોટૅશિયમના ક્ષારો પૂરા પડે છે. તેમાં ભિન્ન ભિન્ન ક્ષારોના ઉપરાઉપરી થરો આવેલા છે. આવા થરોમાં ૫૦–૧૩૦ ફૂટ જાડો બેવડા ક્ષારનો બનેલો એક મોટો પટ્ટો છે. આ બેવડા ક્ષારને કાર્નેલાઇટ કહેવામાં આવે છે. તેમાં પોટૅશિયમ અને મૅગ્નેશિયમના ક્લોરાઇડો આવેલા છે. તેમાંથી પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડ જુદો પાડી તેનો ઉપયોગ બીજા પોટૅશિયમના ક્ષારો બનાવવા માટે કરવામાં આવે છે. હવે આલ્સેઇસનાં ભરાણો પણ પોટૅશિયમના ક્ષારોનો મોટો ભાગ દુનિયાને પૂરો પાડે છે. વળી રશિયા, અમેરિકા અને કૅનેડામાં પણ આવાં ભરાણો મળી આવ્યાં છે. છતાં સ્ટાસ્ફૂર્ટનાં ભરાણોની મહત્તા ઓછી થઈ નથી.

પોટૅશિયમ કાર્બોનેટ મોતીની રાખ (pearl-ash) તરીકે ઓળખાય છે. પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડમાંથી કાર્બોનેટ બનાવવાની રીત મીઠામાંથી સોડા બનાવવાની રીતને મળતી છે. સખત કાચ બનાવવા માટે સોડાને બદલે પોટૅશિયમ કાર્બોનેટ વપરાય છે. પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટ અગર 'સૉલ્ટ-પિટર' આપણા દેશમાં ખૂબ બનાવાતું. આ પદાર્થ ઉપયોગી ખાતર છે, અને યુદ્ધકાળમાં દારૂગોળાની બનાવટમાં વપરાય છે

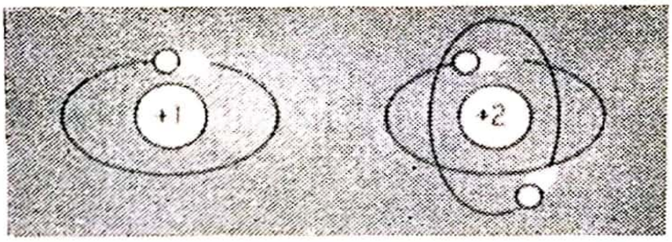
કૉસ્ટિક પોટાશના દ્રાવણમાં ક્લોરિન વાયુ પસાર કરવાથી પોટૅશિયમ ક્લોરેટ બને છે. દીવાસળીના ઉદ્યોગમાં, ફટાકડાની બનાવટમાં, ફોટોગ્રાફીમાં ફ્લશ પાઉડરની તેમ જ સ્ફોટક પદાર્થોની બનાવટમાં – એવા અનેકવિધ ઉપયોગમાં તે આવે છે.

બોરેક્સ (ટંકણખાર) બોરિક ઍસિડનો સોડિયમ ક્ષાર છે. તિબેટની આજુબાજુ અને અમેરિકા વગેરે પ્રદેશોમાંથી આ કુદરતી રીતે મળી આવે છે. તેમાં માત્ર થોડો અંશ શુદ્ધ બોરેક્સનો હોય છે. તેમાં અન્ય ખનિજો પણ હોય છે, જેમાંથી બોરેક્સ બનાવાય છે. ઇસ્તરી કરતી વખતે કાપડને ચકચકિત કરવા, ઓપ ચડાવવા (ગ્લેઝ)ની બનાવટમાં, સોલ્ડર (રેણ) કરવામાં ફ્લક્સ તરીકે, કાચની બનાવટમાં અને ઔષધોમાં જંતુવિનાશક તરીકે બોરેક્સનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. બોરેક્સનું વીજળિક ઑક્સિડેશન કરવાથી બનતો સોડિયમ પરબોરેટનું દ્રાવણ બ્લીચિંગમાં વપરાય છે અને કપડાં ધોવામાં તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તે પ્રબળ જંતુવિનાશક છે. સખત પાણીને નરમ બનાવવા વપરાતો ત્રિપ્સા ટ્રાઈસોડિયમ ફૉસ્ફેટ છે.

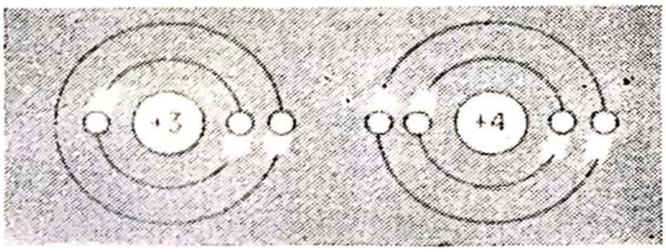
રંગ, ઔષધો, સુગંધી પદાર્થો અને તેલો અને અન્ય કાર્બનિક રસાયણો – આ બધાંને 'ફાઇન' રસાયણો (fine chemicals) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ 'ફાઇન' રસાયણોની બનાવટ માટે પ્રથમ તબક્કે ભારે રસાયણોની જરૂર પડે છે. 'ફાઇન' રસાયણોના ઉદ્યોગ માટે મુખ્ય પદાર્થ કોલસામાંથી કાઢવામાં આવતો ડામર છે. તેમાંથી બેન્ઝિન અને ટોલ્યુઇન, ફિનોલ અને ક્રેસોલો, નેફ્થેલિન, એન્થ્રેસિન વગેરે ઉપયોગી રસાયણો મેળવી શકાય છે. હવે પેટ્રોલિયમમાંથી આ પદાર્થો પેટ્રો-કેમિકલ્સ તરીકે મેળવી શકાય છે. ફાઇન રસાયણોના ઉદ્યોગના પાયામાં કોલસો અને પેટ્રોલિયમ છે. કોલસામાંથી પેટ્રોલ પણ તૈયાર કરવામાં આવે છે.

રસાયણ-ઉત્પાદન ઉદ્યોગની આ થઈ ટૂંકી માહિતી. તેની ખિલવણી માટે આપણા દેશમાં જરૂરી પદાર્થોની ખોટ નથી.

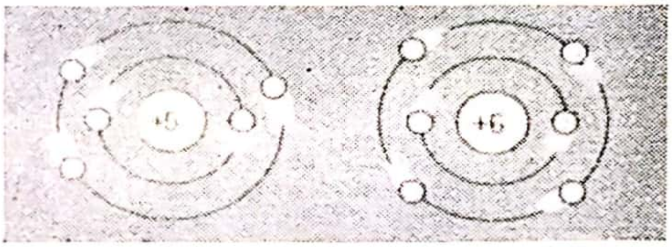
અંક : ૭



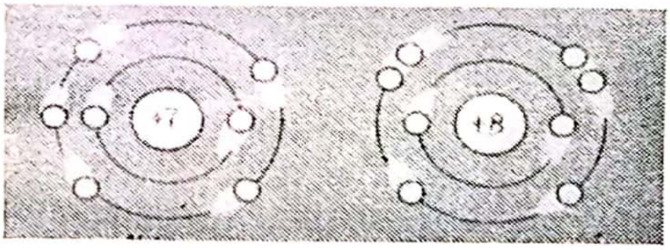
હાઈડ્રોજન હેલિયમ



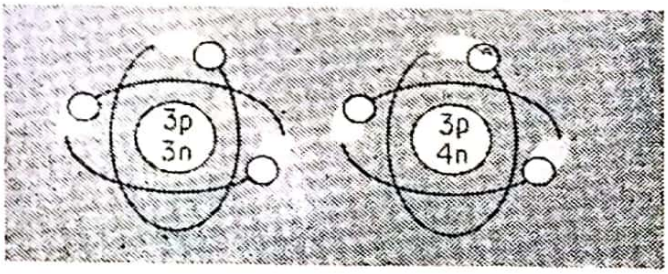
લિથિયમ બેરિલિયમ



બોરોન કાર્બન



નાઇટ્રોજન ઑક્સિજન



લિથિયમ-૬ લિથિયમ-૭

મૂળ તત્ત્વ	બાહ્ય ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા
હાઇડ્રોજન	૧
હેલિયમ	૧
લિથિયમ	૧
બેરિલિયમ	૨
બોરોન	૩
કાર્બન	૪
નાઇટ્રોજન	૫
ઑક્સિજન	૬
લિથિયમ	૩

આ બંને લિથિયમના પરમાણુભાર જુદા છે. તે એક બીજાના સમસ્થાનિક (isotope) ગણાય.

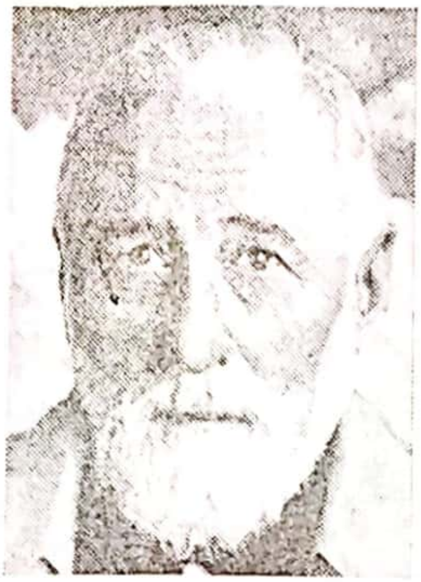
૧૮ : અદ્યતન હરણફાળ અને નવી ક્ષિતિજો

વીસમી સદીમાં રસાયણના ક્ષેત્રમાં ઝડપી પ્રગતિ થઈ છે. કાર્બનિક, અકાર્બનિક તેમ જ ભૌતિક રસાયણમાં અનેક નવા સિદ્ધાંતો, નવી રીતરસમો, નવાં અવલોકનો, નવાં સંશ્લેષણો થયાં છે. એટલું જ નહીં પણ અનેક નવી શાખાઓનો ઉદય થયો છે. દાખલા તરીકે, બાયોકેમિસ્ટ્રી અથવા જીવરસાયણ, ન્યુક્લિયર કેમિસ્ટ્રી એટલે પરમાણુરચના અંગેનું રસાયણ, એગ્રિકલ્ચરલ કેમિસ્ટ્રી એટલે ખેતીવાડીનું રસાયણ વગેરે. આમાંનાં કેટલાંક ક્ષેત્રમાં થયેલી પ્રગતિ પર ઊડતો દૃષ્ટિપાત કરી જઈએ.

કાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં ૧૯મી સદીનાં આખરી વર્ષોમાં કેટલાક મહાન વૈજ્ઞાનિકોએ અનેક અટપટા અણુવાળા પદાર્થોનો અભ્યાસ કરી અનેક પદાર્થોની આણુરચના શોધી કાઢી અને તેનાં સંશ્લેષણ પણ તેમણે કર્યાં. આમાં એમિલ ફિશર, એડોલ્ફ ફોન બાયર, ગ્રીગનાર્ડ, એહર્લિક વગેરે ખાસ તરી આવે છે. એમિલ ફિશરે કાર્બોહાઇડ્રેટ વર્ગનાં અનેક પદાર્થો જેવા કે ગ્લુકોઝ, ફ્રૂકટોઝ, ગેલેક્ટોઝ, મેનોઝની આણુરચના તપાસી તેમની વચ્ચેના ફરક શોધ્યા હતા. તેમ જ પ્યુરિન વર્ગના અનેક પદાર્થો દા. ત. યુરિક ઍસિડ, થિયોફિલિન, થિયોબ્રોમિન, ઝેન્થીન, કેફીન વગેરે પ્રાણી અને વનસ્પતિજન્ય બધા પદાર્થો મૂળ પદાર્થ પ્યુરિનનાં જ વ્યુત્પન્નો છે એમ બતાવ્યું હતું. પ્રોટીન જેવા અટપટા પદાર્થોનો પણ તેમણે અભ્યાસ કર્યો હતો અને તે તમામ જુદા જુદા એમિનોઍસિડના સંયોજનથી બનેલા છે એમ બતાવ્યું હતું. બાયરે ગળી ઉપર સંશોધન કરી તેને સંશ્લેષિત પદ્ધતિએ બનાવવાની શોધ કરી. વિલિયમ પર્કિને સંશ્લેષિત રંગોના ઉદ્યોગનો પાયો નાખ્યો. ગ્રીનગાર્ડે એક અગત્યની પ્રક્રિયા, જે તેમના નામે ઓળખાય છે તે શોધી હતી. એમાં મૅગ્નેશિયમ ધાતુના કાર્બનિક પદાર્થો દ્વારા જુદા જુદા કાર્બનિક પદાર્થો બનાવી શકાય છે. ફ્રીડલ અને ક્રાફ્ટસ નામના બે રાસાયણિકોએ શોધેલી તેમના નામ સાથે જોડાયેલી પ્રક્રિયા કાર્બનિક સંશ્લેષણના ક્ષેત્રમાં અતિ મહત્ત્વની પુરવાર થઈ છે. પૉલ એહર્લિકે સંશ્લેષિત ઔષધોના ક્ષેત્રમાં ઘણું ઉમદા કાર્ય કર્યું જેનો ઉલ્લેખ આગળના પ્રકરણમાં થઈ ગયો છે. આ બધું કાર્ય આ સદીમાં ઘણું વેગવંતું બન્યું છે. અસંખ્ય વનસ્પતિજન્ય અને પ્રાણીજન્ય કાર્બનિક પદાર્થોની આણુરચના શોધાઈ એટલું જ નહીં પણ તેમનાં સંશ્લેષણ પણ થયાં. આમાં આલ્કલોઈડ વર્ગના પદાર્થો જેવા કે ક્વિનીન, મૉર્ફિન, સ્ટ્રિકનિન, રેસર્પિન વગેરે, પાંદડાંનો લીલો રંગ ક્લોરોફિલ અને લોહીનો રાતો રંગ હેમિન, વનસ્પતિસૃષ્ટિના બીજા પીળા, નારંગી, લાલ, જાંબુડિયા, ભૂરા રંગો (ફ્લેવોન્સ, એન્થોસાયેનિન્સ અને કેરોટીનોઇડ રંગો) પ્રાણી અને વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં મળી આવતા સ્ટેરોઇડ્ વર્ગના પદાર્થો જેવા કે કોલેસ્ટેરોલ, વિટામિન ડી અને એન્ડ્રોસ્ટેરોન, ટેસ્ટોસ્ટેરોન, એસ્ટોન, પ્રોજેસ્ટેરોન જેવા જાતીય હોર્મોન, અનેક વનસ્પતિમાંથી

મળી આવતા ટર્પિન વર્ગના સુગંધી પદાર્થો અને ટેરામાઇસિન અને ઓરિયામાઇસિન જેવા ઍન્ટિ બાયોટિક પદાર્થોનો સમાવેશ થાય છે. બધા પદાર્થોનાં કે તે ક્ષેત્રમાં બધા કામ કરનારાઓનાં નામ

હાન્સ ફિશર [૧૮૮૧–૧૯૪૫]



[રિચાર્ડ વિલસ્ટેટર [૧૮૭૯–૧૯૪૨]

આપવાનું શક્ય. નથી પણ કેટલાંક નામોનો ઉલ્લેખ કરવો અસ્થાને નહીં ગણાય. વિલસ્ટેટર, રૉબર્ટ રૉબિન્સન, પૉલ કારેર, રૂત્ઝીકા, લૉર્ડ ટોડ, વુડવર્ડ, રાઇકસ્ટાઇન, હાન્સ ફિશર, દ વીનીઓ, સૅંગર – આમાંના કેટલાકને નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયાં છે. આ બધું કાર્ય નવી રીતો અને નવાં સાધનોને લીધે શક્ય બન્યું છે જેનો ઉલ્લેખ આગળ કરવામાં આવ્યો છે. કાર્બનિક પદાર્થમાં બે કાર્બન વચ્ચે કેવી જાતનાં જોડાણ હોય છે તેના પર 'મોલેક્યુલર ઑર્બિટલ થિયરી'એ પ્રકાશ પાડયો છે અને વીસમી સદીના રસાયણમાં આ એક અગત્યનો સિદ્ધાંત લેખાય છે. પણ એના ઊંડાણમાં આપણે નહીં ઊતરીએ.

૧૮૮૬માં મોઇઝાંએ પહેલવહેલો ફ્લોરિન વાયુ શુદ્ધ સ્થિતિમાં છૂટો પાડયો. તે અગાઉ અનેક અફળ પ્રયત્નો થયા હતા. આ વાયુ ઘણો જલદ છે અને શરીરને હાનિકારક છે એટલું જ નહીં પણ બધી વસ્તુઓ પર તે ક્રિયા કરે છે. મોઇઝાંએ પ્લૅટિનમ ધાતુનું વાસણ લઈ પ્લૅટિનમ-ઇરિડિયમ મિશ્રધાતુના ઇલેક્ટ્રોડ વાપરી આખું સાધન –૨૩° સે. સુધી ઠંડું પાડી તેમાં પાટૅશિયમ હાઇડ્રોજન ફ્લોરાઇડનું નિર્જળ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં દ્રાવણ વાપરી તેનું વિદ્યુત વિભાજન કરીને તે મેળવ્યો હતો. ફ્લોરિનનું રસાયણ છેલ્લાં પચીસ વર્ષોમાં ઘણું ખીલ્યું છે. ફ્લોરિનનાં કાર્બનિક સંયોજન ઔદ્યોગિક અગત્ય ધરાવે છે. દાખલા તરીકે ફ્રિઓન નામના કેટલાક ફ્લોરોફ્લોરો હાઇડ્રો-કાર્બન ઠંડક ઉત્પન્ન કરવા માટે એટલે રેફ્રિજરન્ટ તરીકે વપરાય છે. ઘર્ષણ ઓછું કરનારાં તેલોમાં જો ફ્લોરિન દાખલ કરવામાં આવે તો તે તેલોનું કિરણોત્સર્ગી પદાર્થોમાંથી નીકળતાં કિરણોથી વિઘટન થતું નથી અને તેથી જે યંત્રો કિરણોત્સર્ગી પદાર્થોના સાન્નિધ્યમાં આવે એવાં યંત્રોમાં આ તેલ વપરાય છે. ટેફ્લૉન નામનો એક પ્લાસ્ટિક ટેટ્રાફ્લોરોએથિલિનનો બનેલો છે અને તે અતિ-નિષ્ક્રિય અને મજબૂત હોય છે.

મોઇઝાંએ વિદ્યુતભઠ્ઠી બનાવી અને તેમાં અનેક ગણા ઊંચા ઉષ્ણતામાને પ્રવાહી થતા ઑક્સાઇડ, કાર્બાઇડ, બોરાઇડ, સિલિસાઇડ વગેરે પદાર્થોનો અભ્યાસ કર્યો. ધાતુઓના ઑક્સાઇડ અને કાર્બનને વિદ્યુતભઠ્ઠીમાં ગરમ કરીને ક્રોમિયમ, મૅંગેનીઝ, મૉલિબ્ડેનમ, ટંગ્સ્ટન, વૅનેડિયમ, યુરેનિયમ, ઝિર્કોનિયમ અને ટિટેનિયમ ધાતુઓ તેણે બનાવી.

અકાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં બીજું એક રસમય સંશોધન તે વિરલ માટીઓ (rare earths) અંગેનું છે.

આ કાર્યની શરૂઆત ૧૮મી સદીમાં થઈ હતી પણ તેમાં સક્રિય કાર્ય તો ૧૯મી સદીની આખરે અને આ સદીની શરૂઆતમાં થયું હતું. ચૂના ઇત્યાદિને મળતી કેટલીક માટી ૧૮મી સદીમાં કેટલાકના ધ્યાન પર આવી હતી અને તેમને શુદ્ધ કરી તેમાં રહેલાં મૂળતત્ત્વો છૂટાં પાડવા સંશોધકો કામ કરી રહ્યા હતા. પણ તે ધાતુઓના ક્ષારો શુદ્ધ સ્થિતિમાં મેળવવાનું કાર્ય, તેમના ગુણધર્મો લગભગ સરખા હોવાથી, ઘણું કંટાળાભરેલું હતું. મેરિગનેક, બૉઇસબાઉડ્રન, વેલ્સબાક, અરબેઈન વગેરે સંશોધકોએ આ સમૂહનાં લગભગ બધાં ૧૪ તત્ત્વોને શુદ્ધ સ્થિતિમાં મેળવી તેમના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. વેલ્સબાકે સીરિયા અને થોરિયા (સીરિયમ અને થોરિયમના ઑક્સાઈડ) ગરમ કરવાથી સફેદ પ્રકાશ આપે છે એ બતાવ્યું અને તેનાં મેન્ટલ બનાવી પ્રકાશ માટે વાપરવાની શરૂઆત કરી. આ વિરલ માટીનાં મૂળતત્ત્વોનાં નામ નીચે પ્રમાણે છે :

La – લેન્થેનમ	૫૭	Gd – ગેડોલિનિયમ	૬૪	Lu – લ્યુટેટિયમ	૭૧
Ce – સેરિયમ	૫૮	Tb – ટર્બિયમ	૬૫	Np – નેપ્ચૂનિયમ	૯૩
Pr – પ્રેઝિયોડિમિયમ	૫૯	Dy – ડિસ્પ્રોસિયમ	૬૬	Pu – પ્લુટોનિયમ	૯૪
Nd – નિયોડિમિયમ	૬૦	Ho – હોલ્મિયમ	૬૭	Am – એમેરિશિયમ	૯૫
Pm – પ્રોમિથિયમ	૬૧	Er – ઍર્બિયમ	૬૮	Cm – ક્યુરિયમ	૯૬
Sm – સેમેરિયમ	૬૨	Tm – થુલિયમ	૬૯		
Eu – યુરોપિયમ	૬૩	Yb – યિટર્બિયમ	૭૦		

એક બાજુએ, નવાં મૂળતત્ત્વો શોધવાનું કાર્ય ચાલુ હતું ત્યારે આલ્ફ્રેડ વર્નર અકાર્બનિક પદાર્થોની રચના અંગે કાર્ય કરી રહ્યો હતો. સાદા અકાર્બનિક પદાર્થોની રચના સંયોજકતાના સિદ્ધાંત પર સમજાવી શકાય, પણ અટપટા અકાર્બનિક પદાર્થો જેવા કે કોબાલ્ટના ક્ષારોના એમોનિયા સાથેનાં સંયોજનોની રચના સમજાવવા તેણે 'કોઑર્ડિનેશન થિયરી' બહાર પાડી. આજે તે વર્નરના કો-ઑર્ડિનેશન સિદ્ધાંત તરીકે ખ્યાતિ પામ્યો છે.

આલ્ફ્રેડ વર્નર [૧૮૬૬–૧૯૧૯]

અકાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં બીજાં પણ કેટલાંક મૂળતત્ત્વો શોધાયાં. આમાં પોલોનિયમ અને રેડિયમનો સમાવેશ થાય છે. રેડિયમની શોધે પરમાણુ-રચના પર નવો પ્રકાશ પાડ્યો. પરમાણુ-રચનાનો કોયડો ઉકેલવામાં

ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓએ આગળ પડતો ભાગ ભજવ્યો છે. હવે આપણે તે અંગે વિગતવાર જોઈએ.

પરમાણુરચના અને પરમાણુ શક્તિ

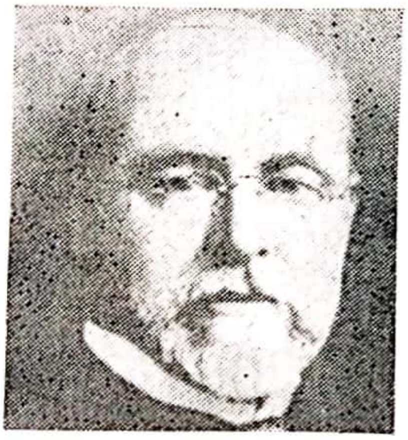
૧૯મી સદીની શરૂઆતમાં ડૉલ્ટને રજૂ કરેલો પરમાણુવાદ રાસાયણિકોએ અપનાવ્યો હતો અને તેઓ માનતા કે પરમાણુ ખરેખર અવિભાજ્ય છે. તે ક્ષેત્રમાં વધુ કાંઈ કરવાનું છે કે જાણવાનું છે, પરમાણુની રચના અટપટી છે ને તેમાં અથાગ શક્તિનો સંચય છે એવો કોઈને ખ્યાલ ન હતો. વીસમી સદીનું સૌથી અગત્યનું વૈજ્ઞાનિક કાર્ય તે પરમાણુની રચના શોધવાનું અને પરમાણુમાં રહેલી અથાગ શક્તિ હાથ કરીને તેને રોજિંદા વપરાશમાં લેવાનું લેખી શકાય. આ કાર્યના શ્રીગણેશ ૧૯મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં મંડાયા હતા.

૧૮૫૩ની સાલમાં મૅસન નામના એક વૈજ્ઞાનિકે એક કાચની નળી લઈ તેને બે છેડે વિદ્યુત દાખલ કરવા માટે તારો જોડી નળીમાંથી લગભગ બધી હવા કાઢી નાખીને તેને બન્ને બાજુએ બરાબર બંધ કરી. બન્ને છેડે રાખેલા તારો તેણે ૧૦થી ૧૫ હજાર વૉલ્ટ જેટલું વિદ્યુત દબાણ આપે એવા વિદ્યુત-યંત્ર સાથે જોડયા. નળીમાં પ્રકાશ થયો. ગિઝલર નામના એક વૈજ્ઞાનિકે આવી નળીઓમાં થોડા પ્રમાણમાં જુદા જુદા વાયુઓ ભર્યા તો તેમાં જુદા જુદા રંગના પ્રકાશ જોવા મળ્યા. ગિઝલર ટયૂબના નામે આ નળીઓ ઓળખાય છે. આ પ્રકાશના કિરણોનો વિલિયમ ક્રૂકસ અને જે. જે. થૉમ્સને બારીકાઈથી અભ્યાસ કર્યો તો એ પ્રકાશનાં ઋણભારવાહી કણોનો બનેલો જણાયો. આ કણોને ઈલેકટ્રોન નામ આપવામાં આવ્યું. પદાર્થના પરમાણુઓમાંથી આ ઈલેકટ્રોન છૂટા પડેલા હોવાનું જણાયું.

પરમાણુ ઉપર તો કોઈ વિદ્યુતભાર હોતો નથી તો આ ઋણભારને શમાવે (neutralise કરે) એવા ધનભારવાહી કણો પણ પરમાણુમાં હોવા જોઈએ. પ્રયોગો દ્વારા ધનભારવાહી કણો પણ શોધાયા. તેમને પ્રોટોન નામ અપાયું. થૉમ્સને પ્રયોગ વડે પુરવાર કર્યું કે પરમાણુનું વજન પ્રોટોનને લીધે છે. પ્રોટોન કરતાં ઈલેકટ્રોન વજનમાં ઘણા હલકા છે. પ્રોટોનનું વજન એક ગણીએ તો ઈલેકટ્રોનનું વજન $\frac{૧}{૧૮૫૦}$ જેટલું થાય.

રેડિયમમાંથી ત્રણ જાતનાં કિરણો નીકળે છે. આલ્ફા કિરણો, જે હિલિયમ વાયુના અણુઓનાં કેન્દ્રોનાં બનેલાં છે; બીટા કિરણો, જે ઈલેકટ્રોનનાં બનેલાં છે અને ગામા કિરણો, જે ક્ષ-કિરણો જેવી અનેક વસ્તુઓમાંથી આરપાર નીકળી જાય તેવાં છે. આ પરથી જણાયું કે યુરેનિયમ અને રેડિયમ જેવા ભારે વજનવાળા પરમાણુઓ અસ્થિર હોય છે અને તેમનું બીજા પદાર્થોમાં પરિવર્તન થાય છે અને તે દરમિયાન આ કિરણો મળે છે. યુરેનિયમ ધાતુનું ધીરે ધીરે રેડિયમમાં પરિવર્તન થાય છે અને રેડિયમનું સીસામાં પરિવર્તન થાય છે. આ પ્રક્રિયાને હજારો વર્ષ લાગે છે.

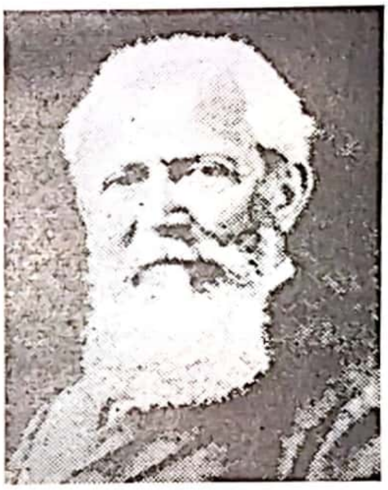
આ સદીના પૂર્વાર્ધમાં પરમાણુની રચનાનો ભેદ ઉકેલવામાં અનેક મહાન વૈજ્ઞાનિકોએ ફાળો આપ્યો છે જેમાં રુથરફર્ડનું નામ આગળ તરી આવે છે. પરમાણુની રચના તપાસવા માટે બ્રિટનના આ બાહોશ વૈજ્ઞાનિકે આલ્ફા કિરણોનો ઉપયોગ કર્યો. સોનાનાં અને પ્લૉટિનમ ધાતુના પાતળાં પતરાંમાંથી



ઇરા રેમસેન
(૧૮૪૬–૧૯૨૭)

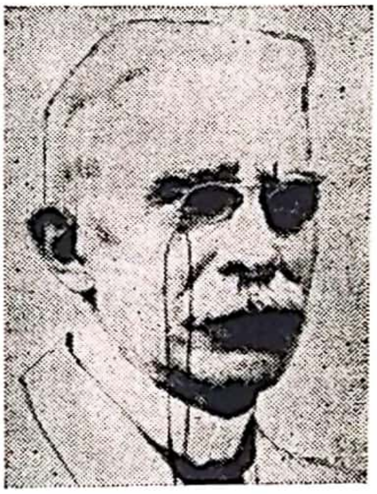
સ્વાન્તે આર્હેનિયસ
(૧૮૫૯–૧૯૨૭)

થિયોડોર વિલિયમ રિચાર્ડ્ઝ
(૧૮૬૮–૧૯૨૮)

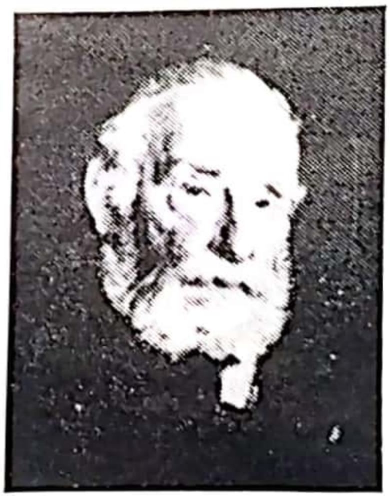


ઑટો વાલાશ
(૧૮૪૭–૧૯૩૧)

વિલ્હેમ·ઑસ્ટવાલ્ડ
(૧૮૫૩–૧૯૩૨)



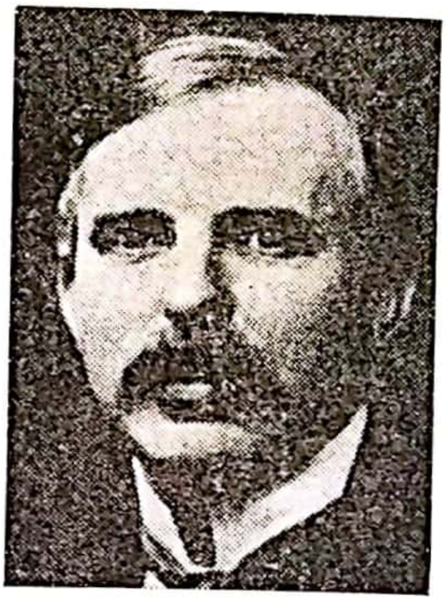
હેન્રી લ શાટેલિયર
(૧૮૫૦–૧૯૩૬)



હેન્રી એડવર્ડ આર્મસ્ટ્રોન્ગ
(૧૮૪૮–૧૯૩૭)

૧૯–૨૦મી સદીના
ખ્યાતનામ વૈજ્ઞાનિકો

આલ્ફા કિરણો પસાર કરી તે બીજી બાજુએ કેટલાં વળે છે એ જોવાના પ્રયોગો કર્યા. પતરાની પાછળ ઝિંક સલ્ફાઇડ નામનો પદાર્થ ચોપડેલો હતો. તેના પર આલ્ફાકિરણો અથડાય એટલે ચમકારો થાય. રુથરફર્ડને જણાયું કે આલ્ફા કિરણો એ નર્યા કણો છે. રુથર્ફર્ડે જોયું કે ધાતુના પતરામાંથી ઘણા આલ્ફા કણો સીધી લીટીમાં જ પસાર થતા હતા; માત્ર થોડાક જ વળી જતા. ઝીણવટભર્યા પ્રયોગા અને ગણતરીઓ પછી રુથરફર્ડે અનુમાન બાંધ્યું કે પરમાણુનું વજન તેના કેન્દ્રને લીધે હતું. આ કેન્દ્રની આસપાસ ઇલેક્ટ્રોન ફરે છે. કેન્દ્ર બહુ થોડી જગ્યા લે છે બાકીની જગ્યા ખાલી છે. પરમાણુના કદ વગેરેનો બરાબર ખ્યાલ આવે માટે એક દાખલો લઈ જોઈએ. પાણીના એક બિંદુને જો પૃથ્વી જેટલું મોટું આલેખીએ તો તેમાંના એક હાઇડ્રોજનના પરમાણુનું કદ ફક્ત એક નારંગી જેટલું થાય. પરમાણુનું કેન્દ્ર તો તેથી પણ નાનું. જો એક પરમાણુના કેન્દ્રને એક નારંગી જેટલું ધારીએ તો ઇલેક્ટ્રોન તેની આસપાસ $\frac{1}{2}$ માઈલના વ્યાસના અંતરે ફરતા ગણી શકાય. આ પરથી જણાશે કે પરમાણુમાં ખાલી જગ્યા પુષ્કળ છે અને તેની સામે કોઈ કણો તાકીએ તો તે કેન્દ્ર સાથે અથડાવાની શકયતા દસ લાખમાં એક જેટલી હોય છે.



લૉર્ડ રુથરફર્ડ [૧૮૭૧-૧૯૩૭]

૧૯૩૨ની સાલમાં ચેડવિકે એક ઘણી અગત્યની શોધ કરી. તે બેરિલિયમ ધાતુના પરમાણુઓ પર આલ્ફા કણો તાકી તેના કેન્દ્રપરિવર્તનનાં પરિણામો તપાસતો હતો. તેને કાર્બનનો એક પરમાણુ-અને એક નવો જ કણ મળ્યો. આ કણનું વજન પ્રોટોન જેટલું જ હતું, પણ તેના પર કોઈ પણ જાતનો વિદ્યુતભાર ન હતો એટલે તેને ન્યુટ્રૉન નામ આપ્યું. આ કણની શોધે પરમાણુ રચના પર નવો પ્રકાશ પાડયો એટલું જ નહીં પણ પરમાણુ-કેન્દ્ર ભેદવા માટે એક નવું હથિયાર હાથ લાગ્યું. ન્યુટ્રૉન પર કોઈ પણ જાતનો વિદ્યુતભાર ન હોવાથી તે સીધો કેન્દ્ર તરફ જઈ તેની સાથે ટકરાઈ શકે છે. પ્રોટોન અને આલ્ફા કણો ધનભારવાહી હોવાથી ધનભારવાહી કેન્દ્ર આગળ જતાં પ્રત્યાકર્ષણને લીધે દૂર ફેંકાય છે.

હવે આપણે પરમાણુરચના કેવી હોય છે તે જોઈએ.

હાઇડ્રોજન વાયુનો પરમાણુ સાદામાં સાદો છે; તેનું પરમાણુવજન એક છે. તેનો પરમાણુ-ક્રમાંક (atomic number) પણ એક છે. કારણ કે તેનું કેંદ્ર એક પ્રોટોનનું બનેલું છે. કેંદ્રની આજુબાજુ એક ઇલેક્ટ્રોન ઘૂમે છે. હિલિયમ વાયુના પરમાણુનું કેંદ્ર બે પ્રોટોન અને બે ન્યુટ્રૉનનું બનેલું છે અને પરમાણુ વજન ૪ છે. યુરેનિયમનો પરમાણુ ભારેમાં ભારે છે. તેની આસપાસ બે ઇલેક્ટ્રોન ઘૂમે છે. તેનો પરમાણુ-ક્રમાંક બે છે. તેનું કેંદ્ર ૯૨ પ્રોટોન અને ૧૪૬ ન્યુટ્રૉનનું બનેલું છે. કદ્રની આસપાસ ૯૨ ઇલેક્ટ્રોન ઘૂમે છે. પરમાણુમાં કેંદ્રની આજુબાજુ ફરતા ઇલેક્ટ્રોન જુદી જુદી કક્ષામાં ઘૂમે છે. પહેલામાં ૨, બીજામાં ૮, ત્રીજામાં ૧૮, ચોથામાં ૩૨ વગેરે. અનેક મૂળતત્ત્વોના એક કરતાં વધુ વજનના પરમાણુઓ હોય છે. એક જ પરમાણુ-ક્રમાંકવાળા પદાર્થના જુદા જુદા વજનના પરમાણુઓને આઈસોટોપ્સ કહેવાય છે. દાખલા

તરીકે હાઈડ્રોજનના ત્રણ આઈસોટોપ છે. એક સાદા હાઈડ્રોજનનું કેન્દ્ર એક પ્રોટોનનું બનેલું છે; બીજો ડ્યૂટેરિયમ જેનું કેંદ્ર એક પ્રોટોન અને એક ન્યુટ્રૉનનું બનેલું છે અને ટ્રીટિયમ જેનું કેંદ્ર એક પ્રોટોન અને બે ન્યૂટ્રૉનનું બનેલું છે. યુરેનિયમનાં ૨૩૫ અને ૨૩૮ વજનવાળા બે આઈસોટોપ છે. એકમાં ૯૨ પ્રોટોન અને ૧૪૩ ન્યુટ્રૉન અને બીજામાં ૯૨ અને ૧૪૬ ન્યુટ્રૉન છે. એક જ મૂળતત્ત્વના આઈસોટોપ્સના ગુણધર્મો સરખા હોય છે. કારણ કે પરમાણુના વજન સાથે તેમને સંબંધ નથી. પરમાણુક્રમાંક જે પરમાણુના કેંદ્રનો વિદ્યુતભાર દર્શાવે છે તેના પર ગુણધર્મોનો આધાર રહે છે.

રાસાયણિક ક્રિયામાં માત્ર પરમાણુની બહારની કક્ષામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન ભાગ લે છે. તેના કેંદ્રમાં કોઈ પરિવર્તન થતું નથી. કેંદ્રમાં જો કોઈ ફેરફાર કરીએ અને પ્રોટોનની સંખ્યા વધારે ઓછી કરીએ તો એકમાંથી બીજું મૂળતત્ત્વ ઉત્પન્ન કરી શકીએ. આ કીમિયાગીરી પહેલવહેલી રુથરફર્ડે આદરી. ૧૯૧૯માં તેણે નાઈટ્રોજનના પરમાણુ પર રેડિયમમાંથી નીકળતા આલ્ફા કણો તાકી ઑક્સિજનનો ૧૭ વજનનો આઈસોટોપ મેળવ્યો.

$^{૧૪}_{૭}$ નાઈટ્રોજન + $^{૪}_{૨}$ હિલિયમ કેંદ્ર = $^{૧૭}_{૮}$ ઑક્સિજન + $^{૧}_{૧}$ પ્રોટોન (હાઈડ્રોજન કેંદ્ર)

(ઉપલા આંકડા પરમાણુ વજન અને નીચલા આંકડા પરમાણુ ક્રમાંક બતાવે છે.)

બેરિલિયમ પર આલ્ફા કણો તાકવાથી ચેડવિકને ન્યુટ્રૉન પહેલવહેલો મળ્યો હતો.

$^{૯}_{૪}$ બેરિલિયમ + $^{૪}_{૨}$ હિલિયમ કેંદ્ર = $^{૧૨}_{૬}$ કાર્બન + $^{૧}_{૦}$ ન્યુટ્રૉન

વજનમાં હલકા અને ભારે પરમાણુઓ પર ન્યુટ્રૉનના મારાથી અનેક અગત્યનાં પરિણામો મળ્યાં છે. ન્યુટ્રૉનને પાણી અથવા મીણમાંથી પસાર કરવાથી તેમની ગતિ ધીરી પડે છે અને કેટલાક પરમાણુઓ ભેદવા માટે આ ઓછી ગતિવાળા ન્યુટ્રૉન વધારે અસરકારક જણાયા છે. કોઈ એક વસ્તુ બીજી વસ્તુ સાથે અથડાય ત્યારે તેની બીજી વસ્તુ પર થતી અસરનો આધાર અથડાનારી વસ્તુની ગતિ અને તેના વજન પર રહે છે. દાખલા તરીકે બંદૂકની ગોળી હાથેથી નાંખીએ ને કોઈને વાગે તો નજીવી ઈજા થાય, પણ બંદૂકમાંથી ફોડીને તેને વેગ આપવામાં આવે તો તે પોલાદમાંથી પણ આરપાર નીકળી જાય. આથી કેંદ્ર ભેદનાર કણોને ગતિ આપનારાં યંત્રો શોધાયાં. આમાં સાઈક્લોટ્રોન એક અગત્યનું સાધન છે. આ યંત્રમાં કેંદ્ર ભેદવા માટે વપરાતા ન્યુટ્રૉન જેવા કણોને ગંજાવર વિદ્યુત લોહચુંબકોના ક્ષેત્રમાં દાખલ કરી અત્યંત ગતિમાન કરવામાં આવે છે.

મહાન વૈજ્ઞાનિક આઇન્સ્ટાઈને ૧૯૦૫માં અનુમાન કર્યું હતું કે પદાર્થનું શક્તિમાં પરિવર્તન કરી શકાય. તે માટે નીચલું સમીકરણ તેણે આપ્યું.

$$E = mc^2$$

(E=Energy, શક્તિ; m=mass, વજન; c=velocity of light, પ્રકાશની ગતિ, જે દર સેકંડે ૨.૯૯૭×૧૦^{૧૦} સે. મી છે.) આ સમીકરણ પ્રમાણે જો માત્ર એક ગ્રામ પદાર્થનું શક્તિમાં પરિવર્તન થાય તો તેનાથી ૪૦૦૦ હૉર્સ પાવરનું ઍંજિન સતત એક વર્ષ સુધી ચાલ્યા કરે એટલી શક્તિ મળે. જર્મન વૈજ્ઞાનિક ઑટો હાનના સંશોધન દ્વારા આ સ્વપ્ન સિદ્ધ થયું.

૧૯૩૯માં ઑટો હાને યુરેનિયમના કેંદ્ર પર ન્યુટ્રૉન તાકયા. તેને એક અજાયબી ભરેલું પરિણામ જણાયું. યુરેનિયમના પરમાણુઓ ઉપર ન્યુટ્રૉનના મારાથી બેરિયમ અને ક્રિપ્ટોન અથવા સ્ટ્રૉન્શિયમ અને ઝેનોન જેવા લગભગ બે સરખા ભાગવાળા પરમાણુઓ મળે છે. આ કેન્દ્ર વિભાજનની પ્રક્રિયાને 'ન્યુક્લિઅર ફિશન' કહેવાય છે. આ વિભાજન દરમિયાન કેટલાક પદાર્થનું શકિતમાં પરિવર્તન થાય છે. ૨૩૫ વજનના યુરેનિયમ પરમાણુના કેન્દ્ર-વિભાજન દરમિયાન મોટા પ્રમાણમાં શકિત મળે છે એટલું જ નહીં પણ દરેક પરમાણુમાંથી વિભાજન દરમિયાન ૩ ન્યુટ્રૉન છૂટા પડે છે. આ ન્યુટ્રૉન બીજા યુરેનિયમના પરમાણુઓને ભેદે છે અને વધુ શકિત અને ન્યુટ્રૉન છૂટા પડે છે. આને 'ચેન રીઍકશન' કહેવાય છે. કેંદ્ર-વિભાજનની પરંપરાને લીધે કમનસીબે પરમાણુ શકિતનો પહેલો ઉપયોગ વિનાશ અર્થે થયો હતો; પણ હવે પરમાણુ શકિત રોજિંદા વપરાશમાં લેવાની શરૂઆત થઈ છે. કેંદ્ર-પરિવર્તન દરમિયાન મોટા પ્રમાણમાં મળતી શકિત ગરમીના રૂપમાં આપણને મળે છે તેનાથી પાણીની વરાળ બનાવી તે દ્વારા વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી શકાય તેમ જ બીજાં યંત્રો ચલાવી શકાય. બ્રિટન, રશિયા અને અમેરિકામાં ઍટમિક પાવર સ્ટેશનો આજે મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરે છે. આપણે ત્યાં પણ તારાપુર ખાતે પરમાણુ શકિત દ્વારા વિદ્યુત ઉત્પાદન કરવા માટે પાવર સ્ટેશન બંધાઈ રહ્યું છે અને આવાં બીજાં સ્ટેશનોની યોજના વિચારાઈ રહી છે. આ માટે 'ઍટમિક પાઈલ્સ' એટલે 'પરમાણુ ભઠ્ઠીઓ' બાંધવામાં આવે છે જેમાં પરમાણુ શકિત ઉત્પન્ન કરનાર જથ્થો સ્ફોટક ન બને તે માટે વચ્ચે ન્યુટ્રૉન શોષી લે એવા પદાર્થોની થપ્પીઓ હોય છે અને તે દ્વારા પરમાણુ શકિતનાં ઉત્પાદનનું નિયમન થાય છે.

પરમાણુઓના કેંદ્ર પર ન્યુટ્રૉન ઇત્યાદિ મૂળભૂત કણોની પ્રક્રિયામાં બીજાં પણ કેટલાંક અગત્યનાં પરિણામો મળ્યાં છે. તે દ્વારા યુરેનિયમ પછીનાં મૂળતત્ત્વો જે કુદરતમાં મળી આવતાં નથી તે પ્રયોગશાળામાં બનાવવામાં આવ્યાં છે. તેમના પરમાણુક્રમાંક અને નામ નીચે મુજબ છે:

ટ્રાન્સ-યુરેનિયમ મૂળતત્ત્વો

પરમાણુ ક્રમાંક	નામ	પરમાણુ માંક	નામ
૯૩	નેપ્ચૂનિયમ	૯૯	આઈન્સ્ટીઈનિયમ
૯૪	પ્લુટોનિયમ	૧૦૦	ફર્મિયમ
૯૫	અમેરીશિયમ	૧૦૧	મડેલેવિયમ
૯૬	ક્યુરિયમ	૧૦૨	નોબેલિયમ
૯૭	બર્કેલિયમ	૧૦૩	લૉરેંસિયમ
૯૮	કેલિફોર્નિયમ		

આપણે જોયું કે કોઈ એક મૂળતત્ત્વના જુદા જુદા આઈસોટોપ હોઈ શકે. કેટલાંક મૂળ-તત્ત્વોના નવા આઈસોટોપ કેંદ્ર-પરિવર્તન દ્વારા બનાવવામાં આવે છે. આવા કેટલાક આઈસોટોપ અસ્થિર હોય છે અને તેમનું બીજાં મૂળતત્ત્વોમાં પરિવર્તન થાય છે. આવા આઈસોટોપને કિરણો-ત્સર્ગી આઈસોટોપ કહેવાય છે. માદામ ક્યૂરીની પુત્રી આઈરીન અને તેના પતિ જોલીઓએ કૃત્રિમ કિરણોત્સર્ગી પદાર્થોના ક્ષેત્રમાં ઘણો અગત્યનો ફાળો આપ્યો છે. કિરણોત્સર્ગી આઈસોટોપનું અસ્તિત્વ જાણવા અને માપવાનું એક સાધન ગાઈગર કાઉન્ટરના નામે ઓળખાય છે. જુદા જુદા કિરણોત્સર્ગી

પદાર્થોના આવરદામાં ઘણો ફરક હોય છે. તેમના half life-period એટલે જે સમયમાં તેમની શકિત અડધી થઈ જાય તે પ્રયોગો દ્વારા શોધવામાં આવે છે. કોબાલ્ટ-૬૦ એટલે કે ૬૦ વજનના આઈસોટોપનું અર્ધજીવન ૫.૩ વર્ષનું છે. દા. ત. કાર્બન-૧૪નું અર્ધજીવન ૫૬૦૦ વર્ષનું છે અને ફૉસ્ફરસ-૩૨નું ૧૪.૩ દિવસ. કોઈ એક મૂળતત્ત્વના આઈસાટોપના ગુણધર્મો તે મૂળતત્ત્વના સ્થિર પરમાણુઓ જેવા જ હોય છે અને પ્રાણીશરીરમાં તેમ જ વનસ્પતિમાં તે મૂળતત્ત્વના સ્થિર પરમાણુઓની માફક વર્તે છે. જાતજાતના રેડિયો આઈસોટોપ હવે મોટા પ્રમાણમાં બનાવાય છે અને વૈદક અને ખેતીવાડીમાં અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓના સંશોધન માટે તે વપરાય છે. આના થોડા દાખલા જોઈએ.

શારીરિક ક્રિયાઓ સમજવામાં રેડિયો-આઈસોટોપે ઘણી મદદ કરી છે. શરીરમાં કેલ્શિયમ કેવી રીતે વપરાય છે, કેટલો હાડકામાં જાય છે, કેટલો બીજા ભાગોમાં જાય છે, કેટલો અણવપરાયો શરીરમાંથી નીકળી જાય છે એ સર્વે કેલ્શિયમ-૪૫, જેનું અર્ધજીવન ૧૮૦ દિવસનું છે, તેના ઉપયોગ દ્વારા શોધવામાં આવ્યું છે. આપણા ગળામાં થાયરોઈડ ગ્રંથિ છે. તેમાં થાયરોકિસન નામનો પદાર્થ તૈયાર થાય છે. થાયરોકિસનના અણુમાં ચાર આયોડિનના પરમાણુઓ હોય છે. આયાડિન-૧૩૧, (જેનું અર્ધજીવન ૮ દિવસનું છે,) આપીને, માણસની થાયરોઈડ ગ્રંથિ કઈ ઢબે – સાધારણ રીતે, વધારે ઝડપથી કે ધીરેથી આયોડિન લે છે તેના પરથી થાયરોઈડ ગ્રંથિની તંદુરસ્તીનો ખ્યાલ આવે છે. કોઈનો પગ અથવા હાથ કચડાઈ ગયો હોય અને ત્યાં લોહી ફરતું બંધ થયું હોય તો તે કાપી નાખવો પડે છે, જેથી માણસની જિંદગી બચી જાય. આજે આવા કેસમાં તે ભાગ કાપવાની જરૂર છે કે નહીં તે લોહીમાં રેડિયો સોડિયમના ક્ષારનું ઈંજેક્ષન આપીને કચડાયલા ભાગમાં લોહી ફરે છે કે નહીં તે ગાઈગર કાઉન્ટર દ્વારા જોવામાં આવે છે. જો કાઉન્ટરમાં ટકટક અવાજ આવે તો સમજવું કે લોહી જે ભાગમાં ફરે છે તે ભાગને બચાવી શકાય એવી શકયતા છે. ખેતીવાડીના ક્ષેત્રમાં જુદા જુદા છોડો કઈ જાતનાં ખાતરો તેમના ઉછેર દરમિયાન કયારે વાપરે છે તેનો ખ્યાલ જે–તે ખાતરોમાં રેડિયોઍક્ટિવ પદાર્થ વાપરીને મેળવી શકાય. દા. ત. સુપર ફૉસ્ફેટ ખાતરની ઉપયોગિતા વિષે જાણવું હોય તો તેમાં થોડો રેડિયો ફૉસ્ફરસવાળો સુપર ફૉસ્ફેટ ભેળવવાથી માહિતી મેળવી શકાય.

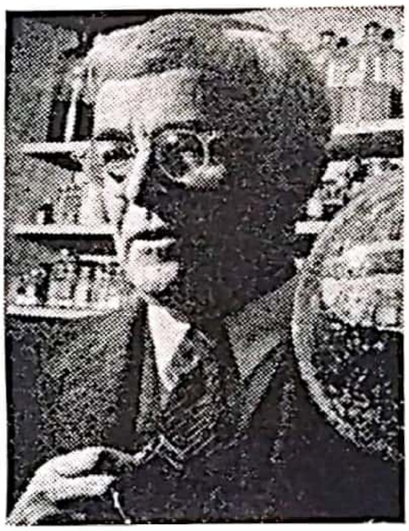
રેડિયોઍક્ટવ આઈસોટોપ દ્વારા મશીનમાંથી નીકળતા કાગળ, રબર, ઈત્યાદિની જાડાઈ સરખી છે કે નહીં, જમીનમાં દાટેલા પાણીમાં પાઇપો કયાં ફાટી ગયા છે અને ગળે છે તે જમીન ખોદ્યા વગર જાણી શકાય છે. પેટ્રોલ કંપનીઓ એક જ પાઇપ દ્વારા જુદાં જુદાં તેલો – પેટ્રોલ, ડીઝલ તેલ, કેરોસીન ઈત્યાદિ એક ઠેકાણેથી બીજે ઠેકાણે મોકલે છે. એક તેલનો જથ્થો પૂરો થયા પછી બીજા તેલનો જથ્થો મોકલવામાં આવે તે પહેલાં તેલમાં ઓગળે એવો રેડિયો આયોડિન થોડા પ્રમાણમાં નાખવામાં આવે છે. આ તેલ બીજા છેડે જાય ત્યારે ત્યાં રાખેલા કાઉન્ટરમાં અવાજ થાય છે અને બીજું તેલ આવવાનું શરૂ થાય છે એની ખબર પડે છે.

રેડિયોઍક્ટિવ આઈસોટોપના એક અવનવા ઉપયોગનો ઉલ્લેખ કરવા જેવો છે. પુરાતત્ત્વ અવશેષો કેટલા જૂના છે તે નક્કી કરવા માટે કાર્બન-૧૪ વપરાય છે. દરેક સજીવ વસ્તુમાં કાર્બન હોય છે અને સીધી યા આડકતરી રીતે હવામાંથી તેને મળે છે. હવામાંના કાર્બન ડાયૉકસાઇડમાં

વાલ્થર નર્ન્સ્ટ
[૧૮૬૪–૧૯૪૧]

વિક્ટર મોરિઝ ગોલ્ડશ્મીટ
[૧૮૮૮–૧૯૪૭]

હેન્રિક વાયલેન્ડ
[૧૮૭૭–૧૯૫૭]



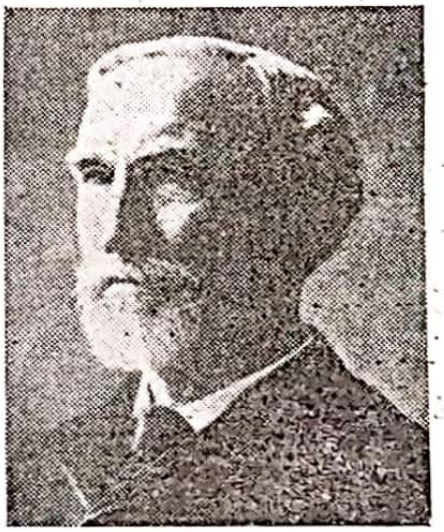
ઇરવિંગ લેન્ગમુર
[૧૮૮૧–૧૯૫૭]

૨૦મી સદીના ધુરંધરો

નીલ્સ જેનિકસેન બ્જેરમ
[૧૮૭૯–૧૯૫૮]

કાર્બન-૧૪ વાળા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, જે હવાના આવરણના ઉપલા પડમાં ઉત્પન્ન થાય છે, તે થોડા પ્રમાણમાં હોય છે. કોઈ પણ સજીવ વસ્તુમાં આ કિરણોત્સર્ગી કાર્બન અમુક પ્રમાણમાં હોય છે. જ્યારે સજીવ વસ્તુ નિર્જીવ બને છે ત્યારે આ કાર્બન-૧૪ની આપલે બંધ પડે છે અને તે ધીરે ધીરે નાશ પામે છે. કોઈ પણ અવશેષ લઈ તેમાં કાર્બન-૧૪નું પ્રમાણ માપવામાં આવે તો તેના પરથી તે અવશેષ કેટલો જૂનો છે તે નક્કી કરી શકાય. જો બે ગ્રામ જેટલો કાર્બન મળી શકે તો ૪૦,૦૦૦ વર્ષ સુધીના જૂના અવશેષોની તારીખ નક્કી કરી શકાય.

રાસાયણિક પદાર્થો અને તેમની પ્રક્રિયાઓનાં સૈદ્ધાન્તિક પાસાંઓનો અભ્યાસ ૧૮મી સદીની શરૂઆતથી થઈ રહ્યો હતો પણ ભૌતિક રસાયણ (physical chemistry) એ એક જુદી શાખા તરીકે ૧૯મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં અસ્તિત્વમાં આવી. ભૌતિક વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં થયેલી અનેક શોધોની ઊંડી છાપ તેના પર પડી અને થરમૉડાયનેમિક્સના કાયદા અને કાઇનેટિક થિયરી અપનાવીને રસાયણશાસ્ત્રની ખિલવણીમાં ભૌતિક રાસાયણિકોએ અગત્યનો ફાળો આપ્યો છે. તેમના કાર્યથી રાસાયણિક ક્રિયાઓ વધુ સારી રીતે સમજાઈ છે અને ઔદ્યોગિક રસાયણો વધુ સારા પ્રમાણમાં મેળવી શકાયાં છે. ગઈ સદીમાં આ ક્ષેત્રમાં વિલાર્ડ ગિબ્સ, વાન્ડેરવાલ અને વાંટ હૉફે અગત્યનો ભાગ ભજવ્યો હતો.



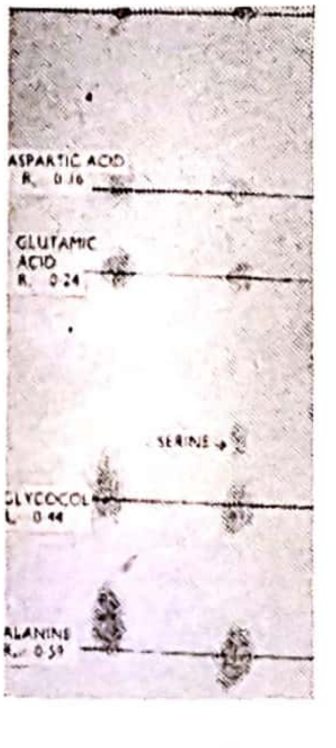
જોશિયા વિલાર્ડ ગિબ્સ [૧૮૩૯–૧૯૦૩]

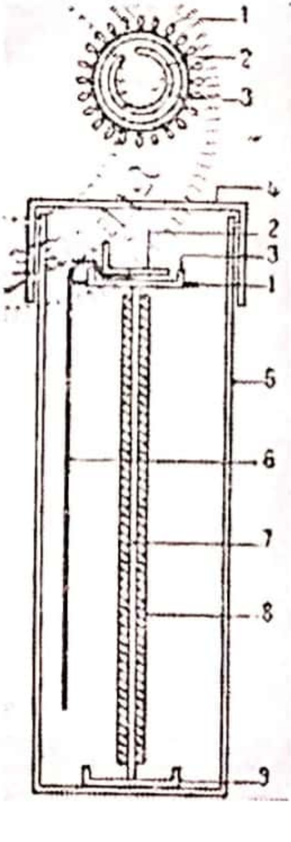
૧૮૮૪માં અર્હેનિયસે પોતાનો આયોનાઇઝેશનનો સિદ્ધાંત તેની પરીક્ષાના મહાનિબંધમાં રજૂ કર્યો હતો. આમાં તેણે બતાવ્યું હતું કે અકાર્બનિક પદાર્થોના દ્રાવણમાં ક્ષારનાં રેડિકલો આયન્સના રૂપમાં હોય છે. દાખલા તરીકે મીઠું જે રાસાયણિક ભાષામાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ તરીકે ઓળખાય છે તે દ્રાવણમાં ધનભારવાહી સોડિયમ આયન્સ અને ઋણભારવાહી ક્લોરાઈડ આયન્સના રૂપમાં હોય છે. આ સિદ્ધાંતનો ઘણા થોડાએ તરત સ્વીકાર કર્યો પણ વખત જતાં તે એક ઘણા અગત્યના સિદ્ધાંત તરીકે લેખાયો અને ઈલેક્ટ્રો-કેમિસ્ટ્રીનું એક નવું ક્ષેત્ર ખૂલ્યું. અકાર્બનિક પદાર્થોની પ્રક્રિયાઓ સમજવામાં અને તેમનાં પૃથક્કરણના વિકાસમાં તે સિદ્ધાંતે ઘણો અગત્યનો ફાળો આપ્યો. કોલોઇડ રસાયણના વિકાસ, 'ફેઝ રૂલ' અને તેની ઉપયોગિતા, 'માસ ઍક્શન'નો કાયદો એ સર્વે ગઈ સદીના ઉત્તરાર્ધની શોધો આ સદીમાં ઉપયોગમાં લેવાઈ છે. દાખલા તરીકે દરિયાના પાણીમાં રહેલા અનેક ક્ષારોને છૂટા પાડવામાં તેમ જ મિશ્રધાતુઓ બનાવવામાં 'ફેઝ રૂલ' ઘણો ઉપયોગી નીવડયો છે; તેમ જ 'માસ ઍક્શન'નો કાયદો, હવામાંના નાઇટ્રોજન અને હાઇડ્રોજનને ઉદ્દીપકોની હાજરીમાં સંયોજિત કરી એમોનિયા બનાવવાની હેબરની રીત અને બીજા અનેક ઉદ્યોગોમાં તેમ જ પૃથક્કરણ-રસાયણમાં ઉપયોગી નીવડયો છે. છેલ્લાં ૨૫–૩૦ વર્ષમાં ઈલેક્ટ્રો-કેમેસ્ટ્રી, કોલોઇડસ, સ્પેક્ટ્રા, ક્વૉન્ટમ મિકેનિક્સ, સ્ફટિકોની રચના જેવા ભૌતિક રસાયણનાં ક્ષેત્રોમાં ઘણું કાર્ય થયું છે. નાનકડા અણુઓમાંથી પ્લાસ્ટિક, વસ્ત્રતંતુઓ, રબર ઈત્યાદિ ગંજાવર અણુઓ બનાવવાની રીતોની ચર્ચા તો આગળ થઈ ગઈ છે.

રસાયણના વિકાસમાં સાધનોનું સ્થાન

રસાયણના ક્ષેત્રમાં પણ ૨૦મી સદીમાં થયેલો અકલ્પ્ય વિકાસ કેટલીક નવી રીતો અને સાધનોને આભારી છે. આ સાધનો દ્વારા કેટલાક કોયડાઓ જે આણઉકલ્યા પડયા હતા તેનો ઉકેલ લાવી શકાયો છે અને રાસાયણિક સંશોધનને વેગ મળ્યો છે. ૧૯મી સદીમાં કપૂર, ગળી, ક્વિનીન ઈત્યાદિ વનસ્પતિજન્ય પદાર્થોની આણુરચના નક્કી કરતાં અનેક વર્ષો લાગ્યાં હતાં. પરંતુ આધુનિક સાધનોની શોધોએ આ કામ સહેલું કર્યું છે. આમાં ક્રોમેટોગ્રાફી, ટ્રેસર ટેકનિક, અલ્ટ્રાવાયોલેટ સ્પેકટ્રા, ઈન્ફ્રારેડ સ્પેક્ટ્રા, રામન સ્પેક્ટ્રા, માસ સ્પેક્ટ્રોમેટ્રી, ન્યુક્લિઅર મેગ્નેટિક રેઝોનન્સ, ઑપ્ટિકલ રોટેટરી ડિસ્પર્ઝન, ફ્લેમ ફોટોમેટ્રી, પોલેરોગ્રાફી વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. આ સર્વેની વિસ્તૃત ચર્ચા તો શક્ય નથી પણ તેમાંનાં કેટલાંક પર નજર નાંખીએ.

આ સદીની શરૂઆતમાં સ્વેટ નામના એક વનસ્પતિશાસ્ત્રીએ વનસ્પતિના રંગોને છૂટા પાડવાની એક રીત શોધી. તેણે રંગના દ્રાવણને ઍલ્યુમિનાથી ભરેલી એક નળીમાંથી પસાર કર્યું. આ ઍલ્યુમિનાના કૉલમમાં જુદી જુદી ઊંચાઈએ જુદા જુદા રંગો શોષાયા. નળીમાંથી આ કૉલમને બહાર કાઢી જ્યાં જ્યાં રંગો શોષાયા હતા તેના ટુકડા કરીને તે રંગો શુદ્ધ સ્થિતિમાં મેળવી શકાયા. આ રીતને તેણે ક્રોમેટોગ્રાફી નામ આપ્યું. ઝેકમાઈસ્ટર, માર્ટિન અને સીંજ જેવા વૈજ્ઞાનિકોએ આ ક્ષેત્રને ઘણું ખીલવ્યું છે અને આજે આ રીત રોજિંદા વપરાશમાં છે. કૉલમ ક્રોમેટોગ્રાફી ઉપરાંત સર્ક્યુલર પેપર ક્રોમેટોગ્રાફી, 'એસેન્ડિંગ, ડિસેન્ડિંગ,' 'થીન લેયર' અને 'વેપર ફેઝ' ક્રોમેટોગ્રાફી દ્વારા માત્ર રંગીન નહીં પણ રંગવિહોણાં મિશ્રણોને છૂટાં પાડી શકાય છે. રાઈકસ્ટાઈનનું સ્ટેરોઈડના ક્ષેત્રમાં કાર્ય, સેંગરનું ઈન્સ્યુલિનની આણુરચના પરનું કાર્ય અને કેલ્વીનનું 'ફોટો સિન્થેસિસ' પરનું કાર્ય ક્રોમેટોગ્રાફી વગર સફળ ન થાત.





પેપર ક્રોમેટોગ્રાફી

જમણી બાજુ : પ્રયોગ સાધન જેમાં (૬) કાગળની પટ્ટી છે અને (૩) દ્રાવણ ભરેલી પેટ્રી ડિશ.

ડાબી બાજુ : ઍમિનો ઍસિડનું પૃથક્કરણ. કાગળ (૬) ઉપર જુદી જુદી જગાએ જુદા જુદા ઍમિનો ઍસિડ શોષાયેલા છે.

દ્રાવક : phenol NH_3 3%

સમય : ૪૩ કલાક

રાસાયણિક સંશોધનમાં છેલ્લાં ૩૦-૩૫ વર્ષમાં અલ્ટ્રાવાયોલેટ, ઈન્ફ્રારેડ, રામન સ્પેક્ટ્રાએ આણુરચના નક્કી કરવામાં ઘણો અગત્યનો ફાળો આપ્યો છે. જ્યારે કોઈએક પદાર્થના આણુ પર પ્રકાશનાં કિરણો પડે ત્યારે એ આણુ જો એક જ જાતના પરમાણુઓનો બનેલો હોય તો શોષાયેલી શકિત પદાર્થના પરમાણુમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોનને ઉત્તેજિત કરે છે અને ઊંચી કક્ષાએ લઈ જાય છે, પણ જો કોઈ આણુમાં જુદા જુદા પરમાણુઓ હોય તો તે ઈલેક્ટ્રોનની પરિભ્રમણીય(rotational) અને કંપનીય (vibrational) શકિતમાં પણ ફેરફાર કરે છે.

ઈલેક્ટ્રોનિક સંક્રમણને લીધે દૃશ્ય અને અલ્ટ્રા-વાયોલેટ સ્પેક્ટ્રામાં શોષણ અથવા ઉત્સર્જન થાય છે જ્યારે પરિભ્રમણીય અને કંપનીય ફેરફારોનો અભ્યાસ કરવાથી આણુના બંધારણ વિષે સારી એવી માહિતી મેળવી શકાય છે.

અજાણ્યા પદાર્થનું સ્પેક્ટ્રમ લઈને જાણીતી આણુરચનાવાળા પદાર્થોના સ્પેક્ટ્રા સાથે સરખાવીએ તો કેટલીક વાર અજાણ્યા પદાર્થની આણુરચના વિષે કાંઈક ખ્યાલ આવે છે. જેમ કોઈ બે માનવી-ઓની હાથની છાપ સરખી હોતી નથી તે જ પ્રમાણે બે જુદા પદાર્થના ઈન્ફ્રારેડ સ્પેક્ટ્રા સરખા હોતા નથી. જો કોઈ બે પદાર્થના ઈન્ફ્રારેડ સ્પેક્ટ્રા સરખા હોય તો તે બંને પદાર્થો સરખા હોવા જોઈએ.

બીજું એક અગત્યનું સાધન જેની ઉપયોગિતા દિનપ્રતિદિન વધતી જાય છે તે ‘માસ સ્પેક્ટ્રો-ફોટોમીટર’. ભૌતિક વિજ્ઞાનીઓએ આ સદીની શરૂઆતમાં પહેલવહેલું ‘માસ સ્પેક્ટ્રો ફોટોમીટર’ બનાવ્યું પણ કાર્બનિક રસાયણના ક્ષેત્રમાં તેની ઉપયોગિતા બીજા વિશ્વયુદ્ધ પછી જ જણાઈ.

જુદા જુદા પદાર્થોના મિશ્રણ સાથે ઈલેક્ટ્રોન ટકરાવીએ તો વિદ્યુતભારવાળા કણો ઉત્પન્ન થાય છે અને આ કણોને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાંથી પસાર કરીએ તો તે વજન અને વિદ્યુતભારના ગુણોત્તર પ્રમાણે છૂટા પડે અને તેમને જો એક ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર પડવા દેવામાં આવે તો તે જુદે જુદે ઠેકાણે પ્લેટ પર અસર કરે. આના પરથી ગણતરીઓ કરીને મિશ્રણમાં રહેલા પદાર્થોનું અણુવજન નક્કી કરી શકાય.

ક્ષ-કિરણોની શોધ તો ગઈ સદીમાં થઈ, પણ કાર્બનિક પદાર્થોની આણુરચના તપાસવા માટે તેમનો ઉપયોગ છેલ્લા ત્રણેક દાયકાથી થઈ રહ્યો છે. અજાણ્યા પદાર્થના એક મોટા સ્ફટિક પર અથવા નાના સ્ફટિકોના પાઉડર પર ક્ષ-કિરણો નાંખવામાં આવે તો સ્ફટિકો આ કિરણોનું વિવર્તન કરે છે. આ વિવર્તનની ઢબ એક ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર ઝડપી શકાય. પદાર્થો ઉપરથી થતું ક્ષ-કિરણોનું વિવર્તન તેમની આણુરચના અને કદ પર આધારિત છે અને તેથી ક્ષ-કિરણોની વિર્વતન ઢબ પરથી જુદા જુદા પદાર્થોની આણુરચના અને કદ વિષે ખ્યાલ બાંધી શકાય છે. ક્ષ-કિરણો દ્વારા રબર, સેલ્યુલોઝ, વિટામિન બી$_{૧૨}$ વગેરે મોટા અને અટપટી રચનાવાળા આણુઓની રચના પર ઘણો પ્રકાશ પડ્યો છે.

બીજા એક સાધન ‘ન્યુક્લિઅર મૅગ્નેટિક રેઝોનન્સ’નો ઉલ્લેખ કરી લઈએ. પરમાણુના ઈલે-ક્ટ્રોન્સને લીધે મૅગ્નેટિક મોમેન્ટસ એટલે ચુંબકીય ઘૂર્ણ અસ્તિત્વમાં આવે છે. પરમાણુના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન પણ પોતાની ધરીઓ પર ફરે છે અને તેથી ચુંબકીય ઘૂર્ણ ઉત્પન્ન થાય છે. ઘણાં કેન્દ્રોમાં આ બંને ઘૂર્ણ એકબીજાને રદ કરતી નથી અને તેથી પરમાણુમાં કેન્દ્રીય ચુંબકીય ઘૂર્ણ

હોય છે. આવા પરમાણુઓને ચુંબકીય ક્ષેત્રોમાં મૂકીએ તો આ કેન્દ્રીય ચુંબકીય ઘૂર્ણમાં ફેરફાર થાય છે. રેડિયો ફ્રીકવન્સી જેવી નીચી ફ્રીકવન્સી વાપરવાથી કેન્દ્રીય ચુંબકીય અનુનાદ (neuclear magnetic resonance) ઉત્પન્ન થાય છે. આ માપી શકાય છે અને તેના પરથી અણુ-રચનાનો ખ્યાલ આવે છે.

અણુ રચના નક્કી કરવા માટે બીજાં સાધનોમાં ઑપ્ટિકલ રોટેટરી ડિસ્પર્ઝન અને પોલેરો-ગ્રાફી છે. આ બધાં સાધનોનું જ્ઞાન આપતા અભ્યાસક્રમો ઘડાયા છે જે 'ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટેશન કોર્સિસ'ના નામે ઓળખાય છે.

આજે દુનિયાની વધતી જતી વસ્તીને ખોરાક પૂરો પાડવાનો પ્રશ્ન અનેક દેશોને મૂંઝવી રહ્યો છે. પણ આજે તે ક્ષેત્રમાં જે કાર્ય થઈ રહ્યું છે તેના પરથી લાગે છે કે આવતી કાલની પ્રજાનો ખોરાક ખેતરોમાં નહીં પણ કારખાનાઓમાં બનશે! આજે પેટ્રોલિયમમાંથી સારી કોટીનાં પ્રોટીન બનાવવાના સફળ પ્રયોગો થયા છે. ખેતીવાડીના, મત્સ્ય ઉદ્યોગના કે ઢોરઉછેરના ગમે તેટલા સઘન પ્રયાસો પણ માનવીની આવતી કાલની અન્નની જરૂરિયાતોને પહોંચી નહીં વળે. લાકડું અને પેટ્રોલિયમ જેવા અખાદ્ય પદાર્થોમાંથી ખાદ્ય પદાર્થો બનાવાશે અને દુનિયાની જરૂરિયાતો પૂરા પડશે એમ લાગે છે. પ્લાસ્ટિકનો ઉદ્યોગ ઝડપથી ખીલી રહ્યો છે અને આજે અનેક ગુણધર્મોવાળાં પ્લાસ્ટિકો સુલભ છે. આવતી કાલે બાંધકામમાં લાકડાની જગ્યાએ પ્લાસ્ટિક વપરાશે. લોખંડ જેટલી મજબૂતીવાળાં પ્લાસ્ટિક આજે બનાવી શકાય છે અને તેના ખીલા બનાવીએ તો લોખંડના ખીલાની જેમ તે વાપરી શકાય. આથી એવી શકયતા છે કે લોખંડ અને પોલાદની જગ્યાએ પણ પ્લાસ્ટિક વાપરી શકાશે.

મગજ પર અસર કરી ભ્રમણા અને ભય ઉત્પન્ન કરે એવાં રસાયણો આજે શોધાયાં છે: શકય છે કે મગજને પ્રફુલ્લિત કરે અને તેની ખરાબ સ્મૃતિઓ ભૂંસી નાખે એવાં રસાયણો પણ શોધી શકાય! વૃદ્ધાવસ્થા લાવનારી શારીરિક ક્રિયાઓને આપણે સમજી શકીશું તો તેના પર પણ કાબૂ મેળવી શકીશું.

એક તરફ આ શકયતાઓ છે, તો બીજી તરફ માનવીની વધતી જતી વિનાશશક્તિ છે. પરમાણુ શક્તિ, ઝેરી રસાયણો મનુષ્યના સંહાર અર્થે વપરાય છે; સંસ્કૃતિનો દાવો કરતી સમૃદ્ધ પ્રજાઓએ ગરીબ, સંરક્ષણરહિત પ્રજાઓ પર નાપામ બૉમ્બ અને પાકનો નાશ કરનારાં રસાયણો વાપર્યાં છે. આવતી કાલે તે વધુ વિનાશકારી રસાયણો અને શસ્ત્રો નહીં વાપરે એની કોઈ ખાતરી નથી. આવતી કાલે, કદાચ, આલ્ડસ હક્સલીએ તેના ચર્ચાસ્પદ પુસ્તક 'બ્રેવ ન્યૂ વર્લ્ડ'માં કરેલી આગાહી સાચી પણ નીવડે! કદાચ મોટાં મોટાં રાજ્યો પોતાનાં કારખાનાંઓમાં જુદાં જુદાં રસાયણો વાપરી જુદી જુદી ખાસિયતોવાળા માનવીઓ—મજૂરો, સૈનિકો, ગુમાસ્તાઓ ઇત્યાદિ ટેસ્ટટ્યૂબમાં ઉત્પન્ન કરી શકશે! ચંદ્રના ઉંબરે આવી ઊભેલો માનવી, નાનકડા પરમાણુમાંથી અથાગ શક્તિ મેળવનારો માનવી, હજી ઘણું ઘણું કરશે; પણ સાથોસાથ તેનાં નૈતિક મૂલ્યો નાશ નહીં પામે અને તેની આધ્યાત્મિક સમુત્ક્રાંતિ (spiritual evolution) પણ તેટલી જ ઝડપથી થશે એવી આશા જરૂર આપણે રાખીએ. વિજ્ઞાન અને આધ્યાત્મિક સમુત્ક્રાંતિ સાથે સાથે આગળ વધે અમાં જ માનવીનું શ્રેય છે. નર્યું વિજ્ઞાન અને તેની ભૌતિકવાદી પ્રગતિ માનવ જાતને વિનાશના પંથે ન દોરી જાય એ માટે વિચારકો સાવધ રહેશે?

શબ્દસૂચિ

અગ્રપાત, વીજળિક electric precipitation
અણુસૂત્ર molecular formula
આથવણી fermentation
આયન ion–વિદ્યુતભાર ધરાવનાર કણ, પરમાણુ કે પરમાણુ સમૂહ
અ(આ)લ્કલી alkali
અર્ધ-આયુષ્ય half life period–વિકિરણધર્મિતાની માત્રા અડધી થઈ જાય એટલો સમય ગાળો
આવર્ત કોષ્ટક periodic table of elements
અષ્ટક નિયમ law of octaves–સંગીતના સૂરોની માફક આઠને અંતરે આવતું સમાનધર્મી મૂળતત્ત્વોનું પુનરાવર્તન
અસમ unsymmetrical
ઉભયધર્મી amphoteric–ઍસિડ અને આલ્કલી બંનેના ગુણધર્મ ધરાવનાર
ઉદ્દીપક (સંસર્ગ પદાર્થ) catalyst–રાસાયણિક ક્રિયા ઉત્તેજનાર પદાર્થ
ઑક્સિડેશન oxidation–પદાર્થ કે અણુ સમૂહનું ઑક્સિજન સાથે સંયોજાવું કે હાઇડ્રોજન સાથે વિયોજાવું; પરમાણુમાંથી ઇલેક્ટ્રોન ઓછા થાય એવી કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયા.
ઔષધ-મારણ drug antagonism–ઔષધીય પદાર્થની અસર હળવી કરનાર કે રોકનાર ક્રિયા
ઔષધીય સત્ત્વ active principle
કીટોડો, ધાતુમળ, સ્લૅગ slag–ધાતુ ગાળવામાં આવે ત્યારે તેના રસ ઉપર તરતી અશુદ્ધિઓ
કો-પોલિમર copolymer–જુદા જુદા પ્રકારના અણુએકમોના સંયોજનથી થયેલ મોટો અણુ
ક્રિયાશીલ અણુસમૂહ active radical–જે અણુસમૂહને લીધે ઔષધીય પદાર્થમાં ઔષધીય ગુણ આવતો હોય તે.
ક્રૅકિંગ cracking–પેટ્રોલિયમના વધારે અણુવજનવાળા હાઇડ્રોકાર્બનોને તોડી તેમાંથી વિશેષ પ્રમાણમાં ઓછા અણુવજનવાળા હાઇડ્રોકાર્બનો બનાવવાની ક્રિયા; બહુલીકરણથી ઊલટી ક્રિયા
કેન્દ્ર nucleus–પરમાણુની મધ્યમાં રહેલ ધનવિદ્યુતભારવાહી પ્રોટોન અગર પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોનયુક્ત ભાગ
ખનિજ સમાર ore dressing
ખોરાશ rancidity
ગ્રૂપ group–(૧) મેન્ડેલિફના આવર્તકોષ્ટકમાં ઊભા કૉલમમાં આવેલ મૂળતત્ત્વોનો સમૂહ. અવક્ષેપ થતો અણુસમૂહ. સંયોજનોમાં સળંગ ભાગ લેનાર અણુસમૂહ. આને મૂલક પણ કહેવાય છે.
ઘર્ષક abrasive–પૉલિશ કરવા વપરાતો સખત પદાર્થ
જીવનશક્તિ vital force
ટી. ઈ. એલ T.E.L. (tetraethyl lead)–પેટ્રોલની ગુણવત્તા વધારવા તેમાં ઉમેરાતો ટેટ્રાઈથાઈલ લેડ નામનો પદાર્થ
ડાયમર dimer–બે એકમના સંયોજનથી બનેલો અણુ
ડિટર્જન્ટ detergent–ધોલાઈ કે મેલ કાપવા માટે સાબુને બદલે વપરાતાં રાસાયણિક દ્રવ્યો
તન્યતા tenacity
તામ્રમાક્ષિક copper pyrites–તાંબાનું ખનિજ
તુલ્યભાર eqivalent weight
તેલ તારણ વિધિ oil floatation–ખનિજ સમારની એક પદ્ધતિ
તૈલી દ્રવ્યો lipids
દ્રાવક solvent
દ્વંદ્વવાદ dualistic hypothesis
દ્વિ-વિઘટન double decomposition–દ્રાવણોમાં થતી રેડિકલની અદલાબદલી. સામાન્યતઃ તેને પરિણામે એક અદ્રાવ્ય પદાર્થનો અવક્ષેપ થાય છે
ધાતુઓનાં કાર્બનિક સંયોજનો organic metalic compounds
નિદ્રાજ્વર sleeping sickness
નિસ્યંદન distillation
–વિભાગીય fractional distillation–જુદા જુદા ઉષ્ણતામાનના ગાળામાં બાષ્પ ઠારી પ્રવાહી પદાર્થો જુદા પાડવાની વિધિ
ન્યૂટ્રૉન neutron–પરમાણુકેન્દ્રમાં રહેલા વીજભાર રહિત કણ
પાણી પાવું to temper–ધાતુને સખત બનાવવાની ક્રિયા
પરમાણુવાદ atomic theory

પાયરાઇટિસ–માક્ષિક pyrites–ગંધકયુક્ત કાચી ધાતુ
પુનર્ઘટન reforming–અણુમાં રહેલા પરમાણુઓની આંતરિક સંરચના બદલવાનો વિધિ
પૃષ્ઠતાણ surface tention
પૃથક્કરણ analysis
પેટ્રોકેમિકલ્સ petrochemicals–પેટ્રોલિયમમાંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવતા રાસાયણિક પદાર્થો
પ્રકાશનું ધ્રુવીભવન polarisasion of light
પ્રતિવર્તી reversible–ઊલટા-સૂલટી ચાલતી રાસાયણિક પ્રક્રિયા
પ્રસરણાંક co-efficient of expansion
પ્લાસ્ટિક plastic
–ઉષ્ણમૃદુ thermoplastic–ગરમીથી પીગળી પોચો પડે તેવો પ્લાસ્ટિક પદાર્થ
–ઉષ્ણકઠોર–ગરમીથી પોચો ન પડે તેવો પ્લાસ્ટિક પદાર્થ
ફ્લોજિસ્ટિનવાદ phlogiston theory–પદાર્થ માત્રમાં રહેલો કલ્પિત પદાર્થ, જે પદાર્થને ગરમ કરતાં ગરમી રૂપે પ્રગટે છે તેવો વાદ
ફોમ રબર foam rubber–એકદમ દબાઈ જાય એવું વાયુસભર રબર
બહુલીકરણ polymerisation–અણુએકમો સંયોજી મોટો અણુ બનાવવાની ક્રિયા
બંધન valency bond
ભારાત્મક gravimetric
ભારે રસાયણ ઉદ્યોગ heavy chemicals industry
ભેજદ્રાવી hygroscopic–હવામાંથી ભેજ ચૂસી તેમાં ઓગળી જવાના ગુણવાળો પદાર્થ
મધ્યમાન mean
મનઃશીલા realgar
મુરદારસંગ litharge
મેટલોઈડ metalloid–ધાતુ અને અધાતુ બંનેના ગુણ ધરાવનાર મૂળતત્ત્વ
મોનોમર monomer–ડાયમર કે પોલિમરની રચનાનો અણુએકમ
મોરથૂથુ copper sulphate, blue vitriol
રચનાદર્શક સૂત્ર graphic formula
રસક calamine
રાળિયા resinous–રાળના જેવા ગુણધર્મ ધરાવનાર
રિડક્શન reduction–ઑક્સિડેશનથી ઊલટી પ્રક્રિયા
વિકિરણધર્મિતા radioactivity–આલ્ફા, બીટા, ગામા વિકરણો જેમાં છૂટે તેવી ઘટના
વિરલ માટી rare earth
વિરલ મૂળતત્ત્વો rare elements
વિષમચક્રીય heterocyclic–વલયમાં કાર્બન સિવાયના બીજા મૂળતત્વનો પરમાણુ હોય એવાં કાર્બનિક સંયોજનો
વિષયગ્રાહી sensitive
વિસ્થાપન substitution–સંયોજનમાંથી હાઇડ્રોજનબદલીમાં કોઈ અન્ય પરમાણુ કે રેડિકલ દાખલ કરવાની ક્રિયા
વીજરાસાયણિક electro-chemical
શ્રેણી period આવર્ત કોષ્ટકનાં આડાં ખાનાંમાં આવેલાં મૂળતત્ત્વોનો સમૂહ.
સમચક્રીય homocyclic–જેના વલયમાં માત્ર કાર્બનના પરમાણુ હોય તેવા ચક્રીય સંયોજનો
સમાનધર્મી શ્રેણી homologous series
સંકુલ ક્ષારો complex salts
સંયોજકતા valency
સાઇક્લોટ્રોન cyclotron–પરમાણુભંજન માટે પરમાણુ કણોને ખૂબ ગતિ આપનારું યંત્ર.
સીસાઘર leadchamber સીસાના પતરાના અસ્તરવાળી ટાંકી.
સૂરોખાર nitre, saltpeter.
સૈન્ધવ rock salt
સોડા ઍશ soda ash–ધોવાનો સોડા, સોડિયમ કાર્બોનેટ
સૉલ્ટ કેઈક sodium sulphate
સૌરભીય aromatic
સ્પિનરેટ spinneret–બારીક છિદ્રવાળી ગળણી, જેમાંથી દાબપૂર્વક રસાયણ છોડતાં તેના રેસા બની જાય છે
સ્પૅક્ટ્રમ spectrum –પ્રકાશનો વર્ણપટ
સ્પેક્ટ્રોગ્રાફી spectrography –વર્ણપટને આધારે રાસાયણિક તેમ જ ભૌતિક ગુણધર્મો ઉપરાંત અન્ય માહિતી પૂરી પાડનાર વિજ્ઞાનશાખા.
હાઇડ્રોજન(જિ)નેશન hydrogenation–અતૃપ્ત તૈલી પદાર્થોને હાઇડ્રોજન દ્વારા તૃપ્ત કરી ઘટ્ટ બનાવવાની ક્રિયા

સૂચિ

અડ્રિનૅલિન જુઓ ઍડ્રિનલિન
અણુની અવકાશ રચના અને ઔષધીય ગુણનો
અણુરચના–પ્લાસ્ટિકની ૧૫૧–૧૫૭ [સંબંધ ૧૯૬
અણુસમૂહ ૧૮૬
અણુસંઘટન ૧૧૨; –સિલિકોન્સનું ૧૫૭
અદ્રિજ ૯
અ–ધાતુ ૪૫–૪૭; –અપવાદ ૩૫ ૪૬–૪૭; –કસોટી ૪૫; –ગુણધર્મો ૪૬
અફીણ ૯, ૧૮૭
અબરખ ૯, ૭૬, ૪૮
અયસ્કાંતિ ભસ્મ ૭૨
અર્ધજીવન (half life period) ૨૪૦
અર્હેનિયસ ૨૪૧
અલ્કલી ૫, ૬૫, ૭૪; –ધાતુઓ ૨૩૧; –ઇન્ડસ્ટ્રી ૨૨૮
અલ્કલોઈડ (આલ્કલોઇડ) ૧૮૪ –નાં સંશ્લેષણ ૨૩૩; –સ્ટેરોઈડનાં સંશ્લેષણ ૧૯૩
અલ્કાના ટિંક્ટોરિયા ૧૭૭
અલ્ટ્રામરીન ૧૦૨

આઈ. સી. આઈ. પ્રયોગશાળા, લંડન ૧૪૬
આઈનહૉર્ન ૧૮૮
આઈન્સ્ટાઈન ૨૩૮
આઈસોનિકોટિન આલ્ડિહાઈડ થાયો–સેમિકાર્બેઝોન ૧૯૯
આઈસોટોપ ૨૩૭, ૨૩૯
આઈસોપ્રીન ૧૩૨, ૧૩૩, ૧૩૯, ૧૪૧, ૧૪૩
આઈસો બ્યુટિલિન ૧૩૨, ૧૩૩
આઈ સોમેરાઈઝેશન (સ્વરૂપાંતર) ૧૦૯
આથવણી, કાર્બનિક પદાર્થોની ૨૨
આયડોફૉર્મ ૨૧૨
આયસોનાયેઝાઈડ (I N H) ૨૦૦
આયુર્વેદ ૫, ૮, ૯, ૭૧, ૭૩
આયોડિન ૩૧, ૩૯, ૪૬, ૧૩૧, ૨૧૧, ૨૧૨, ૨૪૦ –મૂલ્ય (તેલોનું) ૨૧૨
આયોનાઈઝેશન ૧૨૫; –ચેમ્બર ૧૨૫
આરાલક ૧૬૩, ૧૬૬
આર્ગોન ૨૪, ૩૯, ૨૧૫–૬
આર્જિરોડાઈટ ૫૯
આર્સાઈન ૨૪
આર્સેનિક ૬૮, ૨૧૬
આલ્કિલ ૧૦૬
આલ્કિલેશન ૧૦૮
આલ્કોહૉલ ૧૭, ૩૩ ૬૮, ૯૦, ૧૦૫, ૧૧૬, ૧૪૨, ૧૬૦, ૧૬૪, ૧૬૬
આલ્ફા કિરણો (કણો) ૧૨૦, ૨૩૬, ૨૩૭
આલ્ફા સેલ્યુલોઝ ૧૬૦
આવર્ત કોષ્ટક, ૩૮, ૩૯, ૫૯

ઇઓસિન ૧૮૫
ઇકિનોક્રમ ૧૭૭
ઇક્વાનિલ ૧૯૧
ઇટ્રિયમ ૬૪
ઇથર ૮૮, ૧૧૨, ૧૬૦; –નિશ્ચેતક ૧૮૭
ઇથાઈલ સેલ્યુલોઝ ૧૫૬
ઇથિલિન ૩૨
ઇથેઈન (ઈથેન) ૧૨૯, ૩૩, ૧૦૫, ૧૩૨–૩
ઇન્ફ્રારેડ સ્પેક્ટ્રા ૨૪૩
ઇન્વાર ૬૪
ઇન્સ્યુલિન ૨૦૪, ૨૦૫, ૨૦૬
ઇપોક્સિ (અપોક્સિ) ૧૩૩, ૧૫૬
ઇરિથ્રોઝાઈલોન ૧૮૮
ઇરીડિયમ ૫૬
ઇલેક્ટ્રોકેમિસ્ટ્રી ૨૪૧
ઇલેક્ટ્રૉન ૪૭, ૫૧, ૫૪, ૫૮, ૧૦૩
ઇલેક્ટ્રૉનિક થિયરી (સિદ્ધાંત) ૪૨, ૪૭
ઇલેસ્ટોમર ૧૩૮
ઇલ્મેનાઈટ ૮૦, ૮૧
ઇસ્ટર ૧૧૬
ઇસ્ટ્રાડાયોલ ૨૦૫

ઇસ્ટ્રોજન ૨૦૫

ઊન ૧૬૦, ૧૬૬, ૧૭૩; –સાથે ટેરિલિનનું મિશ્રણ ૧૬૬

ઍક્ટિનિયમ ૫૮
ઍક્ટિનો માયાસિસ બોવિસ ૨૦૫
એક્ટીવેટેડ માટી ૧૧૩
ઍક્રિનાલ ૧૩૪, ૧૬૪, ૧૬૬
ઍક્રિફ્લેવિન ૧૭૬
ઍક્રિલિક ૧૩૩, –પ્લાસ્ટિક ૧૪૯
ઍક્રોલિન ૧૩૩
ઍગ્રિકોલા ૧૯, ૨૦
એઝોમાન ૧૯૨
એઝો સમૂહ ૧૬૯
'ઍટમિક થિયરી', ૪, ૨૬, ૨૮; –રીઍક્ટર ૮૨
ઍટોક્સિલ ૧૯૬
ઍટ્રોપિન ૧૮૭
એડવિન એલ. ડ્રેક ૧૨૦
ઍડ્રિનલિન ૧૯૪, ૧૯૮
ઍડ્રિનલિનધર્મી ૧૯૫
ઍથિલિન ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૪, ૧૪૬–૭, ૧૫૦, ૧૬૯,
એનિમિયા ૨૦૭
ઍનિલિન ૩૫, ૧૬૭; –પર્પલ ૧૬૭; –યેલો ૧૬૯
ઍન્કર ૨૦૫
એન્જાઈના પેક્ટોરિસ ૧૯૪
એન્ઝાઈમ ૨૦૪
ઍન્ટિપાયરિન ૧૮૪
'ઍન્ટિફ્રીઝ' ૧૩૧, ૧૩૩; –મિશ્રણો ૧૬૮
ઍન્ટિબાયોટિક ૨૦૨, ૨૦૪, ૨૦૫
ઍન્ટિમની ૪૬, ૭૩, ૨૧૬; –ઑક્સાઇડ ૨૧૩; –ક્લોરાઇડ ૨૧; –સલ્ફાઇડ ૨૧
ઍન્થોસાયનિડીન ૧૭૮
એન્થોસાયનિન ૧૬૮
એન્થ્રા(ન્થ્રે)સિન ૩૫, ૧૭૬
ઍપિક્લોરહાઇડ્રિન ૧૩૩
ઍફેડ્રિન ૧૮૩
એબોનાઈટ ૧૩૮
ઍમાઇન –અણુઓનો વર્ગ ૬૪
એમાલ્ગમ ૧૧
ઍમિનેશન ૧૬૮
ઍમિનો ઍસિડ ૨૦૪
ઍમિનો સમૂહ ૧૬૮, ૧૮૮
ઍમેટોલ ૯૭
ઍમ્પિડોક્લિસ ૪, ૫, ૪૩૦, ૪૯૦
એમોનિયા ૨૫, ૨૮, ૨૯, ૧૬૨, ૧૮૧, ૨૧૪, ૨૨૭; ૦સોડ પદ્ધતિ ૨૩૦, ૨૩૧; –સાયનેટ, –સાયનેશિયમ ૩૦; –ટાર્ટરેટ ૩૪; –નાઇટ્રેટ ૮૯–૯૦
ઍરિસ્ટોટલ ૧૮, ૧૯
એરોમેટાઈઝેશન ૧૦૮
ઍરોમેટિક વર્ગ ૩૩; –હાઇડ્રોકાર્બન પદાર્થો ઇ. ૧૦૭, ૧૩૨; ૦વલય ૧૭૧
એરોસોલ ૧૫૧
એલર્જી ૧૯૫
ઍલિઝરિન ૧૭૦, ૧૭૫; –બ્લ્યુ ૧૭૩
ઍલિનવાર ૬૪
ઍલિલ (લા)ઈલ –આલ્કોહૉલ ૧૩૩; –ક્લોરાઇડ ૧૬૭; –ટોલ્યુડીન ૧૬૭
ઍલ્યુમિના ૨૬, ૭૭
ઍલ્યુમિનાઈઝડ લોહ ૬૫
ઍલ્યુમિનિયમ ૩૦, ૩૬, ૪૬, ૫૦, ૬૫, ૬૬, ૭૫–૭૯, ૮૨, ૯૦, ૧૦૧, ૧૪૮; –ક્લોરાઇડ ૭૭; –બ્રોન્ઝ ૬૮, ૭૭
ઍલ્યુમેન ૭૬
એવોગેડ્રો ૨૯, ૩૧
ઍસિટિલિન ૧૩૨, ૧૩૪, ૨૦૮
ઍસિટોન ૮૯, ૧૩૩, ૧૬૨, ૧૬૩
ઍસિટેટ રેયોન ૧૩૩
ઍસિટિલ કોલિન ૧૯૪
ઍસિડો(ખનિજ) ૯, ૪૪, ૭૪; –ક્રોમિક ૬૫; –ક્લોરિક ૬૫; –ટંગસ્ટિક ૮૦; –નાઇટ્રિક ૧૭, ૫૬, ૬૫, ૮૮, ૮૯, ૧૪૫, ૧૬૦, ૧૬૫, ૧૬૭, ૨૧૪, ૨૨૭; –બોરિક ૪૭; –સલ્ફ્યુરિક (ગંધકનો) ૧૭, ૩૫, ૬૨, ૬૮, ૮૮, ૮૯, ૧૧૪, ૧૬૨, ૧૬૭, ૧૭૪, ૨૨૮; –હાઇડ્રોક્લોરિક (મીઠાનો) ૧૭, ૫૬, ૬૨, ૧૨૮, ૧૪૦, ૨૧૧–૨, ૨૨૭; –હાઇડ્રોસાયનિક ૨૪; –ઑક્સિ મ્યુરિયાટિક ૨૭
ઍસિડ (કાર્બનિક, ઑર્ગેનિક) ૩૧, ૬૪; –ઍસેટિક ૨૨, ૩૨, ૩૩, ૧૬૨, ૧૬૩, ૧૬૭; –આઈસોનિકોટોનિક હાઇડ્રેઝાઈડ ૧૯૯; –ઍડિપિક ૧૬૪–૫; –ઑક્ઝેલિક ૨૪; ટેરોઇડ ગ્લુટેનિક ૨૦૭; –ટ્રાય-

ક્લોરોએસેટિક ૩૨; –થેલિક ૧૮૧; –નેફ્થિનિક ૧૩૨; –પેરા એમિનો બેન્ઝોઇક ૧૯૮; –પેરા ઍમિનો સેલિસિલિક ૧૯૭; ०ફોલિમિક ૩૨; –મેક ૨૪; –યુરિક ૨૪, ૩૦; –લેક્ટિક ૨૪, ૩૪; –શાલમુગરિક ૧૯૭, ૨૦૦; –સલ્ફોનિક ૧૭૨; –સાઇટ્રિક ૨૪;–હિડનોકાર્પિક ૧૯૭
ઍસિડ (ફેટી) ૧૧૧–૧૧૩, ૨૧૨
ઍસિડ રંગો ૧૭૨
'ઍસેટાઈલ થિયરી' ૩૨
એસ્ટર, રૉબર્ટ ૧૮
એસ્ટર સમૂહ ૧૮૪
એસ્ટર –રો ૧૧૧
એસ્ટ્રાઝોન ૧૭૩
ઍસ્પિરિન ૧૮૫, ૧૮૯
ઍહર્લિક, ડૉ. પૉલ ૧૭૬, ૧૮૫, ૧૯૬, ૨૩૩
ઑક્ટેઈન ૧૨૯
ઑક્સાઇડ–ડો ૨૩, ૪૯, ૬૭, ૭૧
ઑક્સિ–એસિટિલિન જ્યોત ૨૧૩
ઑક્સિજન ૨૩, ૨૪, ૨૫, ૨૮, ૩૦, ૪૫, ૪૬, ૪૯, ૫૦, ૬૧, ૬૪, ૭૬, ૮૬, ૮૮, ૧૦૩, ૧૦૪, ૧૨૯, ૧૩૩, ૧૪૦, ૧૪૨, ૧૪૯, ૨૧૨, ૨૧૩; –નું ઉત્પાદન ૨૧૩; –ના સમઘટકો ૧૦૬
ઑક્સિડાઇઝિંગ પદાર્થ ૭૪
ઑક્સિડેશન –ની ક્રિયા ૨૨, ૬૫, ૧૧૨, ૧૭૫; –કાર્બનનું ૮૯; –ગંધકનું ૬૨; –વૅટ રંગોનું ૧૭૫
ઓઝોન ૧૪૩, ૨૧૩
ઓઝોનાઈડ્ઝ ૧૩
ઑપ્ટિકલ ઍક્ટિવિટી ૩૪
ઑપ્ટિકલ રોટેટરી ડિસ્પર્ઝન ૨૪૨–૩
ઑરલોન (પ્લાસ્ટિક) ૧૩૪
ઑરિયોમાઈસિન ૨૦૩
ઑરેન્જ ટુ ૧૭૩
ઓરેમાઈન ૧૭૦
ઑર્ગેનિક ઈસ્ટર ૧૧૫
ઑર્થો હાઇડ્રોક્સિ એઝો રંગો ૧૭૫
ઓલેફિન ૧૩૨
ઓસ્મિયમ ૫૨, ૫૬
ઔષધીય વિદ્યા (વિજ્ઞાન) ૬, ૧૮, ૧૮૩, ૧૮૪; –સત્વ ૧૮૩–૪; –સત્વની સંરચના ૧૮૩–૪
કૅચકડું ૧૪૫, ૧૪૬
કન્વર્ઝન પ્રોસેસ ૧૩૪
કપૂર ૧૬, ૧૪૫, ૧૯૩
કર્ડ ૨૦૦
કલાઈ ૫, ૧૨, ૧૬, ૨૩, ૪૩, ૪૬, ૪૯, ૬૭, ૭૨, ૭૩, ૭૪, ૭૭; –નો પટ ૬૫
કવરસેટિન ૧૭૮
કાઈનેટિક થિયરી ૨૪૧
કાચ ૫, ૬, ૧૬, ૫૬, ૭૦, ૧૪૮, ૧૫૨, ૧૫૩
કારેર, પૉલ ૧૯૧, ૨૩૪
કાર્નાલાઈટ ૭૬
કાર્ડિયેઝોલ ૧૯૧, ૧૯૩
કાર્નિટેરાઈટ ૭૪
કાર્બન ૨૪, ૩૦, ૩૪, ૫૦, ૫૬, ૬૧, ૬૩, ૮૧, ૯૯, ૧૦૩, ૧૨૮, ૧૨૯, ૧૩૯, ૧૪૨, ૧૪૩; –કિરણોત્સર્ગી ૨૪૧; –ક્લોરાઇડ ૩૨; –નાઇટ્રોજન સમૂહો ૧૭૦; –ના ઑક્સાઇડ ૬૫, ૭૩, ૮૭; –ટેટ્રાક્લોરાઇડ ૪૬, ૧૦૫, ૧૧૨; –ડાયૉક્સાઇડ ૨૦, ૨૫, ૨૮, ૪૬, ૪૯, ૬૫, ૭૭, ૮૮, ૧૧૩, ૧૪૩, ૧૪૯; –આયસલ્ફાઇડ ૧૬૧; –મૉનૉક્સાઇડ ૫૦, ૬૧, ૬૯, ૨૦૮; –પેપર ૧૬૮; –કાર્બોનેટ–ટો ૬૫, ૭૩
કાર્બનિક પદાર્થ ૨૨, ૨૫, ૩૦, ૩૧, ૩૩–૫, ૧૧૯, ૧૩૧, ૧૫૦; ०રસાયણ ૨૨, ૩૩–૪, ૧૫૦
કાર્બોક્સિલ સમૂહ ૧૭૨, ૧૮૪
કાર્બોનિલ સમૂહ ૧૭૦, ૧૭૫
કાર્બોરાઈટ ૮૩
કાલ્વર્ટ ક્રેઈસ, ૬૫
કાસિકા (હીરાકસી) ૯
કાંસું ૨, ૬, ૪૨, ૪૩, ૬૧, ૭૪, ૭૫
કિટાબિમિડોન ૧૯૦
કીમિયાગર ૧, ૨, ૫, ૭, ૯, ૧૦, ૧૩, ૧૫, ૧૬, ૧૮, ૪૪, ૭૫
કીમિયાગીરી ૭, ૯, ૧૦; ०અરબસ્તાનમાં ૧૫–૧૮; ०ચીનની ૧૦–૧૫; –ને સ્પર્શતાં તંત્ર ૭
કુફ્ર નિકલ ૬૯
કુંકલ, જોહાન ૨૧, ૨૨, ૨૨૧
કૂપર ૩૨
કૂલે ૧૮૭
કૃમિઘ્નો ૨૦૨
કેક્યુલે (કેકુલે) ૨૬, ૩૧, ૩૨–૪, ૧૦૭

કેનિઝારો સ્ટેનિસ્લાવ ૨૯
કેન્દ્ર (nuclius) ૧૦૩; –પરિવર્તન ૨૩૯
કેન્સર ૧૮૫, ૨૦૨
કેપ્લર ૧૯;
કેમિકલ બ્લીચ ૧૧૩
કેમિલ ડ્રેફસ ૧૬૨
કેમોક્વિન ૨૦૦
કેરોટિન બીટા ૧૭૮, ૧૭૯
કેરોટિનોઈડ ૧૭૮
કેરોથર્સ, ડૉ. વોલેસ હ્યુમ ૧૪૭, ૧૬૩, ૧૬૫
કેલ્વીન ૨૪૨
કેલ્શિયમ ૪૫, ૪૬, ૬૧, ૭૩, ૮૧, ૧૦૧ –ઍલ્યુમિનેટ ૬૧; –એસિટેટ ૩૧; –કાર્બાઈડ ૧૩૨; –ના ક્ષારો ૨૪; ૦સલ્ફેટ ૨૪; –સાયનેમાઈડ ૨૧૪; –સિલિકેટ ૬૧
કેવેન્ડિશ ૨૩, ૨૪, ૨૧૫
કેસીન ૧૪૫
કોઑર્ડિનેશન થિયરી ૨૩૫
કોક ૩૫, ૬૧, ૧૩૨
કોક ઓવન ગૅસ ૨૧૪
કોકેઈન ૧૮૮
કોડિન ૧૮૯
કોપર ૧૩; –આર્સેનાઈટ ૨૪
કોપર ગ્લાન્સ ૬૭
કોપર થેલોસાયનિન ૧૭૯
કોપર સલ્ફાઇડ ૬૭, –સલ્ફેટ ૧૩; જુઓ મોરથૂથુ
કો-પોલિમર ૧૪૦
કોબાલ્ટ ૪૭, ૬૪, ૬૯–૭૦; –એમાઈન્સ ૪૭; –પોલાદ મૅગ્નેટ ૭૦
કોરન્ડમ (કુરુન્દ) ૧૦૨
કોરેમાઈન ૧૯૨, ૧૯૩
કોર્ડાઈટ ૮૯
કોલગૅસ ૩૫, ૫૯
કોલમ્બાઈટ ૮૩
કોલમ્બિયમ ૮૩
કોલસો ૪૯, ૬૧, ૬૩, ૭૧, ૮૦, ૮૧, ૮૬, ૮૯, ૧૧૩, ૧૪૭
કોલેચુક ૫
કોલેસ્ટેરોલ ૧૧૨
કોલોઈડ રસાયણ ૨૪૧
કોલ્ટન ૧૮૭
કોસ્ટિક પોટાશ ૨૪
કૉસ્ટિક સોડા ૨૬, ૭૨, ૭૪, ૧૬૦, ૧૬૧, ૧૭૪, ૨૧૪, ૨૨૭
કૉંગો રેડ ૧૭૪
ક્યુપ્રામોનિયમ ૧૬૦, ૧૬૨
ક્યૂ ગાર્ડન ૧૩૯
ક્યૂરી પીઅર ૨૧૬
ક્યૂરી, મેરી (મૅડમ) ૪૫, ૫૭, ૫૮, ૨૧૬
ક્રાયોલાઈટ ૭૭, ૨૧૧
ક્રાશર ૧૨૮
ક્રિપ્ટોન ૨૧૫, ૨૧૬
ક્રિસ્ટી, ડબ્લ્યુ. ૪૫
ક્રુક્સ, વિલિયમ ૧૫૦
ક્રૅકિંગ (ભંજન) ૧૦૮, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૩, ૧૩૪, ૧૪૭, ૨૦૮
ક્રેસોલ ૩૫
ક્રોચ, ચાર્લ્સ ૧૬૦
ક્રોફર્ડ ૧૪૬
ક્રોમ સ્ટીલ ૬૪
ક્રોમાઈટ ૭૧
ક્રોમિયમ ૪૬, ૫૦, ૬૪, ૬૯, ૭૦, ૭૧, ૧૦૦, ૧૭૭
ક્રોમેટોગ્રાફી ૧૪૨, ૧૪૪, ૨૪૨
ક્રોસેટિન ૧૮૦
ક્લોરિન ૨૪, ૨૭, ૨૯, ૩૨, ૪૬, ૪૭, ૭૨, ૧૩૩, ૧૪૩, ૧૬૨, ૧૬૮, ૨૧૧–૨
ક્લોરિનેશન ૧૬૮
ક્લોરોક્વિન ૨૦૦, ૨૦૧
ક્લોરોપ્રોમેઝિન ૧૯૩
ક્લોરોફિલ ૧૧૨, ૧૭૮, ૧૮૧
ક્લૉરોફૉર્મ ૩૨, ૧૮૭, ૨૧૨
ક્લોરોહાઇડ્રૂશન ૧૩૩
ક્વાર્ટ્ઝ ૪૮
ક્વિનાલિન ૩૫
ક્વિનીન ૩૪–૫, ૨૦૦; –નું સંશ્લેષણ ૧૬૭, ૧૮૩, ૧૮૪
ક્વિનોઈડ સંરચના ૧૭૧
ક્વેન્ટો ૧૮૩
ક્વૉન્ટમ મિકેનિક્સ ૨૪૧
ક્ષ-કિરણો ૫૮

ક્ષાર-રો ૧૮, ૧૯, ૨૧, ૩૧, ૫૭, ૧૪૫, ૧૪૮;
–ખનિજ ૬; –ગંધકના તેજાબના ૪૬; –સંકુલ ૪૭

ખનિજ-જો ૫, ૭, ૨૨; –તેલ ૧૨૫; –પાણી ૨૬;
–સમાર ૪૮

ગન કૉટન ૮૭, ૮૮, ૮૯
ગન મેટલ ૬૮
ગરહાર્ડ ૩૨
ગળીનું સંશ્લેષણ ૨૩૩
ગંધક ૫, ૭, ૯, ૧૧, ૧૬, ૧૭, ૧૮, ૧૯, ૨૦, ૩૦, ૫૦, ૬૦, ૬૪, ૬૭, ૬૯, ૭૩, ૮૬, ૧૩૮, ૧૪૦, ૧૪૩; ૨૧૭; –નો તેજાબ ૭૩–૫, ૮૩, ૮૭, ૨૧૭–૮ (જુઓ ઍસિડ સલ્ફ્યુરિક); –બનાવવાની પદ્ધતિ; –ગંધક્તિ પદાર્થો ૭૦; –લોહ ૬૭
–ખનિજો ૬૭
ગાઈગર કાઉન્ટર ૨૩૯
ગામા કિરણો ૫૮, ૧૨૫
ગામા બ્યુટિરોલેક્ટમ ૨૦૮
ગિઝલર ૨૩૬
ગિબ્સ, વિલાર્ડ ૨૪૧
ગુડરિચ, બી. એફ. ૧૪૩
ગેગેલિયર ડૉ. ૧૩૧
ગૅલન ૧૯
ગેલિના ૪૯, ૭૩
ગેલિયમ ૩૯, ૮૦
ગે લુસેક ૨૮
ગૅસોલિન ૧૩૧, ૧૩૨
ગ્રીક ફાયર ૮૬
ગ્રીગનાર્ડ ૨૨૩
ગ્રેગર, રેવ. વિલિયમ ૧
ગ્રેનાઇટ ૪૮
ગ્રેફાઇટ ૨૪, ૪૬, ૬૧, ૮૩
ગ્રેવિટોમીટર ૧૨૪
ગ્રેવિલ, વિલિયમ્સ ૧૩૯
ગ્લિસરીન (ગ્લિસરોલ) ૨૪, ૮૮, ૧૧૧, ૧૩૩
ગ્લિસરિલ ટ્રાયનાઇટ્રેટ ૧૯૨, ૧૯૩–૪
ગ્લિસરો ટ્રાય ઓલિયેટ ૧૧૩
ગ્લિસરો ટ્રાય સ્ટિરિયેટ ૧૧૩
ગ્લુકોઝ ૩૪

ગ્લોબર ૨૧

ચક્રીય પૅરાફીનો (નેપ્થીનો) ૧૨૯
ચરબી અને તેલો વચ્ચેનો તફાવત ૧૧૨
ચાંદી ૧૭, ૧૮, ૪૫
ચિત્રી (Mosaic) ૨૦૪
ચિરોડી (કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ) ૨૬૧
ચુંબકત્વ ૬૯, ૧૧૪
ચૂનો ૬, ૧૬, ૨૩, ૪૫, ૪૯, ૬૧
ચેટર્ન, સર આલ્ફ્રેડ ૭૮
ચૅડવિક ૨૩૭
ચેન રિઍક્શન ૨૩૯
ચોપરા, કર્નલ ૧૯૧

જબીર ૧૬
જર્મન સિલ્વર ૬૮
જર્મેનિયમ ૩૯, ૫૯, ૬૦, ૨૧૯; –ડાયૉક્સાઇડ ૫૯;
–પ્લાસ્ટિક ૧૫૦
જસત (ઝિંક) ૪૫, ૪૬, ૪૯, ૫૫, ૬૫, ૬૮, ૬૯, ૭૩, ૭૫, ૭૬, ૭૭; –નો પટ ૬૫; –સ્પેલ્ટર ૭૫
જાપાનવૅક્સ ૧૧૬
જિઓફીન ૧૨૪
જિપ્સમ (ચિરોડી) બેરાઈટસ ૨૬
જીરાર્ડ ઑફ ક્રેમાના ૧૮
જીલેટિન ૨૦૮
જૅક્સન, પ્રો. ચાર્લ્સ ટી. ૧૮૭
જેલિગ્નાઈટ ૮૯
જૉન્સન ૨૦૫

ઝાઈલિન ૩૫
ઝાયલોકેઈન ૧૮૯
ઝાન્થોફિલ ૧૭૯
ઝાન્થિન વર્ગ ૧૭૩
ઝિગ્લર ૧૪૩
ઝિર્કોનિયમ ૫૨, ૭૬, ૮૦, ૮૨
ઝિઝાન્થિન ૧૭૯
ઝિંક ઑક્સાઇડ ૧૭૭; –બ્લેન્ડ ૪૯, ૭૩; –સલ્ફેટ ૫૮
ઝેનોન ૨૧૫–૬; –ટેટ્રાક્લોરાઇડ ૨૧૬

ટર્કી રેડ ઑઇલ ૧૧૪, ૧૭૪
ટર્પિન ૨૩૪

ટર્પેન્ટાઇન ૧૪૦
ટંકણખાર ૫, ૪૯, ૭૬; જુઓ બોરેક્સ
ટંગ્સ્ટન ૨૪, ૪૯, ૫૨, ૫૭, ૬૪, ૮૦
ટાઇપ થિયરી ૩૧, ૩૨
ટિટેનિયમ ૬૦, ૮૧, ૮૨, ૧૦૦; –ઑક્સાઇડ ૧૭૭; –કાર્બનયુક્ત ૮૧; –ક્લોરાઇડ ૮૧; –ડાયૉક્સાઇડ ૭૯, ૮૧, ૧૬૧; –સ્પંજ ૮૨
ટિન –પ્લેટ ૬૫, ૭૪; –સ્ટૉન ૪૯, ૭૪; જુઓ કલાઈ
ટિલિયોન ૧૯૭, ૧૯૮
ટિલ્ડ, વિલિયમ ૧૪૦
ટી. એન. ટી. ૮૬, ૮૯, ૯૦
ટૅકનિશિયમ ૬૬
ટૅટ્રાઈથાઈલ લેડ (T. E. L.) ૭૩
ટૅટ્રાનલ ૧૮૬
ટૅટ્રાફ્લોરોઇથિલિન ૨૧૧ ૨૩૪
ટૅન્ટા(ન્ટે)લમ ૫૨, ૮૦, ૮૩, ૨૧૬
'ટૅફ્લોન' ૧૪૭, ૧૫૩
ટૅમ્પરેચર, ક્રિટિકલ ૧૦૦
ટૅરિલિન ૧૩૧, ૧૬૦, ૧૬૪, ૧૬૫, ૧૬૬
ટૅલુરિયમ ૩૯, ૮૩, ૮૪
ટૅલ્યુરાઈટ ૮૩
ટૉડ વિષ ૧૯૩
ટૉલ્યુઈન ૩૫, ૮૯, ૧૪૬, ૧૬૮
ટ્રબેનાઇઝિંગ પ્રોસેસ ૧૬૩
ટ્રાન્સ ૨, ૧૩૩
ટ્રાન્સ-યુરેનિયમ મૂળતત્ત્વો ૨૩૯
ટ્રાયનાઇટ્રોટૉલ્યુઈન ૮૯; જુઓ ટી. એન. ટી.
ટ્રાયોઝોલ એઝોમાન ૧૯૩
ટ્રાયોનલ ૧૮૬
ટ્રાવર્સ ૨૧૫
ટ્રિટોનલ ૯૦
ટ્રિપન રેડ ૧૯૬
ટ્રેસર ટૅકનિક ૨૪૨
ટ્રૉટાઈલ ૮૯
ટ્રૉલિયમ ૧૨૧

ડાઇનાઇટ્રોસો રિસોર્સિનોલ ૧૬૯
ડાઇનેમાઇટ પાઉડર ૮૮, ૮૯, ૧૨૪
ડામર ૨૨, ૩૫, ૮૬, ૧૩૨, ૧૬૪, ૧૬૭, ૨૩૨
ડાય ઇથાઇલ ઈથર ૧૮૭
ડાય ઇથાઇલ એમાઈડ ૧૯૩
ડાય પ્રોપિલિન ગ્લાયકૉલ ૧૩૩
ડાય ફિનાઈલ એમાઈન ૮૮
ડાય બેનામિન ૧૯૪
ડાય મિથાઈલ ફલ્વીન ૧૭૨
ડાય મિથાઈલ બ્યુટાડાઈન ૧૪૧
ડાયલેન (પ્લાસ્ટિક) ૧૩૪
ડાય વિનાઇલ ઈથર ૧૮૭
ડાયાબિટિસ ૨૦૬
ડિજેટે(ટા)લિસ ૩૧, ૧૯૩
ડિટરજન્ટ ૧૧૪, ૧૩૨, ૧૩૩
ડિડાઈમિયમ ૭૯
ડિરા પ્રિમ ૨૦૨
ડી. ડી. ટી. ૨૦૦, ૨૦૧
ડુનાઈટ ૮૯
ડૅક્રોન ૧૬૬
ડૅક્સ્ટ્રાન ૨૦૮
ડૅમ ૨૦૭
ડૅલ્રિન ૧૫૫
ડેવી સર હમ્ફ્રી ૨૦૦
ડોબરાઈનર ૩૬
ડોમાગ્ક, ગેહાર્ડ ૧૯૮
ડોરિંગ, ડબ્લ્યુ ફૉન. ઈ. ૧૮૪
ડોલોમાઇટ ૭૬
ડૉલ્ટન ૯, ૨૬, ૨૭, ૨૮, ૨૯
ડ્યુટેરિયમ ૨૩૮
ડ્યુપોન્ટ કંપની ૧૪૭, ૧૬૨, ૧૬૪
ડ્યુમા ૩૦, ૩૧, ૩૨
ડ્યુરેલ્યુમિન ૭૬, ૭૭
ડ્યુલોંગ ૨૧૫
ડ્રૂસર ૧૮૫
ડ્રેઇક, કર્નલ એડવિન ૧૨૦

તંતુઓ –ઊનના ૧૬૩; –કૃત્રિમ માનવસર્જિત ૧૫૯, ૧૬૦, ૧૬૬; –નત્રિલ ૧૬૦
તાઈ જંગ ૧૫
તાઓવાદ ૧૦
તાતા, જમશેદજી નસરવાનજી ૬૬
તામ્રમાક્ષિક (copper pyrites) ૭
તાલક (orpiment) ૯

તાંબું ૨, ૫, ૬, ૮, ૧૬, ૪૩, ૪૪, ૪૫, ૪૯, ૫૫, ૬૫–૮, ૭૦, ૭૪, ૭૫, ૭૭, ૮૦, ૮૬, ૧૬૨, ૧૮૧; –નું શોધન ૬૮; –નો સલ્ફેટ જુઓ કૉપર સલ્ફેટ, મોરથૂથુ
તેજાબો ૧૪૫, ૧૫૩ ૦જુઓ ઍસિડ
તેલ, –એરંડિયું ૧૭૪; –ઉડ્ડયનશીલ ૧૧૧;–ક્રૂડ ૧૨૦; –ગૅસનાં ૧૩૨; –ચરબીનો ક્ષાર ૧૧૨; –તારણ-વિધિ ૪૯
ત્રિપ્સા ટ્રાયસોડિયમ ફૉસ્ફેટ ૨૩૨

થર્માઇટ (થરમાઇટ) ૫૦, ૭૧
થરમૉકપલ ૮૩, ૮૪
થરમૉડાઇનેમિક્સ ૨૪૧
થરમૉપ્લાસ્ટિક ૧૪૬
થરમૉમીટર ૧૫
થાયરોઈડ ૨૦૬, ૨૦૭, ૨૧૨, ૨૪૦
થાયરોક્સિન ૨૦૭, ૨૧૨, ૨૪૦
થાયોકોલ ૧૪૨, ૧૪૪
થાયોસેમિકાર્બેઝોન ૧૯૮
થિબેન ૧૮૯
થિયૉફ્રિલિસ પ્રેસબિટર ૧૧૦
થેઈલ્સ ૫
થેનાર્ડ ૬૫
થેલામાઇડ ૧૮૧
થેલોસાયનિન ૧૮૧
થૉમસ કૂપર ૩૧
થૉમ્સન, જે. જે. ૨૩૬
થોરિયમ ૫૭, ૬૯, ૭૬, ૮૦, ૮૨; –નાઇટ્રેટ ૭૯
દત્ત, ચક્રપાણિ, ૭
દ' વીનીઓ ૨૩૫
દહનક્રિયા ૨૧, ૮૫
દારૂ (આલ્કોહૉલ) ૧, ૬, ૩૨, ૩૫
દારૂ (સ્ફોટક) ૮૫, ૮૬, ૮૯
દીવાસળી ૨૩૧
દ્વંદ્વવાદ (dualistic hypothesis) ૪
દ્વિ-વિઘટન (double decomposition) ૨૧

ધાતુ ૫, ૬, ૨૦, ૪૪–૬, ૪૭, ૪૮, ૫૧, ૬૫, ૧૫૪–૫; –અપવાદ ૪૫–૭; –ના ગુણધર્મો ૪૬; –નાં હથિયારો ૪૩; –વિરલ ૮૦; સંકીર્ણ ૧૭૫
ધાતુકામની પદ્ધતિઓ ૧૬, ૫૦-૫૪
–મશીનિયરિંગ (ઇ. સી. એમ.) ૫૩, ૫૪; –પાઉડર ધાતુ શોધન પદ્ધતિ ૫૧, ૫૩; –સ્ફોટક પદાર્થો દ્વારા ૫૧
ધાતુશોધન ૯, ૧૬, ૪૯, ૫૦; –ની પદ્ધતિઓ ૪૯–૫૦, ૬૪

નગાઈ ૧૮૩
નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ ૪૬
નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ ૨૪
નાઇટ્રેટ, ૨૬
નાઇટ્રેશન ૧૬૮
નાઇટ્રોકૉટન ૮૮, ૮૯
નાઇટ્રોગ્લિસરીન ૮૮–૯
નાઇટ્રોજન ૨૪, ૨૮, ૩૦, ૩૧, ૭૦, ૮૭, ૮૮, ૮૯, ૧૦૩, ૧૦૪, ૧૨૯; ૦વલયમાં ૧૮૪; ૦મુક્ત સમૂહ ૧૮૨; –ટ્રાયક્લોરાઇડ ૨૧૫; –સ્થાયીકરણ ૨૧૫; –મસ્ટાર્ડ ૨૦૨–૧૦૩
નાઇટ્રોબેન્ઝિન ૧૬૭
નાઇટ્રોસમૂહ ૧૬૮, ૧૬૯, ૧૭૨
નાઇટ્રોસેલ્યુલોઝ ૮૫, ૮૭
નાઇટ્રોસો રિસોર્સિનોલ ૧૭૧
નાકેન, પ્રો. ૧૦૪
નાગાર્જુન, બૌદ્ધ કીમિયાગર ૪, ૫, ૭
નાયલૉન ૬, ૫૧, ૬૬, ૧૩૧, ૧૩૪, ૧૪૭, ૧૫૪, ૧૫૫, ૧૬૦, ૧૬૪, ૧૬૫; ૧૫૪; –નાયલૉન–ટેરિલિન, મિશ્રણવાળું કાપડ ૧૬૬
નિકલ, ૪૫, ૫૦, ૫૬, ૫૭, ૬૪, ૬૮, ૬૯, ૭૦, ૧૧૩; –કાર્બોનિલ ૫૦, ૬૯; –પ્લેટિંગ ૬૯
નિક્રોમ ૬૯
નિ ચિંગ ૧૧
નિદ્રાજ્વર ૧૯૬
નિયોડિયમ ૭૯, ૧૪૨
નિયોન, ૩૯, ૨૧૭; –સાઈન ૨૧૭
નિયોપ્રિન ૧૩૪, ૧૪૪
નિયો સાલ્વર્સન ૧૯૬
નિર્મૂલ ભ્રમ ૧૯૩
નિશ્ચેતકો ૧૮૭, ૧૮૮
નેફ્થા ૧૩૨
નેપ્થા–કથા ૮૬
નેપ્થેલિન, ૩૫, ૧૭૬, ૧૮૧

નૅફ્થિન ૧૩૨
નેશનલ મેટલર્જિકલ લૅબોરેટરી ૬૫, ૭૦
નેશનલ રિજિયોનલ રિસર્ચ લૅબોરેટરી ૧૩૧
નોબેલ, આલ્ફ્રેડ ૮૮, ૮૯
નોર, એલ. ૧૮૪
નોર્માન, વિલ્હેમ ૧૧૩
નૉર્વે ૧૦૧
ન્યુક્લિયર ફિશન ૨૩૯
ન્યુક્લિયર મૅગ્નેટિક રેઝોનન્સ ૨૪૨–૩
ન્યૂટ્રૉન ૫૮, ૫૯, ૧૦૩, ૨૩૭, ૨૩૮
ન્યૂટન ૯, ૧૮, ૧૯

પરટેક્નેટ ૬૬
'પરપેક્સ' ૧૪૬
પરમાણુ ૪, ૨૯, ૩૦, ૩૯, ૪૫; –કદ આલેખ, લોથર માયરનો, ૩૮; –બૉમ્બ ૫૭, ૫૮; –ભાર ૩૫, ૩૯; –રચના અને પરમાણુશક્તિ ૨૩૬; –વજનનો કોઠો ૨૨૨, ૨૨૩, ૨૨૪, ૨૪૫
પરલોન ફાસ્ટ યલો આર. એસ. ૧૭૦
પરવાળાં ૯૮, ૧૦૧
પર્કિન, ડબ્લ્યુ. એચ. ૩૪, ૩૫, ૧૬૭, ૧૮૪
પર્યાવર્તક ભઠ્ઠી ૬૭
પાઈરાઇટિસ ૬૭, ૬૮
પાઈરેક્સિલિન ૮૭
પાઉલી ૧૬૧; –સિલ્ક ૧૬૧
પાદલિપ્ત ૪, ૫, ૭
પાયરોલિડોમ ૨૦૮
પાયરોલ્યુસાઈટ ૭૧, ૭૨
પારસમણિ (ફિલૉસૉફરનો પથ્થર) ૭, ૧૮, ૭૫
પારસેલ્સસ ૧૦, ૧૭, ૧૮, ૧૯
પારો (રસ, મર્ક્યુરી) ૬, ૭, ૮, ૯, ૧૧, ૧૬, ૧૭, ૧૮, ૧૯, ૨૦, ૨૫, ૪૫, ૪૯, ૫૫, ૫૬
પાશ્ચર, લુઈ ૩૪
પિકઅપ ૧૨૪
પિક્રિક ઍસિડ ૮૯
પિચબ્લેન્ડ ૫૮
પિત્તળ, ૬, ૬૮, ૭૪, ૭૯, ૮૬
પીરિયોડિક ટેબલ ૨૬
પીરોજા ૯૮, ૧૦૨
પુનર્ઘટન (Reforming)–પુનર્યોજન ૧૦૯, ૧૩૦
પૃષ્ઠતાણ ૪૯; –તેલ પાણીનું ૧૧૦
પેથિડિન ૧૯૦
પેટ્રોકેમિકલ ૮૮, ૧૨૯, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૪, ૧૪૬
પેટ્રોલ ૧૩૧, ૧૬૩, ૧૬૮ ૧૪૭, ૧૬૬
પેટ્રોલિયમ ૪૮, ૮૮, ૧૧૯, ૧૨૦, ૧૨૧, ૧૨૩, ૧૨૫, ૧૨૮, ૧૩૦, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૪, ૧૪૭, ૧૧૦
પેનિસિલીન ૪૭, ૨૦૪ ૧૬૫, ૧૬૬ ગેસ ૧૩૨
પેન્ટાક્વિન ૨૦૦
પેન્ટેઈન ૧૦૫, ૧૨૯, ૧૩૪
પેન્ટોલાઈટ ૯૦
પેમાક્વિન ૨૦૧
પેરા એમિનો સેલિસિલિક (PAS) ૨૦૦
પૅરેફિન (આલ્કેઈન) ૧૦૫, ૧૨૦, ૧૩૨, ૧૩૪
પેલુડ્રિન ૨૦૧
પેલેડિયમ ૫૬
પેલેશિયે ૧૮૩
પોટાશ (કૉસ્ટિક) ૨૨૭; –સાબુ ૧૨
પોટૅશિયમ ૫૦, ૭૨; –કાર્બોનેટ ૭૦; –ક્લોરાઈડ ૭૯ –ડાયક્રોમેટ ૩૫, ૬૬, ૧૬૭, ૨૩૧ –નાઇટ્રેટ, ૨૧ ૮૬, ૮૯; –પરમૅંગેનેટ ૭૨; –ફેરોસાઈનાઇડ ૪૭; –બ્રોમાઈડ ૧૮૬, ૨૧૨; –સલ્ફેટ ૨૬; –સાયનાઈડ ૫૫
પોટૅશિયમના ક્ષારો ૨૩૧
પોટ્ટ, જે. એચ. ૭૧
પોરફાઈરિન (વર્ણક) ૧૮૦, ૧૮૧
પોલાદ ૬, ૨૬, ૪૬, ૪૯, ૭૫
પોલિએથિલિન ૧૪૩, ૧૪૬, ૧૪૭, ૧૫૦, ૧૫૧, ૧૬૬
પોલિટેટ્રાફ્લ્યુઓરો એથિલિન ૧૫૩
પોલિપેપ્ટાઇડ ૨૦૩, ૨૦૪
પોલિમર ૧૫૦, ૧૩૩, ૧૬૪;૧૬૫ (જુઓ બહુલીકરણ);
પોલિમર ડો-ડૅસિલ ઍન્ઝીન ૧૩૩
પોલિમેરાઈઝેશન ૧૩૦, જુઓ બહુલીકરણ
પોલિમિથાઈલ-મેથાક્રિલેટ ૧૪૬, ૧૫૨
પોલિયુરેથન ૧૩૩, ૧૪૧, ૧૪૩, ૧૪૪, ૧૫૫ (ફોમ)
પોલિવાઈનિલ ક્લોરાઈડ (પી. વી. સી.) ૧૪૬, ૧૫૧, ૧૬૬
પોલિસ્ટાઇરીન ૧૪૬
પોલેરાઇઝ્ડ લાઈટ ૩૪
પોલેરોગ્રાફી ૨૪૨, ૨૪૩
પોલોનિયમ ૫૭, ૫૮, ૨૩૫

પ્યુરિન વગેરે પદાર્થોનાં વ્યુત્પન્નો ૨૩૩
પ્યુરોમાઈસિન ૨૦૦
પ્રિસ્ટલી, જોસેફ ૨૩, ૨૪, ૨૫ ૧૩૮
પ્રોકેઈન ૧૮૮
પ્રોગેસ્ટેરોન ૨૦૫
પ્રોટીન ૧૩૧
પ્રોટૉન ૫૮, ૧૦૩
પ્રોન્ટોસલ ૧૯૭-૮
પ્રોપિલિન ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૩ ૧૩૪; -ઑક્સાઈડ ૧૩૩; -ગ્લાય કોલ ૧૩૩; -ટ્રાયમર (નોનેન) ૧૩૩; -ટેટ્રામર (ડાડેસેન) ૧૩૩
પ્રોપેઈન ૧૦૫, ૧૨૯, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૩
પ્રોફ્લેવિન ૧૭૬
પ્લાસ્ટિક ૧૩૨, ૧૩૩, ૧૩૪, ૧૩૭, ૧૪૫, ૧૪૬, ૧૪૭, ૧૪૮, ૧૫૦; -ઉષ્ણ-મૃદુ ૧૫૧-૧૫૬; -ઉષ્ણકઠોર ૧૫૬-૧૫૮, -ઉદ્યોગ ૧૩૮, ૧૪૭; -રબર ૧૫૩; -ની રાસાયણિક રચના ૧૫૦; પ્લુટોનિયમ ૫૮, ૫૯ -સર્જરી ૮૩, ૧૪૯; -યુગ ૧૪૫
પ્લૅટિનમ ૪૯, ૫૨, ૫૪, ૫૬, ૫૭
પ્લૅટિનમ હેક્ઝાફ્લોરાઇડ ૨૧૬
પ્લૅટિનાઈટ ૫૭

ફટકડી ૯, ૧૩, ૭૬
ફબેરાઈટ ૮૦
ફર્મેન્ટેશન ૧૩૧
ફિનાસેટિન ૧૮૯
ફિનોલ ૩૫, ૧૪૫, ૧૪૭, ૧૫૦
ફિનોલ-ફૉર્માલ્ડિહાઈડ ૧૫૦, ૧૫૬, ૧૬૪
ફિશર, એમિલ ૨૩૩
ફિશર, હાન્સ ૨૩૪
ફેનિલ (ફોમ) પ્લાસ્ટિક ૧૪૯, ૧૫૫
ફેરિક-સંયોજનો ૬૫, ૧૭૭
ફેરેડે, માઈકલ ૨૭
ફેરેન્ટી ૧૯૩
ફેરોસાઈનાઇડ ૪૦
ફેલ્સ્પાર ૪૮
ફેસિયોડિયમ ૭૯
ફૉક્સ ૧૯૯
ફોટોસિન્થેસિસ ૨૪૨
ફોર્નોન ૧૯૬
ફૉર્માલ્ડિહાઇડ ૧૪૫, ૧૫૦, ૧૬૩, ૨૦૮
ફૉલિક ઍસિડ ૨૦૬, ૨૦૭
ફૉસ્ફરસ ૨૧, ૨૨, ૫૬, ૬૦, ૬૧, ૬૨, ૬૪, ૬૬, ૨૨૧
ફ્રારી ધાતુ ૭૩
ફ્રૅકલૅન્ડ ૩૨
ફ્રૅક્શનેશન ટાવર્સ ૧૨૯
ફ્રૅઇડ, ડૉ. સિગ્મંડ ૧૮૮
ફ્લુઅરસ્પાર ૧૦૧
ફ્લેમ ફોટોમેટ્રી ૨૪૨
ફ્લેવોન ૧૭૮
ફ્લોજિસ્ટોન-વાદ ૨૨, ૨૩, ૨૫
ફ્લોરિન, ૪૬, ૧૦૧, ૧૪૩, ૨૧૧; -નું રસાયણ ૧૩૪

બર્ગમાન ૭૦
બર્જર ૧૯૧
બર્ઝેલિયસ ૪, ૨૯, ૩૦, ૩૧, ૩૬
બર્થેલાટ, માર્સેલિન ૧૧૧
બહુલીકરણ ૧૦૮ ૧૩૦, ૧૩૧, ૧૪૦, ૧૪૭, ૧૫૦, ૧૬૪
બાયર, ઍડોલ્ફ ફોન ૨૩૩
બાર્ટલેટ ૨૧૬
બાર્બિટ્યુરેટ ૧૬૬-૭, ૧૯૩
બિડન, કલેટન ૧૬૦
બિસહાઇડ્રોક્સિ કૌમારિન ૨૦૭, ૨૦૮
બિસ્મથ ૪૬, ૪૭, ૮૪
બુશાર્ડેટ, ગુસ્ટાવ ૧૪૦
બેકન, રોજર ૮૬
બેક લૅન્ડ, લિયો હેન્ડ્રિક ૧૪૫
બૅક્ટેરિયા ૧૧૯-૧૨૦
બૅક્વેરલ ૫૭
બેચર ૨૧, ૨૨
બેનિશ ૧૯૮
બેન્ઝિન ૩૩-૩૫, ૧૦૭, ૧૧૨, ૧૫૦, ૧૬૪, ૧૬૮, ૧૭૧, ૧૭૬
બેન્ઝોકેઈન ૧૮૮
બેરિયમ ૭૩
બેરિલિયમ ૩૬, ૩૯, ૬૮
ઑક્સાઈડ ૧૦૦
બૅરોમીટર ૧૫
બેલમેટલ ૬૮

બેવન, એડવર્ડ ૧૬૦
બેસિલસ સબ્ટિલિસ ૨૦૪
બેસેમર પદ્ધતિ [પોલાદ બનાવવાની] ૬૩
બેસેમર, હેનરી ૬૩
બેહરેન્ડ ૧૮૬
બૉઈલ, રૉબર્ટ ૯, ૨૦, ૨૧, ૨૫
બૉકસાઇટ ૭૭, ૭૯
બોરેક્સ [ટંકણખાર] ૨૩૨
બોરોન ૨૭, ૩૬, ૪૭, ૨૧૬
બોવર, લેફ. એ. ૬૦; –ની હસ્તપ્રત ૬
બ્યુટાડાઈન ૧૩૨, ૧૩૩, ૧૩૪, ૧૪૦, ૧૪૨, ૧૪૭
બ્યુટિલિન ૧૩૧, ૧૩૩, ૧૩૪
બ્યુટેઇન ૧૦૫, ૧૦૬, ૧૨૯, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૪
બ્રાઉન, જે. બી. ૧૧૧
બ્રાન્ડ, હેનિંગ ૨૨૧
બ્રાન્ડ્ટ ૭૦
બ્રોકેન્ડો, વિલિયમ ૧૩૮
બ્રોમિન ૩૨, ૪૬, ૨૧૧, ૨૧૨
બ્લાસ્ટ ફર્નેસ (ભઠ્ઠી) ૬૧, ૨૧૪
બ્લેક, જોસેફ ૨૩

ભટનાગર, ડૉ. ૭૯
ભારે રસાયણના ઉદ્યોગ ૨૨૭

મક્ષિકા [pyrites] ૯
મગજ ઉપર અસર કરનાર રસાયણો ૨૪૪
મનોભંગ ૧૫૩
મનઃશિલા [realgar] ૯
મર્ક્યુરસ ફ્લિસિનેટ્સ પર સે ૨૧૩
મર્ક્યુરિક ક્લોરાઇડ ૨૧
મર્ક્યુરી ઑક્સાઇડ ૨૫; –ફુલ્મિનેટ ૮૭, ૮૮
મલેરિયા ૧૮૩
માઓ ખોઆ ૨૧૩
માનવી, ટેસ્ટ ટ્યૂબમાંથી ૨૪૪
માયર લોથર ૩૬, ૩૭
મારગ્રાફ ૨૬
માર્ગેરિન ૨૧૪
માસ ઍક્શન ૨૪૧
માસ સ્પેક્ટ્રોમેટ્રી ૨૪૨
મિચ મેટલ ૫૦
મિથાઈલ ક્લોરાઇડ ૧૦૪–૫
મિથાઈલ સિલિકોન તેલો ૨૨૦
મિથાઈલ સમૂહો ૧૮૧ ૧૮૯,
મિથિલિન, આયોડાઈડ ૪૮; –ડાયક્લોરાઇડ ૧૦૪; –બ્લ્યૂ ૧૮૫
મિથેઈન (ભેજવાયુ marshgas) ૨૬, ૩૨, ૩૩, ૧૦૪, ૧૦૫, ૧૧૯, ૧૨૦, ૧૨૭, ૧૨૯, ૧૩૩, ૨૨૨, ૨૦૮;
મિલર ૧૯૧
મીઠું ૨૨૮–૨૨૯
મૂર, ટી. ૧૧૧
મુરદારસંગ (litharge) ૧૦૩
મુંત્ર મેટલ ૧૬૮
મૂળતત્ત્વો ૩૬, ૩૯, ૪૫, ૫૮
મૅકડૉનેલ ૪, ૫, ૧૭
મૅકિન્ટૉશ, ચાર્લ્સ ૧૩૮
મૅગ્નેટોમીટર ૧૨૩–૧૨૪
મૅગ્નેશિયમ ૨૭, ૩૬, ૭૧, ૭૫, ૭૬, ૭૭, ૮૦, ૮૧, ૧૨૫;–ના ક્ષારો ૨૩, ૨૨૬, ૨૩૩
મૅગ્નેશિયા ૨૬
મૅગ્નેસાઇટ ૬૦, ૬૨, ૭૬
મેઝોથોરિયમ ૧૦૯
મૅંગેનીઝ ૪૬, ૫૦, ૬૧, ૬૪, ૬૮, ૭૦, ૭૧, ૭૨, ૭૬; –ઑક્સાઈડ ૪૬
મેન્ડેલીફ ૨૬, ૩૯, ૫૯
મેપાક્રિન ૨૦૦
મેપ્રોબેમેટ ૧૯૩
મૅરિંગ ફૉન ૧૮૬
મેલિન ૧૯૩
મેલિનાઇટ ૮૯
મેલેચાઇટ [કૉપર કાર્બોનેટ] ૬૭
મૅસન ૨૩૬
મૅંગેનાઇટ ૭૨
મોઇસાં, ફર્ડિનાન્ડ ફ્રેડરિક ૯૯, ૧૩૪, ૨૩૫
મોનાઝાઇટ ૭૯, ૮૦
મૉનેલ મેટલ ૬૮
મોનોમર ૧૬૪
મોન્ડ–પદ્ધતિ ૫૦; –ગૅસ ૨૧૪; –રીત ૬૯
મોર્ટન, ટી. જી. ૧૮૭
મોરથુથુ ૫, ૬૫, ૬૬, ૬૮, ૧૮૨, ૨૨૭

મૉર્ફિન ૧૭૮, ૧૮૩, ૧૮૮, ૧૮૯, ૧૯૦, ૧૯૩
મૉલિબ્ડેનમ ૨૪, ૫૦, ૬૪, ૬૬, ૮૦, ૮૩
મોલિબ્ડેનાઇટ ૨૪
'મોલી સ્ટીલ' ૮૩

યુ ફાન ૧૨
યુરિયા ૩૦
યુરેનિયમ ૫૭, ૫૮, ૮૨, ૨૧૧, ૨૩૫, ૨૩૬, ૨૩૭

રબર ૪૮, ૧૩૭, ૧૪૦, ૧૪૭–૮, ૧૫૦; –ઉદ્યોગ ૧૩૯, ૧૪૬; –ઍમેરીપોલ ૧૪૩; –કૃત્રિમ ૧૩૦, ૧૩૧, ૧૪૭; –ફોરલ ૧૪૩; –નું રસાયણ ૧૩૯; –તેલ ૧૪૧; –ફોમ ૧૪૩; બ્યૂના (એસ) ૧૪૨; –લેટેક્સ ૧૩૯; –સ્પંજ ૧૪૩; –હાર્ડ ૧૩૮
રસક (calamine) ૯
રસાયણ ઉત્પાદક ઉદ્યોગ ૨૨૩–૨૩૨
રંગ-વૅટ ૧૭૬ –સલ્ફર ૧૭૬; –રંજન ૧૬૮ –વનસ્પતિજન્ય ૩૪, ૧૬૭; –પ્રાણિજ ૩૪; –ખનિજ ૩૪; –ડામરના ૩૫; –લવણ ૧૭૪; –બંધક ૧૭૧; બેઝિક ૧૭૩; –સીધા એઝો વર્ગના ૧૭૪; –સંશ્લેષિત ૧૬૭, ૧૬૮, ૧૭૬
રંગ અને રાસાયણિક સંરચનાનો સંબંધ ૧૭૨
રંગ–જીવાણુરોધક ક્રિયાશીલતા ૧૭૬
રાઈકસ્ટાઈન ૨૩૫, ૨૪૨
રામ્સે, વિલિયમ ૨૪, ૨૧૫, ૨૧૬
રાય, શ્રી પ્રફુલ્લચંદ્ર ૧૬૭
રાસાયણિક સંરચના અને ઔષધીય ગુણ ૧૮૫
રિડક્શન ૨૨, ૪૯; –સલ્ફર રંગનું ૧૭૬
'રિફાઇનર' ૧૨૮, ૧૨૯, ૧૩૨, ૧૩૪, ૨૧૪
રિફાઇનિંગ ૧૧૪
રીક્ટર (Richter) ૨૯, ૩૦
રૂટાઈલ ૮૧
રૂત્ઝિકા ૨૩૫
રૂથરફર્ડ ૨૩૬, ૨૩૭
રૂથેનિયમ ૫૬
રૂપું ૫, ૧૬, ૪૩, ૪૪, ૪૯, ૫૪, ૫૬, ૬૮, ૭૦, ૮૦
રૂપું–સોનું ૬૮
રૂમેટાઈડ આરથ્રાઇટિસ ૨૦૫
રૅક્ટિફાયર ૬૦, ૮૩
રેડ કૉપર ઓર ૬૭
રેડ લેડ (રાતું સીસું) ૭૩, ૧૭૭
રૅડિકલ ૩૧ (હાઇડ્રોકાર્બનિક પદાર્થોના) ૧૦૫
રેડિયમ ૪૫, ૫૬, ૫૭, ૫૮, ૫૯; માંથી નીકળતાં રેડિયો આઈસોટોપ ૨૪૦
રેડિયો ફ્રિક્વન્સી ૨૪૩
રેડોન ૨૧૫, ૨૧૬, ૨૧૭
રેતી ૬, ૪૯, ૬૦, ૬૧, ૭૯, ૧૦૧
રેમ્નોઝ ૧૭૮
રેયોન ૧૬૦–૩
રેશમ ૧૦૩; –નો કીડો ૧૫૯
રેસર્પિન ૧૯૧
રોઝ ૨૦૦
રોઝેનિલીન ૧૮૫
રૉબિન્સન સર, રૉબર્ટ ૧૯૦, ૨૩૪
રોસ્કોલાઈટ ૮૩
રહેઝીસ ૧૭
રહેનિયમ ૬૬

લવણ ૧૭; ૦જનક સમૂહ ૧૭૫
લબેલ ૩૪
લાડિમીર, ગ્રસ્સેફ ૫૩
લાયસર્જિક ઍસિડ ૧૯૩
લાસર કિરણો ૫૧
લિક્વેશન ૭૪
લિટમસ ૪૫, ૪૬
લિડ્રાઇટ ૮૯
લિથિયમ ૩૬, ૪૬
લિનોલિયમ ૧૮૨
લિન્ડ, એચ. સી. ૧૨૦
લિપિડ ૧૧૧–૨
લિબિગ ૩૦–૧, ૩૨
લિમોનાઈટ ૬૦
લિયો ટાર્ડ ૧૬૭
લિયોનાર્દો, ઇવિન્સી ૨૧૩
લેડન યુનિવર્સિટી ૨૬
લેડ (સીસું) –આર્જેન્ટિફરસ ૭૩; –એઝાઇડ ૮૭; –ઑકસાઇડ ૭૩; –ક્રોમેટ ૧૭૭; –ચેમ્બર ૭૪
લેન્થાનમ ૭૯
લેબેદેવ, એસ. વી. ૧૪૦
લેમરી ૨૧, ૨૨
લેમ્બર્ટ ૬૫

લૅવોશિયર ૯, ૨૩, ૨૫, ૨૬, ૩૧, ૨૧૩;
લોકિયર ૨૧૬
લોહ (લોખંડ, લોઢું)૫, ૬, ૮, ૧૩, ૧૬, ૩૫, ૪૩, ૪૪, ૫૬, ૫૭, ૬૦–૬, ૬૯, ૭૪, ૭૯, ૮૬, ૯૯; –કટાવાની ક્રિયા (ક્ષારણ) ૬૫; –ના પ્રકાર ૬૨; –ના સલ્ફાઇડો ૬૭; –ની નિષ્ક્રિયતા ૬૬; –નો ઉદ્યોગ ૬૬; –નો સલ્ફેટ (હીરાકસી) ૬૫; –યુગ ૪૪, ૬૦, ૧૩૭
લ્યુનર કૉસ્ટિક ૨૪

વર્ણક ૧૬૮, ૧૭૭–૧૮૨
વર્નર, આલ્ફ્રેડ ૨૩૫
વલય-ઇન્ડોલ ૧૯૩; –ઍક્રિડિન ૨૦૦; –ક્વિનોલિન ૨૦૦; –નેપ્થાક્વિનોન ૨૦૭; –પિરિડિન ૧૯૮, ૧૯૯; પિરિમિડિન ૨૦૦; –ફિનોથાયોઝિન ૧૯૩; –બેન્ઝીન ૧૯૮
વલ્કેનાઈઝેશન ૧૩૮, ૧૪૦, ૧૪૩
વલ્કેનાઈટ ૧૩૮
વાઈનિલ ઍસિટેટ ૧૫૧; ૦ક્લોરાઈડ ૧૪૭
વાન્ડેરવાલ ૨૪૧
વાયરસ ૨૦૪
વિકિરણધર્મિતા, રેડિયો ઍક્ટિવિટી ૫૭, ૫૮, ૧૨૦, ૧૨૫, ૨૦૮
વિક્હામ, હેનરી ૧૩૯
વિટ, ઓ. એન. ૧૭૨
વિટામિન ૧૧૨, ૧૮૪, ૨૦૫, ૨૦૭
વિનબર્ગ ૧૯૧
વિનિલિડીન ક્લોરાઇડ ૧૫૧
વિન્કલર, સી. એ. ૫૯
વિન્ટરાઈઝિંગ ૧૧૪
વિરલ માટીઓ ૨૩૫
વિલસ્ટેટર, રિચાર્ડ ૨૩૪
વિલ્સન, પ્રો. એચ. એચ. ૫
વિસ્કોઝ ૧૬૧, ૧૬૨
વિસ્થાપન ૩૧, ૩૩, ૧૦૩, ૧૦૪
વીજ દ્રાવણ ૪૭, ૫૩
વીજ–વિભાજન (વિદ્યુત વિભાજન, વિદ્યુત પૃથક્કરણ) ૪૭, ૫૦, ૫૩, ૬૭, ૭૪,
વીજળિક –અગ્રપાત ૨૧૮; –ચાપ ૫૪
વુડવર્ડ, રૉબર્ટ બર્ન્સ ૧૮૪, ૧૯૧, ૨૩૫
વુલ્ફેનાઈટ ૮૩
વેનેડિનાઈટ ૮૩
વેનેડિયમ ૫૦, ૫૨, ૮૦, ૮૩
વેન્ટ હૉફ ૩૪
વેરોનાલ ૧૮૬
વેલન્સી ૩૨
વેલ્સબાક ૨૩૫
વેલ્સ, હોરેસ ૧૮૭
વૉલેસ લેબોરેટરી ૧૯૩
વૉલ્ટા ૨૬
વો(વુ)લ્ફ્રામ ૪૯, ૮૦
વોહ્લર ૩૦, ૩૧, ૭૬

શાન યુંગ છી ૧૧
શાર્દોનેત, કાઉન્ટ હિલેર દ' ૧૬૦
શાર્પનેલ ૮૭
શાલાઈટ ૮૦
શીમોસાઇટ ૮૯
શીલ ૨૩, ૨૪, ૨૫, ૧૧૧, ૨૨૧
શેવ્રેલ, એમ. ઈ. ૧૧૧
શેન ફૂ આ ૧૩
શોમ્બિન, ક્રિશ્ચિયન ૮૭

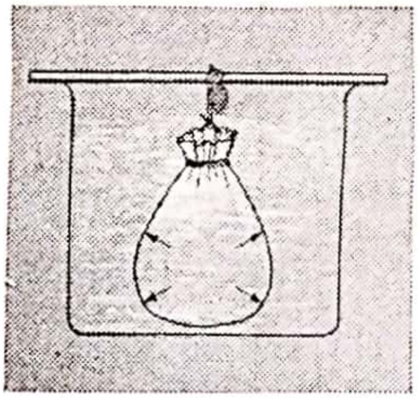
સમઘટક ૧૦૬
સમૂહો –સૂત્રો અને દૃષ્ટાંત ૧૬૯, ૧૭૦; –સલ્ફર ૧૦; –સલ્ફોનિક ૧૭૧, ૧૮૨ –હાઇડ્રૉક્સિલ ૧૭૫, ૧૭૮, ૧૭૯, ૧૮૪, ૧૮૯
સર્પગંધા (રાવોલ્ફીઆ સર્પેન્ટિના) ૧૮૯, ૧૯૧
સલ્ફર (ગંધક) ૬૧, ૧૨૯;
સલ્ફા ઔષધો ૧૯૭, ૧૯૮
સલ્ફાઇડ, તાંબાનો ૬૭,
સલ્ફેટ ૨૬, ૭૩
સલ્ફોન ૧૮૬, ૧૯૭, ૨૦૦
સલ્ફોનલ ૧૮૫, ૧૮૬
સલ્ફોનેશન ૧૧૪
સરચક (મોરથૂથુ) ($CuSO_4$) ૯
સહપોલિમર ૧૪૩, ૧૫૧
સંયોજકતા ૧૦૩, ૧૦૪; –નાં બંધન ૧૦૪
સંયોજનો–ઑર્ગેનોમેટલિક ૪૮–ધાતુ કાર્બનનિક ૪૮
સાઇક્લોટ્રોન ૬૬, ૨૩૮
સાઇક્લોનાઇટ (R D X) ૮૬, ૯૦

સાઇક્લો–પેરૅફિનો ૧૦૭
સાઇક્લોપ્રોપેન ૧૮૭
સાઇક્લો હેક્ઝેન ૧૩૪, ૧૭૧
સાઇક્લોહેક્ઝેનોલ ૧૬૫
સાબુ ૧૨, ૧૧૪
સાઇક્લોપેન્ટિલ ૨૦૫; –ફિનેન્થ્રિન ૨૦૬
સાયન્ટિફિક અને ઇન્ડસ્ટ્રિયલ સંશોધન કાઉન્સિલ ૭૯
સાયન્સ ઍન્ડ સિવિલિઝેશન ઇન ચાઇના ૧૦
સાલ ઍમોનિક (નવસાર) ૧૬
સાલ્વરસન ૧૮૫, ૧૯૬
સિડેરાઈટ ૬૦
સિમેન્ટ ૧૨૭
સિમેન્ટાઈન ૬૩
સિલિકેટ ૭૬
સિલિકોન ૧૪૪; –લોહયુક્ત ૭૬
સિલેસ્ટિક ૧૪૩
સિલોન ૧૦૧
સિલોનોલેઈમ ૭૨
સિલ્વર બ્રોમાઇડ (ચાંદીનો બ્રોમાઇડ) ૨૧૨; –નાઇટ્રેટ ૪૪, ૫૫
સિસ્ટિન–એમાઈન ૨૦૯
સિનાબાર–રસસિંદૂર (HgS) ૧૦, ૧૧
સિસ્મોગ્રાફ ૧૨૪
સિંકોના ૧૮૩
સીરિયમ ૭૯
સીલ, બી. એન. ૩
સીસું ૨, ૫, ૧૧, ૧૨, ૨૩, ૪૯, ૫૫, ૫૮ (જુઓ લેડ) ૬૭, ૬૯, ૭૨–૪, ૮૦, ૧૪૮, ૧૮૧
સુપર ફૉસ્ફેટ ૨૨૧, ૨૪૦
સુરેમાઈન શ્રેણી ૧૯૬
સેક્સન, જેમ્સ, ૧૮૭
સેગ્રે, ઈમીલીઓ ૬૬
સેટર્નર ૧૮૩
સેન્ટ્રલ ઇલેક્ટ્રોકેમિકલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ૭૪
સેપોનિફિકેશન ૧૧૨, ૧૧૪
સેલ્યુલોઇડ ૧૪૫
સેલ્યુલોઝ ૮૭, ૧૪૭, ૧૫૦, ૧૬૦–૩; –ઍસિટેટ બ્યુટિરેટ ૧૫૫–૫૪; ૦ઍસિટેટ ૧૪૬, ૧૬૩, ૧૭૩; –ઍસિટેટ રેયોન ૧૬૦; –એસિટેટ સેકંડરી ૧૬૨; –ટ્રાય ઍસિટેટ ૧૬૨; –નાઇટ્રેટ ૧૫૫; ૦હેમી ૧૬૦
સૅંગર ૨૦૫, ૨૩૫
સોડા ૨૨૮–૨૯; –સેલ્યુલોઝ ૧૬૧
સોડિયમ ૨૬, ૩૬, ૪૫, ૪૬, ૪૭, ૫૦, ૭૭, ૮૧, ૧૦૧; –આયન ૪૭; –ઍલ્યુમિનેટ ૭૭; –ક્લોરાઇડ (મીઠું) ૧૭૪; –નાઇટ્રેટ; ૧૬૭, ૧૭૧; –પરબોરેટ ૨૩૨; –પેરૉક્સાઇડ ૭૧; –ફ્લોરોસિલિકેટ ૨૧૧; –બાય સલ્ફાઇટ ૭૯; –સલ્ફાઇડ ૧૬૧, ૧૭૬; –સલ્ફેટ (ગ્લોબર સૉલ્ટ) ૨૧, ૧૭૪; –સેલ્યુલોઝ ઝેન્થેટ ૧૬૧; –સ્ટૅનેટ ૭૪
સોનું ૨, ૫, ૭, ૧૧, ૧૬–૮, ૪૩, ૪૪, ૪૫, ૪૯, ૫૪–૫, ૫૬; –ની ખાણો ૫૫
સોબ્રેરો ૮૮
સોમલ (arsenic) ૫, ૧૬, ૬૭, ૬૯, ૭૦, ૭૪
સૉલ્વે, અર્નેસ્ટ ૨૩૦; સોલ્વે ટાવર ૨૩૦
સ્કૅન્ડિયમ ૩૯
સ્ટાહલ ૨૨, ૨૩
સ્ટેનલેસ સ્ટીલ ૬૪
સ્ટેન્લે, વેન્ડેલ એમ. ૨૦૪
સ્ટેરૉઈડ પદાર્થો ૨૦૫; –નાં સંશ્લેષણ ૨૩૩–૪
સ્ટેરોલ ૧૧૨
સ્ટ્રિક્નિન ૧૯૩
સ્ટ્રેપ્ટોમાઇસિન ૨૦૦, ૨૦૨
સ્પર્માસેટી ૧૧૫
સ્પંજ ૮૧
સ્પિટલર, ઍડોલ્ફ ૧૪૫
સ્પેક્ટ્રમ–સ્પેક્ટ્રા ૨૪૧–૨
સ્પેલ્ટર ૪૫
સ્ફટિકીકરણ –વિભાગીય ૧૧૪
સ્ફોટક પદાર્થ ૮૫, ૮૯, ૯૦, ૧૩૦
સ્ફેલેરાઈટ ૭૩
સ્વીટ ક્લોવર ૨૦૭
સ્વેટ ૨૪૨

હક્સલી, આલ્ડસ ૨૪૪
હડફીલ્ડ, સર આર. ૭૧
હવા ૨૨, ૬૫, ૧૫૯
હાઇડ્રોકાર્બન ૮૯, ૧૨૦, ૧૨૮, ૧૨૯, ૧૩૧, ૧૩૨, ૧૩૩, ૧૩૯, ૧૪૨, ૧૪૩; –ઍરોમેટિક ૧૬૮;

-ખુલ્લી સાંકળવાળા અતૃપ્ત ૧૦૬; -વિષમ ચાક્રિક ૧૦૮; -સમ ચાક્રિક ૧૦૭; -રસાયણો ૧૪૧
હાઇડ્રોજન ૨૪, ૨૫, ૨૮, ૩૦, ૩૩, ૪૯, ૫૦, ૫૯, ૬૦, ૮૦, ૧૦૩, ૧૧૩, ૧૨૮, ૧૨૯, ૧૩૩, ૧૪૯ ૧૩૯, ૧૮૨, ૨૧૪; -ના પરમાણુ ૧૫૦, ૨૩૭; -ના આઇસોટોપ ૨૩૮ ક્લોરાઇડ ૨૯, ૩૫ (જુઓ ઍસિડ હાઇડ્રોક્લોરિક); -પેરૉક્સાઇડ ૬૫; -સલ્ફાઇડ ૬૫
હાઇડ્રોજ(જિ)નેશન ૧૦૮, ૧૧૩, ૧૧૪, ૨૧૨, ૨૧૪
હાઇડ્રોલિસિસ ૧૧૨, ૧૧૪
હાઉસમેનાઈટ ૭૨
હાન, ઑટો ૨૩૯
હાફ્નિયમ ૩૯
હિડનો કાર્પસ ૨૦૦
હિલ્ડીચ ૧૧૧
હિસ્ટામિન ૧૯૫
'હુ આઈ નાન ત્ઝુ' ૧૦
હુઆન્ગ તી ૧૧
હૂક, રૉબર્ટ ૨૧, ૧૫૯-૬૦
હેઇલ્સ, સ્ટિફન ૨૨, ૨૧૩
હેન્કોક, ટૉમસ ૧૩૮, ૧૩૯
હેબર પદ્ધતિ ૨૧૪
હેમિન ૧૮૦, ૧૮૧; હેમોગ્લોબિન ૧૮૦
હેન્ક્વન, એ. જી. ૨૨૧
હેપેરિન ૨૦૭
હેમેટાઈટ ૬૦, ૬૧, ૬૨, ૬૩
હેલ્મોંટ, વાન ૧૯, ૨૦
હેલિયમ ૩૯, ૮૦, ૨૧૪, ૨૧૫, ૨૧૬, ૨૧૭
હેલોજન ૪૬; હેલાઇડો ૪૬
હૉફમાન ૨૬
હોમોલોગસ સિરીઝ ૧૦૯
હોર્મોન ૧૮૪, ૨૦૨, ૨૦૫, ૨૦૭
હ્યાટ, જ્હૉન ૧૪૫

SHREE
GUJARATHI YUVAK MANDAL
52, GUJILI STREET
TIRUCHY-8.



જ્ઞાનગંગોત્રી

માનવ વિદ્યાશાખા [૨૦ ગ્રંથ]

* માનવકુલ દર્શન : [વિશ્વઇતિહાસ સોપાન] ગ્રંથ ૩
* વિશ્વ દર્શન : [ક્રાંતિઓ અને વૈચારિક વિકાસ] ગ્રંથ ૩
* ભારત દર્શન : [આદિયુગથી અદ્યતન વિકાસ] ગ્રંથ ૭
* વિદેશ દર્શન : [દુનિયાના મુખ્ય દેશોનો પરિચય] ગ્રંથ ૩
* સાહિત્ય દર્શન : [વિશ્વસાહિત્ય : ગુજરાતી સાહિત્ય] ગ્રંથ ૨
* લલિત કલા-દર્શન : [વિવિધ કલાઓ : સિદ્ધાન્ત પરિચય] ગ્રંથ ૨

વિજ્ઞાન વિદ્યાશાખા [૧૦ ગ્રંથ]

* બ્રહ્માંડ દર્શન
* પૃથ્વી દર્શન (સમુદ્ર અને વાતાવરણ સહિત)
* જીવ : રહસ્ય
* સ્વાસ્થ્ય દર્શન
* રસાયણ દર્શન
* યંત્ર વિદ્યા
* કૃષિ વિદ્યા
* પરમાણુ દર્શન
* ગણિત વિદ્યા
* વિજ્ઞાન : માનવી અને મૂલ્ય

કુલ ૩૦ ગ્રંથો.

આખા સેટની કિંમત રૂ. ૩૫૦ (વિદેશ રૂ. ૪૦૦)

: પ્રાપ્તિસ્થાન :

બાલગોવિંદ બુકસેલર્સ, બાલાહનુમાન – અમદાવાદ.