ମୌଳିକ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ

(ଭାଗ – ୬)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ:
ଇତିହାସରୁ ଆଧୁନିକତା – ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଯାତ୍ରା

Periodic Table:
From History to Modernity -
A Complete Journey

(ମାଧ୍ୟମିକ ଓ ଉଚ୍ଚ ମାଧ୍ୟମିକ ସ୍ତର ପାଇଁ)

Dr. S.S. Tripathy, Ph.D., D.Sc.
President, *The Uranium*
Formerly
Professor, Chemistry
Ravenshaw University, Kataka

Graphic Art Offset Press
Nuapatna, Mangalabag, Kataka-1

ମୌଳିକ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ (ଭାଗ-୬)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ:
ଇତିହାସରୁ ଆଧୁନିକତା - ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଯାତ୍ରା

ଲେଖକ :

ଡ. ସୁଧାଂଶୁ ଶେଖର ତ୍ରିପାଠୀ
E-mail : sudhansu.trips@gmail.com
Website : www.theuranium.in

ପ୍ରଥମ ସଂସ୍କରଣ : ନଭେମ୍ବର, ୨୦୨୬

ପ୍ରକାଶକ :

ଗ୍ରାଫିକ୍ ଆର୍ଟ୍ ଅଫ୍‌ସେଟ୍ ପ୍ରେସ୍
ନୂଆପାଟଣା, ମଙ୍ଗଳାବାଗ, କଟକ-୧

ମୁଦ୍ରଣ :

ଗ୍ରାଫିକ୍ ଆର୍ଟ୍ ଅଫ୍‌ସେଟ୍ ପ୍ରେସ୍
ନୂଆପାଟଣା, ମଙ୍ଗଳାବାଗ, କଟକ-୧

ମୂଲ୍ୟ : ୨୫୦

ମୁଖବନ୍ଧ

ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ବିଷୟ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଗୁରତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ଦୀର୍ଘ ୪୦ ବର୍ଷରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଅଧ୍ୟାପନାର ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ମୁଁ ଜାଣେ ଯେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ପିଲା ତାର ସ୍କୁଲ ଜୀବନରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ସମ୍ପର୍କରେ ସବିଶେଷ ଜ୍ଞାନ ପାଏ, ତେବେ ତା ପାଇଁ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ ଅତ୍ୟନ୍ତ ସହଜସାଧ୍ୟ ପାଠ ହୋଇଯିବ । କିଛି ବର୍ଷ ପୂର୍ବେ ଏକ ଜିଲ୍ଲା ବିଜ୍ଞାନ ଶିକ୍ଷକ ପ୍ରଶିକ୍ଷଣ ଶିବିରରେ ମୁଁ ପ୍ରଶିକ୍ଷକ ହିସାବରେ ଶିକ୍ଷକମାନଙ୍କର ସନ୍ଦେହ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦେଲା ବେଳେ, ଜଣେ ଶିକ୍ଷକ ମୋତେ ପ୍ରଶ୍ନ କଲେ, "ସାର୍, ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ଥିବା ଏତେ ଗୁଡ଼ିଏ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ ମନେ ରଖିବା ପାଇଁ କିଛି ସୂତ୍ର ବା କୌଶଳ ନାହିଁ ? ପିଲାମାନେ ଆମକୁ ପଚାରୁଛନ୍ତି, ଆମେ ଏହାର ଜବାବ ଦେଇପାରୁନାହିଁ " । ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ସେତେବେଳେ ମୁଁ ନିଜେ ଜଣିଥିବାରୁ ଟିକେ ଅସୁସ୍ତି ବୋଧ କରିଥିଲି । ଏହି ଘଟଣାର ପ୍ରାୟତଃ ୧୦ ବର୍ଷପରେ ମୁଁ ଆମର ବଡ଼ ପୁଅ ଘରେ(ଆମେରିକାରେ) ରହୁଥିବାବେଳେ, ସେତେବେଳେ ୭ମ ଶ୍ରେଣୀରେ ପଢୁଥିବା ମୋର ନାତୁଣି "ମାଇରା" ମୋତେ ଥରେ କହିଲା "ଜେଜେ ଜାଣିଛ, ଆମ ଦେଶରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ୧୧୮ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ ମନେ ରଖିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଲୋକପ୍ରିୟ ଗୀତ ଅଛି, ଶୁଣିବ ?" ମୁଁ ତତକ୍ଷଣାତ ନାତୁଣିଠାରୁ ସେହି ଗୀତ ଶୁଣିଲି ଓ ମୋତେ ଏତେ ଭଲ ଲାଗିଲା ଯେ ମୁଁ ଶପଥ ନେଲି ଭାରତ ଫେରି ଆମ ଭାରତୀୟ ପିଲାଙ୍କ ପାଇଁ ସେମାନେ ସହଜରେ ବୁଝିଲାଭଳି ଭାରତୀୟ ସଙ୍ଗୀତ ଭିତ୍ତିକ ଏକ ଗୀତ ରେକର୍ଡ଼ କରିବି । ଏହା ୨୦୨୪ ମସିହା କଥା । ଭଗବାନଙ୍କର କୃପାରୁ ଏହା ସମ୍ଭବ ହେଲା । ଏକ ଗୀତର ରଚନା, ସ୍ୱର ସଂଯୋଜନା ଓ ସ୍ଟୁଡ଼ିଓରେ ରେକର୍ଡ଼ିଂ ହେଲା ଓ ତାହା ୟୁଟ୍ୟୁବରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲା । ସଭାଗ୍ୟବଶତଃ ଏହି ଗୀତ "Periodic Table Song" ମଧ୍ୟ ପିଲା ଓ ଶିକ୍ଷକମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବିଶେଷ ଆଦୃତ ହେଲା । ଏହି ସମୟରେ ଗୋଟିଏ ଜିନିଷର ଘୋର ଅଭାବ ରହିଥିବାର ମୁଁ ଅନୁଭବ କଲି । ଏହା ହେଲା ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ସମ୍ପର୍କରେ ପୁଙ୍ଖାନୁପୁଙ୍ଖ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଥିବା ଏକ ପୁସ୍ତିକା । କେବଳ ଦୁଇ-ଚାରି ପୃଷ୍ଠାର ଆଲୋଚନାରେ ଏହି ବିଷୟ ସ୍କୁଲ ସ୍ତରରେ ଶେଷ ହୋଇଯାଇଥାଏ । ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଇତିହାସ ଓ କ୍ରମବର୍ଦ୍ଧନ ରେ ଲୁଚି ରହିଥିବା କୌତୁହଳପୂର୍ଣ୍ଣ ବିଷୟସବୁ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୁସ୍ତିକା ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେବାର ବହୁତ ଆବଶ୍ୟକତା ଥିଲା । ତେଣୁ ମୁଁ ପୁଣିଥରେ ପ୍ରତିଜ୍ଞାବଦ୍ଧ ହେଲି ଯେ ଏହି ବିଷରେ ମମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ତଥ୍ୟ ସହିତ ଓଡ଼ିଆରେ ଏକ ପୁସ୍ତିକା ରଚନା କରିବି । ଭଗବାନଙ୍କର କୃପାରୁ ଏହା " ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ : ଇତିହାସରୁ ଆଧୁନିକତା - ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଯାତ୍ରା" ଶୀର୍ଷକ ପୁସ୍ତିକା ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେବାକୁ ଯାଉଛି । ଏହାର ପ୍ରଥମ ସଂସ୍କରଣ କଟକ, ମଙ୍ଗଳାବାଗ ସ୍ଥିତ ଗ୍ରାଫିକ ଆର୍ଟ ଅଫସେଟ ପ୍ରେସରେ ଆମ ସଂସ୍ଥା "ଦି ୟୁରାନିୟମ(The Uranium)" ତରଫରୁ ପ୍ରକାଶିତ ହେଉଛି । ଏହି ପୁସ୍ତିକାରେ, ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଇତିହାସ ସହିତ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ସମ୍ପର୍କରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ତଥ୍ୟ, ୬ଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଧର୍ମଗୁଣ ଓ ପରିଶେଷରେ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପ୍ରସ୍ତୁତି ପଦ୍ଧତି, ଏମିତି ୪ଟି ଅଧ୍ୟାୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି । ଏହି ସଂସ୍କରଣରେ କିଛି ତୃଟି ଆପଣ ଦେଖିଲେ, ମୋତେ ଜଣାଇବାପାଇଁ ଅନୁରୋଧ ।

ମୋର ପ୍ରଥମ ପାଣ୍ଡୁଲିପିର ସମସ୍ତ ଅଧ୍ୟାୟକୁ ପାଠ କରି, ସେଥିରେ ଥିବା ତୃଟିକୁ ସଂଶୋଧନ କରିଥିଲେ ରାଜଗାଙ୍ଗପୁରର ବିଶିଷ୍ଟ ବରିଷ୍ଠ ବିଜ୍ଞାନ ଶିକ୍ଷକ **ଡ଼ଃ ସରେଜିନୀ ସାହୁ** । ତାଙ୍କୁ ସେଥିପାଇଁ ଧନ୍ୟବାଦ ଦେବା ସହିତ ମୁଁ ତାଙ୍କ ନିକଟରେ ଚିର କୃତଜ୍ଞତା ଜ୍ଞାପନ କରୁଛି ।

ଆଶା କରେ, ଏହି ସଂସ୍କରଣ ପାଠକ ପାଠିକାଙ୍କୁ ଭଲ ଲାଗିବ ।

ଧନ୍ୟବାଦ

ସୁଧାଂଶୁ ତ୍ରିପାଠୀ (ଲେଖକ)

ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ

(LONG FORM OF PERIODIC TABLE)

ଉପକ୍ରମଣିକା(Introduction): ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣକୁ ସହଜରେ ବୁଝିବା ପାଇଁ ସେମାନଙ୍କୁ ପଦ୍ଧତିଗତ ଏବଂ କ୍ରମବଦ୍ଧ ଭାବରେ ସଜାଇ ଏକ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାର ପ୍ରଚେଷ୍ଟା ଅଷ୍ଟବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । 1789 ମସିହାରେ ପ୍ରଥମେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲାଭଏସିଅର(Lavoisier) 33 ଟି ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ଏଥିରେ ଆଲୋକ(light) ଓ ତାପ(heat) ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲା, ଯଦିଓ ଏମାନେ ମୌଳିକ ନଥିଲେ, ଥିଲେ ଶକ୍ତି । 1817 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡ଼ୋବରିନର(Dobereiner) 12 ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ନେଇ ଚାରିଟି ଟ୍ରାଏଡ୍(triads) ବିଶିଷ୍ଟ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କଲେ । ସେ ଦେଖିଲେ ଯେ ପ୍ରତି ଟ୍ରାଏଡ୍‌ରେ ଥିବା ପ୍ରଥମ ଓ ତୃତୀୟ ମୌଳିକର ହାରାହାରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ ହେଲା । ସେଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ପ୍ରତି ଟ୍ରାଏଡ୍ ରେ ଥିବା ତିନୋଟି ମୌଳକମାନେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମ୍ପର୍କିତ । 1865 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍(Newlands) 62 ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ନେଇ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର(law of octaves)ସହିତ ଏକ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କଲେ । ସେ ଦେଖିଥିଲେ ଯେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇଲେ, ପ୍ରତି ଅଷ୍ଟମ ମୌଳିକର(ସଂଗୀତର ସା, ରେ, ଗା, ମା, ପା, ଧା, ନି ପରେ ପୁଣି ସା ଭଳି) ଧର୍ମଗୁଣ ପ୍ରଥମ ମୌଳିକର ଧର୍ମଗୁଣ ସହିତ ବହୁତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହିଥିଲା । ଫଳରେ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବା ମୌଳିକ ଗୁଡ଼ିକୁ ଏକ ପରିବାରର ସଦସ୍ୟ ଭଳି ଏକ ଧାଡ଼ିରେ ରଖିଥିଲେ । ଯଦିଓ ସେହି ସାରଣୀରେ ଅନେକ ଦୋଷ ତ୍ରୁଟି ଥିଲା, ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଏହି ଆବିଷ୍କାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଗବେଷଣା ପାଇଁ ମାର୍ଗଦର୍ଶକ ହୋଇଥିଲା । ତାପରେ ଆସିଲେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ ମେଣ୍ଡେଲିଭ(Mendeleev) । ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ ହୋଇ, 1869 ମସିହାରେ 66 ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଅଧିକ ଲୋକପ୍ରିୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(Periodic Table), ସେ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ସେ ମଧ୍ୟ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଭଳି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କ୍ରମରେ ସଜାଇଥିଲେ ଓ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବା ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଧାଡ଼ିରେ ନରଖି ଏକ ଏକ ସ୍ତମ୍ଭରେ ରଖିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀରେ 8 ଟି ସ୍ତମ୍ଭ(Columns/Groups) ଓ 12 ଟି ଧାଡ଼ି ବା ପର୍ଯ୍ୟାୟ(Rows/Periods) ଥିଲା । ତାଙ୍କ ସାରଣୀରେ ଅନେକ ଖାଲି ସ୍ଥାନ ଥିଲା । ଏହି ଖାଲି ସ୍ଥାନ ଗୁଡ଼ିକ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହୋଇଥିଲା । ତାଙ୍କ ଶେଷ ସମୟ ବେଳକୁ (1904 ମସିହା) ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଥିଲା ଓ ସେମାନଙ୍କୁ ଏକ ନୂଆ ଗୃପ୍‌ରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲୋଦର ମେୟର(Lother Meyer) 1864 ମସିହାରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀ ଭଳି ଅନ୍ୟ ଏକ ସାରଣୀ ଦେଇଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ସବୁଠାରୁ ଲୋକପ୍ରିୟ ହୋଇ ରହିଥିଲା ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀ । ବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ପ୍ରଥମ ଦଶନ୍ଧୀରେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ଓ ଅନେକ ନୂଆ ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତିମ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ହେବା ପରେ, ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀର ସଂପ୍ରସାରଣ ହେବା ଅନିବାର୍ଯ୍ୟ ହୋଇଥିଲା । 1945 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସିବର୍ଗ(Seaborg) ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ

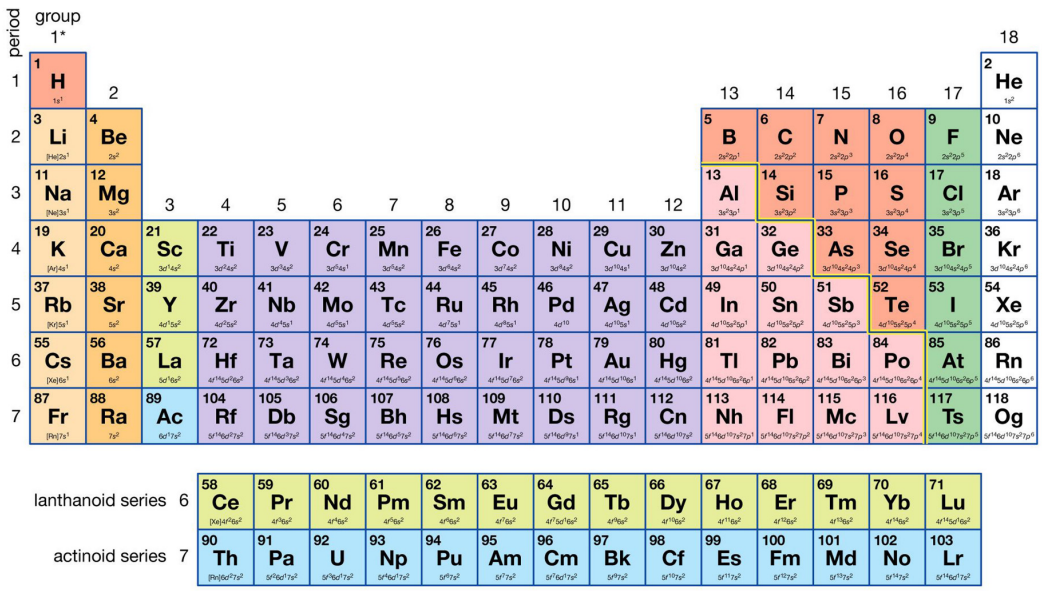
ସାରଣୀ ର ପରିବର୍ଦ୍ଧନ କରି 18 ଟି ଗ୍ରୁପ୍ ଓ 7 ଟି ପିରିୟଡ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସରଳ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ (Long Form of Perioidic Table) ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ ଯାହା ଆଜିକାଲି ସ୍କୁଲ ଓ କଲେଜରେ ପ୍ରଚଳିତ ହେଉଛି । ଏହି ସାରଣୀରେ ଏପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମୁଦାୟ 118 ଟି ମୌଳିକ ସ୍ଥାନ ପାଇଛି ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 94 ଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଏବଂ 24 ଟି କୃତ୍ରିମ । ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କର ଅସୀମ ଅବଦାନ ପାଇଁ ତାଙ୍କୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ କୁହାଯାଏ । 1863 ମସିହା ଫେବୃଆରୀ 7 ରେ ପ୍ରକାଶିତ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍ ଙ୍କ ଐତିହାସିକ ଗବେଷଣାପତ୍ରରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମିକ ପୁନରାବୃତ୍ତିର ଯୁଗାନ୍ତକାରୀ ଆବିଷ୍କାରର ଅବଦାନକୁ ସମ୍ମାନ ଜଣାଇବାପାଇଁ, ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାରେ ଫେବୃଆରୀ 7 ଦିନକୁ ଜାତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଦିବସ ଭାବରେ ସ୍କୁଲମାନଙ୍କରେ ପାଳନ କରାଯାଉଛି ।

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଐତିହାସିକ କ୍ରମବିବର୍ତ୍ତନର ରୋଚକ କାହାଣୀ ଏହି ପୁସ୍ତିକାର ଶେଷ ଅଧ୍ୟାୟରେ ପୁଙ୍ଖାନୁପୁଙ୍ଖ ଭାବରେ ଜାଣିବା ପୂର୍ବରୁ ଚାଲ ପ୍ରଥମେ ଏହି ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ସମ୍ପର୍କରେ ବିଶେଷ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ-1 (Long Periodic Table)

(ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ $_{57}La$ ଓ $_{89}Ac$ ମଧ୍ୟଭାଗ ବା d-ବ୍ଲକରେ ରହିଛନ୍ତି)

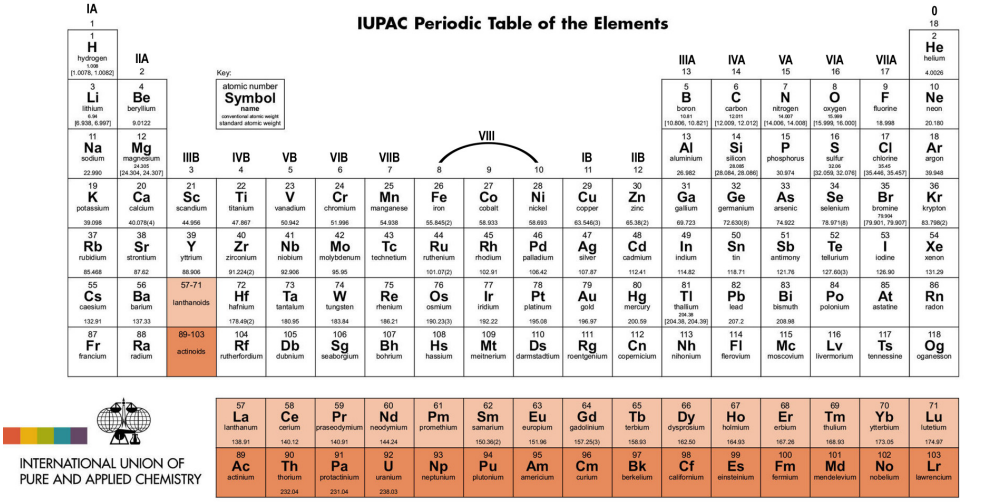
Periodic table with atomic number, symbol, and electron configuration



*Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

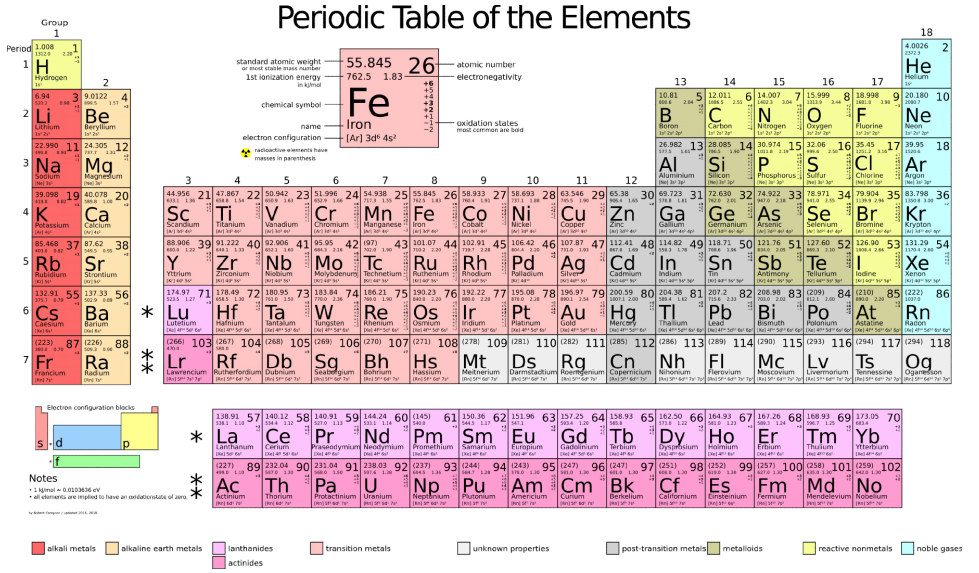
ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ-2 (Long Periodic Table)

(ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ $_{57}La$ ଓ $_{89}Ac$ ନିମ୍ନଭାଗ ବା f-ବ୍ଲକରେ ରହିଛନ୍ତି)



ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ-3 (Long Periodic Table)

(ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ $_{71}Lu$ ଓ $_{103}Lr$ ମଧ୍ୟଭାଗ ବା d-ବ୍ଲକରେ ରହିଛନ୍ତି)



ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପ୍ରତୀକ ସହିତ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନାମ

(Symbols with Full Names of Elements)

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
H : Hydrogen(1)			
Li : Lithium(3)	Be : Beryllium(4)		
Na : Sodium(11)	Mg: Magnesium(12)		
K : Potassium(19)	Ca : Calcium(20)	Sc : Scandium(21)	Ti : Titanium(22)
Rb: Rubidium(37)	Sr : Strontium(38)	Y : Yttrium(39)	Zr : Zirconium(40)
Cs: Caesium(55)	Ba : Barium(56)	La : Lanthanum(57)	Hf : Hafinium(72)
Fr: Francium(87)	Ra: Radium(88)	Ac : Actinium(89)	Rf :Rutherfordium(104)

Group 5	Group 6	Group 7	Group 8
V : Vanadium(23)	Cr : Chromium(24)	Mn : Manganese(25)	Fe : Iron(26)
Nb : Niobium(41)	Mo : Molybdenum(42)	Tc : Technetium(43)	Ru :Ruthenium(44)
Ta : Tantalum(73)	W : Tungsten(74)	Re : Rhenium(75)	Os : Osmium(76)
Db: Dubnium(105)	Sg : Seaborgium(106)	Bh : Bohrium(107)	Hs: Hassium(108)

Group 9	Group 10	Group 11	Group 12
Co : Cobalt(27)	Ni : Nickel(28)	Cu : Copper(29)	Zn : Zinc(30)
Rh : Rhodium(45)	Pd : Palladium(46)	Ag : Silver(47)	Cd : Cadmium(48)
Ir : Iridium(77)	Pt : Platinum(78)	Au : Gold (79)	Hg : Mercury(80)
Mt : Meitnerium(109)	Ds: Darmstadtium(110)	Rg : Roentgenium(111)	Cn: Copernicium(112)

Group 13	Group 14	Group 15	Group 16
B : Boron(5)	C : Carbon(6)	N : Nitrogen(7)	O : Oxyge(8)
Al : Aluminium(13)	Si : Silicon(14)	P : Phosphorus(15)	S : Sulphur(16)
Ga : Gallium(31)	Ge : Germanium(32)	As : Arsenic(33)	Se : Selenium(34)
In : Indium(49)	Sn : Tin(50)	Sb: Antimony(51)	Te : Tellurium(52)
Tl : Thallium(81)	Pb : Lead(82)	Bi : Bismuth(83)	Po :Polonium(84)
Nh : Nihonium(113)	Fl: Flerovium(114)	Mc : Moscovium(115)	Lv : Livermorium(116)

Group 17	Group 18
	He : Helium (2)
F : Fluorine(9)	Ne : Neon(10)
Cl : Chlorine(17)	Ar : Argon(18)
Br : Bromine(35)	Kr : Krypton(36)
I : Iodine (53)	Xe : Xenon(54)
At : Astatine(85)	Rn : Radon(86)
Ts : Tennessine(117)	Og : Oganesson(118)

Lanthanoids(Group 3) / Lanthanides/Rare Earths

Ce : Cerium(58) Pr : Praseodymium(59) Nd: Neodymium(60) Tb :
Pm : Promethium(61) Sm: Samarium(62) Eu : Europium(63)
Gd : Gadolinium(64) Tb: Terbium(65) Dy : Dysprosium(66) Ho : Holmium(67)
Er : Erbium(68) Tm : Thulium(69) Yb : Ytterbium(70) Lu : Lutetium(71)

Actinoids(Group 3) / Actinides

Th : Thorium(90) Pa :Protactinium(91) U : Uranium (92) Np : Neptunium(93)
Pu : Plutonium(94) Am : Americium(95) Cm : Curium(96) Bk : Berkelium(97)
Cf : Californium(98) Es : Einsteinium(99) Fm: Fermium(100)
Md: Mendelevium(101) No : Nobelium(102) Lr : Lawrencium(103)

ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଭିତ୍ତିକ ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ
(Periodic Classification of Elements)

ଆଗରୁ ଦିଆଯାଇଥିବା ତିନୋଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ନୀତିଗତ ଭାବେ ସମାନ, କେବଳ ଲାନ୍ଥାନମ୍($_{57}$La) ଓ ଆକ୍ଟିନିୟମ୍($_{89}$Ac)କୁ ସ୍ଥାନିତ କରିବାର ସୁବିଧାଜନକ ଶୈଳୀକୁ ଛାଡ଼ିଦେଲେ । ତେଣୁ ପାଠକ ଏହି ପୁସ୍ତିକା ପଢିଲା ବେଳେ ଏହି ଦୁଇଟି ସାରଣୀକୁ ବ୍ୟବହାର କରିବେ । 3ୟ ସାରଣୀ ଅନ୍ୟ ଏକ ନୀତିନିୟମ ଉପରେ ଆଧାରିତ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ଆମେ ବ୍ୟବହାର କରିବୁ ନାହିଁ ।

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ 18 ଟି ସ୍ତମ୍ଭ (column) ବା ଗ୍ରୁପ୍ (group) ଏବଂ 7 ଟି ଧାଡ଼ି (row) ବା ପର୍ଯ୍ୟାୟ ବା ପିରିୟଡ୍ (period) ରହିଛି ।

ଗୃପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ (Group-wise Study)

ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସାରଣୀଟିକୁ ଆମେ 4 ଟି ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରିବା।

[ବି.ଦ୍ର: ପ୍ରତି ଗୃପ୍ ର ନୂଆ ଓ ପୁରୁଣା ଗ୍ରୁପ୍ ସଂଖ୍ୟା(ବନ୍ଧନୀ ମଧ୍ୟରେ) ଦିଆଯାଇଛି ଏବଂ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପ୍ରତୀକ(symbol)ର ବାମପାର୍ଶ୍ୱ ନିମ୍ନରେ ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Atomic Number, Z) ଦିଆଯାଇଛି ।]

(1) ବାମ ଭାଗ / s-ବ୍ଲକ (Left Portion / s-Block)

ଏଥିରେ ଅଛି ଦୁଇଟି ଗ୍ରୁପ୍, 1(IA) ଏବଂ 2(II A) ।

(i) ଗୃପ୍ 1(IA): *କ୍ଷାର ଧାତୁ* (Alkali metals) ଯଥା ଲିଥିୟମ ($_{3}$Li), ସୋଡ଼ିୟମ ($_{11}$Na), ପଟାସିୟମ ($_{19}$K), ରୁବିଡ଼ିୟମ ($_{37}$Rb), ସିଜିୟମ ($_{55}$Cs) ଏବଂ ଫ୍ରାନ୍‌ସିୟମ ($_{87}$Fr) । ଯଦିଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ବା ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ($_{1}$H) ଗ୍ରୁପ୍ 1 ରେ ଅଛି କିନ୍ତୁ ଏହା ଏକ ଅଧାତୁ। ଏହାର ବ୍ୟତିକ୍ରମୀ ଅବସ୍ଥିତି ବିଷୟରେ ପରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

(ii) ଗୃପ୍ 2(II A): *କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ* (Alkaline earth metals) ଯଥା ବେରିଲିୟମ୍($_{4}$Be), ମାଗ୍‌ନେସିୟମ୍ ($_{12}$Mg), କାଲସିୟମ୍ ($_{20}$Ca), ସ୍ଟ୍ରୋନ୍ଟିୟମ୍ ($_{38}$Sr), ବେରିୟମ୍ ($_{56}$Ba) ଓ ରେଡ଼ିୟମ ($_{88}$Ra) ।

ବି.ଦ୍ର: a. ପରେ ଆମେ ଜାଣିବା ଯେ ଏହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ(ଗୃପ୍ 1 ଓ ଗୃପ୍ 2) ବାହ୍ୟତମ ବା ଯୋଜ୍ୟତା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ, **s-** ଅର୍ବିଟାଲରେ ରହୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ **s-**ବ୍ଲକ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

b. ଗୃପ 1 ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ କ୍ଷାର ଧାତୁ(alkali metals) କୁହାଯିବାର କାରଣ ହେଲା ଏମାନେ ଜଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି କ୍ଷାରୀୟ ଦ୍ରବଣ (alkaline solution) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି ଯାହାକୁ 'ଆଲକାଲି' (ALKALI) କୁହାଯାଏ । ଗୃପ 2 ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ(alkaline earth metals) କୁହାଯିବାର କାରଣ ହେଲା ସେମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମାନଙ୍କୁ ପୂର୍ବକାଳରେ 'ଆର୍ଥସ୍(Earths)' ଅର୍ଥାତ 'ମୃତ୍ତିକା(ପୃଥିବୀ)' କୁହାଯାଉଥିଲା ଓ ସେମାନେ ମଧ୍ୟ ଜଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି କ୍ଷାରୀୟ ଦ୍ରବଣ(alkaline solution) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ।

ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ? ଲିଥିୟମ ହୋଇଛି ଆଧୁନିକ ଯୁଗର ଶକ୍ତି-ଉତ୍ସ; ଲିଥିୟମ୍‌ର କ୍ରାନ୍ତିକାରୀ ଭୂମିକା

ଲିଥିୟମ୍ ହେଲା ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ଧାତୁ ଏବଂ ସର୍ବନିମ୍ନ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କଠିନ ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥ । ଏହା ଉଚ୍ଚ ବୈଦ୍ୟୁତିକ-ରାସାୟନିକ କ୍ଷମତା(Electrochemical Potential) ଯୋଗୁଁ ଏହା ଲିଥିୟମ୍-ଆୟନ ବ୍ୟାଟେରୀ(Lithium Ion Battery / LIB)ର ମୂଖ୍ୟ ଉପାଦାନ ସାଜି ଶକ୍ତି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ବିରାଟ ବିପ୍ଳବ ଆଣିଛି । ଏହି LIB ସ୍ମାର୍ଟ ଫୋନ୍ ଓ ଲାପଟପ୍ ଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯାନ(Electric Vehicles/EVs) ଏବଂ ଅସରନ୍ତି ଶକ୍ତି ଯଥା ସୌର ଶକ୍ତି, ପବନ ଶକ୍ତି ଆଦି ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ପ୍ରଣାଳୀକୁ ସୁପରିଚାଳିତ କରୁଛି, ଯାହା ଜୀବାଶ୍ମ ଜାଳେଣିର ବ୍ୟବହାର କମାଇବାରେ ବିଶ୍ୱକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରୁଛି, ପରୋକ୍ଷରେ ପରିବେଶର ପ୍ରଦୂଷଣକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାରେ ସକ୍ରିୟ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରୁଛି ।

(2) ଡ଼ାହାଣ ଭାଗ/ p-ବ୍ଲକ (Right Portion/p-Block)

ସାରଣୀର ଡାହାଣ ଭାଗରେ 6ଟି ଗ୍ରୁପ୍ ରହିଛି, ଗ୍ରୁପ୍ 13(IIIA) ଠାରୁ 18(Zero) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ।

(i) ଗ୍ରୁପ୍ 13 (III A): ***ବୋରନ ପରିବାର*** (Boron Family) :

ଏଥିରେ ବୋରନ୍ ($_{5}$B), ଆଲୁମିନିୟମ୍ ($_{13}$Al), ଗାଲିୟମ ($_{31}$Ga), ଇନଡ଼ିୟମ ($_{49}$In), ଥାଲିୟମ ($_{81}$Tl) ଏବଂ ନିହୋନିୟମ୍ ($_{113}$Nh) ଅଛନ୍ତି, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ନିହୋନିୟମ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

(ii) ଗ୍ରୁପ (IV A): *କାର୍ବନ ପରିବାର* (Carbon Family)

ଏଥିରେ କାର୍ବନ ($_{6}$C), ସିଲିକନ୍ ($_{14}$Si), ଜର୍ମାନିୟମ ($_{32}$Ge), ଟିଣ ବା ଟିନ୍ ($_{50}$Sn), ସୀସା ବା ଲେଡ୍ ($_{82}$Pb) ଏବଂ ଫ୍ଲେରୋଭିୟମ୍ ($_{114}$Fl) ରହିଛି, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଫ୍ଲେରୋଭିୟମ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

(iii) ଗ୍ରୁପ 15 (VA): ***ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ପରିବାର/ନିକୋଜେନସ୍*** (Nitrogen Family / Pnicogens)

ଏଥିରେ ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ($_{7}$N), ଫସ୍‌ଫରସ୍ ($_{15}$P), ଆର୍‌ସେନିକ ($_{33}$As), ଆଣ୍ଟିମୋନି ($_{51}$Sb), ବିସ୍‌ମଥ୍ ($_{83}$Bi) ଏବଂ ମସ୍କୋଭିୟମ୍($_{115}$Mc) ଅଛନ୍ତି, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ମସ୍କୋଭିୟମ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ । ଏମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣରେ 'ନିକ୍ଟୋଜେନସ୍ ବା ନିକୋଜେନସ୍' (Pnictogens/Pnicogens) କୁହାଯାଏ ।

ବି.ଦ୍ର: ଗ୍ରୁପ୍ 15 ର ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ 'ନିକୋଜେନସ୍'(Pnicogens) କୁହାଯିବାର କାରଣ ହେଲା, ଏହା ଗ୍ରୀକ୍ ଶବ୍ଦ 'pnigein' ରୁ ଆସିଛି, ଯାହାର ଅର୍ଥ ହେଲା 'ଶ୍ୱାସରୋଧ କରିବା'(to choke) । ବାୟୁର ପ୍ରମୂଖ ଉପାଦାନ ନାଇଟ୍ରେଜେନ(ଯବକ୍ଷାରଜାନ) ଜୀବନଧାରଣ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ଅକ୍ସିଜେନ(ଅମ୍ଳଜାନ)କୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରି ଶ୍ୱାସ ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରୁଥିବାରୁ, ପୂର୍ବସମୟରେ ନାଇଟ୍ରେଜେନ ପରିବାରର ସଦସ୍ୟ ମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣରେ 'ନିକୋଜେନସ୍' କୁହାଯାଉଥିଲା ।

(iv) ଗୃପ୍ 16 (VIA) :*ଅକ୍ସିଜେନ୍ ପରିବାର/ଚାଲ୍‌କୋଜେନସ୍* (Oxygen Family/Chalcogens)

ଏଥିରେ ଅମ୍ଳଜାନ ବା ଅକ୍ସିଜେନ ($_{8}$O), ଗନ୍ଧକ ବା ସଲଫର ($_{16}$S), ସେଲିନିୟମ ($_{34}$Se), ଟେଲୁରିୟମ ($_{52}$Te), ପୋଲୋନିୟମ୍ ($_{84}$Po) ଏବଂ ଲିଭରମୋରିୟମ୍ ($_{116}$Lv)ରହିଛି, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଲିଭରମୋରିୟମ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ । ଏମାନଙ୍କୁ ପୂର୍ବରୁ ଚାଲ୍‌କୋଜେନସ୍(Chalcogens) କୁହାଯାଉଥିଲା ।

ବି.ଦ୍ର: 'Chalcogen' ଶବ୍ଦଟି ଗ୍ରୀକ୍ ଶବ୍ଦ 'Khalkos' (ତମ୍ବା ବା କପର୍/Cu) ଏବଂ 'gen' ଅର୍ଥାତ 'producer'(ଉତ୍ପାଦକ) ରୁ ଆସିଛି । ଏହି ମୌଳିକଗୁଡ଼ିକ ବିଶେଷ କରି ଅକ୍ସିଜେନ, ସଲଫର ଓ ସେଲେନିୟମ୍, କପରର ଖଣିଜ ରୂପେ(CuO, CuS, CuSe) ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ମିଳୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ 'ଚାଲ୍‌କୋଜେନସ୍' କୁହାଯାଉଥିଲା ।

(v) ଗୃପ 17 (VIIA): *ହାଲେଜେନ୍ ପରିବାର* (Halogen Family)

ଏଥିରେ ଫ୍ଲୋରିନ୍ ($_{9}$F), କ୍ଲୋରିନ୍ ($_{17}$Cl), ବ୍ରୋମିନ୍ ($_{35}$Br), ଆୟୋଡ଼ିନ୍ ($_{53}$I), ଆଷ୍ଟେଟିନ୍ ($_{85}$At) ଏବଂ ଟେନେସିନ୍ ($_{117}$Ts) ରହିଛି,ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଟେନେସିନ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ । F, Cl, Br, I ଦୁଇ-ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଣୁ ଯଥା F_2, Cl_2, Br_2 ଓ I_2 ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଥାନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ 'ହାଲୋଜେନସ୍' କୁହାଯାଏ ।

ବି.ଦ୍ର: 'Halogen' ଶବ୍ଦଟି ଗ୍ରୀକ ଶବ୍ଦ 'Halos' (salt / ଲବଣ) ଏବଂ 'gen' (producer / ଉତ୍ପାଦକ) ରୁ ଆସିଛି । ଧାତୁ ସହିତ ଯୋଗ କରି ଏମାନେ ଲବଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ 'ହାଲୋଜେନସ୍' କୁହାଯାଏ ।

(vi) ଗୃପ୍ 18(Zero): *ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ / ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍* (Noble gases)

ଏଥିରେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ବା ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ (noble gas) ଯଥା ହିଲିୟମ ($_{2}$He), ନିଅନ୍ ($_{10}$Ne), ଆରଗନ୍ ($_{18}$Ar) କ୍ରିପଟନ୍ ($_{36}$Kr),ଜେନନ୍ ($_{54}$Xe), ରେଡ଼ନ ($_{86}$Rn) ଏବଂ ଅଗାନେସନ୍ ($_{118}$Og) ରହିଛି, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଅଗାନେସନ୍ ହେଲା କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ବି.ଦ୍ର: 1. ପୂର୍ବରୁ ଏହି ଗୃପ୍ 18 ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ(Noble Gases) କୁହାଯାଉଥିଲା, କାରଣ ଏମାନେ କୌଣସି ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରନ୍ତି ନାହିଁ ବୋଲି ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନେ ଭାବୁଥିଲେ । 1962 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଜେନନ୍(Xe) ଏବଂ ଅନ୍ୟ କେତେକ ଗ୍ୟାସର ଯୌଗିକ(XeF_2, XeF_4, XeO_3 ଇତ୍ୟାଦି) ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାରେ ସଫଳ ହେଲେ । ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ ବିଶେଷ ପରିସ୍ଥିତିରେ ଏମାନେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିପାରନ୍ତି । ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସୁନା ବା ପ୍ଲାଟିନମ୍ ଭଳି 'ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଧାତୁ'(Noble Metals) ସହ ତୁଳନା କରି 'ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍' ନାମରେ ନାମିତ କରାଗଲା, ଯାହାର ଅର୍ଥ ଏମାନେ ସାଧାରଣତଃ ସ୍ଥାୟୀ କିନ୍ତୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ନୁହଁନ୍ତି ।

2. ପରେ ଆମେ ଜାଣିବା ଯେ ଡ଼ାହାଣ ଭାଗରେ ଥିବା 6 ଟି ଗୃପ୍‌ର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟତମ ବା ଯୋଜ୍ୟତା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ **p-** ଅର୍ବିଟାଲରେ ରହୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ **p-**ବ୍ଲକ ମୌଳିକ କୁହାଯା ।

ବାମ ଓ ଡ଼ାହାଣ(Left & Right Portions) ଭାଗରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ***ମୁଖ୍ୟ ଗ୍ରୁପ୍ / ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ*** (Main Group or Representative elements) କୁହାଯାଏ ।

(3) ମଧ୍ୟମ ଭାଗ/ d-ବ୍ଲକ/ଟ୍ରାନ୍‌ଜିସନ /ସଂକ୍ରମଣ ମୌଳିକ (Middle Portion/d-Block/ Transition Elements)

ସାରଣୀର ମଧ୍ୟମ ଭାଗରେ ଦଶଟି ଗ୍ରୁପ୍ ରହିଛି। ଗ୍ରୁପ 3 (IIIB) ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଗ୍ରୁପ୍ 12 (IIB) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ। ଏହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସଂକ୍ରମଣ ମୌଳିକ ବା ଟ୍ରାନ୍‌ଜିସନ୍ ମୌଳକ (transition elements) କୁହାଯାଏ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 3 (IIIB) – ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ୍ ଗ୍ରୁପ୍ (Sc group) : ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ ($_{21}$Sc), ୟିଟ୍ରିୟମ୍ ($_{39}$Y), ଲାନ୍ଥାନମ୍ ($_{57}$La) + 14 ଟି ଅନ୍ୟ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ ମୌଳିକ($_{58}$Ce -$_{71}$Lu), ଆକ୍ଟିନିୟମ ($_{89}$Ac) + 14 ଟି ଅନ୍ୟ ଆକ୍‌ଟିନଏଡ୍ ମୌଳିକ($_{90}$Th - $_{103}$Lr) ।

ଗ୍ରୁପ୍ 4 (IVB) – ଟାଇଟାନିୟମ୍ ଗ୍ରୁପ୍ (Ti group) : ଟାଇଟାନିୟମ୍ ($_{22}$Ti), ଜିର୍‌କୋନିୟମ ($_{40}$Zr), ହାଫନିୟମ୍ ($_{72}$Hf), ରଦରଫୋଡ଼ିୟମ୍ ($_{104}$Rf) । ଏଥିରୁ ରଦରଫୋଡ଼ିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 5 (VB) – ଭାନାଡ଼ିୟମ୍ ଗ୍ରୁପ୍ (V group) : ଭାନାଡ଼ିୟମ୍ ($_{23}$V), ନାଇୟୋବିୟମ($_{41}$Nb), ଟାନ୍‌ଟାଲମ୍ ($_{73}$Ta), ଡବ୍‌ନିୟମ ($_{105}$Db) । ଏଥିରୁ ଡବ୍‌ନିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 6 (VIB) – କ୍ରୋମିୟମ ଗ୍ରୁପ୍ (Cr group) : କ୍ରୋମିୟମ୍ ($_{24}$Cr), ମଲିବ୍‌ଡେନମ୍ ($_{42}$Mo), ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ୍ ($_{74}$W), ସିବର୍ଗିୟମ୍($_{106}$Sg), ଏଥିରୁ ସିବର୍ଗିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 7 (VIIB) – ମାଙ୍ଗାନିଜ୍ ଗ୍ରୁପ୍ (Mn group) : ମାଙ୍ଗାନିଜ୍ ($_{25}$Mn), ଟେକ୍‌ନେସିୟମ୍ ($_{43}$Tc), ରେନିୟମ୍ ($_{75}$Re), ବୋରିୟମ୍ ($_{107}$Bh) । ଏଥିରୁ ବୋରିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 8 (VIII) – ଆଇରନ (ଲୌହ) ଗ୍ରୁପ୍ (Fe group) : ଆଇରନ୍ ($_{26}$Fe), ରୁଥେନିୟମ୍ ($_{44}$Ru), ଓସ୍‌ମିୟମ୍ ($_{76}$Os), ହାସିୟମ୍ ($_{108}$Hs) । ଏଥିରୁ ହାସିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 9. (VIII)– କୋବାଲଟ୍ (Co) ଗ୍ରୁପ୍ (Co group) : କୋବାଲଟ୍ ($_{27}$Co), ରୋଡ଼ିୟମ୍ ($_{45}$Rh), ଇରିଡ଼ିୟମ୍ ($_{77}$Ir), ମିଟ୍‌ନେରିୟମ୍ ($_{109}$Mt) । ଏଥିରୁ ମିଟ୍‌ନେରିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 10 (VIII) – ନିକେଲ୍ (Ni) ଗ୍ରୁପ୍ (Ni group) : ନିକେଲ୍ ($_{28}$Ni),ପାଲାଡ଼ିୟମ୍ ($_{46}$Pd), ପ୍ଲାଟିନମ୍ ($_{78}$Pt), ଡ଼ର୍ମଷ୍ଟାଟିୟମ୍ ($_{110}$Ds) । ଏଥିରୁ ଡ଼ର୍ମଷ୍ଟାଟିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

(ବି.ଦ୍ର: ପୂରାତନ ନାମକରଣ ଅନୁଯାୟୀ ଗ୍ରୁପ୍ **8, 9** ଏବଂ **10** ଏହି ତିନୋଟି ଗ୍ରୁପ୍‌କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ ଗ୍ରୁପ **VIII** କୁହାଯାଉଥିଲା ।)

ଗ୍ରୁପ୍ 11 (IB) – ତମ୍ବା ବା କପର ଗ୍ରୁପ୍/ମୁଦ୍ରା ଧାତୁ (Cu group or Coinage metals) : କପର୍/ ତମ୍ବା($_{29}$Cu), ସିଲଭର/ରୂପା ($_{47}$Ag), ଗୋଲ୍ଡ/ସୁନା ($_{79}$Au) ଏବଂ ରଣ୍ଟଗେନିୟମ୍ ($_{111}$Rg) । ଏଥିରୁ ରଣ୍ଟଗେନିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ । କପର୍, ସିଲଭର ଓ ଗୋଲ୍ଡ ରୁ ମୁଦ୍ରା ତିଆରି ହେଉଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ମୁଦ୍ରା ଧାତୁ କୁହାଯାଏ ।

ଗ୍ରୁପ୍ 12 (IIB) – ଜିଙ୍କ ଗ୍ରୁପ୍ (Zn group) : ଜିଙ୍କ୍ ($_{30}$Zn) , କ୍ୟାଡମିୟମ୍($_{48}$Cd) , ମରକ୍ୟୁରି/ ପାରଦ($_{80}$Hg), କୋପରନିସିୟମ ($_{112}$Cn) । ଏଥିରୁ କୋପରନିସିୟମ୍ ଏକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ।

(ବି.ଦ୍ର: ଏହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ପାର୍ଥକ୍ୟକାରୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ(differentiating electron), **d-** ଅର୍ବିଟାଲରେ ରହୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ **d**-ବ୍ଲକ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।)

(4). ନିମ୍ନ ଭାଗ/f-ବ୍ଲକ/ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍(ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ସ୍) ଓ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ସ୍(ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ସ୍)

[Bottom Portion / f-Block / Lanthanoids (Lanthanides) & Actinoids(Actinides)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ସର୍ବନିମ୍ନ ଭାଗରେ ଦୁଇଟି ଧାଡ଼ି ରହିଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାଡ଼ିରେ 15 ଟି ଲେଖାଁଏ ମୌଳିକ ଅଛନ୍ତି।

(i) ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍(Lanthanoids):

ପ୍ରଥମ ଧାଡ଼ିରେ ଥିବା ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍(ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ସ୍)[Lanthanoids(Lanthanides] କୁହାଯାଏ । ଏମାନେ ସମସ୍ତେ ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍ ଓ ଗ୍ରୁପ୍ 3 ର ସଦସ୍ୟ । ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍ରରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 57 ସ୍ଥାନଟି ଯେଉଁ ଖାଲି ରହିଛି,ସେହି ସ୍ଥାନରେ 15 ଟି ମୌଳିକ ନରଖି, 57($_{57}$La / Lanthanum) ରୁ 71($_{71}$Lu / Lutetium) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି 15 ଟି ମୌଳକିମାନଙ୍କୁ ନିମ୍ନ ଭାଗର ପ୍ରଥମ ଧାଡ଼ିରେ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍(Lanthanoids / Ln) ମୌଳିକ ଭାବରେ ସ୍ଥାନ ଦିଆଯାଇଛି । ଏମାନେ ଲାନ୍ଥାନମ୍(La) ମୌଳିକ ପରେ ଆସୁଛନ୍ତି ଓ ଲାନ୍ଥାନମ ସହିତ ଧର୍ମଗୁଣରେ ବହୁତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍ ମୌଳିକ(Ln) କୁହାଯାଏ । ଗ୍ରୁପ୍ 3 ର ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି ଯଥା ସ୍କାନ୍ଡିୟମ୍, ୟିଟ୍ରିୟମ୍ ଏବଂ ଉପରୋକ୍ତ ପନ୍ଦରଟି ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍ କୁ ମିଶାଇ ସମୁଦାୟ 17 ଟି ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥକୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ '**ଦୁର୍ଲ୍ଲଭ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ**' ବା '***ରେୟାର ଆର୍ଥ***' (Rare Earths) ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ । ଯଦିଓ ଏମାନଙ୍କର ବହୁଳତା ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ବିରଳ ନୁହେଁ, ସେମାନଙ୍କର ଖଣିଜ ପଥରକୁ ଖଣିରୁ ଉଦ୍ଧାର କରିବା ଏବଂ ସେଥିରୁ ଧାତୁ ନଷ୍କାସନ କରିବା କଷ୍ଟସାପେକ୍ଷ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କୁ 'ରେୟାର ଆର୍ଥ' ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ?(Do you know ?)

ଆଜିକାଲି ସମଗ୍ର ବିଶ୍ୱରେ **କ୍ରିଟିକାଲ୍ ମିନରାଲ୍ସ୍/Critical Minerals** (ଗୁରତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଖଣିଜ) କୁ ନେଇ ଚର୍ଚ୍ଚା ଚାଲିଛି । କ୍ରିଟିକାଲ ମିନରାଲ୍ସ୍ ମାନେ ହେଲେ ସମସ୍ତ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍ ଏବଂ ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଲିଥିୟମ୍(Li), କୋବାଲ୍ଟ(Co), ନିକେଲ୍(Ni) ଓ ଭାନାଡ଼ିୟମ୍(V) । ଏଗୁଡ଼ିକ ସବୁ ସ୍ମାର୍ଟଫୋନ୍, ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ଗାଡ଼ି(EV), ଶକ୍ତିଶାଳି ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ, ଯୁଦ୍ଧ ବିମାନ, ହେଲିକପ୍ଟର, ରକେଟ ଇଞ୍ଜିନ ଆଦି ବହୁତ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପଦାର୍ଥ ତିଆରିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ସାରା ପୃଥିବୀରେ ଚିନ୍ ସର୍ବାଧିକ କ୍ରିଟିକାଲ୍ ମିନରାଲ୍ସ୍ର ଅଧିକାରୀ ବୋଲି ଜଣାପଡ଼ିଛି । ଆମ ଭାରତ ସରକାର ନିକଟରେ ଦେଶରେ ଦୁର୍ଲ୍ଲଭ ମୃତ୍ତିକା ଚୁମ୍ବକ(Rare Earth Permanent Magnets) ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ 7280 କୋଟି ଟଙ୍କାର ଏକ ସତନ୍ତ୍ର ପ୍ୟାକେଜ୍ ଘୋଷଣା କରିଛନ୍ତି । ଏଥିରେ ଓଡ଼ିଶା, କେରଳ, ଆନ୍ଧ୍ରପ୍ରଦେଶ ଏବଂ ତାମିଲନାଡୁକୁ ମିଶାଇ ସତନ୍ତ୍ର ରେୟାର ଆର୍ଥ କରିଡ଼ର୍(Rare Earth Corridors) ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଶାର ଗଞ୍ଜାମ ଜିଲ୍ଲାର ଛତ୍ରପୁରଠାରେ ଥିବା ଭାରତୀୟ 'ଦୁର୍ଲ୍ଲଭ ମୃତ୍ତିକା ଲିମିଟେଡ୍' (Indian

Rare Earth Limited / IREL) ଏହି ମୂଲ୍ୟବାନ ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍‌ସ୍ ଖଣିଜ ନିଷ୍କାସନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପ୍ରମୁଖ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରିଛି ।

(ii) **ଆକ୍ଟିନଏଡ୍‌ସ୍(Actinoids)**

ଦ୍ୱିତୀୟ ଧାଡ଼ିରେ ଥିବା 15 ଟି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍‌ସ୍ (ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍‌ସ୍) [Actinoids(Actinides)] କୁହାଯାଏ। ସପ୍ତମ ପିରିୟଡ୍‌ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 89 ସ୍ଥାନଟି ଯେଉଁ ଖାଲି ରହିଛି, ସେହି ସ୍ଥାନରେ 15 ଟି ମୌଳିକ ନରଖି, ଆକ୍ଟିନିୟମ୍($_{89}$Ac / Actinium) ଠାରୁ ଲରେନସିୟମ ($_{103}$Lr / Lawrencium) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି 15 ଟି ମୌଳକିମାନଙ୍କୁ ନିମ୍ନ ଭାଗର ଦ୍ୱିତୀୟ ଧାଡ଼ିରେ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍‌ସ୍(Actinoids / An) ମୌଳିକ ଭାବରେ ସ୍ଥାନ ଦିଆଯାଇଛି । ଏମାନେ ଆକ୍ଟିନିୟମ୍ (Ac) ମୌଳିକ ପରେ ଅସୁଛନ୍ତି ଓ ଆକ୍ଟିନିୟମ୍ ସହିତ ଧର୍ମଗୁଣରେ ବହୁତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍‌ସ୍ ମୌଳିକ (An) କୁହାଯାଏ ।

ସାମୁହିକ ଭାବରେ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍‌ସ୍ ଓ ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍‌ସ୍ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଆନ୍ତଃ-ଟ୍ରାନଜିସନ୍(Inner Transitional Elements) ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

ବି.ଦ୍ର: ପରେ ଆମେ ଜାଣିବା ଯେ ଏହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ପାର୍ଥକ୍ୟକାରୀ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ **f-** ଅର୍ବିଟାଲରେ ରହୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବରେ **f-**ବ୍ଲକ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।)

ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ?

ଭାରତର ଥୋରିୟମ୍ ମିଶନ(Thorium Mission of India ?):

ଏହି ଆକ୍ଟିନଏଡ୍‌ସ୍ ମୌଳିକ ଗୁଡ଼ିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ(radioactive) ଓ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ୟୁରେନିୟମ୍(U) ଏବଂ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍(Pu)କୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର(Nuclear Power Plants) ରେ ମୁଖ୍ୟ ଇନ୍ଧନ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଆଉ ଏକ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥ ହେଲା ଥୋରିୟମ୍(Th) ଯାହା ଭାରତରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣରେ ମିଳିଥାଏ । ଓଡ଼ିଶା ଓ କେରଳ ସମୁଦ୍ରକୂଳ ବାଲିରେ(Monazite sands) ଏହା ଭରପୁର ରହିଛି । ଭାରତ ନିଜର ଉନ୍ନତ ପରମାଣୁ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ମାଧ୍ୟମରେ ଏହି ଥୋରିୟମ କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ଭବିଷ୍ୟତରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣର ସଚ୍ଛ ଶକ୍ତି ବା ସବୁଜ ଶକ୍ତି(Green Energy) ଉତ୍ପାଦନ କରିବାକୁ ଯାଉଛି, ଯାହା ସମଗ୍ର ବିଶ୍ୱପାଇଁ ଏକ ବଡ଼ ଉଦାହରଣ ହେବ । ଏହା ହେଲା ଭାରତର ଥୋରିୟମ୍ ମିଶନ ।

ପିରିୟଡ୍ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ (Period-wise Study)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ସମୁଦାୟ 7 ଟି ଧାଡ଼ି ରହିଛି ଯାହାକୁ କୁହାଯାଏ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ବା ପିରିୟଡ୍ (period) ।

ପ୍ରଥମ ପିରିୟଡ୍ : ଏଥିରେ 2 ଟି ମୌଳିକ ରହିଛି (H, He) ।

ଦ୍ୱତୀୟ ପିରିୟଡ୍ : ଏଥିରେ 8 ଟି ମୌଳିକ ରହିଛି (Li, Be, B, C, N, O, F, Ne) ।

ତୃତୀୟ ପିରିୟଡ଼ : ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ 8 ଟି ମୌଳିକ ରହିଛି (Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar) ।

ଚତୁର୍ଥ ପିରିୟଡ଼ : ଏଥିରେ ରହିଛି 18 ଟି ମୌଳିକ, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 8 ଟି ସାଧାରଣ ମୌଳିକ ଏବଂ 10 ଟି ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ । ବାମ ଭାଗରେ ରହିଛି K, Ca (2 ଟି) ଏବଂ ଡ଼ାହାଣ ଭାଗରେ ରହିଛି Ga, Ge, As, Se, Br, Kr (6 ଟି) । ମଝି ଭାଗରେ ଥିବା ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ୍ ଠାରୁ ଜିଙ୍କ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦଶଟି ମୌଳିକ (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn) କୁ କୁହାଯାଏ ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜ୍ / 3d-ସିରିଜ (first transition series / 3d-series) ।

ପଞ୍ଚମ ପିରିୟଡ଼ : ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ ଥାଏ 18 ଟି ମୌଳିକ, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 8 ଟି ସାଧାରଣ ମୌଳିକ ଏବଂ 10 ଟି ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ । ବାମ ଭାଗରେ ରହିଛି Rb, Sr (2 ଟି) ଏବଂ ଡ଼ାହାଣ ଭାଗରେ ରହିଛି In, Sn, Sb, Te, I, Xe (6 ଟି) । ମଝି ଭାଗରେ ଥିବା ୟିଟ୍ରିୟମ୍ ଠାରୁ କ୍ୟାଡମିୟମ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦଶଟି ମୌଳିକ (Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd) କୁ କୁହାଯାଏ ଦ୍ୱିତୀୟ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜ୍/4d ସିରିଜ (second transition series / 4d-series) ।

ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ : ଏଥିରେ ଥାଏ 32 ଟି ମୌଳିକ । ବାମ ଭାଗରେ ଦୁଇଟି (Cs, Ba), ଡ଼ାହଣ ଭାଗରେ ଛଅଟି (Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn), ମଝି ଭାଗରେ ନଅଟି (Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg) ଏବଂ ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ପନ୍ଦରଟି (La ଠାରୁ Lu ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ଏହିଭଳି 32 ଟି ମୌଳିକ ଥାଏ । ମଝି ନଅଟିକୁ କୁହାଯାଏ ତୃତୀୟ ଟ୍ରାନଜିସନ ସରିଜ/ 5d-ସିରଜ(third transition series/5d-series) ଏବଂ ନିମ୍ନରେ ଥିବା ପନ୍ଦରଟି ମୌଳିକୁ କୁହାଯାଏ ଲାନ୍ଥାନଏଡ଼ ସିରିଜ୍ ବା ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍ ।

ସପ୍ତମ ପିରିୟଡ଼ : ଏଥିରେ ମଧ୍ୟ 32 ଟି ମୌଳିକ ରହିଛି । ବାମ ଭାଗରେ ଦୁଇଟି (Fr, Ra), ଡ଼ାହଣ ଭାଗରେ ଛଅଟି (Nh, Fl, Mc, Lv, Ts, Og), ମଝି ଭାଗରେ ନଅଟି (Rf ଠାରୁ Cn ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ଏବଂ ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ପନ୍ଦରଟି (Ac ଠାରୁ Lr ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ଏହିଭଳି 32 ଟି ମୌଳିକ ଥାଏ । ମଝି ନଅଟିକୁ କୁହାଯାଏ ଚତୁର୍ଥ ଟ୍ରାନଜିସନ ସରିଜ/ 6d-ସିରିଜ(fourtth transition series/6d-series) ଏବଂ ନିମ୍ନରେ ଥିବା ପନ୍ଦରଟି ମୌଳିକୁ କୁହାଯାଏ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ ସିରିଜ୍ ବା ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ସ୍ । ଏହି ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ।

(ବିଦ୍ର: ପୂର୍ବରୁ La ଏବଂ Ac ମୌଳିକ ଦୁଇଟିକୁ ଟ୍ରାନଜିସନ୍ ବ୍ଲକରେ ଯଥାକ୍ରମେ Z = 57 ଓ 89 ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଉଥିଲା ଓ ନିମ୍ନର ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ ସିରିଜରେ 14 ଟି ମୌଳିକ(Ce ଠାରୁ Lu) ଓ ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ ସିରଜରେ 14 ଟି ମୌଳିକ(Th ଠାରୁ Lr) ରଖାଯାଉଥିଲା । ମାତ୍ର IUPAC ନୂଆ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ ସିରିଜରେ ଲାନ୍ଥାନମ୍କୁ ମିଶାଇ 15 ଟି ମୌଳିକ ସ୍ଥାନ ପାଉଛି ଓ 57 ସ୍ଥାନଟିକୁ ଖାଲି ରଖାଯାଉଛି । ସେହିଭଳି ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ ସିରିଜରେ ଆକ୍ଟିନିୟମ୍କୁ ମିଶାଇ 15 ଟି ମୌଳିକ ସ୍ଥାନ ପାଉଛି ଓ 89 ସ୍ଥାନକୁ ଖାଲି ରଖାଯାଉଛି । ତଥାପି ଅନେକ ଶିକ୍ଷାନୁଷ୍ଠାନରେ ଏବେ ବି ପୂର୍ବ ଭଳି La ଏବଂ Ac କୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ମୁଖ୍ୟ ଭାଗରେ ରଖାଯାଉଛି ଏବଂ IUPAC ର କହିବା ଅନୁଯାୟୀ, ଏହି ଦୁଇଟି ମୌଳିକର ସ୍ଥାନ ନିରୂପଣ କରିବା କେବଳ ଏକ ପରମ୍ପରା ବା ପ୍ରଥା ଉପରେ ଆଧାରିତ ଏବଂ ପୂର୍ବ ପରମ୍ପରାକୁ ମଧ୍ୟ ସମ୍ମାନ ଦେଉଛି ।)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ବିଭାଜକ ରେଖା (Diagonal Dividing Line) :

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଡ଼ାହାଣ ଭାଗ(p-block)ରେ ବୋରନ (B-5)ର ତଳ ପଟୁ ଏକ ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ସିଡ଼ି-ସଦୃଶ ରେଖା ଅଙ୍କନ କରାଯାଇଛି । ଏହି ବିଶେଷ ରେଖାଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଧାତୁ ଏବଂ ଅଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଅଲଗା କରିଥାଏ । ଏହି ତୀର୍ଯ୍ୟକ ସିଡ଼ିର ବାମପଟେ ଯେଉଁ ମୌଳିକ ରହିଲେ ସେମାନେ ହେଲେ ଧାତୁ (metals) ଓ ଏହାର ଡାହାଣ ପଟେ ଯେଉଁ ମୌଳିକମାନେ ରହିଲେ ସେମାନେ ହେଲେ ଅଧାତୁ (nonmetal) । କେବଳ ଏହାର ବାମ ପଟେ s-ବ୍ଲକର ପ୍ରଥମ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(H) ହେଲା ଏକ ଅଧାତୁ । ଯେଉଁ ମୌଳିକ ମାନେ ଏହି ସିଡ଼ିକୁ ସିଧାସଳଖ ଲାଗି ରହିଛନ୍ତି (Al, Po, At ବ୍ୟତୀତ) ସେମାନଙ୍କୁ ଉପଧାତୁ (metalloid or semimetal) କୁହାଯାଏ । ଉପଧାତୁମାନଙ୍କରେ କିଛି ଧାତୁ ଗୁଣ ଓ କିଛି ଅଧାତୁ ଗୁଣ ଥାଏ । B, Si, Ge, As, Sb, ଏବଂ Te ହେଲେ 6 ଟି ଉପଧାତୁ । ମାତ୍ର ଆଉ 5 ଟି ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀର ମୌଳିକ ଯଥା C, Al, Se, Po, At କୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ଉପଧାତୁ ଭାବରେ ଆଜିକାଲି ନିଆଯାଉଛି, ଯଦିଓ Al ଓ Po ମୂଖ୍ୟତଃ ଧାତୁ ଓ C, Se ଓ At ହେଲେ ମୂଖ୍ୟତଃ ଅଧାତୁ । ତେଣୁ 94 ଟି ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରୁ ସାଧାରଣତଃ 18 ଟି ଅଧାତୁ, 6 ଟି ଉପଧାତୁ ଏବଂ 70 ଟି ଧାତୁ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ (Radioactive element)

Bi (83) ପରଠାରୁ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ଯଥା ପୋଲୋନିୟମ (Po-84), ଆଷ୍ଟାଟାଇନ (At-85), ଫ୍ରାନସିୟସ୍ (Fr-87), ରେଡ଼ିୟମ (Ra-88), ଥୋରିୟମ (90) ପ୍ରୋଟାକ୍ଟୋନିୟମ (Pr-91), ୟୁରେନିୟମ (U-92) ଏବଂ ତାପରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ତେଜସ୍କ୍ରିକ ମୌଳିକ ଅଟନ୍ତି । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତଭାବରେ ଦୃତଗାମୀ ଆଲଫା (α), ବିଟା (β) କଣିକା ଏବଂ ଗାମା (γ) ରଶ୍ମି ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଆନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମୀ କୁହାଯାଏ । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟର କେତେକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ବହୁତ ଉପାଦେୟତା ରହିଛି । ବିସ୍‌ମଥ (Bi-83) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନେ ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଅର୍ଥାତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନୁହଁନ୍ତି । ମାତ୍ର ଏହାର ଦୁଇଟି ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଟେକନେସିୟମ (Tc-43) ଯାହାକି ଏକ ଟ୍ରାନଜିସନ୍ ଧାତୁ ଏବଂ ପ୍ରମେଥିୟମ(Pm-61) ଯାହାକି ଏକ ଲାନ୍‌ଥାନଡଏଡ୍ ଧାତୁ, ଏହି ଦୁଇଟି ବିସମଥ ପୂର୍ବରୁ ଥାଇ ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ । ଏଠାରେ ସୂଚାଇ ଦେବାକୁ ଆମେ ଚାହୁଁ ଯେ Bi ପୂର୍ବରୁ ଆଉ କେତେକ ମୌଳିକ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ବହୁଳ ଆଇସୋଟୋପ ସ୍ଥାୟୀ ହେଲେ ମଧ୍ୟ, ସେମାନଙ୍କର କେତେକ ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ, ଯଦିଓ ସେମାନଙ୍କର ବହୁଳତା ଅତ୍ୟନ୍ତ ସଳ୍ପ ବା ନଗନ୍ୟ । ଉଦାହରଣ ସରୂପ C - ର 3 ଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ(^{12}C, ^{13}C, ^{14}C) ମଧ୍ୟରୁ ^{12}C ଓ ^{13}C ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ^{14}C ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ । ତୁମେ ଜାଣିଥିବ, ଆଜିକାଲି ^{14}C-ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରି କାର୍ବନ ଡ଼େଟିଂ(Carbon Dating) ଦ୍ୱାରା ହଜାର ହଜାର ବର୍ଷର ପୂରୁଣା ଜୈବ ଅବଶେଷର ବୟସ ନିରୂପଣ ହୋଇପାରୁଛି । ଏହାକୁ କାର୍ବନ ଡ଼େଟିଂ କୁହାଯାଏ । ସେହିଭଳି H - ର 3 ଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ(^{1}H, ^{2}H, ^{3}H) ମଧ୍ୟରୁ ^{1}H (ପ୍ରୋଟିୟମ୍)ଓ ^{2}H (ଡ଼ିଉଟେରିୟମ୍) ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ^{3}H (ଟ୍ରିଟିୟମ୍) ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ । ସେହି ଭଳି K ର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ(^{39}K, ^{40}K, ^{41}K) ମଧ୍ୟରୁ ^{39}K ଓ ^{41}K ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ^{40}K ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ସମ୍ପର୍କରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

ପ୍ରାକୃତିକ ଏବଂ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ :

ପୃଥିବୀରେ ଥିବା ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ସମ୍ପର୍କରେ ବହୁ ମତଭେଦ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୋଇଥାଏ । କେତେକଙ୍କ ମତରେ ଏହି ସଂଖ୍ୟା 92, 90, 88, 87 ହେବା ବେଳକୁ ଆଉ କେତେକଙ୍କ ମତରେ 94 । ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ସଂସ୍ଥା(IUPAC) ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିରିକୃତ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରଥମ 94ଟି ମୌଳିକ ($_{1}$H ଠାର $_{94}$Pu) ମାନେ ହେଲେ ପ୍ରାକୃତିକ । କିନ୍ତୁ କେତେକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକର ବହୁଳତା ପ୍ରାୟ-ନଗନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ଚାଲିଆସିଥିବାରୁ ପ୍ରାକୃତକି ମୌଳିକ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ କୁହାଯାଇଥାଏ । । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ନେପଟୁନିୟମ୍($_{93}$Np) ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍($_{94}$Pu) ଅନ୍ୟତମ ଯାହା ୟୁରେନିୟମ୍($_{92}$U) ର ଠିକ ପରେ ପରେ ରହିଛି । ସେଥିପାଇଁ ଅନେକ ଏହି ଦୁଇଟି ମୌଳିକକୁ ବାଦ ଦେଇ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ସଂଖ୍ୟାକୁ 92 ($_{92}$U ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) କହିଥାନ୍ତି ଏବଂ ୟୁରେନିୟମ୍ ପର ଠାରୁ ସମସ୍ତ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ **ପାରୟୁରାନିୟମ ମୌଳିକ** (transuranic elements) କୁହାଯାଏ । ପୁଣି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଟେକନେସିୟମ୍ (Tc-43) ଏବଂ ପ୍ରମେଥିୟମ୍ (Pm-61) ବର୍ତ୍ତମାନ ପୃଥିବୀରେ ପ୍ରାୟତଃ ବିରଳ ହୋଇଯାଇଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ବାଦ୍ ଦେଲେ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକର ସଂଖ୍ୟା ହୋଇଯାଏ 90। ସେହିଭଳି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ପୋଲୋନିୟମ୍($_{84}$Po), ଆଷ୍ଟାଟାଇନ୍ ($_{85}$At) ଏବଂ ଫ୍ରାନସିୟମ ($_{87}$Fr) ର ପୃଥିବୀରେ ବହୁଳତା ସଳ୍ପ ହୋଇଥିବାରୁ, ଏହି ତିନୋଟିକୁ ବାଦ ଦେଲେ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳକ ସଂଖ୍ୟା ହୋଇଯିବ 87 । ଏହି ସବୁ ବିରଳ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଏବେ କୃତ୍ରିମ ଉପାରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି । ବର୍ତ୍ତମାନର ଗବେଷଣାରୁ ପ୍ରମାଣ ମିଳିଛି ଯେ ନେପଟୁନିୟମ୍($_{93}$Np), ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍($_{94}$Pu) ,ଟେକନେସିୟମ୍ (Tc-43) ଏବଂ ପ୍ରମେଥିୟମ୍ (Pm-61) ଅତ୍ୟନ୍ତ ସଳ୍ପ ମାତ୍ରାରେ ହେଲେ ମଧ୍ୟ, ଏବେ ବି ପ୍ରକୃତିରେ ଅଛନ୍ତି । ଏମାନେ ୟୁରେନିୟମ୍ ଖଣିଜ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରକୃତିର ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାର ନିରନ୍ତର ସୃଷ୍ଟି ହେଉଛନ୍ତି । ବିଜ୍ଞାନରେ ଏମାନଙ୍କୁ ପ୍ରକୃତିର '**ଲୁପ୍ତ ପ୍ରାୟ କିନ୍ତୁ ପୁନର୍ଜୀବିତ**' (Extinct but Reborn) ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥ ଭାବରେ ଗଣନା କରାଯାଏ । ସେଥିପାଇଁ ଆମେ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ସଂଖ୍ୟାକୁ 94 ନେବା ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତ । ତେଣୁ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ସଂଖ୍ୟା ହେଲା 24 । ଅବଶ୍ୟ ଆଜିକାଲି ସମସ୍ତ ବିରଳ ପ୍ରାକୃତିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଓ ଅନେକ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ମାନଙ୍କୁ ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ସଂଶ୍ଳେଷଣ କରାଯାଉଛି । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

(**ତୁମେ ଜାଣିଛ କି** ? ଆଧୁନିକ ଗବେଷଣାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ^{209}Bi(Z=83) ଟି ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ, କିନ୍ତୁ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଜୀବନକାଳ(Half Life Period) 1.9×10^{19} ବର୍ଷ ହୋଇଥିବାରୁ ଆମେ ଏହାକୁ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନେଉଛୁ ।)

କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ମୌଳିକ (Solid, Liquid and Gaseous Elements):

ସାଧାରଣ ତାପମାତ୍ରା ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ 11ଟି ମୌଳିକ ଗ୍ୟାସୀୟ, 2ଟି ମୌଳିକ ତରଳ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଆନ୍ତି।

11ଟି ଗ୍ୟାସୀୟ ମୌଳିକ– ଉଦ୍‌ଜାନ/ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ (H_2), ଯବକ୍ଷାରଜାନ/ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ (N_2), ଅମ୍ଳଜାନ/ ଅକ୍ସିଜେନ୍(O_2), ଫ୍ଲୋରିନ୍ (F_2), କ୍ଲୋରିନ୍ (Cl_2) ଏବଂ ସମସ୍ତ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ୍ ଯଥା- ହିଲିୟମ (He) ନିୟନ (Ne),

ଆରଗନ୍ (Ar), କ୍ରିପଟନ୍ (Kr), ଜେନନ୍ (Xe) ଏବଂ ରେଡ଼ନ୍ (Rn) । H_2, N_2, O_2, F_2, ଏବଂ Cl_2 ଦୁଇ-ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଣୁ (diatomic molecule) ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଆନ୍ତି। ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସମାନେ ଏକ-ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଣୁ ଭାବରେ ଥାଆନ୍ତି, ଯଥା He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn (mono atomic molecules) । ଏମାନେ ସମସ୍ତେ ଅଧାତୁ।

2 ଟି ତରଳ ମୌଳିକ : ବ୍ରୋମିନ୍ (Br_2) ଓ ପାରଦ ବା ମର୍କ୍ୟୁରି (Hg) ଏହି ଦୁଇଟି ସାଧାରଣ ତାପମାତ୍ରା (25°C) ଏବଂ ଏକ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ (1 atmosphere) ଚାପରେ ତରଳ ମୌଳିକ । ବ୍ରୋମିନ୍ ଏକ ଅଧାତୁ ଏବଂ ଏହା ଦୁଇ ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଣୁ (Br_2) ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ କିନ୍ତୁ ପାରଦ (Hg) ଏକ ଧାତୁ।

ଆଉ 3 ଟି ମୌଳିକ ସହଜରେ ତରଳ ହୋଇପାରୁଥିବାରୁ (ଗ୍ରୀଷ୍ମ ପ୍ରଧାନ ଅଞ୍ଚଳରେ) କେହି କେହି ସେମାନଙ୍କୁ ତରଳ ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନେଇଥାନ୍ତି। ସେମାନଙ୍କର ଗଳନାଙ୍କ (melting point) କମ୍ (30°C ର ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ) ଥିବାରୁ ସେମାନେ ଅଧିକାଂଶ ସମୟରେ ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଥାନ୍ତି। ଏମାନେ ହେଲେ ଗ୍ରୁପ 1 ର ସିଜିୟମ ($_{55}Cs$) ଏବଂ ଫ୍ରାନ୍ସିୟମ ($_{87}Fr$) ଏବଂ ଗ୍ରୁପ୍ 13 (B-ପରିବାର) ର ଗ୍ୟାଲିୟମ୍ ($_{31}Ga$)। ଏପରିକି ଗ୍ରୁପ 1 ର ରୁବିଡ଼ିୟମ୍ (Rb) ,ଯାହାର ଗଳନାଙ୍କ 39.3°C କୁ କେହି କେହି ତରଳ ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନେଇଥାନ୍ତି। କିନ୍ତୁ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ତରଳ ମୌଳିକ ସଂଖ୍ୟା ହେଲା 2 (Hg, Br) ।

କଠିନ ମୌଳିକ- ଉପରୋକ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ କଠିନ। ମରକ୍ୟୁରି(Hg) ବ୍ୟତୀତ ସମସ୍ତ ଧାତୁ ଏବଂ ଅଧାତୁ ମଧ୍ୟରୁ 5 ଟି ଯଥା ଫସଫରସ, ସଲଫର, ଆଇୟୋଡ଼ିନ୍ ଏବଂ ଆଷ୍ଟାଟାଟାଇନ୍ ହେଲେ କଠିନ। ସେଥିମଧ୍ୟରୁ ପାଲୋନିୟମ୍ ଏବଂ ଆଷ୍ଟାଟାଟାଇନ୍ ହେଲେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ସେମାନଙ୍କର ବହୁଳତା ନଗନ୍ୟ ।

କେତେକ ସାଧାରଣ ତଥ୍ୟ : (Some Common & Primitive Terms**)**

1. **ସେତୁ/ବ୍ରିଜ୍ ମୌଳିକ(Bridge Elements)** : 2 ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ ଥିବା 8 ଟି ମୌଳିକୁ(Li - Ne) ବ୍ରିଜ ବା ସେତୁ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

2. **ପ୍ରତିନିଧି / ସ୍ୱାଭାବିକ ମୌଳିକ(Typical Elements)** : 3 ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ ଥିବା 8 ଟି ମୌଳିକୁ ବିଶିଷ୍ଟ ବା ଟିପିକାଲ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

କାହିଁକି ଏମାନଙ୍କୁ ଟିପିକାଲ ବା ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ? ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସମୟରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନେ ପ୍ରଥମେ ଦ୍ୱତୀୟ ପିରିୟଡର ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ(Li - Ne) ନିଜ ନିଜ ଗ୍ରୁପର ଆଦର୍ଶ ଗୁଣବତ୍ତାକୁ ବୁଝାଇବାକୁ ପ୍ରତିରୂପ ବା ମଡ଼େଲ(Prototypes) ଭାବରେ ବାଛିଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ଆକାର ଓ ଅଧିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ରୂଣାତ୍ମକତା(high electronegativity) ଯୋଗୁଁ ଏମାନଙ୍କର ରାସାୟନିକ ଆଚରଣ ନିଜ ଗ୍ରୁପର ଅନ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଠାରୁ ବହୁତ ଭିନ୍ନ ଓ ଅସ୍ୱାଭାବିକ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ ତୃତୀୟ ପିରିୟଡର ମୌଳିକ(Na - Ar) ନିଜ ନିଜ ଗ୍ରୁପର ପ୍ରକୃତ ଏବଂ ସାଧାରଣ ଗୁଣକୁ ସବୁଠାରୁ ସଠିକ ଭାବରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ କରିଥାନ୍ତି । ଏଥିପାଇଁ ଏମାନଙ୍କୁ ପୁରା ଗ୍ରୁପର 'ପ୍ରତିନିଧି / ସ୍ୱାଭାବିକ ବା ଟିପିକାଲ' ମୌଳିକ ଭାବରେ ନାମିତ କରାଗଲା ।

3. **ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ସମ୍ପର୍କ(Diagonal Relationship)** : ବ୍ରିଜ ମୌଳିକର କର୍ଣ୍ଣ ବା ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ରେ ଥିବା ଟିପିକାଲ ମୌଳିକ ସହିତ କେତେକ ଧର୍ମଗୁଣର ସାମଞ୍ଜସ ଥାଏ । ସେମାନଙ୍କର ସମ୍ପର୍କକୁ ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ସମ୍ପର୍କ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯୁଗଳ ମାନେ ହେଲେ Li - Mg, Be - Al, B - Si, C - P, N - S ଇତ୍ୟାଦି ।

4. **ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଧାତୁ (Noble Metals)** : 8 ଟି ଧାତୁ ଯଥା Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Ag, Au ଯଉଁମାନଙ୍କର ସଂକ୍ଷାରଣ(Corrosion) ଘଟିନଥାଏ ଓ ଯେଉଁମାନେ ଅକ୍ସିଜେନ, ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ଓ ଲଘୁ ଅମ୍ଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିନଥାନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଧାତୁ କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏମାନେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ନୁହନ୍ତି । ସୁନା ଅକ୍ୱା ରେଜିଅ(Acqua Ragia)ରେ ସହଜରେ ଦ୍ରବିଭୂତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଧାତୁ ଆଉ କୁହାଯାଉନାହିଁ ।

5. **ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବର୍ଗ ଧାତୁ(Platinum Group of Metals/PGM)** : 6 ଟି ଧାତୁ ଯଥା Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt ଯେଉଁମାନେ ମଧ୍ୟ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଧାତୁ - ଏମାନେ ଏକ ଜାତୀୟ ଖଣିଜ ପଥରରେ ମିଳିଥାନ୍ତି ଓ ଏମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣର ବହୁତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହିଥାଏ - ସେମାନଙ୍କୁ ପ୍ଲାଟିନମ ବର୍ଗ ଧାତୁ କୁହାଯାଏ ।

6. **ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାତୁ (Ferromagnetic Metals)** : 4 ଟି ଧାତୁ ଯଥା Fe, Co, Ni, Gd ଯେଉଁମାନେ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ହୋଇଥାଆନ୍ତି ଓ ଯାହାକୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ କରିହେବ, ସେମାନଙ୍କୁ ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାତୁ କୁହାଯାଏ ।

7. **ଅତିଭାରି ମୌଳିକ (Superheavy Elements)** : 15 ଟି ମୌଳିକ $_{104}$Rf ରୁ $_{118}$Og ଯେଉଁମାନେ ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ସିରିଜ ଶେଷ ହେବା ପରେ ସପ୍ତମ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଥାଆନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କୁ ଅତିଭାରି ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ । ଏମାନେ ସମସ୍ତେ କୃତ୍ରିମ ।

8. **ଟ୍ରାନ୍ସ-ଆକ୍ଟିନଏଡ୍ (Transactinoid Elements)** : ଅତିଭାରି ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଟ୍ରାନ୍ସ-ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

9. **ଟ୍ରାନ୍ସ-ଫର୍ମିୟମ୍ ମୌଳିକ(Transfermimum Elements)** : ଫର୍ମିୟମ୍($_{100}$Fm) ପରେ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଟ୍ରାନ୍ସ-ଫର୍ମିୟମ୍ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ ।

ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ (Periodic Law) :

ମେଣ୍ଡେଲିଭ୍, ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ (atomic mass, A) ର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇ ଦେଖିଥିଲେ ଯେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ଏକାଭଳି । ଅର୍ଥାତ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବ୍ୟବଧାନରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥିଲା ଯଦିଓ କିଛି ମୌଳିକ ଯୁଗଳ ମଧ୍ୟରେ ତାଙ୍କୁ ଅଦଳବଦଳ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥିଲା । ସେତେବେଳେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(atomic number, Z)ର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା ।

ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ଓ ଆଧୁନିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଚାଲ ଜାଣିବା ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ବ୍ୟବଧାନ ସବୁ କଣ ?

ଉଦାହରଣ ସରୂପ s-ବ୍ଲକ ବା ବାମ ଭାଗର ଗ୍ରୁପ 1 ର Li ପରଠାରୁ 8 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକ ହେଲା, Na ଯାହା ମଧ୍ୟ Li ଭଳି ଏକ କ୍ଷାର ଧାତୁ । Na ଠାରୁ 8 ଟି ମୌଳିକପରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକ ହେଲା K ଯାହା ମଧ୍ୟ ଏକ କ୍ଷାରଧାତୁ। K ଠାରୁ 18 ଟି ମୌଳିକପରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକ ହେଲା Rb ଯାହା ମଧ୍ୟ ଏକ କ୍ଷାର ଧାତୁ । Rb ର 18 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକ ହେଲା Cs ଏବଂ Cs ଠାରୁ 32 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସୁଥିବା ମୌଳିକ ହେଲା Fr । ଏମାନେ ସମସ୍ତେ କ୍ଷାରଧାତୁ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ମଧ୍ୟରେ ବହୁତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହିଛି । Li ଠାରୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଏହି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା 8, 8, 18, 18, 32 । ସେହିଭଳି ଗ୍ରୁପ୍ 2(କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ)ର Be ଠାରୁ ମଧ୍ୟ 8, 8,18,18, 32 ପର୍ଯ୍ୟାୟ କ୍ରମରେ ଆମେ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ ଯଥା Mg, Ca, Sr, Ba, Ra ପାଇଥାଉ । ଏହି ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକୁ 's'-ବ୍ଲକ ବା ବାମ ଭାଗର ***ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା*** (Magic Number) କୁହାଯାଏ ।

ସେହିଭଳି p-ବ୍ଲକ ବା ଡାହାଣ ଭାଗର ବୋରନ୍ (B) ଠାରୁ ଗ୍ରୁପ୍‌ମାନଙ୍କର ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ହେଲା 8, 18, 18, 32, 32 । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ଗ୍ରୁପ 13 ର B ଠାରୁ 8 ଟି ମୌଳିକ ପରେ Al, ତାପରେ 18 ଟି ମୌଳିକ ପରେ Ga, ତାର 18 ଟି ପରେ In , ତାର 32 ଟି ପରେ Tl ଏବଂ ପୁଣି 32 ଟି ମୌଳିକ ପରେ Nh ଆସେ । ଏହିଭଳି p-ବ୍ଲକର ସବୁ ଗ୍ରୁପର ମୌଳିକ ଗୁଡ଼ିକମାନେ ମଧ୍ୟ ଉପରୋକ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟାୟ କ୍ରମରେ ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥାଆନ୍ତି ।

ସେହିଭଳି d-ବ୍ଲକ ବା ମଧ୍ୟଭାଗର ଗୃପ୍ 3 ବ୍ୟତୀତ ଗୃପ 4 ରୁ ଗୃପ୍ 12 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ହେଲା 18, 32, 32 । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ଗୃପ 8 ର Fe ଠାରୁ 18 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସେ Ru, ତାପରେ 32 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସେ Os ଓ ତାହାର 32 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସୁଛି Hs । ଗୃପ୍ 3 ରେ Sc ଓ Y ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ ହେଲା 18 ।

ସେହିଭଳି f-ବ୍ଲକ ବା ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ଲାନ୍ଥାନଏଡସ୍ ଓ ଆକ୍ଟିନଏଡସ୍ ମାନଙ୍କର 15 ଟି ସ୍ତମ୍ଭର ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ହେଲା 32 । ଉଦାହରଣ ସରୂପ La ର 32 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ଆସେ Ac, Nd ର 32 ମୌଳିକ ପରେ ଆସେ U, ସେହିଭଳି ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ସ୍ତମ୍ଭରେ ହୋଇଥାଏ ।

ମେଣ୍ଡେଲିଭ୍‌ଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ସୂତ୍ର(Mendeleev's Periodic Law) :

ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଭୌତିକ ଓ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣିବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(Atomic Weights)ର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଫଳନ (periodic function) ।

ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଲା - ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇଲେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ କ୍ରମରେ (ଯଥା 8, 8, 18, 18, 32 କିମ୍ବା 8, 18, 18, 32,32) ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ତିନୋଟି ସ୍ଥାନରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ୍, ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସ୍ଥାନକୁ ଅଦଳବଦଳ କରିବାକୁ ବାଧ ହୋଇଥିଲେ ଯାହାକି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମକୁ ବିରୋଧ କରିଥିଲା । ଏହି ତିନୋଟି ସ୍ଥାନ ହେଲା Ar ଏବଂ K; Co ଏବଂ Ni; Te ଏବଂ I (ଆୟୋଡ଼ିନ୍) । Ar ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ K ଠାରୁ ଅଧିକ କିନ୍ତୁ Ar କୁ Li ଏବଂ Na ଭଳି କ୍ଷାରଧାତୁମାନଙ୍କ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ନରଖି ଅନ୍ୟ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ He, Ne ତଳେ ରଖାଗଲା । ସେହିଭଳି

K କୁ He, Ne ଭଳି ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ୍ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ନରଖି ଅନ୍ୟ କ୍ଷାର ଧାତୁ Li ଏବଂ Na ତଳେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ସେହିପରି Ni ଓ Co ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ I ଓ Te ମଧ୍ୟରେ ଅଦଳବଦଳ କରାଯାଇଥିଲା ।

ବୈଜ୍ଞାନିକ ମୋସେଲି(Moseley) 1913 ମସିହାରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ବା କ୍ରମାଙ୍କ (atomic number, Z) ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ମୌଳିକର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା କୁହାଗଲା । ସେ ପ୍ରାମାଣ କଲେ ଯେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ହିଁ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ମୂଳ ଧର୍ମଗୁଣକୁ ପ୍ରତିପାଦିତ କରିଥାଏ, ମାତ୍ର ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନୁହେଁ । ସେ ଦେଖିଥିଲେ ଯେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ତାଙ୍କ ସାରଣୀରେ ଧର୍ମଗଣୁର ସମାନତା ରକ୍ଷା କରିବା ପାଇଁ Ar ଏବଂ K; Co ଏବଂ Ni; Te ଏବଂ I ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଅଦଳ ବଦଳ କିରିଥିଲେ, ତାହା ବାସ୍ତବରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧତି କ୍ରମ ଥିଲା, ଯଦିଓ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧତି କ୍ରମ ନଥିଲା । ଏହି ତିନି ଯୁଗଳ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେମାଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଯାଇଥିଲା,କାରଣ ତାହାହିଁ ଥିଲା ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରଭେଦ ଏତିକି ଥିଲା ଯେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ଥିବା ବେଳେ, ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ନଥିଲା । ସେଥିପାଇଁ ମୋସେଲି ଦେଇଥିବା ନୂଆ ସାରଣୀରେ ଆଉ କେତେକେ ଖାଲି ସ୍ଥାନ ରହିଗଲା ସେଥିମଧ୍ୟରୁ ଚାରୋଟି ଖାଲି ସ୍ଥାନ Z= 43, 61, 72, 75 ରେ ଚାରୋଟି ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାରର ଭବିଷ୍ୟତବାଣୀ କରିଥିଲେ । ଯଦିଓ ସେ 1915ରେ 27 ବର୍ଷ ବୟସରେ ପ୍ରଥମ ବିଶ୍ୱ ଯୁଦ୍ଧରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥିଲେ, କିନ୍ତୁ ତାଙ୍କ ଭବିଷ୍ୟତ ବାଣୀ ସତ ହୋଇଥିଲା, ଯେତେବେଳେ 1925 ମସିହାରେ ରେନିୟମ($_{75}Re$) ଓ ହାପ୍‌ନିୟମ ($_{72}Hf$), 1937 ସସିହାରେ ଟେକ୍‌ନେସିୟମ୍($_{43}Tc$) ଏବଂ 1945 ମସିହାରେ ପ୍ରମେଥିୟମ୍($_{61}Pm$) ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇ ଖାଲି ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିଥିଲା । ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମରେ ଥିବା ତ୍ରୁଟି ସଂଶୋଧିତ ହୋଇ ନୂଆ ନିୟମ ଆସିଥିଲା ।

ଆଧୁନିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ସୂତ୍ର (Modern Periodic law):

ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଭୌତିକ ଓ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା (atomic number) ର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଫଳନ (periodic function) ଅର୍ଥାତ୍ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସଜାଇଲେ ଏକାଭଳି ମୌଳିକମାନେ ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ରହିଥାଆନ୍ତି ।

ପିରିୟଡ଼ିକ ଟେବୁଲର ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା (Magic Numbers in Periodic Table):

ଯେତିକି ଯେତିକି ବ୍ୟବଧାନରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକର ପୂନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥିଲା ଓ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନେ ଏକ ସ୍ତମ୍ଭ ବା ଗ୍ରୁପରେ ପଡ଼ିଥାଏ, ସେହି ବ୍ୟବଧାନକୁ ଟେବୁଲର ମ୍ୟାଜିକ ନମ୍ବର କୁହାଯାଏ । ନିମ୍ନରେ 4 ଟି ବ୍ଲକର ମ୍ୟାଜିକ ନମ୍ବର ଦିଆଗଲା । ପ୍ରଥମ ପିରିୟଡ଼, ଯେଉଁଥିରେ ମାତ୍ର ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ରହିଛି, ତାକୁ ବାଦ ଦିଆଯାଇଛି । ଅର୍ଥାତ 2 ୟ ପିରିୟଡ଼ରୁ ବ୍ଲକ୍ ଅନୁଯାୟୀ ତଳକୁ ତଳ ଏକ ଗ୍ରୁପରେ ମ୍ୟାଜିକ ନମ୍ବର ଗୁଡ଼ିକୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ବ୍ୟବହାର କରି ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ନିରୂପଣ କରିହେବ ।

(1) s-ବ୍ଲକ: 8, 8, 18, 18, 32:

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

(2) p-ବ୍ଲକ: 8, 18, 18, 32, 32

ଗୃପ 13 ରେ ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ବ୍ୟବହାର ଆଗରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । ସେହିଭଳି ଗୃପ 14 ରୁ 18 ରେ ଥିବା ପ୍ରଥମ ମୌଳିକ(୨ୟ ପିରିୟଡ଼ର) ଯଥାକ୍ରମେ $_{6}C$, $_{7}N$, $_{8}O$, $_{9}F$, $_{10}Ne$ ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 8, 18, 18, 32, 32 ମ୍ୟାଜିକ ନମ୍ବର ବ୍ୟବହାର କଲେ ସେହି ଗୃପର ଅନ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ନିରୂପଣ କରିହେବ ।

(3) d-ବ୍ଲକ: 18, 32, 32 (ଗୃପ 4-12)

ପ୍ରଥମେ ୪ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼୍ର ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜ୍(**Sc** ରୁ **Zn**)ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା **20(Ca)** ପରଠାରୁ କ୍ରମାନ୍ୱରେ **21(Sc)** ରୁ **30(Zn)** ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଲେଖିଦିଅ । ତାପରେ ଚାଲ ଗୃପ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ନିରୂପଣ କରିବା ।

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଦ୍ୱତୀୟ ଶୈଳୀ ଅନୁଯାୟୀ, ଗୃପ୍ 3 ରେ ଦୁଇଟି ମୌଳିକ Sc ଓ Y ରହିଛନ୍ତି ଏବଂ La ଓ Ac ନିମ୍ନ ଭାଗ f-ବ୍ଲକର ଲାନ୍ଥାନଏଡସ୍ ଓ ଆକ୍ଟିନାଇଡସ ସିରିଜରେ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରଥମ ମୌଳିକ ଭାବରେ ରହିଛନ୍ତି । $_{21}Sc$ ଓ $_{39}Y$ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 18 ।

ଗୃପ 4 ରୁ ଗୃପ 12 ପାଇଁ ମ୍ୟାଜିକ ନମ୍ବର ହେଲା 18, 32, 32 । ଗୃପ 4 ର $_{22}Ti$ ର 22 ସହିତ 18 ଯୋଗ କଲେ Zr ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Z) ହେବ 40, ସେଥରେ ପୁଣି 32 ଯୋଗ କଲେ Hf ର Z ହେବ 72, ପୁଣି ସେଥିରେ 32 ଯୋଗ କଲେ Rf ର Z ହେବ 104 । ଗୃପ 8 ରେ ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ବ୍ୟବହାର ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗୃପ 5 ରୁ 12 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତଳକୁ ତଳ ସବୁ ମୌଳିକର Z ନିରୂପଣ କରିବ, ଅଥବା ସିରିଜ(ପିରିୟଡ଼୍) ଅନୁଯାୟୀ ଗୃପ 4 ପରଠାରୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ Z ନିରୂପଣ କରିବ ।

(4) f-ବ୍ଲକ: 32;

ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ସିରିଜର $_{57}La$ ର Z = 57 ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସିରିଜ ଅନୁଯାୟୀ $_{71}Lu$ ର Z = 71 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଲେଖିଦିଅ । ସେହି ଭଳି ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ସିରିଜର $_{89}Ac$ ର Z = 89 ଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସିରିଜ ଅନୁଯାୟୀ $_{103}Lr$ ର Z = 103 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଲେଖିଦିଅ । ଯଦିଓ ଏହି ବ୍ଲକରେ ସ୍ତମ୍ଭ ବା ଗୃପ ଅନୁଯାୟୀ ଅନୁଶୀଳନ କରାଯାଏ ନାହିଁ, ତଥାପି ଯେ କୌଣସ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ମୌଳିକରେ 32 ଯୋଗ କଲେ ତାହାର ତଳ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ସରିଜର ମୌଳିକର Z ମିଳିଯିବ ।

ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଲାଟିନ୍ ନାମକରଣ(ଅସ୍ଥାୟୀ ନାମକରଣ ପଦ୍ଧତି): ନୂଆ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ପରେ ସେମାନଙ୍କର ନାମକରଣ ବିଧିବଦ୍ଧ ଭାବରେ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ପ୍ରଥମେ ସେମାନଙ୍କର ଲାଟିନ ଭାଷାରେ ଅସ୍ଥାୟୀ ନାମକରଣ ହୋଇଥାଏ । ଲାଟିନ ଭାଷା ଅନୁଯାୟୀ nil(n)=0, un(u) =1, bi(b) =2, tri(t) =3, quad(q)=4, pent(p)=5, hex(h)=6, sept(s)=7, oct(o)=8, enn(e)=9 । ଅନୁଲଗ୍ନ (suffix) *ium* ଶେଷରେ ଯୋଗ ହୋଇ ନାମକରଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଯଥା ଉନ୍‌ଉନ୍‌ନିଲ୍‌ଇୟମ୍ (110- Ununnilium-Uun) ର

ଏବେ ତାର ସ୍ଥାୟୀ ନାମ ହେଲା ଡ଼ର୍ମଷ୍ଟାଡ଼ିୟମ୍, ଉନ୍‌ଉନ୍‌ଉନ୍‌ଇୟମ (111 - Unununium-Uuu) ର ସ୍ଥାୟୀ ନାମ ହେଲା ରୋଣ୍ଟଗେନିୟମ୍, ଉନ୍‌ଉନ୍‌ବାଇୟମ୍ (112- Ununbium-Uub) ର ସ୍ଥାୟୀ ନାମ ହେଲା କୋପରନିସିୟମ୍ । ସେହିଭଳି ଉନ୍‌ଉନ୍‌ଟ୍ରାଇୟମ୍(113- Ununtrium-Uut-Nihohium), ଉନ୍‌ଉନ୍‌କ୍ୱାଡ଼୍‌ଇୟମ୍ (114- Ununquadium-Uuq - Flerovium), ଉନ୍‌ଉନ୍‌ପେଣ୍ଟିୟମ୍(115- Ununpentium-Uup-Muscovium), ଉନ୍‌ଉନ୍‌ହେକ୍ସଇୟମ୍ (116-Ununhexium-Uuh-Livermorium), ଉନ୍‌ଉନ୍‌ସେପ୍ଟଇୟମ୍ (117- Ununseptium-Uus-Tennesine) ଏବଂ ଉନଉନ୍‌ଅକ୍‌ଟଇୟମ୍ (118-Ununoctium-Uuo - Oganesson) ମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ନାମକରଣ ଶେଷ ହୋଇସାରିଛି । ନିକଟ ଭବିଷ୍ୟତରେ ଆବିଷ୍କୃତ ହେବାକୁ ଥିବା ମୌଳିକ -121 ର ଅସ୍ଥାୟୀ ନାମ ହେବ - ଉନ୍‌ବାଇଉନ୍‌ଇୟମ୍ (Unbiunium-Ubu) ।

(ଜାଣିରଖ ଯେ ପୃଥିବୀର ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଦେଶ ଯଥା ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକା, ଜର୍ମାନୀ, ରୁଷିଆ, ଜାପାନ ଆଦି ଦେଶରେ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାରର ଗବେଷଣା କରାଯାଇଥାଏ । ଏକ ସମୟରେ ଏକାଧିକ ଦେଶରେ ସମାନ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲେ, ଏହି ଦେଶମାନେ ନାମକରଣରେ ସହମତି ରଖିନଥାନ୍ତି । ସେଥିପାଇଁ ଏକ ଅସ୍ଥାୟୀ-ଲାଟିନ ନାମ- ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଅନେକ ବର୍ଷ ପରେ, ଦେଶମାନଙ୍କର ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନେ ନିଜ ଭିତରେ ବିଚାର ବିମର୍ଷ କରି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାୟୀ ନାମରେ ସହମତି ହେଲେ, ଅସ୍ଥାୟୀ ନାମକୁ ଉଠାଇ ସ୍ଥାୟୀ ନାମ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।)

ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭିତ୍ତିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ

(Electronic Basic of Periodic Classification)

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଧର୍ମଗୁଣରେ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହିବାର କାରଣ କଣ ? ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗ୍ରୁପ୍ 1 ରେ ଥିବା କ୍ଷାର ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ (alkali metals: Li, Na, K, Rb, Cs) ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ସକ୍ରିୟ ଧାତୁ। ଏହି ସମସ୍ତ ଧାତୁ ନରମ ଏବଂ ଏକ ଛୁରିରେ ଏମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ କାଟି ହେବ। ସମସ୍ତେ ଥଣ୍ଡା ପାଣି ସହିତ ଅତ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରଚଣ୍ଡ ଭାବରେ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ଗ୍ୟାସ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି । ଏହି ସମସ୍ତ ଧାତୁ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଏକକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଆୟନ ବା କାଟାୟନ (M^+) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି।

$$M \rightarrow M^+ + e^-$$

ସେହିଭଳି 2 ୟ ଗ୍ରୁପରେ ଥିବା କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ (alkaline earth metal: Be, Mg, Ca, Sr, Ba) ମଧ୍ୟ ଏକା ଭଳି ଧର୍ମଗୁଣ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି। ଏହି ସମସ୍ତ ଧାତୁ 2 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଦୁଇ-ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଆୟନ (M^{++}) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି।

$$M \rightarrow M^{++} + 2e^-$$

ଏମାନେ କ୍ଷାରଧାତୁ ଭଳି ଏତେ ସକ୍ରିୟ କିମ୍ବା ନରମ ନୁହନ୍ତି। ସେହିପରି 13 ଗ୍ରୁପ୍‌ର (III A: B, Al, Ga, In, Tl) ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ଏକାଭଳି ଧର୍ମଗୁଣ ଦେଖାଇଥାଆନ୍ତି। ଏମାନଙ୍କ ଯୌଗିକ ଅଣୁରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯୋଜ୍ୟତା 3 ଦେଖାଇଥାନ୍ତି। 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଏମାନେ ହରାଇଥାଆନ୍ତି ବା ଭାଗ ଲଗାଇଥାନ୍ତି(sharing) ।

$M \rightarrow M^{3+} + 3e^-$

ଏହିଭଳି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବହୁତ ଧର୍ମଗୁଣର ସମାନତା ରହିଛି। ଏପରି ହେବାର କାରଣ କଣ ? ଏହାର କାରଣ ହେଲା ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ (ଯୋଜ୍ୟତା କକ୍ଷ) ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ। **ଏହି ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ବାହ୍ୟ ସେଲ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ ହିଁ ଏକ ଗ୍ରୁପର ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଧର୍ମଗୁଣରେ ବହୁପରିମାଣଲେ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଥାଏ।**

s- ବ୍ଲକ (s-block)

ଗ୍ରୁପ୍–1: ଏମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ଦେଖିଲେ ଜଣାଯିବ ଯେ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟସେଲ୍‌ରେ 1ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି। ତେଣୁ ଏମାନେ କେବଳ 1ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଯୋଜ୍ୟତା 1+ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

$_{3}$Li- [He] **2s^1** (2,1)
$_{11}$Na- [Ne] **3s^1** (2,8,1)
$_{19}$K- [Ar] **4s^1** (2,8,8,1)
$_{37}$Rb- [Kr] **5s^1** (2,8,18,8,1)
$_{55}$Cs-[Xe] **6s^1** (2,8,18,18,8,1)
$_{87}$Fr- [Rn] **7s^1** (2,8,18,32,18,8,1)

ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାତୁର ବାହ୍ୟ ସେଲର s- ଅର୍ବିଟାଲ୍‌ରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ। ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର ସାଧାରଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା: **ns^1**, (n = 2 - 7)

n = 2 $\rightarrow$ 2s^1 (Li), n = 3 $\rightarrow$ 3s^1 (Na) ..... n = 7 $\rightarrow$ 7s^1 (Fr)

ଗ୍ରୁପ୍ 2 : ଏଥିରେ ଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟତମ ସେଲ୍‌ରେ 2 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ ।

$_{4}$Be: [He] **2s^2** (2, 2)
$_{12}$Mg: [Ne] **3s^2** (2, 8, 2)
$_{20}$Ca: [Ar] **4s^2** (2, 8, 8, 2)
$_{38}$Sr: [Kr] **5s^2** (2, 8, 18, 8,2)
$_{56}$Ba: [Xe] **6s^2** (2,8,18,18,8,2)
$_{88}$Ra: [Rn] **7s^1** (2,8,18,32,18,8,2)

ତେଣୁ ବାହ୍ୟ ସେଲ ସଂରଚନା: **ns^2** (n= 2 to 7)

n = 2 $\rightarrow$ 2s^2 (Be) ..... n = 7 $\rightarrow$ 7s^2 (Ra)

ଏମାନଙ୍କ ବାହ୍ୟ ସେଲର 's' ଅର୍ବିଟାଲରେ 2ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଥାଏ, ଓ ଏହି 2 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଏମାନେ 2+ ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଇଥାନ୍ତି। ଯେହେତୁ ଗ୍ରୁପ୍ 1 ଏବଂ 2 ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର 's' ଅର୍ବିଟାଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ, ଏମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣତଃ 's' ବ୍ଲକ ମୌଳିକ (s-block elements) କୁହାଯାଏ।

p - ବ୍ଲକ (p-block)

ଏସବୁ ଗ୍ରୁପ୍‌ର (Gr 13 - 18) ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ ମାନଙ୍କର 'p' ଅର୍ବିଟାଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ। ଏହି କାରଣରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ସାଧାରତଃ 'p' ବ୍ଲକ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ। ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୃପର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଅର୍ବିଟାଲରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ ।

Group 13 (IIIA)

$_{5}B$: [He] $\mathbf{2s^2\ 2p^1}$ (2,3)

$_{13}Al$: [Ne] $\mathbf{3s^2\ 3p^1}$ (2,8,3)

$_{31}Ga$: [Ar] $3d^{10}\ \mathbf{4s^2\ 4p^1}$ (2,8,18,3)

$_{49}In$: [Kr] $\mathbf{4d^{10}\ 5s^2\ 5p^1}$ (2,8,18,18,3)

$_{81}Tl$: [Xe] $4f^{14},5d^{10}\ 6s^2\ \mathbf{6p^1}$ (2,8,18,32,18,3)

$_{113}Nh$: [Rn] $5f^{14},6d^{10}\ \mathbf{7s^2\ 7p^1}$ (2,8,18,32,32,18,3)

ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ ଶେଷ ସେଲର 'p' ଅର୍ବିଟାଲରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ମୋଟ୍ 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି। ଏହି ତିନୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇଲେ ଏମାନେ M^{3+} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି। ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 3+ । ଏହି 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଭାଗ ଦେଲେ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେବ ମଧ୍ୟ 3।

ବାହ୍ୟ ସେଲ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା : $\mathbf{ns^2\ np^1}$ (n = 2 - 7)

n = 2 $\rightarrow 2s^2, 2p^1$ (B), n = 3 $\rightarrow 3s^2, 3p^1$ (Al) ..... n = 6 $\rightarrow 6s^2, 6p^1$ (Tl),

n=7 $\rightarrow 7s^2, 7p^1$(Nh)

ଗ୍ରୁପ୍ -14 (IV A)

$_{6}C$- [He] $2s^2\ \mathbf{2p^2}$ (2,4)

$_{14}Si$- [Ne] $3s^2\ \mathbf{3p^2}$ (2,8,4)

$_{32}Ge$- [Ar] $3d^{10}\ \mathbf{4s^2\ 4p^2}$ (2,8,18,4)

$_{50}Sn$- [Kr] $\mathbf{4d^{10}\ 5s^2\ 5p^2}$ (2,8,18,18,4)

$_{82}Pb$- [Xe] $4f^{14},5d^{10}\ 6s^2\ \mathbf{6p^2}$ (2,8,18,32,18,4)

$_{114}Fl$: [Rn] $5f^{14},6d^{10}\ 7s^2\ \mathbf{7p^2}$ (2,8,18,32,32,18,4)

ପ୍ରତ୍ୟେକର ଶେଷ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ 2ଟି ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ମୋଟ୍ 4ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି। ଏହି 4 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇଲେ ବା ଭାଗ ଦେଲେ ଏମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା ହୋଇଥାଏ 4(+4), ଏବଂ ଚାରୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଦୃଢ଼ ଅଷ୍ଟକ ସଂରଚନା ହେଲେ ଏହା ଚାରି ଏକକ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଆୟନ ହେବ, ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବନିମ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା 4- ହେବ।

$X + 4e^- \rightarrow X^{4-}$

ଗ୍ରୁପ 15 (VA)

$_{7}N$: [He] $2s^2$ **$2p^3$** (2,5)
$_{15}P$: [Ne] $3s^2$ **$3p^3$** (2,8,5)
$_{33}As$: [Ar] $3d^{10}$ **$4s^2$ $4p^3$** (2,8,18,5)
$_{51}Sb$: [Kr] **$4d^{10}$ $5s^2$ $5p^3$** (2,8,18,18, 5)
$_{83}Bi$: [Xe] $4f^{14}$,$5d^{10}$ **$6s^2$ $6p^3$** (2,8,18,32,18,5)
$_{115}Mc$: [Rn] $5f^{14}$,$6d^{10}$ **$7s^2$ $7p^3$** (2,8,18,32,32,18,5)

ଏମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ 3ଟି (p^3) ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ମୋଟ 5ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ (ns^2 np^3) ଥାଏ । ଏହି 5ଟି ଯାକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଭାଗ ଦେଲେ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 5(+5) ଏବଂ ଆଉ 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କଲେ ଏଥିରେ 8 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ (ଦୃଢ଼ ଅଷ୍ଟକ ସଂରଚନା) ହେବ ଏବଂ ଏହା 3 ଏକକ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ(-3) ଚାର୍ଜ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହେବ। ତେଣୁ ଏହାର ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 3- ।

$X + 3e^- \rightarrow X^{3-}$

ଏଠାରେ ମନେରଖ ଯେ ଏମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା 5 ଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ କାରଣ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ମୋଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଥାଏ 5 ।

ଗ୍ରୁପ 16 (VI A)

$_{8}O$- [He] $2s^2$ **$2p^4$** (2,6)
$_{16}S$- [Ne] $3s^2$ **$3p^4$** (2,8,6)
$_{34}Se$- [Ar] $3d^{10}$ **$4s^2$ $4p^4$** (2,8,18,6)
$_{52}Te$- [Kr] **$4d^{10}$ $5s^2$ $5p^4$** (2,8,18,18,6)
$_{84}Po$- [Xe] $4f^{14}$,$5d^{10}$ **$6s^2$ $6p^4$** (2,8,18,32,18,6)
$_{116}Lv$: [Rn] $5f^{14}$,$6d^{10}$ **$7s^2$ $7p^4$** (2,8,18,32,32,18,6)

ଏମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ 4 ଟି (p^4)ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ମୋଟ 6ଟି (ns^2 np^4) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି। ସମସ୍ତ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଭାଗ ଦେଲେ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 6(+6) ଏବଂ ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଦୃଢ଼ ଅଷ୍ଟକ ସଂରଚନା ହେଲେ ଏହା ଦୁଇ ଏକକ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଆୟନ ହେବ, ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବନିମ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା 2- ହେବ।

$X + 2e^- \rightarrow X^{2-}$

ଗ୍ରୁପ 17 (VII A)

$_{9}F$: [He] $2s^2$ **$2p^5$** (2,7)
$_{17}Cl$: [Ne] $3s^2$ **$3p^5$** (2,8,7)
$_{35}Br$: [Ar] $3d^{10}$ **$4s^2$ $4p^5$** (2,8,18,7)

$_{53}$I : [Kr] **4d^{10} 5s^2 5p^5** (2,8,18,18,7)

$_{85}$At : [Xe] 4f^{14},5d^{10} **6s^2 6p^5** (2,8,18,32,18,7)

$_{117}$Ts : [Rn] 5f^{14},6d^{10} **7s^2 7p^5** (2,8,18,32,32,18,7)

ଏମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ 5 ଟି (p^5) ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲ୍‌ରେ ମୋଟ 7ଟି ($ns^2\ np^5$) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଆନ୍ତି । ସମସ୍ତ 7 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଭାଗ ଦେଲେ ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 7(+7) ଏବଂ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଏକକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ (X^-) ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଜ୍ୟତା ହେବ 1- ।

$X + 1e^- \rightarrow X^-$

ଗ୍ରୁପ 18 (Group Zero)

$_2$He- Is^2 (2)

$_{10}$Ne- [He] 2s^2 **2p^6** (2,8)

$_{18}$Ar- [Ne] 3s^2 **3p^6** (2,8,8)

$_{36}$Kr- [Ar] 4s^2 3d^{10} **4p^6** (2,8,18 8,)

$_{54}$Xe-[Kr] 4d^{10} 5s^2 **5p^6** (2,8,18,18, 8)

$_{86}$Rn- [Xe] 4f^{14} 5d^{10} **6s^2 6p^6** (2,8,18,32,18,8)

$_{118}$Og :[Rn] 5f^{14},6d^{10} **7s^2 7p^6** (2,8,18,32,32,18,8)

He ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ 6 ଟି (p^6) ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ସମୁଦାୟ 8ଟି ($ns^2\ np^6$) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଆନ୍ତି । He ର ଦୁଇଟି (ଡ୍ୟୁପ୍ଲେଟ ବା Duplet) ଓ ଅନ୍ୟମାନଙ୍କର ଅଷ୍ଟକ (Octet) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବିନ୍ୟାସ ଦୃଢ଼ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ପରମାଣୁ ମାନେ ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ନଥାନ୍ତି କି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ନଥାନ୍ତି, ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା ସାଧାରଣତଃ ଶୂନ୍ୟ (0) । କିନ୍ତୁ ଆଜିକାଲି ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସରୁ ମଧ୍ୟ ଯୌଗିକ ତିଆରି ହୋଇସାରିଲାଣି ଯେଉଁଥିରେ ଜେନନ (Xe) ଭଳି ମୌଳିକର ଯୋଜ୍ୟତା 2, 4, 6, 8 ହୋଇପାରୁଛି । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ପରେ କରାଯିବ ।

's' (ବାମ ଭାଗ) ଓ 'p' (ଡାହାଣ ଭାଗ) ବ୍ଲକ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣ ମୌଳିକ ବା ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ (Normal or representative elements) କୁହାଯାଏ ।

SAQ (Self Assessment Questions) :

(1) ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଦେଖି ନିମ୍ନଲିଖିତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଗ୍ରୁପ୍ ଓ ପିରିୟଡ୍ ସଂଖ୍ୟା ଲେଖ, ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ବାହ୍ୟ ସେଲ୍‌ରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି ଲେଖ । Ca, F, Na, S, Al, Ar, Br, Bi

(2) Cl କେଉଁ ଗ୍ରୁପରେ ଅନ୍ତର୍ଭୂକ୍ତ ? ଏହାର ବାହ୍ୟ ସେଲର 'p' ଉପସେଲରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି । ଏହାର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା କେତେ ? ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଜ୍ୟତ କେତେ ?

(3) ନିମ୍ନଲିଖିତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ସହଯୋଜ୍ୟତା ଓ ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା କେତେ ?

O, P, C, Br, Xe

(4) ନିମ୍ନଲିଖିତ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା ଏବଂ କେଉଁଟି ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ସହଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ଯୋଜ୍ୟତା ଗୁଡ଼ିକର ମାନ କେତେ ? O, Cl, Ca, Na, N

(5) ଗୋଟିଏ ମୌଳିକର ବାହ୍ୟ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା $3s^2\ 3p^2$ । ମୌଳିକଟି କିଏ ? ଏହା କେଉଁ ଗ୍ରୁପ୍ ଏବଂ କେଉଁ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଅବସ୍ଥିତ ? ଏହାର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା କେତେ ହେବ ?

(6) ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ(X)ର ବାହ୍ୟ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା $3s^1$ ଏବଂ ଆଉ ଏକ ମୌଳିକ(Y)ର ସେଲ୍ କକ୍ଷ ସଂରଚନା $2s^2\ 2p^4$ । ଏହି ମୌଳିକ ଦ୍ୱୟ କିଏ ? ପ୍ରତ୍ୟେକଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା କେତେ ? ଏମାନେ ମିଶି ତିଆରି କରୁଥିବା ଏକ ଯୌଗିକ ଅଣୁର ସଂକେତ ଲେଖ।

d - ବ୍ଲକ (d-block)

ଏସବୁ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ ପାର୍ଥକ୍ୟକାରୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ(differentiating electron) ଏକ 'd' ଅର୍ବିଟାଲରେ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ପାର୍ଥକ୍ୟକାରୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଅର୍ଥ ହେଲା ଗୋଟିଏ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକରୁ ସେହି ସିରିଜରେ ତାହାର ପର ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକକୁ ଗଲେ, ଆମେ କେବଳ 'd' ଅର୍ବିଟାଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବାର ଦେଖିବା । ଏହାର କିଛି ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି, ଯାହାର କାରଣର ଆଲୋଚନା ଆମେ ଏହି ପୁସ୍ତିକାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

Group 3(IIIB) : Scandium Family : $_{21}Sc$: $[Ar]3d^1\ 4s^2$; $_{39}Y$: $[Kr]4d^1\ 5s^2$

ଏହି ଗ୍ରୁପର ଦୁଇଟି ମୌଳିକରେ ns ରେ 2ଟି ଓ (n-1)d ରେ 1ଟି, ମୋଟ 3ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବାହ୍ୟ ସେଲମାନଙ୍କରେ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 3 ହୋଇଛି ।

(ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ଓ ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ସିରିଜର ଅନ୍ୟ 15 ଟି ଲେଖାଏଁ ମୌଳିକର ବାହ୍ୟ ସେଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ପରେ ଦିଆଯାଇଛି ।)

Group 4(IVB) : Titanium Group :

$_{22}Ti$: $[Ar]3d^2\ 4s^2$; $_{40}Zr$: $[Kr]4d^2\ 5s^2$

$_{72}Hf$: $[Xe]\ 4f^{14}\ 5d^2\ 6s^2$ $_{104}Rf$: $[Rn]\ 5f^{14}\ 6d^2\ 7s^2$

ଏହି ଗ୍ରୁପର ସମସ୍ତ ମୌଳିକରେ ns ରେ 2ଟି ଓ (n-1)d ରେ 2ଟି, ମୋଟ 4ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବାହ୍ୟ ସେଲମାନଙ୍କରେ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 4 ହୋଇଛି ।

Group 5(VB) : Vanadium Group :

$_{23}V$: $[Ar]3d^3\ 4s^2$; **$_{41}Nb$: $[Kr]4d^4\ 5s^1$**

$_{73}Ta$: $[Xe]\ 4f^{14}\ 5d^3\ 6s^2$ $_{105}Db$: $[Rn]\ 5f^{14}\ 6d^3\ 7s^2$

ଏହି ଗ୍ରୁପର ସମସ୍ତ ମୌଳିକରେ ns ରେ 2ଟି ଓ (n-1)d ରେ 3ଟି, ମୋଟ 5ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବାହ୍ୟ ସେଲମାନଙ୍କରେ ରହିଛି ।କିନ୍ତୁ **Nb** ରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଏଥିରେ 4d ଅର୍ବିଟାଲରେ 4 ଟି ଓ 5s ଅର୍ବିଟାଲରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି, ଯଦିଓ ମୋଟ 5 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 5 ହୋଇଛି ।

Group 6(VIB) : Chromium Group :

$_{24}$**Cr: [Ar]3d^5 4s^1**; $_{42}$**Mo: [Kr]4d^5 5s^1**

$_{74}$W : [Xe] 4f^{14} 5d^4 6s^2 $_{106}$Sg : [Rn] 5f^{14} 6d^4 7s^2

ଏହି ଗୃପର ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି(Cr, Mo)ରେ (n-1)d ରେ 5ଟି ଓ ns ରେ 1 ଟି, ମୋଟ 6ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ମାତ୍ର ଶେଷ ଦୁଇଟିରେ(W, Sg) (n-1)d ରେ 4ଟି ଓ ns ରେ 2 । ଏ ସମସ୍ତ ମୌଳିକରେ ବାହ୍ୟ ସେଲ ମାନଙ୍କରେ 6 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 6 ହୋଇଛି ।

(ବି.ଦ୍ର: 1. କେତେକ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ବ୍ରତିକ୍ରମ ଥିବା ଇଲେକଟ୍ରନ ସଂରଚନାର କାରଣ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା ହେବ ନାହିଁ ।)

2. Zn ଗୃପ୍ ବୃତୀତ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ଟ୍ରାନଜିସନ ଗୃପ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଭୟ ns ଓ (n-1)d ଅର୍ବିଟାଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନମାନଙ୍କୁ ଯୋଜ୍ୟତା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଧରାଯାଇଥାଏ, କାରଣ ଏହି ଦୁଇ ଅର୍ବିଟାଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନମାନଙ୍କର ଶକ୍ତିର ପ୍ରଭେଦ ବହୁତ କମ୍ ଥାଏ ।)

Group 7(VIIB) : **Manganese Group :**

$_{25}$Mn: [Ar]3d^5 4s^2; $_{43}$Tc: [Kr]4d^5 5s^2

$_{75}$Re : [Xe] 4f^{14} 5d^5 6s^2 $_{107}$Bh : [Rn] 5f^{14} 6d^5 7s^2

ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 5ଟି ଓ ns ରେ 2 ଟିମୋଟ 7ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 7 ହୋଇଛି ।

Group 8(VIII) : **Iron Group :**

$_{26}$Fe: [Ar]3d^6 4s^2; $_{44}$**Ru: [Kr]4d^7 5s^1**

$_{76}$Os : [Xe] 4f^{14} 5d^6 6s^2 $_{108}$Hs : [Rn] 5f^{14} 6d^6 7s^2

ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 6ଟି ଓ ns ରେ 2 ଟି, ମୋଟ 8ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । କିନ୍ତୁ **Ru** ରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଏଥିରେ 4d ଅର୍ବିଟାଲରେ 7 ଟି ଓ 5s ଅର୍ବିଟାଲରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି, ଯଦିଓ ମୋଟ 8 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 8 ହୋଇଛି ।

Group 9(VIII) : **Cobalt Group :**

$_{27}$Co: [Ar]3d^7 4s^2; $_{45}$**Rh: [Kr]4d^8 5s^1**

$_{77}$Ir : [Xe] 4f^{14} 5d^7 6s^2 $_{109}$Mt : [Rn] 5f^{14} 6d^7 7s^2

ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 7ଟି ଓ ns ରେ 2 ଟି, ମୋଟ 9ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । କିନ୍ତୁ **Rh** ରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଏଥିରେ 4d ଅର୍ବିଟାଲରେ 8 ଟି ଓ 5s ଅର୍ବିଟାଲରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି, ଯଦିଓ ମୋଟ 9 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 9 ହୋଇଛି ।

Group 10(VIII) : Nickel Group :

$_{28}$Ni: [Ar]3d^8 4s^2; $_{46}$**Pd: [Kr]4d^{10} 5s^0**

$_{78}$**Pt : [Xe] 4f^{14} 5d^9 6s^1** $_{110}$Ds : [Rn] 5f^{14} 6d^8 7s^2

ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 8ଟି ଓ ns ରେ 2 ଟି ମୋଟ 10ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । କିନ୍ତୁ **Pd** ଓ **Pt** ରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । **Pd** ରେ 4d ଅର୍ବିଟାଲରେ 10 ଟି ଅଛି ଓ 5s ଅର୍ବିଟାଲରେ କୌଣସି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ନାହିଁ । **Pt** ରେ 5d ଅର୍ବିଟାଲରେ 9 ଟି ଅଛି ଓ 6s ଅର୍ବିଟାଲରେ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି ଯଦିଓ ସମସ୍ତଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ 10ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 10 ହୋଇଛି ।

Group 11(IB) : Copper Group :

$_{29}$**Cu: [Ar]3d^{10} 4s^1**; $_{47}$**Ag: [Kr]4d^{10} 5s^1**

$_{79}$**Au : [Xe] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1** $_{111}$Rg : [Rn] 5f^{14} 6d^9 7s^2

Rg ବ୍ୟତୀତ ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 10ଟି ଓ ns ରେ 1 ଟିମୋଟ 11ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 11 ହୋଇଛି ।

[ବିଦ୍ର: ଅତିଭାରି ମୌଳିକ(Rf - Og)ମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରମାଣିତ ହୋଇନାହିଁ, କେବଳ କ୍ୱାନ୍ଟମ୍ ମେକାନିକ୍ସ ଦ୍ୱାରା ଆକଳନ କରାଯାଇଛି ।)

Group 12(IVB) : Zinc Group :

$_{30}$Zn: [Ar]3d^{10} 4s^2; $_{48}$Cd: [Kr]4d^{10} 5s^2

$_{80}$Hg : [Xe] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 $_{112}$Cn : [Rn] 5f^{14} 6d^{10} 7s^2

ଏହି ଗୃପର ମୌଳିକମାନଙ୍କରେ (n-1)d ରେ 10ଟି ଓ ns ରେ 2 ଟିମୋଟ 12ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହି ଗ୍ରୁପର ନାମ 12 ହୋଇଛି ।

ଏଥର ଜାଣିପାରିଲ କି, d-ବ୍ଲକରେ; (n-1)d ଓ ns ରେ ସମୁଦାୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଯେତିକି ସେହି ଗୃପର ନମ୍ବର ସେତିକି ।

f - ବ୍ଲକ (f-block)

ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍ସ୍(Lanthanoids):

$_{57}$**La** : [Xe] **5d^1** 6s^2	$_{58}$**Ce** : [Xe] **4f^1 5d^1** 6s^2	$_{59}$Pr : [Xe] 4f^3 6s^2
$_{60}$Nd : [Xe] 4f^4 6s^2	$_{61}$Pm : [Xe] 4f^5 6s^2	$_{62}$Sm : [Xe] 4f^6 6s^2
$_{63}$Eu : [Xe] 4f^7 6s^2	$_{64}$**Gd** : [Xe] **4f^7 5d^1** 6s^2	$_{65}$Tb : [Xe] 4f^9 6s^2
$_{66}$Dy : [Xe] 4f^{10} 6s^2	$_{67}$Ho : [Xe] 4f^{11} 6s^2	$_{68}$Er : [Xe] 4f^{12} 6s^2
$_{69}$Tm : [Xe] 4f^{13} 6s^2	$_{70}$Yb : [Xe] 4f^{14} 6s^2	$_{71}$**Lu** : [Xe] 4f^{14} 5d^1 6s^2

ଏହି ସିରିଜରେ କେବଳ La, Ce ଓ Gd ର ବାହ୍ୟସେଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନାରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଆଉଫ୍‌ବାଉ ନିୟମ(Aufbau Principle) ଓ ମାଡ଼େଲଙ୍ଗ ସୂତ୍ର(Madelung's Rule) କୁ ଉଲ୍ଲଙ୍ଘନ କରି ଏମାନଙ୍କର **$5d^1$** ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ରହିଛି । ଏହାର କାରଣ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

ଆକ୍ଟିନଏଡସ୍(Actinoids):

$_{89}$**Ac** : [Rn] **$6d^1\ 7s^2$** $_{90}$**Th** : [Rn] **$6d^2\ 7s^2$** $_{91}$**Pa** : [Rn] **$5f^2\ 6d^1\ 7s^2$**

$_{92}$**U** : [Rn] **$5f^3\ 6d^1\ 7s^2$** $_{93}$**Np** : [Rn] **$5f^4\ 6d^1\ 7s^2$** $_{94}$Pu : [Rn] $5f^6\ 7s^2$

$_{95}$Am : [Rn] $5f^7\ 7s^2$ $_{96}$**Cm** : [Rn] **$5f^7\ 6d^1\ 7s^2$** $_{97}$Bk : [Rn] $5f^9\ 7s^2$

$_{98}$Cf : [Rn] $5f^{10}\ 7s^2$ $_{99}$Es : [Rn] $5f^{11}\ 7s^2$ $_{100}$Fm : [Rn] $5f^{12}\ 7s^2$

$_{101}$Md : [Rn] $5f^{13}\ 7s^2$ $_{102}$No : [Rn] $5f^{14}\ 7s^2$ $_{103}$**Lr** : [Rn] **$5f^{14}\ 7s^2\ 7p^1$**

ଏହି ସିରିଜରେ କେବଳ Ac, Th, Pa, U, Np, Cm ଓ Lr ର ବାହ୍ୟସେଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନାରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ରହିଛି । ଏମାନେ ଆଉଫ୍‌ବାଉ ନିୟମ(Aufbau Principle) ଓ ମାଡ଼େଲଙ୍ଗ ସୂତ୍ର(Madelung's Rule) କୁ ଉଲ୍ଲଙ୍ଘନ କରୁଛନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ଉଦ୍‌ଜାନ/ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌ର (H) ର ବ୍ୟତିକ୍ରମୀ ସ୍ଥିତି

(Anomalous position of Hydrogen in Periodic Table)

ଯଦିଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ (H) ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ 1 ମ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ସ୍ଥାନିତ ହୋଇଥାଏ, ତଥାପି ପ୍ରକୃତରେ ଏହାର ଅବସ୍ଥାନ ଅତ୍ୟନ୍ତ ବିବାଦୀୟ । ଏହାକୁ ଗ୍ରୁପ୍ 1(IA), ଗ୍ରୁପ୍ 17(VIIA) ଏବଂ ଗ୍ରୁପ୍ 14(IVA) ରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନିତ କରାଯାଇପାରିବ, କାରଣ ଏହି ତିନୋଟିଯାକ ଗୃପ୍‌ର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ସହିତ ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ଅନେକ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହିଛି । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅଧାତୁ ହୋଇଥିବାରୁ କ୍ଷାର ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ସହ ଗ୍ରୁପ୍ 1 ରେ ରଖିବା ଅବାଞ୍ଛନୀୟ ମନେହୁଏ, କିନ୍ତୁ କ୍ଷାର ଧାତୁର ରାସାୟନିକ ଧର୍ମ ସହ ଏହାର କିଛିଟା ସମାନତା ଥିବାରୁ, ଗ୍ରୁପ୍ 1 ରେ ଏହାର ସ୍ଥାନ ଗ୍ରହଣଯୋଗ୍ୟ ଅଟେ । ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ଏହି ଅସ୍ୱାଭାବିକ ପ୍ରକୃତି ଯୋଗୁଁ ଏହାକୁ 'ବ୍ୟତିକ୍ରମୀ ସ୍ଥିତି' (Anomalous Position) ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ନିମ୍ନରେ ଉପରୋକ୍ତ ତିନୋଟି ଗୃପ୍ ମାନଙ୍କ ସହିତ ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ସମାଞ୍ଜସ୍ୟ ଗୁଡ଼ିକ ଆଲୋଚନା କରାଗଲା ।

ଗ୍ରୁପ୍ 1 ସହିତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ:

(i) କ୍ଷାରଧାତୁ ଯେଭଳି ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଏକକ ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ବା କାଟାୟନ (Na^+) ରେ ପରିଣତ ହୁଏ, ସେହିପରି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ହାଡ୍ରୋଜେନ ଆୟନ (H^+) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

କ୍ଷାର ଧାତୁ: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

ଉଦ୍‌ଜାନ: $H \rightarrow H^+ + e^-$

(ii) ଏହା ବ୍ୟତୀତ, ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଗ୍ୟାସ, କ୍ଷାର ଧାତୁ ଭଳି ଏକ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ବିଜାରକ(Reducing Agent/ Reductant) । ଏହା ଅଧିକାଂଶ ଅଧାତୁ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରାୟା କରିଥାଏ ।

(iii) ତରଳ କ୍ଷାରଧାତୁ ଲବଣର(ମନେକର NaCl) ବିଦ୍ୟତ ବିଶ୍ଳେଷର ହେଲେ ଯେପରି କ୍ୟାଥୋଡ଼ରେ ଯୁକ୍ତାୟନ (Na^+) ବିଜାରିତ ହାଇ ଧାତୁ(Na) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ, ସେହିଭଳି ଏକ ଲଘୁ ଅମ୍ଳର ବିଦ୍ୟତ ବିଶ୍ଳେଷଣରୁ କ୍ୟାଥୋଡ଼ରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଆୟନ(H^+) ମଧ୍ୟ ବିଜାରିତ ହୋଇ H_2 ଗ୍ୟାସ୍ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

ଗ୍ରୁପ୍ 17 ସହିତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ:

ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌କୁ ମଧ୍ୟ ଗ୍ରୁପ୍ 17 (VIIA) ର ପ୍ରଥମ ମୌଳିକ ଭାବେ F ର ଉପରେ ସ୍ଥାନ ଦିଆଯାଇପାରିବ । କାରଣ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ସହିତ ହାଲୋଜେନ୍ (F,Cl,Br,I) ମାନଙ୍କର କେତେକ ଧର୍ମଗୁଣ ସମାନ ରହିଛି ।

(i) ହାଲୋଜେନ ଭଳି (F_2, Cl_2, Br_2, I_2) ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଧ୍ୟ ଏକ ଦୁଇ ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଣୁ (H_2) ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ।

(ii) ହାଲୋଜେନ ଭଳି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଧ୍ୟ ଏକ ଅଧାତୁ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ।

(iii) ହାଲୋଜେନ ଭଳି ହାଇଡ୍ରେଜେନର ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତି(Ionization Energy) ଅଧିକ, ମାତ୍ର ଏମାନଙ୍କ ତୁଳନାରେ କ୍ଷାରଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତି ବହୁତ କମ୍ । ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତି ସମ୍ପର୍କରେ ଦ୍ୱତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚନା ହୋଇଛି ।

(iv) ହାଲୋଜେନ ପରମାଣୁ ଯେପରି ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଏକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ (ହାଲାଇଡ୍ ଆୟନ) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ଓ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସର ଦୃଢ ଅଷ୍ଟକ(stable octet) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ଲାଭ କରିଥାଏ, ସେହିପରି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ହିଲିୟମ(He) ର ଦୃଢ ଦ୍ୱତୀୟକ(stable duplet) ସଂରଚନା ଲାଭ କରି ହାଇଡ୍ରାଇଡ଼ ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ।

$Cl + e^- \rightarrow Cl^-$ (କ୍ଲୋରାଇଡ୍ ଆୟନ)

$H + e^- \rightarrow H^-$ (ହାଇଡ୍ରାଇଡ୍ ଆୟନ)

(v) ହାଲୋଜେନ ଧାତୁମାନଙ୍କ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି ହାଲାଇଡ଼୍ ଲବଣ ସୃଷ୍ଟ କଲା ଭଳି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଧାତୁମାନଙ୍କ ସହିତ ମିଶି ହାଇଡ୍ରାଇଡ଼ ଲବଣ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ, ଉଦାହରଣ ସରୂପ NaH, CaH_2 ଇତ୍ୟାଦି । ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣରେ ଏନୋଡ୍‌ରେ ହାଲାଇଡ଼ ଲବଣ(NaCl) ଜାରିତ ହୋଇ ହୋଲୋଜେନ(Cl_2,) ସୃଷ୍ଟି କଲା ଭଳି, ହାଇଡ୍ରାଇଡ଼ ଲବଣ(NaH) ଏନୋଡ଼ରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଗ୍ୟାସ(H_2) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

$2H^- \rightarrow H_2 + 2e^-$

ଗ୍ରୁପ୍ 14 ସହିତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ:

(i) ଗ୍ରୁପ୍ 14 ର ମୌଳିକ (C, Si, Ge...) ମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ(ଶେଷ ସେଲ) ଅର୍ଦ୍ଧପୂର୍ଣ୍ଣ ($ns^2np^2=4 = 8/2$) ହେବା ଭଳି ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ମଧ୍ୟ ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ ଅର୍ଦ୍ଧପୂର୍ଣ୍ଣ ($1s^1=1 = 2/2$) ।

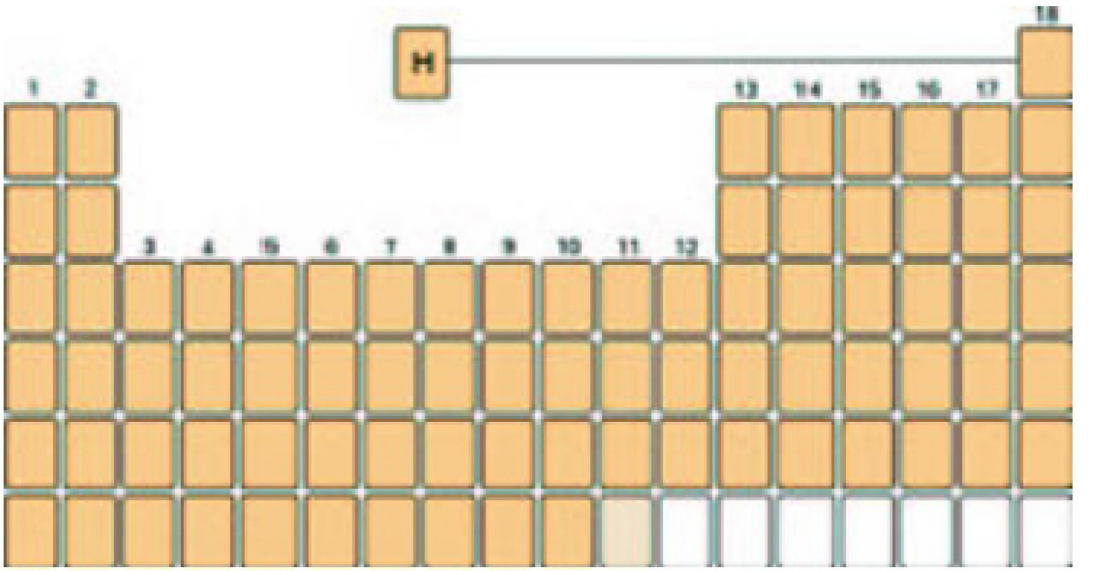
(ii) ଗୃପ୍ 14 ର C, Si ମାନେ ଅନ୍ୟ ଅଧାତୁମାନଙ୍କ ସହିତ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ ସୃଷ୍ଟି କଲା ଭଳି (CO_2, $SiCl_4$, CS_2), ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଧ୍ୟ ଅଧାତୁମାନଙ୍କ ସହିତ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ କରିଥାଏ (H_2O, H_2S, HCl) ।

(iii) ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ବିଦ୍ୟୁତରୂଣାତ୍ମକତା (Electronegativity) 2.2 ହେବାବେଳକୁ C ର ଏହି ମାନ 2.5 ଯାହା H ର ପାଖାପାଖି । ତେଣୁ ଉଭୟ ହେଲେ ଅଧାତୁ ଓ ଏମାନେ ଅନ୍ୟ ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କ ସହିତ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ କରିଥାନ୍ତି ।

(iv) ଉଭୟ H_2 ଓ C ହେଲେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିଜାରକ(Reducing Agents) । ଉଭୟ ଧାତବ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ବିଜାରିତ କରି ସେମାନଙ୍କର ଧାତୁ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ।

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O \; ; \qquad CuO + C \rightarrow Cu + CO$$

ଏହିସବୁ କାରଣରୁ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌କୁ ଗୃପ୍ 1, ଗୃପ୍ 17 ଓ ଗୃପ୍ 14 ରେ ରଖାଯାଇପାରିବ। କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ କୌଣସି ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ରହିବା କଥା ନୁହେଁ, ସ୍ଥାନ ଅଭାବରୁ ତାହାକୁ ଗ୍ରୁପ 1 ରେ ରଖାଯାଇଛି । ବାସ୍ତବରେ ଏହା ଗୋଟିଏ ଏକ-ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ରୁପ୍ କହିଲେ ଅତ୍ୟକ୍ତି ହେବ ନାହିଁ । ଏହି ସମସ୍ୟାକୁ ସମାଧାନ କରିବାପାଇଁ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଯଥା ପିଟର୍ ଆଟକିନସ୍(Peter Atkins) ଓ ହର୍ବ କେସଜ୍(Herb Kaesz) 2003 ମସିହାରେର ଆଉ ଏକ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀକୁ ଗ୍ରହଣ କରିବାପାଇଁ IUPAC କୁ ମତଦେଇଥିଲେ, ଯେଉଁଥିରେ ସେମାନେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନକୁ କୌଣସି ଗୃପରେ ନରଖି ସାରଣୀର ଉପର ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନର ମଝିରେ ଝୁଲୁଥିବା ଭଳି ରଖିଥିଲେ, ଯାହାର ନମୁନା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା । ମାତ୍ର ସେମାନଙ୍କର ଏହି ପ୍ରସ୍ତାବକୁ ଏପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇନାହିଁ । IUPAC ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ ସାରଣୀରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନକୁ ଗୃପ 1 ରେ ରଖାଯାଇଛି ।



ଜାଣିବା କଥା:

ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ବିଭିନ୍ନ ରଙ୍ଗ(Colours of Hydrogen) :

ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଏକ ବର୍ଣ୍ଣହୀନ(Colourless) ଗ୍ୟାସ ହୋଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ଏହାର ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଏବଂ ପରିବେଶ ଉପରେ ପଡୁଥିବା ପ୍ରଭାବକୁ ଆଧାର କରି ଏହାକୁ ବିଭିନ୍ନ ରଙ୍ଗର ସଙ୍କେତ ଦିଆଯାଇଛି । ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରମୁଖ ରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚନା କରାଗଲା ।

1. ଧୂସର ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(Grey Hydrogen) : ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଶ୍ୱରେ ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ଧୂସର ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଉଛି । ଏହା ପ୍ରାକୃତିକ ଗ୍ୟାସ୍ (Natural Gas) କିମ୍ବା ମିଥେନ୍(CH_4)ରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣରେ କାର୍ବନ ଡ଼ାଇଅକ୍ସାଇଡ୍(CO_2) ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବାରୁ ଏହା ପରିବେଶ ପାଇଁ ହାନିକାରକ ଅଟେ ।

2. ନୀଳ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(Blue Hydrogen): ଏହା ମଧ୍ୟ ପ୍ରାକୃତିକ ଗ୍ୟାସରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ଏହାର ଉତ୍ପାଦନ ସମୟରେ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା CO_2 କୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ନଛାଡ଼ି ବିଶେଷ ପ୍ରଯୁକ୍ତି ବିଦ୍ୟା(Carbon Capture and Storage) ଦ୍ୱାର ଭୂତଳେ ସଂରକ୍ଷିତ କରି ରଖାଯାଏ । ଏହା ଧୂସର ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ତୁଳନାରେ ସ୍ୱଚ୍ଛ ହେଲେ ସୁଦ୍ଧା, ଏହାର ଉତ୍ପାଦନ ବାଣିଜ୍ୟିକ ଭାବରେ ସେତେଟା ସଫଳତା ପାଇ ପାରିନାହିଁ ।

3. ସବୁଜ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(Green Hydrogen): ଏହା ସବୁଠାରୁ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାରଣ ଏହା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପେ ପ୍ରଦୂଷଣମୁକ୍ତ ଏବଂ ଭବିଷ୍ୟତର ଇନ୍ଧନ ଅଟେ । ଅସରନ୍ତି ଶକ୍ତି(Renewable Energy) ଯେପରିକି ସୌର ଶକ୍ତି(Solar Energy) ବା ପବନ ଶକ୍ତି(Wind Power) ବ୍ୟବହାର କରି ଜଳର ବିଦ୍ୟୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ(Electrolysis of water) ଦ୍ୱାରା ଏହି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ କାର୍ବନ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଅକ୍ସିଜେନ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ତିନୋଟି ରଙ୍ଗ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ରଙ୍ଗର ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଧ୍ୟ ରହିଛି ଯଥା **ଗୋଲାପୀ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ**(Pink Hydrogen) ଯାହା ପରମାଣୁ ଶକ୍ତି(Nuclear Power) ଦ୍ୱାରା ଓ **କଳା ହାଇଡ୍ରୋଜେନ**(Black Hydrogen) ଯାହା କୋଇଲାରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏମାନେ ଅତ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରଦୂଷଣକାରୀ ।

ଇନ୍ଧନ ସେଲ ବା ଫୁଏଲ ସେଲ ଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଟର ଗାଡ଼ି (Fuel Cell and Hydrogen Vehicles) :

ଫୁଏଲ ସେଲ ଯାହା ବାସ୍ତବରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ-ଅକ୍ସିଜେନ ଫୁଏଲ୍ ସେଲ(H_2-O_2 Fuel Cell) ହେଉଛି ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ, ଯାହା ଗ୍ରୀନ୍ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଏବଂ ଅକ୍ସିଜେନର ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମରେ ସ୍ୱଚ୍ଛ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ତିଆରି କରିପାରେ ।

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି}$$

ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଅନ୍ୟ ଉତ୍ପାଦଟି ଜଳ(H_2O) ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାକୁ ପାନୀୟ ଭାବରେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିଥାଏ । ଏହି ପ୍ରଯୁକ୍ତି ବିଦ୍ୟା ଦ୍ୱାରା ଏବେ ବଡ଼ ବଡ଼ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ କାର, ବସ୍ ଓ ଟ୍ରକ(Hydrogen cars, trucks and buses) ଚାଲିବା ଆରମ୍ଭ ହେଲାଣି ।

ଭାରତର ପ୍ରଥମ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ଟ୍ରେନ୍(India's first Hydrogen Train) : ଆମ ଭାରତ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଐତିହାସିକ ସଫଳତା ହାସଲ କରିଛି । ଭାରତର ପ୍ରଥମ ଗ୍ରୀନ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପାୱାର୍ଡ଼ ଟ୍ରେନ୍(Hydrogen Powered Train) ହରିଆଣାର ଜିନ୍ଦ-ସୋନିପତ(Jind-Sonipat) ରୁଟ୍‌ରେ ଜୁଲାଇ 17, 2026 ରୁ ଚାଲିବା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଛି । ଏହି 8-କୋଚ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ଟ୍ରେନ୍ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପେ ପ୍ରଦୂଷଣମୁକ୍ତ ଏବଂ ଭାରତୀୟ ରେଲବାଇର ନେଟ୍-ଜିରୋ କାର୍ବନ ମିଶନର ଏକ ପ୍ରମୁଖ ସ୍ତମ୍ଭ ।

ଧାତୁ ଏବଂ ଅଧାତୁର ଧର୍ମଗୁଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ

(Differences in Properties between Metals and Nonmetals)

(1) **ଗଳନାଙ୍କ** (melting point) ଓ **ଭୌତିକ ଅବସ୍ଥା** (physical state) :

ଧାତୁମାନଙ୍କର ଗଳନାଙ୍କ ଅଧିକ, ଯଥା Mg=649^{0}C, Na=98^{0}C Fe=1535^{0}C Cu=1083^{0}C

କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନଙ୍କର ଗଳନାଙ୍କ କମ୍, ଯଥା N_2= –210^{0}C, P_4 = 44^{0}C, O_2 = – 218^{0}C, Ar = – 189^{0}C) ।

B ଓ C ରେ ଏହାର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଦେଖାଯାଏ, B = 2300^{0}C, C (ହୀରା ବା ଡ଼ାଇମଣ୍ଡ)=3547^{0}C

ଏଠାରେ ସ୍ମରଣ କରାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ହୀରା (Diamond) ହେଲା ଅଙ୍ଗାରକ (C) ର ଏକ ଅପରରୂପୀ (allotrope) । ଏହି ଦୁଇ ମୌଳିକରେ ପରମାଣୁମାନେ ସହସଂଯୋଜୀ ବନ୍ଧ ଦ୍ୱାରା ଯୋଡ଼ି ହୋଇ ଜାଲକ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି, ତେଣୁ ଅଧିକ ତାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ, ବନ୍ଧଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗି ତରଳି ଥାନ୍ତି । ପାରଦ (Hg) ବ୍ୟତୀତ ସମସ୍ତ ଧାତୁ ସାଧାରଣ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଆନ୍ତି । ପାରଦ, ଧାତୁ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନେ ସାଧାରଣତଃ ଗ୍ୟାସୀୟ (ଯଥା O_2, N_2, Ar, Kr, H_2 ପ୍ରଭୃତି) କିମ୍ବା ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ (Br_2) ଥାଆନ୍ତି । କେତେକ ଅଧାତୁ ନରମ କଠିନ(soft solid) ଅବସ୍ଥାରେ (P_4, S_8, I_2)ମଧ୍ୟ ଥାଆନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ହେଲା ଏକ ଧାତୁକୁ ତରଳାଇବାକୁ ହେଲେ, ସେଥିରେ ଥିବା ସବଳ ଧାତବ ବନ୍ଧନ (Metallic Bond) କୁ ଦୁର୍ବଳ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ ଅଧିକ ତାପ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନଙ୍କୁ ତାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ, ସେମାନଙ୍କ ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୁର୍ବଳ ଆନ୍ତଃ ଆଣବିକ ବଳ ବା ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ୍ ବଳ(Van der Walls forces) କୁ ଆହୁରି ଦୁର୍ବଳ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ, ଯେଉଁଥିପାଇଁ ତାହାକୁ ତରଳାଇବାକୁ କମ ତାପଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

(3) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହିତା (Electrical Conductivity)

ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତର ସୁପରିବାହୀ । ଏମାନଙ୍କ ଭିତରେ ଥିବା ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ(Free electron) ଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବହନ କରାଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନଙ୍କରେ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ନଥାଏ । ତେଣୁ ସେମାନେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର କୁପରିବାହୀ । ତମ୍ବା (Cu) ତାର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ କିନ୍ତୁ ଏକ ଗନ୍ଧକ (S) ଖଣ୍ଡ ଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । କେବଳ ଅଧାତୁ ଅଙ୍ଗାରକ (C) ର ଆଉ ଏକ ଅପରରୂପୀ (allotrope) ***ଗ୍ରାଫାଇଟ୍*** ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ସୁପରିବାହୀ । ଏହା ଏକ ବ୍ୟତୀକ୍ରମ । ଏହାର କାରଣ ଏଠାରେ ଆଲୋଚିତ ହେବ ନାହିଁ ।

(3) ତାପର ପରିବାହିତା : ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକ ତାପର ମଧ୍ୟ ସୁପରିବାହୀ ଏବଂ ଅଧାତୁ ମାନେ ତାପର କୁପରିବାହୀ । ଧାତୁ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ତାପ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରୁ ଆଉ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନକୁ ପରିବାହିତ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ତମ୍ବା (Cu) ତାରର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ତାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କିଛି ସମୟ ପରେ ତାରର ଅପର ପାର୍ଶ୍ୱଟି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଯାଏ, କିନ୍ତୁ ଏକ ଆୟୋଡ଼ିନ୍ (I_2) ଖଣ୍ଡର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ତାପ ଦେଲେ ଅପର ପାର୍ଶ୍ୱଟି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ ନାହିଁ, କାରଣ ଅଧାତୁମାନେ ତାପର କୁପରିବାହୀ ।

(4) ଧାତବ ଦ୍ୟୁତି (Metallic Lusture):

ଗୋଟିଏ ଧାତୁକୁ ନୂଆ କରି କାଟିଲେ କିମ୍ବା ପାଲିସ୍ କଲେ ତାହା ଚକ୍ ଚକ୍ କରେ, ଏହାକୁ ଧାତବ ଦ୍ୟୁତି କୁହାଯାଏ । ଏହି ଦ୍ୟୁତି ବା ପୃଷ୍ଠ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତା ଅଧାତୁମାନଙ୍କରେ ନଥାଏ । ଧାତୁ ଉପରେ ଆଲୋକ ପଡ଼ିଲେ ତାହା ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଦ୍ୱାରା ବୁଚ୍ଛୁରିତ(scattering of light) ହୋଇ ଏହି ଧାତବ ଦ୍ୟୁତି ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

(5) ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଦୃଢ଼ତା (Mechanical Strength):

ପାରଦ ଓ କ୍ଷାର ଧାତୁ ବ୍ୟତୀତ, ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ବହୁତ ଶକ୍ତ ବା ଦୃଢ଼ । ଏମାନଙ୍କୁ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ସହଜରେ ସେମାନଙ୍କର ଆକୃତିର (shape) ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏନାହିଁ । ଏକ ଲୁହା ତାରକୁ ଦୁଇପଟ ଟାଣିଲେ ତାହାର ଲମ୍ବର ବୃଦ୍ଧି ସହଜରେ ଘଟେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁ ମାନେ ସାଧାରଣତଃ ନରମ । ଏକ ଅଧାତୁ ଯଥା ଗନ୍ଧକ ବା ଫସଫରସ ଖଣ୍ଡକୁ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହାର ଆକୃତି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ ।

(6) ନମନୀୟତା (Malleability) :

ଧାତୁକୁ ଏକ ହାତୁଡ଼ି (hammer) ରେ ପିଟିଲେ ତାହା ଚାପି ହୋଇ ପତଳା ଚାଦର ହୋଇଯାଇଥାଏ । ଏହାକୁ ନମନୀୟତା କୁହାଯାଏ । ଅଧାତୁମାନଙ୍କର ଏହି ପ୍ରକୃତି ନଥାଏ । ଏମାନଙ୍କୁ ହାତୁଡ଼ିରେ ପିଟିଲେ ଭାଙ୍ଗିଯାଆନ୍ତି (brittleness) । ଧାତୁରେ ଥିବା ଦୃଢ ଧାତବ ବନ୍ଧନ ଯୋଗୁଁ ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ଯାହା ଏଠାରେ ଆଲେଚିତ ହେବ ନାହିଁ ।

(7) ପ୍ରସାରଣଶୀଳତା (ductility) :

ଧାତୁମାନେ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ । ଧାତୁମାନଙ୍କୁ ଟଣାଯାଇ ପତଳା ତାର କରିହୁଏ କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନେ ପତଳା ତାର ସୃଷ୍ଟି କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏହି ତାର ସୃଷ୍ଟି କରିବା ଧର୍ମକୁ ପ୍ରସାରଣଶୀଳତା (ductility) କୁହାଯାଏ ।

ଧାତୁମାନଙ୍କର ଉପରୋକ୍ତ ସମସ୍ତ ଗୁଣ ସେଥିର ଥିବା ଧାତବ ବନ୍ଧନ ପାଇଁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କ ଗୁଣ ସବୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜୀ ବନ୍ଧ ଓ ଅଣୁ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୁର୍ବଳ ଆନ୍ତଃ ଆଣବିକ ବଳ ଯୋଗୁଁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସମ୍ପର୍କରେ ଅଧିକ ଜ୍ଞାନ ରାସାୟନିକ ବନ୍ଧନ ଶୀର୍ଷକ ପୁସ୍ତକରେ ପାଇବ ।

(8) ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଆୟନର ଧର୍ମ :

ସାଧାରଣତଃ ଧାତୁମାନେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଯୁକ୍ତାୟନ (+ve ion) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ଅଧାତୁମାନେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ବିଯୁକ୍ତାୟନ (–ve ion) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ଧାତୁମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କମ୍ ଏବଂ ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଶକ୍ତି ଅଧିକ ।

$$Na\ (\text{ଧାତୁ}) \rightarrow Na^{+} + e \qquad Cl(\text{ଅଧାତୁ}) + e \rightarrow Cl^{-}$$

ଉପଧାତୁ : (Metallind or semimetal)

B, Si, As, Te, Ge ପ୍ରଭୃତି ମୌଳିକମାନେ ଯେଉଁମାନେ B ର ତଳୁ ବାହାରୁ ଥିବା ତୀର୍ଯ୍ୟକ ସିଡ଼ିର ପାଖକୁ ଲାଗିଥାଆନ୍ତି ସେମାନଙ୍କର କିଛି ଧାତୁଗୁଣ ଅଛି ଓ କିଛି ଅଧାତୁ ଗୁଣ ଅଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ସିଲିକନ୍ (Si) ର ଧାତବ ଦ୍ୟୁତି (Metallic Lustre) ଅଛି । ଏହାର ଗଳନାଙ୍କ ଧାତୁଭଳି ବହୁତ ବେଶୀ କିନ୍ତୁ ଏହା ଅଧାତୁ ଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର କୁପରିବାହୀ । ଏବଂ ଏହାର ନମନୀୟତା (malleability) ଏବଂ ସଂପ୍ରସାରଣଶୀଳତା (ductility) ନାହିଁ । ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ମୌଳିକମାନେ ନା ପୂର୍ଣ୍ଣ ଧାତୁ ଶ୍ରେଣୀର ନା ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଧାତୁ ଶ୍ରେଣୀର, ସେଥିପାଇଁ ଏମାନଙ୍କୁ ଉପଧାତୁ (metalloid or semimetals) କୁହାଯାଏ । ଅବଶ୍ୟ Si, Ge ଭଳି ଉପଧାତୁରେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ଖାଦ (impurities) ମିଶାଇ ତାକୁ ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ(Semiconductor) କରିହୋଇଥାଏ ।

❐

Answers to SAQ

1. Ca = G2, P4; F = G17, P2; Na = G1, P3; S = G16, P=3; Al = G13, P3, Ar = G18,P3; Br = G17,P4, Bi = G15,P6

2. Cl = G17, $3p^5$ (5 electrons in 3p subshell), Max Valency = +7, Electrovalency = -1

3. O = +2, -2; P = +5, -3; C = +4, -4; Br = +7, -1; Xe = +8, 0

4. Na, Ca = Only electrovalency 1+ and 2+ respectively

O, Cl, N =Botth Electrovalency(-2, -1, -3 respectively) and Covalency(+2, +7, +4 respectively)

5. Si, Gr14, P3, +4

6. X = Na(1+), Y = O(2-); Na_2O

❐

ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନ(Practice Questions)

ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(୧ମ ଅଧ୍ୟାୟ)

1. କେଉଁ ଗ୍ରୁପର ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସାମୁହିକ ଭାବେ ମୂଖ୍ୟ ଗ୍ରୁପ୍ ବା ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ (Main Group / Representative Elements) କୁହାଯାଏ ?

2. ଧାତୁ ଓ ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କୁ ଅଲଗା କରୁଥିବା ବିଭାଜନକାରୀ କାଳ୍ପନିକ ସିଢ଼ି କେଉଁଠାରେ ଥାଏ ?

3. ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ସମୁଦାୟ କେତୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ଅଛି ଏବଂ ଏହି କେଉଁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ?

4. ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପମାତ୍ରା ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ନିମ୍ନରୁ କେଉଁଟି କଠିନ(S), କେଉଁଟି ତରଳ(L) ଓ କେଉଁଟି ଗ୍ୟାସୀୟ(G) ଉଲ୍ଲେଖ କର .

P_4, Cl_2, Fe, Br_2, Hg, Na, I_2, S_8, Xe

5. କେଉଁ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ପରଠାରୁ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ? ସେହି ସଂଖ୍ୟା ପୂର୍ବରୁ କେଉଁ ମୌଳିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟନ୍ତି ?

6. ନିମ୍ନରୁ କେଉଁ ମୌଳିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ(**R**adioactive) ଓ କେଉଁଟି ସ୍ଥାୟୀ(**S**table) ?

At, Cs, Rn, Pa, Tc, Fr, Bi, Am

7. ନିମ୍ନରୁ କେଉଁଟି କେଉଁ ପରିବାର ବା ଗ୍ରୁପର ଉଲ୍ଲେଖ କର । ପ୍ରତି ଗ୍ରୁପର ଯଦି ସାମୁହିକ ପରିବାରର ନାମ ଥାଏ ଯଥା କ୍ଷାର ଧାତୁ, ବୋରନ ପରିବାର, କାର୍ବନ ପରିବାର, ହାଲୋଜେନ, ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ ଇତ୍ୟାଦି, ତେବେ ତାହା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

K, Al, As, S, I, Ar, Mg, Ge, Sn, Bi, Te

8. ନିମ୍ନରୁ କେଉଁଟି ମୂଖ୍ୟ ଗ୍ରୁପ ବା ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ(R) ଓ କେଉଁଟି ଟ୍ରାନଜିସନ ବା ସଂକ୍ରମଣ ମୌଳିକ(T) ?

Pb, Co, Ba, Cu, Hg, Cl, Ne, V, W, Ga, Au, K, Pt

9. ନିମ୍ନ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଗ୍ରୁପ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

Fe, Cr, Au, Cd, Co, Pt, Ir

10. ନିମ୍ନରୁ କେଉଁଟି ଲାନ୍ଥାନଏଡ଼୍(Ln) ଓ କେଉଁଟି ଆକ୍ଟିନଏଡ(An) ମୌଳିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

Pm, U, Gd, Np, Ac, Ce

11. p-ବ୍ଲକର ଯେ କୌଣସି ଗ୍ରୁପରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ନିରୂପଣ କରିବା ପାଇଁ କେଉଁ ମ୍ୟାଜିକ ସଂଖ୍ୟା ତୁମେ ବ୍ୟବହାର କରିବ ? (He କୁ ଗ୍ରୁପ 18 ରୁ ବାଦ ଦିଅ)

12. ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ମୌଳିକ ମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କେଉଁ ଗ୍ରୁପ୍ ଓ କେଉଁ ପିରିୟଡ୍ ରେ ଅବସ୍ଥିତ ?

S, Sr, P, I, Kr, Co, Pt, Au, V, Mn, Ga

13. ନିମ୍ନରୁ କେଉଁଟି ଧାତୁ, ଉପଧାତୁ ଏବଂ ଅଧାତୁ ? Bi, I, Ge, Xe, Mo, Sb, U

14. ଦୁର୍ଲ୍ଲଭ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ(Rare Earth Metals) ଓ ଗୁରତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଖଣିଜ(Critical Minerals) କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ? ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ କଣ ?

15. ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଧାତୁ, କେଉଁଟି ପ୍ଲାଟିନମ ବର୍ଗ ଧାତୁ ଓ କେଉଁଟି ଉଭୟ ?

Pd, Au, Cu, Os, Ag

16. ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କେଉଁଟି କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ? ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ବିରଳ ପ୍ରାୟ ?

Th, Tc, Am, Pb, Ds, At

17. ସବୁଜ ଓ ଧୂସର ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କଣ ?

18. ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ମୌଳିକ ପରମାଣୁଙ୍କ ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରହିଥାଏ ?

Sb, Cs, Fe, Si, O, Zn

19. ଗ୍ରୁପ୍ 2, 13, 14, 15, 16, 17 ର ପ୍ରଥମ ମୌଳିକମାନେ ହେଲେ, Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8) ଓ F(9) । ଏମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ କ୍ରମାଙ୍କ ବନ୍ଧନୀ ମଧ୍ୟରେ ଦିଆଯାଇଛି । ମ୍ୟାଜିକ୍ ସଂଖ୍ୟା ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ରୁପର ଅନ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପାରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଲେଖ ।

20(a): ଏମାନଙ୍କ ଭିତରୁ କେଉଁଟି ବିଦ୍ୟୁତର ସୁପରିବାହୀ : I_2, Fe, Si, Mn, P, S, C(graphite)

(b) ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ନମନୀୟ ନୁହେଁ ? S, Cu, Na, C(diamond)

21. ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଅସ୍ଥାୟୀ ନାମ ଲାଟିନ ଭାଷା ଅନୁଯାୟୀ କଣ ଥିଲା ? ସାରଣୀ ଦେଖି ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ନାମ ଗୁଡ଼ିକ ଲେଖ । 104, 106, 108, 110 111

❐

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ (Chapter-II)

ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଧର୍ମଗୁଣ (Periodic Properties)

ସାରଣୀର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପିରୟଡ୍‌ରେ ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ଗଲେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ଧିରେ ଧିରେ ପରବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ। ଧାତବ (metal) ଗୁଣ ଧିରେ ଧିରେ କମିଥାଏ ଏବଂ ଅଧାତବ (non metal) ଗୁଣ ଧିରେ ଧିରେ ବଢ଼ିଥାଏ। ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ସାରଣୀର B(Boron) ତଳୁ ଅଙ୍କା ଯାଇଥିବା ତୀର୍ଯ୍ୟକ ସିଢ଼ିର ବାମ ପଟେ ଥାଏ ଧାତୁ ଓ ଡାହାଣ ପଟେ ଥାଏ ଅଧାତୁ। ପ୍ରତି ପିରିୟଡ଼ର ବାମଭାଗ (s-block), ମଝିଭାଗ (d-block) ଗୁଡ଼ିକ ହେଲେ ଧାତୁ ଏବଂ ଡାହାଣ ଭାଗ (p-block) ରେ ଥାଆନ୍ତି ମୁଖ୍ୟତଃ ଅଧାତୁ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 2ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ Li ଏବଂ Be ହେଲେ ଧାତୁ B ଏକ ଉପଧାତୁ ଏବଂ C, N, O, F, Ne ହେଲେ ଅଧାତୁ। ସେହିଭଳି 3 ୟପିରିୟଡ଼ରେ Na, Mg Al ହେଲେ ଧାତୁ Si ହେଲା ଉପଧାତୁ P, S, Cl, Ar ହେଲେ ଅଧାତୁ। ପ୍ରତ୍ୟେକ ପିରିୟଡ଼ରେ ଧର୍ମଗୁଣର ଧିରେ ଧିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ- ଧାତବ ପ୍ରକୃତି କମୁଥାଏ ଏବଂ ଅଧାତବ ପ୍ରକୃତି ବଢୁଥାଏ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 3 ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ Na ଠାରୁ Mg ର ଧାତବ ପ୍ରକୃତି କମ୍ ଏବଂ Al ର ଧାତବ ପ୍ରକୃତି Na ଓ Mg ଠାରୁ କମ୍। ସେହିଭଳି Si ର ଅଧାତବ ପ୍ରକୃତି Al ଠାରୁ ଅଧିକ ଏବଂ ଅଧାତବ ପ୍ରକୃତି Al < Si < P< S < Cl କ୍ରମରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ ।

ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ମୌଳିକ ମାନେ ଏକ ପରିବାରର ହେଲେ ସୁଦ୍ଧା ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବହୁତ ଧର୍ମଗୁଣର ସମାନତା ରହିଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ଉପରୁ ତଳକୁ ଗଲେ ଧାତବ ପ୍ରକୃତି ବଢ଼େ ଏବଂ ଅଧାତବ ପ୍ରକୃତି କମିଥାଏ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗ୍ରୁପ୍ 15 ରେ N ଏବଂ P ହେଲେ ଅଧାତୁ, As, Sb ହେଲେ ଉପଧାତୁ ଏବଂ Bi ହେଲା ଧାତୁ। ତେଣୁ ଧାତବ ପ୍ରକୃତି ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢ଼ିଥାଏ।

ମୌଳିକମାନଙ୍କର 7 ଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଭୌତିକ ଧର୍ମଗୁଣ ବିଷୟରେ ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚନା କରାଗଲା।

(1) ପାରମାଣବିକ ଆକାର ବା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (Atomic Size or Sadius)

(2) ଆୟନୀୟ ଆକାର ବା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (Ionic Size or Radius)

(3) ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି (Ionisation Energy / Ionisation Enthalpy)

(4) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଋଣାତ୍ମକତା (Electronegativity)

(5) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି/ଆସକ୍ତି ଶକ୍ତି (Electron Affinity/Affinity Energy)

(6) ଯୋଜ୍ୟତା(ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା) (Valency/Oxidation State)

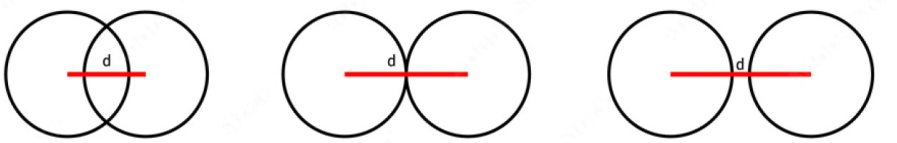
(7) ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ (Nature of Oxides)

(1) ପାରମାଣବିକ ଆକାର ବା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (Atomic Size or Radius)

ପରମାଣୁକୁ ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର(ଗୋଲାକାର) କଠିନ ବସ୍ତୁ ହିସାବରେ ନିଆଯାଇଥାଏ, ଯାହାର ବ୍ୟାସର୍ଦ୍ଧ ସର୍ବନିମ୍ନ ପ୍ରାୟତଃ 0.3 ଆଙ୍ଗଷ୍ଟ୍ରମ (Å) ଏବଂ ସର୍ବାଧିକ 2.4 ଆଙ୍ଗଷ୍ଟ୍ରମ (1Å=10^{-10} m) ହୋଇଥାଏ । ଗୋଲାକାର

ପରମାଣୁର ଆକାର ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରୁ ଜଣାଯାଏ । ପରମାଣୁ ଏତେ କ୍ଷୁଦ୍ର ଯେ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଭାବରେ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ କରିବା ଅସମ୍ଭବ । ଅନେକ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ପରୋକ୍ଷ ଉପାୟରେ ପରମାଣୁ ମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ କରାଯାଏ । ପାରମାଣବିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(Atomic Radius) ତିନି ପ୍ରକାରର ।

(a) ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(Covalent Radius) : ଏହା ଦୁଇପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ(ଏକ-ବନ୍ଧ ବା single bond) ଦୈର୍ଘ୍ୟ(Covalent bond)ର ଅଧା, ଅର୍ଥାତ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନରେ ଯୋଡ଼ି ହୋଇଥିବା ଦୁଇ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତାର ଅଧା । ଏହା ପରମାଣୁ ଆକାରର ସଠିକ ଆକଳନ ଦେଇଥାଏ, କାରଣ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନରେ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱୟ ଯୋଡ଼ିହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ପୂର୍ବ ସମୟରେ କେବଳ ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଆକାର ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦ୍ୱାରା ନିରୂପଣ କରାଯାଉଥିଲା ।



Covalent Radius Metallic Radius Van der Waals Radius

(b) ଧାତବ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(Metallic Radius) : ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେଲା, ଏକ ଧାତୁର କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଦୁଇ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପରମାଣୁର ଆନ୍ତଃ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଦୂରତାର ଅଧା । ଅଧାତୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ ଥିବାବେଳେ, ଧାତୁ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ ଧାତବ ବନ୍ଧନ(Metallic Bond9) । ତେଣୁ ପୂର୍ବ ସମୟରେ ଧାତୁ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଆକାର ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରୁ ନିରୂପଣ କରାଯାଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଧାତବ ବନ୍ଧନରେ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱୟ ପାଖାପାଖି ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ ଭଳି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଯୋଡ଼ି ହୋଇ ନଥାନ୍ତି ।

ଗୁରତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ତଥ୍ୟ: ଆଜିକାଲି ଧାତୁପରମାଣୁଙ୍କର ମଧ୍ୟ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟରେ ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ ହୋଇସାରିଲାଣି । ଯେହେତୁ ଧାତବ ବନ୍ଧନ, ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ ଠାରୁ ଦୁର୍ବଳ, ଧାତବ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଠାରୁ ଅଧିକ । ତେଣୁ ଆଜିକାଲି ମୌଳିକ ପରମାଣୁ ମାନଙ୍କର ଆକାର ତୁଳନା କଲାବେଳେ, ସମସ୍ତଙ୍କର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିଆଯାଉଛି ।

(c) ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (Van der Waals Radius) : ଏହା କେବଳ ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । କଠିନାବସ୍ଥାରେ ଦୁଇ ଅଣ-ବନ୍ଧିତ(non-bonded) ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃ-ନ୍ୟକ୍ଲିୟ ଦୂରତାର ଅଧା ହେଲା ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଚିତ୍ର ଦେଖ) । ଏହି ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ରାସାୟନିକ ବନ୍ଧନ ନଥାଏ, କେବଳ ଥାଏ ଦୂର୍ବଳ ଆନ୍ତଃ ଆଣବିକ ବଳ(weak Van der Waals forces) । ପୂର୍ବ କାଳରେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଜଣାନଥିଲା, ସେମାନଙ୍କର ଆକାର ଜାଣିବା ପାଇଁ ଏହି ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବାକୁ ପଡୁଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଏହା ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧଠାରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଥିଲା । ଆଜିକାଲି ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁ ମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟ ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ ହୋଇସାରିଲାଣି । ତେଣୁ ଏବେ ଏହି ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର କୌଣସି ଗୁରତ୍ୱ ନାହିଁ ଏବଂ ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସମ୍ପର୍କରେ ଆମେ ଆଉ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ । ପାରମାଣବିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର କ୍ରମ ହେଲା -

ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ < ଧାତବ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ << ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

(ବି:ଦ୍ର: ଆମେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଆଲୋଚନାରେ ପରମାଣୁର ଆକାର ତୁଳନା କଲାବେଳେ ସବୁ ମୌଳିକର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନେବୁ । ଅର୍ଥାତ ପରମାଣୁ ଆକାର(Atomic Size) କହିଲେ ଆମେ ତାହାର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧକୁ ହିଁ ବୁଝାଇବୁ ।)

ପରମାଣୁ ଆକାରର ପିରିୟଡ୍ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ(Period-Wise Study of Atomic Size):

(A) ମୁଖ୍ୟ ଗ୍ରୁପ୍ ବା ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ (s- & p-Block : Main Group Elements/ Representative Elements)

ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଆକାର ଧିରେ ଧିରେ କମିଥାଏ । ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସର୍ବାଧୁନିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ-ସାରଣୀରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (covalent radius) ଦିଆଯାଇଛି । 2ୟ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Li ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 128 pm(picometer) ବା 1.28 Å, Be ର 96 pm ବା 0.96 Å, B ର 84 pm ବା 0.84 Å । ଏହିଭଳି ଧିରେ ଧିରେ କମି F ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 57 pm ବା 0.57 Å ହୋଇଛି । ସେହିଭଳି 3ୟ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Na ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 166 pm(picometer) ବା 1.66 Å ରୁ ଧିରେ ଧିରେ କମି Cl ରେ 102 pm(picometer) ବା 1.02 Å ହୋଇଛି । **ସାଧାରଣତଃ, ପ୍ରତିନିଧି ବା ସାଧାରଣ ମୌଳିକ (Main Group / Representative elements) ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଆକାର ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ହ୍ରାସ ଘଟିଥାଏ ।** ତୁଳନାରେ ସମାନତା ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଏଠାରେ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(covalent radius) ନିଆଯାଇଛି । (1 picometer/pm = 10^{-12} m = 0.01 Å; 1 Å = 10^{-10}m = 10^{-8} cm)

ସାରଣୀ-1: ସାଧାରଣ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ଆକାର(ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ, ପିକୋମିଟର/ pm ଏକକରେ)

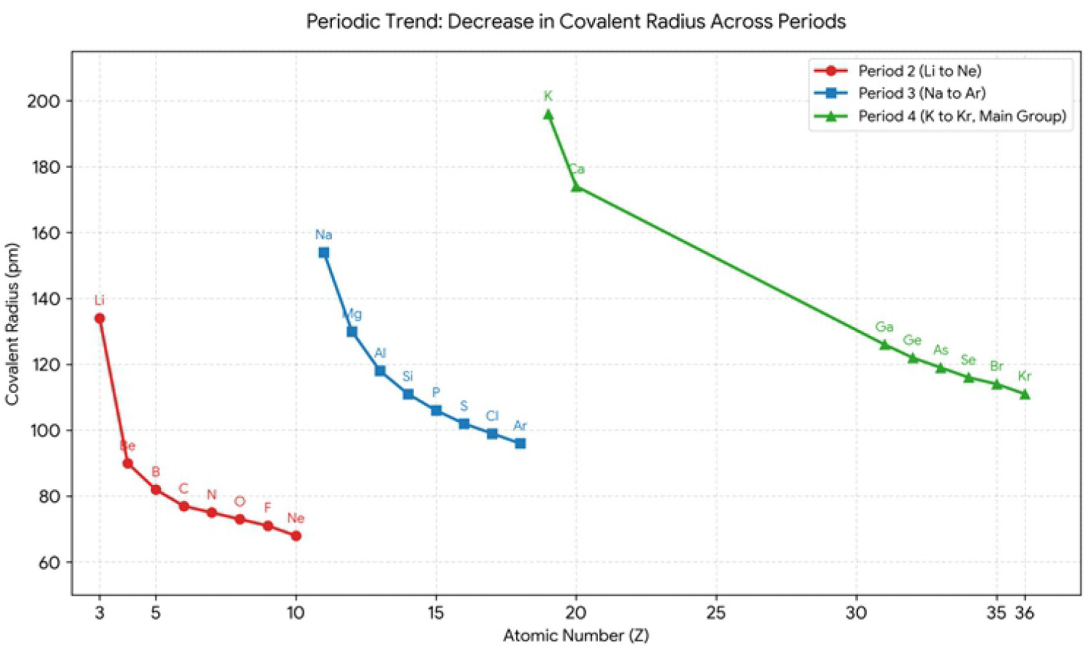
Group 1(IA)	Group 2(IIA)	Group 13(IIIA)	Group 14(IVA)	Group 15(VA)	Group 16(VIA)	Group 17(VIIA)	Group 18(Zero)
H 31							He 28
Li 128	Be 96	B 84	C 76	N 71	O 66	F 57	Ne 58
Na 166	Mg 141	Al 121	Si 111	P 107	S 105	Cl 102	Ar 106
K 203	Ca 176	Ga 122	Ge 120	As 119	Se 120	Br 120	Kr 116
Rb 220	Sr 195	In 142	Sn 139	Sb 139	Te 138	I 139	Xe 140
Cs 244	Ba 215	Tl 145	Pb 146	Bi 148	Po 148	At 150	Rn 150
Fr 260	Ra 221						

(Covalent Radii adopted from Cambridge Crystallographic Database, Beatriz Cordero et. al, Dalton Trans. **2008**, 21, 2832-2838)

ବିଶେଷ ସୂଚନା:

1. ପୂର୍ବ ସମୟରେ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ (ନିଷ୍କ୍ରିୟ) ଗ୍ୟାସ ମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିଆଯାଉଥିଲା । ଯେହେତୁ ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଠାରୁ ଭାଣ୍ଡରୱାଲସ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ, ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ପରମାଣୁ ଆକାର କମି କମି ଶେଷରେ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ମୌଳିକରେ ଏହା ପୂନର୍ବାର ବଢୁଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଆଜିକାଲି ନିଷ୍କ୍ରୟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ ହୋଇସାରିଲାଣି । ତେଣୁ ସାରଣୀରେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁର ଆକାର ଏହାର ପୂର୍ବ ମୌଳିକ ତୁଳନାରେ ନବଢି ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ରହିଛି ।

2. ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଗୁଡ଼ିକୁ ମୁକ୍ତ ପରମାଣୁ ଅବସ୍ଥାରେ ମପାନଯାଇ, ବନ୍ଧନ ଅବସ୍ଥାରେ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଭାବେ ମପାଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରକୃତ ବନ୍ଧନ-ଦୈର୍ଘ୍ୟ(bond length) ବିଭିନ୍ନ ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ଏବଂ ଗଠନମୂଳକ ଅବସ୍ଥା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି କାରଣରୁ, ଦିଆଯାଇଥିବା ଆଧୁନିକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡ଼ାଟା-ଟେବୁଲରେ (କ୍ୟାମ୍ବ୍ରିଜ ଡ଼ାଟାବେସ୍) କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ଅନ୍ୟ ବହିର ଡ଼ାଟା ତୁଳନାରେ ସମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ବା ବ୍ୟତିକ୍ରମ ତୁମେ ଦେଖିବାକୁ ପାଇବ । ମାତ୍ର ସ୍କୁଲ ସ୍ତରରେ ପିଲାମାନେ ଯେପରି କୌଣସି ଦ୍ୱନ୍ଦରେ ନପଡ଼ି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ମୂଖ୍ୟ ପ୍ରବୃତ୍ତି(trends) ଗୁଡ଼ିକୁ ସହଜରେ ବୁଝିପାରିବେ ଏବଂ ଏହା ପରୀକ୍ଷା ଉପଯୋଗୀ ହୋଇପାରିବ, ସେଥିପାଇଁ ଆମେ ଯଥାଯଥ ପ୍ରୟାସ କରିବୁ ।



ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଗ୍ରାଫରେ କେବଳ 2ୟ, 3 ୟ ଓ 4 ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(x-ଅକ୍ଷ)ର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ କିପରି ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(y-ଅକ୍ଷ)ର ହ୍ରାସ ହେଉଛି, ତାହା ଦର୍ଶା ଯାଇଛି । 4 ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ Ca(20) ଠାରୁ Ga(31) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ରହିଛି ତାହା 10 ଟି ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ପାଇଁ, ଯେଉଁମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦିଆଯାଇନାହିଁ ।

ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ଆକାର କମିବାର କାରଣ:

ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ଥିବା ମୌଳିକ ମାନଙ୍କରେ ସମସ୍ତଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ(ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ) ସମାନ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 2 ୟ ପିରିୟଡ଼୍‌ର ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ 2 , 3ୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟର ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ 3, 4ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼୍‌ର ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ 4 । ଏହିଭଳି ଅନ୍ୟ ପିରିୟଡ଼୍‌ମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ। କିନ୍ତୁ ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ର ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ଗଲେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମାନେ ସେହି ଏକା ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ଯୋଗ ହେଉଥାନ୍ତି । ଉଭୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ (ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ) ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିୟ ଚାର୍ଜ (ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ) ଏକ ସହିତ ବଢ଼ିଥାଏ। ଫଳରେ ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଆକର୍ଷଣ ବଢ଼ି ଚାଲେ ଏବଂ ଆକାର ଛୋଟ ହୋଇ ଯାଇଥାଏ। ଆମେ ଉପର ସ୍ତରରେ ଜାଣିବା ଯେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ **ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Effective Nuclear Charge)** ବଢିଥାଏ, ଫଳରେ ପରମାଣୁର ଆକାର କମିଥାଏ । ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷେପରେ 'ଜାଣିଲେ ଭଲ' ଶୀର୍ଷକରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

(1) ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Effective Nuclear Charge/ENC) : ମୌଳିକ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ, ମୌଳିକର ସମସ୍ତ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିଥାଏ । ମାତ୍ର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ପୂର୍ବରୁ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବା **ଭିତର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ(Core Electron)** ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ ଏକ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପରଦା(mechanical screen or shield) ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପ୍ରତି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣକୁ କମାଇଥାନ୍ତି । ଏହାକୁ **ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ(Screening Effect)** କୁହାଯାଏ । ଏହି ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ ମାପିବା ପାଇଁ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ରହିଛି ଯାହାକୁ **ଆବରଣ ସ୍ଥିରାଙ୍କ(Screening Constant/σ)** କୁହାଯାଏ । ଏହି ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ ବାହ୍ୟ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ପ୍ରୋଟନର ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜକୁ ଅନୁଭବ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ **ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ**(Effective Nuclear Charge) ପ୍ରକୃତ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜଠାରୁ କମିଯାଏ । **ତେଣୁ ନ୍ୟିକ୍ଲିୟସର ଯେତିକ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜକୁ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅନୁଭବ କରେ ତାହାକୁ ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ କୁହାଯାଏ** । ଭିତର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମାନଙ୍କର ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ ବଢିଲେ, ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ କମିଥାଏ । ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ କମିଲେ, ପରମାଣୁ ଆକାର ବଢିଥାଏ ଓ ଏହା ବଢିଲେ, ଆକାର କମିଥାଏ ।

ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Z^*) = ବାସ୍ତବ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Z) - ଆବରଣ ସ୍ଥିରାଙ୍କ(σ)

ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ଜାଣିବ ଯେ, **ସ୍ଲାଟରଙ୍କ ନିୟମ**(Slater's Theory) ଅନୁଯାୟୀ, ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ବାସ୍ତବ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ (Z)ର ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ହେବାବେଳେ, ଆବରଣ ସ୍ଥିରାଙ୍କ(σ)ର 0.34 ଲେଖାଏଁ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ । ଫଳରେ ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Z^*) ବଢିଥାଏ, ତେଣୁ ପରମାଣୁ ଆକାର କମିଥାଏ ।

(2) ଭଲ ଭାବରେ ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀ- 1 କୁ ଦେଖିଲେ ଜାଣିବ ଯେ, ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁର ଆକାର ତାହାର ପୂର୍ବ ହାଲୋଜନ ପରମାଣୁ ଆକାର ଠାରୁ 1 ରୁ 4 ପିକୋମିଟର ଅଧିକ ରହିଛି । କେବଳ 4 ର୍ଥ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Kr ର ଆକାର Br ଠାରୁ 4 ପିକୋମିଟର କମ୍ ରହିଛି ଓ 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Rn ର ଆକାର At ସହିତ ସମାନ ଅଛି । ଏହାର କାରଣ ହେଲା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଇ ମଧ୍ୟ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁ ମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟତମ ସେଲରେ ଦୃଢ ଅଷ୍ଟକ ସଂରଚନା ଥାଏ । ଏଥି ଯୋଗୁଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ-ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷଣ(e-e repulsion) ସର୍ବାଧିକ ହୋଇଥାଏ, ଯାହା ସେମାନଙ୍କର ଆକାରକୁ ସାମାନ୍ୟ ବଢାଇ ଦେଇଥାଏ । କ୍ରପ୍ଟନ(Kr)ରେ ଏହାର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ହେବାର କାରଣ ହେଲା d-ବ୍ଲକ ସଂକୋଚନ(d-block contraction) । p-ବ୍ଲକର ପିରିୟଡ୍ ମାନଙ୍କରେ କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ତୁମେ ପାଇବ । ଏହାର କାରଣ ମଧ୍ୟ d-ବ୍ଲକ ସଂକୋଚନ(4ର୍ଥ ଓ 5ମ ପିରିୟଡ୍) ଓ f-ବ୍ଲକ ସଂକୋଚନ(6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍) । d-ବ୍ଲକ ଓ f-ବ୍ଲକ ସଂକୋଚନ ବିଷୟରେ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

ପରମାଣୁ ଆକାରର ଗ୍ରୁପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ(Group-wise Study of Atomic Size):

ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଆକାର ଉପରୁ ତଳକୁ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ବଢ଼ିଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସରପ 1ମ ଗ୍ରୁପରେ Li ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 128 pm, Na ର 166 pm, K ର 196 pm, Rb ର 203 pm ଏବଂ Cs ର 220 pm । ସେହିଭଳି ସମସ୍ତ ବାମ ଓ ଡାହାଣ ଭାଗ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆକାର ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢ଼ିଥାଏ ।

ଏହାର କାରଣ ହେଲା ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ଗଲେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କରେ ନୂଆ ସେଲ ଯୋଡ଼ିହେବା ଫଳରେ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ସେଲ କ୍ରମାଙ୍କ(n) ବଢିଥାଏ ଓ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମାନେ ଦୂରକୁ ଦୂରକୁ ଚାଲିଯାଇଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସରୂପ Li ର ବାହ୍ୟ ସେଲ ହେଲା 2, Na ର ହେଲା 3, K ର 4, Rb ର 5 ଏବଂ Cs ର ବାହ୍ୟ ସେଲ ହେଲା 6 । ଏହିଭଳି ସମସ୍ତ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢ଼ିଥାଏ । ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଦୂରକୁ ଦୂରକୁ ଚାଲିଗଲେ ସେମାନଙ୍କ ପ୍ରତି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ କମିଯାଏ । ଫଳରେ ଆକାର ବଢ଼ିଥାଏ ।

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

(i) ପରମାଣବିକ ବ୍ୟସାର୍ଦ୍ଧ (atomic radius) ମୂଖ୍ୟତଃ ଦୁଇଟି କାରକ(factors) ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ:

1. ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ(Z*) ଓ

2. ବାହ୍ୟ ସେଲର କ୍ରମାଙ୍କ(Shell Number) ବା ମୂଖ୍ୟ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା(Principal Quantum Number, 'n' of outermost shell) । ଏହି ସମ୍ପର୍କକୁ ଆମେ ନିମ୍ନ ଭଳି ଦର୍ଶାଇ ପାରିବା ।

$$Atomic\ Radius \propto \frac{(Shell\ Number)^2}{Effective\ Nuclear\ Charge} = \frac{n^2}{Z^*}$$

n = ବାହ୍ୟ ସେଲ କ୍ରମାଙ୍କ, Z* = ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ

ଗ୍ରୁପରେ: ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ଜାଣିବ ଯେ ଏକ ଗ୍ରୁପରେ ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ପ୍ରାୟତଃ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥାଏ, ମାତ୍ର ବାହ୍ୟ ସେଲର କ୍ରମାଙ୍କ(n) ବଢିବା ଯୋଗୁଁ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଳ କମିଥାଏ ଓ ଉପରୋକ୍ତ ସମ୍ପର୍କ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁ ଆକାର ବଢିଥାଏ ।

ପିରିୟଡ୍‌ରେ: ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ 'n' ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ, ମାତ୍ର ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ବଢିବା ଯୋଗୁଁ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢିଥାଏ ଓ ଉପରୋକ୍ତ ସମ୍ପର୍କ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁର ଆକାର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

(ii) **d-ବ୍ଲକ ସଙ୍କୁଚନ ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରଭାବ** (d-block contraction/Scandide Contraction): ତୁମେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଡ଼ାଟା ଟେବୁଲକୁ ଦେଖିଲେ ଜାଣିବ ଯେ ଗ୍ରୁପ 13 ରେ Ga ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Al ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ତହା ବ୍ୟତୀତ p- ବ୍ଲକର 4 ର୍ଥ ପିରିଡୟଡ଼ରେ Ge ଠାରୁ Kr ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସେମାନଙ୍କର ଅନୁରୂପ 3ୟ ପିରିୟଡ଼ର ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ ଠାରୁ ଅତି ସାମନ୍ୟ ଅଧିକ । ଏହାର କାରଣ କଣ ? $_{31}$Ga ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜର 10 ଟି ମୌଳିକରେ 3d ଉପସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । d- ଉପସେଲର ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ s ଓ p ଉପସେଲ ଠାରୁ କମ ଥିବାରୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢିଥାଏ ଏବଂ ଆକାର କମିଥାଏ । ଏହାର ପ୍ରଭାବ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜର ପର ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଉପରେ ପଡ଼ିଥାଏ । ସେଥିପାଇଁ Ga ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Al ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ଏହାକୁ **d-ବ୍ଲକ ସଙ୍କୁଚନ ପ୍ରଭାବ** କୁହାଯାଏ । ଏହି କାରଣ ହେତୁ, Ga ପରଠାରୁ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ(Ge - Kr)ମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସେମାନଙ୍କର ଅନୁରୂପ 3ୟ ପିରିୟଡ଼ ମୌଳିକ(Si - Ar) ମାନଙ୍କ ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ।

(iii) p-ବ୍ଲକରେ 4ର୍ଥ (Ga -Kr), 5ମ (In - Xe) ଓ 6ଷ୍ଠ (Tl - Rn) ପିରିୟଡ଼ରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ଥାଏ, ଯଦିଓ ଆଗରୁ ଆମେ କହିସାରିଛୁ ଯେ ଏକ ପିରିୟଡ଼ରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କମିଥାଏ, ଯାହା ସ୍କୁଲ ସ୍ତରରେ ଗ୍ରହଣୀୟ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷେ ଏହା ଭିନ୍ନ ।

(B) ସଂକ୍ରମଣ ବା ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ(d-Block):

ଏକ ଟ୍ରାନଜିସନ୍ ସରିଜ୍‌ରେ 10 ଟି ମୌଳିକ ଥାଏ । ଏମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ପ୍ରଥମ କିଛି ମୌଳିକରେ କମିଥାଏ ଓ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କିଛି ମୌଳିକରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ରହିଥାଏ, ୯ମ ମୌଳିକଠାରୁ ପୁଣି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ । ପ୍ରଥମ ସିରିଜରେ Sc ଠାରୁ V ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କମିଛି, ତାପରେ Cr ରୁ Ni ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସମାନ ରହିଛି କିମ୍ବା କମ୍ ହ୍ରାସ ପାଇଛି, କିନ୍ତୁ ୯ମ ମୌଳିକ Cu ରେ ପୁଣି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଛି । ମାତ୍ର 1 ମ ସହିତ 10 ମ ମୌଳିକ ତୁଳନା କଲେ, ମୋଟ ପରମାଣୁ ଆକାର କମିଛି । ଏକା ଭଳି ଚଳନ 2 ୟ ଓ 3 ୟ ସିରଜରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳିଥାଏ । ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଆକାର ଜାଣିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀ-2 ଦେଖ ।

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ହ୍ରାସ: ଏକ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଶେଷ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ଉପାନ୍ତ୍ୟ ସେଲ ବା ଶେଷ ସେଲର ଠିକ ପୂର୍ବ(penultimate shell) ରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭର୍ତ୍ତି ହେଉଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜରେ ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ($_{21}$Sc)ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଶେଷଭାଗର ସଂରଚନା ହେଲା $3d^1 4s^2$ ଏବଂ ଶେଷ ମୌଳିକ ଜିଙ୍କ($_{30}$Zn)ର ସଂରଚନା ହେଲା $3d^{10} 4s^2$ । ପ୍ରଥମ କିଛି ମୌଳିକରେ 3d ଉପସେଲରେ କମ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥିବାରୁ, ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ କମଥାଏ, ତେଣୁ ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ବଢିଥାଏ, ଫଳରେ ପରମାଣୁ ଆକାର କମିଥାଏ ।

ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ: d- ଅର୍ବିଟାଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ ହେଲେ, ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ ବୃଦ୍ଧିର କ୍ରିୟାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧିର କ୍ରିୟା ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରିଥାନ୍ତି । ଫଳରେ ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଚାର୍ଜ ସମାନ ରହେ କିମ୍ବା ସାମାନ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଫଳରେ କିଛି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆକାର ସମାନ ଥାଏ କିମ୍ବା ଆକାରର ହ୍ରାସ ବହୁତ କମ ହୋଇଥାଏ ।

ଶେଷ ଭାଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ: 9 ମ ମୌଳିକ ଯଥା Cu, Ag, Au ରେ d- ଉପସେଲ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୂରଣ (d^{10}) ହୋଇଥାଏ, ଫଳରେ ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ ହଠାତ ଅଧିକ ବଢିଯାଏ । ଏହାର କାରଣ ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ଜାଣିବ । ସେଥିପାଇଁ ପରମାଣୁ ଆକାର ପୂର୍ବ ମୌଳିକଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ସିରିଜରେ Ni ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 124 pm ହେଲାବେଳେ Cu ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 132 pm ।

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

ପ୍ରଚଳିତ ପୁସ୍ତକମାନଙ୍କ ତଥ୍ୟ ଓ ଡ଼ାଟା ଅନୁଯାୟୀ, 10 ମ ମୌଳିକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 9 ମ ମୌଳିକଠାରୁ ଅଧିକ, ଅର୍ଥାତ Cu ଠାରୁ Zn ର ଅଧିକ; Ag ଠାରୁ Cd ର ଅଧିକ ଏବଂ Au ଠାରୁ Hg ର ଅଧିକ । ପିଲାମାନେ ଏହି ଚଳନ ତାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଉଚିତ । ମାତ୍ର ଆଧୁନିକ ଗବେଷଣାରୁ ଅଲଗା ତଥ୍ୟ ଜଣା ପଡ଼ିଛି, Zn ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Cu ଠାରୁ କମ୍ , Cd ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Ag ର ପାଖାପାଖି ଓ ତୃତୀୟ ସିରିଜରେ 9 ମ ମୌଳିକ Au ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 8 ମ ମୌଳିକ Pt ସହିତ ସମାନ ଓ Hg ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Au ଠରୁ କମ୍ । ଏହାର କାରଣ ଆମେ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

ସାରଣୀ-2: ଟ୍ରାନ୍‌ଜିସନ୍ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ଆକାର (ପିକୋମିଟର/pm ଏକକରେ)

(Covalent Radius for Transition elements in picometer, pm)

Sc 170	Ti 160	V 153	Cr 139	Mn 139	Fe 132	Co 126	Ni 124	Cu **132**	Zn 122
Y 190	Zr 175	Nb 164	Mo 154	Tc 147	Ru 146	Rh 142	Pd 139	Ag **145**	Cd 144
La 207	Hf 175	Ta 170	W 162	Re 151	Os 144	Ir 141	Pt 136	Au 136	Hg 132

ବି.ଦ୍ର: ବିଭିନ୍ନ ବହିରେ ଏହି ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମାନଙ୍କର ମାନ ସାମାନ୍ୟ ଅଲଗା ଦେଖିବାକୁ ମିଳିପାରେ । ଏହା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣର ପ୍ରଣାଳୀ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ତାହା ବ୍ୟତୀତ, ସ୍କୁଲ ପିଲାଙ୍କୁ ସହଜରେ ଚଳନ ବା ଧାରା(trend) କୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ କେତେକ ଆଧୁନିକ ଡ଼ାଟାକୁ ଅଣଦେଖା କଲେ ଚଳିବ, ଯଦିଓ ପ୍ରକୃତ ଆଧୁନିକ ଗବେଷଣା ଜନିତ ତଥ୍ୟକୁ ଆମେ ବାଦ ଦେଇପାରିବା ନାହିଁ ।

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

ଟ୍ରାନଜିସନ ଗ୍ରୁପମାଙ୍କରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଚଳନ: 10 ଟି ଗ୍ରୁପ୍ ରୁ ପ୍ରଥମ ବା ଗ୍ରୁପ୍ 3 କୁ ବାଦଦେଲେ, ଅନ୍ୟ ଗ୍ରୁପ ମାନଙ୍କରେ ପ୍ରଥମ ମୌଳିକଠାରୁ ଦ୍ୱତୀୟ ମୌଳିକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବଢିଥାଏ, ମାତ୍ର ତୃତୀୟ ମୌଳିକରେ ଏହା କମ ବଢିଥାଏ କିମ୍ବା ଦ୍ୱତୀୟ ମୌଳିକ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ରହିଥାଏ କିମ୍ବା କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ତାଠାରୁ କମିଯାଇଥାଏ । ପିଲାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଆମେ କହିବା ଯେ କେବଳ Group 3 ରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢୁଛି, ମାତ୍ର ଅନ୍ୟ ଗ୍ରୁପ(4-12)ମାନଙ୍କରେ ପ୍ରଥମରୁ ଦ୍ୱତୀୟ ବଢୁଛି ଏବଂ ତୃତୀୟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦ୍ୱତୀୟ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ରହୁଛି । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ଗ୍ରୁପ୍ 8 ରେ Ru ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Fe ଠାରୁ ଅଧିକ ମାତ୍ର Os ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Ru

ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ଅନ୍ୟ ଗ୍ରୁପମାନଙ୍କରେ ମଧ୍ୟ ଏହିଭଳି ହୋଇଥାଏ, ଯଦିଓ ଆମେ ଦେଇଥିବା ଡ଼ାଟା ଟେବୁଲ ଅନୁଯାୟୀ କିଛି ଅଲଗା ତଥ୍ୟ ଦେଖିବାକୁ ମିଳୁଛି । ଗ୍ରୁପ 11 ରେ Au ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Ag ଠାରୁ କମ୍ ଓ ଗ୍ରୁପ 12 ରେ Hg ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Cd ଠାରୁ କମ୍ ।

ଏହାର କାରଣ ହେଲା **ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସଙ୍କୁଚନ (Lanthanide Contraction)** । ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ଜାଣିବ ଯେ ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍‌ରେ $_{72}Hf$ ପୂର୍ବରୁ 14 ଟି ଅନ୍ୟ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକରେ 4f ଉପସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । 4f ଅର୍ବିଟାଲ ମାନଙ୍କର ଆବରଣ ପ୍ରଭାବ(Screening Effect) ଅନ୍ୟ ଉପସେଲମାନଙ୍କ ତୁଳନାରେ ସବୁଠାରୁ କମ ଥିବା ଯୋଗୁଁ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢିଥାଏ ଏବଂ ପରମାଣୁ ଆକାରର ସକୁଞ୍ଚନ ଘଟିଥାଏ । ଏହି ପ୍ରଭାବ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପର ମୌଳିକ(post-lanthanide elements)ମାନଙ୍କ ଉପରେ ପଡ଼ିଥାଏ । ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Hf ଠାରୁ Hg ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ଉପରେ ଓ ତାହା ପରେ p-ବ୍ଲକ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିଥାଏ । ଏହାକୁ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସଙ୍କୁଚନ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସକୁଞ୍ଚନ ଯୋଗୁଁ ଷଷ୍ଠ ପିରିୟଡ୍‌ର p-ବ୍ଲକ୍‌ରେ Tl ଠାରୁ Rn ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 5ମ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଥିବା ସେମାନଙ୍କର ଅନୁରୂପ ମୌଳିକ(In ଠାରୁ Xe) ମାନଙ୍କଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ।

ମଜା କଥା: କହିପାରିବ, ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର କେଉଁ ଭାଗରେ ଯଥା ଉପର ବାମ(upper left), ଉପର ଡ଼ାହାଣ(upper right), ତଳ ବାମ(lower left) ଓ ତଳ ଡ଼ାହାଣ(lower right) ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଅଧିକ ପତଳା(ସଳ୍ପ ଆକାର ବିଶିଷ୍ଟ) ଓ ଅଧିକ ମୋଟା(ଅଧିକ ଆକାର ବିଶିଷ୍ଟ) ମୌଳିକ ଅବସ୍ଥିତ ? ଏହାର ଉତ୍ତର ହେଲା, ସବୁଠାରୁ ପତଳା ମୌଳିକ(He, C, N, O, F, Ne, Cl, Ar) ଉପର-ଡ଼ାହାଣ(upper left) ଓ ସବୁଠାରୁ ମୋଟା ମୌଳିକ(Rb, Sr, Cs, Ba, Fr, Ra) ତଳ-ବାମ(lower left) ଅଞ୍ଚଳରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହାର କାରଣ ତୁମେ ଜାଣିଛ, କାରଣ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଆକାର କମିଥାଏ ଓ ଉପରୁ ତଳକୁ ଗୃପରେ ଆକାର ବଢିଥାଏ ।

ବି.ଦ୍ର: ୧୫ଟି ଲାନ୍ଥାନଏଡସ ଓ ୧୫ଟି ଆକ୍ଟିନଏଡସ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ଆକାର ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ କମିଥାଏ, ଯେଉଁ ବିଷୟରେ ଆମେ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

2. ଆୟନୀୟ ଆକାର (Ionic Siz/Ionic Radius):

ଏକ ପଶମିତ ପରମାଣୁର ଆକାର ତୁଳନାରେ ସେଥିରୁ ସୃଷ୍ଟ ଯୁକ୍ତାୟନ କିମ୍ବା ଋଣାୟନର ଆକାର ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁ, ଏକ କିମ୍ବା ଏକାଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇଲେ କିମ୍ବା ଗ୍ରହଣକଲେ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ, ଫଳରେ ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପ୍ରତି ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଆକର୍ଷଣ ବଳ କମ୍ କିମ୍ବା ବେଶୀ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଆକର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଯାଏ ।

(A) ଯୁକ୍ତାୟନ ବା କ୍ୟାଟାୟନର ଆକାର (Cationic Radius):

ସର୍ବଦା ଯୁକ୍ତାୟନ ବା କ୍ୟାଟାୟନର ଆକାର ତାହାର ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁ ଆକାର ଠାରୁ ଛୋଟ ।

ଉଦାହରଣ: Na^+(102 pm) < Na(166 pm) ;

Mg^{2+}(72 pm) < Mg (141 pm), Al^{3+}(54 pm) < Al(121 pm)

ଏହାର କାରଣ ହେଲା, ଗୋଟିଏ କିମ୍ବା ତାହା ଠାରୁ ଅଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁରୁ କାଢି ନେଲେ, ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଚାର୍ଜ(Effective Nuclear Charge) ବଢିଯାଏ । ପ୍ରେଟୋନ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ

ସାରଣୀ-3: କ୍ୟାଟାୟନ ବା ଯୁକ୍ତାୟନ ମାନଙ୍କର ଆୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (ପିକୋମିଟର/pm ଏକକରେ)

(Shannon Effective Cationic Radii with Octahedral Coordination Number)

G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G 10	G 11	G 12	G 13	G 15
Li^{+} 76													
Na^{+} 102	Mg^{2+} 72											Al^{3+} 54	
K^{+} 138	Ca^{2+} 100	Sc^{3+} 75	Ti^{2+} 86	V^{2+} 79	Cr^{2+} 82	Mn^{2+} 83	Fe^{2+} 78	Co^{2+} 75	Ni^{2+} 70	Cu^{+} 77	Zn^{2+} 75	Ga^{3+} 62	
Rb^{+} 152	Sr^{2+} 118			V^{3+} 64	Cr^{3+} 62		Fe^{3+} 65	Co^{3+} 61		Cu^{2+} 73	Cd^{2+} 95	In^{3+} 80	
Cs^{+} 167	Ba^{2+} 135									Ag^{+} 115		Sn^{2+} 93	Sb^{3+} 76

ରହି, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା କମିଗଲେ, ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପରେ ଅଧିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ବଳ ପଡ଼ିଥାଏ, ତେଣୁ ଯୁକ୍ତାୟନର ଆକାର ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁଠାରୁ କମିଯାଇଥାଏ ।

ଯେତେ ଅଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କଢାଯାଇଥାଏ, ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଚାର୍ଜ ସେତେ ଅଧିକ ବଢିଯାଏ ଓ କ୍ୟାଟାୟନୀୟ ଆକାର ଆହୁରି କମିଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ: Fe(132 pm) > Fe^{2+}(78 pm) > Fe^{3+}(65 pm)

Cu (132 pm) > Cu^{+}(77 pm) > Cu^{2+} (73 pm)

(B) ରୂଣାୟନ ବା ଆନାୟନର ଆକାର (Cationic Radius):

ସର୍ବଦା ରୂଣାୟନ ବା ଆନାୟନର ଆକାର ତାହାର ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁ ଆକାର ଠାରୁ ଅଧିକ ।

ଏହାର କାରଣ ହେଲା, ଗୋଟିଏ କିମ୍ବା ତାହା ଠାରୁ ଅଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁ ଗ୍ରହଣ କଲେ, ପ୍ରଭାବୀ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଚାର୍ଜ(Effective Nuclear Charge) କମିଯାଏ । ପ୍ରେଟୋନ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ବଢିଗଲେ, ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପରେ କମ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ବଳ ପଡ଼ିଥାଏ, ତେଣୁ ରୂଣାୟନର ଆକାର ପ୍ରଶମିତ ପରମାଣୁଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଯାଏ ।

F^{-} (133 pm) > F (57 pm); Cl^{-}(181 pm) > Cl (102 pm); O^{2-}(140 pm) > O (66 pm)

ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ କେତେକ ସାଧାରଣ ଧାତୁମାନଙ୍କର କ୍ୟାଟାୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଓ ଅଧାତୁମାନଙ୍କର ଆନାୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦିଆଯାଇଛି । ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସହସଂଯୋଜକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ(ସାରଣୀ 1) ସହିତ ତୁଳନା କର ।

ସାରଣୀ-4: ଆନାୟନ ବା ରୂଣାୟନ ମାନଙ୍କର ଆୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (ପିକୋମିଟର/pm ଏକକରେ)

(Shannon Effective Anionic Radii with Octahedral Coordination Number)

G 15	G 16	G 17
N^{3-} 171	O^{2-} 140	F^{-} 133
P^{3-} 212	S^{2-} 184	Cl^{-} 181
	Se^{2-} 198	Br^{-} 196
	Te^{2-} 221	I^{-} 220

ଏବେ ଚାଲ ସଂକ୍ଷେପରେ ଜାଣିବା କିପରି ଆୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ କରାଯାଏ । ଏହା ଆୟନୀୟ ଯୌଗିକ ଯଥା $Li^{+}F^{-}$, $Na^{+}Cl^{-}$, $Mg^{2+}2Cl^{-}(MgCl_2)$, $Al^{3+}3F^{-}(AlF_3)$ ଆଦି କଠିନ ସ୍ଫଟିକ (solid crystal) ଇତ୍ୟାଦିର ଏକ୍ସରେ କ୍ରିଷ୍ଟାଲୋଗ୍ରାଫି(X-rays Crystallography) ପରୀକ୍ଷାରୁ ଉଭୟ କ୍ୟାଟାୟନୀୟ(Cationic) ଓ ଆନାୟନୀୟ(Anionic) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବା ଆକାର ନିରୂପଣ କରାଯାଏ । ସାରଣୀ-4 ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ମାନ ସବୁ କ୍ୟାଟାୟନ ଓ ଆନାୟନ୍ ଉଭୟଙ୍କର ଅଷ୍ଟଫଳକୀୟ ସମନ୍ୱୟ ବା ବିନ୍ୟାସ ବା ସଂଯୋଜନ(Octahedral coordination) ପାଇଁ ଆୟନୀୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିରୂପଣ କରାଯାଇଛି । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ ହେବ ନାହିଁ ।

3. ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି (Ionisation energy):

ଆଗରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ଯେ, ଏକ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ ସେଲରୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢ଼ିନେଲେ ଏହା ଏକକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ Na ର ବାହ୍ୟସେଲରେ (2,8,1) 1ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ି ନିଆଗଲେ ଏହା ଏକ ଏକକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ (unit +ve chargely ion) ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହେବ।

$$Na - e^{-} \rightarrow Na^{+}$$

ଅଥବା $$Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$$

Na ର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ 11 ଟି ପ୍ରୋଟନ (+11) ଏବଂ ସେଲ୍‌ମାନଙ୍କରେ 11ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ (–11) ଥିଲା, କିନ୍ତୁ ବାହ୍ୟ ସେଲରୁ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢ଼ି ନେଲେ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା 10 ହେଲା (–10), ତେଣୁ ମୋଟ୍ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ ନ ହୋଇ +1 ହେଲା (+11 – 10 = +1) ।

ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ିବା ପାଇଁ ଯେତିକି ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହୋଇଥାଏ, ତାହାକୁ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ।

ସଂଜ୍ଞା : **ମୌଳିକର ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ ସେଲ୍‌ରୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢ଼ିନେବା ପାଇଁ ଯେତିକି ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହୋଇଥାଏ, ତାହାକୁ ସେହି ମୌଳିକର ଆୟନୀକରଣ (Ionisation**

energy/IE) ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ବାସ୍ତବ ପକ୍ଷେ ଏହାକୁ ମୌଳିକର 1ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି (First Ionisation energy) କୁହାଯାଏ ।

$Na + IE_1 \rightarrow Na^+ + e^-$ $(IE_1$ = 1st Ionisation Energy/ 1ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି$)$

ସେହିଭଳି Ca ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟସେଲରେ 2ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ (2,8,8,2) । ପ୍ରଥମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ି ନେଲେ Ca ପରିଣତ ହୁଏ Ca^+ ଆୟନରେ, ତାପରେ 2 ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ିନେଲେ Ca^+ ପରିଣତ ହୁଏ Ca^{++} ଆୟନରେ । ପ୍ରଥମ ଇଳେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ିବାକୁ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଦରକାର ହୁଏ ତାହାକୁ 1 ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(IE_1) ଏବଂ 2 ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌କୁ କାଢ଼ିବାକୁ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଦରକାର ହୁଏ ତାହାକୁ 2 ୟ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(IE_2) କୁହାଯାଏ ।

$Ca + IE_1 \rightarrow Ca^+ + e$

$Ca^+ + IE_2 \rightarrow Ca^{++} + e$

$IE_2 > IE_1$

2 ୟ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି 1 ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିଠାରୁ ସର୍ବଦା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । କାରଣ ପ୍ରଥମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ କାଢ଼ିବା ପରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ଆହୁରି ବଢ଼ିଯାଏ, ତେଣୁ 2ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢ଼ିବା ପାଇଁ ଆହୁରି ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଦରକାର ହୁଏ । 1 ମ, 2ୟ ଭଳି 3ୟ, 4ର୍ଥ ଓ 5ମ ଆଦି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ବାହାର କରିବା ପାଇଁ ଯଥାକ୍ରମେ 3ୟ, 4ର୍ଥ ଓ 5ମ ଆଦି ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼ିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଶକ୍ତି କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଚାଲେ ।

Al ପରମାଣୁରୁ ପ୍ରଥମ, ଦ୍ୱିତୀୟ ଓ ତୃତୀୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

$Al + IE_1 \rightarrow Al^+ + e^-$

$Al^+ + IE_2 \rightarrow Al^{++}(Al^{2+}) + e^-$

$Al^{++} + IE_3 \rightarrow Al^{+++}(Al^{3+}) + e^-$

$IE_3 > IE_2 > IE_1$

ଏଠାରେ ତୁମ ମନରେ ଏକ ପ୍ରଶ୍ନ ଆସିପାରେ । କଣ Ca ପରମାଣୁ, Ca^+ ଆୟନ ଓ Al ପରମାଣୁ Al^+ ଓ Al^{++} ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରନ୍ତି କି ? ଉତ୍ତର : ହଁ ନିଶ୍ଚୟ । ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କୁ ଅଘାତ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମାନଙ୍କୁ ଉପଯୁକ୍ତ ପରିମାଣରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କରି, ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରେ । ବାସ୍ତବରେ ଏହି ଉପାୟରେ ପ୍ରଥମ ଓ ଉଚ୍ଚତର କ୍ରମର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ନିରୂପଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଜ୍ଞାନ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ପାଇବ । କିନ୍ତୁ Ca ଓ Al ଧାତୁ HCl(dil) କିମ୍ବା H_2O ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କଲେ, ଯାଥାକ୍ରମେ 2 ଟି ଓ 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହାରାଇ Ca^{++} ଓ Al^{+++} ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦୃଢ଼ ଅଷ୍ଟକ ସଂରଚନା ପ୍ରାପ୍ତ କରିଥାନ୍ତି । Ca^+, Al^+ ଓ Al^{++} ସୃଷ୍ଟି କରିନଥାନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ହେଲା, ଏହି ଦୃଢ଼ ଆୟନ Ca^{++} ଓ Al^{+++} ମାନେ ଜଳ ଅଣୁମାନଙ୍କ ସହିତ ଜଳୀକରଣ(hydration) କରି ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାନ୍ତି, ଯାହା ଏହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତର କ୍ରମର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିମାନଙ୍କୁ ଅତି ସହଜରେ ଯୋଗାଇପାରିଥାଏ । ଏ ସମ୍ପର୍କରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

ଆହୁରି ଗୋଟିଏ କଥା ଏଠାରେ ସ୍ମରଣ କରାଇଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ବାହାର ସେଲ୍‌ରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନମାନଙ୍କୁ କାଢ଼ିବାକୁ ଯେତିକି ଶକ୍ତି ଦରକାର ହୁଏ, ଭିତର ସେଲ୍‌ରୁ (ଯାହାକି ଏକ ଦୃଢ଼ ଅଷ୍ଟକ ବା ଦ୍ୱତୀୟକ) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢିବା ଅତ୍ୟନ୍ତ କଷ୍ଟକର ଓ ସେଥିପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଦରକାର । ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ 2ୟ ପିରିୟଡର ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତର କ୍ରମର ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତି (1^{st}, 2^{nd}, 3^{rd}, 4^{th}.....IE) ର ମାନ ମେଗାଜୁଲ/ ମୋଲ(MJ/mol) ଏକକରେ ଦିଆଯାଇଛି । ଭଲ ରୂପେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲେ ଜାଣିପାରିବ, ଯେ ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସବୁ କାଢିନେଲା ପରେ, ତାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ Be ର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ 2ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଛି($1s^2$, $2s^2$) । ତେଣୁ 1ମ(0.9 MJ/mol) ଓ 2ୟ(1.7 MJ/mol) ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ କମ୍ ରହିଛି, ମାତ୍ର 3ୟ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(15 MJ/mol) 2ୟ ଠାରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ, କାରଣ 3ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଟି କାଢିବାକୁ ଦୃଢ ଦ୍ୱତୀୟକ(stable duplet) ସଂରଚନାକୁ ଭାଙ୍ଗିବାକୁ ପଡୁଛି, ଯାହା ବହୁତ ଅଧିକ କଷ୍ଟକର । ସେହିଭଳି ଅକ୍ସିଜେନ(O) ପାଇଁ ପ୍ରଥମ 6ଟି ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କ୍ରମାଗତ ଭାବରେ ସଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ(1.3 - 13 MJ/mol)), କିନ୍ତୁ 7ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ବହୁତ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ(71 MJ/mol), କାରଣ 7ମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଟିକୁ କାଢିବାକୁ ହିଲିୟମର ଦୃଢ ଦ୍ୱତୀୟକ(stable duplet configuration) ସଂରଚନାକୁ ଭାଙ୍ଗିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

ସାରଣୀ-5 : ଦ୍ୱତୀୟ ପିରିୟଡ଼ ମୌଳିକମାନଙ୍କର କ୍ରମାଗତ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(ମେଗାଜୁଲ/ମୋଲ୍)

	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
E1	1.3	2.4	0.5	0.9	0.8	1.1	1.4	1.3	1.7	2.1
E2		5.3	7.3	1.7	2.4	2.3	2.8	3.4	3.4	4.0
E3			12	15	3.7	4.6	4.6	5.3	6.0	6.1
E4				21	25	6.2	7.5	7.5	8.4	9.4
E5					33	38	9.4	11	11	12
E6						47	53	13	15	15
E7							64	71	18	19
E8								84	92	23
E9									106	115
E10										130

ସେହିଭଳି ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ 3 ୟ ପିରିଡୟଡ଼ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତର କ୍ରମର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କି.ଜୁଲ/ମୋଲ(kJ/mol)) ଏକକରେ ଦଆଯାଇଛି । ଏକ ଅଜଣା ମୌଳିକର ସମସ୍ତ କ୍ରମର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ମାନରୁ ତୁମେ ଜାଣିପାରିବ, ସେ ମୌଳିକର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା କେତେ, ଅର୍ଥାତ ତାହାର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ ।

ସାରଣୀ-6 : ତୃତୀୟ ପିରିୟଡ଼ ମୌଳିକମାନଙ୍କର କ୍ରମାଗତ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(କିଲୋଜୁଲ/ମୋଲ୍)

General increase →

	Element	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
↑ General decrease	Na	495	4560					
	Mg	735	1445	7730	Core electrons*			
	Al	580	1815	2740	11,600			
	Si	780	1575	3220	4350	16,100		
	P	1060	1890	2905	4950	6270	21,200	
	S	1005	2260	3375	4565	6950	8490	27,000
	Cl	1255	2295	3850	5160	6560	9360	11,000
	Ar	1527	2665	3945	5770	7230	8780	12,000

ଉପର ସାରଣୀ ଅନୁଯାୟୀ, Al ର ଯୋଜ୍ୟତା 3 । କାରଣ ପ୍ରଥମ 3 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢିବାକୁ ପ୍ରଥମ ତିନୋଟି କ୍ରମିକ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ବୃଦ୍ଧିର ମାତ୍ରା ସ୍ୱଳ୍ପ (580, 1815, 2740 kJ/mol), ମାତ୍ର 4 ର୍ଥ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢିବା ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଶକ୍ତି(11,600 kJ/mol) ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏହିଭଳି ତୁମେ ସାରଣୀରୁ ଜାଣିପାରିବ, Na ର ଯୋଜ୍ୟତା 1, Mg ର ଯୋଜ୍ୟତା 2, Si ର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା 4, P ର 5, S ର 6 । ଉପର ସାରଣୀରେ ଅଙ୍କାଯାଇଥିବା ତୀର୍ଯ୍ୟକ୍ ସିଢିକୁ ଦେଖି ଏହା ଜାଣିପାରିବ । ଯଦିଓ Cl ର 8ମ ଓ Ar ର 8ମ ଓ 9ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ମାନ ସାରଣୀରେ ଦିଆଯାଇନାହିଁ, ଏମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 7 ଓ 8 ।

ତୁମେ କଣ ଭାବୁଛ କି, ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ(Noble Gases)ର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା କେମିତି 8 ହେବ ? ହଁ, ତୁମେ ଉପରେ ଶ୍ରେଣୀରେ ଜାଣିବ ଯେ Na_4XeO_6 (sodium perxenate, ସୋଡ଼ିୟମ୍ ପରଜେନେଟ୍) ରେ Xe ର ଯୋଜ୍ୟତା(ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା) ହେଲା 8 ।

ଯେଉଁ ମୌଳିକର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କମ୍ ତାହା ଅତି ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଯୁକ୍ତାୟନରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ। 1ମ (କ୍ଷାର ଧାତୁ) ଏବଂ 2 ୟ (କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ) ଗ୍ରୁପ୍ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଏବଂ ଏମାନେ ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି।

କ୍ଷାରଧାତୁ - $M + IE_1 \rightarrow M^+ + e^-$ (M= Li, Na, K, Rb, Cs)

ପୃଥିବୀ-କ୍ଷାର ଧାତୁ- $N + IE_1 \rightarrow N^+ + e^-$ (N = Be, Mg, Ca, Sr, Ba)

$N^+ + IE_2 \rightarrow N^{++} + e^-$

$N + (IE_1 + IE_2) \rightarrow N^{++} + 2e^-$

ସାଧାରଣତଃ ଧାତୁମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଅଧାତୁମାନଙ୍କଠାରୁ କମ୍ । ତେଣୁ ଧାତୁମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ ଯୁକ୍ତାୟନ କରିହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ, ଅଧାତୁମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ ଯୁକ୍ତାୟନ କରିହୁଏ ନାହିଁ। ଉପର ସାରଣୀକୁ ଦେଖିଲେ ଜାଣିବ ଯେ Na ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି 495 kJ/mol ହେବାବେଳକୁ Cl ର 1255 kJ/mol ।

(ମନେରଖ ଯେ କେବଳ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କହିଲେ ତାହା 1ମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(IE) କୁ ବୁଝାଇଥାଏ।)

ପିରିୟଡ୍‌ରେ ପ୍ରତିନିଧି ବା ମୂଖ୍ୟ ଗୋଷ୍ଠି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ (Variation of Ionisation Energy Across Periods among Representative/Main Group Elements) :

ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଧାତବ ପ୍ରକୃତି କମିବା ଓ ପରମାଣୁ ଆକାର କମିବା ସହିତ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ବଢ଼େ। ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନମାନଙ୍କ ଉପରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢ଼ିଥାଏ, ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢ଼ିବାକୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଦରକାର ହୋଇଥାଏ। ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(IE_1) କିଲୋ ଜୁଲ/ମୋଲ ଏକକରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ 7: ସାଧାରଣ/ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପ୍ରଥମ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(କିଲୋଜୁଲ/ମୋଲ୍)

Ionisation Energy Increases →

(1st Ionisation Energy in kJ/mol)

Ionisation Energy Decreases ↓

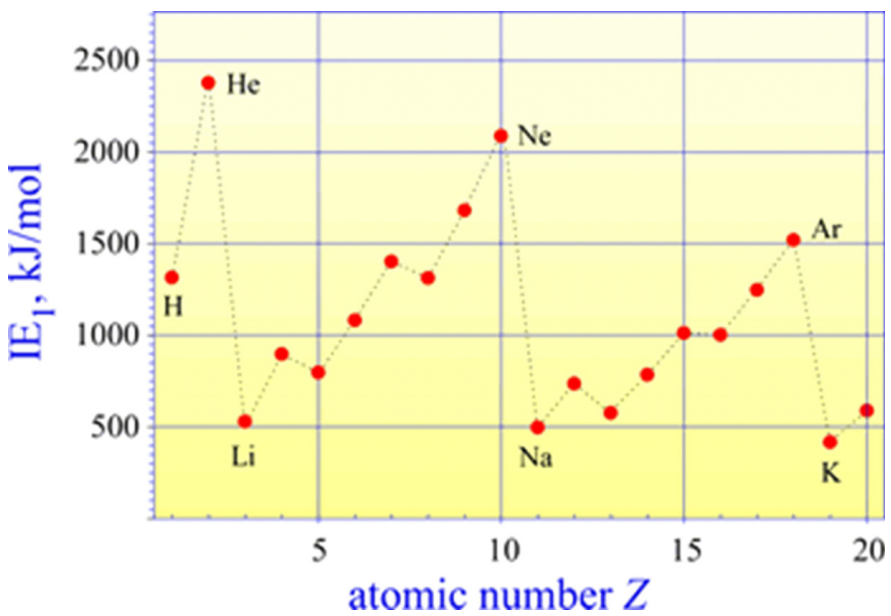
1(IA)	2(IIA)		13(IIIA)	14(IVA)	15(VA)	16(VIA)	17(VIIA)	18(zero)
H 1312								He 2372
Li 520	Be 899		B 801	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2080
Na 496	Mg 738		Al 578	Si 786	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1521
K 419	Ca 590	D-BLOCK (TRANSITION ELEMENTS)	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1351
Rb 403	Sr 549		In 558	Sn 709	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
Cs 376	Ba 503		Tl 589	Pb 716	Bi 703	Po 812	At 899	Rn 1037
Fr 393	Ra 509							

ବ୍ୟତିକ୍ରମ:

1. ମୂଖ୍ୟ ଗୋଷ୍ଠି ବା ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ପର୍ଯ୍ୟାୟଗତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ଗ୍ରାଫରେ ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନ(ଗ୍ରୁପ୍ 2 ଓ ଗ୍ରୁପ୍ 15)ରେ ଛୋଟ ଉଭାର(hump) ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ । ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଗ୍ରାଫ ଦେଖ । ଏହା କେବଳ 2ୟରୁ 4 ର୍ଥ ପରିୟଡ଼ରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳିଥାଏ । 2ୟ ପିରିୟଡ଼କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲେ ଦେଖିବ ଯେ ଯଦିଓ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି Li ଠାରୁ Ne ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବଢ଼ିଛି, Be ଓ N ରେ ଏହାର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଦେଖାଯାଇଛି। Be ଓ N ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ବେଶି ଅଧିକ ବଢ଼ିଯିବା ଫଳରେ ସେମାନଙ୍କର ପରବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକ ଯଥାକ୍ରମେ B ଓ O ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ସେମାନଙ୍କଠାରୁ ଯଥାକ୍ରମେ କମ୍ ହୋଇଥାଏ। ଏହି ବଢ଼ିଯିବାର କାରଣ ହେଲା Be ର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପସେଲ୍ ($2s^2$) ଏବଂ 'N' ର ଅର୍ଦ୍ଧପୂର୍ଣ୍ଣ (half filled) ଉପସେଲ୍ ($2p^3$) ର ଦୃଢ଼ତା । ଏହି ବିଷୟରେ ସବିଶେଷ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରାଯିବ ନାହିଁ । ଏହିଭଳି ବ୍ୟତିକ୍ରମ ମଧ୍ୟ 3ୟ ଓ 4ର୍ଥ ପର୍ଯ୍ୟାୟର ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ। ନିମ୍ନ ଚିତ୍ରରେ 1ମ, 2ୟ ଓ 3ୟ ପିରିୟଡ଼ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ସହିତ ଦେଖାଯାଇଛି । ଗ୍ରାଫରେ 2ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ Be ଓ N, 3ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ Mg ଓ P ମାନେ ଏକ ଏକ ଉଭାର(hump) ରେ ବସିଛନ୍ତି । ସେହିଭଳି 4ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼ରେ ମଧ୍ୟ Ga ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି Ca ଠାରୁ କମ୍ ଓ Se ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି As ଠାରୁ କମ୍ (ସାରଣୀ-5 ଦେଖ) ।

2. 6 ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ର p-ବ୍ଲକରେ Pb ର ଆ.ଶକ୍ତି Bi ଠାରୁ ଅଧିକ ।

ଚିତ୍ର-1 : ୧ମ, ୨ୟ ଓ ୩ୟ ପିରିୟଡ଼ର ଆୟନିକରଣ ଶକ୍ତିର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ୯ ପରିବର୍ତ୍ତନର ଗ୍ରାଫ



ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ପ୍ରତିନିଧି ବା ମୂଖ୍ୟ ଗୋଷ୍ଠି ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ

(Variation of Ionization Energy Along Groups among Representative/Main Group Elements)

ଏକ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି(IE_1) କମେ, କାରଣ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ କମିଲେ ପରମାଣୁ ଆକାର କମିବା ସହିତ, ବାହ୍ୟସେଲରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ସହଜରେ କାଢ଼ି ହୁଏ । ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀ-7 ରେ ଗ୍ରୁପରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ହ୍ରାସ ପାଉଥିବା ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ମାନକୁ ଦେଖ ।

ବ୍ୟତିକ୍ରମ:

(1) ଗ୍ରୁପ 13 (ବୋରନ ପରିବାର): ସାରଣୀ-7 ଦେଖ । Ga ର ଆ.ଶକ୍ତି Al ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ, ସେହିଭଳି Tl ର ଆ.ଶକ୍ତି ସେହି ଗ୍ରୁପର ଦ୍ୱିତୀୟ ସର୍ବାଧିକ । ଏହି ଗୃପର ଆ. ଶକ୍ତିର କ୍ରମ ହେଲା B > **Tl** > **Ga** > Al > In । ପ୍ରଥମଟିର କାରଣ(Ga>Al) ହେଲା **d-ବ୍ଲକ ସକୁଞ୍ଚନ**(d-block contraction) ଓ ଦ୍ୱିତୀୟଟିର କାରଣ(Tl>Ga>Al>In) ହେଲା **ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସକୁଞ୍ଚନ**(Lanthanide or f-block contraction) । ଏ ସମ୍ପର୍କରେ ଆମେ ଆଗରୁ '"***ଜାଣିଲେ ଭଲ***" ଶୀର୍ଷକ ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ଅଳ୍ପ କିଛି ଆଲୋଚନା କରିଥିଲୁ । ସେ ସମ୍ପର୍କରେ ସମ୍ୟକ ଜ୍ଞାନ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ପାଇବ ।

(2) ଗ୍ରୁପ୍ 14 (କାର୍ବନ ପରିବାର) : Pb ର ଆ.ଶକ୍ତି Sn ଠରୁ ଅଧିକ । ଏହାର କାରଣ ମଧ୍ୟ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସକୁଞ୍ଚନ ।

ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ :

(Variation of Ionization Energy in Transition Elements/d-block elements)

ସାଧାରଣ ଚର୍ଚ୍ଚା : ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ଭଳି, ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆ.ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନରେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଧାରା(trend) ଦେଖାଯାଇନଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ସହିତ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସିରିଜ (ପିରିଡୟଡ୍)ରେ ଆ.ଶକ୍ତି ବଢିଥାଏ ଏବଂ ଗୃପରେ ପ୍ରଥମେ କମିଥାଏ ଓ ଶେଷରେ ବଢିଥାଏ । 7ମ ପିରିୟଡ଼ର 4ର୍ଥ ସିରିଜର Ac ପର ଠାରୁ, Z = 104(Rf) ରୁ Z = 112(Cn) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆ.ଶକ୍ତି ନିରୂପଣ ହୋଇନାହିଁ, ସେମାନେ ଆମ ଆଲୋଚନା ପରିସର ବହିର୍ଭୂତ । ଅବଶ୍ୟ ଆଜିକାଲି ସାରଣୀରେ La ଓ Ac କୁ d-ବ୍ଲକ୍‌ରେ ରଖାଯାଉନାହିଁ ।

ସାରଣୀ-୫ : ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି (କି.ଜୁଲ/ମୋଲ):

Ionization Energy of Transition Elements(kJ/mol)

	Group 3 (IIIB)	Group 4 (IVB)	Group 5 (VB)	Group 6 (VIB)	Group 7 (VIIB)	Group 8 (VIII)	Group 9 (VIII)	Group 10 (VIII)	Group 11 (IB)	Group 12 (IIB)
4th Period (1st Transition series)	Sc 633	Ti 659	V 651	Cr 653	Mn 717	Fe 762	Co 760	Ni 737	Cu 745	Zn 906
5th Period (2nd Transition series)	Y 600	Zr 640	Nb 652	Mo 684	Tc 702	Ru 710	Rh 720	Pd 804	Ag 731	Cd 868
6th Period (3rd Transition series)	La* 538	Hf 659	Ta 761	W 770	Re 760	Os 840	Ir 880	Pt 870	Au 890	Hg 1007
7th Period (4th Transition series)	Ac 499 **	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn

ପିରିୟଡ୍/ସିରିଜ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ (Period/Series Wise Analysis) : 4ର୍ଥ ପିରିୟଡର ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜର Sc ଠାରୁ Zn ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 10ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । Sc ରୁ Cr ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆ.ଶକ୍ତି 600 ରୁ 660 କି.ଜୁ/ମୋଲ ଭିତରେ ରହିଛି ଓ Mn ରୁ Cu ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 700 ରୁ 762 କି.ଜୁ/ମୋଲ ମଧ୍ୟରେ ରହିଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବୃଦ୍ଧି ଓ ହ୍ରାସର କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କ୍ରମ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଏହି ସିରିଜରେ ଆ. ଶକ୍ତି ପ୍ରଥମ ମୌଳିକ Sc ର ସର୍ବନିମ୍ନ ଓ ଶେଷ ମୌଳିକ Zn ର ସର୍ବାଧିକ । ସେହି ଭଳି ଧାରା 5ମ ଓ 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡର ଯଥାକ୍ରମେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଓ ତୃତୀୟ ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳିଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ସିରିଜର ପ୍ରଥମ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ଓ ଶେଷ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ନିଜ ନିଜ ସିରିଜର ସର୍ବାଧିକ । ଏହାର କାରଣ ବିଷୟରେ ଆମେ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ । ଲାନ୍ଥାନମ୍ ଓ ଆକ୍ଟିନିୟମ୍ ଏହି ବ୍ଲକରେ ଏବେ ସ୍ଥାନ ନଥାଇ ମଧ୍ୟ ଏମାନଙ୍କର ଆ.ଶକ୍ତିର ମାନ ଉପରୋକ୍ତ ସାରଣୀରେ ରହିଛି । d-ବ୍ଲକରେ ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ଆ.ଶକ୍ତି ହେଲା ପାରଦ(Hg) ବା ମରକ୍ୟୁରିର ।

ଗୃପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଅନୁଶୀଳନ (Group Wise Analysis): ଗୃପ 3(Sc Group) ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ଅଧିକାଂଶ d-ବ୍ଲକର ଗୃପମାନଙ୍କରେ ପ୍ରଥମ ମୌଳିକଠାରୁ ତାହାର ନିମ୍ନରେ ଥିବା ଦ୍ୱିତୀୟ ମୌଳିକର ଆ. ଶକ୍ତି କମ୍, ମାତ୍ର ତାହାର ନିମ୍ନରେ ଥିବା ତୃତୀୟ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ନିଜ ନିଜ ଗୃପରେ ସର୍ବାଧିକ । କେବଳ ଗୃପ 5(V Group), ଗୃପ 6(Cr Group) ଓ ଗୃପ 10(Ni Group) ଗୃପମାନଙ୍କରେ ପ୍ରଥମରୁ ତୃତୀୟ ମୌଳିକ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆ.ଶକ୍ତି ବଢିଥାଏ । ଗୃପ୍ 4 ରେ ପ୍ରଥମ ଓ ତୃତୀୟ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ସମାନ । ଗୃପ 3 ରେ ପ୍ରଥମରୁ ତୃତୀୟ ମୌଳିକ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତି ଆ.ଶକ୍ତି ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ ଗୃପରେ କମିଲା ଭଳି କମୁଛି । ଅବଶ୍ୟ ଏଥିପାଇଁ La ଓ Ac ନେବାକୁ ପଡ଼ିଛି ।

ଗୃପ୍ 3 : Sc > Y > La > Ac; ଗୃପ୍ 4 : **Ti** > Zr < **Hf**; ଗୃପ୍ 5 : V < Nb < **Ta**;

ଗୃପ୍ 6 : Cr < Mo < **W**; ଗୃପ୍ 7 : Mn > Tc < **Re**; ଗୃପ୍ 8 : Fe > Ru < **Os**;

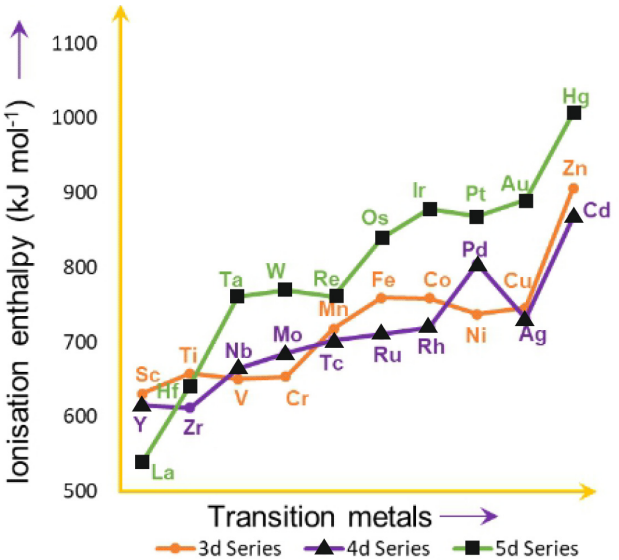
ଗୃପ୍ 9 : Co > Rh < **Ir**; ଗୃପ୍ 10 : Ni < Pd < **Pt**; ଗୃପ୍ 11 : Cu > Ag < **Au**;

ଗୃପ୍ 12 : Zn > Cd < **Hg**;

ଗୃପ୍ 4 ଠାରୁ ଗୃପ୍ 12 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ଗୃପରେ ତୃତୀୟ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗୃପ୍ 11 ରେ Cu(745 kJ/mol) ଠାରୁ Ag (731 kJ/mol) ର ଆ.ଶକ୍ତି କମ୍, ମାତ୍ର Au (890 kJ/mol) ର ଆ.ଶକ୍ତି ଏହି ତିନୋଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ ।

ଏହି ସମସ୍ତ ଧାରା ଏବଂ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ମାନଙ୍କର କାରଣ ଏଠାରେ ଦିଆଯିବ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଏତିକି କୁହାଯିବ ଯେ, 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ରେ La(57) ରୁ Hf (72) କୁ ଯିବା ପୂର୍ବରୁ ଅନ୍ୟ 14 ଟି ଅନ୍ୟ ୯ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ମୌଳିକ($_{58}$Ce - $_{71}$Lu) ଅତିକ୍ରମ ହୋଇସାରିଥାଏ,ଯାହା ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ Hf(72) ଠାରୁ Hg(80) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଉପରେ **ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ସକୁଞ୍ଚନ**ର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିଥାଏ । ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇବା ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼ିଥାଏ । ଏହି ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସକୁଞ୍ଚନ ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ ଗୃପ 4 ଠାରୁ ଗୃପ 12 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ଗୃପର ତୃତୀୟ ମୌଳିକର ଆ.ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ । ଏପରିକି ଏହି ପ୍ରଭାବ 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ର Hg ପରବର୍ତ୍ତୀ p-ବ୍ଲକରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ଯଥା Tl(81) ଓ Pb(82) ଉପରେ ପଡ଼ିଥାଏ । ଗୃପ

3ର La(57) ଓ Ac(89)ଉପରେ ଏହି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିନଥିବାରୁ ଗୃପ 3 ରେ ଆ.ଶକ୍ତି ପ୍ରଥମରୁ ଶେଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କମିଥାଏ । 3ଟି ଟ୍ରାନଜିସନ ସିରିଜ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆ.ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନର ଧାରା ବୁଝିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନରେ ଆ.ଶକ୍ତି -ଟ୍ରାନଜିସନ ଧାତୁମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ଏକ ଗ୍ରାଫ ଦିଆଯାଇଛି, ତାହା ତୁମେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କର ।



ଚିତ୍ର 2: ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ସିରିଜ ମାନଙ୍କରେ ଆ.ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନର ଗ୍ରାଫ୍

ଜାଣିବା କଥା: 1. ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ(d-block elements)ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ Y ର ଆ.ଶକ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ଓ Hg ର ସର୍ବାଧିକ । ମନେ ପକାଅ, ଆଧୁନିକ ସାରଣୀରେ La ଓ Ac କୁ d-ବ୍ଲକ ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନିଆ ନଯାଇ, f-ବ୍ଲକ ମୌଳିକ ଭାବରେ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀର ନିମ୍ନରେ ସ୍ଥାନ ପାଉଛି, କିନ୍ତୁ ପରିବର୍ତ୍ତନର କ୍ରମ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଆମେ ଏହି ଦୁଇ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସାରଣୀ-8 ରେ 3d-ବ୍ଲକରେ ନେଇଛୁ । ଏହି ଦୁହିଙ୍କର ଆ.ଶକ୍ତି Y ଠାରୁ କମ୍ ଓ Ac ର ଆ.ଶକ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ।

2. ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଆ.ଶକ୍ତି ହେଲା Cs(376 kJ/mol) ର ଓ ସର୍ବାଧିକ ଆ.ଶକ୍ତି ହେଲା He(2372 kJ/mol) ର । ଗୃପ 1 ର ଶେଷ ମୌଳିକ ଫ୍ରାନ୍ସିୟମ୍ (Fr), ଯାହାକି ଏକ ତେଜସ୍ତ୍ରିୟ ମୌଳିକ, ର ଆ.ଶକ୍ତି(393 kJ/mol), Cs ଠାରୁ ଅଧିକ, ଯାହାର କାରଣ ହେଲା **ଆପେକ୍ଷିକତାଜନିତ ସଙ୍କୋଚନ ପ୍ରଭାବ**(Relativistic Contraction Effects), ଯାହା ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀର ଜାଣିବ ।

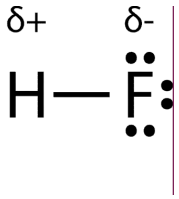
3. ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(H) ଏକ ଅଧାତୁ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ଆ.ଶକ୍ତି ଅକ୍ସିଜେନ(O) ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ, ଯଦିଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନକୁ ସାରଣୀରେ ଗୃପ୍ 1 ରେ ସ୍ଥାନିତ କରାଯାଇଥାଏ । ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ପର୍ଯ୍ୟୟେ ସାରଣୀରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମୀ ସ୍ଥିତି ସମ୍ପର୍କରେ ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚନା ହୋଇଛି ।

(4) ବିଦ୍ୟୁତ୍-ରୂଣାତ୍ମକତା (Electronegativity - EN)

ଏକ ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିବାର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବୃତ୍ତିକୁ ଏକ ସଂଖ୍ୟାରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ, ଯାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ରୂଣାତ୍ମକତା(Electronegativity) କୁହାଯାଏ । ବାସ୍ତବରେ ଏହାର ସଂଜ୍ଞା ଟିକେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ।

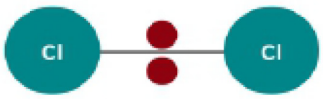
ସଂଜ୍ଞା: ଏକ ପରମାଣୁ(ଅର୍ଥାତ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍), ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧର ସହଭାଜିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯୁଗଳକୁ କେତେ ଅଧିକ ବା କମ୍ ମାତ୍ରାରେ ନିଜ ପାଖକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିପାରେ, ତାହାକୁ ଆପେକ୍ଷିକ ଭାବରେ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ତାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବା ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକତା କୁହାଯାଏ। ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଭଳି ଏହା ଏକ ଶକ୍ତି ନୁହେଁ, ଏହା କେବଳ ଏକ ସଂଖ୍ୟା, ଯାହା ଦ୍ୱାରା କେଉଁ ମୌଳିକର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆକର୍ଷଣ ଅନ୍ୟ ମୌଳିକ ତୁଳନାରେ କେତେ କମ୍ ବା କେତେ ଅଧିକ ତାହା ଜଣାଯାଇଥାଏ । ନିମ୍ନ HF ଉଦାହରଣରେ, H ଓ F ଭିତରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧର ସହଭାଜିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯୁଗଳ F ଆଡ଼କୁ ଅଧିକ ଢଳେଇ ହୋଇ ରହିଥାଏ, କାରଣ F ର ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକତା H ଠାରୁ ଅଧିକ । ଫଳରେ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧଟି ଧ୍ରୁବୀୟ ଗୁଣ(Polar Nature) ପ୍ରାପ୍ତ କରିଥାଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯୁଗଳଟି ଅସମାନ ଭାବରେ ସହଭାଜିତ ହେବା ଫଳରେ, H ଉପରେ ଏକ ଆଂଶିକ ଧନାତ୍ମକ ବା ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ(δ+) ଓ F ଉପରେ ଏକ ଆଂଶିକ ରୂଣାତ୍ମକ ବା ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ(δ-) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହାକୁ କୁହାଯାଏ ଧ୍ରୁବୀୟତା(Polarity) ଏବଂ ଏହିଭଳି ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧକୁ କୁହାଯାଏ ଧ୍ରୁବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ(Polar Covalent Bond) । ଦୁଇ ଅସମାନ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧରେ ସର୍ବଦା ଅଧିକ ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକ ପରମାଣୁରେ ରୂଣାତ୍ମକ ଧ୍ରୁବ(Negative Pole) ଓ କମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକ ପରମାଣୁରେ ଧନାତ୍ମକ ଧ୍ରୁବ(Positive Pole) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

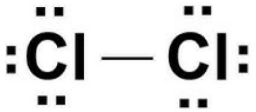




(ଆମେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଆଲୋଚନାରେ ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକତାକୁ ସଂକ୍ଷେପରେ ବି.ରୂ(EN) କହିବା ।)

ଦୁଇ ସମାନ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯୁଗଳ ଦୁଇ ପରମାଣୁର ଠିକ ମଝିରେ ରହିଥାନ୍ତି ଏବଂ ସମାନ ଭାବରେ ସହଭାଜନ ହେବା ଯୋଗୁଁ ଧ୍ରୁବୀୟତା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇନଥାଏ । ଏହି ଭଳି ସହସଂଯୋଜ ବନ୍ଧକୁ **ଅଧ୍ରୁବୀୟ ବା ଶୁଦ୍ଧ ସହସଂଯୋଜକ** ବନ୍ଧ (Non-polar or Pure Covalent Bond) କୁହାଯାଏ । H_2, Cl_2, O_2, N_2 ଇତ୍ୟାଦି ଅଣୁରେ ଏହି ଭଳି ଅଧ୍ରୁବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ ରହିଥାଏ ।

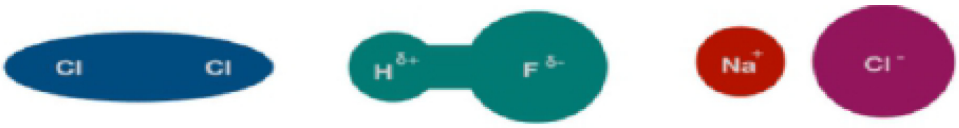








ମାତ୍ର ଏକ ଧାତୁ ପରମାଣୁ ଓ ଅଧାତୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଋଣାତ୍ମକତାର ପ୍ରଭେଦ ଅଧିକ ଥିବାରୁ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତସଂଯୋଜୀ ବା ଆୟନୀୟ ବନ୍ଧ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଧ୍ରୁବୀୟତା ଅଧିକ ବଢିଯାଇ ପାଖାପାଖି 100% ହୋଇଗଲେ, ତାହାକୁ ଆମେ ଆୟନୀୟ ବନ୍ଧ ବୋଲି କହିଥାଉ । ଆଂଶିକ ଚାର୍ଜ(δ+/δ-) ବଦଳରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜ(1+/1-/2+/2-) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ତଳ ଚିତ୍ରରେ ଏହି ତିନି ପ୍ରକାରର ବନ୍ଧକୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ, Cl_2, HF ଓ NaCl ର ଉଦାହରଣ ଦିଆଯାଇଛି । Cl_2 ରେ ବି.ରୁର ପ୍ରଭେଦ ଶୂନ୍ୟ ଥିବାରୁ ଏହା ଅଧ୍ରୁବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ(Non-polar Covalent Bond), HF ରେ ବି.ରୁର ପ୍ରଭେଦ ରହିଥିବାରୁ ଏହା ଧ୍ରୁବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ(Polar Covalent Bond), ମାତ୍ର NaCl ରେ ବି.ରୁର ପ୍ରଭେଦ ଅଧିକ ଥିବାରୁ ଏହା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆୟନୀୟ ବନ୍ଧ(Ionic bond) ।



Non-Polar Covalent Bond | **Polar** Covalent Bond | **Ionic** Ionic Bond

ଯେଉଁ ପରମାଣୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯୁଗଳକୁ ଯେତେ ଅଧିକ ଆକର୍ଷିତ କରିପାରେ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଋଣାତ୍ମକତା ସେତେ ଅଧିକ। ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଫ୍ଲୋରିନ୍ (F) ର ବିଦ୍ୟୁତ-ଋଣାତ୍ମକତା ସର୍ବାଧିକ । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଋଣାତ୍ମକତାକୁ 4 ନିଆଯାଇଛି । ଅକ୍ସିଜେନ (O) ପରମାଣୁର ବିଦ୍ୟୁତ ଋଣାତ୍ମକତା ହେଲା 3.5, ତାହା ଦ୍ୱିତୀୟ ସର୍ବାଧିକ। 3ୟ ସ୍ଥାନରେ ଅଛନ୍ତି ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ (N) ଏବଂ କ୍ଲୋରିନ୍(Cl)। ଉଭୟଙ୍କର ବି. ରୁ ପ୍ରାୟତଃ 3 । ଅନ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବି. ରୁ 3ରୁ କମ୍, ଯଥା Br = 2.8, C = 2.5, H = 2.2, Na = 0.9, Al = 1.5 ଇତ୍ୟାଦି।

ବିଦ୍ୟୁତ ଋଣାତ୍ମକତାର ବିପରୀତ ହେଲା ବିଦ୍ୟୁତ ଧନାତ୍ମକତା(Electropositivity) ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ଓ ଧାତୁ - ଅଧାତୁ ଧର୍ମଗୁଣ

(Electronegativity vs. Metal-Nonmetal Properties)

ଯେଉଁ ମୌଳିକର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ଅଧିକ ତାର ଅଧାତୁ ଗୁଣ ଅଧିକ। ପରୋକ୍ଷରେ କହିଲେ ଯାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା କମ୍ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକତା ବା ଧନାତ୍ମକତା (Electropositivity) ଅଧିକ । ସେହି ଭଳି ମୌଳିକର ଅଧାତବ ଗୁଣ କମ୍ ଓ ଧାତବ ଗୁଣ ଅଧିକ। ଧାତୁ ମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଧନାତ୍ମକ ମୌଳିକ(Electropositive elements) କୁହାଯାଏ । ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର **ପଲିଙ୍ଗ ପ୍ରମାପ** (Pauling Electronegativity Scale) ଅନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା (ବି.ରୂ) ଦିଅଗଲା। ବି.ରୂ 2.2 ଠାରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ତାହା ସାଧାରଣରେ ଅଧାତୁ ଓ 2 ଠାରୁ କମ୍ ହେଲେ ତାହା ସାଧାରଣତଃ ଧାତୁ ହୋଇଥାଏ । ଯାହାର ବି.ରୂ ଯେତେ କମ୍ ତାହା ସେତେ ସକ୍ରିୟ ଧାତୁ। ଯାହାର ବି.ରୂ ଯେତେ ଅଧିକ ତାହା ସେତେ ସକ୍ରିୟ ଅଧାତୁ ।

ସାରଣୀ-୨: ପଲିଙ୍ଗ ପ୍ରମାପ ଅନୁଯାୟୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ସାରଣୀ

(Electronegativity Values of Elements as per Pauling Scale)

H 2.2																	He
Li 0.98	Be 1.57											B 2.0	C 2.55	N 3.04	O 3.5	F 3.98	Ne
Na 0.93	Mg 1.3											Al 1.6	Si 1.90	P 2.19	S 2.58	Cl 3.16	Ar
K 0.82	Ca 1.0	Sc 1.4	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.81	Ge 2.01	As 2.18	Se 2.55	Br 2.96	Kr 3.0
Rb 0.82	Sr 0.95	Y 1.2	Zr 1.3	Nb 1.6	Mo 2.2	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.3	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.78	Sn 1.96	Sb 2.05	Te 2.10	I 2.66	Xe 2.6
Cs 0.79	Ba 0.9	La* 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 2.3	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.3	Au 2.5	Hg 2.0	Tl 1.62	Pb 2.33	Bi 2.02	Po 2.0	At 2.20	Rn
Fr >0.79	Ra 0.9	Ac** 1.1															

ପ୍ରତିନିଧି ବା ମୁଖ୍ୟଗୋଷ୍ଠି ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ବଢ଼ିଥାଏ। ତେଣୁ ଧିରେ ଧିରେ ଧାତବ ଗୁଣ କମିଥାଏ ଓ ଅଧାତବ ଗୁଣ ବଢ଼ିଥାଏ। ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 2ୟ ପିରିୟଡ୍‌ରେ Li ଓ Be ହେଲେ ଧାତୁ , B ହେଲା ଉପଧାତୁ ଏବଂ C, N, O, F ହେଲେ ଅଧାତୁ । Li ଠାରୁ F ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବି.ରୂ 0.98(1.0) ରୁ 3.98(4.0) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବଢ଼ିଛି, ତେଣୁ ଧାତୁଗୁଣ କମିଥାଏ ଓ ଅଧାତବ ଗୁଣ ବଢ଼ିଥାଏ। ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢୁଥିବାରୁ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆକର୍ଷଣର ପ୍ରବୃତ୍ତି ବା ବି.ରୂ ମଧ୍ୟ ବଢିଥାଏ ।

ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ

(Variation of EN in Groups among Representative Elements**):**

s-ବ୍ଲକ ଏବଂ p-ବ୍ଲକ ଗ୍ରୁପ୍ ମାନଙ୍କରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ସାଧାରଣତଃ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା କମିଥାଏ। ଗ୍ରୁପ୍ 15 (N – ପରିବାର) କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲେ ଆମେ ଦେଖିବା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା 3.04 (N) ରୁ 2.02 (Bi) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କମିଛି। ଏହି ସଂଖ୍ୟା କମିବା ସାଙ୍ଗକୁ ଅଧାତବ ଗୁଣ କମିଥାଏ ଏବଂ ଧାତବ ଗୁଣ ବଢ଼ିଥାଏ। N, P ହେଲେ ଅଧାତୁ As, Sb ହେଲେ ଉପଧାତୁ ଓ Bi ହେଲା ଏକ ଧାତୁ ।

ବ୍ୟତିକ୍ରମ:

1. p-ବ୍ଲକର ଗୃପ 13 ରେ B ଠାରୁ Al ର ବି.ରୂ ଆଶା ଅନୁରୂପ କମିଛି, ମାତ୍ର ତାପରେ Ga ରେ ପୁଣି ବଢି, ତାପରେ In, Tl ରେ କମିଛି । ଏହା d-ବ୍ଲକ ସଂକୁଚନ ଯୋଗୁଁ ହୋଇଥାଏ ।

2. ଗୃପ 14 ରେ ସେହିଭଳି C ଠାରୁ Si ର ବି.ରୂ କମ୍, ପୁଣି Ge ରେ ତାହା ବଢିଛି, ତାପରେ Sn ରେ କମି ପୁଣି Pb ରେ ବଢିଛି । ଏହି ସବୁର କାରଣ ହେଲା d- ବ୍ଲକ ସକୁଞ୍ଚନ ଓ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ସକୁଞ୍ଚନ(Pb) ଯାହା ଆମେ ଏଠାରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ । ତାପରେ ଅନ୍ୟ ତିନୋଟି ଗୃପ ଯଥା ଗୃପ 15, 16 ଓ 17 ରେ ବି.ରୂ ଆଶାନୁରୂପେ ଉପରୁ ତଳକୁ କମିଥାଏ ।

ଜାଣିବା କଥା: 1. ବିଦ୍ୟୁତ ରୂଣାତ୍ମକତା ପରୋକ୍ଷ ଉପାୟରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ନିରୂପଣ କରାଯାଇଥାଏ, ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପଲିଙ୍ଗ ଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ବିଶେଷ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣୀୟ ହୋଇଛି । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ ହେବ ନାହିଁ ।

2. ଟ୍ରାନ୍‌ଜିସନ ଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଉଭୟ ସିରିଜ ଓ ଗୃପରେ ବି.ରୂ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଧାରାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇନଥାଏ, ତେଣୁ ଏହା ଆଲୋଚନା କରାଯାଇନାହିଁ ।

3. ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ବି.ରୂ ର ପ୍ରଭେଦ ଯଦି 1.7 ରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ ବା ଆୟନୀୟ ବନ୍ଧ ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପ୍ରଭେଦ 1.7 ରୁ କମ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ ଥାଏ, ଯଦିଓ ଏହା ଧ୍ରୁବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ । ସେଥିପାଇଁ ତୁମେ ଜାଣିଛ, ଧାତୁ-ଅଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ବନ୍ଧ ହୋଇଥାଏ ବିଦ୍ୟୁତସଂଯୋଜକ ଓ ଅଧାତୁ-ଅଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ବନ୍ଧ ହୋଇଥାଏ ସହସଂଯୋଜକ ।

4. ମୌଳିକ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ବି.ରୂ ର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଶୂନ୍ୟ ହେଲେ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧକୁ ଶୁଦ୍ଧ ବା ଅଧୃବୀୟ ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧ(Pure or Non-polar Covalent Bond) କୁହାଯାଏ । ଦୁଇପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ଅଣୁ ଯଥା H_2, Cl_2, O_2, N_2, Br_2 ଇତ୍ୟାଦିରେ ଥିବା ବନ୍ଧ ଶୁଦ୍ଧ ବା ଅଧୃବୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ।

5. ମୌଳିକ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରେ ବି.ରୂ ର ପାର୍ଥକ୍ୟ ରହିଲେ(ମାତ୍ର 1.7 ରୁ କମ୍), ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧଟି ଧ୍ରୁବୀୟ(Polar Covalent Bond) ହୋଇଥାଏ । କମ୍ ବି.ରୂ ଧାରୀ ପରମାଣୁରେ ଏକ ଆଂଶିକ ଧନାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ(fractional positive charge, δ+) ଓ ଅଧିକ ବି.ରୂ ଧାରୀ ପରମାଣୁରେ ଏକ ଆଂଶିକ ରୂଣାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ (fractional negative charge, δ–) ରହିଥାଏ । ଏହି ଭଳି ସହସଂଯୋଜକ ବନ୍ଧରେ ସଳ୍ପ ମାତ୍ରାରେ ଆୟନୀୟ ଗୁଣ ରହିଥାଏ । ବି.ରୂର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ଧ୍ରୁବୀୟ ଗୁଣ ସେତେ ବଢିଥାଏ । H-F ଓ H-Cl ମଧ୍ୟରେ H-F ର ଧ୍ରୁବୀୟ ଗୁଣ ଅଧିକ, କାରଣ Cl(3.0) ଠାରୁ F(4.0) ଅଧିକ ରୂଣାତ୍ମକ । H ରେ +δ ଚାର୍ଜ ଓ F/Cl ରେ -δ ଚାର୍ଜ ରହିଥାଏ । କିନ୍ତୁ H-F ରେ ଏହି ଆଂଶିକ ଚାର୍ଜର ମାନ H-Cl ଠାରୁ ଅଧିକ ଥାଏ । ଏହାର କାରଣ ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ଜାଣିପାରୁଥିବ । NaCl ରେ ବି.ରୂ ର ପ୍ରଭେଦ ହେଲା 2.07 (Cl=3.0, Na = 0.93), ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବନ୍ଧ ହୋଇଥାଏ ବିଦ୍ୟୁତସଂଯୋଜକ । ଏହି ବିଷୟରେ ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।



(5) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି (Electron Affinity/EA /Affinity Energy/AE)

ଏକ ପରମାଣୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ବିଯୁକ୍ତାୟନ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତିକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ। ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ହେଲା ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିବାର ଆପେକ୍ଷିକ କ୍ଷମତା କିନ୍ତୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ହେଲା ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିବାର କ୍ଷମତା। ଏହା ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଭଳି ଏକ ଶକ୍ତି , ମାତ୍ର ବି.ରୂ ଭଳି ଏକ ଆପେକ୍ଷିକ ସଂଖ୍ୟା ନୁହେଁ ।

ସଂଜ୍ଞା- **ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଏକକ ରୂଣାତ୍ମକ ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି କଲେ ଯେତିକି ଶକ୍ତି ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ତାହାକୁ ତାହାର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି କୁହାଯାଏ।**

$X(g) + e \rightarrow X^- +$ ଇ.ଆ(EA) (ଇ.ଆ -ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି)

ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କଲେ, ଏକକ ରୂଣାତ୍ମକ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ। ଏଠାରେ ସ୍ମରଣ କରାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ଏକ ପରମାଣୁ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଶୋଷଣ କଲେ ଯୁକ୍ତାୟନ (+ve ion) ରେ ପରିଣତ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ବିଯୁକ୍ତାୟନ ହେଲେ ପରମାଣୁଟିରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ନିର୍ଗତ କରିଥାଏ। ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ସାଭାବିକ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଦିଆଗଲା। କେତେକ ମୌଳିକ ଯଥା ଗ୍ରୁପ୍ 2 ର Be, Mg, ଗ୍ରୁପ୍ 15 ର N ଏବଂ ଗ୍ରୁପ୍ 18 (He, Ne, Ar, Kr, Xn, Rn) ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଶୂନ୍ୟ କାରଣ ଏମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଶକ୍ତି ଆଦୌ ନଥାଏ। ଏମାନଙ୍କ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କେତେକ ଟ୍ରାନ୍‌ଜିସନ୍ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଯଥା Zn ଗ୍ରୁପ ମୌଳିକ(Zn, Cd, Hg) ଓ Mn ର ଇ.ଆ. ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ।

ସାରଣୀ-10: ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତି ସାରଣୀ(କିଲୋ ଜୁଲ/ମୋଲ ଏକକରେ)

1																	18
H 73																	He 0
	2											13	14	15	16	17	
Li 60	Be 0											B 27	C 122	N 0	O 141	F 328	Ne 0
Na 53	Mg 0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al 43	Si 134	P 72	S 200	Cl 349	Ar 0
K 48	Ca 2	Sc 18	Ti 8	V 51	Cr 64	Mn 0	Fe 16	Co 64	Ni 111	Cu 118	Zn 0	Ga 30	Ge 120	As 78	Se 195	Br 325	Kr 0
Rb 47	Sr 5	Y 30	Zr 41	Nb 82	Mo 72	Tc 53	Ru 101	Rh 110	Pd 54	Ag 126	Cd 0	In 30	Sn 120	Sb 103	Te 190	I 295	Xe 0
Cs 45	Ba 14	La* 50	Hf 17	Ta 31	W 79	Re 14	Os 110	Ir 151	Pt 205	Au 223	Hg 0	Tl 36	Pb 35	Bi 91	Po 180	At 222	Rn 0
Fr 47	Ra 10	Ac**** 34	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt									

ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପିରିୟଡ୍ ଏବଂ ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ-

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଋଣାତ୍ମକତା ଓ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଭଳି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ମଧ୍ୟ ସାଧାରଣରେ ଏକ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ବଢ଼ିଥାଏ କାରଣ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଆକର୍ଷଣ ବଢିଲେ ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିହୁଏ ଏବଂ ତାହା ଫଳରେ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ବାହାରିଥାଏ । ଗ୍ରୁପ୍‌ରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି କମିଥାଏ କାରଣ ଉପରୁ ତଳକୁ ନ୍ୟକ୍ଲୀୟ ଆକର୍ଷଣ କମିବା ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ ସହଜରେ ହୋଇନଥାଏ, ଯେଉଁଥିପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି କମିଥାଏ । ଏହାର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ବହୁତ ସ୍ଥାନରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳିଥାଏ ।

ବ୍ୟତିକ୍ରମ:

1. 2ୟରୁ 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପିରିୟଡ଼ରେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ଗଲେ ପ୍ରଥମରୁ (ଗୃପ 1) ଦ୍ୱିତୀୟ ମୌଳିକ (ଗୃପ୍ 2)ରେ ଇ.ଆ କମିଥାଏ ଓ ତାପର ଦୁଇ ମୌଳିକ (ଗୃପ 13 ଓ 14)ରେ ବଢିଥାଏ । ପୁଣି ଗୃପ 15 ରେ କମିଥାଏ ଓ ତା ପରେ ଗୃପ 16 ଓ 17 ରେ ବଢିଥାଏ । ପ୍ରଥମ କମିବାର କାରଣ ହେଲା ଗୃପ୍ 2- କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ (alkaline earth metals) ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ ସେଲରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପସେଲ(ns^2) ସଂରଚନାର ଦୃଢତା ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ କମିବାର କାରଣ ହେଲା ଗୃପ 15 ମୌଳିକ(N, P, As...) ମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧପୂର୍ଣ୍ଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପସେଲ (np^3) ସଂରଚନା ର ଦୃଢତା । ଉଦାହରଣ ସରୂପ 3ୟ ପିରିୟଡରେ Na(53 kJ/mol) ରୁ Mg(0) କମିଛି, ତାପରେ Al(43 kJ/mol), Si (134 kJ/mol) ରେ ବଢିଛି, ପୁଣି P (72 kJ/mol) ରେ କମିଛି, ତାପର ଶେଷ ଦୁଇ ମୌଳିକ S (200 kJ/mol) ଓ Cl (349 kJ/mol) ରେ ବଢିଛି । ଗୃପ 18- ନିଷ୍ତ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ-ସମସ୍ତଙ୍କର ଇ.ଆ ଶୂନ୍ୟ, ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କୁ ଆଲୋଚନାକୁ ନିଆଯାଇନାହିଁ ।

2. p-ବ୍ଲକରେ ଗୃପ୍ 13 ରୁ 17 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ଗୃପ୍‌ରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ମୌଳିକର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତି ପ୍ରଥମ

ମୌଳିକଠାରୁ ଅଧିକ । ଆଲୁମିନିୟମ (Al) ର ବୋରନ୍ (B) ଠାରୁ ଅଧିକ, ସିଲିକନ୍‌ର (Si) କାର୍ବନ (C) ଠାରୁ ଅଧିକ, ଫସଫରସ୍ (P) ର ନାଇଟ୍ରୋଜେନ (N) ଠାରୁ ଅଧିକ, ସଲଫର (S) ର ଅକ୍ସିଜେନ (O) ଠାରୁ ଅଧିକ ଓ କ୍ଲୋରିନ୍ (Cl) ର ଫ୍ଲୋରିନ୍ (F) ଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହାର କାରଣ ହେଲା B, C, N, O, F ଭଳି ଦ୍ୱିତୀୟ ପିରିୟଡ୍‌ରେ ଥିବା ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ର ଆକାର । ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନୀୟ ଚାର୍ଜର ଘନତ୍ୱ (electronic charge density) ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ବାହାରୁ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସହିତ ପରମାଣୁରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରେ ମାତ୍ରାଧିକ ବିକର୍ଷଣ ହୋଇଥାଏ । ଫଳରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟରୁ କିଛି ଶକ୍ତି ଏହି ବିକର୍ଷଣ ବଳକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରିବାରେ ବ୍ୟବହାର ହୋଇଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ ମୋଟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନରର ମାତ୍ରା କମିଯାଇଥାଏ ଏବଂ ତାହା ଫଳରେ ସେହି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ତଳେ ଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କର (ଯଥାକ୍ରମେ Al, Si, P, S, Cl) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ସେମାନଙ୍କଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

3. ଉଷ୍ମାଗତିବିଜ୍ଞାନ/ଥର୍ମୋଡ଼ାଇନାମିକ୍ସ (Thermodynamics) ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତିର ନାମ ହୋଇଥାଏ, **ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ ଏନ୍ଥାଲ୍ପି**(Electron Gain Enthalpy) । ଏହାର ସଂଜ୍ଞା ହେଲା, ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସୀୟ ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଫଳରେ, ଯେତିକ ତାପ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ କିମ୍ବା ଶୋଷିତ ହୋଇଥାଏ, ଅର୍ଥାତ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଯେତିକି ତାପଶକ୍ତି ବା ଏନ୍ଥାଲ୍ପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତାହାକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ ଏନ୍ଥାଲ୍ପି କୁହାଯାଏ । ଏହି ବିଜ୍ଞାନ ଅନୁଯାୟୀ, ଉତ୍ପାଦିତ ଶକ୍ତିକୁ ରୃଣାତ୍ମକ (-ve) ନିଆଯାଏ ଓ ଶୋଷିତ ଶକ୍ତିକୁ ଧନାତ୍ମକ(+ve) ନିଆଯାଏ । ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତି(Electron Affinity)କୁ ଆମେ ଆଗରୁ ଧନାତ୍ମକ (+ve) ନେଇଛୁ ଓ ଯେଉଁ ମୌଳିକମାନେ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରନ୍ତି ନାହିଁ, ସେମାନଙ୍କର ଇ.ଆ କୁ ଶୂନ୍ୟ ନେଇଛୁ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବରେ ସେହିଭଳି ମୌଳିକ(Be, Mg, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Mn, Zn, Cd, Hg ଇତ୍ୟାଦି) ଶକ୍ତି ଶୋଷଣ କରି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିପାରିବେ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତି ରୃଣାତ୍ମକ (-ve) ହୋଇଥାଏ । ମାତ୍ର ବୁଝିବାରେ ସୁବିଧା ପାଇଁ, ଆମେ ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତିକୁ ଶୂନ୍ୟ ନେଇ ଆଲୋଚନା କରିଛୁ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ ଏନ୍ଥାଲ୍ପିର ଚିହ୍ନ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତିର ଚିହ୍ନର ବିପରୀତ, ମାତ୍ର ଶକ୍ତିର ମାନ ସମାନ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ ଏନ୍ଥାଲ୍ପିରେ, ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ରୃଣାତ୍ମକ(-ve) ଓ ଶକ୍ତି ଶୋଷଣ ଧନାତ୍ମକ(+ve) ହୋଇଥାଏ, ମାତ୍ର ଆମେ ଆଲୋଚନା କରିଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତିରେ ଏହା ବିପରୀତ । ଏ ବିଷୟରେ ଆଉ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ବନାମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆଶକ୍ତି (Ionization Energy Vs. Electron Affinity):

1. ଯାହାର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କମ୍ ସେହି ମୌଳିକ ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ। ଧାତୁମାନଙ୍କର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଅଧାତୁମାନଙ୍କ ଠାରୁ କମ୍ ତେଣୁ ଧାତୁମାନେ ସହଜରେ ଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରନ୍ତି। ଧାତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କ୍ଷାର ଧାତୁ ଓ କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଅନ୍ୟମାନଙ୍କଠାରୁ

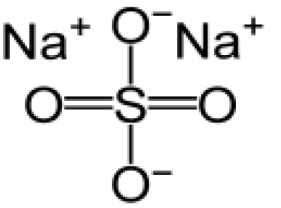
ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନେ ସହଜରେ ଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରନ୍ତି। ଏହି ଦୁଇ ଧାତୁ ପରିବାର ମଧ୍ୟରୁ କ୍ଷାର ଧାତୁର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ସବୁଠାରୁ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏମାନେ ସବୁଠାରୁ ସହଜରେ ଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି।

2. ଯେଉଁ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଅଧିକ, ସେମାନେ ସହଜରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ବିଯୁକ୍ତାୟନରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରନ୍ତି। ଅଧାତୁମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଧାତୁମାନଙ୍କଠାରୁ ଅଧିକ ତେଣୁ ଅଧାତୁମାନେ ସହଜରେ ବିଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି। ଅକ୍ସିଜେନ ପରିବାର (ଗ୍ରୁପ୍ 16) ଏବଂ ହାଲୋଜେନ୍ ପରିବାର (ଗ୍ରୁପ୍ 17) ରେ ଥିବା ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଅନ୍ୟମାନଙ୍କଠାରୁ ଅଧିକ। ତେଣୁ ଏମାନେ ସହଜରେ ବିଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି। ଏହି ଦୁଇ ଗୃପ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ହାଲୋଜେନମାନଙ୍କର (F, Cl, Br, I) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ତେଣୁ ଏମାନେ ସବୁଠାରୁ ସହଜରେ ବିଯୁକ୍ତାୟନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି।

6. ଯୋଜ୍ୟତା/ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା/ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା (Valency/Oxidation Number/Oxidation State):

ଗୋଟିଏ ଯୌଗିକ ଅଣୁ ବା ଆୟନରେ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ ନିଜର ଯେତିକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇଥାଏ ବା ଅନ୍ୟଠାରୁ ଯେତିକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ, କିମ୍ବା ନିଜର ଯେତିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅନ୍ୟ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ସହିତ ସହଭାଜନ କରିଥାଏ, ତାହାକୁ ସେହି ପରମାଣୁର ଯୋଜ୍ୟତା(Valency) କୁହାଯାଏ । ପ୍ରଥମ ଯୋଜ୍ୟତାଟି ହେଲା ବିଦ୍ୟୁତ-ଯୋଜ୍ୟତା(Electrovalency) ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତସଂଯୋଜକ ବା ଆୟନୀୟ ଯୌଗିକ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ଓ ଦ୍ୱତୀୟ ଯୋଜ୍ୟତା ହେଲା ସହଯୋଜ୍ୟତା(Covalency), ଯାହା ସହସଂଯୋଜକ ଯୌଗିକ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ଆଜିକାଲି ଯୋଜ୍ୟତା ଶବ୍ଦ ବଦଳରେ ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା(Oxidation Number) ବା ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା(Oxidation State) ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ହେଉଛି । ପ୍ରଭେଦ ଏତିକି ଯେ ଏହା ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତଯୋଜ୍ୟତା ଓ ସହଯୋଜ୍ୟତା ବଦଳରେ ବ୍ୟବହାର କରିହେଉଛି ଏବଂ ଏଥିରେ ଯୁକ୍ତ (+ve) କିମ୍ବା ବିଯୁକ୍ତ(-ve) ଚିହ୍ନ ପ୍ରଥମେ ଦିଆଯିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । ଆଉ ଏକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ହେଲା, ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ଗୋଟିଏ ଅଣୁରେ କିମ୍ବା ବହୁପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନରେ ପ୍ରତି ପରମାଣୁ ପିଛା ନିରୂପଣ କରାଯାଇଥାଏ । ତୁମେ ଏହି ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା ବିଷୟରେ ମୂଳ ଧାରଣା ପାଇବା ପାଇଁ ଆମର ମୌଳିକ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ-ଭାଗ-1 ପଢିବା ଉଚିତ । ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଚିତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ, Na_2SO_4 ରେ Na ର ଯୋଜ୍ୟତା(Electrovalency) ହେଲା 1+, ଓ SO_4^{2-} ର ଯୋଜ୍ୟତା(Electrovalency) ହେଲା 2- । ମାତ୍ର SO_4^{2-} ଆୟନରେ S ର ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେଲା 6 ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ O ର ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେଲା 2 । କାରଣ Na ନିଜର ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇଛି, SO_4^{2-} ଆୟନରେ S ନିଜର 6 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅନ୍ୟ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ସହିତ ସହଭାଜନ କରିଛି । ତେଣୁ S ର ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେଲା 6 ଓ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ହେଲା +6 । ପ୍ରତି O ପରମାଣୁ ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସହଭାଜନ କରିଛି, ତେଣୁ ତାହାର ସହଯୋଜ୍ୟତା ହେଲା 2 ଓ ଜାରଣସଂଖ୍ୟା ହେଲା -2 । S ର ବିଦ୍ୟୁତରୂଣାତ୍ମକତା O ଠାରୁ କମ୍ ଥିବାର S ର ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା +ve ହେଲା

ଓ O ର -ve ହେଲା । ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ବିଷୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ତଥ୍ୟ ଜାଣିବାକୁ ଭାଗ-1 ପଢିବାକୁ ପୁଣି ଥରେ ଅନୁରୋଧ କରାଗଲା ।



ଗୋଟିଏ ପରାମାଣୁର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ(ଶେଷ ସେଲ)ରେ ଯେତିକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ, ସର୍ବାଧିକ ସେତିକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଏହା ହରାଇପାରେ କିମ୍ବା ସହଭାଜନ କରିପାରେ । ତେଣୁ ମୌଳିକର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା(Maximum Valency/Maximum Oxidation State) ହେଲା ପରମାଣୁର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ (Valence Shell) ରେ ଥିବା ସମୁଦାୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା(Miniumum Valency / Mminimum Oxidatin Satate) ହେଲା ଯେତିକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଏହା ଦୃଢ ଅଷ୍ଟକ(stable octet) ବା ଦ୍ୱତୀୟକ(duplet) ସଂରଚନା ଲାଭ କରିପାରେ ।

ବି.ଦ୍ର: ଆମେ ଏହାପରେ ଯୋଜ୍ୟତା ଓ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ଶବ୍ଦକୁ ଅଦଳ ବଦଳ କରି ବ୍ୟବାହାର କରିବୁ ।

s-ବ୍ଲକ ଓ p-ବ୍ଲକରେ ଯୋଜ୍ୟତାର ଗୃପ-ଭିତ୍ତିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ

(Group-wise Variation of Oxidation State in s- and p-block Elements):

ଗୃପ୍ 1: କ୍ଷାର ଧାତୁ - ଏମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା = +1

(ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ ସଂରଚନା : ns^1, n=2-7) Na^{1+}, K^{1+}

ଗପ୍ 2 : କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ - ଯୋଜ୍ୟତା = +2

(ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2, n=2-7) Mg^{2+}, Ca^{2+}

ଗୃପ 13: ବୋରନ ପରିବାର - ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା : +3 , ସର୍ବନିମ୍ନ : +1

(ଯୋ. ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^1, n=2-7) Al^{3+}, H_3BO_3 (B = +3), Tl^{1+}, Tl^{3+}

ଗୃପ 14: କାର୍ବନ ପରିବାର - ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା: +4, ସର୍ବନିମ୍ନ : -4

(ଯୋ. ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^2 , n=2-7)

CO_2 (C=+4), Al_4C_3 (C = - 4), SiO_2 (Si = +4), Mg_2Si(Si = -4)

ଗୃପ 15: ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ପରିବାର - ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା : +5, ସର୍ବନିମ୍ନ: -3

(ଯୋ. ସଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^3 , n=2-7) Mg_3N_2(N = -3), PCl_5 (P = +5),

ଗୃପ 16: ଅକ୍ସିଜେନ ପରିବାର - ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା : +6, ସର୍ବନିମ୍ନ : -2 (ଯୋ. ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^4 , n=2-7)

H_2SO_4 ଓ SF_6 (S = +6), ZnS(S=-2), MgO (O = -2)

ଗୃପ୍ 17: ହାଲୋଜେନ ପରିବାର - ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା : +7, ସର୍ବନିମ୍ନ : -1 (ଯୋ. ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^5 , n=2-7)

Cl_2O_7 (Cl = +7), NaBr ଓ HI (Br/I = -1)

ଗୃପ 18: ଉତ୍କୃଷ୍ଟ (ନିଷ୍କ୍ରିୟ) ଗ୍ୟାସ - ସର୍ବାଧିକ : +8 (ହିଲିୟମ ବ୍ୟତୀତ) : (ଯୋ. ସେଲ ସଂରଚନା: ns^2,np^6 , n=2-7)

H_4XeO_6 (Xe = +8)

ବି.ଦ୍ର: ଗୃପ 14 ରୁ ଗୃପ୍ 17 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକ ପରମାଣୁ ଯଥାକ୍ରମେ 4 ଟି, 3 ଟି, 2 ଟି ଓ 1 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ନିକଟସ୍ଥ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ସଂରଚନା ପ୍ରାପ୍ତ କରିପାରନ୍ତି, ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ସର୍ବନିମ୍ନ ରୂଣାତ୍ମକ ଯୋଜ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ -4, -3, -2 ଓ -1 ହୋଇଥାଏ ।

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

1. ଗୃପ୍ 15 ରେ N , ଗୃପ୍ 16 ରେ O ର ଓ ଗୃପ୍ 17 ରେ F ର ଫାଙ୍କା d- ଅର୍ବିଟାଲ ନଥିବାରୁ, ସେମାନେ ନିଜ ନିଜ ଗୃପର ସର୍ବାଧିକ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ଯଥାକ୍ରମେ +5, +6 ଓ +7 ହାସଲ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ ।

2. p-ବ୍ଲକର ଗୃପ୍ 14 ରୁ 17 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅନେକ ମୌଳିକ ସର୍ବାଧିକ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତାର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଏକାଧିକ ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

Sn/Pb : $SnCl_2$, $PbCl_2$(+2); $SnCl_4$, PbO_2(+4)

N : N_2O(+1), NO(+2), N_2O_3(+3), HNO_3(+5),

(HNO_3 ରେ N ର ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା +5 ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହା ପଞ୍ଚ-ସହସଂଯୋଜକ(pentacovalent) ହୋଇପାରି ନଥାଏ । PCl_5 ର ଅସ୍ଥିତ୍ୱ ଅଛି ଓ ଏହା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରେ, କିନ୍ତୁ NCl_5 ର ଅସ୍ଥିତ୍ୱ ନାହିଁ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରିନଥାଏ ।)

P, As, Sb: P_2O_3, As_2O_3, Sb_2O_3(+3), P_2O_5, As_2O_5, Sb_2O_5(+5)

O : H_2O_2(-1), OF_2(+2), KO_2(1/2), O_2F_2(+1)

S, Se, Te: SO_2, SeO_2, TeO_2(+4); H_2SO_4, H_2SeO_4, H_6TeO_6(+6)

Cl, Br, I : Cl_2O, HOBr, HOI(+1); $HClO_2$,Br_2O_3, I_2O_3(+3); $HClO_3$, $HBrO_3$, HIO_3(+5); $HClO_4$, $HBrO_4$, HIO_4(+7)

Xe: XeF_2(+2), XeF_4(+4), XeF_6(+6), H_4XeO_6(+8)

3. p-ବ୍ଲକର ଯେ କୌଣସି ଗୃପରେ ଉପର ତଳକୁ ଗଲେ, ଗୃପର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତାର ସ୍ଥିରତ୍ୱ(ସ୍ଥାୟୀତ୍ୱ)କମିଥାଏ । ଏହାକୁ **ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଯୁଗଳ ପ୍ରଭାବ**(Inert Pair Effect) କୁହାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 14 ରେ ଉଭୟ Sn ଓ Pb +2 ଓ +4 ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଇଥାନ୍ତି, ସେଥିମଧ୍ୟରୁ Pb ର +4 ଯୋଜ୍ୟତା ଅସ୍ଥାୟୀ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପମାତ୍ରାରେ $PbCl_2$ ସ୍ଥାୟୀ, ମାତ୍ର $PbCl_4$ ଅସ୍ଥାୟୀ ।

(ଏହି ସମସ୍ତ ବିଷୟରେ ବିଶେଷ ଜ୍ଞାନ ତୁମେ ଉପର ଶ୍ରେଣୀରେ ପାଇବ)

ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଗୃପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନ:

(Group-wise variation Oxidation State among Transition Metals)

ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ ଉଭୟ (n-1)d ଓ ns ଉପସେଲ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ, କାରଣ ଏହି ଦୁଇ ଅରବିଟାଲମାନଙ୍କର ଶକ୍ତିର ମାନ ପାଖାପାଖି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ Mn ର ଶେଷ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ହେଲା $3d^5$, $4s^2$ । 4s ର ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବନ୍ଧନରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କଲାପରେ 3d ରୁ ଗୋଟିଏ ପରେ ଗୋଟିଏ ସମସ୍ତ 5ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମଧ୍ୟ ବନ୍ଧନରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିପାରିଥାନ୍ତି । ତେଣୁ Mn ର ଯୋଜ୍ୟତା/ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା +2 ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସର୍ବାଧିକ +7 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତି ଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ଗୃପମାନଙ୍କରେ ଗୃପ୍ 3 [$(n-1)d^1$, ns^2] ରୁ ସର୍ବାଧିକ ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା +3 ରୁ ବଢି ଗୃପ୍ 7 [$(n-1)d^5$, ns^2] ର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା +7 ହୋଇଥାଏ । ତାପରେ, d-ଉପସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଯୁଗ୍ମିକରଣ(pairing of electrons) ଆରମ୍ଭ ହେବାରୁ ସର୍ବାଧିକ ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟାର ହ୍ରାସ ଘଟିଥାଏ । ଟ୍ରାନଜିସନ ଗୃପ୍ ମାନଙ୍କରେ ସର୍ବନିମ୍ନରୁ ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା ଗୃପ କ୍ରମରେ ବଢି ବଢି ଗୃପ 7(Mn Group) ରେ +7 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସର୍ବାଧିକ ବଢିଥାଏ ଓ ତାପରେ ଗୃପ 8(Fe Group) ରୁ ଏହା କମି ଗୃପ 12 ରେ କେବଳ +2 ହୋଇଯାଇଥାଏ । ନିମ୍ନ ଚିତ୍ରରେ ଏହି ଯୋଜ୍ୟତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅତି ଚମତ୍କାର ଭାବରେ ଏକ ତ୍ରିଭୂଜ ଭଳି ସଜା ଯାଇଥିବାର ତୁମେ ଦେଖିବ ।

ଚିତ୍ର 3 : ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ଗୃପ୍ ମାନଙ୍କରେ ଯୋଜ୍ୟତା ବା ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନ

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
				+7					
			+6	+6	+6				
		+5	+5	+5	+5	+5			
	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4		
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3		
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
								+1	

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

1. Sc ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା(ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା) କେବଳ +3 । ଏମାନେ ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଇନଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ :$ScCl_3$

2. Ti ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3 ଓ +4 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +4 । ଉଦାହରଣ : $TiCl_4$, TiO_2.

3. V ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3, +4 ଓ +5 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +3 ଓ +5 । ଉଦାହରଣ: V_2O_3(+3) V_2O_5(+5)

4. Cr ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3, +4, +5 ଓ +6 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +3 ଓ +6 । ଉଦାହରଣ: Cr_2O_3(+3), $K_2Cr_2O_6$(+6)

5. Mn ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3, +4, +5, +6 ଓ +7 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +2, +4 ଓ +7 ।

ଉଦାହରଣ: $MnSO_4$(+2), MnO_2(+4), $KMnO_4$(+7)

6. Fe ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3, +4, +5 ଓ +6 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +2 ଓ +3 । ଉଦାହରଣ : $FeSO_4$(+2), Fe_2O_3(+3)

କିନ୍ତୁ Fe, +6 ଯୋଜ୍ୟତା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ : FeO_3 (+6)

7. Co ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3, +4 ଓ +5 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +2 ଓ +3 । ଉଦାହରଣ: $Co(NO_3)_2$(+2), $CoCl_3$(+3)

8. Ni ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା +2, +3 ଓ +4 ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକ ପ୍ରଚଳିତ ଯୋଜ୍ୟତା +2 ।

ଉଦାହରଣ: NiS(+2)

9. Cu ଗୃପ ର ଯୋଜ୍ୟତା +1, +2 ଓ +3 ମଧ୍ୟରୁ, Cu : +1(ous) ଓ +2(ic) ।

ଉଦାହରଣ: CuCl(+1), $CuSO_4$(+2)

Au: +1(ous) ଓ +3(ic) । ଉଦାହରଣ: AuCl(+1), $AuCl_3$(+3);

Ag: କେବଳ +1 । ଏହା ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା ସାଧାରଣରେ ଦେଖାଇନଥାଏ । ଉଦାହରଣ: $AgNO_3$ (+1)

10. Zn ଗୃପର ଯୋଜ୍ୟତା କେବଳ +2 । ଉଦାହରଣ: $ZnCl_2$, $CdSO_4$

ବ୍ୟତିକ୍ରମ: Hg ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା +1(ous) ଓ +2(ic) ଦେଖାଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ: Hg_2Cl_2(HgCl), $HgCl_2$

11. ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ d-ବ୍ଲକରେ ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା +8 । ଏହା ଗୃପ 8 ର Ru ଓ Os ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

ଉଦାହରଣ: RuO_4, OsO_4(+8)

(7) ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ (Nature of Oxides):

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ମୌଳିକ-ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମାନଙ୍କର ପିରିୟଡ୍ ଓ ଗୃପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଧର୍ମଗୁଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମ୍ପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଚାଲ ମୌଳିକ ଅକ୍ସାଇଡ଼ମାନଙ୍କର କିଛି ଧର୍ମଗୁଣ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଧାତବ ଅକ୍ସାଇଡ୍(Metallic Oxides**):**

ସାଧାରଣତଃ ଧାତୁମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍ ହେଲେ କ୍ଷାରୀୟ ପ୍ରକୃତିର ଏବଂ ସେମାନେ ଅମ୍ଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି ଲବଣ ଓ ଜଳ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ଅନେକ ଧାତବ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଜଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରୟା କରି ଧାତବ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ଼ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି, ଯାହା ଜଳରେ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ ଆୟନ(OH^-) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଆନ୍ତି । ଏହି OH^- ଆୟନ ଯୋଗୁଁ ଏମାନେ କ୍ଷାରୀୟ ଧର୍ମଗୁଣ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

$MgO + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$; $Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ [$Ca^{2+} + 2OH^-$]

ଅଧାତବ ଅକ୍ସାଇଡ୍(Non-metallic Oxides**):**

ଅଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ସାଧାରଣତଃ ଅମ୍ଳୀୟ ପ୍ରକୃତିର । ସେମାନେ ଜଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରୟା କରି ଏକ ଅମ୍ଳ ବା ଏସିଡ଼ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ।

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$; $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$; $N_2O_5 + H_2O \rightarrow HNO_3$;

ବ୍ୟତିକ୍ରମ: CO(କାର୍ବନ ମନୋକ୍ସାଇଡ୍), N_2O(ନାଇଟ୍ରସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍) ଓ NO(ନାଇଟ୍ରିକ ଅକ୍ସାଇଡ୍) । ଏମାନେ ଅମ୍ଳୀୟ କିମ୍ବା କ୍ଷାରୀୟ ପ୍ରକୃତିର ନୁହନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କୁ ପ୍ରଶମିତ ଅକ୍ସାଇଡ୍(Neutral Oxides) କୁହାଯାଏ ।

(ଏ ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଧାରଣା ପାଇବା ପାଇଁ ଏହାର ଭାଗ-1 ବହି ନିଶ୍ଚୟ ପଢିବ)

ଉଭୟଧର୍ମୀ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍(Amphoteric Oxides and Hydroxides):

କେତେକ ଧାତୁ ଯଥା Al, Zn, Sn, Pb ଇତ୍ୟାଦି ଓ ଉପଧାତୁ ଯଥା B, Si, As, Sb ଇତ୍ୟାଦି ମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ଼ ଉଭୟ ଅମ୍ଳୀୟ(acidic) ଓ କ୍ଷାରୀୟ(basic) ଧର୍ମଗୁଣ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କୁ ଉଭୟଧର୍ମୀ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍ କୁହାଯାଏ ଓ ଏହି ତତ୍ତ୍ୱକୁ **ଉଭୟଧର୍ମୀ ତତ୍ତ୍ୱ**(Amphoterism) କୁହାଯାଏ । ଏମାନେ ଏକ ଅମ୍ଳ ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି ଲବଣ ଓ ଜଳ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ଏମାନେ କ୍ଷାରୀୟ ଧର୍ମ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ଏକ ସବଳ କ୍ଷାରକ(strong base) ଯଥା NaOH ଓ KOH

ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରି ମଧ୍ୟ ଲବଣ ଓ ଜଳ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ଏମାନେ ଅମ୍ଳୀୟ ଧର୍ମ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଜାଣିବା ପାଇଁ ଏହି ବହିର ଭାଗ-1 ପଢିବ ।

$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$, $ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$

$Sn(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow SnSO_4 + 2H_2O$, $Sn(OH)_2 + 2KOH \rightarrow K_2SnO_2 + 2H_2O$

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କର ପିରିୟଡ଼୍ ଭିତ୍ତିକ ଧର୍ମଗୁଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ :

ଏକ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ ପ୍ରତିନିଧି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବାମରୁ ଡ଼ାହାଣକୁ ବିଦ୍ୟୁତରୂଣାତ୍ମକତା ବଢିବା ସହିତ, ଅର୍ଥାତ ଧାତୁ ଧର୍ମଗୁଣ କମି ଅଧାତୁ ଧର୍ମଗୁଣ ବଢିବା ସହିତ, ସେମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ଼୍ ମାନଙ୍କର କ୍ଷାରୀୟ ଧର୍ମଗୁଣ କମି ଅମ୍ଳୀୟ ଧର୍ମଗୁଣ ବଢିଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସରୂପ 3ୟ ପିରିୟଡ଼ରେ Na_2O ଓ MgO ହେଲେ କ୍ଷାରୀୟ, Al_2O_3 ହେଲା ଉଭୟଧର୍ମୀ ଶ୍ରେଣୀର ଓ Si, P, S Cl ର ଅକ୍ସାଇଡ଼୍(SiO_2, P_2O_3, P_2O_5, Cl_2O, Cl_2O_3, Cl_2O_5, Cl_2O_7)ମାନେ ହେଲେ ଅମ୍ଳୀୟ । ନିମ୍ନ ଚିତ୍ର ଦେଖ ।

Na_2O MgO Al_2O_3 SiO_2 P_2O_5 SO_3 Cl_2O_7

decreasing bascity →

incereasing acidity →

ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କର ଗୃପ୍ ଭିତ୍ତିକ ଧର୍ମଗୁଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ:

p-ବ୍ଲକର ଏକ ଗୃପରେ ଉପରୁ ତଳକୁ ବିଦ୍ୟୁତରୂଣାତ୍ମକତା କମିବା ସହିତ, ଅର୍ଥାତ ଅଧାତବ ଗୁଣ କମି ଧାତବ ଗୁଣ ବଢିବା ସହିତ, ଅକ୍ସାଇଡ଼ ମାନଙ୍କର ଅମ୍ଳୀୟ ଗୁଣ କମି କ୍ଷାରୀୟ ଗୁଣ ବଢିଥାଏ ।

ଗୃପ୍ 13:

B_2O_3 ହେଲା ଅମ୍ଳୀୟ, Al_2O_3 ଓ Ga_2O_3 ହେଲା ଉଭୟଧର୍ମୀ ଏବଂ In_2O_3, Tl_2O_3 ହେଲେ କ୍ଷାରୀୟ ।

B_2O_3, (Al_2O_3, Ga_2O_3), (In_2O_3, Tl_2O_3)

ଅମ୍ଳୀୟ ଉଭୟଧର୍ମୀ କ୍ଷାରୀୟ

ଗୃପ୍ 14:

CO_2, SiO_2, ହେଲା ଅମ୍ଳୀୟ ଏବଂ GeO, GeO_2, SnO, SnO_2, PbO, PbO_2 ହେଲେ ଉଭୟଧର୍ମୀ ।

(CO_2, SiO_2) (GeO, GeO_2, SnO, SnO_2, PbO, PbO_2)

ଅମ୍ଳୀୟ ଉଭୟଧର୍ମୀ

ଗୃପ 15:

N ଓ P ର ଅକସାଇଡ଼୍(N_2O_3, N_2O_5, NO_2, P_2O_3, P_2O_5) ହେଲେ ଅମ୍ଳୀୟ, As ଓ Sb ର ଅକ୍ସାଇଡ଼୍(As_2O_3, Sb_2O_3) ହେଲେ ଉଭୟଧର୍ମୀ ଓ Bi ର ଅକ୍ସାଇଡ଼୍(Bi_2O_3) ହେଲା କ୍ଷାରୀୟ ।

$(N_2O_3,\ P_2O_3),\ (As_2O_3,\ Sb_2O_3),\ Bi_2O_3$

ଅମ୍ଳୀୟ ଉଭୟଧର୍ମୀ କ୍ଷାରୀୟ

ଗ୍ରୁପ୍ 16:

SO_2, SO_3, SeO_2, SeO_3 ହେଲେ ଅମ୍ଳୀୟ, TeO_2 ହେଲା ଉଭୟଧର୍ମୀ ଏବଂ PoO_2 ହେଲେ କ୍ଷାରୀୟ ।

$(SO_2,\ SO_3,\ SeO_2,\ SeO_3),\ (TeO_2),\ (PoO_2)$

ଅମ୍ଳୀୟ ଉଭୟଧର୍ମୀ କ୍ଷାରୀୟ

s-ବ୍ଲକର ଦୁଇ ଗ୍ରୁପର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମାନେ ସମସ୍ତେ କ୍ଷାରୀୟ, କିନ୍ତୁ କ୍ଷାରକୀୟ ସବଳତା ଉପରୁ ତଳକୁ ବଢିଥାଏ । କେବଳ BeO ହେଲା ଉଭୟଧର୍ମୀ ।

$Li_2O < Na_2O < K_2O < Rb_2O < Cs_2O,$ **BeO** $< MgO < CaO < SrO < BaO$

ଜାଣିଲେ ଭଲ:

1. Tl_2O_3 ଭଳି Tl_2O ମଧ୍ୟ କ୍ଷାରୀୟ । (Tl +1 ଓ +3 ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଇଥାଏ)

2. As_2O_5, Sb_2O_5 Bi_2O_5 ହେଲେ ଅମ୍ଳୀୟ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଯଦିଓ ଏମଧ୍ୟରୁ Bi_2O_5 ଅତ୍ୟନ୍ତ ଅସ୍ଥାୟୀ ।

3. CO, NO ଓ N_2O ହେଲେ ପ୍ରଶମିତ ଅକ୍ସାଇଡ୍, ଅର୍ଥାତ ଏମାନେ ଅମ୍ଳୀୟ କିମ୍ବା କ୍ଷାରୀୟ ନୁହନ୍ତି ।

4. TeO_3 ହେଲା ଅମ୍ଳୀୟ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ।

5. ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକମାନେ ସମସ୍ତେ ଧାତୁ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମାନେ ଯଦିଓ ମୂଖ୍ୟତଃ କ୍ଷାରୀୟ, ସେମାନେ ମଧ୍ୟ ଉଭୟଧର୍ମୀ ଓ ଅମ୍ଳୀୟ ଧର୍ମଗୁଣର ହୋଇପାରିଥାନ୍ତି । ଏ ବିଷୟରେ ସବିଶେଷ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ ହେବ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ମନେ ରଖ, V, Cr ଓ Mn ଗ୍ରୁପର ମୌଳିକମାନେ ଏକାଧିକ ଚଳ ଯୋଜ୍ୟତା ଦେଖାଉଥିବାରୁ, କମ୍ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ବିଶିଷ୍ଟ ଅକ୍ସାଇଡ୍ କ୍ଷାରୀୟ ପ୍ରକୃତି ବିଶିଷ୍ଟ, ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ବିଶିଷ୍ଟ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଉଭୟଧର୍ମୀ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ ଅଧିକ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥା ବିଶିଷ୍ଟ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଅମ୍ଳୀୟ ପ୍ରକୃତି ବିଶିଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିମ୍ନ ଉଦାହରଣ ଦେଖ ।

V_2O_3(V = +3) : କ୍ଷାରୀୟ, V_2O_5 (V = +5): ଉଭୟଧର୍ମୀ

CrO (Cr=+2) : କ୍ଷାରୀୟ, Cr_2O_3 (Cr=+3) : ଉଭୟଧର୍ମୀ, CrO_3 (Cr = +6) : ଅମ୍ଳୀୟ

MnO (Mn = +2): କ୍ଷାରୀୟ, Mn_2O_3 (Mn = +3): ଉଭୟଧର୍ମୀ, Mn_2O_7 (Mn = +7): ଅମ୍ଳୀୟ

❐

ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନ(Practice Questions)

ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଧର୍ମଗୁଣ(୨ୟ ଅଧ୍ୟାୟ)

1. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରମାଣୁମାନଙ୍କୁ ଆକାରର (ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ) ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ (increasing order) ସଜାଅ।

(i) C, B, Be, O, F (ii) O, S, Se, Te

(iii) Si, S, P, Cl (iv) Rb, K, Na, Li

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରମାଣୁମାନଙ୍କୁ ଆକାର(ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ)ର ହ୍ରାସ କ୍ରମରେ (decreasing order) ସଜାଅ।

(i) P, Na, K, Al (ii) Be, N, C, F (iii) Sr, Cl, Si, Mg

3. ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତିର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରମାଣୁଙ୍କୁ ସଜାଅ।

(i) Rb, Na, Li, K, Cs (ii) Li, Be, B, C, N, O, F (iii) Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl

4. H ପରମାଣୁର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି 1313 କି.ଜୁଲ/ମୋଲ, He ପରମାଣୁର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି 'H' ଠାରୁ କମ୍ ନା ଅଧିକ ? ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ସବୁଠାରୁ କେଉଁ ମୌଳିକର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ଅଧିକ ଏବଂ କେଉଁଟିର ସବୁଠାରୁ କମ୍

5. ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୂଣାତ୍ମକତା ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତିର ସାରଣୀ ମାନଙ୍କୁ ଦେଖି ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦିଅ।

(a) ଏମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟରୁ କିଏ ଯୁକ୍ତାୟନ ଏବଂ କିଏ ବିଯୁକ୍ତାୟନ ସହଜରେ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ ଓ କାହିଁକି ?

K, O, Ca, Cl, Na, S

(b) Cl କୁ ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହାର କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ? Cl ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କଲେ କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ ? ଏହାକୁ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କର।

(c) ଏକ ମୌଳିକର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକତା 0.9 । ଏହା ଏକ ଧାତୁ ନା ଅଧାତୁ ହୋଇପାରେ।

(d) Cl ଏବଂ F ମଧ୍ୟରୁ କାହାର ବିଯୁକ୍ତାୟନ ହେବାର କ୍ଷମତା ଅଧିକ ଓ କାହିଁକି ?

(e) Al, Si, Mg, P, S, Cl : ଏମାନଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକତା ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଅ।

(f) F, Cl, Br, I : ଏମାନଙ୍କୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତିର ହ୍ରାସ କ୍ରମ (decreasing order) ରେ ସଜାଅ।

(g) F, Cl, Br, I : ଏମାନଙ୍କୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକତାର ହ୍ରାସ କ୍ରମରେ ସଜାଅ।

(h) Mg ପରମାଣୁକୁ Mg^+ ଆୟନ କରିବାକୁ ହେଲେ କେତେ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ମୋଲପିଛା ବ୍ୟୟ ହେବ।

6. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ପାଖରେ ଥିବା ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଦୃଢ଼ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ସହଜରେ ହାସଲ କରିବା ପାଇଁ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇବାକୁ ବା ଗ୍ରହଣ କରିବାକୁ ହେବ।

S (16), Ca (20), N (7), Br (35), Na (11)

7. ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଯୁଗଳମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର ବନ୍ଧ ଗଠିତ ହେବ, ଆୟନୀୟ(I) କିମ୍ବା ସହସଂଯୋଜକ(C) ?

(i) S, O (ii) Mg, F (iii) N, H (iv) Al, Cl

(v) S, S (vi) P, H (vii) Sn, Cl (viii) I, O

8. ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ କେଉଁ ମୌଳିକର ସର୍ବାଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଆସକ୍ତି ଥାଏ ?

9. ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ସବୁଠାରୁ ମୋଟା ଏବଂ ସବୁଠାରୁ ପତଳା ମୌଳିକ ଥାଆନ୍ତି ?

10. ନିମ୍ନ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା(ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟା) ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା କେତେ ?

S, Br, K, Mg, Mn, O

11. ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍ କେଉଁ ଧର୍ମଗୁଣ ସମ୍ପନ୍ନ ? ଅମ୍ଳୀୟ(Acidic), କ୍ଷାରୀୟ(Basic) କିମ୍ବା ଉଭୟଧର୍ମୀ(Amphoteric) ? SO_2, CaO, $Al(OH)_3$, I_2O_7, Mn_2O_7, $Sn(OH)_2$

1. (i) F < O < C < B < Be (ii) O < S < Se < Te (iii) Cl < S < P < Si

(iv) Li < Na < K < Rb

2. (i) K > Na > Al > P (ii) Be > C > N > F (iii) Sr > Mg > Si > Cl

3. (i) Cs < Rb < K < Na < Li (ii) Li<B<Be<C<O<N< F (iii) Na<Al<Mg<Si<S<P<Cl

4. He ର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ଓ Cs ର ସର୍ବନିମ୍ନ ।

5 (a) : ଯୁକ୍ତାୟନ: K, Ca, Na ବିଯୁକ୍ତାୟନ: O, Cl, S

(b) $Cl(g) + ଆ.ଶ \rightarrow Cl^+(g) + e^-$ $Cl(g) + e^- \rightarrow Cl^- + ଇ.ଆ$

(c) ଧାତୁ (d) Cl (e) Mg < Al < Si < P < S < Cl (f) Cl > F > Br > I

(g) F > Cl > Br > I (h) 738 kJ/mol

6. (a) S (16) + 2e, Ca (20) - 2e , N + 3e, Br + 1e, Na - 1e

7. (i) C (ii) I (iii) C (iv) I (v) C (vi) C (vii) I (viii) C

8. Cl

9. ଯଥାକ୍ରମେ ନିମ୍ନ ବାମ(lower left) ଓ ଉପର ଡ଼ାହାଣ ଭାଗ(upper right)

10. S = +6, -2; , Br = +7, -1; K = +1, 0, Mg = +2, 0 Mn = +7, +2; O = +2, -2

11. SO_2 : Acidic(H_2SO_3); CaO : Basic, $Al(OH)_3$: Amphoteric; I_2O_7 : Acidic(HIO4) Mn_2O_7: Acidic($HMnO_4$) $Sn(OH)_2$: Amphoteric

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ (Chapter-III)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଇତିହାସ : ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପଦ୍ଧତିଗତ କ୍ରମ ସଜ୍ଜାର ସମୟାନୁକ୍ରମିକ ବିକାଶ: (History of Periodic Classification: Chronological Evolution of Systematic arrangement of Elements)

1680 ମସିହାରେ ପ୍ରଥମେ ରବର୍ଟ ବଏଲ୍(Robert Boyle) ମନୁଷ୍ୟ ମୂତ୍ରର ପାତନ ପ୍ରକ୍ରିୟାର ଅବଶେଷରୁ ଫସଫରସ ମୌଳିକ ପାଇଥିଲେ ଏବଂ ତାକୁ ନାମ ଦେଇଥିଲେ 'ଶୀତଳ ନିଆଁ'(Cold Fire) , କାରଣ ତାହା ବାୟୁ ସଂସ୍ପର୍ଷରେ ଆସିଲେ ଜଳି ଯାଇ ଉଭୟ ଆଲୋକ ଓ ନିଆଁ ପ୍ରଦାନ କରୁଥିଲା ।

1789 ମସିହାରେ ଲାଭୟେସିଆର(Antoine-Laurent de Lavoisier) ତାଙ୍କ ପୁସ୍ତକ "Elementary Treatise of Chemistry" ରେ 33 ଟି ମୌଳିକର ଏକ ତାଲିକା ଦେଇଥିଲେ । ସେଥିରେ ଆଲୋକ(light) ଓ ତାପ(heat) କୁ ମଧ୍ୟ ଦୁଇ ମୌଳିକ ଭାବରେ ନେଇଥିଲେ । ନିମ୍ନରେ ତାଙ୍କ ମୌଳିକ ତାଲିକା ଦିଆଗଲା ।

Antoine Lavoisier's classification of 33 elements into four element groups

Acid-making Elements	Gas-like Elements	Metallic Elements	Earthy Elements
Sulphur	Light	Antimony	Lime (calcium oxide)
Phosphorus	Caloric (heat)	Arsenic	Magnesia (magnesium oxide)
Charcoal (carbon)	Oxygen	Bismuth	Barytes (barium sulphate)
	Azote (Nitrogen)	Cobalt	Argilla (aluminium oxide)
	Hydrogen	Copper	Silex (silicon dioxide)
Cl	Muriatic Radical	Gold	
F	Fluoric Radical	Iron	
		Lead	
B	Boracic Radical	Manganese	
		Mercury	
		Molybdena	
		Nickel	
		Platina	
		Silver	
		Tin	
		Tungstein	
		Zinc	

ମୁରିଆଟିକ ରାଡ଼ିକାଲ(Muriatic Radical), ଫ୍ଲୋରିକ ରାଡ଼ିକାଲ(Fluoric Radical) ଓ ବୋରାସିକ ରାଡ଼ିକାଲ(Boracic Radical) ଥିଲେ ଯଥାକ୍ରମେ କ୍ଲୋରିନ(Cl), ଫ୍ଲୋରିନ(F) ଓ ବୋରନ ମୌଳିକ(B) ।

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡ଼ାଲଟନ(John Dalton), ଥମ୍ପସନ(Thomas Thomson), ପ୍ରାଉଟ(William Prout) ଓ ବର୍ଜଲିୟସ(Jons Jacob Berzelius) 1808 ରୁ 1810 ମସିହା ମଧ୍ୟରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନକୁ ମାନକ (standard) ଧରି (1.0) ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ କରିଥିଲେ ।

1817 ରେ ଡ଼ୋବୋରିନର୍(Johann Wolfgang Dobereiner) ପ୍ରଥମ କରି ମୌଳିକମାନଙ୍କର କ୍ରମବଦ୍ଧ(systematic) ଭାବରେ ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ କରି 3 ଟି ମୌଳିକ ତ୍ରିପଦୀ(triad) ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ ଓ ପରେ 1829 ରେ ସେଥିରେ ଆଉ ଏକ ତ୍ରିପଦୀ ଯୋଗ କରିଥିଲେ ଯାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

ଡ଼ୋବେରିନରଙ୍କ ତ୍ରିପଦୀ(Dobereiner's Triad):

Dobereiner's Triad(ଡୋବେରିନରଙ୍କ ତ୍ରିପଦୀ):1817

Element	Atomic Mass	Eement	Atomic Mass	Element	Atomic Mass	Element	Atomic Mass
Li	6.9	Ca	40.1	Cl	35.5	S	32
Na	23.0	Sr	87.4	Br	79.9	Se	79
K	39.1	Ba	137.3	I	126.9	Te	128

ତିନୋଟି ଲେଖାଏଁ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ 4 ଟି ତ୍ରପଦୀ(Triad) ଏହି ସାରଣୀରେ ଥିଲା ।

◆ **ତ୍ରପଦୀ ନିୟମ(Triad Law)** : ପ୍ରତ୍ୟେକ ତ୍ରିପଦୀର ପ୍ରଥମ ଓ ତୃତୀୟ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(Atomic Mass) ର ହାରାହାରି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ଥିଲା । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ପ୍ରଥମ ତ୍ରପଦୀରେ ଥିବା Li, Na ଓ K ମଧ୍ୟରୁ Li ଓ K ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ହାରାହାରି [½(6.9+39.1)=23.0] ମଝିରେ ଥିବା Na ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ତେଣୁ ସେମାନେ ଥିଲେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ । ସେହିଭଳି ଦ୍ୱତୀୟ ତ୍ରପଦୀରେ ଥିବା Ca ଓ Ba ର ହାରାହାରି ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ Sr ର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ; ତୃତୀୟ ତ୍ରିପଦୀରେ ଥିବା Cl ଓ I ର ହାରାହାରି ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ, Br ର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ ଓ ଚତୁର୍ଥ ତ୍ରିପଦୀରେ S ଓ Te ର ହାରାହାରି ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ, Te ର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ତାଙ୍କ ତ୍ରିପଦୀ ନିୟମରୁ ପ୍ରଥମ କରି ସମସ୍ତେ ଜାଣିଲେ ଯେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗାଣିତିକ ସମ୍ପର୍କ ରହିପାରେ ।

ଡ଼ୋବରିନରଙ୍କ ଟ୍ରାଏଡ଼ ଯଦିଓ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗ ଦିଗରେ କୌତୁହଳ ପ୍ରଦାନ କରିଥିଲା, ସେତେବେଳ ସୁଦ୍ଧା ଆବିଷ୍କୃତ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେହି ଭତ୍ତିରେ ସଜାଯାଇ ପାରିନଥିଲେ । ତାପରେ '1866 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍(John Newlands) ତାଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ଏକ ଅଧିକ ଗ୍ରହଣୀୟ ଓ ବିପ୍ଲବକାରୀ ମୌଳିକ ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗର ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ ।

(ବି.ଦ୍ର: ସେ ସମୟରେ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଇଂରେଜୀରେ, 'ଆଟମିକ୍ ୱେଟ୍' (Atomic Weight) କୁହାଯାଉଥିଲା ।)

ଡୁମାସଙ୍କ ମୌଳିକ ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗ (Dumas' Classification of Elements**)**: ଜିନ୍ ବାପ୍ଟିସ୍ଟ ଆଣ୍ଡ୍ରେ ଡୁମାସ୍(Jean-Baptiste-Andre Dumas) 1827 ରୁ 1858 ମଧ୍ୟରେ ଡ଼ୋବରିନର ଟ୍ରାଏଡ଼ମାନଙ୍କୁ ସଂପ୍ରସାରଣ କଲେ । ଫ୍ଲୋରିନ(F) କୁ Cl, Br, I ଟ୍ରାଏଡ଼ ସହିତ; ଅକ୍ସିଜେନ(O)କୁ S, Se, Te ଟ୍ରାଏଡ଼ ସହିତ; ମାଗ୍ନେସିୟମ୍(Mg)କୁ Ca, Sr, Ba ଟ୍ରାଏଡ଼ ସହିତ ଯୋଗ କରିଥିଲେ । 5 ଟି ନୂଆ ମୌଳିକ ଯଥା N, P, As, Sb, Bi କୁ ନେଇ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂଆ ଶ୍ରେଣୀ ଗଠନ କରିଥିଲେ । ପ୍ରତି ଶ୍ରେଣୀର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂତନ ଗାଣିତିକ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ମାତ୍ର ତାଙ୍କର ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗ ବିଶେଷ ଆଦୃତ ହୋଇପାରିନଥିଲା ।

ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ (Newlands Periodic Table) :

1863 ମସିହା ଫେବୃଆରୀ 7 ତାରିଖରେ ଜନ୍ ଆଲେକ୍‌ଜାଣ୍ଡର ରେଇନା ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍(John Alexander Reina Newlands) ରାସାୟନିକ ମୌଳିକଗୁଡ଼ିକର ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଜନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତାଙ୍କର ପ୍ରଥମ ଗବେଷଣା ସନ୍ଦର୍ଭ **"ସମତୁଲ୍ୟ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ"** (On Relations among the Equivalents) ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ସେ ଏଥିରେ ସମାନ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀ ବା ଗୋଷ୍ଠୀରେ ସଜାଇବାର ପ୍ରୟାସ କରିଥିଲେ । ରାସାୟନିକ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଏକ ସୁବ୍ୟବସ୍ଥିତ ଶ୍ରେଣୀବିଭାଜନ ପ୍ରତିଷ୍ଠା ଦିଗରେ ଏହା ଥିଲା ତାଙ୍କର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଅବଦାନ ।

1865 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 18 ତାରିଖରେ ସେ *କେମିକାଲ ନିଉଜ୍*(Chemical News) ପତ୍ରିକାରେ "ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧରେ" (On the Law of Octaves) ଶୀର୍ଷକ ତାଙ୍କର ଐତିହାସିକ ଗବେଷଣା ସନ୍ଦର୍ଭ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ଏଥିରେ ପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ଲୋକପ୍ରିୟ **ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର** (Octave Rule) ମାଧ୍ୟମରେ ସେତେବେଳ ସୁଦ୍ଧା ଜଣାଥିବା 62 ଟି ମୌଳିକକୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇ ଏକ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ଏହି ସନ୍ଦର୍ଭରେ ହିଁ **"ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର"** ପ୍ରଥମଥର ପାଇଁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ଉପସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିଲା । ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟାୟବଦ୍ଧ ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗର ବିକାଶରେ ଏହାକୁ ନ୍ୟୁଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଅବଦାନ ବୋଲି ଗଣାଯାଏ । ଏହି ସାରଣୀରେ ^{1}H ଠାରୁ ^{232}Th ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 62ଟି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ 7ଟି ଶ୍ରେଣୀରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ପ୍ରତି ଶ୍ରେଣୀରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣର ସମାନତା ରହିଥିଲା ।

ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର(Newlands Octave Rule): ହିନ୍ଦୁସ୍ଥାନୀ ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ ସଙ୍ଗୀତରେ ସା, ରେ, ଗା, ମା, ପା, ଧା, ନି ପରେ ପୁଣି **ସା** ର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହେଲା ଭଳି, ଅଥବା ପାଶ୍ଚାତ୍ୟ ସଙ୍ଗୀତରେ ଡ଼ୋ(Do), ରେ(Re), ମି(Mi), ଫା(Fa), ସୋ(So), ଲା(La), ଟି(Ti) ପରେ ପୁଣି **ଡ଼ୋ**(Do)ର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହେଲା ଭଳି, ପ୍ରତି ଅଷ୍ଟମ(7ଟି ମୌଳିକ ପରବର୍ତ୍ତୀ) ମୌଳିକଟି ପ୍ରଥମ ମୌଳିକ ସହିତ ସମଧର୍ମୀ ହୋଇଥିବା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା । ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଏହି ନିରିକ୍ଷଣ ଥିଲା ଏକ ବିପ୍ଳବକାରୀ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ, ଯାହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କୁ ତାଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ଦେବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥିଲା । ସେ ସମୟରେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ

ଗ୍ୟାସ(Noble gases)ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା । ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଏକ ଏକ ଧାଡ଼ିରେ ରଖାଯାଇଥିଲା ଓ ସାରଣୀରେ 7ଟି ଧାଡ଼ି ଥିଲା ।

ବିଦ୍ର: କେତେକ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ 7ଟି ସ୍ତମ୍ଭରେ ରଖାଯିବାର ଦେଖିବାକୁ ମିଳିଥାଏ । ମାତ୍ର ଏହି ପୁସ୍ତିକାରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଧାଡ଼ିରେ ରଖାଯାଇଛି ।

Newlands' Octave(ନିଉଲାଣ୍ଡଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର): 1866
(62 elements)

Sa(Do)	H	F	Cl	Co, Ni	Br	Pd	I	Pt, Ir
Re(Re)	Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Os
Ga(Mi)	G(Be)	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba, V	Hg
Ma(Fa)	Bo(B)	Al	Cr	Y	Ce, La	U	Ta	Tl
Pa(So)	C	Si	Ti	In	Zr	Sn	W	Pb
Dha(La)	N	P	Mn	As	Di, Mo	Sb	Nb	Au
Ni(Ti)	O	S	Fe	Se	Ro, Ru	Te	Au	Th

Di: Didymium(ଡ଼ାଇଡ଼ିୟମ୍) : ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଜଣାଗଲା ଯେ ଏହା ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ଯଥା Praseodymium/Pr(ପ୍ରେସୋଡ଼ିମିୟମ୍ ଓ Neodymium/Nd(ନିଓଡ଼ିମିୟମ୍) ର ମିଶ୍ରଣ । କିନ୍ତୁ ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍ ଏହାକୁ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ଭାବରେ ନେଇଥିଲେ ।

Ro: Rhodium(Rh)/ରୋଡ଼ିୟମ୍: ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଏହାର ପ୍ରତୀକ Rh ରଖାଗଲା ।

G: Glucinium(ଗ୍ଲୁସିନିୟମ୍): ଏହାକୁ 1949 ରେ ବେରିଲିୟମ୍(Berrylium/Be) ନାମ ଦିଆଯାଇଥିଲା ।

Bo: Boron(B)/ବୋରନ୍: ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଏହାର ପ୍ରତୀକ B ରଖାଗଲା ।

ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ସାରଣୀର ବିଫଳତା:

1. ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ସାରଣୀଟି ବେଶୀ ଆଦୃତ ହୋଇପାରିଲା ନାହିଁ ଏବଂ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମହଲରେ ଗ୍ରହଣୀୟ ହେଲା ନାହିଁ, କାରଣ କେତେକ ବିସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ଗୋଟିଏ ଶ୍ରେଣୀରେ ରହିଥିଲା । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ସାରଣୀର ପ୍ରଥମ ଧାଡ଼ିରେ H, F, Cl, Br ଓ I ସହିତ କେତେକ ଧାତୁମାନ ଯଥା Co, Ni, Pd, Pt, Ir ମଧ୍ୟ ରହିଥିଲେ । ସେହିଭଳି ଶେଷ ଧାଡ଼ିରେ O, S, Se, Te ସହିତ Fe, Ro(Rh), Ru, Au, Th ଧାତୁମାନେ ରହିଥିଲେ, ଏହିଭଳି ଅନ୍ୟ ଶ୍ରେଣୀରେ ମଧ୍ୟ ଏହିଭଳି ବିଷମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ରହିଥିଲେ । ବିଶେଷ କରି 4ର୍ଥ, 5ମ, 6ଷ୍ଠ ଓ 7ମ ଧାଡ଼ିର ଯଥାକ୍ରମେ Cr, Ti, Mn ଓ Fe ପରଠାରୁ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଧର୍ମଗୁଣର ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ନଥିଲା ।

2. ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ସାରଣୀର ଆଉ ଏକ ଦୁର୍ବଳତା ହେଲା, ନୂଆ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ପାଇଁ କୌଣସି ଖାଲି ସ୍ଥାନ ନଥିଲା ।

3. କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ସ୍ଥାନରେ ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲେ, ଯଥା (Co, Ni), (Ce, La), (Di, Mo), (Ro, Ru), (Ba, V) ଓ (Pt, Ir) ।

4. ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ସମାନତା ନଥିବାରୁ କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ସେ କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟାରେ ଅଦଳ ବଦଳ କରିଥିଲେ । ଯଥା (23, 25, 24); (38, 40, 39) ଇତ୍ୟାଦି । ଅର୍ଥାତ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ କଡ଼ାକଡ଼ି ଭାବରେ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ରଖାଯାଇନଥିଲା ।

5. U ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅତ୍ୟନ୍ତ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ ଥିବାରୁ ତାହା Cd ଓ Sn ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥିଲା ।

ଏହିଭଳି ଅନେକ ଦୋଷ ଦୂର୍ବଳତା କାରଣରୁ ତାଙ୍କ ସାରଣୀକୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସମାଜ ଗ୍ରହଣ କରିନଥିଲା ।

ଜନ୍ ଆଲେକ୍‌ଜାଣ୍ଡର ରିନା ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍(John Alexander Reina Newlands**)ଙ୍କ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଜୀବନ:**

1837 ସସିହା ନଭେମ୍ବର 26 ରେ ଲଣ୍ଡନରେ ସେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ପିତା ଥିଲେ ସ୍କଟଲାଣ୍ଡ ଦେଶର ଓ ମାତା ଥିଲେ ଇଟାଲି ଦେଶର । ସେ ଲଣ୍ଡନର ରୟାଲ କଲେଜ ଅଫ କେମିଷ୍ଟ୍ରି, ଇମ୍ପେରିୟାଲ କଲେଜ(Royal College of Chemistry/Imperial College) ରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଥିଲେ । ସେ ଜଣେ ଶିଳ୍ପ ରସାୟନବିତ(Industrial Chemist) ଭାବରେ ବହୁତ ଖ୍ୟାତି ଲାଭ କରିଥିଲେ । 1863 ମସିହା ଫେବୃଆରୀ 7 ରେ ସେ ପ୍ରଥମେ କେମିକାଲ ନିଉଜ୍(Chemical News) ଜର୍ନାଲରେ "ସମତୁଲ୍ୟ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ(On Relations Among Equivalents)" ଶୀର୍ଷକ ସନ୍ଧର୍ଭ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ସେ 1865 ମସିହାରେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଶ୍ରେଣୀବିଭାଗର ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର (Octave Law) ଉପସ୍ଥାପିତ କରିଥିଲେ ଓ 62 ଟି ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କ୍ରମବଦ୍ଧ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । 1866 ମସିହାରେ ତାଙ୍କ ସାରଣୀଟି କେମିକାଲ ସୋସାଇଟି ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟାଖ୍ୟାତ ହୋଇଥିଲା । ସେ 1898 ମସିହା ଜୁଲାଇ 29 ରେ 61 ବର୍ଷ ବୟସରେ ନିଜ ବାସଭବନରେ ଏକ ସରଜରୀ ଅପରେସନ ସମୟରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥିଲେ । ସେ ପାଇଥାଗୋରାସ(Pythagoras)ଙ୍କ 'ସଂଗୀତ ଭିତ୍ତିକ ଉପମା' (Musical Analogy of Pythagoras) ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବହୁତ ପ୍ରେରିତ ହୋଇ ତାଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ସାରଣୀ ପ୍ରତ୍ୟାଖ୍ୟାତ ହେଲେ ସୁଦ୍ଧା, ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଏକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଭିତ୍ତିକ ସମ୍ପର୍କକୁ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଥମକରି ଉପସ୍ଥାପିତ କରିଥିବାରୁ ତାଙ୍କ ସମ୍ମାନାର୍ଥେ ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାରେ ଫେବୃଆରୀ 7 କୁ **ଜାତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଦିବସ**(National Periodic Table Day) ଭାବରେ ସ୍କୁଲ ମାନଙ୍କରେ ପାଳନ କରାଯାଉଛି ।



ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(Mendeleev's Periodic Table):

ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ(1869):

1869 ମାର୍ଚ୍ଚ 6 ରେ ଡ଼ିମିତ୍ରି ମେଣ୍ଡେଲିଭ(Dimitri Mendeleev) ପ୍ରଥମେ 63 ଟି ମୌଳିକକୁ ନେଇ ପ୍ରଥମ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍ ଙ୍କ ଭଳି ସେ ମଧ୍ୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇଥିଲେ । ଏହି ସାରଣୀରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଏକ ଏକ ଧାଡ଼ିରେ ରଖିଥିଲେ । ମେଣ୍ଡେଲିଭ 63 ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କ ପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(Atomic Weight) ସହିତ ସେମାନଙ୍କର ଅକସାଇଡ୍, ହାଇଡ୍ରାଇଡ୍ ଓ କ୍ଲୋରାଡ୍ ମାନଙ୍କର ସଂକେତ ଓ ଅନ୍ୟ ଧର୍ମଗୁଣ ଲେଖି 63 ଟି କାର୍ଡ଼ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ସେହି କାର୍ଡ଼ମାନଙ୍କୁ ଧର୍ମଗୁଣର ସମାନତା ଅନୁଯାୟୀ ସାଜାଇଥିଲେ । ଫଳରେ କିଛି ଖାଲି ସ୍ଥାନ ରହିଯାଇଥିଲା, ଯେଉଁ ଠାରେ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ହୋଇ ସେହି ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିବ ବୋଲି ସେ ଭବିଷ୍ୟତ ବାଣୀ କରିଥିଲେ । ନିମ୍ନରେ ତାଙ୍କର ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଦିଆଗଲା ।

The 1st Mendeleev's Periodic Table published in 1869, March 6th

			Ti=50	Zr=90	?=180.
			V=51	Nb=94	Ta=182.
			Cr=52	Mo=96	W=186.
			Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
			Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.
			Ni=Co=59	Pl=106,6	Os=199.
H=1			Cu=63,4	Ag=108	Hg=200.
	Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112	
	B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=197?
	C=12	Si=28	?=70	Sn=118	
	N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210
	O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?	
	F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127	
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207.
		?=45	Ce=92		
		?Er=56	La=94		
		?Yt=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

- ସମାଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଧାଡ଼ିରେ ରଖିଥିଲେ ।
- 17ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଯଥା **Ce, Di, In, Yt, Er, La**, Au, Pt, Os, Ir, Th, Ur(U) ଇତ୍ୟାଦିଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଭୁଲ ଥିଲା ଯାହାର ସଠିକ ମାନ 2ୟ ସାରଣୀରେ ଦିଆଗଲା ।
- Di = Pr + Nd
- Yt = Y

1. ଏଥିରେ 14 ଟି ମୌଳିକ (ତଳେ ଗାର ଦିଆଯାଇଥିବା) ଯଥା In, Ce, Ur(U), Hg, Tl, Pt, Ir, Os, Pb, Er, La, Yt(Y), Di, Th ର ଭୂଲ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯୋଗୁଁ ସେମାନଙ୍କର ସାରଣୀରେ ସ୍ଥିତି ଠିକ୍ ନଥିଲା । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ବୋରନ(B) ପରିବାରରେ, B ସହିତ Al ରହିଛି ଏବଂ ପାଖରେ ଏକ ଖାଲି ସ୍ଥାନ(68) ରହିଛି । ମାତ୍ର ତାପରେ Ur(U) ଓ Au ଦୁଇ ବିଷମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ରହିଛନ୍ତି । ବାସ୍ତବରେ U ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 238, ମାତ୍ର ସେତେବେଳେ 116 ବାହାରି ଥିଲା, ଫଳରେ ସାରଣୀରେ ଏହାର ସ୍ଥିତି ଭୂଲ ଥିଲା । ବହୁତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କର ସନ୍ଦେହ ଥିଲା, ଯାହାର ସଠିକ ନିରୂପଣ ହେଲା ପରେ, ତାଙ୍କର ଦ୍ୱିତୀୟ ସାରଣୀରେ ଅନେକାଂଶରେ ଠିକ୍ ହୋଇଯାଇଥିଲା ।

2. Di କୁ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନିଆଯାଇଥିଲା, କିନ୍ତୁ ପରେ ଜଣାଗଲା, ଏହା ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ଯଥା Pr ଓ Nd ର ମିଶ୍ରଣ । 3. Yttrium(Y) ର ପ୍ରତିକ Yt ଥିଲା ।

4. କେତେକ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ନୂଆ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ଓ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଆକଳନ କରିଥିଲେ ଯଥା, 45, 68, 70, 180 । କେତେକଙ୍କର ଅଣଔପଚାରିକ ନାମକରଣ ମଧ୍ୟ କରିଥିଲେ । ଏହାହିଁ ଥିଲା ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀର ମହାନ ସଫଳତା, ଯେଉଁଥିପାଇଁ ତାଙ୍କୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି ।

ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ଦ୍ୱତୀୟ ସାରଣୀ(1871):

1. ଏଥିରେ ସମଧର୍ମୀ ପରିବାରର ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଧାଡ଼ିରେ ନରଖି ସ୍ତମ୍ଭରେ ରଖିଥିଲେ । ସ୍ତମ୍ଭ ମାନଙ୍କୁ ଗୃପ୍(Groups) ଓ ଧାଡ଼ିମାାନଙ୍କୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ବା ପିରିୟଡ୍(Periods) କୁହାଗଲା । ଏହି ସାରଣୀରେର 8 ଟି ଗୃପ ଓ 12 ଟି ପିରିୟଡ଼ ରହିଥିଲା ।

2. ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସଠିକ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ ହେବା ଫଳରେ , ଅଧିକାଂଶ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସ୍ଥାନ ଠିକ ହୋଇଯାଇଥିଲା ।

3. 63 ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସେମାନଙ୍କର ଅକସାଇଡ଼, ହାଇଡ୍ରାଇଡ଼ ଓ କ୍ଲୋରାଇଡ଼୍ ଆଦି ଯୌଗିକମାନଙ୍କର ସଂକେତ ଓ ଅନ୍ୟ ଧର୍ମଗୁଣ ଲେଖି ସେ 63 କାର୍ଡ଼ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ଧର୍ମଗୁଣମାନଙ୍କର ସମାନତା ଅନୁଯାଇ କାର୍ଡ଼ ମାନଙ୍କୁ ତଳକୁ ତଳ ସଜାଇ ସେମାନଙ୍କୁ କାର୍ଡ଼ ଖେଳ(Card Game) ଖେଳୁଥିଲେ । ଏପରିକି ସେ ଯେଉଁ ଭ୍ରମଣରେ ଯାଉଥିଲେ, ଟ୍ରେନ ଭିତରେ ମଧ୍ୟ ମୌଳିକ-କାର୍ଡ଼ମାନଙ୍କୁ ସଜାଉଥିଲେ । ନିମ୍ନରେ ଗୃପ ଭିତ୍ତିକ ଅକ୍ସାଇଡ଼୍ ଓ ହାଇଡ୍ରାଡ଼ ମାନଙ୍କର ସଂକେତ ଦିଆଯାଇଛି । ଏହି କାର୍ଡ଼ ଖେଳରୁ ଜନ୍ମ ନେଇଥିଲା ତାଙ୍କର ଯୁଗାନ୍ତକାରୀ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ।

ଗୃପ୍ I: R_2O / RH	ଗୃପ୍ II: RO / R_2O	ଗୃପ୍ III: R_2O_3, RH_3
ଗୃପ୍ IV: RO_2 / RH_4	ଗୃପ୍ V: R_2O_5 / RH_3	ଗୃପ୍ VI: RO_3, RH_2
ଗୃପ୍ VIII: R_2O_7 / RH	ଗୃପ୍ VIII: RO_4	(R = ମୌଳିକର ପ୍ରତୀକ)

O ଓ H ର ଯୋଜ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 2 ଓ 1 ଥିବାରୁ, ଗୃପ୍ I ରୁ ଗୃପ୍ VIII ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା, ଯାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

ଗୃପ୍	ସର୍ବଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା	ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା	ଗୃପ୍	ସର୍ବଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା	ସର୍ବନିମ୍ନ ଯୋଜ୍ୟତା
I	1	-	V	5	3
II	2	-	VI	6	2
III	3	-	VII	7	1
IV	4	-	VIII	8	-

ବି.ଦ୍ର: ଗୃପ VIII ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ Ru ଓ Os ସର୍ବାଧିକ ଯୋଜ୍ୟତା 8 ଦେଖାଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସେ ସେହି ଗୃପ ଅକ୍ସାଇଡ଼ର ସଂକେତ RO_4 ନେଇଥିଲେ । କେବଳ RuO_4 ଓ OsO_4 ସ୍ଥାୟୀ ଥିଲା । ସେଥିପାଇଁ ସେ ଗୃପ VIII ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସ୍ଥିତି ଉପରେ ସନ୍ଦେହ ପ୍ରକାଶ କରି, ସେମାନଙ୍କୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ମୌଳିକ(Transitional Elements) ବୋଲି ଧରିନେଇଥିଲେ ।

4. ଖାଲି ଥିବା ସ୍ଥାନମାନେ ହେଲେ - B ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନ ଏକ-ବୋରନ(Eka-Boron) ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ 44, Al ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନ ଏକ-ଆଲୁମିନିୟମ୍(Eka-Aluminium) ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ 68, Si ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନ ଏକ-ସିଲିକନ(Eka-Silicon) ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ 72, Mn ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନ ଏକ-ମାଙ୍ଗାନିଜ(Eka-Manganese) ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ 100, Mn ର ଦୁଇଟି ତଳ ସ୍ଥାନ ଦ୍ୱି-ମାଙ୍ଗାନିଜ(Dvi-Manganese) ଓ ଅନ୍ୟ ବହୁତ ସ୍ଥାନ । ମେଣ୍ଡେଲିଭ ପୂର୍ବଭାସ ଦେଇଥିଲେ ଯେ ସେ ସବୁ ସ୍ଥାନ ନୂଆ ମୌଳିକ ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେବ ଏବଂ ସତକୁ ସତ ସେଇଆ ହେଲା । କେତେକ ମୌଳିକ ତାଙ୍କ ଜୀବନକାଳ ମଧ୍ୟରେ ଓ ଆଉ କେତେକ ତାଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁ ପରେ ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲା ଓ ଖାଲିଥିବା ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କଲା । ଏହି ଅଭୂତପୂର୍ବ ଅବଦାନ ପାଇଁ ସେ ହୋଇଗଲେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ ।

(ସଂସ୍କୃତ ଶବ୍ଦ 'Eka' ର ଅର୍ଥ ଏକ ବା ଗୋଟିଏ, ଅର୍ଥାତ ସେହି ଗୃପର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନ ତଳକୁ ଓ 'Dvi' ଅର୍ଥ ହେଲା ଦୁଇଟି ସ୍ଥାନ ତଳକୁ)

5. ଏହି ସାରଣୀରେ ସେ Cu, Ag ଓ Au ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଉଭୟ ଗୃପ VIII ଓ ଗୃପ I ରେ ରଖିଥିଲେ । ମାତ୍ର ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀରେ ବିଭାନ୍ତି ସୃଷ୍ଟି ନକରିବାପାଇଁ ସେମାନଙ୍କୁ ଗୃପ VIII ରୁ ବାଦ ଦିଆଯାଇଛି ।

6. ଗୃପ VIII ରେ ତିନୋଟି ତ୍ରିପଦୀ ମୌଳିକ(traids) ମାନଙ୍କୁ ରଖିଥିଲେ । ଏମାନେ ହେଲେ, 4ର୍ଥ ପିରିୟଡ଼ରେ Fe, Co, Ni; 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼୍‌ରେ Ru, Rh, Pd ଓ 10ମ ପିରିୟଡ଼ରେ Os, Ir, Pt । ସେମାନଙ୍କୁ ସେ ମଧ୍ୟସ୍ଥ (transitional) ଓ ବ୍ୟତିକ୍ରମୀ(anomalous) ମୌଳିକ ହିସାବରେ ନେଇଥିଲେ ।

7. ନୂଆ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ପାଇଁ 9 ମ ପିରିୟଡ଼୍ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଖାଲି ରଖିଥିଲେ ।

8. H କୁ ପ୍ରଥମ ପିରିୟଡ଼ ଓ ଗୃପ I ରେ ରଖିଥିଲେ ।

9. ସେତେବେଳେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇନଥିଲା । ଧର୍ମଗୁଣ ମେଳ ଖାଇବା ପାଇଁ ସେ I ଓ Te ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ Co ଓ Ni ମଧ୍ୟରେ ଅଦଳ ବଦଳ କରିଥିଲେ, ଯଦିଓ I ଓ Ni ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ Te ଓ Co ଠାରୁ କମ୍ ଥିଲା । ଆୟୋଡ଼ିନ୍(I), Br, Cl, F ଭଳି ଏକ ହାଲୋଜେନ ହୋଇଥିବାରୁ, ତାକୁ Br ତଳେ ରଖିଲେ । ସେହିଭଳି Te ର ଧର୍ମଗୁଣ S ଓ Se ସହିତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ Te କୁ Se ତଳେ ରଖିଥିଲେ । ସେହିଭଳି କାରଣ ଯୋଗୁଁ Ni କୁ Pd ଓ Pt ଉପରେ ଓ Co କୁ Rh ଓ Ir ଉପରେ ରଖିଲେ । ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଠିକ ନଥିଲା ବୋଲି ସେ ମତ ଦେଇଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବାସ୍ତବରେ ସତ୍ୟ ନଥିଲା ।

ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ(Mendeleev's Perioidic Law): ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଭୌତିକ ଓ ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଣ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଫଳନ । (The physical and chemical properties of elements are periodic functions of their atomic masses)

ଅର୍ଥାତ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପା.ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାହେଲେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଖ୍ୟକ ମୌଳିକ ବ୍ୟବଧାନରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଗୃପ I ରେ, Li ଠାରୁ 7 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ରହିଛି Na, Na ଠାରୁ 7 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ରହିଛି K, K ଠାରୁ 17 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ରହିଛି Rb ଓ Rb ଠାରୁ 17 ଟି ମୌଳିକ ପରେ ରହିଛି Cs । ଏମାନେ ସମସ୍ତେ ସମଧର୍ମୀ କ୍ଷାର ଧାତୁ ପରିବାରର ସଦସ୍ୟ । ଅନ୍ୟ ଗୃପରେ ମଧ୍ୟ ଏହିଭଳି ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ସଂଖ୍ୟା ବ୍ୟବଧାନରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ରହିଛନ୍ତି । ସବୁଠାରୁ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟଜନକ କଥା ଥିଲା, ଏହି ବ୍ୟବଧାନ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅନେକ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ରହିଥିଲା, ଯାହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ନୂଆ ମୌଳିକ ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା । ସେତେବବେଳେ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Atomic Number/Z)ର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା ।

Mendeleev's 2nd Periodic Table published in 1871(63 elements)

Period	Group I R_2O/RH	Group II RO/RH_2	Group III R_2O_3/RH_3	Group IV RO_2/RH_4	Group V R_2O_5/RH_3	Group VI RO_3/RH_2	Group VII R_2O_7/RH	Group VIII RO_4****		
1	H 1.0									
2	Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19			
3	Na 23	Mg 24	Al 27.3	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
5	Cu 63	Zn 65	— (68)	— (72)	As 75	Se 78	Br 80			
6	Rb 85	Sr 87	Yt 88?	Zr 90	Nb 94	Mo 96	— (100)	Ru 104	Rh 104	Pd 106
7	Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	J(I) 127			
8	Cs 133	Ba 137	**Di 137**	**Ce 138?**	— —	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—			
10	—	—	**Er 178 (?)**	**La 180 (?)**	Ta 182	W 184	—	Os 195	Ir 197	Pt 198
11	Au 199	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—			
12	—	—	—	Th 231	—	U 240	—	—	—	—

ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ଅନ୍ତିମ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(Mendeleev's Last Periodic Table in 1905):

1. 1884-1900, ମଧ୍ୟରେ ସମସ୍ତ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସ(He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn -Noble gases) ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଯାଇଥିଲା । ମେଣ୍ଡେଲିଭ ଅତି ସହଜରେ ସେମାନଙ୍କୁ ଏକ ନୂଆ ଗୃପ(ଗୃପ 0) ରେ, ଗୃପ୍ । ପୂର୍ବରୁ ସବୁଠାରୁ ବାମପଟେ ରଖିଥିଲେ । ଏହା ଫଳରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପୁନରାବୃତ୍ତିର ବ୍ୟବଧାନ 7, 7, 17, 17.. ନହୋଇ 8, 8, 18, 18... ହୋଇଗଲା । ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1.0(H)ରୁ 238.2(U) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 85 ଟି ମୌଳିକ ଏହି ପରିବର୍ଦ୍ଧିତ ସାରଣୀରେ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲା ।

2. 1879 ରେ ଆବିଷ୍କୃତ ନୂଆ ମୌଳିକ ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ୍(Scandium/Sc) ଏକ-ବୋରନ(Eka-Boron/44) ସ୍ଥାନକୁ, 1875 ରେ ଆବିଷ୍କୃତ ନୂଆ ମୌଳିକ ଗ୍ୟାଲିୟମ୍(Gallium/Ga) ଏକ-ଆଲୁମିନିୟମ୍(Eka-Aluminium/68) ସ୍ଥାନକୁ, 1886 ରେ ଆବିଷ୍କୃତ ନୂଆ ମୌଳିକ ଜର୍ମାନିୟମ୍(Germanium/Ge) ଏକ-ସିଲିକନ(Eka-Silicon/72) ସ୍ଥାନକୁ, 1898 ରେ ଆବିଷ୍କୃତ ନୂଆ ମୌଳିକ ପୋଲୋନିୟମ୍(Polonium) ଏକ-ଟେଲୁରିମ୍(Eka-Tellurium) ସ୍ଥାନକୁ ଏବଂ 1900 ରେ ଆବିଷ୍କୃତ ନୂଆ ମୌଳିକ ରେଡ଼ନ(Radon/Rn) ଏକ-ଜେନନ(Eka-Xenon) ସ୍ଥାନକୁ ପୂରଣ କଲେ ।

1905 ମସିହାରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ତାଙ୍କ ଅନ୍ତିମ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ, ଯାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

Modified Mendeleev's Periodic Table in 1905

Group 0	Group I R_2O A	B	Group II RO A	B	Group III R_2O_3 B	A	Group IV RO_2/RH_4 B	A	Group V R_2O_5/RH_3 B	A	Group VI RO_3/RH B	A	Group VII R_2O_7/RH B	A	Group VIII RO4****		
	H 1.0																
He 4	Li 6.94		Be 9.1		B 10.9		C 12.0		N 14.0		O 16.0		F 19.0				
Ne 20.2	Na 23.0		Mg 24.32		Al 27.1		Si 28.09		P 31.04		S 32.06		Cl 35.46				
Ar 39.9	K 39.10	Cu 63.57	Ca 40.07	Zn 65.37	**Sc** 44.1	**Ga** 70.1	Ti 48.1	**Ge** 72.5	V 51.2	As 74.96	Cr 52.1	Se 79.2	Mn 54.93	Br 79.92	Fe 55.84	Co 58.97	Ni 58.68
Kr 82.92	Rb 85.45	Ag 107.88	Sr 87.63	Cd 112.4	Y 89.33	In 114.7	Zr 90.6	Sn 118.7	Nb 93.1	Sb 120.2	Mo 96.0	Te 127.5	___ (99)	J(I) 126.92	Ru 101.7	Rh 102.9	Pd 106.7
Xe 130.2	Cs 132.81	Au 197.2	Ba 137.37	Hg 200.6	**La 139.0**	Tl 204.0	**Ce 140.25**	Pb 207.2	Ta 181.5	Bi 208.0	W 184.0	Po (209)	___	___	Os 190.9	Ir 193.1	Pt 196.2
Rn 222.1	___		Ra 226.0		**Ac 230**		**Th 232.4**		Pa 234.0		U 238.2						

Other Lanthanides	Pr	Nd	___	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

4. (Co, Ni) ଓ (Te, I) ଭଳି (Ar, K) ମଧ୍ୟରେ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ ହ୍ରାସ କ୍ରମ ଥିଲା । Ar ର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ(40), K ର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ(39) ଠାରୁ ଅଧିକ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ K ର ଧର୍ମ ଗୁଣ Li, Na (କ୍ଷାର ଧାତୁ) ସହିତ ଓ Ar ର ଧର୍ମଗୁଣ He, Ne (ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ) ଧର୍ମଗୁଣ ସହିତ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ, ସେମାନଙ୍କୁ ନିଜ ନିଜ

ଗୃପରେ ରଖିଥିଲେ । ଏମାନଙ୍କର ପା.ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣରେ ତ୍ରୁଟି ଥିବାର ସେ ସନ୍ଦେହ କରିଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବାସ୍ତବରେ ସତ୍ୟ ନଥିଲା ।

5. ଏହି ସାରଣୀରେ 9 ଟି ଗୃପ୍ ଓ 10 ଟି ପିରିୟଡ୍ ଥିଲା । ସବୁଠାରୁ ବାମପଟେ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କୁ ଗୃପ୍ 0 ରେ ରଖାଯାଇଥିଲା ।

6. ପ୍ରକୃତରେ Di ଦୁଇ ମୌଳିକ ଯଥା Pr ଓ Nd ର ମିଶ୍ରଣ ବୋଲି ଧରାପଡ଼ିଥିଲା । La ଓ Ce ବ୍ୟତୀତ Er ଓ ଆଉ କେତେକ ଦୁର୍ଲ୍ଲଭ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ ବା ରେୟାର ଆର୍ଥ (Rare Earths) ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ସ୍ଥାନ ନ ଦିଆଯାଇ, ସାରଣୀ ତଳେ ଏକ ଧାଡ଼ିରେ ରଖାଗଲା । ସେମାନଙ୍କୁ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକ(Lanthanides) କୁହାଗଲା । ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀର ତଳେ ଥିବା ସିରିଜ(ଧାଡ଼ି) ରେ Pr ଠାରୁ Lu ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 12 ଟି ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ମୌଳିକ ରହିଛନ୍ତି । ଏହି ସିରିଜରେ ଏକ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟ ରହିଛି । ଅବଶ୍ୟ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ଦୁଇ ଅନ୍ୟ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକ ଯଥା La ଓ Ce ତଥାପି ରହିଛନ୍ତି ।

4. Ac ସହିତ Th, Pa ଓ U ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ 10 ମ ପିରିୟଡ୍ ରେ ରହିଛନ୍ତି । ସେତେବେଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ Np, Pu ଓ ଅନ୍ୟ କୃତ୍ରିମ ଟ୍ରାନ୍ସ-ୟୁରେନୀୟ(Trans-uranic elements) ମୌଳିକ ବା ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା ।

5. Cs ର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନ ତଳେ ଥିବା ଏକ-ସିଜିୟମ୍(Eka-Caesium), Mn ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ଏକ-ମାଙ୍ଗାନିଜ(Eka-Manganese) ଓ Mn ର ଦୁଇଟି ତଳ ସ୍ଥାନ ଦ୍ୱି-ମାଙ୍ଗାନିଜ(Dwi-Manganese) ଓ I (ଆଇୟୋଡ଼ିନ) ର ଗୋଟିଏ ତଳ ସ୍ଥାନ ଏକ-ଆଇୟୋଡ଼ିନ(Eka-Iodine) ଏହି ସାରଣୀରେ ତଥାପି ଫାଙ୍କା ଥିଲା ।। ଏହି ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନର 2 ବର୍ଷ ପରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ 1907 ମସିହାରେ ମୃତ୍ୟୁବରଣ କରିଥିଲେ ।

6. ଏହି ସାରଣୀରେ ପ୍ରତି ଗୃପକୁ (ଗୃପ VIII ଓ 0 ବ୍ୟତୀତ), A ଓ B ଉପ-ଗୃପ(sub-group) ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କରାଯାଇ, ବିଷମ ଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଅଲଗା କରାଗଲା । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ଗୃପ IA ରେ ରହିଲେ ସବୁ କ୍ଷାର ଧାତୁ(Li, Na, K, Rb, Cs) ଓ ଗୃପ IB ରେ ରହିଲେ ମୁଦ୍ରା ଧାତୁ(coinage metals) Cu, Ag ଓ Au । କ୍ଷାର ଧାତୁ ଓ ମୁଦ୍ରା ଧାତୁ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅସମାନତା ଅଧିକ ଥିବାରୁ, ଏହି ଦୁଇ ଉପ-ଗୃପ ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କୁ ଅଲଗା କରାଗଲା । ସେହି ଭଳି ଗୃପ IIA ରେ ସବୁ କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ(Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) ରହିଲେ ଓ ଗୃପ IIB ରେ ରହିଲେ ଜିଙ୍କ୍ ଗୃପ ଧାତୁ(Zn, Cd, Hg) । ସେହି ଭଳି ଅନ୍ୟ ଗୃପ ମାନଙ୍କରେ ମଧ୍ୟ A ଓ B ଉପ-ଗୃପ ଦ୍ୱାରା ବିଷମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଅଲଗା କରାଗଲା ।

7. ଗୃପ VIII ର କୌଣସି ଉପ-ଗୃପ ନଥିଲା । ଏହି ଗୃପ୍ ର 4ର୍ଥ, 6ଷ୍ଠ ଓ 8ମ ଧାଡ଼ି ବା ପିରିୟଡ଼ରେ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଭଳି ତିନୋଟି ଲେଖାଏଁ ତ୍ରପଦୀ ମୌଳିକ(Triads) ରଖାଗଲା । ପ୍ରଥମ ତ୍ରିପଦି ହେଲା Fe, Co, Ni, ଦ୍ୱିତୀୟ ତ୍ରିପଦି Ru, Rh, Pd ଓ ତୃତୀୟ ତ୍ରିପଦି ହେଲା Os, Ir, Pt । ଅବଶ୍ୟ ସ୍ତମ୍ଭ ଅନୁଯାୟୀ ଧର୍ମଗୁଣର

ସମାନତା ରହିଥିଲା, ଅର୍ଥାତ Fe, Ru, Os ମଧ୍ୟରେ(ପ୍ରଥମ ସ୍ତମ୍ଭ), Co, Rh, Ir ମଧ୍ୟରେ(ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ତମ୍ଭ) ଓ Ni, Pd, Pt ମଧ୍ୟରେ(ତୃତୀୟ ସ୍ତମ୍ଭ) ଅନେକ ସମାନତା ଥିଲା । ସେହିଭଳି ଗୃପ 0 ର ମଧ୍ୟ କୌଣସି ଉପ-ଗୃପ ନଥିଲା ।

ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଦୂର୍ବଳତା (Demerits of Mendeleev's Periodic Table):

ଅନେକ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ପରେ, ବିଶେଷ କରି ଅନେକ କୃତ୍ରିମ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ପରେ, ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ପରିବର୍ଦ୍ଧନର ଆବଶ୍ୟକତା ପଡ଼ିଥିଲା । ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀରେ ଥିବା ଦୁର୍ବଳତା ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ମୂଖ୍ୟ ଦୁର୍ବଳତା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

1. ଗୃପ୍ I ରୁ ଗୃପ VII ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତି ପ୍ରତି ଗୃପରେ ଭିନ୍ନ ଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନେ ଗୃପରେ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲେ । ଉଦାହରଣ ସରୂପ ଗୃପ୍ IA ରେ Li, Na, K, Rb, Cs ଭଳି କ୍ଷାର ଧାତୁ ରହିଥିବା ବେଳେ, ସେହି ଗୃପରେ କ୍ଷାର ଧାତୁ ଠାରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭିନ୍ନ ଧର୍ମଗୁଣର ମୁଦ୍ରାଧାତୁ(coinage metals) Cu, Ag ଓ Au ଗୃପ୍ IB ରେ ରହିଥିଲେ । ଏହି ଭଳି ଗୃପ୍ IIA ରେ Be, Mg, Ca, Sr, Ba ଭଳି କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ ରହିଥିବା ବେଳେ, ଭିନ୍ନ ଧର୍ମଗୁଣ ସମ୍ପନ୍ନ ଧାତୁ ଯଥା Zn, Cd, Hg ଗୃପ୍ IIB ରେ ରହିଥିଲେ । ଏହିଭଳି ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଅନ୍ୟ ଗୃପମାନଙ୍କରେ ମଧ୍ୟ ଥିଲା । ପ୍ରତି ଗୃପକୁ A ଓ B ଉପଗୃପ(sub-groups) ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କରିବା ଅପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଓ ଅଯୌକ୍ତିକ ଥିଲା ।

2. ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀରେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର(Atomic Mass/A) ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜା ଜାଇଥିଲା । ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ନିୟମିତ ବୃଦ୍ଧି ନଥିବାରୁ, ଅର୍ଥାତ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଭଳି ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ନଥିବାରୁ, ଦୁଇ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ଆଉ କେତୋଟି ଖାଲି ସ୍ଥାନ ରଖାଯିବ, ତାହା ଜଣାଯିବା ଅସମ୍ଭବ ଥିଲା । ବୈଜ୍ଞାନିକ ମୋସିଲିଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Atomic Number/Z) ଆବିଷ୍କାର ହେଲାପରେ ଏବଂ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ବାହ୍ୟ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂରଚନା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା କଥା ଜଣାଯିବା ପରେ, ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜା ଯିବାର ଅତ୍ୟନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକତା ପଡ଼ିଥିଲା ।

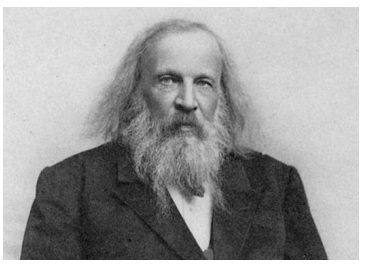
3. ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇ ମଧ୍ୟ ଗୃପ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଧର୍ମଗୁଣର ସମାନତା ରକ୍ଷା କରିବାପାଇଁ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ତିନୋଟି ମୌଳିକ ଯୁଗଳ ଯଥା (Ar, K), (Co, Ni) ଓ (Te, I) ମଧ୍ୟରେ ଅଦଳ ବଦଳ କରିଥିଲେ । ଏହା ଥିଲା ତାଙ୍କ ସାରଣୀର ଏକ ଦୁର୍ବଳତା ଯାହା ବୈଜ୍ଞାନିକ ମୋସିଲିଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ଆବିଷ୍କାର ପରେ ଦୂରିଭୁତ ହୋଇଥିଲା । ବଦଳାଯାଇଥିବା ମୌଳିକମାନେ ବାସ୍ତବରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ରହିଥିଲେ । ପ୍ରକୃତରେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ସେମାନଙ୍କର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବଦଳରେ ପା. ସଂଖ୍ୟା ନିରୂପଣ କରିଥାଏ ବୋଲି ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କୁ ଜଣାନଥିଲା ।

4. ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ପରେ, ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କ୍ରମରେ ସଜାଇବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼ିଲା, କାରଣ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୌଳିକର ଆଇସୋଟୋପ ମାନେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଥିଲେ । ଅବଶ୍ୟ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଅନୁଯାୟୀ ସଜା ଯିବାରୁ ଆଇସୋଟୋପ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତ୍ରୁଟି ରହିନଥିଲା ।

5. କେତେକ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକ(Ce) ଓ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ମୌଳିକ(Th, Pa, U) ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ରହିଥିଲେ, ଯଦିଓ ଅଧିକାଂଶ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ମୌଳିକ ମାନେ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀ ତଳେ ଏକ ଅଲଗା ସିରିଜରେ ସ୍ଥାନ ପାଇସାରିଥିଲେ । ସେହି କେତେକ ମୌଳିକ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ରହିବା, ଧର୍ମଗୁଣ ଅନୁଯାୟୀ ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତ ନଥିଲା ।

ଡ଼ିମିତ୍ରି ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସଂକ୍ଷୀପ୍ତ ଜୀବନ:(Short Life Sketch of Dimitri Mendeleev)

ଡ଼ିମିତ୍ରି ମେଣ୍ଡେଲିଭ 1834 ମସିହା ଫ୍ରେବୃଆରୀ 8 ରେ ରୁଷିଆ-ସାଇବେରିଆର ଟୋବଲସ୍କ(Tobolsk) ରେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ପିତା ଇଭାନ ମେଣ୍ଡେଲିଭ(Ivan Mendeleev) ଜଣେ ସ୍କୁଲ ଶିକ୍ଷକ ଥିଲେ ଓ ସେ କଳା, ରାଜନୀତି ଓ ଦର୍ଶନ ଶାସ୍ତ୍ର ପଢାଉଥିଲେ । ତାଙ୍କ ମାତା ମାରିଆ ମେଣ୍ଡେଲିଭା(Maria Mendeleeva) ତାଙ୍କ ପରିବାରର କାଚ କାରଖାନା ଚଳାଉଥିଲେ । ଡ଼ିମିତ୍ରିଙ୍କ 17 ଜଣ ଭାଇ ଭଉଣୀ ମଧ୍ୟରୁ 14 ଜଣ ଜୀବିତ ରହିଥିଲେ । ସେ ମସ୍କୋର ସେଣ୍ଟ ପିଟର୍ସବର୍ଗ(St. Petersburg, Moscow)ରେ ମୂଖ୍ୟ ପେଡ଼ାଗଜିକାଲ ଇନଷ୍ଟିଚ୍ୟୁଟ୍(Main Pedagogical Instutute) ରେ ବିଦ୍ୟା ଲାଭ କରିଥିଲେ । 1834 ମସିହାରେ ସେ 'ଜୈବ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ' (Organic Chemistry) ଶୀର୍ଷକ ପୁସ୍ତକ ରଚନା କରିଥିଲେ । 1862, ଏପ୍ରିଲ 17 ରେ ଫିଓଜଭା ନିକିଟିଚ୍ନା ଲେସ୍‌ଚେଭା(Feozva Nikitichna Leshcheva)ଙ୍କୁ ବିବାହ କରିଥିଲେ । 1864 ମସିହାରେ ସେ ସେଣ୍ଟ ପିଟର୍ସବର୍ଗ ବୈଶ୍ୟୟିକ ଅନୁଷ୍ଠାନ(St. Petersburg Technogical Institute, Moscow) ରେ ପ୍ରଫେସର ହିସାବରେ ନିଯୁକ୍ତି ପାଇଥିଲେ । 1865 ମସିହାରେ ସେ ଡ଼ି. ଏସ୍. ସି(D.Sc) ଡ଼ିଗ୍ରି ହାସଲ କରିଥିଲେ । ସେ ତାପରେ ଅନେକ ବିଷୟରେ ଗବେଷଣା କରି ଖ୍ୟାତି ଲାଭ କରିଥିଲେ ଓ ଅନେକ ପୁରସ୍କାର ଓ ପଦକ ଲାଭ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଅବଦାନ ମଧ୍ୟରୁ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଓ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ଅନ୍ୟତମ । 1876 ମସିହାରେ ସେ ଆନା ଇଭାନୋଭା ପୋପଭା(Anna Ivanova Popova)ଙ୍କ ପ୍ରେମରେ ପଡ଼ି ପ୍ରଥମ ପତ୍ନୀ ଲେସଚେଭା ଙ୍କୁ ତ୍ୟାଗ କରି ପୋପଭାଙ୍କୁ ଦ୍ୱତୀୟ ବିବାହ କରିଥିଲେ । 1907 ମସିହାରେ 72 ବର୍ଷ ବୟସରେ ଫ୍ଲୁ - ଜ୍ୱରରେ(Influenza) ପିଡ଼ିତ ହୋଇ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥିଲେ । ମୃତ୍ୟୁ ପୂର୍ବରୁ ସେ ତାଙ୍କ ଡ଼ାକ୍ତରଙ୍କୁ କହିଥିଲେ, "ଡ଼ାକ୍ତର, ତୁମ ପାଖରେ ବିଜ୍ଞାନ ଅଛି, ମାତ୍ର ମୋ ପାଖରେ ଅଛି ବଶ୍ୱାସ" (Doctor, You have Sciene, I have Faith) ।



ଲୋଦର ମେୟରଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ (Lothar Meyer's Periodic Table) :

ଜୁଲିଅସ୍ ଲୋଦର ମେୟର(Julius Lothar Meyer : 1830-1895) ଜଣେ ଜର୍ମାନୀ ରସାୟନବିତ ଥିଲେ ଓ ରୁଷୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ଓ ସେମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ଅନୁଯାୟୀ ସଜାଇ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ଭଳି ସାରଣୀର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣତା ଉପରେ ତାଙ୍କର ଲକ୍ଷ୍ୟ ନଥିଲା । ସେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସଠିକ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ କରିବା ଉପରେ ବିଶେଷ ଧ୍ୟାନ ଦେଇଥିଲେ ଓ କେତେକ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଯାହାର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଠିକ ନିରୂପଣ ହୋଇପାରିନଥିଲା, ସେମାନଙ୍କୁ ତାଙ୍କ ସାରଣୀରୁ ବାଦ ଦେଇଥିଲେ । ଏହା ସତ୍ତ୍ୱେ ମଧ୍ୟ, ସେ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଭିତ୍ତିକ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପୁନରବୃତ୍ତିକୁ ପ୍ରତିପାଦନ କରିପାରିଥିଲେ ।

1. 1864 ମସିହାରେ(ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ ହେବାର 5 ବର୍ଷ ପୂର୍ବରୁ) ସେ Li ଠାରୁ Tl ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 28 ଟି ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ତାଙ୍କର ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(H) ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ଜଣାଶୁଣା ମୌଳିକ ଯଥା, ଇଟ୍ରିୟମ୍(Y), ଅରବିୟମ୍(Eb), ଟରବିୟମ୍(Tb), ସିରିୟମ୍(Ce), ଲାନ୍ଥାନମ୍(La), ଡ଼ାଇଡ଼ିୟମ୍(Di), ଥୋରିୟମ୍(Th), ୟୁରେନିୟମ୍(U) ଇତ୍ୟାଦି ତାଙ୍କ ସାରଣୀରେ ସ୍ଥାନ ପାଇନଥିଲା,କାରଣ ଏମାନଙ୍କର ସଠିକ୍ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଜଣାନଥିଲା । ଯଦିଓ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀର ଐତିହାସିକ ବିବର୍ତ୍ତନ ଜାଣିଲା ପରେ, ଲୋଦର ମେୟରଙ୍କ ସାରଣୀର ଇତିହାସ ଜାଣିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ନୁହେଁ, ତଥାପି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର କ୍ରମବିକାଶରେ ଭାଗନେଇଥିବା ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନଙ୍କହ ଅବଦାନକୁ ସମ୍ମାନ ଦେବା ପାଇଁ ନିମ୍ନରେ ତାଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଦିଆଗଲା ।

	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
	—	—	—	—	Li = 7,03	(Be = 9,3?)
Differenz =	—	—	—	—	16,02	(14,7)
	C = 12,0	N = 14,04	O = 16,00	Fl = 19,0	Na = 23,05	Mg = 24,0
Differenz =	16,5	16,96	16,07	16,46	16,08	16,0
	Si = 28,5	P = 31,0	S = 32,07	Cl = 35,46	K = 39,13	Ca = 40,0
Differenz =	$\frac{89,1}{2}$ = 44,55	44,0	46,7	44,51	46,3	47,6
	—	As = 75,0	Se = 78,8	Br = 79,97	Rb = 85,4	Sr = 87,6
Differenz =	$\frac{89,1}{2}$ = 44,55	45,6 !	49,5	46,8	47,6	49,5
	Sn = 117,6	Sb = 120,6	Te = 128,3	J = 126,8	Cs = 133,0	Ba = 137,1
Differenz =	89,4 = 2.44,7	87,4, = 2.43,7	—	—	(71 = 2.35,5)	—
	Pb = 207,0	Bi = 208,0	—	—	(Tl = 204?)	—

ଜର୍ମାନ ଶବ୍ଦ ଅର୍ଥ: Werthig - ଯୋଜ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ(valent), Differenz: ପ୍ରଭେଦ(difference)

ବିଦ୍ର: 1. ସାରଣୀରେ ଥିବା ସଂଖ୍ୟା ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କମା(comma : ,) ବାସ୍ତବରେ ଦଶମିକ ବିନ୍ଦୁ(decimal point) । ସାରଣୀର ଶେଷ ପ୍ରଭେଦ(Differenz) ରେ ଥିବା (2.44,7 ଓ 2.43,7) ବିନ୍ଦୁ(.) ବାସ୍ତବରେ ଗୁଣନ ଚିହ୍ନ (×) ।

2. ଆୟୋଡ଼ିନର ପ୍ରତୀକ ଥିଲା J ଯାହା ଜର୍ମାନୀରେ ହେଲା Jod । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ତାହାର ପ୍ରତୀକ ହେଲା I ଯ(Iodine) ।

ମେୟରଙ୍କ ସାରଣୀ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଆଲୋଚନା:

1. ମେୟରଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀରେ 6 ଟି ଗୃପ ବା ସ୍ତମ୍ଭ ଏବଂ 6 ଟି ଧାଡ଼ି ବା ପିରିୟଡ୍ ଥିଲା । ତାଙ୍କର ସାରଣୀର ଏକ ଚମତ୍କାର ବିଶେଷତା ହେଲା, ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୃପରେ କ୍ରମାଗତ ଦୁଇଟି ମୌଳିକର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପ୍ରଭେଦ(Differenz) ପ୍ରାୟ ସମାନ ଥିଲା । ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱତୀୟ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରଭେଦ ପ୍ରାୟତଃ 16 ଥିଲା; ଦ୍ୱତୀୟ ଓ ତୃତୀୟ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପ୍ରଭେଦ ଥିଲା ପୂନର୍ବାର ପ୍ରାୟତଃ 16 ଥିଲା; ତୃତୀୟ-ଚତୁର୍ଥ ଏବଂ ଚତୁର୍ଥ-ପଞ୍ଚମ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରଭେଦ ପ୍ରାୟତଃ 44-46 ଥିଲା ଏବଂ ପଞ୍ଚମ-ଷଷ୍ଠ ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ଏହା ପ୍ରାୟତଃ 88-90 ଥିଲା, ଯାହା ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରଭେଦର ପ୍ରାୟ ଦୁଇଗୁଣ ଥିଲା । ଏହି ନିୟମିତତାର ଆଧାରରେ ମେୟର କେତେକ ସ୍ଥାନରେ ଅଜଣା ମୌଳିକର ଅସ୍ତିତ୍ୱକୁ ଅନୁମାନ କରିଥିଲେ । ଉଦାହରଣ ସରୂପ,Si ଓ Sn ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଅଜଣା ମୌଳିକ ରହିଥିବାର ଅନୁମାନ କରିଥିଲେ, ଏବଂ ସେହି ସ୍ଥାନ ଖାଲି ରଖିଥିଲେ । ତେଣୁ Si ଓ ସେହି ଅଜଣା ମୌଳିକ ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ ସେହି ଅଜଣା ମୌଳିକ ଓ Sn ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦକୁ 89.1/2 = 44.55 ହେବ ବୋଲି ଯୁକ୍ତି ବାଢିଥିଲେ । ଏହି ପ୍ରଭେଦ ଥିଲା Si ଓ Sn ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ(89.1)ର ଅର୍ଦ୍ଧେକ । ତେଣୁ ସେହି ଅଜଣା ମୌଳିକର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେବ 28.5 + 44.5 = 73 ବୋଲି ଅନୁମାନ କରିଥିଲେ । 22 ବର୍ଷ ପରେ 1886 ମସିହାରେ ଯେତେବେଳେ ଏହି ଅଜଣା ମୌଳିକ ଜର୍ମାନିୟମ୍(Ge) ର ଆବିଷ୍କାର ହେଲା, ତାହାର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟଜନକ ଭାବରେ 72.5 ବାହାରିଥିଲା ।

2. ମେୟରଙ୍କ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀ ସହିତ ଆଉ ଦୁଇଟି ଛୋଟ ସାରଣୀ ଯୋଗକରିଥିଲେ, ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

	4 werthig	4 werthig	4 werthig	2 werthig	
	Mn=55,1 Fe=56,0	Ni = 58,7	Co=58,7	Zn=65,0	Cu=63,5
Differ. =	49,2 48,3	45,6	47,3	46,9	44,4
	Ru=104,3	Rh=104,3	Pd=106,0	Cd=111,9	Ag=107,94
Differ. =	92,8=2.46,4	92,8=2.46,4	93,0=2.46,5	88,3=2.44,2	88,8=2.44,4
	Pt=197,1	Jr –197,1	Os=199,0	Hg=200,2	Au=196,7

ବିଦ୍ର: 1. Rh ନିମ୍ନରେ ଥିବା ମୌଳିକ Jr ପ୍ରକୃତରେ ଇଂରେଜୀରେ ଇରିଡ଼ିୟମ୍(Ir) । ଜର୍ମାନୀରେ I ସ୍ଥାନରେ J ଲେଖାଯାଇଥାଏ ।

2. ଉପରେ ଥିବା ସାରଣୀରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଥମ ସାରଣୀ ଭଳି ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପ୍ରଭେଦ ଦିଆଯାଇଛି । ତୁମେ ତାହାକୁ ଭଲ ଭାବରେ ନିରିକ୍ଷଣ କଲେ ବୁଝି ପାରିବ ।

ମେୟରଙ୍କ 1870 ମସିହା ସାରଣୀ:

ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ସାରଣୀ କୁ ମିଶାଇ, ସେ 1870 ରେ ଆଉ ଏକ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ଏହି ସାରଣୀରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ଧାଡ଼ିରେ ରଖିଥିଲେ । ଏଥିରେ 15 ଟି ଧାଡ଼ି ବା ଗୋଷ୍ଠି ରହିଥିଲା । ବିଷମ ଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର 9ଟି ସ୍ତମ୍ଭ ଥିଲା । ଏହି ସାରଣୀ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି । ପ୍ରଶ୍ନବାଚକ ଚିହ୍ନ ଥିବା ମୌଳିକର ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ମେୟରଙ୍କ ସନ୍ଦେହ ଥିଲା । କେତେକ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟ ତାଙ୍କ ସାରଣୀରେ ରଖିଥିଲେ ।

Periodic table according to Lothar Meyer, 1870

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B=11,0	Al=27,3	--	--	--	?In=113,4	Tl=202.7	
	C=11,97	Si=28	Ti=48	--	Zr=89,7	Sn=117,8	--	Pb=206,4
	N=14,01	P=30,9	V=51,2	As=74,9	Nb=93,7	Sb=122,1	Ta=182,2	Bi=207,5
	O=15,96	S=31,98	Cr=52,4	Se=78	Mo=95,6	Te=128?	W=183,5	--
--	F=19,1	Cl=35,38	Mn=54,8	Br=79,75	Ru=103,5	J=126,5	Os=198,6 ?	--
			Fe=55,9		Rh=104,1		Ir=196,7	
			Co=Ni=58,6		Pd=106,2		Pt=196,7	
Li=7,01	Na=22,99	K=39,04	Cu=63,3	Rb=85,2	Ag=107,66	Cs=132,7	Au=196,2	--
?Be=9.3	Mg=23,9	Ca=39,9	Zn=64,9	Sr=87,0	Cd=111,6	Ba=136,8	Hg=199,8	--

ଲୋଦର ମେୟରଙ୍କର ସାରଣୀ ସହିତ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀର ଯଥେଷ୍ଟ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ତାଙ୍କ ଗବେଷଣା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ୱାଧୀନ ଥିଲା । ସେଥିପାଇଁ ଇତିହାସ ତାଙ୍କ ଅବଦାନକୁ ମନେ ରଖିବ । ତାଙ୍କ ସାରଣୀ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀ ଭଳି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇପାରିନଥିବାରୁ, ଏବଂ ଏଥିରେ କେତେକ ତୃଟି ରହିଥିବାରୁ, ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱ ବିଶେଷ ନଥିଲା । କିନ୍ତୁ ତାଙ୍କର ଆଉ ଏକ ଅନନ୍ୟ ଅବଦାନ ହେଲା - ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସେମାନଙ୍କର ଆୟତନର ସମ୍ପର୍କକୁ ଏକ ଗ୍ରାଫ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରକାଶ କରିବା । ଏହି ଗ୍ରାଫ ମାଧ୍ୟମରେ ସେ ଦେଖାଇଥିଲେ ଯେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆୟତନ ମଧ୍ୟ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଭିତ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ସପକ୍ଷରେ ଏକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ପ୍ରମାଣ ଥିଲା । ତାଙ୍କର ଏହି ଗ୍ରାଫ ଏଠାରେ ଦିଆଯାଇନାହିଁ ।

ଲୋଦର ମେୟରଙ୍କ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଜୀବନୀ(Short Life Sketch of Lother Meyer):

ଜୁଲିଅସ୍ ଲୋଦର ମେୟର୍(Julius Lothar Meyer) ଜଣେ ଜର୍ମାନ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନି ଓ ଚିକିତ୍ସକ ଥିଲେ । ସେ 1830 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 19 ତାରିଖରେ ଜର୍ମାନୀର ଭାରେଲ(Varel) ସହରରେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ପ୍ରଥମେ ସେ ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଥିଲେ, କିନ୍ତୁ ପରେ ରସାୟନବିଜ୍ଞାନ ପ୍ରତି ଆକୃଷ୍ଟ ହୋଇ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଗୁଣଧର୍ମ ଓ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ପର୍କ ଉପରେ ଗବେଷଣା କରିଥିଲେ । ସେ 1864 ମସିହାରେ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ସଂଯୋଜକତା ଆଧାରରେ 28 ଟି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଶ୍ରେଣୀ ବିନ୍ୟାସ ପ୍ରକାଶ କରି ଏକ ସାରଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ପରେ 1870 ମସିହାରେ ଅଧିକ ମୌଳିକ ବିଶିଷ୍ଟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଆୟତନର ଗ୍ରାଫ ପ୍ରକାଶ କରି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଭିତ୍ତିକ ପରିବର୍ତ୍ତକୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ । ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମର ବିକାଶରେ ତାଙ୍କର ଅବଦାନ ପାଇଁ ସେ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସହ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମର ସହ-ପ୍ରବର୍ତ୍ତକ ଭାବରେ ସ୍ୱୀକୃତି ପାଇଥିଲେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଦୁଇଜଣଙ୍କୁ ଯୁଗ୍ମ ଭାବେ 1882 ମସିହାରେ ରୟାଲ ସୋସାଇଟି ଡ଼େଭି ପଦକ(Davy Medal) ପ୍ରଦାନ କରିଥିଲେ । ସେ ଶେଷ ଭାଗରେ ଟୁବିନଜେନ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାୟ(Tubingen University)ରେ ରସାୟନ ପ୍ରଫେସର ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରି ଏପ୍ରିଲ 11, 1895 ରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥିଲେ ।



ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର କ୍ରମବିକାଶ ଓ ପରିବର୍ଦ୍ଧନ(Evolution and Expansion of Periodic Table after Mendeleev):

1. କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା(Serial Number) 1(H) ରୁ 42(Mo) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ମୌଳିକ ମାନେ ସ୍ଥାନିତ ହୋଇସାରିଥିଲେ ଅର୍ଥାତ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ନଥିଲା । ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ (1907) ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Atomic Number)ର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା ।

2. ତାପରେ ଆସିଥିଲା ଆଉ ଏକ ଯୁଗାନ୍ତକାରୀ ଆବିଷ୍କାର । 1913 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହେନେରୀ ମୋସିଲି(Henry Moseley) ତାଙ୍କର ଏକ୍ସ-ରେ ସ୍ପେଟ୍ରୋସ୍କୋପି ପରୀକ୍ଷା(X-Rays Spectroscopy)ରୁ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Atomic Number/Z) ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହି ସଂଖ୍ୟା ଥିଲା ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟା । ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟଜନକ ଭାବରେ 1 ଠାରୁ 42 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା(Serial Number) ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Z) ସହିତ ସମାନ ହୋଇଗଲା । Z= 42 ର ପରବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟ ଜଣାପଡ଼ିଲା, ଫଳରେ ଫାଙ୍କା ଥିବା ସ୍ଥାନରେ ନୂଆ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା ।

ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁଁ, ଆହୁରି ଅଧିକ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା । ଏହି ଅନୁଯାୟୀ ମୋସିଲି 4ଟି ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାରର ଭବିଷ୍ୟତ ବାଣୀ କରିଥିଲେ, ସେମାନ ହେଲେ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 43 (Eka-Manganese), 61, 72 ଓ 75 (Dvi-Manganese) ଯେଉଁମାନଙ୍କ ସ୍ଥାନ ଯଥାକ୍ରମେ 1937 ମସିହାରେ ଟେକ୍‌ନେସିୟମ୍(Tecnetium/Tc), 1945 ମସିହାରେ ପ୍ରମେଥିୟମ୍(Promethium/Pm), 1923 ମସିହାରେ ହାଫନିୟମ୍(Hafnium/Hf) ଓ 1925 ମସିହା ରେନିୟମ୍(Rhenium/Re) ନୂଆ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ଆବିଷ୍କାର ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହୋଇଥିଲା । ପୁଣି 1940 ରେ ଆୟୋଡ଼ିନ ତଳେ ଥିବା ଖାଲି ସ୍ଥାନ(Eka-Iodine), ଆଷ୍ଟେଟାଇନ(Astatine/ $_{85}$At) ଆବିଷ୍କାର ଦ୍ୱାର ପୂରଣ ହେଲା ।

3. ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା Z= 1(H) ରୁ 42(Mo) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକମାନେ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ଆଗରୁ ରହିଥିଲେ, Z=43, Tc ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା ଓ Z= 44(Ru) ରୁ 56 (Ba) ମୌଳିକ ଆଗରୁ ରହିଥିଲେ । ଲାନ୍ଥାନମ୍(Lanthanum/La) ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 57 ବାହାରିଲା । ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକମାନେ; Z= 58(Ce) ରୁ 71(Lu) ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇସାରିଥିଲେ (କେବଳ Pm-61 ବ୍ୟତୀତ ଯାହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଗଲା) ଓ ଏମାନଙ୍କୁ ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼(Lanthanides) ମୌଳିକ କୁହାଗଲା, ଯେଉଁମାନଙ୍କୁ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ନରଖି ସାରଣୀ ତଳେ ଏକ ଧାଡ଼ିରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । Z=72, Hf ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା । Z=73(Ta), 74(W) ଆଗରୁ ଠିକ ସ୍ଥାନରେ ଥିଲେ । Z=75, Re ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା । Z=76(Os) ରୁ Z=84(Po) ଆଗରୁ ଠିକ ସ୍ଥାନରେ ଥିଲେ । Z=85, At ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା । Z=86, Rn(Radon) ଆଗରୁ ଠିକ ସ୍ଥାନରେ ରହିଥିଲା । ଖାଲି ଥିବା Z=87, 1939 ରେ Fr(Franicium) ଆବିଷ୍କାର ଦ୍ୱାରା ପୂରଣ ହେଲା । Z=89(Ac) ରୁ Z=92(U) ଆଗରୁ ରହିଥିଲେ, ମାତ୍ର Z=89(Ac) ପର ଠାରୁ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସାରଣୀ ତଳେ ଥିବା ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ ସିରିଜ ତଳେ ଆଉ ଏକ ସିରିଜରେ ରଖାଗଲା । ଏହାକୁ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ସିରିଜ(Actinide Series) କୁହାଗଲା । ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 1(H) ରୁ 92(U) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ମୌଳିକଙ୍କ ପରମାଣୁ-ସଂଖ୍ୟା ଓ ସେମାନଙ୍କର ପରିବାର ଭିତ୍ତିକ ସ୍ଥିତି ସଠିକ ଭାବରେ ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା ।

4. 1940-41 ମଧ୍ୟରେ ୟୁରେନିୟମ୍ (U) ପର ଦୁଇ ମୌଳିକ Z=93 - ନେପଟୁନିୟମ୍(Neptunium/Np) ଓ Z=94 - ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ(Plutonium/Pu) ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା । ସେମାନ U ପରେ ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ସିରିଜରେ ସ୍ଥାନ ପାଇଲେ । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପରଠାରୁ Z=95 ଓ ତାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ମୌଳିକମାନେ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ସଂଶ୍ଳେଷଣ କରାଯାଇ Z=95(Am) ରୁ Z=103(Lr) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକ ମାନେ ଆକ୍ଟିନାଇଡ୍ ସିରିଜ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲେ । କାଳକ୍ରମେ ଆହୁରି ଅଧିକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ Z=104(Rf) ରୁ Z=118(Og) ମାନଙ୍କୁ ଅବିଷ୍କାର କରାଯାଇ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ରଖାଗଲା, ଯାହା ଆମେ ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ପଢିଥିଲେ ।

5. 1913 ମସିହାରେ ନିଲସ୍ ବୋର(Neils Bohr) ତାଙ୍କର ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଦେବା ଫଳରେ ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସେଲ ଓ ଉପ-ସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମାନଙ୍କର ସଜ୍ଜା ମଧ୍ୟ ଜଣାପଡ଼ିଗଲା । ଶେଷ ବା ଯୋଜ୍ୟତା ସେଲରେ କେଉଁ ମୌଳିକର କେତୋଟି ଇଲେକଟ୍ରନ ଅଛି, ତାହା ମଧ୍ୟ ଜଣାପଡ଼ିଗଲା ।

6. ସେହି 1913 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସଡ଼ି (Frederick Soddy), ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ଏକାଧିକ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଧାରଣକରି ଏକାଧିକ ସମସ୍ଥାନିକ ବା ଆଇସୋଟୋପସ୍ ରୂପରେ ରହିପାରିବେ ବୋଲି ମତ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ସେହି ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଥମ୍ପସନ(J.J.Thomson) ନିୟନ(Ne)ର ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ ଯଥା Ne-20 ଓ Ne-22 ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଅନେକ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଏକାଧିକ ଆଇସୋଟୋପ ମାନଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଥିଲା ।

7. 1919 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଷ୍ଟନ(F.W Aston), ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସ୍ପେଟ୍ରୋମିଟର(Mass Spectrometter) ଉଦ୍ଭାବନ କରି ଇତିହାସ ରଚି ଥିଲେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ସବୁ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କରେ ଥିବା ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ ମାନଙ୍କର ସଠିକ୍ ଆପେକ୍ଷିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(accurate relative isotopic mass) ନିରୂପଣ କରାଯାଇଥିଲା । ଫଳରେ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଅତ୍ୟନ୍ତ ସଠିକ ହାରାହରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ ହୋଇପାରିଥିଲା ।

8. 1932 ମସିହାରେ ସାର ଜେମସ ଚାଦୱିକ(Sir James Chadwick) ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ରହିଥିବା ନିଉଟ୍ରନର ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।

9. ମୋସିଲିଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ଆବିଷ୍କାର ପରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ବଦଳିଗଲା । ମୌଳିକ ସଜ୍ଜାର ଆଧାର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନହୋଇ ହୋଇଗଲା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Z) । ବାସ୍ତବରେ Co ର Ni ଠାରୁ , Te ର I ଠାରୁ ଓ Ar ର K ଠାରୁ ପା. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ଥିଲା, ଯେଉଁଥିରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ସନ୍ଦେହ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ହିଁ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସାରଣୀରେ ସଜାଯିବା ସଠିକ ଆଧାର ଥିଲା ।

ଆଧୁନିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ(Modern Periodic Law): ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ ସେମାନଙ୍କର ପାରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଫଳନ । (The physical and chemical properties of elements are periodic functions of their atomic numbers.)

ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମରେ ସଜାଇଲେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବ୍ୟବଧାନରେ ସମଧର୍ମୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ମୋସିଲି ପ୍ରମାଣ କଲେ ଯେ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ମୂଳ ପ୍ରକୃତି ଓ ଧର୍ମଗୁଣ ତାର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Z) ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ, ମାତ୍ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନୁହେଁ । ସେଥିପାଇଁ ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କୁ ତିନୋଟି ଯୁଗଳ ମଧ୍ୟରେ ଅଦଳ ବଦଳ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥିଲା । ଅନ୍ୟ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମ ସହିତ ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ବର୍ଦ୍ଧିତ କ୍ରମ ସମାନ ଥିଲା । ଏହି ବିଷୟରେ ଆଗରୁ ଆଲୋଚନା ହୋଇଛି ।

ହେନେରୀ ମୋସିଲି ଙ୍କ ସଂକ୍ଷୀପ୍ତ ଜୀବନ:(Short Life Sketch of Henry Moseley)



ହେନେରୀ ମୋସିଲି ନଭେମ୍ବର 23, 1887 ରେ ଇଂଲଣ୍ଡର ଓ୍ୱେମାଉଥ ସହରରେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ଅକ୍ସଫୋର୍ଡ଼ ୟୁନିଭର୍ସିଟିରେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ପାଠ ଶେଷ କରି ମାଞ୍ଚେଷ୍ଟର(Manchester, England)ରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ସହିତ ଗବେଷଣା କରିଥିଲେ । ସେ 1913 ମସିହାରେ ଏକ୍ସ-ରେ ସ୍ପେକଟ୍ରେସ୍କୋପି(X-Rays Spectroscopy) ମାଧ୍ୟମରେ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟ(Z) ଅର୍ଥାତ ପରମାଣୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ

ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟା ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ଦୁର୍ଭାଗ୍ୟବଶତଃ ସେ ପ୍ରଥମ ବିଶ୍ୱ ଯୁଦ୍ଧରେ ଯୋଗ ଦେଇ ତୁର୍କୀର ଗାଲ୍ଲିପୋଲି ରେ 1915 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 10 ରେ ମାତ୍ର 27 ବର୍ଷ ବୟସରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥିଲେ । ଅକାଳ ମୃତ୍ୟୁ ଯୋଗୁଁ ତାଙ୍କର ବହୁତ ଗବେଷଣା ସନ୍ଦର୍ଭ ଅପ୍ରକାଶିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲା, ଯାହା ପରେ ସହଯୋଗୀ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନେ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ ।

ମୋସିଲି ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଭିତ୍ତିରେ ଏକ ପିରିୟଡ଼ିକ ଟେବୁଲ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ, ଯାହା 1930 ମସିହାରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିଲା । ଏହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

Moseley's Periodic Table Published in 1930

Group 0	I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII
	H 1														
He 2	Li 3		Be 4		B 5		C 6		N 7		O 8		F 9		
Ne 10	Na 11		Mg 12		Al 13		Si 14		P 15		S 16		Cl 17		
Ar 18	K 19	Cu 29	Ca 20	Zn 30	Sc 21	Ga 31	Ti 22	Ge 32	V 23	As 33	Cr 24	Se 34	Mn 25	Br 35	Fe 26, Co 27, Ni 28
Kr 36	Rb 37	Ag 47	Sr 38	Cd 48	Y 39	In 49	Zr 40	Sn 50	Nb 41	Sb 51	Mo 42	Te 52	–	I 53	Ru 44, Rh 45, Pd 46
Xe 54	Cs 55	Au 79	Ba 56	Hg 80	57-71*	Tl 81	Hf 72	Pb 82	Ta 73	Bi 83	W 74	Po 84	Re 75	–	Os 76, Ir 77, Pt 78
Rn 86	–		Ra 88		Ac 89		Th 90		Pa 91		U 92				

ଏହି ଟେବୁଲରେ ହାଫନିୟମ୍(Z=72, Hafnium/Hf) ଓ ରେନିୟମ୍(Z=75, Rhenium/Re) ରହିଛି ଯାହା ମୋସିଲିଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁ ପରେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା । Z= 57 - 71 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ରଖାଯାଇନାହିଁ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରମେଥିୟମ (Z=61, Promethium/Pm) 1930 ସୁଦ୍ଧା ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇନଥିଲା । ସେହିଭଳି ଟେକନେସିୟମ୍(Z=43, Technetium/Tc) ଓ ଫ୍ରାନ୍ସିୟମ୍ (Z=87, Francium/Fr) ମଧ୍ୟ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇନଥିଲା ।

ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଉପସ୍ଥାପନ (Ushering in Long Form of Periodic Table):

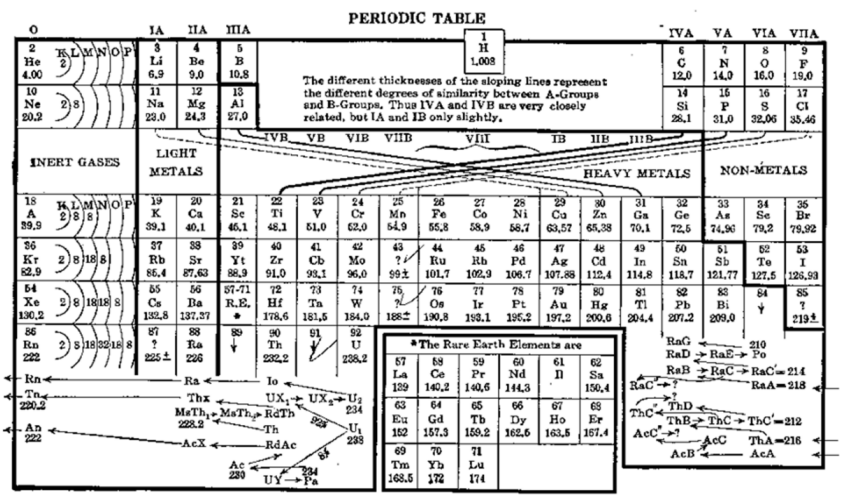
1. 1921 ମସିହାରେ ବ୍ରିଟିଶ୍ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଚାର୍ଲସ୍ ବରି(Charles Bury) ପ୍ରଥମେ 'ଟ୍ରାନଜିସନ୍'(transition) ବା 'ମଧ୍ୟସ୍ଥ' ଶବ୍ଦ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ ସେହି ସବୁ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଯାହାର ଉପାନ୍ତ୍ୟ ସେଲ(penultimate shell)ରେ ଇଲେକଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା 8 ରୁ 18 କୁ ଓ 18 ରୁ 32 କୁ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ସେହି ସବୁ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଯୋଜ୍ୟତା ବା ଅନ୍ତିମ ସେଲର ପୂର୍ବ ସେଲ (ଉପାନ୍ତ୍ୟ ସେଲ) ରେ d- କିମ୍ବା f- ଉପସେଲରେ ଇଲେକଟ୍ରନ ପୂରଣ ହୋଇଥାଏ । ସେହି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ, ଯେଉଁ ମୌଳିକର d- କିମ୍ବା f- ଉପସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ

ଆଦୌ ନାହିଁ ବା ସମ୍ପର୍ଣ୍ଣ ପୂରଣ ହୋଇଛି, ସେସାନଙ୍କ ଧର୍ମଗୁଣ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିଲା । ସେହିମାନଙ୍କ ପାଇଁ ସାରଣୀକୁ ଦୀର୍ଘକାୟ କରି ସେମାନଙ୍କୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ମୌଳିକ(transition elements) ହିସାବରେ ରଖିବା ପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାନ ଚିନ୍ତା ପ୍ରକାଶ କଲେ । ଏହା ଫଳରେ ମେଣ୍ଡେଲିଭ ସାରଣୀରେ ଥିବା A ଓ B ଉପ-ଗୃପ ଲୋପ ପାଇଯିବ ବୋଲି ମତ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲା ।

2. 1925 ରେ ଆମେରିକୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡ଼େମିଙ୍ଗ(H.G. Deming) ପ୍ରଥମେ ଏକ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ସେଥିରେ A(IA, IIA...) ଉପଗୃପ ମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣ ମୌଳିକ(Normal Elements) ହିସାବରେ ନିଆଯାଇଥିଲା ଓ ସେମାନଙ୍କୁ ବାମ ଓ ଡ଼ାହାଣ ପଟେ ରଖାଯାଇଥିଲା ଓ ଉପଗୃପ B କୁ (IB, IIB...) ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ଭାବରେ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ଲାନ୍ଥାନାଇଡ୍ (Lanthanides: Z=57-71)) ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସାରଣୀ ତଳେ ରଖାଯାଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଆକ୍‌ଟିନିୟମ ପରେ କିଛି ଆକ୍‌ଟିନାଇଡ଼ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ଅଲଗା ନକରି ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀର 6ଷ୍ଠ ପିରିୟଡ଼ରେ ରଖାଯାଇଥିଲା ।

3. ଏହି ସାରଣୀରେ 18 ଟି ଗୃପ ଓ 6 ଟି ପିରିୟଡ଼ ଥିଲା । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(H)କୁ ଉପର ମଝି ସ୍ଥାନରେ ଅଲଗା ରଖାଯାଇଥିଲା । ଏହି ସାରଣୀରେ ମୂଖ୍ୟ ଦୂର୍ବଳତା ଥିଲା, ମଧ୍ୟଭାଗର ପ୍ରଥମ ଗୃପ IIIA ରେ ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ Sc, Yt(Y) ଓ ସମସ୍ତ ରେୟାର ଆର୍ଥ ମୌଳିକ ସହିତ ବିଷମ ଧର୍ମୀ ସାଧାରଣ ମୌଳିକ B, Al ରହିଥିଲେ । ପୁଣି ମଧ୍ୟଭାଗର ଶେଷ ଗୃପ IIIB ରେ ତିନୋଟି ସାଧାରଣ ମୌଳିକ Ga, In ଓ Tl; ସମଧର୍ମୀ B, Al ସହିତ ନରହି ଅନ୍ୟ ଗୃପ୍ (IIIB)ରେ ରହିଥିଲେ ।

4. ଏହି ଦୁର୍ବଳତା ସତ୍ତ୍ୱେ, ଡ଼େମିଙ୍ଗ ଙ୍କ ଏହି ସାରଣୀ, ଟ୍ରାନଜିସନ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କ ଠାରୁ ଅଲଗା କରି ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ସଜ୍ଜାକୁ ଆହୁରି ସମୃଦ୍ଧ କରିଥିଲା । ଡ଼େମିଙ୍ଗ ଙ୍କ ଏହି ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା । ଏହାକୁ ଆଧୁନିକ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ସହିତ ତୁଳନା କର ।



ଆଧୁନିକ ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(Modern Long Form of Periodic Table**):**

1. ସ୍କୁଲ, କଲେଜ ଓ ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ବ୍ୟବହାର ହେଉଥିବା ଆଧୁନିକ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀକୁ 1945 ମସିହାରେ ଆମେରିକୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗ୍ଲେନ୍ ଥିଓଡ଼ର୍ ସିବର୍ଗ(Glenn Theodore Seaborg) ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ । ସେ ଅନେକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ମୂଖ୍ୟ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କିରଥିଲେ । ତେଣୁ ତାଙ୍କ ସମ୍ମାନାର୍ଥେ Z = 106 ମୌଳିକକୁ ସିବୋର୍ଗିୟମ୍(Seaborgium/Sg) ନାମ ଦିଆଯାଇଥିଲା । ତାଙ୍କ ଉପସ୍ଥାପିତ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀଟି ଅସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଥିଲା । ଲାନ୍ଥାନାଇଡ଼ ସିରିଜର ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ(Z=61, Promethium/Pm) ଓ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ସିରିଜରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପରଠାରୁ ଅନେକ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ହୋଇନଥିଲା । ମୂଖ୍ୟ ସାରଣୀରେ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ (Z = 43, Technetium/Tc) ମଧ୍ୟ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇନଥିଲା । ଏହିଭଳି ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ ଭାବରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସିବର୍ଗଙ୍କୁ ଆମେ ମନେରଖିବା । ନିମ୍ନରେ ସିବର୍ଗଙ୍କ 1945 ର ପ୍ରଥମ ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ଦିଆଗଲା ।

PERIODIC TABLE SHOWING HEAVY ELEMENTS AS MEMBERS OF AN ACTINIDE SERIES

Arrangement by Glenn T. Seaborg, 1945

1 H 1.008																1 H 1.008	2 He 4.003
3 Li 6.940	4 Be 9.02											5 B 10.82	6 C 12.010	7 N 14.008	8 O 16.000	9 F 19.00	10 Ne 20.183
11 Na 22.997	12 Mg 24.32	13 Al 26.97										13 Al 26.97	14 Si 28.06	15 P 30.98	16 S 32.06	17 Cl 35.457	18 A 39.944
19 K 39.096	20 Ca 40.08	21 Sc 45.10	22 Ti 47.90	23 V 50.95	24 Cr 52.01	25 Mn 54.93	26 Fe 55.85	27 Co 58.94	28 Ni 58.69	29 Cu 63.57	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As 74.91	34 Se 78.96	35 Br 79.916	36 Kr 83.7
37 Rb 85.48	38 Sr 87.63	39 Y 88.92	40 Zr 91.22	41 Cb 92.91	42 Mo 95.95	43	44 Ru 101.7	45 Rh 102.91	46 Pd 106.7	47 Ag 107.880	48 Cd 112.41	49 In 114.76	50 Sn 118.70	51 Sb 121.76	52 Te 127.61	53 I 126.92	54 Xe 131.3
55 Cs 132.91	56 Ba 137.36	57 LA [illegible]	72 Hf 178.6	73 Ta 180.88	74 W 183.92	75 Re 186.31	76 Os 190.2	77 Ir 193.1	78 Pt 195.23	79 Au 197.2	80 Hg 200.61	81 Tl 204.39	82 Pb 207.21	83 Bi 209.00	84 Po	85	86 Rn 222
87	88 Ra	89 AC	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95	96								

LANTHANIDE SERIES	57 La 138.92	58 Ce 140.25	59 Pr 140.92	60 Nd 144.27	61	62 Sm 150.43	63 Eu 152.0	64 Gd 156.9	65 Tb 159.2	66 Dy 162.46	67 Ho 163.5	68 Er 167.2	69 Tm 169.4	70 Yb 173.04	71 Lu 174.99
ACTINIDE SERIES	89 Ac	90 Th 232.12	91 Pa 231	92 U 238.07	93 Np 237	94 Pu	95	96							

2. କାଳକ୍ରମେ Z=43(Tc) ଓ Z=61(Pm) ଦୁଇ ପ୍ରାକୃତିକ ତେଜସ୍ତ୍ରିୟ ମୌଳିକର ଆବିଷ୍କାର ହେଲା ଓ Z = 94 ପରଠାରୁ କୃତ୍ରିମ ତେଜସ୍ତ୍ରିୟ ମୌଳିକମାନେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇ ଆକ୍ଟିନାଇଡ଼ ସିରିଜ ଓ 7ମ ପିରିୟଡ଼କୁ ସମାପ୍ତ କଲେ, ଫଳରେ ସମୁଦାୟ 118 ମୌଳିକ ସାରଣୀରେ ସ୍ଥାନ ପାଇସାରିଲାଣି । ଅତି ଶୀଘ୍ର Z=119(ununennium) କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ 8ମ ପିରିୟଡ଼ ଆରମ୍ଭ ହେବ ବୋଲି ଆମର ଦୃଢ ବିଶ୍ୱାସ । ବର୍ତ୍ତମାନର ଦୀର୍ଘକାୟ ସାରଣୀ ସମ୍ପର୍କରେ ଆମେ ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରେ ପୁଙ୍ଖାନୁପୁଙ୍ଖ ଆଲୋଚନା କରିସାରିଛୁ ।

❐

ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନ(Practice Questions)

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଇତିହାସ (୩ୟ ଅଧ୍ୟାୟ):

1. କେଉଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଯଥାକ୍ରମେ ଟ୍ରାଏଡ଼ ନିୟମ ଓ ଅଷ୍ଟକ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ମୌଳିକମାନଙ୍କୁ ସଜାଇଥିଲେ ?
2. ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ଅଷ୍ଟକ ସୂତ୍ର କଣ ?
3. ନିଉଲାଣ୍ଡସ୍‌ଙ୍କ ସାରଣୀର ଦୁର୍ବଳତା କଣ ଥିଲା ?
5. ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ କାହାକୁ ନିଆଯାଇଛି ?
6. ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ କେଉଁ ତିନୋଟି ମୌଳିକ ଯୁଗଳ ମଧ୍ୟରେ ଅଦଳ ବଦଳ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ କଣ ଥିଲା ।
7. କେଉଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଧୁନିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ନିୟମ ପ୍ରତିପାଦନ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଏହି ନିୟମ ଟି କଣ ?
8. ଏକ-ବୋରନ ଓ ଏକ-ସିଲିକନ କଣ ?
9. ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ଅନ୍ତିମ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ କେତୋଟି ଗ୍ରୁପ୍ ଓ କେତୋଟି ପିରିୟଡ୍ ଥିଲା ? ଗ୍ରୁପ ସଂଖ୍ୟାର ବୃଦ୍ଧି କଣ ପାଇଁ ଘଟିଥିଲା ?
10. ମେଣ୍ଡେଲିଭଙ୍କ ସାରଣୀର ଦୁଇଟି ଦୁର୍ବଳତା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
11. ଲୋଦର ମେୟରଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ କେଉଁଟିକୁ ଗୁରୁତ୍ୱ ଦିଆଯାଇଥିଲା ?
12. ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଜନକ କାହାକୁ ଆମେ କହିପାରିବା ?

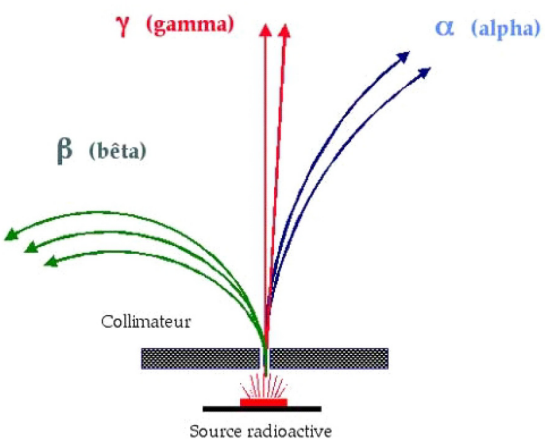
❐

ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ (Chapter-IV)

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଓ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରସ୍ତୁତି (Radioactive Elements & their Preparation):

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀର ଇତିହାସ, ବର୍ତ୍ତମାନ ବ୍ୟବହୃତ ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ ଓ ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟାୟୀ ଧର୍ମଗୁଣ ସମ୍ପର୍କରେ ସବିଶେଷ ଆଲୋଚନା ପରେ, ପାଠକ ପାଠିକା ମାନଙ୍କୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ବିଷୟରେ କିଛି ଅଧିକ ତଥ୍ୟ ଯୋଗାଇଦେବାପାଇଁ ଆମର ମନେ ହୁଏ । ସଂକ୍ଷେପରେ ଆମେ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଜାଣିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା କଣ, କେଉଁ ମୌଳିକ ସବୁ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ସଂଶ୍ଳେଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ କେମିତି ହୋଇଥାନ୍ତି ?

ଯେଉଁ ମୌଳିକ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍(ନାଭିକ) ରୁ ସତଃ ଆଲଫା (Alpha / α particle), ବିଟା (Beta / β^- particle) କିମ୍ବା ପଜିଟ୍ରନ(Positron / β^+ particle) କଣିକା ଅହରହ ଅଧିକ ବେଗରେ ବାହାରୁଥାଏ ଏବଂ ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଗାମା ରଶ୍ମି(Gamma / γ rays) ଭଳି ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ବିକିରଣ ହେଉଥାଏ, ସେମାନଙ୍କୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ କୁହାଯାଏ । ଆଲଫା, ବିଟା ଓ ପଜିଟ୍ରନ କଣିକାମାନଙ୍କୁ ସାଧାରଣରେ, ରଶ୍ମୀ(Rays) କୁହାଯାଏ, ଯଦିଓ ସେମାନେ ବାସ୍ତବରେ ଗାମା ରଶ୍ମି ଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ନୁହନ୍ତି । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ଏହି କଣିକାମାନେ ଦୃତଗତିରେ ବାହାରୁଥିବାରୁ ଏମାନଙ୍କୁ ରଶ୍ମୀ କୁହାଯାଏ । ଏହି ତିନି କଣିକା ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସି ଏକ କଣିକା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ବାହାରି ଚାଲିଗଲେ, ସେହି ମୌଳିକଟି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇ ଆଉ ଏକ ନୂଆ ମୌଳିକ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ଏହି ବିଭିନ୍ନ କଣିକା/ରଶ୍ମୀ ନିର୍ଗତ ହେବା, ସେମାନଙ୍କର ରୂପାନ୍ତରଣ ହେବା ଏବଂ ତାହା ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ସମସ୍ତ ତଥ୍ୟକୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା (Radioactivity) କୁହାଯାଏ ।



ତୁମେ ଆଗରୁ ଆଇସୋଟୋପ ବା ସମସ୍ଥାନିକ କଣ ଜାଣିଛ । ସମାନ ମୌଳିକ, ମାତ୍ର ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(ଆଇସୋଟୋପୀୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ) ଧାରଣ କଲେ, ସେହି ମୌଳିକଟି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଆଇସୋଟୋପ ଭାବରେ ରହିଥାନ୍ତି, ଯେଉଁଭଳି କ୍ଲୋରିନ୍(Cl)ମୌଳିକ ^{35}Cl ଓ ^{37}Cl ଏହି ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ ଭାବରେ, 3:1 ଅନୁପାତରେ ପ୍ରକୃତିରେ ରହିଥାଆନ୍ତି । ଆଇସୋଟୋପ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାରେ ପ୍ରଭେଦ ଥାଏ । ଟେକନେସିୟମ୍($_{43}Tc$) ଓ ପ୍ରମେଥିୟମ୍($_{61}Pm$) ବ୍ୟତୀତ, ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା Z=83(Bi) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଅଧିକାଂଶ ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ, ଅର୍ଥାତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନୁହନ୍ତି । H, C, K ଭଳି କେତେକ ମୌଳିକ ଅଛନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କର ସର୍ବାଧିକ ବହୁଳ ଆଇସୋଟୋପ ଓ ଆଉ ଅନ୍ୟ ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ହେଲେ ସୁଦ୍ଧା, ସେମାନଙ୍କର ଆଉ ଏକ କିମ୍ବା ଏକାଧିକ ଆଇସୋଟୋପ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, କାର୍ବନ(C) ର ତିନୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ^{12}C ଓ ^{13}C ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ କିନ୍ତୁ ^{14}C ହେଲା ଅସ୍ଥାୟୀ ବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ଏହା ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ(β^-emitter) । ସେହିଭଳି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(H) ର ତିନୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରୋଟିୟମ୍ ବା ସାଧାରଣ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ(^1H / Protiunum / Ordinary hydrogen) ଓ ଡ଼ିଉଟେରିୟମ୍(^2H / ^2D / Deuterium) ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ଟ୍ରିଟିୟମ୍(^3H / ^3T / Tritium) ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ । ସେହିଭଳି ପୋଟାସିୟମ୍(K)ର ତିନୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଆଇସୋଟୋପ ମଧ୍ୟରୁ ^{39}K ଓ ^{41}K ହେଲେ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ^{40}K ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣକାରୀ । ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସାରଣୀରେ ତୁମେ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ(ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ)ମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା(Z / Atomic Number), ନାମ ଓ ପ୍ରତୀକ ସହିତ ସେମାନଙ୍କର କେତୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ (Number of Natural Stable Isotopes) ଅଛି, କେତୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ(Number of Natural Radioactive Isotopes) ଅଛି , ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରକୃତିରେ ଆପେକ୍ଷିକ ବହୁଳତା କେତେ(Relative Abundance) ଏବଂ ସମସ୍ତ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ହାରହାରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ(Average Atomic Mass) କେତେ, ଏହି ସମସ୍ତ ତଥ୍ୟ ତୁମେ ପାଇବ ।

ବି.ଦ୍ର: ପ୍ରତ୍ୟେକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ମଧ୍ୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍(Nuclide) କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳକର ଆଇସୋଟୋପ ମାନଙ୍କୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍(Radioactive Nuclides) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଏକ-ଆଇସୋଟୋପୀୟ ମୌଳିକ(Mono-isotopic Elements) :

ସାଧାରଣରେ 19 ଟି ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ହେଲେ ଏକ ଆଇସୋଟୋପିୟ(Mono-isotopic) । ସେମାନେ ହେଲେ,

^9_4Be, $^{19}_9F$, $^{23}_{11}Na$, $^{27}_{13}Al$, $^{31}_{15}P$, $^{55}_{25}Mn$, $^{59}_{27}Co$, $^{127}_{53}I$, $^{133}_{55}Cs$, $^{197}_{79}Au$, $^{45}_{21}Sc$, $^{75}_{33}As$, $^{89}_{39}Y$, $^{93}_{41}Nb$, $^{103}_{45}Rh$, $^{141}_{59}Pr$, $^{159}_{65}Tb$, $^{165}_{67}Ho$, $^{169}_{69}Tm$ [^A_ZX, Z= ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା (Atomic Number), A = ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Mass Number)]

ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରେ କୁହାଯାଇଛି, Z=83(Bi) ପୂର୍ବରୁ ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ଯଥା $^{99}_{43}Tc$ ଓ $^{147}_{61}Pm$ ହେଲେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଅସ୍ଥାୟୀ(ତେଜସ୍କ୍ରିୟ) ଏବଂ ପ୍ରକୃତିରେ ବିଲୁପ୍ତ ପ୍ରାୟ, ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କୁ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି । Z=83(Bi) ପରେ ମଧ୍ୟ କେତେକ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ଯଥା $_{84}Po$, $_{85}At$, $_{87}Fr$, $_{93}Np$, $_{94}Pu$ ପ୍ରକୃତିରେ ବିଲୁପ୍ତ ପ୍ରାୟ ହୋଇଯାଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କୁ ମଧ୍ୟ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି । Z = 94(Pu) ପରଠାରୁ ସମସ୍ତ ମୌଳିକ କୃତ୍ରିମ ଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ । କେତେକ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ସେମାନଙ୍କର କେତେକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆସୋଟୋପ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ^{3}H, ^{14}C, ^{40}K, ^{60}Co ଭଳି ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ପ୍ରାକୃତିକ ବହୁଳତା ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଉପାଦେୟତା ରହିଥିବାରୁ, ସେମାନଙ୍କୁ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି । ^{60}Co ଆଇସୋଟୋପ କ୍ୟାନସର ରୋଗ ଚିକିତ୍ସାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି ।

ପ୍ରକୃତିରେ ଉପଲବ୍ଧ ତେଜସ୍କ୍ରୟ ପଦାର୍ଥ (Naturally Occuring Radioactive Materials / NORM)

ସାଧାରଣରେ ନିମ୍ନ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନେ ଏହି ଶ୍ରେଣୀରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

Tc-99, Pm - 147, H-3, C-14, K-40, Pb-210, Po-210, At-218, Rn-222, Fr-223, Ra-226, Ac-227, Th-232, Pa-234, U-238, Np-237, Pu-239. ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର କେବଳ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଦିଆଯାଇଛି । ତଳେ ଗାର ଦିଆଯାଇଥିବା ମୌଳିକଆଇସୋଟୋପ୍ ପ୍ରାୟତଃ ବିରଳ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ତିଆରି କରାଯାଉଛି ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମୀର ପରିବେଶ ଉପରେ ପ୍ରଭାବ : ସାଧାରଣରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କ ନିଉକ୍ଲିୟସରୁ ନିର୍ଗତ କଣିକା ବା ରଶ୍ମୀ ସବୁ ପ୍ରାଣୀ ଓ ଉଦ୍ଭିତ ଜଗତର ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ପ୍ରତି ହାନିକାରକ । ଏହାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟ ପ୍ରଦୂଷଣ(Nuclear Pollution) କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ମନୁଷ୍ୟ ଓ ଉଦ୍ଭିତ ଜଗତ ସହ୍ୟ କରିପାରୁଥିବା ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହେ, ତେବେ ତାହା କ୍ଷତିକାରକ ହୋଇନଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟ ଶକ୍ତି ପ୍ରକଳ୍ପ ବା ପରମାଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ର (Nuclear/Atomic Power Plant)ରୁ ବାହାରୁଥିବା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ବା ପରମାଣୁ ବର୍ଜ୍ୟ(Nuclear Waste)ରୁ ବହୁତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମୀ ବିକିରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ବର୍ଜ୍ୟର ସୁରକ୍ଷିତ ସଂରକ୍ଷଣ ଏକ ବଡ଼ ଚ୍ୟାଲେଞ୍ଜ ହୋଇପଡ଼ିଛି । ଆମେରିକା ଭଳି କେତେକ ଦେଶରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ $^{222}_{86}Rn$ ଗ୍ୟାସ୍ ର ମାତ୍ରା ବଢିବା ଫଳରେ ନିଉକ୍ଲିୟ ପ୍ରଦୂଷଣ ମାତ୍ରା ବଢୁଛି । ତୁମର ମନେ ଥିବ ଦ୍ୱତୀୟ ବିଶ୍ୱ ଯୁଦ୍ଧରେ ଜାପାନର ହୀରୋସୀମା ଓ ନାଗାସାକି ସହର ଉପରେ ଦୁଇଟି ପରମାଣୁ ବୋମା ପଡ଼ିବା ଫଳରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମୀର ମାତ୍ରାଧିକ ବିକିରଣ ଯୋଗୁଁ କେତେ ଧନ ଜୀବନ କ୍ଷୟକ୍ଷତି ହୋଇ କିଭଳି ତାଣ୍ଡବ ଳୀଳା ଭିଆଇଥିଲା !

ମଜା କଥା: ଆମେ ଖାଉଥିବା କଦଳୀରେ ଥିବା ପୋଟାସିୟମରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ^{40}K ସଳ୍ପ ପରିମାଣରେ (0.012%) ଥାଏ, ଯେଉଁଥିରୁ ସେକେଣ୍ଡ ପିଛା 4400 ବିଟା କଣିକା ବାହାରିଥାଏ । ତାହା ବ୍ୟତୀତ ଆମ ଶରୀର

ସମସ୍ତ ଅଂଶରେ କାର୍ବନ ମୌଳିକ ଥାଏ, ଯେଉଁଥିରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ^{14}C ସଳ୍ପ ମାତ୍ରରେ(ପ୍ରାୟତଃ ନଗଣ୍ୟ) ଥାଏ, ଯେଉଁଥିରୁ ସେକେଣ୍ଡ ପିଛା 3000 ବିଟା କଣିକା ବାହାରିଥାଏ । ଗବେଷଣାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଜଣେ 70 କି.ଗ୍ରା ମଣିଷ ସେକେଣ୍ଡ ପିଛା 7300 ବିଟା କଣିକା ନିଜେ ବିକିରଣ କରିଥାଏ । ତାହେଲେ, ମନୁଷ୍ୟ ମଧ୍ୟ ଏକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉପାଦାନ !!! ମାତ୍ର ଏହି ବିକିରଣ ମନୁଷ୍ୟ ସହ୍ୟ କରିପାରୁଥିବା ସୀମା ଭିତରେ ରହିଥିବାରୁ ଆମର କିଛି କ୍ଷତି ହୋଇନଥାଏ ।

ଏବେ ଚାଲ ସଂକ୍ଷେପରେ ଜାଣିବା, ଆଲଫା(α), ବିଟା(β^-) ଓ ପଜିଟ୍ରନ(β^+) କଣିକା ଓ ଗାମା ରଶ୍ମୀ(γ) କିଭଳି ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

ତେଜଷ୍କୟି ବିକିରଣ ଓ ଗୃପ୍ ବିସ୍ଥାପନ ନିୟମ (Radioactive Emissions and Group Displacement Law) :

ଆଲଫା କଣିକା ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟେନ ($2p^+$) ଓ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ($2n^0$) କୁ ନେଇ ଗଠିତ । ଏହାକୁ ଦ୍ୱିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହିଲିୟମ ଆୟନ (He^{++}) କୁହାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସମୀକରଣରେ ^4_2He ପ୍ରତୀକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପରୁ ଏକ ଆଲଫା କଣିକା ବାହାରିଗଲେ, ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ନୂଆ **କନ୍ୟା ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ**(Daugther Nuclide) ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 2 ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 4 କମିଯାଏ ଏବଂ କନ୍ୟା ମୌଳିକଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ମୂଳ ମୌଳିକର ଦୁଇଟି ବାମ ସ୍ଥାନ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ଏହା ହେଲା ଗୃପ୍ ବସ୍ଥାପନ ନିୟମର ଗୋଟିଏ ଅଙ୍ଗ ।

$$2p^+ (^1_1H) + 2n^0 (^1_0n) \rightarrow He^{++} (\alpha \text{ particle} / {}^4_2He)$$

କେତେକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍‌ର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ଏକ ପ୍ରେଟୋନ ଓ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ, ମାତ୍ର ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଟି, ବିଟା କଣିକା(β^-) ନାମରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ଅତି ଅଧିକ ବେଗରେ ଚାଲିଯାଇଥାଏ । ତେଣୁ ବିଟା କଣିକା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସହିତ ସମାନ, ମାତ୍ର ବିଟା କଣିକା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ବାହାରିଥାଏ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପରମାଣୁର ସେଲମାନଙ୍କରେ ଥାଏ । ତେଣୁ ଏକ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣ ପରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା କନ୍ୟା ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟେନ ବଢିଯିବା ଫଳରେ ନୂଆ କନ୍ୟା ମୌଳିକଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ମୂଳ ମୌଳିକର ଗୋଟିଏ ଡ଼ାହାଣ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରିଥାଏ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥାଏ, କାରଣ ଗୋଟିଏ ପ୍ରେଟୋନ ଓ ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟତଃ ସମାନ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଗୃପ ବିସ୍ଥାପନ ନିୟମର ଆଉ ଏକ ଅଙ୍ଗ ।

$$n^0 \rightarrow p^+ + \beta^- \text{ (beta particle)}$$

ବିଦ୍ର: କେତେକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟତୀତ(ଯେଉଁମାନେ ଏକ ସମୟରେ ଉଭୟ ଆଲଫା ଓ ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣ କରିଥାନ୍ତି) ଅନ୍ୟମାନେ କେବଳ ଅଲଫା କଣିକା କିମ୍ବା ବିଟା କଣିକା ବିକିରଣ କରିଥାନ୍ତି ।

କେତେକ ହାଲୁକା କୃତ୍ରିମ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍ ଯଥା ^{11}C, ^{13}N, ^{18}F, ^{15}O, ^{68}Ga ବିଟା କଣିକା ବଦଳରେ ତାହାର ପ୍ରତିକଣିକା(anti-particle) ପଜିଟ୍ରନ କଣିକା(β^+) ବିକିରଣ କରିଥାନ୍ତି । ପଜିଟ୍ରନକୁ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତି-ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ(anti-electron) କୁହାଯାଏ । ଏହା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭଳି ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ତୁଳନାରେ ନଗଣ୍ୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଧାରଣ କରିଥାଏ, କିନ୍ତୁ ପ୍ରେଟୋନ ଭଳି 1+ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରିଥାଏ । ସେଥିପାଇଁ ତାହାକୁ କୁହାଯାଏ ପଜିଟ୍ରନ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ଏକ ପ୍ରୋଟୋନ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେଲେ ଏକ ପଜିଟ୍ରନ ଓ ଏକ ନିଉଟ୍ରନ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନଟି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ରହିଯାଏ ମାତ୍ର ପଜିଟ୍ରନଟି ଅଧିକ ବେଗରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରୁ ବାହାରିଯାଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ କମିଯିବା ଫଳରେ ନୂଆ କନ୍ୟା ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ ମୂଳ ମୌଳିକ ତୁଳନାରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନ ବାମକୁ ଚାଲିଆସେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଗୃପ ବିସ୍ଥାପନ ନିୟମର ଆଉ ଏକ ଅଙ୍ଗ କହିହେବ ।

$$p^+ \rightarrow n^0 + \beta^+ \text{ (positron particle)}$$

ଆଲଫା, ବିଟା କିମ୍ବା ପଜିଟ୍ରନ କଣିକା ବିକିରଣ ପରେ ଅଧିକାଂଶ ସମୟରେ କନ୍ୟା ନ୍ୟୁକ୍ଲାଇଡର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସଟି ଉତ୍ତେଜିତ ବା ଉଦ୍ଦୀପ୍ତ ଅବସ୍ଥା(Excited State)କୁ ଚାଲିଯାଇଥାଏ । କିଛି କ୍ଷଣ ପରେ, ତାହା ଆଦ୍ୟ ଅବସ୍ଥା (Ground State)କୁ ଫେରିଆସେ ଓ ଏହି ସମୟରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଫୋଟନ(Electromagnetic energy photon) ବିକିରଣ କରିଥାଏ ଯାହାକୁ ଗାମା ରଶ୍ମୀ(γ-rays) କୁହାଯାଏ । ଏହି ଗାମା ଫୋଟନ ହେଲା ଏକ ଶକ୍ତି ଥଳି ଯାହା ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିହୀନ ଓ ଚାର୍ଜ ବିହୀନ । ଏହି ଗାମା ରଶ୍ମୀ ଦ୍ୱାରା ହିଁ ରୋଗ ନିରୂପଣ ଓ ଚିକତ୍ସା କରାଯାଏ । ଗାମା ଫେଟୋନ ମଧ୍ୟ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଓ ପଜିଟ୍ରନର ଯୁଗ୍ମ ବିଲୋପନ(Pair Annhilation) ରୁ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ, ଯେଉଁ ବିଷୟରେ ଆମେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା କରିବା ନାହିଁ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମୀ କଣିକା ମାନଙ୍କର ଧର୍ମଗୁଣ (Properties of Radioacive Rays/Particles):

ଆଲଫା କଣିକା ବିଟା କଣିକା ଠାରୁ ଭାରି ହୋଇଥିବାରୁ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆଲଫା ରଶ୍ମୀ, ବିଟା ରଶ୍ମୀ ଠାରୁ କମ୍ **ବିକ୍ଷେପିତ** ହୋଇଥାଏ । ଗାମା ରଶ୍ମୀ ଚାର୍ଜବିହୀନ ହୋଇଥିବାରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକ୍ଷେପିତ ନହୋଇ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସିଧା ଚାଲିଯାଇଥାଏ ।

ଗାମା ରଶ୍ମୀ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକୀୟ ବିକିରଣ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର **ବେଗ** ଆଲୋକର ବେଗ ସହିତ ସମାନ ଯାହା 3.0 X 10^8 ମି/ସେ । ବିଟା ରଶ୍ମୀର ବେଗ ଗାମା ରଶ୍ମୀର ପ୍ରାୟତଃ 90 % ଯାହା ସର୍ବାଧିକ 2.7 X 10^8 ମି/ସେ ହୋଇଥାଏ । ଆଲଫା କଣିକା ଭାରି ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର ବେଗ ସର୍ବନିମ୍ନ ପ୍ରାୟତଃ ଆଲୋକ ବେଗର 20 % ଯାହା ସର୍ବାଧିକ 2.0X10^8 ମି/ସେ ହୋଇଥାଏ ।

ଆପେକ୍ଷିକ **ଭେଦନ କ୍ଷମତା**(Penetrating Power) ଗାମା ରଶ୍ମୀର ସର୍ବାଧିକ । ଏହା ସର୍ବାଧିକ 15 ସେ.ମି ମୋଟେଇ(thickness) ଷ୍ଟିଲ ପ୍ଲେଟକୁ ଭେଦକରି ଚାଲିଯାଇପାରିବ । ଆଲଫା ରଶ୍ମୀର ଭେଦନ କ୍ଷମତା ସବୁଠାରୁ କମ୍, ଏଭଳିକି 0.01 ମି.ମି ମୋଟେଇ ବିଶିଷ୍ଟ ଷ୍ଟିଲ ପ୍ଲେଟକୁ ତାହା ଭେଦ କରିପାରି ଅଟକି ଯିବ ।

ବିଟା ରଶ୍ମୀର ଭେଦନ କ୍ଷମତା ଆଲଫା ରଶ୍ମୀଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହା ସର୍ବାଧିକ 1 ମି.ମି ମୋଟେଇ ଷ୍ଟିଲ ପ୍ଲେଟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଭେଦ କରି ଚାଲିଯିବ ।

ଆପେକ୍ଷିକ **ଆୟନୀକାରିତା କ୍ଷମତା**(Ionising Power) ଆଲଫା ରଶ୍ମୀର ସର୍ବାଧିକ । ଆଲଫା କଣିକାର ବେଗ କମ୍, ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଚାର୍ଜ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଗ୍ୟାସ ପରମାଣୁମାନଙ୍କଠାରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କାଢି ସେମାନଙ୍କୁ ଆୟନରେ ପରିଣତ କରିବା କ୍ଷମତା ଏହାର ସର୍ବାଧିକ । ଗାମା ରଶ୍ମୀର ଆୟନୀକାରିକା କ୍ଷମତା ସର୍ବନିମ୍ନ ଯାହା ଆଲଫା ରଶ୍ମୀ ଠାରୁ 10,000 ଗୁଣ କମ୍ । ଗାମା ଫୋଟନ ଉଭୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ଏହି କ୍ଷମତା ସର୍ବନିମ୍ନ । ବିଟା କଣିକା ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ଆୟନୀକାରିତା କ୍ଷମତା ଗାମା ରଶ୍ମୀଠାରୁ 100 ଗୁଣ ଅଧିକ ମାତ୍ର ଆଲଫା ରଶ୍ମୀ ଠାରୁ 100 ଗୁଣ କମ୍ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପର ଅର୍ଦ୍ଧ ଜୀବନକାଳ(Half-Life Period / $t_{0.5}$) :

ପ୍ରାକୃତିକ କିମ୍ବା କୃତ୍ରିମ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ସମୟ ସହିତ କ୍ଷୟ ହୋଇ ନୂଆ ନୂଆ କନ୍ୟା ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବାରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକଙ୍କର ଜୀବନ କାଳ ସମ୍ପର୍କରେ ଧାରଣା ମିଳିଥାଏ ସେମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧଜୀବନକାଳ($t_{0.5}$)ରୁ । ଏକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍ ଯେତେସମୟରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ମାତ୍ରାର ଅଧା ହୋଇଥାଏ, ତାହାକୁ ଅର୍ଦ୍ଧଜୀବନକାଳ ବା ହାଫ୍ ଲାଇଫ ପିରିୟଡ୍ କୁହାଯାଏ । ଏହି ସମୟ କେତେ କୋଟି ବର୍ଷ ଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି କେତେ ସେକେଣ୍ଡ ବା ମିଲି ସେକେଣ୍ଡ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମଧ୍ୟ ହୋଇପାରେ । ଯାହାର ଏହି $t_{0.5}$ ସମୟ ଯେତେ ଅଧିକ, ତାହା ପ୍ରକୃତିରେ ଅଧିକ ସମୟ ରହିଥାଏ । ନିମ୍ନ ଉଦାହରଣ ଦେଖି ତୁମେ ଏହା ବୁଝିପାରିବ ।

କେତେକ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର $t_{0.5}$:

$^{238}_{92}U$ = 4.5 × 10^9 years; $^{226}_{88}Ra$ = 1599 years; $^{228}_{88}Ra$ = 5.8 years;

$^{232}_{90}Th$ = 1.4 × 10^{10} years; $^{234}_{90}Th$ = 24 days; $^{234}_{91}Pa$ = 1.17 mins;

$^{216}_{84}Po$ = 0.15 sec;

କେତେକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର $t_{0.5}$:

$^{241}_{95}Am$ = 458 years; $^{247}_{97}Bk$ = 1380 years; $^{249}_{95}Cf$ = 351 years;

$^{257}_{100}Fm$ = 100.5 days; $^{266}_{103}Lr$ = 11 hours; $^{270}_{107}Bh$ = 2.3 min;

$^{241}_{95}Am$ = 458 years; $^{285}_{112}Cn$ = 30 secs; $^{294}_{118}Og$ = 0.9 milli sec;

ତୁମେ $^{216}_{84}Po$ ର ଅର୍ଦ୍ଧଜୀବନକାଳ ଦେଖି ଜାଣିପାରୁଥିବ ଯେ ପ୍ରକୃତିରେ କାହିଁକି କେତେକ ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକ ବିଲୁପ୍ତ ପ୍ରାୟ । ଏଭଳିକି କେତେକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧଜୀବନକାଳ ଏତେ କମ ଯେ, ସେମାନଙ୍କୁ ପ୍ରସ୍ତୁତି କଲାବେଳେ ଥରକେ ମାତ୍ର କେତୋଟି ପରମାଣୁ ତିଆରି ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ !

କେତେକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସମୀକରଣ(Some Nuclear Reaction Equations):

ଆଲଫା ବିକିରଣ(Alpha Emission):

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He\ (\alpha)$$

$$^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{228}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He\ (\alpha)$$

$$^{227}_{89}Ac \rightarrow {}^{223}_{87}Fr + {}^{4}_{2}He\ (\alpha)$$

ଆଲଫା କଣିକା($^{4}_{2}He$) ବିକିରଣ ପରେ, ତୁମେ ଦେଖିଲ ଯେ ଉତ୍ପାଦ ପଟେ ଥିବା କନ୍ୟା ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପଟିର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ମାତୃ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ(ପ୍ରତିକାରକ) ଠାରୁ 2 କମିଛି ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 4 କମିଛି ଅର୍ଥାତ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀରେ କନ୍ୟା ମୌଳିକଟିର ସ୍ଥାନ ମାତୃ ମୌଳିକର ଦୁଇଟି ବାମକୁ ଘୁଞ୍ଚିଆସିଛି । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟ ସମୀକରଣ ଲେଖିବା ବେଳେ ତୁମେ ମନେରଖିବ ଯେଭଳି ସମୁଦାୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି ଦୁଇପଟେ ସମାନ ହେବ ।

ବିଟା ବିକିରଣ(Beta Emission):

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}\beta$$

$$^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + {}^{0}_{-1}\beta$$

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}\beta$$

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta$$

ବିଟା ବିକିରଣ($^{0}_{-1}\beta$) ବିକିରଣ ପରେ, ତୁମେ ଦେଖିଲ ଯେ କନ୍ୟା ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 1 ବଢିଛି ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଛି, ଅର୍ଥାତ କନ୍ୟା ମୌଳିକର ସ୍ଥାନ ମାତୃ ମୌଳିକର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନ ଡ଼ାହାଣକୁ ଘୁଞ୍ଚିଯାଇଛି ।

ପଜିଟ୍ରନ ବିକିରଣ(Positron Emission):

$$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}\beta$$

$$^{23}_{12}Mg \rightarrow {}^{23}_{11}Na + {}^{0}_{+1}\beta$$

$$^{18}_{9}F \rightarrow {}^{18}_{8}O + {}^{0}_{+1}\beta$$

ପଜିଟ୍ରନ ବିକିରଣ($^{0}_{+1}\beta$) ବିକିରଣ ପରେ, ତୁମେ ଦେଖିଲ ଯେ କନ୍ୟା ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା 1 କମିଛି ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଛି, ଅର୍ଥାତ କନ୍ୟା ମୌଳିକର ସ୍ଥାନ ମାତୃ ମୌଳିକର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନ ବାମକୁ ଘୁଞ୍ଚିଆସିଛି ।

ପରମାଣୁ / ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ ଓ ନୂଆ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ସଂଶ୍ଳେଷଣ:

(Nuclear Transmutation / Transformation and Synthesis of New Elements):

(A) ସତଃ ବା ପ୍ରାକୃତିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ (Natural/Spontaneous Nuclear Transmutation):

ତୁମେ ଉପର ଆଲୋଚନାରୁ ଜାଣିଲ ଯେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକର ଏକ ଆଇସୋଟୋପ୍; ଆଲଫା, ବିଟା କିମ୍ବା ପଜିଟ୍ରନ ସତଃ ବିକିରଣ କଲେ ପରମାଣୁ(ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ) ରୂପାନ୍ତରଣ ଘଟି ନୂଆ କନ୍ୟା ମୌଳିକ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । କନ୍ୟା ମୌଳିକଟି ଯଦି ତେଜସ୍କ୍ରୟ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ, ତାହା ମଧ୍ୟ ଏମଧ୍ୟରୁ ଏକ କଣିକା ବିକିରଣ କରି ଆଉ ଏକ କନ୍ୟା ମୌଳିକ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ଯେଉଁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକ ସୃଷ୍ଟି ନହୋଇଥାଏ, ସେହି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ଶୃଙ୍ଖଳ ବା ସିରିଜ ଚାଲିଥାଏ । ପ୍ରକୃତିରେ ସାଧାରଣତଃ ଚାରିଟି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ସିରିଜ ରହିଛି ଯଥା ୟୁରାନିୟମ ସିରିଜ($^{238}_{92}U$), ଥୋରିୟମ ସିରିଜ($^{232}_{90}Th$), ଆକ୍ଟିନିୟମ୍ ସିରିଜ($^{227}_{89}Ac$) ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସିରିଜ($^{241}_{94}Pu$) । ପ୍ରତ୍ୟେକ ସିରିଜ, ବନ୍ଧନୀରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଆଇସୋଟୋପ୍(ସିରିଜର ପ୍ରଥମ)ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଯଥାକ୍ରମେ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ୍ $^{206}_{82}Pb$, $^{208}_{82}Pb$, $^{207}_{82}Pb$ ଓ $^{209}_{83}Bi$ ରେ ଶେଷ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ସିରିଜ ବିଷୟରେ ଓ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ବିଜ୍ଞାନ ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଜାଣିବାକୁ ତୁମେ ଚାହିଁଲେ ଆମ ମୌଳିକ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ ଭାଗ ୫ ପଢିବାକୁ ହେବ । ଏଗୁଡ଼ିକ ହେଲେ ସତଃ ପରମାଣୁ / ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ ।

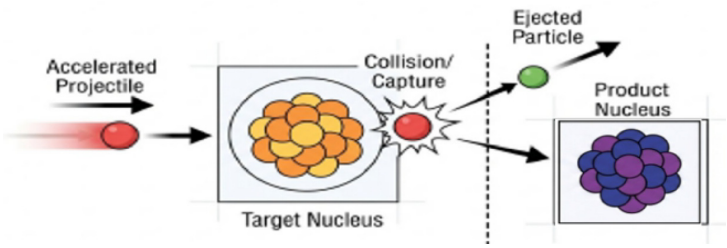
ଏହା ବ୍ୟତୀତ କେତେକ ଭାରୀ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଯଥା $^{238}_{92}U$, $^{252}_{98}Cf$ ଇତ୍ୟାଦିର ସତଃ ବିଖଣ୍ଡନ ଘଟି ଏକାଧିକ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ହାଲୁକା ଖଣ୍ଡ ନ୍ୟୁକ୍ଲିଆଇଡ୍(Frangment Nuclides) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ ହେବ ନାହିଁ ।

(B) କୃତ୍ରିମ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ(Artificial Nuclear Transmutation) :

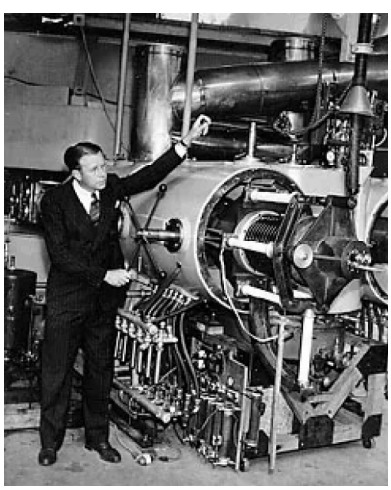
ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ କିମ୍ବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ କିମ୍ବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ରୂପାନ୍ତରଣ କରାଯାଇପାରିଥାଏ ।

ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଏକ ଅଧିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଆଉ ଏକ ଦୃତଗାମୀ(ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରାଇ) କଣିକା ଯଥା ଆଲଫା(He^{++}), ବିଟା(β^-), ପ୍ରୋଟୋନ୍(H^+), ନିଉଟ୍ରନ(n^0) କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ ଏକ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ଦୃତଗାମୀ କରାଇ, ସ୍ଥିର ରଖାଯାଇଥିବା ଆଇସୋଟୋପ ଉପରେ ଆଘାତ କରାଯାଏ । ସ୍ଥିର ରଖାଯାଇଥିବା ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ କୁହାଯାଏ **ଟାର୍‌ଗେଟ୍** ବା **ଲକ୍ଷ୍ୟ ପରମାଣୁ**(Target Atom / Nucleus) ଓ ଦୃତଗାମୀ ଆଘାତକାରୀ କଣିକାକୁ କୁହାଯାଏ **ପ୍ରକ୍ଷେପକ**(Projectile) ଓ ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଆଘାତକାରୀ କଣିକାରେ ଅଧିକ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇ, ଟାର୍‌ଗେଟ ପରମାଣୁରେ ଆଘାତ କରାଯାଇ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ କରାଯାଏ, ତାହାକୁ **ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରୋନ**(Cyclotrone) କୁହାଯାଏ । ଏହି ଆଘାତ ଫଳରେ ସ୍ଥିର ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପର ରୂପାନ୍ତରଣ ଘଟି ଏକ ନୂଆ ସ୍ଥାୟୀ କିମ୍ବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ପାଦ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ (Product Atom/Nucleus) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହା ସହିତ

ଏକ କିମ୍ବା ଏକାଧିକ କ୍ଷୁଦ୍ର କଣିକା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ନିର୍ଗତ କଣିକା କୁ **ଉତ୍ସର୍ଜିତ କଣିକା** ବା **ନିର୍ଗତ କଣିକା** (Ejected Particle) କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଏକ ଚିତ୍ର ନମୁନା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।



1930 ମସିହାରେ ଆମେରୀକିୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆର୍ନେଷ୍ଟ ଲରେନ୍ସ(Ernest Lawrence) ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରୋନ ଉଦ୍ଭାବନ କରି 1939 ମସିହାରେ ନୋବେଲ ପୁରଷ୍କାର ପାଇଥିଲେ । ନମ୍ନରେ ପ୍ରଥମ ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରେନର ଚିତ୍ର ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲରେନ୍ସଙ୍କ ସହିତ ଦିଆଯାଇଛି । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ସମ୍ପନ୍ନ ଯନ୍ତ୍ର **ସିଙ୍କୋଟ୍ରୋନ**(Synchrotron) ଓ **ବୃହତ୍-ସିଙ୍କୋଟ୍ରୋନ**(Super Synchrotron) ଉଦ୍ଭାବନ ହୋଇସାରି ଏହି ଦିଗରେ ବହୁତ ଗବେଷଣା ହେଇଚାଲିଛି ।



ଉଦାହରଣ:

ଯେତେବେଳେ ସ୍ଥାୟୀ ${}^{9}_{4}Be$ ଆଇସୋଟୋପକୁ ଟାରଗେଟ୍ ଭାବରେ ନେଇ ତାହା ସହିତ ଦ୍ରୁତଗାମୀ ଆଲଫା କଣିକା(${}^{4}_{2}He$) ଆଘାତ କରାଗଲା, ଦେଖାଗଲା ମୂଳ ମୌଳିକଟି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ସ୍ଥାୟୀ ${}^{12}_{6}C$ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପରେ ପରିଣତ ହେଲା ଓ ସେଥି ସହିତ ଏକ ଚାର୍ଜବିହୀନ ନିଉଟ୍ରନ କଣିକା (${}^{1}_{0}n$) ନିର୍ଗତ ହେଲା । ଏହି ପରିକ୍ଷଣରୁ 1930 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେମ୍ସ ଚାଦୱିକ୍(James Chadwick) ନିଉଟ୍ରନର ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହା ହେଲା ପ୍ରଥମ କୃତ୍ରିମ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ ।

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n \quad (1)$$

ନିମ୍ନରେ ଆଉ କେତେକ ସରଳ କୃତ୍ରିମ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣର ଉଦାହରଣ ଦିଆଗଲା ।

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{25}_{12}Mg^{*} + ^{1}_{1}H \quad (2)$$

ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ରୂପାନ୍ତରଣରେ ନିଉଟ୍ରନ ହେଲା ଆଘାତକାରୀ କଣିକା(ପ୍ରକ୍ଷେପକ), ସ୍ଥାୟୀ $^{27}_{13}Al$ ହେଲା ଟାରଗେଟ୍ ଆଇସୋଟୋପ ଏବଂ ଉତ୍ପାଦ ଆଇସୋଟୋପ ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ $^{25}_{12}Mg^{*}$ ଆଇସୋଟୋପ । ଏଠାରେ ସ୍ମରଣ କରାଇଦିଆଯାଉଛି ଯେ $^{24}_{12}Mg$ ହେଲା ପ୍ରାକୃତିକ ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ୍ ମାତ୍ର $^{25}_{12}Mg^{*}$ ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଯାହା ଏକ ବିଟା-ବିକିରଣକାରୀ ।

$$^{31}_{15}P + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{31}_{16}S^{*} + ^{1}_{0}n \quad (3)$$

ଏଥିରେ ସ୍ଥାୟୀ $^{31}_{15}P$ ଟାରଗେଟ ଉପରେ ପ୍ରେଟୋନ($^{1}_{1}H$) ଆଘାତ କଲେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ $^{31}_{16}S^{*}$ ଓ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ନିଉଟ୍ରନ କଣିକା($^{1}_{0}n$) । $^{32}_{16}S$ ହେଲା ସ୍ଥାୟୀ, ମାତ୍ର $^{31}_{16}S^{*}$ ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଯାହା ଏକ ପଜିଟ୍ରନ୍-ବିକିରଣକାରୀ ।

କିଭଳି ପ୍ରକୃତିରେ ବିଲୁପ୍ତ-ପ୍ରାୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଟେକ୍‌ନେସିୟମ୍($_{43}Tc$), ପ୍ରମେଥିୟମ୍($_{61}Pm$), ପୋଲୋନିୟମ୍($_{84}Po$) ଓ ଆଷ୍ଟାଟାଇନ୍($_{85}At$) ତିଆରି ହେଲା ?

$$^{99}_{42}Mo + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{99}_{43}Tc^{*} + 2^{1}_{0}n$$

$^{99}_{42}Mo$ ଟାରଗେଟରେ ଡ଼ିଉଟେରନ($^{2}_{1}D$) ଆଘାତ କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ $^{99}_{43}Tc^{*}$ ତିଆରି କରାଯାଏ,ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ 2 ଟି ନିଉଟ୍ରନ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ । ଆଘାତକାରୀ କଣିକା ଡ଼ିଉଟେରନ ହେଲା ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ଆଉ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ ଡ଼ିଉଟେରିୟମ୍($^{2}_{1}H$) ।

$$^{146}_{60}Nd + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{147}_{61}Pm^{*} + ^{0}_{-1}\beta$$

$^{146}_{60}Nd$ ଟାରଗେଟରେ ନିଉଟ୍ରନ($^{1}_{0}n$) ଆଘାତ କଲେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ ପ୍ରମେଥିୟମ୍($^{47}_{61}Pm^{*}$) ଓ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ଏକ ବିଟା କଣିକା ବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ($^{0}_{-1}\beta$) । $^{147}_{61}Pm^{*}$ ମଧ୍ୟ $^{235}_{92}U$ ର ନ୍ୟକ୍ଲୀୟ ବିଖଣ୍ଡନ (Nuclear Fission)ରୁ ମିଳିଥାଏ ।

$$^{209}_{83}Bi + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{210}_{85}At^{*} + 3\ ^{1}_{0}n$$

$$^{209}_{83}Bi + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{209}_{84}Po^{*} + 2\ ^{1}_{0}n$$

ସେହିଭଳି $^{209}_{83}Bi$ ଟାରଗେଟ ଉପରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଆଲଫା ଓ ଡ଼ିଉଟେରନ୍ କଣିକା ଆଘାତ କରି ଯଥାକ୍ରମେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ୍ $^{210}_{85}At^{*}$ ଓ $^{209}_{84}Po^{*}$ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ, ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକ୍ରୟାମାନଙ୍କରୁ ଯଥାକ୍ରମେ 2ଟି ଓ 3ଟି ନିଉଟ୍ରନ ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏବେ ଜାଣିଲ ତ, କିଭଳି ଭାବରେ ଏକ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପକୁ ସ୍ଥିର ରଖି(ଟାରଗେଟ) ତାହା ଉପରେ ଆଉ ଏକ ଦୃତଗାମୀ ହାଲୁକା କଣିକା ଆଘାତ କଲେ, ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ ଘଟି, ଏକ ନୂଆ ମୌଳିକ

ଆଇସୋଟୋପ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ସର୍ବଦା କିଛି ନା କିଛି ଅନ୍ୟ ଏକ ହାଲୁକା କଣିକା ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉପାୟରେ ଶକ୍ତିଶାଳି ସିନ୍‌କୋଟ୍ରୋନ ବ୍ୟବହାର କରି ଭାରୀ କୃତ୍ରିମ ପରାୟୁରାନୀୟ ମୌଳିକ(Trans-uranic elements) ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ନିମ୍ନରେ କେତୋଟି କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକର ପ୍ରସ୍ତୁତିର ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ସମୀକରଣ ଦିଆଗଲା । ତୁମେ ବୁଝିପାରିବ, କେଉଁଟି ଟାରଗେଟ ଓ ଆଘାତକାରୀ କଣିକା ଏବଂ କେଉଁଟି ଉତ୍ପାଦ ନୂଆ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ନିର୍ଗତ କଣିକା ।

କେତେକ କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକର ସଂଶ୍ଳେଷଣ ପ୍ରକ୍ରିୟା:

$$^{239}_{94}Pu + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{242}_{96}\mathbf{Cm} + ^{1}_{0}n$$

$$^{246}_{96}Cm + ^{12}_{6}C \rightarrow ^{254}_{102}\mathbf{No} + 4\ ^{1}_{0}n$$

କ୍ୟୁରିୟମ୍ $^{242}_{96}Cm$ ଆସୋଟୋପ୍, ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ $^{239}_{94}Pu$ ଆସୋଟୋପ୍ ଓ ଆଲଫା କଣିକା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରୁ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି । ନୋବେଲିମ୍ $^{254}_{102}No$ ଆଇସୋଟୋପ୍, କ୍ୟୁରିୟମ୍ $^{246}_{96}Cm$ ଆଇସୋଟୋପ ଓ କାର୍ବନ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରୁ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି, ଯେଉଁଥିରେ $^{12}_{6}C$ କୁ ଆଘାତକାରୀ କଣିକା ହିସାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଛି ।

$$^{238}_{92}U + ^{16}_{8}O \rightarrow ^{250}_{100}\mathbf{Fm} + 4\ ^{1}_{0}n$$

ଫର୍ମିୟମ୍ $^{250}_{100}Fm$ ପ୍ରସ୍ତୁତି ପାଇଁ $^{16}_{8}O$ କୁ ଆଘାତକାରୀ କଣିକା ଓ $^{238}_{92}U$ କୁ ଟାରଗେଟ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

$$^{209}_{83}Bi + ^{54}_{24}Cr \rightarrow ^{261}_{107}\mathbf{Bh} + 2\ ^{1}_{0}n$$

$$^{249}_{98}Cf + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{294}_{118}\mathbf{Og} + 3\ ^{1}_{0}n$$

ସେହିଭଳି ଅତିଭାରି କୃତ୍ରିମ ମୌଳିକ ବୋରିୟମ($^{261}_{107}Bh$) ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ, ଆଘାତକାରୀ କଣିକା $^{54}_{24}Cr$ ଓ ଟାରଗେଟ $^{209}_{83}Bi$ ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରୁ ଏବଂ ବର୍ତ୍ତମାନର ଶେଷ ମୌଳିକ ଅଗାନେସନ($^{294}_{118}Og$) ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ ଆଘାତକାରୀ କଣିକା $^{48}_{20}Ca$ ଓ ଟାରଗେଟ $^{249}_{98}Cf$ ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରୁ ।

ବି.ଦ୍ର: ନିଉଟ୍ରନ ପ୍ରେରିତ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ବିଖଣ୍ଡନ(Neutron Induced Fission Reaction) ମଧ୍ୟ କୃତ୍ରିମ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରୂପାନ୍ତରଣ ପ୍ରକ୍ରୟାରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହି ବିଷୟରେ ଆମେ ଆଲୋଚନା ଏଠାରେ କରିବା ନାହିଁ ।

ଏତିକି ତଥ୍ୟ ଜାଣିବା ପରେ, ତୁମର ଏବେ ଧାରଣା ଆସିଯାଇଥିବ, ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା କଣ ଓ କୃତ୍ରିମ ନ୍ୟୁକ୍ଲୟୀ ରୂପାନ୍ତରଣ ମାଧ୍ୟମରେ କିଭଳି ସ୍ଥାୟୀ ଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଓ ସେହି ଉପାୟରେ କିଭଳି ବିଲୁପ୍ତ-ପ୍ରାୟ ମୌଳିକ, ଭାରି ଓ ଅତିଭାରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ଉପାଦେୟତା (Applications of Radioactive Elements):
ଯଦିଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କରୁ ବାହାରୁଥିବା ବିକିରଣ ମାତ୍ରାଧିକ ହେଲେ ପରିବେଶ ଓ ମନୁଷ୍ୟ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ପ୍ରତି ବିପଦ, ସେମାନଙ୍କର ବହୁତ ଉପାଦେୟତା ମଧ୍ୟ ରହିଛି । ଏହି ଉପାଦେୟତା ମଧ୍ୟରୁ କିଛି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

1. **ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନ**(Medicine):

Cobalt-60(^{60}Co): କ୍ୟାନସର ରୋଗର ଚିକିତ୍ସା(Radiation Therapy) ।

Iodine-131 (^{131}I): ଥାଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିର ପରୀକ୍ଷା ଓ ଟ୍ୟୁମର ଚିକିତ୍ସା ।

Sodium-24 (^{24}Na) ଶରୀର ରକ୍ତ ସଞ୍ଚାଳନର ସମସ୍ୟା ଚିହ୍ନଟ କରିବା ।

Fluorine-18 (^{18}F): ପେଟ ସ୍କାନ(PET) ଦ୍ୱାରା କ୍ୟାନସର ଓ ଅନ୍ୟ ରୋଗ ନିରୂପଣ ।

2. **କୃଷି ଏବଂ ଖାଦ୍ୟ ସଂରକ୍ଷଣ**(Agriculture & Food Preservation):

Phosphorus-32(^{32}P): ଉଦ୍ଭିଦ କିପରି ସାର ଗ୍ରହଣ କରେ, ତାହା ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ।

Gamma Radition (ଗାମା ବିକିରଣ): ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆ ମାରି ପରିବା ଓ ଖାଦ୍ୟଶସ୍ୟକୁ ଦୀର୍ଘଦିନ ସତେଜ ରଖିବା ।

3. **ଶିଳ୍ପ ଓ ପ୍ରତିରକ୍ଷା**(Industry & Security) :

Americium-241(^{241}Am): ଧୂଆଁ ଚିହ୍ନଟକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର(Smoke Detectors) ନିର୍ମାଣ ।

Californium-252(^{252}Cf): ବିମାନ ବନ୍ଦରରେ ଲଗେଜ୍ ଭିତରେ ଥିବା ବିସ୍ଫୋରକ ଦ୍ରବ୍ୟ ଚିହ୍ନଟ ।

4. **ପ୍ରତ୍ନତତ୍ତ୍ୱ**(Archeology):

Carbon-14 (^{14}C): କାର୍ବନ ଡେଟିଂ() ମାଧ୍ୟମରେ ପୁରୁଣା ଜୀବାଶ୍ମ ଓ ଶିଳାଖଣ୍ଡର ବୟସ ନିରୂପଣ ।

ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନ(Practice Questions)

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଓ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରସ୍ତୁତି (୪ର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ):

1. ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପରୁ ଗୋଟିଏ ଆଲଫା କଣିକା ଓ ବିଟା କଣିକା ନିର୍ଗତ ହେଲେ, ସେଥିରୁ ସୃଷ୍ଟ ମାତୃ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ମାନଙ୍କର କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ?
2. ନିଉକ୍ଲିୟସରୁ କିଭଳି ଏକ ଆଲଫା କଣିକା ଓ ବିଟା କଣିକା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ?
3. ଗାମା ରଶ୍ମୀ କିଭଳି ଆଲଫା ଓ ବିଟା ରଶ୍ମୀ ଠାରୁ ପୃଥକ ?
4. ଆଲଫା, ବିଟା ଓ ଗାମା ରଶ୍ମୀ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କାହାର ଭେଦନ ଶକ୍ତି ଓ କାହାର ଆୟନୀକାରତି କ୍ଷମତା ସର୍ବାଧିକ ?
5. $^{232}_{90}Th$ ରୁ ଗୋଟିଏ ଆଲଫା କଣିକା, $^{25}_{12}Mg$ ରୁ ବିଟା କଣିକା ଓ $^{11}_{6}C$ ରୁ ପଜିଟ୍ରନ କଣିକା ନିର୍ଗତ ହେଲା ଯେଉଁ ମାତୃ ନିଉକ୍ଲିଆଇଡ୍ ସୃଷ୍ଟି ହେବେ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାର ପ୍ରକାଶ କର ।
6. $^{209}_{83}Bi$ ଆଇସୋଟୋପକୁ ଟାରଗେଟ କରି ସେଥିରେ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଆଲଫା କଣିକା ଆଘାତ କଲାରୁ ୩ଟି ନିଉଟ୍ରନ କଣିକା ନିର୍ଗତ ହେଲା । ତେବେ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ଉତ୍ପାଦ ମୌଳିକ ଆଇସୋଟୋପଟି କଣ ହେବ ?

❐

ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନମାନଙ୍କର ଉତ୍ତର

(Answers to Practice Qustions)

ଦୀର୍ଘକାୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣୀ(୧ମ ଅଧ୍ୟାୟ)

1. ଗ୍ରୁପ୍ 1 ଓ 2(ବାମ ଭାଗ ବା -ବ୍ଲକ ମୌଳିକ) ଗ୍ରୁପ 13 ରୁ 18 (ଡ଼ାହାଣ ଭାଗ ବା ବ୍ଲକ ମୌଳିକ)

2. ଏହା ଡ଼ାହାଣ ଭାଗ ର B ତଳୁ ବାହାରିଥାଏ ।

3. 94 : Pu

4. P_4,= S Cl_2=G Fe = S, Br_2= L Hg=L, Na = S I_2=S S_8= S, Xe = G

5. > Z=83 (Bi ପରଠାରୁ), Z=43(Tc) Z=61(Pm)

6. At = R, Cs = S, Rn = R, Pa = R, Tc = R, Fr = R, Bi = S, Am = R

7. K = Gr.1(କ୍ଷାର ଧାତୁ); Al = Group 13(ବୋରନ ପରିବାର୍ As = Gr.15(ନାଟ୍ରୋଜେନ ପରିବାର/ନିକ୍ଟାଇଡ୍ସ୍), S = Gr.16(ଅକ୍ସିଜେନ ପରିବାର/ଚଲକୋଜେନସ୍); I = Gr.17(ହାଲୋଜେନ), Ar = Gr.18(ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ), Mg = Gr.2(କ୍ଷାରୀୟ ମୃତ୍ତିକା ଧାତୁ), Ge = Gr.14(କାର୍ବନ ପରିବାର), Sn = Gr 14(କାର୍ବନ ପରିବାର), Bi = Gr.15(ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ପରିବାର) Te = Gr. 16(ଅକ୍ସିଜେନ ପରିବାର) ।

8. R = Pb, Ba, Cl, Ne, Ga, K; T = Co, Cu, Hg, V, W, Au, Pt

Pb, Co, Ba, Cu, Hg, Cl, Ne, V, W, Ga, Au, K, Pt

9. Fe = Gr 8, Cr = Gr. 6, Au = Gr. 11, Cd = Gr.12, Co = Gr. 9, Pt = Gr.10, Ir = Gr.9

10. Ln = Pm, Gd, Ce; An = U, Np, Ac

11. 8, 18, 18, 32, 32

12. **S**:G16(VIA)P3; **Sr**:Gr2(IIA)P5; **P**:G15(VA)P3; **I**:G17(VIIA)P5; **Kr**:Gr18(zero)P4

Co:G9(VIII)P4; **Pt**:G10(VIII)P6; **Au**:G11(IB)P6; **V**:G5(VB)P4; **Mn**:G7(VIIB)P4; **Ga**:G13(IIIA)P4

13. Metals: Bi, Mo, U; Metalloids: Ge, Sb; Non-metals: I, Xe

14. ଲାନ୍ଥାନଏଡ୍‌ସ୍ ବିଷୟ ବହିରେ ଦେଖ ।

15. ଉଭୟ: Pd, Os; କେବଳ ନିଷ୍କ୍ରୟ ଧାତୁ: Au, Ag

16. ପ୍ରାକୃତିକ: Pb, Th ପ୍ରାକୃତିକ ଓ ବିରଳପ୍ରାୟ: Tc, At କୃତ୍ରିମ: Am, Ds

17. ବହି ଦେଖ ।

18. Sb-5, Cs-1, Fe-8($3d^6$,$4s^2$), Si-4, O-6, Zn-2

19. ବହି ଦେଖ ।

20(a) : ସୁପରିବାହୀ : Fe, Mn, C(graphite)

(b) ନମନୀୟ ନୁହେଁ : S, C(diamond)

21. 104 = unnilquadium/Unq (Rutherfordium/Rf),
106 = unnilhexium/Unh (Seaborgium/Sg),
108 = unniloctium/Uno (Hassium/Hs);
110 = ununnilium/Uun(Darmstadtium/Ds)
111 = unununium (Roentgenium/Rg)

❐

ମୌଳିକମାନଙ୍କର ଆଇସୋଟୋପ ସଂଖ୍ୟା, ଆଇସୋଟୋପୀୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ଆପେକ୍ଷିକ ବହୁଳତା ଓ ହାରାହାରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ

(Number of Isotopes, their isotopic Masses & their relative abundances & Average Atomic Mass of Elements)

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Mass Numbers & relative abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Ar	18	3	3	36(0.334%), 38(0.0630%), 40(99.6%), 37(trace, ε), 39(trace,β^-), 41 (trace, β^-)	39.948
Al	13	1	-	27(100%)	26.98
As	33	1	-	75(100%)	74.92
Ag	47	2	-	107(51.8%), 109(48.2%)	107.87
Au	79	1	-	197(100%)	196.97
Ac	89	-	2	225(trace, α), 227 (100%, β^-, α)	(227)
At	85	-	2	216(trace, α), 217 (traces,α) Nearly extinct	[210]synth
Am	96	-	-		(243)synth
Ba	56	7	-	130(0.11%), 132(0.1%), 134(2.42%), 135(6.59%), 136(7.85), 137(11.2%), 138(71.7%)	137.34
Be	4	1	-	9(100%),	9.012
Bi	83	1	1	209(100%), 210(trace, β^-)	208.98
B	5	2	-	10 (19%), 11(81%)	10.81
Br	35	2	-	79(50.6%), 81(49.4)	79.909

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses and relative abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Bk	97	-	-		(247)
Ca	20	6	1	40(96.9%), 42(0.647%, 43(0.135%), 44(2.09%), 46(0.004%), 48(0.187%), 41(trace, ε)	40.08
Cd	48	8	-	106(1.25%), 108(0.89%), 110(12.5%), 111(12.8%), 112(24.1%), 113(12.2%), 114(28.8%), 116(7.51%)	112.4
C	6	2	1	12(98.9%), 13(1.1%), 14(trace, β^-)	12.011
Cs	55	1	-	133(100%)	132.905
Ce	58	4	-	136(0.186%), 138(0.251%), 140(88.4%), 142(11.1%)	140.12
Cl	17	2		35(76%), 37(24%)	35.453
Cr	24	4	-	50(4.34%), 52(83.8%), 53(9.5%), 54(2.37%)	51.996
Co	27	1		59(100%)	58.93
Cu	29	2	-	63(69.2%), 65(30.8%)	63.54
Cm	96	-	-		(247), 244
Cf	98	-	-		(251)

Element	Atomic Number	No. of Stable Isotopes	No of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Dy	66	7	-	156(0.056%), 158(0.095%), 160(2.33%), 161(18.9%), 162(25,5%), 163(24.9%), 164(28.3%)	162.50
Eu	63	2	-	153(52.2%), 151(47.8%)	151.96
Er	68	6	0	162(0.139%), 164(1.60%), 166(33.5%),167(22.9%), 168(27.0%), 170(14.9%)	167.26
Es	99	-	-		252
F	9	1	-	19(100%)	18.998
Fm	100	-	-		(257)
Fr	87	-	2	221(trace, α), 223(trace, β)	(221,223)
Fe	26	4	-	54(5.85%), 56(91.75%), 57(2.12%),58(0.28%)	55.845
Ga	31	2	-	69(60.1%), 71(39.9%)	69.72
Ge	32	5	-	70(20.5%), 72(27.4%), 73(7.76%), 74(36.5%), 76(7.75%)	72.63
Gd	64	7	-	154(2.18%), 155(14.8%), 156(20.5%), 157(15.7%), 158(24.8%), 160(21.9%), 152(0.2%)	157.25

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
He	2	2	-	3(0.0002%), 4(99.9998%)	4.003
Ho	67	1	-	165(100%)	164.93
H	1	2	1	1(99.9855), 2(0.0145%), 3(trace, β^-)	1.00797
Hg	80	7	-	196(0.15%), 198(10.0%), 199(16.9%), 200(23.1%), 201(13.2%), 202(29.7%), 204(6.82%)	200.59
Hf	72	6	-	176(5.26%), 177(18.6%), 178(27.3%), 179(13.6%), 180(35.1%), 174(0.16%)	178.49
In	49	2	-	113(4.28%), 115(95.7%)	114.82
I	53	1	-	127(100%)	126.90
Ir	77	2	-	191(37.3%). 193(62.7%)	192.22
K	19	2	1	39(93.3%), 41(6.73%), 40(0.012%,β^-,ε)	39.102
Kr	36	5	2	80(2.29%), 82(11.6%), 83(11.5%), 84(57%), 86(17.3%), 78, 81(trace,ε) 85(trace,β^-)	83.798
Li	3	2	-	6(1.9%), 7(98.1%)	6.939

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Mass Numbers with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
La	57	1	1	139(99.911%), 138(0.089%, ε, β^-)	138.91
Lu	71	1	1	175(97.4%), 176(2.6%, β^-)	174.967
Mg	12	3	-	24(79%), 25(10.0%), 26(11.0%)	24.305
Mn	25	1	-	55(100%)	54.938
Mo	42	7	-	92(14.7%), 94(9.19%), 95(15.9%), 96(16.7%), 97(9.58%), 98(24.3%), 100(9.74%)	95.95
Md	101	-	-		(258)
Na	11	1		23(100%)	22.989
Ne	10	3	-	20(90.5%), 21(0.27%), 22(9.25%)	20.183
Ni	28	5		58(68.1%), 60(26.2%), 61(1.14%), 62(3.63%), 64(0.926%)	58.693
Nb	41	1	-	93(100%)	92.91
N	7	2		14(99.6%), 15(0.4%)	14.007

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Nd	60	7	-	142(27.2%), 143(12.2%), 145(8.3%), 146(17.2%), 148(5.8%), 144(23.8%) 150(5.6%)	144.24
Np	93	-	2	237(trace, α), 239(trace, β^-)	(237)
Os	76	7	-	187(1.96%), 188(13.2%), 189(16.1%), 190(26.3%), 192(40.8%), 184(0.02%) 186(1.59%)	190.23
O	8	3	-	16(99.8%), 17(0.038%), 18(0.205%)	15.999
Pd	46	6		102(1.02%), 104(11.1%), 105(22.3%), 106(27.3%), 108(26.5%), 110(11.7%),	106.42
P	15	1	-	31(100%)	30.974
Pr	59	1	-	141(100%)	140.91
Po	84	-	1	210(trace, α)	(209)synth
Pt	78	6	-	192(0.782%), 194(32.9%), 195(33.8%), 196(25.2%), 198(7.36%), 190(0.012%)	195.09
Pm	61	-	1	147(trace, β^-)	(147)

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Pb	82	4	(6)	204(1.4%), 206(24.1%), 207(22.1%), 208(52.4%), 205(trace,ε), 209(trace, β^-), 210(trace, β^-,α), 211(trace,β^-), 212(trace, β^-), 214(trace, β^-)	207.19
Pa	91	-	3	231(100%, α), 233(trace, β^-), 234(trace,β^-)	231.04
Pu	94	-	4	238(trace, α), 239(trace, α, SF), 240(trace, α.SF),244(trace,α,SF)	(244)
Re	75	1	1	185(37.4%), 187(62.6%, β^-)	186.21
Rh	45	1	-	103(100%)	102.905
Rb	37	1	1	85(72.2%), 87(27.8%, β^-)	85.467
Ru	44	7	-	96(5.54%), 98(1.87%), 99(12.8%), 100(12.6%), 101(17.1%), 102(31.6%), 104(18.6%)	101.07
Rn	86	-	1	222(trace, α)	(222)
Sc	21	1	-	45(100%)	44.96
Se	34	6	1	74(0.86%), 76(9.23%), 77(7.60%), 78(23.7%), 80(49.8%), 82(8.82%), 79(trace, β^-)	78.96

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Si	14	3	(2)	28(92.2%), 29(4.7%), 30(3.1%), 31(trace, β^-), 32(trace, β^-)	28.09
Sb	51	2	-	121(57.2%), 123(42.8%)	121.75
Sr	38	4	-	84(0.56%), 86(9.86%), 88(82.58%), 87(7.0%)	87.62
S	16	4	-	32(94.8%), 33(0.76%), 34(4.37%), 36(0.02%)	32.064
Sn	50	10	-	112(0.97%), 114(0.66%), 115(0.34%), 116(14.54%), 117(7.68%), 118(24.22%), 119(8.59%), 120(32.58%), 122(4.63%), 124(5.79%)	118.71
Sm	62	6	2	144(3.08%), 149(13.8%), 150(7.37%), 152(26.7%), 154(22.7%), 148(11.3%), 146(trace, α), 147(15%, α),	150.36
Ta	73	2	-	181(99.998%), 180(0.012%)	180.95
Te	52	8	-	120(0.09%), 122(2.55%), 123(0.89%), 124(4.74%), 125(7.07%), 126(18.8%), 128(31.7%), 130(34.1%)	127.60
Tb	65	1	-	159(100%)	158.92
Tl	81	2	-	203(29.5%), 205(70.5%)	204.37
Ti	22	5	-	46(8.25%, 47(7.44%), 48(73.7%), 49(5.41%), 50(5.18%)	47.867
Tm	69	1	-	169(100%)	168.93

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Isotopic Masses with Relative Abundance(%)	Average Atomic Mass(u/Da)
Tc	43	-	(1)	99(trace, β)	(99)
Th	89	-	8	232(100%), 227(trace,α), 228(trace, α), 229(trace, α), 230(0.02%, α), 231(trace, β), 233(trace, β), 234(trace, β)	232.04
U	92	-	5	238(99.3%,α,SF), 233(trace, α,SF), 234(0.005%, α,SF), 235(0.72%, α,SF), 236(trace, α,SF),	238.03
V	23	2	-	51(99.75%), 50(0.25%)	50.94
W	74	5	-	180(0.12%), 182(26.5%, 183(14.3%), 184(30.6%), 186(28.4%)	183.85
Xe	54	9	-	124(0.095%), 126(0.089%), 128(1.91%), 129(26.4%), 130(4.07%), 131(21.2%), 132(26.9%), 134(10.4%), 136(8.86%)	131.29
Y	39	1	-	89(100%)	88.905
Yb	70	7	-	168(0.126%), 170(3.02%), 171(14.2%), 172(21.8%), 173(16.1%), 174(31.9%), 176(12.9%)	173.05
Zn	30	5	-	64(49.2%), 66(27.7%), 67(4.0%), 68(18.5%), 70(0.6%)	65.37
Zr	40	5	-	90(51.1%), 91(11.2%), 92(17.1%), 94(17.4%), 96(2.8%)	91.22

Element	Atomic Number	No of Stable Isotopes	Number of Natural Radioactive Isotopes	Average Atomic Mass(u/Da)
No	102	-	-	(259)
Lr	103	-	-	(266)
Rf	104	-	-	(267)
Db	105	-	-	(268)
Sg	106	-	-	(269)
Bh	107	-	-	(270)
Hs	108	-	-	(277)
Mt	109	-	-	(278)
Ds	110	-	-	(281)
Rg	111	-	-	(282)
Cn	112	-	-	(285)
Nh	113	-	-	(286)
Fl	114	-	-	(289)
Mc	115	-	-	(290)
Lv	116	-	-	(293)
Ts	117	-	-	(294)
Og	118	-	-	(294)

Supplementary Table 1 : Naturally Occurring Trace Radionuclides in the 19 CIAAW Monoisotopic Elements(not included in the Main table)

Element	Trace Radioactive Isotope(s)	Important Origin
Be	Be-7, Be-10	Cosmogenic
Al	Al-26	Cosmogenic
Co	Co-60	Neutron Activation; It is a synthetic isotope
Cs	Cs-135	Fissionogenic
Mn	Mn-53	Cosmogenic
I	I-129	Cosmogenic & Nucleogenic

CIAAW: Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights
Cosmogenic:
β^-: Beta emission; **β^+: positron emission**
ε : K-Capture; **α : alpha emission**

Supplimentary Table 2 : Naturally Occurring Trace Radionuclides in Polyisotopic Elements (not included in the Main table)

Element	Trace Radioactive Isotope(s), not included in the Main Table	Important Origin
Cl	Cl-36	Cosmogenic & Nucleogenic
Ni	Ni-59	Cosmogenic
S	S-35	Cosmogenic
Fe	Fe-60	Astrophysical & Nuclear Reactions

Supplimentary Table 3 : Naturally Occurring Isotopes(Elements) having long half-life; found in Nature and taken as Radioactive Nuclides in the Main Table

Isotopes	Approximate Half Life
Rb-87	4.9×10^{10} Y
Sm-147	1.1×10^{11} Y
Lu-176	3.7×10^{10} Y
Re-187	4.1×10^{10} Y
La-138	1.02×10^{11} Y

Supplementary Table 4 : Naturally Occurring Isotopes(Elements) having extremely long half-life (VIRTUALLY STABLE), Not Found in Nature: (Taken as Stable Isotopes in the Main Table)

Isotopes	Approximate Half Life	Isotopes	Approximate Half Life	Isotopes	Approximate Half Life
Bi-209	$2.0 \times 10^{19}\ Y$	W-180	1.8×10^{18} Y	Zr-96	2.35×10^{19} Y
Te-128	2.2×10^{24} Y	Eu-151	4.66×10^{18} Y	Nd-150	9.1×10^{18} Y
Te-130	7.9×10^{20} Y	V-50	$(1.4\text{-}2.7) \times 10^{17}$ Y	Nd-144	2.29×10^{15} Y
In-115	4.4×10^{14} Y	Cd-113	7.9×10^{15} Y	Sn-124	$>2.2 \times 10^{18}$ Y
Kr-78	9.2×10^{21} Y	Mo-100	7.3×10^{18} Y		
Ge-76	1.8×10^{21} Y	Os-186	2.0×10^{15} Y		
Ba-130	1.2×10^{21} Y	Os-184	1.12×10^{13} Y		
Se-82	1.1×10^{20} Y	Hf-174	2.0×10^{15} Y		
Cd-116	2.69×10^{19} Y	Xe-124	1.8×10^{22} Y		
Ca-48	$(4.3\text{-}6.4)\times 10^{19}$ Y	Xe-136	2.17×10^{21} Y		