ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ

ପରମାଣୁ ଗଠନ

(STRUCTURE OF THE ATOM)

ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆମେ ଜାଣିଲୁ ଯେ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥ ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ । ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଡାଲ୍‌ଟନଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁ ଅବିଭାଜ୍ୟ ।

ଊନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଶେଷ ଭାଗରେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷାକରି ପରମାଣୁ ଗଠନ ସମ୍ପର୍କରେ କେତେକ ତଥ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କଲେ । ପଦାର୍ଥର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରକୃତିକୁ ଭିତ୍ତିକରି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ମତଦେଲେ ଯେ, ପରମାଣୁ କ୍ଷୁଦ୍ରତମ କଣିକା ନୁହେଁ, ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଆହୁରି କ୍ଷୁଦ୍ରତର କଣିକା ବା ଅବପରମାଣୁ କଣିକାମାନ (sub-atomic particles) ରହିଛି । ଫଳରେ 'ପରମାଣୁ ଅବିଭାଜ୍ୟ'- ଏହି ଧାରଣା ଭୁଲ ବୋଲି ଜଣାଗଲା । ପରମାଣୁର ଗଠନ ଏବଂ ଅବପରମାଣୁ କଣିକା ସଂପର୍କରେ ନୂତନ ମତବାଦ ସୃଷ୍ଟି ହେଲା । ଅବପରମାଣୁ କଣିକା ଏବଂ ଅବପରମାଣୁ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସତ୍ତାକୁ ନେଇ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦିଆଯାଇଥିବା କେତୋଟି ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ବିଷୟରେ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

4.1 ପଦାର୍ଥରେ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା (Charged Particles in Matter)

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.1

(i) ମୁଣ୍ଡବାଳ ଶୁଖିଲା ଥିଲାବେଳେ ଗୋଟିଏ ପାନିଆରେ କୁଣ୍ଡାଅ । ସେହି ପାନିଆଟିକୁ ଛୋଟଛୋଟ ଟୁକୁରା କାଗଜ ନିକଟରେ ଦେଖାଅ । କାଗଜ ଟୁକରାକୁ ପାନିଆ ଆକର୍ଷଣ କରିବ ।

(ii) ଗୋଟିଏ କାଚଦଣ୍ଡ (glass rod)କୁ ଏକ ସିଲ୍କ କନାରେ ଘଷ ଏବଂ ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଏକ ଫୁଙ୍କା ହୋଇଥିବା ବେଲୁନ ନିକଟକୁ ନିଅ । କ'ଣ ହେଲା ?

ଏହି ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ, ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ଘଷିବାଦ୍ୱାରା ସେଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜିତ ହେଲେ ଓ ଆକର୍ଷଣ କରିବାର ପ୍ରକୃତି ଲାଭ କଲେ । ଏହାକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମତ ପ୍ରକାଶ କଲେ ଯେ ପରମାଣୁକୁ ବିଭାଜନ କରି ହେବ ଏବଂ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜିତ କଣିକାମାନ ରହିଛି ।

1897 ମସିହାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଲେ ଯେ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜକଣିକା ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁର ଏକ ମୌଳିକ କଣିକା । ଏହି କଣିକାକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ (electron) କୁହାଗଲା । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଆବିଷ୍କାର କ୍ଷେତ୍ରରେ ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ଅବଦାନ ଥିବା ଯୋଗୁଁ ତାଙ୍କୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ଆବିଷ୍କାରକ ରୂପେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । 1886 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଇ. ଗୋଲ୍‌ଡ୍‌ଷ୍ଟାଇନ୍ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁରେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହି ଯୁକ୍ତଚାର୍ଜକଣିକାର ନାମ ପ୍ରୋଟନ (proton) ଦିଆଗଲା । ପ୍ରୋଟନର ଚାର୍ଜ ଇଲେକଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ ସହିତ ସମାନ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଧର୍ମୀ । ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର 1837 ଗୁଣ । ସାଧାରଣତଃ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନକୁ 'e^-' ଏବଂ ପ୍ରୋଟନକୁ 'p^+' ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ ବୋଲି ଧରାଯାଏ ।

4.2 ପରମାଣୁ ଗଠନ (The Structure of an Atom)

ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆମେ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ତତ୍ତ୍ୱରୁ ଜାଣିଛୁ ଯେ, ପରମାଣୁ ଅବିଭାଜ୍ୟ ଏବଂ ଅବିଧ୍ୱଂସୀ । ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କେତୋଟି ମୌଳିକ କଣିକା (ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଓ ପ୍ରୋଟନ)ର ଆବିଷ୍କାର ଫଳରେ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ତତ୍ତ୍ୱରେ ଥିବା ଅବିଭାଜ୍ୟ ପରମାଣୁ ଧାରଣାର

ଅବସାନ ଘଟିଲା । ପରମାଣୁ ଭିତରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଓ ପ୍ରୋଟନଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଛନ୍ତି ତାହା ଜାଣିବାପାଇଁ ଏବଂ ଏହାକୁ ବୁଝାଇବାପାଇଁ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ପ୍ରସ୍ତାବ କରିଥିଲେ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ପରମାଣୁ ଗଠନର ଏକ ମଡ଼େଲର ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଇଥିଲେ ।

ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍

ବ୍ରିଟିଶ ପଦାର୍ଥବିତ୍ ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍ (1856-1940) 18 ଡିସେମ୍ବର 1856 ଦିନ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଆବିଷ୍କାର ସଂକ୍ରାନ୍ତୀୟ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ 1906 ମସିହାରେ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନରେ ତାଙ୍କୁ ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ଦିଆଯାଇଥିଲା । ସେ କ୍ୟାଭେଣ୍ଡିସ୍ ବିଜ୍ଞାନାଗାରର ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରୂପେ 35 ବର୍ଷକାଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ସାତଜଣ ସହକାରୀ ଗବେଷକ (Research Assistant) ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ପାଇଛନ୍ତି ।

4.2.1 ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ

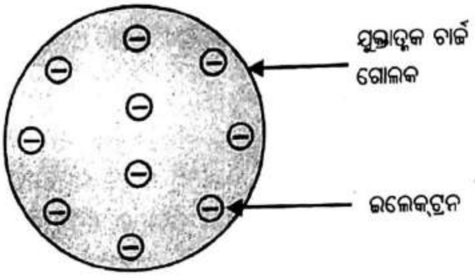
ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଏକ ଗୋଲକ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଏହା ଭିତରେ ବାଣ୍ଟି ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି । ତରଭୁଜ (watermelon) ସହିତ ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲକୁ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ତରଭୁଜର ଲାଲ ଖାଇବା ଅଂଶଟି ପରି ପରମାଣୁର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିସ୍ତାରିତ ହୋଇଥିବା ବେଳେ ତରଭୁଜର ମଞ୍ଜିଗୁଡ଼ିକ ପରି ପରମାଣୁରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ବିଚ୍ଛୁରିତ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି (ଚିତ୍ର.4.1) ।

ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରସ୍ତାବ ଅନୁସାରେ :

(i) ପରମାଣୁ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରିଥିବା ଗୋଳକ ଏବଂ ଏଥିରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ସବୁଆଡ଼େ ଦୃଢ଼ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି ।

(ii) ପରମାଣୁରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ସମାନ ପରିମାଣରେ ଥାଏ । ତେଣୁ ପରମାଣୁଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ନିରପେକ୍ଷ (neutral) ।

ମାତ୍ର ଅନ୍ୟ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କର ପରୀକ୍ଷାଲବ୍ଧ ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକୁ ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ମଡ଼େଲ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇବା ସମ୍ଭବ ହେଲା ନାହିଁ । ତେଣୁ ତାଙ୍କର ମଡ଼େଲଟି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଗ୍ରହଣୀୟ ହୋଇପାରିଲା ନାହିଁ ।



ଚିତ୍ର **4.1** ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ

4.2.2 ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ
(Rutherford's Model of an Atom)

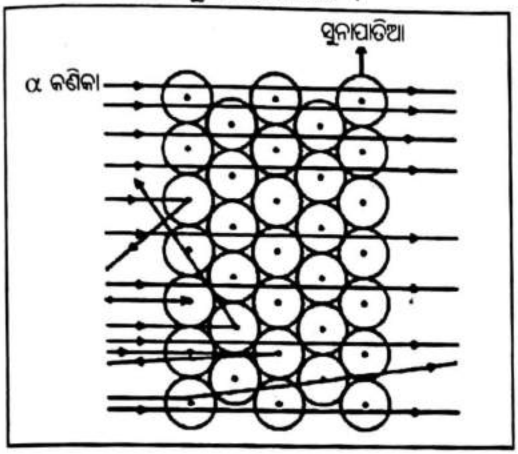
ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜେଇ ହୋଇ ରହିଛନ୍ତି, ସେ ବିଷୟରେ ଜାଣିବାକୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏର୍ନେଷ୍ଟ ରଦରଫୋର୍ଡ଼ ଆଗ୍ରହ ପ୍ରକାଶ କଲେ । ଏଥିପାଇଁ ସେ ଏକ ପରୀକ୍ଷାର ପରିକଳ୍ପନା କଲେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ଖଣ୍ଡିଏ ଅତି ପତଳା ସୁନାପାତିଆ ଉପରେ ତୀବ୍ର ବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଆଲଫା (α) କଣିକାକୁ ନିକ୍ଷେପ କରାଗଲା । ଆଲଫା କଣିକା ହେଉଛି ହିଲିୟମ ଆୟନ (He^{++}) ଯାହା ଦ୍ୱିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ (++) ବହନ କରେ । ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 4u ହୋଇଥିବାରୁ ତୀବ୍ରବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା α - କଣିକାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ଶକ୍ତି ରହିଥାଏ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ରଦରଫୋର୍ଡ଼ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣମାନ ପାଇଥିଲେ ।

(i) ଅଧିକାଂଶ α - କଣିକା ସୁନାପାତିଆ ମଧ୍ୟଦେଇ ସିଧାସଳଖ ଭାବରେ ଗତି କଲା ।

(ii) କିଛି α - କଣିକାର ଗତିପଥ ବଙ୍କେଇ ହୋଇଗଲା ।

(iii) ଅଳ୍ପ କିଛି α – କଣିକା ସୁନାପାତିଆକୁ ଭେଦ ନକରି ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଯାଇଥିଲା ଠିକ୍ ତା'ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପଛକୁ ଫେରି ଆସିଲା ।



ଚିତ୍ର **4.2** ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷା

ରଦରଫୋର୍ଡ଼

ବ୍ରିଟିଶ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଇ. ରଦରଫୋର୍ଡ଼ (1871-1937) 30 ଅଗଷ୍ଟ 1871ରେ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ପିତା ରୂପେ ସେ ପରିଚିତ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା (radioactivity) ବିଷୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଆବିଷ୍କାର ପାଇଁ ସେ ପ୍ରସିଦ୍ଧ । 1908ରେ ସେ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନରେ ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ପାଇଥିଲେ ।

α – କଣିକା ପରୀକ୍ଷାରୁ ମିଳିଥିବା ଏହିସବୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ଭିତ୍ତିକରି ରଦରଫୋର୍ଡ଼ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତଗୁଡ଼ିକରେ ଉପନୀତ ହେଲେ ।

(i) ସୁନାପାତିଆର ପରମାଣୁଭିତରେ ଅଧିକାଂଶ ସ୍ଥାନ ଫମ୍ପା (empty) । କାରଣ ଅଧିକାଂଶ α – କଣିକା ସୁନାପାତିଆ ମଧ୍ୟଦେଇ ଚାଲିଯାଉଛି ।

(ii) ଖୁବ୍ କମ୍ ସଂଖ୍ୟକ କଣିକା, ଗତିପଥରେ ବଙ୍କେଇ ଯାଉଛି, ଯେଉଁଥିରୁ ସୂଚନା ମିଳୁଛି ଯେ ପରମାଣୁର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଖୁବ୍ କମ ସ୍ଥାନ ଦଖଲ କରିଛି ।

(iii) ଅତି ଅଳ୍ପ କେତେକ α – କଣିକା ସିଧା ଆଗକୁ ନ ଯାଇପାରି 180° କୋଣରେ ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇ ପଛକୁ ଫେରିଆସୁଛି । ଏଥିରୁ ସୂଚନା ମିଳୁଛି ଯେ ସୁନା ପରମାଣୁର ସମସ୍ତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଖୁବ୍ କମ୍ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରିଛି ।

ରଦରଫୋର୍ଡ଼ ତାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାକୁ ଭିତ୍ତିକରି ଏକ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲର ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଲେ । ତାଙ୍କ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ,

(i) ପରମାଣୁରେ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କେନ୍ଦ୍ର ରହିଛି ଯାହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇ ରହିଛି । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ବହୁତ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ରହିଛି ।

(ii) ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଥିବା ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷ ପଥରେ ଘୂରୁଛନ୍ତି ।

(iii) ପରମାଣୁର ଆକାର ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଆକାର ଖୁବ୍ ଛୋଟ ।

ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲର ତ୍ରୁଟି

(Drawbacks of Rutherford's Model of Atom)

ବୃତ୍ତାକାର ପଥ (circular path)ରେ ଘୂରୁଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଚାରିପଟେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ମଧ୍ୟ ତ୍ୱରଣ ଥାଏ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନରତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଏକ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା । ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜିତ କଣିକାରୁ ଶକ୍ତି ବିକିରଣ ହୁଏ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ଭିତରେ ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଚାରିପଟେ ଘୂରିବୁଲୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ ଅନବରତ ଶକ୍ତି ବିକିରିତ ହେବା ଆଶା କରାଯିବ । ଏହା ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଶକ୍ତିସ୍ତର ଅନବରତ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ଏହି କାରଣରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷପଥରେ ନଘୂରି କୁଣ୍ଡଳାୟିତ ପଥରେ ଘୂରିଘୂରି ଶେଷରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ

ମିଶିଯିବ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବର୍ତ୍ତୁଳପଥରେ ସ୍ଥାୟୀ ହୋଇ ରହିବ ନାହିଁ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁକୁ ଆମେ ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଦେଖୁଛୁ ତାହା ବାସ୍ତବରେ ସେମିତି ରହିବ ନାହିଁ । ମାତ୍ର ଏହା ହୁଏ ନାହିଁ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ କୁଣ୍ଡଳାୟିତ ପଥରେ ଘୂରି ଘୂରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ମିଶିଯାଏନାହିଁ । ଏହା କାହିଁକି ହୁଏନାହିଁ ତାହା ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ବୁଝାଇପାରିଲା ନାହିଁ । ଏହା ସେ ମଡ଼େଲର ତ୍ରୁଟି ଥିଲା ।

ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ମଡ଼େଲରେ ଥିବା ତ୍ରୁଟିକୁ ଦୂର କରିବାପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବୋ'ର (Bohr) ଆଉ ଏକ ନୂଆ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଉପସ୍ଥାପନ କଲେ । ଏହାକୁ ବୁଝାଇବା ପାଇଁ ସେ କେତୋଟି ସ୍ୱୀକାର (postulates) ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କଲେ ।

4.2.3 ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ (Bohr's Model of Atom)

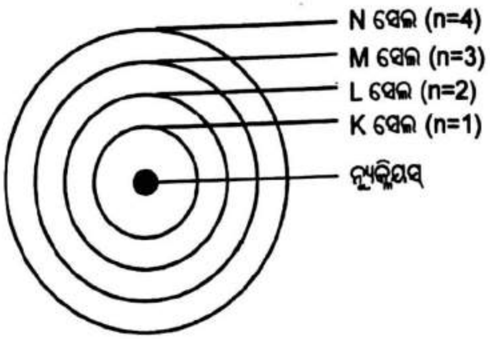
ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲର ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ସହିତ ଅନେକ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିଲା । ବୋ'ରଙ୍କ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ **ପରମାଣୁର ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ କେନ୍ଦ୍ରସ୍ଥଳି ଥାଏ, ଯାହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ କେବଳ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର କକ୍ଷପଥରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରନ୍ତି ।**

ବୋ'ର ତାଙ୍କ ନୂଆ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ସପକ୍ଷରେ କେତୋଟି ସ୍ୱୀକାର ଉପସ୍ଥାପନ କଲେ ଯାହା ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ମଡ଼େଲରେ ଥିବା ତ୍ରୁଟିକୁ ସୁଧାରି ପାରିଲା । ତାଙ୍କ ସ୍ୱୀକାର ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା :

(i) ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ କେବଳ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଗୁଡ଼ିକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ ।

(ii) ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରୁଥିବାବେଳେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଶକ୍ତି ବିକିରଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ସେହି କକ୍ଷପଥକୁ ବିକିରଣ ବିହୀନ (non-radiating) କକ୍ଷ କୁହାଗଲା ।

ଏହି କକ୍ଷପଥ ବା ସେଲ୍ (shell) ଗୁଡ଼ିକୁ ଶକ୍ତିସ୍ତର (energy level) କୁହାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ଶକ୍ତିସ୍ତରଗୁଡ଼ିକ ଚିତ୍ର 4.3 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 4.3 ପରମାଣୁର କେତୋଟି ଶକ୍ତିସ୍ତର

ନିଲ୍ସ ବୋ'ର

ଡେନମାର୍କ ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିଲ୍ସ ବୋ'ର (1885-1962) 7 ଅକ୍ଟୋବର 1885ରେ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । 1916ରେ ସେ କୋପେନ୍‌ହାଗେନ୍ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ପ୍ରଫେସର ଭାବେ ନିଯୁକ୍ତି ପାଇଥିଲେ । 1922ରେ ପରମାଣୁର ଗଠନ ବିଷୟରେ କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ପାଇଥିଲେ । ସେ ଅନେକ ପୁସ୍ତକ ରଚନା କରିଛନ୍ତି ।

କକ୍ଷପଥ ବା ସେଲଗୁଡ଼ିକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସଠାରୁ ଦୂରତାକ୍ରମରେ ଯଥାକ୍ରମେ K, L, M, N ଇତ୍ୟାଦି ଅକ୍ଷରଦ୍ୱାରା ବା 1, 2, 3, 4 ଇତ୍ୟାଦି ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରାଯାଇଛି ।

4.2.4 ନିଉଟ୍ରନ (Neutron)

1932 ମସିହାରେ ବ୍ରିଟିଶ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେମସ୍ ଚାଦଉଇକ୍ (James Chadwick) ପରମାଣୁ ଭିତରେ ଥିବା ନୂତନ କଣିକା ଆବିଷ୍କାର କଲେ । ଏହି କଣିକା ଚାର୍ଜବିହୀନ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହ ପ୍ରାୟ ସମାନ । ଏହି କଣିକାର ନାମ ନିଉଟ୍ରନ ରଖାଗଲା । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ସବୁ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଭିତରେ ନିଉଟ୍ରନ ଥାଏ । ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ

ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ତେଣୁ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।

4.3 କକ୍ଷପଥ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନମାନଙ୍କର ସଜ୍ଜା

ଏକ ପରମାଣୁର ବିଭିନ୍ନ କକ୍ଷପଥରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ କିପରି ବାଣ୍ଟି ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି, ସେ ବିଷୟରେ ବୋ'ର ଏବଂ ବରି (Bury) ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଇଥିଲେ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶକ୍ତିସ୍ତରରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ, ତାହା ଜାଣିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ନିୟମମାନ ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ ।

(i) କୌଣସି ସେଲରେ ରହୁଥିବା ସର୍ବାଧିକ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା $2n^2$ ଅଟେ । 'n' ହେଉଛି କକ୍ଷମାନଙ୍କର କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା ବା ଶକ୍ତିସ୍ତର ସୂଚନାଙ୍କ (n = 1, 2, 3...) । ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ କେଉଁ ସେଲ୍‌ରେ ସର୍ବାଧିକ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

ପ୍ରଥମ କକ୍ଷ ବା K ସେଲ୍‌ରେ,

$2 \times 1^2 = 2$ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ କକ୍ଷ ବା L ସେଲ୍‌ରେ,

$2 \times 2^2 = 8$ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ।

ତୃତୀୟ କକ୍ଷ ବା M ସେଲ୍‌ରେ,

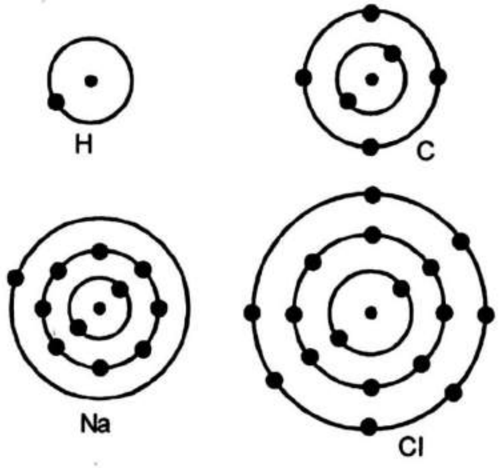
$2 \times 3^2 = 18$ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ।

ଚତୁର୍ଥ କକ୍ଷ ବା N ସେଲ୍‌ରେ,

$2 \times 4^2 = 32$ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ।

(ii) ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ସର୍ବାଧିକ 8ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ । ଅର୍ଥାତ୍ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ତୃତୀୟ କକ୍ଷଟି ଯଦି ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ସେଥିରେ 8 ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନରୁ ଅଧିକ ଇଲେକଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ନାହିଁ । ସେହିପରି ଚତୁର୍ଥ କକ୍ଷ ଯଦି ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷ ହୁଏ, ତେବେ ସେଥିରେ ମଧ୍ୟ 8ଟି ଇଲେକଟ୍ରନରୁ ଅଧିକ ରହିବ ନାହିଁ । ଏହାକୁ **ଅକ୍ଟେଟ ନିୟମ** କୁହାଯାଏ ।

କେତୋଟି ମୌଳିକର ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂରଚନାର ଚିତ୍ର, ଚିତ୍ର 4.4ରେ ଦିଆଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 4.4 ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂରଚନା

4.4 ସଂଯୋଜକ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ

(Valency Electron)

କୌଣସି ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ଯେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଥାଏ ତାହାକୁ ସଂଯୋଜକ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ କୁହାଯାଏ ।

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ କୌଣସି ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ 8ଟିରୁ ଅଧିକ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ନାହିଁ । ଯେଉଁ ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲରେ ସର୍ବାଧିକ ଅର୍ଥାତ୍ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣମାତ୍ରାର (completely filled) ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଥାଏ, ସେଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ ନିଷ୍କ୍ରିୟ । ଅନ୍ୟ ଅର୍ଥରେ କହିବାକୁ ଗଲେ ସେମାନଙ୍କର ସଂଯୋଜନ କ୍ଷମତା ବା ଯୋଜ୍ୟତା ହେଉଛି ଶୂନ । ଏହିପରି ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ହିଲିୟମ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଛି ଏବଂ ଅନ୍ୟ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ଯଥା : ନିୟନ, ଆର୍ଗନ ଇତ୍ୟାଦି ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ଆଠଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଥାଏ । ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ୫ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଲେ ତାକୁ **ଅକ୍ଟେଟ (Octet) ସ୍ଥିତି** କୁହାଯାଏ ।

ଅଣୁଗଠନବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁ ତାହାର ନିକଟତମ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ପରମାଣୁ ସଂରଚନାରେ ରହିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ଅଣୁଗଠନ ନିମନ୍ତେ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଗ ଘଟିଥାଏ । କେତେକ ପରମାଣୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ତ୍ୟାଗକରି, କେତେକ ପରମାଣୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ଏବଂ ଅନ୍ୟ କେତେକ ପରମାଣୁ, ଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ସହ ମିଳିତ ଭାବେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସହଭାଗ (share) କରି ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥା'ନ୍ତି । ନିକଟତମ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ସଂରଚନା ପାଇଁ କିମ୍ବା ଅକ୍ଟେଟ୍‌ସ୍ଥିତି ପାଇଁ ପରମାଣୁ ତ୍ୟାଗ କରୁଥିବା, ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା କିମ୍ବା ଭାଗ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାରୁ ସିଧାସଳଖ ମୌଳିକର ସଂଯୋଜନ କ୍ଷମତା ବା ଯୋଜ୍ୟତା ଜଣାପଡ଼େ । ଉଦାହରଣ : ଲିଥିୟମ ଓ ସୋଡ଼ିୟମ ପରମାଣୁର ପ୍ରତ୍ୟେକର ବାହ୍ୟତମ ସେଲରେ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଛି । ଏହି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସହଜରେ ତ୍ୟାଗ କରିପାରିବ, କାରଣ ଲିଥିୟମ ପରମାଣୁ ହିଲିୟମ୍ ପରମାଣୁର ସଂରଚନାରେ ଏବଂ ସୋଡ଼ିୟମ ପରମାଣୁ ନିୟନ ପରମାଣୁର ସଂରଚନାରେ ପହଁଚିବାକୁ ଚାହେଁ । ତେଣୁ ଲିଥିୟମ ଓ ସୋଡ଼ିୟମ ମୌଳିକର ଯୋଜ୍ୟତା ଏକ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ସେହିଭଳି ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମ ଓ ଏଲୁମିନିୟମର ଯୋଜ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ ଦୁଇ ଏବଂ ତିନି, କାରଣ ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଏବଂ ଏଲୁମିନିୟମର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ତିନୋଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଛି ।

ଯଦି ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲ୍‌ର ଇଲେକଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ତାହାର ପୂର୍ଣ୍ଣ (ସର୍ବାଧିକ) କ୍ଷମତାର ପାଖାପାଖି ବା ନିକଟତର ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରରେ ତାହାର ଯୋଜ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଉଦାହରଣ : କ୍ଲୋରିନ୍ କଥା ବିଚାର କରିବା । କ୍ଲୋରିନ୍ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲ୍‌ରେ 7ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଛି ଏବଂ ଏହାର ଯୋଜ୍ୟତା 7 ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ କ୍ଲୋରିନ୍ ପାଇଁ 7 ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ତ୍ୟାଗ କରିବା ଅପେକ୍ଷା ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରିବା ସହଜ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଅକ୍ଟେଟ୍‌ରୁ (୫ରୁ) 7ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ବିଯୁକ୍ତ କରି ଏହାର ଯୋଜ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ କ୍ଲୋରିନ୍‌ର ଯୋଜ୍ୟତା ଏକ ବୋଲି ଜଣାପଡ଼େ । ସେହିଭଳି ଅକ୍‌ସିଜେନର ଯୋଜ୍ୟତା ଦୁଇ ହୁଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୌଳିକର ପରମାଣୁର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଯୋଜନ କ୍ଷମତା ରହିଛି । ଏହାକୁ ମୌଳିକର ଯୋଜ୍ୟତା କୁହାଯାଏ ।

4.5 ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Atomic number and Mass number)

4.5.1 ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ (Atomic Number)

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । **ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।** ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କକୁ Z ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରାଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୌଳିକର କେବଳ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଥାଏ । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପାଇଁ $Z = 1$, କାରଣ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ ରହିଛି । କାର୍ବନ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ 6ଟି ପ୍ରୋଟନ ଅଛି । ତେଣୁ କାର୍ବନର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 6 ଅଟେ । ସାରଣୀ 4.1ରେ କେତୋଟି ମୌଳିକର ବିଭିନ୍ନ ସେଲ୍‌ରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ବଣ୍ଟନ ସହ ପରମାଣୁ ଗଠନ ଦିଆଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ 4.1

ବିଭିନ୍ନ ସେଲ୍‌ରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ବଣ୍ଟନ ସହ ପ୍ରଥମ କେତୋଟି ମୌଳିକର ପରମାଣୁ ଗଠନ

ମୌଳିକ	ପ୍ରତୀକ	ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ	ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟା	ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା	ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା	ଇଲେକଟ୍ରନର ବଣ୍ଟନ			
						K	L	M	N
ହାଇଡ୍ରୋଜେନ	H	1	1	-	1	1	-	-	-
ହିଲିୟମ	He	2	2	2	2	2	-	-	-
ଲିଥିୟମ	Li	3	3	4	3	2	1	-	-
ବେରିଲିୟମ	Be	4	4	5	4	2	2	-	-
ବୋରନ	B	5	5	6	5	2	3	-	-
କାର୍ବନ	C	6	6	6	6	2	4	-	-
ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍	N	7	7	7	7	2	5	-	-
ଅକ୍ସିଜେନ	O	8	8	8	8	2	6	-	-
ଫ୍ଲୋରିନ	F	9	9	10	9	2	7	-	-
ନିୟନ	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-
ସୋଡ଼ିୟମ୍	Na	11	11	12	11	2	8	1	-
ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମ	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-
ଏଲୁମିନିୟମ	Al	13	13	14	13	2	8	3	-
ସିଲିକନ୍	Si	14	14	14	14	2	8	4	-
ଫସ୍‌ଫରସ୍	P	15	15	16	15	2	8	5	-
ସଲ୍‌ଫର	S	16	16	16	16	2	8	6	-
କ୍ଲୋରିନ୍	Cl	17	17	18	17	2	8	7	-
ଆର୍ଗନ	Ar	18	18	22	18	2	8	8	-

4.5.2 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Mass Number)

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ, ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥାଏ । ପ୍ରୋଟନ ବା ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କଲାବେଳେ ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଉପେକ୍ଷା କରାଯାଏ । ତେଣୁ ଏକ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କାର୍ଯ୍ୟତଃ ପରମାଣୁରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସମଷ୍ଟି ଅଟେ । ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ରହିଥିବାରୁ ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟନ (neucleon) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ନିହିତ ଥାଏ । ଉଦାହରଣ : ନାଇଟ୍ରୋଜେନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 14u ଅଟେ, କାରଣ ଏହାର 7ଟି ପ୍ରୋଟନ ଓ 7ଟି ନିଉଟ୍ରନ ରହିଛି, (7u+7u=14u) । ସେହିପରି ସୋଡ଼ିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 23u (11ଟି ପ୍ରୋଟନ + 12ଟି ନିଉଟ୍ରନ) । **ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାର ଯୋଗଫଳକୁ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା କୁହାଯାଏ ।** ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ ପାଇଁ ସଙ୍କେତନ (notation)ରେ ମୌଳିକର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ, ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ପ୍ରତୀକ ନିମ୍ନପ୍ରକାରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା

ମୌଳିକର ପ୍ରତୀକ = $^{A}_{Z}X$

ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ

ଉଦାହରଣ : ସୋଡ଼ିୟମକୁ $^{23}_{11}Na$ ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ସୋଡ଼ିୟମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 11 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 23 । କାର୍ବନ ପରମାଣୁରେ 6ଟି ପ୍ରୋଟନ ଓ 6ଟି ନିଉଟ୍ରନ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 12 । ଏହାକୁ ସଂକ୍ଷେପରେ $^{12}_{6}C$ ଲେଖାଯାଏ ।

4.6 ଆଇସୋଟୋପ୍ (Isotope)

ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବା ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋଟୋପ୍ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା କେତେକ ମୌଳିକର ଅନେକ ପରମାଣୁର ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଛି । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁର ଉଦାହରଣ ନେବା । ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ତିନିପ୍ରକାର ପରମାଣୁ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ । ଯଥା : ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ବା ପ୍ରୋଟିୟମ୍ ($^{1}_{1}H$), ଡିଉଟେରିୟମ୍ (Deuterium) ($^{2}_{1}H$ ବା D) ଏବଂ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ (Tritium) ($^{3}_{1}H$ ବା T) । ପ୍ରତ୍ୟେକର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 1 ଅଟେ, କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ 1, 2 ଏବଂ 3 । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌ର ଏହି ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅଛି । ଏହିଭଳି ଅନ୍ୟ ଉଦାହରଣ ମଧ୍ୟ ରହିଛି । (i) ନାଇଟ୍ରୋଜେନର ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ହେଲା $^{14}_{7}N$ ଏବଂ $^{15}_{7}N$, (ii) ଅକ୍‌ସିଜେନର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅଛି । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା : $^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$ ଏବଂ $^{18}_{8}O$ ।

ଅନେକ ମୌଳିକ, ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ମିଶ୍ରଣରେ ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ମୌଳିକର ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଏକ ବିଶୁଦ୍ଧ ପଦାର୍ଥ ଅଟେ । ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ରାସାୟନିକ ଧର୍ମରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର ଭୌତିକ ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ଭିନ୍ନ ଅଟେ ।

ପ୍ରକୃତିରେ କ୍ଲୋରିନ୍‌ର ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ମିଳିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା $^{35}_{17}Cl$ ଏବଂ $^{37}_{17}Cl$ । ଏ ଦୁଇଟି ପ୍ରକୃତିରେ 3:1 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅନୁପାତରେ ମିଳିଥାଏ ।

କୌଣସି ପ୍ରାକୃତିକ ମୌଳିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା ସେହି ମୌଳିକର ସମସ୍ତ ପରମାଣୁର ହାରାହାରି ବସ୍ତୁତ୍ୱ । ଯେଉଁ ମୌଳିକର ଆଇସୋଟୋପ୍ ନାହିଁ, ସେହି ମୌଳିକର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ଏହାର ପରମାଣୁରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନସଂଖ୍ୟା ଓ ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ଯେଉଁ ମୌଳିକର ଆଇସୋଟୋପ୍ ରହିଛି, ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ କରିବାପାଇଁ ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ଶତକଡ଼ା ଅନୁପାତ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । କ୍ଲୋରିନ ପରମାଣୁର ହାରାହାରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିମ୍ନ ଉପାୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥାଏ । $^{35}_{17}Cl$ ଏବଂ $^{37}_{17}Cl$ ପ୍ରକୃତିରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଶତକଡ଼ା 75 ଭାଗ ଓ ଶତକଡ଼ା 25 ଭାଗ ଅନୁପାତରେ ମିଳେ ।

ତେଣୁ କ୍ଲୋରିନ ପରମାଣୁର ହାରାହାରି

$$\text{ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ} = \left(35 \times \frac{75}{100} + 37 \times \frac{25}{100}\right)$$

$$= \left(\frac{105}{4} + \frac{37}{4}\right) = \frac{142}{4} = 35.5u$$

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର କ୍ଲୋରିନରେ ଦୁଇଟିଯାକ ଆଇସୋଟୋପ୍ ରହିଥାଏ ଏବଂ କ୍ଲୋରିନର ହାରାହାରି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 35.5u ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.2

ପ୍ରକୃତିରେ ପୋଟାସିୟମର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ମିଳିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା $^{39}_{19}K$, $^{40}_{19}K$ ଏବଂ $^{41}_{19}K$ । ପୋଟାସିୟମର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 39.098u । ପ୍ରକୃତିରେ ପୋଟାସିୟମର କେଉଁ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ଶତକଡ଼ା ଅନୁପାତ ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ?

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.3

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇନଥିବା ପାଞ୍ଚୋଟି ମୌଳିକର ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଏକ ତାଲିକା କର ।

ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ବ୍ୟବହାର (Application) :

ପରମାଣୁର ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

(i) ୟୁରେନିୟମର ଆଇସୋଟୋପ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଜାଳେଣୀ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(ii) କୋବାଲ୍ଟର ଏକ ଆଇସୋଟୋପ୍ କ୍ୟାନ୍‌ସର ରୋଗର ଚିକିତ୍ସାପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(iii) ଆୟୋଡ଼ିନ୍‌ର ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଥାଇରଏଡ଼ ଗ୍ରନ୍ଥି (thyroid gland) ରୋଗର ଚିକିତ୍ସାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(iv) କେତେକ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ କୃଷି ଓ ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

4.6.1 ଆଇସୋବାର୍ (Isobar)

ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା କିନ୍ତୁ ଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କର ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋବାର୍ କୁହାଯାଏ । ପୋଟାସିୟମ ଏବଂ କ୍ୟାଲସିୟମ, ଏ ଦୁଇଟି ମୌଳିକର ଉଦାହରଣ ନେବା । ପୋଟାସିୟମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 19 ଏବଂ କ୍ୟାଲସିୟମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 20 । ଏହି ଦୁଇଟିଯାକ ମୌଳିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 40 ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.4

ଆଉ କେତୋଟି ଆଇସୋବାରର ଏକ ତାଲିକା କର ।

ଆମେ କ'ଣ ଶିଖିଲେ ?

- ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେ.ଜେ. ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ ପରମାଣୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଏକ ଗୋଲକ ଏବଂ ଏଥିରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ବିଛୁରିତ ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷାରୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା ଯାହା ପରମାଣୁର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥାଏ ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ, ପରମାଣୁରେ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କେନ୍ଦ୍ର ରହିଛି । ଏହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁ ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଆକାର ଖୁବ୍ ଛୋଟ । ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇ ରହିଛି । ଇଲେକଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରୁଛନ୍ତି ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲରେ କିଛି ତ୍ରୁଟି ରହିଥିବାରୁ ତାଙ୍କ ମଡ଼େଲଟି ଗ୍ରହଣଯୋଗ୍ୟ ହୋଇପାରିଲା ନାହିଁ । ଏହି ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକୁ ଦୂର କରିବାପାଇଁ ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଉପସ୍ଥାପିତ ହେଲା ।
- ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ, କେବଳ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଏହି କକ୍ଷପଥ ବା ସେଲକୁ ବିକିରଣ ବିହୀନ ଶକ୍ତିସ୍ତର କୁହାଯାଏ । ଏହି କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରିଲାବେଳେ ଇଲେକଟ୍ରନରୁ କୌଣସି ଶକ୍ତି ବିକିରଣ ହୁଏ ନାହିଁ ।
- ଜେମ୍‌ସ ଚାଡ୍‌ଉଇକ୍ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନକୁ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।
- ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତିନୋଟି ଅବପରମାଣୁ କଣିକା ହେଉଛି: ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ, ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ, ପ୍ରୋଟନର ଚାର୍ଜ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ ହେଉଛି ଚାର୍ଜବିହୀନ କଣିକା । ପ୍ରୋଟନ ବା ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।
- ପରମାଣୁର ସେଲଗୁଡ଼ିକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସଠାରୁ ସେମାନଙ୍କଠାରୁ ଦୂରତ୍ୱ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ K, L, M, N... ଇତ୍ୟାଦି ଅକ୍ଷରଦ୍ୱାରା କିମ୍ବା 1, 2, 3, 4 ଇତ୍ୟାଦି ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ନାମିତ କରାଯାଇଥାଏ ।
- ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ 8ଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିଲେ ତାକୁ ଅକ୍ଟେଟ ସ୍ଥିତି କୁହାଯାଏ ।
- ନିକଟତମ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ସଂରଚନାରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ପରମାଣୁ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା, ତ୍ୟାଗ କରୁଥିବା କିମ୍ବା ସହଭାଜନ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାରୁ ମୌଳିକର ଯୋଜ୍ୟତା ଜଣାପଡ଼େ ।
- ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ କୁହଯାଏ ।
- ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାର ଯୋଗଫଳକୁ ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା କୁହାଯାଏ ।
- ସମାନ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଥାଇ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଥିବା ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋଟୋପ୍ କୁହାଯାଏ ।
- ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଥାଇ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କର ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋବାର୍ କୁହାଯାଏ ।
- ଏକ ମୌଳିକର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଟେ ।

ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ଅନୁସାରେ ପରମାଣୁ କିପରି ବିଦ୍ୟୁତ ନିରପେକ୍ଷ ବୁଝାଅ ।
2. ତିନୋଟି ଅବପରମାଣୁ କଣିକାର ନାମ ଲେଖ ।
3. ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 2 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 4 । ଏହି ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେତୋଟି ନିଉଟ୍ରନ ଅଛି ?
4. ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜାଇ ହୋଇରହିଛି ବୁଝାଅ ।
5. Cl^- ଆୟନର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଜ୍ଜା ଲେଖ ।
6. ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲ୍‌ରେ ସର୍ବାଧିକ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ?
7. M ସେଲରେ ସର୍ବାଧିକ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରହିପାରିବ ?
8. ସିଲିକନର ଯୋଜ୍ୟତା, ତା'ର ଇଲେକଟ୍ରନ ସଜ୍ଜାରୁ କିପରି ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରିବ ?
9. ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ପରମାଣୁକ୍ରମାଙ୍କ 8 । ଏଥିରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଅଛି ?
10. ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ନାମ ଲେଖ ।
11. ଗୋଟିଏ ମୌଳିକର ପ୍ରତୀକ X । ଏହାର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 15 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 31 । ଏ ସମସ୍ତଙ୍କୁ ସଂକ୍ଷେପରେ କିପରି ସାଙ୍କେତିକ ଉପାୟରେ ଲେଖାଯାଇପାରିବ ?
12. ଆଇସୋଟୋପ୍ କ'ଣ ଉଦାହରଣ ସହ ଲେଖ ।
13. ଆଇସୋବାର୍ କ'ଣ ଉଦାହରଣ ସହ ଲେଖ ।
14. ଉଦାହରଣ ସହ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ଆଇସୋବାର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଲେଖ ।
15. ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କର ।
16. ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷାଟି ବୁଝାଅ ।
17. ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ବିଷୟରେ ବୁଝାଅ ।
18. ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡ଼େଲ ରଦରଫୋର୍ଡ଼ଙ୍କ ମଡ଼େଲଠାରୁ କିପରି ଭିନ୍ନ ବୁଝାଅ ।
19. ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ଚାରୋଟି ବ୍ୟବହାର ଲେଖ ।
20. ଗୋଟିଏ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଜ୍ଜା ଲେଖ ।