



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 । ତାଲତ୍ତ୍ୱ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁ ଅବିଭାଜ୍ୟ ।

ଉନବିଂଶ 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 ସଜ୍ଜାକୁ ନେଇ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦିଆଯାଇଥିବା କେତୋଟି ପରମାଣୁ ମଡେଲ ବିଷୟରେ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

4.1 ପଦାର୍ଥରେ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା

(Charged Particles in Matter)

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.1

- ମୁଣ୍ଡବାଳ ଶୁଖିଲା ଥିଲାବେଳେ ଗୋଟିଏ ପାନିଆରେ କୁଣ୍ଡାଅ । ସେହି ପାନିଆଟିକୁ ଛୋଟଛୋଟ ଚୁକ୍କୁରା କାଗଜ ନିକଟରେ ଦେଖାଅ । କାଗଜ ଚୁକ୍କୁରାକୁ ପାନିଆ ଆକର୍ଷଣ କରିବ ।
- ଗୋଟିଏ କାଚଦଣ୍ଡ (glass rod)କୁ ଏକ ସିଙ୍କ 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.ଟମ୍ସନ୍ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଲେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜିକଣିକା ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁର ଏକ ମୌଳିକ କଣିକା । ଏହି କଣିକାକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ (electron) କୁହାଗଲା । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଆବିଷ୍କାର କ୍ଷେତ୍ରରେ ଟମ୍ସନ୍ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ଅବଦାନ ଥିବା ଯୋଗୁଁ ତାଙ୍କୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଆବିଷ୍କାରକ ରୂପେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । 1886 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଇ. ଗୋଲ୍ଡସ୍ଟାଇନ୍ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁରେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହି ଯୁକ୍ତଚାର୍ଜିକଣିକାର ନାମ ପ୍ରୋଟନ୍ (proton) ଦିଆଗଲା । ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ଚାର୍ଜ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଚାର୍ଜ ସହିତ ସମାନ, କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଧର୍ମୀ । ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର 1837 ଗୁଣ । ସାଧାରଣତଃ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌କୁ ‘ e^- ’ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍‌କୁ ‘ p^+ ’ ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ ବୋଲି ଧରାଯାଏ ।

4.2 ପରମାଣୁ ଗଠନ

(The Structure of an Atom)

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

ଅବସାନ ଘଟିଲା । ପରମାଣୁ ଭିତରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଓ ପ୍ରୋଟନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜିତ ହୋଇ ରହିଛନ୍ତି ତାହା ଜାଣିବାପାଇଁ ଏବଂ ଏହାକୁ ବୁଝାଇବାପାଇଁ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ପ୍ରସ୍ତାବ କରିଥିଲେ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ପରମାଣୁ ଗଠନର ଏକ ମଡେଲର ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଇଥିଲେ ।



ବ୍ରିଟିଶ ପଦାର୍ଥବିତ୍
ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍ (1856-
1940) 18 ଡିସେମ୍ବର 1856
ଦିନ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ ।
ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଆବିଷ୍କାର
ସଂକ୍ରାନ୍ତୀୟ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ
1906 ମସିହାରେ
ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନରେ ତାଙ୍କୁ

ଜେ.ଜେ.ଟମସନ୍

ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ଦିଆଯାଇଥିଲା । ସେ କ୍ୟାଡେଣ୍ଡସ୍ ବିଜ୍ଞାନାଗାରର ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ରୂପେ 35 ବର୍ଷକାଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ସାତଜଣ ସହକାରୀ ଗବେଷକ (Research Assistant) ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ପାଇଛନ୍ତି ।

4.2.1 ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ

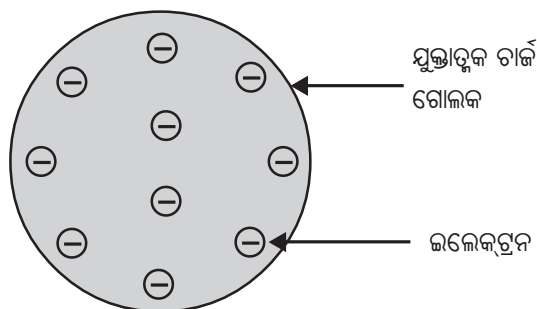
ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ଅନୁଯାୟୀ ପରମାଣୁଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଏକ ଗୋଲକ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଏହା ଭିତରେ ବାଣ୍ଟି ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି । ତରଭୁଜ (watermelon) ସହିତ ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲକୁ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ତରଭୁଜର ଲାଲ ଖାଇବା ଅଂଶଟି ପରି ପରମାଣୁର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିସ୍ତାରିତ ହୋଇଥିବା ବେଳେ ତରଭୁଜର ମଞ୍ଜିଗୁଡ଼ିକ ପରି ପରମାଣୁରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ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

ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରସ୍ତାବ ଅନୁସାରେ :

- (i) ପରମାଣୁ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରିଥିବା ଗୋଲକ ଏବଂ ଏଥିରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ 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 ମଡେଲ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇବା ସମ୍ଭବ ହେଲା ନାହିଁ । ତେଣୁ ତାଙ୍କର ମଡେଲଟି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଗ୍ରହଣୀୟ ହୋଇପାରିଲା ନାହିଁ ।



ଚିତ୍ର 4.1 ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ

4.2.2 ରଦରଫୋର୍ଡ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ

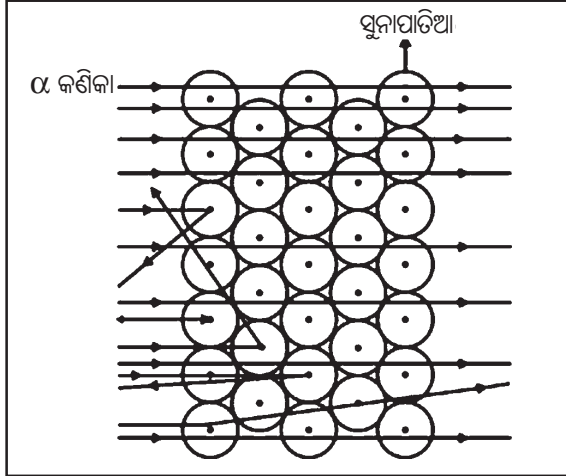
(Rutherford's Model of an Atom)

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜେଇ ହୋଇ ରହିଛନ୍ତି, ସେ ବିଷୟରେ ଜାଣିବାକୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏର୍ନେଷ୍ଟ ରଦରଫୋର୍ଡ୍ ଆଗ୍ରହ ପ୍ରକାଶ କଲେ । ଏଥିପାଇଁ ସେ ଏକ ପରୀକ୍ଷାର ପରିକଳ୍ପନା କଲେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ଖଣ୍ଡିତ 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 ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ରହିଥାଏ ।

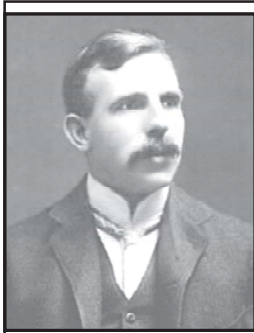
ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ରଦରଫୋର୍ଡ୍ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣମାନ ପାଇଥିଲେ ।

- (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 ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷା



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

ରଦରଫୋର୍ଡ

α - କଣିକା ପରୀକ୍ଷାରୁ ମିଳିଥିବା ଏହି ସବୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ଭିତ୍ତିକରି ରଦରଫୋର୍ଡ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତଗୁଡ଼ିକରେ ଉପନୀତ ହେଲେ ।

- ସୁନାପାତିଆର ପରମାଣୁଭିତରେ ଅଧିକାଂଶ ସ୍ଥାନ ଫମ୍ପା (empty) । କାରଣ ଅଧିକାଂଶ α - କଣିକା ସୁନାପାତିଆ ମଧ୍ୟଦେଇ ଚାଲିଯାଉଛି ।
- ଖୁବ୍ କମ୍ ସଂଖ୍ୟକ କଣିକା, ଗତିପଥରେ ବଙ୍କେଇ ଯାଉଛି, ଯେଉଁଥିରୁ ସୂଚନା ମିଳୁଛି ଯେ ପରମାଣୁର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଖୁବ୍ କମ୍ ସ୍ଥାନ ଦଖଲ କରିଛି ।

- 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 ।

ରଦରଫୋର୍ଡ ତାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାକୁ ଭିତ୍ତିକରି ଏକ ପରମାଣୁ ମଡେଲର ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଲେ । ତାଙ୍କ ମଡେଲ ଅନୁସାରେ,

- ପରମାଣୁରେ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କେନ୍ଦ୍ର ରହିଛି ଯାହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇ ରହିଛି । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ବହୁତ ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନ ରହିଛି ।
- ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଥିବା ଫାଙ୍କା ସ୍ଥାନରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷ ପଥରେ ଘୁରୁଛନ୍ତି ।
- ପରମାଣୁର ଆକାର ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଆକାର ଖୁବ୍ ଛୋଟ ।

ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲର ତ୍ରୁଟି

(Drawbacks of Rutherford's Model of Atom)

ବୃତ୍ତାକାର ପଥ (circular path)ରେ ଘୁରୁଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁରେ ଡରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ମଧ୍ୟ ଡରଣ ଥାଏ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନରତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏକ ଡରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା । ଡରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜିତ କଣିକାରୁ ଶକ୍ତି ବିକିରଣ ହୁଏ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ଭିତରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଘୂରିବୁଲୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ ଅନବରତ ଶକ୍ତି ବିକିରିତ ହେବା ଆଶା କରାଯିବ । ଏହା ଫଳରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଶକ୍ତିସ୍ତର ଅନବରତ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ଏହି କାରଣରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷପଥରେ ନଘୂରି କୁଣ୍ଡଳାକାର ପଥରେ ଘୂରିଘୂରି ଶେଷରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ

ମିଶିଯିବ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବର୍ତ୍ତୁଳପଥରେ ସ୍ଥାୟୀ ହୋଇ ରହିବ ନାହିଁ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁକୁ ଆମେ ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଦେଖୁଛୁ ତାହା ବାସ୍ତବରେ ସେମିତି ରହିବ ନାହିଁ । ମାତ୍ର ଏହା ହୁଏ ନାହିଁ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ କୁଣ୍ଡଳାକୃତି ପଥରେ ଘୂରି ଘୂରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ମିଶିଯାଏନାହିଁ । ଏହା କାହିଁକି ହୁଏନାହିଁ ତାହା ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ବୁଝାଇପାରିଲା ନାହିଁ । ଏହା ସେ ମଡେଲର ତ୍ରୁଟି ଥିଲା ।

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

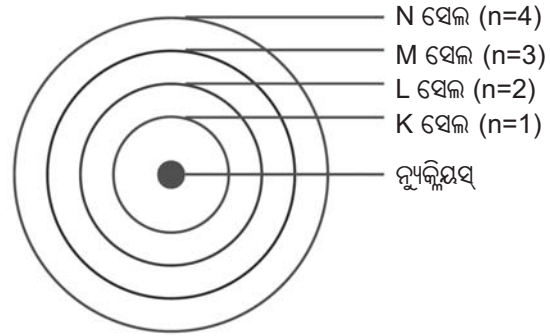
4.2.3 ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ (Bohr's Model of Atom)

ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲର ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ସହିତ ଅନେକ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିଲା । ବୋ'ରଙ୍କ ମଡେଲ ଅନୁସାରେ ପରମାଣୁର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାତ୍ମକ କେନ୍ଦ୍ରସ୍ଥଳି ଥାଏ, ଯାହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର କକ୍ଷପଥରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରନ୍ତି ।


ବୋ'ର ତାଙ୍କ ନୂଆ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ସପକ୍ଷରେ କେତୋଟି ସ୍ୱୀକାର ଉପସ୍ଥାପନ କଲେ ଯାହା ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ମଡେଲରେ ଥିବା ତ୍ରୁଟିକୁ ସୁଧାରି ପାରିଲା । ତାଙ୍କ ସ୍ୱୀକାର ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା :

- ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ କେବଳ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ ।
- ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରୁଥିବାବେଳେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଶକ୍ତି ବିକିରଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ସେହି କକ୍ଷପଥକୁ ବିକିରଣ ବିହୀନ (non-radiating) କକ୍ଷ କୁହାଗଲା ।

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



ଚିତ୍ର 4.3 ପରମାଣୁର କେତୋଟି ଶକ୍ତିସ୍ତର

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

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

4.2.4 ନିଉଟ୍ରନ୍ (Neutron)

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

ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ତେଣୁ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।

4.3 କକ୍ଷପଥ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ମାନଙ୍କର ସଜ୍ଜା

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

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

ପ୍ରଥମ କକ୍ଷ ବା K ସେଲରେ,

$$2 \times 1^2 = 2 \text{ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ।}$$

ଦ୍ୱିତୀୟ କକ୍ଷ ବା L ସେଲରେ,

$$2 \times 2^2 = 8 \text{ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ।}$$

ତୃତୀୟ କକ୍ଷ ବା M ସେଲରେ,

$$2 \times 3^2 = 18 \text{ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ।}$$

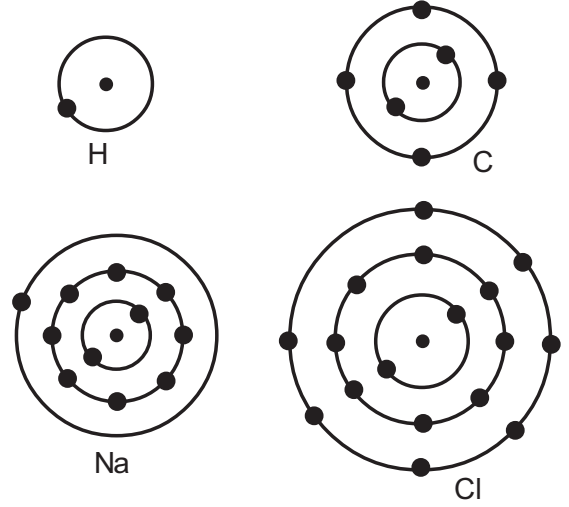
ଚତୁର୍ଥ କକ୍ଷ ବା N ସେଲରେ,

$$2 \times 4^2 = 32 \text{ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ।}$$

(ii) ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ସର୍ବାଧିକ 8ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ । ଅର୍ଥାତ୍ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ତୃତୀୟ କକ୍ଷଟି ଯଦି ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ସେଥିରେ 8 ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ ଅଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ନାହିଁ । ସେହିପରି ଚତୁର୍ଥ କକ୍ଷ ଯଦି ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷ ହୁଏ, ତେବେ

ସେଥିରେ ମଧ୍ୟ 8ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ ଅଧିକ ରହିବ ନାହିଁ । ଏହାକୁ ଅକ୍ଟେଟ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

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



ଚିତ୍ର 4.4 ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଂରଚନା

4.4 ସଂଯୋଜକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍

(Valency Electron)

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

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

ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିଛି ଏବଂ ଅନ୍ୟ ନିଷ୍ପ୍ରୟ ମୌଳିକ ଯଥା : ନିୟନ, ଆର୍ଗନ ଇତ୍ୟାଦି ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ଆଠଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିଥାଏ । ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ୮ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିଲେ ତାକୁ ଅକ୍ଟେଟ୍ (**Octet**) ସ୍ଥିତି କୁହାଯାଏ ।

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

ଯଦି ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ତାହାର ପୂର୍ଣ୍ଣ (ସର୍ବାଧିକ) କ୍ଷମତାର

ପାଖାପାଖି ବା ନିକଟତର ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରରେ ତାହାର ଯୋଜ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଉଦାହରଣ : କ୍ଲୋରିନ୍ କଥା ବିଚାର କରିବା । କ୍ଲୋରିନ୍ ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲରେ ୭ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିଛି ଏବଂ ଏହାର ଯୋଜ୍ୟତା ୭ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ କ୍ଲୋରିନ୍ ପାଇଁ ୭ ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ତ୍ୟାଗ କରିବା ଅପେକ୍ଷା ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରିବା ସହଜ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଅକ୍ଟେଟ୍ ରୁ (୮ରୁ) ୭ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ 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 ୬ଟି ପ୍ରୋଟନ ଅଛି । ତେଣୁ କାର୍ବନର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ୬ ଅଟେ । ସାରଣୀ 4.1ରେ କେତୋଟି ମୌଳିକର ବିଭିନ୍ନ ସେଲରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବଣ୍ଟନ ସହ ପରମାଣୁ ଗଠନ ଦିଆଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ 4.1

ବିଭିନ୍ନ ସେଲ୍‌ରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବଣ୍ଟନ ସହ ପ୍ରଥମ କେତୋଟି ମୌଳିକର ପରମାଣୁ ଗଠନ

ମୌଳିକ	ପ୍ରତୀକ	ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ	ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା	ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା	ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା	ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବଣ୍ଟନ			
						K	L	M	N
ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍	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	-	-
କାର୍ବନ୍	C	6	6	6	6	2	4	-	-
ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍	N	7	7	7	7	2	5	-	-
ଅକ୍ସିଜେନ୍	O	8	8	8	8	2	6	-	-
ଫ୍ଲୁରିନ୍	F	9	9	10	9	2	7	-	-
ନିୟନ୍	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-
ସୋଡିୟମ୍	Na	11	11	12	11	2	8	1	-
ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମ୍	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-
ଏଲୁମିନିୟମ୍	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	-
ଆର୍ଗନ୍	Ar	18	18	22	18	2	8	8	-

4.5.2 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Mass Number)

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ୍, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଥାଏ । ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କଲାବେଳେ ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଉପେକ୍ଷା କରାଯାଏ । ତେଣୁ ଏକ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କାର୍ଯ୍ୟତଃ ପରମାଣୁରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସମଷ୍ଟି ଅଟେ । ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ରହିଥିବାରୁ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟନ୍ (neucleon) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ନିହିତ ଥାଏ । ଉଦାହରଣ : ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 14u ଅଟେ, କାରଣ ଏହାର 7ଟି ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ 7ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ରହିଛି,

(7u+7u=14u) । ସେହିପରି ସୋଡିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 23u (11ଟି ପ୍ରୋଟନ୍ + 12ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍) । ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ଯୋଗଫଳକୁ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା କୁହାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ ପାଇଁ ସଙ୍କେତନ (notation)ରେ ମୌଳିକର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ, ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ପ୍ରତୀକ ନିମ୍ନପ୍ରକାରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{ମୌଳିକର} \\ \text{ପ୍ରତୀକ} \end{array}} = \begin{array}{c} A \\ Z \end{array} \times$$

ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ

ଉଦାହରଣ : ସୋଡ଼ିୟମକୁ $^{23}_{11}\text{Na}$ ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ସୋଡ଼ିୟମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 11 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 23 । କାର୍ବନ ପରମାଣୁରେ 6ଟି ପ୍ରୋଟନ ଓ 6ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ରହିଛି । ତେଣୁ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 12 । ଏହାକୁ ସଂକ୍ଷେପରେ $^{12}_6\text{C}$ ଲେଖାଯାଏ ।

4.6 ଆଇସୋଟୋପ୍ (Isotope)

ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବା ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋଟୋପ୍ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା କେତେକ ମୌଳିକର ଅନେକ ପରମାଣୁର ଆଇସୋଟୋପ୍ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଛି । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁର ଉଦାହରଣ ନେବା । ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ତିନିପ୍ରକାର ପରମାଣୁ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ । ଯଥା : ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ବା ପ୍ରୋଟିୟମ (^1_1H), ଡିଉଟେରିୟମ (Deuterium) (^2_1H ବା D) ଏବଂ ଟ୍ରାଇଟିୟମ (Tritium) (^3_1H ବା T) । ପ୍ରତ୍ୟେକର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 1 ଅଟେ, କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ 1, 2 ଏବଂ 3 । ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ଏହି ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅଛି । ଏହିଭଳି ଅନ୍ୟ ଉଦାହରଣ ମଧ୍ୟ ରହିଛି । (i) ନାଇଟ୍ରୋଜେନର ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ହେଲା $^{14}_7\text{N}$ ଏବଂ $^{15}_7\text{N}$, (ii) ଅକ୍ସିଜେନର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅଛି । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା : $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$ ଏବଂ $^{18}_8\text{O}$ ।

ଅନେକ ମୌଳିକ, ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର 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 $^{35}_{17}\text{Cl}$ ଏବଂ $^{37}_{17}\text{Cl}$ । 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 ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ଯେଉଁ ମୌଳିକର ଆଇସୋଟୋପ୍ ରହିଛି, ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିରୂପଣ କରିବାପାଇଁ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଶତକଡ଼ା ଅନୁପାତ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । କ୍ଲୋରିନ୍ ପରମାଣୁର ହାରାହାରି ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିମ୍ନ ଉପାୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଥାଏ ।

$^{35}_{17}\text{Cl}$ ଏବଂ $^{37}_{17}\text{Cl}$ ପ୍ରକୃତିରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଶତକଡ଼ା 75 ଭାଗ ଓ ଶତକଡ଼ା 25 ଭାଗ ଅନୁପାତରେ ମିଳେ ।

ତେଣୁ କ୍ଲୋରିନ୍ ପରମାଣୁର ହାରାହାରି

$$\begin{aligned} \text{ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ} &= \left(35 \times \frac{75}{100} + 37 \times \frac{25}{100} \right) \\ &= \left(\frac{105}{4} + \frac{37}{4} \right) = \frac{142}{4} = 35.5u \end{aligned}$$

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରମାଣୁର କ୍ଲୋରିନ୍‌ରେ ଦୁଇଟିଯାକ ଆଇସୋଟୋପ୍ ରହିଥାଏ ଏବଂ କ୍ଲୋରିନ୍‌ର ହାରାହାରି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 35.5u ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.2

ପ୍ରକୃତିରେ ପୋଟାସିୟମର ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ମିଳିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା $^{39}_{19}\text{K}$, $^{40}_{19}\text{K}$ ଏବଂ $^{41}_{19}\text{K}$ । 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 ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

- ୟୁରେନିୟମର ଆଇସୋଟୋପ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଜାଳେଣୀ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।
- କୋବାଲ୍ଟର ଏକ ଆଇସୋଟୋପ୍ କ୍ୟାନ୍ସର ରୋଗର ଚିକିତ୍ସାପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

- (iii) ଆୟୋଡିନ୍‌ର ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥି (thyroid gland) ରୋଗର ଚିକିତ୍ସାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।
- (iv) କେତେକ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପକୁ 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 ଦୁଇଟିମାନ ମୌଳିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 40 ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ : 4.4

ଆଉ କେତୋଟି ଆଇସୋବାର୍‌ର ଏକ ତାଲିକା କର । ଆମେ କ'ଣ ଶିଖିଲେ ?

- ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜେ.ଜେ. ଟମସନ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ଅନୁସାରେ ପରମାଣୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହିଥିବା ଏକ ଗୋଲକ ଏବଂ ଏଥିରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଛୁରିତ ହୋଇ ରହିଥା'ନ୍ତି ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ୍‌ଙ୍କ ସୁନାପତ୍ରିଆ ପରୀକ୍ଷାରୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା ଯାହା ପରମାଣୁର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥାଏ ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ଅନୁସାରେ, ପରମାଣୁରେ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କେନ୍ଦ୍ର ରହିଛି । ଏହାକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ କୁହାଯାଏ । ପରମାଣୁ ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଆକାର ଖୁବ୍ ଛୋଟ । ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇ ରହିଛି । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଚାରିପଟେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରୁଛନ୍ତି ।
- ରଦରଫୋର୍ଡ୍‌ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲରେ କିଛି ତ୍ରୁଟି ରହିଥିବାରୁ ତାଙ୍କ ମଡେଲଟି ଗ୍ରହଣଯୋଗ୍ୟ ହୋଇପାରିଲା ନାହିଁ । ଏହି ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକୁ ଦୂର କରିବାପାଇଁ ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ଉପସ୍ଥାପିତ ହେଲା ।
- ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ଅନୁସାରେ, କେବଳ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷପଥ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ

ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଏହି କକ୍ଷପଥ ବା ସେଲକୁ ବିକିରଣ ବିହୀନ ଶକ୍ତିସ୍ତର କୁହାଯାଏ । ଏହି କକ୍ଷପଥରେ ଘୂରିଲା ବେଳେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ କୌଣସି ଶକ୍ତି ବିକିରଣ ହୁଏ ନାହିଁ ।

- ଜେମ୍ସ ଚାଡ଼ଉଇକ୍ ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।
- ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତିନୋଟି ଅବପରମାଣୁ କଣିକା ହେଉଛି: ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଚାର୍ଜ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ, ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ଚାର୍ଜ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍ ହେଉଛି ଚାର୍ଜବିହୀନ କଣିକା । ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନଗଣ୍ୟ । ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।
- ପରମାଣୁର ସେଲଗୁଡ଼ିକୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସଠାରୁ ସେମାନଙ୍କଠାରୁ ଦୂରତ୍ୱ କ୍ରମାନୁସାରେ K, L, M, N... ଇତ୍ୟାଦି ଅକ୍ଷରଦ୍ୱାରା କିମ୍ବା 1, 2, 3, 4 ଇତ୍ୟାଦି ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ନାମିତ କରାଯାଇଥାଏ ।
- ବାହ୍ୟତମ କକ୍ଷରେ ୫ଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିଲେ ତାକୁ ଅକ୍ଟେଟ ସ୍ଥିତି କୁହାଯାଏ ।
- ନିକଟତମ ନିଷ୍ପିନ୍ନ ମୌଳିକ ପରମାଣୁର ସଂରଚନାରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ପରମାଣୁ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା, ତ୍ୟାଗ କରୁଥିବା କିମ୍ବା ସହଭାଜନ କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାରୁ ମୌଳିକର ଯୋଜ୍ୟତା ଜଣାପଡ଼େ ।
- ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।
- ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ 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 ମଡେଲ ଅନୁସାରେ ପରମାଣୁ କିପରି ବିଦ୍ୟୁତ ନିରପେକ୍ଷ ବୁଝାଅ ।
2. ଡିନୋଟି ଅବପରମାଣୁ କଣିକାର ନାମ ଲେଖ ।
3. ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 2 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 4 । ଏହି ପରମାଣୁର ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ କେତୋଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଛି ?
4. ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ଗୁଡ଼ିକ କିପରି ସଜାଇ ହୋଇରହିଛି ବୁଝାଅ ।
5. Cl^- ଆୟନର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଜ୍ଜା ଲେଖ ।
6. ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟତମ ସେଲରେ ସର୍ବାଧିକ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ?
7. M ସେଲରେ ସର୍ବାଧିକ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରହିପାରିବ ?
8. ସିଲିକନର ଯୋଜ୍ୟତା, ତା'ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଜ୍ଜାରୁ କିପରି ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରିବ ?
9. ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ପରମାଣୁକ୍ରମାଙ୍କ 8 । ଏଥିରେ କେତୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଅଛି ?
10. ହାଇଡ୍ରୋଜେନର ଡିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପର ନାମ ଲେଖ ।
11. ଗୋଟିଏ ମୌଳିକର ପ୍ରତୀକ X । ଏହାର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 15 ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 31 । ଏ ସମସ୍ତଙ୍କୁ ସଂକ୍ଷେପରେ କିପରି ସାଙ୍କେତିକ ଉପାୟରେ ଲେଖାଯାଇପାରିବ ?
12. ଆଇସୋଟୋପ କ'ଣ ଉଦାହରଣ ସହ ଲେଖ ।
13. ଆଇସୋବାର କ'ଣ ଉଦାହରଣ ସହ ଲେଖ ।
14. ଉଦାହରଣ ସହ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ଆଇସୋବାର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଲେଖ ।
15. ଟମସନ୍ଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କର ।
16. ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ସୁନାପାତିଆ ପରୀକ୍ଷାଟି ବୁଝାଅ ।
17. ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ବିଷୟରେ ବୁଝାଅ ।
18. ବୋ'ରଙ୍କ ପରମାଣୁ ମଡେଲ ରଦରଫୋର୍ଡଙ୍କ ମଡେଲଠାରୁ କିପରି ଭିନ୍ନ ବୁଝାଅ ।
19. ଆଇସୋଟୋପର ଚାରୋଟି ବ୍ୟବହାର ଲେଖ ।
20. ଗୋଟିଏ ନିଷ୍ପ୍ରୟ ମୌଳିକର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଜ୍ଜା ଲେଖ ।

