UNIT I BORON HYDRIDE (બોરોન હાઈડ્રાઈડ)

CHAPTER INDEX

- Introduction
- Classification of hydrides
- Preparation, Properties Structure and use of Diborone
- Bridge bonding in B_2H_6 (M. O. and sp^3 approach)
- Structure of higher Borones : B_4H_{10}, B_5H_9, B_5H_{11}, B_6H_{10}, $B_{10}H_{14}$

પ્રસ્તાવના : ઈલેક્ટ્રોન ઉણપ અણુઓ (Electron Defficient Molecules) :

કોઈ અણુમાં હાજર સહસંયોજક બંધ માટે જેટલા ઈલેક્ટ્રોન જોઈએ તેના કરતાં ઓછા ઈલેક્ટ્રોન હોય તો તેવા અણુઓને ઈલે.ઉણપ ધરાવતા અણુઓ કહી શકાય. દા.ત., B_2H_6 માં 7 સહસંયોજક બંધ (6 B – H અને 1 B – B) માટે 7 × 2 = 14 ઈલેક્ટ્રોન હોવા જોઈએ પરંતુ તેમાં ફક્ત 12 સંયોજકતા ઈલેક્ટ્રોન હોય છે. (B_5 : $1s^2\ 2s^2\ 2px^1$: બે બોરોનના 3 × 2 = 6 સંયોજકતા ઈલેક્ટ્રોન તથા H_1 : $1s^1$ આવા છ- હાઈડ્રોજનના એક એવા 6 × 1 = 6 એમ કુલ 6 + 6 = 12 ઈલેક્ટ્રોન હોય છે.) આથી આવા અણુઓને ઈલેક્ટ્રોનની ઉણપ ધરાવતા અણુઓ કહી શકાય. દા.ત. **બોરોન હાઈડ્રાઈડ (બોરેન્સ)**

બોરોન હાઈડ્રાઈડ / બોરેન્સ/ બોરાઈડ :

વ્યાખ્યા :

બોરોન હાઈડ્રોજન સાથે ઘણા બાષ્પશીલ સંયોજનો બનાવે છે. બોરોન (B)ના હાઈડ્રોજન સાથેના સંયોજનો **'બોરાઈડ'** અથવા **'બોરેન્સ'** તરીકે ઓળખાય છે. હવે તેને **'બોરોન હાઈડ્રાઈડસ'** પણ કહે છે.

- **ઈ.સ 1922થી 1936**ના સમયગાળામાં **'સ્ટોર્ક'** નિર્વાત્ (શૂન્યાવકાશ) ટેકૂનિકની મદદથી B_2H_6, B_4H_{10}, B_5H_9, B_5H_{11}, B_6H_{10}, $B_{10}H_{14}$ શોધ્યા.
- આવા બોરેન્સ સાત પ્રકારના છે. તેને મુખ્ય બે વિભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે. તે **'આલ્કેન પ્રકાર'** નું બંધારણ ધરાવે છે. તેમનું વર્ગીકરણ નીચે બે વિભાગમાં કરવામાં આવે છે.

વર્ગીકરણ (Clssification) :

- B_nH_{n+4} : શ્રેણીના બોરાઈડ/બોરેન્સ : જે વધુ સ્થિર હોય છે.

  જો n = 2 હોય તો, B_2H_6 → ડાયબોરેન

  n = 5 હોય તો, B_5H_9 → પેન્ટાબોરેન - 9

  n =10 હોય તો, $B_{10}H_{14}$ → ડેકાબોરેન -14

- B_nH_{n+6} : **શ્રેણીના બોરાઈડ/બોરેન્સ** : જે સાપેક્ષમાં ઓછા સ્થિર હોય છે.

  જો n = 4 હોય તો, B_4H_{10} → ટેટ્રાબોરેન

  n = 5 હોય તો, B_5H_{11} → પેન્ટાબોરેન -17

  n = 9 હોય તો, B_9H_{15} → નોનાબોરેન/ઈનેન્યા બોરેન (પ્રવાહી સ્થિતિ

  n = 10 હોય તો, $B_{10}H_{16}$ → ડેકાબોરેન -16

- **આ વર્ગો સિવાય $B_{20}H_{26}$ નું બંધારણ નક્કી થયું છે તેમજ B_8H_{18} ની પરખ થઈ શકે છે.**

- હાઈડ્રોકાર્બનની માફક બોરાઈડ/ બોરેન સાંકળ (Chain) સંયોજનો બનાવે છે.

- સ્થિર B_nH_{n+4} શ્રેણી અને અસ્થિર B_nH_{n+6} શ્રેણીમાં બોરોનની સંખ્યા (B_n) સમાન હોય તેવાં સંયોજનો જોવા મળે છે. તેથી બે વચ્ચે ભેદ દર્શાવવા નામ પછી હાઈડ્રોજન પરમાણુઓની સંખ્યા દર્શાવવામાં આવે છે.

  દા.ત. પેન્ટા બોરેન – 9, (B_5H_9)   પેન્ટા બોરેન – 11 (B_5H_{11})

બોરોન હાઈડ્રાઈડ : 'બનાવટ' અને 'ગુણધર્મો'

- બોરોન હાઈડ્રાઈડમાં સહસંયોજક બંધો માટે જરૂરી (પૂરતા) સંયોજકતા ઈલેક્ટ્રોન ન હોવાને કારણે તેમના બંધારણોએ વૈજ્ઞાનિકોમાં અભ્યાસ માટે વધુ રસ જગાવ્યો.

- 1921 થી 1936 ના ગાળામાં **'આલ્ફ્રેટ સ્ટોક'** અને તેમના સહકાર્યકરોએ B_2H_6, B_4H_{10}, B_5H_9, B_5H_{11}, B_6H_{10}, અને $B_{10}H_{14}$ જેવા બોરોન હાઈડ્રાઈડ બનાવ્યા અને તેમને રાસાયણિક ગુણધર્મોને આધારે વર્ગીકૃત કર્યા.

- આ બોરોન હાઈડ્રાઈડમાંના B_2H_6 સિવાયના બધાજ બોરોન હાઈડ્રાઈડો, **મેગ્નેશિયમ બોરાઈડ** (Mg_3B_2)ની **એસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી** બનાવવામાં આવ્યા. આ બોરોન હાઈડ્રાઈડો **બાષ્પશીલ** (Volatile), **ક્રિયાશીલ** (Reactive) અને **હવા પ્રત્યે સંવેદનશીલ** (Sensitive to air) સંયોજનો છે.

- હાલ સ્ટોકની પદ્ધતિ ફક્ત B_6H_{10} ની બનાવટમાં જ વપરાય છે, જ્યારે બાકીના બોરોન **હાઈડ્રાઈડો વિભિન્ન પરિસ્થિતિઓમાં ડાયબોરેન (B_2H_6)ના પાયરોલિસીસથી હાઈડ્રોજન કે બીજા પ્રક્રિયકોની હાજરીમાં** તૈયાર કરવામાં આવે છે.

  દા.ત. **(1)** **B_2H_6** ની **100°** સે તાપમાને પાયરોલિસીસ પ્રક્રિયાથી **$B_{10}H_{14}$** મળે છે, જ્યારે

  (2) **H_2** ની હાજરીમાં **250°** સે તાપમાને પાયરોલિસીસ થી **B_5H_9** મળે છે.

- બધા જ પ્રકારના **બોરેન્સ / બોરાઈડમાં 'ડાયબોરોન' (B_2H_6)** સૌથી અગત્યનું સંયોજન છે. મોટા પાયા પર તેનું ઉત્પાદન નીચે મુજબ કરવામાં આવે છે.

B_2H_6 : ડાયબોરેનની બનાવટ :

- **મેગ્નેશિયમ બોરાઈડ (Mg_3B_2)** ની **ફોસ્ફોરિક એસિડ (H_3Po_4)** સાથેની પ્રક્રિયાથી બોરેન્સનું મિશ્રણ બને છે. તેમને ગરમ કરવાથી B_2H_6 મળે છે.

  $$Mg_3B_2 + H_3PO_4 \rightarrow [B_2H_6 + B_4H_{10}] \xrightarrow{\Delta} B_2H_6$$

- **બોરોન ટ્રાયફ્લોરાઈડ (BF_3)**ને ઈથરમાં ઓગાળી, તેની **diglyme** (= dimethylene glycol – dimethyle ether) માં બનાવેલા **સોડિયમ-બોરા હાઈડ્રાઈડ** ($NaBH_4$) સાથે પ્રક્રિયા કરતાં ડાયબોરોન મળે છે.

  $$3NaBH_4 + 4BF_3 \rightarrow 3NaBF_4 + 2B_2H_6 \text{ (diglyme) (ether)}$$

- $2BCl_3 + 6H_2 \rightarrow B_2H_6 + 6HCl$
- $4BCl_3 + 3LiAlH_4 \rightarrow 3LiCl + 3AlCl_3 + 2B_2H_6$
- $2R_3B + 6H_2 \rightarrow 6RH + B_2H_6$
- નીચા દબાણે BCl_3 કે BB_3ની બાષ્પ તથા H_2 ના મિશ્રણનું પ્રવાહીકરણ કરીને પણ B_2H_6 બનાવી શકાય છે.

  $$2BBr_3 + 6H_2 \rightarrow B_2H_6 + 6HBr$$

નોંધ : ઉપરોક્ત બધી જ પ્રક્રિયાઓમાં પાણીનો ઉપયોગ કરવામાં આવતો નથી. કારણકે ડાયબોરોન ઝડપથી જળવિભાજન પામે છે.

$$B_2H_6 + 6H_2O \rightarrow 2H_3BO_3 + 6H_2$$

ઉચ્ચ – બોરેન્સની બનાવટ :

- ડાયબોરેનનો ઉપયોગ ઉચ્ચ બોરેન્સની બનાવટમાં પ્રારંભિક પદાર્થ તરીકે કરવામાં આવે છે.

- ⏭ ડાયબોરેન (B_2H_6) ને તાપમાન અને દબાણની વિભિન્ન પરિસ્થિતિઓમાં ગરમ કરી ઉચ્ચ બોરેન્સ (B_6H_{10} તથા આઈસો $B_{18}H_{22}$ સિવાયના) બનાવાય છે. પ્રક્રિયા 'ઉષ્મીય વિઘટન' તરીકે ઓળખાય છે.

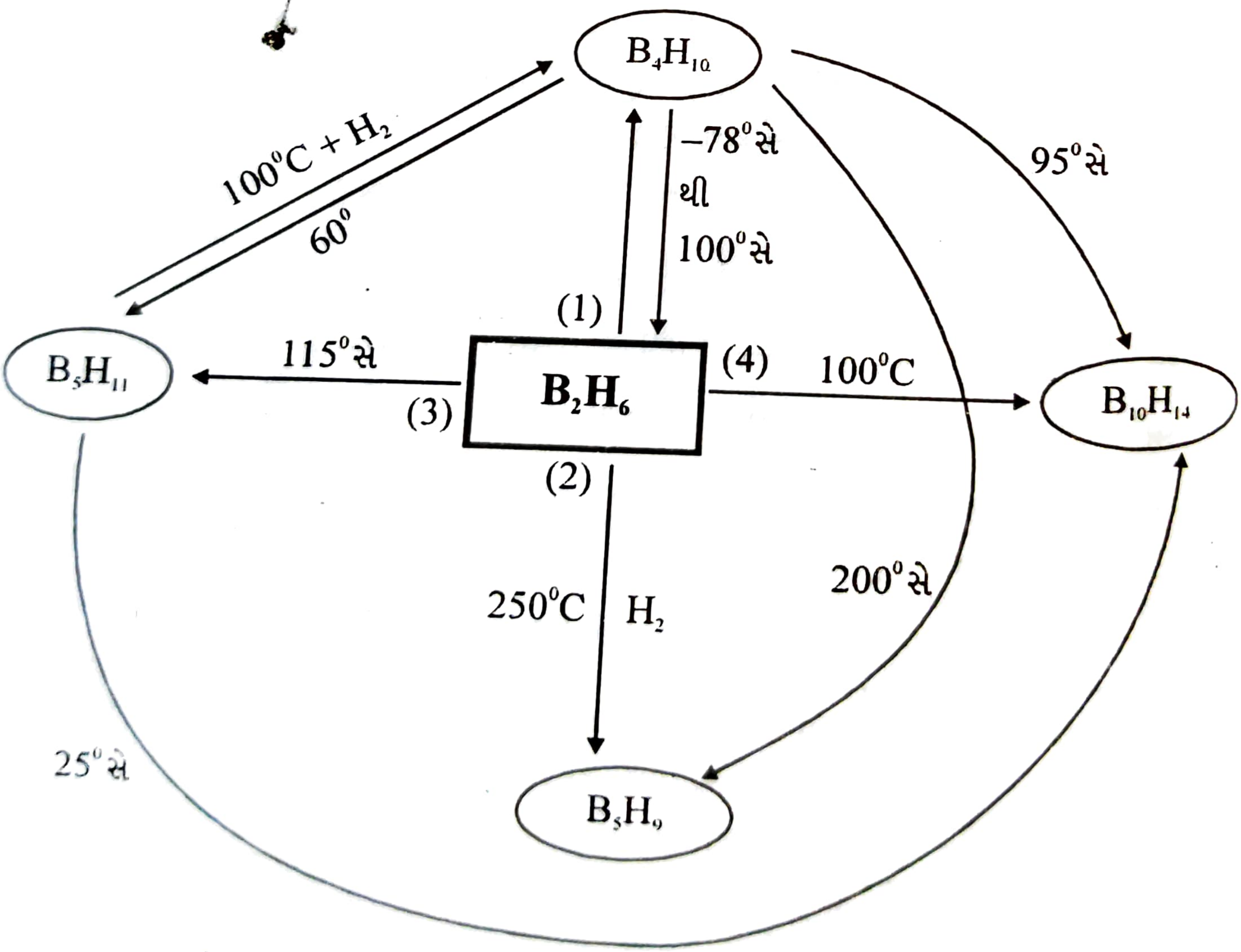
- ⏭ ડાયબોરોનનો ઉષ્મીય વિઘટન દ્વારા ન મેળવી શકાતા ઉચ્ચ બોરેન્સને વિશિષ્ટ પદ્ધતિઓ દ્વારા બનાવી શકાય છે.

  દા.ત. $\mathbf{B_6H_{10}}$ ને સ્ટોકની મૂળ પદ્ધતિથી તથા $\mathbf{B_{18}H_{22}}$ ના બન્ને સમઘટકોને બોરોનના એક ઓક્સિ–એસિડના જળવિભાજન દ્વારા મેળવવામાં આવે છે.

- ⏭ **મોટાભાગના ઉચ્ચ બોરેન્સ મેગ્નેશિયમ બોરાઈડ (Mg_3B_2) ની એસિડ** (જેવાકે 10% **HCl** અથવા **8N (H_3PO_4)** સાથેની પ્રક્રિયા કરીને મેળવી શકાય છે.

  $$MgB_2 + HCl \rightarrow B_4H_{10} + B_5H_9 + B_5H_{11} + B_6H_{10} + B_{10}H_{14}$$

- ⏭ ડાયબોરેનના ઉષ્મીય વિઘટન દ્વારા મળતી વિવિધ નીપજો (ઉચ્ચ બોરેન્સ) નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે.



ડાયબોરેનમાંથી ઉચ્ચ બોરેન્સની બનાવટ
(ઉષ્મીય વિઘટન દ્વારા)

● **ગુણધર્મો :**

ભૌતિક : બાષ્પશીલ, ક્રિયાશીલ અને હવા પ્રત્યે સંવેદનશીલ હોય છે.

● **રાસાયણિક :**

(1) **ઓક્સિજન સાથેની પ્રક્રિયા બધા જ બોરેન્સ વાયુઓ ઓક્સિજન (O_2) સાથે ઝડપથી સળગી ઉઠે છે.** વધુ બાષ્પશીલ બોરોન્સ (દા.ત B_2H_6) સાથે વિસ્ફોટક પ્રક્રિયા થાય છે.

$B_2H_6 + 3O_2 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O$ (480 K.cal/mol)

(2) **પાણી સાથેની પ્રક્રિયા :** બોરેન્સ પાણી સાથે જળવિભાજન અનુભવીને બોરિક એસિડ H_3BO_3 તથા હાઈડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

$B_2H_6 + 6H_2O \rightarrow 2H_3BO_3 + 6H_2 \uparrow$

આવી જ પ્રક્રિયા **આલ્કોહોલ સાથે** પણ થાય છે, જ્યાં આલ્કોક્સિ સમૂહ (OR) દ્વારા બોરોન જોડાય છે, અને હાઈડ્રોજન વાયુ નીકળે છે.

$B_2H_6 + 6CH_3 .OH \rightarrow 2B(OCH_3) + 6H_2 \uparrow$

(3) **વિસ્થાપન પ્રક્રિયા :**

(a) **હેલોજન સાથે :** બોરેન્સ ઝડપી પ્રક્રિયા અનુભવી હેલોજીનેટેડ બોરેન્સ બનાવે છે.

$B_2H_6 + Br_2 \xrightarrow{100^0 C} B_2H_5{\bullet}Br + BHr$

$B_2H_6 + 6Cl_2 \xrightarrow{50^0 C} 2BCl_3 + 6HCl$ (ઝડપી પ્રક્રિયા)

(b) **હેલો એસિડ સાથે : હેલો એસિડ પણ બોરેન્સમાંથી હાઈડ્રોજનનું વિસ્થાપન કરવા માટે સક્ષમ હોય છે:**

$B_2H_6 + HX \rightarrow B_2H_5X + H_2$

$B_2H_6 + HCl \rightarrow B_2H_5Cl + H_2$

(4) **બેઈઝ સાથેની પ્રક્રિયા :** બોરોન હાઈડ્રાઈડ બેઝીક દ્રાવણના સંપર્કમાં આવતાં હાઈપો બોરેટ તથા હાઈડ્રોજનમાં વિઘટન પામે છે.

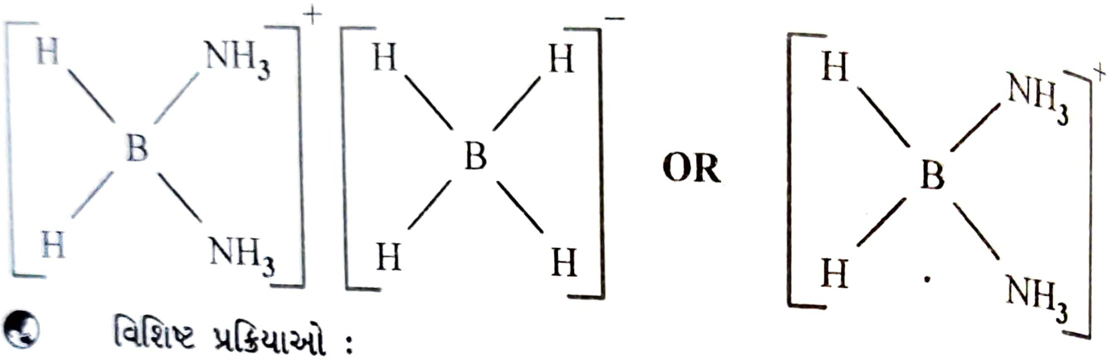
$B_2H_6 + 2KOH \xrightarrow{0^0 C} K_2(B_2H_6O_2)$

મંદ કરતાં, $K_2 (B_2H_6O_2) + 2H_2O \rightarrow 2KBO_2 + 5H_2 \uparrow$

(5) **એમોનિયા સાથેની પ્રક્રિયા :** મોટાભાગના હાઈડ્રાઈડ **એમોનિયા સાથેની** પ્રક્રિ યોગશીલ સંયોજન બનાવે છે.

$$B_2H_6 + NH_3 \xrightarrow{0^0C} B_2H_6 \cdot 2NH_3$$

નીચા તાપમાને, (–120° C) ડાયબોરેનનો ડાય એમોનિયા બને છે.

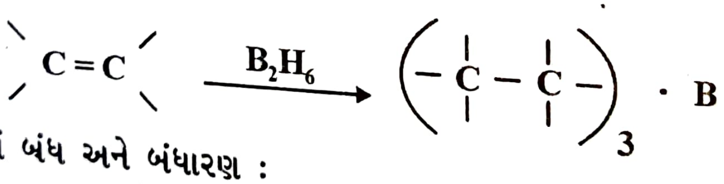


વિશિષ્ટ પ્રક્રિયાઓ :

- ડાયબોરેન, **કાર્બનિક પદાર્થમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમુહ નું રીડકશન કરી** શકતો **પ્રબળ રીડકશનકર્તા** તરીકે ઉપયોગી છે.

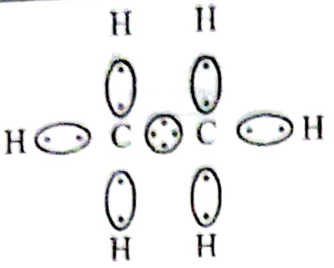
  દા.ત. $R-CHO \xrightarrow{B_2H_6} R \cdot CH_2 \cdot OH$, $R-CN \rightarrow R \cdot CH_2 \cdot NH_2$

- ઈથરમાં બનાવેલા ડાયબોરેનના દ્રાવણની, **અસંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બન સાથેની** હાઈડ્રોબોરેશન કહેવાય છે.



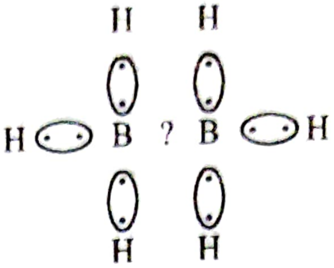
ડાયબોરેનમાં બંધ અને બંધારણ :

- ડાયબોરેનનું અણુસૂત્ર B_2H_6 છે, જે ઈથેનના અણુસૂત્ર C_2H_6ને મળતું આવે
- તે 100°c સુધી વિયોજન પામતો નથી.
- તે પ્રતિચુંબકીય ગુણધર્મ ધરાવે છે, કારણકે તેમાં એકપણ અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રોન
- ઈથેનની સરખામણીમાં B_2H_6ઈલેક્ટ્રોન ઉણપવાળો અણુ છે.જો તેનું બંધારણ C_2H ગણીએ તો તેમાં સાત સહસંયોજક બંધ (6 B – H તથા એક B - B) 2 × 7 = 14 ઈલેક્ટ્રોન હોવા જોઈએ પરંતુ B પરમાણુમાં ($1s^2\ 2s^2\ 2Px^1$) સંયોજકતા કક્ષાના ઈલેક્ટ્રોન છે. આથી ડાયબોરેનમાં 3 × 2 = 6 ઈલેક્ટ્રોન તેની સાથે બીજા છ ઈલેક્ટ્રોન હાઈડ્રોજનના મળી કુલ 12 ઈલે. થાય. આમ, કરતાં ડાયબોરેનમાં બે ઈલેક્ટ્રોન ઓછા છે. આથી કહી શકાય કે, ડાયબોરેન (B નું બંધારણ ઈથેન (C_2H_6) કરતાં જુદું પડે છે.



$C_2H_6 : 14e^-$

ઈથેન

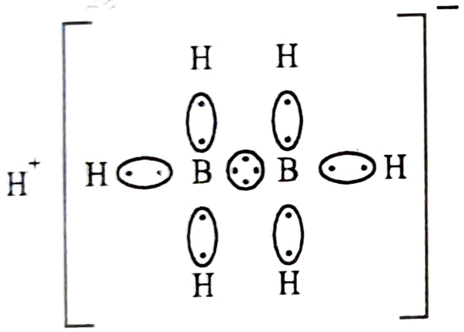


$B_2H_6 : 12e^-$

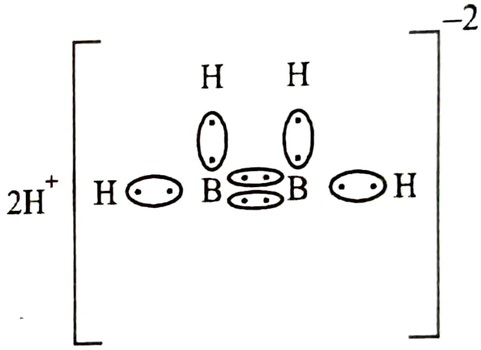
ડાયબોરેન

એટલે કે, ડાયબોરેનમાં બોરોનના બે પરમાણુઓને જોડાવા તેમની વચ્ચે કોઈ જ ઈલેક્ટ્રોન હોતા નથી પરિણામે તેનું બંધારણ સમજાવવા અનેક તર્કો રજૂ થયા છે.

(1) **આયોનિક બંધારણ :** વિબર્ગ (Wiberg)ના મત મુજબ ડાયબોરેનના બંધારણને એક **મોનોબેઝીક એસિડ અન દ્વિ-બેઝીક એસિડ** જેવું માનવામાં આવતું હતું. તેમાં બે બોરોન પરમાણુઓ વચ્ચે દ્વિબંધ અને બે હાઈડ્રોજન પરમાણુઓ વચ્ચે આયોનિક બંધ હતું પરંતુ પ્રાયોગિક પરિણામો આ બંધારણને અનુમોદન આપતા નથી.



અને



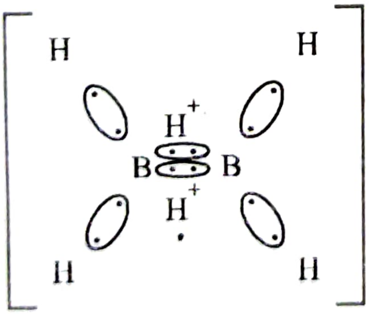
મોનો બેઝીક

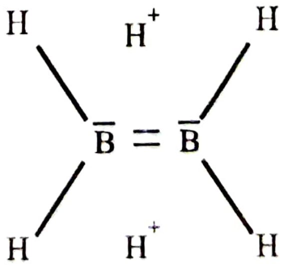
$H^+[H_2B - BH_3]$

ડાયબેઝીક

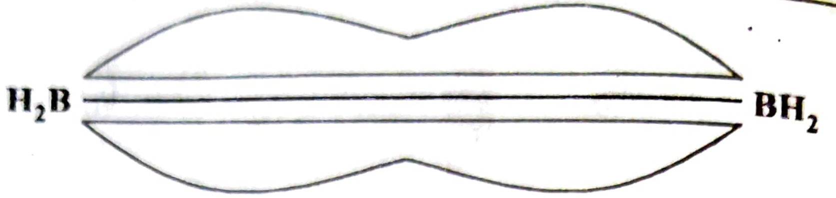
$H^+[H_2B = BH_2]H^+$

(2) **પિટ્ઝરનું સૂત્ર :** તેમાં બોરોનના બે પરમાણુઓ વચ્ચે પ્રોટોન યુક્ત દ્વિબંધ હોય છે. (જે સુધારેલા હાઈડ્રોજન બ્રીજ બંધારણ વડે દર્શાવાય છે.)

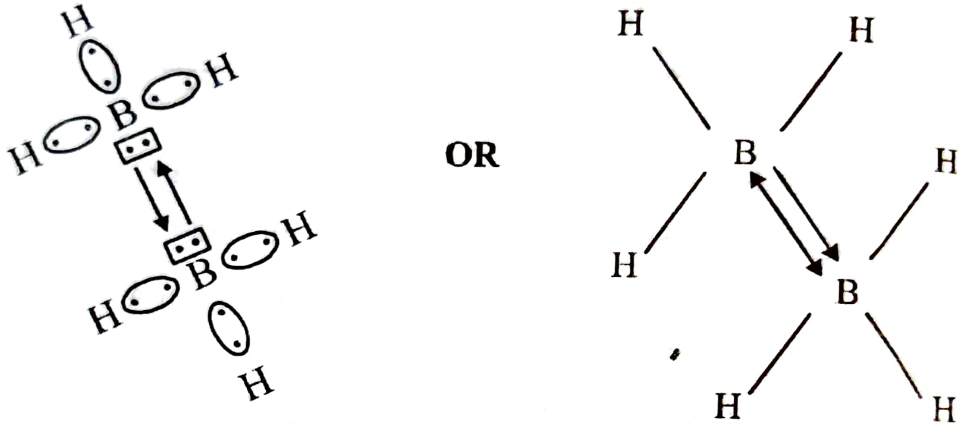




પિટ્ઝરના મત મુજબ બોરેન પરમાણુઓ સહસંયોજક બંધના πe^- વાદળમાં બે પ્રોટોનના ડૂબાડવાને કારણે ઋણવીજભાર ધારણ કરે છે. πe^- વડે આ પ્રોટોન ઢંકાયેલો હોય છે.



(3) **સવર્ગ સૂત્ર : વોલ્સે 1947 માં આ સૂત્ર આપ્યું**

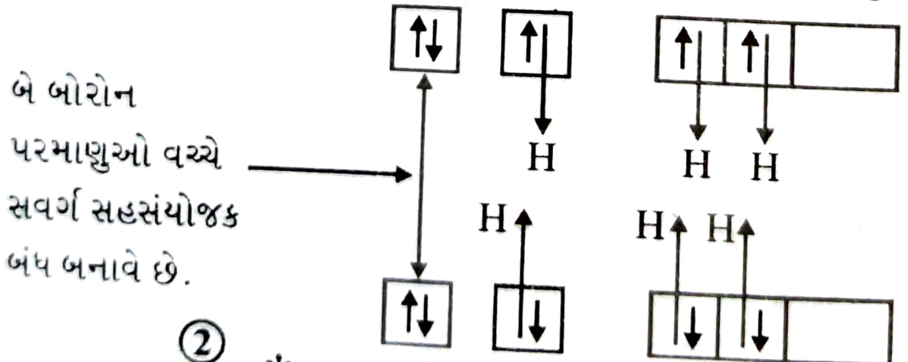


B_5 : $1s^2\ 2s^2\ 2px^1\ 2py^0\ 2pz^0$

B_5^* : $1s^2\ 2s^1\ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^0$

H_1 : $1s^1$

B_2H_6 : ① **B_5^*** : $1s^2\ \ 2s^2\ \ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^0$



② **B_5^*** : $1s^2\ \ 2s^2.\ \ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^0$

(4) **હાઈડ્રોજન બ્રીજ બંધારણ : (B_2H_6 નું બ્રીજ બંધારણ) :**

⏭ ડાયબોરેનની સંરચનાનો અભ્યાસ કરતાં માલૂમ પડે છે કે ચાર હાઈડ્રોજન (H) બે બોરેન (B) પરમાણુઓ એક જ સમતલમાં રહે છે. પરંતુ બાકીના બે હાઈડ્ર પરમાણુઓ આ તલને લંબ ઉપર – નીચે બે બોરેન પરમાણુઓની વચ્ચે બે હાઈડ્ર પુલ (bridge, સેતુ) બનાવે છે, જે નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે હોય છે.