



## পর্যায় সারণি (Periodic Classification of Elements)

### ভূমিকা

সব বস্তুই এক বা একাধিক মৌল সহযোগে গঠিত। এখন পর্যন্ত 111টি মৌলের কথা জানা যায়। মৌলগুলির গুণাগুণের সাদৃশ্য অনুসারে এদেরকে শ্রেণী বিন্যস্ত করার প্রচেষ্টা বহুকাল থেকেই চলে আসছে। শ্রেণী বিন্যাসের ফলে একদিকে যেমন মৌলগুলির সাধারণ ধর্ম ও বৈশিষ্ট্য সহজে মনে রাখা সম্ভব অন্যদিকে অসংখ্য তথ্যের পদ্ধতিগত পাঠও সম্ভব। বিজ্ঞানীদের ধারাবাহিক সাধনার ফলে বর্তমানে মৌলসমূহের আধুনিক শ্রেণী বিন্যাসের পদ্ধতি (যা “আধুনিক পর্যায় সারণি” নামে পরিচিত) তৈরী করা সম্ভব হয়েছে। এ ইউনিটে পর্যায় সারণির প্রাথমিক ধারণাসহ আধুনিক পর্যায় সারণি সম্পর্কে আলোচনা করা হবে।

## পাঠ ১ পর্যায় সারণি তৈরীর প্রাথমিক প্রচেষ্টা

### ভূমিকা

আধুনিক পর্যায় সারণি হঠাৎ করে একদিনে সৃষ্টি হয়নি। আধুনিক পর্যায় সারণি সৃষ্টির অনেক আগেই আবিষ্কৃত মৌলিকসমূহকে কতকগুলি সুনির্দিষ্ট নিয়মে সাজানোর চেষ্টা করা হয়েছে। এ পাঠে সে সময়ে গ্রহণ যোগ্য প্রাপ্ত কয়েকটি প্রচেষ্টা আলোচনা করা হল।

### উদ্দেশ্য

#### এ পাঠ শেষে

- পর্যায় সারণি তৈরীর প্রাথমিক ধারণা সম্পর্কে জ্ঞান লাভ হবে।
- মৌলসমূহের নিয়মানুগ অধ্যয়নে সাহায্যকারী পর্যায় সারণি তৈরীর প্রাথমিক প্রচেষ্টায় নিউল্যান্ড ও অন্যান্যদের অবদান বর্ণনা করা যাবে।

### ৩.১.১: পর্যায় সারণি তৈরীর প্রাথমিক ধারণা

#### (ক) অভিজাত ও ক্ষারক ধাতু

প্রাথমিক পর্যায়ে আবিষ্কৃত ধাতুগুলোকে (১) অভিজাত বা বিরল ধাতু ও (২) ক্ষারক ধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়েছিলো। সোনা, রূপা ইত্যাদিকে অভিজাত ধাতু আর লোহা, তামা ইত্যাদিকে ক্ষারক ধাতুর শ্রেণীতে রাখা হয়েছিলো।

#### (খ) ধাতু ও অধাতু

পরবর্তী সময়ে অধাতু মৌলসমূহের আবিষ্কারের পর মৌলসমূহকে ধাতু ও অধাতু-এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। তবে আর্সেনিক, সিলিকন এ জাতীয় মৌলের ধাতব ও অধাতব উভয় ধরনের বৈশিষ্ট্য থাকায় এই শ্রেণীকরণ বেশী দিন টিকেনি।

#### (গ) মৌলের পারমাণবিক ভর ও রাসায়নিক ধর্মের সম্পর্ক

ডাল্টনের পরমাণুবাদ খ্যাত হওয়ার পর মৌলের পারমাণবিক ভর ও রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনের বহু চেষ্টা চলে। দেখা যায় যে সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি মৌলের গুণাগুণে যথেষ্ট মিল আছে, অন্যদিকে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের গুণাগুণেও প্রচুর সামঞ্জস্য বিদ্যমান। বৈজ্ঞানিক প্রাউট সব মৌলই হাইড্রোজেন থেকে সৃষ্ট এবং মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভরের সরল গুণিতক-এই ধারণা প্রবর্তন করেন। প্রথম দিকে এই মতবাদ বেশ সাড়া জাগায়। কিন্তু সঠিকভাবে মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর নির্ণয়ের পর দেখা গেল যে অনেক মৌলের পারমাণবিক ভর পূর্ণসংখ্যা নয়- হাইড্রোজেন পরমাণুর গুণিতক হওয়ার জন্য যা অত্যাবশ্যিক। তাই মতবাদটি গুরুত্ব হারিয়ে ফেললেও পারমাণবিক ভর মৌলসমূহের একটি মৌলিক বিষয় এই ধারণা প্রতিষ্ঠিত হয়।

#### (ঘ) ডোবরিনার ত্রয়ী

১৯২৯ সনে জার্মান বিজ্ঞানী ডোবরিনার তাঁর ত্রয়ীসূত্র পেশ করেন। তিনি বেশ কয়েকটি মৌলকে রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য অনুযায়ী তিনটি তিনটি করে শ্রেণী বিন্যস্ত করে দেখান যে প্রতি তিনটি মৌলের মাঝের মৌলটির পারমাণবিক ভর ১ম ও ৩য় মৌলের পারমাণবিক ভরের গড়ের প্রায় সমান। ডোবরিনার ত্রয়ীর কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেয়া হলো:

i)	পরমাণু	পারমাণবিক ভর
	লিথিয়াম (Li)	7
	সোডিয়াম (Na)	23
	পটাশিয়াম (K)	39
ii)	পরমাণু	পারমাণবিক ভর
	ক্যালসিয়াম (Li)	40
	স্ট্রনসিয়াম (Sr)	88
	বেরিয়াম (K)	137

### (ঙ) নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র

ইংরেজ বিজ্ঞানী নিউল্যান্ড ১৮৬৪ সনে মৌলসমূহকে পারমাণবিক ভরের ক্রমানুসারে বিন্যস্ত করতে গিয়ে লক্ষ্য করেন যে প্রতি অষ্টম মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম প্রথম মৌলটির অনুরূপ হয়। সংগীতের স্বরলিপি ৭টি স্বরের (সা-রে-গা-মা-পা-ধা-নি) পুনরাবৃত্তির সাথে সাদৃশ্য খুঁজে পেয়ে নিউল্যান্ড এই সূত্রটিকে “অষ্টক সূত্র” নামে অভিহিত করেন।

### নিউল্যান্ডের অষ্টক

১ম অষ্টক = (1) H (2) Li (3) Be (4) B (5) C (6) N (7) O

২য় অষ্টক = (8) F (9) Na (10) Mg (11) Al (12) Si (13) P (14) S

৩য় অষ্টক = (15) Cl (16) K (17) Ca (18) Cr (19) Ti (20) Mn (21) Fe

এ সূত্র অনুযায়ী প্রথম মৌল হাইড্রোজেন, অষ্টম মৌল ফ্লোরিন ও এর পরবর্তী অষ্টম মৌল অর্থাৎ ১৫তম মৌল ক্লোরিনের ধর্ম অনুরূপ। নিউল্যান্ডের “অষ্টক সূত্র” প্রয়োগে উচ্চতর পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট মৌলের ক্ষেত্রে অসংগতি পরিলক্ষিত হয়। এদের ক্ষেত্রে সামঞ্জস্যপূর্ণ মৌলসমূহের ব্যবধান সাতের চেয়ে বেশী দেখা যায়। ফলে এই নিয়মানুযায়ী যে সব মৌলের সাদৃশ্য থাকার কথা, সেখানে বেশ বৈসাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। তা ছাড়াও নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কারের পর এই সূত্রের প্রয়োগ যোগ্যতা বিলুপ্তি পায়।

### সারসংক্ষেপ

- প্রথম দিকে আবিষ্কৃত ধাতুসমূহকে অভিজাত ও ক্ষারক ধাতু এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। পরবর্তীতে মৌলসমূহকে ধাতু এবং অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। প্রাউটের ধারণা অনুযায়ী সব মৌল হাইড্রোজেন থেকে সৃষ্ট। ডাল্টনের পরমাণুবাদ খ্যাত হওয়ার পর ডোবরিনার ত্রয়ী সূত্র অনুসারে পর পর প্রতি তিনটি মৌলের মাঝের মৌলটির পারমাণবিক ভর অপর দুইটি মৌলের গড় মানের সমান। নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র অনুসারে মৌল সমূহকে পারমাণবিক ভর ভিত্তিতে সাজালে দেখা যায়, প্রতি অষ্টম মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ১ম মৌলটির অনুরূপ।

## পাঠ্যক্রম মূল্যায়ন

### বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে চিহ্ন (✓) দিন:

- ১। অভিজাত ধাতু হচ্ছে-  
(ক) সোডিয়াম (খ) সোনা  
(গ) লোহা (ঘ) হিলিয়াম
- ২। “মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভরের সরল গুণিতক”- এই ধারণা প্রবর্তন করেন-  
(ক) নিউল্যান্ড (খ) লুথার মেয়ার  
(গ) প্রাউট (ঘ) বার্জেলিয়াস
- ৩। ডোবরিনার ত্রয়ী হলো-  
(ক) H, Li, Na (খ) Li, Be, Na  
(গ) Li, C, Na (ঘ) Li, Na, K

### সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। উদাহরণসহ ডোবরিনার ত্রয়ীর বর্ণনা দিন।
- ২। নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র কি? একটি উদাহরণসহ সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন।

## পাঠ ২

## মেডেলিফের পর্যায়সূত্র ও সারণি

## ভূমিকা

পর্যায় সারণির মূল লক্ষ্য ছিল বিভিন্ন মৌলের রাসায়নিক ও ভৌত ধর্মাবলীর অধ্যয়ন সহজতর করা। জার্মান বিজ্ঞানী লুথার মেয়ার এবং রুশ বিজ্ঞানী মেডেলিফ প্রায় একই সময়ে প্রস্তাব করেন, মৌলিক পদার্থ বা মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এবং পারমাণবিক ভরের মধ্যে সুনির্দিষ্ট সম্পর্ক বিদ্যমান। যার উপর ভিত্তি করে লুথার মেয়ারের পর্যায় সূত্র ও মেডেলিফের পর্যায়সূত্র প্রতিষ্ঠিত। এই পাঠে এই দুই পর্যায়সূত্রের উপর আলোচনা করা হবে।

## উদ্দেশ্য:

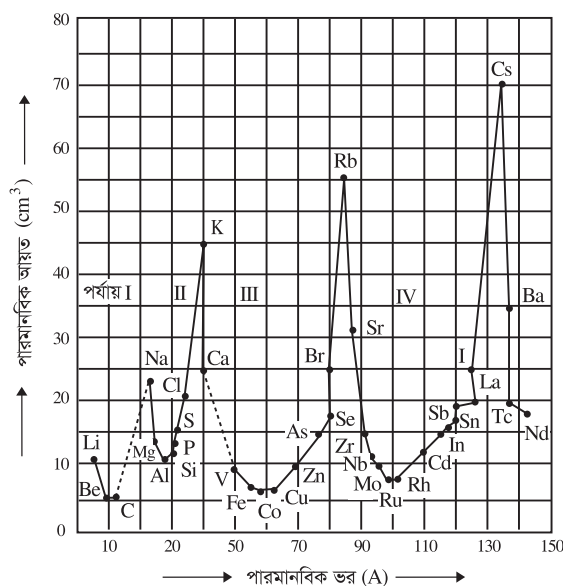
## এ পাঠ শেষে

- মৌলসমূহের নিয়মানুগ অধ্যয়নে সাহায্যকারী পর্যায় সারণি তৈরীর প্রচেষ্টায় লুথার মেয়ার ও মেডেলিফের অবদান বর্ণনা করা যাবে।
- মেডেলিফের পর্যায়সূত্র বিবৃত করা যাবে।
- মেডেলিফের পর্যায়সারণির ক্রটিগুলো চিহ্নিত করা যাবে।

## ৩.২.১: লুথার মেয়ারের পর্যায় সূত্র

মৌলিক পদার্থসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এবং পারমাণবিক ভরের মধ্যে সুনির্দিষ্ট সম্পর্কের কথা জার্মান রসায়নবিদ লুথার মেয়ার ও রুশ বিজ্ঞানী মেডেলিফ প্রায় একই সময়ে সতন্ত্র ভাবে ঘোষণা করেন। লুথার মেয়ার ১৮৭০ সনে দেখান যে, মৌলসমূহের পারমাণবিক আয়তন পারমাণবিক ভরের সাথে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। পারমাণবিক আয়তন বনাম পারমাণবিক ভরের লেখ চিত্র অংকন করলে একটি বক্র রেখা পাওয়া যায়। চিত্র ৩.১-এ পারমাণবিক আয়তন একবার উপরে, একবার নীচে, এই ভাবে পর্যায়ক্রমে উঠানামা করে। এ থেকে বলা যায় যে, পারমাণবিক আয়তন পারমাণবিক ভরের সাথে পর্যায়ক্রমিক সম্পর্কযুক্ত।

চিত্রটিকে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায় যে লিথিয়াম ছাড়া সব ক্ষার ধাতুই রেখার চূড়ায় অবস্থান করে এবং রেখার নিচের দিকের স্থানগুলো অল্প রাসায়নিক আসক্তির মৌলসমূহ যেমন, Be, Co, Ru ইত্যাদি দখল করে।



চিত্র ৩.১: পারমাণবিক আয়তনের পর্যায়ক্রমিতা

ক্ষার ধাতুসমূহের পারমাণবিক আয়তন তুলনামূলকভাবে বেশী। তবে গলনাংক তুলনামূলকভাবে কম। আবার কার্বন, সিলিকন ইত্যাদি মৌলের পারমাণবিক আয়তন তুলনামূলকভাবে কম হলেও গলনাংক বেশী। কাজেই বলা যায় গলনাংকও পারমাণবিক আয়তন অর্থাৎ পারমাণবিক ভরের পর্যায়ক্রমিক ক্রিয়াদর্শ। একইভাবে মৌলের স্ফুটনাংক, তাপ প্রসারণতা, তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতা, চৌম্বক প্রবণতা, পীড়ন মাত্রা, কাঠিন্য ও যোজনী এই সব গুণাবলীও পর্যায়ক্রমতা অনুসরণ করে। এই সব ধর্মের পর্যায়ক্রমিকতাকে ভিত্তি করেই লুথার মেয়ার তাঁর পর্যায় সারণি তৈরী করেছিলেন।

### ৩.২.২: মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র

রুশ বিজ্ঞানী দিমিত্রী মেন্ডেলিফ বিভিন্ন পরীক্ষার পর সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, “মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এদের পারমাণবিক ভর পরিবর্তনের সাথে সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।”

মেন্ডেলিফের সূত্রের বক্তব্য অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলকে এদের পারমাণবিক ভরের বর্ধিত ক্রম অনুযায়ী সাজানো হলে নির্দিষ্ট ব্যবধান পর পর অনুরূপ গুণাগুণ সম্পন্ন মৌলের পুনরাবৃত্তি ঘটবে।

### ৩.২.৩: মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণি

মেন্ডেলিফ তাঁর সময় পর্যন্ত আবিষ্কৃত ৬৩টি মৌলকে পারমাণবিক ভরের বর্ধিত ক্রমানুসারে সাজিয়ে একটি সারণি তৈরী করেন। সারণিতে সমধর্মী মৌলসমূহ উলম্ব বা খাড়া স্তম্ভাকারে এবং ক্রম পরিবর্তনশীল ধর্মের মৌলগুলোকে কয়েকটি অনুভূমিক সারিতে সাজানো হয়। খাড়া স্তম্ভগুলোকে গ্রুপ বা শ্রেণী এবং অনুভূমিক সারিগুলোকে পিরিয়ড বা পর্যায় বলা হয়। এই সারণিটিই মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণি নামে পরিচিত।

মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণিই আধুনিক পর্যায় সারণির ভিত্তিমূল রচনা করেছে এ কথা নিঃসন্দেহে বলা যায়। পরবর্তী সময়ে (১৮৯০-১৯০০ সন) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ আবিষ্কৃত হয়। পর্যায় সারণিতে এদের স্থান দিতে তেমন কোন অসুবিধা হয়নি। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণিতে ৪টি শ্রেণী ও ১২টি পর্যায় ছিলো। সারণি ৩.১ দ্রষ্টব্য।

### ৩.২.৩: (ক) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট্য:

- (১) **মৌলের শ্রেণী বিন্যাস:** মেন্ডেলিফই সর্বপ্রথম মৌলসমূহকে বিভিন্ন পর্যায় ও শ্রেণীতে বিন্যস্ত করেন। অনুরূপ ধর্মী মৌলসমূহ একই শ্রেণী বা গ্রুপে স্থান লাভ করায়, গ্রুপের সাধারণ ধর্ম জানলেই সবগুলো মৌলের ধর্ম সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়। একই গ্রুপের সবগুলো মৌলের যোজনী এক হওয়ায় এই সারণি থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তনের ধারা সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য মূল্যবান তথ্য পাওয়া যায়। এই পর্যায় সারণির কারণেই মৌলসমূহ এবং এদের যৌগগুলোর ধর্ম নিরূপণ অনেক সহজ হয়ে যায়।
- (২) **নতুন মৌল আবিষ্কারের ভবিষ্যদ্বাণী:** মেন্ডেলিফ তাঁর তৈরী পর্যায় সারণিতে ৬টি ফাঁকা স্থান রেখে ঐ স্থানের উপযুক্ত অনুরূপ ধর্মী মৌল আবিষ্কৃত হবে বলে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। তিনি বেঁচে থাকতেই কয়েকটি মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল। মেন্ডেলিফ পর্যায় সারণির অবস্থান থেকে আবিষ্কৃত ৬টি মৌলের পারমাণবিক ভর এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পর্কেও ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। পরে মৌলগুলো আবিষ্কৃত হওয়ার পর মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির ফাঁকা স্থানগুলোতে স্থান লাভ করে। সব চেয়ে উল্লেখযোগ্য ব্যাপার হলো যে আবিষ্কৃত মৌলসমূহের ধর্ম মেন্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণীরই অনুরূপ।

## সারণি-৩.১ : মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণি (সংশোধিত)

গ্রুপ → পিরিয়ড ↓	গ্রুপ -I	গ্রুপ -II	গ্রুপ -III	গ্রুপ -IV	গ্রুপ -V	গ্রুপ -VI	গ্রুপ -VII	গ্রুপ -VIII
1	H(1)							
2	Li (7)	Be(9.4)	B(11)	C(12)	N(14)	O(16)	F(19)	
3	Na(23)	Mg(24)	Al(27.4)	Si(28)	P(31)	S(32)	Cl(35.5)	
4	K(39)	Ca(40)	*(44)	Ti(48)	V(51)	Cr(52)	Mn(55)	Fe(56) Co(59) Ni(59) Cu(63)
5	Cu(63)	Zn(65)	*(69)	*(72)	As(75)	Se(78)	Br(80)	
6	Rb(85)	Sr(87)	Y(88)	Zr(90)	Nb(94)	Mo(96)	*(100)	Ru(104) Rh(104) Pd(106) Ag(108)
7	Ag(108)	Cd(112)	In(113)	Sn(118)	Sb(122)	Te(127.6)	I (126.9)	
8	Cs(133)	Ba(137)	Di(138)	Ce(140)				
9								
10			Er(178)	La(180)	Ta(182)	W(184)		Os(195) Ir(197) Pt(198)
11	Au(197)	Hg(200)	Ti(204)	Pb(207)	Bi(208)			
12				Th(231)		U(240)		

## ৩.২.৩ (খ) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির ত্রুটিসমূহ:

মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের শ্রেণী বিন্যস্ত অধ্যয়ন সহজ ও নতুন মৌল আবিষ্কারের ভবিষ্যদ্বাণী থাকলেও এর কিছু ত্রুটি ধরা পড়ে। যেমন-

(i) পারমাণবিক ভরের ক্রম বৃদ্ধির ব্যাঘাত: সাদৃশ্যগুণ সম্পন্ন মৌলগুলোর একই শ্রেণীতে স্থান দিতে গিয়ে কয়েকটি স্থানে বেশী পারমাণবিক ভরের মৌলকে কম পারমাণবিক ভরের মৌলের আগে স্থান দিতে হয়েছে। এভাবে টেলুরিয়াম (পারমাণবিক ভর ১২৭.৬) কে আয়োডিনের (পারমাণবিক ভর ১২৬.৯) আগে স্থান দিতে হয়েছিলো। মেন্ডেলিফের শ্রেণী বিন্যাসের ভিত্তি পারমাণবিক ভর হলেও আয়োডিনকে অনুরূপধর্মী মৌল ফ্লোরিনের নীচে একই গ্রুপে স্থান দেওয়ার জন্য এই ধরনের ব্যতিক্রম করা হয়েছিল।

## সারসংক্ষেপ

- লুথার মেয়র এবং মেন্ডেলিফ প্রায় একই সময়ে সতন্ত্রভাবে পর্যায় সারণির প্রস্তাব করেন। মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলী মৌলসমূহের পারমাণবিক ভরের সংগে সম্পর্কযুক্ত। লুথার মেয়র বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক আয়তন বনাম পারমাণবিক ভর লেখচিত্রে অংকন করে দেখান, মৌলের ভৌত ধর্মাবলী পারমাণবিক ভরের সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন

### বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। “মৌলসমূহের পারমাণবিক আয়তন পারমাণবিক ভরের সাথে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়।”- এটি কার সূত্র?  
(ক) মেন্ডেলিফ (খ) লুথার মেয়ার  
(গ) প্রাউট (ঘ) নিউল্যান্ড
- ২। “বিভিন্ন মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এদের পারমাণবিক ভর পরিবর্তনের সাথে সাথে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়”- এই সূত্রটি কার?  
(ক) প্রাউট (খ) লুথার মেয়ার  
(গ) গে-লুসাক (ঘ) মেন্ডেলিফ
- ৩। মেন্ডেলিফের পর্যায় তালিকার অন্যতম ত্রুটি:  
(ক) নতুন মৌলের আবিষ্কারের ভবিষ্যদ্বাণী  
(খ) পারমাণবিক ভরের ক্রম বৃদ্ধির ব্যাঘাত  
(গ) পর্যায় সারণির ভিত্তিমূল রচনা।  
(ঘ) অনাবিস্কৃত মৌল।

### সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট্য বর্ণনা করুন।
- ২। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির ত্রুটিসমূহ বর্ণনা করুন।
- ৩। লুথার মেয়ার ও মেন্ডেলিফের পর্যায়সমূহের তুলনামূলক আলোচনা করুন।



## পাঠ ৩ আধুনিক পর্যায় সারণি (Modern Periodic Table)

### ভূমিকা

১৮৫৯ খৃস্টাব্দে রাশিয়ান বিজ্ঞানী দিমিত্রি মেন্ডেলিফ, তালিকা বা সারণিতে সে সময় পর্যন্ত আবিষ্কৃত ৬৩টি মৌলকে সজ্জিত করে প্রথম পর্যায় সারণি প্রকাশ করেন। যে মূলনীতির উপর ভিত্তি করে বিজ্ঞানী মেন্ডেলিফ মৌলসমূহকে সারণিতে সজ্জিত করেন তা ছিল- মৌলিক পদার্থসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মবলী মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর পরিবর্তনের পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। এ মূলনীতির উপর ভিত্তি করে মৌলসমূহকে সাজালে বাস্তবে কিছু অসুবিধা দেখা দেয়। এই অসুবিধাসমূহ দূর করার লক্ষ্যে আধুনিক পর্যায় সারণি প্রকাশ করা হয়। এই পাঠে আধুনিক পর্যায় সারণি, এর গঠন প্রকৃত সহ এর উপর ভিত্তি করে মৌলের ধর্মাবলী আলোচনা করা হবে।

### উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান ও শ্রেণী বিন্যাস সম্পর্কে জানা যাবে।
- আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহ তাদের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রমবৃদ্ধির উপর ভিত্তি করে সজ্জিত তা বোঝা যাবে।
- মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দ্বারা নিয়ন্ত্রিত তা বর্ণনা করা যাবে।

### ৩.৩.১: আধুনিক পর্যায় সূত্র

পারমাণবিক সংখ্যা অর্থাৎ নিরপেক্ষ মৌলের ইলেকট্রন সংখ্যা- আরও সঠিক করে বলতে গেলে সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যার উপর ভিত্তি করে আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের শ্রেণী বিন্যাস করা হয়েছে। তাই আধুনিক পর্যায়সূত্র হলো।

“মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এদের পারমাণবিক সংখ্যার সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়”।

আধুনিক পর্যায় সূত্রের সাহায্যে বর্তমানে জানা ১১১টি মৌলকে পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম বৃদ্ধির আলোকে সাজিয়ে আধুনিক পর্যায় সারণি প্রস্তুত করা হয়েছে। এ ধরনের একটি সম্প্রসারিত আধুনিক পর্যায় সারণি (সারণি ৩.২) দেয়া হলো।

### ৩.৩.২: আধুনিক পর্যায় সারণির বিবরণ

আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে ৭টি অনুভূমিক সারি বা পর্যায়ে এবং ৮টি খাড়া স্তম্ভ বা গ্রুপে সাজানো হয়েছে। পর্যায়সমূহকে ১ থেকে ৭ সংখ্যার সাহায্যে এবং গ্রুপ বা শ্রেণীসমূহকে I থেকে VII (রোমান সংখ্যা) ও 'O' (শূন্য) দ্বারা নির্দেশ করা হয়েছে। I থেকে VII পর্যন্ত শ্রেণীগুলোকে A ও B উপশ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে।

**পর্যায়:** প্রতিটি পর্যায় (১ম পর্যায় ব্যতিত) বাম দিক থেকে একটি ক্ষার ধাতু দিয়ে শুরু করে ডান দিকের সর্বশেষ শ্রেণী অর্থাৎ 'O' শ্রেণীতে একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস দিয়ে শেষ হয়।

**১ম পর্যায়:** এটি একটি অতি সংক্ষিপ্ত পর্যায় যাতে মাত্র দুটি মৌল H(1) ও He(2) আছে।

**২য় ও ৩য় পর্যায় :** এ দু'টিকে সংক্ষিপ্ত পর্যায় বলা হয়। এদের প্রত্যেকটিতে ৮টি করে মৌল আছে। ২য় পর্যায়ে Li(3) থেকে Ne (10) এবং ৩য় পর্যায়ে Na(11) থেকে Ar(18) এই মৌলগুলি রয়েছে।

**৪র্থ ও ৫ম পর্যায়:** এ দু'টো পর্যায় দীর্ঘ পর্যায় নামে পরিচিতি। ৪র্থ পর্যায়ে K(19) থেকে Kr (36) পর্যন্ত ১৮টি এবং ৫ম পর্যায়ে Rb (37) থেকে Xe (54) পর্যন্ত এই ১৮টি মৌল রয়েছে।

**৬ষ্ঠ ও ৭ম পর্যায়:** এ দু'টোকে অতিদীর্ঘ পর্যায় বলা হয়। ৬ষ্ঠ পর্যায়ে Cs(55) থেকে Rn(86) পর্যন্ত ৩২টি মৌল রয়েছে। ৭ম পর্যায়টি অসম্পূর্ণ; যদিও এতেও ৩২টি মৌল থাকতে পারে। তবে Fr(87) থেকে Rg (111) পর্যন্ত ২১টি মৌল রয়েছে।

## সারণি ৩.২: আধুনিক পর্যায় সারণি

৬ষ্ঠ পর্যায়ের ল্যান্থানাম (57) এর পরবর্তী মৌল সেরিয়াম। সেরিয়াম (58) থেকে লুটেসিয়াম (71) পর্যন্ত 14টি মৌলকে ল্যান্থানাইড বা বিরল মৃত্তিকা মৌল বলা হয়। আবার অ্যাক্টিনিয়াম (89) এর পরবর্তী মৌল থোরিয়াম

(90) থেকে লরেনশিয়াম (103) পর্যন্ত ১৪টি মৌলকে অ্যাকটিনাইড মৌল বলা হয়। এই উভয় সারির ১৪টি করে মৌলকে পর্যায় সারণির নীচে পৃথকভাবে দু'টো সারিতে দেখানো হয়েছে। এ দুই সারির মৌলসমূহের মধ্যে যাদের অভ্যন্তরীণ d এবং f অরবিটাল অপূর্ণ থাকে তাদেরকে **আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল** বলা হয়।

## গ্রুপ বা শ্রেণী

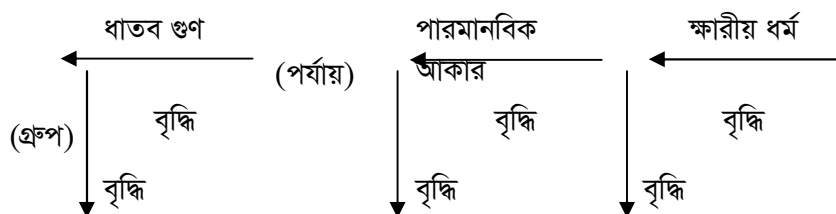
I থেকে VII পর্যন্ত প্রতিটি শ্রেণীকে A ও B এই দুইটি করে উপ-শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে। গ্রুপ VIII এতে তিনটি করে মৌল এবং 'O' গ্রুপে নিষ্ক্রিয় গ্যাস সমূহকে স্থান দেয়া হয়েছে। IB, II B গ্রুপ III B থেকে VII B এবং গ্রুপ VIII এর মৌলসমূহ ধাতু, এদেরকে **অবস্থান্তর মৌল** বলা হয়।

## বিভিন্ন পর্যায় ও শ্রেণীতে মৌলসমূহের ধর্মের পরিবর্তন

একটি পর্যায়ের বাম থেকে ডান দিকে গেলে মৌলসমূহের ধর্মের ক্রম পরিবর্তন ঘটে। এ ক্ষেত্রে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলসমূহের একই বহিঃস্থ শক্তিস্তরে একটি একটি করে অতিরিক্ত ইলেকট্রন প্রবেশ করে। অন্যদিকে একই শ্রেণীর মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে বেশ সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। একই শ্রেণীর মৌলসমূহের ক্ষেত্রে বহিস্তরের ইলেকট্রন কাঠামো অনুরূপ হয় অর্থাৎ একই অরবিটালে একই সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। যেমন, IA শ্রেণীর প্রতিটি মৌলের বহিস্তরে, s অরবিটালে 1টি করে ইলেকট্রন থাকে।

মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম পারমাণবিক গঠনের উপর নির্ভরশীল। এখানে কয়েকটি পর্যায় ভিত্তিক ধর্ম সম্পর্কে আলোচনা করা হলো:

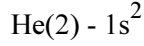
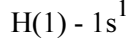
- (ক) **মৌলের ধাতবগুণ:** পর্যায় সারণিতে পর্যায়ের বামদিক থেকে যতই ডান দিকে যাওয়া যায় ততই ধাতবগুণ কমতে থাকে। আবার গ্রুপ বা শ্রেণীর ক্ষেত্রে উপর থেকে নিচের দিকে গেলে ধাতব গুণ বাড়তে থাকে। ধাতবগুণ হলো মৌলের তাপ ও তড়িৎ পরিবাহিতা, ঔজ্জ্বল্য ও বিজারণ ক্ষমতার সমন্বয়।
- (খ) **পারমাণবিক আকার:** একটি পর্যায়ের বাম দিক থেকে ডান দিকে পারমাণবিক আকার কমতে থাকে। অন্যদিকে গ্রুপের ক্ষেত্রে উপর থেকে নিচের দিকে পারমাণবিক আকার বাড়তে থাকে।
- (গ) **ক্ষারীয় ধর্ম:** পর্যায় সারণির বাম দিকের ধাতব মৌলসমূহ ক্ষারীয় অক্সাইড উৎপন্ন করে। আবার ডান দিকের অধাতব মৌলসমূহ অম্লীয় অক্সাইড উৎপন্ন করে। একটি পর্যায়ের বাম দিক থেকে ডান দিকে ক্ষারীয় ধর্মের হ্রাস ঘটে। অন্যদিকে গ্রুপের ক্ষেত্রে উপর থেকে নিচের দিকে ক্ষারীয় ধর্ম বৃদ্ধি পায়।



### ৩.৩.৩: পর্যায় সারণি ও মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস

আগেই বলা হয়েছে যে আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে তাদের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম অনুসারে সাজানো হয়েছে। যে কোন মৌলের প্রোটনের সংখ্যা বা ইলেকট্রনের সংখ্যা পারমাণবিক সংখ্যার সমান হয়। আবার মৌলের ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন শক্তিস্তরে বিন্যস্ত থাকে।

আধুনিক পর্যায় সারণির ১ম পর্যায়ে H এবং He এই দু'টি মৌল থাকে। মৌল দু'টির ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ:



মৌল দু'টিরই প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 1। সুতরাং এদের শক্তিস্তর একটি এবং এই শক্তিস্তরে সর্বাধিক দু'টি ইলেকট্রন থাকতে পারে যা He এর ইলেকট্রন বিন্যাস ( $s^2$ ) এ এসে পূর্ণ হয়।

২য় পর্যায়ে Li (3) থেকে Ne (10) পর্যন্ত ৮টি মৌল রয়েছে। এই মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস নিচে দেয়া হলো:

মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা	ইলেকট্রন বিন্যাস	সর্ব বহিঃস্থ শক্তিস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা
Li	3	$1s^2 2s^1$	1
Be	4	$1s^2 2s^2$	2
B	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	3
C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	4
N	7	$1s^2 2s^2 2p^3$	5
O	8	$1s^2 2s^2 2p^4$	6
F	9	$1s^2 2s^2 2p^5$	7
Ne	10	$1s^2 2s^2 2p^6$	8

২য় পর্যায়ের বহিঃস্থ শক্তিস্তরের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান 2। ২য় শক্তিস্তরে সর্বাধিক ৪টি ইলেকট্রন থাকতে পারে এবং ২য় পর্যায়ে ৪টি মৌল থাকে।

সাধারণত: বহিঃস্তরের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান একটি মৌল পর্যায় সারণির কোন পর্যায়ে অবস্থান করে তা নির্দেশ করে।

প্রতিটি পর্যায় একটি ক্ষার ধাতু দিয়ে শুরু (যার বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^1$ ) এবং পর্যায়ের শেষ মৌলটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। ১ম পর্যায়ের শেষ মৌল হিলিয়ামের বহিঃস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $1s^2$  এবং অন্যান্য পর্যায়ের শেষ মৌলের বহিঃস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^2 np^6$

৩য় পর্যায় Na ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ) মৌল দিয়ে শুরু হয় এবং পর্যায়ের শেষ মৌল Ar ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ).

৪র্থ ও ৫ম পর্যায়ে 18টি করে মৌল থাকে। ১ম দুইটি মৌলের বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^1$  ও  $ns^2$ । পরের 10টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^1$  থেকে  $(n-1)d^{10}$ । শেষ ছয়টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^2 np^1$  থেকে  $ns^2 np^6$ ।

$(n-1)d^1$  থেকে  $(n-1)d^{10}$  ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলসমূহকে অবস্থান্তর মৌল বলা হয়।

৬ষ্ঠ পর্যায়ে ৩২টি মৌল থাকে। প্রথম দু'টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^1$  ও  $ns^2$ । পরের মৌলটি ল্যান্থানাম (La)। ল্যান্থানামের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^1 ns^2$  কিন্তু ল্যান্থানাম পরবর্তী 14টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-2)f^2 (n-1)d^0 ns^2$  থেকে শুরু করে,  $(n-2)f^{14}(n-1)d^1 ns^2$  -এ এসে শেষ হয়। এই মৌলগুলোকে এক সাথে ল্যান্থানাইডস বলা হয়; এদেরকে আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলও বলা হয়।

এর পরের আটটি মৌলের বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^2 ns^2$  থেকে শুরু করে  $(n-1)d^{10} ns^2$  -এ শেষ হয়, অর্থাৎ এই আটটি মৌল অবস্থান্তর মৌল শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। পর্যায়ের শেষ ছয়টি মৌলের বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^2 np^1$  থেকে শুরু করে  $ns^2 np^6$  -এ (অর্থাৎ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামোতে) এসে শেষ হয়।

৭ম পর্যায় একটি অসম্পূর্ণ পর্যায়। এই পর্যায়েরও ১ম দু'টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^1$  ও  $ns^2$  এবং ৩য় মৌল Ac এর বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^1 ns^2$ । ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ন্যায় এই পর্যায়ের Ac পরবর্তী (Th থেকে Lu) 14টি মৌলের বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-2)f^2(n-1)d^0 ns^2$  থেকে শুরু করে  $(n-2)f^{14}(n-1)d^1 ns^2$  এ শেষ হয়। এই মৌলসমূহ এক্টিনাইড মৌল নামে পরিচিত।

৬ষ্ঠ পর্যায়ের মত এক্টিনাইড পরবর্তী ৭টি মৌল (এই পর্যায়টি অসম্পূর্ণ বলে)  $(n-1)d^2 ns^2$  থেকে শুরু করে  $(n-1)d^8 ns^2$  এ এসে শেষ হয়।

কোন একটি পর্যায়ের বাম থেকে ডান দিকে গেলে বিভিন্ন ধর্মের ক্রম পরিবর্তন ঘটে। ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের ধর্মের ক্রম পরিবর্তন দেখানো হলো:

**সারণি : ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের ধর্মের ক্রম: পরিবর্তন**

মৌল	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
পারমাণবিক সংখ্যা	11	12	13	14	15	16	17	18
ইলেকট্রন বিন্যাস	$---3s^1$	$---3s^2$	$---3s^2 3p^1$	$---3s^2 3p^2$	$---3s^2 3p^3$	$---3s^2 3p^4$	$---3s^2 3p^5$	$---3s^2 3p^6$
যোজনী	1	2	3	4	3	2	1	0
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ	1.87	1.36	1.25	1.17	1.10	1.04	0.91	1.91
তড়িৎ ঋণাত্মকতা	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	0
১ম আয়নিকরণ শক্তি (KJ/mol)	496	737	577	786	1012	999	1255	1521
মৌলের প্রকৃতি	তীব্র ক্ষার ধাতু	মৃৎ ক্ষারীয় ধাতু	কম সক্রিয় ধাতু	অধাতু (কঠিন)	কম সক্রিয় ধাতু	সক্রিয় ধাতু	তীব্র সক্রিয় অধাতু	নিষ্ক্রিয় গ্যাস

উপরের সারণি থেকে দেখা যায় যে একটি পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের যোজনী প্রথমে বাড়তে থাকে এবং পরের দিকে আবার ক্রমে ক্রমে কমতে থাকে। ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে জানা যায় যে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে সর্ব বহিঃস্থ শক্তিস্তরে প্রথমে ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা ক্রমে ক্রমে হ্রাস পায় এবং পরের দিকে ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বৃদ্ধি পেতে থাকে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে ‘অষ্টক’ পূর্ণ থাকে বলে ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণ কোনটিরই প্রবণতা থাকে না। যে কোন পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায় তবে তড়িৎ ঋণাত্মকতা ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে হ্যালোজেন মৌলে এসে সর্বাধিক হয়। মৌলের প্রকৃতির দিকে লক্ষ্য করলে দেখা যায় যে পর্যায়ের ১ম মৌলটি তীব্র ক্ষার ধাতু। এরপর ক্রমে ক্রমে ধাতবগুণ কমতে থাকে এবং অধাতবগুণ বাড়তে থাকে। পর্যায়ের শেষ মৌলটি সক্রিয়তা বিহীন নিষ্ক্রিয় গ্যাস। পর্যায় সারণির প্রতিটি পর্যায়েই মৌলসমূহের ধর্মের একইভাবে ক্রম পরিবর্তন ঘটে।

যে সকল মৌলের সর্ব:বহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস একই থাকে তারা একই গ্রুপ বা শ্রেণীতে অবস্থান করে। নিচে গ্রুপ IA মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস দেয়া হলো:

পারমাণবিক সংখ্যা	মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস
1	H	$1s^1$
3	Li	$1s^2 2s^1$
11	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
37	Rb	$\dots 3d^{10} 4s^2 5p^6 4s^1$
55	Cs	$\dots 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$
87	Fr	$\dots 5s^2 5p^6 6s^2 6p^6 7s^1$

এই ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে দেখা যাচ্ছে যে IA শ্রেণীর মৌলসমূহের সর্ব বহি:স্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^1$ .

একই ভাবে IIA, IIIA, IVA, VA, VIA এবং VIIA শ্রেণীর মৌলসমূহের সর্ব বহি:স্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে  $ns^2$ ,  $ns^2 np^1$ ,  $ns^2 np^2$ ,  $ns^2 np^3$ ,  $ns^2 np^4$  এবং  $ns^2 np^5$ ।

'0' শ্রেণীর প্রথম মৌল হিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস  $1s^2$  এবং এই গ্রুপের পরবর্তী মৌলগুলোর বহি:স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^2 np^6$ ।

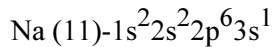
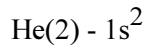
অন্যদিকে অবস্থান্তর মৌলসমূহ অর্থাৎ B গ্রুপের মৌলসমূহে d অরবিটাল ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হতে থাকে। IIIB শ্রেণীর মৌলসমূহের বহি:স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^1 ns^2$ । এবং IIB শ্রেণীর মৌলসমূহের ক্ষেত্রে এ বিন্যাস  $(n-1)d^{10} ns^2$ ।

উপরের আলোচনার ভিত্তিতে বলা যায় যে একই শ্রেণীর মৌলসমূহের বহি:স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস অনুরূপ। এ জন্যই এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মও অনুরূপ হবে। অন্যদিকে কোন পর্যায়ের বাম থেকে ডান দিকে গেলে একটি একটি করে ইলেকট্রন বাড়তে থাকে, তাই ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ক্রম পরিবর্তন হয়।

### ৩.৩.৪: ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে মৌলের শ্রেণী বিভাগ

পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর ভিত্তি করে মৌলসমূহকে মূলত: চারটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। যথা-

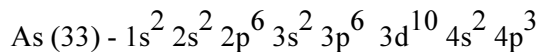
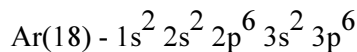
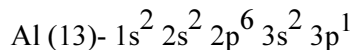
১) s-ব্লক মৌল: পর্যায় সারণির IA ও IIA এর 13টি মৌল এবং He এই ১৪টি মৌল এই শ্রেণীভুক্ত। এই মৌলসমূহের বহি:স্তরের শুধুমাত্র s অরবিটালে ইলেকট্রন থাকে। উদাহরণ-



$s^1$  কাঠামোর মৌলসমূহের ভেতর হাইড্রোজেন একটি গ্যাসীয় পদার্থ ও অধাতু। অন্যান্য সব মৌলগুলো ধাতব এবং তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক। এদের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডসমূহ তীব্র ক্ষারকণ্ড সম্পন্ন। এ জন্য এই ধাতুগুলো ক্ষার ধাতু নামে পরিচিত।

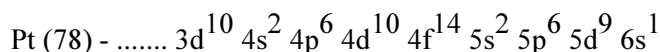
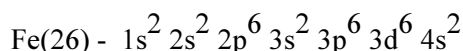
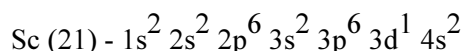
এই ব্লকের  $s^2$  কাঠামোর মৌলসমূহের ভেতর একমাত্র হিলিয়াম নিষ্ক্রিয় গ্যাস। অন্যান্য মৌলগুলো ধাতু এবং এদের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডও তীব্র ক্ষারক গুণ সম্পন্ন। এই ধাতুগুলোর বেশ কয়েকটির অক্সাইড মৃত্তিকায় পাওয়া যায় বলে এই ধাতুগুলো “মৃৎ-ক্ষারীয় ধাতু” নামেও পরিচিত।

২) **p-ব্লক মৌল:** পর্যায় সারণীর IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA এবং '0' গ্রুপের (He ব্যতীত) মৌলসমূহ অর্থাৎ মোট ৩০টি মৌল p-ব্লক ভুক্ত। এই মৌলসমূহের বহিঃস্তরে p-অরবিটালে ইলেকট্রন থাকে। উদাহরণ-



p-ব্লক মৌলগুলোর মধ্যে  $s^2 p^5$  ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলসমূহ যথা F, Cl, Br, I ও At "হ্যালোজেন" নামে পরিচিত।  $s^2 p^6$  ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলসমূহ যথা- Ne, Ar, Kr, Xe ও Rn নিষ্ক্রিয় গ্যাস। p-ব্লকের বেশীর ভাগ মৌলই অধাতু। এই ব্লকে কিছু মৌল আছে (যেমন-B, Si, Ge, As ইত্যাদি), যাদের কিছু ধর্ম ধাতুর ন্যায় আর কিছু ধর্ম অধাতুর ন্যায়। তাই এদেরকে "ধাতু-কল্প" বা উপধাতু বলা হয়। p-ব্লকের কিছু মৌল যেমন- Al, Sn, Pb হালকা ধাতু হিসেবে পরিচিত।

৩) **d-ব্লক মৌল:** যে সব মৌলের বহিঃস্তরের ঠিক আগের স্তরের d-অরবিটালে ক্রমে ক্রমে ইলেকট্রন প্রবেশ করে, তাদেরকে d-ব্লক মৌল বলা হয়। এ সব মৌলের (n-1) শক্তিস্তরের d-অরবিটালের ইলেকট্রন বিন্যাস  $d^1$  থেকে  $d^{10}$  পর্যন্ত হতে পারে। উদাহরণ-



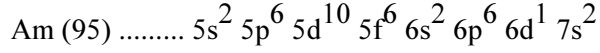
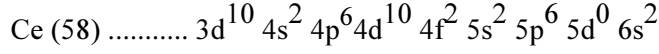
এই মৌলগুলোর প্রত্যেকটিই ধাতু। যে সব d-ব্লক মৌলের পরমাণু বা স্থিতিশীল আয়নের d-অরবিটাল অপূর্ণ থাকে তাদেরকেই বিশেষভাবে অবস্থান্তর মৌল বা অবস্থান্তর ধাতু বলা হয়। কিন্তু IIB শ্রেণীর মৌলসমূহ যথা- Zn, Cd, Hg এদের d অরবিটালে 10টি করে ইলেকট্রন থাকে বলে এদেরকে d-ব্লক ধাতু বলা হলেও অবস্থান্তর ধাতু বলা হয় না।

উদাহরণ:	Cu-	.....	$3d^{10} 4s^1$	}	অবস্থান্তর ধাতু নয়
	Zn-	.....	$3d^{10} 4s^2$		
	Pt-	.....	$3d^9 4s^1$	}	অবস্থান্তর ধাতু
	Fe-	.....	$3d^6 4s^2$		

অবস্থান্তর মৌলগুলোর কয়েকটি বিশেষ ধর্ম হচ্ছে: এগুলো সাধারণত রঙীন প্যারাচুম্বকীয় যৌগ গঠন করে। এরা জটিল যৌগ গঠনে সক্ষম। এই ধাতুগুলোর পরিবর্তনশীল যোজনী এবং তীব্র বিজারণশক্তি রয়েছে।

৪) **f-ব্লক মৌল:** যে সব মৌলের সর্ব বহিঃস্তরের দু'টি স্তর আগের শক্তিস্তরের (n-2) f-অরবিটালে ক্রমে ক্রমে ইলেকট্রন প্রবেশ করে তাদেরকে f-ব্লক মৌল বলা হয়। ২৪টি মৌল f-ব্লকের অন্তর্ভুক্ত এবং এরা দু'টি সারিতে থাকে। La(57) এর পরবর্তী ১৪টি মৌলকে ল্যান্থানাইড সারি এবং Ac(89) এর পরের ১৪টি মৌলকে অ্যাক্টিনাইড সারির মৌল বলা হয়।

ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইড উভয় সারির মৌলসমূহের সর্বমোট দুটি শক্তি স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস অনুরূপ হয়; কেবল অভ্যন্তরীণ 4f বা 5f অরবিটালে ক্রমান্বয়ে ইলেকট্রন প্রবেশ করে। এ জন্য এ মৌলগুলোকে অভ্যন্তরীণ অবস্থান্তর ধাতু বলা হয়। নিচে এ ধরনের দু'টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখানো হলো:



ল্যান্থানাইড মৌলসমূহকে “বিরল মৃত্তিকা” মৌলও বলা হয়।

### ৩.৩.৫: আধুনিক পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের স্থান

আধুনিক পর্যায় সারণিতে মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির অনেক ক্রটির সংশোধন করা সম্ভব হলেও কিছু কিছু অপূর্ণতা রয়ে গেছে। এখনও হাইড্রোজেনের স্থান নিয়ে মতভেদ রয়েছে। আধুনিক পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনকে IA শ্রেণীতে স্থান দেয়া হয়েছে। এর পক্ষে যুক্তিগুলো হলো:

- IA শ্রেণীর অন্যান্য ক্ষার ধাতুগুলোর ন্যায় ( $\text{Li-}1s^2 2s^1$ ) হাইড্রোজেন পরমাণুর সর্ব:বহিস্থ স্তরের (এক মাত্র শক্তি স্তরে) s অরবিটালে 1টি মাত্র ইলেকট্রন রয়েছে ( $\text{H-}1s^1$ )।
- ক্ষার ধাতুগুলোর মতই হাইড্রোজেন তীব্র তড়িৎধনাত্মক গুণ সম্পন্ন। ঐ ধাতুগুলোর মত হাইড্রোজেন ইলেকট্রন অপসারণের মাধ্যমে ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে।
- ক্ষার ধাতুর মৌলগুলোর মত হাইড্রোজেনের যোজনীও এক।
- Li, Na ইত্যাদি ক্ষার ধাতুর মতই হাইড্রোজেন হ্যালোজেন, অক্সিজেন, সালফার ইত্যাদি অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যৌগ গঠন করে।
- ক্ষার ধাতুর মত হাইড্রোজেনের তীব্র বিজারণ গুণ রয়েছে।

অন্যদিকে VII-A শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের স্থান সম্পর্কে নিচের যুক্তিসমূহের উল্লেখ করা যায়:

- হাইড্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা 1, সুতরাং হিলিয়ামের (পারমাণবিক সংখ্যা 2) ঠিক আগের শ্রেণীতে অর্থাৎ VIIA শ্রেণীতে ফ্লোরিনের উপর এর স্থান হওয়া উচিত।
- হ্যালোজেন মৌলসমূহের মত হাইড্রোজেনও দ্বি-পরমাণুক ও অধাতু। হাইড্রোজেন ফ্লোরিন ও ক্লোরিনের ন্যায় সাধারণ তাপমাত্রায় একটি গ্যাস।
- Si, C ইত্যাদি অধাতব মৌলের সাথে হ্যালোজেন  $\text{SiX}_4$ ,  $\text{CX}_4$  যৌগ উৎপন্ন করে, হাইড্রোজেনও অনুরূপ যৌগ  $\text{SiH}_4$  ও  $\text{CH}_4$  উৎপন্ন করে।
- Na, Ca, Al এই সব ধাতুর সাথে হ্যালোজেন বিক্রিয়া করে যথাক্রমে  $\text{NaX}$ ,  $\text{CaX}_2$  এবং  $\text{AlX}_3$  প্রভৃতি হ্যালাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেনও  $\text{NaH}$ ,  $\text{CaH}_2$  ও  $\text{AlH}_3$  ইত্যাদি সাদৃশ্যপূর্ণ হাইড্রাইড উৎপন্ন করে।
- হ্যালোজেন মৌলসমূহের মতই পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস অর্থাৎ হিলিয়াম থেকে হাইড্রোজেনের একটি ইলেকট্রন কম থাকে।
- LiH সহ অন্যান্য কোন কোন ধাতুর গলিত হাইড্রাইড থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় হ্যালোজেনের মতই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়ে অ্যানোডে জমা হয়।



উপরের আলোচনা থেকে দেখা যায় যে, IA ও VIIA এই উভয় শ্রেণীর যে কোনটিতে হাইড্রোজেনের স্থান দেওয়ার পক্ষে যুক্তি দেয়া যায়। হাইড্রোজেন একটি s-ব্লক মৌল এবং প্রায় অধিকাংশ ক্ষেত্রেই +1 জারণ অবস্থা প্রাপ্ত হয় বলে একে IA শ্রেণীতে স্থান দেয়া হয়।

কোন কোন বিজ্ঞানী উভয় শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের স্থান দেওয়ার পক্ষে যুক্তি থাকায় হাইড্রোজেনকে পর্যায় সারণির উপরে আলাদাভাবে একটি বিশেষ স্থান দেওয়ার প্রস্তাব করেছেন।

### ৩.৩.৬: পর্যায় সারণির কর্ণ সম্পর্ক (Diagonal Relationship)

পর্যায় সারণির কিছু কিছু মৌলের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে এদের ধর্ম, মৌলটি যে পর্যায়ে অবস্থিত তার পরবর্তী পর্যায়ের পরের শ্রেণীতে কোনোকোনভাবে অবস্থিত মৌলের ধর্মের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ। পর্যায় সারণির দু'টি ভিন্ন পর্যায়ে অবস্থিত দু'টি মৌলের এ ধরনের সম্পর্ককে “কর্ণ সম্পর্ক” বলা হয়।

উদাহরণ হিসাবে বলা যায় ২য় পর্যায়ের IA শ্রেণীর মৌল Li এর সাথে ৩য় পর্যায়ের IIA শ্রেণীর মৌল Mg এর কিছু কিছু ধর্ম সাদৃশ্যপূর্ণ। একইভাবে Be ও Al এবং B ও Si এদের ধর্মেও যথেষ্ট সাদৃশ্য রয়েছে।

পর্যায়/শ্রেণী	IA	IIA	IIIA	IVA
২য়	Li	Be	B	C
৩য়	Na	Mg	Al	Si

### ব্যাখ্যা

কোন পর্যায়ের বাম দিক থেকে ডান দিকে গেলে আয়নিক চার্জ বৃদ্ধি পেতে থাকে, তবে আয়তন কমতে থাকে, ফলে পোলারীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পেতে থাকে। অন্যদিকে শ্রেণীর উপর থেকে নিচের দিকে গেলে আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং পোলারীকরণ শক্তি কমতে থাকে। তাই কোনোকোনভাবে অবস্থিত মৌল জোড়ের পোলারীকরণ শক্তি খুব কাছাকাছি থাকে বলে এদের ধর্মের ভেতরও বেশ সাদৃশ্য দেখা যায়। এই সব মৌলের গঠিত যৌগসমূহের বন্ধন প্রকৃতি, শক্তি এবং ধর্মের খুব মিল থাকে।

### সারসংক্ষেপ

- পারমাণবিক সংখ্যার উপর ভিত্তি করে আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে শ্রেণীবিভক্ত করা হয়েছে। আধুনিক পর্যায় সূত্র অনুসারে মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম মৌলের পারমাণবিক সংখ্যার সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। আধুনিক পর্যায়-সারণির 7(সাত)টি পর্যায় এবং ৮ (আট)টি শ্রেণী আছে। শ্রেণীগুলিকে রোমান সংখ্যা I-VIII দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। I-VII এর প্রতিটি শ্রেণীকে A ও B দুটি উপশ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে। VIII শ্রেণীর মৌলসমূহকে তিনটি স্তম্ভে প্রদর্শন করা হয়েছে। শূন্য শ্রেণীর মৌলসমূহ নিষ্ক্রিয় গ্যাস। পর্যায় শ্রেণীর বাম দিকের মৌলসমূহ ধাতু এবং ডান দিকের মৌলসমূহ অধাতু। ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে মৌলসমূহকে s-ব্লক, p-ব্লক, d-ব্লক ও f ব্লক এই চার শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে।

## পাঠ্যক্রম মূল্যায়ন

### বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। কিসের ভিত্তিতে আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের শ্রেণী বিন্যাস করা হয়-  
(ক) পারমাণবিক ভর (খ) পারমাণবিক সংখ্যা  
(গ) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (ঘ) পোলারীকরণ শক্তি।
- ২। পর্যায় সারণির ৩য় পর্যায়টি একটি  
(ক) দীর্ঘ পর্যায় (খ) সংক্ষিপ্ত পর্যায়  
(গ) অতি সংক্ষিপ্ত পর্যায় (ঘ) অতি দীর্ঘ পর্যায়
- ৩। নিচের কোন শ্রেণীর মৌল অবস্থান্তর মৌল  
(ক) IA শ্রেণী (খ) IIIA শ্রেণী  
(গ) IVA শ্রেণী (ঘ) VIII শ্রেণী
- ৪। Fe একটি  
(ক) s ব্লকমৌল (খ) d ব্লকমৌল  
(গ) p ব্লকমৌল (ঘ) f ব্লকমৌল
- ৫। নিচের কোন জোড়টির কর্ণ সম্পর্ক রয়েছে-  
(ক) Li, Al (খ) Na, Mg  
(গ) Li, Mg (ঘ) C, Si

### রচনামূলক/সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। উদাহরণসহ ডোবরিনার ত্রয়ীর বর্ণনা দিন।
- ২। নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র কি? একটি উদাহরণসহ সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন।
- ৩। মেডেলিফের পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট বর্ণনা করুন।
- ৪। মেডেলিফের পর্যায় সারণির ক্রটিসমূহ বর্ণনা করুন।
- ৫। আধুনিক পর্যায় সারণির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিন।
- ৬। “আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে তাদের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম অনুসারে সাজানো হয়।” পর্যায় সারণির সাথে মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের সম্পর্ক আলোচনা করে, এই উক্তির যথার্থতা প্রমাণ করুন।
- ৭। ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে মৌলের শ্রেণী বিভাগ আলোচনা করুন।
- ৮। বিভিন্ন পর্যায় ও শ্রেণীতে মৌলসমূহের ধর্মের পরিবর্তন সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করুন।
- ৯। আধুনিক পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের স্থান সম্পর্কে অভিমত দিন।
- ১০। পর্যায় সারণির কর্ণ সম্পর্কের বিষয়ে আলোচনা করুন।

সারণি - ৩.২ : আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি

গ্রুপ ⇒ পর্যায় ↓	IA 1	IIA 2	IIIB 3	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB 11	IIB 12	IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	0 18
1	<sup>1</sup> H 1s <sup>1</sup>																<sup>1</sup> H 1s <sup>1</sup>	<sup>2</sup> He 1s <sup>2</sup>
2 [He]+	<sup>3</sup> Li 2s <sup>1</sup>	<sup>4</sup> Be 2s <sup>2</sup>											<sup>5</sup> B 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	<sup>6</sup> C 2s <sup>2</sup> sp <sup>3</sup>	<sup>7</sup> N 2s <sup>2</sup> sp <sup>3</sup>	<sup>8</sup> O 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	<sup>9</sup> F 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	<sup>10</sup> Ne 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
3 [He]+	11 Na 3s <sup>1</sup>	<sup>12</sup> Mg 3s <sup>2</sup>						8	9	10			<sup>13</sup> Al 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	<sup>14</sup> Si 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>15</sup> P 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>16</sup> S 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>17</sup> Cl 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	<sup>18</sup> Ar 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
4 [Ar]+	<sup>19</sup> K 4s <sup>1</sup>	<sup>20</sup> Ca 4s <sup>2</sup>	<sup>21</sup> Sc 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>22</sup> Ti 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>23</sup> V 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>24</sup> Cr 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	<sup>25</sup> Mn 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>26</sup> Fe 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>27</sup> Co 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>28</sup> Ni 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>29</sup> Cu 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	<sup>30</sup> Zn 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>31</sup> Ga 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	<sup>32</sup> Ge 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	<sup>33</sup> As 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	<sup>34</sup> Se 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	<sup>35</sup> Br 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	<sup>36</sup> Kr 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>
5 [Kr]+	<sup>37</sup> Rb 5s <sup>1</sup>	<sup>38</sup> Sr 5s <sup>2</sup>	<sup>39</sup> Y 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>40</sup> Zr 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>41</sup> Nb 4d <sup>4</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>42</sup> Mo 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>43</sup> Tc 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>44</sup> Ru 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>45</sup> Rh 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>46</sup> Pd 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup>	<sup>47</sup> Ag 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>48</sup> Cd 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>49</sup> In 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	<sup>50</sup> Sn 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	<sup>51</sup> Sb 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	<sup>52</sup> Te 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	<sup>53</sup> I 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	<sup>54</sup> Xe 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
6 [Xe]+	<sup>55</sup> Cs 6s <sup>1</sup>	<sup>56</sup> Ba 6s <sup>2</sup>	<sup>57</sup> La* 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>72</sup> Hf 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>73</sup> Ta 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>74</sup> W 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>75</sup> Re 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>76</sup> Os 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>77</sup> Ir 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>78</sup> Pt 5d <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>79</sup> Au 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>	<sup>80</sup> Hg 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>81</sup> Tl 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>	<sup>82</sup> Pb 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>	<sup>83</sup> Bi 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>	<sup>84</sup> Po 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>	<sup>85</sup> At 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>	<sup>86</sup> Rn 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>
7 [Rn]+	<sup>87</sup> Fr 7s <sup>1</sup>	<sup>88</sup> Ra 7s <sup>2</sup>	<sup>89</sup> Ac** 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>104</sup> Db 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>105</sup> Jt 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>106</sup> Rf 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>107</sup> Bh 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>108</sup> Hn 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>109</sup> Mt 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>									
ল্যান্থানাইড সারি	<sup>58</sup> Ce 4f <sup>2</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>59</sup> Pr 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>60</sup> Nd 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>61</sup> Pm 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>62</sup> Sm 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>63</sup> Eu 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>64</sup> Gd 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>65</sup> Tb 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>66</sup> Dy 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>67</sup> Ho 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>68</sup> Er 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>69</sup> Tm 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>70</sup> Yb 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>71</sup> Lu 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>				
অ্যাকটিনাইড সারি	<sup>90</sup> Th 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>91</sup> Pa 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>92</sup> U 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>93</sup> Np 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>94</sup> Pu 5f <sup>4</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>95</sup> Am 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>96</sup> Cm 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>97</sup> Bk 5f <sup>6</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>98</sup> Cf 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>99</sup> Es 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>100</sup> Fm 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>101</sup> Md 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>102</sup> No 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>103</sup> Lr 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>				