তত্ত্বীয় আলোচনা	= ২১
শ্রেণি কর্মকাণ্ড	= ৯
মোট পিরিয়ড	= ৩০

তৃতীয় অধ্যায়

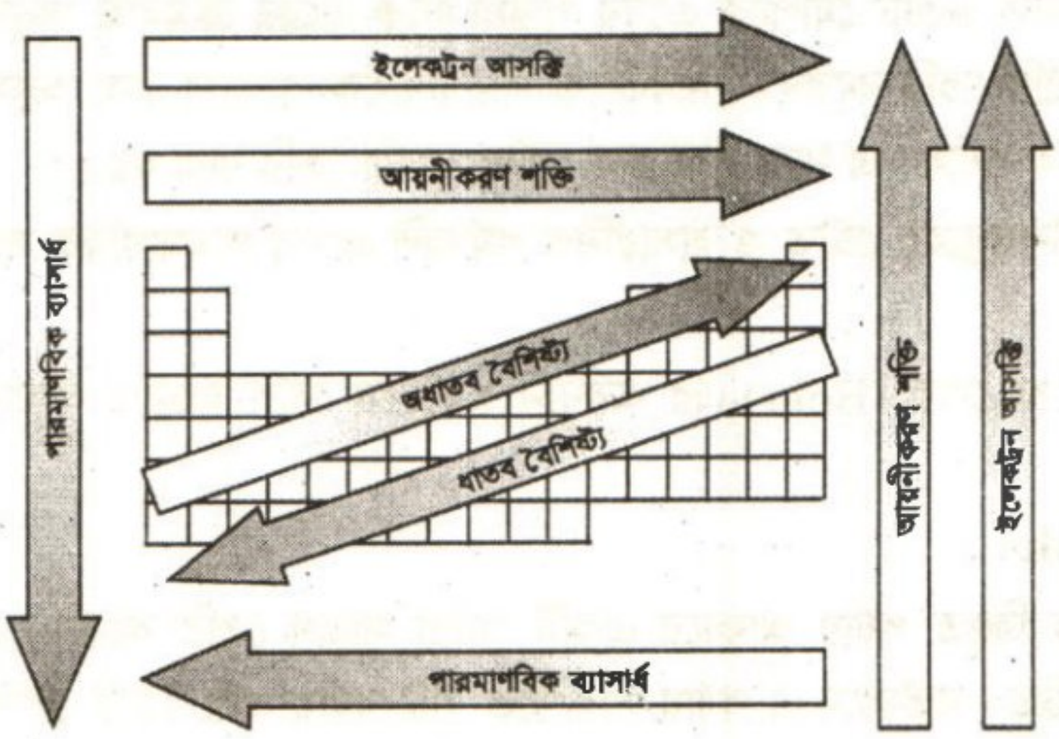
মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধন

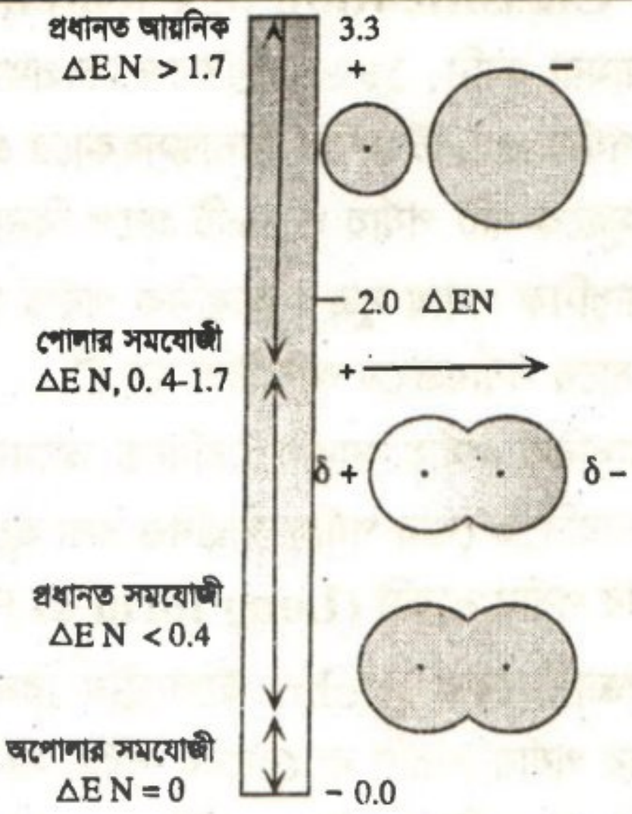
Periodic Properties and Bonding in Elements

অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) : ইলেকট্রন বিন্যাস, অবস্থান্তর মৌল, ক্ষার ধাতু, পর্যায়বৃত্ততা, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ ঋণাত্মকতা, অক্সাইডের pH পর্যায়বৃত্ততা, অরবিটাল সংকরণ, সিগমা ও পাই বন্ধন, অণুর আকৃতি, মুক্তজোড় ইলেকট্রন, সন্নিবেশ বন্ধন, পোলারায়ন, ডাইপোল, ভ্যানডার ওয়ালস বল, H-বন্ধন, H-বন্ধনের গুরুত্ব, অজৈব যৌগের নামকরণে IUPAC পদ্ধতি।

ভূমিকা (Introduction)

আমরা দ্বিতীয় অধ্যায়ে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে জেনেছি যে, মৌলসমূহের ধর্মাবলি ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়ে পুনরাবৃত্তি ঘটে। এ কারণে মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরিবর্তনশীল ধর্মসমূহকে পর্যায়বৃত্ত বা পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম বলা হয়। আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির ওপর নির্ভর করে ধাতু ও অধাতুর মধ্যে আয়নিক বন্ধন, অধাতুর পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন ঘটে। আবার আয়নিক যৌগে পোলারায়ন ও সমযোজী অণুতে পোলারিটি সৃষ্টির ফলে উভয় শ্রেণির যৌগের মধ্যে বিপরীত মিশ্র রাসায়নিক ধর্মাবলি প্রকাশ পায়। বিভিন্ন শ্রেণি বা গ্রুপের মৌল ও তাদের যৌগের মধ্যে এসব বৈশিষ্ট্য আমরা গভীর আগ্রহসহকারে ধাপে ধাপে লক্ষ্য করবো।





শিখনফল : এ অধ্যায় পাঠশেষে শিক্ষার্থীরা—

১. ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর ভিত্তি করে মৌলসমূহকে s, p, d ও f ব্লকে শ্রেণিবিভাগ করতে পারবে।

২. বিভিন্ন ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি জানতে ও বর্ণনা করতে পারবে।

৩. মৌলসমূহের বিভিন্ন ধর্মের পর্যায়বৃত্ততা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৪. মৌলের আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতার ওপর নিয়ামকের (পরমাণুর আকার, উপস্তর, ইলেকট্রন বিন্যাস ইত্যাদির) প্রভাব জানতে ও বর্ণনা করতে পারবে।

৫. পর্যায় সারণির বিভিন্ন মৌলের (যেমন, ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের) অক্সাইডের ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৬. **ব্যবহারিক :** মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের pH মান 'হাতে-কলমে' কাজের মাধ্যমে নির্ণয় করে তাদের অম্লক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৭. মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে পারবে।

CamScanner

৮. অরবিটাল অধিক্রমণের ভিত্তিতে সমযোজী বন্ধনের শ্রেণিবিভাগ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৯. অরবিটালের সংকরণের ধারণা ও সংকর অরবিটালের প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১০. সংকর অরবিটালের সাথে সমযোজী যৌগের আকৃতির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১২. ছোটো ছোটো গোল আলু ব্যবহার করে 'হাতে কলমে' বিভিন্ন যৌগের মডেল তৈরি করে দেখাতে পারবে।
১৩. সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধনের গঠন কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৪. সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন সমযোজী বন্ধনের একটি রূপ তা প্রমাণ করতে পারবে।
১৫. আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ফাজানের সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৬. **ব্যবহারিক :** পরীক্ষার মাধ্যমে পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ করতে পারবে।
১৭. ভ্যানডার ওয়ালস বল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৮. হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৯. H_2O তরল হলেও H_2S গ্যাস এর কারণ বিশ্লেষণ করতে পারবে।
২০. জীবজগতের টিকে থাকার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
২১. অজৈব যৌগের নামকরণ করতে পারবে।

৩.১ ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে মৌলের শ্রেণিবিভাগ

Classification of Elements based on Electronic Configuration

আমরা জানি, ১৮৬৯ খ্রিষ্টাব্দে সর্বপ্রথম মেন্ডেলিফ জ্ঞাত ৬৩টি মৌলকে এদের **পারমাণবিক ভরের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে ১২টি পর্যায় ও ৮টি গ্রুপে বিন্যস্তসহকারে প্রথম পর্যায় সারণি** তৈরি করেন। পরবর্তীতে পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম অনুসারে মৌলসমূহকে ৭টি পর্যায় ও ১৮টি গ্রুপে বিন্যস্ত করে আধুনিক পর্যায় সূত্র মতে **দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি** তৈরি করা হয়।

আধুনিক পর্যায় সূত্র : আধুনিক পর্যায় সূত্র মতে, **"মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"**

আধুনিক পর্যায় সারণি তৈরিতে অনেক বিজ্ঞানীর মধ্যে বোর (Bohr)-এর অবদান সবচেয়ে বেশি হওয়ায় দীর্ঘাকার পর্যায় সারণিকে **বোর পর্যায় সারণিও** বলা হয়।

দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি (Long form of Periodic table)

বিজ্ঞানী বোর (Bohr) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে বিস্তৃত পর্যায় আকারে একটি পর্যায় সারণি তৈরি করেন। এটি দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি বা বোরের পর্যায় সারণি নামে পরিচিত। বর্তমানে এ পর্যায় সারণিতে 7টি পর্যায় এবং 18টি শ্রেণি বা গ্রুপ রয়েছে। দীর্ঘ পর্যায়ে 10টি করে d-ব্লক মৌল পর্যায় সারণির মধ্যভাগে থাকে। প্রতি পর্যায়ের শেষ প্রান্তে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলোর অবস্থান নির্দিষ্ট করা হয়েছে। ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইড মৌলগুলোকে পৃথক দু সিরিজ হিসেবে এ সারণির ষষ্ঠ এবং সপ্তম পর্যায়ের তৃতীয় গ্রুপে রাখা হয়েছে। এটিই হলো আধুনিক পর্যায় সারণি।

আধুনিক পর্যায় সারণির ভিত্তি : আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলের পর্যায়ভিত্তিক শ্রেণিবদ্ধকরণের মূল ভিত্তি হলো মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাস। আবার পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ক্ষেত্রে অরবিটালসমূহের ইলেকট্রন ধারণের ক্রম অনুসারে মৌলসমূহকে চারটি ব্লকে ভাগ করা হয়েছে। নিচের চিত্র-৩.১ এ তা দেখানো হলো। উল্লেখ্য ১০.১১.২০১৬ পর্যন্ত আবিষ্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত মৌলের সংখ্যা হলো ১১৮টি। ২০১৬ খ্রিষ্টাব্দে অনুমোদিত 113, 115, 117 ও 118 পারমাণবিক সংখ্যার চারটি মৌল দ্বারা সপ্তম পর্যায়টি পূর্ণতা লাভ করলো।

আউফবাউ নীতি অনুসারে, পর্যায় সারণিতে সর্বোচ্চ বামদিক থেকে ডানদিকে পর্যায়ক্রমে পরমাণুর অরবিটালসমূহে ইলেকট্রন প্রবেশের ক্রম হলো :

$$1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow 5s \rightarrow 4d \rightarrow 5p \rightarrow 6s \rightarrow 4f \rightarrow 5d \rightarrow 6p \rightarrow 7s \rightarrow 5f \rightarrow 6d \rightarrow 7p$$

MAT (12-13)

ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলসমূহের চারটি ব্লক ও এদের বর্ণনা হলো নিম্নরূপ :

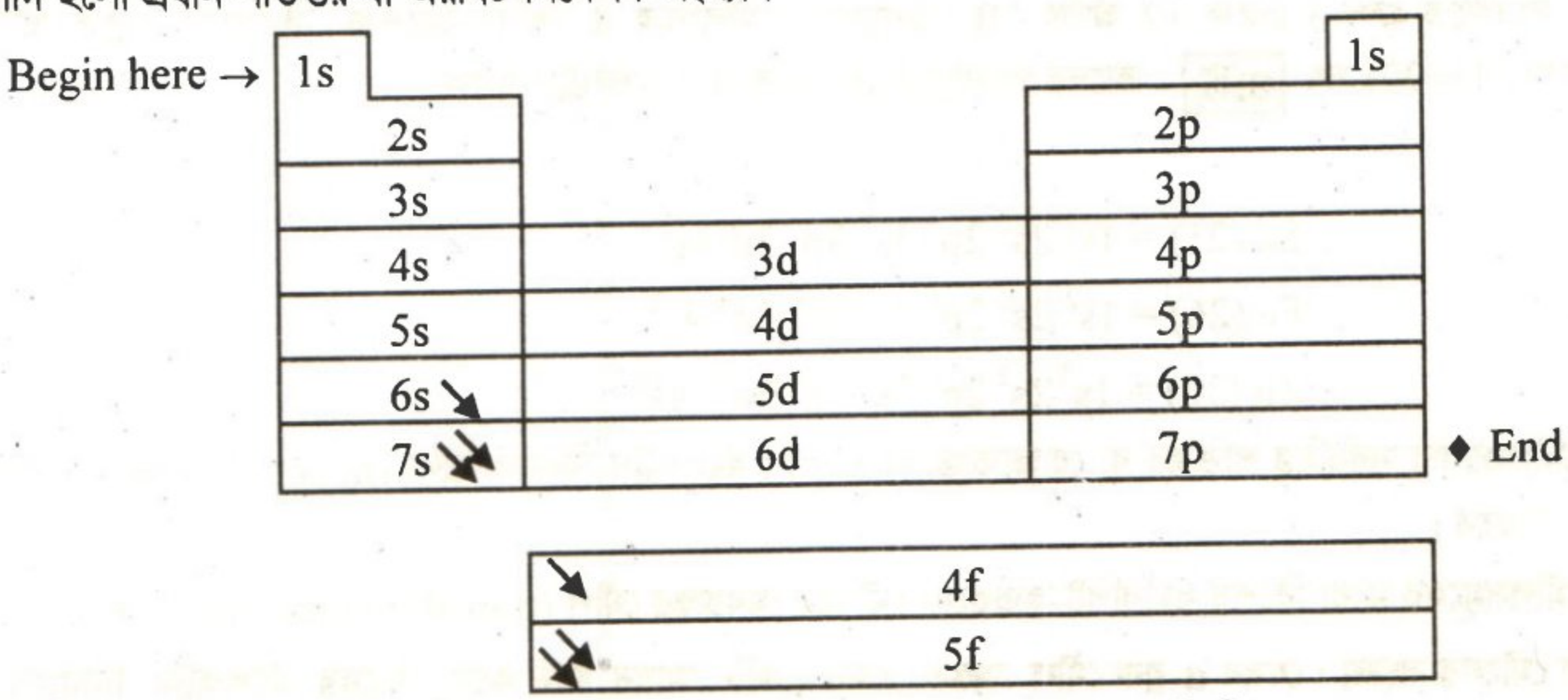
(১) s- ব্লক মৌল : যেসব মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটি s-অরবিটালে যায়, তাদেরকে s-ব্লক মৌল বলে। সেসব মৌলের সর্ববহিঃস্তরে s^1 অথবা s^2 ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে। পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও 2 (IA ও IIA) মৌলসমূহ এবং He এ s-ব্লকের অন্তর্ভুক্ত। s-ব্লকের মৌলের সংখ্যা হলো ১৪টি। যেমন,

DAT (21-22)

$H\ (1) = 1s^1$
$He\ (2) = 1s^2$
$Li\ (3) = 1s^2\ 2s^1$
$Be\ (4) = 1s^2\ 2s^2$
$Mg\ (12) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

MCQ-3.1 : ২০১৬ সাল পর্যন্ত আবিষ্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত মৌলের সংখ্যা কত?
(ক) 113 (খ) 115
(গ) 117 (ঘ) 118

s-ব্লক মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর বা যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো ns^1 বা ns^2 ; এখানে n = 1, 2, 3 ইত্যাদি হলো প্রধান শক্তিস্তর বা অরবিট নির্দেশক সংখ্যা।



চিত্র-৩.১ : পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের চারটি ব্লক (s, p, d, f)।

(২) p-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের পরমাণুতে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি p অরবিটালে যায়, তাদেরকে p-ব্লক মৌল বলে। পর্যায় সারণির গ্রুপ- 13, 14, 15, 16, 17 ও 18 (IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA এবং VIIIA) গ্রুপের He ব্যতীত মৌলসমূহ এ ব্লকের অন্তর্ভুক্ত। এ ছাড়া নতুন আবিষ্কৃত নিহোনিয়াম, Nh(113), ফ্লেরোভিয়াম, Fl (114), মস্কোভিয়াম, Mc (115) ও লিভারমরিয়াম, Lv (116), টেনেসিন, Ts (117) ও ওগানেসান, Og (118) সহ বর্তমানে p-ব্লক মৌলের সংখ্যা ৩৬টি। যেমন,

DAT (21-22)

$B\ (5) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^1$
$C\ (6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$
$Al\ (13) = ls^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
$Cl\ (17) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
$Ar\ (18) = ls^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

MCQ-3.2 : s-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) 14 (খ) 24 (গ) 26 (ঘ) 36

p-ব্লক মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর বা যোজ্যতাস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো ns^2np^1 থেকে ns^2np^6। এখানে n = 2, 3, 4, 5 ইত্যাদি সর্ববহিস্থ অরবিট হবে।

CamScanner

জেনে নাও :

১০-১১-২০১৬ ইং পর্যন্ত আবিষ্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত 113, 115, 117 ও 118 পারমাণবিক সংখ্যার চারটি মৌলের প্রতীক, ইংরেজি নাম ও নামের উচ্চারণ নিম্নরূপ :

$_{113}$Nh, Nihonium [nee-HOH–neeum] = নিহোনিয়াম

$_{115}$Mc, Moscovium [Mah–SKOH–vee-um] = মস্কোভিয়াম

$_{117}$Ts, Tennessine [TEH–neh-seen] = টেনেসিন

$_{118}$Og, Oganesson [OH-gah–NEH–sun] = ওগানেসান

MCQ-3.3 : p-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত? [য. বো. ২০১৬]
(ক) 14 (খ) 36 (গ) 41 (ঘ) 27

(৩) d-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি d অরবিটালে যায়, তাদেরকে d-ব্লক মৌল বলে। চতুর্থ পর্যায়ের স্ক্যানডিয়াম, Sc (21) থেকে জিঙ্ক, Zn (30) এবং পঞ্চম পর্যায়ের ইট্রিয়াম, Y (39) থেকে ক্যাডমিয়াম, Cd (48) মৌলগুলো d-ব্লক মৌল। এছাড়া ষষ্ঠ পর্যায় ও সপ্তম পর্যায়ে d-ব্লক মৌল আছে। তারা সবই ধাতু। পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-3 থেকে 12 অর্থাৎ "B" উপশ্রেণির মৌলসমূহ এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। বর্তমানে d-ব্লক মৌলের সংখ্যা থোরিয়াম, Th(90) সহ ৪১টি। তাদের পরমাণুতে d^1 থেকে d^{10} ইলেকট্রন থাকে।

MAT (17-18)

যেমন,

$$Sc\ (21) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1 4s^2$$

$$Fe\ (26) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$$

$$Zn\ (30) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$$

d-ব্লক মৌলগুলোর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর বা যোজ্যতাস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $(n-1)\ d^{1-10}\ ns^{1-2}$। এখানে $n = 4, 5, 6, 7$ হবে।

d-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে বিশেষ ধর্মবিশিষ্ট কতগুলো মৌলকে **অবস্থান্তর মৌল** (transition elements) বলে।

অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা : যেসব d-ব্লক মৌল অন্তত এমন একটি আয়ন গঠন করে, যাদের ইলেকট্রন বিন্যাসে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ ($d^1 - d^9$) থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলে।

অবস্থান্তর মৌলসমূহের বৈশিষ্ট্য :

(১) অবস্থান্তর মৌলসমূহের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকে,

(২) তারা রঙিন যৌগ গঠন করে,

(৩) তারা জটিল যৌগ গঠন করে,

(৪) তারা প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে,

(৫) তারা প্যারাচুম্বকীয় ধর্ম প্রদর্শন করে।

MCQ-3.4 : s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌল সংখ্যার ক্রম কোন্‌টি?
(ক) 36, 14 (খ) 41, 36
(গ) 14, 36 (ঘ) 14, 41

অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা মতে, ৪র্থ পর্যায়ের d-ব্লকভুক্ত Sc এবং Zn – এ দুটি মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়। কারণ তারা কেবল Sc^{3+} আয়ন এবং Zn^{2+} আয়ন গঠন করে। Sc^{3+} আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটালে কোনো ইলেকট্রন নেই এবং Zn^{2+} আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটাল পূর্ণ অর্থাৎ $3d^{10}$ থাকে।

$$Sc^{3+}\ (21) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^0}$$

$$Zn^{2+}\ (30) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}}$$

CamScanner

অপরদিকে Fe হলো d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল উভয়ই। কারণ এটির Fe^{2+} আয়ন ও Fe^{3+} আয়নের d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে। যেমন—

$$Fe^{2+} = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^6}$$

$$Fe^{3+} = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^5}$$

MCQ-3.5 : d-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত? [ঢা. বো. ২০১৭]
(ক) 14 (খ) 36 (গ) 41 (ঘ) 27

এজন্য বলা হয়, **সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; কিন্তু সব অবস্থান্তর মৌল d-ব্লক মৌল বটে।**

(৪) f-ব্লক মৌল : এসব মৌলের পরমাণুতে সর্বশেষ ইলেকট্রন f অরবিটালে যায়। ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ল্যান্থানাম, La (57) থেকে পরবর্তী লুটেসিয়াম, Lu (71) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে **ল্যান্থানয়ড্স** (Lanthanoids) বা **ল্যান্থানাইড সিরিজ** (Lanthanides) এবং অ্যাক্টিনিয়াম, Ac (89) থেকে পরবর্তী লরেনসিয়াম, Lr (103) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে **অ্যাক্টিনয়ড্স** (Actinoids) বা **অ্যাক্টিনাইড সিরিজ** (Actinides) বলা হয়। এ দু'শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত ৩০টি মৌলকে বর্তমানে আধুনিকতম পর্যায় সারণির নিচে লেখা হয়েছে। f-ব্লকের মৌলগুলোর সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো—

$(n-2)\ f^{1-14}\ (n-1)d^{o,\ 1,\ 2}\ ns^2$; এখানে n = 6, 7 হবে।

উল্লেখ্য **ল্যান্থানাইড** সিরিজের ১ম মৌল La (57) এর সর্বশেষ ইলেক্ট্রন $5d^1$ এ এবং অ্যাক্টিনাইড সিরিজের প্রথম মৌল Ac (89) ও ২য় মৌল Th (90) এর সর্বশেষ ইলেকট্রন যথাক্রমে $6d^1$ ও $6d^2$ রূপে আছে। তাই তারা f-ব্লক মৌল নয়। সুতরাং প্রকৃতপক্ষে **f-ব্লক মৌলের সংখ্যা হলো** ২৭টি (পর্যায় সারণি দ্রষ্টব্য)। উল্লেখ্য ল্যান্থানাইড সিরিজের ১৫টি মৌল এবং স্কেন্ডিয়াম (Sc) ও ইট্রিয়াম (Y) সহ ১৭টি মৌলকে **বিরল মৃত্তিকা ধাতু** (rare earth metals) বলা হয়। এসব ধাতুর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে মিল রয়েছে। এসব ধাতুর চুম্বক ও বিদ্যুৎ-রাসায়নিক ধর্মে বিশেষ বৈশিষ্ট্য থাকায় uv fluorescent ink তৈরিতে, উচ্চ তাপমাত্রা ও সুপার কনডাকটিভিটি কাজে কম্পিউটার ও ইলেকট্রনিকস ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল :

যেসব মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস f^1 হতে f^{13} হয়, তাদেরকে **অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল** (Inner transition elements) বলা হয়। তাদের একটি গ্রুপে বা, ল্যান্থানাইড সিরিজভুক্ত মৌলে 4f অরবিটাল অসম্পূর্ণ থাকে এবং তাদের অন্য গ্রুপে বা, অ্যাক্টিনাইড সিরিজভুক্ত মৌলে 5f অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে। এরূপ অন্তঃঅবস্থান্তর মৌলের উদাহরণ হলো সেরিয়াম ($_{58}Ce$) = [Xe] $4f^2 6s^2$। কারণ এর Ce^{3+} আয়নটিতে $4f^1$ ইলেকট্রন থাকে।

আমরা দেখলাম এ যাবৎ (২০১৬ ইং যাবৎ) আবিষ্কৃত Nh (113), F1 (114), Mc (115), Lv (116), Ts (117) ও Og (118) সহ মোট ১১৮টি মৌলকে পর্যায় সারণিতে এদের ইলেকট্রন বিন্যাস মতে চারটি ব্লক যেমন s-ব্লক, p-ব্লক, d-ব্লক ও f-ব্লকে ভাগ করা হয়েছে। এখন এসব ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি জানতে চেষ্টা করবো।

জেনে নাও :
(১) s-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রুপ সংখ্যা = সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা।
(২) p-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রুপ সংখ্যা = 10 + সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা (ns এবং np)
(৩) d-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রুপ সংখ্যা = (n – 1) d + ns উপস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা।
(৪) f-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রুপ সংখ্যা = f-ব্লক মৌলসমূহ পর্যায় সারণির 3 নং গ্রুপে অবস্থান করবে।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১ : ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌল শনাক্তকরণ :
সমস্যা-৩.১ : নিচের মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ এবং কোন মৌলটি কোন ব্লকের তা ব্যাখ্যা করো।
C(6), Na(11), P(15), Ca(20), Cr(24), Fe(26)
সমস্যা-৩.২ : Sc(21) ও Zn(30) মৌল দুটি d-ব্লকভুক্ত মৌল হলেও এরা অবস্থান্তর মৌল নয়;—এর ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০১৫]

CamScanner

IUPAC অনুমোদিত সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি

[যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ]

ধাতু = 94টি, অধাতু = 18টি [11টি গ্যাস, 6টি কঠিন, 1টি তরল (Br_2)]

অপধাতু (সর্বসম্মত) = 6টি (B, Si, Ge, As, Sb, Te)

26 ← পারমাণবিক সংখ্যা
Fe ← প্রতীক
3^64s^2 ← ইলেকট্রন বিন্যাস

গ্রুপ →	1	2	d-ব্লক মৌল										p-ব্লক মৌল					18
পর্যায় ↓			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	1 H $1s^1$																	2 He $1s^2$
2 [He(2)]	3 Li $2s^1$	4 Be $2s^2$											5 B $2s^22p^1$	6 C $2s^22p^2$	7 N $2s^22p^3$	8 O $2s^22p^4$	9 F $2s^22p^5$	10 Ne $2s^22p^6$
3 [Ne(10)]	11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$											13 Al $3s^23p^1$	14 Si $3s^23p^2$	15 P $3s^23p^3$	16 S $3s^23p^4$	17 Cl $3s^23p^5$	18 Ar $3s^23p^6$
4 [Ar(18)]	19 K $4s^1$	20 Ca $4s^2$	21 Sc $3d^15s^2$	22 Ti $3d^24s^2$	23 V $3d^34s^2$	24 Cr $3d^54s^1$	25 Mn $3d^54s^2$	26 Fe $3d^64s^2$	27 Co $3d^74s^2$	28 Ni $3d^84s^2$	29 Cu $3d^{10}4s^1$	30 Zn $3d^{10}4s^2$	31 Ga $4s^24p^1$	32 Ge $4s^24p^2$	33 As $4s^24p^3$	34 Se $4s^24p^4$	35 Br $4s^24p^5$	36 Kr $4s^24p^6$
5 [Kr(36)]	37 Rb $5s^1$	38 Sr $5s^2$	39 Y $4d^15s^2$	40 Zr $4d^25s^2$	41 Nb $4d^45s^1$	42 Mo $4d^55s^1$	43 Tc $4d^55s^2$	44 Ru $4d^75s^1$	45 Rh $4d^85s^1$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $4d^{10}5s^1$	48 Cd $4d^{10}5s^2$	49 In $5s^25p^1$	50 Sn $5s^25p^2$	51 Sb $5s^25p^3$	52 Te $5s^25p^4$	53 I $5s^25p^5$	54 Xe $5s^25p^6$
6 [Xe(54)]	55 Cs $6s^1$	56 Ba $6s^2$	57 La $5d^16s^2$	72 Hf $5d^26s^2$	73 Ta $5d^36s^2$	74 W $5d^46s^2$	75 Re $5d^56s^2$	76 Os $5d^66s^2$	77 Ir $5d^76s^2$	78 Pt $5d^96s^1$	79 Au $5d^{10}6s^1$	80 Hg $5d^{10}6s^2$	81 Tl $6s^26p^1$	82 Pb $6s^26p^2$	83 Bi $6s^26p^3$	84 Po $6s^26p^4$	85 At $6s^26p^5$	86 Rn $6s^26p^6$
7 [Rn(86)]	87 Fr $7s^1$	88 Ra $7s^2$	89 Ac $6d^17s^2$	104 Rf $6d^27s^2$	105 Db $6d^37s^2$	106 Sg $6d^47s^2$	107 Bh $6d^57s^2$	108 Hs $6d^67s^2$	109 Mt $6d^77s^2$	110 Ds $6d^97s^1$	111 Rg $6d^{10}7s^1$	112 Cn $6d^{10}7s^2$	113 Nh $7s^27p^1$	114 Fl $7s^27p^2$	115 Me $7s^27p^3$	116 Lv $7s^27p^4$	117 Ts $7s^27p^5$	118 Og $7s^27p^6$

f-ব্লক মৌল

ল্যান্থানাইড সারি → [Xe(54)]	58 Ce $4f^15d^16s^2$	59 Pr $4f^35d^06s^2$	60 Na $4f^45d^06s^2$	61 Nd $4f^55d^06s^2$	62 Sm $4f^65d^06s^2$	63 Eu $4f^65d^06s^2$	64 Pu $4f^75d^16s^2$	65 Tb $4f^95d^06s^2$	66 Dy $4f^{10}5d^06s^2$	67 Ho $4f^{11}5d^06s^2$	68 Er $4f^{12}5d^06s^2$	69 Tm $4f^{13}5d^06s^2$	70 Yb $4f^{14}5d^06s^2$	71 Lu $4f^{14}5d^16s^2$
অ্যাক্টিনাইড সারি → [Rn(86)]	90 Th $5f^06d^27s^2$	91 Pa $4f^25d^17s^2$	92 Ua $5f^36d^16s^2$	93 Np $5f^45d^17s^2$	94 Pu $5f^66d^07s^2$	95 Am $5f^76d^07s^2$	96 Cm $5f^75d^17s^2$	97 Bk $4f^96d^06s^2$	98 Dy $5f^{10}6d^06s^2$	99 Es $5f^{11}6d^07s^2$	100 Em $5f^{12}6d^07s^2$	101 Md $5f^{13}6d^07s^2$	102 No $5f^{14}6d^07s^2$	103 Lr $5f^{14}6d^17s^2$

সমস্যা : ওপরের সারণিতে দেয়া যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস লক্ষ্য করো এবং এদের মধ্যে ২১টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটেছে, তা চিহ্নিত করো।

নির্দেশিকা : পারমাণবিক সংখ্যা 24, 29, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 57, 58, 64, 78, 79, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 110, 111 এসব মৌলের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখো।

CamScanner

৩.১.১ ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান নির্ণয়

Position of Elements in Periodic Table from Electronic Configuration

যেহেতু পর্যায় সারণির সত্যিকার ভিত্তি হচ্ছে ইলেকট্রন বিন্যাস, সেহেতু যেকোনো মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে তার অবস্থান সহজেই বের করা যায়। কোনো মৌলের সত্যিকার ইলেকট্রন বিন্যাস জানা না থাকলেও মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা মতে অরবিটালের শক্তিক্রম অনুযায়ী তার ইলেকট্রন বিন্যাস লিখে পর্যায় সারণিতে এর স্থান নির্ণয় করা হয়। এ ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করতে হয়।

(ক) পর্যায় সংখ্যা নির্ণয় : মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n এর মান মৌলের পর্যায় সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন Na (11)-এর ইলেকট্রন বিন্যাস Na (11) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ হতে দেখা যায়; এতে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n = 3। সুতরাং Na মৌলটি **৩য় পর্যায়ে** অবস্থিত।

(খ) গ্রুপ সংখ্যা নির্ণয় : কোন গ্রুপে মৌলটি অবস্থিত তা নির্ধারণের জন্য মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাসগত ব্লক ও যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা জানা প্রয়োজন। যেমন,

(১) s-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় সর্ববহিস্থ s অরবিটাল (ns^{1-2}) এর মোট ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির গ্রুপ সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন, ns^1 দ্বারা গ্রুপ-1 এবং ns^2 দ্বারা গ্রুপ-2 বোঝায়।

(২) p-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় ($10 + ns^2\ np^{1-6}$) এর মোট ইলেকট্রন সংখ্যা গ্রুপ সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন, $ns^2\ np^1$ দ্বারা (10 + 2 + 1) = 13 নং গ্রুপ বোঝায়; $ns^2\ np^2$ দ্বারা (10 + 2 + 2) = 14 নং গ্রুপ বোঝায়।

(৩) d-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় (n–1)d ns অরবিটাল দুটির মোট ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির গ্রুপ সংখ্যা প্রকাশ করে।

(৪) f-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় যোজ্যতাস্তরে f অরবিটালে ইলেকট্রন থাকে। f-ব্লকভুক্ত সব মৌল গ্রুপ-3 এর অন্তর্ভুক্ত। নিচে সাতটি উদাহরণ দ্বারা উপরোক্ত নিয়মগুলো ব্যাখ্যা করা হলো। যেমন—

উদাহরণ : $Na(11) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^1}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-1

$Cl(17) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^5}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-(10 + 7) = 17

$Ar(18) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-(10 + 8) = 18

$Cr(24) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^5\ 4s^1}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-6

$Ni(28) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^8\ 4s^2}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-10

$Cu(29) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}\ 4s^1}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-11

$Ce(58) \longrightarrow [Xe\ (54)]\ \boxed{4f^2\ 6s^2}$ এর পর্যায় সংখ্যা = 6; গ্রুপ-3 [যেহেতু f ব্লকভুক্ত]

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১ : পর্যায় সারণিতে নিম্নোক্ত পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলসমূহের অবস্থান নির্ণয় করো :

(ক) 18 (খ) 22 (গ) 29 (ঘ) 48 (ঙ) 16 (চ) 59

সমাধান : (ক) পারমাণবিক সংখ্যা 18 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6}$। সুতরাং অষ্টক পূর্ণ থাকায় এটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। অতএব এটির গ্রুপ সংখ্যা 18। যেহেতু ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3, সেহেতু মৌলটির **অবস্থান ৩য় পর্যায়ে। তাই মৌলটির পর্যায় হলো** 3 এবং গ্রুপ-18।

(খ) পারমাণবিক সংখ্যা 22 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^2\ 4s^2}$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, সেহেতু মৌলটি **চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত**। অসম্পূর্ণ d অরবিটাল ($3d^2$) হতে বোঝা যায় যে এটি d-ব্লক মৌল। 3d ও 4s অরবিটালে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা (2 + 2) = 4। অতএব এটির গ্রুপ সংখ্যা 4। তাই মৌলটির পর্যায় হলো 4, গ্রুপ সংখ্যা- 4।

(গ) পারমাণবিক সংখ্যা 29 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}\ 4s^1}$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, সেহেতু মৌলটি **চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত**। $3d^{10}\ 4s^1$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকায় এটির গ্রুপ সংখ্যা- 11। তাই মৌলটির পর্যায় সংখ্যা- 4, গ্রুপ সংখ্যা- 11।

(ঘ) পারমাণবিক সংখ্যা 48 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ \boxed{4d^{10}\ 5s^2}$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 5, সেহেতু মৌলটি **৫ম পর্যায়ে অবস্থিত**। $4d^{10}\ 5s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে এটির গ্রুপ সংখ্যা-12।

(ঙ) পারমাণবিক সংখ্যা 16 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^4}$ । সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3 হওয়ায় মৌলটি **৩য় পর্যায়ে অবস্থিত**। এটি একটি প্রতিরূপী মৌল 3s ও 3p অরবিটালে সর্বমোট ইলেকট্রন সংখ্যা (2 + 4) = 6 হওয়ায় এটি (10 + 6) = 16 গ্রুপে অবস্থিত।

(চ) পারমাণবিক সংখ্যা 59 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ \boxed{4f^3}\ 5s^2\ 5p^6\ 6s^2$। সর্বোচ্চ কোয়ান্টাম সংখ্যা 6 হওয়ায় মৌলটি **৬ষ্ঠ পর্যায়ে অবস্থিত**। আংশিক পূর্ণ 4f অরবিটাল থাকায় এটি একটি অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল। অতএব এটি গ্রুপ -3 এর অন্তর্ভুক্ত।

৩.২ বিভিন্ন ব্লকের মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি

General Properties of Blocks-Elements

s-ব্লক মৌলসমূহ (s-block elements) :

s-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রন s অরবিটালে প্রবেশ করে, তাদেরকে s-ব্লক মৌল বলে। পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর 13টি মৌল ও He সহ মোট 14টি মৌল হলো s-ব্লকের মৌল। এদের যোজ্যতাস্তরে বা সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে ns^1 অথবা ns^2 ইলেকট্রন থাকে।

s-ব্লকের ধাতুসমূহ দুটি বিশেষ নামে পরিচিত; যেমন—

(১) ক্ষার ধাতু বা অ্যালকালি মেটালস (alkali metals) ও

(২) মৃৎ ক্ষার ধাতু বা alkaline earth metals

MCQ-3.6 : f-বকের মৌল সংখ্যা কত? [ব. বো. ২০১৬]

(ক) 14 (খ) 41 (গ) 30 (ঘ) 27

(১) ক্ষার ধাতু : s-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহ যেমন Li, Na, K, Rb, Cs ও Fr ইত্যাদিকে ক্ষার ধাতু বলে। কারণ এসব মৌল পানির সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে সবল ক্ষার ধাতব হাইড্রক্সাইড ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। যেমন—

$$2Li\ (s) + 2H_2O\ (l) \longrightarrow 2LiOH\ (aq) + H_2\ (g)$$

$$2Na\ (s) + 2H_2O\ (l) \longrightarrow 2NaOH\ (aq) + H_2\ (g)$$

$$2K\ (s) + 2H_2O\ (l) \longrightarrow 2KOH\ (aq) + H_2\ (g)$$

মৃৎ-ক্ষার ধাতু : গ্রুপ-2 এর ধাতব মৌলসমূহ হলো Be, Mg, Ca, Sr, Ba ও Ra। এদের ns^2 যোজ্যতা ইলেকট্রন থাকে। এদেরকে **মৃৎ-ক্ষার ধাতু** (alkaline earth metals) বলে। কারণ এ ধাতুগুলোর মধ্যে Mg ও Ca এর অক্সাইড ও

RMDAC

কার্বনেট লবণ মাটি বা মৃত্তিকায় পাওয়া যায়। এরা পানির সাথে ধীরে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড ক্ষারক ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Ca\,(s) + 2H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq) + H_2\,(g)$$

$$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq)$$

৩.২.১ s-ব্লক ধাতব মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of s-block metals)

(১) s-ব্লকের ধাতব মৌলসমূহ নিম্নগলনাঙ্ক ও নিম্নস্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট ধাতু। যেমন, গ্রুপ-1 এর সর্বোচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট ধাতু হলো Li; এর গলনাঙ্ক হলো 180.5°C এবং Cs এর গলনাঙ্ক হলো 28.4°C। অপরদিকে Be এর গলনাঙ্ক 1278°C, Ra এর গলনাঙ্ক হলো 700°C।

(২) s-ব্লকের মৌলসমূহ নরম ও নমনীয় ধাতু; যেমন Na ধাতুকে ছুরি দিয়ে কাটা যায়।

(৩) গ্রুপ-1 এর ধাতুসমূহ, এদের যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns^1) ত্যাগ করে একক ধনাত্মক আয়ন (Li^+,Na^+) এবং গ্রুপ-2 এর ধাতুসমূহ, এদের যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns^2) ত্যাগ করে দ্বিধনাত্মক আয়ন (Be^{2+},Mg^{2+}) তৈরি করে।

(৪) গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর ক্যাটায়নসমূহে কোনো বিজোড় বা **অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় এদের যৌগসমূহ বর্ণহীন।** কিন্তু ব্যতিক্রম হলো এদের সাথে বর্ণযুক্ত ঋণাত্মক আয়নবিশিষ্ট ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), ক্রোমেট (K_2CrO_4), ম্যাঙ্গানেট (K_2MnO_4) ও পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) লবণসমূহ বর্ণযুক্ত হয়।

(৫) **ক্যাটায়নসমূহে বিজোড় ইলেকট্রন না থাকায়, এরা ডায়াম্যাগনেটিক বা চুম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিকর্ষিত হয়।**

(৬) গ্রুপ-1 এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম; এদের তুলনায় গ্রুপ-2 এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি বেশি হয়। [অনুচ্ছেদ ৩.৩ (ঘ) দেখো]

(৭) s-ব্লক মৌল হলো তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক মৌল। এদের সক্রিয়তা একই গ্রুপের নিচের দিকের মৌলসমূহে বৃদ্ধি পায়।

(৮) s-মৌলসমূহ তীব্র বিজারকরূপে ক্রিয়া করে।

(৯) Be ও Mg ব্যতীত s-ব্লকের অন্য সব মৌল বুনসেন শিখায় বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণ সৃষ্টি করে।

* বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর পরমাণু তুলনামূলকভাবে আকারে ছোটো। এদের নিউক্লিয়াস দ্বারা যোজ্যতা ইলেকট্রন অধিক আকৃষ্ট থাকে; ফলে এদের আয়নীকরণ শক্তি অন্য সব s-ব্লক মৌলের চেয়ে বেশি হয়। বুনসেন শিখার তাপে এসব মৌলের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন উদ্দীপিত হয়ে উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত হতে পারে না। এ কারণে Be ও Mg এর পরমাণু বা ধাতব লবণ বুনসেন শিখায় কোনো বিশেষ বর্ণ সৃষ্টি করে না।

(১০) **Be ব্যতীত s-ব্লকের অন্য সব ধাতু আয়নিক যৌগ গঠন করে।**

ছোটো আকারের জন্য কখনো Be^{2+} আয়ন সৃষ্টি হয় না। Li পরমাণু Li^+ আয়ন গঠন করলেও এর অধিক চার্জ ঘনত্বের কারণে পোলার সমযোজী যৌগে পরিণত হয়। এ কারণে Li-লবণ পানিতে কম দ্রবণীয়। LiCl, LiBr, LiI প্রভৃতি পোলার দ্রাবক অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে অধিক দ্রবণীয় হয়।

s-ব্লক মৌলসমূহের প্রত্যেকটির ইলেকট্রন বিন্যাসকে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের প্রতীকের সাথে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর বা যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ নিম্নরূপে দেখানো হয়। [বইয়ের প্রথমে দেয়া পর্যায় সারণি দেখো।]

গ্রুপ-1	H(I) $1s^1$	Li(3) [He] $2s^1$	Na(11) [Ne] $3s^1$	K(19) [Ar] $4s^1$	Rb(37) [Kr] $5s^1$	Cs(55) [Xe] $6s^1$	Fr(87) [Rn] $7s^1$
গ্রুপ-2		Be(4) [He] $2s^2$	Mg(12) [Ne] $3s^2$	Ca(20) [Ar] $4s^2$	Sr(38) [Kr] $5s^2$	Ba(56) [Xe] $6s^2$	Ra(88) [Rn] $7s^2$

CamScanner

গ্রুপ → / পর্যায় ↓	1	M.P °C	2	M.P °C
2	$_3Li$	180.5	$_4Be$	1278
3	$_{11}Na$	97.7	$_{12}Mg$	650
4	$_{19}K$	63.3	$_{20}Ca$	842
5	$_{37}Rb$	39.3	$_{38}Sr$	777
6	$_{55}Cs$	28.4	$_{56}Ba$	727
7	$_{87}Fr$	—	$_{88}Ra$	700
ইলেকট্রন বিন্যাস	ns^1		ns^2	

MCQ-3.7 : কোন্‌গুলো অপধাতু?

(ক) Si, Ge, As

(খ) Na, K, Rb

(গ) Mg, Al, Sb

(ঘ) B, Fe, Ni

জেনে নাও : অধিক ব্যবহৃত সবল ক্ষার বা, অ্যালকালি দ্রবণ হলো KOH, NaOH এবং LiOH দ্রবণ।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২ : Be ও Mg ধাতু বুনসেন শিখায় কোনো বিশেষ বর্ণ সৃষ্টি করে না কেন ; ব্যাখ্যা করো।

সমাধান : Be ও Mg পরমাণুর আকার অপেক্ষাকৃত ছোটো হওয়ায় এদের আয়নীকরণ শক্তি বেশি। বুনসেন শিখার তাপ শক্তি এদের যোজ্যতা-ইলেকট্রনকে উচ্চশক্তিস্তরে উত্তোলিত করতে পারে না। তাই এরা শিখায় বর্ণ সৃষ্টি করে না।

s-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম :

গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহের বিক্রিয়াসমূহ :

$2M (s) + H_2 (g) \longrightarrow 2MH (s)$
M = Li, Na, K, Rb, Cs

$2M (s) + X_2 (g) \longrightarrow 2MX (s)$
X = F, Cl, Br, I

$4M (s) + O_2 (g) \longrightarrow 2M_2O (s)$

$6M (s) + N_2 (g) \xrightarrow{\Delta} 2M_3N (s)$

$2M (s) + 2C (s) \xrightarrow{\Delta} M_2C_2 (s)$
$M_2C_2 (s) + 2H_2O (l) \longrightarrow 2MOH (aq) + HC \equiv CH (g)$

$2M (s) + 2H_2O (l) \longrightarrow 2MOH (aq) + H_2 (g)$
$2M (s) + 2HCl (aq) \longrightarrow 2MCl (aq) + H_2 (g)$

s-ব্লক মৌল

গ্রুপ 1–2

গ্রুপ-2 এর মৌলসমূহের বিক্রিয়াসমূহ :

$G (s) + H_2 (g) \longrightarrow GH_2 (s)$
G = Be, Mg, Ca, Sr, Ba

$G (s) + X_2 (g) \longrightarrow GX_2 (s)$
X = F, Cl, Br, I

$2G (s) + O_2 (g) \longrightarrow 2GO (s)$

$3G (s) + N_2 (g) \xrightarrow{\Delta} G_3N_2 (s)$
$G_3N_2 (s) + 6H_2O (l) \longrightarrow 3G(OH)_2 (s) + 2NH_3 (g)$

$G (s) + 2C (s) \xrightarrow{\Delta} GC_2 (s)$
$GC_2 (s) + 2H_2O (l) \longrightarrow G(OH)_2 (aq) + HC \equiv CH (g)$

$G (s) + 2H_2O (l) \longrightarrow G(OH)_2 + H_2 (g)$
G = Ca, Sr, Ba

s-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১) অধাতুসহ আয়নিক যৌগ : s-ব্লকের গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর মৌলসমূহের প্রত্যেকে পর্যায় সারণির অধাতব মৌল H_2, হ্যালোজেন ($X_2 = F_2, Cl_2, Br_2, I_2$), O_2, N_2, C ইত্যাদির সাথে আয়নিক যৌগ গঠন করে। [ওপরের চিত্রে দেখো]

(২) নাইট্রাইড ও কার্বাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ: s-ব্লকের ধাতব নাইট্রাইড (M_3N, G_3N_2) ও ধাতব কার্বাইড (M_2C_2,GC_2) গরম পানির সংস্পর্শে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে যথাক্রমে NH_3, $HC \equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন) গ্যাস ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। [ওপরের বিক্রিয়া দেখো]

যেমন Mg ধাতুকে N_2 গ্যাসসহ উত্তপ্ত করলে আয়নিক যৌগ ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড (Mg_3N_2) গঠন করে। Mg_2N_2 অণুতে নাইট্রাইড আয়নের অধিক পোলারায়নের কারণে এটি সমযোজী যৌগের মতো গরম পানিতে সহজে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Mg(OH)_2$ ও NH_3 গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$Mg (s) + N_2 (g) \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2 (s)$$
$$Mg_3N_2 (s) + 6H_2O (l) \longrightarrow 3Mg(OH)_2 (s) + 2NH_3 (g)$$

CamScanner

অনুরূপভাবে ম্যাগনেসিয়াম কার্বাইড (MgC_2) গঠিত হয় এবং গরম পানির সাথে আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় $Mg(OH)_2$ ও অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Mg\,(s) + 2C\,(s) \xrightarrow{\Delta} MgC_2\,(s)$$
$$MgC_2\,(s) + 2H_2O\,(l) \longrightarrow Mg(OH)_2\,(s) + HC \equiv CH\,(g)$$

(৩) পানিসহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-1 এর অধিক সক্রিয় ধাতুসমূহ প্রবলভাবে পানির সাথে বিক্রিয়া করে সবল ক্ষার যেমন NaOH, KOH ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এজন্য **গ্রুপ-1 এর ধাতুসমূহকে ক্ষার ধাতু বলে।** কিন্তু গ্রুপ-2 এর কম সক্রিয় ধাতুসমূহ পানির সাথে ধীরে বিক্রিয়া করে ধাতুর হাইড্রক্সাইড ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এছাড়া গ্রুপ-2 এর ধাতুর যৌগ মাটির অন্যতম উপাদান হওয়ায় **গ্রুপ-2 এর ধাতুসমূহকে মৃৎ-ক্ষার ধাতু** বলে। [ওপরের বিক্রিয়া দেখো]

(৪) এসিডের H-প্রতিস্থাপন : HCl এসিডের সাথে গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর ধাতুসমূহ প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে ধাতব ক্লোরাইড ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩ : সোডিয়াম ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয় কেন; ব্যাখ্যা করো।

সমাধান : সোডিয়াম ধাতু অতীব সক্রিয় গ্রুপ-1 এর ধাতু। সোডিয়াম ধাতুকে বাতাসে ও পানিতে রাখা যায় না। কারণ বাতাসের সংস্পর্শে বাতাসের মধ্যস্থ অক্সিজেনের সাথে Na ধাতু বিক্রিয়া করে সোডিয়াম অক্সাইড গঠন করে। পরে উৎপন্ন Na_2O বাতাসের CO_2 গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$4\,Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$$
$$Na_2O + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3$$

MCQ-3.8 : অপধাতুর সংখ্যা কত?
(ক) 6 (খ) 8 (গ) 9 (ঘ) 10

আবার সোডিয়াম ধাতুকে পানিতেও রাখা যায় না। পানির সংস্পর্শে সোডিয়াম ধাতু পানির সাথে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষার ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া হওয়ায় উৎপন্ন H_2 গ্যাসে আগুন ধরে যায়। ফলে পানি উৎপন্ন হয়।

$$2Na\,(s) + 2H_2O\,(l) \longrightarrow 2NaOH\,(aq) + H_2\,(g) + \text{তাপ}$$
$$2H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2H_2O\,(l)$$

তাই সোডিয়াম ধাতুকে নিষ্ক্রিয় তরল পদার্থ কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়।

৩.২.২ p-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of p-block elements)

প্রতিনিধি মৌল : s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলসমূহকে **আদর্শ বা প্রতিনিধি মৌল** (normal or representative elements) বলা হয়; কারণ এদের যোজ্যতাস্তরে অরবিটালসমূহ সাধারণ নিয়ম মতে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়ে থাকে। অর্থাৎ এসব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়ম যেমন আউফবাউ নীতি মেনে চলে।

পর্যায় সারণির গ্রুপ-13 এর মৌলসমূহে $ns^2\,np^1$ ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে শুরু করে গ্রুপ-14, 15, 16, 17 ও গ্রুপ-18 এর ($ns^2\,np^6$) মৌলসমূহ p-ব্লকে স্থান পেয়েছে। যেমন—

পর্যায় ↓ গ্রুপ ⟶	13	14	15	16	17	18
2	$_5B$	$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$
3	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
4	$_{31}Ga$	$_{32}Ge$	$_{33}As$	$_{34}Se$	$_{35}Br$	$_{36}Kr$
5	$_{49}In$	$_{50}Sn$	$_{51}Sb$	$_{52}Te$	$_{53}I$	$_{54}Xe$
6	$_{81}Tl$	$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{84}Po$	$_{85}At$	$_{86}Rn$
7	$_{113}Nh$	$_{114}Fl$	$_{115}Mc$	$_{116}Lv$	$_{117}Ts$	$_{118}Og$
ইলেকট্রন বিন্যাস	ns^2np^1	ns^2np^2	ns^2np^3	ns^2np^4	ns^2np^5	ns^2np^6

(১) p-ব্লকের মৌল সংখ্যা নবআবিষ্কৃত নিহোনিয়াম Nh (113), ফ্লেরোভিয়াম, Fl (114), মস্কোভিয়াম, Mc (115), লিভারমরিয়াম, Lv(116), টেনেসিন, Ts(117) ও ওগানেসান, Os(118) সহ ৩৬টি। এদের মধ্যে **ধাতু, অপধাতু বা মেটালয়েড ও অধাতু** রয়েছে।

(২) ধাতু (১২টি) ও গ্রাফাইট (কার্বনের বহুরূপ) ব্যতীত p-ব্লকের অন্য সব মৌল তাপ ও বিদ্যুৎ কু-পরিবাহী। p-ব্লকভুক্ত মোট **অপধাতু ৬টি** (B, Si, Ge, As, Sb, Te) হলো সেমিকন্ডাক্টর।

(৩) p-ব্লকের বেশির ভাগই **তড়িৎ ঋণাত্মক অধাতু**।

(৪) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়; কিন্তু শক্তিস্তর একই থাকে। ফলে মৌলসমূহের **পারমাণবিক আকার হ্রাস** পায়।

(৫) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে p-ব্লকের মৌলসমূহের **বিজারণ ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস** পায়।

(৬) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে p-ব্লকের মৌলসমূহের **জারণ ক্ষমতা ক্রমশ বৃদ্ধি** পায়। কিন্তু একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের **জারণ ক্ষমতা হ্রাস** পায়।

(৭) একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের বেলায় পারমাণবিক আকার বৃদ্ধি পায়; আয়নীকরণ বিভব হ্রাস পায় এবং ধাতব ধর্ম ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

(৮) একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

(৯) p-ব্লকের অধাতু মৌলসমূহ নিজেদের মধ্যে সমযোজী যৌগ এবং ধাতুর সাথে **আয়নিক যৌগ** সৃষ্টি করে।

(১০) p-ব্লকের মৌলসমূহের **পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা** বিভিন্ন যৌগে দেখা যায়।

* p-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে ns^2np^5 ইলেকট্রনীয় কাঠামোর অর্থাৎ গ্রুপ-17 এর **মৌলসমূহ হলো হ্যালোজেন** যেমন, F, Cl, Br, I ও At। হ্যালোজেন (halogen) শব্দের অর্থ হলো 'সামুদ্রিক লবণ প্রস্তুতকারী'। কারণ এসব মৌলের লবণ NaCl, NaBr, NaI সমুদ্রের লবণাক্ত পানিতে থাকে।

* অধিকাংশ ধাতু প্রকৃতিতে ধাতব অক্সাইড ও ধাতব সালফাইড আকরিকরূপে থাকে। তাই গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহকে (O, S, Se, Te ইত্যাদিকে) **চ্যালকোজেন** (Chalcogens, ore-forming) বা আকরিক সৃষ্টিকারী মৌল বলা হয়।

* অধিকাংশ p-ব্লক মৌল অধাতু। তবে এদের মধ্যে B, Si, Ge, As, Sb, Te–এ ছয়টি মৌলে ধাতু ও অধাতু উভয় শ্রেণির ধর্ম প্রকাশ পায়; এজন্য এদেরকে **অপধাতু** বা **মেটালয়েড** (metalloid) বলে। পর্যায় সারণির p-ব্লকের মাঝখানের সিঁড়ি-রেখার ডানদিকের অবশিষ্ট মৌল অধাতু এবং বামদিকের মৌলসমূহ ধাতু।

* আবার $ns^2\ np^6$ ইলেকট্রনীয় কাঠামোর মৌলসমূহকে (He সহ যদিও এর ইলেকট্রন বিন্যাস ভিন্নতর) **নিষ্ক্রিয় গ্যাস** বলে। যেমন, Ne, Ar, Kr, Xe ও Rn নিষ্ক্রিয় গ্যাস। কারণ এদের অধিকতর স্থায়ী $ns^2\ 2p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকায় এরা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় হয়।

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের বিশেষ ব্যবহার :

(ক) হিলিয়াম : সবচেয়ে হালকা H_2 গ্যাস। এরপর He গ্যাস, এটি অদাহ্য। H_2 এর তুলনায় He গ্যাসের বেলুন উত্তোলন ক্ষমতা 92%। গভীর পানির নিচে কর্মরত ডুবুরিগণের শ্বাস-প্রশ্বাসে ব্যবহৃত অক্সিজেন সিলিন্ডারে 80% He ও 20% O_2 থাকে।

(খ) নিয়ন : নিয়ন আলো উজ্জ্বল লাল বর্ণের ও কুয়াশার মধ্যেও দৃশ্যমান। তাই উড়ন্ত বিমানে পাইলটগণ উজ্জ্বল লাল বর্ণের নিয়ন আলো-সংকেত ব্যবহার করেন। সবুজ বা নীল বর্ণের বালবে অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস অথবা মার্কারি বাষ্প মিশ্রিত থাকে।

(গ) আর্গন : বায়ুতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে আর্গনের পরিমাণ বেশি (0.93%)। বৈদ্যুতিক বাল্বে নিষ্ক্রিয় পরিবেশরূপে আর্গন ব্যবহৃত হয়।

CamScanner

(ঘ) ক্রিপটন-জেনন : ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বাল্‌ব তৈরিতে ক্রিপটন জেনন মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) রেডন : তেজস্ক্রিয় রেডন ক্যান্সার চিকিৎসায় ক্যান্সার কোষ ধ্বংস করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

MAT (A-15)

(১) p-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties of p-block elements) :

p-ব্লকভুক্ত ছয়টি গ্রুপ আছে। p-ব্লকের এ ছয়টি গ্রুপে থাকা মৌলের পরমাণুর p-অরবিটালে এক-একটি করে ছয়টি ইলেকট্রন ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। p-ব্লক মৌলসমূহের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2\,np^{1-6}$। p-ব্লকের ছয়টি গ্রুপের রাসায়নিক ধর্মাবলি পৃথকভাবে গ্রুপভিত্তিক দেখানো হলো :

$2M\,(s) + 3Cl_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2MCl_3\,(s)$ M = B, Al, Ga, In, Tl		$2M\,(s) + 6H_2O\,(g) \xrightarrow[\Delta]{100°C} 2M(OH)_3\,(s) + 3H_2\,(g)$ M = B, Al, Ga, In Tl কক্ষ তাপে Al পানির সংস্পর্শে ক্ষয় প্রতিরোধী Al_2O_3 স্তর সৃষ্টি করে।
$2B\,(s) + 3Cl_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2BCl_3\,(s)$		
$4B\,(s) + 3O_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2B_2O_3\,(s)$ (অম্লীয়) $4Al\,(s) + 3O_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2Al_2O_3\,(s)$ (উভধর্মী)	p-ব্লক গ্রুপ 3	$2M\,(s) + 6HCl\,(aq) \longrightarrow 2MCl_3\,(aq) + 3H_2\,(g)$ M = Al, Ga, In Tl $2Al\,(s) + 6HCl\,(aq) \longrightarrow 2AlCl_3\,(aq) + 3H_2\,(g)$
$2M\,(s) + N_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2MN\,(s)$ M = B, Al, Ga, In Tl $2Al\,(s) + N_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2AlN\,(s)$ $AlN\,(s) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow Al(OH)_3\,(s) + NH_3\,(g)$		$B\,(s) + 3HNO_3\,(aq) \longrightarrow H_3BO_3\,(aq) + 3NO_2(g)$ (জারক) বোরিক এসিড $2Al\,(s) + 12HNO_3\,(aq) \rightarrow 2Al\,(NO_3)_3\,(aq) + 6NO_2\,(g) + 6H_2O\,(l)$ (জারক)

p-ব্লকের গ্রুপ-13 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১) ধাতব ও অধাতব দ্বিমৌল যৌগ গঠন : গ্রুপ-13 এর প্রথম মৌল B হলো অপধাতু, Al, Ga, In, Tl হলো ধাতু। s-ব্লক মৌলের চেয়ে এরা কম সক্রিয়। তাই অধাতব মৌল Cl_2, O_2, N_2 এর সাথে উচ্চতাপ প্রয়োগে এরা দ্বিমৌল যৌগ যেমন ক্লোরাইড, অক্সাইড ও নাইট্রাইড গঠন করে। [ওপরের সমীকরণ দেখো]

(২) অম্লধর্মী অক্সাইড গঠন : বোরনের অক্সাইড (B_2O_3) অম্লীয়। তাই B_2O_3 পানির সাথে বিক্রিয়ায় বোরিক এসিড বা অর্থোবোরিক এসিড, H_3BO_3 (or $B_2O_3.3H_2O$) ও মেটাবোরিক এসিড, HBO_2 (or $B_2O_3.H_2O$) উৎপন্ন করে।

$$B_2O_3\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2HBO_2\,(s)\ \text{(কম পানিসহ)}$$
$$B_2O_3\,(s) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow 2H_3BO_3\,(s)\ \text{(বেশি পানিসহ)}$$
$$2HBO_2\,(s) + 2H_2O\,(l) \longrightarrow 2H_3BO_3\,(s)\ \text{(বেশি পানিসহ)}$$

DAT (17-18)

(৩) উভধর্মী অক্সাইড গঠন : Al_2O_3 উভধর্মী অক্সাইড। তাই এটি পৃথকভাবে অম্ল (HCl) ও গাঢ় ক্ষার (NaOH) দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

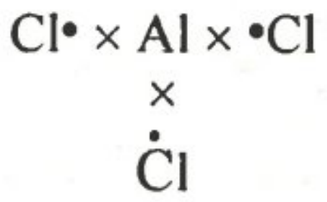
$$Al_2O_3\,(s) + 6HCl\,(aq) \longrightarrow 2AlCl_3\,(aq) + 3H_2O\,(l)$$
$$Al_2O_3\,(s) + 2NaOH\,(aq) \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAlO_2\,(aq)} + H_2O\,(l)$$

(৪) ধাতব ক্লোরাইড ও নাইট্রাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ : ধাতব ক্লোরাইড ($AlCl_3$) ও ধাতব নাইট্রাইড (AlN) অণুতে সর্বাধিক পোলারায়নের কারণে (অনুচ্ছেদ-৩.১৫.২ দেখো), সমযোজী যৌগের মতো $AlCl_3$ ও AlN পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে $Al(OH)_3$, HCl ও NH_3 তৈরি করে।

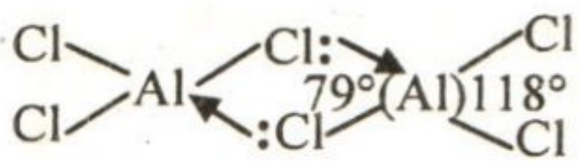
$$AlCl_3\,(s) + 3H_2O\,(l) \rightleftharpoons Al(OH)_3\,(s) + 3HCl\,(aq)$$
$$AlN\,(s) + 3H_2O\,(l) \rightleftharpoons Al(OH)_3\,(s) + NH_3\,(g)$$

জেনে নাও : **$AlCl_3$ ডাইমার অণু (Al_2Cl_6) গঠন করে।**

এর কারণ হলো মূলত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) আয়নিক বন্ধন দ্বারা গঠিত হলেও Al^{3+} আয়নের চার্জ ঘনত্ব অধিক। [অর্থাৎ আয়নের চার্জ/ব্যাসার্ধ, অনুপাত হলো (3 একক /0.05 nm) = 60 একক চার্জ nm^{-1} যা Na^+ আয়ন ও Mg^{2+} আয়নের 'চার্জ/ব্যাসার্ধ' অনুপাত অপেক্ষা অনেক বেশি। যেমন Na^+ এর চার্জ ঘনত্ব 10 একক চার্জ nm^{-1} এবং Mg^{2+} এর চার্জ ঘনত্ব 30 একক চার্জ nm^{-1}]। ফলে Al^{3+} আয়ন দ্বারা ঋণাত্মক আয়ন যেমন Cl^- আয়নের পোলারায়ন সহজেই ঘটে। এ অবস্থায় ঋণাত্মক আয়ন যেমন Cl^- আয়নের ইলেকট্রন ঘনত্ব Al পরমাণু ও Cl পরমাণুর দুই নিউক্লিয়াসের মাঝখানে অবস্থান নেয়। তখন Al পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে তিন জোড়া বন্ধন ইলেকট্রন থাকে অর্থাৎ অষ্টক অপূর্ণ থাকে। তাই অষ্টক পূরণের জন্য দুটি করে $AlCl_3$ অণুর Al পরমাণু পার্শ্ববর্তী Cl পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা ডাইমার অণু (Al_2Cl_6) সৃষ্টি করে। তখন ভেতরের বন্ধন কোণ $\angle ClAlCl = 79^\circ$ এবং এর বিপরীতে বাইরের বন্ধন কোণ $\angle ClAlCl = 118^\circ$ হয়।



মনোমার ($AlCl_3$)



ডাইমার (Al_2Cl_6)

কঠিন অবস্থায় এই ডাইমার অণুসমূহ মোটামুটি চতুষ্তলকীয় গঠন ও শীট আকারে দুর্বল ভ্যানডারওয়াল আকর্ষণ বল দ্বারা কেলাস সৃষ্টি করে। তবে 180°C তাপমাত্রায় ডাইমার অণু (Al_2Cl_6) ভেঙ্গে মনোমার অণু ($AlCl_3$) রূপে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাষ্পীয় অবস্থায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ডাইমার অণুতে 6টি Cl পরমাণুতে মুক্ত জোড় ইলেকট্রন থাকে 16টি।

(৫) এসিডের H-প্রতিস্থাপন : কম সক্রিয় হওয়ায় গ্রুপ-13 এর ধাতুসমূহ 100°C এ পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এছাড়া এসব ধাতু HCl এসিড থেকে H_2 উৎপন্ন করে। [সমীকরণ দেখো]

$$2Al\,(s) + 6H_2O\,(g) \xrightarrow[\Delta]{100^\circ C} 2Al(OH)_3\,(s) + 3H_2\,(g)$$

$$2Al\,(s) + 6HCl\,(aq) \longrightarrow 2AlCl_3\,(aq) + 3H_2\,(g)$$

(৬) জারণধর্মী এসিডসহ বিক্রিয়া : জারণধর্মী এসিড গাঢ় HNO_3 দ্বারা B জারিত হয়ে B_2O_3 এবং HNO_3 বিজারিত হয়ে বাদামি NO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। অম্লধর্মী B_2O_3 পানির সাথে বিক্রিয়ায় H_3BO_3 উৎপন্ন করে।

অনুরূপভাবে Al ধাতু ও HNO_3 এর বিক্রিয়ায় প্রথমে Al_2O_3 ও NO_2 গ্যাস এবং Al_2O_3 পরে HNO_3 এর সাথে বিক্রিয়ায় $Al(NO_3)_3$ লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। (সমীকরণ দেখো)।

প্রথমে গাঢ় HNO_3 বিযোজিত হয়ে H_2O, বাদামি NO_2 গ্যাস ও জায়মান অক্সিজেন [O] উৎপন্ন করে।

B সহ বিক্রিয়া : $2HNO_3$ (গাঢ়) $\longrightarrow H_2O\,(l) + 2NO_2\,(g) + [O]$ .... × 3

$$2B\,(s) + 3\,[O] \longrightarrow B_2O_3\,(s)$$

$$B_2O_3\,(s) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow 2H_3BO_3\,(s)$$ (বোরিক এসিড)

Al সহ বিক্রিয়া : $2HNO_3$ (গাঢ়) $\longrightarrow H_2O\,(l) + 2NO_2\,(g) + [O]$ .... × 3

$$2Al + 3\,[O] \longrightarrow Al_2O_3\,(s)$$

$$Al_2O_3\,(s) + 6HNO_3\,(aq) \longrightarrow 2Al(NO_3)_3\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)$$

CamScanner

(২) p-ব্লকের গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

গ্রুপ-13 এর মৌলের মতো গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহ হ্যালোজেন, অক্সিজেনসহ H_2, স্টিম, এসিড ও ক্ষার দ্রবণসহ বিক্রিয়া করে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলসমূহের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।

$M(s) + 2Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} MCl_4(s)$
M = C, Si, Ge, Sn, Pb
কিন্তু $SnCl_2$, $PbCl_2$ আয়নিক হয়।

$M(s) + O_2(g) \longrightarrow MO_2(s)$ (অম্লধর্মী)
SnO_2, PbO উভধর্মী অক্সাইড
$SnO_2(s) + 2NaOH(aq) \rightarrow H_2O(l) + Na_2SnO_3(aq)$
স্ট্যানেট

$C(s) + 2H_2(g) \xrightarrow{\Delta} CH_4(g)$
$Si(s) + 2H_2(g) \xrightarrow{\Delta} SiH_4(g)$ সিলেন
$SiH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow SiO_2(s) + 2H_2O(l)$

p-ব্লক গ্রুপ 14

$C(s) + H_2O$ (স্টিম) $\xrightarrow{1300°C}$ $[CO(g) + H_2(g)]$
উত্তপ্ত ওয়াটার গ্যাস
$Si(s) + 2H_2O$ (স্টিম) $\xrightarrow{\Delta} SiO_2(s) + 2H_2(g)$
$Pb(s) + 2H_2O$ (স্টিম) $\xrightarrow{\Delta} Pb(OH)_2(s) + H_2(g)$

$Sn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow SnCl_2(aq) + H_2(g)$
$Pb(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow PbCl_2(s) + H_2(g)$
এসিডের সাথে কেবল এরা বিক্রিয়া করে।
গ্রুপের নিচের দিকে ধাতব ধর্মের বৃদ্ধি পায়।

$Sn(s) + 2NaOH(aq) + H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + Na_2SnO_3(aq)$ স্ট্যানেট
$Pb(s) + 2NaOH(aq) + H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + Na_2PbO_3(aq)$ প্লাম্বেট

p-ব্লকের গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১) Cl_2 সহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-14 এর অধাতব মৌল C ও Si এবং ধাতব মৌল Sn ও Pb প্রত্যেকেই Cl_2 সহ উচ্চতাপমাত্রায় চতুর্যোজ্যতাসহকারে সমযোজী টেট্রাক্লোরাইড গঠন করে। কিন্তু Sn ও Pb ধাতুর ডাইক্লোরাইড মোটামুটি আয়নিক হয়। [ওপরের সমীকরণ দেখো।]

(২) O_2 সহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-14 এর সব মৌল O_2 সহ উচ্চতাপমাত্রায় চতুর্যোজ্যতাসহ অক্সাইড গঠন করে। যেমন অম্লধর্মী CO_2, SiO_2; জারণধর্মী SnO_2, PbO_2 উৎপন্ন হয়। তবে SnO_2 ও PbO উভধর্মী অক্সাইডরূপে পৃথকভাবে গাঢ় NaOH দ্রবণ ও HCl এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

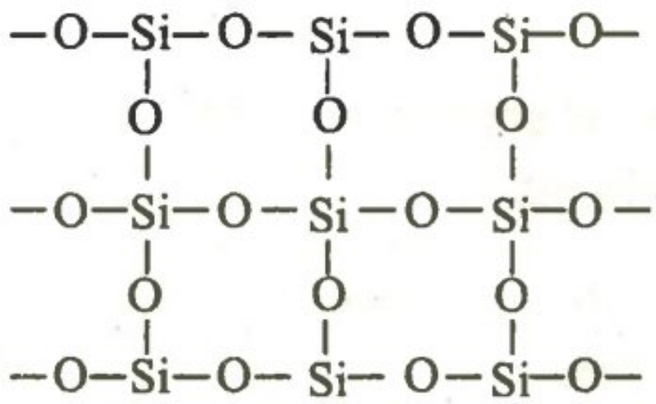
SnO_2 ক্ষারকরূপে : $SnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow SnCl_4(aq) + 2H_2O(l)$
SnO_2 অম্লরূপে : $SnO_2(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SnO_3(aq) + H_2O(l)$
সোডিয়াম স্ট্যানেট
PbO ক্ষারকরূপে : $PbO(s) + 2HNO_3(aq) \longrightarrow Pb(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$
PbO অম্লরূপে : $PbO(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2PbO_2(aq) + H_2O(l)$
সোডিয়াম প্লাম্বাইট

জেনে নাও : **স্বাভাবিক অবস্থায় CO_2 গ্যাস, কিন্তু SiO_2 হলো কঠিন পদার্থ।** এর কারণ হলো CO_2 একটি একক অণু। CO_2 এর অণুতে একটি কার্বন পরমাণু দুটি অক্সিজেন পরমাণুর সাথে দুই জোড়া ইলেকট্রন শেয়ার করে দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে। CO_2 এর আণবিক গঠন সরলরৈখিক। সরলরৈখিক CO_2 অণু এর ডাইপোলকে পরস্পর প্রশমিত করে; তাই CO_2 অণু অপোলার সমযোজী। যেমন,

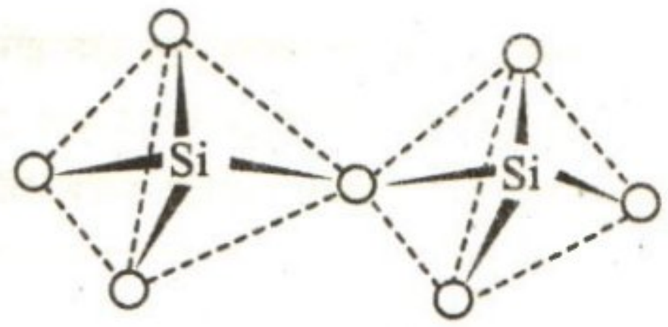
$:\ddot{O}: \overset{\times}{\underset{\times}{}} C \overset{\times}{\underset{\times}{}} :\ddot{O}:$ বা, O=C=O

CO_2 অণুসমূহের মধ্যে কেবল দুর্বল ভ্যানডারওয়ালস বল কার্যকর থাকে ; তাই সাধারণ তাপমাত্রায় CO_2 হলো গ্যাস। এটি একক সমযোজী যৌগ অণু হওয়ায় এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম। শুষ্ক বরফ বা কঠিন CO_2 এর গলনাঙ্ক হলো –56°C।

অপরদিকে সিলিকন ডাই অক্সাইড (SiO_2) হলো একটি পলিমার যৌগ $(SiO_2)_n$ অর্থাৎ অসংখ্য SiO_2 অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে বৃহৎ আকারের সুস্থিত গুচ্ছ অণু সৃষ্টি করে। এরূপ যৌগকে পলিমার যৌগ বা দৈত্যাকার অণু (giant molecule) বলে। SiO_2 পলিমার গঠনে প্রতিটি Si পরমাণু চারটি O পরমাণুর সাথে এবং একটি O পরমাণু দুটি Si পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে চতুস্তলকীয় গঠন সৃষ্টি করে। প্রতিটি চতুস্তলক O পরমাণু দ্বারা যুক্ত হয়ে পলিমার শিকল $(SiO_2)_n$ গঠন করে। এর পলিমার গঠন নিম্নরূপ :



চিত্র-৩.২ : $(SiO_2)_n$ এর গঠন



চিত্র-৩.২(ক) : পলিমার শিকলে SiO_2 এর চতুস্তলকীয় গঠন

পলিমার যৌগ $(SiO_2)_n$-এর গলনকালে বহু সমযোজী বন্ধন ভাঙ্গতে হয় এবং অধিক তাপশক্তি শোষিত হয়। সুতরাং সিলিকন ডাইঅক্সাইড $(SiO_2)_n$-এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি; যেমন গলনাঙ্ক 1610°C ও স্ফুটনাঙ্ক 2230°C এবং সাধারণ তাপমাত্রায় SiO_2 হলো কঠিন কেলাসাকার পদার্থ।

(৩) হাইড্রাইড গঠন : গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহ উচ্চতাপমাত্রায় H_2 সহ বিক্রিয়া করে টেট্রাহাইড্রাইড গঠন করে। [ওপরের সমীকরণ দেখো।]

(৪) পানির H-প্রতিস্থাপন : উচ্চতাপমাত্রায় স্টিমের সাথে C, Si, Pb বিক্রিয়া করে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এতে প্রমাণিত হয় H থেকে এদের সক্রিয়তা বেশি। [সমীকরণ দেখো।]

(৫) HCl এসিডের H-প্রতিস্থাপন : ধাতুরূপে Sn, Pb লঘু HCl থেকে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। [সমীকরণ দেখো।]

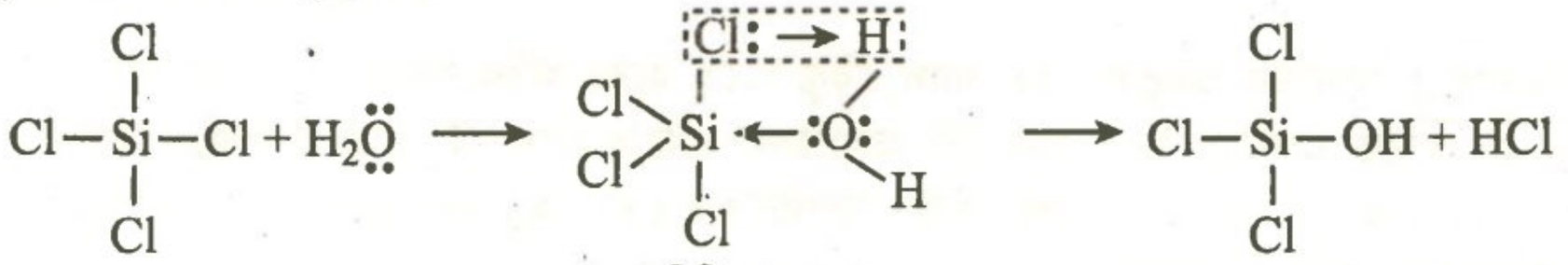
(৬) হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ : CCl_4 ব্যতীত গ্রুপ-14 এর অন্যান্য সমযোজী হ্যালাইড যেমন, $SiCl_4$ পানির সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণের প্রথম শর্ত হলো কেন্দ্রীয় পরমাণুর একটি ফাঁকা d-অরবিটাল থাকা প্রয়োজন। ঐ ফাঁকা d-অরবিটালের সাথে পানি অণুর O-পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল একটি সন্নিবেশ বন্ধন যেন করতে পারে। দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত C-পরমাণুতে কোনো d-অরবিটাল থাকে না। তাই **CCl_4 পানিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হতে পারে না।**

অপরদিকে $SiCl_4$ এর কেন্দ্রীয় পরমাণু Si তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত অধাতব মৌল হওয়ায় এবং এর 3d-অরবিটাল খালি থাকায় এটি পানি অণুর O পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

$$SiCl_4 + 4H\text{–}OH \longrightarrow 4\,HCl + Si(OH)_4 \text{ [সিলিসিক এসিড]}$$

$$CCl_4 + H_2O \longrightarrow \text{কোনো বিক্রিয়া ঘটে না।}$$

ব্যাখ্যা : $SiCl_4$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণ নিম্ন মতে পানির অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন সহযোগে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা অন্তর্বর্তী যৌগ বা বিক্রিয়া-মধ্যক গঠনের মাধ্যমে সংঘটিত হয়। এভাবে সৃষ্ট অন্তর্বর্তী-যৌগ থেকে পরবর্তীতে HCl অপসারিত হয়ে –OH মূলক Si এর সাথে যুক্ত হয়।



বিক্রিয়া মধ্যক

প্রাথমিক অবস্থায় এ বিক্রিয়ায় 'বিক্রিয়া-মধ্যকে' Si পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে ১০টি ইলেকট্রন বিদ্যমান থাকে। এর মধ্যে চারটি Si-Cl বন্ধন থেকে চার জোড়া এবং $Si\leftarrow OH_2$ সন্নিবেশ বন্ধন থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন রয়েছে। যেহেতু সিলিকন তৃতীয় পর্যায়ের মৌল সেহেতু তার খালি 3d-অরবিটাল আছে, যেখানে H_2O কর্তৃক যোগান ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল স্থান দেয়া সম্ভব; অন্য কথায় **Si এর পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব হয়েছে।** পরবর্তীতে $Si(OH)_4$ অণুতে অষ্টক বিন্যাস ঘটে থাকে।

এরূপে চার ধাপে পানি অণুর সাথে বিক্রিয়ায় $SiCl_4$ এর চারটি Cl পরমাণু চারটি –OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে।

$$SiCl_4 + 4H\text{–}OH \longrightarrow 4HCl + Si(OH)_4$$

কিন্তু কার্বন দ্বিতীয় পর্যায়ের একটি মৌল। পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরে 2d বলে কোনো অরবিটাল নেই। সুতরাং কার্বনের পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব নয়। সুতরাং পানির অণু CCl_4 এর C পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে 'বিক্রিয়া-মধ্যক' বা অন্তর্বর্তী-যৌগ তৈরি করতে পারে না। এর ফলে **CCl_4 এর আর্দ্র বিশ্লেষণ হয় না**।

(৩) p-ব্লকের গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

গ্রুপ-14 এর মৌলের মতো গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহ হ্যালোজেন, অক্সিজেন ও H_2 গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে। N_2 ও Cl_2 এর বিক্রিয়ায় কেবল NCl_3; অন্যান্য মৌল পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে এদের d-অরবিটাল ব্যবহারের মাধ্যমে অষ্টক সম্প্রসারণ করে। N এর 5টি অক্সাইড, P এর 4টি অক্সাইড আছে। উভয়ের অক্সাইডে জারণ অবস্থা +3 এবং এর বেশি হলে অম্লধর্মী হয়। এরা পানিসহ বিক্রিয়ায় অক্সোএসিড যেমন HNO_2, HNO_3, H_3PO_3, H_3PO_4 গঠন করে।

নিক্টোজেনস্ : গ্রুপ-15 এর ছয়টি মৌল যেমন N, P, As, Sb, Bi ও Mc ইত্যাদিকে নিক্টোজেনস্ (pnictogens) বলা হয়। নিক্টোজেন (pnictogen) শব্দের অর্থ হলো 'শ্বাসরোধকারী গ্যাস'। গ্রুপ-15 এর প্রথম মৌল N_2 একটি শ্বাসরোধকারী গ্যাস হওয়ায় এ গ্রুপের সব মৌল 'নিকটোজেনস' নামে পরিচিত।

জেনে নাও : নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পর সবচেয়ে নিষ্ক্রিয় মৌল হলো N_2 গ্যাস। তাই N_2 গ্যাস নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসেবে ব্যবহৃত হয়। [কু. বো. ২০১৬]

এর ব্যাখ্যা হলো : নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস [$N(7) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$] থেকে বোঝা যায়, এতে তিনটি অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটাল রয়েছে এবং তা সুষম ও অধিক স্থিতিশীল। আবার ২য় শক্তিস্তরে যোজ্যতাস্তর থাকায় N পরমাণু আকারে ছোটো। তাই দ্বিপরমাণুক (N_2) অণু সৃষ্টির কালে নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় N পরমাণুর 1টি করে 2টি p অরবিটালের মধ্যে পাশাপাশি সুষ্ঠু অধিক্রমণ দ্বারা 2টি π বন্ধন গঠিত হতে পারে ($N \equiv N$)। তাই নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন ত্রিবন্ধন ($N \equiv N$) খুবই দৃঢ় হয়। এ ত্রিবন্ধনের বিযোজন শক্তি 945 $kJmol^{-1}$ এবং বন্ধন দূরত্ব 0.1098 nm হয়। এসব কারণে N_2 অণু রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। বস্তুত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পর সবচেয়ে নিষ্ক্রিয় মৌল হলো নাইট্রোজেন। তাই **N_2 গ্যাস নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসেবে ব্যবহৃত হয়**। তবে উচ্চতাপমাত্রায় যেমন, 3000°C এ $N \equiv N$ ত্রিবন্ধনের এক একটি করে ধাপে ধাপে তিনটি বন্ধন ভাঙ্গনের শেষে পারমাণবিক নাইট্রোজেন সৃষ্টির পর নাইট্রোজেন মৌল সক্রিয় হয়।

DAT (17-18)

$$\ddot{N} \equiv \ddot{N} \xrightarrow{3000°C} \cdot\ddot{N} = \ddot{N}\cdot \xrightarrow{\Delta} \cdot\ddot{N} - \ddot{N}\cdot \xrightarrow{\Delta} 2\cdot\ddot{N}\cdot$$

p-ব্লক গ্রুপ 15

$2M(s) + 3Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MCl_3(s)$
M = N, P, As, Sb, Bi
$2P(s) + 5Cl_2(g) \longrightarrow 2PCl_5(s)$

$2M + 3O_2(g) \longrightarrow M_2O_3$
$2N_2(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 2N_2O_5(s)$
$P_4(s) + 5O_2(g) \longrightarrow 2P_2O_5(s)$

$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2NH_3(g)$
$P_4(s) + 3KOH + 3H_2O \longrightarrow PH_3(g) + 3KH_2PO_3$

$N_2O_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow 2HNO_2(aq)$ নাইট্রাস এসিড
$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3$ নাইট্রিক এসিড
$N_2O_4(s) + H_2O(l) \longrightarrow HNO_2(aq) + HNO_3(aq)$

$P_2O_3(s) + 3H_2O(l) \xrightarrow{10°C} 2H_3PO_3(l)$
$2P_2O_3(s) + 6H_2O(l) \xrightarrow{60°C} 3H_3PO_4(s) + PH_3(g)$
$P_2O_5(s) + H_2O(l) \xrightarrow{10°C} 2HPO_3(s)$ মেটাফসফরিক এসিড
$P_2O_5(s) + 3H_2O(l) \xrightarrow{60°C} 2H_3PO_4(s)$ অর্থোফসফরিক এসিড

p-ব্লকের গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১) ক্লোরাইড গঠন : ত্রিযোজী N মৌল Cl_2 সহ NCl_3 গঠন করলেও P তৃতীয় পর্যায়ের মৌল হওয়ায় উদ্দীপিত অবস্থায় এর $3s^2$ থেকে একটি ইলেকট্রন খালি 3d-অরবিটালে উত্তোলিত হলে P পরমাণুতে 5টি বিজোড় ইলেকট্রন হয়। তখন PCl_5 গঠন সম্ভব হয়। এটিকে **P এর অষ্টক সম্প্রসারণ বলে।**

যেমন, নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস $N(7) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ মতে নাইট্রোজেন পরমাণুতে তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় হ্যালোজেন পরমাণুর (F. Cl. Br. I) সাথে সমযোজ্যতা দ্বারা ট্রাইহ্যালাইড যেমন, NF_3, NCl_3, NBr_3, NI_3 গঠন করতে পারে। এক্ষেত্রে N এর সমযোজ্যতা 3 হয়।

$$N_2\,(g) + 3Cl_2\,(g) \longrightarrow 2NCl_3\,(l)$$

এসব হ্যালাইডের মধ্যে NF_3 বেশ সুস্থিত এবং NCl_3. NBr_3 ও NI_3 কিছুটা বিস্ফোরণ প্রবণ হয়।

অনুরূপভাবে ফসফরাসের ইলেকট্রন বিন্যাস মতে P পরমাণুতে 3টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় P এর সমযোজ্যতা 3 হয়। আবার উদ্দীপিত অবস্থায় $3s^2$ থেকে একটি ইলেকট্রন খালি 3d-অরবিটালে উত্তোলিত হলে পাঁচটি বিজোড় ইলেকট্রন হয়। তখন P এর সমযোজ্যতা 5 হয়। এক্ষেত্রে P এর sp^3d অরবিটাল-সংকরণ ঘটে; [অনুচ্ছেদ-৩.৯ দেখো]।

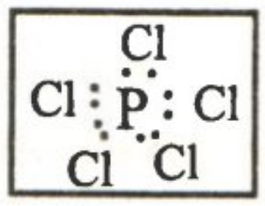
$$P(15) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p_x^1\ 3p_y^1\ 3p_z^1\ 3d^0$$

$$^*P(15) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1\ 3p_x^1\ 3p_y^1\ 3p_z^1\ 3d_{xy}^1$$

তাই ফসফরাস F_2, Cl_2, Br_2 এর সাথে ট্রাইহ্যালাইড ও পেন্টাহ্যালাইড গঠন করে। কিন্তু আয়োডিনের সাথে PI_3 গঠন করলেও PI_5 গঠন করে না। ফসফরাস সীমিত Cl_2 এর সাথে PCl_3 গঠন করে এবং এর অধিক পরিমাণ Cl_2 প্রবাহে PCl_5 গঠিত হয়। PCl_5 গঠনকালে P এর সমযোজ্যতা 5 হওয়ায় P পরমাণুর বন্ধন স্তরে Cl এর 5টি বন্ধন ইলেকট্রনসহ 10টি বন্ধন ইলেকট্রন হওয়ায় এতে অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটেছে। তাই PCl_5 কে **অষ্টক সম্প্রসারিত যৌগ** বলে।

$$P_4\,(s) + 6Cl_2\,(g) \longrightarrow 4PCl_3\,(l)$$

$$P_4\,(s) + 10Cl_2\,(g) \longrightarrow 4PCl_5\,(s)$$



কিন্তু N পরমাণুর সর্বশেষ ২য় শক্তিস্তরে 2d-অরবিটাল না থাকায় N পরমাণুর সমযোজ্যতা বৃদ্ধি সম্ভব নয়। **ফলে NCl_5 গঠিত হয় না।**

(২) অক্সাইড গঠন : গ্রুপ-15 এর অধাতু N এর 5টি অক্সাইড যেমন নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), ডাইনাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3), ডাইনাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড (N_2O_4) বা নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) ও ডাইনাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইড (N_2O_5) আছে। অপরদিকে P এর 2টি স্থায়ী অক্সাইড যেমন ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড (P_2O_3) ও ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড (P_2O_5) আছে। N এর দুটি অক্সাইড যেমন- N_2O ও NO গ্যাস নিরপেক্ষ; অপর অক্সাইডসমূহ অম্লধর্মী। এরা পানির সাথে বিক্রিয়া করে অম্ল তৈরি করে। [সমীকরণ দেখো।]

* এসিড অ্যান্‌হাইড্রাইড যেমন P_2O_5 কম সংখ্যক পানি অণুসহ এসিড গঠন করলে মেটাফসফরিক এসিড (HPO_3) এবং অধিক সংখ্যক পানি অণুসহ বিক্রিয়ায় এসিড গঠন করলে অর্থোফসফরিক (H_3PO_4) বা ফসফরিক এসিড নামকরণ হয়।

(৩) হাইড্রাইড গঠন : উচ্চচাপে (200 atm) ও উচ্চতাপমাত্রায় (500°C) লৌহ গুঁড়া প্রভাবকের উপস্থিতিতে N_2 ও H_2 বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়া (NH_3) গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু গাঢ় NaOH ক্ষার দ্রবণের সাথে শ্বেত ফসফরাসকে উত্তপ্ত করলে ফসফিন (PH_3) গ্যাস ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইট (NaH_2PO_2) উৎপন্ন হয়।

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \underset{200\ atm}{\overset{500°C,\ Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_3\,(g)$$

$$P_4\,(s) + 3NaOH\,(aq) + 3H_2O\,(l) \xrightarrow{\Delta} PH_3\,(g) + 3NaH_2PO_2\,(aq)$$

$\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{P}H_3$ এর ক্ষারধর্মিতা : অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) ও ফসফিন ($\ddot{P}H_3$) উভয় যৌগের অণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় উভয় যৌগ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল দ্বারা প্রোটনের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করতে পারে অর্থাৎ প্রোটন গ্রহণ করে। তাই **NH_3 ও PH_3 উভয়ই ক্ষারধর্মী**।

$$H_3N: + H^+ \longrightarrow [H_3N \therefore H]^+ \text{ বা } NH_4^+ \text{ (অ্যামোনিয়াম আয়ন)}$$

$$H_3P: + H^+ \longrightarrow [H_3P \therefore H]^+ \text{ বা } PH_4^+ \text{ (ফসফোনিয়াম আয়ন)}$$

তবে PH_3 অপেক্ষা NH_3 অধিক ক্ষারধর্ম প্রদর্শন করে। এর দুটি কারণ রয়েছে—

(১) প্রথম কারণ হলো ফসফরাসের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (2.1) এর চেয়ে নাইট্রোজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (3.0) বেশি: অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মকতার কারণে P–H এর বন্ধনের তুলনায় N–H এর বন্ধনের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব N পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়।

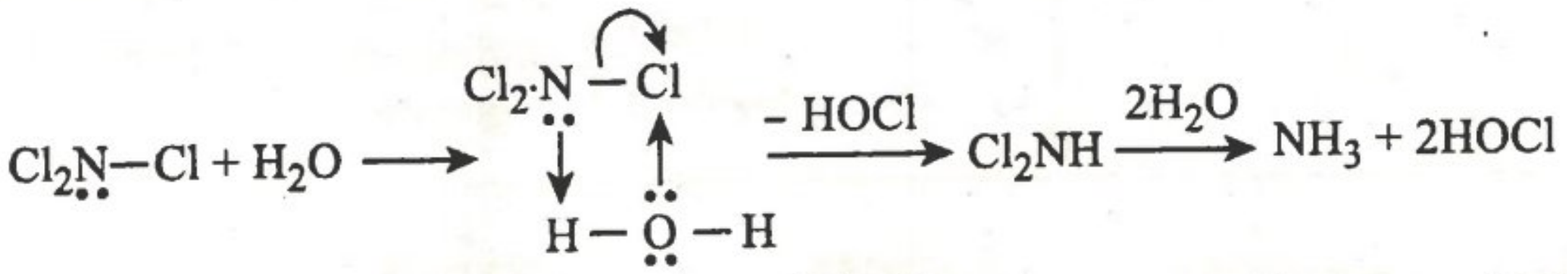
(২) দ্বিতীয় কারণ হলো ফসফরাসের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (0.11 nm) এর তুলনায় নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (0.075 nm) ছোটো হওয়া। ফসফরাসের পরমাণুর তুলনায় N পরমাণুর আকার ছোটো হওয়ায় উক্ত বন্ধন ইলেকট্রন মেঘ ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন মেঘের নিট ঘনত্ব N পরমাণুতে তুলনামূলকভাবে বেশি থাকে। ফলে $\ddot{P}H_3$ এর P পরমাণুর তুলনায় $\ddot{N}H_3$ এর N পরমাণু কর্তৃক প্রোটন গ্রহণ বা ইলেকট্রন প্রদান ক্ষমতা বেশি হয়। তাই **ফসফিনের চেয়ে অ্যামোনিয়া তীব্রতর ক্ষার।**

(৪) হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ : NF_3 ব্যতীত N ও P এর অন্যান্য হ্যালাইড পানির সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। যেমন, NCl_3 পানির সংস্পর্শে আর্দ্র -বিশ্লেষিত হয়ে NH_3 গ্যাস ও HOCl এসিড উৎপন্ন করে।

$$NCl_3\,(l) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow NH_3\,(g) + 3HOCl\,(aq)$$

আর্দ্র-বিশ্লেষণকালে প্রথমে ট্রাইহ্যালাইড অণু পানি অণুর সাথে একটি নতুন সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে। তখন গ্রুপ-15 এর মৌল অথবা সংশ্লিষ্ট হ্যালোজেন পরমাণু-এ দুটির কোনো একটিতে ফাঁকা d-অরবিটাল থাকা প্রয়োজন। উল্লেখ্য, NF_3 এর N পরমাণু অথবা F পরমাণুর কোনো একটিতেও d-অরবিটাল না থাকায় NF_3 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না।

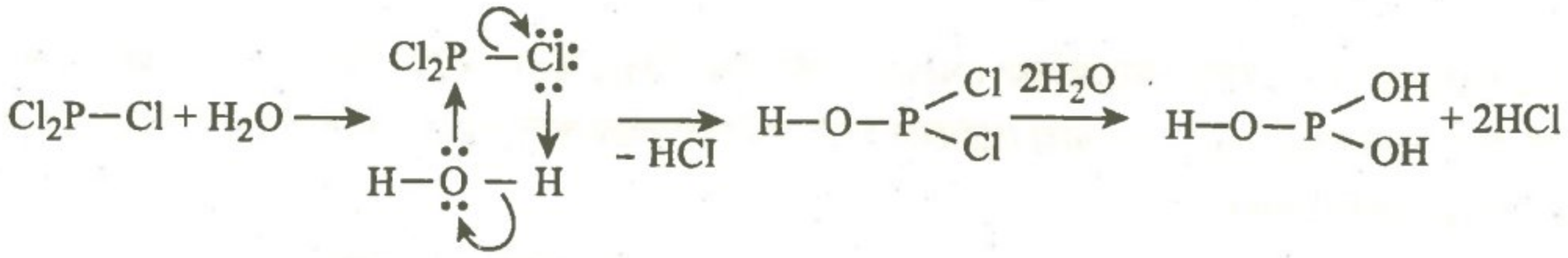
অপরদিকে NCl_3 এর N পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরে d-অরবিটাল না থাকলেও N পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে এবং Cl এর তৃতীয় শক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল বর্তমান থাকায় NCl_3 অণুর Cl পরমাণুর সাথে H_2O এর অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল দ্বারা সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করতে পারে এবং N পরমাণুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন দ্বারা H_2O অণুর H পরমাণুর সাথে নতুন বন্ধন করতে পারে। পরে নিম্নমতে বন্ধন বিযোজন ঘটে এবং NH_3 ও HOCl উৎপন্ন হয়।



PCl_3 পানির সংস্পর্শে (NCl_3 এর মতে) সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। তবে NCl_3 এর তুলনায় PCl_3 এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্রুত ঘটে। পানির সংস্পর্শে N–Cl এর বন্ধন বিযোজন অপেক্ষা P–Cl এর বন্ধন বিযোজন দ্রুত ঘটে। কারণ N-এর তুলনায় P এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কম এবং Cl এর অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাবে $\overset{\delta+}{P}-\overset{\delta-}{Cl}$ এর বন্ধনে পোলারিটির মাত্রা বেশি হয়। ফলে আর্দ্র-বিশ্লেষণের গতিও দ্রুত হয়। PCl_3 এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে H_3PO_3 এবং HCl উৎপন্ন হয়।

$$PCl_3\,(l) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow H_3PO_3\,(aq) + 3HCl\,(aq)$$

PCl_3 এর আর্দ্র-বিশ্লেষণকালে P এবং Cl পরমাণু নিজ নিজ d অরবিটাল ব্যবহার করে পানি অণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন করতে সক্ষম এবং নিম্নলিখিতভাবে PCl_3 এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটায়। ফলে H_3PO_3 ও HCl উৎপন্ন হয়।



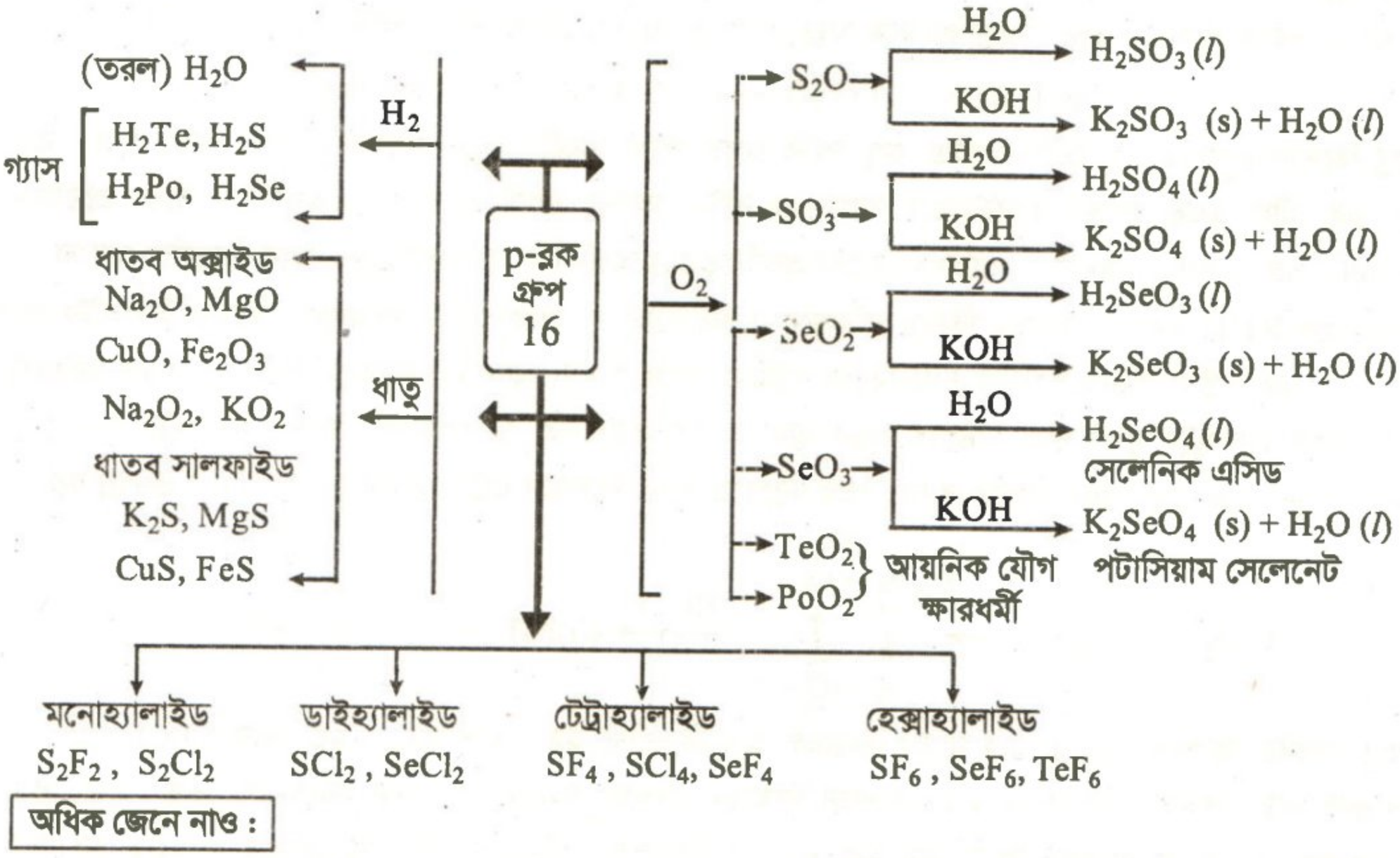
উল্লেখ্য PCl_5 এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে H_3PO_4 এবং HCl উৎপন্ন হয়। এ আর্দ্র-বিশ্লেষণ দু'ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ($POCl_3$) ও HCl এবং দ্বিতীয় ধাপে $POCl_3$ এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে H_3PO_4 ও HCl উৎপন্ন হয়।

$$PCl_5\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow POCl_3\,(aq) + 2HCl\,(aq)$$
$$POCl_3\,(aq) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow H_3PO_4\,(aq) + 3HCl\,(aq)$$

(৪) p-ব্লকের গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

গ্রুপ-16 এর প্রথম মৌল O হলো দ্বিতীয় অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল। এর সাথে একই গ্রুপের অন্যান্য মৌল এবং এর চেয়ে কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পর্যায় সারণিতে এর বামে স্থান প্রাপ্ত সব মৌল যুক্ত হয়।

চ্যাল্‌কোজেনস্ : অধিকাংশ ধাতু প্রকৃতিতে ধাতব অক্সাইড ও ধাতব সালফাইড আকরিকরূপে থাকে। তাই গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহকে (যেমন O, S, Se, Te ইত্যাদিকে) আকরিক উৎপন্নকারী মৌল বা চ্যালকোজেনস (chalcogens) বলা হয়। এ গ্রুপের অন্যান্য মৌলের বিক্রিয়া নিচে দেখানো হলো। গ্রুপ-14 ও গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের মতো গ্রুপ-16 এর মৌলের বিক্রিয়া বুঝে নাও।



অধিক জেনে নাও :

অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক ফ্লোরিন (F = 4.0, Cl = 3.0, O = 3.5) এবং কম তড়িৎ-ঋণাত্মক Cl পরমাণু O এর সাথে যথাক্রমে অক্সিজেন ফ্লোরাইড (OF_2) ও ক্লোরিন অক্সাইড (Cl_2O) গঠন করে। এক্ষেত্রে O পরমাণুর sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে ($2\psi_1^2, 2\psi_2^2, 2\psi_3^1, 2\psi_4^1$)।

অপরদিকে, তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত S পরমাণু অধিক সক্রিয় F এর সাথে সমযোজ্যতা 2, 4 ও 6 সহযোগে যথাক্রমে SF_2, SF_4 ও SF_6 গঠন করে। কিন্তু—

CamScanner

OF_2 গঠিত হলেও OF_4 ও OF_6 গঠিত হয় না। এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

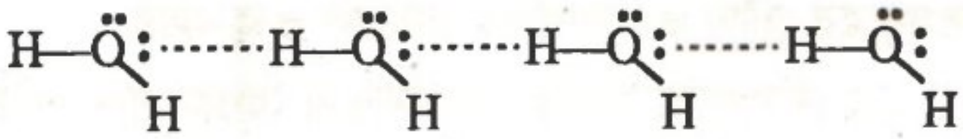
অক্সিজেন (O) হলো ২য় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-16 এর প্রথম মৌল; এর যোজ্যতাস্তরে $2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ দুটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় O পরমাণু F পরমাণুর সাথে দ্বিযোজীরূপে OF_2 যৌগ গঠনে সক্ষম। ২য় পর্যায়ভুক্ত O পরমাণুর কোনো খালি 2d অরবিটাল থাকে না। তাই O পরমাণু এর সমযোজ্যতা বৃদ্ধি করে OF_4 অথবা OF_6 গঠন করতে পারে না।

অপরদিকে S হলো ৩য় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-16 এর দ্বিতীয় মৌল। S পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে $3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^1\ 3p_z^1$ ইলেকট্রন বিন্যাসসহ খালি 3d অরবিটাল আছে। তাই S পরমাণু $3p_y^1$, $3p_z^1$ বিজোড় ইলেকট্রন সহযোগে অর্থাৎ সম যোজ্যতা 2 সহযোগে যেমন SF_2 অণু গঠন করে; অপরদিকে এর $3p_x^2$ এর একটি ইলেকট্রন উদ্দীপিত অবস্থায় খালি $3d_{xy}^0$ অরবিটালে স্থানান্তর এবং পরে sp^3d অরবিটাল সংকরণ ($3\psi_1^2$, $3\psi_2^1$, $3\psi_3^1$, $3\psi_4^1$, $3\psi_5^1$) সহযোগে ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড আকৃতির SF_4 অণু গঠন করে থাকে। আবার S পরমাণু এর $3p_x^2$ ও $3s^2$ থেকে একটি করে 2টি ইলেকট্রন উদ্দীপিত অবস্থায় খালি $3d_{xy}^0$ ও $3d_{yz}^0$ অরবিটালে স্থানান্তর এবং পরে sp^3d^2 অরবিটাল সংকরণ ($3\psi_1^1$, $3\psi_2^1$, $3\psi_3^1$, $3\psi_4^1$, $3\psi_5^1$, $3\psi_6^1$) সহযোগে অষ্টতলকীয় গঠনের SF_6 অণু গঠন করে। SF_4 এবং SF_6 অণু গঠনকালে S পরমাণুর অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটেছে।

p-ব্লকের গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের মনে রাখার নিয়ম :

(১) হাইড্রাইড গঠন : গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুর আকার বাড়ে এবং তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কমে। যেমন, O ও S এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যথাক্রমে 3.5 এবং 2.5 হয়। গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহ জারণ সংখ্যা –2 সহযোগে হাইড্রাইড গঠন করে; যেমন, H_2O, H_2S ইত্যাদি। অক্সিজেন পরমাণু জারণ সংখ্যা –1 সহযোগে H_2O_2 (হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড) গঠন করে।

হাইড্রাইডের বৈশিষ্ট্য : (i) কক্ষতাপমাত্রায় গ্রুপ-16 এর হাইড্রাইডসমূহের মধ্যে একমাত্র অক্সিজেনের হাইড্রাইড পানি (H_2O) হলো তরল। সালফারের হাইড্রাইড H_2S হলো গ্যাস। কারণ অক্সিজেন পরমাণু আকারে ছোটো এবং অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় H_2O হলো পোলার অণু। ফলে H_2O অণুসমূহ আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত থেকে বিরাট আণবিক গুচ্ছ $(H_2O)_n$ গঠন করে। তাই সাধারণ তাপমাত্রায় পানি একটি তরল পদার্থ।



পানি অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন (-----)

কিন্তু গ্রুপ-16 এর সালফার ও পরবর্তী মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কম। তাই এদের হাইড্রাইড যেমন, H_2S হলো অপোলার অণু। এরা হাইড্রোজেন বন্ধন করতে না পারায় একক অণু হিসেবে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল সহযোগে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

তদ্রূপ টেলুরিয়াম হাইড্রাইড (H_2Te), সেলেনিয়াম হাইড্রাইড (H_2Se), পোলোনিয়াম হাইড্রাইড (H_2Po) ইত্যাদি।

(ii) **হাইড্রাইডসমূহের** (H_2O, H_2S এর) বিজারণ ধর্ম আছে এবং কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে এদের বিজারণ ধর্ম বৃদ্ধি পায়। কারণ ঋণাত্মক আয়নের আকার বৃদ্ধির সাথে চার্জের ঘনত্ব কম হয়। যেমন, অক্সাইড আয়ন (O^{2-}) এর চেয়ে সালফাইড আয়ন (S^{2-}) এর বেলায় চার্জ ঘনত্ব কম হয়। ফলে হাইড্রাইডের স্থায়িত্ব কমতে থাকে এবং বিজারণ ক্ষমতা বাড়তে থাকে। যেমন, উষ্ণ পানির সাথে Cl_2 এর বিক্রিয়ায় অক্সিজেন এবং সাধারণ তাপমাত্রায় H_2S এর সাথে Cl_2 এর বিক্রিয়ায় সালফার উৎপন্ন হয়।

RMDAC

$$2\overset{-2}{H_2O} + 2\overset{0}{Cl_2} \xrightarrow{\Delta} 4\overset{-1}{HCl} + \overset{0}{O_2}$$

$$H_2\overset{-2}{S} + \overset{0}{Cl_2} \xrightarrow{\Delta} 2\overset{-1}{HCl} + \overset{0}{S}$$

(iii) হাইড্রাইডের প্রকৃতি : H_2S হলো দুর্বল এসিড। কিন্তু H_2O হলো প্রশম যৌগ। H_2O প্রোটনদাতা ও প্রোটন গ্রহীতা উভয়রূপে ক্রিয়া করে। এজন্য পানিকে **উভধর্মী যৌগ** বলে। এছাড়া হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) নামক অক্সিজেনের অম্লধর্মী একটি অক্সাইড আছে।

অম্লরূপে H_2O প্রোটনদাতা : $H_2O\,(l) + NH_3\,(g) \longrightarrow NH_4^+\,(aq) + O\bar{H}\,(aq)$

(অম্ল, ক্ষারক)

ক্ষারকরূপে H_2O প্রোটন গ্রহীতা : $H_2O\,(l) + H\bar{C}l\,(g) \longrightarrow H_3O^+\,(aq) + \bar{C}l\,(aq)$

(ক্ষারক, অম্ল)

(২) ধাতব অক্সাইড ও সালফাইড গঠন : অক্সিজেনের সাথে ধাতুসমূহকে উত্তপ্ত করলে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যেমন Na_2O, MgO, CuO, Fe_2O_3 ইত্যাদি। অনুরূপভাবে ধাতু ও সালফারের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Na\,(s) + O_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2Na_2O\,(s)\,;\; Mg\,(s) + S\,(s) \xrightarrow{\Delta} MgS\,(s)$$

$$2Cu\,(s) + O_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2CuO\,(s)\,;\; Fe\,(s) + S\,(s) \xrightarrow{\Delta} FeS\,(s)$$

(৩) অধাতব অক্সাইড অম্লধর্মী : সালফার ও সেলেনিয়াম অধাতুদ্বয়ের অক্সাইডগুলো অম্লধর্মী হওয়ায় এরা পানির সাথে বিক্রিয়ায় অক্সোএসিড এবং ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় অক্সোএসিডের ধাতব লবণ তৈরি করে।

$SO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2SO_3\,(l)$ [সালফিউরাস এসিড]

$SO_2\,(g) + 2KOH\,(aq) \longrightarrow H_2O\,(l) + K_2SO_3\,(s)$ [পটাসিয়াম সালফাইট]

$SeO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2SeO_3\,(l)$ [সেলেনাস এসিড]

$SeO_2\,(g) + 2KOH\,(aq) \longrightarrow H_2O\,(l) + K_2SeO_3\,(s)$ [পটাসিয়াম সেলেনাইট]

(৪) হ্যালাইড গঠন : উত্তপ্ত অবস্থায় হ্যালোজেনসমূহ সালফারের সাথে সমযোজ্যতায় মনোহ্যালাইড (S_2F_2, S_2Cl_2); ডাইহ্যালাইড (SCl_2, $SeCl_2$); টেট্রাহ্যালাইড (SF_4, SCl_4) ও হেক্সাহ্যালাইড (SF_6, SCl_6) ইত্যাদি গঠন করে।

(৫) p-ব্লকের গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি ও ব্যবহার :

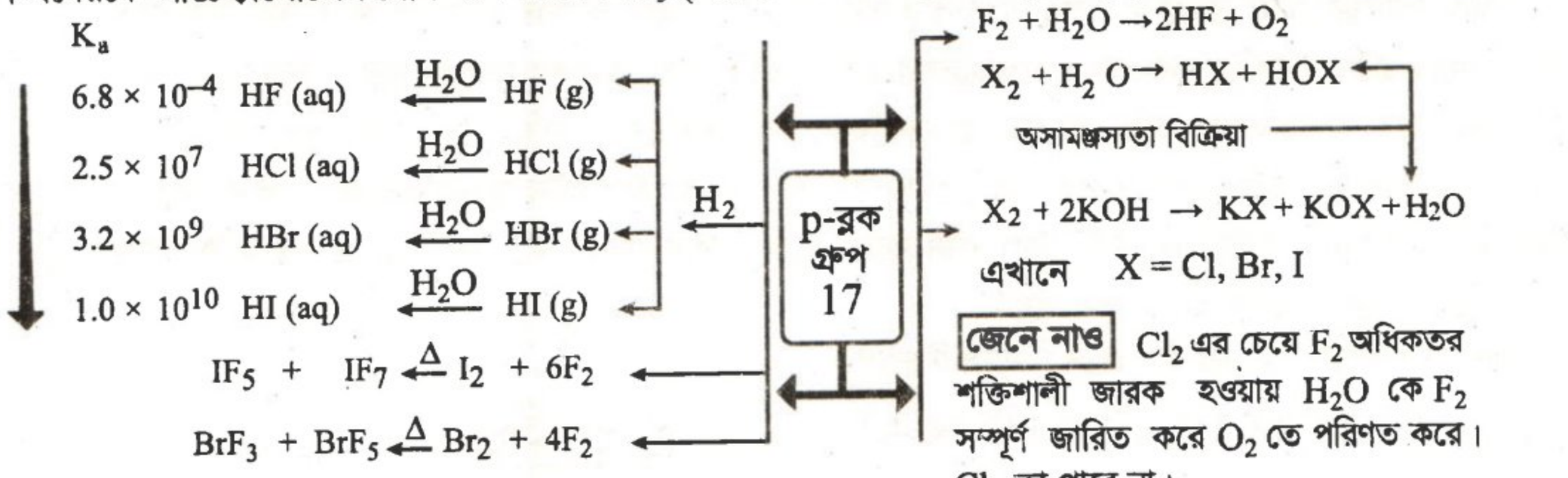
*** ভৌত অবস্থা ও বর্ণ :** গ্রুপ-17 এর মৌলগুলো সাধারণ তাপমাত্রায় দ্বিপরমাণুক অবস্থায় থাকে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এদের বর্ণের গাঢ়তা ও ভৌত অবস্থা পরিবর্তিত হয়। ফ্লোরিন ফিকে হলুদ গ্যাস, ক্লোরিন সবুজাভ হলুদ গ্যাস, ব্রোমিন লাল বর্ণের তরল ও আয়োডিন গাঢ় বেগুনি কঠিন পদার্থ।

* গ্রুপ-17 (বা VIIA) এর মৌলসমূহের বা হ্যালোজেনসমূহের ভৌত অবস্থা এদের আণবিক ভরের ওপর নির্ভর করে। হ্যালোজেন অণু X_2 এর মধ্যে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে X_2 এর বিভিন্ন মৌলের অণুগুলোর মধ্যে ক্রমান্বয়ে আণবিক ভর বৃদ্ধি পায়। ফলে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল F_2 থেকে I_2 এর দিকে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল এর বৃদ্ধিক্রম হলো $F_2 < Cl_2 < Br_2 < I_2$। এর জন্য **আয়োডিন কঠিন, ব্রোমিন তরল, ক্লোরিন ও ফ্লোরিন গ্যাস**। অ্যাস্টাটিনও পুরোপুরি কঠিন পদার্থ।

*** হ্যালোজেনস্ :** গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহকে (বিশেষত F, Cl, Br, I কে) **হ্যালোজেনস** (halogens) বা **সামুদ্রিক লবণ** (যেমন NaCl) উৎপন্নকারী মৌল বলা হয়। হ্যালোজেন মৌলসমূহ হলো শক্তিশালী জারক। এ গ্রুপের F হলো সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক সক্রিয় অধাতব মৌল। এ গ্রুপের বাম দিকে অবস্থিত সব মৌলের সাথে এসব হ্যালোজেনের বিক্রিয়া ঘটে। এদের সাথে H_2, H_2O, NaOH দ্রবণসহ বিক্রিয়া এবং আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ গঠন দেখানো হলো।

CamScanner

* কম তড়িৎ-ঋণাত্মক হ্যালোজেন বেশি তড়িৎ-ঋণাত্মক হ্যালোজেন সদস্যদের সাথে সমযোজী আন্তঃহ্যালাইড গঠন করে। এদেরকে **আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ** বলে। যেমন IF_5 (আয়োডিন পেন্টাফ্লোরাইড). IF_7 (আয়োডিন হেপ্টাফ্লোরাইড)।



p-ব্লকের গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১) HX গঠন : H_2 গ্যাসের সাথে হ্যালোজেন ($X_2 = F_2, Cl_2, Br_2, I_2$) এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন হ্যালাইড (HX) উৎপন্ন হয়। উল্লেখ্য **H-বন্ধনের কারণে HF অণুসমূহ সংবদ্ধ অণু (associated) রূপে থাকে। তাই HF এর স্ফুটনাঙ্ক 19.5°C হয়ে থাকে।** HX গ্যাসের জলীয় দ্রবণকে **হ্যালোজেন হাইড্রাসিড HX (aq) বলা** হয়। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের শক্তিক্রম হলো HI (aq) > HBr (aq) > HCl (aq) > HF (aq)। এসব এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক K_a এর মান থেকে তা বোঝা যায়। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের মধ্যে HF সবচেয়ে দুর্বল এসিড বলে এর $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ হয়েছে। HI এসিড সবচেয়ে সবল এসিড বলে $K_a = 1.0 \times 10^{10}$ হয়েছে। [K_a এর মান ওপরে HX (aq) এসিডের পার্শ্বে দেখো।]

(২) O_2 থেকে F_2 অধিক সক্রিয় : অক্সিজেনের চেয়ে F_2 ও Cl_2 অধিক শক্তিশালী জারক। তাই F_2 দ্বারা H_2O অণু সম্পূর্ণ জারিত হয়ে O_2 গ্যাস ও HF(aq) উৎপন্ন হয়। $2F_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 4HF(aq) + O_2(g)$

(৩) অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া : পানির সাথে Cl_2 ধীরে বিক্রিয়া করে হাইড্রোক্লোরিক এসিড HCl(aq) ও ক্লোরিক (I) এসিড HOCl(aq) উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ক্লোরিনের দুটি পরমাণুর মধ্যে একই সাথে জারণ ও বিজারণ ঘটায়, এ বিক্রিয়াকে **অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া** (disproportionation) বলা হয়। $\overset{0}{Cl_2}(g) + H_2O(l) \longrightarrow \overset{-1}{HCl}(aq) + \overset{+1}{HOCl}(aq)$

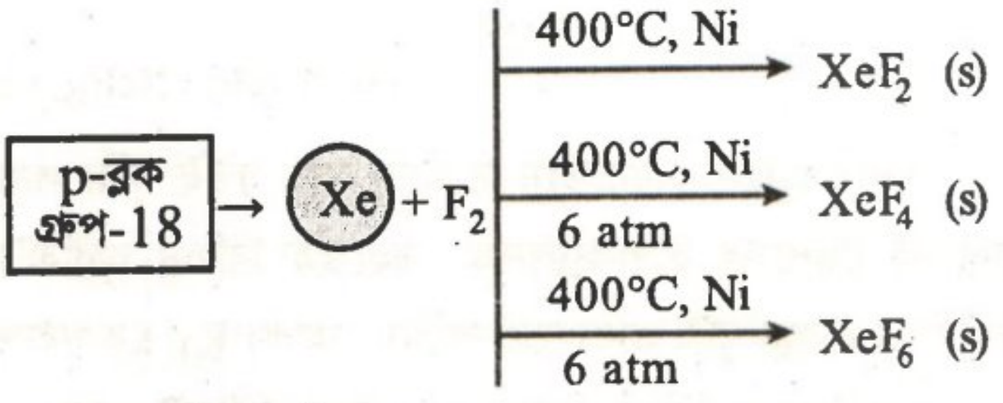
উৎপন্ন HCl এর বেলায় Cl এর জারণ সংখ্যা –1 হওয়ায়, এক্ষেত্রে Cl পরমাণুর বিজারণ ঘটেছে এবং HOCl এর বেলায় Cl এর জারণ সংখ্যা +1 হওয়ায়, এক্ষেত্রে Cl পরমাণুর জারণ ঘটেছে। মৌলিক অবস্থায় Cl_2 এর জারণ সংখ্যা 0 (শূন্য)।

অনুরূপভাবে KOH ক্ষার দ্রবণে Cl_2 এর অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া দ্বারা পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) ও পটাসিয়াম ক্লোরেট (I) লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। $\overset{0}{Cl_2}(g) + 2KOH(aq) \xrightarrow{25°C} \overset{-1}{KCl}(aq) + \overset{+1}{KOCl}(aq) + H_2O(l)$

* গাঢ় ক্ষার দ্রবণ ও Cl_2 এর মধ্যে সংঘটিত অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়ায় সমৃদ্ধ উৎপাদ দুটিতে Cl পরমাণুর জারণ সংখ্যা হ্রাস ও বৃদ্ধির মাধ্যমে প্রমাণিত হয় যে এ ক্ষেত্রে Cl_2 **জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে।**

(৬) p-ব্লকের গ্রুপ-18 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম :

গ্রুপ-18 এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর অষ্টক পূর্ণ থাকায় এরা অন্যকোনো মৌলের সাথে বিক্রিয়া করতে চায় না। তবে Xe মৌলটি অধিক সক্রিয় F_2 এর সাথে উচ্চতাপমাত্রায় Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে জেনন ডাইফ্লোরাইড, টেট্রাফ্লোরাইড ও হেক্সাফ্লোরাইড গঠন করে।



নিষ্ক্রিয় মৌল জেনন (Xe) এর সাথে অতি সক্রিয় মৌল ফ্লোরিন (F_2) এর বিক্রিয়ায় বিভিন্ন জেনন ফ্লোরাইড গঠন এবং এর ব্যাখ্যা :

পঞ্চম পর্যায়ের মৌল জেননের পরমাণুর আকার অন্যসব হ্যালোজেন সদস্যের পরমাণুর আকারের চেয়ে বড়ো। আকারে বড়ো হওয়ায় এটির সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ সাধারণ নিয়মে কমে যায়। উচ্চতাপমাত্রায় Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে অতি সক্রিয় ও সর্বাধিক তড়িৎঋণাত্মক ফ্লোরিন (F) পরমাণুর উপস্থিতিতে জেননের 5p অরবিটালের ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে এর 5d-অরবিটালে বিজোড় ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়। পরে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন F পরমাণুর সাথে সমযোজী যৌগ গঠন করে থাকে। তখন জেনন +2, +4, +6 ও +8 জারণ-অবস্থায় থাকে। এসব জারণ-অবস্থা নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা হয়।

সাধারণ অবস্থায় Xe-এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ:

$Xe(54) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ \boxed{5s^2\ 5p_x^2\ \ 5p_y^2\ \ 5p_z^2}$ ।

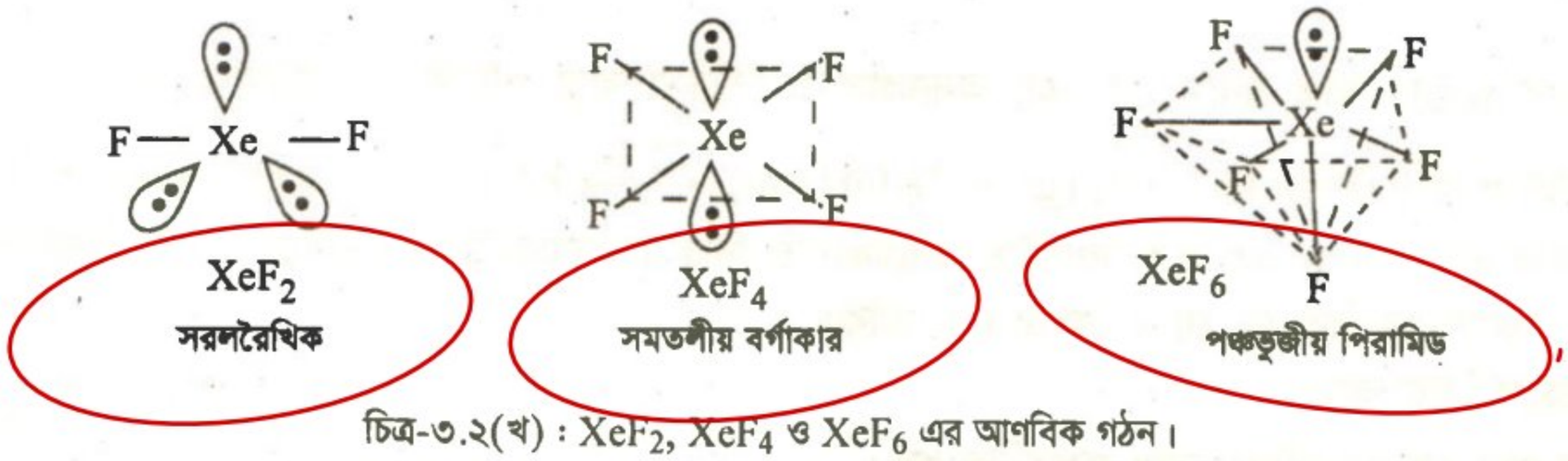
উদ্দীপিত অবস্থায় 5p অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন 5d অরবিটালে উত্তোলিত করলে Xe এর প্রথম উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় ... ... $5s^2\ 5p_x^2\ \ 5p_y^2\ \boxed{5p_z^1\ 5d_{xy}^1}$; যাতে দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। তখন sp^3d অরবিটাল সংকরণে সৃষ্ট পাঁচটি সংকর অরবিটাল $\left(5\psi_1^2\ 5\psi_2^2\ 5\psi_3^2\ 5\psi_4^1\ 5\psi_5^1\right)$ এর মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত দুটি সংকর অরবিটাল দ্বারা Xe দুটি F পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে XeF_2 গঠন করে। ফলে এ অবস্থায় এর যোজনী 2 হয়।

$$Xe\,(g) + F_2\,(g) \xrightarrow[Ni]{400^\circ C} XeF_2\,(s)\ \text{[জেনন ডাইফ্লোরাইড]}$$

আবার 5p-অরবিটাল থেকে দুটি ইলেকট্রনকে উদ্দীপিত করে 5d-অরবিটালে স্থানান্তরিত করলে Xe-এর দ্বিতীয় উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয়, $5s^2\ 5p_x^2\ \boxed{5p_y^1\ 5p_z^1\ 5d_{xy}^1\ 5d_{yz}^1}$ । তখন sp^3d^2 সংকরণে সৃষ্ট ছয়টি সংকর অরবিটাল $\left(5\psi_1^2\ 5\psi_2^2\ 5\psi_3^1\ 5\psi_4^1\ 5\psi_5^1\ 5\psi_6^1\right)$ এর মধ্যে চারটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। এ অবস্থায় চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকায় এর যোজনী 4 হয়, যেমন XeF_4 যৌগে।

$$Xe\,(g) + 2F_2\,(g) \xrightarrow[56\ atm]{400^\circ C,\ Ni} XeF_4\,(s)\ \text{[জেনন টেট্রাফ্লোরাইড]}$$

অনুরূপভাবে, তিনটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের মাধ্যমে sp^3d^3 সংকরণের ফলে যোজনী 6 এবং চারটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের মাধ্যমে sp^3d^4 সংকরণের ফলে যোজনী 8 ব্যাখ্যা করা যায়।



চিত্র-৩.২(খ) : XeF_2, XeF_4 ও XeF_6 এর আণবিক গঠন।

আবার প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান যতই বৃদ্ধি পায় বিভিন্ন অরবিটালের মধ্যে শক্তির তারতম্য ততই কম হয়। এ কারণেই জেননের ইলেকট্রনসমূহ সহজেই বিভিন্ন অরবিটালে স্থানান্তরিত করা যায়। স্বভাবতই জেনন অপেক্ষা ক্রিপ্টনের উদ্দীপিত অবস্থা সৃষ্টি অধিকতর কঠিন। কারণ Kr এর সর্বশেষ শক্তিস্তর হলো $3s^2\ 3p^6$ অর্থাৎ Ar ও Kr এর সর্বশেষ শক্তিস্তর Xe এর তুলনায় নিউক্লিয়াসের অধিকতর নিকটে। ফলে ক্রিপ্টনের যৌগসমূহের স্থিতি জেননের যৌগসমূহ অপেক্ষা কম;

আর্গনের যৌগসমূহের স্থিতি আরও অনেক কম। নিয়নের ও হিলিয়ামের ক্ষেত্রে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান পরিবর্তন ছাড়া ইলেকট্রনকে উত্তোলিত করা সম্ভবপর নয়; ফলে তাদের ক্ষেত্রে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন। তাই তাদের কোনো স্থিত যৌগ নেই।

জেনন ও অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনকে উচ্চতর স্তরে আনা তখনই সম্ভব, যখন অতি উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলসমূহ এর সাথে সংযুক্ত হয়। এ কারণে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সাথে শুধু ফ্লোরিন অধিকতর স্থিতিশীল যৌগ গঠন করে।

শিক্ষার্থীর কাজ ৩.২ : s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলভিত্তিক সমস্যাবলি :

সমস্যা-৩.২.১ : Be ও Mg বুনসেন শিখায় কোনো বর্ণ সৃষ্টি করে না কেন; ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.২ : সোডিয়াম ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয় কেন; ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৩ : Mg ধাতুকে N_2 সহ উত্তপ্ত করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তাকে গরম পানিতে যোগ করলে কী ঘটে; তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৪ : Ca ধাতুকে কার্বনসহ উত্তপ্ত করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তাকে পানিতে যোগ করলে কী ঘটে তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৫ : বোরনকে অক্সিজেনসহ উত্তপ্ত করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়; তাকে পানিতে যোগ করলে কী হয় তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৬ : Al_2O_3 হলো উভধর্মী যৌগ; তা সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াসহ এর সত্যতা প্রতিষ্ঠা করো।

সমস্যা-৩.২.৭ : Al ধাতুকে গাঢ় HNO_3 এসিডে দ্রবীভূত করলে কী বিক্রিয়া ঘটে, তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৮ : Al ধাতুকে N_2 গ্যাসসহ উত্তপ্ত করে উৎপন্ন যৌগকে গরম পানিতে যোগ করলে কী ঘটে, তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.৯ : CCl_4 পানিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু $SiCl_4$ পানিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়;-এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১০ : SnO_2 হলো একটি উভধর্মী অক্সাইড; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ প্রমাণ করো।

সমস্যা-৩.২.১১ : PbO হলো একটি উভধর্মী অক্সাইড; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ প্রমাণ করো।

সমস্যা-৩.২.১২ : Cl_2 এর সাথে N_2 এর বিক্রিয়ায় NCl_3 গঠিত হলেও Cl_2 এর সাথে P এর বিক্রিয়ায় PCl_3 ও PCl_5 গঠিত হয় এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৩ : NCl_3 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হলেও NF_3 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না কেন; ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৪ : PCl_3 পানির সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৫ : NCl_3 এর তুলনায় PCl_3 এর আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্রুত ঘটে; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৬ : NH_3 ও PH_3 উভয় হাইড্রাইড ক্ষারধর্ম প্রকাশ করে, তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৭ : PH_3 অপেক্ষা NH_3 অধিক ক্ষারধর্মী; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৮ : H_2O হলো তরল; কিন্তু H_2S হলো গ্যাস; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.১৯ : H_2S ও H_2O এর বিজারণ ধর্ম আছে, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.২০ : H_2O হলো উভধর্মী অক্সাইড; তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.২১ : গ্রুপ-17 (বা VIIA) এর মৌলসমূহের ভৌত অবস্থা ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.২.২১(ক) : অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া কী? Cl_2 অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া প্রদর্শন করে; তা উদাহরণসহ প্রমাণ করো।

সমস্যা-৩.২.২১(খ) : বিশেষ বিক্রিয়ায় Cl_2 (বা, Br_2 বা, I_2) বিজারক ও জারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে তা সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াসহকারে প্রমাণ করো।

সমস্যা-৩.২.২২ : আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২.২৩ : জেনন পরমাণুতে সর্ববহিস্থ কক্ষপথে অষ্টকপূর্ণ আছে; তা সত্ত্বেও জেনন কীরূপে F_2 এর সাথে বিক্রিয়ায় জেনন ডাইফ্লোরাইড (XeF_2) গঠন করে; তা ব্যাখ্যা করো।

CamScanner

৩.২.৩ d-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of d-block elements)

d-ব্লক মৌলের বহিস্থ দুটি শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)\,d^{1-10}\,n\,s^{1-2}$ হয়। অর্থাৎ এসব মৌলের সর্ববহিস্থ n-শক্তিস্তরের s-অরবিটালে 2টি বা 1টি ইলেকট্রন এবং পূর্ববর্তী $(n-1)$ শক্তিস্তরের d-অরবিটালে 1 থেকে 10টি ইলেকট্রন থাকে। যেমন, $Sc(21) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\boxed{3d^1\,4s^2}$; $Fe(26) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\boxed{3d^6\,4s^2}$

d-ব্লক মৌলের শ্রেণিবিভাগ :

3d-ব্লক মৌল বা ১ম অবস্থান্তর সিরিজ : Sc(21) থেকে Zn(30); এদের ইলেকট্রন বিন্যাস, $3d^{1-10}\,4s^{1-2}$

4d-ব্লক মৌল বা ২য় অবস্থান্তর সিরিজ : Y(39) থেকে Cd(48); এদের ইলেকট্রন বিন্যাস, $4d^{1-10}\,5s^{1-2}$

5d-ব্লক মৌল বা ৩য় অবস্থান্তর সিরিজ : La(57), Hf(72) – Hg(80); এদের ইলেকট্রন বিন্যাস, $5d^{1-10}\,6s^{1-2}$

6d-ব্লক মৌল বা ৪র্থ অবস্থান্তর সিরিজ : Ac(89), Th(90), Rf(104)-Cn(112); ইলেকট্রন বিন্যাস, $6d^{1-10}\,7s^{1-2}$

পর্যায় ↓	ব্লক ↓	গ্রুপ ⟶	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	3d		$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$
5	4d		$_{39}Y$	$_{40}Zr$	$_{41}Nb$	$_{42}Mo$	$_{43}Tc$	$_{44}Tu$	$_{45}Rh$	$_{46}Pd$	$_{47}Ag$	$_{48}Cd$
6	5d		$_{57}La$	$_{72}Hf$	$_{73}Ta$	$_{74}W$	$_{75}Re$	$_{76}Os$	$_{77}Ir$	$_{78}Pt$	$_{79}Au$	$_{80}Hg$
7	6d		$_{89}Ac$	$_{104}Rf$	$_{105}Db$	$_{106}Sg$	$_{107}Bh$	$_{108}Hs$	$_{109}Mt$	$_{110}Ds$	$_{111}Rg$	$_{112}Cn$
			$_{90}Th$	যোজ্যতাস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস $[(n-1)\,d^{1-10}\,ns^{1-2}]$								

d-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি

(১) d-ব্লকের সব মৌলই ভারী ধাতু। এদের ঘনত্ব খুব বেশি হয়। এদের মধ্যে স্কেন্ডেনিয়ামের ঘনত্ব সবচেয়ে কম এবং 5d-ব্লকের ইরিডিয়াম Ir(77) এর ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি। স্কেন্ডেনিয়ামের ঘনত্ব হলো 3.4 g cm^{-3}, ইরিডিয়ামের ঘনত্ব হলো 22.61g cm^{-3}, এরপর হলো অসমিয়াম Os(76) এর ঘনত্ব 22.59 g cm^{-3}.

(২) এদের d-অরবিটাল ইলেকট্রন দ্বারা অপূর্ণ থাকায় (gr–12 বাদে), এদের মধ্যে প্রায় সব মৌলেই পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা দেখা যায়। [**ব্যতিক্রম :** gr–12 এর Zn ও Cd এর স্থির যোজনী 2 হলেও Hg এর যোজনী 1, 2 হয়।]

(৩) d-ব্লক মৌলসমূহ হলো উচ্চ গলনাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট ধাতু।

(৪) d-ব্লকের এসব ভারী ধাতু কঠিন ও শক্ত হয় (ব্যতিক্রম শুধু Hg, তরল)।

(৫) d-ব্লক মৌলসমূহ তাপ ও বিদ্যুৎ সুপরিবাহী।

(৬) d-ব্লক মৌলের আয়নীকরণ শক্তি s-ব্লক মৌল অপেক্ষা বেশি হয়; কিন্তু p-ব্লকের মৌল অপেক্ষা কম।

(৭) d-ব্লক মৌল তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতব মৌল হলেও এদের তড়িৎ-ধনাত্মকতা s-ব্লক মৌল অপেক্ষা কম।

(৮) d-ব্লকের মৌলসমূহ **প্যারাম্যাগনেটিক** অর্থাৎ চুম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এর কারণ হলো এদের d-অরবিটালে বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। আয়রন ও কোবাল্ট ধাতুকে চুম্বকে পরিণত করা যায়। তাই এদেরকে **ফেরোম্যাগনেটিক** বলা হয়। [**ব্যতিক্রম :** Sc^{3+}, Ti^{4+}, Zn^{2+}, Cu^{+} আয়ন হলো **ডায়াম্যাগনেটিক**।]

(৯) d-ব্লকের অধিকাংশ ধাতুর সংমিশ্রণে সংকর-ধাতু তৈরি করে।

(১০) d-ব্লকের অধিকাংশ মৌলকে এদের বিশেষ বৈশিষ্ট্যের জন্য **অবস্থান্তর মৌল** বলা হয়।

** **দ্রষ্টব্য :** বর্তমান সিলেবাসে কেবল 3d ব্লক মৌলসমূহ অন্তর্ভুক্ত আছে। 4d, 5d, 6d ব্লকের মৌলসমূহ সিলেবাসে অন্তর্ভুক্ত নয়।

CamScanner

অবস্থান্তর মৌল : d-ব্লকের যেসব মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নের d-অরবিটাল আংশিকভাবে (যেমন, d^{1-9}) ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে, তাদেরকে **অবস্থান্তর মৌল** বলা হয়। যেমন, আয়রন (Fe) হলো d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল উভয়ই। প্রথমত এর শেষ ইলেকট্রনটি d-অরবিটালে যায়; দ্বিতীয়ত এর সুস্থিত Fe^{2+} এবং Fe^{3+} আয়নে d-অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে।

$Fe(26) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$ [d-ব্লক মৌল।]

$Fe^{2+}(26) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$
$Fe^{3+}(26) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5$ } [অবস্থান্তর মৌলের আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস।]

অবস্থান্তর মৌলসমূহের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন, (১) পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা; (২) রঙিন আয়ন সৃষ্টি; (৩) জটিল আয়ন গঠন; (৪) প্রভাবকরূপে ক্রিয়া ও (৫) প্যারাচুম্বকীয় ধর্ম।

সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয় :

যেসব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত ক্যাটায়নে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ যেমন d^{1-9} ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলে। কিন্তু যেসব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত আয়নে d-অরবিটাল পূর্ণ (d^{10}) অথবা খালি (d°) থাকে, এসব মৌল অবস্থান্তর মৌলের বৈশিষ্ট্য যেমন পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা, রঙিন আয়ন গঠন ইত্যাদি প্রদর্শন করতে পারে না। ফলে এসব মৌল d-ব্লকের মৌল হলেও অবস্থান্তর মৌল নয়। যেমন Sc(21) ও Zn(30) হলো d-ব্লকের মৌল; কিন্তু Sc এর সুস্থিত Sc^{3+} আয়নে d অরবিটাল খালি (d°) এবং Zn এর Zn^{2+} আয়নে d অরবিটাল আংশিক পূর্ণ নয় বরঞ্চ পরিপূর্ণ আছে। যেমন—

$$Sc^{3+}(21) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^\circ}\ ;\ Zn^{2+}(30) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}}\ .$$

তাই Sc ও Zn অবস্থান্তর মৌল নয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৩ : d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌলভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৩ (ক) : Cr(24), Mn(25), Ni(28), Cu(29), Pd(46), Cd(48) এর ইলেকট্রন বিন্যাস এবং এদের আয়ন Cr^{3+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Pd^{2+}, Cd^{2+} এর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে এরা d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল কীনা ব্যাখ্যা করো।

(খ) Cr(24) ও Cu(29) এর ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম কেন? [কু. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৫]

(গ) অবস্থান্তর মৌল কাকে বলে? [ঢা. বো. ২০১৫; য. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৭]

(ঘ) সব অবস্থান্তর মৌল d ব্লক মৌল; কিন্তু সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; তা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭; রা. বো. ২০১৭]

(ঙ) Zn কি অবস্থান্তর মৌল; তা ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৭]

(চ) Cu ও Zn এর মধ্যে কোনটি অবস্থান্তর মৌল এবং কেন তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.৩(ছ) : পর্যায় সারণিতে বর্ণিত আদর্শ মৌল (s ও p ব্লক) এবং অবস্থান্তর মৌলের মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ।

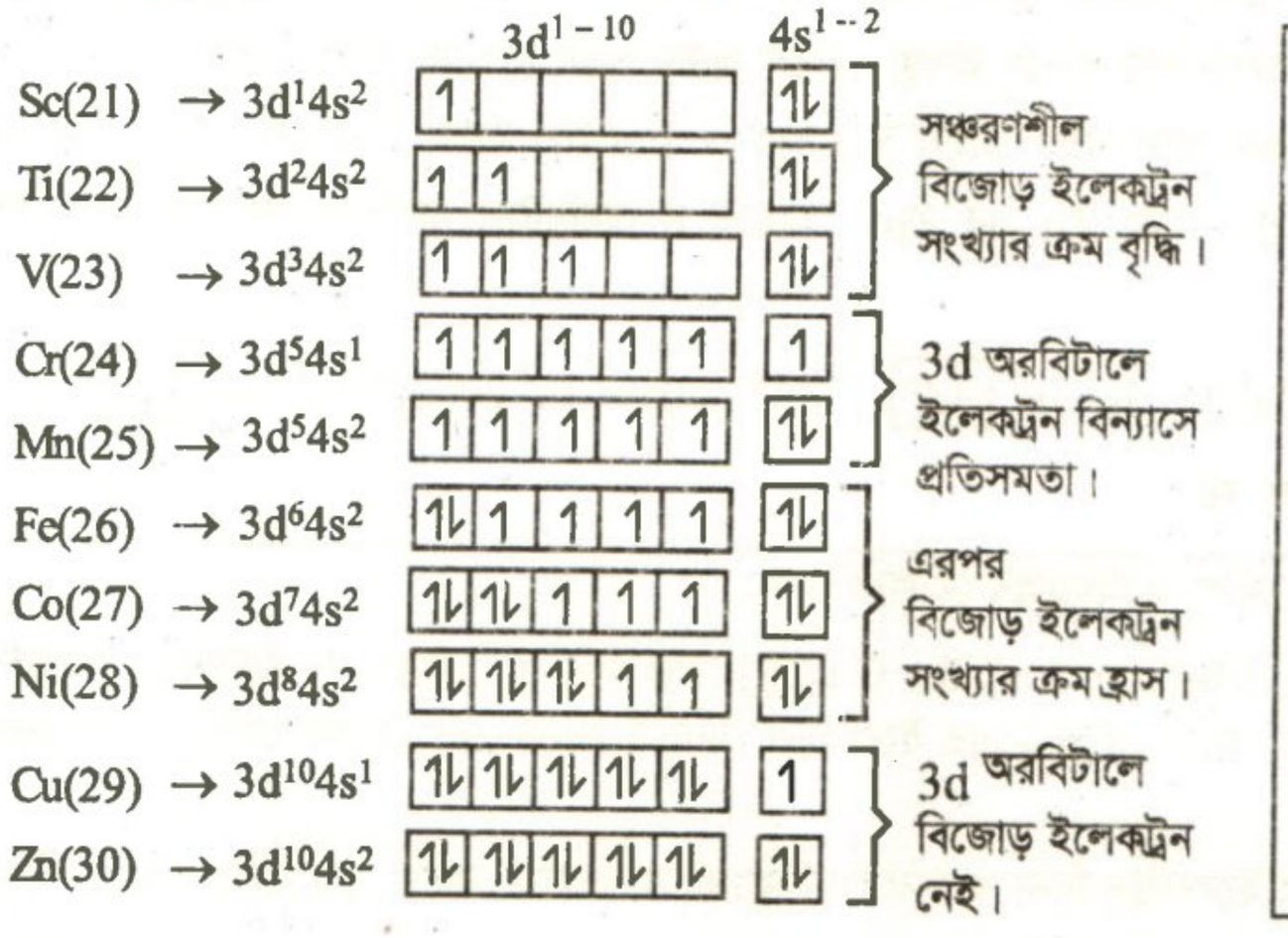
সমস্যা-৩.৩(জ): A(24) ও D(30) মৌল দুটির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখে তা হতে পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান নির্ণয় করো। [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

(ক) 3d মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম (Physical Properties of 3d-elements) : 3d ধাতব মৌলসমূহের ভৌত বৈশিষ্ট্যসমূহ হলো— (১) এদের ধাতব ঔজ্জ্বল্য থাকে; (২) পারমাণবিক সংখ্যা (তথা পাঃ ভর) বৃদ্ধির সাথে পাঃ ব্যাস হ্রাসের কারণে ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। সবচেয়ে কম ঘনত্ব হলো স্কেন্ডিয়াম [Sc(21)] এর 3.4 g cm^{-3}; 3d ধাতুর মধ্যে Cu(29) এর ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি 8.9 g cm^{-3}। আবার সবচেয়ে বেশি ঘনত্বযুক্ত ধাতু হলো 5d ধাতব মৌল ইরিডিয়াম [Ir(77)];

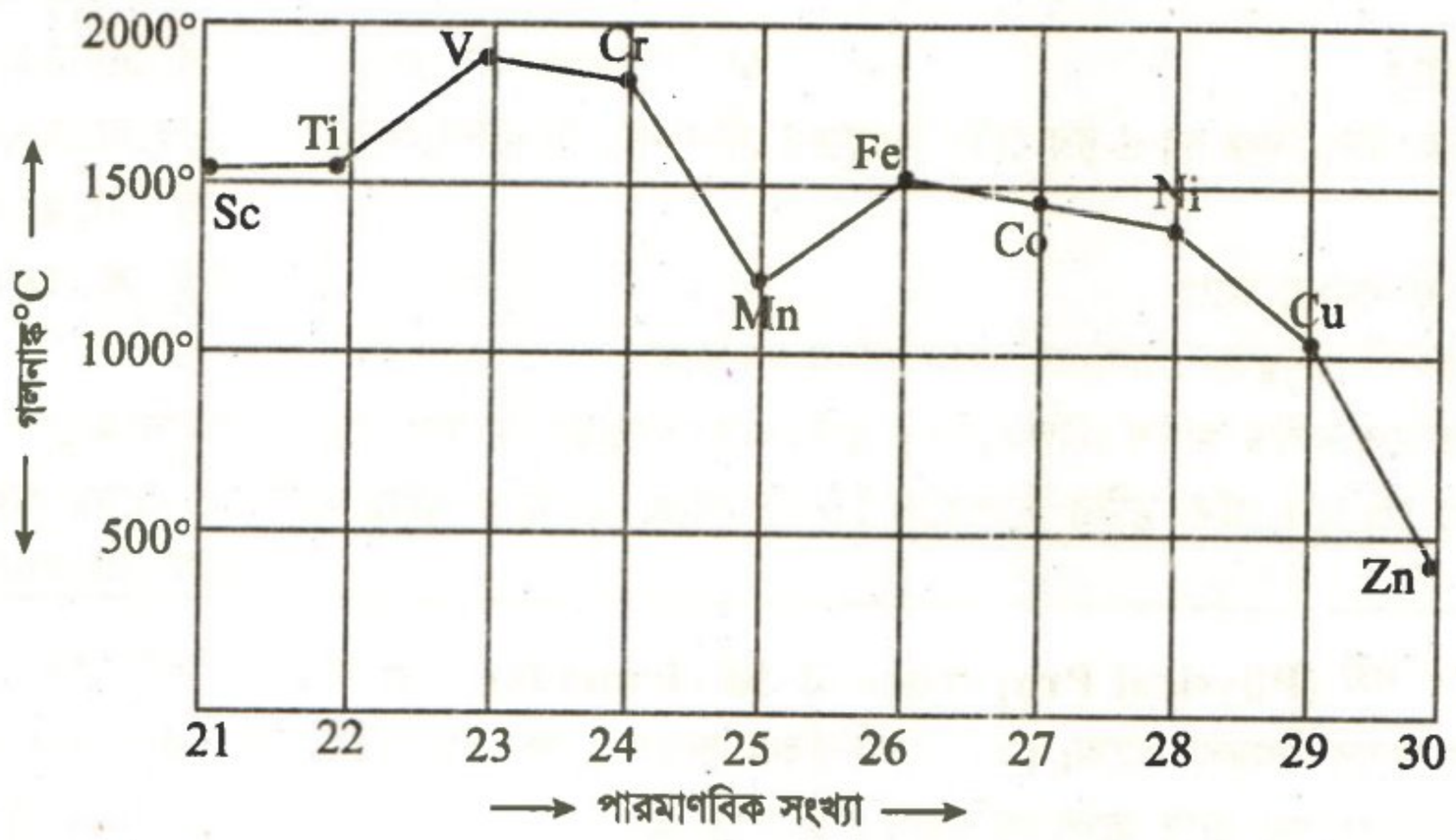
এর ঘনত্ব হলো $22.61 g\ cm^{-3}$ এবং এর নিকটতম ঘনত্বের মৌল হলো অসমিয়াম [Os(76)]; এর ঘনত্ব হলো $22.59\ g\ cm^{-3}$। (৩) ধাতব বন্ধন শক্তিভিত্তিক 3d ধাতুসমূহের উচ্চ গলনাঙ্ক (m.p.) ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক (b.p.) থাকে। (৪) 3d ধাতুর বিশেষ চৌম্বক ধর্ম ও (৫) 3d অবস্থান্তর ধাতুসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রভাবন ধর্ম দেখায়।

(১) 3d ধাতব মৌলের উচ্চ গলনাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের ব্যাখ্যা : ৪র্থ পর্যায়ভুক্ত 3d ধাতুসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ের বাম থেকে ডানদিকে ধাতুসমূহের গলনাঙ্ক ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায় এবং তিনটি ধাতুর পরে আবার গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। 3d ব্লকভুক্ত ১ম ধাতু Sc(21) এর গলনাঙ্ক 1541°C হয়। এরপর ক্রম বৃদ্ধি পেয়ে ভ্যানাডিয়াম V(23) ধাতুর গলনাঙ্ক সর্বোচ্চ 1910°C হয় এবং এরপর ক্রম হ্রাস পেয়ে মধ্য পর্যায়ভুক্ত ম্যাঙ্গানিজ Mn(25) এর গলনাঙ্ক হয় 1245°C। এরপর হঠাৎ লৌহধাতুর Fe(26) বেলায় গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পেয়ে 1536°C হয়। এরপর পরবর্তী মৌলসমূহে গলনাঙ্ক ক্রমে হ্রাস পেয়ে কপার ধাতুর Cu(29) বেলায় 1083°C এবং সর্বশেষ জিংকের সর্বনিম্ন গলনাঙ্ক 420°C হয়ে থাকে।

ধাতুর গলনাঙ্ক নির্ভর করে ধাতুর পরমাণুসমূহের মধ্যস্থ ধাতব-বন্ধন শক্তির মাত্রার ওপর। আবার বন্ধনশক্তি নির্ভর করে ধাতুর পরমাণুর সঞ্চরণশীল বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ওপর। তাই $3d^1$ থেকে $3d^3$ ইলেকট্রন বিন্যাসের অর্থাৎ Sc(21) থেকে V(23) ধাতুর গলনাঙ্ক ক্রম বৃদ্ধি পায়। প্রতিসমতাযুক্ত অধিক স্থায়িত্বের d^5 ইলেকট্রন বিন্যাস কম সঞ্চরণশীল থাকে। তাই Cr(24) ও Mn(25) এর গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। নিচের বক্সভিত্তিক ইলেকট্রন বিন্যাসে তা সুস্পষ্ট হয়।



মৌল,	গলনাঙ্ক °C
Sc(21)	→ 1541°C
Ti(22)	→ 1668°C
V(23)	→ 1910°C
Cr(24)	→ 1875°C
Mn(25)	→ 1245°C
Fe(26)	→ 1536°C
Co(27)	→ 1495°C
Ni(28)	→ 1453°C
Cu(29)	→ 1083°C
Zn(30)	→ 420°C



নির্দেশিকা :

পাঃ সংখ্যা, গলনাঙ্ক

21 ⟶ 1541°C
22 ⟶ 1668°C
23 ⟶ 1910°C
24 ⟶ 1875°C
25 ⟶ 1245°C
26 ⟶ 1536°C
27 ⟶ 1495°C
28 ⟶ 1453°C
29 ⟶ 1083°C
30 ⟶ 420°C

চিত্র-৩.২(গ) : 3d মৌলসমূহের গলনাঙ্ক বনাম পাঃ সংখ্যা সম্পর্ক

আবার Fe(26) এর বেলায় সঞ্চরণশীল 4টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় Fe এর গলনাঙ্ক হঠাৎ বৃদ্ধি পেয়ে 1536°C হয়। পরবর্তীতে সঞ্চরণশীল বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা হ্রাসের ফলে এদের ধাতব বন্ধন শক্তি হ্রাস পায় তথা গলনাঙ্কও হ্রাস পায়। Cu(29) এর বেলায় কেবল $4s^1$ বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। তাই Cu এর গলনাঙ্ক 1083°C এবং Zn(30) এর বেলায় কোনো সঞ্চরণশীল বিজোড় ইলেকট্রন না থাকায় 3d ধাতুসমূহের সর্বনিম্ন গলনাঙ্ক জিংকের ক্ষেত্রে 420°C হয়।

(২) চৌম্বক ধর্ম : পরমাণুর স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা থেকে আমরা জানি প্রতিটি ইলেকট্রন নিজের স্পিন গতির কারণে একটি অতি ক্ষুদ্র চুম্বকরূপে মৃদু চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করে। একমুখী স্পিনের অযুগ্ম ইলেকট্রন ম্যাগনেটিক মোমেন্ট বা চৌম্বক ভ্রামক ($\mu = Q \times r$) সৃষ্টি করে এবং চৌম্বক ধর্ম প্রকাশ করে। অপরদিকে বিপরীত স্পিনের যুগলবদ্ধ ইলেকট্রনের ম্যাগনেটিক মোমেন্ট পরস্পর বিপরীত হওয়ায় সার্বিক চৌম্বক মোমেন্ট শূন্য হয়; তখন ঐ পরমাণু বা আয়নের চৌম্বক ধর্ম থাকে না।

বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে পদার্থের আচরণ অনুসারে পদার্থগুলোকে তিন শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যেমন— (১) প্যারাম্যাগনেটিক, (২) ফেরোম্যাগনেটিক ও (৩) ডায়াম্যাগনেটিক।

(১) প্যারাম্যাগনেটিক : কোনো পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হলে ঐ সব পদার্থকে প্যারাম্যাগনেটিক বা প্যারাচৌম্বকীয় পদার্থ বলে। পদার্থের পরমাণু বা আয়নে বিজোড় ইলেকট্রন থাকার কারণে ঐ পদার্থে প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম প্রকাশ পায়। **মৌলের পরমাণুর প্যারাচৌম্বকীয় আকর্ষণ ধর্ম দ্বারা এর ইলেকট্রন বিন্যাসের মধ্যে কয়টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে তা সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়।** যেমন পরমাণুতে বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ঐ সব পদার্থের ঝুলন্ত টুকরাগুলো স্থায়ী চুম্বক দণ্ড দ্বারা ক্রমান্বয়ে অধিক আকৃষ্ট হয়ে থাকে। বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত সব অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন যেমন Ti^{3+}, V^{3+}, Cr^{3+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} ইত্যাদি হলো প্যারাম্যাগনেটিক বা প্যারাচুম্বকীয়।

(ii) ফেরোম্যাগনেটিক : যেসব পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা অধিক আকৃষ্ট হয়, তাদেরকে ফেরোম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেমন Fe, Co, Ni হলো ফেরোম্যাগনেটিক। এসব মৌলের পরমাণু বা আয়নে অধিক সংখ্যক বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। ফেরোম্যাগনেটিক পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করা যায়। মূলত প্যারাম্যাগনেটিক ধর্মের চূড়ান্ত অবস্থা হলো ফেরোম্যাগনেটিক ধর্ম।

(iii) ডায়াম্যাগনেটিক : যেসব পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় না; বরঞ্চ মৃদু বিকর্ষিত হয়, তাদেরকে ডায়াম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেসব পরমাণু বা আয়নে সব ইলেকট্রন যুগলবদ্ধ থাকে, তাদের নিজস্ব কোনো চৌম্বক ধর্ম থাকে না। তাই এসব পদার্থ বাহ্যিক চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 সব ধাতুর আয়ন ডায়াম্যাগনেটিক হয়; কারণ এসব আয়নে অক্টেট সেট পূর্ণ থাকে।

(৩) অবস্থান্তর ধাতুর প্রভাবন ধর্ম : অবস্থান্তর ধাতুসমূহের পরমাণুতে এক বা একাধিক খালি d-অরবিটাল থাকে; এসব অবস্থান্তর ধাতু যৌগ গঠনে একাধিক জারণ অবস্থা প্রদর্শন করতে পারে এবং অধিক ক্ষেত্রফলযুক্ত পৃষ্ঠতল থাকায় এরা বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে।

অবস্থান্তর ধাতুর প্রভাবন ক্রিয়া ব্যাখ্যার দুটি তত্ত্ব আছে। যেমন—

(১) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন (catalysis through adsorption) ও

(২) অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন প্রক্রিয়ায় প্রভাবন (catalysis with intermediate compound formation)

(i) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন ক্রিয়া : অধিশোষণ তত্ত্ব মতে, অবস্থান্তর ধাতুর পৃষ্ঠতলের ওপর একান্তরবিশিষ্ট বিক্রিয়ক অণু অধিশোষিত হয়। অবস্থান্তর ধাতুর ফাঁকা d-অরবিটাল থাকায় ঐ স্থানে বিক্রিয়ক অণু অধিশোষিত হতে পারে। তখন বিক্রিয়ক অণুসমূহ খুব কাছাকাছি এসে নিম্নোক্ত চার ধাপে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে।

CamScanner

নিচের বিক্রিয়া দ্বারা তা ব্যাখ্যা করা হলো : $A_2\,(g) + B_2\,(g) \xrightarrow{Fe} 2AB\,(g)$

১ম ধাপ : গ্যাসীয় বিক্রিয়ক অণুগুলো (A_2 ও B_2) সঠিক স্থানিক বিন্যাস মতে কঠিন প্রভাবক (Fe) এর পৃষ্ঠতলে রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। অর্থাৎ ধাতুর খালি d-অরবিটালের সাথে দুর্বল রাসায়নিক বন্ধনসহকারে এক-আণবিক স্তর সৃষ্টি করে।

২য় ধাপ : এ ধাপে অধিশোষিত অবস্থায় অণুর সমযোজী বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ে। সঠিক স্থানিক বিন্যাসের ফলে পাশাপাশি অণুর মধ্যে সার্থক সংঘর্ষ সংখ্যা বেড়ে যায় এবং নিষ্ক্রিয়শক্তির সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ গঠন করে।

৩য় ধাপ : এধাপে অস্থায়ী সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ বিযোজিত হয়ে নতুন অণু সৃষ্টি হয় এবং প্রভাবক পৃষ্ঠে তখনও আটকে থাকে। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ধাতব প্রভাবকে শোষিত হয় এবং পরে তা বিক্রিয়ক অণুকে যোগান দেয়।

৪র্থ বা শেষ ধাপ : শেষ ধাপে উৎপাদ অণুসমূহ (2AB) প্রভাবকের পৃষ্ঠতল থেকে বিমুক্ত হয়।

উদাহরণ-(১) : হেবার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হতে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে আয়রন Fe(26) প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। এ সময় প্রথমে আয়রন চূর্ণের পৃষ্ঠতলে N_2 ও H_2 রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। এর ফলে N_2 এবং H_2 অণুর মধ্যেকার $N \equiv N$ ও H–H বন্ধনের দৃঢ়তা হ্রাস পায়। ফলে অধিকতর সহজভাবে তারা প্রথমে NH এবং পরে দ্রুত NH_2 ও সবশেষে NH_3 অণু উৎপন্ন করে এবং প্রভাবকের পৃষ্ঠতল থেকে মুক্ত হয়।

[অনুচ্ছেদ-৪.৪.১ : অসমসত্ত্ব প্রভাবনের ক্রিয়া কৌশল দেখো।]

উদাহরণ-(২) : অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনসমূহের ও ভিজিট্যাবল অয়েলের (যেমন soya bean oil এর) হাইড্রোজেনেশন অর্থাৎ H_2 সংযোজন বিক্রিয়ায় Ni(28) ধাতু প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে।

(ii) অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন প্রক্রিয়ায় প্রভাবন ক্রিয়া : অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন তত্ত্ব মতে, অবস্থান্তর ধাতুর যৌগ যেমন ভ্যানাডিয়াম পেন্টাক্সাইড (V_2O_5) বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের সাথে যুক্ত হয়ে একটি অস্থায়ী অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে যা পরে বিযোজিত হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে প্রভাবক ভিন্ন ভিন্ন জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং পরে পূর্বের জারণ অবস্থায় ফিরে যায়। অন্তর্বর্তী যৌগ গঠনের মাধ্যমে প্রভাবক বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় 'সক্রিয়ণ শক্তি' বা **activation energy** এর মান হ্রাস করে বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে থাকে। যেমন, স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদনকালে SO_2 গ্যাসের জারণ ক্রিয়ায় V_2O_5 প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। প্রথমে V_2O_5 একটি অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে V^{5+} জারণ অবস্থা থেকে V^{4+} জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হয়; শেষে O_2 এর সাথে বিক্রিয়ায় V^{5+} জারণ অবস্থায় ফিরে আসে। যেমন,

$$SO_2 + V_2O_5 \longrightarrow SO_3 + 2VO_2$$
$$2VO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow V_2O_5$$

সামগ্রিক বিক্রিয়া : $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 + V_2O_5 \longrightarrow SO_3 + V_2O_5$

MCQ-3.9 : কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি p-ব্লকের নয়? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) He (খ) Ne
(গ) Ar (ঘ) Kr

(খ) 3d-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties of 3d-block elements)

(১) পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা : অবস্থান্তর মৌলসমূহের মধ্যে (n – 1)d ও ns অরবিটালদ্বয়ের শক্তির পার্থক্য ns ও np অরবিটালের শক্তির পার্থক্যের তুলনায় অনেক কম। তাই এসব ধাতুর ns অরবিটালের ইলেকট্রন ত্যাগের পর (n –1)d অরবিটালের ইলেকট্রন বন্ধন সৃষ্টিতে সহজেই অংশ নিতে পারে। ফলে এরা ভিন্ন ভিন্ন স্থায়ী জারণ অবস্থাসহকারে স্থায়ী যৌগ গঠন করে থাকে। নিচে 3d ব্লকের ৮টি অবস্থান্তর মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন, জারণ অবস্থা ও যৌগ দেখানো হলো।

CamScanner

$3d^2 4s^2$	$3d^3 4s^2$	$3d^5 4s^1$	$3d^5 4s^2$	$3d^6 4s^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$	$3d^{10} 4s^1$
Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
							+ 1
(+ 2)	+ 2	**+ 2**	**+ 2**	**+ 2**	**+ 2**	**+ 2**	+ 2
+ 3	+ 3	**+ 3**	(+ 3)	**+ 3**	**+ 3**	(+ 3)	
+ 4	**+ 4**	(+ 4)	**+ 4**	+ 4	(+ 4)		
	+ 5	(+ 5)					
		+ 6	(+ 6)	(+ 6)			
			+ 7				

মোটা হরফে দেখানো জারণ অবস্থা সংশ্লিষ্ট মৌলের সাধারণ জারণ অবস্থা।

Cr এর বিভিন্ন যৌগ :	$CrCl_2$	$CrCl_3$	K_2CrO_4	$K_2Cr_2O_7$
Cr এর জারণ অবস্থা ⟶	+ 2	+ 3	+ 6	+ 6
Fe এর বিভিন্ন যৌগ :	FeO	Fe_2O_3		
Fe এর জারণ অবস্থা ⟶	+ 2	+ 3		

(২) অবস্থান্তর ধাতুর রঙিন আয়ন বা রঙিন যৌগ গঠন : অবস্থান্তর ধাতু ও তাদের ক্যাটায়নে অপূর্ণ d-অরবিটাল থাকে বলে তারা রঙিন হয়। এছাড়া জটিল আয়ন গঠনকালে পাঁচটি d-অরবিটালে সামান্য পরিমাণে শক্তির তারতম্য ঘটে বলে সৃষ্ট জটিল আয়ন রঙিন হয়। অবস্থান্তর ধাতুর মুক্ত একক পরমাণুতে পাঁচটি d-অরবিটাল সমশক্তিস্তরে থাকে, একে **ডিজেনারেট** (degenerate) অবস্থা বলা হয়।

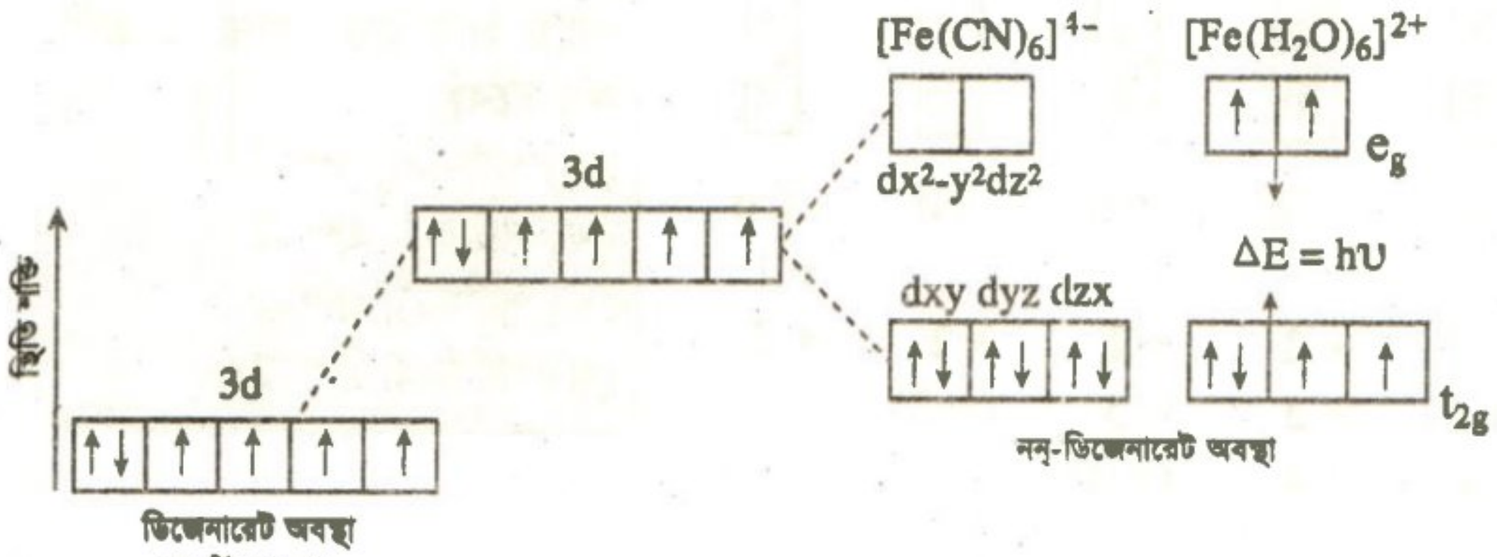
MCQ-3.10 : $_{39}Y$ মৌলটির পর্যায় সারণিতে পর্যায় ও গ্রুপ কত হবে?
(ক) পর্যায়-5, গ্রুপ-1
(খ) পর্যায়-5, গ্রুপ-2
(গ) পর্যায়-5, গ্রুপ-3
(ঘ) পর্যায়-4, গ্রুপ-2

অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের বর্ণ

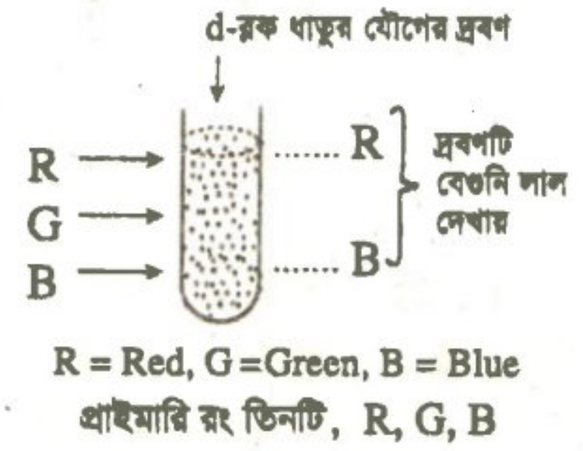
Ti^{3+}	$(3d^1)$ ⟶	বেগুনি
V^{4+}	$(3d^1)$ ⟶	নীল
V^{3+}	$(3d^2)$ ⟶	সবুজ
Cr^{3+}	$(3d^3)$ ⟶	বেগুনি
Mn^{3+}	$(3d^4)$ ⟶	বেগুনি
Mn^{2+}	$(3d^5)$ ⟶	গোলাপি
Fe^{3+}	$(3d^5)$ ⟶	হলুদ
Fe^{2+}	$(3d^6)$ ⟶	সবুজ
Co^{2+}	$(3d^7)$ ⟶	গোলাপি
Ni^{2+}	$(3d^8)$ ⟶	সবুজ
Cu^{2+}	$(3d^9)$ ⟶	নীল

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ (Crystal Field Theory) মতে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি ধাতুর ধনাত্মক আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y ও z অক্ষ বরাবর নিকটবর্তী হলে ঐ তিনটি অক্ষ বরাবরে থাকা d_{x2-y2} ও d_{z2} অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন যুগল দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য **ঊর্ধ্বমুখী** ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের **নন-ডিজেনারেট** (non-degenerate) অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্নশক্তির d_{xy}, d_{yz} ও d_{zx} অরবিটালত্রয়কে t_{2g} শক্তির অরবিটাল সেট [বা, non-axial set] এবং উচ্চশক্তির d_{x2-y2} ও d_{z2} অরবিটালদ্বয়কে e_g শক্তির অরবিটাল সেট [বা, axial set] বলে। লিগ্যান্ডের প্রভাবে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মধ্যে শক্তির সামান্য ঊর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী বিভক্তিকরণকে **ক্রিস্টাল ফিল্ড ফলাফল** (CFE) বলে এবং e_g সেট ও t_{2g} সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য (ΔE) কে **ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি** বলে। জটিল আয়নের বর্ণ বিভিন্ন দুর্বল ও সবল লিগ্যান্ডের প্রভাবে সৃষ্ট ΔE এর মাত্রার ওপর নির্ভর করে। যেমন H_2O হলো weak-field লিগ্যান্ড এবং CN^- আয়ন হলো strong field লিগ্যান্ড। উল্লেখ্য weak-field লিগ্যান্ড দ্বারা সৃষ্ট বর্ণ হালকা এবং strong-field লিগ্যান্ড দ্বারা সৃষ্ট বর্ণ গাঢ় হয়। Fe^{2+} আয়নে ডিজেনারেট ও নন্-ডিজেনারেট অরবিটালের মধ্যে শক্তির পার্থক্য (ΔE) দেখানো হলো :

CamScanner



চিত্র-৩.৩ : লিগ্যান্ডের আগমনে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতি শক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পৃথক শক্তিস্তরে বিন্যস্তকরণ।



চিত্র-৩.৩ (ক) : দৃশ্যমান আলোর সবুজ বর্ণ d-ব্লক ধাতুর আয়ন দ্বারা শোষণের ফলে দ্রবণটি বেগুনি লাল দেখায়।

তখন দুটি শক্তিস্তরের (e_g ও t_{2g} এর) মধ্যে শক্তির যে পার্থক্য (ΔE) হয়, তা যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ হয়, তবে t_{2g} সেটের জোড় বা বিজোড় d-ইলেকট্রনসমূহ ঐ আলো শোষণ করে e_g সেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়; অর্থাৎ ঐ অবস্থান্তর ধাতুর জটিল আয়ন বর্ণযুক্ত হয়। আয়নের দৃশ্যমান বর্ণ আয়ন দ্বারা শোষিত বর্ণের সম্পূরক হয়। যেমন, যদি সবুজ বর্ণ (green) শোষিত হয়, তবে দ্রবণের বর্ণ বেগুনি-লাল (purple) হয়। যদি নীল বর্ণ (blue) শোষিত হয়, তবে দ্রবণের বর্ণ হবে কমলা (orange)। $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়ন হলুদ বর্ণ দেখায় এবং $[Fe(H_2O)_6]$ আয়ন হাল্‌কা সবুজ বর্ণ দেখায়।

জেনে নাও : (i) ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি ΔE বা, 'Δ' এর মাত্রা নির্ভর করে লিগ্যান্ডের প্রকৃতির ওপর। যেমন Ni^{2+} আয়নটি দুর্বল লিগ্যান্ড H_2O এর সাথে যুক্ত হয়ে $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ আয়ন গঠন করে। এটির বর্ণ সবুজ (green); এক্ষেত্রে ΔE এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 500 nm হয়। অপরদিকে সবল লিগ্যান্ড NH_3 এর সাথে যুক্ত হয়ে $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ আয়ন গঠন করে। এটির বর্ণ নীল (blue); এক্ষেত্রে ΔE এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 445 nm হয়।

(ii) ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি (splitting of energy of d-orbitals) নিম্নোক্ত ক্রম অনুসারে weak field লিগ্যান্ড থেকে strong field লিগ্যান্ডের পরিবর্তনের ফলে ΔE বা 'Δ' এর মান বৃদ্ধি পায়; তখন শোষিত শক্তির λ এর মান হ্রাস পায়। ফলে সৃষ্ট জটিল আয়ন অধিক বর্ণযুক্ত হয়।

(Weak field ligand) : $I^- < Br^- < Cl^- < F^- < H_2O$; (Strong field ligand) $< NH_3 < CN^- < CO$

(iii) উল্লেখ্য ΔE বা, 'Δ' এর মানের ওপর জটিল আয়নের বর্ণসহ এর চৌম্বক ধর্ম নির্ভর করে।

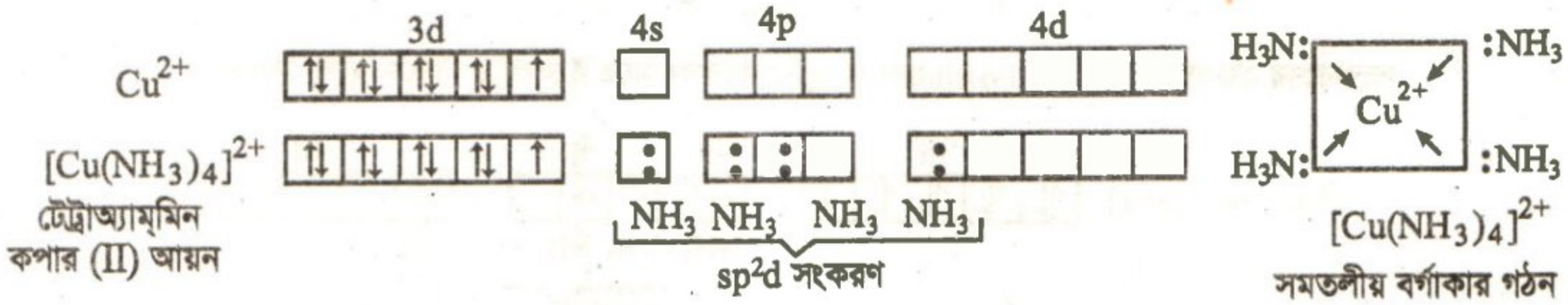
(৩) অবস্থান্তর ধাতুর জটিল আয়ন বা যৌগ গঠন : অবস্থান্তর ধাতুর পরমাণু বা আয়ন এর খালি অরবিটালের সাথে অপর কোনো নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল যুক্ত আয়ন বা অণু সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা যুক্ত হয়ে জটিল কাঠামোর আয়ন গঠন করলে, তাকে জটিল আয়ন বলে। জটিল আয়নযুক্ত যৌগকে জটিল যৌগ বলে।

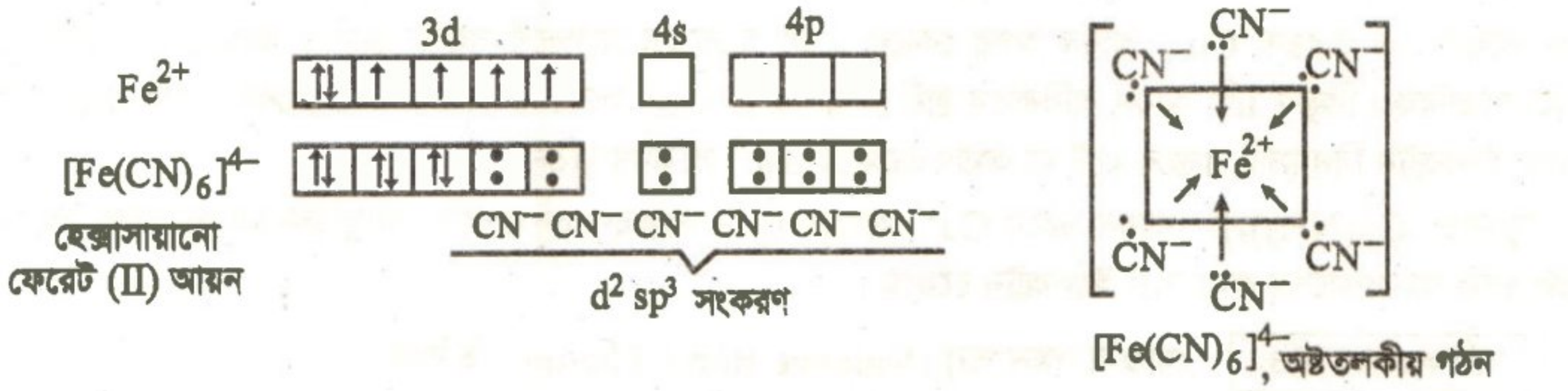
জটিল আয়ন বা জটিল যৌগ গঠনকালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল প্রদানকারী ঋণাত্মক আয়ন বা যৌগ অণুকে দাতা বা লিগ্যান্ড (ligand) বলা হয়। সাধারণ লিগ্যান্ড হলো $:NH_3$, $H_2\ddot{O}:$, $:Cl^-$, $:CN^-$ ইত্যাদি। যেমন, চারটি অ্যামোনিয়া ($:NH_3$) এর সাথে Cu^{2+} আয়ন সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে টেট্রাঅ্যাম্‌মিন কপার (II) আয়ন নামক ধনাত্মক জটিল আয়ন গঠন করে। যেমন, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$। আবার ছয়টি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত CN^- আয়ন এর সাথে Fe^{2+} আয়ন সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা ঋণাত্মক হেক্সাসায়ানোফেরেট(II) জটিল আয়ন $[Fe(CN)_6]^{4-}$ গঠন করে।

সন্নিবেশ সংখ্যা : জটিল যৌগ গঠনকালে সন্নিবেশ বন্ধন গঠনে লিগ্যান্ড প্রদত্ত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল সংখ্যাকে অবস্থান্তর ধাতুর সন্নিবেশ সংখ্যা বলে। যেমন, Cu ও Fe এর সন্নিবেশ সংখ্যা উপরোক্ত জটিল আয়নে যথাক্রমে 4 ও 6।

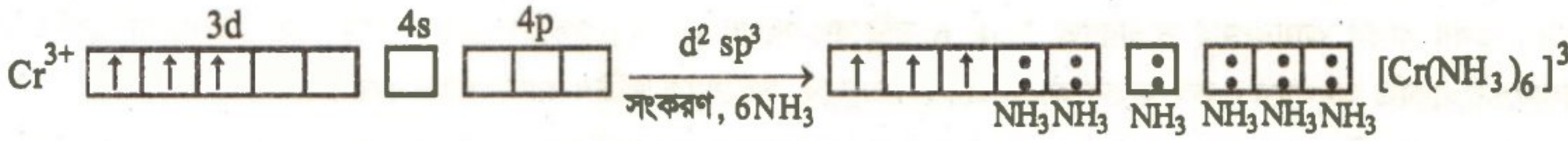
CamScanner

জটিল আয়ন গঠনের ব্যাখ্যা : অবস্থান্তর ধাতু ও এর আয়ন দ্বারা লিগ্যান্ডের সাথে জটিল আয়ন সৃষ্টির ব্যাখ্যা 'যোজনী বন্ধন (VB) তত্ত্ব' মতে দেয়া হলো। লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের প্রভাবে অবস্থান্তর ধাতুর পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রনগুলো যথাসম্ভব যুগলবদ্ধ হয়ে অরবিটাল খালি করে দেয়। এসব খালি অরবিটালগুলো যেমন 3d, 4s, 4p ও 4d ইত্যাদির মধ্যে বিভিন্ন প্রকার অরবিটাল সংকরণ যেমন সমতলীয় বর্গাকার sp^2d (Cu^{2+} এর বেলায়), অষ্টতলকীয় d^2sp^3 (Fe^{2+} এর বেলায়) অথবা sp^3d^2 ইত্যাদি দ্বারা সমশক্তির সংকর অরবিটাল গঠন করে। পরে সৃষ্ট সংকর অরবিটালের সাথে লিগ্যান্ডগুলো সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে জটিল আয়ন গঠন করে থাকে।





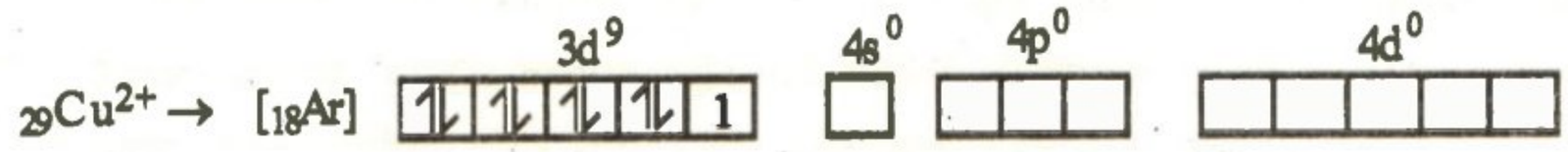
অনুরূপভাবে, হেক্সাঅ্যাম্মিন ক্রোমিয়াম (III) আয়ন $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ দ্বারা সৃষ্ট অষ্টতলকীয় জটিল যৌগে d^2sp^3 সংকরণ ঘটে। যেমন,



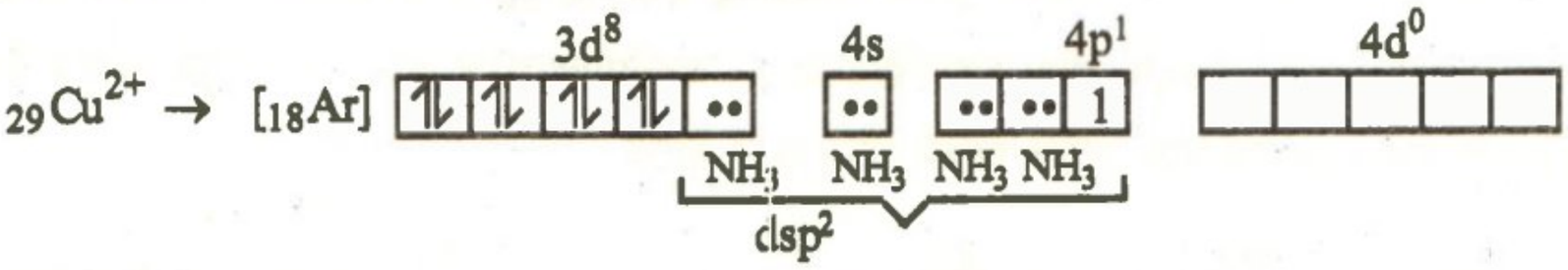
এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় Cr^{3+} আয়নে ($[Ar]\ 3d^3$) তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায়, জটিল যৌগটি প্যারাচুম্বকীয় হয়।

দ্রষ্টব্য : Systematic পদ্ধতিতে অবস্থান্তর ধাতুর জটিল যৌগের নামকরণ ও সংকেত লিখন এ অধ্যায়ের শেষে অনুচ্ছেদ-৩.২১.১ এ দেয়া হয়েছে।

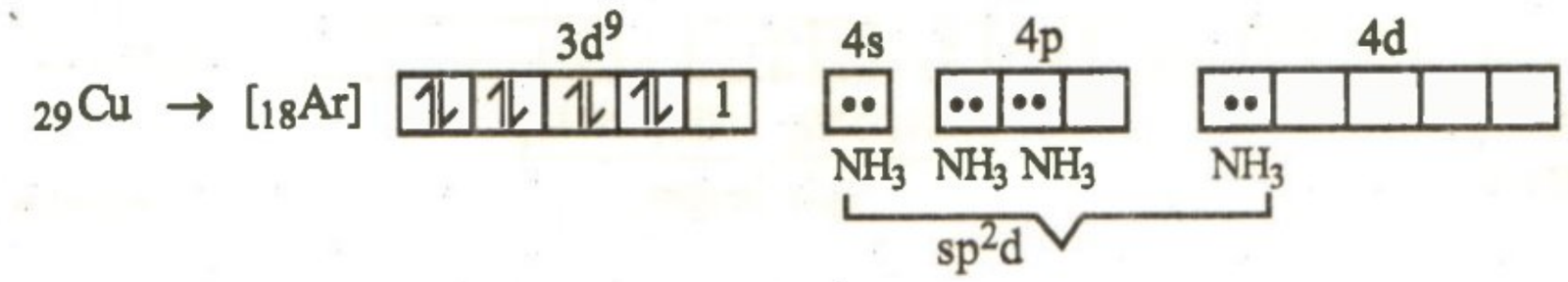
অধিক জেনে নাও : $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়ন গঠনে Cu^{2+} আয়নের sp^2d সংকরীকরণের পক্ষে যুক্তি ও তথ্য প্রমাণ: X-ray diffraction analysis পরীক্ষা থেকে জানা যায় $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ জটিল আয়নের জ্যামিতিক গঠন হলো সমতলীয় বর্গাকার (square planar)। এছাড়া এটি হলো দুর্বল চুম্বকধর্মী অর্থাৎ Cu^{2+} আয়নে কম সংখ্যক বিজোড় ইলেকট্রন রয়েছে। এক্ষেত্রে Cu^{2+} আয়নের চার্জ সংখ্যা হলো +2 এবং সন্নিবেশ-সংখ্যা হলো 4। তাই যোজনী বন্ধন তত্ত্ব মতে Cu^{2+} আয়নে dsp^2 অথবা, sp^2d সংকরণ দ্বারা 4টি সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হতে পারে; যাতে 4টি NH_3 লিগ্যান্ড অণু 4টি ইলেকট্রন যুগলসহকারে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে থাকে। এক্ষেত্রে অরবিটাল সংকরণের দুটি সম্ভাবনার মধ্যে কোনটি বাস্তবে ঘটে তা নিচের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে প্রমাণিত হবে।



সংকরণের ১ম সম্ভাবনা (1st Possibility) : dsp^2 সংকরণ মতে ইলেকট্রন বিন্যাস হলো নিম্নরূপ :



সংকরণের ২য় সম্ভাবনা (2nd Possibility) : sp^2d সংকরণ মতে ইলেকট্রন বিন্যাস হলো নিম্নরূপ :



ব্যাখ্যা : ১ম সম্ভাবনার ক্ষেত্রে অর্থাৎ dsp^2 এর বেলায় $3d^1_{z2}$ ইলেকট্রনটি উচ্চতর শক্তির 4p অরবিটালে স্থানান্তরিত করা হয়েছে। এ অবস্থায় Cu^{2+} আয়ন অপর কোনো সবল জারকের সংস্পর্শে সহজে জারিত হয়ে Cu^{3+} আয়নে পরিণত হওয়া স্বাভাবিক। কিন্তু Cu^{2+} আয়ন অধিকতর স্থায়ী আয়ন এবং Cu^{3+} আয়নের কোনো অস্তিত্ব নেই। তাই dsp^2 এর বেলায় সম্ভাব্য ইলেকট্রন বিন্যাসটি বাস্তবে ঘটে না অর্থাৎ এক্ষেত্রে dsp^2 সংকরণ যুক্তিযুক্ত নয়।

সুতরাং $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়ন গঠনে Cu^{2+} আয়নে sp^2d সংকরণ প্রকৃতপক্ষে তা যুক্তিসম্মত প্রমাণিত হয়। এক্ষেত্রে দুর্বল চুম্বক ধর্ম প্রকাশের জন্য $3d^1$ ইলেকট্রন রয়েছে।

অধিক জেনে নাও : যোজনী বন্ধন তত্ত্ব (Valence Bond Theory) ভিত্তিক :

* (i) জটিল আয়ন গঠনকালে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ নির্দিষ্ট সন্নিবেশ-সংখ্যা (co-ordination number, C.N.) সহযোগে নির্দিষ্ট প্রকৃতির (দুর্বল ও সবল) লিগ্যান্ডের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা নির্দিষ্ট জ্যামিতিক-গঠনের জটিল আয়ন সৃষ্টি করে। তখন ধাতব আয়নসমূহ সাধারণত 2, 4, 6 সন্নিবেশ-সংখ্যা (C.N) প্রদর্শন করে। তবে ধাতব আয়নের প্রকৃতি ও লিগ্যান্ডের প্রকৃতি অনুসারে একই ধাতব আয়ন একাধিক C.N. সহযোগে জটিল আয়ন গঠন করে থাকে।

* (ii) যোজনী বন্ধন তত্ত্ব (VB theory) অনুসারে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ সুবিধামতো তাদের s, p, d অরবিটাল ব্যবহার করে বিভিন্ন প্রকার অরবিটাল সংকরণ যেমন sp, sp^3, dsp^2 or sp^2d, d^2sp^3 or sp^3d^2 ইত্যাদি প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহে লিগ্যান্ড প্রদত্ত 'ইলেকট্রন যুগল'সমূহকে গ্রহণ করে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠনের জটিল আয়ন সৃষ্টি করে; যা X-ray diffraction analysis পরীক্ষা দ্বারা জানা যায়। এসব ক্ষেত্রে inner (n–1)d orbitals যেমন 3d অথবা outer nd orbitals যেমন 4d অরবিটাল সুবিধামতো সংশ্লিষ্ট 'অরবিটাল সংকরণে' ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

সাধারণত এসব জটিল আয়নে ধাতব আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 2, 4, 6 হয়ে থাকে; যা সংশ্লিষ্ট ধাতব আয়নের চার্জ সংখ্যা বা যোজনী সংখ্যার দ্বিগুণ হয়ে থাকে; তবে এর ব্যতিক্রম নিচের উদাহরণসমূহ থেকে জানা যাবে। এসব ক্ষেত্রে ধাতব আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাসের ধরন এবং দুর্বল লিগ্যান্ড [যেমন $I^- < Br^- < Cl^- < F^- < H_2O$] এবং সবল লিগ্যান্ড [যেমন $< NH_3 < en < CN^- < CO$] এর প্রভাব থাকে। এক্ষেত্রে 'en' হলো ethylene diamine ($H_2N–CH_2–CH_2–NH_2$) নামক দ্বিদন্তী (bidentate) লিগ্যান্ড বা কিলেটিং এজেন্ট [অনুচ্ছেদ-৫.২.২(গ) দ্রষ্টব্য]। উল্লেখ্য সবল লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন যুগলের বিকর্ষণে 3d-অরবিটালের বিজোড় ইলেকট্রনসমূহ যথাসম্ভব যুগলবদ্ধ হয়ে লিগ্যান্ডের জন্য 3d-অরবিটাল খালি করে দেয়।

CamScanner

সন্নিবেশ সংখ্যা	অরবিটাল সংকরণে d-অরবিটাল	জ্যামিতিক গঠন	ধাতব আয়ন	লিগ্যান্ড	সৃষ্ট জটিল আয়ন	চৌম্বক ধর্ম
2	sp	সরলরৈখিক	Ag^+	NH_3	$[Ag(NH_3)_2]^+$	$4d^{10}$ ডায়াচৌম্বকীয়
2	sp	সরলরৈখিক	Cu^+	Cl^-	$[CuCl_2]^-$	$3d^{10}$ ডায়াচৌম্বকীয়
4	sp^3	চতুস্তলকীয় (tetrahedral)	Co^{2+}	Cl^-	$[CoCl_4]^{2-}$	$3d^{2+2+1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়
4	dsp^2 or, sp^2d ($d_{x^2-y^2}$)	সমতলীয় বর্গাকার	Ni^{2+} dsp^2	CN^-	$[Ni(CN)_4]^{2-}$	$3d^{2+2+2+2+0}$ ডায়াচৌম্বকীয়
4	sp^2d	সমতলীয় বর্গাকার	Cu^{2+} sp^2d	NH_3	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	$3d^{2+2+2+2+1}$ দুর্বল চুম্বকীয়
6	d^2sp^3	অষ্টতলকীয়	Cr^{3+}	NH_3	$[Cr(NH_3)_6]^{3+}$	$3d^{1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়
6	d^2sp^3	অষ্টতলকীয়	Fe^{2+}	CN^-	$[Fe(CN)_6]^{4-}$	$3d^{2+2+2+0+0}$ ডায়াচৌম্বকীয়
6	d^2sp^3	অষ্টতলকীয়	Fe^{3+}	CN^-	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$3d^{2+2+1+0+0}$ দুর্বল চুম্বকীয়
6	sp^3d^2	অষ্টতলকীয়	Fe^{3+}	F^-	$[FeF_6]^{3-}$	$3d^{1+1+1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়

*** (iii) জটিল আয়নের চৌম্বক ধর্মের মাত্রা** (যেমন high spin complex and low spin complex গঠন অর্থাৎ কীভাবে জটিল আয়নে বেশি বা কম সংখ্যক বিজোড় ইলেকট্রন অবস্থান নেয়) এবং জটিল আয়নের বর্ণ সৃষ্টির প্রকৃত ব্যাখ্যা 'ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ' থেকে জানা যায়; VB মতবাদ তা সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যা দেয় না।

(৪) অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের সাথে ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়া : অবস্থান্তর ধাতুর যৌগের দ্রবণে NaOH, KOH অথবা অ্যামোনিয়া দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন ক্ষারের OH^- আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে অদ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন,

ক্যাটায়ন	অধঃক্ষিপ্ত ধাতব হাইড্রক্সাইড	অধঃক্ষেপের বর্ণ	অতিরিক্ত NaOH দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ার ফলে সৃষ্ট আয়ন	অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে সৃষ্ট জটিল আয়ন
$Cr^{3+}(aq)$	$Cr(OH)_3$	সবুজ	ক্রোমেট (III) আয়ন, $CrO_3^{3-}(aq)$	– –
$Mn^{2+}(aq)$	$Mn(OH)_2$	ধূসর	– –	– –
$Fe^{2+}(aq)$	$Fe(OH)_2$	সবুজ	– –	– –
$Fe^{3+}(aq)$	$Fe(OH)_3$	বাদামি	– –	– –
$Co^{2+}(aq)$	$Co(OH)_2$	গোলাপী	কোবাল্টেট (II) আয়ন, $Co(OH)_4^{2-}(aq)$	$[Co(NH_3)_6]^{2+}(aq)$
$Ni^{2+}(aq)$	$Ni(OH)_2$	সবুজ	– –	$[Ni(NH_3)_6]^{2+}(aq)$
$Cu^{2+}(aq)$	$Cu(OH)_2$	হাল্‌কা নীল	– –	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq)$
$Zn^{2+}(aq)$	$Zn(OH)_2$	সাদা	জিংকেট (II) আয়ন, $Zn(OH)_4^{2-}(aq)$	

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৪ : অবস্থান্তর মৌলের ভৌতধর্ম ও রাসায়নিক ধর্মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৪(ক) : 3d মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে এদের উচ্চ গলনাঙ্কের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৪(খ) : B(23), C(25), D(28) ও E(30)-এ চারটি d-ব্লকের মৌলের গলনাঙ্ক হলো যথাক্রমে 1910°C, 1245°C, 1453°C, 420°C।

এসব মৌলের এরূপ গলনাঙ্ক হওয়ার কারণ বিশ্লেষণ করো। [কু. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৪(গ) : Z(28) মৌলটি প্রভাবন ধর্ম প্রকাশ করে কি? তোমার উত্তরের পক্ষে বিশ্লেষণ করো। [কু. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৫(ক) : অবস্থান্তর ধাতু রঙিন যৌগ গঠন করে; তা ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৫(খ) : $A = (n-1)d^5\ ns^1$ এবং $B = (n-1)d^1\ ns^2$; এখানে $n = 4$। A ও B মৌলদ্বয়ের মধ্যে কোনটি রঙিন যৌগ গঠন করে, তা কারণসহ ব্যাখ্যা করো। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ দেখো।] [ঢা. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৫(গ) : ৪র্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল 'A' এর যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো $(n-1)d^6\ ns^2$। এর $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নটি রঙিন হবে কি; তা বিশ্লেষণ করো। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ দেখো।] [চ. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৫(ঘ) : $A(3d^6 4s^2)$, $B(3d^{10} 4s^2)$, $C(3s^2 3p^5)$-এ তিনটি মৌলের মধ্যে কোন মৌলটি রঙিন আয়ন গঠন করে; তা বিশ্লেষণ করো। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ দেখো।] [কু. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৫(ঙ) : A(24), B(30)-এ দুটি মৌলের মধ্যে কোনটির যৌগ রঙিন হবে; তা বিশ্লেষণ করো।

[সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ দেখো।] [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৬(ক) : অবস্থান্তর ধাতু কীরূপে জটিল আয়ন গঠন করে, তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.৬(খ) : $[_{29}M(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নের দ্রবণের প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো। [সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৭(ক) : $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে, তা বিশ্লেষণ করো।

সমস্যা-৩.৭(খ) : $[_{29}M(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নের মধ্যস্থ M^{2+} আয়ন শনাক্তকরণ পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ।

[সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৮ : $FeSO_4$ ও $FeCl_3$ এর জলীয় দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কীরূপ বর্ণ পরিবর্তন ঘটে তা সমীকরণসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৯ : $ZnSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে ধীরে ধীরে NaOH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে, তা সমীকরণসহ লেখ।

সমস্যা-৩..১০ : একটি ধাতব মৌল 'A' এর অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সংকেত হলো AO, A_2O_3 এবং ACl_2, ACl_3। মৌলটি পর্যায় সারণির কোন শ্রেণিভুক্ত হবে, তা ব্যাখ্যা করো।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ : $A = (n-1)d^5\ ns^1$ [মা. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৬]

$B = (n-1)d^1\ ns^2$, এখানে $n = 4$

(ক) A মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটির চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নির্ণয় করো।

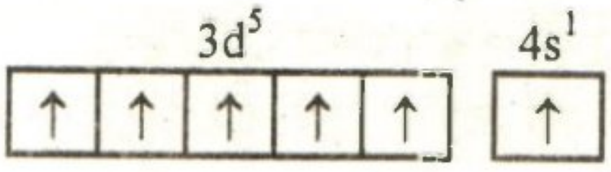
(খ) A ও B মৌলের মধ্যে কোনটি রঙিন যৌগ গঠন করে তা কারণসহ বিশ্লেষণ করো।

সমাধান-(ক) : A মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটির চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নির্ণয় :

উদ্দীপক মতে, $A = (n-1)d^5\ ns^1$ এখানে $n = 4$

∴ A এর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো, $A = 3d^5 4s^1$

∴ A মৌলটি হলো ক্রোমিয়াম, Cr(24)। Cr(24) এর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস বক্স পদ্ধতিতে হলো,



এক্ষেত্রে সর্বশেষ ইলেকট্রন বলতে $4s^1$ ইলেকট্রনটিকে বোঝানো হয়েছে।

$4s^1$ ইলেকট্রনের বেলায়,

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, $n = 4$

সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, $l = 0$ (s অরবিটালের জন্য)

চুম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা, $m = 0$

স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা, $s = +\frac{1}{2}$

MCQ-3.11 : বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]

(ক) $Mn^{2+} > Fe^{2+} > Cr^{3+}$

(খ) $Mn^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{2+}$

(গ) $Fe^{2+} > Cr^{3+} > Mn^{2+}$

(ঘ) $Cr^{3+} > Mn^{2+} > Fe^{2+}$

সমাধান : (খ) A ও B মৌলের মধ্যে কোনটি রঙিন যৌগ গঠন করে এর ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, $A = (n-1)d^5 ns^1 = (4-1)d^5 4s^1 = 3d^5 4s^1$

$\therefore$ A মৌলটি হলো Cr (24)।

আবার, $B = (n-1)d^1 ns^2 = (4-1)d^1 4s^1 = 3d^1 4s^2$

$\therefore$ B মৌলটি হলো Sc (21)।

MCQ-3.12 : নিচের কোন দুটি মৌলই অষ্টক সম্প্রসারণ করে? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) Al, S (খ) Al, Si

(গ) Al, Sb (ঘ) Si, P

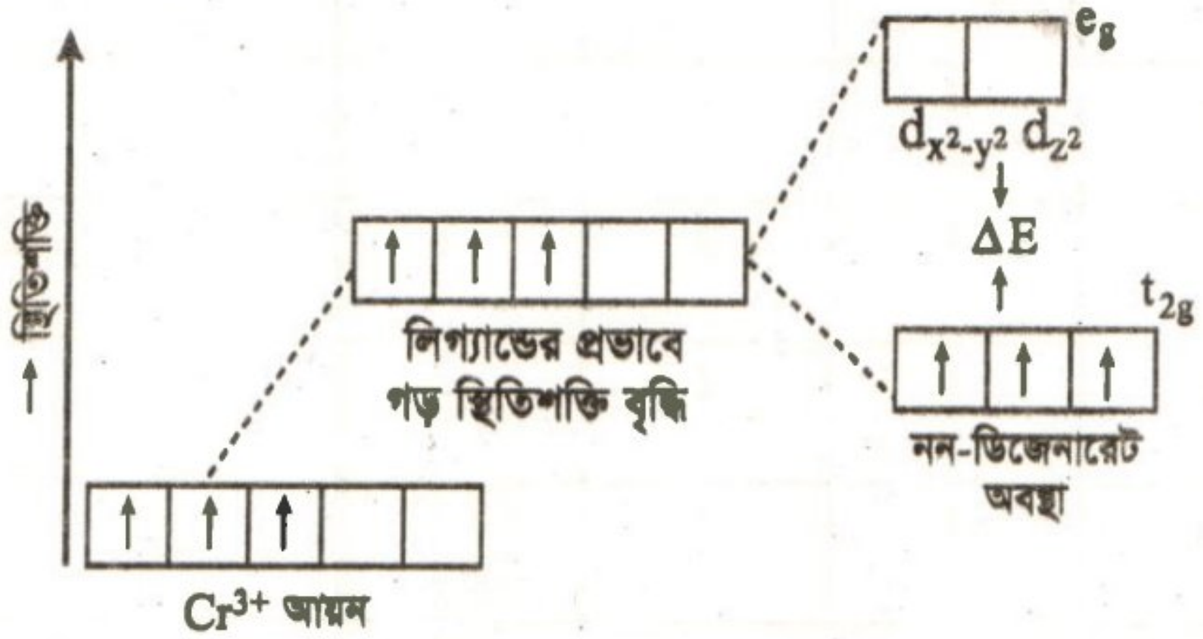
Cr (24) ও Sc (21) এ মৌল দুটির মধ্যে Cr (24) হলো অবস্থান্তর মৌল এবং Sc (21) হলো d-ব্লক মৌল বটে, কিন্তু অবস্থান্তর মৌল নয়। কারণ অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা মতে, যেসব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত ধনাত্মক আয়নে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে অর্থাৎ d^1–d^9 ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলা হয়। Sc (21) এর সুস্থিত আয়ন হলো Sc^{3+} আয়ন এবং Cr (24) এর সুস্থিত আয়ন হলো Cr^{3+} আয়ন্। উভয় আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$$Sc^{3+}\ (21) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^0$$

$$Cr^{3+}\ (24) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^3$$

উপরোক্ত ইলেকট্রন বিন্যাস মতে, Sc^{3+} আয়নে d অরবিটালে কোনো ইলেকট্রন নেই, তাই Sc অবস্থান্তর মৌল নয়। অপরদিকে Cr^{3+} আয়নে d^3 ইলেকট্রন আছে, যা d^1–d^9 এর মধ্যে রয়েছে। তাই Cr (24) মৌলটি হলো অবস্থান্তর মৌল। অবস্থান্তর মৌলের অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো রঙিন যৌগ গঠন করা। এজন্য Cr (24) মৌলটি রঙিন যৌগ গঠন করে থাকে। কিন্তু Sc (21) অবস্থান্তর মৌল না হওয়ায় কোনো রঙিন যৌগ গঠন করতে পারে না।

অবস্থান্তর ধাতু Cr ও এর ক্যাটায়ন Cr^{3+} আয়নে অপূর্ণ d-অরবিটাল থাকে বলে তারা রঙিন হয়। এছাড়া জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের প্রভাবে পাঁচটি d-অরবিটালে সামান্য পরিমাণে শক্তির তারতম্য ঘটে, যা দৃশ্যমান আলো থেকে শোষিত হয়। তাই জটিল আয়ন রঙিন হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৪ (ক) : লিগ্যান্ডের প্রভাবে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পৃথক শক্তিস্তরে বিভক্তিকরণ

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ অনুসারে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি Cr ধাতুর ধনাত্মক আয়ন Cr^{3+} আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y, z অক্ষ বরাবর নিকটবর্তী হলে ঐ তিনটি অক্ষ বরাবরে থাকা d_{x2-y2} ও d_{z2} অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন যুগল দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের নন্-ডিজেনারেট অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্নশক্তির d_{xy}, d_{yz} ও d_{zx} অরবিটালত্রয়কে t_{2g} শক্তির অরবিটাল সেট এবং উচ্চশক্তির d_{x2-y2} ও d_{z2} অরবিটালদ্বয়কে e_g শক্তির অরবিটাল সেট বলে। লিগ্যান্ডের প্রভাবে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মধ্যে শক্তির সামান্য উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী বিভক্তিকরণকে ক্রিস্টাল ফিল্ড ফলাফল বলে এবং e_g সেট ও t_{2g} সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য (ΔE) কে ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি বলে। তখন দুটি শক্তিস্তরের মধ্যে যে পার্থক্য (ΔE) হয়, তা যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে মিল হয়া, তবে t_{2g} সেটের জোড় বা বিজোড় d-ইলেকট্রন ঐ আলো শোষণ করে e_g সেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়; অর্থাৎ অবস্থান্তর ধাতু Cr^{3+} এর জটিল যৌগ যেমন $[Cr(H_2O)_3Cl_3]$ বেগুনি বর্ণের রঙিন হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ : পর্যায় সারণির চতুর্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল 'A' এর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $(n-1)d^6\,ns^2$। [কু. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬]

(ক) A মৌলের d-উপস্তরের ইলেকট্রনগুলোর জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট নির্ণয় করো।

(খ) $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নটি রঙিন হবে কীনা উদ্দীপকের আলোকে তা বিশ্লেষণ করো।

সমাধান : (ক) A মৌলের d-উপস্তরের ইলেকট্রনগুলোর জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট নিম্নরূপ :

উদ্দীপক মতে, $A = (n-1)d^6\,ns^2$, এখানে $n = 4$

$\therefore$ A এর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হলো, $A = 3d^6\,4s^2$

$\therefore$ A মৌলটি হলো আয়রন, Fe(26)। Fe(26) এর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস বক্স পদ্ধতিতে হলো,

$3d^6$					$4s^2$
⇅	⇅	⇅	⇅	⇅	⇅

A মৌল বা Fe(26) এর d উপস্তরের $3d^6$ ইলেকট্রনসমূহের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট হলো নিম্নরূপ :

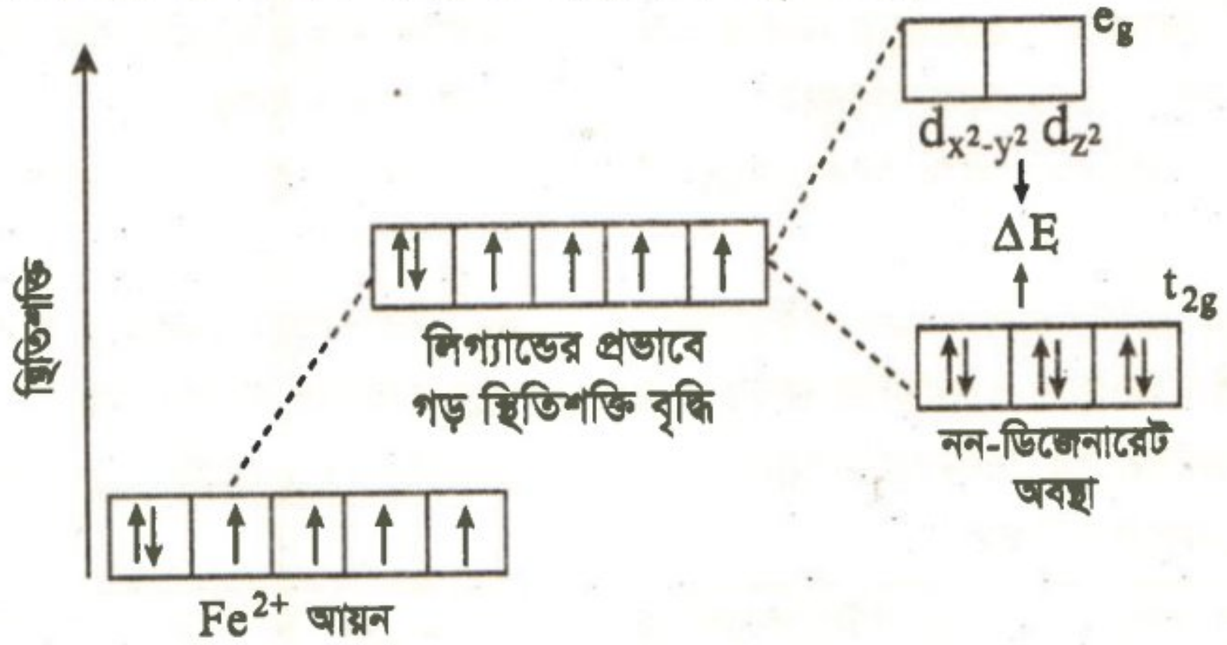
ইলেকট্রন	n	l	m	s	অরবিটাল
e_1	3	2	+2	$+\frac{1}{2}$	d_{xy}
e_2	3	2	+1	$+\frac{1}{2}$	d_{yz}
e_3	3	2	0	$+\frac{1}{2}$	d_{zx}
e_4	3	2	−1	$+\frac{1}{2}$	d_{x2-y2}
e_5	3	2	−2	$+\frac{1}{2}$	d_{z2}
e_6	3	2	+2	$-\frac{1}{2}$	d_{xy}

CamScanner

সমাধান : (খ) $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নটি রঙিন হবে কীনা তার ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নটি হলো $[Fe(CN_6]^{4-}$। এটি একটি জটিল আয়ন। এ জটিল আয়নটিতে অবস্থান্তর মৌল Fe এর সুস্থিত আয়নটি হলো Fe^{2+} আয়ন এবং লিগ্যান্ড হলো সায়ানাইড আয়ন (CN^-)। Fe হলো অবস্থান্তর ধাতু। অবস্থান্তর ধাতুর অন্যতম বৈশিষ্ট্য হলো Fe^{2+} আয়ন রঙিন হবে এবং জটিল আয়ন গঠনের বেলায়ও রঙিন আয়ন সৃষ্টি করবে। এর কারণ ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়।

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ মতে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি ধাতুর যেমন Fe এর ধনাত্মক আয়ন Fe^{2+} এর নিকটবর্তী হলে তখন পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y ও z অক্ষ বরাবরে থাকা d_{x2-y2} ও d_{z2}



চিত্র-৩.৪ (খ) : লিগ্যান্ডের প্রভাবে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পৃথক শক্তিস্তরে বিভক্তিকরণ

অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের নন্-ডিজেনারেট অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্ন শক্তির d_{xy} , d_{yz} ও d_{zx} অরবিটালত্রয় t_{2g} শক্তির অরবিটাল সেট এবং উচ্চশক্তির d_{x2-y2} ও d_{z2} অরবিটালদ্বয়কে e_g শক্তির অরবিটাল সেট বলে। এক্ষেত্রে e_g সেট ও t_{2g} সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য (ΔE) কে ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি বলে। এ ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি (ΔE) যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ হয়, তবে t_{2g} সেটের ঐ জোড় বা বিজোড় d-ইলেকট্রনসমূহ ঐ আলো শোষণ করে e_g সেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়। এরূপে জটিল আয়ন বর্ণযুক্ত হয়। এক্ষেত্রে $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়ন হলুদ বর্ণযুক্ত হয়ে থাকে।

৩.২.৪ f-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of f-block elements)

পর্যায় সারণিতে f-ব্লকে অন্তর্ভুক্ত মৌলসমূহের পরমাণুতে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ns-অরবিটাল বা উপশক্তিস্তর পূর্ণ থাকে; কিন্তু (n – 1)d অরবিটাল অপূর্ণ রেখে শেষ ইলেকট্রন ক্রমান্বয়ে (n – 2)f অরবিটালে প্রবেশ করতে থাকে। এর মূলে রয়েছে উচ্চশক্তিস্তরে d-অরবিটাল ও f-অরবিটালের মধ্যে ন্যূনতম পার্থক্য। এখানে n = 6 ও 7 হয়।

পর্যায়	ইলেকট্রন বিন্যাস : $(n-2)\,f^{(1-14)}, (n-1)\,d^{0,1}\,ns^2$; n = 6, 7													
6(4f)	$_{58}Ce$	$_{59}Pr$	$_{60}Nd$	$_{61}Pm$	$_{62}Sm$	$_{63}Eu$	$_{64}Gd$	$_{65}Tb$	$_{66}Dy$	$_{67}Ho$	$_{68}Er$	$_{69}Tm$	$_{70}Yb$	$_{71}Lu$
7(5f)		$_{91}Pa$	$_{92}U$	$_{93}Np$	$_{94}Pu$	$_{95}Am$	$_{96}Cm$	$_{97}Bk$	$_{98}Cf$	$_{99}Es$	$_{100}Fm$	$_{101}Md$	$_{102}No$	$_{103}Lw$

f-ব্লক মৌলসমূহ (১) ল্যান্থানাইড ও (২) অ্যাক্টিনাইড—এ দুটি সিরিজে বিভক্ত :

(১) ল্যান্থানাইড সিরিজ (Lanthanide Series) : পর্যায় সারণির ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ও গ্রুপ-3 (3B) এর অন্তর্ভুক্ত ল্যান্থানাম ($_{57}La$) ও এর পরবর্তী সেরিয়াম ($_{58}Ce$) থেকে লুটেসিয়াম ($_{71}Lu$) পর্যন্ত 14টি মৌলসহ মোট 15টি মৌলকে একত্রে **ল্যান্থানাইড সিরিজ** বা **ল্যান্থানয়ডস** (Lanthanoids) বলে। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে খুবই মিল থাকায়

এদেরকে পর্যায় সারণিতে একই স্থানে রাখা হয়েছে। প্রকৃতিতে ল্যান্থানয়ড মৌলসমূহ খুব কম পরিমাণে যৌগরূপে পাওয়া যায় বলে এদেরকে **বিরল মৃত্তিকা মৌল** বা Rear earth elements'ও বলা হয়।

ল্যান্থানাইড সিরিজের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো : $(n-2)f^{1-14}\,(n-1)\,d^{0-1}\,ns^2$; এক্ষেত্রে $n = 6$ হয়।

ল্যান্থানাইডসমূহের ধর্মাবলি : (১) ল্যান্থানাইডসমূহ হলো ভারী ধাতু। এরা তাপ ও বিদ্যুৎ সুপরিবাহী।

(২) এদের ঘনত্ব, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়।

(৩) এদের আয়নীকরণ শক্তি d-ব্লক মৌল অপেক্ষা কম। তাই এসব ধাতুর তড়িৎ-ধনাত্মকতা ধর্ম বেশি থাকে।

(৪) f-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে রয়েছে **অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল** (Inner transition elements)। যেসব f-ব্লক মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নে f^1 থেকে f^{13} ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে **অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল** বলে। যেমন— Ce(58) এর $4f^1$ যুক্ত Ce^{3+} আয়ন আছে। এদের আয়ন বর্ণযুক্ত হয় এবং জটিল আয়ন গঠন করে।

(৫) এদের প্রধান ও অধিকতর স্থায়ী জারণ অবস্থা হলো + 3। তবে + 2 ও + 4 জারণ অবস্থাও দেখা যায়। যেমন Eu^{2+} $(4f^7)$, $Tb^{4+}(4f^7)$।

(৬) ল্যান্থানাইডসমূহ অতিবেগুনি ও অবলোহিত রশ্মিকে শোষণ করে দৃশ্যমান আলোর পরিসরে বিকিরণ করতে পারে। তাই এদের বিভিন্ন অক্সাইড সানগ্লাস ও ওয়েল্ডিং কাজে ব্যবহৃত গগলস তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(৭) ল্যান্থানাইড মৌলসমূহের ত্রিধনাত্মক আয়ন (M^{3+}) এর ব্যাসার্ধ La থেকে Lu পর্যন্ত নিয়মিতভাবে হ্রাস পেতে থাকে। একে **ল্যান্থানাইড সংকোচন** বলে।

ল্যান্থানাইড সংকোচনের কারণ : এদের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $4f^{2-14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{0-1}\ 6s^2$। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নতুন ইলেকট্রনটি এদের যোজ্যতাস্তর ষষ্ঠ শক্তিস্তরে প্রবেশ না করে 4f-উপশক্তিস্তরে প্রবেশ করে। তখন f-অরবিটালের গঠন প্রকৃতি মতে বিস্তৃত এলাকায় ইলেকট্রন মেঘ ছড়িয়ে থাকে (diffused)। ফলে নিউক্লিয়াসে ক্রমবৃদ্ধি পাওয়া ধনাত্মক চার্জকে সম্পূর্ণভাবে আবৃত করতে না পারায় নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ পরবর্তী উপশক্তিস্তরকে আকৃষ্ট করে। ফলে এদের পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধে ক্রমহ্রাস ঘটে; যা ল্যান্থানাইড সংকোচন নামে পরিচিত।

(২) অ্যাক্টিনাইড সিরিজ (Actinide Series) : পর্যায় সারণির ৭ম পর্যায়ের ও গ্রুপ-3 (3B) এর অন্তর্ভুক্ত অ্যাক্টিনিয়াম ($_{89}Ac$) ও এর পরবর্তী $_{90}Th$ থেকে $_{103}Lr$ পর্যন্ত 14টি মৌলসহ মোট 15টি মৌলকে একত্রে অ্যাক্টিনাইড সিরিজ বা অ্যাক্টিনয়ড্স বলে। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে খুবই মিল থাকায় এদেরকে পর্যায় সারণিতে একই স্থানে রাখা হয়েছে। অ্যাক্টিনাইড সিরিজকে বর্তমানে IUPAC নিয়ম মতে অ্যাক্টিনয়ডস (actinoids)ও বলা হয়।

কারণ ঋণাত্মক আয়নের বেলায়, মৌলের পরমাণুর নামের শেষে 'ide' বিভক্তি বা suffix বসে যেমন ক্লোরাইড (chloride) আয়ন (Cl^-)। তাই ল্যান্থানাইড-এর পরিবর্তে 'ল্যান্থানয়ড' এবং অ্যাক্টিনাইড-এর পরিবর্তে 'অ্যাক্টিনয়ড' নতুন নামকরণ অনুমোদন দেয়া হয়েছে।

অ্যাক্টিনাইডসমূহের ধর্মাবলি :

(১) অ্যাক্টিনাইড মৌলসমূহ তেজস্ক্রিয় মৌল।

(২) এদের ঘনত্ব খুব বেশি। (ব্যতিক্রম থোরিয়াম sp.gr. 10.11)

(৩) এদের উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক আছে।

(৪) অ্যাক্টিনাইডসমূহ অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু। এরা + 3, + 4, + 5, + 6 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। এদের আয়নীকরণ শক্তি কম।

MCQ-3.13 : নিচের কোন আয়নটি রঙিন যৌগ গঠন করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) Sc^{3+} (খ) Mg^{2+}

(গ) Zn^{3+} (ঘ) Ni^{2+}

(৫) এরা বাতাসের সংস্পর্শে মলিন ও কম সক্রিয় হয়ে যায়।

(৬) সূক্ষ্ম চূর্ণ অবস্থায় অ্যাক্টিনাইড মৌলসমূহ অত্যন্ত সক্রিয় থাকে। উত্তপ্ত পানি এবং লঘু এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

(৭) এদের ওপর ক্ষার দ্রবণে প্রভাব নেই। এদের যৌগসমূহ সাধারণত বেশি ক্ষারীয় হয়।

(৮) থোরিয়া (ThO_2) ও সেরিয়া (CeO_2) মিশ্রণ সূক্ষ্ম কণারূপে গাড়ির হেড লাইট, জাহাজ ও রেলগাড়ির সার্চ লাইটে থাকে।

CamScanner

জেনে রাখো : পর্যায় সারণির ১১৮টি মৌলের মধ্যে (২০১৬ সাল পর্যন্ত) ধাতু = ৯৪টি; অপধাতু (সর্বসম্মত) = ৬টি (B, Si, Ge, As, Sb, Te); অধাতু = ১৮টি [১১টি গ্যাস, ১টি তরল (Br_2), ৬টি কঠিন কক্ষতাপমাত্রায় (C, P, S, Se, I, At)]।

৩.৩ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ

Periodic Properties of Elements

পর্যায়বৃত্ত ধর্ম : মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরিবর্তিত হয়ে থাকে এবং নির্দিষ্ট সংখ্যা যেমন ২, ৮, ৮, ১৮, ১৮, ৩২ এর ব্যবধানের পর পর্যায়ক্রমিকভাবে অনুরূপ ধরনের হয়। মৌলসমূহের অনেক ধর্মেও একইভাবে পুনরাবৃত্তি ঘটে। এ কারণে মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরিবর্তনশীল ধর্মসমূহকে পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলে। এখানে মৌলসমূহের কিছু পর্যায়বৃত্ত ধর্ম যেমন— (ক) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, (খ) পরমাণুর আকার, (গ) যোজ্যতা, (ঘ) আয়নীকরণ শক্তি, (ঙ) ইলেকট্রন আসক্তি, (চ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ও (ছ) ধাতব ধর্ম বিশেষভাবে আলোচনা করা হলো।

অবস্থান্তর ও অন্তঃঅবস্থান্তর মৌলসমূহে ধর্ম প্রধানত তাদের আংশিক পূর্ণ d ও f অরবিটালে অবস্থিত ইলেকট্রন দ্বারাই বিশেষভাবে প্রভাবান্বিত হয়। এজন্য পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তনের সাথে এদের অনেক ধর্মের পরিবর্তন বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয় না।

(ক) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক (Melting Point & Boiling Point)

যে তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলে যায়, একে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক এবং 1 atm চাপে যে তাপমাত্রায় পদার্থটি বুদবুদসহ ফুটতে থাকে, একে ঐ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলে।

গ্রুপ-1 (বা IA) এর ক্ষারধাতুসমূহের একটি করে যোজ্যতা ইলেকট্রন থাকায় এদের ধাতব বন্ধন দুর্বল হয়। তাই এ ধাতুগুলো নরম ধাতু, নিম্নগলনাঙ্কবিশিষ্ট হয়। একই গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় এবং যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কমে যায়। ফলে পরমাণুর বন্ধন আকর্ষণ কমে যায় বলে গ্রুপ-1 (বা IA) মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ধীরে ধীরে কমে। তবে Li পরমাণুর আকার খুবই ছোটো হওয়ায় এর ধাতব বন্ধন তুলনামূলকভাবে দৃঢ় হয়। এজন্য Li এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক এ গ্রুপের অন্যদের তুলনায় বেশি হয়।

সারণি-৩.১ : গ্রুপ-I এর মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক :

মৌল :	Li	Na	K	Rb	Cs
গলনাঙ্ক, °C	180.5	97.7	63.3	39.3	28.4
স্ফুটনাঙ্ক, °C	1342	883	759	688	678.4

একই পর্যায়ে মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ক্ষেত্রে কোনো সরল ধারাবাহিকতা দেখা যায় না। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নিম্নরূপ :

সারণি-৩.২ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক

মৌল →	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
গলনাঙ্ক, (°C)	97.8	649	660	1410	44	112.8	– 101	– 189.3
স্ফুটনাঙ্ক, (°C)	883	1090	2519	2355	280	444.67	– 34.6	– 185.7

সোডিয়াম থেকে অ্যালুমিনিয়াম পর্যন্ত ধাতব বন্ধন বিদ্যমান। সোডিয়ামের কেলাসে Na^+ আয়ন বিদ্যমান; এ আয়নের আকার বড়ো এবং মুক্ত একটি মাত্র ইলেকট্রনের ওপর আকর্ষণ কম। এ কারণে এ কেলাসের গলনের জন্য খুব বেশি শক্তির প্রয়োজন হয় না; অর্থাৎ Na এর গলনাঙ্ক কম। ম্যাগনেসিয়াম কেলাসে দ্বি-আধানবিশিষ্ট Mg^{2+} আয়নে দুটি মুক্ত ইলেকট্রন থাকে এবং অ্যালুমিনিয়ামের কেলাসে ত্রিআধানবিশিষ্ট Al^{3+} আয়ন ও তিনটি মুক্ত ইলেকট্রন বিদ্যমান। মুক্ত ইলেকট্রনের ওপর এদের আকর্ষণ বেশি। এ কারণে এদের ধাতব বন্ধনের দৃঢ়তা বৃদ্ধির সাথে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অধিক হয়।

সিলিকনের কেলাসে অতি বৃহৎ অণু বিদ্যমান, যা Si–Si বন্ধনের মাধ্যমে ত্রিমাত্রিক জাল হিসেবে গঠিত। এ কেলাসকে গলনের জন্য অনেক Si–Si বন্ধন ভাঙা প্রয়োজন, তাতে অনেক শক্তির প্রয়োজন। অতএব সিলিকনের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কও অনেক বেশি।

পরবর্তী মৌল ফসফরাস এর রূপভেদ শ্বেত P_4 অণু হিসেবে থাকে। এ অণু বিশুদ্ধ সমযোজী প্রকৃতির। বিভিন্ন অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক বল হিসেবে বিদ্যমান। সেহেতু এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম।

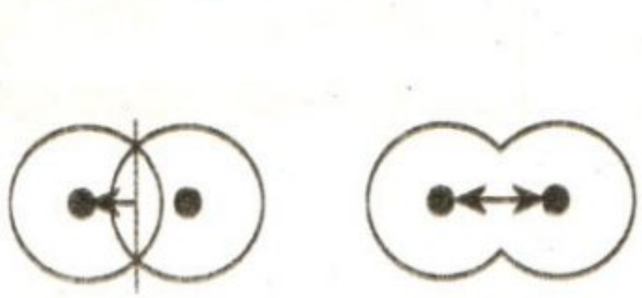
সালফারের অণু S_8 হিসেবে বিদ্যমান। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট হওয়ায় সালফারের অণু সমযোজী। ফলে বিভিন্ন অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে বিদ্যমান। তাই এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম।

ক্লোরিন অণু দুটি পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট হওয়ায় Cl_2 অণু পুরোপুরি অপোলার সমযোজী। ফলে বিভিন্ন Cl_2 অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে বিদ্যমান। এ কারণে Cl_2 এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম।

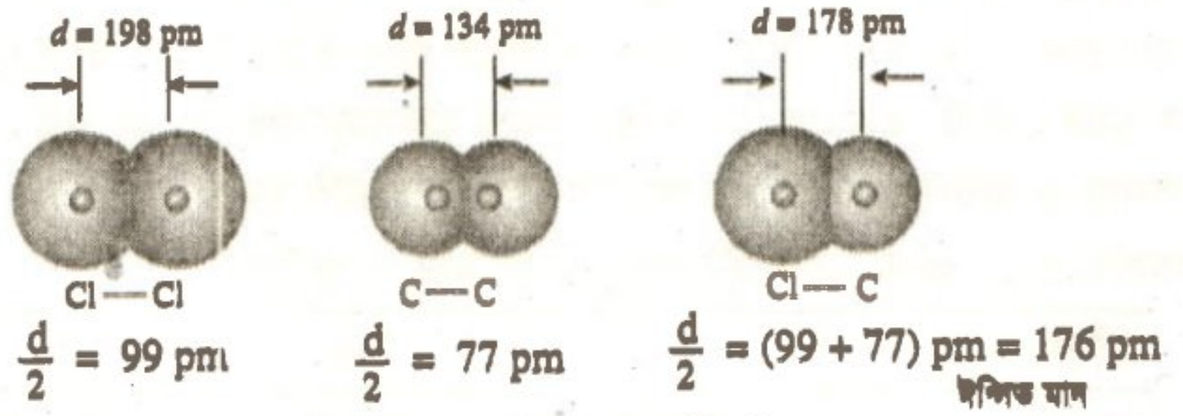
(খ) পরমাণুর আকার (Atomic Size)

পরমাণুর আকার তুলনা করার ক্ষেত্রে সাধারণভাবে কোনো পরমাণুর নিউক্লিয়াসের কেন্দ্র ও এর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন স্তরের মধ্যবর্তী দূরত্বকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ধরা হয়। বাস্তবে পরমাণুর কেন্দ্র বহির্ভূত ইলেকট্রন মেঘের সঠিক অবস্থান জানা অনিশ্চিত বলে এ দূরত্ব নির্ণয় করা বেশ কঠিন। মৌলের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে পরমাণুর আকার নিম্নোক্ত দু ভাবে প্রকাশ করা হয় : (১) সমযোজী ব্যাসার্ধ ও (২) ধাতব ব্যাসার্ধ।

(১) সমযোজী ব্যাসার্ধ ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ : কোনো মৌলের দুটি পরমাণুর একক সমযোজী বন্ধনে উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যকার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ বলে। সমযোজী ব্যাসার্ধকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হিসেবে ধরা হয়। মৌলের দুটি পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধের যোগফল হলো তাদের দ্বারা গঠিত অণুর বন্ধন দূরত্ব।



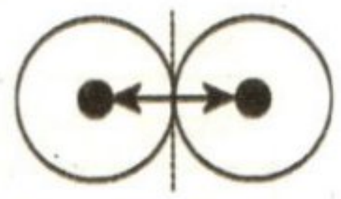
চিত্র-৩.৫ : সমযোজী ব্যাসার্ধ ও বন্ধন দূরত্ব।



চিত্র-৩.৫(ক) : পারমাণবিক ব্যাসার্ধ নির্ণয়।

হীরকে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যকার আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্ব বা (C–C বন্ধন দূরত্ব), রঞ্জন রশ্মি বিবর্তন পরীক্ষা বা X-ray diffraction analysis হতে 0.154 nm বা, 154 pm গণনা করা হয়। তাই কার্বন পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ হবে এর অর্ধেক = 0.154/2 nm = 0.077 nm, বা, 77 pm (pico metre)। Cl_2 অণুতে দুটি Cl-পরমাণুর নিউক্লিয়াসের দূরত্ব বা Cl–Cl বন্ধন দূরত্ব হলো 198 pm. সুতরাং Cl-পরমাণুর ব্যাসার্ধ হবে এর অর্ধেক 198 ÷ 2 = 99 pm।

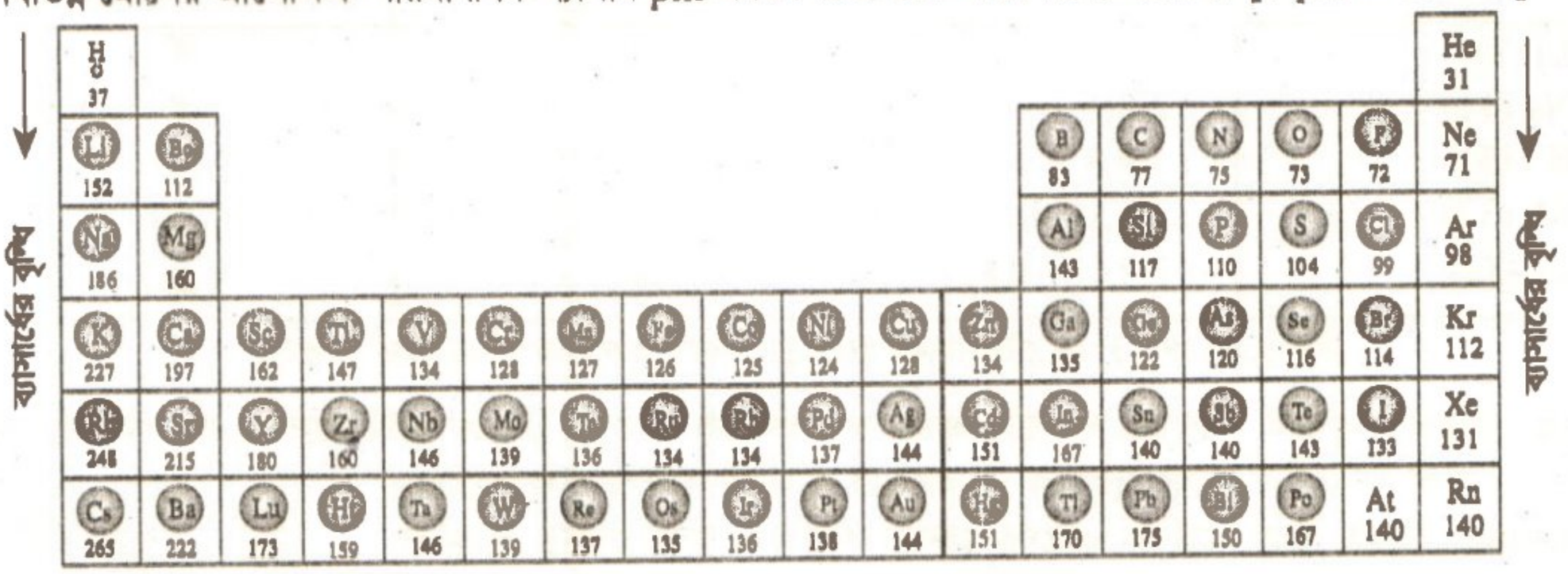
(২) ধাতব ব্যাসার্ধ : ধাতুর কেলাসে পরস্পর সংলগ্ন দুটি পরমাণুর আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ ধাতুর ধাতব ব্যাসার্ধ বলা হয়। ধাতব ব্যাসার্ধ সাধারণত সমযোজী ব্যাসার্ধ অপেক্ষা প্রায় 10 – 20% বেশি হয়। সোডিয়াম ধাতুর কেলাসে পরস্পর সংলগ্ন দুটি Na পরমাণুর কেন্দ্র মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো 372 pm. সুতরাং Na-এর ধাতব ব্যাসার্ধ = 372/2 pm = 186 pm. সমযোজী ব্যাসার্ধের সাথে ধাতব ব্যাসার্ধের তুলনা করার জন্য নিচে গ্রুপ IA-এর মৌলসমূহের সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm) ও ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) দেখানো হলো।



চিত্র ৩.৬ : ধাতব ব্যাস ও ব্যাসার্ধ

সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm) :	Li	123	Na	157	K	203	Rb	216	Cs	235
ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) :	Li	152	Na	186	K	227	Rb	248	Cs	265

বিভিন্ন মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ব্যাসার্ধ pm এককে চিত্র-৩.৭-এ দেখানো হয়েছে। [1 pm = 10^{-12}m]



চিত্র-৩.৭ : মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ - pm (পিকোমিটার, 10^{-12} m) এককে।

পর্যায়ভিত্তিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকারের সম্পর্ক : মৌলের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম মতে s-ব্লক ও p-ব্লকভুক্ত আদর্শ মৌলসমূহের পারমাণবিক আকার এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই পর্যায়ে ক্রমশ হ্রাস পায়। কারণ একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একটি করে ইলেকট্রন যুক্ত হয়, কিন্তু ইলেকট্রনের স্তর সংখ্যা বাড়ে না। কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াস কর্তৃক আরো জোরে আকৃষ্ট হয়। ফলে পরমাণুর আকার হ্রাস পায়। যোজ্যতাস্তরের একটি ইলেকট্রন দ্বারা বাস্তবে অনুভূত নিউক্লিয়ার চার্জকে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (effective nuclear charge) বলে। অভ্যন্তরস্থ ইলেকট্রনের মেঘের আবরণ (electron shielding)-এর কারণে প্রকৃত মান থেকে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জের মান কম হয়। কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ, $Z_{eff} = Z_{actual}$ – Electron Shielding.

উল্লেখ্য গোলক আকৃতির s-অরবিটালের ইলেকট্রন মেঘ এবং ডাম্বেল আকৃতির p-অরবিটালের ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা ইলেকট্রন Shielding বেশি ঘটে। ফলে s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলসমূহের পরমাণুর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) কম হয়। ফলে এদের পারমাণবিক আকার d-ব্লক ও f-ব্লকের মৌলের পরমাণুর চেয়ে বড়ো হয়। বিভিন্ন অরবিটালে থাকা ইলেকট্রন মেঘের 'আবরণ-প্রভাব' (shielding effect) এর ক্রম হলো : s > p > d > f অরবিটাল ইলেকট্রন।

তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত বিভিন্ন মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো (চিত্র-৩.৮)।

৩য় পর্যায়ের মৌল	Na(11)	Mg(12)	Al(13)	Si(14)	P(15)	S(16)	Cl(17)
ইলেকট্রন বিন্যাস	2.8.1	2.8.2	2.8.3	2.8.4	2.8.5	2.8.6	2.8.7
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm)	186	160	143	117	110	104	99
পরমাণুর আপেক্ষিক আকার	●	●	●	●	●	●	●

চিত্র-৩.৮ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।

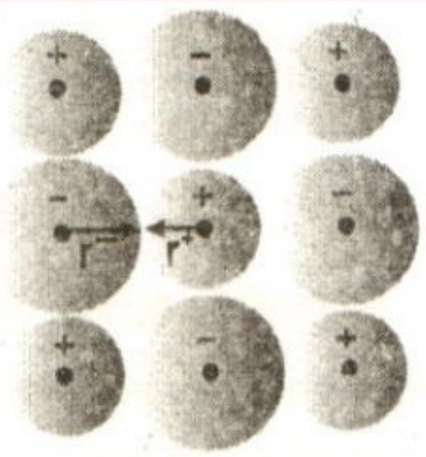
অপরদিকে ৪র্থ থেকে ৭ম পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহে d ও f অরবিটালের মেঘ দ্বারা ইলেকট্রন Shielding কম ঘটে; তাই d-ব্লক ও f-ব্লক মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) এর আকর্ষণ বেশি থাকে। ফলে d-ব্লক ও f-ব্লকের পরমাণুর আকার s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলের পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোটো হয়।

গ্রুপভিত্তিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকারের সম্পর্ক : একই গ্রুপের মৌলসমূহের বেলায় নিচের দিকের পরমাণুর ইলেকট্রনের জন্য নতুন কক্ষপথ বা শক্তিস্তর যুক্ত হয়, ফলে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। যেমন, গ্রুপ-1 এর ক্ষেত্রে মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ক্রমবৃদ্ধি পায়। চিত্র-৩.৯ দেখো।

গ্রুপ-1 মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস স্তর	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm)	আপেক্ষিক পাঃ আকার
Li (3)	2,1	152	
Na (11)	2,8,1	186	
K (19)	2,8,8,1	227	
Rb (37)	2,8,18,8,1	248	
Cs (55)	2,8,18,18,8, 1	265	

চিত্র-৩.৯ : গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।

(৩) আয়নিক ব্যাসার্ধ : কোনো ধনাত্মক আয়ন বা, ঋণাত্মক আয়নের কেন্দ্রস্থ নিউক্লিয়াস ও এর সর্ববহিস্থ শেলে (shell-এ) থাকা ইলেকট্রন মেঘের দূরত্বকে ঐ আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ বলে। X-ray diffraction পরীক্ষা দ্বারা আয়নিক যৌগের কেলাস ল্যাটিসে থাকা গোলক আকৃতির ধনাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ (r^+) ও ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ (r^-) কে উভয় আয়নের নিউক্লিয়াসদ্বয়ের দূরত্বের অংশ হিসেবে গণনা করা হয় [চিত্র-৩.৯(ক) দেখো]। আয়নিক ব্যাসার্ধকে pm ($= 1 \times 10^{-12}$ m), বা, Å ($= 1 \times 10^{-10}$ m) বা, nm ($= 1 \times 10^{-9}$ m) এককে প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ৩.৯(ক) : কেলাসের আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধ (r^+, r^-)

* ধনাত্মক আয়ন বা, ক্যাটায়ন-এর ব্যাসার্ধ (r^+) এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (r) অপেক্ষা সব সময় ছোটো হয়। এর কারণ ক্যাটায়ন গঠনকালে বহিস্থ শক্তিস্তর থেকে যোজ্যতা ইলেকট্রন অপসারিত হয়। তখন সৃষ্ট ক্যাটায়নে অবশিষ্ট 'ইলেকট্রনসমূহে' প্রথমত পারস্পরিক বিকর্ষণ মাত্রার হ্রাস এবং দ্বিতীয়ত কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জের আকর্ষণ (Z_{eff}) মাত্রার বৃদ্ধি ঘটে। ফলে ক্যাটায়নের আকার ছোটো হয়। যেমন Na পরমাণুর ব্যাসার্ধ, r = 186 pm, কিন্তু Na^+ আয়নের ব্যাসার্ধ, r^+ = 102 pm (হ্রাসসহ) হয়। Mg পরমাণুর ব্যাসার্ধ, r = 160 pm, কিন্তু Mg^{2+} আয়নের ব্যাসার্ধ, r^+ = 72 pm (হ্রাসসহ) হয়।

* ঋণাত্মক আয়ন বা, অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ (r^-) এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (r) অপেক্ষা সব ক্ষেত্রে বড়ো হয়। এর কারণ অ্যানায়ন গঠনকালে বহিস্থ শক্তিস্তরে এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুক্ত হয়। তখন সৃষ্ট অ্যানায়নে একই শক্তিস্তরে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত ইলেকট্রনসমূহে পারস্পরিক বিকর্ষণ মাত্রার বৃদ্ধি ঘটে এবং প্রতিটি ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়ার চার্জের আকর্ষণ মাত্রার হ্রাস ঘটে। ফলে অ্যানায়নের আকার বড়ো হয়। যেমন F পরমাণুর ব্যাসার্ধ, r = 72 pm, কিন্তু ফ্লোরাইড (F^-) আয়নের ব্যাসার্ধ, r^- = 133 pm (বৃদ্ধিসহ) হয়। O পরমাণুর ব্যাসার্ধ, r = 73 pm, কিন্তু অক্সাইড (O^{2-}) আয়নের ব্যাসার্ধ, r^- = 140 pm (বৃদ্ধিসহ) হয়।

গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক : পর্যায় সারণির একই গ্রুপের মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুতে নতুন শক্তিস্তর যুক্ত হওয়ার কারণে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (r) যেমন বৃদ্ধি পায়; তেমনি একইভাবে সংশ্লিষ্ট আয়নের ব্যাসার্ধ (r^+ ও r^-) বৃদ্ধি পায়। নিচে গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-17 (বা, 7A) এর মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো :

গ্রুপ	পরমাণু, আয়ন	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, r	আয়নিক ব্যাসার্ধ, r^+
গ্রুপ-1 বা, 1A	Li, Li^+	152 pm	76 pm
	Na, Na^+	186 pm	102 pm
	K, K^+	227 pm	138 pm
	Rb, Rb^+	248 pm	152 pm
	Cs, Cs^+	265 pm	167 pm

গ্রুপ	পরমাণু, আয়ন	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, r	আয়নিক ব্যাসার্ধ, r^-
গ্রুপ-17 বা, 1A	F, F^-	72 pm	133 pm
	Cl, Cl^-	99 pm	181 pm
	Br, Br^-	114 pm	198 pm
	I, I^-	133 pm	220 pm
* * দেখো, ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেয়েছে।			

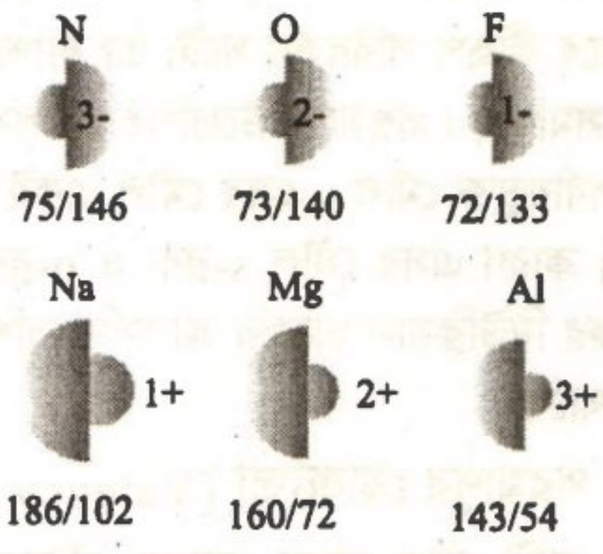
MAT (11-12)

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে মৌলসমূহের সমইলেকট্রনযুক্ত (বা isoelectronic) ক্যাটায়নসমূহের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নিক ব্যাসার্ধও ক্রমশ হ্রাস পায়। কিন্তু সমইলেকট্রনযুক্ত অ্যানায়নসমূহের মধ্যে প্রথমে গ্রুপ-15 এর মৌলের ত্রি-ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন (যেমন N^{3-}, P^{3-}) এর ব্যাসার্ধ পাঃ ব্যাসার্ধের প্রায় দ্বিগুণ বৃদ্ধি পায় এবং ক্রমশ চার্জ-সংখ্যা হ্রাসের সাথে হ্রাস পায়। নিচে ২য় পর্যায় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের পাঃ ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো :

২য় পর্যায়ের মৌল ও আয়ন :	Li, Li^+	Be, Be^{2+}		N, N^{3-}	O, O^{2-}	F, F^-	Ne
আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা :	2	2		10	10	10	10
আয়নে প্রোটন সংখ্যা :	3	4		7	8	9	10
আয়নিক ব্যাসার্ধ, pm :	76	31		146	140	133	–
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, pm :	152	112		75	73	72	71
	গ্রুপ-1	গ্রুপ-2	গ্রুপ-3	গ্রুপ-15	গ্রুপ-16	গ্রুপ-17	গ্রুপ-18
৩য় পর্যায়ের মৌল ও আয়ন :	Na, Na^+	Mg, Mg^{2+}	Al, Al^{3+}	P, P^{3-}	S, S^{2-}	Cl, Cl^-	Ar
আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা :	10	10	10	18	18	18	18
আয়নে প্রোটন সংখ্যা :	11	12	13	15	16	17	18
আয়নিক ব্যাসার্ধ, pm :	102	72	54	212	184	181	–
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, pm :	186	160	143	110	104	99	98

*** ২য় পর্যায়ের অ্যানায়নসমূহ ও ৩য় পর্যায়ের ক্যাটায়নসমূহের মধ্যে isoelectronic সম্পর্ক :** নিয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস [Ne(10) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$] এর সাথে isoelectronic, অর্থাৎ সমসংখ্যক ইলেকট্রনযুক্ত ২য় পর্যায়ভুক্ত অ্যানায়ন যেমন N^{3-}, O^{2-}, F^- আয়নসমূহ এবং ৩য় পর্যায়ভুক্ত **ক্যাটায়ন** যেমন Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+} আয়নসমূহের মধ্যে একটি **'আয়নিক ব্যাসার্ধের ক্রমহ্রাস সম্পর্ক'** সৃষ্টি হয়েছে। এ সম্পর্ক মতে **কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ প্রভাবজনিত** উপরোক্ত অ্যানায়নসমূহের আকার ক্যাটায়নসমূহের আকারের চেয়ে বড়ো হয়। চার্জ-সংখ্যা অনুসারে আয়নিক আকারের হ্রাসের সম্পর্কটি হলো 3– > 2– > 1– > 1+ > 2+ > 3+ অর্থাৎ $N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$ [হাল্‌কা কালো Shade করা অংশ দুটিতে দেয়া আয়নিক ব্যাসার্ধের মান তুলনা করো]।

*কোনো ধাতুর **একাধিক ক্যাটায়নের বেলায় অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নটির আকার সবচেয়ে ছোটো হয়।** যেমন Fe^{2+} ও Fe^{3+} আয়নদ্বয়ের মধ্যে Fe^{3+} এর আকার Fe^{2+} এর চেয়ে ছোটো। কারণ উভয় ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা 26 বা সমান; কিন্তু ইলেকট্রন সংখ্যা Fe^{3+} আয়নে Fe^{2+} এর চেয়ে একটি কম আছে। তখন Fe^{3+} আয়নে ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণ কম ঘটে। ফলে এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) এর বৃদ্ধি ঘটে; ইলেকট্রনসমূহ অধিক আকৃষ্ট হয়ে আকার ছোটো হয়। অর্থাৎ (Fe^{2+} এর আকার) > (Fe^{3+} এর আকার)। অনুরূপভাবে, $Cr^{2+} > Cr^{3+} > Cr^{6+}$ এবং $Mn^{2+} > Mn^{4+} > Mn^{7+}$ ইত্যাদি।



চিত্র ৩.৯(খ) : isoelectronic অ্যানায়ন ও ক্যাটায়নের আকার সম্পর্ক।

*** সংক্ষেপে জেনে নাও :**

(১) **ক্যাটায়নের আকার মূল পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোটো হয়।**

(২) **অ্যানায়নের আকার মূল পরমাণুর আকারের চেয়ে বড়ো হয়।**

(৩) **একই গ্রুপে আয়নিক আকার (ধনাত্মক বা, ঋণাত্মক) ওপর থেকে নিচে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।**

(৪) **একই পর্যায়ে isoelectronic-ক্যাটায়নের আকার** এদের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়; কিন্তু isoelectronic **ঋণাত্মক আয়নের আকার** এদের চার্জ-সংখ্যা হ্রাসের সাথে হ্রাস পায়।

(৫) একই ধাতুর বিভিন্ন ক্যাটায়নের আকার এদের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়। যেমন (Fe^{2+} এর আকার) > (Fe^{3+} এর আকার); $Cr^{2+} > Cr^{3+}$.

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৬ : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যাসহ আকারের সঠিক ক্রমানুসারে সাজাও :

(ক) Ca^{2+}, Sr^{2+}, Mg^{2+} (খ) K^+, S^{2-}, Cl^- (গ) Au^+, Au^{3+}

সমাধান: (ক) পারমাণবিক সংখ্যানুসারে Mg^{2+}, Ca^{2+} ও Sr^{2+} গ্রুপ-2 বা 2A এর মৌলের ধনাত্মক আয়ন। গ্রুপভিত্তিক ওপর থেকে নিচে আয়নিক আকার বৃদ্ধি পায়। তাই এদের আয়নিক আকারের ক্রম হলো : $Mg^{2+} < Ca^{2+} < Sr^{2+}$

(খ) K^+, S^{2-} ও Cl^- আয়নসমূহ হলো isoelectronic। এক্ষেত্রে Cl^- আয়নের চেয়ে S^{2-} এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) প্রভাব কম; তাই S^{2-} আয়নের আকার বড়ো। আবার K^+ হলো ক্যাটায়ন, এর সবচেয়ে বেশি Z_{eff} এর প্রভাব আছে; তাই K^+ আয়নের আকার সবচেয়ে ছোটো। তাই এদের আকারের ক্রম হলো : $S^{2-} > Cl^- > K^+$.

(গ) Au^+ আয়নের চার্জ-সংখ্যার চেয়ে Au^{3+} আয়নের চার্জ-সংখ্যা বেশি; তাই Au^{3+} আয়নের আকার ছোটো হবে। তাই এদের আকারের ক্রম হলো : $Au^+ > Au^{3+}$.

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো-৩.৫ : পরমাণুর আকার ও আয়নের আকারভিত্তিক :

সমস্যা-৩.১১ : নিচের দুটি করে পরমাণুর মধ্যে কোনটির আকার ছোটো হবে তা কারণসহ ব্যাখ্যা করো।

(ক) Mg ও Ba (খ) Si ও Sn (গ) Si ও Cl (ঘ) Cl ও I

সমস্যা-৩.১২(ক) : Li(3), Be(4), B(5), C(6), N(7), O(8), F(9) মৌলসমূহের পরমাণুর আকারে কীরূপ পরিবর্তন ঘটে, তা ব্যাখ্যা করো। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৭ দেখো] [ব. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.১২(খ) : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যাসহ আয়নের আকারের বৃদ্ধি ক্রমে সাজাও।

(i) Li^+, K^+, Na^+ (ii) O^{2-}, F^-, N^{3-} (iii) Se^{2-}, Rb^+, Br^-

সমস্যা-৩.১২(গ) : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যাসহ আয়নের আকারের হ্রাস ক্রমে সাজাও।

(i) Sr^{2+}, Ba^{2+}, Cs^+ (ii) S^{2-}, O^{2-}, N^{3-} (iii) Se^{2-}, S^{2-}, O^{2-}

সমস্যা-৩.১২(ঘ) : Na^+ ও F^- আয়নের মধ্যে কোনটির আকার বড়ো? তা ব্যাখ্যা করো। [অভিন্ন প্রশ্ন-২০১৮]

সমস্যা-৩.১২(ঙ) : Cl^-, F^-, O^{2-} ও N^{3-} আয়নগুলোর মধ্যে কোনটির আকার সবচেয়ে ছোটো? ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৯]

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৭ : Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9)-এ মৌলসমূহের পরমাণুর আকারে কীরূপ পরিবর্তন ঘটে; তা ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০১৭]

সমাধান : প্রশ্নমতে উল্লেখিত মৌলসমূহ Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9) হলো পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল। এসব মৌল একই পর্যায়ভুক্ত হওয়ায় পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম মতে এদের পারমাণবিক আকার ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। কারণ এসব মৌল s-ব্লক ও p-ব্লকভুক্ত হওয়ায় এদের electron shielding এর তুলনায় প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধিজনিত কার্যকর নিউক্লিয়াস চার্জের আকর্ষণ বেশি থাকে। ফলে পর্যায়ের বামদিক থেকে ডানদিকে পরমাণুর আকার ক্রমান্বয়ে ছোটো হয়ে থাকে।

(গ) পরমাণুর যোজ্যতা (Valency of an Atom)

একটি যৌগ গঠনে কোনো মৌলের পরমাণু অন্য মৌলের পরমাণুর সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে মৌলটির যোজ্যতা বলে। কোনো মৌলের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের 'অক্সিজেন-যোজ্যতা' বলে। অপরদিকে কোনো মৌলের H-পরমাণুর সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের 'হাইড্রোজেন-যোজ্যতা' বলে। গ্রুপ-1A থেকে গ্রুপ-4A এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন সংখ্যা এদের যোজ্যতা নির্দেশ করে। আবার গ্রুপ-5A থেকে গ্রুপ-7A পর্যন্ত মৌলসমূহের পরমাণুর বেলায় H-স্কেল অনুসারে কমতে থাকে এবং অক্সিজেন স্কেল অনুসারে বাড়তে থাকে। ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের যৌগ গঠনে এদের যোজ্যতা নিম্নরূপ হয় :

CamScanner

সারণি-৩.৩ : অক্সিজেন স্কেল ও H-স্কেল মতে ৩য় পর্যায়ের মৌলের যোজ্যতা

যৌগ গঠন :	গ্রুপ-1A	গ্রুপ-2A	গ্রুপ-3A	গ্রুপ-4A	গ্রুপ-5A	গ্রুপ-6A	গ্রুপ-7A
অক্সাইড গঠন :	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
মৌলের যোজ্যতা : (অক্সিজেন স্কেলে)	1	2	3	4	5	6	7
হাইড্রাইড গঠন :	NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
মৌলের যোজ্যতা :	1	2	3	4	3	2	1
H-স্কেল :	পরমাণুতে সর্বশেষ কক্ষপথে ইলেকট্রন সংখ্যা = যোজ্যতা সংখ্যা				(8 – সর্বশেষ কক্ষপথে ইলেকট্রন সংখ্যা) = যোজ্যতা সংখ্যা		

(ঘ) আয়নীকরণ শক্তি (Ionisation Energy)

আমরা ২য় অধ্যায়ে জেনেছি যে, পরমাণু কর্তৃক তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ শোষিত হলে যোজ্যতা ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তি স্তরে (n এর মান অধিক) স্থানান্তরিত হয়। ফলে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসে পরিবর্তন ঘটে। যদি এর চেয়েও প্রচুর শক্তি শোষিত হয়, তখন ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের প্রভাব মুক্ত হয়ে বের হয়ে পড়ে; ফলে ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি হয়।

MAT (21-22)

সংজ্ঞা : গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে একে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মোল একক ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সেই মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব বলা হয়। একে Ei দ্বারা প্রকাশ করা হয়। Ei এর মান সব সময় ধনাত্মক।

$$Na\,(g) \longrightarrow Na^+(g) + e^- \quad E_i = +496\ kJmol^{-1}$$
$$K\,(g) \longrightarrow K^+(g) + e^- \quad E_i = +419\ kJmol^{-1}$$
$$Mg\,(g) \longrightarrow Mg^+(g) + e^- \quad E_i = +738\ kJmol^{-1}$$

Cs এর E_i হলো সর্বনিম্ন যেমন 375.7 kJ/mol এবং He এর E_i হলো সর্বাধিক যেমন 2372 kJ/mol.

এক মোল একক চার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন থেকে এক মোল দ্বিচার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে **দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি** বলা হয়। যেমন,

$$Mg^+(g) \longrightarrow Mg^{2+}(g) + e^- \quad E_{i2} = +1450\ kJmol^{-1}$$
$$Na^+(g) \longrightarrow Na^{2+}(g) + e^- \quad E_{i2} = +4562\ kJmol^{-1}$$
$$K^+(g) \longrightarrow K^{2+}(g) + e^- \quad E_{i2} = +3051\ kJmol^{-1}$$

* Na^+ ও K^+ এর ২য় আয়নীকরণ শক্তির মান অষ্টক পূর্ণ Ne(10) এর আয়নীকরণ শক্তি ($E_i = 2080\ kJmol^{-1}$) থেকে অনেক বেশি হয়; কারণ এক্ষেত্রে এদের স্থায়ী অষ্টক ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙ্গতে হয়। তাই Na^{2+} আয়ন ও K^{2+} আয়ন অবাস্তব বা এসব দ্বিধনাত্মক আয়ন গঠিত হয় না।

মৌলের আয়নীকরণ শক্তির ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

(i) **পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়** – গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক।

(ii) **উপশক্তিস্তর বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়** – এটি পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

(iii) **পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালযুক্ত পরমাণুর অধিক সুস্থিতির কারণে পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্কে ব্যতিক্রম ঘটে।**

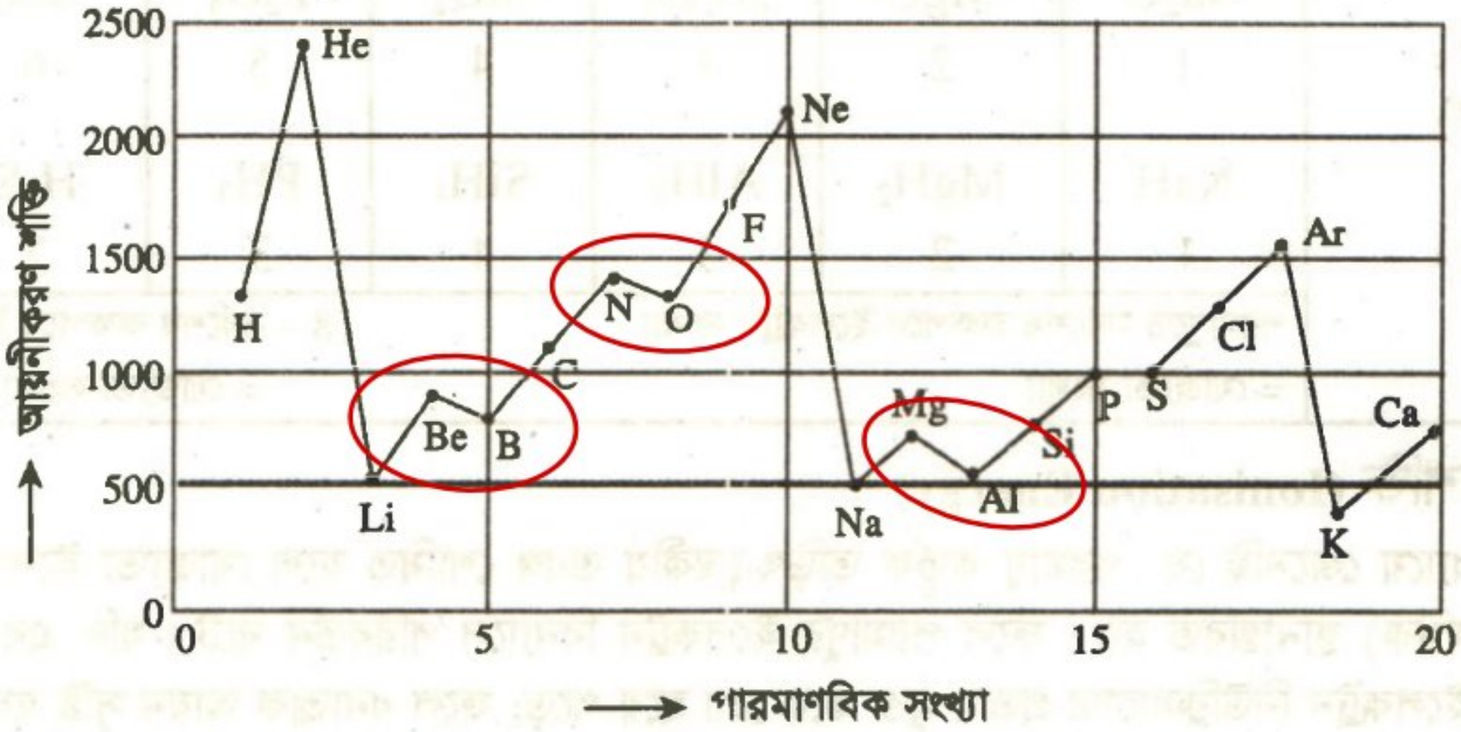
গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক : একই গ্রুপে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ইলেকট্রনের শক্তিস্তর বাড়ে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমশ দূরবর্তী হয় এবং এর ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ কমে। তাই আয়নীকরণ শক্তি কম হয়; যেমন,

Li = 520 kJ, Na = 496 kJ, K = 419 kJ, Rb = 403 kJ, Cs = 376 kJ.

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি ক্রমশ বাড়ে (কয়েকটি ব্যতিক্রমসহ)। কোনো একটি পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন এর শক্তিস্তর বাড়ে না, উপশক্তিস্তর বাড়ে; ফলে নিউক্লিয়াস থেকে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্ব বাড়ে না, বরঞ্চ কিছু কমে যায়। উপরন্তু নিউক্লিয়াসের

CamScanner

চার্জ বৃদ্ধির ফলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনটি অধিকতর দৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট হয় অর্থাৎ তা অপসারণের জন্য অধিকতর শক্তির প্রয়োজন হয়। এতে বোঝা যায় যে, যেকোনো পর্যায়ে গ্রুপ-1 মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম এবং তা ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পেয়ে কিছু ব্যতিক্রমসহ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে বেশি হয়। [চিত্র-৩.১০ দেখো]



চিত্র-৩.১০ : ২০টি মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বনাম পাঃ সংখ্যার লেখ (পাঃ সংখ্যা ১—২০)।

* অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলের আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলের আয়নীকরণ শক্তি কম হয়। এজন্য ২য় পর্যায়ের গ্রুপ-12 এর অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসযুক্ত Be এর আয়নীকরণ শক্তি (899 kJ mol^{-1}) থেকে গ্রুপ-13 এর কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস যুক্ত B(5) এর আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়। অনুরূপভাবে ৩য় পর্যায়ের গ্রুপ-13 এর Al(13) এর আয়নীকরণ শক্তি ক্রমবৃদ্ধি না পেয়ে হঠাৎ হ্রাস পায়।

* অনুরূপভাবে গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের অর্ধপূর্ণ ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক স্থিতিশীল হওয়ায় এদের আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে পরবর্তী ২য় পর্যায়ের গ্রুপ-16 এর O(8) এবং ৩য় পর্যায়ের S(16) এর আয়নীকরণ শক্তির মান ক্রমবৃদ্ধির পরিবর্তে হঠাৎ হ্রাস পায়।

সারণি-৩.৪ : ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি :

২য় পর্যায়ের মৌল		Li(3)	Be(4)	B(5)	C(6)	N(7)	O(8)	F(9)	Ne (10)
আয়নীকরণ শক্তি	E_1	520	899	800	1086	1402	1314	1681	2080
($kJmol^{-1}$)	E_2	7297	1757	2426	2352	2855	3388	3375	3963
	E_3	11,810	14,845	3659	4714	4576	5296	6045	6130

∴ ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম হলো :

$Li < B < Be < C < O < N < F < Ne$

সারণি-৩.৪(ক) : ৩য় পর্যায় ও ৪র্থ পর্যায়ের (s ও p ব্লক) মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি :

৩য় পর্যায়ের মৌল		Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
আয়নীকরণ শক্তি	E_1	496	738	578	786	1062	1007	1260	
($kJmol^{-1}$)	E_2	4562	1450	1882	–	–	–	–	
৪র্থ পর্যায়ের মৌল		K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
আয়নীকরণ শক্তি	E_1	419	590	579	760	945	948	1140	
($kJmol^{-1}$)	E_2	3051	1145	2083	–	–	–	–	

∴ ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম হলো :

$Na < Al < Mg < Si < S < P < Cl$

আয়নীকরণ শক্তি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপরও নির্ভরশীল। তাই একই পর্যায়ে আয়নীকরণ শক্তির ক্রমশ বৃদ্ধির ক্ষেত্রে কিছু ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়। যেমন—

* বোরনের আয়নীকরণ শক্তি বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম। [চিত্র-৩.১০ মতে]

* অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম। [চিত্র-৩.১০ মতে]

সমাধানকৃত সমস্যা- ৩.৮ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

*** B(5) এর আয়নীকরণ শক্তি 800 $kJmol^{-1}$; কিন্তু Be (4) এর আয়নীকরণ শক্তি 899 $kJmol^{-1}$ কেন; ব্যাখ্যা করো।**

সমাধান : সাধারণত একই পর্যায়ে পাঃ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়। তবে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর আয়নীকরণ শক্তি নির্ভর করে। অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে কিছু ব্যতিক্রম হয়। বোরন ও বেরিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ শক্তি নিম্নরূপ :

$$Be(4) \longrightarrow 1s^2 2s^2 \qquad E_i = 899\ kJmol^{-1}$$

$$B(5) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^1\ 2p_y^o\ 2p_z^o \qquad E_i = 800\ kJmol^{-1}$$

পরমাণুর পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালসমূহ অধিক স্থিতিশীল হয়। বোরনের ইলেকট্রন বিন্যাস $B(5) = 1s^2 2s^2 2p_x^1\ 2p_y^o\ 2p_z^o$। এক্ষেত্রে $2p_x^1$ ইলেকট্রনটি সরাতে কিছুটা কম শক্তির প্রয়োজন হয়। তখন 2s অরবিটাল যুগলবদ্ধ হয়ে স্থিতিশীল বিন্যাস অর্জিত হয়। অপরদিকে $Be(4) = 1s^2 2s^2$ হওয়ায় তা অধিকতর স্থিতিশীল এবং এটি থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করলে যুগলবদ্ধ $2s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙতে হয়। তাই Be এর **প্রথম আয়নীকরণ শক্তি স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশি।**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৯ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

*** অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি (1314 $kJmol^{-1}$) নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ শক্তি (1402 $kJmol^{-1}$) অপেক্ষা কম কেন, ব্যাখ্যা করো।**

সমাধান : পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তি বাম থেকে ডানদিকে বাড়ে; কিন্তু অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে ব্যতিক্রম হয়। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ শক্তি নিম্নরূপ :

$$N(7) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1 \qquad E_i = 1402\ kJmol^{-1}$$

$$O(8) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1 \qquad E_i = 1314\ kJmol^{-1}$$

অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস $O(8) = 1s^2 2s^2 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ হওয়ায় তা থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় $1s^2 2s^2 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত অক্সিজেন O^+ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটালসমূহ থাকায় তা তুলনামূলকভাবে অধিকতর স্থিতিশীল। ফলে অক্সিজেন-এর প্রথম আয়নীকরণ শক্তি তুলনামূলকভাবে কম। অপরদিকে নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $N(7) = 1s^2 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ যা অর্ধপূর্ণ তিনটি 2p অরবিটালের কারণে তুলনামূলকভাবে অধিক স্থিতিশীল। এটি থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে এ স্থিতিশীলতা ভঙ্গ হয়। ফলে নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ শক্তি স্বাভাবিক অপেক্ষা কিছু বেশি হয়। এ কারণে নাইট্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের পারমাণবিক সংখ্যা বেশি হলেও নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা বেশি এবং অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি কম হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১০ : Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9)-এ মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়; তা বিশ্লেষণ করো। [বি. বো. ২০১৭]

সমাধান : প্রশ্নমতে, উল্লেখিত মৌলসমূহ যেমন Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9) ইত্যাদি হলো পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ভুক্ত আদর্শ মৌল। পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম অনুসারে একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পাঃ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। তাই গ্রুপ-1 এর মৌল Li (3) এর আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম 520 $kJmol^{-1}$ এবং এ পর্যায়ের ডানদিকের মৌল F (9) এর বেলায় আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পেয়ে 1681 $kJmol^{-1}$ হয়।

CamScanner

তবে কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে B (5) এর আয়নীকরণ শক্তি Be (4) থেকে কম হয়। তখন B (5) এর $2p_x^1$ ইলেকট্রন কম শক্তি প্রয়োগে অপসারণে অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস Be(4) এর মতো B^+ অর্জন করে।

$$Be\ (4) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2;\ B\ (5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$$

অনুরূপভাবে N (7) এর চেয়ে O (8) এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি কম হয়। এক্ষেত্রে N (7) এর বেলায় অধিক স্থিতিশীল অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটাল আছে। কিন্তু O (8) এর বেলায় কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে একটি ইলেকট্রন কম শক্তি প্রয়োগে অপসারণের পর অধিক স্থিতিশীল অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটাল N(7) এর মতো O^+ আয়ন অর্জন করে।

$$N\ (7) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1\ ;\ O\ (8) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$$

উপরোক্ত কারণে B (5) ও O (8) এর আয়নীকরণ শক্তির মান পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম সৃষ্টি করেছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১১ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

যুক্তিসহ আয়নীকরণ শক্তির বৃদ্ধিক্রম অনুসারে Se, Cl ও S মৌল তিনটিকে সাজাও।

দক্ষতা : (i) পর্যায়গতভাবে মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সাধারণত বামদিক থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়; কিন্তু তা গ্রুপভিত্তিক ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস পায়। তাই Cl (17) এর E_i একই পর্যায়ভুক্ত বামে অবস্থিত S (16) এর E_i থেকে বেশি হবে। আবার Se (34) এর E_i একই গ্রুপভুক্ত S (16) এর নিচে হওয়ায় S (16) অপেক্ষা কম হবে।

সমাধান : সংশ্লিষ্ট মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তিক্রম হলো Se < S < Cl.

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো-৩.৬ : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

সমস্যা-৩.১৩ : পর্যায় সারণির সাহায্য নিয়ে নিচের মৌল যুগলের মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি হবে তা ব্যাখ্যা করো।

(ক) K ও Br (খ) Ne ও Sr (গ) S ও Te (ঘ) Be ও C

সমস্যা-৩.১৪ : A(7), C(15); B(8), D(16)-এ মৌল চারটির গ্রুপভিত্তিক ও পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.১৫: Li(3), Be(4); B(5), C(6), N(7), O(8), F(9)-এ মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয় ; তা বিশ্লেষণ করো। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১০ দেখো] [ব. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.১৬ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর বাম থেকে ডানে আয়নীকরণ শক্তির মানের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.১৭ (ক) : Na^+ আয়ন গঠিত হলেও Na^{2+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো : [চ. বো. ২০১৫]

(খ) Na^+ এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি ও Ne এর আয়নীকরণ শক্তির মধ্যে কোনটির মান বেশি হবে ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০১৫]

(গ) N এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি O এর ১ম আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে বেশি কেন? [মা. বো. ২০১৯; দি. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৫]

(ঘ) $D(ns^2)$, $G(n + 2)\ s^2$ এ মৌলদ্বয়ের মধ্যে D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব কম কেন;—ব্যাখ্যা করো। [এখানে n = 2] [ঢা. বো. ২০১৬]

(ঙ) ইলেকট্রন আসক্তি (Electron Affinity)

আমরা এর আগের অনুচ্ছেদে জেনেছি যে, পরমাণুর যোজ্যস্তরের একটি ইলেকট্রনকে অপসারণ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় শক্তি মাপা যায়। একে আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়। অনুরূপভাবে পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত

করে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে শক্তির পরিবর্তন ঘটে তাও মাপা যায়। এরূপ শক্তির পরিবর্তনকে মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি বলে। যেমন—

সংজ্ঞা : গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে এক মোল ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মোল একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন সৃষ্টি করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সেই মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলে। একে E_{ea} দ্বারা প্রকাশ করা হয়। E_{ea} এর মান ঋণাত্মক হয়।

$$F\,(g) + e^- \longrightarrow F^-\,(g) \qquad E_{ea} = -328\ kJmol^{-1}$$

$$Cl\,(g) + e^- \longrightarrow Cl^-\,(g) \qquad E_{ea} = -349\ kJmol^{-1}$$

ইলেকট্রন আসক্তির মান ঋণাত্মক হবে নাকি ধনাত্মক হবে তা পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস ও ইলেকট্রন গ্রহণ করে সৃষ্ট ঋণাত্মক আয়নের স্থায়িত্বের ওপর নির্ভর করে। যেমন,

$$F\,(g) + 1e^- \longrightarrow F^-\,(g) \qquad E_{ea} = -328\ kJmol^{-1}$$

$$H\,(1s^1) + 1e^- \longrightarrow H^-\,(1s^2) + 72.8\ kJmol \qquad E_{ea} = -72.8\ kJmol^{-1}$$

$$Mg\,(...3s^2) + 1e^- \longrightarrow Mg^-\,(...3s^2 3p^1) \qquad E_{ea} \approx 0\ kJmol^{-1}$$

$$Ne\,(1s^2\,2s^2\,2p^6) + 1e^- + Energy \longrightarrow Ne^-\,(...3s^1) \qquad E_{ea} > 0\ kJmol^{-1}$$

$$= +29\ kJmol^{-1}$$

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির বৈশিষ্ট্য :

(i) s-ব্লকের ধাতুসমূহের পরমাণুতে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) কম থাকে। তাই এরা ইলেকট্রন গ্রহণ করতে আসক্তি দেখায় না। তাই s-ব্লকের ধাতুর পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয় (1A গ্রুপের মৌলে) অথবা প্রায় শূন্য হয় (2A গ্রুপের মৌলে)।

(ii) অপূর্ণ p-অরবিটালযুক্ত পরমাণুসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে সৃষ্ট ঋণাত্মক আয়ন অধিকতর স্থায়িত্ব লাভ করে। তাই এদের ইলেকট্রন গ্রহণের আসক্তি বেশি থাকে; এদের E_{ea}এর মান বেশি ঋণাত্মক হয়।

(iii) পূর্ণ s-অরবিটাল ও অর্ধপূর্ণ p-অরবিটালের কারণে N পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির মান $+7\ kJmol^{-1}$ হয়। একই সত্ত্বে গ্রুপ-15 এর P, As এর ইলেকট্রন আসক্তির মান তুলনামূলকভাবে কম হয়।

1A (1)								8A (18)
H -72.8	2A (2)							He (0.0)
Li -59.6	Be ≤0							
Na -52.4	Mg ≤0							
K -48.4	Ca -2.37							
Rb -46.9	Sr -5.03							
Cs -45.5	Ba -13.95							

3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	
B -26.7	C -122	N +7	O -141	F -328	Ne (+29)
Al -42.5	Si -134	P -72.0	S -200	Cl -349	Ar (+35)
Ga -28.9	Ge -119	As -78.2	Se -195	Br -325	Kr (+39)
In -28.9	Sn -107	Sb -103	Te -190	I -295	Xe (+41)
Tl -19.3	Pb -35.1	Bi -91.3	Po -183	At -270	Rn (+41)

চিত্র-৩.১১ : প্রধান গ্রুপসমূহের মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান।

(iv) পূর্ণ p-অরবিটালের (ns^2np^6) পরমাণু যেমন নোভেল গ্যাসের বেলায় কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ $ns^2\ np^6$ ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা রুদ্ধ হয়ে যায়। তাই নিষ্ক্রিয় মৌল যেমন– Ne, Ar, Kr, Xe ইত্যাদির ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক হতে বাধ্য।

(v) **সকল মৌলের দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক হয়ে থাকে** অর্থাৎ তাপশোষী (endothermic) হয়। কারণ মৌলের পরমাণুতে ১ম ইলেকট্রন আসক্তির মান কার্যকর হলে পরমাণুগুলো একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে পড়ে। যখন দ্বিতীয় মোল ইলেকট্রন ঐ এক মোল একক ঋণাত্মক আয়নের নিকটে আসে, তখন ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণ কাজ করে থাকে। এরূপ বিকর্ষণের বিপরীতে এক মোল একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের সাথে দ্বিতীয় এক মোল ইলেকট্রনযুক্ত হতে পরিবেশ

CamScanner

থেকে যে পরিমাণ শক্তি শোষিত হয়, তাকে ঐ মৌলের ২য় ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়ে থাকে। যেমন, অক্সিজেনের ১ম ইলেকট্রন আসক্তির মান ঋণাত্মক, তা হলো, $E_{ea} = -141\ kJmol^{-1}$; কিন্তু অক্সিজেনের ২য় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক, তা হলো, $2nd\ E_{ea} = +844\ kJmol^{-1}$

$$O(g) + e^- \longrightarrow O^-(g) \quad 1st\ E_{ea} = -141\ kJmol^{-1}\ [exothermic]$$

$$O^-(g) + e^- \longrightarrow O^{2-}(g) \quad 2nd\ E_{ea} = +844\ kJmol^{-1}\ [endothermic]$$

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল :

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায়-- এটি হলো গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক।

(ii) যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায় - এটি 7A বা, 17 গ্রুপে F এর বেলায় দেখা যায়। তাই হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো Cl > F > Br > I > At । অনুরূপভাবে গ্রুপ-16 বা, 6A এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো S > Se > Te > Po > O।

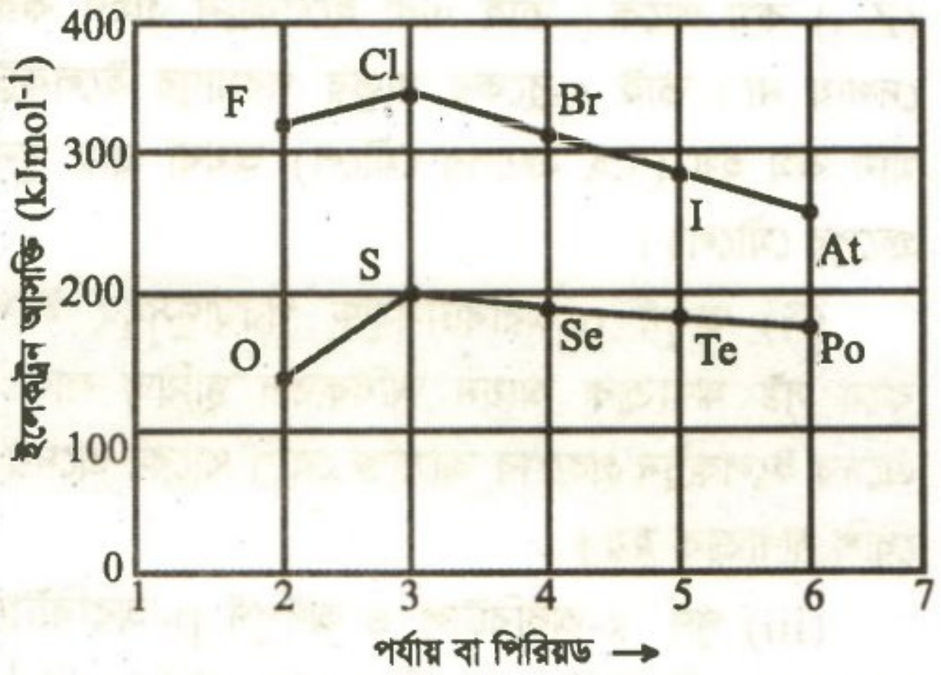
(iii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি বৃদ্ধি পায়; এটি পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

(iv) অর্ধপূর্ণ ও পূর্ণ অরবিটালের ওপর। অর্ধপূর্ণ p-অরবিটালের পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায়। যেমন গ্রুপ-15 এর N, P. As-এর ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পেয়েছে।

*** গ্রুপ-17 বা, 7A ও গ্রুপ-16 বা, 6A মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সম্পর্কের ব্যাখ্যা :**

গ্রুপ-17 ও গ্রুপ-16 মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমতে থাকে। এর কারণ পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই গ্রুপে মৌলসমূহের পরমাণুতে ইলেকট্রনের শক্তিস্তর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়; অর্থাৎ পরমাণুসমূহের আকার ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। এরূপ গ্রুপভিত্তিক মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম-হ্রাস ৩য় পর্যায় থেকে পরবর্তী পর্যায়সমূহের মৌলসমূহে দেখা যায়। যেমন গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের বেলায় ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো :

Cl > Br > I > At। এরূপ গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো : S > Se > Te > Po।



চিত্র-৩.১১(ক) : গ্রুপ-17 ও গ্রুপ-16 মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সম্পর্ক

কিন্তু ২য় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-17 এর মৌল F এর ইলেকট্রন আসক্তির মান ($-328\ kJmol^{-1}$) এর পরবর্তী Cl এর ইলেকট্রন আসক্তির মান ($-349\ kJ\ mol^{-1}$) থেকে কম হয়। এর কারণ F এর যোজ্যতাস্তর ২য় শক্তিস্তরে হওয়ায় F পরমাণুর আকার সবচেয়ে ছোটো এবং যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব Cl এর চেয়ে বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের ওপর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রনের বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় F এর ইলেকট্রন আসক্তি Cl এর চেয়ে কম হয়। সুতরাং গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো : Cl > F > Br > I > At.

অনুরূপভাবে গ্রুপ-16 এর O পরমাণুর ছোটো আকার ও এর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব বেশি থাকায় এর ইলেকট্রন আসক্তি একই গ্রুপে সব মৌলের চেয়ে কম হয়ে থাকে। সুতরাং গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো : S > Se > Te > Po > O।

CamScanner

জেনে নাও : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক বৈশিষ্ট্য :

১. কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যত বেশি সে মৌলটির জারণ ক্ষমতা তত বেশি হবে। হ্যালোজেন মৌলগুলোর ইলেকট্রন আসক্তির মান বেশি, সেজন্য এরা জারক পদার্থরূপে বিক্রিয়া করে।

২. কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যত বেশি হয়, মৌলটির আয়নিক বন্ধন গঠন করার ক্ষমতা তত বেড়ে যায়।

৩. কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বেশি হলে, মৌলটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১২ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

*** ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন?**

দক্ষতা : (i) F হলো ২য় শক্তিস্তরের মৌল, এতে $2s^2\,2p^5$ যোজ্যতা ইলেকট্রন আছে,

(ii) Cl হলো ৩য় শক্তিস্তরের মৌল, এতে $3s^2\,3p^5$ যোজ্যতা ইলেকট্রন আছে।

সমাধান : ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম। এর কারণ ফ্লোরিন পরমাণুর ক্ষুদ্র আকার। ফ্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্বশেষ শক্তিস্তর হলো দ্বিতীয় শক্তিস্তর। তৃতীয় শক্তিস্তরের তুলনায় দ্বিতীয় শক্তিস্তরের আকার ছোটো হওয়ায় এবং ক্ষুদ্র পরিসরে সাতটি ইলেকট্রন থাকায় তাতে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের প্রতি দ্বিতীয় শক্তিস্তরের ইলেকট্রনসমূহের পারস্পরিক বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় সামগ্রিকভাবে ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়।

অপরদিকে ক্লোরিনের তৃতীয় শক্তিস্তর বড়ো হওয়ায় এতে যোজ্যতাস্তরের সাতটি ইলেকট্রন সহজে স্থান করে নেয়। ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পাওয়ায় ইলেকট্রন–ইলেকট্রন বিকর্ষণ কম হয়। এতে আগমনকারী ইলেকট্রন সহজে যোজ্যতা স্তরে প্রবেশ করতে পারে। ফলে ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান ফ্লোরিনের চেয়ে বেশি হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা- ৩.১৩ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

*** নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন আসক্তি এর বাম ও ডান উভয়দিকের সদস্যদ্বয় C ও O এর চেয়ে কম কেন?**

দক্ষতা : মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির পরিমাণ এর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর নির্ভরশীল।

সমাধান : C, N, O এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

C(6) : $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

N(7) : $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

O(8) : $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

MCQ-3.14 : নিচের কোন আয়নটির আকার সবচেয়ে ছোটো? [মা. বো. ২০১৭]

(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+}

(গ) Be^{3+} (ঘ) Ca^{2+}

(i) C পরমাণুতে 2p উপশক্তিস্তরে দুটি ইলেকট্রন আছে এবং সহজেই বাইর থেকে একটি ইলেকট্রন এর খালি $2p_z$ অরবিটালে স্থান করে নিতে পারে।

(ii) N পরমাণুতে অর্ধপূর্ণ 2p উপশক্তিস্তর আছে; নতুন একটি ইলেকট্রন প্রবেশ করতে একটি 2p অরবিটালে যুগলবদ্ধ হতে হয়। তখন উপস্থিত ইলেকট্রন দ্বারা কিছুটা বিকর্ষিত হয়। তাই C পরমাণুর চেয়ে N পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়। আবার O-পরমাণুর বেলায় একইভাবে একটি ইলেকট্রন 2p অরবিটালে যুগলবদ্ধ হতে হয়। কিন্তু পর্যায়গতভাবে O-এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ বেশি হওয়ায় উপস্থিত ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণকে নষ্ট করে দেয়। ফলে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ N-পরমাণুর চেয়ে বেশি হওয়ায় O এর ইলেকট্রন আসক্তিও N এর চেয়ে বেশি হয়। তাই C, N ও O এর ক্ষেত্রে N এর ইলেকট্রন আসক্তির মান (+7) ধনাত্মক হয়েছে এবং পর্যায়বৃত্ত ধর্মের ব্যতিক্রম ঘটেছে।

CamScanner

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৭ : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

সমস্যা-৩.১৮ : মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ঋণাত্মক, ধনাত্মক ও এমনকি শূন্যও হতে পারে; তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

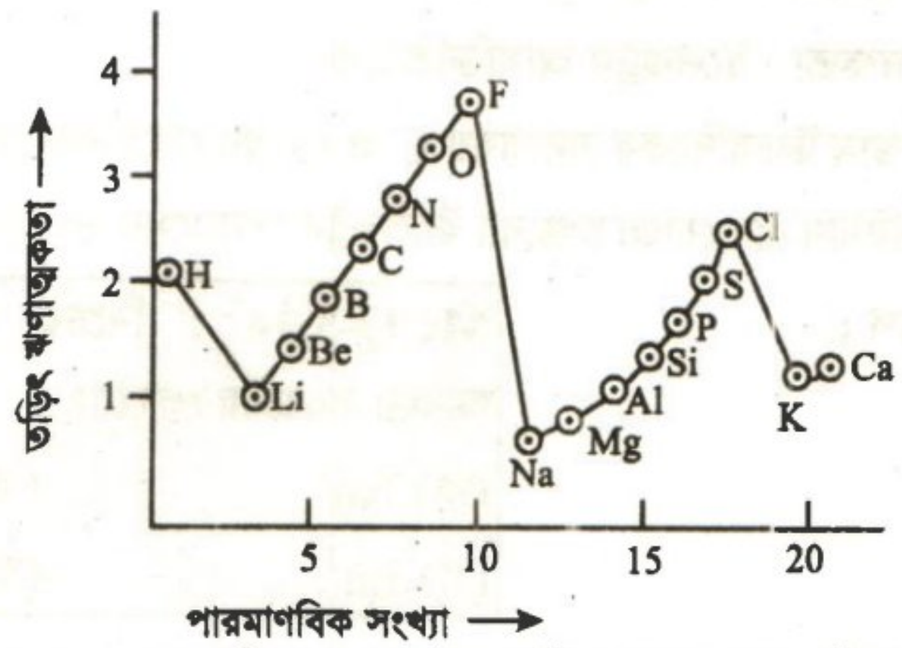
(চ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (Electronegativity)

আমরা জানি, ধাতু ও অধাতু পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে আয়নিক বন্ধন ঘটে। অপরদিকে দুটি অধাতব পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করার মাধ্যমে বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। আবার অসম্পূর্ণ স্থানান্তরিত ইলেকট্রন মেঘ অথবা অসম শেয়ারভুক্ত ইলেকট্রন উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অধীনে অসমভাবে থাকে। এরূপ বন্ধনকে পোলার সমযোজী বন্ধন বলা হয়। তখন বন্ধনে আবদ্ধ দু পরমাণুর যেটিতে কম ইলেকট্রন মেঘ শেয়ার করে এতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ বা ডেল্টা প্লাস (δ+) এবং অপরটিতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ বা ডেল্টা মাইনাস (δ–) চিহ্ন দেয়া হয়। যেমন,

$M^+ X^{\overline{\cdot\cdot}}$	$\overset{\delta+}{Y} : \overset{\delta-}{X}$	$X : X$
আয়নিক বন্ধন	পোলার সমযোজী বন্ধন	অপোলার সমযোজী বন্ধন
(পূর্ণ চার্জ দুই প্রান্তে)	(দুই প্রান্তে আংশিক চার্জ)	(ইলেকট্রনযুগল সমভাবে আছে)

সংজ্ঞা : কোনো সমযোজী যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন মৌলের পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে একটি পরমাণু নিজের দিকে বেশি আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে সেই মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বলে।

যেমন, সমযোজী H–Cl অণুতে এরূপ ঘটেছে। ফলে HCl অণুটির H-প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জ (δ+) এবং Cl-প্রান্তে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ (δ–) সৃষ্টি হয়। তাই Cl–পরমাণুকে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু বলে। সমযোজী অণুর



চিত্র-৩.১২ : পারমাণবিক সংখ্যার সাথে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পরিবর্তন।

MCQ-3.15 : $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর কী ধরনের সংকরণ ঘটে? [ঢা. বো. ২০১৭]

(ক) sp^2d^2 (খ) sp^3d
(গ) sp^3d^3 (ঘ) d^2sp^3

উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 থেকে 1.9 এর মধ্যে হলে ঐ সমযোজী অণুটি আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও আংশিক ঋণাত্মক চার্জ যুক্ত হয়ে পোলার অণু হয়।

$$H \cdot\cdot Cl \longrightarrow H \overset{\delta+}{\cdot\cdot\rightarrow} \overset{\delta-}{Cl} \longrightarrow \overset{\delta+\ \delta-}{HCl}$$

মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল :

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হ্রাস পায় – এটি হলো গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক।

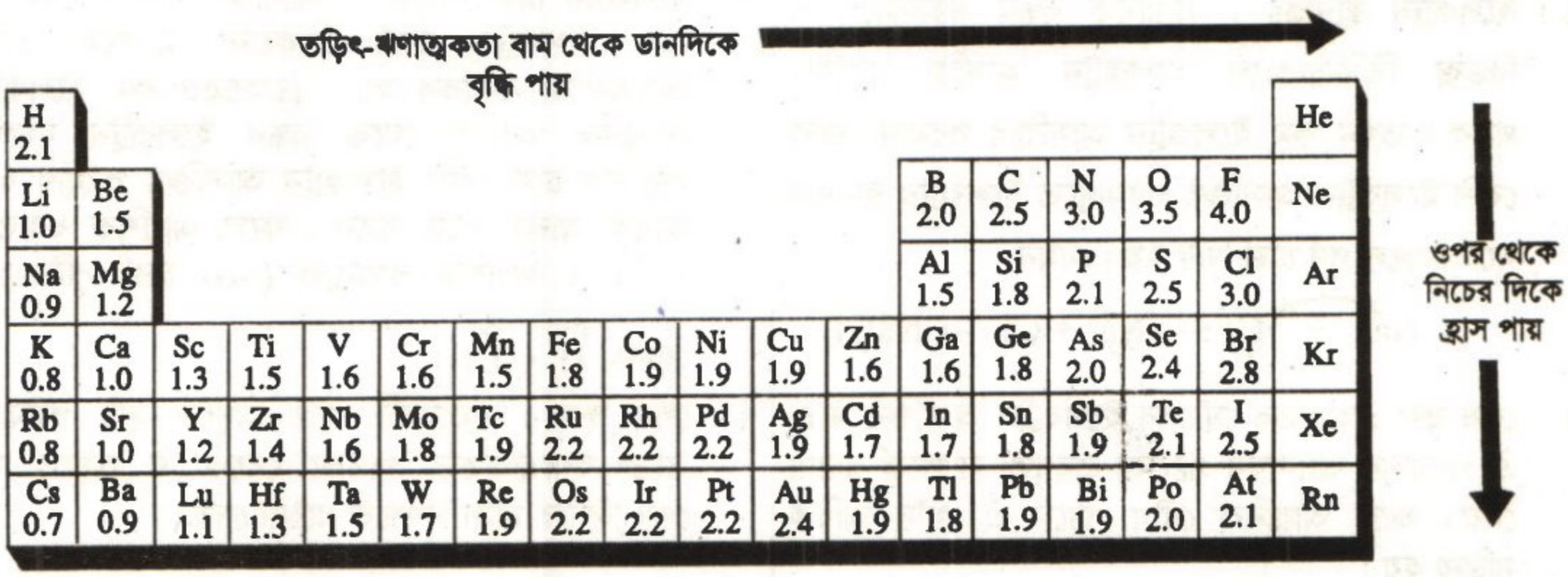
(ii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পায় – এটি হলো পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

CamScanner

পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ের সর্বশেষ ডানে ও গ্রুপ –17(7A) এর সবচেয়ে ওপরে স্থান প্রাপ্ত হওয়ায় ক্ষুদ্রাকার ও অতীব সক্রিয় মৌল হলো F। তাই সমযোজী যৌগ অণুতে শেয়ারকৃত ইলেকট্রনের ওপর ফ্লোরিনের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ F এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সর্বাধিক হয়। পাউলিং স্কেল মতে F এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান হলো 4.0।

* যেকোনো পর্যায়ে বামদিক থেকে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ততই বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হচ্ছে একই পর্যায়ে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ বৃদ্ধি পায়। ফলে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে ঐ পরমাণুর নিউক্লিয়াস অধিক আকৃষ্ট করে এবং তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পায়। পাউলিং স্কেল মতে, ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হলো :

Li = 1.0, Be = 1.5, B = 2.0, C = 2.5, N = 3.0, O = 3.5, F = 4.0



চিত্র-৩.১৩ : মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান।

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ধর্মের মধ্যে নিম্নরূপ সম্পর্ক দেখা যায় :

ইলেকট্রন আসক্তি	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা
১। **সংজ্ঞা :** গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণুর প্রত্যেকে একটি করে ইলেকট্রন যুক্ত করে এক মোল ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে ঐ মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলে। এটির একক হলো– $kJmol^{-1}$	১। **সংজ্ঞা :** কোনো সমযোজী যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে একটি পরমাণু নিজের দিকে বেশি আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বলা হয়। এটির মান একক শূন্য।
২। **পর্যায়গত সম্পর্ক :** মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি একই পর্যায়ের মৌলসমূহের মধ্যে বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়। যেমন, P (–72), S (–200) Cl (–349)।	২। **পর্যায়গত সম্পর্ক :** মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা একই পর্যায়ের মৌলসমূহের মধ্যে বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়। যেমন, N (3.0), O (3.5), F (4) ।
৩। **গ্রুপ বা শ্রেণিগত সম্পর্ক :** পর্যায় সারণির একই গ্রুপে মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি সাধারণত ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস পায়। তবে এ ক্রমের ব্যতিক্রমও আছে। যেমন, গ্রুপ-16 এর O (–141), S (–200), Se (–195), Te (–190), Pb (–183)।	৩। **গ্রুপ বা শ্রেণিগত সম্পর্ক :** একই গ্রুপে অধাতুসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ওপর দিক থেকে নিচের দিকে হ্রাস পায়। তবে p-ব্লক ও d-ব্লকের ধাতুসমূহের মধ্যে এর ব্যতিক্রমও দেখা যায়। যেমন, B (2.0), Al (1.5), Ga (1.6), In (1.7), Tl (1.8)।

ইলেকট্রন আসক্তি	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা
৪। **ইলেকট্রন আসক্তির মান :** মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বিভিন্ন মৌলভেদে ঋণাত্মক, ধনাত্মক ও শূন্য হতে পারে। যেমন, F (–328), N (+7), He (0.0), Be (≤ 0)।	৪। **তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান :** মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সব মৌলের বেলায় ধনাত্মক মান হয়। তড়িৎ-ঋণাত্মকতা শূন্য বা ঋণাত্মক মানের হয় না। যেমন, F (4.0), N (3.0), Be (1.5)।
৫। **জারণ-বিজারণ ধর্ম :** কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যত বেশি, সে মৌলটির জারণ ক্ষমতাও তত বেশি হয়। তবে F ও Cl এর মধ্যে ব্যতিক্রম।	৫। **জারণ-বিজারণ ধর্ম:** কোনো মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যত বেশি, সে মৌলটি তত বেশি শক্তিশালী জারক হয়। যেমন, F > Cl > Br > I।
৬। **ইলেকট্রন স্থানান্তর :** আয়নিক বন্ধন গঠনকালে ও রিডক্স বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন আসক্তি কার্যকর থাকে। তখন কম ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু থেকে বেশি ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে। ফলে পূর্ণ চার্জ সৃষ্টি হয়। যেমন, $Na^{\cdot} + {\cdot}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow Na^{+} + Cl^{-} \rightarrow NaCl$	৬। **ইলেকট্রন চার্জ শিফট :** সমযোজী যৌগ গঠনের পর কম ইলেকট্রন চার্জ শিফটের মাধ্যমে তড়িৎ ঋণাত্মকতা কার্যকর হয়। এক্ষেত্রেও কম ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু থেকে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের আংশিক চার্জ বেশি ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু দ্বারা অধিক আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে আংশিক ধনাত্মক (+δ) ও আংশিক ঋণাত্মক (–δ) চার্জ সৃষ্টি হয়। যেমন- $\overset{\delta+}{H} \cdot\cdot \overset{\delta-}{Cl}$ ।
৭। **শেষ ফল :** অধাতব মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মাত্রা ঐ পরমাণুর অ্যানায়ন গঠনের প্রবণতা সম্পর্কে ধারণা দেয়। ফলে আয়নিক যৌগ গঠনে ঐ মৌল অধিক সক্রিয় হয়।	৭। **শেষ ফল :** সমযোজী যৌগ অণুতে দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য থেকে ঐ অণুতে সৃষ্ট পোলারিটির মাত্রা সম্পর্কে ধারণা দেয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৮ : ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ভিত্তিক :

সমস্যা-৩.১৯ : তড়িৎ-ঋণাত্মকতার চিত্র-৩.১৩ এর সাহায্য নিয়ে ব্যাখ্যা করো। নিচের কোন যৌগ সমযোজী বা আয়নিক অথবা সমযোজী পোলার যৌগ হবে? (১) $SiCl_4$ (২) CsBr (৩) CH_4 (৪) $FeBr_3$

সমস্যা-৩.১৯(ক) : নিচে লিখিত যৌগের সংকেত থেকে এসব যৌগে এদের বন্ধনের আয়নিক বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে যুক্তিসহ সাজাও। (১) CCl_4 (২) $BaCl_2$ (৩) $TiCl_3$ (৪) Cl_2O

সমস্যা-৩.২০ (ক) : ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৯]

সমস্যা-৩.২০ (খ) : ফ্লোরিন সবচেয়ে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল; ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০১৬ ; রা. বো. ২০১৯]

সমস্যা-৩.২০ (গ) : E(3), Z(12), A(6), R(8)—এ মৌলগুলোর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্রম বিশ্লেষণ করো। [চ. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.২১ (ক) : মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মধ্যে গ্রুপ ও পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক এবং বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে এদের প্রভাব সারণিতে দেখাও।

* নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :

মৌল ⟶	F	Cl	Br	I
ইলেকট্রন আসক্তি $kJmol^{-1}$	–328	–349	–325	–295
তড়িৎ-ঋণাত্মকতা	4.0	3.0	2.8	2.5

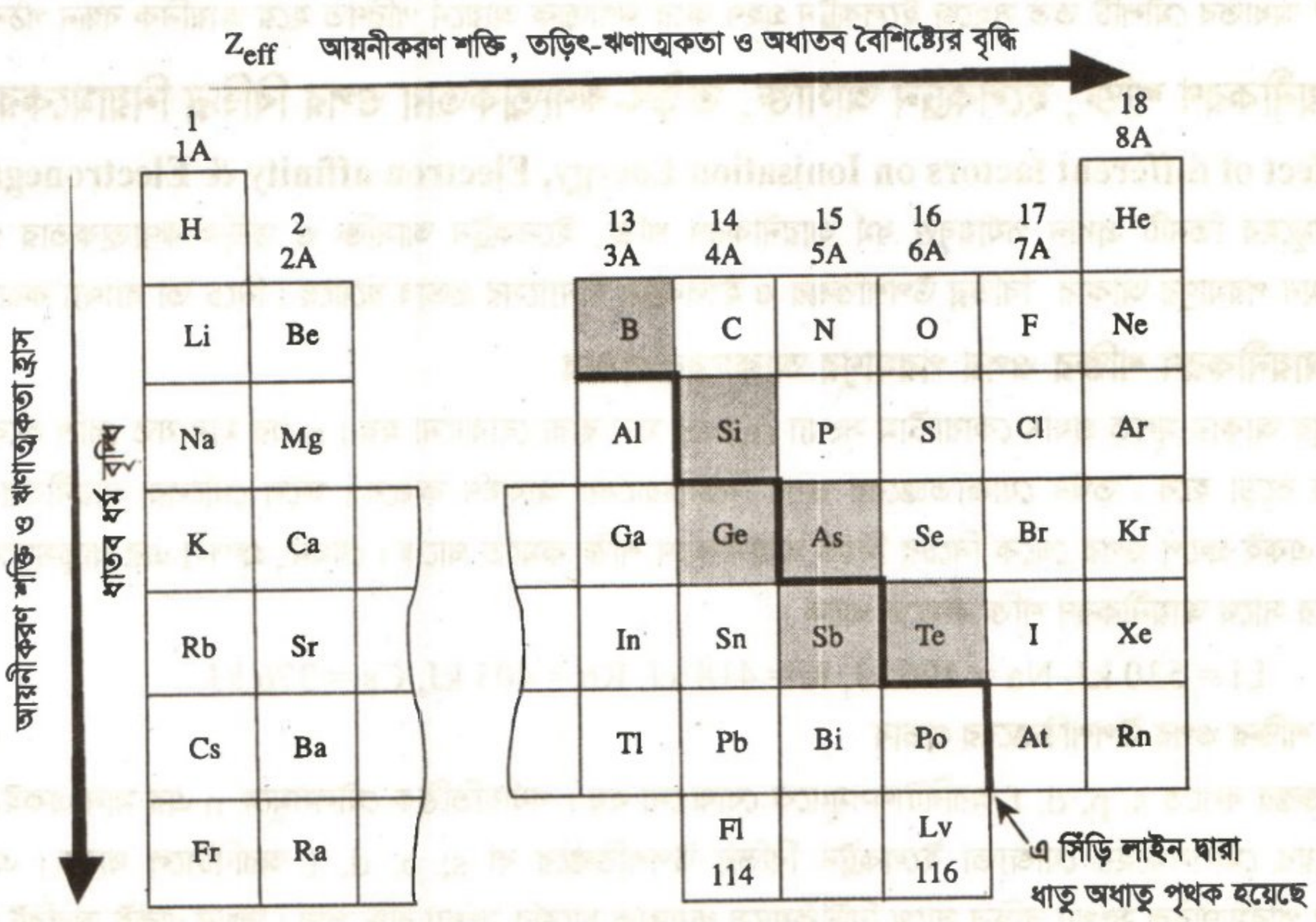
সমস্যা-৩.২১ (খ) : উদ্দীপকের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির এরূপ পরিবর্তনের ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২১ (গ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পরিবর্তনের ওপর নিয়ামকের প্রভাব ব্যাখ্যা করো।

CamScanner

(ছ) ধাতব ধর্ম (Metallic Properties)

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : এর মধ্যে আমরা জেনেছি, (১) একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পরমাণুতে বহিঃস্তরে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Z_{eff}) বামদিক থেকে ডানদিকে ক্রমাগত বাড়তে থাকে। ফলে মৌলের পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন অধিকতরভাবে নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট হয়, পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা সাধারণত বৃদ্ধি পায়। (২) তখন পর্যায় সারণির বামদিকের মৌলসমূহ ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়ন এবং অপরদিকে ডানদিকের মৌলসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে। (৩) এরূপে পর্যায় সারণির বামদিক থেকে ডানদিকের মৌলসমূহে **ধাতব ধর্ম হ্রাস পায়** এবং **অধাতব ধর্ম ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়**। যেমন ৩য় পর্যায়ের বেলায় Na, Mg, Al হলো ধাতু; Si হলো অপধাতু এবং P, S ও Cl হলো অধাতু।



চিত্র-৩.১৪ : পর্যায়ভিত্তিক মৌলের অধাতব বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি ও গ্রুপভিত্তিক ধাতব বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি।

গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক : (১) পর্যায় সারণির একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনের নতুন শক্তিস্তর যুক্ত হয় ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। ফলে যোজ্যতা ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমাগত দূরে থাকে, আয়নীকরণ শক্তি ও ঋণাত্মকতা হ্রাস পায়। (২) তখন মৌলের ধাতব ধর্ম ওপর দিক থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি পায় ও অধাতব ধর্ম হ্রাস পায়। পর্যায় সারণির বামদিকের সর্বনিম্ন মৌল ফ্রান্সিয়াম (Fr) হলো সর্বাধিক সক্রিয় ধাতব মৌল। তবে Fr তেজস্ক্রিয় অস্থায়ী ধাতব মৌল হওয়ায়, **স্থায়ী সর্বাধিক সক্রিয় ধাতু হলো Cs**। (৩) পর্যায় সারণির মাঝখানের বোরন থেকে ডানদিকে যাওয়ার সিঁড়ির আকারে চিহ্নিত রেখার নিকটস্থ B, Si, Ge, As, Sb, Te ইত্যাদি ছয়টি মৌল হলো (সর্বসম্মতভাবে) **অপধাতু বা মেটালয়েড বা সেমিমেটেল** (semimetals)।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৯ : ধাতু, অধাতু ও অপধাতুভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২২: (ক) নিচের প্রতিটি যুগলের মধ্যে কোন্‌টিতে ধাতব ধর্ম বেশি হবে, তা ব্যাখ্যা করো :

(1) B ও Al (2) Ge ও Br (3) Cl ও Te (4) In ও Se

সমস্যা-৩.২২: (খ) অপধাতু বা মেটালয়েড কী? এদের সংখ্যা ও নাম লেখ। কোন্ কোন্ পর্যায়ে অপধাতুর সংখ্যা বেশি রয়েছে?

জেনে রাখো **মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ওপর আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির প্রভাব :**

(ক) মৌলের আয়নীকরণ শক্তির মান যত কম হবে—

* মৌলটির ধাতব ধর্ম তত প্রবল হবে, বিজারণ ক্ষমতা তত বেশি হবে অর্থাৎ ঐ মৌলটি প্রবল বিজারক হবে। যেমন- Cs > Rb > K > Na > Li ।
* ধাতব মৌলটি তত সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়ে আয়নিক বন্ধন গঠন করবে।

(খ) মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যত সংখ্যাগত বেশি হবে—

* মৌলটির অধাতব ধর্ম যত প্রবল হবে, জারণ ক্ষমতা তত বেশি হবে অর্থাৎ ঐ মৌলটি প্রবল জারক হবে। যেমন— হ্যালোজেনসমূহ।
* অধাতব মৌলটি তত সহজে ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়ে আয়নিক বন্ধন গঠন করবে।

৩.৪ আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

Effect of different factors on Ionisation Energy, Electron affinity & Electronegativity

মৌলসমূহের তিনটি প্রধান পর্যায়বৃত্ত ধর্ম আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামক যেমন পরমাণুর আকার, বিভিন্ন উপশক্তিস্তর ও ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব রয়েছে। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো :

৩.৪.১ আয়নীকরণ শক্তির ওপর পরমাণুর আকারের প্রভাব

পরমাণুর আকার মূলত প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) এর মান দ্বারা বোঝানো হয়। n এর মান যত বেশি হবে পরমাণুটির আকার তত বড়ো হবে। তখন যোজ্যতাস্তরের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ কমবে। ফলে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি কম হবে। তাই একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে আয়নীকরণ শক্তি কমতে থাকে। যেমন, গ্রুপ-I এর ধাতুসমূহের পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তি কমতে থাকে।

Li = 530 kJ, Na = 496 kJ, K = 418 kJ, Rb = 403 kJ, Cs = 376 kJ

আয়নীকরণ শক্তির ওপর উপশক্তিস্তরের প্রভাব

উপশক্তিস্তর বলতে s, p, d, f অরবিটালসমূহকে বোঝানো হয়। পর্যায়ভিত্তিক মৌলসমূহে n এর মান একই থাকে; কিন্তু একই পর্যায়ের মৌলসমূহের যোজ্যতা ইলেকট্রন বিভিন্ন উপশক্তিস্তরে বা s, p, d, f অরবিটালে থাকে। একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তখন একই অরবিট বা শক্তিস্তরে s-অরবিটালের ইলেকট্রনের চেয়ে p-অরবিটালে ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বেশি থাকে। অনুরূপভাবে d-অরবিটালের ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বেশি থাকে। এক্ষেত্রে আয়নীকরণ শক্তি পর্যায়ভিত্তিক বৃদ্ধি পায়। যেমন- d-উপশক্তিস্তর > p-উপশক্তিস্তর > s-উপশক্তিস্তর।

আয়নীকরণ শক্তির ওপর ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব

পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের উপশক্তিস্তর বা অরবিটালসমূহ ইলেকট্রন দ্বারা অর্ধপূর্ণ (যেমন p^3, d^5) অথবা পরিপূর্ণ (যেমন p^6, d^{10}) থাকলে, সে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক স্থায়িত্ব লাভ করে। তখন ঐ সব অর্ধপূর্ণ বা পরিপূর্ণ অরবিটালের ইলেকট্রন অপসারণ করতে অধিক পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং উপশক্তিস্তরভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির ক্রম হলো : পূর্ণ উপশক্তিস্তর > অর্ধপূর্ণ উপশক্তিস্তর > আংশিক পূর্ণ উপস্তর।

৩.৪.২ ইলেকট্রন আসক্তির ওপর পরমাণুর আকারের প্রভাব

পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে বহিস্থ শক্তিস্তরের দূরত্ব যত কম হয়, ইলেকট্রনের প্রতি ঐ নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ তত বেশি হয়। তখন অধিক আকর্ষণ শক্তিসহকারে বাইর থেকে আগত ইলেকট্রনটি পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে আকৃষ্ট হয়। ফলে নির্গত শক্তির পরিমাণ অধিক হয়। তাই যে পরমাণুর আকার যত ছোটো সে পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি তত বেশি হয়। একই

পর্যায়ে মৌলসমূহের পরমাণুর আকার বামদিক থেকে ডানদিকে ছোটো হতে থাকে বলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বৃদ্ধি পায়। যেমন ২য় পর্যায়ের O পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি, $E_{ea} = -141\ kJmol^{-1}$ এবং এর ডানদিকে অবস্থিত ছোটো আকারের F পরমাণুর বেলায় ইলেকট্রন আসক্তি বৃদ্ধি পেয়ে, $E_{ea} = -328\ kJmol^{-1}$ হয়েছে।

কিন্তু ফ্লোরিন পরমাণু সবচেয়ে ছোটো হওয়া সত্ত্বেও ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ($E_{ea} = -328\ kJmol^{-1}$) ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ($E_{ea} = -349\ kJmol^{-1}$) অপেক্ষা কম। এর কারণ ফ্লোরিন পরমাণুর সবচেয়ে ক্ষুদ্র আকার। ফ্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্বশেষ শক্তিস্তর হলো দ্বিতীয় শক্তিস্তর। ক্লোরিন পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরের তুলনায় ফ্লোরিনের দ্বিতীয় শক্তিস্তরের আকার ছোটো হওয়ায় এবং ২য় শক্তিস্তরের ক্ষুদ্র পরিসরে সাতটি ইলেকট্রন থাকায় তাতে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের প্রতি দ্বিতীয় শক্তিস্তরের ইলেকট্রনসমূহের পারস্পরিক বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় সামগ্রিকভাবে ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান ক্লোরিনের চেয়ে কম হয়।

ইলেকট্রন আসক্তির ওপর উপশক্তিস্তরের প্রভাব

কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি মৌলটির পরমাণুর উপশক্তিস্তরের ওপর অনেকটা নির্ভর করে। মৌলের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ মধ্যবর্তী উপশক্তিস্তরের ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা আচ্ছাদন ঘটে বা প্রতিহত (shielding) হয়। তাই পরমাণুতে উপশক্তিস্তর যত বেশি হবে, পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ তত কম হবে। ফলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কম হবে। এজন্য ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির মানের চেয়ে ৪র্থ ও ৫ম পর্যায়ের মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়। ইলেকট্রন আসক্তির ওপর উপশক্তিস্তরের এরূপ প্রভাবকে **উপশক্তিস্তরের আচ্ছাদন বা শিল্ডিং** (shielding) প্রভাব বলা হয়।

ইলেকট্রন আসক্তির ওপর ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি মৌলটির পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের অষ্টকপূর্ণ করার প্রবণতাকে বোঝায়। তাই মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্ববহিস্থস্তরে অষ্টকপূর্ণ হওয়া থেকে ইলেকট্রনের ঘাটতি যত কম থাকে, মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি তত বেশি হয়। একই পর্যায়ে বামদিক থেকে ডানদিকে যতই অগ্রসর হওয়া যায়, মৌলসমূহের পরমাণুর অষ্টকপূর্ণতা থেকে ইলেকট্রন ঘাটতির সংখ্যা তত কম হতে থাকে। ফলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি তত বৃদ্ধি পায়। তবে F পরমাণুর আকার খুব ছোটো হওয়ায় এবং ২য় শক্তিস্তরে ইলেকট্রন ঘনত্বের আধিক্য থাকায় ইলেকট্রনসমূহের মধ্যে বিকর্ষণ প্রভাব অধিক কার্যকরী থাকে। তাই F এর ইলেকট্রন আসক্তি ৩য় শক্তিস্তরের Cl পরমাণুর তুলনায় কম হয়।

৩.৪.৩ তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর পরমাণুর আকার, উপশক্তিস্তর ও ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব

পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হ্রাস পায়। এটি হলো মৌলের গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক। একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে প্রধান শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তরও বাড়তে থাকে। ফলে নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ যোজ্যতাস্তরের ওপর কমতে থাকে। তাই গ্রুপ-17 এর হ্যালোজেন মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান নিম্নরূপে হ্রাস পায় : F = 4.0, Cl = 3.0, Br = 2.8, I = 2.5

ইলেকট্রন বিন্যাস ও উপশক্তিস্তরের প্রভাবও একই রকম থাকে।

৩.৫ ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের অক্সাইডের অম্ল-ক্ষারক ধর্ম

Acid-Base Properties of Oxides of 2nd & 3rd Periods' Elements

পর্যায় সারণির ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডের অম্ল-ক্ষারক ধর্ম মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতা প্রভৃতি ধর্মের পার্থক্যের ওপর নির্ভরশীল। পর্যায়ভিত্তিক এসব ধর্মের আলোচনা থেকে আমরা জেনেছি যে,

CamScanner

(১) ২য় পর্যায়ভুক্ত Li, Be এবং ৩য় পর্যায়ভুক্ত Na, Mg, Al হলো ধাতু। অক্সিজেনের সাথে এসব মৌল ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে আয়নিক ধাতব অক্সাইড গঠন করে। ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারধর্মী হয়। আবার একই পর্যায়ে বামদিক থেকে ডানদিকে ক্রমান্বয়ে ধাতব ধর্ম হ্রাস পেতে থাকে এবং ডানদিকের শেষ ধাতুটির মধ্যে ধাতব-অধাতব মিশ্র ধর্ম প্রকাশ পায়। Al ধাতুর অক্সাইডের বেলায় তা আমরা দেখতে পাবো।

(২) আবার ২য় পর্যায়ভুক্ত B, C, N মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2 এর অধিক হওয়ায় এসব অধাতব মৌল এবং ৩য় পর্যায়ের Si, P, S প্রভৃতি অনুরূপভাবে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় এসব অধাতব মৌল অক্সিজেনের সাথে ইলেকট্রন শেয়ারের মাধ্যমে সমযোজী অক্সাইড গঠন করে। অধাতব সমযোজী অক্সাইডসমূহের মধ্যে উচ্চ জারণ-সংখ্যাযুক্ত অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় অম্ল উৎপন্ন করে। তাই এদেরকে **অম্লধর্মী অক্সাইড** ও **এসিড অ্যানহাইড্রাইড** বলা হয়। যেমন–

$$CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2CO_3\,(aq);\quad N_2O_5\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2HNO_3\,(aq)$$

নিম্ন জারণ সংখ্যার অধাতব অক্সাইড সাধারণত নিরপেক্ষ হয়। যেমন– CO, N_2O, NO ইত্যাদি হলো নিরপেক্ষ অক্সাইড।

সারণি-৩.৫ : ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের অক্সাইড

সমযোজী বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি ক্রম →

আয়নিক বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি ক্রম ↓ / ক্ষারধর্মের বৃদ্ধিক্রম ↓

1 1A	2 2A	13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
Li ধাতু Li_2O সবল ক্ষার	Be ধাতু BeO উভধর্মী	B অধাতু B_2O_3	C অধাতু CO_2	N অধাতু N_2O_5			
Na ধাতু Na_2O সবল ক্ষার	Mg ধাতু MgO দুর্বল ক্ষারক	Al ধাতু Al_2O_3 উভধর্মী	Si অধাতু SiO_2 মৃদুঅম্লীয়	P অধাতু P_4O_{10} P_4O_6	S অধাতু SO_3 SO_2	Cl অধাতু Cl_2O_7 Cl_2O	
				সবল অম্লধর্মী অক্সাইড			

দ্রষ্টব্য : অধাতুর দুটি অক্সাইডের বেলায় উচ্চ জারণ সংখ্যার অক্সাইড অধিকতর অম্লধর্মী ও সবল এসিড তৈরি করে; কিন্তু নিম্নজারণ সংখ্যার অক্সাইড মৃদু অম্লীয় হয় এবং দুর্বল অম্ল তৈরি করে।

পানির সাথে একই পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ক্ষার ও অম্ল গঠন :

(১) একই পর্যায়ের বিভিন্ন মৌলের অক্সাইডের সাথে পানির বিক্রিয়ায় এদের ক্ষার ধর্ম থেকে অম্লধর্মে ক্রমপরিবর্তনের প্রমাণ মিলে। যেমন, ২য় পর্যায়ের Li_2O পানির সাথে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড (LiOH) সবল ক্ষার এবং ৩য় পর্যায়ের Na_2O পানির সাথে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় NaOH সবল ক্ষার উৎপন্ন করে।

$$Li_2O\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2LiOH\,(aq) \longrightarrow 2Li^+\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$$

$$Na_2O\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2NaOH\,(aq) \longrightarrow 2Na^+\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$$

(২) ২য় পর্যায়ের বেরিলিয়াম অক্সাইড (BeO) ও ৩য় পর্যায়ের MgO উভয়েই পানিতে অদ্রবণীয়। তাই এরা পানির সাথে কোনো বিক্রিয়া করে না বলে কোনো ক্ষার দ্রবণ উৎপন্ন হয় না। তবে BeO উভধর্মী অক্সাইডরূপে এসিডের সাথে লবণ ও পানি এবং গাঢ় NaOH দ্রবণের সাথে বেরিলেট লবণ উৎপন্ন করে।

ক্ষারকরূপে : $BeO\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow BeCl_2\,(aq) + H_2O\,(l)$

এসিডরূপে : $BeO\,(s) + 2NaOH\,(aq) \longrightarrow Na_2BeO_2\,(aq) + H_2O\,(l)$

সোডিয়াম বেরিলেট

অপরদিকে তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত Mg এর অক্সাইড MgO পানিতে অদ্রবণীয় ও পানির সাথে কোনো বিক্রিয়া করে না; কিন্তু দুর্বল ক্ষারকরূপে এসিডের সাথে বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$MgO\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow MgSO_4\,(aq) + H_2O\,(l)$$

DAY(17-18)

(৩) ২য় পর্যায়ের B_2O_3 ও CO_2 মৃদু অম্লীয়; উভয় অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় অস্থায়ী এসিড ও ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। B_2O_3 পানিতে অর্থোবোরিক এসিড ও ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় মেটাবোরেট উৎপন্ন করে।

$$B_2O_3\,(s) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow 2H_3BO_3\,(aq);\ H_3BO_3\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaBO_2\,(aq) + 2H_2O\,(l)$$

$$CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2CO_3\,(aq);\ H_2CO_3\,(aq) + 2NaOH\,(aq) \longrightarrow Na_2CO_3\,(aq) + 2H_2O\,(l)$$

(৪) ২য় পর্যায়ভুক্ত N মৌলের পাঁচটি অক্সাইডের মধ্যে N_2O, NO হলো নিরপেক্ষ এবং অপর তিনটি অক্সাইড N_2O_3, N_2O_4 ও N_2O_5 অম্লীয় অক্সাইড। যেসব অধাতব অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় এসিড উৎপন্ন করে, তাদেরকে ঐ সব এসিডের অ্যানহাইড্রাইড (anhydride) বলে। পানির সাথে N_2O_3 এর বিক্রিয়ায় অস্থায়ী নাইট্রাস এসিড (HNO_2); কিন্তু NaOH সহ স্থায়ী লবণ সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) উৎপন্ন করে। N_2O_5 পানিসহ সবল নাইট্রিক এসিড ও ক্ষারসহ নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। কিন্তু N_2O_4 পানির সাথে বিক্রিয়ায় HNO_2ও HNO_3 উভয় এসিড উৎপন্ন করে। তাই N_2O_4 কে উভয় এসিডের **মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড** বলে।

$$N_2O_3\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2HNO_2\,(aq)$$

$$N_2O_5\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2HNO_3\,(aq)$$

$$HNO_2\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaNO_2\,(aq) + H_2O\,(l)$$

$$HNO_3\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaNO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$

$$N_2O_4\,(l) + H_2O\,(l) \longrightarrow HNO_2\,(aq) + HNO_3\,(aq)$$

(৫) ৩য় পর্যায়ভুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) পানির সাথে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু এটি অম্ল ও সবল ক্ষার দ্রবণ উভয়ের সাথে পৃথকভাবে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। তাই অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড **উভধর্মী অক্সাইড**।

$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O\ [Al_2O_3 \text{ এর ক্ষার ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAlO_2} + H_2O\ [Al_2O_3 \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

(৬) সিলিকন ডাইঅক্সাইড (SiO_2) পানি বা অম্লের সাথে বিক্রিয়া করে না; কিন্তু এটি সবল ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ সিলিকন ডাইঅক্সাইড (SiO_2) অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

(৭) ডাইফসফরাস পেন্টাক্সাইড (P_2O_5) পানির সাথে বিক্রিয়া করে দুর্বল অম্ল ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে এটির বিক্রিয়ায় ফসফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সুতরাং P_2O_5 হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$$

$$P_2O_5 + 4NaOH \longrightarrow 2Na_2HPO_4 + H_2O$$

ফসফরাসের আরেকটি অক্সাইড P_2O_3 পানির সাথে বিক্রিয়া করে ফসফরাস এসিড উৎপন্ন করে।

CamScanner

$$P_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_3$$

(৮) সালফার ট্রাইঅক্সাইড (SO_3) পানির সাথে বিক্রিয়া করে সবল অম্ল সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে এটির বিক্রিয়ায় সালফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সুতরাং SO_3 হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4\ ;\ SO_3 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

সালফারের আরেকটি অক্সাইড SO_2 পানির সাথে বিক্রিয়ায় সালফিউরাস এসিড (H_2SO_3) এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় সালফাইট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। সুতরাং SO_2 হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3\ ;\ SO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_3 + H_2O$$

(৯) ডাইক্লোরিন হেপ্টোক্সাইড (Cl_2O_7) পানির সাথে বিক্রিয়ায় পারক্লোরিক এসিড ($HClO_4$) উৎপন্ন করে। Cl_2O_7 ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় পারক্লোরেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। তাই Cl_2O_7 হলো অম্লধর্মী।

$$Cl_2O_7 + H_2O \longrightarrow 2HClO_4\ ;\ Cl_2O_7 + 2NaOH \longrightarrow 2NaClO_4 + H_2O$$

আবার ক্লোরিন মনোঅক্সাইড (Cl_2O) পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইপোক্লোরাস এসিড (HClO) উৎপন্ন করে।

$$Cl_2O + H_2O \longrightarrow 2HClO$$

উল্লেখ্য যে, ধাতুর অক্সাইড ক্ষারধর্মী; অধাতুর অক্সাইড অম্লধর্মী। এটি হলো **মৌলের অক্সাইডসমূহের pH পর্যায়বৃত্ততা ধর্ম**। সুতরাং ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডসমূহের ধর্ম থেকে বোঝা যায় যে, **একই পর্যায়ে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ততই মৌলসমূহের ধাতু ধর্ম হ্রাস পায় এবং অধাতু ধর্ম বৃদ্ধি পায়।**

জেনে নাও : উচ্চতাপমাত্রায় স্থায়িত্ব, যান্ত্রিক দৃঢ়তা, বৈদ্যুতিক রোধ ইত্যাদি ভৌত ধর্মের ওপর ভিত্তি করে বিভিন্ন অক্সাইডের ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। যেমন MgO ও Al_2O_3 ব্যবহৃত হয় অটোমোবাইল স্পার্ক প্লাগ, উচ্চতাপমাত্রার ইলেকট্রিকেল হিটার প্রভৃতি বৈদ্যুতিক যন্ত্রে রোধক বা ইনস্যুলেটররূপে। SiO_2 ব্যবহৃত হয় আধুনিক যোগাযোগব্যবস্থার অপটিকেল ফাইবারের প্রধান উপাদানরূপে। অধাতুর অম্লীয় অক্সাইড থেকে উৎপন্ন হয় প্রধান তিনটি বাণিজ্যিক এসিড H_2SO_4, HNO_3 ও H_3PO_4.

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৪ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতাভিত্তিক :

তিনটি মৌল A, B, C হলো যথাক্রমে ২য় পর্যায়ের গ্রুপ-15(5A); ৫ম পর্যায়ের গ্রুপ-14(4A) ও ৬ষ্ঠ পর্যায়ের গ্রুপ-2(2A) এর। এ তথ্য থেকে (ক) এদের সম্ভাব্য উচ্চ জারণ সংখ্যাবিশিষ্ট অক্সাইডের সংকেত লেখ। (খ) এদের কোনটি অধিক আয়নিক ও অধিক সমযোজী হবে? (গ) এদের অক্সাইডসমূহের মধ্যে কোনটি অম্লীয়, ক্ষারীয় ও নিরপেক্ষ অক্সাইড হবে?

দক্ষতা (Strategy) : (১) পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান থেকে প্রধানত গ্রুপের মৌলের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা ও এর অক্সাইডের সংকেত নির্ধারিত হয়। (২) মৌলের সৃষ্ট যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য পর্যায়ভিত্তিক বাম থেকে ডানদিকে এবং গ্রুপভিত্তিক নিচের দিক থেকে ওপর দিকে হ্রাস পেয়ে থাকে। (৩) স্মরণ করো, একইভাবে অক্সাইডের ক্ষারধর্ম থেকে অম্লধর্মে পরিবর্তন পর্যায়গতভাবে বাম থেকে ডানদিকে এবং গ্রুপভিত্তিক নিচের দিক থেকে ওপরদিকে ঘটে থাকে।

সমাধান (Solution) : (ক) উদ্দীপকের তথ্য মতে A, B, C মৌল তিনটি যথাক্রমে N, Sn ও Ba। এদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যাযুক্ত অক্সাইডের সংকেত হলো N_2O_5, SnO_2 ও BaO।

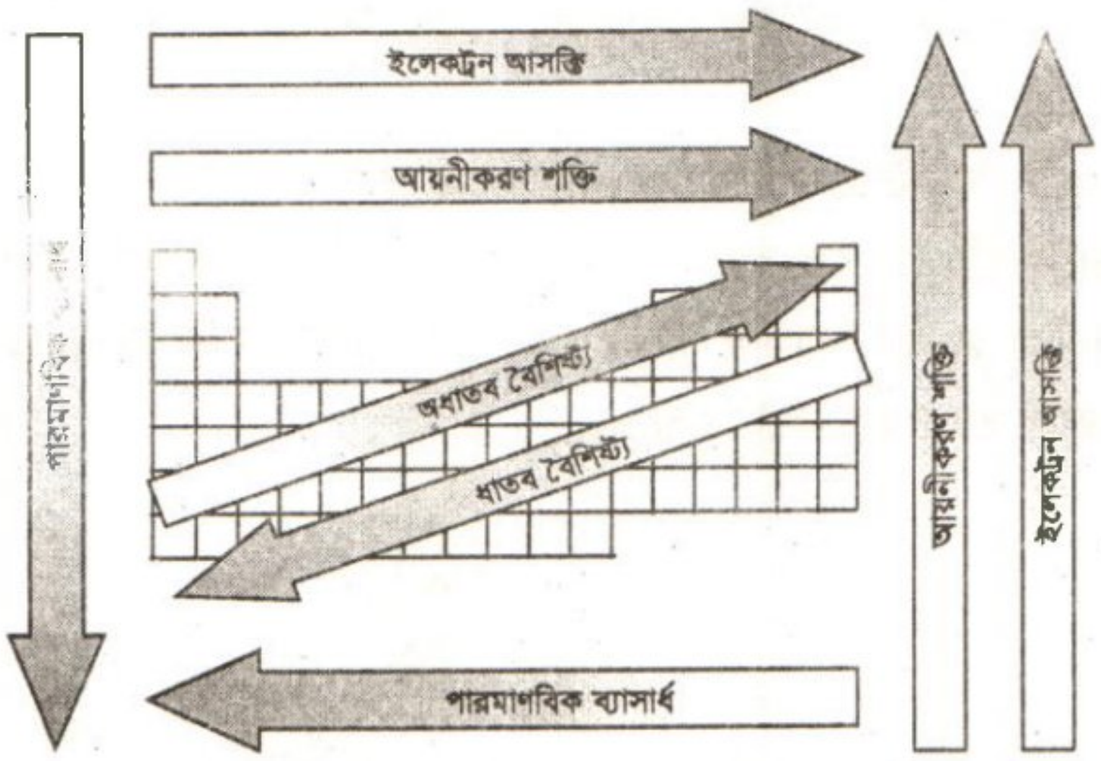
(খ) BaO হলো সবচেয়ে বেশি আয়নিক; কারণ Ba হলো পর্যায় সারণির বামদিকের অন্যতম প্রধান গ্রুপ-2(2A) এর মৌল। N_2O_5 হলো সবচেয়ে বেশি সমযোজী অক্সাইড কারণ, N হলো পর্যায় সারণির ডানদিকস্থ ওপরের মৌল।

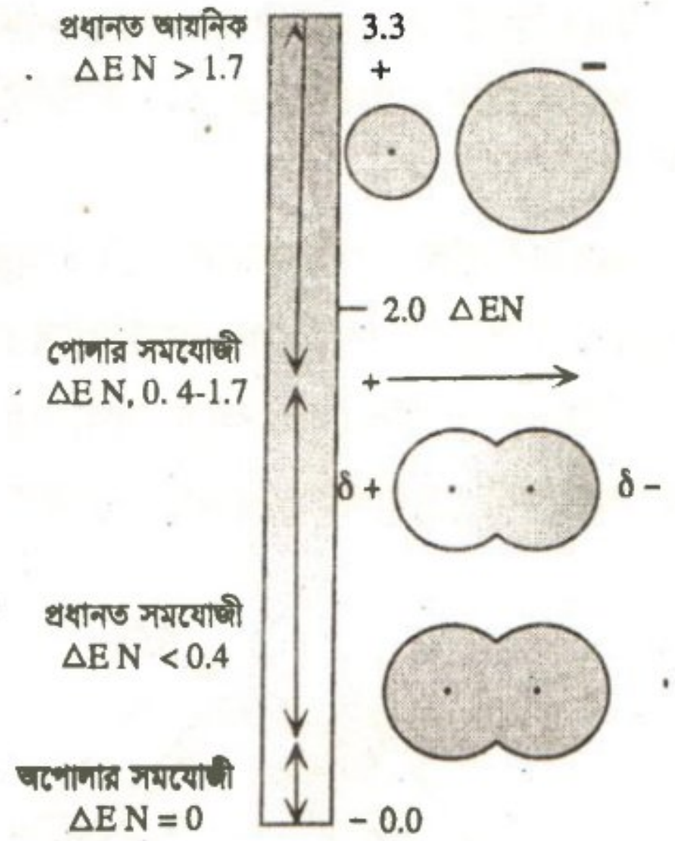
CamScanner

(গ) BaO হলো ক্ষারধর্মী; N_2O_5 হলো অম্লধর্মী এবং SnO_2 হলো উভধর্মী অক্সাইড। লক্ষ্যণীয় যে, Sn হলো প্রধান-গ্রুপ (main group) এর পাঁচটি মৌলের অন্যতম মৌল যারা উভধর্মী অক্সাইড গঠন করে। (যেমন, BeO, Al_2O_3, Ga_2O_3, SnO_2, PbO_2)

একনজরে : মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহের সাথে পর্যায় ও গ্রুপের সম্পর্ক :

	পর্যায়বৃত্ত ধর্ম	পর্যায়গত প্রবণতা	গ্রুপ বা শ্রেণিগত প্রবণতা
১	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বা আকার	বাম থেকে ডানদিকে হ্রাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
২	ধাতব ধর্ম	বাম থেকে ডানদিকে হ্রাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
৩	অধাতব ধর্ম	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস
৪	জারণ ক্ষমতা	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস
৫	বিজারণ ক্ষমতা	বাম থেকে ডানদিকে হ্রাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
৬	যোজ্যতা	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	কোনো পরিবর্তন হয় না
৭	আয়নীকরণ শক্তি	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস
৮	ইলেকট্রন আসক্তি	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস
৯	তড়িৎঋণাত্মকতা	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস
১০	অক্সাইড যৌগের ক্ষারকীয় ধর্ম	বাম থেকে ডানদিকে হ্রাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
১১	অক্সাইড যৌগের অম্লীয় ধর্ম	বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হ্রাস





শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো ৩.১০ : অক্সাইডের রাসায়নিক ধর্মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৩ : নিচের বিক্রিয়াসমূহের সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ লেখ :

(ক) পানিতে কঠিন Li_2O এর দ্রবণ তৈরিকরণ। (খ) পানিতে SO_3 গ্যাসের দ্রবীভূত হওয়া।

(গ) সবল এসিডে উভধর্মী Cr_2O_3 এর দ্রবীভূত হওয়া।

(ঘ) সবল ক্ষার দ্রবণে $Co(OH)_2$ এর বিক্রিয়ায় $Co(OH)_4^{2-}$ সৃষ্টিকরণ।

(ঙ) ZnO সবল ক্ষার দ্রবণ ও সবল এসিডে দ্রবীভূত হয় কেন ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২৪ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর অক্সাইডের অম্ল-ক্ষার ধর্ম আলোচনা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]

ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণিশিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত মূলনীতিসহকারে উপরোক্ত ধাপ অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের অম্ল-ক্ষার প্রকৃতি নির্ণয় করো।

পরীক্ষা নং-১১ | **পরীক্ষার সময় : ২ পিরিয়ড**

তারিখ : .....

৩.৬ পরীক্ষার নাম : মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের অম্ল-ক্ষার প্রকৃতি নির্ণয়

মূলনীতি : দ্রবণীয় ধাতব অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে, যা পরে আয়নিত হয়ে পানিতে OH^- আয়ন সৃষ্টি করে। উৎপন্ন OH^- আয়ন লাল লিটমাসকে নীল বর্ণ অথবা ইউনিভার্সাল নির্দেশককে নীল বা বেগুনি বর্ণ করে। অপরদিকে অধাতব অক্সাইড পানিতে দ্রবীভূত হয়ে মৃদু এসিড বা সবল এসিড উৎপন্ন করে, যা পানিতে আয়নিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন বা প্রোটন (H^+) সৃষ্টি করে। উৎপন্ন H^+ আয়ন নীল লিটমাসকে লাল বর্ণ অথবা ইউনিভার্সাল নির্দেশককে লাল বা হলুদ বর্ণ করে।

$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(s)$; $\quad SO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2SO_3\,(aq)$

$Ca(OH)_2\,(s) + aq \longrightarrow Ca^{2+}\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$; $\quad H_2SO_3\,(aq) + aq \longrightarrow H^+\,(aq) + HSO_3^-\,(aq)$

$OH^-\,(aq)$ + লাল লিটমাস $\longrightarrow$ নীল লিটমাস; $\quad H^+\,(aq)$ + নীল লিটমাস $\longrightarrow$ লাল লিটমাস

প্রয়োজনীয় অক্সাইড যৌগ : (১) চুন বা ক্যালশিয়াম অক্সাইড (CaO), (২) বেরিয়াম অক্সাইড (BaO), (৩) কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) গ্যাস, (৪) সালফার ডাইঅক্সাইড (SO_2) গ্যাস।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3), (২) HCl এসিড, (৩) চুনাপাথর ($CaCO_3$), (৪) ডিসটিল্ড ওয়াটার বা বিশুদ্ধ পানি।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) টেস্টটিউব, (২) গ্যাস ডেলিভারি বাঁকা নল (কর্কযুক্ত), (৩) লিটমাস পেপার (লাল ও নীল)।

কাজের ধারা : পরীক্ষা নং-(১) : অল্প চুনের গুঁড়া একটি টেস্টটিউবে নিয়ে 10 mL বিশুদ্ধ পানি যোগ করে টেস্টটিউব অর্ধেক পূর্ণ করে মিশ্রণটিকে ভালোভাবে নেড়ে CaO গুঁড়াকে দ্রবীভূত করা হয়। উৎপন্ন দ্রবণে প্রথমে লাল লিটমাস ও শেষে নীল লিটমাস পেপার যোগ করে দেখা হয়। লাল লিটমাস নীল ও নীল লিটমাস নীল থাকে। এতে প্রমাণিত হয় চুনের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে বেশি। নিচের ছকে তা রেকর্ড করা হলো।



চিত্র-৩.১৫ : SO_2 ও CO_2 গ্যাস প্রস্তুতি।

পরীক্ষা নং-(২) : পরীক্ষা নং ১ এর মতো অল্প বেরিয়াম অক্সাইড নিয়ে দ্রবণ তৈরি করা হয়। উৎপন্ন দ্রবণে প্রথমে লাল লিটমাস ও পরে নীল লিটমাস পেপার যোগ করা হয়। উভয় ক্ষেত্রে লিটমাস পেপার নীল থাকে। প্রমাণিত হলো বেরিয়াম অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে বেশি। নিচের ছকে তা রেকর্ড করা হলো।

CamScanner

পরীক্ষা নং-(৩) : একটি টেস্টটিউবে অল্প সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3) গুঁড়া নিয়ে HCl এসিড যোগ করে গ্যাস ডেলিভারি নল কর্কযুক্ত করা হয়। নির্গত SO_2 গ্যাসকে অপর একটি টেস্টটিউবে নেয়া পানিতে চালনা করা হলো। এবার SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস পেপার যোগ করা হলো। উভয় লিটমাস লাল থাকে। এতে প্রমাণিত হয় SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $SO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow \underset{\text{সালফিউরাস এসিড}}{H_2SO_3\,(l)}$

পরীক্ষা নং (৪) : পরীক্ষা নং-৩ এর মতো চুনাপাথর থেকে CO_2 গ্যাস তৈরি করে এবং এর জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস যোগ করে দেখা গেল উভয় লিটমাস লাল হয়। প্রমাণিত হলো CO_2 এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2CO_3\,(l)$ [কার্বনিক এসিড]

সারণি-৩.৬ : পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ডাটার চার্ট ও সিদ্ধান্ত

পরীক্ষার ক্রমিক	অক্সাইডের দ্রবণ	লাল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	নীল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	সিদ্ধান্ত
(১) নং পরীক্ষা :	CaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	CaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(২) নং পরীক্ষা :	BaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	BaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(৩) নং পরীক্ষা :	SO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	SO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।
(৪) নং পরীক্ষা :	CO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	CO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।

৩.৭ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের সম্পর্ক

Relation between Periodic Properties and Bond Formation

মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে রাসায়নিক বন্ধন গঠনের সম্পর্ক বলতে s-ব্লক মৌল ও p-ব্লক মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক যৌগ ও সমযোজী অণু গঠন সম্বন্ধে বোঝা যায়। এর সাথে আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি—মৌলের এ দুটি পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম জড়িত আছে।

রাসায়নিক বন্ধন : রাসায়নিক বন্ধন হলো পরমাণুসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ অথবা শেয়ার করার মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে অণু গঠন করা।

পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অর্থাৎ যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে। তাই মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠন মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে সম্পর্কযুক্ত। রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক বন্ধন বা, তড়িৎযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যা করা হয়।

(ধাতু + অধাতু) $\longrightarrow$ আয়নিক বন্ধন; (অধাতু + অধাতু) $\longrightarrow$ সমযোজী বন্ধন

আয়নিক বন্ধন : ধাতু ও অধাতু পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন প্রদান ও গ্রহণের মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে যথাক্রমে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টিসহকারে তড়িৎযোজী বন্ধন বা, আয়নিক বন্ধন গঠন করে। ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টির মাধ্যমে আয়নিক বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে আয়নিক যৌগ বলে। NaCl একটি আয়নিক যৌগ। যেমন,

CamScanner

পরীক্ষা নং-(৩) : একটি টেস্টটিউবে অল্প সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3) গুঁড়া নিয়ে HCl এসিড যোগ করে গ্যাস ডেলিভারি নল কর্কযুক্ত করা হয়। নির্গত SO_2 গ্যাসকে অপর একটি টেস্টটিউবে নেয়া পানিতে চালনা করা হলো। এবার SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস পেপার যোগ করা হলো। উভয় লিটমাস লাল থাকে। এতে প্রমাণিত হয় SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $SO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2SO_3\,(l)$
সালফিউরাস এসিড

পরীক্ষা নং (৪) : পরীক্ষা নং-৩ এর মতো চুনাপাথর থেকে CO_2 গ্যাস তৈরি করে এবং এর জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস যোগ করে দেখা গেল উভয় লিটমাস লাল হয়। প্রমাণিত হলো CO_2 এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_2CO_3\,(l)$ [কার্বনিক এসিড]

সারণি-৩.৬ : পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ডাটার চার্ট ও সিদ্ধান্ত

পরীক্ষার ক্রমিক	অক্সাইডের দ্রবণ	লাল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	নীল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	সিদ্ধান্ত
(১) নং পরীক্ষা :	CaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	CaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(২) নং পরীক্ষা :	BaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	BaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(৩) নং পরীক্ষা :	SO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	SO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।
(৪) নং পরীক্ষা :	CO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	CO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।

৩.৭ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের সম্পর্ক

Relation between Periodic Properties and Bond Formation

মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে রাসায়নিক বন্ধন গঠনের সম্পর্ক বলতে s-ব্লক মৌল ও p-ব্লক মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক যৌগ ও সমযোজী অণু গঠন সম্বন্ধে বোঝা যায়। এর সাথে আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি—মৌলের এ দুটি পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম জড়িত আছে।

রাসায়নিক বন্ধন : রাসায়নিক বন্ধন হলো পরমাণুসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ অথবা শেয়ার করার মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে অণু গঠন করা।

পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অর্থাৎ যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে। তাই মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠন মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে সম্পর্কযুক্ত। রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক বন্ধন বা, তড়িৎযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যা করা হয়।

(ধাতু + অধাতু) ⟶ আয়নিক বন্ধন; (অধাতু + অধাতু) ⟶ সমযোজী বন্ধন

আয়নিক বন্ধন : ধাতু ও অধাতু পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন প্রদান ও গ্রহণের মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে যথাক্রমে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টিসহকারে তড়িৎযোজী বন্ধন বা, আয়নিক বন্ধন গঠন করে। ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টির মাধ্যমে আয়নিক বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে আয়নিক যৌগ বলে। NaCl একটি আয়নিক যৌগ। যেমন,

CamScanner

RMDAC

আয়নিক বন্ধন গঠনে গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক : পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর যথাক্রমে ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের যোজ্যতাস্তরে যথাক্রমে ns^1 ও ns^2 ইলেকট্রন আছে। অপরদিকে গ্রুপ-17 ও গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহে যোজ্যতাস্তরে যথাক্রমে $ns^2\ np^5$ এবং $ns^2\ np^4$ ইলেকট্রনসমূহ আছে।

আবার গ্রুপ-1 এর ক্ষার ধাতুসমূহের **আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে** কম অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি এবং গ্রুপ-17 এর হ্যালোজেনসমূহের **ইলেকট্রন আসক্তি** অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা **সবচেয়ে বেশি**।

এতে বোঝা যায়, গ্রুপ-1 এর ধাতুসমূহ এদের ns^1 ইলেকট্রন সহজেই ত্যাগ করে M^+ আয়ন সৃষ্টি করতে পারে এবং সেই ত্যাগ করা ইলেকট্রন গ্রুপ-17 এর মৌল গ্রহণ করে X^- আয়নে পরিণত হতে পারে।

যেমন, লুইস প্রতীকের মাধ্যমে সোডিয়াম পরমাণু (Na·) ও ক্লোরিন পরমাণুর (:Cl·) ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণের মাধ্যমে নিম্নরূপে NaCl অণু গঠিত হয়।

$$Na\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \longrightarrow Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- \quad \text{(আয়নিক যৌগ)}$$

অনুরূপভাবে গ্রুপ-2 এর মৌল ns^2 ইলেকট্রনদ্বয় ত্যাগ করে M^{2+} আয়ন সৃষ্টি করতে সক্ষম। গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহ দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে X^{2-} আয়নে পরিণত হতে পারে। এক্ষেত্রে প্রত্যেক M^+, M^{2+}, X^- ও X^{2-} আয়নসমূহ এদের নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মতো ইলেকট্রন বিন্যাসে অষ্টক পূর্ণ করেছে। শেষে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নসমূহ চার্জ সংখ্যা মতে যুক্ত হয়ে MX, MX_2 ইত্যাদি আয়নিক যৌগ গঠন করতে পারে।

$$Na\cdot \longrightarrow Na^+ + e^- \qquad :\ddot{Cl}\cdot + e^- \longrightarrow :\ddot{Cl}:^-$$

$$Mg: \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^- \qquad :\ddot{O}\cdot + 2e^- \longrightarrow :\ddot{O}:^{2-}$$

$$Mg^{2+} + O^{2-} \longrightarrow Mg^{2+}O^{2-} \longrightarrow MgO$$

$$Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- \longrightarrow NaCl$$

বৈশিষ্ট্য : (১) একই গ্রুপে যত নিচের দিকে পারমাণবিক সংখ্যা মতে যাওয়া যায়, এসব মৌলের সৃষ্ট আয়নের আকার ততই বৃদ্ধি পায়। পোলারায়নের নিয়ম মতে ঋণাত্মক আয়নের আয়নিক আকার যতই বৃদ্ধি পায়, সৃষ্ট আয়নিক বন্ধন ততই দুর্বল হয়।

(২) 'Like dissolves like' নিয়ম মতে আয়নিক যৌগগুলো পোলার পানিতে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগ অণুতে কোনো পোল (pole) বা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরু সৃষ্টি হয় না বলে এরা পানিতে অদ্রবণীয়। এরা অপোলার জৈব দ্রাবক বেনজিন ও কেরোসিনে দ্রবণীয়। যেমন কেরোসিন নামক হাইড্রোকার্বন ($C_{11}H_{24}$) পানিতে অদ্রবণীয়।

(৩) ধাতুর পরমাণুসমূহ ১টি বা ২টি বা ৩টি ইলেকট্রন ত্যাগ করতে যে আয়নীকরণ শক্তির প্রয়োজন হয়; এর চেয়ে বেশি ৪টি ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রয়োজনীয় শক্তি পরিবেশ থেকে পাওয়া দুষ্কর। তাই অনেক মৌল ইলেকট্রন শেয়ার করে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরূপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে।

সমযোজী বন্ধন : অধাতব পরমাণুসমূহ ইলেকট্রন যুগল শেয়ারের মাধ্যমে সমযোজী অণু গঠন করে। **রাসায়নিক পরিবেশে অধাতব পরমাণুসমূহ প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে প্রথমে 'ইলেকট্রন-যুগল' গঠন করে এবং পরে ঐ 'ইলেকট্রন যুগল' উভয় পরমাণু 'শেয়ার করে' নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মতো ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরূপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে।** সমযোজী বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে সমযোজী যৌগ বলে। H_2O একটি সমযোজী যৌগ। যেমন,

H পরমাণু ও O পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল গঠন ও শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী পানি (H_2O) অণু গঠন এবং কার্বন (C) পরমাণু ও H পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে সমযোজী মিথেন (CH_4) অণু গঠন 'লুইস-প্রতীক'-এর মাধ্যমে নিচে দেখানো হলো :

MAT 20-Z1

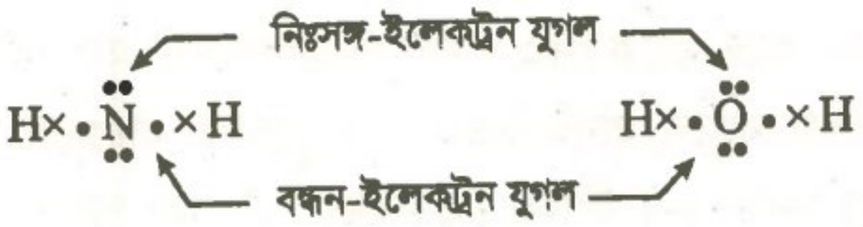
CamScanner

$$H^{\times} + \cdot\ddot{O}\cdot + {}^{\times}H \rightarrow H\,{}^{\times}\ddot{O}{}^{\times}\,H \qquad 4H^{\times} + \cdot\dot{C}\cdot \rightarrow H\,{}^{\times}\underset{\underset{H}{\vdots}}{\overset{H}{\vdots}}{C}{}^{\times}\,H$$

লক্ষ্যণীয়, কোনো কোনো সমযোজী অণুতে 'লুইস প্রতীকে' অষ্টক তত্ত্ব মতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর প্রতীকের চার পার্শ্বে 'বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল' (bond pair-electrons) ও 'নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল' (Lone pair-electrons) উভয়ই থাকে। আবার কোনো সমযোজী অণুতে কেবল বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল থাকে; নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে না। যেমন H_2O অণুতে O পরমাণুর ওপর ও নিচে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল এবং দু'পার্শ্বে দুটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে। কিন্তু CH_4 অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে; কোনো নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল নেই।

বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল : সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন-যুগল দুটি পরমাণুকে আবদ্ধ রাখে এবং ঐ ইলেকট্রন যুগল উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে, সে ইলেকট্রন যুগলকে বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল বলে। যেমন পানি (H_2O) অণুতে দুটি করে বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে এবং CH_4 অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে।

নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল : সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন যুগল কেবল কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে এবং ইলেকট্রনের অক্টেট-সেট গণনায় ভূমিকা রাখে, সে ইলেকট্রন যুগলকে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বলে। যেমন পানি ($H_2\ddot{O}$) অণুর মধ্যে কেন্দ্রস্থ O-পরমাণুতে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল আছে। অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) অণুর N-পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে। যেমন,



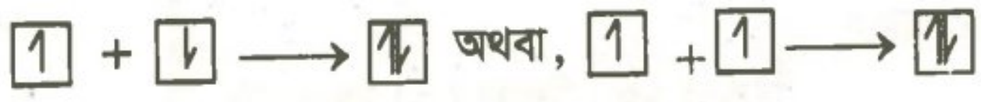
সাধারণত গ্রুপ-14, গ্রুপ-15, গ্রুপ-16 ও গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

৩.৮ সমযোজী বন্ধনের অরবিটাল অধিক্রমণ : যোজনী বন্ধন মতবাদ

Orbital Overlapping in Covalent Bond : Valence Bond Theory

* অরবিটালের অধিক্রমণ বলতে দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের পারস্পরিক উপরিস্থাপনকে বোঝায়। পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের মোট অর্ধপূর্ণ অরবিটাল (বা বিজোড় ইলেকট্রন) সংখ্যা ঐ মৌলের যোজন অরবিটাল সংখ্যা প্রকাশ করে। যেমন— উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু (*C) এর চারটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল আছে। $*C\ (6) = 1s^2\ \boxed{2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}$

* দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়। উল্লেখ্য একই অরবিটালে প্রবেশের জন্য দুটি ইলেকট্রনের স্পিন প্রয়োজনে পুনর্বিন্যাস করে বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়; নতুবা অধিক্রমণ ঘটে না।



* অরবিটালের অধিক্রমণ উভয় অরবিটালের অক্ষ বরাবর হতে হবে। অরবিটালদ্বয়ের অধিক্রমণের পরিমাণ যত বেশি হবে সৃষ্ট বন্ধনের শক্তি তত বেশি হবে। উভয় অরবিটালের অধিক্রমণের ফলে পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের মাঝামাঝি স্থানে ইলেকট্রন মেঘের সাধারণ ঘনত্ববিশিষ্ট একটি ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়; এটাকে **আণবিক অরবিটাল** বলা হয়।

* আণবিক অরবিটালে উভয় পরমাণুর নিট আকর্ষণ শক্তি সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ স্থিতিশক্তি সবচেয়ে কম হয়। পরমাণুর পারমাণবিক অরবিটাল যে শক্তিযুক্ত থাকে সৃষ্ট আণবিক অর্রবিটালের শক্তি যদি তার চেয়ে কম হয়, তবেই স্থিতিশীল সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

৩.৮.১ সমযোজী বন্ধনের শ্রেণিবিভাগ

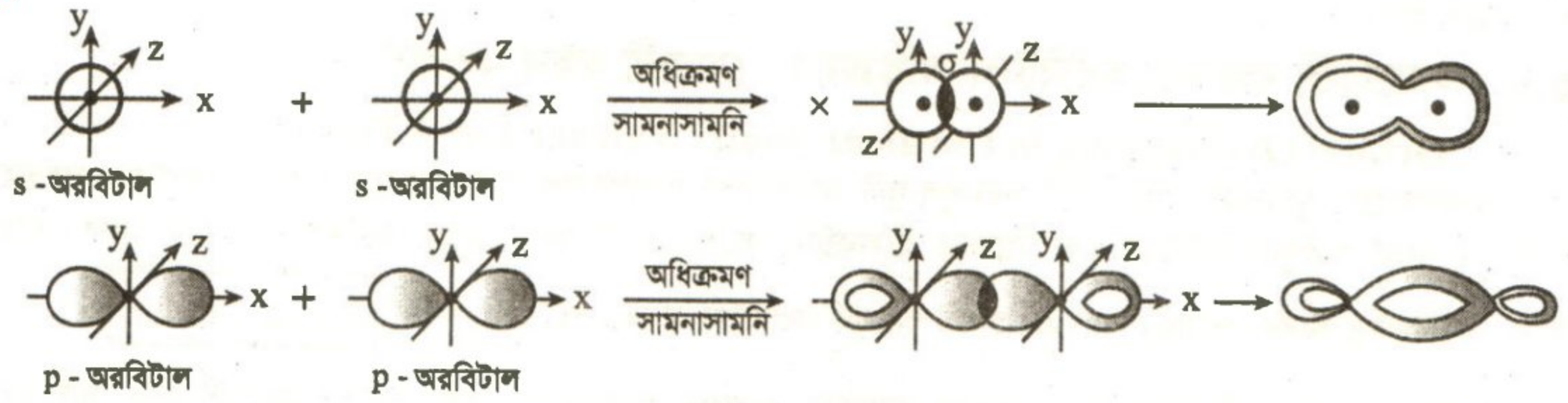
Classification of Co-valent Bonds

* দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের অধিক্রমণ সামনা-সামনি অথবা পাশাপাশি দু'ভাবে ঘটতে পারে। দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মধ্যে সামনা-সামনি অধিক্রমণ ঘটলে তাদের অক্ষ বরাবর সর্বাধিক ইলেকট্রন ঘনত্ববিশিষ্ট বন্ধন সৃষ্টি হয়, একে সিগমা (σ) বন্ধন বলা হয়। অপরদিকে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ ঘটলে সৃষ্ট বন্ধনে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম থাকে, একে **পাই (π) বন্ধন** বলে। যেহেতু দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়; সেহেতু **সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন উভয়েই মূলত সমযোজী বন্ধন।**

(ক) সিগমা (σ) বন্ধন (Sigma bond) : সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির সময় যখন দুটি পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের পরস্পরের সাথে সামনাসামনি অধিক্রমণ ঘটে, তখন উৎপন্ন বন্ধনকে সিগমা (σ) বন্ধন বলা হয়। দুটি s অরবিটাল (s–s), একটি s ও একটি p অরবিটাল (s–p) এবং দুটি p অরবিটালের (p–p) সামনাসামনি অধিক্রমণের ফলে σ বন্ধনের সৃষ্টি হতে পারে। ৩.১৬ নং চিত্রে বিভিন্ন অরবিটালের অধিক্রমণ দেখানো হলো।

সিগমা বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) বিশুদ্ধ s ও p অরবিটাল সিগমা σ বন্ধন গঠন করে। এ ছাড়া বিভিন্ন ধরনের সংকর অরবিটালও σ বন্ধন সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে থাকে। (২) দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের সামনাসামনি অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। (৩) সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণু সিগমা বন্ধনের অক্ষ বরাবর ঘূর্ণন করতে পারে।

উদাহরণ : তিনটি চিত্রে H_2 অণু গঠনে s–s সিগমা (σ) বন্ধন, F_2 অণু গঠনে p–p সিগমা (σ) বন্ধন ও HCl অণু গঠনে s -p সিগমা বন্ধন থাকে।

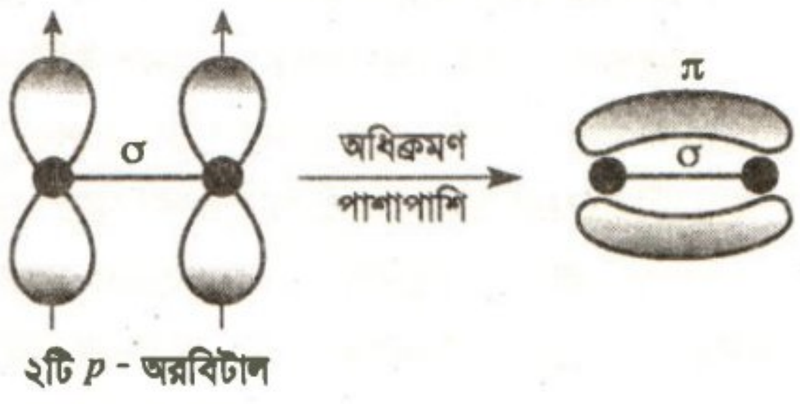


চিত্র-৩.১৬ : সিগমা (σ) বন্ধন সৃষ্টি।

(খ) পাই (π) বন্ধন (Pi, π-bond) : দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর প্রত্যেকটি হতে একটি করে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে সৃষ্ট বন্ধনকে পাই (π) বন্ধন বলা হয়।

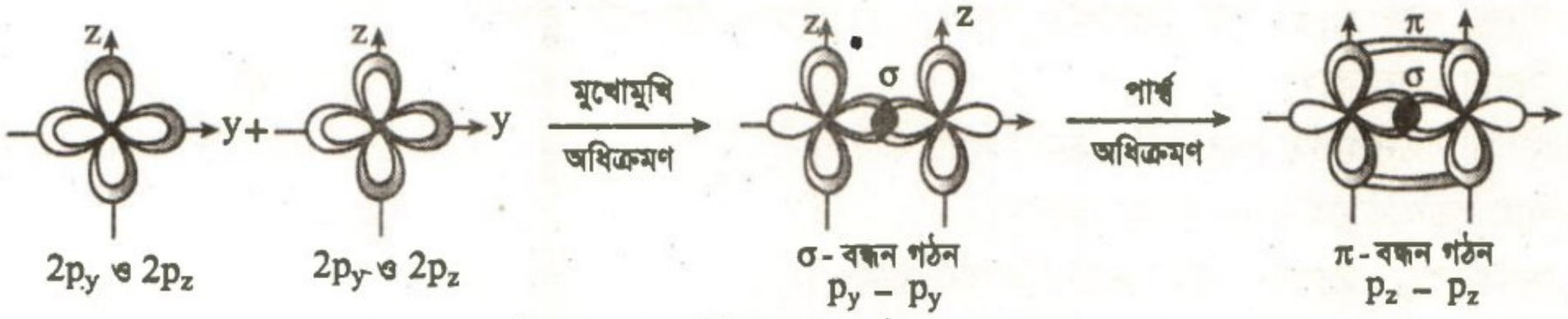
পাই (π) বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) সিগমা (σ) বন্ধন ছাড়া পাই (π) বন্ধন গঠিত হয় না। (২) s অরবিটাল ও সংকর অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠন করতে পারে না; কারণ এরা পরস্পর একক অক্ষ বরাবর লম্বভাবে থাকে না। (৩) সর্বোচ্চ ২টি পাই (π) বন্ধন গঠন সম্ভব; কারণ কার্তেসিয়ান (cartesian) জ্যামিতি মতে লম্বভাবে X, Y, Z তিনটি অক্ষ সম্ভব। সিগমা বন্ধন গঠনে দুটি পরমাণুর X–X অক্ষ বরাবর অরবিটাল ব্যবহৃত হলে তখন উভয়ের বেলায় পরস্পর লম্বভাবে থাকা দুটি অক্ষ (Y ও Z) অবশিষ্ট থাকে। (৪) পাই বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের একটিকে স্থির রেখে অপরটির বন্ধন বরাবর ঘূর্ণন সম্ভব নয়। তাই এক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাণুতার উদ্ভব ঘটে। (৫) পাই (π) বন্ধন সিগমা বন্ধন থেকে দুর্বল হয়।

পার্শ্বের ৩.১৭ নং চিত্রে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল দুটি p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে পাই (π) বন্ধনের সৃষ্টি দেখানো হলো।



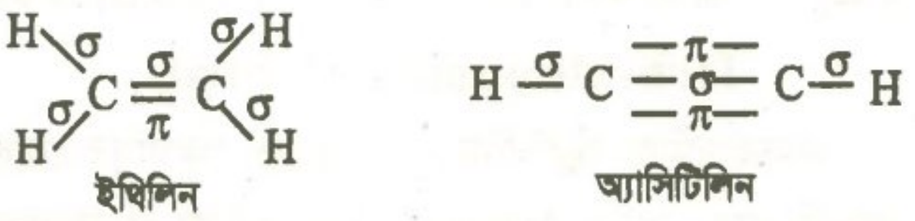
চিত্র-৩.১৭ : পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি।

উদাহরণ : অক্সিজেন অণু (O_2) গঠনে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি হয়। আমরা জানি, $O(8) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ । অর্থাৎ দুটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রত্যেকের যোজ্যতাস্তরে দুটি করে অর্ধপূর্ণ $2p_y^1$ ও $2p_z^1$ অরবিটাল আছে। প্রথমে তাদের মধ্যে একটি করে অরবিটাল যেমন, $2p_y^1$ –$2p_y^1$ অরবিটাল মুখোমুখি অধিক্রমণ করে সিগমা বন্ধন গঠন করে। তখন প্রত্যেক পরমাণুর অবশিষ্ট $2p_z^1$ অরবিটাল পরস্পর সমান্তরালভাবে থাকে। পরে এ দুটি $2p_z^1$ অরবিটাল পাশাপাশি অধিক্রমণ করে পাই (π) বন্ধন দ্বারা দ্বিবন্ধন সৃষ্টি করে। তাই অক্সিজেন অণুতে দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন দ্বারা দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।



চিত্র-৩.১৮ : অক্সিজেন অণু গঠনে σ ও π বন্ধন।

দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনে পাই (π) বন্ধন : দুটি পরমাণুর মধ্যে যখন দ্বি-বন্ধন থাকে, তখন একটি সিগমা বন্ধন এবং অপরটি পাই বন্ধন হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধন থাকলে তার একটি সিগমা বন্ধন এবং অপর দুটি পাই বন্ধন হয়; যেমন ইথিলিনের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও একটি পাই বন্ধন বিদ্যমান। সব C-H বন্ধন সিগমা বন্ধন। অ্যাসিটিলিন যৌগের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা এবং দুটি পাই বন্ধন বিদ্যমান [৩.১৯ নং চিত্র]।



চিত্র-৩.১৯ : ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন।

জেনে নাও : (১) পাই (π) বন্ধন গঠনে s-অরবিটাল অংশ নেয় না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

সমাধান : অরবিটালসমূহের ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামোর ওপর নির্ভর করে সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন ও সমযোজী পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়। (i) s-অরবিটাল হলো non-directional অর্থাৎ নির্দিষ্ট কোনো অক্ষ বরাবর বিস্তৃত নয়; বরঞ্চ কেন্দ্রস্থ নিউক্লিয়াসের চারদিকে তিনটি অক্ষ (x, y ও z) বরাবর সমভাবে বিস্তৃত গোলক আকৃতির। (ii) তিনটি p-অরবিটাল হলো পৃথক তিনটি অক্ষ x, y, z বরাবর পরস্পর লম্বভাবে থাকা ডাম্বেল আকৃতির অর্থাৎ directional যেমন p_x, p_y, p_z।

পাই (π) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো— (i) অধাতব দুটি পরমাণুর মধ্যে একই অক্ষ বরাবর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা ১টি সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুতে সমান্তরাল দুটি অর্ধপূর্ণ ও বিশুদ্ধ p অরবিটাল

থাকতে হয়। (ii) সিগমা (σ) বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে থাকা এবং পরস্পর সমান্তরাল, বিশুদ্ধ অর্ধপূর্ণ উভয় p অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটলে তখন পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়।

এক্ষেত্রে দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ s অরবিটাল দ্বারা একটি সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে এবং পরস্পর সমান্তরাল অপর কোনো অর্ধপূর্ণ s অরবিটাল থাকা সম্ভব নয়। তাই পাই (π) বন্ধন গঠনে s অরবিটালের অংশ গ্রহণ আদৌও সম্ভব নয়।

(২) পাই (π) বন্ধন গঠনে সংকর বা হাইব্রিড অরবিটাল অংশ নেয় না কেন? [দি. বো. ২০১৯]

সমাধান : পাই (π) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো— (i) দুটি অধাতব পরমাণুর অর্ধপূর্ণ অরবিটালদ্বয়ের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর; (ii) যখন উভয় পরমাণুতে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটাল থাকে এবং ঐ p অরবিটালদ্বয়ের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে, তবেই পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি হয়।

আমরা জানি, তিনটি p অরবিটাল পরস্পর সমকোণে বা, 90° কোণে থাকে। অপরদিকে কোনো পরমাণুতে s অরবিটাল ও p-অরবিটালের মধ্যে সংকরণ ঘটলে, তখন সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ পরস্পর সমকোণে থাকে না; বরঞ্চ ভিন্ন কৌণিক দূরত্বসহ নতুন জ্যামিতিক গঠন লাভ করে। যেমন C পরমাণুর sp^3 সংকরণে সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটাল পরস্পর 109.5° কোণসহকারে চতুস্তলক গঠন লাভ করে। তাই sp^3 সংকরিত দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন গঠনের পর প্রত্যেক C পরমাণুতে তিনটি করে সংকর অরবিটাল অবশিষ্ট থাকে। উভয় C পরমাণুর এ সব সংকর অরবিটাল পরস্পর সমান্তরাল না থাকায় কোনো অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে না অর্থাৎ সংকর অরবিটাল দ্বারা পাই (π) বন্ধন গঠন সম্ভব হয় না।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১১ : রাসায়নিক বন্ধনভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৫(ক) : সমযোজী বন্ধন কী?

(খ) ব্যাখ্যা করো : (১) বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল, (২) নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল।

(গ) সিগমা বন্ধন কী? [ঢা. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৫]

(ঘ) সিগমা বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৬]

(ঙ) পাই বন্ধন কাকে বলে; ব্যাখ্যা করো।

(চ) সিগমা বন্ধন অপেক্ষা পাই বন্ধন দুর্বল হয় কেন?

(ছ) একটি p_y ও একটি p_z অরবিটালের মধ্যে পাই বন্ধন গঠন সম্ভব কীনা ব্যাখ্যা করো।

৩.৯ অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন

Hybridisation of Orbitals

পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে যে কয়টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে, সে সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজনী হয়। অর্থাৎ সমযোজী বন্ধন গঠনে যোজ্যতাস্তরে বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। যেমন H, C1এর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে ১টি করে বিজোড় ইলেকট্রন আছে; O পরমাণুর ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই H, C1, O-এর যোজনী যথাক্রমে 1, 1, 2। কিন্তু Be, B, C প্রভৃতি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে তাদের প্রকৃত যোজনী সংখ্যার ব্যাখ্যা পাওয়া যায় না। তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

Be (4)	=	$1s^2\ 2s^2$	লক্ষ্য করো, এতে বিজোড় ইলেকট্রন নেই।
B (5)	=	$1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$	লক্ষ্য করো, এতে ১টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।
C (6)	=	$1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$	লক্ষ্য করো, এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

কিন্তু বাস্তবে $BeC1_2$, $BC1_3$, CH_4 প্রভৃতি যৌগে Be, B, C এর যোজনী যথাক্রমে 2, 3, 4 হয়েছে। এর ব্যাখ্যায় বিজ্ঞানীরা বলেন, বিক্রিয়াকালে পরমাণুসমূহ প্রয়োজনীয় শক্তি পেয়ে উদ্দীপিত হওয়ার কালে তাদের যোজ্যতাস্তরের জোড়বদ্ধ

$2s^2$ ইলেকট্রন বিজোড় হয়ে একই শক্তিস্তরের পৃথক 2p অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়। ফলে বিজোড় অরবিটাল গঠন করে। উদ্দীপিত অবস্থায় তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

$Be^*(4) = 1s^2\,2s^1\,2p_x^1$ লক্ষ্য করো, এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$B^*(5) = 1s^2\,2s^1\,2p_x^1\,2p_y^1$ লক্ষ্য করো, এতে ৩টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$C^*(6) = 1s^2\,2s^1\,2p_x^1\,2p_y^1\,2p_z^1$ লক্ষ্য করো, এতে ৪টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

এরূপ ব্যাখ্যায় Be, B, C এর যোজনী সংখ্যা 2, 3, 4 হওয়ার ব্যাখ্যা মিলে। কিন্তু তাদের $2s^1$, $2p_x^1$, $2p_y^1$, $2p_z^1$ অরবিটালের ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত অণুতে প্রত্যেক সমযোজী বন্ধন শক্তি এবং বন্ধন কোণ সমান হতে পারে না। পরীক্ষালব্ধ তথ্য মতে CH_4 অণুতে চারটি C-H সমযোজী বন্ধনই সমশক্তিসম্পন্ন (415 $kJmol^{-1}$) এবং চারটি বন্ধন কোণ পরস্পর সমান (109°28′)।

প্রচলিত অরবিটাল তত্ত্ব ও পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের মধ্যে এ পার্থক্য নিরসন করে এবং পরমাণুর বন্ধন গঠনের প্রবণতা, সৃষ্ট যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধনশক্তি ব্যাখ্যার উপযুক্ত করে 1931 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লিনাস পলিং অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন মতবাদ প্রদান করেন।

অরবিটাল সংকরণের সংজ্ঞা : বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের বিভিন্ন শক্তির অরবিটালসমূহ পরস্পরের সাথে মিশ্রিত হয়ে পরে সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অরবিটালসমূহের সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন বলা হয়। সংকরণ প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট অরবিটালসমূহকে **সংকর অরবিটাল** (hybrid orbitals) বলা হয়।

*** অরবিটাল সংকরণ মতবাদের সার-সংক্ষেপ হলো নিম্নরূপ :**

(i) শুধুমাত্র একক বিচ্ছিন্ন পরমাণুর অরবিটালের সংকরণ ঘটতে পারে।

(ii) একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালসমূহ সংকরণে অংশ গ্রহণ করে।

(iii) সংকরণে যতগুলো অরবিটাল অংশগ্রহণ করে, ঠিক ততটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়। (এটি সমশক্তি বন্ধন সৃষ্টি ব্যাখ্যা দেয়।) (ii) সংকরণের ফলে সৃষ্ট অরবিটালসমূহের শক্তি সমান বা সমতুল্য ও একই আকৃতির হওয়ায় তারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সমান কৌণিক দূরত্ব সৃষ্টি করে। ফলে তাদের দিক নির্দেশনা বিভিন্ন হয়। (iii) সংকরণের প্রকৃতি থেকে অণুর আকৃতি ও অণুর মধ্যকার বন্ধন কোণ সম্পর্কে ধারণা করা সম্ভব। (iv) পারমাণবিক অরবিটালের মতো সংকর অরবিটালেও সর্বাধিক দুটো ইলেকট্রন থাকতে পারে। (v) সংকর অরবিটালসমূহ বিশুদ্ধ পারমাণবিক অরবিটাল অপেক্ষা ভিন্ন পরমাণুর অরবিটালসমূহের সাথে অধিকতরভাবে অধিক্রমণ হতে পারে। ফলে সংকর অরবিটালসমূহ থেকে সৃষ্ট বন্ধনসমূহ অধিকতর শক্তিশালী হয়। (vi) অরবিটালের সংকরণ ঘটে; ইলেকট্রনের নয়। প্রত্যেক সংকর অরবিটালেও বিপরীত স্পিনের দুটি করে ইলেকট্রন থাকে।

৩.৯.১ সংকর অরবিটালের প্রকারভেদ

Different Types of Hybrid Orbitals

অরবিটালসমূহের বিভিন্ন ধরনের সংকরণ হতে পারে; যেমন—

(১) sp^3 সংকরণ	(CH_4 অণু গঠনে)	:	চতুস্তলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 109.5°
(২) sp^2 সংকরণ	($CH_2 = CH_2$ অণু গঠনে)	:	সমতলীয় ত্রিভুজাকার গঠন : বন্ধন কোণ 120°
(৩) sp সংকরণ	($CH \equiv CH$ অণু গঠনে)	:	সরলরৈখিক গঠন : বন্ধন কোণ 180°
(৪) sp^2d সংকরণ	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নে	:	সমতলীয় বর্গাকার গঠন : বন্ধন কোণ 90°
(৫) sp^3d সংকরণ	(PCl_5 অণু গঠনে)	:	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড গঠন : বন্ধন কোণ 120° (সমতল)
(৬) sp^3d^2 সংকরণ	(SF_6 অণু গঠনে)	:	অষ্টতলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 90°

MAT 20-21

CamScanner

(৭) sp^3d^3 সংকরণ (IF_7 অণু গঠনে) : পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিড গঠন : বন্ধন কোণ 90°

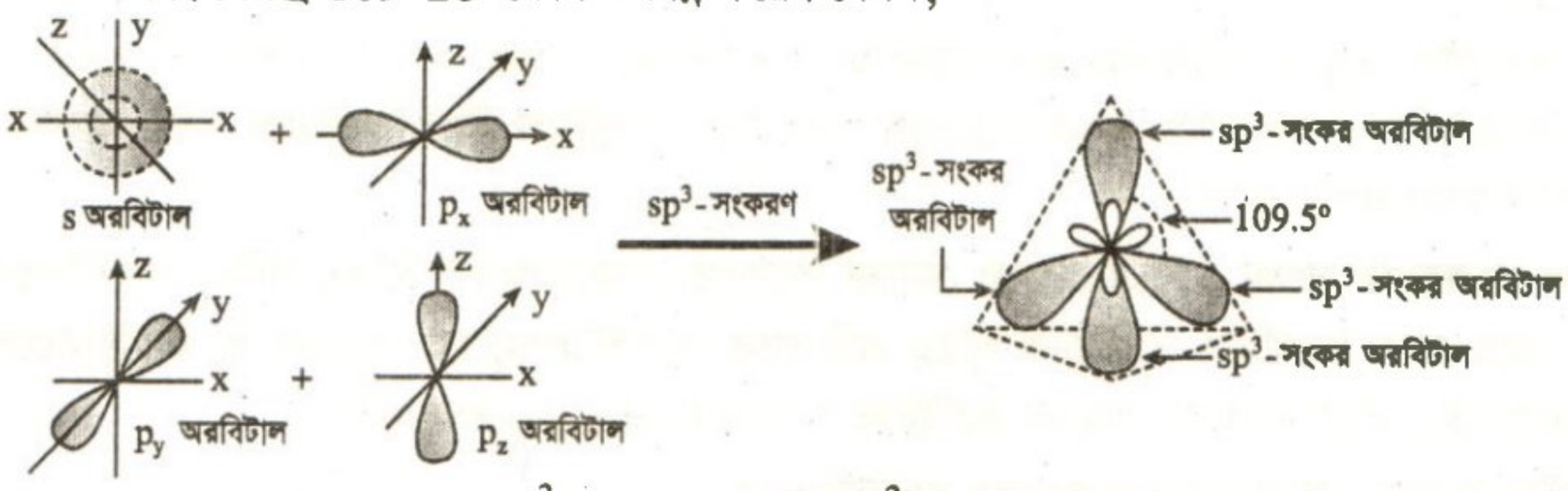
(৮) d^2sp^3 অথবা sp^3d^2 সংকরণ $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ আয়ন গঠনে : অষ্টতলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 90°

MAT 21-22

তবে কার্বন পরমাণুতে কেবল তিন প্রকার সংকরণ ঘটে। যেমন– sp^3, sp^2, sp সংকরণ। এখানে কার্বন পরমাণুর তিন প্রকার সংকরণ দ্বারা বিভিন্ন যৌগ গঠন আলোচনা করা হলো। কার্বন-কার্বন একক বন্ধন গঠনে sp^3, কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনে sp^2 এবং কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন গঠনের বেলায় প্রতিটি C-পরমাণুর sp-সংকরণ ঘটে।

sp^3 সংকরণ (sp^3 Hybridisation)

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও তিনটি p অরবিটাল-এর মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে চারটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে **sp^3 সংকরণ বলা হয়**। সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটাল সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং কেন্দ্রে 109°28′ কোণ উৎপন্ন করে। যেমন,



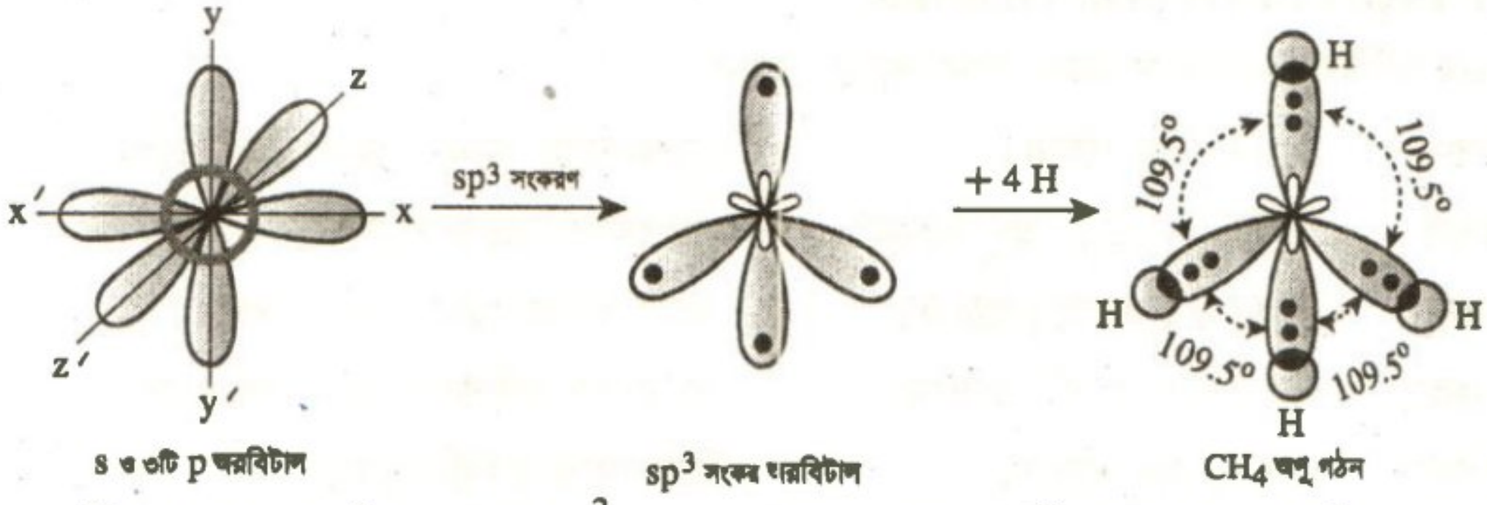
চিত্র-৩.২০ : sp^3 সংকরণ দ্বারা ৪টি sp^3 সংকর অরবিটাল গঠন।

কার্বনের sp^3 সংকরণ ও মিথেন অণু গঠন

sp^3 hybridisation of C-atom and Structure of CH_4

কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $C(6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$; এতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। যৌগ গঠনকালে শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু এর 2s অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি $2p_z$ অরবিটালে স্থানান্তরিত করে। যেমন, $C^*(6) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

এ অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি 2s ও তিনটি 2p অরবিটাল সংমিশ্রিত হয়ে নতুন চারটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল $2\psi_1^1$, $2\psi_2^1$, $2\psi_3^1$, $2\psi_4^1$ তৈরি করে। এরূপ sp^3 সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ সমশক্তির সংকর অরবিটালসমূহ পরবর্তীতে চারটি H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালসমূহের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ করে মিথেন অণু (CH_4) সৃষ্টি করে। এ sp^3 সংকরণের ফলে সৃষ্ট অণুতে আদর্শ অবস্থায় বন্ধন কোণসমূহ 109°28′ হয়। নিচে C-পরমাণুর sp^3 সংকরণ ও H-পরমাণুর সাথে CH_4 অণু সৃষ্টি সুষম চতুস্তলকীয় গঠন দেখানো হলো।

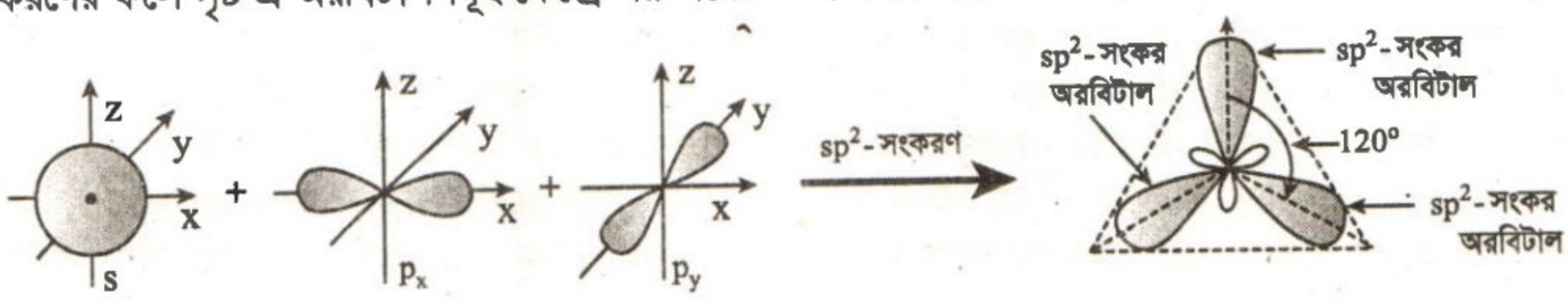


চিত্র-৩.২১ : কার্বন পরমাণুর sp^3 সংকরণের মাধ্যমে চতুস্তলকীয় CH_4 অণুর সৃষ্টি।

৩.৯.২ sp^2 সংকরণ

sp^2 hybridisation

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও দুটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে তিনটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে **sp^2 সংকরণ বলা** হয়। এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি একই সমতলে অবস্থান করে এবং একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়; ত্রিভুজের কেন্দ্রে পরমাণুর নিউক্লিয়াস থাকে। sp^2 সংকরণের ফলে সৃষ্ট এ অরবিটালসমূহ কেন্দ্রে পরস্পরের মধ্যে 120° কোণ উৎপন্ন করে।



চিত্র-৩.২২ : sp^2 সংকরণ দ্বারা ৩টি সংকর অরবিটাল গঠন।

(১) বোরনের sp^2 সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BC1_3$ যৌগের গঠন

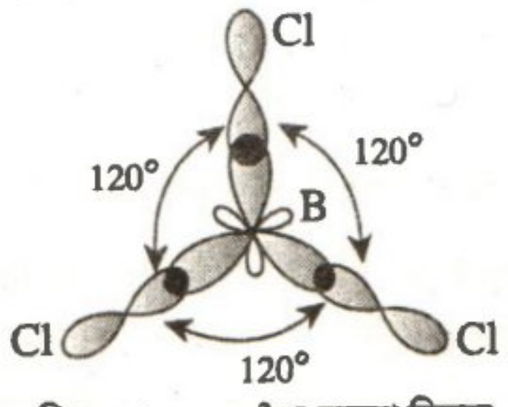
sp^2 Hybridisation of B-atom & Structure of BCl_3

বোরন (B) পরমাণুর স্বাভাবিক ইলেকট্রন বিন্যাসে ১টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। যেমন B (5) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^{\ 1}\ 2p_y^{\ o}\ 2p_z^{\ o}$। B পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে ১টি ইলেকট্রন 2p অরবিটালে স্থানান্তরের ফলে এতে তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন হয়ে থাকে। এর পরে বোরন পরমাণুতে sp^2 সংকরণ ঘটে :

স্বাভাবিক অবস্থায় : B (5) : $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^{\ 1}\ 2p_y^{\ o}\ 2p_z^{\ o}$

উদ্দীপিত অবস্থায় : B* (5) : $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^{\ 1}\ 2p_y^{\ 1}\ 2p_z^{\ o}$

সংকরিত অবস্থায় : B (5) : $1s^2,\ 2\psi_1^{\ 1},\ 2\psi_2^{\ 1},\ 2\psi_3^{\ 1}$



চিত্র-৩.২৩ : sp^2 সংকরণে ত্রিভুজ আকৃতির $BC1_3$ অণুর গঠন।

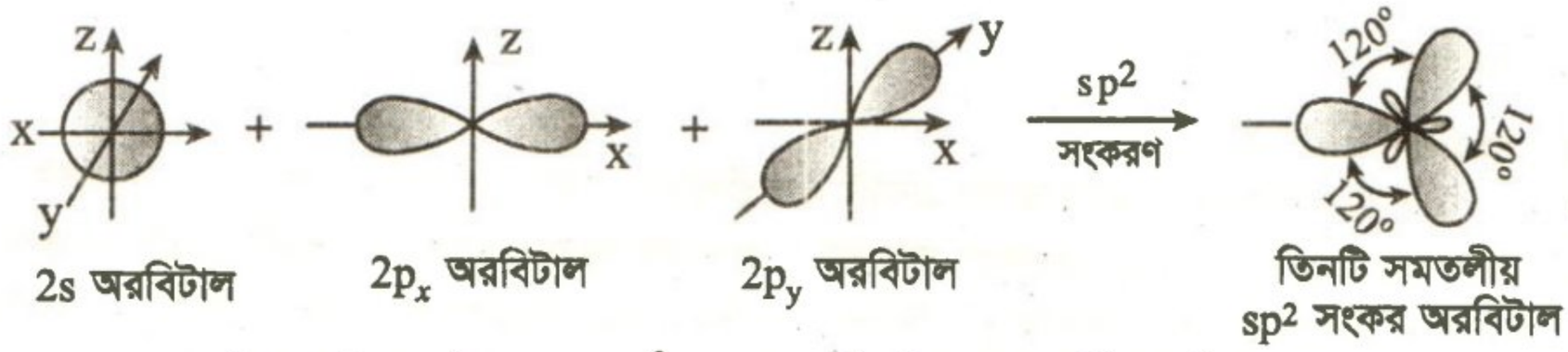
এখানে $\psi_1^{\ 1}, \psi_2^{\ 1}, \psi_3^{\ 1}$ হলো বোরনের সংকর অরবিটালসমূহ। উৎপন্ন তিনটি সংকর অরবিটাল একটি ত্রিভুজের তিনটি শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়ে পরস্পর 120° কোণ গঠন করে। এরা তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^{\ 1}$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি B–C1 সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে এবং $BC1_3$ অণু গঠিত হয়। $BC1_3$ অণুর গঠন আকৃতি সমতলীয় সুষম ত্রিভুজাকার।

(২) কার্বনের sp^2 সংকরণ ও ইথিন বা ইথিলিন অণুর গঠন

sp^2 Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethene

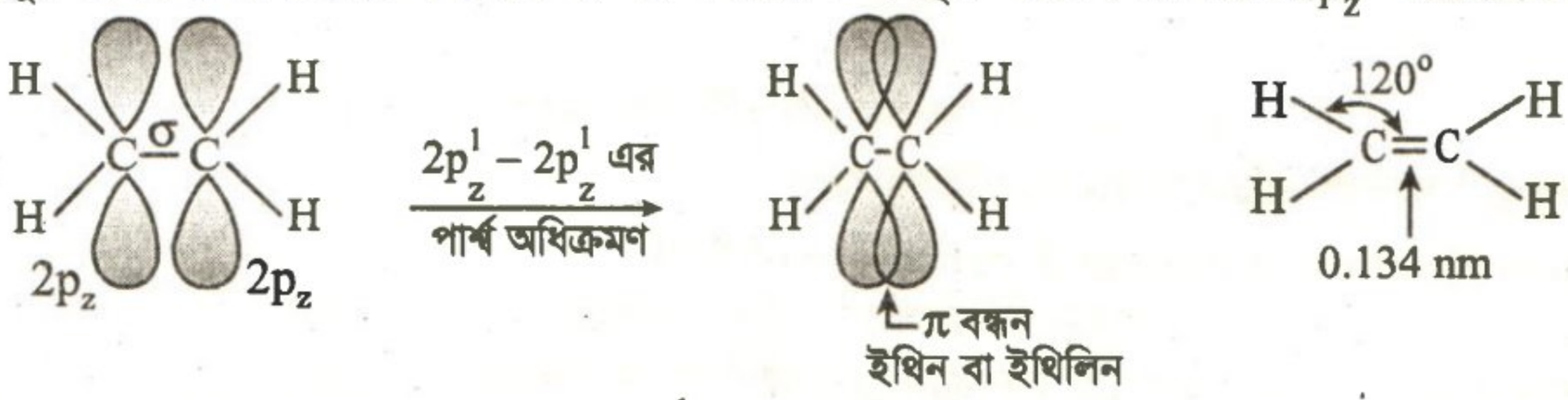
কার্বনের sp^2 সংকরণ : উদ্দীপিত কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $C^*(6) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। তখন কার্বন পরমাণুর $2s^1$ অরবিটালের সঙ্গে তিনটি 2p অরবিটালের ($2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$) যেকোনো দুটির মিশ্রণের ফলে সমশক্তির তিনটি sp^2 সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1\ 2\Psi_3^1$) এর সৃষ্টি হতে পারে। একে কার্বনের sp^2 সংকরণ বলে। এ অবস্থায় C পরমাণুর একটি 2p অরবিটাল অপরিবর্তিত অর্থাৎ বিশুদ্ধ অবস্থায় থেকে যায়। তখন তিনটি sp^2 সংকর অরবিটাল একই সমতলে থাকে এবং পরস্পরের সঙ্গে 120° কোণ উৎপন্ন করে। প্রত্যেকটি sp^2 সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p- চরিত্র থাকে। যেমন—

$$C^*(6) \longrightarrow 1s^2\ \boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1}\ 2p_z^1 \xrightarrow{sp^2\ \text{সংকরণ}} 1s^2\ 2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1\ 2\Psi_3^1\ 2p_z^1$$



চিত্র-৩.২৪ : কার্বন পরমাণুর sp^2 সংকর দ্বারা তিনটি সংকর অরবিটাল গঠন।

sp^2 সংকরিত দু'টি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রতিটির একটি সংকর অরবিটাল অপরটির একটি সংকর অরবিটালের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা C–C সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। পরে প্রতিটি C-পরমাণুর অবশিষ্ট দুটি করে মোট চারটি সংকর অরবিটালের প্রতিটির সাথে একটি করে H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের অধিক্রমণ দ্বারা চারটি C–H সিগমা বন্ধন সৃষ্টি হয়। এটিই ইথিলিন অণুর প্রাথমিক কাঠামো। কিন্তু তখন প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে বিশুদ্ধ $2p_z^1$ অরবিটাল দুটি C পরমাণুর তলের ওপর ও নিচে লম্বভাবে পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় থাকে। এর ফলে $2p_z^1$ অরবিটাল দুটির মধ্যে



চিত্র-৩.২৫ : ইথিন বা ইথিলিন অণুর মধ্যে দুটি $2p_z^1$ অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা পাই (π) বন্ধনের সৃষ্টি।

পাশাপাশি অধিক্রমণ সম্ভব হয়। এভাবে ডাম্বেল আকৃতিবিশিষ্ট দুটি $2p_z^1$ অরবিটালের পাশাপাশি আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা ঐ দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি দুর্বল সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়, একে কার্বন-কার্বন π বন্ধন বলে। সুতরাং ইথিলিন অণুর দুটি C পরমাণুর মধ্যে দুটি সমযোজী বন্ধন থাকে; এদের একটি হলো দুটি C পরমাণুর অক্ষ বরাবর, $sp^2 - sp^2$ সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন মিলে একটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে তিনটি sp^2 অরবিটাল সমতলীয় সুষম ত্রিকোণাকার হয়ে থাকে এবং ∠H–C–H বা, ∠H–C–C সমান 120° এবং C=C দ্বিবন্ধন দূরত্ব 0.134 nm হয়ে থাকে।

৩.৯.৩ sp সংকরণ

sp Hybridisation

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও একটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে দুটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে **sp সংকরণ** বলা হয়। এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটালদ্বয় পরস্পরের বিপরীত দিকে সরলরেখা বরাবর অবস্থিত হয়। অর্থাৎ তাদের মধ্যকার কোণের পরিমাণ 180° হয়।

(১) sp সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BeCl_2$ যৌগের অণুর গঠন

sp Hybridisation of Be-atom & Structure of $BeCl_2$

বেরিলিয়াম Be(4) পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2$, যাতে প্রথম দৃষ্টিতে মনে হয় Be মৌলের যোজনী শূন্য। কারণ এতে কোনো অযুগ্ম ইলেকট্রন নেই। উদ্দীপিত অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে 2p অরবিটালে একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে এর ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1$।

এ অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুতে sp সংকরণ হয়। উৎপন্ন দুটি সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে এবং এরা দুটি ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ($3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^1$) এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ প্রক্রিয়ায় দুটি Be–Cl বন্ধন সৃষ্টি করে। ফলে $BeCl_2$ অণু গঠিত হয়।

CamScanner



চিত্র-৩.২৬ : sp-সংকরণ দ্বারা $BeCl_2$ অণুর গঠন।

এক্ষেত্রে sp সংকরণ হওয়ায় $\angle ClBeCl = 180°$।

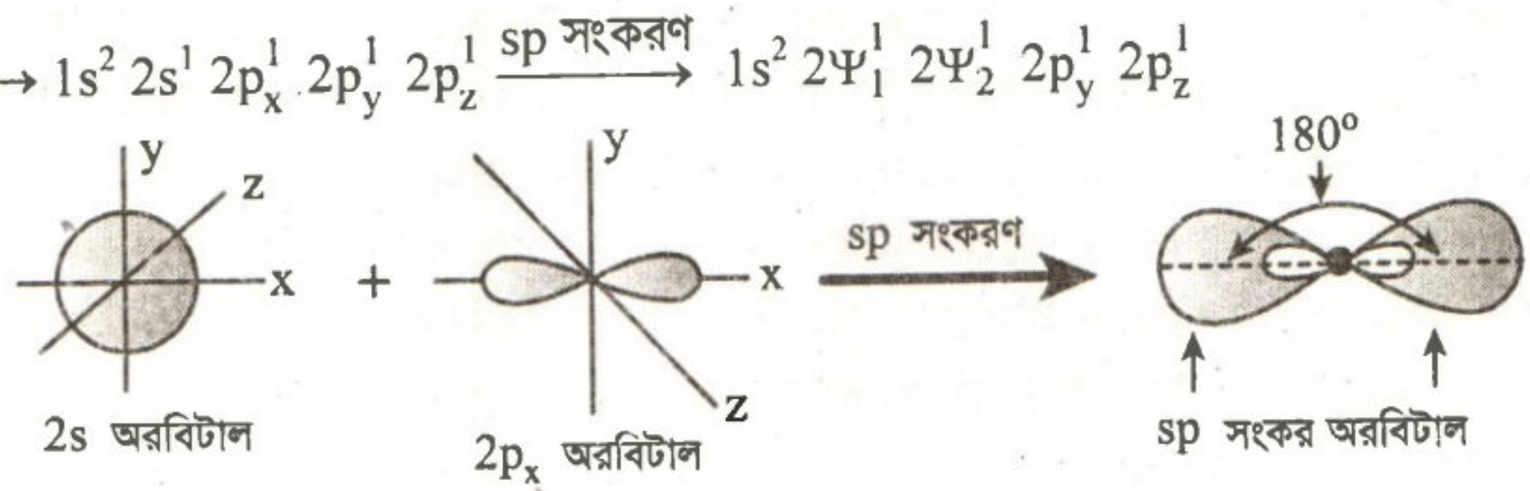
অর্থাৎ $BeCl_2$ অণুর আকৃতি সরলরৈখিক।

MCQ-3.16 : NH_3 অণুর ক্ষেত্রে তথ্য হলো :
(i) N পরমাণুতে sp^3 সংকরণ ঘটেছে
(ii) মুক্ত জোড় ইলেকট্রন আছে
(iii) চতুস্তলকীয় গঠন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(২) কার্বনের sp সংকরণ ও ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর গঠনাকৃতি

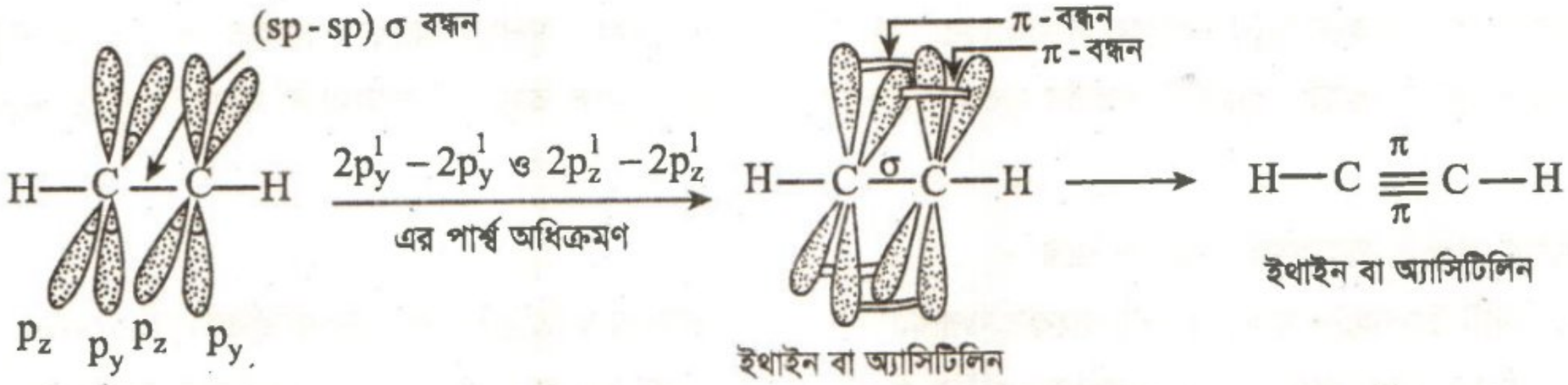
sp Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethyne

ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর (H–C ≡ C–H) মধ্যে দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পর ত্রিবন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এ ত্রিবন্ধনের মধ্যে একটি σ বন্ধন ও দুটি π বন্ধন থাকে। একত্রে দুটি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে প্রথমে উদ্দীপিত অবস্থায় একটি 2s অরবিটাল ও একটি 2p অরবিটাল (যেমন, $2p_x$) মিশ্রিত হয়ে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1$) সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। এ দুটি সংকর অরবিটাল সমতলীয় এবং এক রেখায় অবস্থান করে।



চিত্র-৩.২৭ : C-পরমাণুর sp সংকরণ

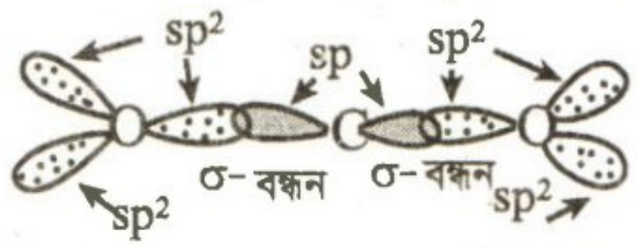
sp সংকরিত দু'টি C-পরমাণুর ইথাইন অণু গঠন : sp সংকরিত C পরমাণুর দু'টি করে সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1$) থাকে। এরূপ দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে উভয় C-পরমাণুর একটি সংকর অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা σ বন্ধন উৎপন্ন করে। এছাড়াও ঐ দুটি কার্বন পরমাণু তাদের দ্বিতীয় সংকর অরবিটাল দ্বারা পৃথকভাবে দুটি H পরমাণুর সাথে দুটি σ বন্ধন গঠন করে। কিন্তু অসংকরিত $2p_y^1$ এবং $2p_z^1$ অরবিটাল দুটি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। তখন উভয় কার্বন পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি অরবিটালের পাশাপাশি ও আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা দুটি π বন্ধন উৎপন্ন করে। অতএব ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর মধ্যে তিনটি σ বন্ধন (দুটি C–H ও একটি C–C সিগমা বন্ধন) এবং দুই কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুটি π বন্ধন অবস্থান করে। π বন্ধনের ইলেকট্রনগুলো এ σ বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেষ্টন করে রাখে।



চিত্র-৩.২৮ : sp সংকরিত দুটি কার্বনের মধ্যে একটি সিগমা ও দুটি পাই (π) বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে দুটি sp অরবিটাল সমতলীয় সরলরৈখিক এবং H–C–C কোণ 180° এবং C≡C ত্রিবন্ধন দূরত্ব হলো 0.120 nm।

(৩) sp সংকরিত C-পরমাণু ও sp^2 সংকরিত O-পরমাণু দ্বারা সরলরৈখিক CO_2 অণু গঠন : sp সংকরিত C পরমাণুর দুটি সংকর অরবিটাল ও দুটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1)$। sp^2 সংকরিত O পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটাল ও একটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^2\ 2\psi_2^2\ 2\psi_3^1\ 2p_z^1)$। sp সংকরিত C পরমাণু এর দুটি সংকর অরবিটাল $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1)$ দ্বারা দুটি sp^2 সংকরিত O পরমাণুর প্রত্যেকের বিজোড় ইলেকট্রনের $(2\psi_3^1)$ সংকর অরবিটালের অধিক্রমণের মাধ্যমে দুটি সিগমা বন্ধন (σ) সহযোগে প্রাথমিক কাঠামো গঠিত হয়।



C পরমাণু O পরমাণুর মধ্যে C–O সিগমা বন্ধন গঠন

এরপর C পরমাণুর 2টি অসংকরিত 2p অরবিটাল $(2p_y^1\ 2p_z^1)$ সহযোগে দুই পার্শ্বের 2টি O পরমাণুর অসংকরিত $2p_z^1$ অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে। ফলে দুটি কার্বন-অক্সিজেন পাই (π) বন্ধন দ্বারা রৈখিক CO_2 (O=C=O) অণু গঠিত হয়। তখন O পরমাণুতে দুটি করে সংকর অরবিটালে (sp^2) দুই জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকে। উভয় O পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সরলরৈখিকভাবে 180° বন্ধন কোণে জ্যামিতিক গঠন সৃষ্টি করে।

দ্রষ্টব্য : কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

এর কারণ ব্যাখ্যা : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনের বেলায়, দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp^2 সংকরণ দ্বারা তিনটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p চরিত্র থাকে। অপরদিকে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বেলায় দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। সুতরাং sp^2 সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালের তুলনায় sp সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালে s-চরিত্র বেশি হওয়ায় তাদের দ্বারা সৃষ্ট ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় কার্বন নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে দূরত্ব হ্রাস পায়। তাই কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন (C≡C) দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন (C=C) দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

শিক্ষার্থী নিজে করো-৩.১২ : অরবিটাল সংকরণভিত্তিক :
সমস্যা-৩.২৬ : ফরম্যালডিহাইড অণু ($H_2C=O$) গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।
সমস্যা-৩.২৭ : অ্যাসিটিলিন (H–C≡C–H) অণু গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।

৩.১০ সংকর অরবিটালের সাথে সমযোজী যৌগের আকৃতির সম্পর্ক

Relation between Shapes of Covalent Compounds and Hybrid orbitals

যেকোনো সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকর অরবিটালসমূহের নির্দিষ্ট দিক ঐ যৌগ অণুর আকৃতি নির্দিষ্ট করে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালের বিভিন্ন প্রকার সংকরণ যেমন sp^3 সংকরণ, sp^2 সংকরণ, sp সংকরণ ইত্যাদির প্রকৃতির ওপর তাদের দ্বারা সৃষ্ট সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণ নির্ধারণ করে। আবার কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা এবং বন্ধন-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা অণুর স্বাভাবিক আকৃতিকে বিকৃত করে নতুন আকৃতি প্রদান করে। বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল ও নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল অনুসারে সমযোজী অণুর আকৃতি নিম্নরূপ হয়ে থাকে।

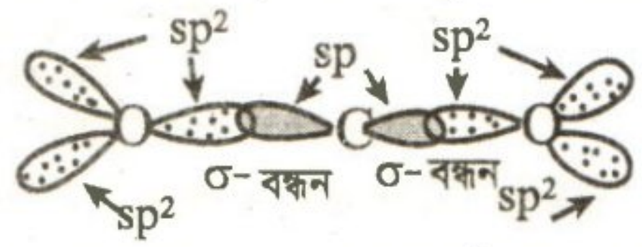
যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে—

(1) দুটি ইলেকট্রন যুগল বা **দুটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর আকৃতি **সমতলীয় সরলরৈখিক** হয়। যেমন, $BeCl_2$, CH≡CH অণুর গঠন। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 180° হয়।

CamScanner

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে দুটি sp অরবিটাল সমতলীয় সরলরৈখিক এবং H–C–C কোণ 180° এবং C≡C ত্রিবন্ধন দূরত্ব হলো 0.120 nm।

(৩) **sp সংকরিত C-পরমাণু ও sp^2 সংকরিত O-পরমাণু দ্বারা সরলরৈখিক CO_2 অণু গঠন :** sp সংকরিত C পরমাণুর দুটি সংকর অরবিটাল ও দুটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1)$। sp^2 সংকরিত O পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটাল ও একটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^2\ 2\psi_2^2\ 2\psi_3^1\ 2p_z^1)$। sp সংকরিত C পরমাণু এর দুটি সংকর অরবিটাল $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1)$ দ্বারা দুটি sp^2 সংকরিত O পরমাণুর প্রত্যেকের বিজোড় ইলেকট্রনের $(2\psi_3^1)$ সংকর অরবিটালের অধিক্রমণের মাধ্যমে দুটি সিগমা বন্ধন (σ) সহযোগে প্রাথমিক কাঠামো গঠিত হয়।



C পরমাণু O পরমাণুর মধ্যে C–O সিগমা বন্ধন গঠন

এরপর C পরমাণুর 2টি অসংকরিত 2p অরবিটাল $(2p_y^1\ 2p_z^1)$ সহযোগে দুই পার্শ্বের 2টি O পরমাণুর অসংকরিত $2p_z^1$ অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে। ফলে দুটি কার্বন-অক্সিজেন পাই (π) বন্ধন দ্বারা রৈখিক CO_2 (O=C=O) অণু গঠিত হয়। তখন O পরমাণুতে দুটি করে সংকর অরবিটালে (sp^2) দুই জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকে। উভয় O পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সরলরৈখিকভাবে 180° বন্ধন কোণে জ্যামিতিক গঠন সৃষ্টি করে।

দ্রষ্টব্য : কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

এর কারণ ব্যাখ্যা : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনের বেলায়, দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp^2 সংকরণ দ্বারা তিনটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p চরিত্র থাকে। অপরদিকে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বেলায় দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। সুতরাং sp^2 সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালের তুলনায় sp সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালে s-চরিত্র বেশি হওয়ায় তাদের দ্বারা সৃষ্ট ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় কার্বন নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে দূরত্ব হ্রাস পায়। তাই কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন (C≡C) দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন (C=C) দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

শিক্ষার্থী নিজে করো-৩.১২ : অরবিটাল সংকরণভিত্তিক :
সমস্যা-৩.২৬ : ফরম্যালডিহাইড অণু ($H_2C=O$) গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।
সমস্যা-৩.২৭ : অ্যাসিটিলিন (H–C≡C–H) অণু গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।

৩.১০ সংকর অরবিটালের সাথে সমযোজী যৌগের আকৃতির সম্পর্ক

Relation between Shapes of Covalent Compounds and Hybrid orbitals

যেকোনো সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকর অরবিটালসমূহের নির্দিষ্ট দিক ঐ যৌগ অণুর আকৃতি নির্দিষ্ট করে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালের বিভিন্ন প্রকার সংকরণ যেমন sp^3 সংকরণ, sp^2 সংকরণ, sp সংকরণ ইত্যাদির প্রকৃতির ওপর তাদের দ্বারা সৃষ্ট সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণ নির্ধারণ করে। আবার কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা এবং বন্ধন-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা অণুর স্বাভাবিক আকৃতিকে বিকৃত করে নতুন আকৃতি প্রদান করে। বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল ও নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল অনুসারে সমযোজী অণুর আকৃতি নিম্নরূপ হয়ে থাকে।

যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে—

(1) **দুটি ইলেকট্রন যুগল বা দুটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর আকৃতি **সমতলীয় সরলরৈখিক** হয়। যেমন, $BeCl_2$, CH≡CH অণুর গঠন। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 180° হয়।

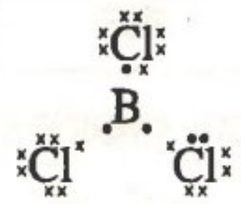
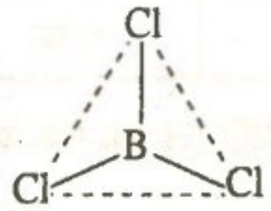
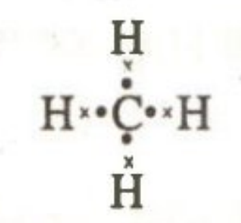
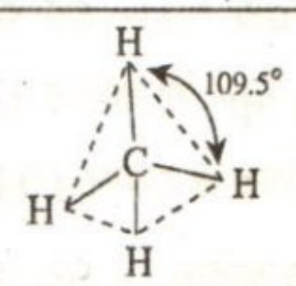
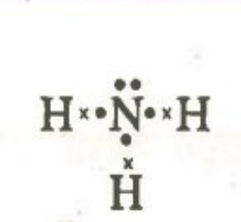
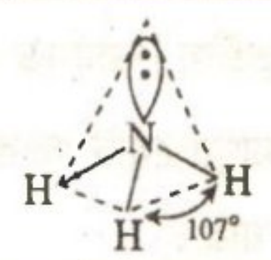
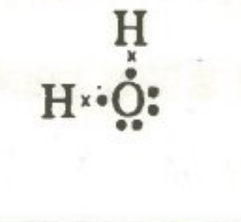
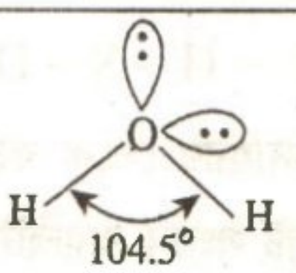
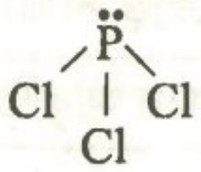
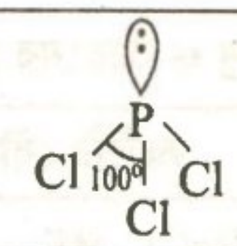
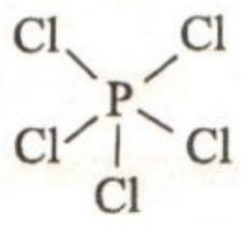
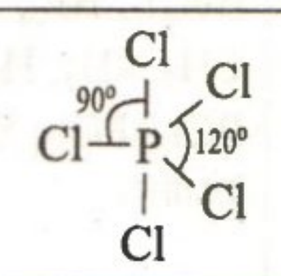
(2) তিনটি ইলেকট্রন যুগল বা **তিনটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর আকৃতি **সমতলীয় ত্রিভুজ আকৃতির** হয়। যেমন BCl_3। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp^2 সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 120° হয়।

(3) চারটি ইলেকট্রন যুগল বা **চারটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর **আকৃতি চতুস্তলকীয়** হয়। যেমন CH_4, BF_4^-, NH_4^+। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp^3 সংকরণ ঘটে; বন্ধন কোণ 109°28′ বা, 109.5° হয়।

(4) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে **একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল** থাকলে, অণুর আকৃতি চতুস্তলকীয় থেকে বিকৃত হয়ে **ত্রিকোণাকার পিরামিড**; বন্ধন কোণ 107° হয়। এর গঠন নিচের ছকে দেখানো হলো। যেমন, $\ddot{N}H_3$।

(5) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে **দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল** থাকলে তখন অণুর আকৃতি আরো বিকৃত হয়ে ইংরেজি **V-অক্ষরের আকৃতি** লাভ করে। তখন বন্ধন কোণ 104.5° এর মতো হয়। যেমন, $H_2\ddot{O}:$।

(6) এছাড়া **পাঁচটি সংকর অরবিটাল** থাকলে **ত্রিভুজাকার দ্বিপিরামিড** (PCl_5), **ছয়টি সংকর অরবিটাল** থাকলে **অষ্টতলকীয়** (SF_6), **সাতটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর গঠন পঞ্চভুজাকার **দ্বিপিরামিড** (IF_7) হয়।

যৌগের অণু	অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস	অরবিটাল সংকরণ	যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন জোড়	অণুর আকৃতির নাম	অণুর গঠন আকৃতি	অণুতে বন্ধন কোণ
(1) $BeCl_2$	$:\ddot{Cl}\cdot \times Be \times \cdot\ddot{Cl}:$	sp	২ জোড়া	সরলরৈখিক	Cl—Be—Cl	180°
(2) BCl_3		sp^2	৩ জোড়া	সমতলীয় ত্রিভুজাকার		120°
(3) CH_4		sp^3	৪ জোড়া	চতুস্তলকীয় বা টেট্রাহেড্রাল		109.5°
(4) $\ddot{N}H_3$		sp^3	৪ জোড়া ১টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল	বিকৃত চতুস্তলকের ত্রিকোণাকার পিরামিড আকৃতি		107°
(5) $H_2\ddot{O}$		sp^3	৪ জোড়া (২টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল)	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি		104.5°
(6) $\ddot{P}Cl_3$		sp^3	৪ জোড়া (১টি নিঃসঙ্গ)	ত্রিভুজাকার বা ত্রিকোণাকার		100°
(7) PCl_5		sp^3d	৫ জোড়া	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড আকৃতি		120° (সমতলে) 90° (লম্বভাবে)

৩.১০.১ সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয়

Determination of Hybridisation State of Central atom in Covalent Compd.

লুইসের অষ্টক নিয়ম (Octet rule) মতে, সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌলটির পরমাণুর মধ্যে বিক্রিয়াকালে কীরূপ অরবিটাল সংকরণ ঘটতে পারে তা আমরা পূর্বে আলোচিত যৌগ অণুর গঠন থেকে জেনেছি। এখন নিচে প্রদত্ত (১) নং **সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে** একটি যৌগ অণুর ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণে অংশগ্রহণকারী **অরবিটাল সংখ্যা (H)** নির্ণয় করা যায়। পরে তা থেকে কেন্দ্রীয় পরমাণুটির **অরবিটাল সংকরণ অবস্থা** এবং **অণুটির বা আয়নটির গঠন** জানা যায়। যেমন,

(১) $H = \frac{1}{2} \times \left[\boxed{\text{যোজ্যতাস্তরে থাকা ইলেকট্রন সংখ্যা (V)}} + \boxed{\text{একযোজী পরমাণুর সংখ্যা (X)}} - \boxed{\text{ক্যাটায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (C)}} + \boxed{\text{অ্যানায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (A)}} \right]$

বা, $H = \frac{1}{2}(V + X - C + A)$

H-এর মান ⟶	2	3	4	5	6	7
সংকরণ ⟶	sp	sp^2	sp^3	sp^3d	sp^3d^2	sp^3d^3
অণুর গঠন ⟶	সরলরৈখিক গঠন	সমতলীয় ত্রিভুজাকার	চতুস্তলকীয় গঠন	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড	অষ্টতলকীয় গঠন	পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিড

* সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকলে উপরোক্ত সাধারণ আণবিক গঠন পরিবর্তিত হয়। যেমন,

* sp^3 সংকরিত NH_3 এর অণুতে এক জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় NH_3 এর গঠন বিকৃত চতুস্তলক ও কোণ 107° হয়। sp^3 সংকরিত H_2O এর অণুতে দুই জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় H_2O এর গঠন বিকৃত চতুস্তলক বা, V আকৃতির ও কোণ 104.5° হয়।

* sp^3d^3 সংকরিত XeF_6 অণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকায় এর গঠন পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিডের পরিবর্তে পঞ্চভুজীয় পিরামিড আকৃতি হয়। [চিত্র-৩.২(খ) দেখো]।

(২) কেন্দ্রীয় পরমাণুর মোট সংকর অরবিটালে (H) উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা (L) নিম্নোক্ত সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে জানা যায় :

$L = H - X - D$ (এখানে X হলো একযোজী পরমাণু ও D হলো দ্বিযোজী পরমাণুর সংখ্যা)

নিচের পাঁচটি উদাহরণ থেকে কয়েকটি অণু ও আয়নের **কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে জড়িত অরবিটাল সংখ্যা (H), সংকরণ অবস্থা** এবং সৃষ্ট **সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সংখ্যা** (L) জানা যাবে।

বিভিন্ন সমযোজী অণু ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা, নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড় সংখ্যা ও গঠন নির্ণয় :

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট যৌগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(১) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র একযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	$BeCl_2$, BF_3, CH_4, NH_3, H_2O, PCl_3, PCl_5, SF_4 ইত্যাদি।	➤ **যৌগ :** CH_4; এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}[V + X - C + A] = \frac{1}{2}[4 + 4 - 0 + 0] = 4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ ∴ sp^3 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় CH_4 অণু।

CamScanner

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট যৌগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(২) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধু একযোজী পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে।	NH_3, NF_3, PH_3, PCl_3, H_2O, H_2S ইত্যাদি।	➤ **যৌগ :** H_2O, এক্ষেত্রে, $H=\frac{1}{2}\ [V+X-C+A]=\frac{1}{2}\ [6+2-0+0]=4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু O এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L=[4-2-0]=2$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু O তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L=2$ ∴ sp^3 সংকরিত ও 2L যুক্ত H_2O এর গঠন : বিকৃত চতুস্তলকীয়।
(৩) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র দ্বিযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	CO_2, CS_2, SO_2, SO_3 ইত্যাদি।	➤ **যৌগ :** SO_3, এক্ষেত্রে, $H=\frac{1}{2}\ [V+X-C+A]=\frac{1}{2}\ [6+0-0+0]=3$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর সংকরণ অবস্থা : sp^2, আবার $L=[3-0-3]=0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু S তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L=0$ ∴ sp^2 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিকোণাকার SO_3 অণু।
(৪) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে একযোজী ও দ্বিযোজী উভয় পরমাণু যুক্ত থাকে।	$COCl_2$, $POCl_3$, HCHO ইত্যাদি।	➤ **যৌগ :** HCHO, এক্ষেত্রে, $H=\frac{1}{2}\ [4+2-0+0]=3$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : sp^2, আবার $L=[3-2-1]=0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L=0$ ∴ sp^2 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিভুজাকার HCHO অণু।
(৫) ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে। MAT 20-21	NH_4^+, CH_3^+, H_3O^+ ইত্যাদি।	➤ **যৌগ আয়ন :** NH_4^+, এক্ষেত্রে, $H=\frac{1}{2}\ [5+4-1+0]=4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L=[4-4-0]=0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু N তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L=0$ ∴ sp^3 সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় NH_4^+ আয়ন।
(৬) অ্যানায়নের ক্ষেত্রে।	BCl_4^-, BF_4^-, CO_3^{2-}, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, ইত্যাদি।	➤ **যৌগ আয়ন :** BF_4^-, এক্ষেত্রে, $H=\frac{1}{2}\ [3+4-0+1]=4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু B এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L=[4-4-0]=0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু B তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L=0$ ∴ sp^3 সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় BF_4^- আয়ন।

উল্লেখ্য সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয়ের এ পদ্ধতিটি 'বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত অণু' (Odd electron molecule)-এর বেলায় প্রযোজ্য হবে না।

বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু (Odd Electron Molecule) : লুইসের 'অষ্টক নিয়ম' এর ব্যতিক্রম ঘটে এমন কিছু সমযোজী অণু ও ঋণাত্মক আয়ন আছে; এদের মধ্যে অণুস্থিত একটি পরমাণুতে একটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে এবং ঐ সব অণু বা আয়নের লুইস গঠনে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত পরমাণুটিতে আটটি ইলেকট্রন না থেকে সাতটি ইলেকট্রন থাকে। অষ্টক অপূর্ণ এরূপ বন্ধনযুক্ত সমযোজী অণু ও আয়নকে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু বা আয়ন বলে। যেমন, নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2), সুপার অক্সাইড আয়ন (O_2^-) ইত্যাদি। এসব বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু ও আয়ন জৈব ফ্রি-রেডিকেল বা মুক্ত মূলকের মত কম স্থায়ী ও বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় হয়। এসব অণু রেজোন্যান্স বা অনুরণন প্রক্রিয়াসহকারে একাধিক লুইস গঠনসহ মোটামুটি স্থায়িত্ব লাভ করে থাকে। বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় এসব অণু বা আয়ন প্যারাচুম্বকধর্মী হয়। যেমন,

CamScanner

NO এর লুইস গঠন ⟶ :Ṅ: :Ö: বা, :Ṅ = Ö: [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (5 + 6) = 11]

NO_2 এর লুইস গঠন ⟶ :Ö .. Ṅ: :Ö বা, :Ö – Ṅ=Ö [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (5 + 12) = 17]

O_2^- আয়নের লুইস গঠন ⟶ :Ö .. Ö: বা, Ö–O⁻ [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (6 × 2 + 1) = 13]

৩.১১ সমযোজী অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব

Impact of Lone pair Electrons on Molecular shapes

সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় ইলেকট্রন থাকলে তাদের বিকর্ষণের ফলে অণুতে বন্ধন কোণসমূহ আদর্শ মান থেকে হ্রাস পায়।

ইলেকট্রনসমূহ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং এ বিকর্ষণের পরিমাণ কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের ওপর নির্ভর করে। বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp) দুটি পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রদক্ষিণ করে। অপরদিকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল (lp) শুধুমাত্র সে পরমাণুকে প্রদক্ষিণ করে। এ কারণে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলবিশিষ্ট অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল অপেক্ষা বেশি হয়। দুটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের গুণফলের ওপর নির্ভর করে। ফলে তাদের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ নিম্নরূপ হয় :

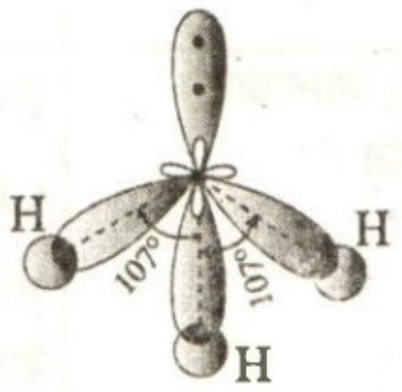
নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল-নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ>নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল-বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ>বন্ধন ইলেকট্রন যুগল-বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ; বা, (lp – lp) > (lp – bp) > (bp – bp)।

উপরিউক্ত সিদ্ধান্তের আলোকে NH_3, H_2O, NH_4^+ প্রভৃতি যৌগ ও আয়নের বন্ধন ও আকৃতি আলোচনা করা হলো।

(ক) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব :

(১) অ্যামোনিয়া (NH_3) অণুর গঠনে sp^3 সংকরণ (Formation of NH_3 with sp^3)

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস, N (7) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। এর sp^3 সংকরণের ফলে যে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়, তাদেরকে ψ_1, ψ_2, ψ_3 ও ψ_4 দ্বারা চিহ্নিত করলে সংকরিত অবস্থায় N-পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হয় ψ_1^2, ψ_2^1, ψ_3^1, ψ_4^1। এক্ষেত্রে ψ_2^1, ψ_3^1, ψ_4^1 সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকায় তারা প্রত্যেকে একটি করে H পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি N–H সিগমা (σ)-বন্ধন সৃষ্টি করে এবং এভাবে NH_3 অণু সৃষ্টি হয়। ψ_2, ψ_3, ψ_4 ও অরবিটালসমূহের বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণ অপেক্ষা ψ_1^2 এর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল দ্বারা তাদের ওপর বিকর্ষণ বেশি হয়। ফলে অ্যামোনিয়া অণুতে বন্ধন কোণ ∠HNH এর মান 109.5° থেকে কমে 107° হয়। অ্যামোনিয়া অণুর গঠন একটি ত্রিকোণাকার পিরামিডের ন্যায়, যার কেন্দ্রবিন্দুতে N পরমাণু এবং তলের কৌণিক বিন্দুসমূহে H পরমাণুসমূহ অবস্থিত।

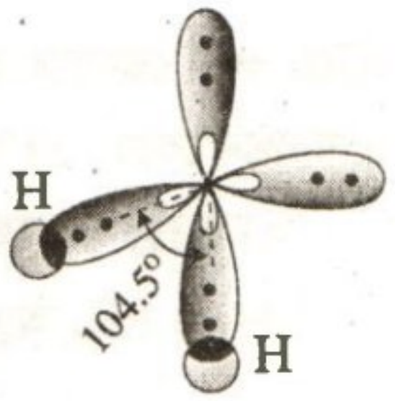


চিত্র-৩.২৯ : NH_3 অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

(২) পানির অণুর গঠনে sp^3 সংকরণ প্রক্রিয়া (Formation of H_2O with sp^3)

পানির কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস O (8) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। অক্সিজেন পরমাণুর 2s ও 2p অরবিটালসমূহের sp^3 সংকরণ হয়। উৎপন্ন চারটি সংকর অরবিটাল একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ চতুস্তলকের কেন্দ্রে অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান। চারটি সংকর অরবিটালের যেমন ψ_1^2, ψ_2^2, ψ_3^1, ψ_4^1 এর প্রথম দুটিতে আছে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল। এরা বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয় না। অপর দুটি অরবিটালে যেমন ψ_3^1, ψ_4^1 -এ একটি করে

ইলেকট্রন। এ অরবিটাল দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে দুটি O–H বন্ধন সৃষ্টি করে; এভাবেই পানির অণু সৃষ্টি হয়। অক্সিজেন পরমাণুর দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল পানি অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে অধিকতর বিকর্ষণ করে বলে বন্ধন কোণ ∠HOH এর মান আদর্শ চতুস্তলকের কোণের মান 109.5° থেকে কমে 104.5° (বা, 104°28′) হয়। যেহেতু পরীক্ষায় শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান ধরা পড়ে, সেহেতু পরমাণুর নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান অনুসারে পানির অণুর আকার ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতির ন্যায় দেখায়।



চিত্র-৩.৩০ : H_2O অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

(খ) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ও পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মক তার প্রভাব :

নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণু, AB_3L (যেমন— $\ddot{N}H_3$, $\ddot{N}F_3$, $\ddot{N}H_3$) ও AB_2L_2 (যেমন— $H_2\ddot{O}$, $H_2\ddot{S}$) এর বেলায় বন্ধন কোণের ওপর সংশ্লিষ্ট পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাব রয়েছে। এক্ষেত্রে A = কেন্দ্রীয় পরমাণু, B = বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণু ও L = নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল। উপরোক্ত AB_3L ও AB_2L_2 সংকেতযুক্ত প্রত্যেক যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে; তাই চতুস্তলকীয় গঠন ও বন্ধন কোণ 109°28′ হওয়ার কথা। কিন্তু কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধন কোণ lp – bp এর বিকর্ষণের কারণে 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। এছাড়া সংশ্লিষ্ট কেন্দ্রীয় পরমাণু ও বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের কারণেও বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা কম বেশি হয়ে থাকে।

(i) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা প্রান্তীয় পরমাণুর চেয়ে যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণ বেশি হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ বেড়ে যায়।

(ii) অপরদিকে, কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণ কম হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ কমে যায়। যেমন—

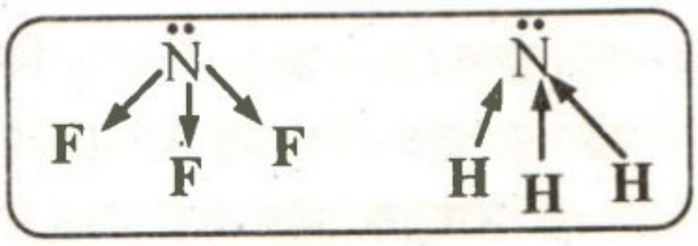
(১) NH_3 এর বন্ধন কোণ 107° হলেও NF_3 এর বন্ধন কোণ 102°29′ বা, 102.5° হয় কেন?–এর ব্যাখ্যা :

$\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{N}F_3$ অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে।

$$N\ (7) \longrightarrow 1s^2 \boxed{2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1} \xrightarrow{sp^3\ \text{সংকরণ}} 2\psi_1^2\ 2\psi_2^1\ 2\psi_3^1\ 2\psi_4^1$$

N পরমাণুর সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটালের মধ্যে একটিতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ($2\psi_1^2$) আছে।

তাই $\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{N}F_3$ অণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল চতুস্তলকীয়ভাবে বিন্যস্ত না থেকে ত্রিকোণাকার পিরামিডের আকার ধারণ করে। আবার প্রত্যেক অণুতে উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের ওপর নির্ভর করে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের (bp – bp-এর) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা ভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন,



NF_3 অণুতে N এর চেয়ে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক F পরমাণু N–F বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে। কিন্তু NH_3 অণুতে H এর চেয়ে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক N পরমাণু N–H বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে রাখে। তাই bp – bp বিকর্ষণের মাত্রা NF_3 এর চেয়ে NH_3 এর ক্ষেত্রে বেশি হয়। এছাড়া সংকর অরবিটালের ($2\psi_1^2$) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল (lp) তুলনামূলকভাবে NH_3 অণুর চেয়ে NF_3 অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp) এর ওপর বেশি বিকর্ষণ (lp – bp)

CamScanner

ঘটিয়ে বন্ধন কোণকে অধিক হ্রাস করতে পারে। এজন্য NH_3 অণুর বন্ধন কোণ $\angle HNH$ এর মান 107° হয় এবং NF_3 অণুর বন্ধন কোণ $\angle FNF$ এর মান অধিক হ্রাস পেয়ে 102.5° হয়ে থাকে।

(২) NH_3 এর বন্ধন কোণ 107° হলেও PH_3 এর বন্ধন কোণ 94° হয় কেন?–এর ব্যাখ্যা :

NH_3 ও PH_3 অণু গঠনকালে প্রতি ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর sp^3 সংকরণ ঘটে। যেমন—

$$N\,(7) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p_x^{\,1}\,2p_y^{\,1}\,2p_z^{\,1} \xrightarrow[\text{সংকরণ}]{sp^3} 1s^2\,2\psi_1^{\,2}\,2\psi_2^{\,1}\,2\psi_3^{\,1}\,2\psi_4^{\,1}$$

$$P\,(15) \longrightarrow [Ne]\,3s^2\,3p_x^{\,1}\,3p_y^{\,1}\,3p_z^{\,1} \xrightarrow[\text{সংকরণ}]{sp^3} [Ne]\,3\psi_1^{\,2}\,3\psi_2^{\,1}\,3\psi_3^{\,1}\,3\psi_4^{\,1}$$

$\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{P}H_3$ অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে। তাই NH_3 ও PH_3 অণুর গঠন চতুস্তলকীয় হওয়ার কথা। কিন্তু এক্ষেত্রে NH_3 ও PH_3 অণুতে প্রতি ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু যেমন N ও P পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধনকোণ 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণু AB_3L এর বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন— A) এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যদি বেশি এবং আকার ছোটো হয় অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে সেক্ষেত্রে বন্ধনকোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রুপের মৌলের যৌগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে N ও P এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 3.0 ও 2.1।

NH_3 অণুতে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক N পরমাণু N–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু PH_3 অণুতে কম তড়িৎ-ঋণাত্মক P পরমাণু P–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে কম আকৃষ্ট করে। তাই PH_3 এর চেয়ে NH_3 এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য NH_3 এর বন্ধন কোণ $\angle HNH$ এর মান 107° এবং PH_3 এর বন্ধনকোণ $\angle HPH$ এর মান 94° হয়ে থাকে।

(৩) H_2O এর বন্ধন কোণ 104°28′ হলেও H_2S এর বন্ধনকোণ 92° হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$H_2\ddot{O}$ ও $H_2\ddot{S}$ উভয় অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু O ও S এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে এবং উভয় অণুতে দুটি করে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে। যেমন,

$$O(8) \longrightarrow 1s^2\ \boxed{2s^2\,2p_x^{\,2}\,2p_y^{\,1}\,2p_z^{\,1}} \xrightarrow{sp^3\text{ সংকরণ}} 1s^2\ 2\psi_1^{\,2}\,2\psi_2^{\,2}\,2\psi_3^{\,1}\,2\psi_4^{\,1}$$

$$S(16) \longrightarrow 1s^2\,2s^2\,2p^6\ \boxed{3s^2\,3p_x^{\,2}\,3p_y^{\,1}\,3p_z^{\,1}} \xrightarrow{sp^3\text{ সংকরণ}} 3\psi_1^{\,2}\,3\psi_2^{\,2}\,3\psi_3^{\,1}\,2\psi_4^{\,1}$$

উভয় ক্ষেত্রে sp^3 সংকরণ থাকা সত্ত্বেও H_2O ও H_2S এর প্রত্যেকের বেলায় দুটি করে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (lp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের ফলে বন্ধনকোণ 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলযুক্ত যৌগ অণু AB_2L_2 এ বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন A) এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশি ও আকার ছোটো অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে তখন বন্ধনকোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রুপের মৌলের যৌগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে O, S ও H এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 3.5, 2.5 ও 2.1।

H_2O অণুতে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক O পরমাণু O–H বন্ধন ইলেকট্রনযুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু H_2S অণুতে H অপেক্ষা বেশি কিন্তু O অপেক্ষা কম তড়িৎ-ঋণাত্মক S পরমাণু S–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে তুলনামূলকভাবে কম আকৃষ্ট করে। তাই H_2S এর চেয়ে H_2O এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য H_2O এর বন্ধনকোণ $\angle HOH$ এর মান 104°28′ বা, 104.5° হয়; কিন্তু H_2S এর বন্ধনকোণ $\angle HSH$ এর মান হ্রাস পেয়ে 92° হয়ে থাকে।

CamScanner

sp^3 সংকরিত কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাবে যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের পরিবর্তন নিচের ছকে দেখানো হলো :

যৌগ অণু	অরবিটাল সংকরণ	বন্ধন ইলেকট্রন জোড়	নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়	তড়িৎ ঋণাত্মকতা	বন্ধন কোণ	অণুর গঠন আকৃতি
NH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	107°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
NF_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—4.0	102.5°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
NH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	107°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
PH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	2.1—2.1	94°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
H_2O	sp^3	২ জোড়া	২ জোড়া	3.5—2.1	104.5°	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি
H_2S	sp^3	২ জোড়া	২ জোড়া	2.5—2.1	92°	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি

দ্রষ্টব্য : কেন্দ্রীয় পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটাল সংকরণ, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় ও ভিন্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতাবিশিষ্ট সমযোজী অণুর বন্ধন কোণের সংখ্যা-মানের ক্রম :

$BeCl_2$ (sp, 180°), CO_2 (sp, 180°), BCl_3 (sp^2, 120°), CH_4 (sp^3, 109.5°),
NH_3 (sp^3, 107°), H_2O (sp^3, 104.5°), NF_3 (sp^3, 102.5°), PCl_3 (sp^3, 100°),
PH_3 (sp^3, 94°), H_2S (sp^3, 92°), PCl_5 (sp^3d, 120°, 90°), SF_6 (sp^3d^2, 90°).

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৩ : অরবিটাল সংকরণ ও অণুর আকৃতিভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৮(ক) : A ও B মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^3 এবং ns^2np^4 ($n = 2$)। A ও B এর হাইড্রাইড গঠনে অরবিটাল সংকরণ একই হওয়া সত্ত্বেও এদের আকৃতি ভিন্ন কেন, বিশ্লেষণ করো। [দি.বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.২৮(খ) : X ও Y মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^2 এবং ns^2np^4 ($n = 2$)। X ও Y এর হাইড্রাইড গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার হলে উভয় যৌগের গঠন ও বন্ধনকোণ কীরূপ হবে তা বিশ্লেষণ করো।

সমস্যা-৩.২৮(গ) : নিম্নোক্ত যৌগের অণুতে ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয় করো এবং তা হতে প্রত্যেকের গঠন আকৃতি কীরূপ হবে তা নির্ধারণ করো :

(১) H_2O, CO_2, SO_2, SO_3

(২) PCl_3, PCl_5, SF_4, XeF_2, XeF_4, XeF_6

(৩) NH_4^+, PH_4^+, H_3O^+, $^+CH_3$

(৪) NO_3^-, CO_3^{2-}, ClO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}

সমস্যা-৩.২৯(ক) : NH_3 এর বন্ধনকোণ 107° হলেও NF_3 অণুর বন্ধনকোণ 102.5° হয় কেন; এর ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২৯(খ) : NH_3 এর বন্ধনকোণ 107°; কিন্তু PH_3 অণুর বন্ধনকোণ 94° হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২৯(গ) : H_2O এর বন্ধনকোণ 104.5°; কিন্তু H_2S অণুর বন্ধনকোণ 92° হয় কেন; তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.৩০ : নিচের যৌগসমূহের অণুতে প্রতিটি C-পরমাণুর সংকরণ প্রকৃতি এবং অণুতে সিগমা (σ) ও পাই (π) বন্ধনের সংখ্যা উল্লেখ করো : (a) $CH_3–CH_3$, (b) $CH_3–CH=CH_2$, (c) $CH_2=C=CH_2$, (d) $CH_3–CHO$.

প্রশ্ন-৩.৩১(ক) : $BeCl_2$ যৌগের অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো। [য. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩১(খ) : সমযোজী বন্ধনগুলো দিক-নির্দেশক ধর্মবিশিষ্ট হয় কেন?

CamScanner

৩.১২ সমযোজী যৌগ অণুর মডেল তৈরি

To make Molecular models of Covalent Compounds

শিক্ষার্থীর গ্রুপভিত্তিক কাজ : সমযোজী বন্ধনভিত্তিক : **সময় ১ পিরিয়ড**

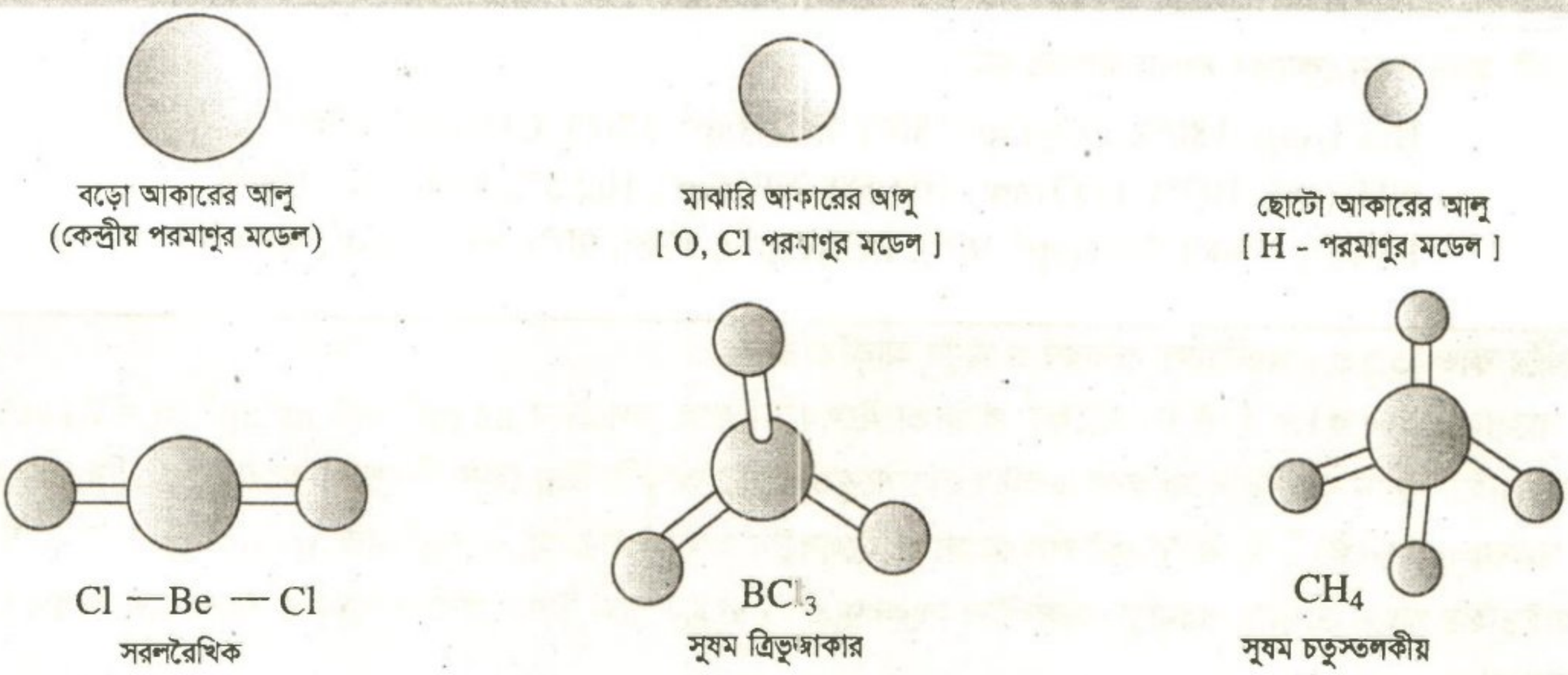
১। অনুচ্ছেদ-৩.৩ এর চিত্র-৩.৭ থেকে Be, B, C, N ও H এর তুলনামূলক পারমাণবিক আকারের ধারণা নাও। এ ধারণা মাথায় রেখে ঐ তিন প্রকারের পরমাণুর জন্য ছোটো, বড়ো গোল আলু ও পরমাণুর বন্ধন বোঝানোর জন্য লোহার তারকে দেড় ইঞ্চি করে কেটে নাও অথবা দিয়াশলাই কাঠি সংগ্রহ করো। দিয়াশলাই কাঠি অথবা লোহার তার দ্বারা দুই পরমাণুর মধ্যে একক সিগমা বন্ধন দেখানো যাবে।

২। এবার পর্যায় সারণিতে ঐসব মৌলের অবস্থান ঠিক করে এদের সর্বোচ্চ যোজনী জেনে নাও।

৩। সমযোজী যৌগের অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর তোমাদের অর্জিত জ্ঞানকে কাজে লাগিয়ে নিচে উল্লেখিত যৌগের মডেল তৈরি করো এবং নিজেদের মধ্যে আলোচনা করো।

(ক) মিথেন অণু (খ) ইথেন অণু (গ) $BeCl_2$ অণু (ঘ) BCl_3 অণু (ঙ) অ্যামোনিয়া অণু।

৪। বোঝার সুবিধার জন্য কিছু পরমাণু মডেল এবং ঐ সব পরমাণু দ্বারা সিগমা বন্ধন সহযোগে সমযোজী অণুর গঠন মডেল বল ও স্টিক পদ্ধতিতে দেখানো হলো।



চিত্র-৩.৩১ : $BeCl_2$, BCl_3 ও CH_4 এর অণুর মডেল।

জেনে নাও :

* মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) ইত্যাদি সব সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন (C_nH_{2n+2}) এর সব C-পরমাণু sp^3 সংকরিত। তাই এরা কম সক্রিয় হয়।

MAT 02-03

* হীরক বা ডায়মন্ড কেলাসে সব C-পরমাণু sp^3 সংকরিত এবং সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এতে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না বলে হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

* গ্রাফাইট কার্বনে সব C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং প্রত্যেক C-পরমাণুতে একটি করে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে। তাই গ্রাফাইট বিদ্যুৎ সুপরিবাহী অধাতব মৌল। অপরদিকে সব ধাতুতে ধাতব-বন্ধনে ক্রিয়াশীল সব ধাতব পরমাণুর সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে।

* দ্বিবন্ধনযুক্ত C-পরমাণুর অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকিন (C_nH_{2n})-এর দ্বিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং দুই C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ একটি পাই (π) বন্ধন থাকে। পাই (π) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকিন অধিক সক্রিয়।

CamScanner

* বেনজিন (C_6H_6) অণুতে প্রত্যেক C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং বেনজিনের ছয় C-পরমাণুবিশিষ্ট বলয়ে ছয় C-পরমাণুর ছয়টি সঞ্চরণশীল পাই (π) ইলেকট্রন থাকে। বেনজিন বলয়ে তিনটি দ্বিবন্ধনের সমতুল্য ছয়টি সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন আবদ্ধ অবস্থায় থাকে বলে বেনজিন গ্রাফাইটের মতো বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়।

* অনুরূপভাবে ত্রিবন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকাইন (C_nH_{2n-2}) এর ত্রিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু sp সংকরিত। ত্রিবন্ধনযুক্ত উভয় C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ দুটি পাই (π) বন্ধন থাকে। পাই (π) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকাইন অধিক সক্রিয় হয়।

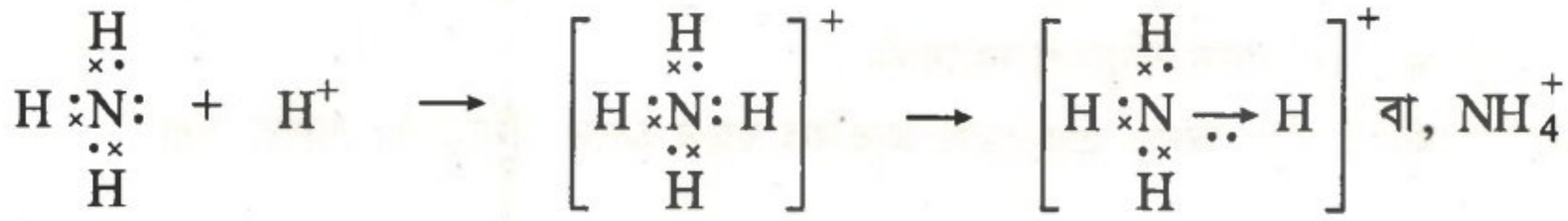
৩.১৩ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন

Coordinate Covalent Bond

সমযোজী বন্ধন গঠনকালে বন্ধনে অংশগ্রহণকারী প্রতিটি পরমাণু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে। তোমরা অ্যামোনিয়াম আয়ন NH_4^+ লিখে থাকো, এতে $\ddot{N}H_3$ অণুর N পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় (lone pair) ইলেকট্রন দ্বারা H^+ আয়ন কোনো ইলেকট্রন না দিয়েও সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। সুতরাং দুটি **পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কোনো কোনো ক্ষেত্রে একটিমাত্র পরমাণু সরবরাহ করে থাকে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়ে ঐ ইলেকট্রন যুগল সরবরাহকারী পরমাণুর সাথে সমভাবে শেয়ার করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এভাবে** সৃষ্ট বন্ধনকে **সন্নিবেশ বন্ধন বা সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

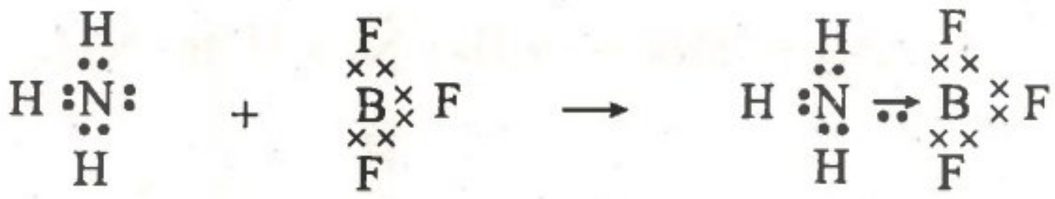
যে পরমাণু তার মুক্তজোড় ইলেকট্রন যুগল সরবরাহ করে তাকে **দাতা পরমাণু** (donor atom) এবং যে পরমাণু তা শেয়ার করে তাকে **গ্রহীতা পরমাণু** (acceptor atom) বলা হয়। এক্ষেত্রে দাতা পরমাণু ও গ্রহীতা পরমাণুর মধ্যে একটি তীর চিহ্ন ($\rightarrow$) দেয়া হয়।

উদাহরণ-১। অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) অণু ও হাইড্রোজেন আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন সৃষ্টি হয়।



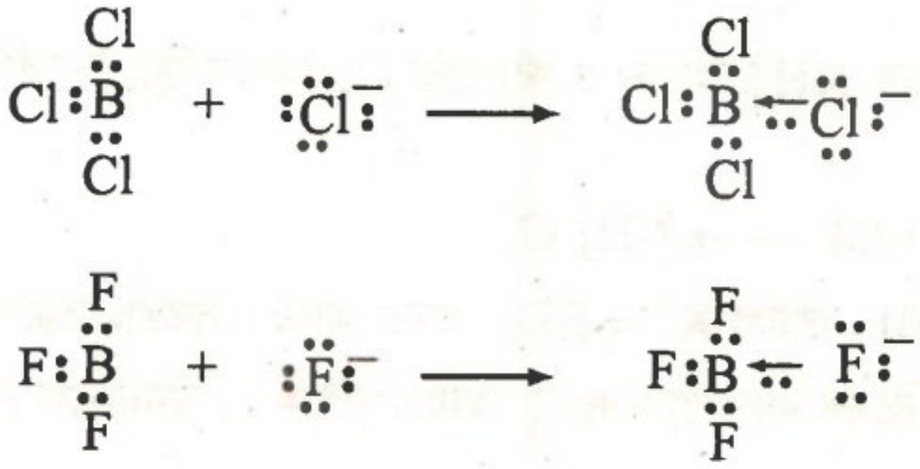
অ্যামোনিয়াম আয়ন

উদাহরণ-২। অষ্টক অপূর্ণ বোরন ট্রাইফ্লোরাইড ও NH_3 অণুর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা উভয় যৌগ যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া বোরো ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে।



অনুরূপভাবে, BCl_3, BF_3 ও NH_3 এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন ঘটে থাকে।

উদাহরণ-৩। অষ্টক অপূর্ণ BCl_3 ও BF_3 এর সাথে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) ও ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে BCl_4^- আয়ন ও BF_4^- আয়ন গঠন করে। যেমন,



MCQ-3.17 : নিচের কোনটির আকার সবচেয়ে ছোটো?

[কু. বো. ২০১৭]

(ক) O (খ) N (গ) C (ঘ) Li

জেনে নাও : সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট BCl_4^- আয়ন ও BF_4^- আয়ন গঠনকালে কেন্দ্রীয় পরমাণু B এর sp^2 সংকরণ (BCl_3-তে) পরিবর্তিত হয়ে নতুনভাবে sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে।

সন্নিবেশ বন্ধনের সবচেয়ে বেশি উদাহরণ পাওয়া যায় জটিল ধাতব যৌগে। এসব জটিল যৌগে বা জটিল আয়নে বিভিন্ন লিগ্যান্ড d-ব্লক মৌলের ধাতব আয়নসমূহকে ইলেকট্রন যুগল সরবরাহ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে। জটিল আয়ন বা যৌগ গঠনে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যোগানকারী ঋণাত্মক আয়ন বা প্রশম অণুকে **লিগ্যান্ড** (ligand) বলে। যেমন, নিচের উদাহরণে টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন ও ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন গঠনকালে $\ddot{N}H_3$ অণু হলো লিগ্যান্ড।

$$4H_3N: + Cu^{2+} \longrightarrow \left[\begin{matrix} H_3N: & & :NH_3 \\ & Cu & \\ H_3N: & & :NH_3 \end{matrix}\right]^{2+} \quad \text{বা, } [Cu(:NH_3)_4]^{2+}$$

টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন

$$2H_3N: + Ag^+ \longrightarrow :[H_3N: \longrightarrow Ag \longleftarrow :NH_3]^+ \quad \text{বা, } [Ag(:NH_3)_2]^+$$

অ্যামোনিয়া — ডাইঅ্যামমিন সিলভার (I) আয়ন।

MCQ-3.18: $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ এর মধ্যে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে? [কু. বো. ২০১৫]
(i) আয়নিক (ii) সমযোজী
(iii) সন্নিবেশ বন্ধন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৩.১৩.১ একই যৌগে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনের উপস্থিতি

Presence of Different Types of Bonds in the Same Compound

বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগ : অনেক যৌগে একই সাথে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকতে পারে; যেমন,

উদাহরণ-১। NH_4Cl এর মধ্যে তিন প্রকার বন্ধন যেমন— (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ বন্ধন ও (iii) আয়নিক বন্ধন আছে। এ যৌগের NH_4^+ আয়নে তিনটি N–H বন্ধন সমযোজী এবং একটি N⟶H বন্ধন সন্নিবেশ সমযোজী।

$$\left[\begin{matrix} H \\ H-N\rightarrow H \\ H \end{matrix}\right]^+ Cl^-$$

আবার NH_4^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন এর সাথে আয়নিক বন্ধন আছে। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো :

(i) সমযোজী বন্ধন দ্বারা NH_3 অণু গঠন : একটি N পরমাণু তিনটি H পরমাণুর সাথে তিনটি সমযোজী N—H বন্ধন সহযোগে NH_3 অণু গঠন করে।

$$\cdot\ddot{N}\cdot + 3H\times \longrightarrow H\times \cdot \underset{\underset{H}{\times}}{\ddot{N}} \cdot \times H \quad \text{বা, } \ddot{N}H_3$$

(ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন গঠন : অ্যামোনিয়া অণু ($\ddot{N}H_3$) এর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল সহযোগে একটি হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়।

$$H^+ + :NH_3 \longrightarrow [H \leftarrow NH_3]^+ \quad \text{বা, } NH_4^+$$

(iii) আয়নিক বন্ধন দ্বারা NH_4Cl গঠন : ধনাত্মক NH_4^+ আয়ন ও ঋণাত্মক Cl^- আয়ন স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা আয়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে NH_4Cl গঠন করে।

$$NH_4^+ + Cl^- \longrightarrow NH_4^+ Cl^-$$

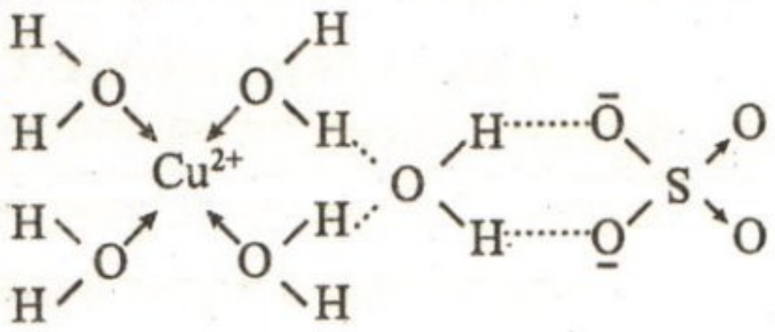
একইভাবে, পটাসিয়াম বোরন টেট্রাফ্লোরাইড KBF_4 যৌগে K^+ ও BF_4^- আয়ন আছে। সুতরাং তাদের মধ্যে আয়নিক বন্ধন বিদ্যমান। আবার BF_3 ও F^- আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- আয়ন সৃষ্টি হয়। অন্যদিকে BF_3 অংশে B–F বন্ধনসমূহ সমযোজী বন্ধন।

উদাহরণ-২। $H_3N \longrightarrow BF_3$ যৌগে দু ধরনের বন্ধন যেমন সমযোজী বন্ধন (N–H ও B–F) এবং সন্নিবেশ বন্ধন (N⟶B) আছে। এতে কোনো আয়নিক বন্ধন নেই। অপরদিকে KOH যৌগে K^+ আয়ন ও OH^- আয়ন এর মধ্যে আয়নিক বন্ধন এবং OH^- অংশে O ও H এর মধ্যে বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধন আছে।

উদাহরণ-৩। হেক্সা-অ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগে অ্যামোনিয়া অংশে N–H বন্ধনসমূহ সমযোজী। আবার Co^{3+} আয়নের সাথে ছয়টি $\ddot{N}H_3$-লিগ্যান্ডের (বা নাইট্রোজেন পরমাণুর) বন্ধন সন্নিবেশ বন্ধন। তৃতীয়ত, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগটি প্রকৃতপক্ষে হেক্সা-অ্যামমিন কোবাল্ট (iii) আয়ন $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ এবং $3Cl^-$ আয়ন দ্বারা গঠিত। সুতরাং এ দু অংশের মধ্যে **আয়নিক বন্ধন।**

একইভাবে $Ag(NH_3)_2Cl$, Na_2SO_4 প্রভৃতি বহু যৌগে তিন প্রকারের বন্ধন আছে।

উদাহরণ-৪। সোদক কপার সালফেট বা তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$) হলো নীল বর্ণের কেলাস। এর মধ্যে (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন, (iii) আয়নিক বন্ধন ও (iv) হাইড্রোজেন বন্ধন (.....) আছে। তা পার্শ্বে দেখানো হলো।



কেলাস-পানি ও কেলাসের গঠন-পানি :

যেসব অজৈব লবণের কেলাস গঠনে নির্দিষ্ট সংখ্যক পানি অণু সন্নিবেশ বন্ধন ও H-বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সাথে যুক্ত থেকে নির্দিষ্ট আকারের কেলাস গঠন করে; সেসব পানি অণুকে ঐ কেলাসের **কেলাস-পানি** (water of crystallization) বলা হয়। যেমন ব্লু-ভিট্রিওল (blue vitriol) বা নীল বর্ণের তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$)।

ব্লু-ভিট্রিওলের কেলাস-ল্যাটিসে 4টি H_2O অণু Cu^{2+} আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা এবং পঞ্চম H_2O অণুটি কেন্দ্রীয়ভাবে একদিকে SO_4^{2-} আয়নের সাথে 2টি H-বন্ধন দ্বারা এবং অপরদিকে Cu^{2+} আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে যুক্ত 2টি H_2O অণুসহ 2টি H বন্ধনসহকারে মোট 4টি H বন্ধনে আবদ্ধ থাকে (গঠন চিত্র দেখো)।

ব্লু-ভিট্রিওলের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব :

ব্লু-ভিট্রিওল ($CuSO_4.5H_2O$) কে উত্তপ্ত করলে ১ম ধাপে 63°C তাপমাত্রায় Cu^{2+} সহ সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ 2টি H_2O মুক্ত হয়; ২য় ধাপে 109°C তাপমাত্রায় Cu^{2+} এর অপর 2টি H_2O মুক্ত হয়ে হালকা নীলাভ সাদা বর্ণের কপার (II) সালফেট মনোহাইড্রেট ($CuSO_4.H_2O$) কেলাস তৈরি হয়। এক্ষেত্রে একক পানি অণুটি Cu^{2+} আয়নের সাথে 2টি সন্নিবেশ বন্ধন এবং SO_4^{2-} আয়নের সাথে 2টি H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ থেকে কেলাস গঠন স্থির রাখে। তখন কেলাসের গঠন রক্ষাকারী পানি অণুকে সংশ্লিষ্ট **'কেলাসের গঠন-পানি'** (Water of constitution) বলে। এরপর 200°C (বা, 392F) তাপমাত্রায় ঐ কেলাসের গঠন পানি অণুটি বিমুক্ত হয়ে কেলাসের গঠন সম্পূর্ণ নষ্ট ও সাদা বর্ণের নিরুদিত $CuSO_4$ এর পাউডার উৎপন্ন হয়। এরপর 650°C তাপমাত্রায় $CuSO_4$ অণু বিযোজিত হয়ে কালো বর্ণের CuO ও SO_3 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{গাঢ় নীল কেলাস}}{CuSO_4.5H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{63^\circ C} \underset{\text{নীল কেলাস}}{CuSO_4.3H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{109^\circ C} \underset{\text{নীলাভ সাদা কেলাস}}{CuSO_4.H_2O} \xrightarrow[-H_2O]{200^\circ C} \underset{\text{সাদা পাউডার}}{CuSO_4} \xrightarrow{650^\circ C} \underset{\text{কালো}}{CuO\,(s)} + SO_3\,(g)$$

বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম : (১) অনেক অজৈব লবণে আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন একত্রে বিদ্যমান। যেহেতু এসব যৌগে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ বিদ্যমান, সেহেতু এসব যৌগ আয়নিক যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করে। যেমন উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, তড়িৎ পরিবাহিতা, আয়নসমূহের স্বকীয়তা প্রভৃতি।

(i) যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহ অবিকৃত থাকে, তবে সে বিক্রিয়া খুব দ্রুত সম্পন্ন হবে। যেমন, তিন প্রকারের বন্ধনযুক্ত Na_2SO_4 আয়নগুলো দ্রবণে অবিকৃত থাকে, তাই Na_2SO_4 দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে সাথে সাথে $BaSO_4$ এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অনুরূপভাবে, $[Co[NH_3)_6]Cl_3$ এর সাথে $AgNO_3$ এর বিক্রিয়ায় তাৎক্ষণিকভাবে AgCl-এর অধঃক্ষেপ পড়ে।

(ii) অপরদিকে যদি কোনো বিক্রিয়ায় কোনো আয়নের অভ্যন্তরে সমযোজী বন্ধন ভাঙা বা গড়া হয়, তবে তা তত দ্রুত হবে না। যেমন Na_2SO_4 কে বিজারিত করে Na_2SO_3 বা, Na_2S করতে হলে S–O সমযোজী বন্ধন ভাঙতে হবে। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়া ধীরগতিতে এবং উচ্চতাপমাত্রায় সংঘটিত হবে।

(২) সাধারণভাবে **কোনো যৌগে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের সাথে আয়নিক বন্ধন থাকলে এতে আয়নিক যৌগের ধর্মাবলি প্রাধান্য পায়**। সে ধরনের যৌগকে সাধারণভাবে আয়নিক যৌগ হিসেবেই চিহ্নিত করা হয়। যেমন, K_2SO_4, $NaNO_3$, NH_4Cl প্রভৃতিতে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকলেও এরা আয়নিক যৌগ হিসেবে পরিচিত।

শিক্ষার্থীর কাজ :

৩.১৪ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের তুলনা

Comparison between Covalent and Coordinate Bonds

শিখনফল : সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সমযোজী বন্ধনের একটি বিশেষ রূপ, তা প্রমাণ করতে হবে।

সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের তুলনা দেখানোর জন্য নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর তুলনা করো। যেমন—

১। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের পরিচয় দাও।

২। পরমাণুর বহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ NH_3 ও NH_4^+ আয়নের গঠন দেখাও। এতে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন গঠন হয়েছে ব্যাখ্যা করো।

৩। এবার NH_3 অণুতে তিনটি N–H বন্ধনের সাথে NH_4^+ আয়নে চারটি N–H বন্ধনের কোনো পার্থক্য নেই তা ব্যাখ্যা করো।

৪। সবশেষে NH_4^+ আয়নে $\angle HNH = 109^\circ\ 28'$ কোণটি আদর্শ চতুস্তলকের কোণের সমান হওয়ায় প্রতিটি সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্ব সমান রয়েছে প্রমাণ করে।

৫। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধন সমতুল্য প্রমাণ করা হলো।

উপরোক্ত বিষয়ভিত্তিক আলোচনা হলো—

সমযোজী বন্ধন : নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস যেমন দ্বিত্বক অথবা অষ্টক কাঠামো লাভের জন্য দুটি অধাতব পরমাণু প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে যুগল গঠন ও শেয়ার করে যে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে **সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

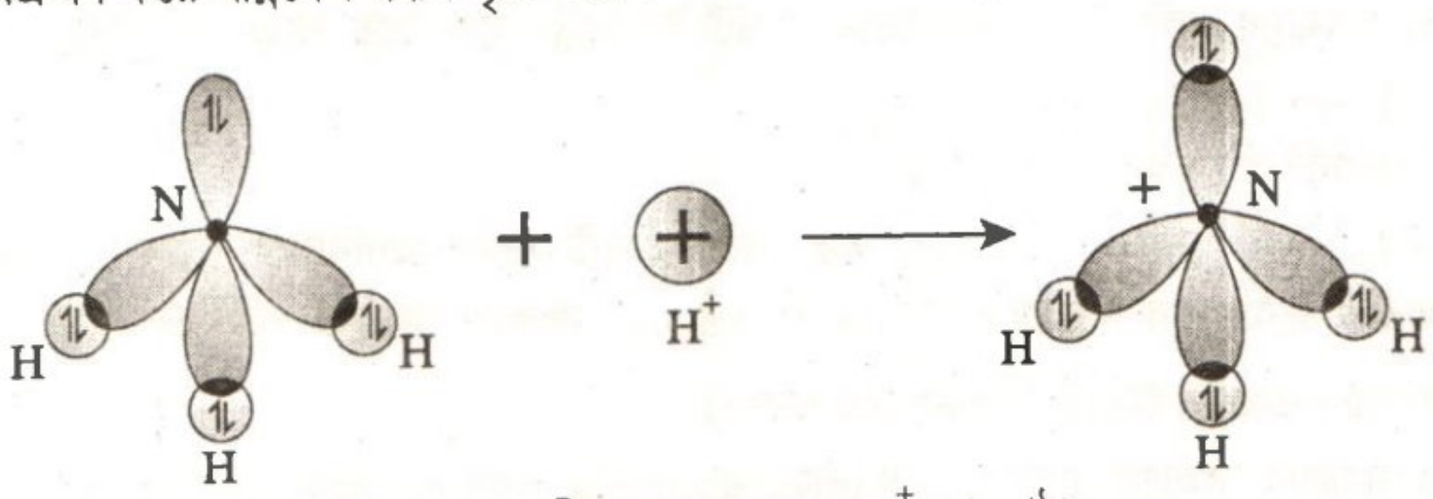
সন্নিবেশ বন্ধন : আবার যৌগ অণু গঠনের সময় সমযোজী বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কেবলমাত্র একটি পরমাণু সরবরাহ করে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়েও ঐ প্রথম পরমাণুর যোগান দেয়া ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে দ্বিত্বক অথবা অষ্টক পূর্ণ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে **সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের সমতুল্যতা : বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগলের উৎস ভিন্ন হলেও প্রকৃতপক্ষে বন্ধন শেষে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সাধারণ সমযোজী বন্ধনের বা সিগমা বন্ধনের একটি বিশেষ রূপমাত্র। অর্থাৎ **সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন**। এক্ষেত্রে NH_3 অণুর গঠন ও NH_4^+ আয়ন গঠনের মধ্যে তুলনা থেকে তা সুস্পষ্ট হবে।

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো; $N(7) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^{\ 1}\ 2p_y^{\ 1}\ 2p_z^{\ 1}$

অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগ গঠনের পূর্বে নাইট্রোজেন পরমাণুর অরবিটালে sp^3 সংকরণ ঘটে। এর ফলে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল (যেমন $\psi_1^2\ \psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$) সৃষ্টি হয়, যার তিনটিতে একটি করে এবং চতুর্থটিতে দুটি ইলেকট্রন থাকে। এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি (যেমন $\psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর Is^1 অরবিটাল এর সাথে অধিক্রমণ করে তিনটি N–H সমযোজী সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়া যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে চতুর্থ সংকর অরবিটালে (যেমন ψ_1^2) নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় ইলেকট্রন অবস্থান করে। অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) আয়ন

গঠনের সময় এ চতুর্থ সংকর অরবিটালটি একটি হাইড্রোজেন আয়নের (H^+ এর) ইলেকট্রনবিহীন Is অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে :



চিত্র-৩.৩২ : সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন গঠন।

MCQ-3.19 : NH_4Cl অণুতে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে? [ঢা. বো. ২০১৫]
(i) আয়নিক (ii) সমযোজী
(iii) সন্নিবেশ বন্ধন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের ফলে N পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুতে যে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হওয়ার কথা, তা পূর্ব থেকে অবস্থানরত ধনাত্মক আধানের সাথে মিলিত হয়ে প্রশমিত হয়। সুতরাং চতুর্থ N–H বন্ধনের সাথে অপর তিনটি N–H বন্ধনের আর কোনো পার্থক্য থাকে না। অ্যামোনিয়াম আয়নে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং N–H বন্ধন সমতুল্য এবং প্রতিটি $\angle HNH = 109°28'$ অর্থাৎ আদর্শ চতুস্তলকের কোণ 109.5° এর সমান।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৫: দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-13 বা 3A এর একটি মৌল B এর ফ্লোরাইড BF_3 যৌগটি নিম্নরূপে BF_4^- অ্যানায়ন গঠন করে : [চ. বো. ২০১৫]

$$BF_3 + F^- \longrightarrow BF_4^-$$

(ক) BF_3 ও F^- আয়নের সাথে কোন্ প্রকারের বন্ধন গঠিত হয় তা ব্যাখ্যা করো।
(খ) উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কীনা তা যাচাই করো।

সমাধান : (ক) BF_3 ও F^- আয়নের মধ্যে বন্ধন গঠনের ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, B হলো ২য় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ– 13 বা 3A এর মৌল। তাই মৌলটি হলো বোরন, B(5)। মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$$B(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$$

উদ্দীপিত অবস্থায়, $B^*(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

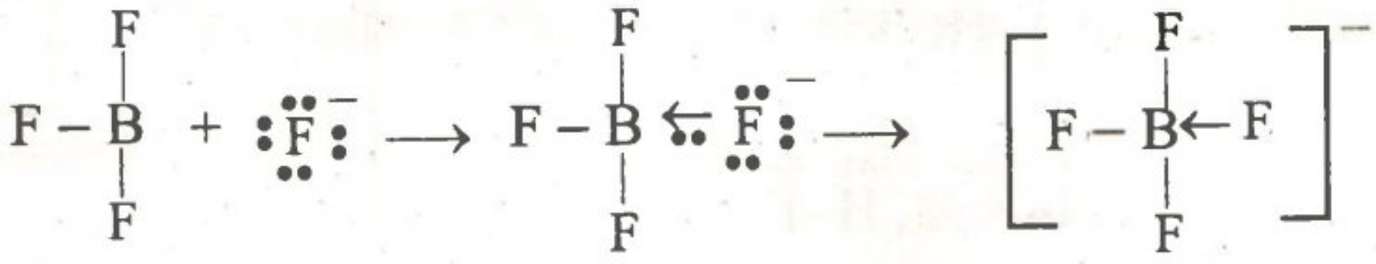
MCQ-3.20 : কোনটির ইলেকট্রন আসক্তির মান সর্বনিম্ন? [য. বো. ২০১৭]
(ক) F (খ) O (গ) Ca (ঘ) Si

সুতরাং B এর সংকরণ হলো sp^2, $B^*(5) \longrightarrow 1s^2\ 2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2\psi_3^1$

sp^2 সংকরিত B পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটলের সাথে তিনটি ফ্লোরিন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে BF_3 অণু গঠিত হয়। লুইস প্রতীকের মাধ্যমে বন্ধন গঠনটি হলো নিম্নরূপ :

$$\cdot\dot{B}\cdot + 3\ :\ddot{F}\cdot \longrightarrow F\cdot\cdot\ \underset{F}{\overset{F}{\ddot{B}}}\cdot\cdot F$$

উৎপন্ন BF_3 যৌগ অণুতে অষ্টক অপূর্ণ আছে। তাই উদ্দীপক মতে ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় যোগান দিয়ে BF_3 এর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- আয়ন গঠন করে থাকে। যেমন,



সমাধান : (খ) B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কিনা তার ব্যাখ্যা : আমরা জানি BF_3 অণু গঠনে B পরমাণুর sp^2 সংকরণ ঘটেছে। উদ্দীপক মতে, BF_3 অণু ও ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- অ্যানায়ন গঠিত হয়ে থাকে। তখন B পরমাণুর খালি $2p_z^0$ অরবিটালে একটি ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে পড়ে। এ অবস্থায় B^- আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হয়, $B^-(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

তখন B^- আয়নে নতুনভাবে sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে থাকে।

sp^3 সংকরণের পর $B^-(5) \longrightarrow 1s^2\ 2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2\psi_3^1\ 2\psi_4^1$ হয়। তখন চারটি সংকর অরবিটালে চতুর্থ F পরমাণু সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। সুতরাং উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B এর sp^2 সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে sp^3 সংকর অবস্থায় BF_4^- অ্যানায়ন গঠিত হয়। তখন চতুস্তলকীয় গঠন হয়ে থাকে।

সত্যতা যাচাই : নিচের সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে যৌগ বা অ্যানায়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা (H) নির্ণয় করা যায় এবং সংকরণ অবস্থা থেকে গঠনাকৃতিও জানা যায়। যেমন–

$$H = \frac{1}{2}\left[\begin{array}{c}\text{যোজ্যতাস্তরে} \\ \text{ইলেকট্রন সংখ্যা (V)}\end{array} + \begin{array}{c}\text{একযোজী পরমাণুর} \\ \text{সংখ্যা (X)}\end{array} - \begin{array}{c}\text{ক্যাটায়নের} \\ \text{চার্জ সংখ্যা (C)}\end{array} + \begin{array}{c}\text{অ্যানায়নের} \\ \text{চার্জ সংখ্যা (A)}\end{array}\right]$$

বা, $H = \frac{1}{2}\ [V + X - C + A]$

BF_4^- আয়নের বেলায় সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা :

$$H = \frac{1}{2}\ [3 + 4 - 0 + 1] = 4$$

সুতরাং এক্ষেত্রে চারটি অরবিটাল যেমন 2s ও তিনটি 2p অরবিটাল সংকরণে অংশ নিয়েছে। তাই BF_4^- আয়ন গঠনে sp^3 সংকরণ ঘটেছে। বিক্রিয়ার পূর্বে BF_3 অণুতে B এর sp^2 সংকরণ ছিল এবং সন্নিবেশ বন্ধনে F^- আয়নের সাথে যুক্ত হওয়ার কালে সংকরণের পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন সংকরণ sp^3 ঘটেছে, তা যাচাই করা হলো এবং এর সত্যতা প্রমাণিত হলো।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৪ : বন্ধন প্রকৃতির ব্যাখ্যাভিত্তিক :

প্রশ্ন-৩.৩২(ক)। NH_4Cl যৌগের বন্ধন প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩২(খ)। A ও D মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^1 ও ns^2np^3। ACl_3 এর সাথে DH_3 এর মধ্যে কোন্ ধরনের বন্ধন গঠন সম্ভব তা ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩২(গ)। সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

৩.১৫ সমযোজী বন্ধনে পোলারিটি বা, তড়িৎযোজী বৈশিষ্ট্য : তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাব

Polarity in Covalent Compounds : Electronegativity Effect

সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে কোনো পরমাণু কর্তৃক নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বলা হয়। অধাতুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি এবং ধাতুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কম। ফ্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশি, তারপর অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন পরমাণুর স্থান। শেয়ারকৃত ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে বেশি আকৃষ্ট হয়। ফলে ঐ পরমাণুতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ ($\delta-$) এবং অপর পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\delta+$) সৃষ্টি হয়। যেমন,

$$\overset{\delta+}{H}\cdot\cdot\overset{\delta-}{F} \text{ বা, } \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}$$

N 3.0	O 3.5	F 4.0
	S 2.5	Cl 3.0
		Br 2.8
		I 2.5

সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু

CamScanner

RMDAC

পাউলিং স্কেল অনুসারে কয়েকটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান হলো, F = 4, O = 3.5, C1 = 3.0, N = 3.0, Br = 2.8, I = 2.5, C = 2.5, H = 2.1

ডাইপোল ও পোলারিটি : সমযোজী যৌগের সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য **0.5 – 1.9** এর মধ্যে হলে তখন সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন যুগল অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু দ্বারা বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে অণুর দু প্রান্তে দুটি আংশিক ভিন্ন চার্জের বা মেরুর সৃষ্টি হয়, উভয় মেরুকে একত্রে ডাইপোল **(dipole)** বলা হয়। সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টির ধর্মকে ঐ যৌগের পোলারিটি **(polarity)** বলা হয়। অণুর দু প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক ($\delta+$) ও আংশিক ঋণাত্মক ($\delta-$) দুটি ভিন্ন মেরু সৃষ্টি হওয়ায় ঐ অণুকে পোলার অণু বা পোলার যৌগ বলা হয়। HF, H_2O হলো পোলার যৌগ।

HF একটি সর্বাধিক পোলার অণু এবং আয়নিক বৈশিষ্ট্য সর্বাধিক হয়; কারণ F ও H পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য (4 – 2.1) = 1.9 যা দ্বারা পোলার অণুসমূহের মধ্যে সর্বাধিক পোলারিটি প্রকাশ পায়। হ্যালোজেনসমূহের মধ্যে F সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক বলে HF সর্বাধিক পোলার অণু। হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অণুগুলোর মেরু প্রবণতা ক্রম হলো HF > HCl > HBr > HI; মূলকথা বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত বেশি হবে সমযোজী যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি প্রকাশ পায়।

জেনে রাখো : বাস্তবে 100% আয়নিক কোনো যৌগ নেই। তদ্রূপ 100% সমযোজী যৌগ নেই। NaCl যৌগে প্রায় 80% আয়নিক বৈশিষ্ট্য রয়েছে। নিচের সারণিতে পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য এবং তাদের দ্বারা সৃষ্ট যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্যের মোটামুটি শতকরা মাত্রা দেখানো হলো। যেমন,

তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের পরিমাণ :	0.1	0.2	0.6	1.1	1.7	2.0	2.1	3
শতকরা মাত্রায় গড় আয়নিক বৈশিষ্ট্য :	0.5	1.0	10	25	50	75	80	90

সমযোজী অণুতে আংশিক ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎ চার্জ সৃষ্টির কারণে ঐ সব যৌগে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়। H-পরমাণুযুক্ত পোলার অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন নামে নতুন আন্তঃআণবিক বল সৃষ্টি হয়। তখন এ সব যৌগের অণু সংবদ্ধ (associated) থাকে। H-বন্ধনের কারণে যৌগের মধ্যে পার্থক্য দেখা দেয়। যেমন ঐসব যৌগে ভৌত অবস্থা, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব ইত্যাদি ধর্মে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

গ্রুপ-16 (6A) এর অক্সিজেন ও সালফারের হাইড্রাইড হলো যথাক্রমে H_2O ও H_2S। এক্ষেত্রে পোলার H_2O তরল, কিন্তু অপোলার H_2S হলো গ্যাস। HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি এসিড অণু হলো পোলার। এরা পানিতে H^+ আয়ন দেয়, অম্লধর্ম প্রকাশ করে। NaCl এর জলীয় দ্রবণের মতো এসব এসিডের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। জলীয় দ্রবণে আয়নিক যৌগের বিক্রিয়া যেমন খুব দ্রুত ঘটে। অনুরূপভাবে এসব পোলার সমযোজী যৌগ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় দ্রুত বিক্রিয়া করে থাকে। বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগের মধ্যে বিক্রিয়া আয়নিক যৌগের বিক্রিয়ার তুলনায় ধীরে ঘটে।

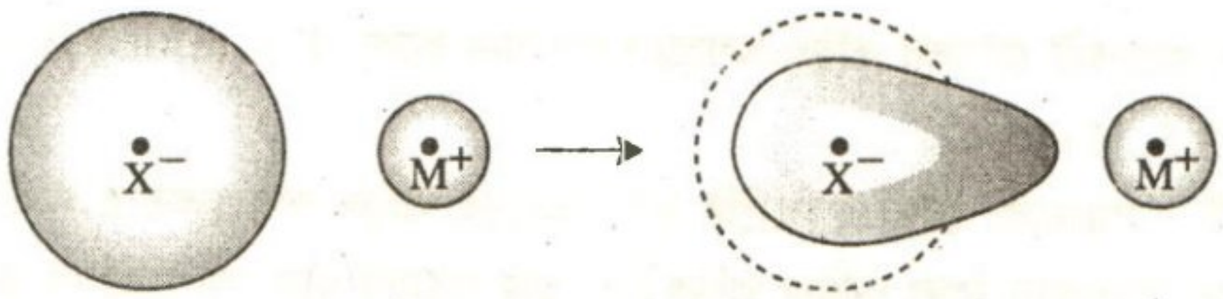
DAT 17-18

৩.১৫.১ পোলারায়ন বা আয়নের বিকৃতি

Polarization of Ions

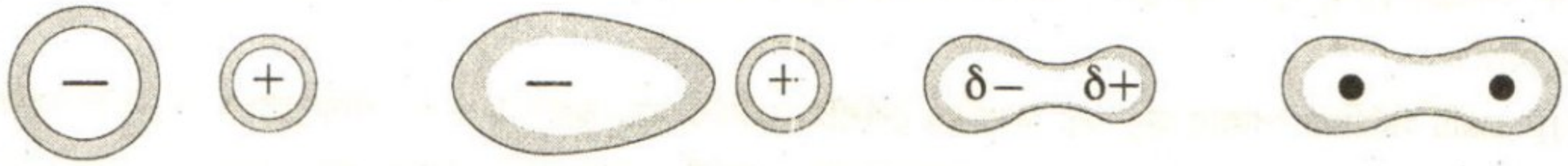
পোলারায়ন : যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস তথা সামগ্রিক ধনাত্মক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। একে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বলা হয়। তখন ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নটি পোলারায়িত হয়েছে বলা হয়। অ্যানায়নকে এভাবে পোলারায়িত করার ক্ষমতাকে **ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা** বলে।

CamScanner



চিত্র-৩.৩৩ : M^+ ক্যাটায়ন কর্তৃক X^- অ্যানায়নের পোলারায়ন।

সম্পূর্ণ আয়নিক বন্ধনে আয়নদ্বয়ের অবস্থা, পোলারায়নের ফলে অ্যানায়নে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি, পোলার সমযোজী বন্ধন ও বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের অবস্থা নিচের চিত্র দ্বারা ধারণা দেয়া হলো :



সম্পূর্ণ আয়নিক | আংশিক সমযোজী | পোলার সমযোজী | বিশুদ্ধ সমযোজী

চিত্র-৩.৩৪ : বিভিন্ন বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের বিভিন্ন অবস্থা।

৩.১৫.২ আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য DAT 21-22

Covalent Character in Ionic Compounds

অ্যানায়নের পোলারায়ন নিঃসন্দেহে আদর্শ আয়নিক যৌগের ধর্ম থেকে বিচ্যুতি। এ কারণে পোলারায়নের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিক যৌগের বিভিন্ন ধর্মের (যেমন, উচ্চ গলনাঙ্ক, উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক, উদ্বায়িতা, পানিতে অধিক দ্রবণীয়তা প্রভৃতির) ক্রম হ্রাস ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি ঘটে। ধাতব কার্বনেট লবণসমূহে অধিক পোলারায়ন ঘটলে এদের সুস্থিতি হ্রাস পায় এবং অল্প তাপে বিযোজিত হয়।

ফাজানের নিয়ম : আয়নিক যৌগে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের পোলারায়নের পরিমাণ কয়েকটি শর্ত যেমন আয়নের চার্জ, আয়নের আকার ও আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস ইত্যাদি দ্বারা নির্ধারিত হয়। এসব শর্তকে **ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম** বলা হয়। এসব শর্তের ভূমিকা হলো—

* (i) ক্যাটায়নের ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ যত বেশি হয় পোলারায়ন তত বেশি হয়।
* (ii) ক্যাটায়নের আকার যত ছোটো হয় এবং অ্যানায়নের আকার যত বড়ো হয় পোলারায়ন তত বেশি ঘটে। এছাড়া
* (iii) যেসব ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে $ns^2\ np^6\ nd^{1-10}$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে; সেসব ক্ষেত্রে $ns^2\ np^6$ এর তুলনায় অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বেশি মাত্রায় ঘটে। যেমন,

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বা শর্তাবলির ব্যাখ্যা

(১) পোলারায়নের ১ম নিয়ম : **ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ :** কোনো ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়।

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : পর্যায় সারণির যেকোনো পর্যায়ে বামদিক থেকে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ক্যাটায়নসমূহের ধনাত্মক চার্জও তত বৃদ্ধি পায়; ফলে অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতাও ততই বৃদ্ধি পায়। ফলে যৌগটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পায়। তাই সংশ্লিষ্ট যৌগের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়।

তৃতীয় পর্যায়ে Na^+ আয়ন এর চেয়ে Mg^{2+} আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। Mg^{2+} আয়ন অপেক্ষা Al^{3+} আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা আরো বেশি। তাই এসব আয়নের যৌগসমূহে সমযোজী ধর্ম ক্রমানুসারে বৃদ্ধি পায় এবং যৌগসমূহের গলনাঙ্ক (এবং স্ফুটনাঙ্ক) ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন,

$NaCl$ (গলনাঙ্ক 801°C) > $MgCl_2$ (গলনাঙ্ক 714°C) > $AlCl_3$ (গলনাঙ্ক 190°C)।

একই ধাতব পরমাণু বিভিন্ন চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন সৃষ্টি করলে কম চার্জবিশিষ্ট ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা কম হবে এবং বেশি চার্জের ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হবে। যেমন, অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এর গলনাঙ্ক 670°C অথচ অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এর গলনাঙ্ক মাত্র 306°C। ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$ এ ক্যাটায়নের চার্জ এক একক বৃদ্ধি পাওয়ায় যৌগের সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। ফলে গলনাঙ্ক কমে।

অ্যানায়নসমূহের ঋণাত্মক চার্জের বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, ফ্লোরাইড (F^-) আয়ন অপেক্ষা অক্সাইড (O^{2-}) আয়ন বেশি পোলারায়িত হয় এবং নাইট্রাইড (N^{3-}) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হয়। ফলে CaF_2 অপেক্ষা CaO অধিক সমযোজী প্রকৃতির হয়।

(২) পোলারায়নের ২য় নিয়ম : ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আকার : কোনো ক্যাটায়নের অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা এর আকার হ্রাসের সাথে বাড়ে। পর্যায় সারণিতে **একই গ্রুপে যতই নিচ থেকে ওপরের দিকে** যাওয়া যায়, একই চার্জযুক্ত ক্যাটায়নসমূহের আকার কমে যাওয়ায় এদের পোলারায়ন ক্ষমতাও বেড়ে যায়, অর্থাৎ এসব আয়নের যৌগসমূহের সমযোজী ধর্ম তত বাড়ে।

গ্রুপ-2(2A) এর দ্বিধনাত্মক চার্জযুক্ত বিভিন্ন ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ ঐ গ্রুপের নিচ থেকে ওপর দিকে কমতে থাকে। যেমন Ba^{2+} = 1.34 Å ; Sr^{2+} = 1.12 Å; Ca^{2+} = 0.99 Å; Mg^{2+} = 0.66 Å; Be^{2+} = 0.35 Å। তাই তাদের পোলারায়ন ক্ষমতা বিপরীতভাবে কমে : যেমন $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

তাদের অনার্দ্র ক্লোরাইডসমূহের সমযোজী বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি বা গলনাঙ্কের হ্রাসের ক্রম হলো নিম্নরূপ :

$BaCl_2$ (963°C) > $SrCl_2$ (875°C) > $CaCl_2$ (782°C) > $MgCl_2$ (714°C) > $BeCl_2$ (405°C) DAT 21-22

আবার **অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির** সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রনের সাথে নিউক্লিয়াসের গড় দূরত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেকট্রনের ওপর অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। তখন ক্যাটায়ন সহজেই অ্যানায়নকে পোলারায়িত করতে পারে। **একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের** দিকে অ্যানায়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বাড়ে। যেমন,

F^- (133 pm) < Cl^- (181 pm) < Br^- (196 pm) < I^- (220 pm)

ক্যালসিয়ামের হ্যালাইডসমূহের মধ্যে CaI_2-এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি। এদের গলনাঙ্ক নিম্নরূপ :

CaF_2 = 1392°C, $CaCl_2$ = 782°C, $CaBr_2$ = 730°C, CaI_2 = 575°C ।

অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের আয়নিক ধর্মের হ্রাসক্রম হলো, NaF > NaCl > NaBr > NaI

অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের সমযোজী ধর্মের বৃদ্ধিক্রম হলো, NaF < NaCl < NaBr < NaI

অনুরূপভাবে সিলভার হ্যালাইডসমূহের সমযোজী ধর্মের বৃদ্ধিক্রম হলো, AgF < AgCl < AgBr < AgI

(৩) পোলারায়নের ৩য় নিয়ম : ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাস : সমচার্জের ও প্রায় সমআকারের দুটি ক্যাটায়নের মধ্যে ns^2np^6 ইলেকট্রন বিন্যাসবিশিষ্ট ক্যাটায়ন অপেক্ষা $ns^2np^6(n-1)d^{10}$ বিশিষ্ট ক্যাটায়নের (নিউক্লিয়াসে থাকা অধিক সংখ্যক প্রোটনের অধিক আকর্ষণের কারণে) পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হয়। যেমন, NaCl এর গলনাঙ্ক 801°C; অথচ কপার (I) ক্লোরাইড CuCl এর গলনাঙ্ক মাত্র 422°C যা দ্বারা শেষোক্ত যৌগে সমযোজী ধর্মের প্রাধান্য বোঝা যায়। যদিও Na^+ (0.095 nm) ও Cu^+ (0.096 nm) এর আকার প্রায় সমান।

জেনে নাও : পোলারিটি ও পোলারায়ন-এর মধ্যে পার্থক্য কী? [সি. বো. ২০১৯]

পোলারিটি ও পোলারায়ন এ উভয় পদের মধ্যে সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্যভিত্তিক নিম্নোক্ত পার্থক্য রয়েছে।

১। (ক) **পোলারিটির সংজ্ঞা :** সমযোজী যৌগ অণুর সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 – 1.9 এর মধ্যে হলে তখন অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে সমযোজী বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে অণুর দু প্রান্তে দুটি আংশিক ভিন্ন চার্জযুক্ত মেরু সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে উভয় ভিন্ন মেরুকে ডাইপোল এবং সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টি ধর্মকে **পোলারিটি** বলে। এরূপ যৌগকে পোলার অণু বলে। যেমন $\overset{\delta+\delta-}{HF}$ ও $\overset{\delta+\delta-}{H_2O}$ হলো পোলার অণু।

(খ) পোলারায়নের সংজ্ঞা : যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস বা সামগ্রিক ধনাত্মক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এরূপ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। আয়নিক যৌগে ইলেকট্রন মেঘের এরূপ অবস্থাকে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের **পোলারায়ন** বলে।

২। পোলারিটি ও পোলারায়নের বৈশিষ্ট্য বা ফলাফল :

(ক) পোলারিটি সৃষ্টির ফলে সমযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক আয়নিক যৌগের বা তড়িৎযোজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায়। যেমন HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি সমযোজী যৌগ পানিতে সহজে আয়নিত হয়ে থাকে। এসব পোলার যৌগের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হয়ে থাকে; ফলে বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে।

(খ) পোলারায়নের ফলে আয়নিক যৌগ বা তড়িৎযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক সমযোজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায়। এর ফলে যৌগের গলনাঙ্ক, পানিতে দ্রাব্যতা, কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি ইত্যাদি প্রতি ক্ষেত্রে হ্রাস পায়। যেমন NaCl এর গলনাঙ্ক 801°C; কিন্তু পোলারায়নের প্রভাবে $AlCl_3$ এর গলনাঙ্ক হ্রাস পেয়ে 190°C হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৫ : ফাজানের পোলারায়ন নিয়মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৩৩ : (ক) NaCl অপেক্ষা CuCl এর গলনাঙ্ক কম কেন? [ঢা. বো. ২০১৬]

(খ) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটি পানিতে অধিক দ্রবণীয় এবং কেন? [চ. বো. ২০১৬]

(গ) $FeCl_2$ ও $FeCl_3$ লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক কম হবে এবং কেন? [চ. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৬]

(ঘ) $BeCO_3$, $MgCO_3$ ও $CaCO_3$ এর মধ্যে বিযোজন তাপমাত্রার ক্রম কীরূপ হবে এবং কেন তা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৬]

(ঙ) AgF পানিতে দ্রবণীয়, কিন্তু AgCl পানিতে অদ্রবণীয়;— এর ব্যাখ্যা করো।

(চ) AgCl হলো সাদা, কিন্তু AgI হলুদ কেন?

(ছ) $PbCl_2$ হলো সাদা, কিন্তু PbI_2 সোনালী হলুদ কেন?

৩.১৫.৩ আয়নিক বিভব বা আয়নিক পটেনসিয়াল (Ionic Potential)

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম মতে, ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের চার্জ বৃদ্ধির সাথে বাড়ে এবং ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সাথে কমে। বিভিন্ন ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা তুলনা করার জন্য "আয়নিক পটেনসিয়াল' পদ ব্যবহৃত হয় :

$$\text{ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল, } \phi = \frac{\text{ক্যাটায়নের চার্জ}}{\text{ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ}}$$

ক্যাটায়নের ϕ এর মান বৃদ্ধির সাথে (i) আয়নিক লবণের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ক্রম হ্রাস পায়, তা ফাজানের ১ম নিয়মে উদাহরণ দেয়া হয়েছে। এছাড়া (ii) লবণের পানিতে দ্রাব্যতা হ্রাস পায়, (iii) যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়, (iv) ধাতব কার্বনেটসমূহের অল্প তাপে বিযোজন ঘটে ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।

(১) পানিতে লবণের দ্রাব্যতা হ্রাস : আয়নিক যৌগসমূহ পোলার দ্রাবক পানিতে দ্রবণীয়; কিন্তু সমযোজী যৌগ পানিতে সাধারণত কম দ্রবণীয় বা অদ্রবণীয় হয়। আয়নিক যৌগে অ্যানায়ন খুব বেশি পোলারায়িত হলে যৌগটির সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। ফলে সে যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় হয়। যেমন– AgF, AgCl, AgBr ও AgI এ চারটি যৌগের মধ্যে AgF এ অ্যানায়নের পোলারায়ন সবচেয়ে কম ঘটে। কারণ F^- আয়নের আকার সবচেয়ে ছোটো। তাই AgF এ আয়নিক বৈশিষ্ট্য বেশি থাকে এবং এটি পানিতে দ্রবণীয়; অন্য হ্যালাইডসমূহে অ্যানায়নের পোলারায়ন বেশি ঘটে; তাই এরা পানিতে অদ্রবণীয় হয়।

(২) যৌগের বর্ণ : সাধারণত d ও f অরবিটালে অযুগ্ম ইলেকট্রনবিশিষ্ট আয়নের যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়। যৌগের বর্ণযুক্ত হওয়ার অন্যতম কারণ হলো অ্যানায়নের বেশি পোলারায়ন। অক্সাইড, সালফাইড প্রভৃতি আয়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বেশি। ক্যাটায়ন যেমন Hg^{2+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} প্রভৃতির সাথে উপরিউক্ত অ্যানায়নসমূহের যৌগে অ্যানায়নসমূহ খুব বেশি পোলারায়িত হয়; ফলে এসব যৌগ বর্ণযুক্ত হয়। যেমন CuS, PbS, HgS কালো, CdS হলুদ।

AgF, AgCl, AgBr ও AgI সিরিজে Ag^+ আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। হ্যালাইড আয়নসমূহের মধ্যে F^- ও Cl^- আয়ন কম পোলারায়িত হয়; তাই AgF, AgCl **বর্ণহীন বা সাদা;** Br^- আয়ন বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgBr **হালকা হলুদ**। আয়োডাইড (I^-) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgI **গাঢ়-হলুদ হয়**।

পোলারায়িত অবস্থায় বর্ণ সৃষ্টির মূল কারণ হলো—অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়ন যেমন সহজে ঘটে, তেমনি অ্যানায়নের পূর্ণ অরবিটাল থেকে ক্যাটায়নের খালি করা অরবিটালে ইলেকট্রনের **ক্ষণিক স্থানান্তর** সহজে ঘটে থাকে। তখন প্রয়োজনীয় কম শক্তি দৃশ্যমান আলো থেকে শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট আলোর বর্ণে যৌগটি বর্ণযুক্ত হয়। অপরদিকে অ্যানায়নের আকার ছোটো হলে পোলারায়ন কম ঘটে। তখন ঐ ছোটো অ্যানায়ন থেকে ক্যাটায়নের দিকে ইলেকট্রনের **ক্ষণিক স্থানান্তর** (যা বিস্তারণ বা লন্ডন বল নামে পরিচিত) ঘটানোর জন্য অপেক্ষাকৃত বেশি শক্তি প্রয়োজন হয়। তখন অধিক ফ্রিক্যুয়েন্সিযুক্ত UV রশ্মি থেকে শক্তি শোষিত হয় এবং যৌগটি বর্ণহীন বা সাদা দেখায়। যেমন AgCl সাদা, কিন্তু AgI হলুদ; $HgCl_2$ সাদা, কিন্তু HgI_2 লাল; $PbCl_2$ সাদা, কিন্তু PbI_2 সোনালি হলুদ হয়ে থাকে।

(৩) ধাতব কার্বনেটের তাপীয় স্থিতি : ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল বেশি হলে তখন কার্বনেট অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়ন দ্বারা বেশি আকৃষ্ট হয়। তখন কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি হ্রাস পায়। ফলে অল্প তাপে কার্বনেট লবণ বিযোজিত হয়ে ধাতব অক্সাইড ও CO_2 উৎপন্ন করে। যেমন–

$$M^{2+} \; \bar{O}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\bar{O} \longrightarrow M^{2+}O^{2-} + O=C=O$$

গ্রুপ-2 এর ধাতব আয়ন (M^{2+}) সমূহের আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন, $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$। তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি তথা কার্বনেট যৌগের গলনাঙ্ক একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে। অর্থাৎ এদের বিযোজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। যেমন—

$BeCO_3 = 100°C$, $MgCO_3 = 350°C$, $CaCO_3 = 547°C$, $SrCO_3 = 778°C$, $BaCO_3 = 998°C$

৩.১৫.৪ মৌলের কর্ণ সম্পর্ক (Diagonal Relationship of the Elements)

পর্যায় সারণির **দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত** বিভিন্ন গ্রুপের মৌলসমূহের কিছু পর্যায়বৃত্ত ধর্ম একই গ্রুপভুক্ত মৌলের চেয়ে পরবর্তী তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত তাদের ডানদিকের মৌলের সাথে অর্থাৎ কোনাকুনিভাবে অবস্থিত মৌলের ধর্মের সাথে অধিকতর মিল দেখা যায়। এ দুটি পর্যায়ের মধ্যে কোনাকুনি অবস্থানের দুটি মৌলের ধর্মের সাদৃশ্যকে মৌলের কর্ণ সম্পর্ক বলে। যেমন,

দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-1 (বা 1A) এর মৌল Li এর সাথে তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-2 (বা 2A) এর মৌল Mg এর ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। অনুরূপভাবে Be এর সাথে Al এবং B এর সাথে Si এর ধর্মে বেশ সাদৃশ্য রয়েছে। তাদেরকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।

গ্রুপসমূহ ⟶	1 (বা 1A)	2 (বা 2A)	13 (বা 3A)	14 (বা 4A)
দ্বিতীয় পর্যায় ⟶	Li	Be	B	C
তৃতীয় পর্যায় ⟶	Na	Mg	Al	S

কর্ণ সম্পর্কিত মৌলসমূহ (Li ও Mg; Be ও Al; B ও Si) এর ধর্মে সাদৃশ্যের কারণ :

MAT 02-03

CamScanner

(১) আয়নিক ব্যাসার্ধ : প্রতি জোড়া মৌলের পরমাণুর আয়নিক ব্যাসার্ধ খুব কাছাকাছি হয়। যেমন–

$Li^+ = 0.068$ nm এবং $Mg^{2+} = 0.078$ nm; $Be^{2+} = 0.034$ nm এবং $Al^{3+} = 0.050$ nm

(২) আয়নীকরণ শক্তি : তাদের আয়নীকরণ শক্তির পরিমাণ প্রায় কাছাকাছি। যেমন, Li ও Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তির মান যথাক্রমে 520 $kJmol^{-1}$ ও 738 $kJmol^{-1}$। Be ও Al এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি যথাক্রমে 899 $kJmol^{-1}$ ও 578 $kJmol^{-1}$।

(৩) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা : তাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব কম। যেমন, Li ও Mg এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 1.0 ও 1.2। Be ও Al এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 1.5 ও 1.5।

(৪) পোলারিকরণ ক্ষমতা : তাদের পোলারিকরণ ক্ষমতা প্রায় সমান হয়।

(৫) আয়নিক চার্জের ঘনত্ব : তাদের আয়নিক চার্জের ঘনত্ব পরস্পরের কাছাকাছি।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৬: নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০১৬]

মৌলসমূহ ⟶	D	E	G	
যোজ্যতা ইলেকট্রন ⟶	$n s^2$	$(n + 1) s^2$	$.(n + 2) s^2$	$n = 2$

(ক) উদ্দীপকের D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি বা আয়নীকরণ বিভব কম কেন; ব্যাখ্যা করো।

(খ) উদ্দীপকের DCO_3, ECO_3, GCO_3 এর মধ্যে কোনটির বিযোজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম; তা বিশ্লেষণ করো।

সমাধান : (ক) D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি কম কেন; এর ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, D হলো ns^2 বা $2s^2$ যোজ্যতা ইলেকট্রনবিশিষ্ট Be(4) পরমাণু এবং G হলো $4s^2$ যোজ্যতা ইলেকট্রন বিশিষ্ট Ca(20) পরমাণু। উভয়েই গ্রুপ-2 এর মৌল। এদের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$Be(4) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2$

$Ca(20) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^0\ 4s^2$

Be বা D হলো ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল এবং Ca বা G হলো ৪র্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল। একই গ্রুপভিত্তিক মৌলের আয়নীকরণ শক্তির সম্পর্ক মতে পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়।

এক্ষেত্রে Be পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরের যোজ্যতা ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস দ্বারা অধিক আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Be পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Be^+ আয়ন তৈরিতে অধিক শক্তি ব্যয় হয়।

অপরদিকে, Ca পরমাণুর ৪র্থ শক্তিস্তরের যোজ্যতা ইলেকট্রন এর নিউক্লিয়াস থেকে অপেক্ষাকৃত দূরে হওয়ায় নিউক্লিয়াস দ্বারা কম আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Ca পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Ca^+ আয়ন তৈরি করতে তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োজন হয়। যেমন,

$Be\ (g) \longrightarrow Be^+(g) + e^-$ $\quad E_i = 899\ kJmol^{-1}$

$Ca\ (g) \longrightarrow Ca^+(g) + e^-$ $\quad E_i = 590\ kJmol^{-1}$

সমাধান (খ) DCO_3, ECO_3 ও GCO_3 এর বিযোজন তাপমাত্রার ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, D হলো Be(4), E হলো Mg(12) এবং G হলো Ca(20)। সুতরাং DCO_3 হলো $BeCO_3$, ECO_3 হলো $MgCO_3$, GCO_3 হলো $CaCO_3$। এক্ষেত্রে Be, Mg ও Ca মৌলগুলো গ্রুপ-2 এর অন্তর্ভুক্ত। গ্রুপ-2 এর ধাতব আয়নসমূহ (Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}) এর আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+}$। তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে

CamScanner

অর্থাৎ এদের বিযোজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। সুতরাং উদ্দীপকের তিনটি ধাতব কার্বনেটের তাপ বিযোজন তাপমাত্রার ক্রম হলো $CaCO_3 > MgCO_3 > BeCO_3$ অর্থাৎ $BeCO_3$ এর বিযোজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম হবে এবং তা হলো 100°C।

$$BeCO_3 \xrightarrow{100°C} BeO + CO_2$$
$$MgCO_3 \xrightarrow{350°C} MgO + CO_2$$
$$CaCO_3 \xrightarrow{547°C} CaO + CO_2$$

ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণিশিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত মূলনীতিসহকারে কাজের ধারা অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ করো।

পরীক্ষা নং-১২

পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড

তারিখ :.....

৩.১৬ পরীক্ষার নাম : পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ-এর পরীক্ষা

মূলনীতি : পানি একটি পোলার সমযোজী যৌগ অণু। অক্সিজেন পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 3.5 এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2.1; উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (3.5 – 2.1) = 1.4, যা 0.5 থেকে 1.9 এর মধ্যে রয়েছে। শর্ত অনুসারে পানি অণু পোলার ($\overset{\delta+}{H_2}O\overset{\delta+}{}$) হয়েছে। তাই সাবানের ঋণাত্মক আয়ন স্টিয়ারেট আয়ন ($C_{17}H_{35}COO^-$) দ্বারা পানি অণু বিকর্ষিত হয় এবং চার্জযুক্ত প্লাস্টিক রড দ্বারা পানি অণু আকৃষ্ট হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৩৫ : পানিতে ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণের পরীক্ষা।

প্রয়োজনীয় উপকরণ : (১) ১টি বড়ো বিকার অথবা বড়ো বাটি ও ১টি ছোটো বিকার, (২) সামান্য পরিমাণ মসলা যেমন মরিচ-গুঁড়া অথবা হলুদ-গুঁড়া, (৩) হ্যান্ড ওয়াশ (তরল সাবান), (৪) দুটি সরু কাঠি বা দেয়াশলাই কাঠি, (৫) পানি।

কাজের ধারা : (১) বড়ো বিকারে বা বড়ো বাটিতে পানি ঢেলে নাও।

(২) ঐ পানির ওপর এক চিমটা হলুদের গুঁড়া অথবা মরিচের গুঁড়া বা উভয়ের গুঁড়া ছড়িয়ে দাও। দেখতে পাবে পানির ওপর মসলার সূক্ষ্ম গুঁড়া পাতলা স্তররূপে ভাসমান আছে। ভারী গুঁড়াগুলো পাত্রের তলায় পড়ে আছে।

(৩) ছোটো বিকারটিতে পানি নিয়ে একটু সাবান গুলিয়ে নাও।

(৪) দুটি ছোটো কাঠির একটির মাথা সাবানের পানিতে ভিজিয়ে নাও এবং বড়ো বিকারে নেয়া মসলার পানিতে ঢোকাও। লক্ষ্য করো মসলার গুঁড়ার পাতলা স্তরে কোনো নড়াচড়া হচ্ছে কী-না।

পর্যবেক্ষণ : এখন সাবানের কাঠি পানিতে ঢোকানোর সাথে সাথে মসলার কণাগুলো দূরে সরে যাচ্ছে। এরপর দ্বিতীয় কাঠিকে বাম হাতে নিয়ে সরাসরি মসলার পানিতে ঢোকাও। এবার মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যায় না। দ্বিতীয় কাঠিটি ডুবানো

অবস্থায় রেখে প্রথম কাঠিটি সাবানের পানিতে ভিজিয়ে আবার মসলার পানিতে ডুবাও। এবার কিন্তু মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যাচ্ছে।

সিদ্ধান্ত : (১) তরল সাবানের ঋণাত্মক আয়নিক অংশ মসলার সূক্ষ্ম কণার সংস্পর্শে থাকা পানির সদৃশ মেরুকে বিকর্ষণ করছে। এতে প্রমাণিত হয় পানি পোলার অণু অর্থাৎ পানি অণুতে আংশিক ধনাত্মক ($\delta+$) ও আংশিক ঋণাত্মক ($\delta-$) ডাইপোল আছে।

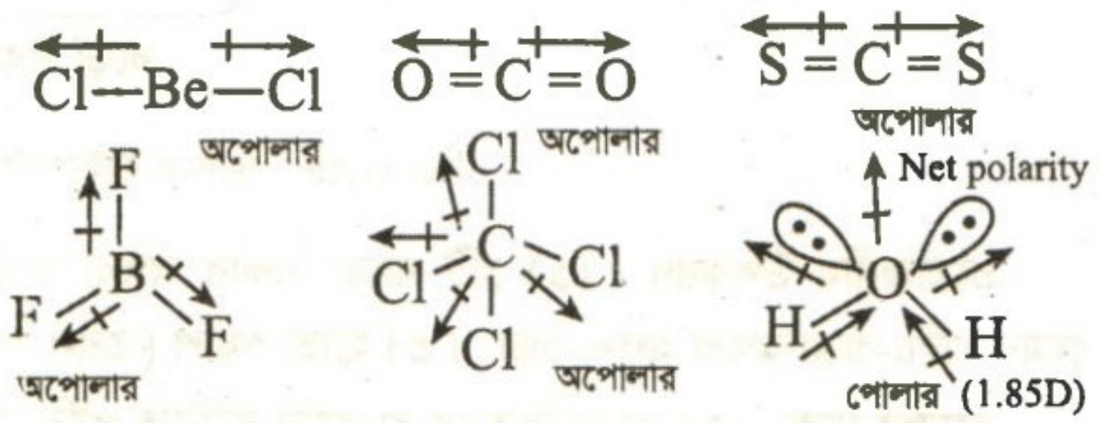
৩.১৬.১ সমযোজী বন্ধন পোলারিটি, আণবিক পোলারিটি ও ডাইপোল মোমেন্ট (Covalent Bond Polarity, Molecular Polarity & Dipole Moment)

সমযোজী বন্ধন পোলারিটি ও আণবিক পোলারিটি—এ শব্দ দুটি ভিন্ন অর্থ ও বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করে :

***বন্ধন পোলারিটি :** সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 – 0.9 হলে বন্ধনটিতে পোলারিটি সৃষ্টি হয়। এ বন্ধন পোলারিটি ঐ অণুর দু প্রান্তে ডাইপোল সৃষ্টি করে। অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুটিতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ ($\delta-$) এবং অপর পরমাণুটিতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\delta+$) সৃষ্টি হয়। তখন অণুটিকে পোলার অণু বলে। যেমন, $\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{Cl}$, $\overset{\delta+}{H_2}\,\overset{\delta+}{O}$। উল্লেখ্য বন্ধন পোলারিটি নির্ভর করে কেবল বন্ধনের উভয় পরমাণুর তড়ি-ঋণাত্মকতার মানের ওপর। পোলার অণুর ডাইপোলকে 'ক্রস চিহ্নযুক্ত তীর ($\longrightarrow$) প্রতীক' দ্বারা ইলেকট্রন চার্জ শিফ্‌ট দেখানো হয়; 'তীরের মুখ' ডাইপোলের ঋণাত্মক মেরু ($\delta-$) এবং 'ক্রস চিহ্নটি' ধনাত্মক মেরু ($\delta+$) প্রান্তকে বোঝায়। বন্ধন পোলারিটি একটি ভেক্টর রাশি (vector), যার মান ও দিক দুটিই থাকে।

***আণবিক পোলারিটি :** দ্বিপরমাণুক অণু যেমন HF, HCl এর একটিমাত্র বন্ধনের বন্ধন পোলারিটিই সমগ্র অণুটিকে পোলার অণু করে থাকে। কিন্তু দু-এর বেশি পরমাণুযুক্ত অণু যেমন H_2O, $BeCl_2$, CO_2, BCl_3, CCl_4, PCl_5 এদের মধ্যে থাকা (১) দু বা ততোধিক বন্ধন পোলারিটিসহ (২) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল (৩) এদের আণবিক গঠন (shape) ও (৪) বন্ধন কোণের ওপর আণবিক পোলারিটি নির্ভর করে। কেবল বন্ধন পোলারিটি এসব অণুকে পোলার অণু করে না; যেমন $BeCl_2$, CO_2, CS_2, BCl_3, CCl_4 ইত্যাদির বন্ধন পোলারিটি থাকা সত্ত্বেও সমগ্র অণুটি অপোলার হয়েছে। কারণ বন্ধন পোলারিটি হলো ভেক্টর রাশি (Vector)। তাই—

(ক) দুটি বন্ধন পোলারিটি বা দুটি ভেক্টর রাশির যোগফল শূন্য হলে আণবিক পোলারিটি শূন্য হয়। অণুর গঠন আকৃতি (১) **সরলরৈখিক** (linear) অথবা (২) **প্রতিসম জ্যামিতিক গঠন** হলে তখন দু বা ততোধিক বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল শূন্য হয় এবং ঐসব অণু অপোলার হয়। যেমন,



(১) রৈখিক অপোলার অণু : $BeCl_2$, CO_2, CS_2

(২) প্রতিসম অপোলার অণু : BF_3, CCl_4, PCl_5

ব্যাখ্যা : রৈখিক অণুর ($BeCl_2$, CO_2) দুটি বন্ধন পোলারিটি পরস্পর 180° কোণে বিপরীতমুখী ভেক্টর রাশি হওয়ায় পরস্পরকে সমতা সাধন (counter balanced) করে। তখন লব্ধি ফল (net result) শূন্য হয়; অপরদিকে প্রতিসম ত্রিভুজাকার BF_3 ও চতুস্তলকীয় CCl_4 এর ক্ষেত্রে যেকোনো দুটি বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল তৃতীয়টি দ্বারা সমতা সাধন হয়। উল্লেখ্য এসব অপোলার অণুর আণবিক পোলারিটি শূন্য হওয়ায় এদের ডাইপোল মোমেন্টও শূন্য হয়।

CamScanner

(খ) **অণুস্থিত দু বা ততোধিক 'বন্ধন পোলারিটির' ভেক্টর যোগফলের লব্ধি (resultant) মান ধনাত্মক** হলে তখন অণুর গঠনে আণবিক পোলারিটি সৃষ্টি হয় এবং অণুটিকে পোলার অণু বলে। যেমন H_2O, NH_3, $CHCl_3$ ইত্যাদি অণুর **আণবিক গঠন অপ্রতিসম** হওয়ায় এদের বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল ধনাত্মক মানযুক্ত হয় এবং এরা পোলার অণু হয়। পোলার অণুর 'আণবিক পোলারিটির' মাত্রা প্রকাশের জন্য পোলার অণুর **'ডাইপোল মোমেন্ট'** নামে ভিন্ন পদ বা term ব্যবহৃত হয়েছে।

*** ডাইপোল মোমেন্ট :** পোলার অণুর 'মোট আণবিক পোলারিটি' (net molecular polarity)-এর মাত্রিক সংখ্যা মানই হলো ঐ যৌগ অণুর ডাইপোল মোমেন্ট। কোনো যৌগের ডাইপোলের যেকোনো প্রান্তের আংশিক তড়িৎ চার্জ (Q) ও ডাইপোলের দূরত্ব (d) এর গুণফলই মাত্রিকভাবে ঐ যৌগের ডাইপোল মোমেন্ট (μ) হয়।

∴ ডাইপোল মোমেন্ট (μ) = Q × d; ডাইপোল মোমেন্টের SI একক হলো কুলম্ব মিটার (C.m); CGS পদ্ধতিতে ডাইপোল মোমেন্টের একক হলো ডিবাই (debyes, D)। এক্ষেত্রে $1D = 3.336 \times 10^{-30}$ কুলম্বমিটার (C.m) অর্থাৎ $1\ C.m = 2.9976 \times 10^{29}$ D. ইলেকট্রিক ফিল্ড পরিবেশে গ্যাসীয় অবস্থায় ডাইপোল মোমেন্ট পরিমাপ করা হয়। কিছু যৌগের নির্ণীত ডাইপোল মোমেন্টের মান সারণিতে দেওয়া হলো।

যৌগ	ডাইপোল মোমেন্ট, D
1. CH_3Cl	1.90
2. H_2O	1.85
3. HF	1.83
4. NH_3	1.47
5. HCl	1.11
6. $CHCl_3$	1.01
7. CCL_4	0
8. CO_2	0

*** ডাইপোল মোমেন্টের প্রয়োগ :** পরীক্ষালব্ধ ডাইপোল মোমেন্ট ও সূত্রভিত্তিক নির্ণীত ডাইপোল মান থেকে পোলার যৌগে **শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য গণনা করা যায়**। এক্ষেত্রে HF ও HCl এর মধ্যে কোন্‌টি বেশি আয়নিক তা নিম্নরূপে গণনা করা হলো।

C.G.S পদ্ধতিতে ডাইপোল মোমেন্ট গণনা : এক্ষেত্রে ডাইপোল অণুকে 100% আয়নিক ধরে অণুর যেকোনো প্রান্তের আংশিক চার্জকে একটি প্রোটনের চার্জের সমান যেমন 4.8×10^{-10} esu এবং HF এর বন্ধন দূরত্ব (d) = 92 pm বা, 92×10^{-10} cm। অপরদিকে HCl এর বন্ধন দূরত্ব হলো 127 pm বা, 127×10^{-10} cm।

HF এর ডাইপোল মোমেন্ট :

$\mu = Q \times d = 4.8 \times 10^{-10} \times 92 \times 10^{-10}$ esu.cm

$= 441.6 \times 10^{-20}$ esu.cm

যেহেতু $1D = 10^{-18}$ esu.cm

$\therefore\ \mu = (441.6 \times 10^{-20})/10^{-18} = 4.416$ D

আবার HF এর পরীক্ষালব্ধ $\mu = 1.83$ D

∴ HF এর অণুর শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য :

$$= \frac{\text{পরীক্ষালব্ধ } \mu \text{ এর মান} \times 100}{\text{সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় নির্ণীত } \mu \text{ এর মান}}$$

$$= \frac{1.83\ D \times 100}{4.416\ D} = 41.44\%$$

HCl এর ডাইপোল মোমেন্ট :

$\mu = Q \times d = 4.8 \times 10^{-10} \times 127 \times 10^{-10}$ esu.cm

$= 609.6 \times 10^{-20}$ esu.cm

যেহেতু $1D = 10^{-18}$ esu.cm

$\therefore\ \mu = (609.6 \times 10^{-20})/10^{-18} = 6.096$ D

আবার HCl এর পরীক্ষালব্ধ $\mu = 1.11$ D

∴ HCl এর অণুর শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য :

$$= \frac{\text{পরীক্ষালব্ধ } \mu \text{ এর মান} \times 100}{\text{সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় নির্ণীত } \mu \text{ এর মান}}$$

$$= \frac{1.11\ D \times 100}{6.096\ D} = 18.21\%$$

সিদ্ধান্ত : HF এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য 41.44% এবং HCl এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য 18.21% হওয়ায় HF অধিক আয়নিক।

*** দ্রষ্টব্য :** ডাইপোল মোমেন্ট গণনা ছাড়াও দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য থেকেও শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য মোটামুটিভাবে জানা যায়। পরমাণুগুলোর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত বেশি হবে সেই যৌগে শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি হবে; অনুচ্ছেদ ৩.১৫ এর শেষে সারণি দ্রষ্টব্য।

৩.১৭ ভ্যানডার ওয়াল্‌স বল : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল
Vander Waals Force : Inter-Molecular Force

আমরা জানি, রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা আন্তঃপারমাণবিক আকর্ষণ বল (Bonding forces) ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল—এ উভয় প্রকার বলের প্রকৃতি হলো বিপরীত চার্জের স্থিরবৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল। বন্ধন শক্তি হলো— (১) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে আকর্ষণ (আয়নিক বন্ধনে), (২) নিউক্লিয়াসদ্বয় ও ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে আকর্ষণ (সমযোজী বন্ধনে) অথবা (৩) ধাতুর ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রনের মধ্যে আকর্ষণ (ধাতব বন্ধনে)।

অপরদিকে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অণুসমূহের মধ্যে আংশিক চার্জ সৃষ্টির কারণে অথবা আয়ন ও অণুর মধ্যে আকর্ষণের কারণে উদ্ভব ঘটে। এ উভয় প্রকার বল মূলত আকর্ষণ শক্তির মাত্রায় ভিন্ন হয় মাত্র।

ভ্যানডার ওয়াল্‌স বলের সংজ্ঞা : রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা অন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (intra molecular force) ছাড়া অণুসমূহের মধ্যে যত প্রকার কার্যকর বল রয়েছে তাদেরকে একত্রে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বা সাধারণভাবে **ভ্যানডার ওয়াল্‌স বলও** বলা হয়। তবে **অপোলার সমযোজী অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে ভ্যানডার ওয়াল্‌স আকর্ষণ** বল বলা হয়।

নন্‌বন্ডিং আন্তঃআণবিক বল নিম্নোক্ত শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন–(১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, (২) হাইড্রোজেন বন্ধন, (৩) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ, (৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৬) লন্ডন বল বা বিস্তারণ (dispersion) বল। নিচের সারণিতে বন্ডিং ও নন্-বন্ডিং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা দেখানো হলো :

সারণি-৩.৭ : বন্ডিং ও নন্‌বন্ডিং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা :

কার্যকর আকর্ষণ শক্তি	বন্ধনের ভিত্তি	শক্তির মাত্রা kJ/mol	উদাহরণ
বন্ডিং-এর বেলায় :			
(১) আয়নিক বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন :	400 – 4000	NaCl এর কেলাসে।
(২) সমযোজী বন্ধন :	নিউক্লিয়াসদ্বয় ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল :	150 – 1100	H–H অণুতে।
(৩) ধাতব বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রন :	75 – 1000	Fe ও ধাতুসমূহে।
নন্‌বন্ডিং-এর বেলায় :			
(১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ :	আয়ন চার্জ ও ডাইপোল চার্জ	10 – 50	$Na^+ \cdots \delta- O(H^{\delta+})(H^{\delta+})$
(২) H–বন্ধন (পোলার অণু) [N. O. F যৌগসমূহে]	পোলার বন্ড ও H-ডাইপোল চার্জ	10 – 40	$H^{\delta+}-O^{\delta-}\cdots H^{\delta+}-O^{\delta-}$ (H–bonded)
(৩) ডাইপোল-ডাইপোল	ডাইপোল চার্জসমূহ	3 – 4	$Cl^{\delta+}-I^{\delta+}\cdots Cl^{\delta+}-I^{\delta+}$
(৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল	আয়নের চার্জসমূহ ও পোলারাইজ e^- মেঘ	3 – 15	$Fe^{2+} \cdots O_2$
(৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল	ডাইপোল চার্জ ও পোলারাইজ e^- মেঘ	2 – 10	$Cl^{\delta+}-I^{\delta+}\cdots Cl-Cl$
(৬) লন্ডন বল বা বিস্তারণ বল	পোলারাইজযোগ্য e^- মেঘ	1 – 10	F–F……F–F

ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল উৎস অনুসারে দু শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন, (ক) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (খ) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল।

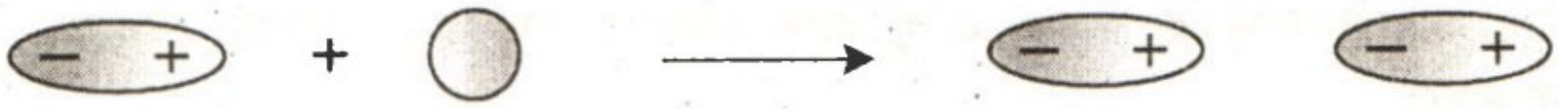
আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ : যখন একটি আয়ন ও পোলার তরল নিকটে আসে, তখন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণের উদ্ভব ঘটে। যেমন পানিতে Na^+ আয়ন ও পানি অণুর ঋণাত্মক প্রান্ত অক্সিজেন পরমাণুর মধ্যে এবং অপরদিকে Cl^- আয়ন ও পানি অণুর ধনাত্মক প্রান্ত H-পরমাণুর মধ্যে আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ সৃষ্টি হয়। এ আকর্ষণ বলের পরিমাণ (E) নির্ভর করে—

(i) আয়নের চার্জ (z), (ii) পোলার অণুর ডাইপোল মোমেন্ট (μ) এবং (iii) আয়ন ও ডাইপোলের মধ্যবর্তী দূরত্ব (r) এর বর্গের ব্যস্তানুপাতিক হারে : $E \alpha \mu z/r^2$. আবার ডাইপোল মোমেন্ট, $\mu = Q \times r$; এক্ষেত্রে Q = ইলেকট্রনের চার্জ 1.6×10^{-19} C, r = বিপরীত চার্জের দূরত্ব মিটার এককে। ডাইপোল মোমেন্ট (μ) এর একক হলো ডিবাই (D) : $1D = 3.336 \times 10^{-30}$ coulomb meters (C.m)। **পোলার অণুতে পোলারিটির পরিমাণগত মাত্রাকে ডাইপোল মোমেন্ট (μ) বলে, যা বিপরীত চার্জের দূরত্ব (r) ও চার্জের মাত্রার (Q) গুণফলের সমান; $\mu = Q \times r$**

(২) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ : অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলদ্বয়ের মধ্যে সৃষ্ট সমযোজী যৌগ অণুতে সৃষ্ট ভিন্ন চার্জ বা মেরুকে **ডাইপোল** বলে। ডাইপোল দু প্রকার। যেমন, (i) স্থায়ী ডাইপোল ও (ii) অস্থায়ী ডাইপোল। স্থায়ী ডাইপোলার অণু হলো HCl, H_2O, NH_3। MAT

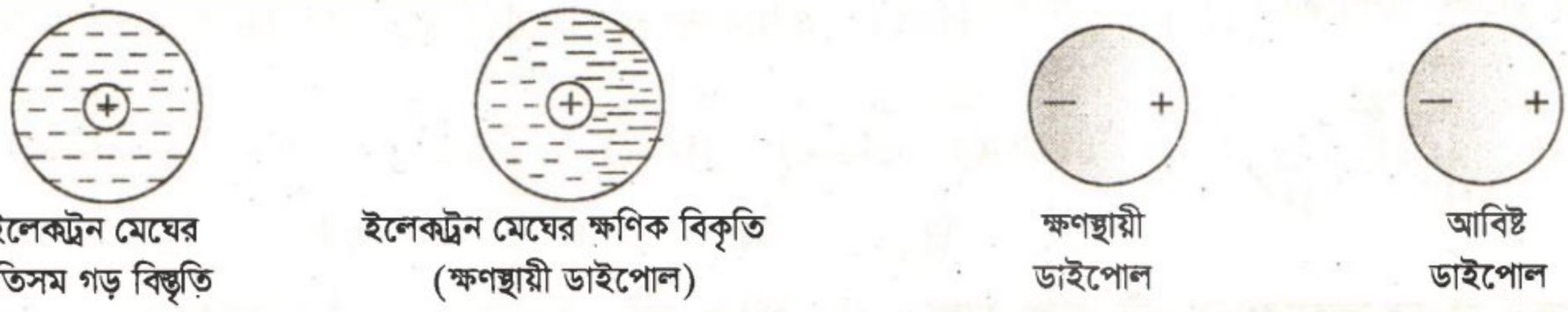
ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণকে অনেক সময় স্থিতিশীল ডাইপোল-স্থিতিশীল ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয় এবং এ আকর্ষণ কেবল পোলার অণুর বেলায় ঘটে।

(৩) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ : যখন কোনো অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ বৃহৎ স্থান দখল করে থাকে (diffuse) এবং আরেকটি অণু বা আয়নের একটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত প্রান্ত তার নিকটে আসে, তখন প্রথম অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ সেদিকে আকৃষ্ট হয় এবং ফলে সেদিকে আংশিক ঋণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এর ফলে অন্য প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এভাবে আবিষ্ট চার্জ সৃষ্টি হওয়াকে পোলারায়ন (polarisation) বলা হয়।



চিত্র-৩.৩৬ : স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ সৃষ্টি।

(৪) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল : বিস্তারণ বলকে ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয়। এটি সব ধরনের অপোলার অণু ও পরমাণুর বেলায় কার্যকর। তবে একটি পরমাণু বা অণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা যত বেশি হয় এবং বহিস্থ ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ যত কম হয়, ততই বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল বাড়ে। পদার্থবিদ Fritz London এর নামানুসারে এরূপ নামকরণ। ফ্রিজ লন্ডন (১৯৩০ খ্রিষ্টাব্দে) সর্বপ্রথম noble gas পরমাণু (যেমন He, Ne, Ar ইত্যাদির পরমাণু) সমূহ পরস্পর কেন আকৃষ্ট থাকে, তা বিস্তারণ বল দ্বারা ব্যাখ্যা করেন।



চিত্র-৩.৩৭ : বিস্তারণ বলের সৃষ্টি।

যেকোনো অণু বা পরমাণুতে দ্রুত ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনসমূহের বিস্তারণ যেকোনো মুহূর্তে সব অবস্থানে সমভাবে হতে পারে না। নিউক্লিয়াসের কোনো একটি অংশে ইলেকট্রন মেঘ-এর ঘনত্ব বেশি হবে, অর্থাৎ ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক বিকৃতি ঘটে

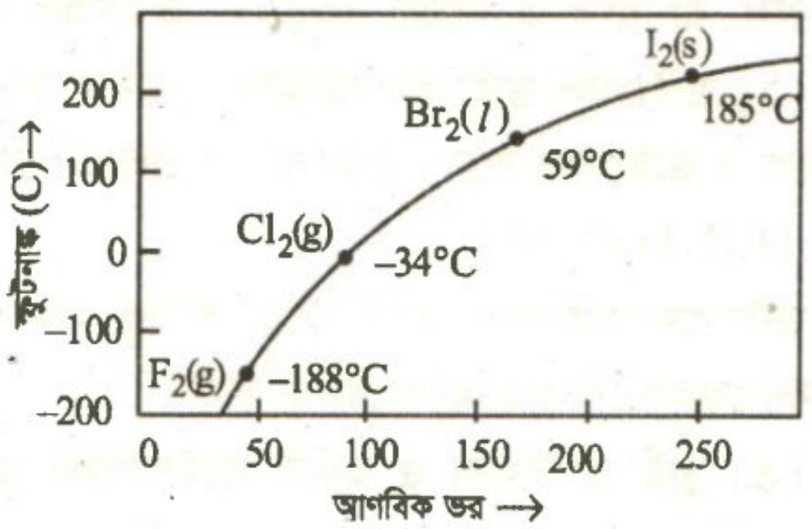
এবং সে স্থানে আংশিক ঋণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়, যা খুবই ক্ষণস্থায়ী। একই সাথে অন্যত্র ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পায়, সেখানে ক্ষণস্থায়ী আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়।

বিস্তারণ বল বা লন্ডন বলের সংজ্ঞা : কোনো অপোলার অণু বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক অসম বিস্তৃতি বা ক্ষণিক বিকৃতির কারণে সৃষ্ট 'ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল' প্রভাবিত নিকটতম অণু বা পরমাণুসমূহে যে আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি হয়, সে সব 'আবিষ্ট ডাইপোল' এর আকর্ষণ বলকে **বিস্তারণ বল বা লন্ডন** বল বলে। লন্ডন বিস্তারণ বল হলো সবচেয়ে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল; যা 1—10 $kJ\ mol^{-1}$ হয়ে থাকে।

বিস্তারণ বলের প্রভাব : অপোলার অণুতে বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃত হওয়ার ক্ষমতাকে **পোলারায়ন ক্ষমতা** বলা হয়। যে অণু বা পরমাণু সার্বিকভাবে পুরোপুরি অপোলার তাতেও সর্বদা ক্ষণস্থায়ী ডাইপোলের সৃষ্টি হয়। এর ফলে নিকটস্থ আরেকটি অণু বা পরমাণুতেও আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি এবং এদের মধ্যে আকর্ষণের সৃষ্টি হয়। এরূপ ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোলের সৃষ্টি ও আকর্ষণকে বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল বলে। এরূপে বিস্তারণ বল অণু বা পরমাণুতে সব সময় ঘটতে থাকে।

(১) হ্যালোজেন সদস্যদের গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন ভৌত অবস্থা বিস্তারণ বল প্রভাবিত হয়।

(২) বিস্তারণ বলের প্রভাবে ন্যানো স্কেলের সূক্ষ্ম গুঁড়া সাসপেনশন তৈরি করে; যেমন গোল্ড সাসপেনশন।



চিত্র-৩.৩৭(ক) : হ্যালোজেনসমূহের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন

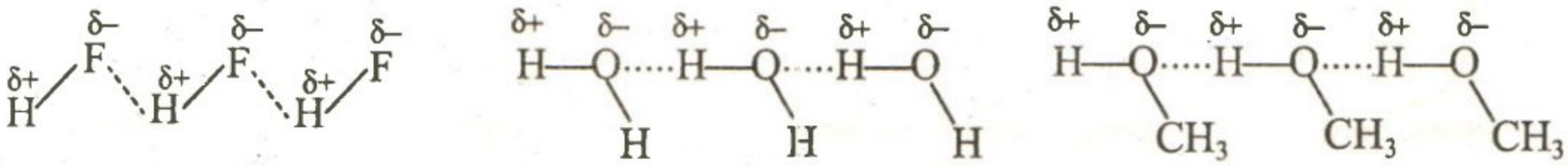
হ্যালোজেনের ভৌত অবস্থার ওপর বিস্তারণ বলের প্রভাব : হ্যালোজেন অণুসমূহের আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে ইলেকট্রন সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। ফলে বিস্তারণ বলজনিত অণুতে পোলারায়ন ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়। তাই এদের ভৌত অবস্থা গ্যাস থেকে তরল ও শেষে আয়োডিন কঠিন অবস্থা লাভ করে। আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বৃদ্ধিসহ ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। তাই হ্যালোজেন সদস্যসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কে ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি ঘটে। ওপরের লেখচিত্রে এদের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

৩.১৮ হাইড্রোজেন বন্ধন

Hydrogen Bond

সংজ্ঞা : হাইড্রোজেন পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল যুক্ত অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক ছোটো আকারের পরমাণু যেমন N, O এবং F; এর মধ্যে সৃষ্ট H—N, H—O, H—F বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। ফলে H-পরমাণুর ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক হ্রাস পায়। **এরূপ পোলার অণুসমূহের মধ্যে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তে নতুনভাবে এক আকর্ষণ বল সৃষ্টি হয়, তাকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে।** H-বন্ধনকে ডট্ ডট্ "...." চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড $\begin{pmatrix}\delta+ & \delta-\\ H & F\end{pmatrix}$, পানি $\begin{pmatrix}\delta+ & \delta-\\ H_2 & O\end{pmatrix}$ ও মিথানল (CH_3OH) অণুর মধ্যে H–বন্ধন ঘটে। যেমন,



H-বন্ধন গঠনের অত্যাবশ্যক দুটি কারণ হলো— (১) অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক ও ছোটো আকারের N,O,F এর সাথে H-পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের অধিক পোলারায়ন ঘটে। (২) ছোটো আকারের N,O,F পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল H-পরমাণুর নিকটে এসে দুর্বল H-বন্ধন করতে পারে।

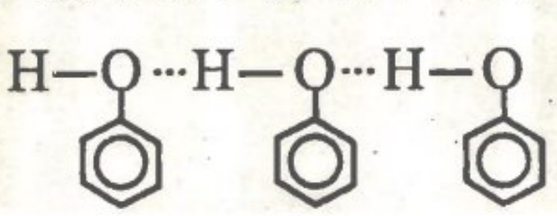
* H-বন্ধনের শক্তিক্রম হলো H .... F > H ....O > H .... N

* একটি HF অণু অপর দুটি HF অণুর সাথে H-বন্ধন দ্বারা ট্রাইমার গঠন করতে পারে। তাই HF এর স্ফুটনাঙ্ক হলো 19.5°C। একটি H_2O অণুর সাথে অপর চারটি H_2O অণুর H-বন্ধন ঘটে; তাই H_2O এর স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়।
* অর্থাৎ একটি HF অণুকে মুক্ত করতে দুটি H-বন্ধন ভাঙ্গতে হয় এবং এজন্য যে তাপশক্তি প্রয়োজন হয়; এর তুলনায় একটি H_2O অণুকে মুক্ত করতে চারটি H-বন্ধন ভাঙার প্রয়োজন হয় এবং তাপশক্তি HF এর তুলনায় প্রায় দ্বিগুণ ব্যয়িত হয়। এজন্য পানির (H_2O এর) স্ফুটনাঙ্ক HF এর স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে বেশি। কক্ষতাপমাত্রায় বা 25°C তাপমাত্রায় পানি তরল; কিন্তু HF গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

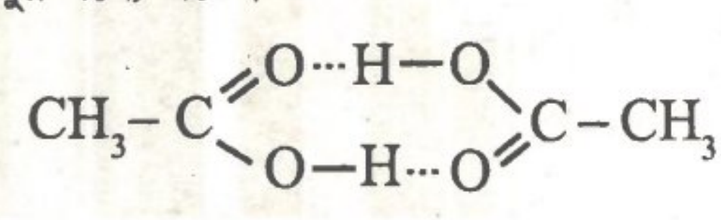
H-বন্ধন দু'প্রকার— যেমন আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ও অন্তঃআণবিক H-বন্ধন।

১। আন্তঃআণবিক H-বন্ধন পাশাপাশি দুটি বা বহু অণুর মধ্যে ঘটতে থাকে। (১) যেমন HF, H_2O, অ্যালকোহল (CH_3OH) ও ফেনল (C_6H_5OH) ইত্যাদির মধ্যে ঘটে। কিন্তু (২) মিথানোয়িক এসিড বা ফরমিক এসিড (H-COOH) ও অ্যাসিটিক এসিড (CH_3COOH) এর দুটি অণুর দুটি –COOH গ্রুপের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি করে **ডাইমার অণু** গঠিত হয়।

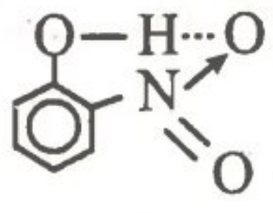
২। অন্তঃআণবিক H-বন্ধন একই অণুর দুটি ভিন্ন মূলকের মধ্যে ঘটে বলয় সৃষ্টি করে। যেমন— (১) অর্থোনাইট্রো ফেনলের –OH ও $–NO_2$ গ্রুপের মধ্যে এবং (২) স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড বা অর্থো হাইড্রোক্সি বেনজ্যালডিহাইডের –OH ও –CHO গ্রুপের মধ্যে বলয় সৃষ্টি হয়। একইভাবে (৩) স্যালিসাইলিক এসিড বা অর্থো হাইড্রক্সি বেনজয়িক এসিডের মধ্যে অন্তঃআণবিক H বন্ধন একই অণুর মধ্যে ঘটে।



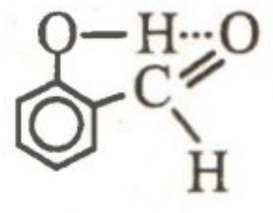
ফেনলে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন



অ্যাসিটিক এসিডের H-বন্ধনে ডাইমার

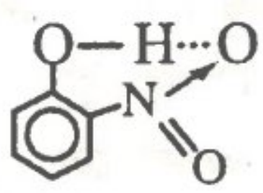


অন্তঃআণবিক H-বন্ধন অর্থো নাইট্রোফেনলে

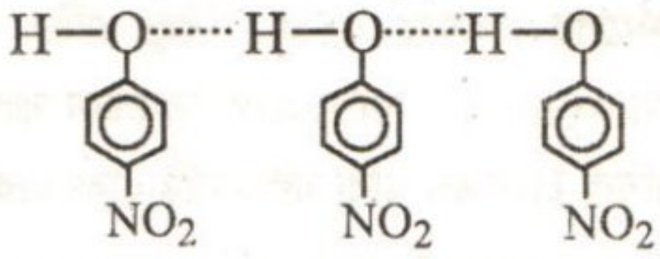


অন্তঃআণবিক H-বন্ধন অর্থোহাইড্রক্সি বেনজ্যালডিহাইডে

* অর্থোনাইট্রো ফেনলের মধ্যে একই অণুতে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি হয়। তখন এসব অণু একক অণুরূপে থাকে। অপরদিকে প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহের পাশাপাশি দুটি –OH মূলকের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন গঠন সম্ভব হয়। তখন প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহ গুচ্ছ অণুরূপে থাকে। তাই প্যারানাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙার জন্য কিছু তাপ-শক্তি প্রয়োজন হয়। অর্থো নাইট্রোফেনলের গলনাঙ্ক কম হয়।



অর্থোনাইট্রো ফেনলে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)



প্যারা নাইট্রো ফেনলে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)

ফলে প্যারা নাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক অর্থোনাইট্রোফেনলের গলনাঙ্ক থেকে বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙ্গতে কিছু তাপশক্তি ব্যয়িত হয়। অর্থোনাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্কের বেলায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধনের কোনো প্রভাব নেই।

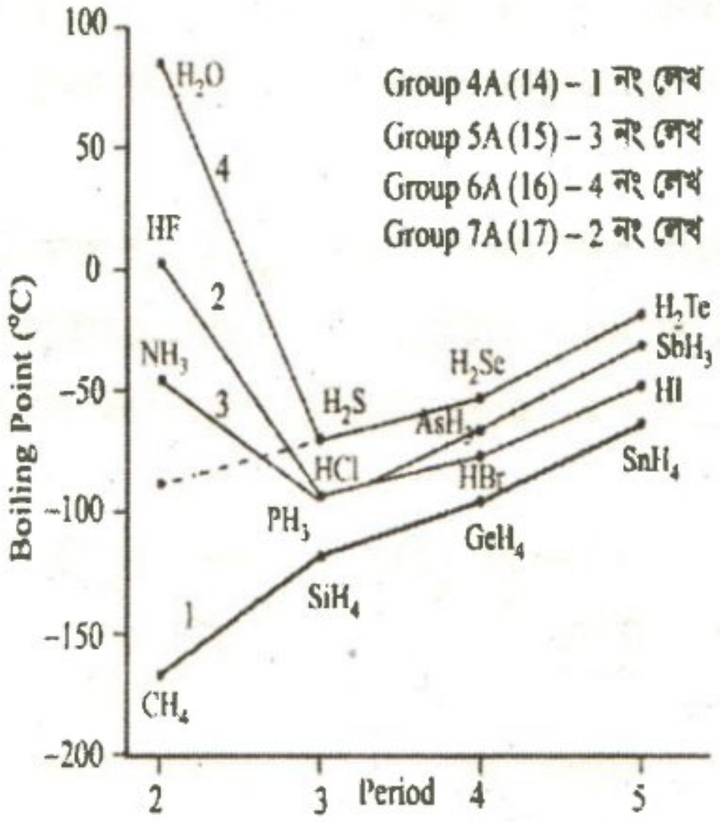
যৌগের ভৌতধর্মের ওপর H-বন্ধনের প্রভাব : গ্রুপভিত্তিক মৌলসমূহের হাইড্রাইডের ভৌতধর্ম (ভৌত অবস্থা, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক) এর ওপর H-বন্ধনের ব্যতিক্রমধর্মী প্রভাব রয়েছে। সাধারণত একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকের মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক এদের মোলার ভর বৃদ্ধির সাথে ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। এর কারণ অণুসমূহের মোলার

RMDAC

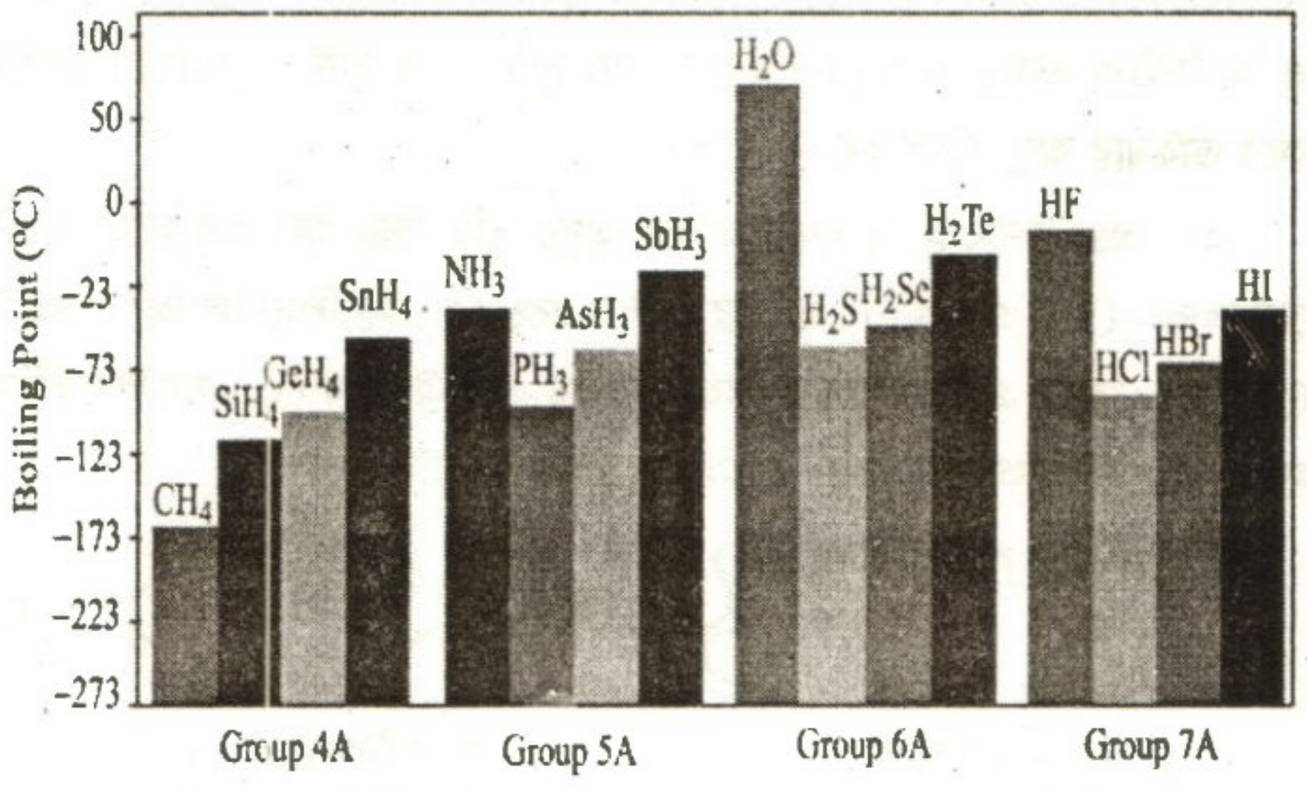
ভর বৃদ্ধির সাথে এদের লন্ডন বল বা বিস্তারণ বল বৃদ্ধি পায়। গ্রুপ-14(4A) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডে তা সুস্পষ্ট [চিত্র ৩.৩৮]; $CH_4 < SiH_4 < GeH_4 < SnH_4$।

কিন্তু গ্রুপ 15(5A), 16(6A), 17(7A) এর প্রথম মৌল যথাক্রমে N, O ও F এর হাইড্রাইড যেমন, NH_3, H_2O ও HF এর বেলায় ব্যতিক্রম দেখা যায়। এর কারণ এসব হাইড্রাইডের অণুসমূহের মধ্যে কার্যকর আন্তঃআণবিক H-বন্ধন থাকায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। ফলে NH_3, H_2O ও HF এর স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক একই গ্রুপের অন্যসব হাইড্রাইডের তুলনায় বেশি হয়ে থাকে, (চিত্র-৩.৩৯)।

বিশেষত গ্রুপ-6A(16) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডের লেখচিত্র ও কলাম গ্রাফ থেকে জানা যায় H_2S এর স্ফুটনাঙ্ক হলো – 60.7°C এবং **H_2S হলো গ্যাস; কিন্তু H_2O হলো তরল** এর স্ফুটনাঙ্ক হলো 100°C। গ্রুপ-6A(16) এর হাইড্রাইডের বর্ধিত লেখ (ডেশ লাইন) থেকে সুস্পষ্ট যে, H_2O এর মধ্যে যদি H-বন্ধন না থাকতো, তবে পানির বর্তমান স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 200°C হ্রাস পেয়ে প্রায় –100°C এর কাছাকাছি হতো।



চিত্র-৩.৩৮ : গ্রুপ-4A(14) – 7A(17) মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক বনাম পর্যায় নম্বর লেখচিত্র



চিত্র-৩.৩৯ : গ্রুপ-4A(14) – 7A(17) মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক বনাম গ্রুপ নম্বর কলাম গ্রাফ

অনুরূপভাবে, অন্তঃআণবিক H-বন্ধনের কারণে একই অ্যারোমেটিক জৈব অণুর মধ্যে নতুন রিং (ring) বা বলয় সৃষ্টি হয়, একে H-বন্ধনের **কিলেশন** (chelation উচ্চারণ key-lation) বলে। এর ফলে জৈব অ্যারোমেটিক যৌগের অর্থো সমাণুর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক থেকে কম হয়। যেমন,

অর্থোনাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক 45°C, কিন্তু এটির **প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক** 114°C হয়। এর কারণ হলো অর্থো নাইট্রোফেনলের বেলায় –OH ও $–NO_2$ গ্রুপ বেনজিন বলয়ে খুব নিকটে দুটি C-পরমাণুতে 1 ঃ 2 অবস্থানে থাকায় উভয় গ্রুপের মধ্যে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি এবং একক অণুরূপে থাকে। অপরদিকে,

প্যারা নাইট্রোফেনলের অণুতে –OH ও $–NO_2$ গ্রুপ বেনজিন বলয়ে সবচেয়ে দূরে 1 ঃ 4 অবস্থানে থাকায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধন ঘটা সম্ভব হয় না; বরঞ্চ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বহুসংখ্যক অণু পরস্পরের সাথে 'সংবদ্ধ' (associated) থাকে। তাই এর অর্থো-সমাণুর তুলনায় প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক (114°C) ও স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়।

H-বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের তুলনা : হাইড্রোজেন বন্ধন স্থির বৈদ্যুতিক প্রকৃতির এবং দুর্বল প্রকৃতির বন্ধন। হাইড্রোজেন বন্ধনশক্তি সাধারণত 10 – 40 $kJmol^{-1}$ অপেক্ষা বেশি হয় না। সমযোজী বন্ধনসমূহ বহুগুণ বেশি শক্তিশালী (সাধারণত 150 – 1100 $kJmol^{-1}$)। H-বন্ধনের উপস্থিতির ফলে সমযোজী যৌগের ধর্মে বিশেষ পরিবর্তন ঘটে। তাই যৌগের ধর্ম নির্ণয়ে ও ব্যাখ্যায় এটি বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ।

CamScanner

H–বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস্ বলের তুলনা : H–বন্ধনশক্তি অবস্থাভেদে প্রায় 10 – 40 $kJmol^{-1}$ পর্যন্ত হয়। অপরদিকে অন্যান্য ননবন্ডিং ভ্যানডার ওয়ালস্ বল যেমন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ বল 10 – 50 $kJmol^{-1}$ এবং বিভিন্ন প্রকার ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ বল 2 – 10 $kJmol^{-1}$; বিস্তারণ বলের মান 1 – 10 $kJmol^{-1}$ পর্যন্ত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

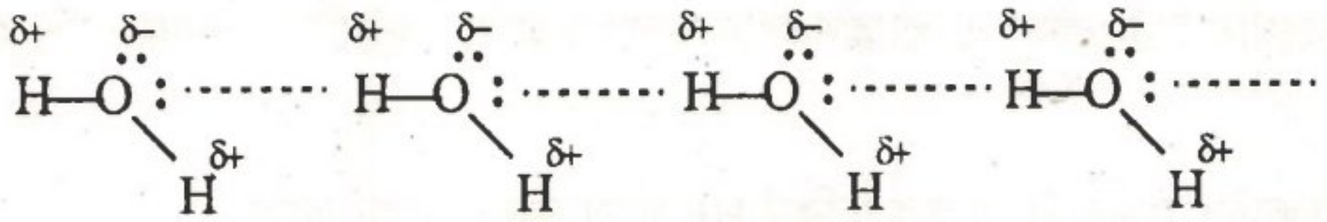
৩.১৯ H_2O এবং H_2S এর বন্ধন, H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলের তুলনা
Comparison Among Bonds in H_2O, H_2S, H-Bond and Vander Waals' force

নিম্নোক্ত তিনটি বিষয়ের ভিত্তিতে তুলনা করতে হবে। যেমন—

(১) H_2O এবং H_2S হলো গ্রুপ-16 এর মৌল O এবং S এর হাইড্রাইড। গ্রুপভিত্তিক উভয় হাইড্রাইডের ধর্মে মিল থাকার কথা। (২) **বাস্তবে H_2O তরল; কিন্তু H_2S হলো গ্যাস**। এর কারণ উভয়ের মধ্যে কেবল H_2O অণুতে H-বন্ধন ঘটে। (৩) এছাড়া আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলরূপে H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলের মধ্যে পার্থক্য উভয় যৌগের ভৌত অবস্থার নিয়ামকরূপে কাজ করে।

পানি অণু (H_2O) হলো পোলার; কিন্তু H_2S হলো অপোলার। এর কারণ, O ও H এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (3.5 – 2.1) = 1.4, যা সমযোজী পোলার অণু গঠনের শর্ত পূরণ করে। কিন্তু S ও H এর মধ্যে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (2.5 – 2.1) = 0.4, যা অপোলার সমযোজী অণুর শর্ত পূরণ করে। তাই পোলার H_2O অণুসমূহের মধ্যে H-বন্ধন গঠন সম্ভব। অপোলার H_2S অণুর মধ্যে H-বন্ধন সম্ভব নয়।

হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিত থাকার ফলে H_2O অণুসমূহ পরস্পরকে আকৃষ্ট করে সংবদ্ধ বা গুচ্ছ অণু $(H_2O)_n$ আকারে রাখে। ফলে H_2O তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়। তরল পানিতে তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে প্রতি H_2O এর সাথে ২টি বা ৩টি গড়ে ৩.৪টি H-বন্ধন সাধারণত থাকে। H-বন্ধন গঠন ও ভাঙ্গন অনবরত চলতে থাকে। ফলে পানির প্রবাহ ধর্ম বজায় থাকে। কিন্তু 0°C-এ কেলাসাকার বরফে প্রতিটি H_2O অণুতে সর্বাধিক ৪টি করে H-বন্ধন দ্বারা ষড়ভুজীয় বলয় সৃষ্টি হয়ে থাকে। অপরদিকে H_2S পৃথক একক অণুরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। H_2S অণুগুলোর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল থাকে। এর পরিমাণ হলো 1 – 10 kJ/mol মাত্র।

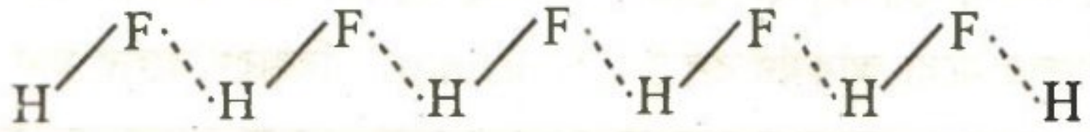


চিত্র-৩.৪০ : পানি অণুর মধ্যে H-বন্ধন

আবার H-বন্ধন শক্তির পরিমাণ ভ্যানডার ওয়ালস বলের তুলনায় বেশি। H-বন্ধন শক্তি পোলারিটির মাত্রাভেদে 10 – 40 kJ/mol হয়। HF এর বেলায় H-বন্ধন শক্তি সর্বাধিক হয় এবং এরপর তা H_2O এর বেলায় প্রযোজ্য।

HCl, HBr, HI সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় দ্বিপরমাণুক অণু হিসেবে থাকলেও HF অণুসমূহ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা সংযোজিত গুচ্ছ অণু $(HF)_n$ রূপে (associated) থাকে এবং HF এর স্ফুটনাঙ্ক 19.5°C হয়। অর্থাৎ **19.5°C নিচে HF তরল অবস্থায়** এবং কক্ষতাপমাত্রায় (25°C) গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। গ্যাসীয় অবস্থায় HF অণুগুলো একক অণু HF রূপে থাকে। তরল অবস্থায় HF অণুগুলোর মধ্যে একটি বা, দুটি H-বন্ধন দ্বারা গুচ্ছ অণু গঠন করে। **কঠিন অবস্থায় HF অণুগুলোর মধ্যে গড়ে সর্বাধিক ২টি H-বন্ধন থাকতে পারে**। HF অণুতে একটি H পরমাণু এবং F পরমাণুতে তিনটি করে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলেও F পরমাণুটি আকারে সবচেয়ে ছোটো হওয়ায়; একক H-বন্ধন দ্বারা গঠিত গুচ্ছ HF অণুর শিকলের F পরমাণুর নিকটে প্রয়োজনীয় সংখ্যক HF অণুর H-পরমাণু H-বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় সন্নিকটে পৌঁছতে পারে

না। তাই HF অণুগুলোর মধ্যে তরল অবস্থায় সাধারণত একটি H-বন্ধন দ্বারা গুচ্ছ HF অণুর শিকল $(HF)_n$ গঠিত হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৪০(ক) : একক H-বন্ধন দ্বারা HF অণুগুলোর শিকল $(HF)_n$ গঠন

পানির প্রতিটি H_2O অণুতে গড়ে ৩.৪টি করে H-বন্ধন থাকায় পানিকে অধিক তাপ প্রয়োগ করে ঐ সব H-বন্ধন ভাঙ্গতে হয়; এতে অধিক তাপশক্তি ব্যয় হয়। তাই পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়। অপরদিকে, তরল HF অণুসমূহ একক H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ থাকায় ঐ H-বন্ধন ভাঙ্গতে অল্প তাপশক্তি ব্যয় হয়। তাই তরল $(HF)_n$ এর স্ফুটনাঙ্ক 19.5°C হয়; কিন্তু পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৭ : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল শনাক্তকরণভিত্তিক : নিম্নোক্ত পদার্থে উপস্থিত আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে শ্রেণিগতভাবে শনাক্ত করো : (ক) HCl, (খ) CH_3CH_3, (গ) CH_3NH_2, (ঘ) Kr।

দক্ষতা (Strategy) : প্রত্যেকের আণবিক গঠন জেনে আন্তঃআণবিক বল শনাক্ত করো। সব প্রকারের অণুর মধ্যে থাকে—বিস্তারণ বল; পোলার অণুর মধ্যে থাকে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং O–H, N–H ও H–F এর মধ্যে থাকে H-বন্ধন।

সমাধান : (ক) HCl হলো পোলার অণু; কিন্তু H-বন্ধন করতে পারে না। এটির অণুতে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং বিস্তারণ বল থাকে।

(খ) CH_3CH_3 হলো অপোলার; এর অণুতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

(গ) CH_3NH_2 হলো পোলার অণু; এর অণুতে H-বন্ধন, ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল ও বিস্তারণ বল থাকে।

(ঘ) Kr হলো অপোলার; এতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

শিক্ষার্থী নিজে করো-৩.১৬ : H-বন্ধনভিত্তিক সমস্যা :

প্রশ্ন-৩.৩৪। হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [ঢা. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৫। H_2O তরল, কিন্তু H_2S গ্যাস; এর কারণ ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৬; য. বো ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(ক)। কক্ষতাপমাত্রায় H_2O ও CO_2 এর ভৌত অবস্থা ভিন্ন কেন—ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(খ)। অর্থোনাইট্রোফেনল ও প্যারানাইট্রোফেনলের মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক বেশি হবে ও কেন তা ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩৬(গ)। কক্ষতাপমাত্রায় H_2O তরল; কিন্তু HF গ্যাস কেন; ব্যাখ্যা করো।

অথবা, HF এর স্ফুটনাঙ্ক (19.5°C) পানির স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে কম কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৩৭ : CCl_4, Cl_2, Ar ও HNO_3 এর মধ্যে—

(ক) কোন্‌টির সবচেয়ে বেশি ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল রয়েছে?

(খ) কোন্‌টির সবচেয়ে বেশি H-বন্ধন আকর্ষণ বল আছে?

(গ) কোন্‌টিতে সবচেয়ে কম বিস্তারণ বল থাকে?

সমস্যা-৩.৩৮ : নিম্নোক্ত অণুতে কোন্ প্রকারের আন্তঃআণবিক বল কার্যকর আছে? এর ভিত্তিতে এদের স্ফুটনাঙ্কের ক্রমবৃদ্ধি দেখাও : (ক) H_2S (34 amu), (খ) CH_3OH (32 amu), (গ) C_2H_6 (30 amu), (ঘ) Ar (40 amu).

CamScanner

৩.২০ হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব

Importance of H-bond

তোমরা কী জানো এ H–বন্ধন বায়োলজিকেল সিস্টেমকে কীভাবে প্রভাবিত করে জীবজগতের টিকে থাকার জন্য অনন্য ভূমিকা পালন করে চলেছে। তিনটি প্রধান বায়োঅণু যেমন প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড (DNA, RNA) ও কার্বোহাইড্রেট যৌগসমূহে H-বন্ধনের প্রধান ভূমিকা রয়েছে, (যা তোমরা উচ্চতর শ্রেণিতে অধিক জানতে পারবে।) নিচে কিছু H-বন্ধনের গুরুত্ব উল্লেখ করা হলো।

(i) আমাদের দেহের ভরের 70% হলো পানি। তরল পানি ছাড়া প্রাণীর দেহ গঠন ও রক্ষা অসম্ভব। আর H–বন্ধনের কারণেই পানি তরল অবস্থা লাভ করেছে।

(ii) আমাদের দেহে শক্তিদায়ক প্রধান খাদ্য হলো কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন। প্রথম যৌগে O এবং ২য় যৌগে O,N, ইত্যাদি তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু রয়েছে। তাই এদের অণুতে H-বন্ধন বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

(iii) প্রাণিদেহের বিভিন্ন তন্ত্র যেমন চর্ম, অস্থি, টিস্যু, রক্ত, চুল ইত্যাদির প্রোটিন গঠনে H-বন্ধনের ভূমিকা বর্তমান। প্রতিটি কোষের DNA ও RNA তে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা। বায়োকেমিস্ট্রির আলোচিত বায়োঅণুসমূহের আণবিক গঠনভিত্তিক ধর্ম যেমন টারসিয়ারি প্রোটিনভুক্ত এনজাইমের ও হরমোনসমূহের ভূমিকা এদের গঠনের ওপর নির্ভরশীল, যা H-বন্ধন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব

শিখনফল : জীবজগতে টিকে থাকার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

জীবজগৎ বলতে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতকে বোঝায়। এ পরিমণ্ডল বিবেচনায় রেখে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব আলোচনা করতে হবে। যেমন—

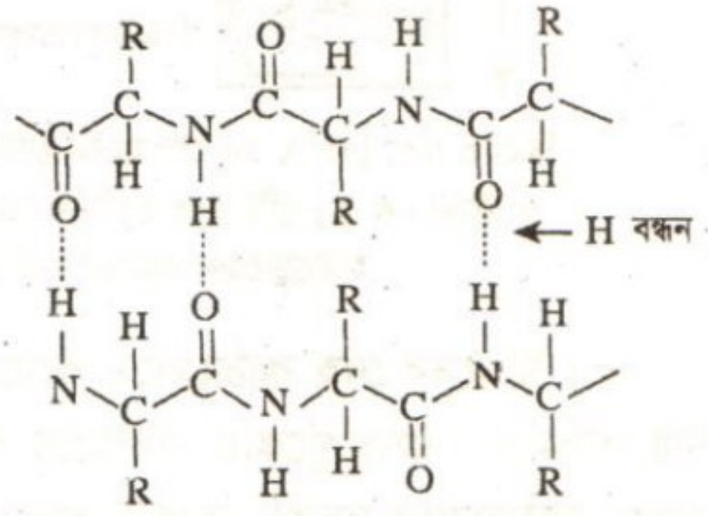
(১) দেহের গঠনগত এককরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীর রয়েছে যথাক্রমে উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ।

(২) জীবনধারণের জন্য প্রত্যেক জীবের খাদ্য প্রয়োজন।

(৩) খাদ্যের পরে মানুষের জন্য বস্ত্র, বাসস্থান, শিক্ষা, চিকিৎসা ইত্যাদি উন্নত জীবনযাপনের জন্য অপরিহার্য বিভিন্ন উপকরণের প্রয়োজন রয়েছে।

উপরোক্ত বিষয়ের আলোকে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

(১) জীবজগতের উৎপত্তি ও অস্তিত্বের মূলে রয়েছে উপাদানগত পানি। যেসব গ্রহে পানি নেই সেখানে প্রাণের বা জীবের অস্তিত্ব নেই। তাই বলা হয়, 'পানির অপর নাম জীবন'। পানির অণুতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন। এ কারণেই পানি তরল অবস্থায় থাকে। তরল পানির মাধ্যমে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের জীবনের উদ্ভব, জীবন-ধারণ ও জীবন প্রবাহ অনাদিকাল বয়ে চলেছে। তাই জীবন-রসায়নেই হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব রয়েছে।



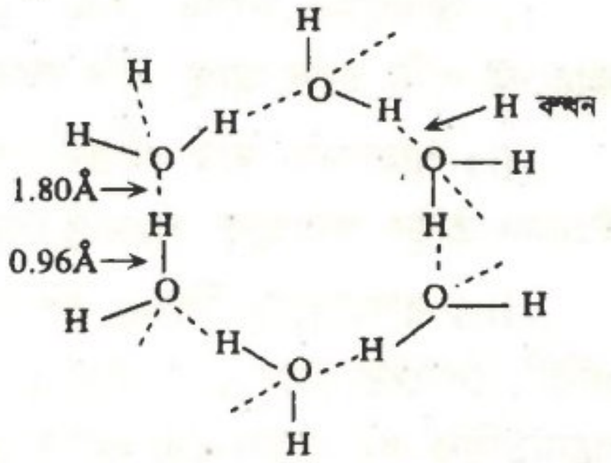
চিত্র-৩.৪১ : প্রোটিনের সেকেন্ডারি গঠনে H-বন্ধন।

(২) সব প্রাণীর দেহ কাঠামোর 'একক কোষ' প্রোটিন অণু দ্বারা গঠিত। প্রোটিন হলো বিভিন্ন অ্যামাইনো এসিড [$R\text{-}CH(NH_2)\text{-}\ \text{-}COOH$] সমূহের অ্যামাইড বন্ধনে গঠিত প্রাকৃতিক পলিমার। প্রোটিনের পলি-অ্যামাইড শিকলের সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি কাঠামোতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন।

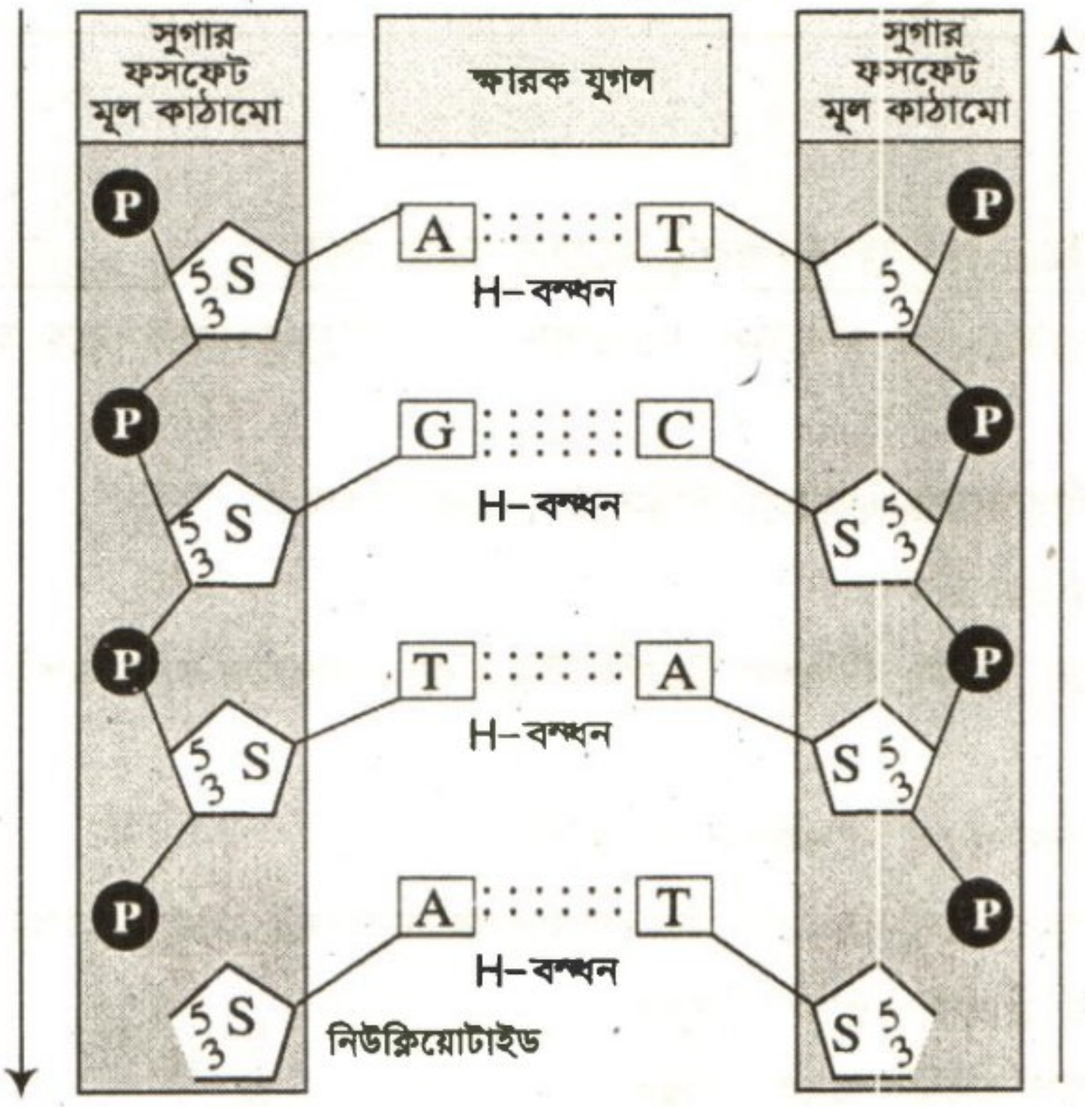
(৩) তরল পদার্থ জমাট বেঁধে কঠিন হলে আয়তনে কমে এবং ঘনত্ব বাড়ে। কিন্তু পানির বেলায় নিম্নতাপমাত্রায় পানি জমাট বেঁধে বরফ হয়; এতে বরফের ঘনত্ব কম হয়। বরফ পানির ওপর ভাসে। এর মূলে রয়েছে পানির অণুতে হাইড্রোজেন

বন্ধন গঠনের ভূমিকা। প্রতিটি H_2O অণুর O-পরমাণুতে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকায় এবং X-ray বা, X-রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত যে, পানির কঠিন অবস্থায় অর্থাৎ বরফের কেলাস গঠনে প্রতিটি H_2O অণু অপর চারটি H_2O অণুর সাথে আন্তঃআণবিক H-বন্ধনের মাধ্যমে চতুস্তলকীয়ভাবে বিন্যস্ত থাকে। তখন H-বন্ধনের দূরত্ব 1.80Å এবং সমযোজীবন্ধনের দূরত্ব 0.96Å হয়। অর্থাৎ বরফে প্রতিটি H_2O অণু এটির দুটি H পরমাণু ও দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল দ্বারা সর্বাধিক চারটি H-বন্ধন গঠন করে থাকে। ফলে বরফের কেলাস গঠনটিতে ষড়ভুজীয় বলয় (hexagonal ring) সৃষ্টি হয়। তখন বরফের কেলাস গঠনে ফাঁকা স্থান থাকে। তখন পানির আয়তনের তুলনায় বরফের আয়তন বাড়ে, ঘনত্ব কমে যায়। এ অবস্থায় বরফ খণ্ড পানির ওপর ভেসে থাকে এবং এর নিচের পানি তরল অবস্থায় থাকে। তাই শীতপ্রধান মেরু অঞ্চলের সব জলাশয়ে জলজ প্রাণীর অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে।

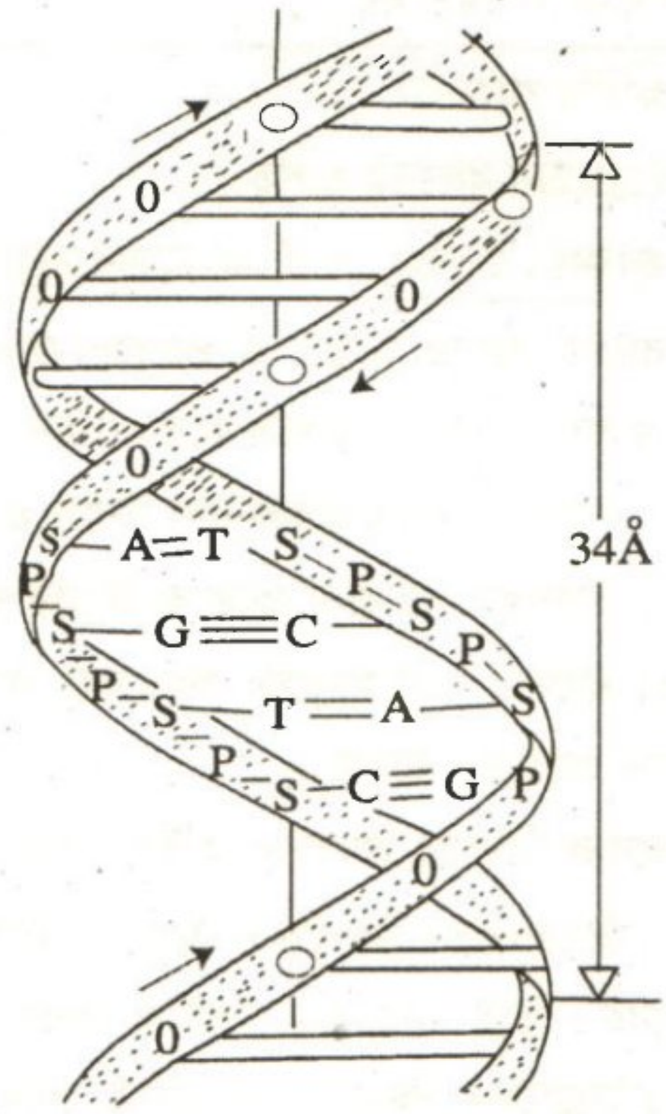
(৪) প্রাণিকোষের নিউক্লিয়াসের রয়েছে জেনেটিক উপাদান দুটি নিউক্লিক এসিড DNA ও RNA (DNA = ডিঅক্সিরাইবো নিউক্লিক এসিড; RNA = রাইবো নিউক্লিক এসিড)। নিউক্লিক এসিডের দ্বিহেলিক্স বা জোড়-কুণ্ডলীতে রয়েছে ক্ষারকযুগলের মধ্যে H-বন্ধন। ক্ষারকযুগল এডিনিন-থাইমিন (A–T) এর মধ্যে থাকে দুটি H-বন্ধন এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G–C) এর মধ্যে থাকে তিনটি করে H-বন্ধন। এ H-বন্ধন দ্বারা DNA এর দ্বি-হেলিক্স সুস্থিতি লাভ করে।



চিত্র-৩.৪২ : বরফের কেলাস গঠন একক।



চিত্র-৩.৪৩: DNA এর রাসায়নিক রৈখিক গঠনচিত্র। (এডিনিন-থাইমিন (A-T) দুটি এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G-C) তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে সংযুক্ত।



DNA এর দ্বিহেলিক্স মডেল (... H-বন্ধন)।
এখানে S = ডিঅক্সি রাইবোজ চিনি P = ফসফেট
A = এডিনিন; G = গুয়ানিন; T = থাইমিন; C = সাইটোসিন

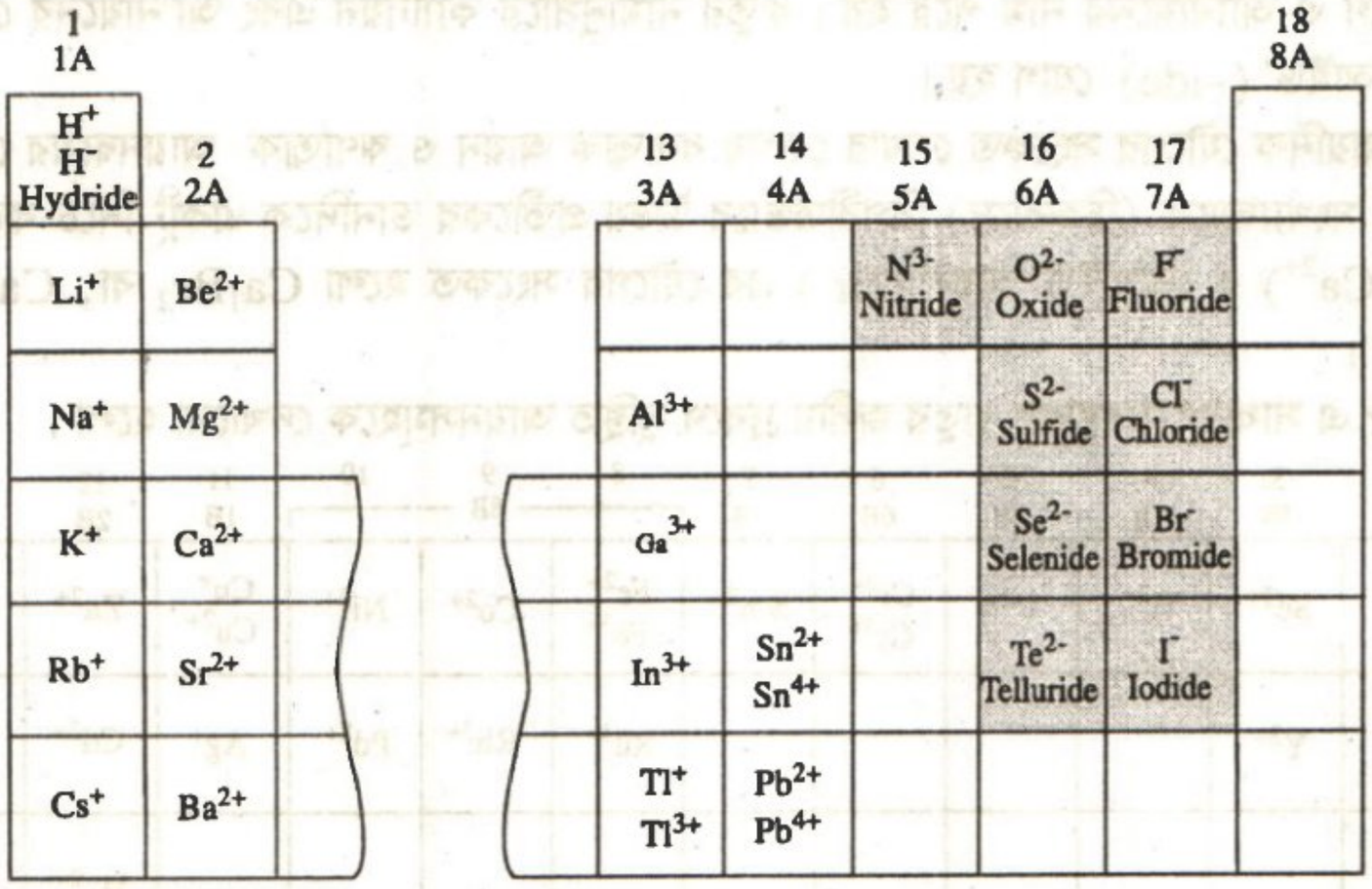
(৫) উদ্ভিদের দেহ কাঠামোতে রয়েছে প্রাকৃতিক গ্লুকোজ পলিমার সেলুলোজ এবং উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রধান খাদ্য হলো স্টার্চ পলিমার। এসব গ্লুকোজ পলিমারে ঋণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুর সাথে H-বন্ধন রয়েছে। এ H-বন্ধন সেলুলোজকে দিয়েছে কাঠামোগত দৃঢ়তা। আর উদ্ভিদের দেহের দৃঢ় কাঠামো ব্যবহার করে মানুষ তৈরি করেছে নিজের বসবাসের গৃহ এবং ব্যবহারের বিভিন্ন আসবাবপত্র। এসব কাঠামোতে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা।

(৬) সভ্য মানুষের পরিধেয় বস্ত্র তৈরি হয় কার্পাস তুলা, উল, কৃত্রিম সিল্ক এবং বিভিন্ন সাংশ্লেষিক তন্তু থেকে। এসব তন্তুর আঁশের দৃঢ়তার মূলে রয়েছে এদের গঠনগত রাসায়নিক পদার্থের আণবিক গঠনে H-বন্ধনের উপস্থিতি।

এরূপে জীবজগতের টিকে থাকার প্রধান ভূমিকায় রয়েছে সংশ্লিষ্ট সব উপাদানের মধ্যে H-বন্ধনের গুরুত্ব।

৩.২১ অজৈব যৌগের নামকরণ

Nomenclature of Inorganic Compounds



চিত্র-৩.৪৪ : প্রধান গ্রুপসমূহের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন।

(ক) বাইনারি আয়নিক যৌগ : দুটি মাত্র মৌল দ্বারা গঠিত যৌগকে Binary Compound বলে। ধনাত্মক আয়নটি 'ধাতুর নাম' এবং ঋণাত্মক আয়নটিতে অধাতুর নামের প্রথম অংশের সাথে 'আইড' (ide) যুক্ত হয়। যেমন NaCl এর নাম সোডিয়াম ক্লোরাইড। ৩.৪৪ নং চিত্রে পর্যায় সারণির প্রধান গ্রুপের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো। ৩.৪৫ নং চিত্রে অবস্থান্তর ধাতুসমূহের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো।

এখন 'ion formulas' সম্বন্ধে বিশেষ তথ্য মনে রাখতে হবে। যেমন—

(১) ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়নে একই গ্রুপের মৌলসমূহের আয়নের চার্জ গ্রুপ সংখ্যার সমান হয়। যেমন গ্রুপ-IA এর সব মৌল একক ধনাত্মক আয়ন (M^+), গ্রুপ-2A এর মৌল দ্বি-ধনাত্মক আয়ন (M^{2+}), গ্রুপ-3A এর মৌল ত্রিধনাত্মক আয়ন Al^{3+}, ব্যতিক্রম গ্রুপ-4A এর মৌলের বেলায় Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+} চিত্র-৩.৪৪ দেখো।

(২) ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়নে, আয়নের চার্জ = (গ্রুপ সংখ্যা – 8)। যেমন S হলো গ্রুপ-6A এর মৌল। সুতরাং S এর আয়নের চার্জ হবে (6 – 8) = –2 অর্থাৎ আয়নটি হবে S^{2-}। গ্রুপ-7A এর হ্যালোজেনের বেলায় আয়নের চার্জ সংখ্যা = (7 – 8) = –1 অর্থাৎ আয়ন হবে F^-, Cl^-, Br^-, I^-।

সারণি-৩.৮: এক পরমাণুক আয়ন

চার্জ ক্যাটায়ন:	সংকেত	নাম
1+	H^+	হাইড্রোজেন আয়ন
	Li^+	লিথিয়াম আয়ন
	Na^+	সোডিয়াম আয়ন
	K^+	পটাসিয়াম
	Rb^+	রুবিডিয়াম
	Cs+	সিজিয়াম আয়ন
	Ag^+	সিলভার আয়ন
2+	Mg^{2+}	ম্যাগনেসিয়াম আয়ন
	Ca^{2+}	ক্যালসিয়াম আয়ন
	Sr^{2+}	স্ট্রোন্সিয়াম আয়ন
	Ba^{2+}	বেরিয়াম আয়ন
	Zn^{2+}	জিঙ্ক আয়ন
	Cd^{2+}	ক্যাডমিয়াম আয়ন
3+	Al^{3+}	অ্যালুমিনিয়াম আয়ন
অ্যানায়ন:		
1–	H^-	হাইড্রাইড আয়ন
	F^-	ফ্লোরাইড আয়ন
	Cl^-	ক্লোরাইড আয়ন
	Br^-	ব্রোমাইড আয়ন
	I^-	আয়োডাইড আয়ন
2–	O^{2-}	অক্সাইড আয়ন
	S^{2-}	সালফাইড আয়ন
3–	N^{3-}	নাইট্রাইড আয়ন

কীরূপে এসব আয়নের নাম ও সংকেত মনে রাখবে সে সম্বন্ধে কিছু সাজেশন :

(১) একপরমাণুক আয়নসমূহ (monatomic ions) থেকে **বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণের** বেলায়– (ক) ক্যাটায়নের নাম আগে ও অ্যানায়নের নাম পরে হয়। ধাতুর নামানুসারে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের বেলায় অধাতুর নামের প্রথম অংশের সাথে 'আইড' (–ide) যোগ হয়।

(২) বাইনারি আয়নিক যৌগের সংকেত লেখার বেলায় ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নদ্বয়ের মৌলের প্রতীক লেখার পর আয়নদ্বয়ের চার্জ সংখ্যাদ্বয়কে (চিহ্নবাদে) বিপরীতভাবে উভয় প্রতীকের ডানদিকে একটু নিচে করে লেখা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম আয়ন (Ca^{2+}) ও ব্রোমাইড আয়ন (Br^-) এর যৌগের সংকেত হলো Ca_1Br_2 বা, $CaBr_2$ এবং এটির নাম ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড।

(৩) চিত্র-৩.৪৫ এ সাধারণ অবস্থান্তর ধাতুর জলীয় দ্রবণে সুস্থিত আয়নসমূহকে দেখানো হলো।

3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B
Sc^{3+}	Ti^{3+}	V^{3+}	Cr^{2+} Cr^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{2+} Fe^{3+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{+} Cu^{2+}	Zn^{2+}
Y^{3+}					Ru^{3+}	Rh^{3+}	Pd^{2+}	Ag^{+}	Cd^{2+}
									Hg^{2+}

চিত্র-৩.৪৫ : সাধারণ অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ (জলীয় দ্রবণে সুস্থিত)

(৪) অবস্থান্তর ধাতুসমূহের একাধিক ধনাত্মক আয়ন থাকে। এসব যৌগের নামকরণে (Systematic name এ) ধাতুর আয়নের নামের শেষে বন্ধনীর মধ্যে রোমান সংখ্যায় আয়নের চার্জ সংখ্যা লেখা হয়। যেমন আয়রন (II) ক্লোরাইড, $FeCl_2$ (উচ্চারণ আয়রন-2 ক্লোরাইড) এবং আয়রন (III) ক্লোরাইড $FeCl_3$ (উচ্চারণ আয়রন-3 ক্লোরাইড)।

Common name এর বেলায় আয়রনের ল্যাটিন নামের শেষে 'আস' (-ous) ও 'ইক' (-ic) যোগ হয়। তাই আয়রন (II) ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইড এবং আয়রন (III) ক্লোরাইডকে ফেরিক ক্লোরাইডও বলা হয়।

সারণি-৩.৯ : অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন :

Ion	Systematic name	Common name
Cr^{2+}	ক্রোমিয়াম (II) আয়ন	ক্রোমাস আয়ন
Cr^{3+}	ক্রোমিয়াম (III) আয়ন	ক্রোমিক আয়ন
Fe^{2+}	আয়রন (II) আয়ন	ফেরাস আয়ন
Fe^{3+}	আয়রন (III) আয়ন	ফেরিক আয়ন
Cu^{+}	কপার (I) আয়ন	কিউপ্রাস আয়ন
Cu^{2+}	কপার (II) আয়ন	কিউপ্রিক আয়ন

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৮ : বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণভিত্তিক :

Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখো।

(ক) $BaCl_2$ (খ) $CrCl_3$ (গ) PbS (ঘ) Fe_2O_3

দক্ষতা (Strategy) : অ্যানায়নের সংখ্যা ও চার্জ থেকে মোট ঋণাত্মক চার্জের সংখ্যা গণনা করে প্রতিটি ক্যাটায়নে ধনাত্মক চার্জের সংখ্যা ঠিক করো। প্রয়োজনে চিত্র-৩.৪৪ ও চিত্র-৩.৪৫ ব্যবহার করো।

CamScanner

সমাধান (Solution) :

(ক) $BaCl_2$: বেরিয়াম ক্লোরাইড : Ba^{2+} গ্রুপ-2A এর মৌল হওয়ায়; একটি মাত্র আয়ন সম্ভব। তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহার করতে হয় না।

(খ) $CrCl_3$: ক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড : Cr অবস্থান্তর মৌল হওয়ায় এটির একাধিক আয়ন সম্ভব। তাই এক্ষেত্রে Cr^{3+} আয়নের জন্য রোমান সংখ্যা (III) ব্যবহার আবশ্যক হয়েছে।

(গ) PbS : লেড (II) সালফাইড : Pb এর দুটি আয়ন আছে। এক্ষেত্রে সালফাইড আয়ন (S^{2-}) এর দুটি ঋণাত্মক চার্জ থাকায় ক্যাটায়নের নামে রোমান সংখ্যা আবশ্যক হয়েছে।

(ঘ) Fe_2O_3 : আয়রন (III) অক্সাইড : তিনটি অক্সাইড আয়নে (O^{2-}) মোট ছয়টি ঋণাত্মক চার্জ আছে। তাই দুটি আয়রন ক্যাটায়নেও ছয়টি ধনাত্মক চার্জ হবে। তাই প্রতি ক্যাটায়ন Fe(III) হয়েছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৯ : নাম থেকে বাইনারি যৌগের সংকেত লিখনভিত্তিক : নিচের নাম থেকে যৌগের আণবিক সংকেত লেখ : (ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড, (খ) আয়রন, (III) সালফাইড, (গ) টিন (IV) অক্সাইড।

দক্ষতা (Strategy) : একাধিক জারণ অবস্থাযুক্ত ধাতুর নামে রোমান সংখ্যা ক্যাটায়নের চার্জ নির্দেশ করছে। অ্যানায়নের চার্জ জেনে উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করার জন্য আয়ন সংখ্যা বিপরীত ক্রমে জেনে নাও।

সমাধান (Solution) :

(ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড, MgF_2 : Mg হলো গ্রুপ-2A মৌল ; এটির একটিমাত্র আয়ন সম্ভব, চার্জ সংখ্যা 2+, তাই একক ঋণাত্মক চার্জের দুটি ফ্লোরাইড (F^-) আয়ন দ্বারা উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করতে হয়েছে।

(খ) আয়রন (III) সালফাইড : Fe_2S_3 : আয়রন (III) এর 3+ চার্জ আছে এবং সালফাইড আয়ন (S^{2-}) এর 2– চার্জ আছে। তাই বিপরীতক্রমে দুটি আয়রন ও তিনটি সালফার নিয়ে চার্জ সংখ্যা সমান করতে হয়েছে।

(গ) টিন (IV) অক্সাইড : SnO_2 : টিন (IV) এর 4+ চার্জ আছে; তাই দ্বিঋণাত্মক চার্জের দুটি অক্সাইড আয়ন (O^{2-}) দ্বারা মোট চার্জ সংখ্যা সমান করা হয়েছে।

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো-৩.১৭ : যৌগের নামকরণ :

সমস্যা-৩.৩৯ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখ :

(ক) CsF (খ) K_2O (গ) CuO (ঘ) BaS

সমস্যা-৩.৪০ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগের নাম থেকে সংকেত লেখ :

(ক) ম্যাঙ্গানিজ (IV) অক্সাইড (খ) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (গ) কপার (II) সালফাইড।

(খ) পলিঅ্যাটমিক আয়নসহ যৌগসমূহ :

বন্ধনে আবদ্ধ ও চার্জযুক্ত দু বা ততোধিক পরমাণুর গ্রুপকে পলিঅ্যাটমিক আয়ন বলে। যেমন NH_4^+ (অ্যামোনিয়াম আয়ন), NO_3^- (নাইট্রেট আয়ন) হলো যথাক্রমে পলিঅ্যাটমিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন। সারণি-৩.১০ এ দেয়া পলিঅ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও সংকেত মুখস্থ রেখে যৌগের নামকরণে অগ্রসর হতে হবে। ঐ সব অ্যানায়নের নামের বৈশিষ্ট্য ও মনে রাখার নিয়ম নিচে দেয়া হলো—

(১) লক্ষ্য করো অধিকাংশ পলিঅ্যাটমিক আয়নের নামের শেষে 'আইট' (ite) ও 'এট' (-ate) আছে। যেমন নাইট্রাইট (Nitrite) NO_2^- ও নাইট্রেট (Nitrate) NO_3^- আয়ন। কেবল হাইড্রক্সাইড (OH^-), সায়ানাইড (CN^-), পার অক্সাইড (O_2^{2-}) আয়নের শেষে -'আইড' (ide) আছে।

(২) অক্সিজেনযুক্ত আয়ন বা অক্সোঅ্যানায়ন (oxoanion) সমূহে কোনো একটি মৌলের সাথে বিভিন্ন সংখ্যক O– পরমাণুযুক্ত আছে; এদের (কম O পরমাণু থাকলে) নামের শেষে -আইট' (–ite) বেশি O পরমাণু থাকলে - 'এট'(–ate) যুক্ত হয়। যেমন SO_3^{2-}এর নাম সালফাইট (Sulphite), SO_4^{2-} এর নাম সালফেট (Sulphate)।

CamScanner

(৩) একই মৌলের যেমন হ্যালোজেনের (Cl, Br, I এর) দুয়ের চেয়ে বেশি অক্সোঅ্যানায়ন থাকলে এদেরকে প্রথমে O-পরমাণুর সংখ্যা মতে 'আইট' ও 'এট' আয়নরূপে দু-ভাগ করা হয়। পরে দুটি 'আইট' আয়নের যেটিতে সবচেয়ে কম O-পরমাণু আছে এর ক্ষেত্রে -'আইট' আয়নের নামের প্রথমেই 'হাইপো'- (hypo অর্থ less than) বসে। আবার সবচেয়ে বেশি O-পরমাণুযুক্ত অক্সোঅ্যানায়নের নামের প্রথমে 'পার' (per অর্থ more than) বসে। যেমন–

ClO^- আয়ন : এর নাম হাইপোক্লোরাইট আয়ন (Hypochlorite ion)

ClO_2^- আয়ন : এর নাম (শুধু) ক্লোরাইট আয়ন (Chlorite ion)

ClO_3^- আয়ন : এর নাম (শুধু) ক্লোরেট আয়ন (Chlorate ion)

ClO_4^- আয়ন : এর নাম পারক্লোরেট আয়ন (Perchlorate ion)

MCQ-3.21 : XeF_2 এর Xe পরমাণুতে কোন প্রকারের সংকরণ ঘটে? [দি. বো. ২০১৭]

(ক) sp (খ) sp^2d

(গ) sp^3d^2 (ঘ) sp^3d

(৪) একই এসিড থেকে উৎপন্ন অক্সোঅ্যানায়ন যুগল যেমন HCO_3^- ও CO_3^{2-} এবং HSO_4^- ও SO_4^{2-} আয়নদ্বয়ের একটিতে H^+ আয়নযুক্ত আছে: অপরটিতে তা নেই। এদের নামকরণের বেলায়, যেটিতে H^+ আয়নযুক্ত আছে; এর নামের পূর্বে 'বাই'-(bi–) অথবা 'হাইড্রোজেন' শব্দ যোগ হয়। যেমন,

CO_3^{2-} হলো কার্বনেট আয়ন, HCO_3^- হলো হাইড্রোজেন কার্বনেট (বাই কার্বনেট) আয়ন

SO_4^{2-} হলো সালফেট আয়ন, HSO_4^- হলো হাইড্রোজেন সালফেট (বাই সালফেট) আয়ন

সারণি : ৩.১০: কিছু সংখ্যক সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়ন

সংকেত	আয়নের নাম
ক্যাটায়ন:	
NH_4^+	অ্যামোনিয়াম
একক চার্জের	**অ্যানায়নসমূহ**
NO_2^-	নাইট্রাইট
NO_3^-	নাইট্রেট
OH^-	হাইড্রক্সাইড
CN^-	সায়ানাইড
HCO_3^-	হাইড্রোজেন কার্বনেট
HSO_4^-	হাইড্রোজেন সালফেট
$H_2PO_4^-$	ডাইহাইড্রোজেন সালফেট
ClO^-	হাইপোক্লোরাইট
ClO_2^-	ক্লোরাইট
ClO_3^-	ক্লোরেট

সংকেত	আয়নের নাম
ClO_4^-	পারক্লোরেট
MnO_4^-	পারম্যাঙ্গানেট
$CH_3CO_2^-$	অ্যাসিটেট
দ্বিচার্জযুক্ত	**অ্যানায়নসমূহ**
CO_3^{2-}	কার্বনেট
SO_3^{2-}	সালফাইট
SO_4^{2-}	সালফেট
$S_2O_3^{2-}$	থায়োসালফেট
HPO_4^{2-}	হাইড্রোজেন ফসফেট
CrO_4^{2-}	ক্রোমেট
$Cr_2O_7^{2-}$	ডাইক্রোমেট
O_2^{2-}	পারঅক্সাইড
ত্রিচার্জযুক্ত	**অ্যানায়ন**
PO_4^{3-}	ফসফেট

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২০ : পলিঅ্যাটমিক আয়নযুক্ত যৌগের নামকরণভিত্তিক :

নিচের যৌগসমূহের নামকরণ Systematic পদ্ধতিতে করো :

(ক) $LiNO_3$ (খ) $KHSO_4$ (গ) $CuCO_3$ (ঘ) $Fe(ClO_4)_3$

CamScanner

দক্ষতা (Strategy) : সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও চার্জযুক্ত সংকেত স্মরণে রেখে অথবা প্রয়োজনে সারণি-৩.১০ এর সাহায্য নিয়ে নামকরণ করা যাবে।

সমাধান (Solution) :

(ক) $LiNO_3$: লিথিয়াম নাইট্রেট : লিথিয়াম (Li) গ্রুপ-IA এর মৌল; এর একমাত্র আয়ন Li^+ হওয়ায় নামকরণে রোমান সংখ্যা অপ্রয়োজনীয়।

(খ) $KHSO_4$: পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট : K গ্রুপ-IA এর মৌল; এটির একমাত্র আয়ন K^+।

(গ) $CuCO_3$: কপার (II) কার্বনেট : এক্ষেত্রে কার্বনেট (CO_3^{2-}) আয়নের চার্জ হলো 2–; তাই কপার পরমাণুর আয়নের চার্জ 2+ হতে হবে। Cu এর দুটি আয়ন সম্ভব। তাই নামকরণে চার্জসংখ্যা রোমান সংখ্যায় ব্যবহার করা হয়েছে।

(ঘ) $Fe(ClO_4)_3$: আয়রন (III) পারক্লোরেট : তিনটি পারক্লোরেট আয়ন (ClO_4^-) আছে, প্রত্যেকের চার্জ 1– হওয়ায় আয়রন আয়নে চার্জ 3+ হবে। এটি অবস্থান্তর মৌল, তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহৃত হয়েছে।

(গ) অক্সো-এসিডসমূহ ও এদের নামকরণ (Oxo-acids & Their Nomenclature)

অক্সো-এসিড : যেসব অম্লধর্মবিশিষ্ট যৌগের অণুতে হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O) ও অপর একটি কেন্দ্রীয় অধাতব বা ধাতব মৌল থাকে, তাদের অক্সো-এসিড বলে। সাধারণত অধাতব অক্সো-এসিডসমূহ স্থায়ী যেমন, H_2SO_3, H_2SO_4; কিন্তু ধাতব অক্সো-এসিডসমূহ তুলনামূলক কম স্থায়ী এবং এদের লবণসমূহ স্থায়ী যেমন অ্যালুমিনিক এসিড ($HAlO_2$) ও এর লবণ সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$), ক্রোমিক এসিড ($H_2Cr_2O_7$) ও এর লবণ পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট [$K_2Cr_2O_7$)। সাধারণত বেশির ভাগ ক্ষেত্রে অধাতব মৌলের একাধিক অক্সো-এসিড থাকে। যেমন,

ক্লোরিন (Cl) এর **হাইড্রাসিড** হাইড্রোক্লোরিক এসিড [HCl(aq)] ছাড়া আরো ৪টি অক্সো-এসিড যেমন, HClO, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$ আছে। একই মৌলের একাধিক অক্সো-এসিডের নামকরণের বেলায় কেন্দ্রীয় মৌলের **জারণ-সংখ্যাকে ভিত্তি** ধরা হয়। উপরোক্ত ক্লোরিনের ৪টি অক্সো-এসিডের অণুতে ক্রমান্বয়ে অক্সিজেন পরমাণু বেড়েছে। ফলে কেন্দ্রীয় পরমাণু Cl এর জারণ সংখ্যাও দু একক করে বেড়েছে। যেমন— $\overset{+1}{HClO}$, $\overset{+3}{HClO_2}$, $\overset{+5}{HClO_3}$, $\overset{+7}{HClO_4}$। এসব অক্সো-এসিডের নামকরণ নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

(১) যে অক্সো-এসিডের মধ্যে তৃতীয় অধাতব মৌলের জারণ মান তুলনামূলকভাবে সবচেয়ে কম এর নামকরণের ক্ষেত্রে (হাইপো + তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন :

HClO হাইপোক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = +1
HBrO হাইপোব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ সংখ্যা = +1
HIO হাইপোআয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ সংখ্যা = +1
$H_2N_2O_2$ হাইপোনাইট্রাস এসিড, এখানে N এর জারণ-সংখ্যা = +1

MCQ-3.22 : নিচের কোনটি অধিক সমযোজী? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) LiCl (খ) NaCl
(গ) KCl (ঘ) CsCl

(২) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা হাইপো-এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_2$ ক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = + 3
$HBrO_2$ ব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা = + 3
HIO_2 আয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা = + 3
H_2SO_3 সালফিউরাস এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা = + 4

(৩) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা আস্ এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + ইক্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_3$ ক্লোরিক এসিড, এখানে Cl-এর জারণ-সংখ্যা = + 5

CamScanner

$HBrO_3$ ব্রোমিক এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা $= +5$

HIO_3 আয়োডিক এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা $= +5$

H_2SO_4 সালফিরিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা $= +6$

(৪) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা ইক্ এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (পার + তৃতীয় মৌল + ইক্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_4$ পারক্লোরিক এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা $= +7$

$H_2S_2O_8$ পারসালফিউরিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা $= +7$

উপরোক্ত নিয়ম মতে দেখা যায় অক্সো-এসিডসমূহের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধির ক্রম অনুসারে এদের নামকরণের ক্রম পরিবর্তন হলো :

হাইপো ⟶ আস ⟶ ইক ⟶ পার

$HClO \longrightarrow HClO_2 \longrightarrow HClO_3 \longrightarrow HClO_4$

(৫) অধাতব মৌলের অম্লধর্মী অক্সাইডের অণুতে বিভিন্ন পানি অণুর সংখ্যা যুক্ত হওয়ার ওপর ভিত্তি করে উৎপন্ন একাধিক অক্সো-এসিডে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ-সংখ্যা সমান হলে তখন এদের নিম্ন মতে নামকরণ করা হয়।

অক্সাইডের সাথে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক পানির অণুর সংযোজন ঘটলে মূল এসিডের নামের পূর্বে **'অর্থো'**, কম পানির অণুর সংযোজন ঘটলে **'মেটা'** এবং এ দুইয়ের মাঝামাঝি সংখ্যায় পানির অণুর সংযোজন ঘটলে **'পাইরো'** শব্দ যুক্ত করে নামকরণ করা হয়। যেমন :

P_2O_5 হলো একটি অম্লধর্মী অক্সাইড। এর সাথে বিভিন্ন সংখ্যক পানি অণুর সংযোজনের মাধ্যমে উৎপন্ন এসিডের নামকরণ নিচে দেয়া হলো।

$P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$ অর্থো-ফসফরিক এসিড

$P_2O_5 + 2H_2O \longrightarrow H_4P_2O_7$ পাইরো-ফসফরিক এসিড DAT 16-17

$P_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HPO_3$ মেটা-ফসফরিক এসিড

(৬) **পার অক্সো-এসিড :** অক্সো-ইক এসিডের একটি অক্সিজেন পরমাণু পার-অক্সাইড (–O–O–) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে পার অক্সো-এসিড উৎপন্ন হয়।

নাইট্রিক এসিড (HNO_3) ⟶ পার-অক্সোনাইট্রিক এসিড (HNO_4)।

সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) ⟶ পার-অক্সোসালফিউরিক এসিড (H_2SO_5)।

ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) ⟶ পার-অক্সো ফসফরিক এসিড (H_3PO_5)।

ইথানোয়িক এসিড ($CH_3–COOH$) ⟶ পার-অক্সোইথানোয়িক এসিড ($CH_3–COO_2H$)।

*** হ্যালোজেনের অক্সোএসিড :** (F এর অক্সো-এসিড নেই।)

১. হাইপোহ্যালাস এসিড : হাইপোক্লোরাস এসিড (HOCl), হাইপোব্রোমাস এসিড (HOBr), হাইপোআয়োডাস এসিড (HOI)।

২. হ্যালাস এসিড : ক্লোরাস এসিড ($HClO_2$), ব্রোমাস এসিড ($HBrO_2$), আয়োডাস এসিড (HIO_2)।

৩. হ্যালিক এসিড : ক্লোরিক এসিড ($HClO_3$), ব্রোমিক এসিড ($HBrO_3$), আয়োডিক এসিড (HIO_3)।

৪. পার-হ্যালিক এসিড : পার-ক্লোরিক এসিড ($HClO_4$), পার-আয়োডিক এসিড (HIO_4)।

* পার-ক্লোরিক এসিড ($HClO_4$) অক্সো-এসিডগুলোর মধ্যে সবচেয়ে তীব্র এসিড।

CamScanner

(৭) হাইড্রেট যৌগের নামকরণ :

(১) $CuSO_4.5H_2O$ ⟶ কপার (II) সালফেট পেন্টাহাইড্রেট;

(২) $FeSO_4.7H_2O$ ⟶ আয়রন (II) সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট;

(৩) $MgSO_4.7H_2O$ ⟶ ম্যাগনেসিয়াম সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট;

(৪) $ZnF_2.4H_2O$ ⟶ জিঙ্ক ফ্লোরাইড টেট্রাহাইড্রেট;

(৫) $Na_2SO_4.10H_2O$ ⟶ সোডিয়াম সালফেট ডেকাহাইড্রেট;

(৬) $ZnSO_4.7H_2O$ ⟶ জিঙ্ক সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট।

MCQ-3.23 : নিচের কোনটি অপোলার যৌগ? [চ. বো. ২০১৭]

(ক) CCl_4 (খ) $CHCl_3$

(গ) CH_3OH (ঘ) HF

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো-৩.১৮ : Systematic নামকরণ পদ্ধতি :

সমস্যা-৩.৪১ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখ :

(ক) $Ca(ClO)_2$ (খ) $Ag_2S_2O_3$ (গ) $Sn(NO_3)_2$ (ঘ) $Pb(CH_3CO_2)_2$ (ঙ) NaH_2PO_4 (চ) $(NH_4)_2SO_4$.

সমস্যা-৩.৪২ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের সংকেত লেখ : (ক) লিথিয়াম ফসফেট, (খ) ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট, (গ) ম্যাঙ্গানিজ, (II) নাইট্রেট, (ঘ) ক্রোমিয়াম, (III) সালফেট।

৩.২১.১ অবস্থান্তর ধাতুর জটিল যৌগের নামকরণ ও সংকেত লিখন

নিম্নোক্ত তিনটি নিয়ম (rules) ভিত্তিক সন্নিবেশ জটিল যৌগের সংকেত লেখা হয়। এদের প্রথম দুটি নিয়ম আয়নিক যৌগের সংকেত লেখার মতো।

* ১। আণবিক সংকেতে ক্যাটায়নের পর অ্যানায়ন থাকে।

* ২। ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা ও অ্যানায়নের মোট চার্জ সংখ্যা পরস্পর সমান থাকে।

* ৩। জটিল আয়নে প্রথমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু, এরপর নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড ও শেষে অ্যানায়ন লিগ্যান্ড লিখতে হয়। সমগ্র জটিল আয়নটিকে তৃতীয় বন্ধনী দ্বারা ঘিরে রাখা হয়।

অন্যান্য নিয়মসমূহ :

১। একাধিক লিগ্যান্ডকে এদের ইংরেজি নামের বর্ণ ক্রমানুসারে এবং সংখ্যাকে ডাই, ট্রাই, টেট্রা, পেন্টা, হেক্সা ইত্যাদি উপসর্গ দ্বারা লিখতে হয়। লিগ্যান্ড ঋণাত্মক হলে নামের শেষে ওকার যুক্ত হয়। যেমন OH^- আয়ন লিগ্যান্ডকে হাইড্রক্সো (hydroxo), Cl^- আয়নকে ক্লোরো (chloro), CN^- আয়নকে সায়ানো (cyano) রূপে লেখা হয়। প্রশম বা নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড NH_3 কে 'অ্যাম্‌মিন' (ammine), H_2O কে 'অ্যাকুয়া' (aqua) লেখা হয়।

২। সমগ্র জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন হতে পারে। জটিল আয়নের মোট চার্জ-এর প্রকৃতি নির্ধারণ করে; জটিল আয়নটি অ্যানায়ন হলে অবস্থান্তর ধাতুর ইংরেজি নাম ও ল্যাটিন নামের শেষে – এট (– ate) বসে। যেমন- জিংকেট, ক্রোমেট, ফেরেট, কিউপ্রেট, আর্জেন্টেট। $[Fe(CN)_6]^{4-}$ এর নাম হলো হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) আয়ন। $[Pt(NH_3)Cl_5]^-$ এর নাম হলো অ্যাম্‌মিন পেন্টাক্লোরো প্লাটিনেট (IV) আয়ন।

জটিল আয়নের চার্জ = (অবস্থান্তর ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)।

উদাহরণ : $K_2[Co(NH_3)_2Cl_4]$ এর বেলায় দুটি K^+ আয়নের দুটি ধনাত্মক চার্জ দ্বারা জটিল আয়নটির দুটি ঋণাত্মক চার্জ প্রশমিত হয়েছে। জটিল আয়নটি হলো $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$; এক্ষেত্রে দুটি নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড NH_3, চারটি একক ঋণাত্মক Cl^- আয়ন থাকায় এর কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন Co এর চার্জ + 2 হবে অর্থাৎ অবস্থান্তর ধাতুর আয়নটি Co^{2+} হবে। অর্থাৎ $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নটির বেলায়—

CamScanner

জটিল আয়নের চার্জ = (ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)

$2- =$ ধাতব আয়নের চার্জ + $[(2 \times 0) + 4\ (1-)]$

∴ ধাতব আয়নের চার্জ = $(2-) - (4-) = 2+$

তাই যৌগটির নাম হলো পটাসিয়াম ডাইঅ্যামমিন টেট্রাক্লোরো কোবাল্টেট (II)।

MCQ-3.24 : কোনটি রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য? [য. বো. ২০১৭]

(ক) ঘনত্ব (খ) দ্রাব্যতা

(গ) অম্লত্ব (ঘ) গলনাঙ্ক

৩। জটিল আয়নের নামকরণে কেন্দ্রীয় অবস্থান্তর ধাতব আয়নের জারণ সংখ্যাকে রোমান সংখ্যা দ্বারা বন্ধনীতে রাখা হয়।

৪। জটিল আয়নের মোট লিগ্যান্ড সংখ্যাকে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা (Co-ordination number) বলে। যেমন $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নে Co^{2+} আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হলো 6।

সারণি-৩.১১ : কয়েকটি নিরপেক্ষ ও ঋণাত্মক লিগ্যান্ডের এবং জটিল ঋণাত্মক আয়নের নাম :

নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড	লিগ্যান্ডের নাম	অ্যানায়ন লিগ্যান্ড	লিগ্যান্ডের নাম
H_2O	অ্যাকুয়া	F^-	ফ্লোরো
NH_3	অ্যাম্মিন	Cl^-	ক্লোরো
CO	কার্বনিল	Br^-	ব্রোমো
NO	নাইট্রোসিল	I^-	আয়োডো
		OH^-	হাইড্রক্সো
		CN^-	সায়ানো

জটিল আয়নে ধাতব আয়ন	জটিল ঋণাত্মক আয়নের নাম
আয়রন	ফেরেট
কপার	কিউপ্রেট
লেড	প্লাম্বেট
সিলভার	আর্জেন্টেট
গোল্ড	অরেট
টিন	স্ট্যানেট

উল্লেখ্য জটিল ঋণাত্মক আয়নের নামকরণের বেলায় ধাতব আয়নের ধাতব মৌলটির ল্যাটিন নাম-এর শেষের 'um' বাদ দিয়ে –ate (–এট) যোগ করা হয়। যেমন,

Ferrum – um + ate = Ferrate (ফেরেট); Cuprum – um + ate = Cuprate; Plumbum – um + ate = Plumbate; Argentum – um + ate = Argentate; Aurum – um + ate = Aurate; Stannum – um + ate = Stannate.

জটিল যৌগের নামকরণের কিছু উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

(১) যদি কোনো জটিল যৌগে একই ধরনের একাধিক লিগ্যান্ড যুক্ত থাকে এবং জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন হয়, তবে সেক্ষেত্রে জটিল যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে লিগ্যান্ডের সংখ্যানুসারে (মনো বা ডাই বা ট্রাই বা টেট্রা ইত্যাদি + লিগ্যান্ডের নাম + কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ মান + অ্যানায়নের নাম) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন—

$[Cu(NH_3)_4]SO_4$ টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) সালফেট

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$ হেক্সাঅ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

$[Ag(NH_3)_2]Cl$ ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) ক্লোরাইড

MCQ-3.25 : কোনটি 'হাইপো' এসিড? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) H_3PO_3 (খ) H_3PO_2

(গ) H_3PO_4 (ঘ) HPO_3

(২) জটিল ক্যাটায়নবিশিষ্ট তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগগুলোর নাম দু শব্দবিশিষ্ট হয়। প্রথমে ক্যাটায়ন ও পরে অ্যানায়নের নাম উল্লেখ করতে হয়। **কিন্তু তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগের নাম এক শব্দবিশিষ্ট হয়।** এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ অবস্থা প্রকাশের জন্য নামের শেষে রোমান সংখ্যা ব্যবহার করা হয়। [উদাহরণ (খ) ও (ঘ) দেখো।]

তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগের ক্ষেত্রে সব ঋণাত্মক লিগ্যান্ড কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয়। সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ লিগ্যান্ডরূপী ঋণাত্মক আয়ন পানিতে আয়নিত অবস্থায় থাকে না, বরঞ্চ **'সন্নিবেশ-বলয়'** বা Co-ordination sphere এর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। তাই ঐসব ঋণাত্মক আয়ন জলীয় দ্রবণে পৃথক হতে পারে না। নিচের (খ) ও (ঘ) নং উদাহরণ হলো ঐরূপ তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ। এক্ষেত্রে ঐসব তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য যৌগের দ্রবণের মধ্যে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ যোগ করলে AgCl এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়বে না।

CamScanner

কিন্তু অপর দুটি উদাহরণ যেমন— (ক) এর বেলায় তিনটি Cl^- আয়ন দ্রবণে আয়নিত হবে; (গ) এর বেলায় একটি Cl^- আয়ন দ্রবণে আয়নিত হবে; এরা $AgNO_3$ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় AgCl এর সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।

(ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ হেক্সাঅ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

(খ) তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ ট্রাইঅ্যাম্মিন ট্রাইক্লোরোকোবাল্ট (III)

(গ) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ টেট্রাঅ্যাকোয়াডাইক্লোরো ক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড

(ঘ) তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Cr(H_2O)_3Cl_3]$ ট্রাইঅ্যাকোয়াট্রাইক্লোরোক্রোমিয়াম (III)

যেমন, $[Co(NH_3)_6]Cl_3(aq) + 3AgNO_3(aq) \longrightarrow 3AgCl(s) + [Co(NH_3)_6]^{3+}(aq)$

$[Co(NH_3)_3Cl_3](aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow$ অধঃক্ষেপ পড়ে না।

অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

- **ক্ষারধাতু :** গ্রুপ-1 এর ধাতুগুলো পানিসহ বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরি করে বলে এদেরকে ক্ষার ধাতু বলে।
- **মৃৎ-ক্ষারধাতু :** গ্রুপ-2 এর ধাতুগুলো ক্ষার তৈরি করে এবং এদের যৌগ মাটির উপাদান বলে এরূপ নামকরণ হয়েছে।
- **অবস্থান্তর ধাতু :** যেসব d ব্লকভুক্ত ধাতু, এদের কোনো স্থায়ী আয়নে d অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে।
- **পর্যায়বৃত্ত ধর্ম :** পর্যায় সারণির ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরমাণুর আকার নির্ভর ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম যেমন, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, যোজ্যতা, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ-ঋণাত্মকতা, ধাতব-অধাতব ধর্ম ইত্যাদিকে মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলে।
- **অরবিটাল অধিক্রমণ :** কোয়ান্টাম মতবাদ মতে, পরমাণুগুলো বন্ধন গঠনকালে পরমাণুর বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অরবিটাল বিপরীত স্পিন অবস্থায় অধিক্রমণ ঘটায়। তখন দুটি নিউক্লিয়াসের প্রভাবে থেকে ঐ পারমাণবিক অরবিটালদ্বয়ের বন্ধন ইলেকট্রন মেঘ আণবিক অরবিটাল গঠন করে।
- **অরবিটাল সংকরণ :** বিক্রিয়ার পূর্বে পরমাণুর একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তির অরবিটালগুলো মিশ্রিত ও সম শক্তিতে বিভক্ত হয়ে সমসংখ্যক অরবিটাল গঠন করাকে অরবিটাল সংকরণ বলে।
- **সন্নিবেশ বন্ধন :** নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দ্বারা দুটি পরমাণু সমযোজী বন্ধন গঠন করলে একে সন্নিবেশ বন্ধন বলে। মুক্তজোড় ইলেকট্রন যুক্ত পরমাণুটি একই বন্ধনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যোগান দেয়; তাই এটিকে দাতা পরমাণু ও অপর পরমাণুকে, যেটি কোনো ইলেকট্রন দেয় না, গ্রহীতা পরমাণু বলে।
- **পোলারায়ন :** যৌগ অণুতে ক্যাটায়নের আকর্ষণে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসাকে অ্যানায়নের পোলারায়ন বলে। এর ফলে আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।
- **ভ্যানডার ওয়ালস্ বল :** ননবন্ডিং আন্তঃআণবিক বল বা আকর্ষণ– এ শ্রেণিভুক্ত; যেমন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, হাইড্রোজেন বন্ধন, ডাইপোল– ডাইপোল আকর্ষণ, বিস্তারণ বল ইত্যাদি।
- **হাইড্রোজেন বন্ধন :** অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু F, O, N এর সাথে যুক্ত H পরমাণুর মধ্যবর্তী বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। এরূপ দুটি পোলার অণুর মধ্যে ধনাত্মক প্রান্ত ও ঋণাত্মক প্রান্তে এক দুর্বল বন্ধন সৃষ্টি হয়। এরূপ বন্ধনকে H–বন্ধন বলা হয়। H-বন্ধনের শক্তিমাত্রা প্রায় $10 - 40\ kJmol^{-1}$ হয়।
- **H-বন্ধনের গুরুত্ব :** জীবজগতের টিকে থাকার জন্য যেসব বায়োঅণু ভূমিকা পালন করে সেসব জৈবঅণু ও পানি ইত্যাদিতে H-বন্ধন আছে। তাই বায়োলজিক্যাল প্রক্রিয়ায় H-বন্ধনের ভূমিকা অনন্য।
- **অজৈব যৌগের নামকরণ :** পুরাতন Common name পদ্ধতিতে অজৈব যৌগের নামকরণের পরিবর্তে বর্তমানে IUPAC-এর Systematic Name পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

CamScanner

MCQ-এর উত্তরমালা :

3.1 (ঘ), 3.2 (ক), 3.3 (খ), 3.4 (গ), 3.5 (গ), 3.6 (ঘ), 3.7 (ক), 3.8 (ক), 3.9 (ক), 3.10 (গ), 3.11 (ক), 3.12 (ঘ), 3.13 (ঘ), 3.14 (গ), 3.15 (ঘ), 3.16 (ক), 3.17 (ক), 3.18 (খ), 3.19 (ঘ), 3.20 (গ), 3.21 (ঘ), 3.22 (ক), 3.23 (ক), 3.24 (গ), 3.25 (খ)।

অনুশীলনী-৩

ক-বিভাগ : জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পর্যায় সারণি ও মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি :

১। আধুনিক পর্যায় সূত্র কী? [মা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৭]

২। s–ব্লক মৌল কী? [মা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৯]

৩। s–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৪। p–ব্লক মৌল কী? [সি. বো. ২০২৩; দি. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২২]

৫। p–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৬। d–ব্লক মৌল কী? [ঢা. বো. ২০২২]

৭। d–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৮। f–ব্লক মৌল কী?

৯। f–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

১০। আদর্শ বা প্রতিনিধি মৌল কী? [ব. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৭]

১১। অবস্থান্তর মৌল কী? [কু. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২৩ দি. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২১; চ. বো. ২০২১]

১২। (ক) ল্যান্থানয়ডস কী? [চ. বো. ২০১৭]

(খ) বিরল মৃত্তিকা মৌল কাকে বলে? [ম. বো. ২০২৩]

১৩। অ্যাক্টিনয়ডস কী?

১৪। ক্ষার ধাতু কাকে বলে? [ব. বো. ২০১৯, ২০২২]

১৫। মৃৎক্ষার ধাতু কাকে বলে? [ঢা. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২১]

১৬। চ্যালকোজেন কী? [চ. বো. ২০২২]

১৭। হ্যালোজেন কী?

১৮। আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ কী?

১৯। প্যারাম্যাগনেটিক ধাতু কী?

২০। ডায়াম্যাগনেটিক ধাতু কী?

২১। লিগ্যান্ড কী? [ঢা. বো. ২০১৬; কু. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]

২২। অবস্থান্তর ধাতুর সন্নিবেশ-সংখ্যা কী?

(২) মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ ও রাসায়নিক বন্ধন :

১। পর্যায়বৃত্ত ধর্ম কী? [ব. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৭]

২। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কী? [ঢা. বো. ২০২২]

৩। কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ কী?

CamScanner

৪। মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব কী? [চ. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৬; ম. বো. ২০২১; মা. বো. ২০২১; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

৫। মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কী? [য. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২২; রা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০২১; ব. বো. ২০২১]

৬। মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কী? [ঢা. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২২; রা. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৯]

৭। (ক) রাসায়নিক বন্ধন বলতে কী বোঝায়? [ব. বো. ২০২৩]

(খ) আয়নিক যৌগ কাকে বলে? [মা. বো. ২০২২]

(গ) সমযোজী যৌগ কাকে বলে? [মা. বো. ২০২৩]

৮। আণবিক অরবিটাল কী?

৯। সিগমা বন্ধন কী? [চ. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২৩; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; ঢা. বো. ২০২২]

১০। পাই (π) বন্ধন কী? [য. বো. ২০২৩; ম. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৯]

১১। অরবিটাল সংকরণ কী? [সি. বো. ২০২৩; ম. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২২; মা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৭]

১২। sp^3 সংকরণ কী?

১৩। sp^2 সংকরণ কী? [দি. বো. ২০২১]

১৪। sp সংকরণ কী?

১৫। সন্নিবেশ বন্ধন কী? [য. বো. ২০১৭]

১৬। পোলার যৌগ কাকে বলে? [ব. বো. ২০২২; চ. বো. ২০২১]

১৭। পোলারিটি কী? [মা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২২; সি. বো. ২০২১; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

১৮। ডাইপোল কী?

১৯। পোলারায়ন কী? [রা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২২; কু. বো. ২০২৩, ২০২১; ব. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৯; ম. বো. ২০২১]

২০। ভ্যানডার ওয়ালস্ বল কী? [ঢা. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৯]

২১। বিস্তারণ বল কী?

২২। ডাইপোল মোমেন্ট কী?

২৩। ডাইপোল মোমেন্টের একক কী?

২৪। আয়ন–ডাইপোল আকর্ষণের মাত্রা কত?

২৫। বিস্তারণ বলের শক্তিমাত্রা কত?

২৬। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [মা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২২; চ. বো. ২০১৯; কু. বো. ২০১৯, ২০২১, ২০২২]

(খ) অন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [কু. বো. ২০২৩]

(গ) আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [ব. বো. ২০২২]

২৭। H–বন্ধনের শক্তিমাত্রা কত?

২৮। $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$ আয়নটির IUPAC নাম লেখ। [য. বো. ২০১৭]

CamScanner

খ-বিভাগ : অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) ইলেকট্রন বিন্যাস ও মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি :

১। Mg একটি মৃৎক্ষার ধাতু; ব্যাখ্যা করো। [মা. বো. ২০২১]

২। Sc(21) ও Zn(30) d-ব্লক মৌল হলেও অবস্থান্তর মৌল নয়; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০১৯, ২০২২; দি. বো. ২০১৫; মা. বো. ২০২১]

৩। Fe কে অবস্থান্তর মৌল বলা হয় কেন? [দি. বো. ২০২২; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

৪। সকল অবস্থান্তর মৌল d–বক মৌল; কিন্তু সব d–বক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; তা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০২২; রা. বো. ২০১৭]

৫। অবস্থান্তর মৌল রঙিন যৌগ গঠন করে কেন? [ঢা. বো. ২০২২; রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]

৬। অবস্থান্তর মৌল জটিল আয়ন বা যৌগ গঠন করে; ব্যাখ্যা করো।

৭। Zn এর চৌম্বক ধর্ম নেই কেন? ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০২২]

৮। Be ধাতু s–ব্লকের মৌল হওয়া সত্ত্বেও আয়নিক যৌগ গঠন করে না; এর ব্যাখ্যা দাও।

৯। $MgCl_2$ পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু Mg_3N_2 পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

১০। (ক) Al_2O_3 উভধর্মী অক্সাইড; এর ব্যাখ্যা করো। [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(খ) উভধর্মী অক্সাইড; কাকে বলে? [রা. বো. ২০২৩]

(গ) SnO একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০২৩]

১১। $AlCl_3$ ডাইমার গঠন করে কেন? [ম. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২২; ঢা. বো. ২০১৯]

১২। $AlCl_3$ ও AlN কে পানিতে মিশ্রিত করলে কীরূপ পরিবর্তন ঘটে?

১৩। Al ধাতুর সাথে HCl এসিড ও গাঢ় HNO_3 এর বিক্রিয়ার সমীকরণসহ পার্থক্য দেখাও।

১৪। CO_2 গ্যাস; কিন্তু SiO_2 কঠিন কেন? [ব. বো. ২০১৭]

১৫। PH_3 এর চেয়ে NH_3 অধিক ক্ষারধর্মী কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২২]

১৬। NCl_5 গঠিত হয় না কেন ; ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২৩]

১৭। PCl_5 একটি অষ্টক সম্প্রসারণ যৌগ; ব্যাখ্যা করো। [মা. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২২]

১৮। OF_2 গঠিত হলেও OF_4 গঠিত হয় না কেন? [সি. বো. ২০২১]

১৯। অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া বলতে কী বোঝায়, ব্যাখ্যা করো।

২০। $CuSO_4$ দ্রবণে অধিক NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে?

২১। $FeSO_4$ ও $FeCl_3$ এর দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে?

২২। $ZnSO_4$ দ্রবণে গাঢ় NaOH দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করলে কী ঘটে?

২৩। N_2 গ্যাসকে নিষ্ক্রিয় মাধ্যমরূপে ব্যবহার করা হয় কেন? [কু. বো. ২০১৬]

২৪। জিঙ্ক রঙিন যৌগ গঠন করে না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

২৫। ল্যান্থানাইড সংকোচনের কারণ ব্যাখ্যা করো। (অনুচ্ছেদ-৩.২.৪ দেখো) [সি. বো. ২০২২]

(২) মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ ও রাসায়নিক বন্ধন :

১। (ক) 'N' ও 'O' পরমাণুর মধ্যে কোনটির আকার ছোটো; ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭]

(খ) Na ও Na^+ এর মধ্যে কোনটির আকার বড়ো ও কেন? [কু. বো. ২০২১; সি. বো. ২০২১]

(গ) O^{2-} এর আকারের চেয়ে N^{3-} এর আকার বড়ো কেন? [ম. বো. ২০২১]

২। পর্যায় সারণির গ্রুপভিত্তিক মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

CamScanner

৩। Na এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি + 496 $kJmol^{-1}$; কিন্তু এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পেয়ে হলো+ 4562 $kJmol^{-1}$; এর ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩]
বা, Na^+ আয়ন গঠিত হলেও Na^{2+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? [ঢা. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২১; রা. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]

৪। Na^+ ও Ne এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি এবং কেন? [দি. বো. ২০১৫]

৫। Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি + 738 $kJmol^{-1}$; কিন্তু এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 1450 $kJmol^{-1}$; এর ব্যাখ্যা করো।

৬। (ক) Mg এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 1450 $kJmol^{-1}$; কিন্তু Na এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 4562 $kJmol^{-1}$ এর ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২১]
(খ) Mg^{2+} আয়ন গঠিত হলেও Mg^{3+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? [কু. বো. ২০২২]
(গ) $MgCl_3$ যৌগ গঠন সম্ভব কি? ব্যাখ্যা করো।

৭। (ক) বোরনের আয়নীকরণ শক্তি বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম; এর ব্যাখ্যা দাও। [রা. বো. ২০২১; মা. বো. ২০২১]
(খ) Be ও B এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি কেন? [ম. বো. ২০২৩]
(গ) P-এর আয়নীকরণ শক্তি S এর চেয়ে বেশি কেন?

৮। অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম; এর ব্যাখ্যা দাও। [চ. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৫; য. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৭; মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯, ২০২২]

৯। গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহ সহজে দ্বিধনাত্মক আয়ন গঠন করে না কেন তা ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০১৬]

১০। ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক, ঋণাত্মক এমনকি শূন্য হতে পারে; এর ব্যাখ্যা দাও।

১১। (ক) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম; এর ব্যাখ্যা দাও। [রা. বো. ২০২২; কু. বো. ২০১৯]
(খ) F ও Cl এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২১; ব. বো. ২০২১]
(গ) অক্সিজেনের দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক কেন ব্যাখা করো। [ঢা. বো. ২০২৩]

১২। N এর ইলেকট্রন আসক্তি এর বাম ও ডান উভয়দিকের সদস্যদ্বয় C ও O এর চেয়ে কম কেন ব্যাখ্যা করো।

১৩। মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ওপর আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির প্রভাব ব্যাখ্যা করো।

১৪। ফ্লোরিন সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৫; ম. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২৩; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; রা. বো. ২০১৯, ২০২১]

১৫। অধাতুর একাধিক অক্সাইডের বেলায়, উচ্চ জারণ সংখ্যার অক্সাইড এসিড অ্যান্হাইড্রাইড হয়; কিন্তু নিম্ন জারণ সংখ্যার অক্সাইড নিরপেক্ষ হয়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

১৬। মৌলের অক্সাইডসমূহের p^H পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলতে কী বোঝায়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

১৭। একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে ক্রমাগত মৌলসমূহের ধাতু ধর্ম হ্রাস পায়, অধাতু ধর্ম বৃদ্ধি পায়; তা ব্যাখ্যা করো।

১৮। ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের অক্সাইড ক্ষারধর্মী, উভধর্মী ও অম্লধর্মী হতে পারে, তা ব্যাখ্যা করো।

১৯। ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের অক্সাইড ক্ষারধর্মী, উভধর্মী ও অম্লধর্মী হতে পারে, তা ব্যাখ্যা করো।

২০। পরীক্ষাগারে তুমি মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের অম্ল-ক্ষার প্রকৃতি কীরূপে নির্ণয় করবে, তা ব্যাখ্যা করো।

২১। (ক) সিগমা বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৬]
(খ) পাই বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২২]

২২। সন্নিবেশ বন্ধন মূলত সিগমা বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

২৩। s-অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠনে অংশ নেয় না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

২৪। সংকর অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠন করে না কেন? [দি. বো. ২০২৩, ২০১৯]

CamScanner

২৫। $BeCl_2$ এর আকৃতি সরলরৈখিক কেন? [সি. বো. ২০২১; দি. বো. ২০২১]

২৬। (ক) NH_4Cl যৌগে বন্ধন প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]

(খ) NH_4^+ আয়নের সন্নিবেশ বন্ধন ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৯]

২৭। (ক) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নের মধ্যে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে, তা ব্যাখ্যা করো।

(খ) $CuSO_4.5H_2O$ যৌগে থাকা বন্ধনগুলো দেখাও। [চ. বো. ২০২২]

২৮। NH_3 একটি (প্রশম) লিগ্যান্ড;-এর ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৯]

২৯। NH_3 এর আকৃতি সংকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২১; সি. বো. ২০২১]

৩০। CH_4, NH_3, H_2O এর কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার; কিন্তু যৌগের বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা করো।

৩১। (ক) NaCl ও $MgCl_2$ এর মধ্যে কোনটি বেশি আয়নিক; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০২১]

(খ) $MgCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোনটি বেশি সমযোজী; ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০২২]

(গ) AlF_3 আয়নিক প্রকৃতির হলেও $AlCl_3$ সমযোজী কেন? [রা. বো. ২০২৩]

৩২। (ক) NaCl এর গলনাঙ্ক হলো 801°C; কিন্তু $AlCl_3$ এর গলনাঙ্ক হলো 190°C; এর ব্যাখ্যা দাও।

(খ) NaCl এর চেয়ে $MgCl_2$ এর গলনাঙ্কের মান কম কেন? [রা. বো. ২০২৩]

৩৩। NaCl এর গলনাঙ্ক হলো 801°C; কিন্তু CuCl এর গলনাঙ্ক হলো 422°C; এর ব্যাখ্যা দাও।

৩৪। $FeCl_2$ এর গলনাঙ্ক $FeCl_3$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন? [য. বো. ২০২২; দি. বো. ২০২১; চ. বো. ২০১৫]

৩৫। F_2, Cl_2 হলো গ্যাস, Br_2 হলো তরল ও I_2 হলো কঠিন বস্তু; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২১]

৩৬। (ক) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোনটি পানিতে বেশি দ্রবণীয়; ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২১; চ.বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৭]

(খ) AgF পানিতে দ্রবণীয়; AgI অদ্রবণীয় কেন? ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২২]

(গ) খাদ্য লবণ CCl_4 দ্রাবকে অদ্রবণীয় কেন? ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২২]

৩৭। (ক) পানি (H_2O) একটি পোলার যৌগ; ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২৩; দি. বো. ২০২১]

(খ) HCl সমযোজী যৌগ হলেও পানিতে দ্রবণীয় কেন? [রা. বো. ২০২২]

(গ) HF একটি পোলার যৌগ কেন? [মা. বো. ২০২৩]

৩৮। পানির ডাইপোলের কারণ ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৯]

৩৯। (ক) HF ও H_2O এর মধ্যে HF অধিক পোলার কেন? [সি. বো. ২০২১]

(খ) HCl অপেক্ষা HF এর আয়নিক চরিত্র বেশি কেন? [ঢা. বো. ২০২২]

৪০। (ক) Cl_2 অণু অপোলার; ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০১৯]

(খ) O_2অণু অপোলার কেন; ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২৩]

৪১। (ক) CH_4 অণু অপোলার অণু; ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০২১]

(খ) CO_2 অপোলার কেন? [ঢা. বো. ২০২২]

(গ) CO_2 অণু সরলরৈখিক কেন? [সি. বো. ২০২৩]

৪২। পোলারিটি ও পোলারায়নের মধ্যে পার্থক্য লেখ। [সি. বো. ২০১৯]

৪৩। H_2O হলো তরল; কিন্তু H_2S গ্যাসীয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২১]

বা, H_2S এর স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে H_2O এর স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন? [য. বো. ২০১৯]

CamScanner

৪৪। পানি তরল হয় কেন? [চ. বো. ২০২২; য. বো. ২০২১]

৪৫। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের শর্তাবলি কী; ব্যাখ্যা করো।

(খ) CH_4 ও H_2O এর স্ফুটনাঙ্কের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। [ম. বো. ২০২১]

(গ) CH_4 অপেক্ষা মিথানলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২৩]

৪৬। H-বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের মধ্যে পার্থক্য লেখ। [সি. বো. ২০১৯]

৪৭। অর্থোনাইট্রোফেনল ও প্যারানাইট্রোফেনল-এর গলনাঙ্ক ভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৬, ২০২১]

৪৮। তরল অবস্থায় ইথানয়িক এসিড পলিমার গঠন করে;—ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২১]

৪৯। CH_3-NH_2 অণুতে কোন প্রকারের আন্তঃআণবিক বল আছে; ব্যাখ্যা করো।

৫০। জীবন রসায়নে H বন্ধনের গুরুত্বের দুটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

৫১। $K_2[Co(NH_3)_2Cl_4]$ যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ সংখ্যা বের করো।

৫২। $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নটিতে NH_3 ও Cl এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো।

৫৩। $[Pt(NH_3)Cl_5]^-$ আয়নের নামকরণের নিয়মাবলি ব্যাখ্যা করো।

গ-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❑ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :

১। s-ব্লকের মৌল সংখ্যাা কয়টি? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) ১৪টি (খ) ২৪টি (গ) ২৬টি (ঘ) ৩৬টি

২। p-ব্লকের মৌল সংখ্যা কয়টি? [য. বো. ২০১৬]

(ক) ১৪টি (খ) ৩৬টি (গ) ৪১টি (ঘ) ২৭টি

৩। d-ব্লকের মৌল সংখ্যা কয়টি? [ঢা. বো. ২০১৭]

(ক) ১৪টি (খ) ৩৬টি (গ) ৪১টি (ঘ) ২৭টি

৪। কোনো মৌলের পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ns^2np^5 ইলেকট্রন বিন্যাস থাকলে ঐ মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণিতে কোন গ্রুপে হবে?

(ক) 15(5A) (খ) 5(5B) (গ) 17(7A) (ঘ) 2(2A)

৫। $_{39}Y$ মৌলটির পর্যায় সারণিতে অবস্থান কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) পর্যায়-5 গ্রুপ-1 (খ) পর্যায়-5 গ্রুপ-2 (গ) পর্যায়-5 গ্রুপ-3 (ঘ) পর্যায়-5 গ্রুপ-13

৬। কোন ইলেকট্রন বিন্যাসটি সঠিক? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) Zn^{2+} : [Ar] $3d^{10}$ (খ) Ni^{2+} : [Ar] $d^6 4s^2$ (গ) Fe^{2+} : [Ar] $3d^4 4s^2$ (ঘ) Cu^{2+} : [Ar] $3d^6 4s^1$

৭। পর্যায় সারণির কোন শ্রেণির মৌলকে চ্যালকোজেন বলে? [ঢা. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৯]

(ক) 13 (খ) 14 (গ) 15 (ঘ) 16

৮। প্রথম p-ব্লক মৌল কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]

(ক) B (খ) C (গ) S (ঘ) N

৯। 's' ব্লক মৌল কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) Al (খ) K (গ) Mn (ঘ) As

১০। 'd' ব্লকের প্রথম মৌল কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) V (খ) Cr (গ) Mn (ঘ) Sc

১১। কোনগুলো অধাতু? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) Si, Ge, As (খ) Na. K.Ca (গ) Mg, Al, Sb (ঘ) Ne. Fe Ni

CamScanner

১২। কোনটি মৃৎ-ক্ষার ধাতু?
(ক) Sr (খ) Cs (গ) Sc (ঘ) Si

১৩। বিরল মৃত্তিকা ধাতু কোন গ্রুপে অবস্থিত?
(ক) গ্রুপ-1 (খ) গ্রুপ-2 (গ) গ্রুপ-3 (ঘ) গ্রুপ-4

১৪। f ব্লক মৌল সংখ্যা কয়টি? [ব. বো. ২০১৯]
(ক) 27 (খ) 30 (গ) 36 (ঘ) 41

১৫। পর্যায় সারণির কোন্ গ্রুপের মৌলগুলো তীব্র জারক?
(ক) গ্রুপ-1 (খ) গ্রুপ-2 (গ) গ্রুপ-17 (ঘ) গ্রুপ-16

১৬। নিচের কোন যুগলের দুটি মৌলই অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটাতে পারে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) Al ও S (খ) Al ও Si (গ) Al ও Sb (ঘ) Si ও P

১৭। নিচের কোন যৌগটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) C_6H_6 (খ) NaCl (গ) $SiCl_4$ (ঘ) CCl_4

১৮। ns^1 যোজ্যতার মৌল পানিসহ বিক্রিয়ায় কোনটি উৎপন্ন করে? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) এসিড (খ) ক্ষার (গ) লবণ (ঘ) ক্ষারক

১৯। দৈত্যাকার অণু গঠন করে কোনটি? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) CO_2 (খ) SiO_2 (গ) SO_2 (ঘ) NO_2

২০। কোন যৌগটি সম্ভব নয়? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) AIN (খ) NCl_5 (গ) Ca_3N_2 (ঘ) PCl_5

২১। কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি p-ব্লকের মৌল নয়? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) He (খ) Ne (গ) Ar (ঘ) Kr

২২। নিচের কোন মৌলটির জারণ সংখ্যা সর্বোচ্চ হতে পারে? [সি. বো. ২০১৭]
(ক) V (খ) Co (গ) Cr (ঘ) Fe

২৩। বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ক্রম কোনটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) $Mn^{2+} > Fe^{2+} > Cr^{3+}$ (খ) $Mn^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{2+}$
(গ) $Fe^{2+} > Cr^{3+} > Mn^{2+}$ (ঘ) $Cr^{3+} > Mn^{2+} > Fe^{2+}$

২৪। Ni^{2+} আয়নে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা কয়টি?
(ক) ৮টি (খ) ৬টি (গ) ৪টি (ঘ) ২টি

২৫। PH_4^+ আয়নে কতটি ইলেকট্রন বিদ্যমান? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) 20 (খ) 19 (গ) 18 (ঘ) 15

২৬। নিচের কোনটি প্যারামাগনেটিক? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) Zn (খ) Cu (গ) Ca (ঘ) Mg

২৭। কোনটি Mn ধাতুর অস্থিতিশীল জারণ মান? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) +2 (খ) +7 (গ) +4 (ঘ) +3

২৮। $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$ যৌগের Co এর সন্নিবেশ সংখ্যা কত?
(ক) ২ (খ) ৪ (গ) ৬ (ঘ) ৭

২৯। $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Br$ এ Cr এর জারণ মান কত? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) +2 (খ) +3 (গ) –2 (ঘ) +6

৩০। $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ এ Cu এবং NH_3 এর মধ্যে কোন ধরনের বন্ধন বিদ্যমান? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) ধাতব বন্ধন

৩১। $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর কী ধরনের সংকরণ ঘটে? [ঢা. বো. ২০১৭]
(ক) sp^3d^2 (খ) sp^3d (গ) sp^3d^3 (ঘ) d^2sp^3

৩২। নিচের কোন আয়নটি রঙিন যৌগ গঠন করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; কু. বো. ২০১৫]
(ক) Sc^{3+} (খ) Mg^{2+} (গ) Zn^{2+} (ঘ) Ni^{2+}

৩৩। কোনটি রঙিন যৌগ? [ঢা. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৫]
(ক) Cu_2Cl_2 (খ) $CoCl_2$ (গ) $ScCl_3$ (ঘ) $MgCl_2$

৩৪। নিচের কোনটির ক্ষেত্রে d-অরবিটালের অস্তিত্ব বিদ্যমান? [য. বো. ২০১৫]
(ক) K (খ) Ca (গ) Ar (ঘ) Sc

৩৫। নিচের কোন্ আয়নের আকার সবচেয়ে ছোটো হবে?
(ক) F^- (খ) O^{2-} (গ) N^{3-} (ঘ) Na^+

৩৬। নিচের কোন্ আয়নটির আকার সবচেয়ে ছোটো? [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]
(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+} (গ) Be^{2+} (ঘ) Ca^{2+}

৩৭। আয়ন/পরমাণুর আকার সম্পর্কিত কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) Al > Mg > Na (খ) Na > Ne > F (গ) $Al^{3+} > Mg^2 > Na^+$ (ঘ) $Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

৩৮। ২য় পর্যায়ের মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে নিচের কোনটির পারমাণবিক ব্যাসার্ধ সবচেয়ে বড়ো?
(ক) $1s^2 2s^2 2p^3$ (খ) $1s^2 2s^2 2p^1$ (গ) $1s^2 2s^2$ (ঘ) $1s^2 2s^1$

৩৯। নিচের কোনটির আকার সবচেয়ে ছোটো? [কু. বো. ২০১৭]
(ক) O (খ) N (গ) C (ঘ) Li

৪০। দুটি মৌল A ও B। এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হলো যথাক্রমে r_A ও r_B এবং সমযোজী বন্ধন দূরত্ব হলো d_{AB} তখন নিচের কোনটি সঠিক হবে? [য. বো. ২০১৭]
(ক) $r_A + r_B = d_{AB}$ (খ) $r_A + r_B < d_{AB}$ (গ) $r_A + r_B > d_{AB}$ (ঘ) $r_A - r_B = d_{AB}$

৪১। A ও B পরমাণুর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 37 pm ও 99 pm হলে AB সমযোজী যৌগের বন্ধন দূরত্ব কত? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) 120 pm (খ) 136 pm (গ) 173 pm (ঘ) 180 pm

৪২। পর্যায় সারণিতে একই পর্যায়ে বাম হতে ডানদিকের মৌলগুলোর ক্ষেত্রে কোন তথ্যটি সঠিক? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায় (খ) ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায়
(গ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা অপরিবর্তিত থাকে (ঘ) পরমাণুর আকার বাড়তে থাকে

৪৩। ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হতে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে কী বলে? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) ইলেকট্রন আসক্তি (খ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (গ) আয়নিক পটেনসিয়াল (ঘ) আয়নীকরণ শক্তি

৪৪। তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম চারটি মৌলের কোন ধর্মটি ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (খ) আয়নীকরণ শক্তি (গ) মৌলের গলনাঙ্ক (ঘ) ধাতব ধর্ম

৪৫। কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি? [দি. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৯; ব. বো. ২০১৯]
(ক) কার্বন (খ) নাইট্রোজেন (গ) অক্সিজেন (ঘ) ফসফরাস

৪৬। কোন মৌলের প্রথম আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে বেশি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) Na (খ) K (গ) Rb (ঘ) Li

৪৭। আয়নীকরণ শক্তির সঠিক ক্রম কোনটি?

(ক) $E_1 < E_3 < E_2$ (খ) $E_1 > E_2 > E_3$ (গ) $E_3 > E_1 > E_2$ (ঘ) $E_1 < E_2 < E_3$

৪৮। আয়নীকরণ বিভবের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?

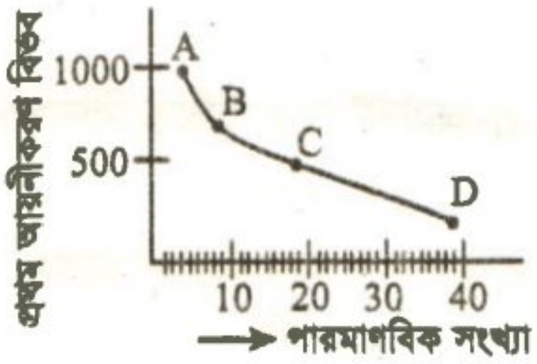
(ক) Be < B (খ) Mg < Al (গ) N < O (ঘ) S < P

৪৯। কোনটির আয়নীকরণ শক্তির মান সর্বনিম্ন? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) Na (খ) Mg (গ) Cs (ঘ) Ca

৫০। উদ্দীপকের উল্লিখিত মৌলসমূহের সক্রিয়তার ক্রম কোনটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) A > B > C > D
(খ) D > C > B > A
(গ) A > B > D > C
(ঘ) D > C > A > B



৫১। আয়নীকরণ বিভবের ক্ষেত্রে নিচের কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]

(ক) 0 < N < B < Be (খ) N < O < Be < B (গ) Be < B < O < N (ঘ) B < Be < O < N

৫২। হ্যালোজেনসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সঠিক ক্রম কোনটি?

(ক) Cl > F > Br > 1 (খ) F > Cl > Br > I (গ) Cl > Br > F > I (ঘ) I > Br > Cl > F

৫৩। কোনটির ইলেকট্রন আসক্তির মান সর্বনিম্ন? [য. বো. ২০১৭]

(ক) F (খ) O (গ) Ca (ঘ) Si

৫৪। চারটি হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তির মান (kJ/mol) নিম্নরূপ; এদের মধ্যে কোন্‌টির অ্যানায়ন গঠনের প্রবণতা বেশি হবে?

(ক) F(–328) (খ) Br (–325) (গ) Cl (–349) (ঘ) I (–295)

৫৫। কোন মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি সবচেয়ে বেশি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) N (খ) Cl (গ) O (ঘ) F

৫৬। ইলেকট্রন আসক্তির ক্ষেত্রে নিচের কোন ক্রমটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৫]

(ক) F > Cl > Br > I (খ) Cl > F > Br > I (গ) I > Br > Cl > F (ঘ) Cl > Br > I > F

৫৭। পাউলিং স্কেলে অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান কত? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) 2.5 (খ) 3.0 (গ) 3.5 (ঘ) 4.0

৫৮। তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্ষেত্রে সঠিক ক্রম হবে কোনটি?

(ক) Mg > Al < Si (খ) Si < S < Na (গ) Na > Mg > Al (ঘ) Si < S < Cl

৫৯। A ও B দুটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যথাক্রমে 2.1 এবং 2.5 হলে, এদের সমন্বয়ে গঠিত যৌগের প্রকৃতি কিরূপ? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) সমযোজী (খ) আয়নিক (গ) সন্নিবেশ (ঘ) পোলার

৬০। নিচের কোন মৌলটি অম্লীয় অক্সাইড ও অম্লীয় হাইড্রক্সাইড যৌগ গঠন করে? [য. বো. ২০১৫]

(ক) সোডিয়াম (খ) ম্যাগনেসিয়াম (গ) ফ্লোরিন (ঘ) সালফার

৬১। কোন অক্সাইডটি অম্লধর্মী? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) SiO_2 (খ) Al_2O_3 (গ) H_2O (ঘ) Na_2O

৬২। SiO_2 কোন ধর্মী অক্সাইড?
(ক) অম্লীয় (খ) ক্ষারীয় (গ) উভধর্মী (ঘ) নিরপেক্ষ
[দি. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৯]

৬৩। নিচের কোন অক্সাইডটি সবচেয়ে বেশি অম্লধর্মী?
(ক) SiO_2 (খ) P_2O_3 (গ) SO_3 (ঘ) Cl_2O_7
[য. বো. ২০১৬]

৬৪। নিচের কোনটি সুপার অক্সাইড?
(ক) KO_2 (খ) Pb_3O_4 (গ) MnO_2 (ঘ) Na_2O_2
[কু. বো. ২০১৫]

৬৫। কোন অক্সাইডটি সবচেয়ে বেশি অম্লধর্মী হবে?
(ক) SiO_2 (খ) Cl_2O_7 (গ) P_2O_5 (ঘ) SO_3
[চ. বো. ২০১৫]

৬৬। কোন অক্সাইডটি উভধর্মী?
(ক) MgO (খ) Al_2O_3 (গ) CO_2 (ঘ) Na_2O
[ব. বো. ২০১৬]

৬৭। উভধর্মী অক্সাইড নিচের কোনটি?
(ক) BeO (খ) Na_2O (গ) CO_2 (ঘ) MgO
[য. বো. ২০১৭]

৬৮। SO_2 অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা কোনটি?
(ক) sp^3d (খ) sp^3 (গ) sp^2 (ঘ) sp
[চ. বো. ২০১৭]

৬৯। NH_4^+ আয়নে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ কীরূপ?
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d
[দি. বো. ২০১৭]

৭০। XeF_2 অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে কোন প্রকার সংকরণ ঘটে?
(ক) sp (খ) sp^2d (গ) sp^3d^2 (ঘ) sp^3d
[রা. বো. ২০১৫]

৭১। গ্রাফাইটে কোন ধরনের সংকরণ ঘটে?
(ক) sp^3 (খ) sp^2 (গ) sp (ঘ) sp^3d
[য. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৫]

৭২। NH_4^+ ও PH_4^+ আয়নের সংকরায়ন কোনটি?
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d
[সি. বো. ২০১৫]

৭৩। যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুটি d^3sp^3 সংকরিত হলে আকৃতি কীরূপ হয়?
(ক) ত্রিকোণীয় দ্বি-পিরামিড (খ) পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিডীয় (গ) অষ্টতলকীয় (ঘ) সমতলীয় বর্গাকার
[ব. বো. ২০১৫]

৭৪। কোন সংকরায়ন হলে π বন্ধন গঠিত হয়?
(ক) sp^3 (খ) sp^2 (গ) dsp^2 (ঘ) d^2sp^2
[য. বো. ২০১৬]

৭৫। C_2H_2 যৌগে C পরমাণুর কোন প্রকার সংকরণ ঘটেছে?
(ক) dsp^2 (খ) sp^3 (গ) sp^2 (ঘ) sp
[ব. বো. ২০১৬]

৭৬। sp^3 সংকরিত যৌগ নয় কোনটি?
(ক) BF_3 (খ) NH_3 (গ) H_2O (ঘ) CH_4
[চ. বো. ২০১৫]

৭৭। বেনজিনে কয়টি π বন্ধ বিদ্যমান?
(ক) ১২টি (খ) ৯টি (গ) ৬টি (ঘ) ৩টি

৭৮। ইথিলিনে কার্বন-কার্বন কী সংকরণ বিদ্যমান?
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

৭৯। নিচের কোন যৌগটিতে সঞ্চরণ অক্ষম পাই (π) ইলেকট্রন আছে?
[য. বো. ২০১৫; সি. বো. ২০১৬]
(ক) C_2H_4 (খ) C_2H_6 (গ) C_6H_6 (ঘ) C_3H_8

৮০। নিচের কোনটি সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে না? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) H_2O (খ) NH_3 (গ) BCl_3 (ঘ) CCl_4

৮১। নিচের কোন যৌগটির গলনাঙ্ক সবচেয়ে কম? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) LiCl (খ) NaCl (গ) KCl (ঘ) CsCl

৮২। নিচের কোন যৌগটি অধিক সমযোজী? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) $MgCl_2$ (খ) $CaCl_2$ (গ) $AlCl_3$ (ঘ) $FeCl_3$

৮৩। H_2O অণুর বা পানির বন্ধন কোণ কত? [ব. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৯]
(ক) 104.5° (খ) 107° (গ) 109.5° (ঘ) 180°

৮৪। কোন যৌগটির বন্ধন কোণ সবচেয়ে ছোটো? [সি. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৬]
(ক) H_2O (খ) NCl_3 (গ) H_2S (ঘ) PH_3

৮৫। নিচের কোনটির বন্ধন কোণ সবচেয়ে বেশি?
(ক) মিথেন (খ) অ্যামোনিয়া (গ) পানি (ঘ) কার্বন ডাই-অক্সাইড

৮৬। $SiCl_4$, BF_3 ও NH_3 যৌগগুলোতে বন্ধন কোণের সঠিক ক্রম কোনটি? [য. বো. ২০১৫]
(ক) $SiCl_4 > BF_3 > NH_3$ (খ) $NH_3 > BF_3 > SiCl_4$
(গ) $BF_3 > NH_3 > SiCl_4$ (ঘ) $BF_3 > SiCl_4 > NH_3$

৮৭। NCl_3 অণুর আকৃতি কীরূপ? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) ত্রিভুজাকার (খ) পিরামিডীয় (গ) চতুস্তলকীয় (ঘ) কৌণিক

৮৮। CH_4, NH_3, H_2S ও H_2O এর বন্ধন কোণের ক্রম কোনটি? [সি. বো. ২০১৯]
(ক) $NH_3 > CH_4 > H_2O > H_2S$ (খ) $CH_4 > NH_3 > H_2O > H_2S$
(গ) $H_2O > NH_3 > CH_4 > H_2S$ (ঘ) $CH_4 > H_2O > NH_3 > H_2S$

৮৯। PCl_5 অণুর গঠন কী রূপ? [য. বো. ২০১৬]
(ক) ত্রিকোণাকার দ্বি-পিরামিডীয় (খ) অষ্টতলকীয় (গ) সমতলীয় ত্রিকোণাকার (ঘ) চতুস্তলকীয়

৯০। বন্ধন কোণের কোন ক্রমটি সঠিক? [য. বো. ২০১৭]
(ক) $NH_3 > PH_3 > AsH_3 > SbH_3$ (খ) $PH_3 > AsH_3 > SbH_3 > NH_3$
(গ) $AsH_3 > SbH_3 > NH_3 > PH_3$ (ঘ) $SbH_3 > NH_3 > PH_3 > AsH_3$

৯১। XeF_6 যৌগে মুক্তজোড় ইলেকট্রনের সংখ্যা কয়টি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) ১টি (খ) ২টি (গ) ৩টি (ঘ) ৪টি

৯২। নিচের কোন যৌগের অণুতে মুক্ত জোড় ইলেকট্রন বা নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল সংখ্যা সর্বাধিক? [সি. বো. ২০১৭]
(ক) HCl (খ) NH_3 (গ) H_2O (ঘ) H_2S

৯৩। NH_3 অণুর জ্যামিতিক আকৃতি বিকৃত চতুস্তলকীয় হওয়ার কারণ কী? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) বন্ধন জোড়-বন্ধন জোড় ইলেকট্রন বিকর্ষণ (খ) বন্ধন জোড়-মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের আকর্ষণ
(গ) বন্ধন জোড়-মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের বিকর্ষণ (ঘ) বন্ধন জোড়-বন্ধন জোড় ইলেকট্রনের আকর্ষণ

৯৪। নিচের কোনটির গলনাঙ্ক কম? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) NaCl (খ) $AlCl_3$ (গ) KCl (ঘ) $CaCl_2$

৯৫। NaCl এর গলনাঙ্ক কত? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) 776°C (খ) 801°C (গ) 826°C (ঘ) 862°C

CamScanner

৯৬। নিচের কোন যৌগটির গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মান সবচেয়ে বেশি? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) $CaCl_2$ (খ) $FeCl_2$ (গ) $CuCl_2$ (ঘ) $ZnCl_2$

৯৭। নিচের কোন আয়নটি অ্যানায়নকে অধিক পোলারিত করতে পারবে?
(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+} (গ) Al^{3+} (ঘ) Fe^{3+}

৯৮। নিচের কোন আয়নিক যৌগটিতে সবচেয়ে বেশি পোলারায়ন ঘটে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) LiCl (খ) $BeCl_2$ (গ) NaCl (ঘ) $MgCl_2$

৯৯। নিচের কোন আয়নের পোলারায়ন কম ঘটে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) Cl^- (খ) F^- (গ) Br^- (ঘ) I^-

১০০। নিচের কোন সালফেট লবণ পানিতে অদ্রবণীয়? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) $CuSO_4$ (খ) Na_2SO_4 (গ) $Al_2(SO_4)_3$ (ঘ) $BaSO_4$

১০১। আয়নিক বন্ধনে ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতার ক্রম নিম্নের কোনটি সঠিক?
(ক) $H^+ > Na^+ > K^+$ (খ) $H^+ > K^+ > Na^+$ (গ) $K^+ > Na^+ > H^+$ (ঘ) $Na^+ > K^+ > H^+$

১০২। নিচের কোনটির অণুতে পোলারায়ন বেশি ঘটে?
(ক) AgF (খ) AgCl (গ) AgBr (ঘ) AgI

১০৩। নিম্নের যৌগগুলোর কোনটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি?
(ক) NaCl (খ) CsF (গ) $CaCl_2$ (ঘ) $AlCl_3$

১০৪। নিচের কোন যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য অধিক? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) AgCl (খ) AgF (গ) AgI (ঘ) AgBr

১০৫। নিচের কোন যৌগটি অধিক সমযোজী? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) LiCl (খ) NaCl (গ) KCl (ঘ) CsCl

১০৬। কোনটি পোলার অণু?
(ক) CH_4 (খ) CCl_4 (গ) H_2O (ঘ) HI

১০৭। নিচের কোন্‌টি অপোলার যৌগ? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) CCl_4 (খ) $CHCl_3$ (গ) CH_3OH (ঘ) HF

১০৮। হাইড্রোজেন বন্ধন থাকে কোনটিতে? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) NH_3 (খ) CH_4 (গ) H_2S (ঘ) HI

১০৯। নিচের কোন যৌগে H-বন্ধন থাকে? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) HCl (খ) H_2S (গ) CH_3COOH (ঘ) $CHCl_3$

১১০। ইথানয়িক এসিডের ডাইমারে কয়টি হাইড্রোজেন বন্ধন বিদ্যমান? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) 1 (খ) 2 (গ) 3 (ঘ) 4

১১১। H-বন্ধন ঘটে না নিচের কোন যৌগে? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) CH_4 (খ) NH_3 (গ) HF (ঘ) H_2O

১১২। নিচের কোন যৌগে অন্তঃআণবিক H বন্ধন আছে? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) স্যালিসাইলিক এসিড (খ) পানি (গ) ফেনল (ঘ) অ্যামোনিয়া

১১৩। ভ্যান্ডার ওয়ালস আকর্ষণ বলের অণুসমূহ কীরূপ হয়?
(ক) পোলার সমযোজী (খ) অপোলার সমযোজী (গ) আয়নিক (ঘ) ডাইপোল

CamScanner

১১৪। পোলারায়ন প্রক্রিয়ার সাথে সম্পর্কিত যৌগ কোনটি? [সি. বো. ২০১৭]
(ক) H-বন্ধনযুক্ত যৌগ (খ) সমযোজী যৌগ (গ) সন্নিবেশ যৌগ (ঘ) আয়নিক যৌগ

১১৫। নিচের কোনটি সঠিক হবে? [রা. বো. ২০১৬]
(ক) আকারের সঠিক ক্রম হলো $Mg^{2+} > Na^{+} > Al^{3+}$ (খ) Al_2O_3 এর অম্লত্ব হলো 3
(গ) C_2H_6 যৌগে সিগমা বন্ধন সংখ্যা 6টি (ঘ) অর্থোনাইট্রোফেনলে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন আছে

১১৬। হাইড্রাসিডের তীব্রতা কিসের ওপর নির্ভর করে? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা (খ) কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব
(গ) অ্যানায়নের আকার (ঘ) ক্যাটায়নের আকার

১১৭। নিচের কোনটি সাধারণ অবস্থায় তরল? [ঢা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৫]
(ক) F_2 (খ) Cl_2 (গ) Br_2 (ঘ) I_2

১১৮। পানিগ্রাহী পদার্থ কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) NaCl (খ) $CaCl_2$ (গ) $MgCl_2$ (ঘ) $ZnCl_2$

১১৯। নিচের এসিডগুলোর মধ্যে কোনটি 'পাইরো' এসিড? [চ. বো. ২০১৬]
(ক) $HClO_4$ (খ) H_3PO_3 (গ) H_2SO_4 (ঘ) $H_2S_2O_7$

১২০। নিচের এসিডগুলোর মধ্যে কোনটি 'হাইপো' এসিড? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) H_3PO_3 (খ) H_3PO_2 (গ) H_3PO_4 (ঘ) HPO_3

১২১। হাইড্রোনিয়াম আয়নে কোন্ কোন্ বন্ধন বিদ্যমান? [রা. বো. ২০১৭]
(ক) আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন (খ) সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন
(গ) আয়নিক ও সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) আয়নিক ও H-বন্ধন

১২২। নিচের কোন যৌগের আকৃতি সরলরৈখিক? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; কু. বো. ২০১৭]
(ক) কার্বন ডাইঅক্সাইড (খ) জেনন টেট্রাফ্লোরাইড (গ) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড (ঘ) বোরন ট্রাইফ্লোরাইড

১২৩। কোনটি রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য? [য. বো. ২০১৭]
(ক) ঘনত্ব (খ) দ্রাব্যতা (গ) অম্লত্ব (ঘ) গলনাঙ্ক

১২৪। নিচের কোন বন্ধনের উপস্থিতির কারণে পানি কক্ষতাপমাত্রায় তরল? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) H-বন্ধন

*** বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়, বুয়েট ও মেডিকেলে ভর্তি পরীক্ষায় MCQ's :**

১২৫। নিচের কোনটি অধিক শক্তিশালী ক্ষার? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) NaOH (খ) KOH (গ) $Ca(OH)_2$ (ঘ) NH_4OH

১২৬। নিচের কোনটি রঙিন আয়ন হবে? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) Ca^{2+} (খ) Ni^{2+} (গ) Hg^{2+} (ঘ) Zn^{2+}

১২৭। নিচের কোনটির জারণ ক্ষমতা বেশি বা অধিক জারণধর্মী? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) F_2 (খ) Cl_2 (গ) I_2 (ঘ) Br_2

১২৮। নিচের কোন যৌগটির গঠন আকৃতি চতুস্তলকীয় নয়? [ঢা. বি. ২০১৭]
(ক) CCl_4 (খ) NH_4^+ (গ) CH_4 (ঘ) SF_4

১২৯। $CH_3–CH=CH_2$ যৌগে কার্বন পরমাণুগুলোর সংকরণ কীরূপ? [ঢা. বি. ২০১৭]
(ক) sp, sp^2 (খ) sp, sp^3 (গ) sp^2, sp^3 (ঘ) sp, sp^2, sp^3

CamScanner

১৩০। গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল পরমাণুতে এক মোল ইলেকট্রন যুক্ত হলে যে শক্তির পরিবর্তন হয় তাকে কী বলে? [ঢা. বি. ২০১৭]

(ক) ইলেকট্রোনেগেটিভিটি (খ) ২য় ইলেকট্রন আসক্তি (গ) ১ম ইলেকট্রন আসক্তি (ঘ) ১ম আয়নীকরণ শক্তি

১৩১। নিচের কোন মৌলটির আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে বেশি? [ঢা. বি. ২০১৬]

(ক) Na (খ) K (গ) Rb (ঘ) Cs

১৩২। নিচের কোন মৌলটি f-ব্লক মৌল নয়? [বুয়েট ২০১৬]

(ক) Ce (খ) Th (গ) Np (ঘ) Sm

১৩৩। নিচের কোন বন্ধনটি সবচেয়ে দুর্বল বা কম শক্তি সম্পন্ন? [জা. বি. ২০১৭]

(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) ধাতব বন্ধন (ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

১৩৪। নিচের কোনটি পানিতে দ্রবণীয়? [জা. বি. ২০১৬]

(ক) $CaCO_3$ (খ) $ZnCO_3$ (গ) $Pb(NO_3)_2$ (ঘ) কোনোটিই নয়

১৩৫। নিচের কোন যৌগটিতে সবচেয়ে শক্তিশালী H-বন্ধন থাকে? [ঢা. বি. ২০১৬]

(ক) ইথানল (খ) ইথানোয়িক এসিড (গ) পানি (ঘ) অ্যামোনিয়া

১৩৬। $CH_2=CHCH_2CHO$ যৌগটিতে যথাক্রমে σ এবং π বন্ধনের সংখ্যা কত? [ঢা. বি. ২০১৬]

(ক) 9, 2 (খ) 8, 4 (গ) 10, 1 (ঘ) 10, 2

১৩৭। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড কীরূপে থাকে? [রা. বি. ২০১৬]

(ক) মনোমার (খ) ডাইমার (গ) ট্রাইমার (ঘ) পলিমার

১৩৮। স্ফুটনাঙ্কের ক্রম অনুসারে নিচের কোন সেট সঠিক? [বুয়েট: ২০১৬]

(ক) $CH_4 < NH_3 < H_2O < HF$ (খ) $NH_3 < CH_4 < H_2O < HF$

(গ) $HF < CH_4 < NH_3 < H_2O$ (ঘ) $CH_4 < NH_3 < HF < H_2O$

১৩৯। নিচের কোন অক্সাইড পানিতে মিশালে সবচেয়ে বেশি অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে? [বুয়েট ২০১৬]

(ক) CO (খ) CO_2 (গ) SiO_2 (ঘ) P_2O_5

১৪০। নিচের কোন অক্সাইডটি শুষ্ককারক হিসেবে কাজ করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) N_2O_5 (খ) P_2O_5 (গ) Cl_2O_5 (ঘ) V_2O_5

১৪১। PCl_5 এ কোন ধরনের সংকরণ বা হাইব্রিডাইজেশন বিদ্যমান? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

১৪২। $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ যৌগে মোট কয়টি বন্ধন বিদ্যমান? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) 6 (খ) 8 (গ) 14 (ঘ) 18

১৪৩। বেনজিনে সিগমা বন্ধন কয়টি? [চ. বো. ২০১৯]

(ক) 10 টি (খ) 12 টি (গ) 14 টি (ঘ) 16 টি

১৪৪। কোনটির আয়নিক ব্যাসার্ধ সবচেয়ে ছোটো? [চ. বো. ২০১৯]

(ক) O^{2-} (খ) Na^+ (গ) Al^{3+} (ঘ) Mg^{2+}

১৪৫। $Ca_3N_2 + 3H_2O \longrightarrow 3Ca(OH)_2 + X$; এক্ষেত্রে X যৌগটি কী? [য. বো. ২০১৯]

(ক) NO_2 (খ) HNO_3 (গ) N_2 (ঘ) NH_3

১৪৬। $BeCl_2$ যৌগের অণুর বন্ধন কোণ কত? [চ. বো. ২০১৯]

(ক) 104.5° (খ) 107° (গ) 109° (ঘ) 180°

১৪৭। কোনটির গলনাঙ্ক সবচেয়ে কম? [চ. বো. ২০১৯]

(ক) AgF (খ) AgCl (গ) AgBr (ঘ) AgI

CamScanner

১৪৮। বরফের গঠনে একটি অক্সিজেন পরমাণুতে কয়টি H-বন্ধন বিদ্যমান? [ঢা. বো. ২০১৯]
(ক) 2 (খ) 3 (গ) 4 (ঘ) 5

১৪৯। নিচের কোন যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $-\frac{1}{2}$ হয়? [ঢা. বো. ২০১৯]
(ক) Na_2O_2 (খ) H_2O_2 (গ) K_2O (ঘ) KO_2

১৫০। পানিতে নিচের কোন পদার্থের দ্রাব্যতা বেশি? [রা. বো. ২০১৯]
(ক) NaCl (খ) $CaCl_2$ (গ) $BaCl_2$ (ঘ) $AlCl_3$

❑ বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :

১৫১। p-ব্লকের জন্য প্রযোজ্য— [রা. বো. ২০১৫]
i. ডাইমারের সংখ্যা অধিক ii. নিষ্ক্রিয় গ্যাস অন্তর্ভুক্ত নয় iii. s-ব্লক মৌলের বিকারক হিসেবে কম শক্তিশালী
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫২। উদ্দীপকের X, Y ও W মৌলের ক্ষেত্রে— [কু. বো. ২০১৫]
i. X এর হ্যালাইড অষ্টক অসম্পূর্ণ যৌগ
ii. W ও Y এর মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক বিদ্যমান
iii. X এর হ্যালাইডের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী

গ্রুপ \ পর্যায়	13	14
2	W	
3	W	Y

নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৩। নিচের দুটি মৌল একই ব্লকের অন্তর্ভুক্ত— [কু. বো. ২০১৫]
i. Si, B ii. Ga. S iii. Se. F
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৪। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের বেলায় যতই নিচের দিকে যাওয়া যায় ততই—
i. ইলেকট্রনের একটি নতুন স্তর যুক্ত হয় ii. পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়
iii. যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns^1) নিউক্লিয়াস থেকে দূরে সরে যাওয়ায় ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৫। $[Ar]\ 3d^{10}4s^0$ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো— [চ. বো. ২০১৫]
i. Cu^+ আয়ন ii. Zn^{++} আয়ন iii. Fe^{++} আয়ন
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৬। নিচের আয়ন রঙিন হয়— [ব. বো. ২০১৫]
i. বহিস্তরের ইলেকট্রন ধাপান্তর ঘটলে ii. বহিস্তরে অপূর্ণ 'd' অরবিটাল থাকলে
iii. ইলেকট্রন বিন্যাস $[Ar]\ ns^2\ (n-1)d^\circ$
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

CamScanner

১৫৭। $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ আয়নটি— [ব. বো. ২০১৫]

i. অষ্টতলকীয় ii. sp^3d^2 সংকরায়নের মাধ্যমে গঠিত iii. প্যারাচুম্বকীয় হয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৮। পর্যায় সারণির যেকোনো গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের— [র. বো. ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৯]

i. অধাতব বৈশিষ্ট্য হ্রাস পায় ii. ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায় iii. আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫৯। আয়নিক বন্ধন গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় শর্ত— [সি. বো. ২০১৫]

i. ধাতুর নিম্ন আয়নীকরণ শক্তি ii. যৌগের উচ্চ ল্যাটিস শক্তি iii. অধাতুর উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬০। আয়নিক যৌগের জন্য প্রযোজ্য— [রা. বো. ২০১৫]

i. স্থির তড়িৎ বল ii. CCl_4 এ দ্রবণীয় iii. দ্রবণ তাপ = হাইড্রেশন তাপ—ল্যাটিস তাপ

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬১। অষ্টক অপূর্ণ যৌগ— [সি. বো. ২০১৫]

i. H_2O ii. BH_3 iii. $BeCl_2$

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬২। NH_4Cl যৌগটিতে রয়েছে— [সি. বো. ২০১৬]

i. আয়নিক বন্ধন ii. সমযোজী বন্ধন iii. সন্নিবেশ বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৩। NH_3BF_3 যৌগে বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে বন্ধন আছে—

i. আয়নিক ii. সমযোজী iii. সন্নিবেশ বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

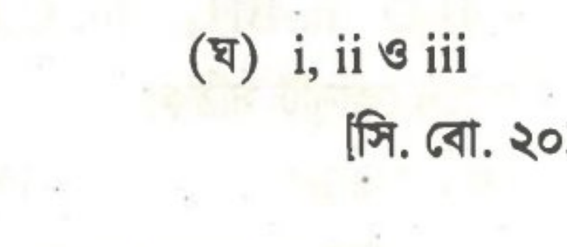
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৪। পার্শ্বের উদ্দীপকের X ও Y দ্বারা গঠিত যৌগটি হলো—

i. একটি জৈব যৌগ

ii. অপোলার যৌগ

iii. এটি পানিতে দ্রবণীয়



নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৫। অ্যামোনিয়া অণুর ক্ষেত্রে— [ঢা. বো. ২০১৫]

i. নাইট্রোজেনের সংকরণ sp^3 ii. চতুস্তলকীয় iii. মুক্তজোড় ইলেকট্রন বিদ্যমান

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৬। $A(H_2O) \xrightarrow{H^+} B\ (H_3O^+)$; উদ্দীপকের মতে— [ঢা. বো. ২০১৫]

i. A ও B এর আকৃতি একই ii. উভয়ের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ একই

iii. A এর pH = 7

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৭। অ্যামোনিয়া (NH_3) অণুর ক্ষেত্রে— [রা. বো. ২০১৬]

i. lp – bp বিকর্ষণ সংখ্যা ৩টি ii. বন্ধন কোণ 104.5° iii. আকৃতি ত্রিকোণাকার পিরামিড

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৮। BF_3 যৌগের বৈশিষ্ট্য হলো— [ঢা. বো. ২০১৬]

i. B এর sp^2 সংকরণ ii. চতুস্তলকীয় গঠন iii. NH_3 সহ সন্নিবেশ বন্ধন ঘটে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৬৯। যে অণুতে sp^3 সংকরণ ঘটে— [সি. বো. ২০১৫]

i. H_2O ii. BH_4^- iii. C_2H_4

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭০। sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে— [দি. বো. ২০১৭]

i. BF_3 ii. BH_4^- iii. H_2O

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭১। চতুস্তলকীয় গঠন আছে— [সি. বো. ২০১৭]

i. NH_4^+ আয়নে ii. CCl_4 অণুতে iii. NH_3 অণুতে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭২। পোলারায়ন নির্ভর করে— [য. বো. ২০১৬]

i. ক্যাটায়নের আকারের ওপর ii. অ্যানায়নের আকারের ওপর

iii. ক্যাটায়নের চার্জ বা আধানের ওপর

CamScanner

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৩। বরফের যে বন্ধন আছে তা হলো— [রা. বো. ২০১৫]

i. হাইড্রোজেন বন্ধন ii. সন্নিবেশ বন্ধন iii. সমযোজী বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৪। অর্থো-নাইট্রোফেনলে বিদ্যমান— [সি. বো. ২০১৫]

i. সন্নিবেশ বন্ধন ii. হাইড্রোজেন বন্ধন iii. সমযোজী বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৫। অন্তঃআণবিক হাইড্রাজেন বন্ধন সম্ভব— [কু. বো. ২০১৫]

i. অর্থোনাইট্রোফেনল ii. অর্থোহাইড্রোক্সি বেনজালডিহাইড iii. স্যালিসাইলিক এসিড

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৬। অষ্টক সম্পূর্ণ যৌগ হলো— [ঢা. বো. ২০১৭]

i. H_2O ii. BCl_3 iii. NCl_3

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৭। $AlCl_3$ যৌগটি হলো— [রা. বো. ২০১৭]

i. লুইস এসিড ii. অষ্টক অপূর্ণ iii. জলীয় দ্রবণ অম্লীয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৮। H-বন্ধনের কারণে— [রা. বো. ২০১৭]

i. 19.5°C-এ HF তরল হয় ii. ইথানল পানিতে দ্রবণীয়

iii. ইথানোয়িক এসিড ডাইমার গঠন করে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৭৯। H_2O অণুর আকৃতি V হওয়ার কারণ— [চ. বো. ২০১৭]

i. দুটি O–H ii. H_2O এর O পরমাণুতে দুটি মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের জন্য

iii. তিনটি বন্ধন-জোড় ইলেকট্রনের জন্য

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) i ও ii (ঘ) ii ও iii

১৮০। P, Q, R এ তিনটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 2.1, 3.0 ও 3.4 হলে তখন— [ব. বো. ২০১৭]

i. PQ যৌগটি পোলার সমযোজী ii. PQ এর চেয়ে PR এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য কম

iii. QR যৌগটি বিশুদ্ধ সমযোজী

CamScanner

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮১। অষ্টক অসম্পূর্ণ যৌগ হলো— [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

i. NH_3 ii. BF_3 iii. $AlCl_3$

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮২। A ও B এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 2.1 ও 2.5 হলে তখন A ও B দ্বারা গঠিত যৌগটি— [চ. বো. ২০১৯]

i. পোলার ii. অপোলার iii. সমযোজী

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৩। $AlCl_3$ যৌগের— [য. বো. ২০১৯]

i. ডাইমারে 16 জোড়া ইলেকট্রন আছে ii. ঊর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা 180°C iii. বন্ধন কোণ 120° (বা, 118°) হয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৪। আয়নীকরণ বিভব, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামক হলো— [সি. বো. ২০১৯]

i. বহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস ii. আচ্ছাদন প্রভাব iii. পারমাণবিক সংখ্যা

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৫। HNO_3 ও KOH উভয়ের সাথে বিক্রিয়া করে— [সি. বো. ২০১৯]

i. BeO ii. ZnO iii. Na_2O_2

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৬। IF_7 যৌগের ক্ষেত্রে যা প্রযোজ্য— [সি. বো. ২০১৯]

i. আকৃতি পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিড ii. আয়োডিনের জারণ সংখ্যা হয় –1

iii. এক্ষেত্রে sp^3d^3 সংকরণ ঘটে I পরমাণুতে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) i ও iii (গ) iii (ঘ) ii ও iii

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :**

**৩য় পর্যায়ভুক্ত P. S ও Cl তাদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যাসহকারে অক্সাইড গঠন করে। পানি ও ক্ষারের সাথে তাদের বিক্রিয়া প্রমাণ করে তারা অম্লধর্মী অক্সাইড। এ তথ্য থেকে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।

১৯০। P ও S এর অক্সাইড দুটি পানির সাথে বিক্রিয়ায় এসিড উৎপন্ন করে কোন্‌টি?

(ক) H_3PO_3 ও H_2SO_4 (খ) H_3PO_4 ও H_2SO_3

(গ) H_3PO_4 ও H_2SO_4 (ঘ) H_3PO_2 ও H_2S

CamScanner

১৯১। Cl এর অক্সাইডটি NaOH ও $Ca(OH)_2$ এর সাথে পৃথক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ হলো—

(ক) $NaClO_4$ ও $CaClO_4$ (খ) Na_2ClO_4 ও $CaClO_4$

(গ) $NaClO_4$ ও $Ca(ClO_4)_2$ (ঘ) $NaClO_3$ ও $Ca(ClO_3)_2$

নিচের উদ্দীপকটি পড়ো এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৫]

'X' মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

$X \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$

১৯২। 'X' এর স্থিতিশীল আয়নটি—

i. X^{2+} ii. X^{3+} iii. X^{4+}

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) iii (ঘ) i ও iii

১৯৩। পর্যায় সারণিতে 'X' মৌলের অবস্থান কোথায়? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) তৃতীয় পর্যায় 8-গ্রুপ (খ) চতুর্থ পর্যায় 8-গ্রুপ (গ) পঞ্চম পর্যায় 7-গ্রুপ (ঘ) সপ্তম পর্যায় 7-গ্রুপ

**Z^{3+} আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো : $[Ar]\ 3d^3 4s^0$

এ উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী ২টি প্রশ্নের উত্তর ঠিক করো। [ঢা. বো. ২০১৬]

১৯৪। 'Z' মৌলটির নাম কী?

(ক) কপার (খ) স্ক্যানডিয়াম (গ) ভ্যানাডিয়াম (ঘ) ক্রোমিয়াম

১৯৫। পর্যায় সারণিতে 'Z' মৌলের অবস্থান কোনটি?

(ক) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-4 (খ) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-2 (গ) ৩য় পর্যায়, গ্রুপ-3 (ঘ) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-6

**'A' মৌলের বহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)d^5ns^1$। এ উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৬]

১৯৬। 'A' মৌলের স্থিতিশীল জারণ অবস্থা কোনটি?

(ক) +1 (খ) +3 (গ) +4 (ঘ) +5

১৯৭। 'A' মৌলের বৈশিষ্ট্য হলো—

i. জটিল যৌগ গঠন করে ii. উচ্চ গলনাঙ্ক iii. সংকর ধাতু তৈরি করে

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

$A^{n+}(aq) + K_4[Fe(CN)_6](aq) \longrightarrow B$ (লালচে অধঃক্ষেপ)

এ উদ্দীপকের আলোকে পরের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. ২০১৬]

১৯৮। A^{n+} আয়নটি হলো নিচের কোনটি?

(ক) Fe^{2+} (খ) Cu^{2+} (গ) NH_4^+ (ঘ) Fe^{3+}

১৯৯। 'B' এর জটিল আয়নটি হলো—

i. সমতলীয় বর্গাকার ii. চতুস্তলকীয় iii. প্যারাচুম্বকীয়

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

CamScanner

** উদ্দীপকটি পড়ো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০১৫]

মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা
L	ns^2	
M	$(n+1)s^1$	
X	ns^2np^4	2.5
Y	ns^2np^5	3.0

২০০। XY_2 যৌগটির প্রকৃতি কী হবে?

(ক) বিশুদ্ধ সমযোজী (খ) পোলার সমযোজী (গ) অপোলার সমযোজী (ঘ) আয়নিক

২০১। LY_2 অপেক্ষা MY_2 এর—

i. গলনাঙ্ক বেশি ii. পানিতে দ্রাব্যতা বেশি iii. সমযোজী ধর্ম বেশি

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** উদ্দীপকটি পড়ো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [রা. বো. ২০১৫]

$Fe \longrightarrow Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

২০২। উপরোক্ত আয়নদ্বয় আলাদাভাবে শনাক্তকরণে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করা হলো দুটি বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল, বর্ণ দুটি হলো যথাক্রমে কোনটি?

(ক) নীল-লাল (খ) বাদামি-নীল (গ) লাল-নীল (ঘ) নীল-বাদামি

২০৩। উপরিউক্ত পরিবর্তনে বাম থেকে ডানে হ্রাস পায়—

i. পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ii. আয়নীকরণ শক্তি iii. সমযোজী ধর্ম

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

* উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও : [দি. বো. ২০১৫]

২০৪। 'X' ও 'Y' মৌল পৃথকভাবে 'B' মৌলের সাথে বিক্রিয়া করে যৌগ গঠন করতে পারে—

i. XB_3, YB_5

ii. XB_5, YB_3

iii. XB_3, YB_3

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

শ্রেণি→	15	17
পর্যায়-2	X	A
পর্যায়-3	Y	B

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২০৫। কোন মৌলটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে কম?

(ক) X (খ) Y (গ) A (ঘ) B

*উদ্দীপকের আলোকে নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [চ. বো. ২০১৫]

২০৬। কোন তথ্যটি উদ্দীপকের সকল মৌলের জন্য প্রযোজ্য?

(ক) কক্ষ-তাপমাত্রার দ্বিপরমাণুক গ্যাস

(খ) উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল

(গ) ধাতুর সাথে আয়নিক যৌগ গঠন করে

(ঘ) পরিবর্তনশীল যোজ্যতা প্রদর্শন করে

শ্রেণি→	16	17
পর্যায়-২য়	A	B
পর্যায়-৩য়	C	D

CamScanner

২০৭। উদ্দীপক অনুসারে—

i. B-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা A অপেক্ষা বেশি ii. D-এর ইলেকট্রন আসক্তি B অপেক্ষা কম

iii. CA_2 যৌগটি অম্ল ধর্ম প্রদর্শন করে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

[য. বো. ২০১৫]

**উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও :

২০৮। DE_2 যৌগ—

i. পলিমার গঠন করে

ii. অম্লধর্মী

iii. নিম্নগলনাঙ্কবিশিষ্ট

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) i ও ii

২০৯। 'AQ' যৌগ সম্পর্কে কোন তথ্যটি সঠিক নয়?

(ক) আয়নিক বন্ধন গঠন করে না

(গ) উচ্চগলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট

**এ উদ্দীপকভিত্তিক নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও :

২১০। XZ_2 যৌগটি হলো—

i. সমযোজী

ii. চতুস্তলকীয়

iii. যৌগটিতে একটি পাই (π) বন্ধন আছে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২১১। MX_2 যৌগটি পানির সাথে বিক্রিয়ায় কোনটি উৎপন্ন করে?

(ক) NH_3 (খ) C_2H_2 (গ) NO_2 (ঘ) C_2H_6

** প্রদত্ত উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো ও পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৭]

২১২। উদ্দীপকের A এর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের সর্বশেষ ইলেকট্রনের চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কত?

(ক) + 1 (খ) – 1

(গ) 0 (ঘ) + 2

২১৩। উদ্দীপকের মৌলসমূহের মধ্যে—

i. A এর চেয়ে X এর আয়নীকরণ শক্তি বেশি ii. Z এর ক্লোরাইড যৌগের জলীয় দ্রবণ অম্লীয়

iii. Z^{3+} এর পোলারায়ন ক্ষমতা X^{2+} এর পোলারায়ন ক্ষমতা অপেক্ষা বেশি

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

শ্রেণি→	IA	IVA	VIA	VIIA
২য় পর্যায়			E	
৩য় পর্যায়	A	D		Q

(গ) i ও iii (ঘ) ii ও iii

[য. বো. ২০১৫]

(খ) গলিত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহণ করে

(ঘ) পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয়

[সি. বো. ২০১৬]

পর্যায়↓ \ গ্রুপ →	2	14	16
২য়		X	Z
৪র্থ	M		

পর্যায়↓	গ্রুপ→	2	13
3		X	Z
4		A	Y

**প্রদত্ত উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো ও পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	1	16
3		A	B
4			C

২১৪। A_2B ও A_2C এর ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ কোনটি?

(ক) আয়নিক বন্ধন

(খ) সমযোজী বন্ধন

(গ) H-বন্ধন

(ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

২১৫। A_2B যৌগের ক্ষেত্রে—

i. বন্ধন কোণ 104.5° ii. অণুতে দুই জোড় নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে iii. অণুর আকৃতি কৌণিক

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	15	16
২য়		A	B
৩য়		X	Y

২১৬। নিচের কোন উক্তিটি উদ্দীপকের সকল মৌলের জন্য প্রযোজ্য?

(ক) বাম থেকে ডানে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়

(খ) 'A' ও 'X' মৌলদ্বয় পেন্টাহ্যালাইড গঠন করে

(গ) প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়

(ঘ) কক্ষতাপমাত্রায় দ্বিপরমাণুক

২১৭। উদ্দীপক মতে—

i. AB_2 যৌগ অম্লধর্মী ii. X_2B_3 যৌগের নিরুদন ধর্ম আছে iii. YB_3 যৌগের ক্ষারকত্ব হলো 2

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	1	16	17
1		A		
2			X	Z
3			Y	

২১৮। উদ্দীপকের মৌলগুলোর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্রম কোনটি?

(ক) Z > X > Y > A

(খ) Z > Y > X > A

(গ) Y > A > X > Z

(ঘ) A > Y > X > Z

২১৯। X, Y ও Z এর সাথে A এর যৌগগুলোর মধ্যে জোড়া তরল হলো—

i. AX ও AY ii. AX ও AZ iii. AY ও AZ

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

CamScanner

** নিচের উদ্দীপক মতে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৭]

২২০। উদ্দীপকের GQ_4 যৌগটির G পরমাণুতে কয়টি মুক্ত ইলেকট্রন আছে?

(ক) 1
(খ) 2
(গ) 3
(ঘ) 4

পর্যায়↓	গ্রুপ→	15	16	17	
২য়		L	E	R	Ne
৩য়		M	G	Q	Ar

২২১। উদ্দীপকের আলোকে নিচের উক্তিগুলো লক্ষ্য করো —

i. আয়নীকরণ শক্তির ক্রম, L > E ii. ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম, Q > R iii. MQ_3 ডাইমার গঠন করে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** নিচের উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৯]

২২২। A_2B ও A_2X এর ভৌত অবস্থা ভিন্নতার কারণ কোনটি?

(ক) আয়নিক বন্ধন
(খ) সমযোজী বন্ধন
(গ) H-বন্ধন
(ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

মৌল	বহিঃস্তরের ইলেকট্রন
A	$(n-1)s^1$, n = 2
B	$ns^2\ np^4$
X	$(n+1)s^2\ (n+1)p^4$

২২৩। A_2X যৌগের ক্ষেত্রে—

i. sp^3 সংকরণ ঘটে ii. বন্ধন কোণ 104.5° iii. অণুতে দুটি মুক্ত জোড় ইলেকট্রন বিদ্যমান

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** নিচের উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

২২৪। Y_2 অণুটির প্রকৃতি কী হবে?

(ক) আয়নিক
(খ) অপোলার সমযোজী
(গ) পোলার সমযোজী
(ঘ) বিশুদ্ধ সমযোজী

মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস	তড়িৎ ঋণাত্মকতা
L	ns^2	
M	$(n+1)s^2$	
Y	$ns^2\ np^5$	3.0

২২৫। LY_2 অপেক্ষা MY_2 এর—

i. গলনাঙ্ক বেশি ii. পানিতে দ্রাব্যতা বেশি iii. সমযোজী ধর্ম বেশি হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** নিচের উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৯]

২২৬। সাধারণ অবস্থায় নিচের কোনটির অস্তিত্ব আছে?

(ক) D_2 (খ) G_2
(গ) E_3 (ঘ) F_4

শ্রেণি	15	17	18
পর্যায়-২	D		
পর্যায়-৩	E	F	G

CamScanner

২২৭। লক্ষ্য করো, নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে—

i. E এর চেয়ে D এর আয়নীকরণ শক্তি বেশি ii. DF_5 গঠিত হয় iii. EF_3 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

বিভিন্ন শ্রেণির বহুনির্বাচনি প্রশ্নের (MCQ's) উত্তরমালা

❑ **সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :** ১। (ক), ২। (খ), ৩। (গ), ৪। (গ), ৫। (গ), ৬। (ক), ৭। (ঘ), ৮। (ক), ৯। (খ), ১০। (ঘ), ১১। (ক), ১২। (ক), ১৩। (গ), ১৪। (ক), ১৫। (গ), ১৬। (ঘ), ১৭। (গ), ১৮। (খ), ১৯। (খ), ২০। (খ), ২১। (ক), ২২। (গ), ২৩। (ক), ২৪। (ঘ), ২৫। (গ), ২৬। (খ), ২৭। (ঘ), ২৮। (গ), ২৯। (খ), ৩০। (গ), ৩১। (ঘ), ৩২। (ঘ), ৩৩। (খ), ৩৪। (ঘ), ৩৫। (ঘ), ৩৬। (গ), ৩৭। (ঘ), ৩৮। (ঘ), ৩৯। (ক), ৪০। (ক), ৪১। (খ), ৪২। (ক) ৪৩। (ঘ), ৪৪। (গ), ৪৫। (খ), ৪৬। (ঘ), ৪৭। (ঘ), ৪৮। (ঘ), ৪৯। (গ), ৫০। (ঘ), ৫১। (ঘ), ৫২। (ক), ৫৩। (গ), ৫৪। (গ), ৫৫। (খ), ৫৬। (খ), ৫৭। (গ), ৫৮। (ঘ), ৫৯। (ক), ৬০। (ঘ), ৬১। (ক), ৬২। (ক), ৬৩। (ঘ), ৬৪। (ক), ৬৫। (খ), ৬৬। (খ), ৬৭। (ক),৬৮। (গ), ৬৯। (গ), ৭০। (ঘ), ৭১। (খ), ৭২। (গ), ৭৩। (খ), ৭৪। (খ), ৭৫। (ঘ), ৭৬। (ক), ৭৭। (ঘ), ৭৮। (খ), ৭৯। (ক), ৮০। (ঘ), ৮১। (ক), ৮২। (ঘ), ৮৩। (ক), ৮৪। (গ), ৮৫। (ঘ), ৮৬। (ক), ৮৭। (ক), ৮৮। (খ), ৮৯। (ক), ৯০। (ক), ৯১। (ক), ৯২। (ক), ৯৩। (গ), ৯৪। (খ), ৯৫। (খ), ৯৬। (ক), ৯৭। (ঘ), ৯৮। (খ), ৯৯। (খ), ১০০। (ঘ), ১০১। (ক), ১০২। (ঘ), ১০৩। (ঘ), ১০৪। (গ), ১০৫। (ক), ১০৬। (গ), ১০৭। (ক), ১০৮। (ক), ১০৯। (গ), ১১০ (খ), ১১১। (ক), ১১২। (ক), ১১৩। (খ), ১১৪। (ঘ), ১১৫। (ঘ), ১১৬। (গ), ১১৭। (গ), ১১৮। (খ), ১১৯। (ঘ), ১২০। (খ), ১২১। (খ), ১২২। (ক), ১২৩। (গ), ১২৪। (ঘ), ১২৫। (খ), ১২৬। (খ), ১২৭। (ক), ১২৮। (ঘ), ১২৯। (গ), ১৩০। (গ), ১৩১। (ক), ১৩২। (খ), ১৩৩। (গ), ১৩৪। (গ), ১৩৫। (খ), ১৩৬। (ঘ), ১৩৭। (খ), ১৩৮। (ঘ), ১৩৯। (ঘ), ১৪০। (খ), ১৪১। (ঘ), ১৪২। (ঘ), ১৪৩। (খ), ১৪৪। (গ), ১৪৫। (ঘ), ১৪৬। (ঘ), ১৪৭। (ঘ), ১৪৮। (ক), ১৪৯। (ঘ), ১৫০। (ক)।

❑ **বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :** ১৫১। (গ), ১৫২। (ঘ), ১৫৩। (ঘ), ১৫৪। (গ), ১৫৫। (ক), ১৫৬। (ক), ১৫৭। (ঘ), ১৫৮। (ঘ), ১৫৯। (ঘ), ১৬০। (গ), ১৬১। (খ), ১৬২। (ঘ), ১৬৩। (খ), ১৬৪। (ক), ১৬৫। (গ), ১৬৬। (খ), ১৬৭। (গ), ১৬৮। (গ), ১৬৯। (ক), ১৭০। (ঘ), ১৭১। (ক), ১৭২। (ঘ), ১৭৩। (গ), ১৭৪। (ঘ), ১৭৫। (ঘ), ১৭৬। (গ), ১৭৭। (ঘ), ১৭৮। (ঘ), ১৭৯। (খ), ১৮০। (ঘ), ১৮১। (খ), ১৮২। (খ), ১৮৩। (খ), ১৮৪। (ক), ১৮৫। (ক), ১৮৬। (খ)।

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :** ১৯০। (গ), ১৯১। (গ), ১৯২। (খ), ১৯৩। (খ), ১৯৪। (ঘ), ১৯৫। (ঘ), ১৯৬। (খ), ১৯৭। (ঘ), ১৯৮। (খ), ১৯৯। (গ), ২০০। (খ), ২০১। (ক), ২০২। (ঘ), ২০৩। (ক), ২০৪। (গ), ২০৫। (খ), ২০৬। (গ), ২০৭। (খ), ২০৮। (খ), ২০৯। (ক), ২১০। (ক), ২১১। (খ), ২১২। (গ), ২১৩। (ঘ), ২১৪। (গ), ২১৫। (ঘ), ২১৬। (ক), ২১৭। (ঘ), ২১৮। (ক), ২১৯। (খ), ২২০। (খ), ২২১। (ক), ২২২। (গ), ২২৩। (গ), ২২৪। (ঘ), ২২৫। (ক), ২২৬। (ক), ২২৭। (গ)।

CamScanner

ঘ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০২৩]

(ক) p-ব্লক মৌল কী? ১

(খ) SnO একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'A' মৌল দ্বারা গঠিত একটি জটিল যৌগের গঠন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের 'A' মৌলটি রঙিন যৌগ গঠন করলেও 'B' মৌলটি তা গঠন করে না কেন? বিশ্লেষণ করো। ৪

মৌল A = $(n-1)\,d^{10}\,ns^1$
মৌল B = $(n-1)\,d^1\,ns^2$
এক্ষেত্রে, n = 4, চতুর্থ পর্যায়

২। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [মাদ্রাসা বোর্ড (সেট-খ) ২০১৮]

(ক) মৃৎক্ষার ধাতু কাকে বলে? ১

(খ) O_2 অণুতে পাই (π) বন্ধন আছে; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'B' মৌলের আয়নটিকে কীভাবে শনাক্ত করবে তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) পরিবর্তনশীল জারণ-অবস্থা প্রদর্শন ও জটিল যৌগ গঠন-এ দুটি বৈশিষ্ট্যের মাধ্যমে উদ্দীপকের কোন্‌টি অবস্থান্তর মৌল হবে; তা বিশ্লেষণ করো। ৪

'A' = $[Ar]\,3d^1 4s^2$
'B' = $[Ar]\,3d^{10} 4s^1$
[এখানে 'A' ও 'B' বিশেষ অর্থে ব্যবহৃত প্রতীক]

৩। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা দাও। ১

(খ) হুন্ডের নীতি অনুযায়ী ফসফরাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'P' মৌলটি বিভিন্ন জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের Q ও R মৌলদ্বয়ের ক্লোরাইডসমূহের বর্ণের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন	
P	$(n-1)\,d^6\,ns^2$	n = 4
Q	$(n-1)\,d^{10}\,ns^1$	
R	$(n-1)\,d^{10}\,ns^2$	

[P, Q, R মৌলের প্রচলিত প্রতীক নয়।]

৪। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-খ) ২০১৮]

(ক) অটো প্রভাবক কী? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের X^{3+} আয়নের দ্রবণে এটির শনাক্তকরণ পরীক্ষা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের Y ও Z মৌলের ক্লোরাইড যৌগদ্বয়ের আয়নিক বৈশিষ্ট্যের তারতম্যের যৌক্তিক কারণ মূল্যায়ন করো। ৪

মৌল	X	Y	Z
পারমাণবিক সংখ্যা:	13	20	30

৫। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০২৩]

(ক) গ্রিন কেমিস্ট্রি কাকে বলে? ১

(খ) UV রশ্মির সাহায্যে কীভাবে জাল টাকা শনাক্ত করা হয়? ২

(গ) উদ্দীপকের X অপেক্ষা A মৌলের অক্সাইড তীব্র অম্লধর্মী হয়; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) QA_5 এবং XA_5 যৌগ গঠনের সম্ভাব্যতা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতা শেলে ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$ns^2\,np^3$
X	$(n+1)s^2\,(n+1)p^3$
A	$(n+1)s^2\,(n+1)p^3$

এখানে, n = 2

৬। নিচের উদ্দীপক অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৬]

পর্যায়↓ / গ্রুপ →	2	14
২য়	A	B
৪র্থ	D	E

(ক) আয়নীকরণ শক্তি কী? ১

(খ) নাইট্রোজেন গ্যাসকে নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসেবে ব্যবহার করার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের A-এর হ্যালাইড যৌগের জ্যামিতিক গঠনের ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের B ও E মৌলের অক্সাইডের ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৭। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ম. বো. ২০২৩]

গ্রুপ →	6	12	16
৩য় পর্যায়			B
৪র্থ পর্যায়	C	E	

এক্ষেত্রে, B, C, E প্রতীকী মৌল

(ক) অরবিটালের সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) HCl অপেক্ষা HBr অধিক সবল এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, H_2B এর গঠন সংকরায়নের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মৌল C ও E দ্বারা গঠিত সালফেট যৌগদ্বয়ের মধ্যে কোনটি রঙিন হবে তা বিশ্লেষণ করো। ৪

৮। ২য় পর্যায়ের পরপর তিনটি মৌল প্রত্যেকে H এর সাথে একই অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করে। [চ. বো. ২০১৯]

(ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? ১

(খ) NH_4^+ আয়নের মধ্যে কোন ধরনের বন্ধন বিদ্যমান; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের উল্লেখিত ২য় মৌলটি দ্বারা গঠিত যৌগটির অণুর জ্যামিতিক গঠন আকৃতি ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের যৌগ তিনটির পরস্পরের মধ্যে দ্রাব্যতার তুলনা করো। ৪

৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৯]

পাঃ সংখ্যা	6	14	15	16	17
মৌল :	A	B	C	D	E

(ক) প্রভাবক বিষ কাকে বলে? ১

(খ) পানি হলো একটি উভধর্মী পদার্থ; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের C ও D এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি? কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের AE_4 ও BE_4 যৌগ দুটি পানির সাথে একই ধরনের আচরণ করে কীনা; তা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

১০। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০২৩]

মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস	
X	$ns^2 np^2$	n = 2
Y	$ns^2 np^4$	
Z	$(n+1)s^2$ $(n+1)p^2$	

(ক) রেখা বর্ণালি কী?

(খ) BHA কীরূপে খাদ্যবস্তুর জারণে বাধা দেয়?

(গ) XY_2 এর গঠন সংকরণের ধারণায় ব্যাখ্যা করো।

(ঘ) XCl_4 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু ZCl_4 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

১১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৯]

শ্রেণি→	1	2	15	16	17
২য় পর্যায়	A	X	L	M	E
৩য় পর্যায়					Z

(ক) ভ্যানডার ওয়াল্‌স বল কী? ১

(খ) s-অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠনে অংশ নেয় না কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের L ও M এর আয়নীকরণ শক্তির ক্রমের ব্যতিক্রম ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, AZ ও XZ_2 এর মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক কম? ব্যাখ্যা করো। ৪

CamScanner

১২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৯]

শ্রেণি →	2	14	16	17
২য় পর্যায়		P	Q	X
৩য় পর্যায়				Y
৪র্থ পর্যায়	A			Z

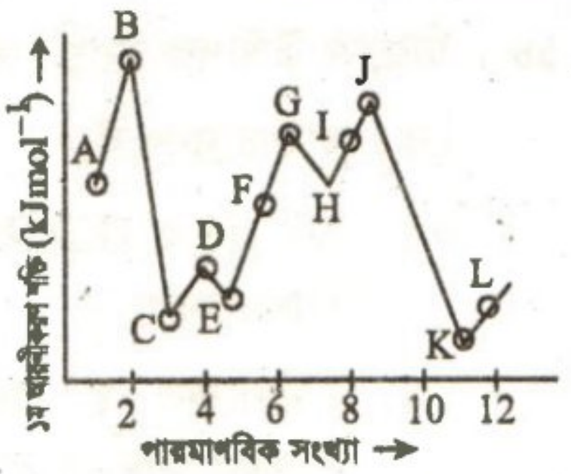
(ক) ক্ষারধাতু কাকে বলে? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের 'A' মৌলের সাথে পৃথকভাবে X, Y, Z দ্বারা গঠিত যৌগসমূহের গলনাঙ্কের সঠিক ক্রম ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের 'P' ভিন্ন ভিন্ন অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করলেও 'Q' শুধুমাত্র এক ধরনের অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করে। এর বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৬]



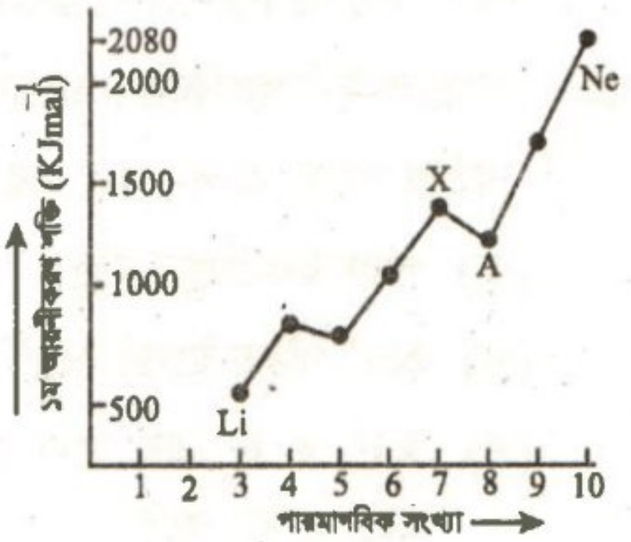
(ক) ওয়াশিং মিশ্রণ কী? ১

(খ) দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন তাপ -57.34 kJ হতে কম হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের F-এর অক্সাইডের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের C থেকে J মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির মানের ধারাবাহিকতার ক্ষেত্রে ব্যতিক্রমসমূহকে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০২৩]



(ক) সম্পৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে?

(খ) সাম্যধ্রুবক K_C এর মান শূন্য হয় না কেন?

(গ) উদ্দীপকের X এবং A এর হাইড্রাইডদ্বয়ের বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন; ব্যাখ্যা করো।

(ঘ) উদ্দীপকের রেখাটি দ্বারা সংশ্লিষ্ট পারমাণবিক ভরযুক্ত মৌলসমূহের আদর্শ পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে না; এ উক্তির যথার্থতা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

১৫। উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০২১]

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন	১ম আয়নীকরণ বিভব, $kJmol^{-1}$	২য় আয়নীকরণ বিভব, $kJmol^{-1}$
Q	ns^1; n = 3	496	4562
R	ns^2	738	1450

(ক) পানির আয়নিক গুণফল কী? ১

(খ) HNO_2 ও H_3PO_3 এর মধ্যে কোনটি অধিক শক্তিশালী এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) Q এবং R এর অক্সাইড দুটির মধ্যে সমযোজী বৈশিষ্ট্যের ভিন্নতা আছে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) মৌল দুটির ১ম আয়নীকরণ বিভবের মানের তুলনায় ২য় আয়নীকরণ বিভবের মানের ব্যতিক্রমধর্মিতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬। নিম্নোক্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৭]

পর্যায় ↓ \ শ্রেণি →	1	2	14	17
2			Z	X
3	P	Q	R	Y

(ক) পর্যায়বৃত্ত ধর্ম কী? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন? ২

(গ) 'X' ও 'Y' এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) 'Y' এর পৃথকভাবে P, Q ও R এর সাথে গঠিত যৌগগুলোর প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো। ৪

CamScanner

১৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

	মৌল.	আয়ন	আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা
১	X	X^+	10
২	Y	Y^{2+}	10
৩	Z	Z^{3+}	10

(ক) প্রভাবক কাকে বলে? ১

(খ) গ্লাস ক্লিনারে NH_4OH ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব পরিবর্তন ধারা ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের ক্লোরাইডসমূহের মধ্যে কোনটি অধিক সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে; তা বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮। নিম্নোক্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-ক) ২০১৮]

	গ্রুপ-1	গ্রুপ-17
২য় পর্যায়	–	X
৩য় পর্যায়	P	Y
৪র্থ পর্যায়	–	Z

(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) NaOH ও HCl এর প্রশমন তাপের মান ধ্রুব সংখ্যা; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের Y এর ইলেকট্রন আসক্তির মান X অপেক্ষা বেশি; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) PY ও PZ যৌগদ্বয়ের মধ্যে কোনটি অধিক আয়নিক, তা বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৫]

দ্বিতীয় পর্যায়, গ্রুপ-IIIA এর একটি মৌল, X-এর ফ্লোরাইড, XF_3 নিম্নরূপে XF_4^- অ্যানায়ন গঠন করে :

$$F-\underset{\displaystyle F}{\overset{\displaystyle F}{\underset{|}{\overset{|}{X}}}} + F^- \rightarrow \left[F-\underset{\displaystyle F}{\overset{\displaystyle F}{\underset{|}{\overset{|}{X}}}} \rightarrow F \right]^- \text{ বা, } XF_4^-$$

(ক) পরিষ্কারক মিশ্রণ কী? ১

(খ) Na^+ গঠিত হলেও Na^{2+} হয় না কেন? ২

(গ) XF_3 ও F^- এর মধ্যে কোন প্রকারের বন্ধন গঠিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে X এর সংকরণ পরিবর্তিত হয় কিনা যাচাই করো। ৪

২০। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

	গ্রুপ-15	গ্রুপ-16
২য় পর্যায়	A	B
৩য় পর্যায়	C	D

(ক) আউফবাউ নীতি কী? ১

(খ) দ্রাব্যতার ওপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) B মৌলটির হাইড্রাইড তরল হলেও D মৌলটির হাইড্রাইড গ্যাসীয় কেন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A, B, C, D মৌল চারটির গ্রুপভিত্তিক এবং পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ৪

২১। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৭]

পারমাণবিক সংখ্যা	3	4	5	6	7	8	9
আয়নীকরণ বিভব kJ/mol	Li 520	Be 899	B 801	C 1080	N 1402	O 1314	F 1680

(ক) সমসত্ত্ব প্রভাবন কী? ১

(খ) 675 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বর্ণালির শক্তি নির্ণয় করো। ২

(গ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের আকার কীভাবে পরিবর্তিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে আয়নীকরণ বিভবের ক্রম পরিবর্তনের ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়—বিশেষণ করো। ৪

CamScanner

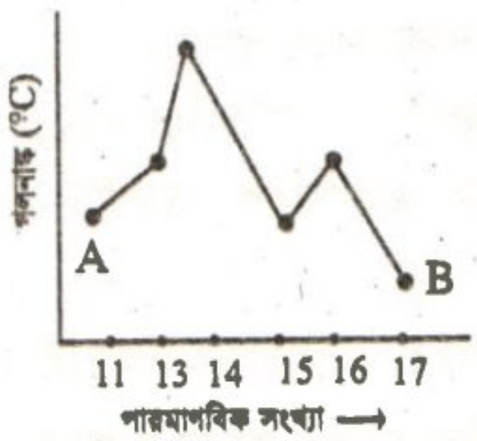
২২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৯]

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা লেখ। ১

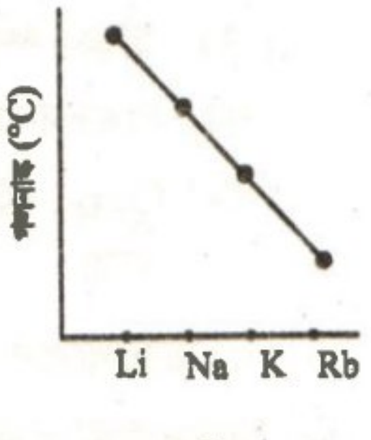
(খ) Cr অবস্থান্তর মৌল কেন? ২

(গ) লেখচিত্র-১ এর 'A' এর পরমাণুর আকার B পরমাণুর আকার অপেক্ষা বড়ো। কিন্তু A^+ আয়নের আকার B^- আয়নের আকার অপেক্ষা ছোটো; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র দুটির প্রকৃতিতে ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪



লেখচিত্র-১



লেখচিত্র-২

২৩। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০২৩]

উদ্দীপক : মৌল A = ... $(n-1)d^x ns^1$; এক্ষেত্রে $x \neq 0$

(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) NaCl এর চেয়ে $MgCl_2$ এর গলনাঙ্কের মান কম কেন? ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লিখিত 'x' এর সম্ভাব্য মান যুক্তিসহ উল্লেখ করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A^+ আয়নটি ডায়াচুম্বকীয় হলে ACl যৌগটি রঙিন হবে কী? ব্যাখ্যা করো। ৪

২৪। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

(ক) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লেখ। ১

(খ) খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে খাদ্যলবণ কীভাবে কাজ করে? ২

(গ) উদ্দীপকের 'L' অবস্থান্তর ধাতু নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট $[Q(CN)_6]^{3-}$ এবং $[Q(CN)_6]^{4-}$ আয়নদ্বয়ের মধ্যে কোনটি প্যারাম্যাগনেটিক? বিশ্লেষণ করো। ৪

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$(n-1)d^6 ns^2$
L	$(n-1)d^{10} ns^2$

[এক্ষেত্রে n এর সর্বনিম্ন মান প্রযোজ্য]

২৫। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০২৩]

(ক) গ্রিন কেমিস্ট্রি কী? ১

(খ) কক্ষতাপমাত্রায় H_2O তরল হলেও H_2S গ্যাস; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের মৌল B একটি অবস্থান্তর ধাতু; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট $[A(CN)_6]^{3-}$ এবং $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নদ্বয়ের মধ্যে কোনটি ডায়াম্যাগনেটিক হবে? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
A	$(n-1)d^6 ns^2$
B	$(n-1)d^6 ns^1$

[এক্ষেত্রে n এর সর্বনিম্ন মান প্রযোজ্য]

২৬। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-ক) ২০১৮; সি. বো. ২০১৫]

(ক) দ্রাবক নিষ্কাশন কী? ১

(খ) 25° সে. তাপমাত্রায় $M(OH)_3$ এর দ্রাব্যতা গুণফল 2.5×10^{-39} বলতে কী বুঝ? ২

(গ) সাধারণ তাপমাত্রায় A_2D ও BD_2 এর ভৌত অবস্থা ভিন্ন কেন?—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে B ও C এর হাইড্রাইডদ্বয়ের মধ্যে কোনটির বন্ধন কোণের মান বেশি—কারণসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

প্রতীকী মৌল	সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
A→	$(n-1)s^1$ [n= 2]
B→	ns^2np^2
C→	ns^2np^3
D→	ns^2np^4

২৭। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$ns^2 np^2$ [n = 2]
M	$ns^2 np^3$
D	$(n+1)s^2 (n+1)p^3$

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কাকে বলে? ১

(খ) সাধারণ অবস্থায় Na^+ গঠিত হলেও Na^{2+} গঠিত হয় না কেন? ২

(গ) QH_4 যৌগের জ্যামিতিক আকৃতি সংকরণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের M ও D মৌলদ্বয়ের হাইড্রাইডের বন্ধন কোণের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৯; মা. বো. ২০২১]

গ্রুপ →	IA	IVA	VA	VIA
১ম পর্যায়	X			
২য় পর্যায়		Y	Z	R
৩য় পর্যায়				M

(ক) প্রিজারভেটিভস্ কী? ১

(খ) Na^+ আয়ন গঠিত হলেও Na^{2+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের X_2M ও X_2R এর ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) YX_4 ও ZX_3 এর কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার; কিন্তু এদের জ্যামিতিক গঠন ভিন্ন; এর কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০২৩]

পর্যায় ↓ গ্রুপ →	1	15	16
১ম পর্যায় :	Q		
২য় পর্যায় :		P	
৩য় পর্যায় :			R

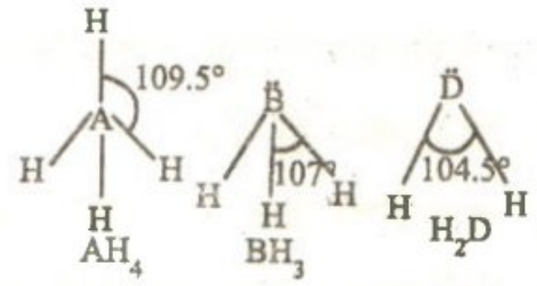
(ক) অরবিটাল কাকে বলে? ১

(খ) বদ্ধপাত্রে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সংঘটিত হয়। ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের R মৌলটির পরমাণু ছয়টি বন্ধন গঠন করতে পারে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) PQ_4^+ এবং Q_2R এর বন্ধন কোণ একই হবে কীনা বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০। নিচের উদ্দীপক অনুসরণ করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৬]



A, B ও D মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে, 6, 7 ও 8

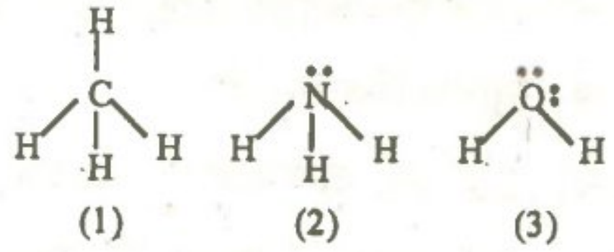
(ক) সবুজ রসায়ন কী? ১

(খ) রক্তের বাফার ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের AH_4 এবং H_2D এর ভৌত অবস্থার ক্ষেত্রে মূলত হাইড্রোজেন বন্ধনই দায়ী—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের অণু তিনটির আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব বিশ্লেষণ করো। ৪

৩১। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [মাদ্রাসা বোর্ড (সেট-খ) ২০১৮]



(ক) টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) সালফেটের সংকেত লেখ। ১

(খ) Be এর চেয়ে B এর ১ম আয়নীকরণ বিভবের মান কম কেন, ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) যোজ্যতা ইলেকট্রনসহকারে (1) নং যৌগ গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ ও যৌগ অণু গঠন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের (2) ও (3) নং যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ প্রক্রিয়া একই হওয়া সত্ত্বেও এদের বন্ধন কোণ ও অণুর আকৃতি ভিন্ন; বিশ্লেষণ করো। ৪

CamScanner

৩২। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০২১]

মৌল	বহিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
X	ns^2np^3 ; n = 2
Y	ns^2np^2 ; n = 2
Z	$(n+1)s^2 (n+1)p^3$; n = 2

(ক) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লেখ। ১

(খ) HF একটি দুর্বল এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) Z মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হুন্ডের নীতি মেনে চলে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) XH_3 এবং H_2Y এর আকৃতি অভিন্ন কীনা; অরবিটাল সংকরণের সাহায্যে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৩। প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [মা. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৬]

গ্রুপ→	15	16	17
পর্যায়-1	P	Q	R
পর্যায়-2	X	Y	Z

(ক) লিগ্যান্ড কী? ১

(খ) বিশুদ্ধ NaCl কেলাসনে HCl যোগ করা হয় কেন? ২

(গ) R ও Z এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের P ও Q এর সাথে হাইড্রোজেনসহ গঠিত যৌগের বন্ধন কোণে ভিন্নতা রয়েছে কিনা—বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪। প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-খ) ২০১৮]

'A' = ... np^2 [n = 2]
'B' = ... np^3
'C' = ... np^4

(ক) আংশিক পাতন কী? ১

(খ) R_f এর মান 1 এর চেয়ে কম হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের 'A' মৌলের হাইড্রাইড যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের B এবং C মৌলের হাইড্রাইড যৌগে বন্ধন কোণে ভিন্নতা রয়েছে; এর যথাযথ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
D	ns^2 [n = 3]
E	$ns^2 np^1$
F	$(n+1)s^2$

(ক) ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল কাকে বলে? ১

(খ) অক্সিজেনের দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের মতে 'E' এর আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা D এর আয়নীকরণ বিভব বেশি হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে DCO_3 ও FCO_3 এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক তাপে বিযোজিত হয়? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা
E	1
A	7
B	14

(ক) বিক্রিয়া তাপ কী? ১

(খ) সন্নিবেশ বন্ধন হলো সিগমা বন্ধন;—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) A ও E মৌল দ্বারা গঠিত যৌগের সংকরায়ন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A ও B মৌলের ডাইঅক্সাইড দুটির অম্লধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করো। ৪

৩৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

পর্যায় সারণির দ্বিতীয় পর্যায়ের দুটি মৌল X এবং Y। এদের যোজনী স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো যথাক্রমে ns^2np^3 এবং ns^2np^4।

(ক) ল্যান্থানাইড কী? ১

(খ) K_c এর মান শূন্য হয় না কেন? ২

(গ) XH_3 এবং YH_2 এর বন্ধন কোণের তুলনা করো। ৩

(ঘ) XH_3 অপেক্ষা YH_2 শক্তিশালী এসিড—বিশ্লেষণ করো। ৪

CamScanner

৩৮। নিম্নে প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

দুটি মৌলের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস :

(A) = ns^2np^4; n = 2 (B) = ns^2np^3; n = 3

(ক) নেসলার বিকারক কী? ১

(খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কী বোঝায়? ২

(গ) "A" মৌলটির ক্ষেত্রে হুন্ডের নীতিটির প্রয়োগ দেখাও। ৩

(ঘ) "A" ও "B" মৌলদ্বয়ের হাইড্রাইডের আকৃতির ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৭]

(ক) পলির বর্জন নীতি কী? ১

(খ) কলয়েড কণার সুষ্থিতি কীভাবে বিনষ্ট করা যায়—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) AE অপেক্ষা A_2D এর স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A_2D ও A_2M এর বন্ধন কোণের পার্থক্যের কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

গ্রুপ→	1	16	17
পর্যায়-1	A		
পর্যায়-2		D	E
পর্যায়-3		M	

৪০। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৯]

(ক) কেলাসন কাকে বলে? ১

(খ) H_3PO_4 ও H_3AsO_4 এর মধ্যে কোনটি অধিক অম্লীয় এবং কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের QH_3 অণু H-বন্ধন করলেও HX অণুতে H-বন্ধন ঘটে না; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের W ও Y এর হাইড্রাসিডদ্বয়ের স্ফুটনাঙ্কের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন
Q	$2s^2\ 2p^3$
W	$2s^2\ 2p^5$
X	$3s^2\ 3p^5$
Y	$4s^2\ 4p^5$

৪১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৭]

(ক) প্রভাবক বিষ কী? ১

(খ) HCl-একটি পোলার যৌগ কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের আলোকে YX_4Z যৌগে বিদ্যমান বন্ধনসমূহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) YX_3 এবং YX_4^+ এর ক্ষেত্রে একই সংকরণ থাকা সত্ত্বেও বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন? বিশ্লেষণ করো। ৪

গ্রুপ→	1	15	
পর্যায়-1	X		
পর্যায়-2		Y	E
পর্যায়-3			Z

৪২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. ২০১৬]

A^{2+}, B^{2+}, C^{3+} তিনটি আয়নের সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনবিন্যাস :

A^{2+} = [Ne] $3s^\circ$; B^{2+} = [Ar] $4s^\circ$; C^{3+} = [Ne] $3s^\circ\ 3p^\circ$

(ক) সাসপেনশন কী? ১

(খ) তাপমাত্রা বাড়লে পানির আয়নিক গুণফল বৃদ্ধি পায় কেন? ২

(গ) 'C' মৌলের ক্লোরাইড ডাইমার গঠন করে—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) 'A' ও 'B' মৌলদ্বয়ের কার্বনেটের মধ্যে কোনটি অধিক স্থিতিশীল? যুক্তি দাও। ৪

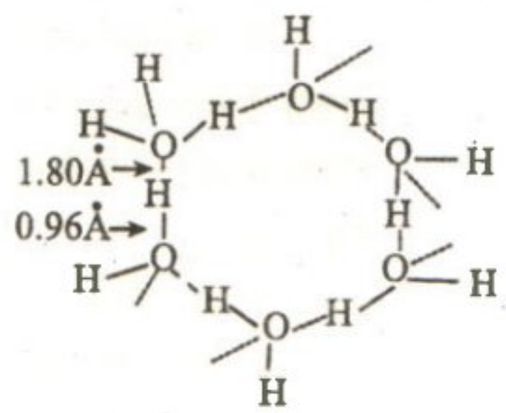
৪৩। নিচের উদ্দীপকের আলোকে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের যথাযথ উত্তর দাও। [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

(ক) মোলার দ্রবণ কাকে বলে? ১

(খ) HF পোলার অণু—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের যৌগটি পানিতে ভাসার কারণ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের যৌগটিতে বিদ্যমান বিশেষ বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করো। ৪



CamScanner