

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ﻓﻬﺮﺳﺖ |  | |
| ﺷﻤﺎره ﺻﻔﺤﻪ  6 |  | ﻋﻨﻮان | ﻣﻘﺪﻣﻪ |
| 6 |  |  | ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي |
| 7 |  |  | ﻣﻮادﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ |
| 7 |  |  | ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي |
| 8 |  |  | ﻣﻮاد ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻲ)ﻣﻮاد ﻣﺨﺘﻠﻂ( |
| 10 |  |  | ﻋﺪد اﺗﻤﻲ |
| 10 |  |  | ﺟﺮم اﺗﻤﻲ |
| 11 |  |  | اﻧﻮاع ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ در ﺟﺎﻣﺪات |
| 11 |  |  | ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ |
| 16 |  |  | ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﻳﺎ اﺗﺼﺎل اﺷﺘﺮاﻛﻲ |
| 18 |  |  | ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ |
| 20 |  |  | ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي |
| 21 |  |  | ﭼﻨﺪ ﺗﺴﺖ |
| 24 |  |  | ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ در ﺟﺎﻣﺪات |
| 25 |  |  | ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ و ﺷﺒﻜﻪ ﻫﺎي ﻓﻀﺎﻳﻲ |
| 27 |  |  | ﺻﻔﺤﺎت و ﺟﻬﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ |
| 27 |  |  | ﺻﻔﺤﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ – اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ |
| 32 |  |  | ﺟﻬﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ |

|  |  |
| --- | --- |
| 33 | ﻓﻮاﺻﻞ ﺑﻴﻦ ﺻﻔﺤﻪ اي |
| 34 | ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻓﻠﺰات و ﺗﻜﺮار ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ |
| 39 | ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ |
| 45 | ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺧﻄﻲ و ﺻﻔﺤﻪ اي |
| 47 | ﭼﻨﺪ ﺗﺴﺖ |
| 57 | ﻋﻴﻮب ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ |
| 57 | ﻋﻴﻮب ﻧﻘﻄﻪ اي |
| 59 | ﻋﻴﻮب ﺧﻄﻲ |
| 62 | ﻋﻴﻮب ﺻﻔﺤﻪاي |
| 64 | ﻋﻴﻮب ﻓﻀﺎﻳﻲ ﻳﺎ ﺳﻪ ﺑﻌﺪي |
| 65 | ﺧﻮاص ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻓﻠﺰات |
| 65 | ﻗﺎﻋﺪه ﻛﻠﻲ در ﻣﻮرد ﻓﻠﺰات |
| 65 | اﻻﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ |
| 66 | ﻣﻔﺎﻫﻴﻢ اوﻟﻴﻪ)ﻧﻴﺮو – ﺗﻨﺶ – ﻛﺮﻧﺶ ( |
| 68 | ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﻛﺮﻧﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ و ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ |
| 70 | ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﺗﻨﺶ ﻫﺎ و ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎ |
| 70 | ﺛﻮاﺑﺖ اﻻﺳﺘﻴﻚ |
| 70 | آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ |
| 74 | ﻣﺪول ﺑﺮﺷﻲ |
| 74 | ﺿﺮﻳﺐ ﭘﻮاﺳﻮن |

75 ﺣﺠﻤﻲ ﻣﺪول

76 ﭘﻼﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ

78 ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ اﺳﺘﺎﻧﺪارد آزﻣﺎﻳﺸﻬﺎي

78 ﻛﺸﺶ آزﻣﺎﻳﺶ

80 ﺳﻨﺠﻲ ﺳﺨﺘﻲ آزﻣﺎﻳﺶ

86 ﺿﺮﺑﻪ آزﻣﺎﻳﺶ

89 ﺧﺴﺘﮕﻲ

90 ﺧﺰش

90 ﺗﺴﺖ ﭼﻨﺪ

ﻣﻘﺪﻣﻪ:

ﻫﺪف اﺻﻠﻲ ﻣﻄﺎﻟﻌﻪ ﻋﻠﻢ ﻣﻮاد آﮔﺎﻫﻲ ﻳﺎﻓﺘﻦ از اﻧﻮاع ﻣﻮاد، ﺧﻮاص و ﺗﻮاﻧﺎﻳﻲ آﻧﻬﺎ در ارﺗﺒﺎط ﺑﺎ ﻧﻴﺎزﻫﺎي ﺻﻨﻌﺘﻲ

روز ،ﺷﻨﺎﺧﺖ ﻋﻮاﻣﻞ ﻣﻮﺛﺮ از ﻗﺒﻴﻞ ﻣﺤﻴﻂ و ﺷﺮاﻳﻂ ﻛﺎري ﺑﺮ ﺧﻮاص ﻣﻮاد و ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﺷﻨﺎﺧﺖ و ﺑﺮرﺳﻲ روﺷﻬﺎ

و ﻓﺮآﻳﻨﺪﻫﺎﻳﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺑﺎ ﻛﺎرﺑﺮد آﻧﻬﺎ ﺑﺘﻮان ﻫﻤﻮاره در ﺟﻬﺖ ﺣﻔﻆ و ﺑﻬﺒﻮد ﺧﻮاص ﻣﻮاد ﮔﺎم ﻧﻬﺎد.

ﺑﻪ ﻃﻮر ﻛﻠﻲ ﻣﻮاد ﺟﺎﻣﺪ ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ ﻣﻮرد ﻧﻴﺎز ﺑﺮاي ﻃﺮاﺣﻲ و ﺳﺎﺧﺖ و ﺗﻮﻟﻴﺪ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﺳﻪ ﮔﺮوه اﺻﻠﻲ ﺑﺎ

ﺧﻮاص ﻣﺮﺑﻮط ﺑﻪ ﺧﻮد ﺗﻘﺴﻴﻢ ﺑﻨﺪي ﻧﻤﻮد ﻛﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻨﺪ از : ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي، ﻣﻮاد ﻏﻴﺮ ﻓﻠﺰي ﻣﻌﺪﻧﻲ ﻳﺎ ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ، ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي ﻳﺎ ﻣﺼﻨﻮﻋﻲ .ﻋﻼوه ﺑﺮ اﻳﻦ ﺳﻪ ﮔﺮوه ، ﮔﺮوه دﻳﮕﺮي از ﻣﻮاد وﺟﻮد دارد ﻛﻪ از اﻳﻦ ﺳﻪ ﮔﺮوه ﻣﻨﺸﻌﺐ ﻣﻲ

ﺷﻮد و ﺑﻪ ﻧﺎم ﻣﻮاد ﻣﺨﺘﻠﻂ ﻳﺎ ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺖ ﻣﻌﺮوف اﺳﺖ.

-1 ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي: ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي از ﻧﻈﺮ اﻫﻤﻴﺖ در ﺻﻨﻌﺖ ﺑﻪ دو ﮔﺮوه ﻓﻠﺰات آﻫﻨﻲ وآﻟﻴﺎژﻫﺎي آن و ﻓﻠﺰات ﻏﻴﺮآﻫﻨﻲ و

آﻟﻴﺎژﻫﺎي آن ﺗﻘﺴﻴﻢ ﻣﻲ ﺷﻮد . ﻓﻠﺰات آﻫﻨﻲ و آﻟﻴﺎژﻫﺎي آن ﻋﻤﺪﺗﺎ درﺻﺪ ﺑﺴﻴﺎر ﺑﺎﻻﻳﻲ از آﻫﻦ دارﻧﺪ ﻛﻪ ﺷﺎﻣﻞ

اﻧﻮاع ﻓﻮﻻدﻫﺎ و ﭼﺮﺧﻬﺎ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. ﻓﻠﺰات ﻏﻴﺮآﻫﻨﻲ و آﻟﻴﺎژﻫﺎي آن ﺷﺎﻣﻞ ﺗﻤﺎم ﻓﻠﺰات دﻳﮕﺮ )ﻏﻴﺮ از آﻫﻦ( ﻣﺎﻧﻨﺪ

آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم، ﻣﺲ، روي ، ﺗﻴﺘﺎﻧﻴﻢ، ﻛﺮم، ﻧﻴﻜﻞ و .. و آﻟﻴﺎژﻫﺎي آﻧﻬﺎﺳﺖ. اﻟﺒﺘﻪ آﻟﻴﺎژﻫﺎي ﻏﻴﺮ آﻫﻨﻲ ﻣﻘﺪار ﻧﺴﺒﺘﺎً

ﺟﺰﺋﻲ آﻫﻦ ﻫﻢ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﻨﺪ داﺷﺘﻪ ﺑﺎﺷﻨﺪ.

ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي ﻋﻤﺪﺗﺎً ﻫﺎدي )رﺳﺎﻧﺎي( ﺧﻮﺑﻲ ﺑﺮاي ﺣﺮارت و اﻟﻜﺘﺮﻳﺴﻴﺘﻪ ﻫﺴﺘﻨﺪ. اﻏﻠﺐ ﻓﻠﺰات در درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي

ﻣﻌﻤﻮﻟﻲ ﻣﺤﻴﻂ ﺷﻜﻞ ﭘﺬﻳﺮ ﺑﻮده و در ﻣﻘﺎﺑﻞ واﻛﻨﺸﻬﺎي ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ ﭘﺎﻳﺪاري ﺑﺴﻴﺎر ﺑﺎﻻﻳﻲ ﻧﺪارﻧﺪ. ﻓﻠﺰات در

ﺷﺮاﻳﻂ ﻣﻌﻤﻮﻟﻲ داراي ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ اﻧﺪ. ﻓﻠﺰات ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺧﺎﻟﺺ ﺑﻪ ﻧﺪرت ﺑﻪ ﻛﺎر ﻣﻲ روﻧﺪ واﻏﻠﺐ از

آﻟﻴﺎژﻫﺎي آﻧﻬﺎ در ﺻﻨﺎﻳﻊ ﻣﺨﺘﻠﻒ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد.

-2ﻣﻮادﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ:

ﻣﻮاد ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ ﺷﺎﻣﻞ ﺑﺨﺶ ﻋﻤﺪه اي از ﻣﻮاد ﻏﻴﺮ ﻓﻠﺰي ﺻﻨﻌﺘﻲ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﻨﺪ. اﻧﻮاع ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ از ﻣﻮاد ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ

ﺗﻮﻟﻴﺪ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. ﻣﺎﻧﻨﺪ:

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي اﻛﺴﻴﺪي )ﺷﺎﻣﻞ ﺗﺮﻛﻴﺒﺎﺗﻲ از ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻓﻠﺰي ﺑﺎ اﻛﺴﻴﮋن(

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﻛﺎرﺑﻴﺪي )ﺗﺮﻛﻴﺒﺎﺗﻲ از ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ ﺑﻌﻀﻲ از ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻓﻠﺰي و ﻳﺎ ﻏﻴﺮ ﻓﻠﺰي(

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﻧﻴﺘﺮﻳﺪي )ﺗﺮﻛﻴﺒﺎﺗﻲ از ﻧﻴﺘﺮوژن ﺑﺎ ﺗﻌﺪادي از ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻓﻠﺰي و ﻳﺎ ﻏﻴﺮ ﻓﻠﺰي(

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﺳﻴﻠﻴﻜﺎﺗﻲ )اﻧﻮاع ﭼﻴﻨﻲ ﻫﺎ(

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﻓﺮواﻟﻜﺘﺮﻳﻚ ﻳﺎ ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﺑﺎ ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﭘﻼرﻳﺰه ﺷﺪن

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎي ﺷﻴﺸﻪ اي

ﻣﻮاد ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ ﻧﻮﻋﺎً اﺳﺘﺤﻜﺎم و ﺳﺨﺘﻲ ﺑﺎﻻﻳﻲ دارﻧﺪ. ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎ ﻋﻤﻮﻣﺎً در ﻣﻘﺎﺑﻞ واﻛﻨﺶ ﻫﺎي ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ ﺑﺴﻴﺎر

ﭘﺎﻳﺪار ﺑﻮده و در دﻣﺎﻫﺎي ﺑﺎﻻ ﻣﻘﺎوﻣﻨﺪ. ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎ ﻗﺒﻼً ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﻮاد ﻋﺎﻳﻖ ﺟﺮﻳﺎن اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺷﻨﺎﺧﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﺪﻧﺪ

اﻣﺎ اﻛﻨﻮن ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﻨﺪ ﺑﻪ ﮔﻮﻧﻪ اي ﻓﺮآوري ﺷﻮﻧﺪ ﻛﻪ رﺳﺎﻧﺎي اﻟﻜﺘﺮﻳﺴﻴﺘﻪ ﻧﻴﺰ ﺑﺎﺷﻨﺪ.

ﺗﻨﻬﺎ ﻋﻴﺐ ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎ ﺗﺮدي ﺑﺴﻴﺎر ﺑﺎﻻ ﻳﺎ اﻧﻌﻄﺎف ﭘﺬﻳﺮي ﺑﺴﻴﺎر ﺿﻌﻴﻒ آﻧﻬﺎ اﺳﺖ.

-3 ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي

ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي از ﻛﻨﺎر ﻫﻢ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﺗﻌﺪاد زﻳﺎدي از ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎي زﻧﺠﻴﺮه اي ﻳﺎ ﺷﺒﻜﻪ اي ﺑﺰرگ ﻣﻮاد آﻟﻲ، ﻛﻪ از

ﻛﺮﺑﻦ و ﻋﻨﺎﺻﺮ دﻳﮕﺮي ﻣﺎﻧﻨﺪ ﻫﻴﺪروژن ،ﻛﻠﺮ، ﻓﻠﻮر، اﻛﺴﻴﮋن و ازت ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه اﻧﺪ، ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﻨﺪ. ﻣﻮاد

ﭘﻠﻴﻤﺮي در ﻃﺒﻴﻌﺖ ﺑﻪ ﺻﻮرت آزاد وﺟﻮد ﻧﺪارد و اﻏﻠﺐ از ﻃﺮﻳﻖ روﺷﻬﺎي ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ و ﭘﻠﻴﻤﺮ ﻛﺮدن ﻣﻨﻮﻣﺮﻫﺎي

ﮔﺎزي ﺷﻜﻞ ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﻨﺪ.

اﻏﻠﺐ ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي داراي ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻏﻴﺮ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ و ﻳﺎ ﻣﺨﻠﻮﻃﻲ از ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ و ﻏﻴﺮ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ. ﻣﻮاد

ﭘﻠﻴﻤﺮي ﻣﻌﻤﻮﻻً داراي ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﻫﺪاﻳﺖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺑﺴﻴﺎر ﺿﻌﻴﻔﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ، ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻋﺎﻳﻖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ

ﺧﻮب ﺑﻪ ﻛﺎر ﻣﻲ روﻧﺪ. ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي ﻣﻌﻤﻮﻻ در درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﭘﺎﺋﻴﻦ )زﻳﺮ ﺻﻔﺮ( ﺗﺮد ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ وﻟﻲ در درﺟﻪ

ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﻧﺴﺒﺘﺎً ﺑﺎﻻ ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﺷﻜﻞ ﭘﺬﻳﺮي دارﻧﺪ و در درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﺑﺎﻻ ذوب و ﻳﺎ ﻣﺘﻼﺷﻲ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. ﻣﻮاد

ﭘﻠﻴﻤﺮي در ﻣﻘﺎﺑﻞ ﻋﻮاﻣﻞ و واﻛﻨﺸﻬﺎي ﺷﻴﻤﻴﺎي دردرﺟﻪ ﺣﺮارت ﻣﻌﻤﻮﻟﻲ ﻣﺤﻴﻂ و در ﻣﺠﺎورت ﻫﻮاي آزاد

ﭘﺎﻳﺪارﻧﺪ. ﻋﻤﻮﻣﺎً ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي وزن ﻣﺨﺼﻮص ﻳﺎ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﭘﺎﺋﻴﻨﻲ دارﻧﺪ.

ﺑﺎ ﺧﻮاص

2 ﻣﺎده(

)ﺣﺪاﻗﻞ

ﮔﻔﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ از ﻣﺨﻠﻮط ﭼﻨﺪ ﻣﺎده

-4 ﻣﻮاد ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻲ)ﻣﻮاد ﻣﺨﺘﻠﻂ:(

ﻣﻮاد ﻣﺨﺘﻠﻂ ﻳﺎ ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻬﺎ ﺑﻪ ﻣﻮادي

ﻣﺘﻔﺎوت ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه ﺑﺎﺷﻨﺪ. اﺟﺰاي ﻣﻮاد ﻣﺨﺘﻠﻂ از ﻧﻈﺮ ﺷﻜﻞ و ﺗﺮﻛﻴﺐ ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ ﻣﺘﻔﺎوت ﺑﻮده و در ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ

ﺣﻞ ﻧﻤﻲ ﺷﻮﻧﺪ و از ﻧﻈﺮ اﻧﺪازه و اﺑﻌﺎد در ﺣﺪ ﻣﻴﻜﺮوﺳﻜﻮﭘﻲ و ﻣﺎﻛﺮوﺳﻜﻮﭘﻲ وﺟﻮد دارﻧﺪ. ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻣﻲ ﺗﻮان

ﻣﻮادي ﺑﺎ ﺧﻮاص ﺟﺪﻳﺪ ﺑﻪ دﺳﺖ آورد ﻛﻪ ﺑﻪ ﻧﻮﺑﻪ ﺧﻮد داراي ﺧﻮاص ﻣﻨﺎﺳﺒﺘﺮ از ﺧﻮاص ﻫﺮ ﻳﻚ از اﺟﺰاي اوﻟﻴﻪ

اﺳﺖ. ﻣﻮادي ﻛﻪ درﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻬﺎ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان زﻣﻴﻨﻪ و ﺗﻘﻮﻳﺖ ﻛﻨﻨﺪه ﺑﻜﺎر ﻣﻲ روﻧﺪ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﻨﺪ از ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي،

ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ و ﭘﻠﻴﻤﺮي ﺑﺎﺷﻨﺪ.

ﻣﻮاد ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻲ ﺑﻴﺸﺘﺮ ﺷﺎﻣﻞ ﻳﻚ ﺟﺰء ﻧﺮم و ﺷﻜﻞ ﭘﺬﻳﺮ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﺟﺰء اﺻﻠﻲ زﻣﻴﻨﻪ و ﻳﻚ ﺟﺰء ﺑﺴﻴﺎر ﺳﻔﺖ و

ﺳﺨﺖ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﺗﻘﻮﻳﺖ ﻛﻨﻨﺪه اﺳﺖ. ﺟﺰء ﺗﻘﻮﻳﺖ ﻛﻨﻨﺪه ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﺷﺎﻣﻞ ﻳﻚ ﻋﻨﺼﺮ ﺧﺎﻟﺺ و ﻳﺎ از ﺗﺮﻛﻴﺒﺎت

ﺑﻴﻦ ﻓﻠﺰي )اﻳﻨﺘﺮﻣﺘﺎﻟﻴﻚ( ﺑﺎ ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﺎﻻ ﺑﺎﺷﺪ. ﺷﻜﻞ ﻫﻨﺪﺳﻲ ﺟﺰء ﺗﻘﻮﻳﺖ ﻛﻨﻨﺪه ﺑﻴﺸﺘﺮ ﺑﻪ ﺷﻜﻞ ﻫﺎي ذره اي،

اﻟﻴﺎﻓﻲ و در ﻣﻮادي ﺑﻪ ﺷﻜﻠﻬﺎي ﺣﺼﻴﺮي و ﺻﻔﺤﻪ اي اﺳﺖ. ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻬﺎ ﻣﻌﻤﻮﻻ داراي اﺳﺘﺤﻜﺎم ﺑﺎﻻ و ﭼﮕﺎﻟﻲ

ﭘﺎﺋﻴﻨﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ.

ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﺳﺎده ﺗﺮﻳﻦ ﻣﺜﺎل ﺑﺮاي ﻣﻮاد ﻛﺎﻣﭙﻮزﻳﺘﻲ ﻣﻲ ﺗﻮان از ﺑﺘﻦ ﺳﺎده )ﻣﺨﻠﻮﻃﻲ از ﺳﻴﻤﺎن، ﺷﻦ و رﻳﮓ( ﺑﺘﻦ

ﻣﺴﻠﺢ )ﻣﺨﻠﻮﻃﻲ از ﺳﻴﻤﺎن و ﺷﻦ ﺑﺎ ﻣﻔﺘﻮﻟﻬﺎي ﻓﻮﻻدي(، ﻻﺳﺘﻴﻚ ﭼﺮخ اﺗﻮﻣﺒﻴﻞ )ﻣﺨﻠﻮﻃﻲ از ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي و

ﻛﻨﻒ و ﻳﺎ ﻣﻔﺘﻮﻟﻬﺎي ﻓﻮﻻدي(، ﻓﺎﻳﺒﺮ ﮔﻼس )ﻣﺨﻠﻮﻃﻲ از ﻣﻮاد ﺳﺮاﻣﻴﻜﻲ ،ﭘﻠﻴﻤﺮي و رزﻳﻨﻲ( ﻧﺎم ﺑﺮد.

ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻢ:

ﻣﻲ داﻧﻴﻢ ﻣﺎده از ﺗﻌﺪادي اﺗﻢ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه و ﻫﺮ اﺗﻢ ﺷﺎﻣﻞ ﻫﺴﺘﻪ اي اﺳﺖ ﻛﻪ ﺗﻮﺳﻂ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ اﺣﺎﻃﻪ ﺷﺪه

اﺳﺖ. ﻗﺴﻤﺖ ﻋﻤﺪه وزن اﺗﻢ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ اﺳﺖ ﻛﻪ از ﻣﺠﻤﻮع ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎ و ﻧﻮﺗﺮوﻧﻬﺎ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه اﺳﺖ.

وزن

9 /109 

28

10

gr

و ﻫﺮ اﻟﻜﺘﺮون

## 1/ 675 

24

## 10

gr

ﻫﺮ ﻧﻮﺗﺮون

1/ 673 

24

10

gr

ﻫﺮ ﭘﺮوﺗﻮن

دارد.

ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ ﺑﻴﺸﺘﺮ ﺧﻮاص اﺗﻤﻲ ﻣﺎده را ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ ﻛﻪ اﻳﻦ ﺧﻮاص ﺑﻪ آراﻳﺶ اﺗﻤﻲ و ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي اﺗﻤﻲ

آن ﺑﺴﺘﮕﻲ زﻳﺎدي ﻧﺨﻮاﻫﺪ داﺷﺖ.

از ﺟﻤﻠﻪ اﻳﻦ ﺧﻮاص ﻣﻲ ﺗﻮان از : ﺗﻤﺎم ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻚ ﻫﺴﺘﻪ اي ﻣﺎﻧﻨﺪ ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﺟﺬب ﻧﻮﺗﺮون و ﺷﻜﺎﻓﺘﻪ ﺷﺪن و

ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻢ ﻛﻪ اﺑﺘﺪا ﺑﻪ وﺳﻴﻠﻪ ﻧﻮع ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﺷﻮد، ﻧﺎم ﺑﺮد. ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ داراي ﺑﺎر ﻣﺜﺒﺖ

اﺳﺖ. در ﻓﻀﺎي اﻃﺮاف اﺗﻢ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﻛﻪ داراي ﺑﺎر اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﻣﻨﻔﻲ اﺳﺖ در ﺣﺮﻛﺘﻨﺪ. ﺗﻮزﻳﻊ اﻳﻦ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﺑﻪ

ﭼﮕﺎﻟﻲ اﻳﻦ اﺑﺮاﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ ﻣﻌﺎدل ﺑﺎ

در اﻃﺮاف ﻫﺴﺘﻪ ﻓﺮض ﻛﺮد.

دور ﻫﺴﺘﻪ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺷﺒﻴﻪ اﺑﺮ ﻣﺘﺤﺮﻛﻲ

اﺣﺘﻤﺎل ﭘﻴﺪا ﻛﺮدن ﻳﻚ اﻟﻜﺘﺮون در ﻣﺤﻠﻲ از اﻃﺮاف ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ اﺳﺖ.

1

ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ و ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎ ﺑﺎ ﻫﻢ ﺑﺮاﺑﺮﻧﺪ. ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ اﻳﻨﻜﻪ ﻗﻄﺮ ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ ﺣﺪود 1000 ﻗﻄﺮ اﺗﻢ اﺳﺖ.

ﻣﻴﺘﻮان ﮔﻔﺖ ﻛﻪ ﻗﺴﻤﺖ ﻋﻤﺪه اي از ﻓﻀﺎي اﺗﻢ ﺧﺎﻟﻲ اﺳﺖ. ﺑﻴﻦ ﻫﺴﺘﻪ و اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ

اﻟﻜﺘﺮواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ ﻗﻮي وﺟﻮد دارد ﻛﻪ آﻧﻬﺎ را ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻣﺘﺼﻞ ﻣﻲ ﺳﺎزد.

ﻋﺪد اﺗﻤﻲ:

ﻋﺪد اﺗﻤﻲ ﺗﻌﺪاد ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ را ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ. در ﻫﺮ اﺗﻢ ﭼﻮن ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ و

ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎ ﺑﺎ ﻫﻢ ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ از اﻳﻦ رو ﻫﺮ اﺗﻢ از ﻟﺤﺎظ ﺑﺎر اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺧﻨﺜﻲ اﺳﺖ. ﻫﺮ ﻋﻨﺼﺮ ﻋﺪد اﺗﻤﻲ ﺧﺎص ﺧﻮد

را دارد. در ﺟﺪول ﺗﻨﺎوﺑﻲ ﻋﻨﺎﺻﺮ ﺑﺮ ﺣﺴﺐ اﻓﺰاﻳﺶ ﻋﺪد اﺗﻤﻲ ﺧﻮد ﺗﻨﻈﻴﻢ و ﺑﻪ ﺗﺮﺗﻴﺐ در ردﻳﻔﻬﺎي اﻓﻘﻲ ﻗﺮار

ﮔﺮﻓﺘﻪ اﻧﺪ. ﻋﺪد اﺗﻤﻲ ﻣﺸﺨﺺ ﻛﻨﻨﺪه ﺗﻐﻴﻴﺮات ﻳﻜﻨﻮاﺧﺖ در ﺧﻮاص ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ و ﺑﻴﺸﺘﺮ ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ ﻳﻚ

ﻋﻨﺼﺮ ﻣﺤﺴﻮب ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﺴﻴﺎري از ﺧﻮاص ﻋﻨﺎﺻﺮ ﺗﻐﻴﻴﺮات ﺗﻨﺎوﺑﻲ دارد و ﻋﻨﺎﺻﺮ ﺑﺎ ﺧﻮاص ﻣﺸﺎﺑﻪ در ﺟﺪول

ﺗﻨﺎوﺑﻲ در ﺳﺘﻮﻧﻬﺎي ﻋﻤﻮدي ﺑﻪ ﻧﺎم ﮔﺮوه ﻗﺮار ﮔﻔﺘﻪ اﻧﺪ. ﺗﻤﺎم ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻳﻚ ﮔﺮوه داراي ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻗﺸﺮ

ﺧﺎرﺟﻲ ﻳﺎ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻇﺮﻓﻴﺖ ﺑﺮاﺑﺮﻧﺪ ﻛﻪ ﻣﻨﺠﺮ ﺑﻪ داﺷﺘﻦ ﺧﻮاص ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ ﻣﺸﺎﺑﻪ ﺧﻮاﻫﺪ ﺷﺪ.

ﺟﺮم اﺗﻤﻲ:

ﺟﺮم اﺗﻤﻲ ﻳﻚ اﺗﻢ ﺟﺮم آن را ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي دﻳﮕﺮ ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ. ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ اﻳﻨﻜﻪ ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎ و ﻧﻮﺗﺮوﻧﻬﺎ

ﺗﻘﺮﻳﺒﺎً ﺗﻤﺎﻣﻲ ﺟﺮم اﺗﻤﻲ را ﺗﺸﻜﻴﻞ ﻣﻲ دﻫﻨﺪ، ﺟﺮم اﺗﻤﻲ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺗﻌﺪاد ﻛﻞ ﻳﺎ ﺗﻌﺪاد ﻣﺘﻮﺳﻂ )در ﻣﻮرد اﻳﺰوﺗﻮﭘﻬﺎ( ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎ + ﻧﻮﺗﺮوﻧﻬﺎ ﺗﻌﺮﻳﻒ ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل ﺟﺮم اﺗﻤﻲ ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ 6 ﭘﺮوﺗﻮن و 6 ﻧﻮﺗﺮون ﺑﺮاﺑﺮ 12 واﺣﺪ ﺟﺮم اﺗﻤﻲ اﺳﺖ. اﻣﺎ ﺑﻪ دﻟﻴﻞ اﻳﻨﻜﻪ ﺟﺮم ﻳﻚ اﺗﻢ ﻋﺪد ﻛﻮﭼﻜﻲ اﺳﺖ در ﺷﻴﻤﻲ واﺣﺪ ﺑﺰرﮔﺘﺮ از ﻳﻚ

اﺗﻢ را ﺑﺮاي ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ ﻣﻘﺪار ﻣﻮاد ﮔﻮﻧﺎﮔﻮن اﻧﺘﺨﺎب ﻛﺮده اﻧﺪ. اﻳﻦ واﺣﺪ ﮔﺮم ﻣﻮل ﻳﺎ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺳﺎده ﺗﺮ ﻣﻮل

ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل ﻳﻚ ﮔﺮم ﻣﻮل ﻳﺎ ﻳﻚ ﻣﻮل از آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم 26.98 ﮔﺮم ﺟﺮم دارد و ﺷﺎﻣﻞ

## 6 /023 1023

6 /023 1023

اﺗﻢ اﺳﺖ.

ﺗﻌﺪاد

ﺑﻪ ﻋﺒﺎرت دﻳﮕﺮ ﺟﺮم ﻳﻚ ﻣﻮل از اﺗﻢ ﻫﺎ ﻛﻪ ﺷﺎﻣﻞ ﺗﻌﺪاد اﺳﺖ ﻳﻚ اﺗﻢ ﮔﺮم ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد.

اﺳﺖ.

*g* .*mol*

 1

از اﻳﻦ رو واﺣﺪ وزن اﺗﻤﻲ

اﻏﻠﺐ ﺧﻮاص ﻣﻮاد ﺑﻪ رﻓﺘﺎر اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي اﻃﺮاف ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ ﻛﻪ ﺗﻌﺪاد آﻧﻬﺎ ﺑﺮاﺑﺮ ﺗﻌﺪاد ﭘﺮوﺗﻮﻧﻬﺎﺳﺖ ﺑﺴﺘﮕﻲ ﺧﻮاﻫﺪ

داﺷﺖ.

اﻧﻮاع ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ در ﺟﺎﻣﺪات:

ﻣﻮاد ﺟﺎﻣﺪ ﻫﻤﮕﻲ از اﺗﺼﺎل اﺗﻢ ﻫﺎي ﻳﻜﺴﺎن و ﻳﺎ ﻣﺘﻔﺎوت ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه اﻧﺪ. ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺑﻴﻦ اﺗﻤﻲ ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ

ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﻣﻮاد در اﺛﺮ ﺗﺎﺛﻴﺮات ﻣﺘﻘﺎﺑﻞ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻣﻮاد ﺧﺎرﺟﻲ ﺑﺮ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺳﺖ. اﻳﻦ ﺗﺎﺛﻴﺮات ﻣﺘﻘﺎﺑﻞ از

اﻧﻮاع ﻣﺨﺘﻠﻒ ﺑﻮده و ﺑﻪ آراﻳﺶ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻳﻚ ﻣﺎده و ﻣﻮﻗﻌﻴﺖ آن ﻣﺎده در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺗﻨﺎوﺑﻲ

ﻣﻮﺟﻮد ﺑﺴﺘﮕﻲ ﺧﻮاﻫﺪ داﺷﺖ. اﻳﻦ ﺗﺎﺛﻴﺮات ﻣﺘﻘﺎﺑﻞ ﻣﺨﺘﻠﻒ ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرت دﻳﮕﺮ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﻣﺘﻔﺎوت ، ﺧﻮاص

ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ و ﻳﺎ ﺷﻴﻤﻴﺎﻳﻲ ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ را در ﺑﺴﻴﺎري از ﻣﻮاد ﺳﺒﺐ ﻣﻲ ﺷﻮد.

-1 ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ:

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﺳﺎده ﺗﺮﻳﻦ ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺳﺒﺐ اﺗﺼﺎل ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻣﺨﺘﻠﻒ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻣﻲ ﺷﻮد. اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻫﻤﻴﺸﻪ

ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎي ﺑﺎردار ﻣﺨﺎﻟﻒ )ﻣﺜﺒﺖ و ﻣﻨﻔﻲ( ﻗﺮار دارد. ﺗﺸﻜﻴﻞ اﻳﻦ ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪ در اﺛﺮ اﻳﻦ اﺳﺖ ﻛﻪ اﺗﻢ ﻫﺎ ﻣﺎﻳﻠﻨﺪ

ﺑﻪ ﺻﻮرت ﮔﺎزﻫﺎي اﻳﺪه آل ﭘﺎﻳﺪار در آﻳﻨﺪ، ﻟﺬا اﺗﻤﻲ ﻛﻪ در ﻣﻮاد ﺧﺎرﺟﻲ ﺧﻮد داراي ﺗﻌﺪاد ﻛﻤﻲ اﻟﻜﺘﺮون اﺳﺖ

ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ آﻧﻬﺎ را ﺑﻪ ﺳﺎدﮔﻲ در ﻣﻘﺎﺑﻞ اﺗﻤﻲ ﻛﻪ ﻣﻮاد ﺧﺎرﺟﻲ ْآن ﺗﻘﺮﻳﺒﺎ ﭘﺮ اﺳﺖ از دﺳﺖ ﺑﺪﻫﺪ و ﻫﺮ دو اﺗﻢ

داراي ﻳﻚ ﻣﺪار ﺧﺎرﺟﻲ ﻛﺎﻣﻞ ﺷﻮد. در اﻳﻦ ﺻﻮرت ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي آﻧﻬﺎ ﻛﻪ داراي ﺑﺎر ﻣﻨﻔﻲ اﺳﺖ ﺑﺎ ﺑﺎر ﻫﺴﺘﻪ

آن ﻣﻄﺎﺑﻘﺖ ﻧﻤﻲ ﻛﻨﺪ و اﺗﻢ ﻫﺎ از ﻟﺤﺎظ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ داراي ﺑﺎرﻫﺎي ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل اﺗﺼﺎل ﻳﺎ

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻫﺮ اﺗﻢ ﻛﻠﺮ ﺑﺎ ﻳﻚ اﺗﻢ ﺳﺪﻳﻢ در ﻧﻤﻚ ﻃﻌﺎم (NaCl) را در ﻧﻈﺮ ﺑﮕﻴﺮﻳﺪ.

3*p*

از ﻗﺸﺮ N ﻛﻠﺮ ﻣﻲ دﻫﺪ و ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻳﻚ

از ﻗﺸﺮ M ﺧﻮد را ﺑﻪ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي

(3*s*)

ﺳﺪﻳﻢ ﻳﻚ اﻟﻜﺘﺮون

آﻧﻴﻮن( ﺷﻜﻞ ﻣﻲ ﮔﻴﺮد و ﺑﺎ ﻳﻚ

**Cl**

ﻛﺎﺗﻴﻮن( و ﻳﻚ ﻳﻮن ﻛﻠﺮ ﺑﺎ ﺑﺎر ﻣﻨﻔﻲ )

*Na*

ﻳﻮن ﺳﺪﻳﻢ ﺑﺎ ﺑﺎر ﻣﺜﺒﺖ )

ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ اﻟﻜﺘﺮواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ ﻗﻮي ﺑﻪ ﺻﻮرت ﭘﺎﻳﺪار ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل ﻣﻲ ﻳﺎﺑﻨﺪ. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ در اﻳﻨﺠﺎ ﻧﻴﺮوي

ﺟﺎذﺑﻪ ﻫﻤﺎن ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ ﻛﻮﻟﻤﺐ اﺳﺖ ﻛﻪ ﻣﺴﺒﺐ اﺻﻠﻲ اﻧﺮژي اﺗﺼﺎل ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻧﻤﻚ ﻃﻌﺎم اﺳﺖ.

زﻣﺎﻧﻲ ﻛﻪ ﻳﻮﻧﻬﺎ ﺗﺤﺖ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ ﻛﻮﻟﻤﺒﻲ ﺑﻪ ﻫﻢ ﻧﺰدﻳﻚ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻳﻚ ﻳﻮن اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي

ﻳﻮن دﻳﮕﺮ را دﻓﻊ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ. ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﻧﻴﺮوﻫﺎي داﻓﻌﻪ ﺑﻴﻦ ﻫﺴﺘﻪ ﻫﺎ اﻳﺠﺎد ﻣﻲ ﺷﻮد. و در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﭘﺲ از ﻧﺰدﻳﻚ

ﺷﺪن ﻳﻮﻧﻬﺎ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ در ﻓﺎﺻﻠﻪ زﻣﺎﻧﻲ ﻛﻮﺗﺎه ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺟﺎذﺑﻪ و داﻓﻌﻪ ﻫﺮ دو ﺑﺎ ﻫﻢ وارد ﻋﻤﻞ ﻣﻲ ﺷﻮد. اﻳﻦ

ﻛﻪ ﺑﻴﻦ ﺑﺎرﻫﺎي ﻣﺜﺒﺖ و ﻣﻨﻔﻲ وﺟﻮد دارد ﻣﻤﺎﻧﻌﺖ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ ﺗﺎ زﻣﺎﻧﻲ ﻛﻪ

*a*0

ﻧﻴﺮوي داﻓﻌﻪ ﺑﺎ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ ﻛﻮﻟﻤﺒﻲ

اﻳﻦ دو ﻧﻴﺮوي داﻓﻌﻪ و ﺟﺎذﺑﻪ ﺑﺎ ﻫﻢ ﺑﺮاﺑﺮ ﺷﻮﻧﺪ ﻛﻪ در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻳﻮﻧﻬﺎ ﻣﻮﻗﻌﻴﺖ ﻣﺤﻠﻲ ﭘﺎﻳﺪاري را ﺑﻪ ﻓﺎﺻﻠﻪ از

*a*0

ﺑﺎﺷﺪ، ﺑﺮآﻳﻨﺪ ﻳﻚ ﻧﻴﺮوي ﺗﺪاﻓﻌﻲ و اﮔﺮ اﻳﻦ

*a*0

ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻛﺴﺐ ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ. ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎ ﻛﻤﺘﺮ از

*a*0

ﻛﻪ از ﺧﺼﻮﺻﻴﺎت وﻳﮋه ﻫﺮ ﻋﻨﺼﺮ

ﺑﺎﺷﺪ ﺑﺮآﻳﻨﺪ، ﻳﻚ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ اي اﺳﺖ. اﻳﻦ ﻓﺎﺻﻠﻪ

ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﺸﺘﺮ از

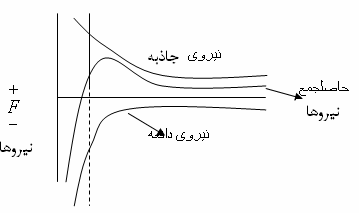
ﻣﺤﺴﻮب ﻣﻲ ﺷﻮد ﻋﺎﻣﻞ ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﻨﻨﺪه اي در ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﻮاد ﺟﺎﻣﺪ ﻳﻮﻧﻲ اﺳﺖ. زﻳﺮا ﻧﻴﺮوﻫﺎي اﻟﻜﺘﺮواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ

)ﻛﻮﻟﻤﺒﻲ ( ﺟﻬﺖ ﺑﻪ ﺧﺼﻮﺻﻲ ﻧﺪارﻧﺪ ﻳﻌﻨﻲ در ﺗﻤﺎم ﺟﻬﺎت ﺑﻪ ﻃﻮر ﻳﻜﺴﺎن ﻣﻮﺛﺮﻧﺪ. ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﻧﻤﻮدار ﻧﺸﺎن ﻣﻲ

دﻫﺪ ﻧﻴﺮوﻫﺎي داﻓﻌﻪ ﺑﺎ ﻛﺎﻫﺶ ﻓﺎﺻﻠﻪ اﺗﻤﻲ ﺑﻪ اﻳﻦ دﻟﻴﻞ ﻛﻪ ﻗﺸﺮﻫﺎي داﺧﻠﻲ ﻫﺮدو ﻳﻮن ﻛﻪ از ﻧﻈﺮ ﺗﻌﺪاد

اﻟﻜﺘﺮون ﻛﺎﻣﻞ ﻫﺴﺘﻨﺪ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻧﺰدﻳﻚ وﻓﺸﺮده ﺧﻮاﻫﻨﺪ ﺷﺪ، ﺑﺴﻴﺎر ﺳﺮﻳﻌﺘﺮ از ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺟﺎذﺑﻪ اﻓﺰاﻳﺶ

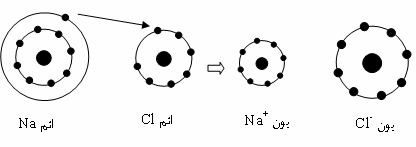
ﻣﻲﻳﺎﺑﺪ.



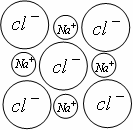
ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي در ﻋﻨﺼﺮ ﻣﺨﺘﻠﻒ ﺑﺎ اﻟﻜﺘﺮوﻧﮕﺎﺗﻴﻮﻳﺘﻪ ﻣﺘﻔﺎوت وﻗﺘﻲ ﻛﻪ ﺳﺪﻳﻢ اﻟﻜﺘﺮون ﻇﺮﻓﻴﺖ ﺧﻮد را

ﺑﻪ ﻛﻠﺮ ﻣﻲ دﻫﺪ،ﻫﺮ ﻳﻚ از اﺗﻢ ﻫﺎ ﺑﻪ ﻳﻮن ﺑﺎردار ﺗﺒﺪﻳﻞ ﻣﻲ ﺷﻮد و ﺑﺎ ﻇﺎﻫﺮ ﮔﺸﺘﻦ ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺟﺎذﺑﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ

ﺷﻜﻞ ﻣﻲ ﮔﻴﺮد.



ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي دو ﻋﻨﺼﺮ ﻣﺨﺘﻠﻒ ﺑﺎ اﻟﻜﺘﺮوﻧﮕﺎﺗﻴﻮﻳﺘﻪ ﻣﺘﻔﺎوت



وﻗﺘﻲ ﻛﻪ ﺳﺪﻳﻢ اﻟﻜﺘﺮون ﻇﺮﻓﻴﺖ ﺧﻮد را ﺑﻪ ﻛﻠﺮ ﻣﻴﺪﻫﺪ، ﻫﺮ ﻳﻚ از اﺗﻢ ﻫﺎ ﺑﻪ ﻳﻮن ﺑﺎردار ﺗﺒﺪﻳﻞ ﻣﻲ ﺷﻮد و ﺑﺎ

ﻇﺎﻫﺮﮔﺸﺘﻦ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﺷﻜﻞ ﻣﻲ ﮔﻴﺮد.

اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ اﺗﺼﺎل ﻳﻮﻧﻲ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﻛﻤﻚ رواﺑﻂ داده ﺷﺪه ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻛﺮد. اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﺑﻴﻦ دو ﻳﻮن

ﻛﻪ در ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻨﻬﺎﻳﺖ از ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻪ، ﺻﻔﺮ ﻓﺮض ﺷﺪه اﺳﺖ، زﻳﺮا اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﺑﺮاﺑﺮ ﺣﺎﺻﻠﻀﺮب ﻧﻴﺮو

در ﻓﺎﺻﻠﻪ اﺳﺖ. ﺷﻜﻞ زﻳﺮ ﻧﻤﻮدار اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ اﺗﺼﺎل را ﻧﺸﺎن ﻣﻴﺪﻫﺪ. ﻣﻴﻨﻴﻤﻢ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ در ﻣﻮﻗﻌﻲ

*a*0

اﺳﺖ و اﻳﻦ ﻣﻴﻨﻴﻤﻢ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﻧﺸﺎن دﻫﻨﺪه ﺣﺎﻟﺖ

#### E  q1 / q2

اﺳﺖ ﻛﻪ ﻧﺰدﻳﻜﺘﺮﻳﻦ ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ ﻣﺮاﻛﺰ دو ﻳﻮن ﺑﺮاﺑﺮ

ﺑﺎر q2 , q1)

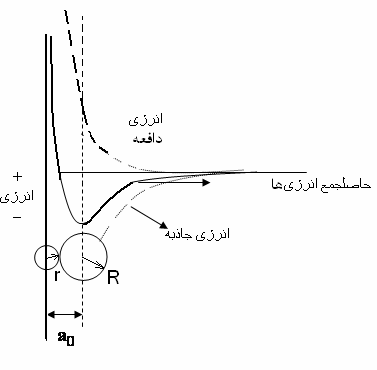
ﺗﻌﺎدل ﭘﺎﻳﺪار ﺑﻴﻦ دو ﻳﻮن اﺳﺖ. ﻫﻤﺎﻧﻄﻮر ﻛﻪ از راﺑﻄﻪ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﻳﻌﻨﻲ **a2**

اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ دو ﻳﻮن وa ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ ﻣﺮاﻛﺰ دو ﻳﻮن( ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد اﮔﺮﺑﺎرﻫﺎي اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﻳﻮﻧﻬﺎي ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ ﻫﺮ دو

ﻣﺜﺒﺖ ﻳﺎ ﻫﺮ دو ﻣﻨﻔﻲ ﺑﺎﺷﺪ اﻳﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ را دﻓﻊ ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ و در ﻧﺘﻴﺠﻪ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ آﻧﻬﺎ اﻓﺰاﻳﺶ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ و ﻋﻤﻞ ﻧﺰدﻳﻚ ﻛﺮدن اﻳﻦ دو ﻳﻮن از ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻲ ﻧﻬﺎﻳﺖ ﺑﻪ ﻓﺎﺻﻠﻪ a ﺑﺎ دادن اﻧﺮژي ﺑﻪ ﺳﻴﺴﺘﻢ اﻣﻜﺎﻧﭙﺬﻳﺮ

اﺳﺖ. در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ اﮔﺮ ﺑﺎر اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﻳﻚ ﻳﻮن ﻣﺜﺒﺖ و ﺑﺎر اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﻳﻮن دﻳﮕﺮ ﻣﻨﻔﻲ ﺑﺎﺷﺪ،ﻋﻤﻞ ﻧﺰدﻳﻚ ﺷﺪن اﻳﻦ دو ﻳﻮن از ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻨﻬﺎﻳﺖ ﺑﻪ ﻓﺎﺻﻠﻪ a ﺑﺎ آزاد ﺷﺪن اﻧﺮژي ﻫﻤﺮاه اﺳﺖ،ﻳﻌﻨﻲ اﻳﻦ دو ﻳﻮن ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ را ﺟﺬب

ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ و اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻛﺎﻫﺶ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ.



در ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ ﺑﺎ ﻓﻠﺰات ،ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎي ﻳﻮﻧﻲ داراي ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﻫﺪاﻳﺖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺑﺴﻴﺎر ﺿﻌﻴﻒ ﻫﺴﺘﻨﺪ. زﻳﺮا ﻛﻪ در اﻳﻦ

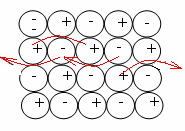
ﻧﻮع ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ ﺟﺮﻳﺎن اﻟﻜﺘﺮﻳﺴﻴﺘﻪ ﺗﻮﺳﻂ ﺣﺮﻛﺖ اﺑﺮ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ اﻧﺠﺎم ﻧﻤﻲ ﮔﻴﺮد ﺑﻠﻜﻪ ﺗﻮﺳﻂ ﺣﺮﻛﺖ ﻳﻮﻧﻬﺎ آن ﻫﻢ

ﻫﻨﮕﺎﻣﻲ ﻛﻪ ﻣﺎده ﺗﺤﺖ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺑﺎﻻ ﻗﺮار ﮔﻴﺮد و ﻳﺎ ﻣﻮﻗﻌﻲ ﻛﻪ ﻣﺎده ﺑﻪ ﺻﻮرت اﻟﻜﺘﺮوﻟﻴﺰ درآﻳﺪ،

ﻳﻌﻨﻲ در اﺛﺮ ﺟﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻳﻮﻧﻬﺎ، اﻧﺠﺎم ﻣﻲ ﮔﻴﺮد.

ﺑﺎ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﻣﺎده ﻳﻮﻧﻲ در ﻣﻴﺪان اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ،ﻳﻮﻧﻬﺎ ﺑﻪ آراﻣﻲ ﺷﺮوع ﺑﻪ ﺣﺮﻛﺖ ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ و ﺟﺮﻳﺎن اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ

ﺿﻌﻴﻔﻲ ﺑﺮﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﺮدد.



ﺑﺮﺧﻼف ﻓﻠﺰات، ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎي ﻳﻮﻧﻲ ﺳﺨﺖ و ﺗﺮدﻧﺪ و ﻋﻤﻼً ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ ﻧﺪارﻧﺪ. ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي

ﻳﻮﻧﻲ ﺑﻴﻦ ﻋﻨﺎﺻﺮ ﭼﻨﺪ ﻇﺮﻓﻴﺘﻲ ﺑﻪ ﻋﻠﺖ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﺑﻴﺸﺘﺮ ﻗﻮﻳﺘﺮاز ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﺑﻴﻦ ﻋﻨﺎﺻﺮ ﻳﻚ ﻇﺮﻓﻴﺘﻲ

اﺳﺖ. ﺑﻪ ﻫﻤﻴﻦ ﻋﻠﺖ اﺳﺖ ﻛﻪ اﻛﺴﻴﺪﻫﺎي ﻓﻠﺰات ﻛﻪ ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎ را ﺗﺸﻜﻴﻞ ﻣﻲ دﻫﻨﺪ داراي ﻧﻘﻄﻪ ذوب ﺑﺴﻴﺎر

ﺑﺎﻻ ﻛﻪ از ﻣﺸﺨﺼﺎت وﻳﮋه اﻳﻦ ﮔﻮﻧﻪ ﻣﻮاد اﺳﺖ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﻨﺪ. ﻗﺪرت ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﺑﺮﻣﺪول اﻻﺳﺘﻴﻜﻲ و

ﺿﺮﻳﺐ اﻧﺒﺴﺎط ﺣﺮارﺗﻲ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﺧﻮاﻫﺪ داﺷﺖ.

-2ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﻳﺎ اﺗﺼﺎل اﺷﺘﺮاﻛﻲ

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ از ﺑﻪ اﺷﺘﺮاك ﮔﺬاﺷﺘﻦ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻗﺸﺮ ﺧﺎرﺟﻲ ﺑﺮاي ﺑﻪ دﺳﺖ آوردن وﺿﻌﻴﺖ ﭘﺎﻳﺪار دو اﺗﻢ ﺣﺎﺻﻞ ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺳﺎده ﺗﺮﻳﻦ ﻣﺜﺎل ﺑﺮاي اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻣﻮﻟﻜﻮل H2 اﺳﺖ. در ﻣﻮﻟﻜﻮل ﻫﻴﺪروژن ﻫﺮ دو اﻟﻜﺘﺮون ﻫﻤﺰﻣﺎن ﺑﻪ ﻫﺮ دو ﻫﺴﺘﻪ ﻫﻴﺪرژن ﺗﻌﻠﻖ دارد ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﻫﺮ دو اﻟﻜﺘﺮون اورﺑﻴﺘﺎل1S ، اﺣﺘﻤﺎل اﻗﺎﻣﺖ در ﻳﻚ

ﻣﺤﻞ در اﻃﺮاف ﻫﺮ دو ﻫﺴﺘﻪ را ﺑﻪ ﻃﻮر ﻫﻤﺰﻣﺎن داراﺳﺖ. در ﭘﻴﻮﻧﺪ اﺷﺘﺮاﻛﻲ ﺟﺎ ذﺑﻪ ﻛﻮﻟﻤﺒﻲ وارد ﻧﻤﻲ ﺷﻮد.

اﺗﺼﺎل اﺷﺘﺮاﻛﻲ از ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎﻳﻲ ﻛﻪ اﻏﻠﺐ ﺑﻴﻦ ﻫﺴﺘﻪ ﻫﺎي ﻣﺜﺒﺖ دو اﺗﻢ در ﺣﺮﻛﺖ اﺳﺖ ﺑﻪ وﺟﻮد

ﻣﻲ آﻳﺪ. ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ اﻳﻦ ﻧﻴﺮوﻫﺎ ﭘﻴﭽﻴﺪه ﺗﺮ از ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻧﻴﺮوﻫﺎ در ﺗﺮﻛﻴﺒﺎت ﻳﻮﻧﻲ اﺳﺖ. ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎي ﻣﻮادي ﻣﺎﻧﻨﺪ

**O2 , N2 , F2 , Cl2**

ﻛﻪ داراي ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ اﻫﻤﻴﺖ ﭼﻨﺪاﻧﻲ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﻮاد ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ ﻣﺎ ﻧﺪارد.

ﺷﺮط اوﻟﻴﻪ ﺑﺮاي اﻳﻨﻜﻪ ﻳﻚ ﺟﺴﻢ ﭘﺎﻳﺪار ﺑﺎ ﻧﻘﻄﻪ ذوب ﺑﺎﻻ ﺑﻪ وﺟﻮد آﻳﺪ اﻳﻦ اﺳﺖ ﻛﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﺑﻴﻦ

ﺗﻌﺪاد زﻳﺎدي از اﺗﻢ ﻫﺎ ﺑﻪ وﺟﻮد آﻳﺪ ﻛﻪ ﭼﻨﻴﻦ ﭼﻴﺰي در ﻣﻮارد ذﻛﺮ ﺷﺪه ﻣﻮﺟﻮد ﻧﻴﺴﺖ.

اﻣﺎ در ﺳﺎﺧﺘﺎرﻫﺎﻳﻲ ﻣﺎﻧﻨﺪ ﺳﺎﺧﺘﺎر اﻟﻤﺎس، ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ،اﺗﻢ ﻫﺎ را ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺑﺴﻴﺎر ﻣﺤﻜﻤﻲ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل ﻣﻲ دﻫﺪ و ﺳﺒﺐ ﺳﺨﺘﻲ ﺑﺴﻴﺎر زﻳﺎد و ﻧﻘﻄﻪ ذوب ﺑﺴﻴﺎر ﺑﺎﻻي اﻟﻤﺎس 3800)درﺟﻪ ﺳﺎﻧﺘﻴﮕﺮاد( ﻣﻲ

دﻳﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد.

ﺑﺎﺷﺪ. ﻳﻚ ﭼﻨﻴﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎري در ﻋﻨﺎﺻﺮي ﭼﻮن Ge,Si,C

ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ ﺑﺴﻴﺎري از ﻣﻮاد ﭘﻠﻴﻤﺮي )ﺷﺎﻣﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻬﺎ واﻻﺳﺘﻮﻣﺮﻫﺎﻳﻲ ﭼﻮن ﻻﺳﺘﻴﻚ( ﺗﺎﺣﺪودي

ﺑﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﻣﻮﺟﻮد ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ دﻳﮕﺮ اﺗﻤﻬﺎ ارﺗﺒﺎط دارد. ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﺑﺴﻴﺎر ﻗﻮي

اﺳﺖ. ﻣﻮاد ﺑﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﻣﺤﺾ ﺷﻜﻞ ﭘﺬﻳﺮي ﺿﻌﻴﻒ،ﻫﺪاﻳﺖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ و ﺣﺮارﺗﻲ ﺑﺴﻴﺎر ﻛﻤﻲ دارﻧﺪ. در ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﺑﻦ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﮔﺮاﻓﻴﺖ ﻫﺮ ﺳﻪ اﺗﻢ ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪ اﺷﺘﺮاﻛﻲ ﺑﺎ زاوﻳﻪ 120 درﺟﻪ ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ در

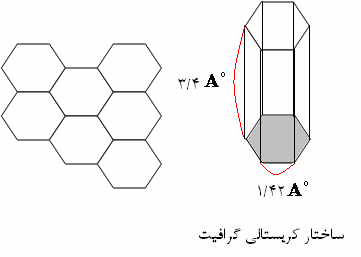
ﻳﻚ ﺻﻔﺤﻪ ﻗﺮار دارﻧﺪ. ﻛﺮﺑﻦ ﭼﻬﺎرم و در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﺗﻮﺳﻂ ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ ﺿﻌﻴﻒ ﻛﻪ در ﻗﺴﻤﺖ

ﭘﻴﻮﻧﺪ واﻧﺪرواﻟﺲ ﻣﻮرد ﺑﺤﺚ ﻗﺮار ﺧﻮاﻫﺪ ﮔﺮﻓﺖ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ. اﻳﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎر، ﺳﺎﺧﺘﺎر ﮔﺮاﻓﻴﺘﻲ ﻧﺎم

دارد. ﺑﻪ ﺳﺒﺐ ﻫﻤﻴﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﺿﻌﻴﻒ اﺳﺖ ﻛﻪ ﻟﻐﺰش ﻻﻳﻪ ﻫﺎي ﮔﺮاﻓﻴﺖ ﺑﺮ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﻧﺠﺎم ﻣﻲ ﮔﻴﺮد.

در ﻧﺘﻴﺠﻪ اﻳﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺳﺖ ﻛﻪ ﮔﺮاﻓﻴﺖ داراي ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﻫﺪاﻳﺖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ اﺳﺖ در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ اﻟﻤﺎس ﻫﺎدي

اﻟﻜﺘﺮﻳﺴﻴﺘﻪ ﻧﻴﺴﺖ.



-3 ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ

ﻳﺎ (...

)ﻣﺎﻧﻨﺪ ﻧﺌﻮن و آرﮔﻮن و

ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ ﻳﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺲ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺑﻴﻦ ﮔﺎزﻫﺎي اﻳﺪه آل

ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎي ﭘﺎﻳﺪار ﻣﺎﻧﻨﺪ ﻣﺘﺎن و ﻣﻮاد آﻟﻲ دﻳﮕﺮ، در ﺣﺎﻟﺖ ﻣﺎﻳﻊ و ﺟﺎﻣﺪ اﺳﺖ . ﺑﻪ ﻫﻤﻴﻦ دﻟﻴﻞ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ

رﺑﻄﻲ ﺑﻪ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻇﺮﻓﻴﺖ ﻧﺪارد و در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺿﻌﻴﻔﻲ از ﻧﻮع اﻟﻜﺘﺮواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ اﺳﺖ. ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺑﻴﻦ

اﺗﻤﻲ اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺿﻌﻴﻒ در اﺛﺮ ارﺗﻌﺎﺷﺎت ﺣﺮارﺗﻲ از ﺑﻴﻦ ﺧﻮاﻫﺪ رﻓﺖ.

ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺲ در درﺟﻪ ﺣﺮارت ﻫﺎي ﭘﺎﺋﻴﻦ ﻇﺎﻫﺮ ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﺪﻳﻦ ﺟﻬﺖ ﻣﻲ ﺗﻮان ﮔﺎزﻫﺎي ﺑﻲ اﺛﺮ را در

درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﺑﺴﻴﺎر ﭘﺎﺋﻴﻦ ﺑﻪ ﺣﺎﻟﺖ ﻣﺎﻳﻊ ﻳﺎ ﺟﺎﻣﺪ در آورد. ﻋﺪم اﺳﺘﺤﻜﺎم اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎ را ﻣﻲ ﺗﻮان از ﭘﺎﺋﻴﻦ

ﺑﻮدن ﻧﻘﻄﻪ ذوب و ﺗﺒﺨﻴﺮ ﮔﺎزﻫﺎي ﺑﻲ اﺛﺮ درﻳﺎﻓﺖ. اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎ ﻫﺮ ﭼﻨﺪ ﺿﻌﻴﻒ اﺳﺖ وﻟﻲ در ﻣﻮاردي ﻛﻪ ﺗﻨﻬﺎ

ﻋﺎﻣﻞ ﭘﻴﻮﻧﺪ دﻫﻨﺪه اﺗﻢ ﻫﺎ و ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎ ﺑﺎﺷﺪ اﻫﻤﻴﺖ ﻓﺮاواﻧﻲ ﺧﻮاﻫﺪ داﺷﺖ.

اﺻﻮﻻً ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎ از ﻟﺤﺎظ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ ﺧﻨﺜﻲ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﻨﺪ وﻟﻲ اﮔﺮ ﻣﺮاﻛﺰ ﺑﺎرﻫﺎي ﻣﺜﺒﺖ و ﻣﻨﻔﻲ آﻧﻬﺎ ﺑﺮ ﻳﻜﻴﺪﻳﮕﺮ

ﻣﻨﻄﺒﻖ ﻧﺒﺎﺷﺪ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ دو ﻗﻄﺒﻴﻬﺎي داﺋﻤﻲ ﺑﺎﺷﺪ. اﻳﻦ ﻣﺴﺌﻠﻪ در ﺧﺼﻮص ﻣﻮﻟﻜﻮل آب ﻧﻴﺰ ﺻﺎدق اﺳﺖ.

اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﺑﻴﺸﺘﺮ وﻗﺖ ﺧﻮد را در ﻓﻀﺎي ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻫﻴﺪروژن و اﻛﺴﻴﮋن ﻣﻲ ﮔﺬراﻧﻨﺪ. در ﻧﺘﻴﺠﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي

ﻫﻴﺪروژن ﺑﺎر ﻣﺜﺒﺖ و اﺗﻢ ﻫﺎي اﻛﺴﻴﮋن ﺑﺎر ﻣﻨﻔﻲ ﭘﻴﺪا ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ.

اﻧﺘﻬﺎي ﻣﺜﺒﺖ ﻳﻚ ﻣﻮﻟﻜﻮل آب اﻧﺘﻬﺎي ﻣﻨﻔﻲ ﻣﻮﻟﻜﻮل دﻳﮕﺮ آب را ﺟﺬب ﻛﺮده و ﭘﻴﻮﻧﺪ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﻣﻲ ﺷﻮد.

ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي دو ﻳﻮن ﻗﻄﺒﻲ را ﻛﻪ ﻗﻄﺐ ﻣﺜﺒﺖ ﻫﻴﺪروژن ﺑﺎﺷﺪ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﻫﻴﺪروژﻧﻲ ﻣﻲ ﻧﺎﻣﻨﺪ. ﻛﻪ ﺑﻪ ﺳﺒﺐ

ﻛﻮﭼﻜﻲ ﻳﻮن ﻫﻴﺪروژن ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﻧﺴﺒﺘﺎً ﻗﻮي ﺑﺎﺷﺪ. ﺑﺴﻴﺎري از ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎ داراي دو ﻗﻄﺒﻴﻬﺎي داﺋﻤﻲ اﺳﺖ و

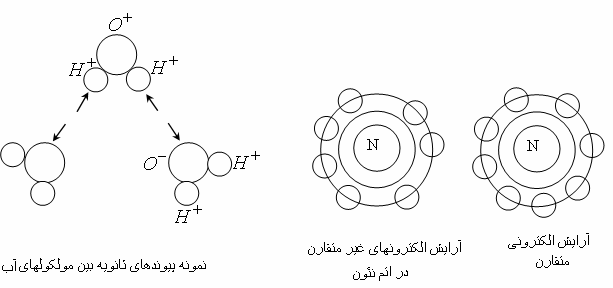
ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺑﻴﻦ اﻳﻦ ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي دو ﻗﻄﺒﻲ داﺋﻤﻲ ﻧﺎم دارد. اﻳﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎ ﺟﻬﺖ دار ﻫﺴﺘﻨﺪ. )ﺷﻜﻞ

زﻳﺮ(ﭘﻴﻮﻧﺪ دو ﻗﻄﺒﻲ ﺑﻪ روش دﻳﮕﺮي ﻧﻴﺰ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ اﻳﺠﺎد ﺷﻮد. اﺗﻢ ﻧﺌﻮن را ﻛﻪ در ﺷﻜﻞ زﻳﺮ ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه

اﺳﺖ.

در ﻧﻈﺮ ﺑﮕﻴﺮﻳﺪ. اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺘﻘﺎرن ﺣﻮل ﻫﺴﺘﻪ اﺗﻢ ﻧﻤﺎﻳﺶ داده ﺷﺪه اﺳﺖ وﻟﻲ در واﻗﻊ ﻧﻤﻲ ﺗﻮان

اﻧﺘﻈﺎر داﺷﺖ ﻛﻪ درﻫﺮ ﻟﺤﻈﻪ ﭼﻨﻴﻦ ﺗﻘﺎرﻧﻲ وﺟﻮد داﺷﺘﻪ ﺑﺎﺷﺪ.



اﺣﺘﻤﺎل اﻳﻨﻜﻪ دﻓﻌﺘﺎً اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﺑﻴﺸﺘﺮي در ﻳﻚ ﻃﺮف ﻫﺴﺘﻪ ﺟﻤﻊ ﺷﻮد وﺟﻮد دارد. ﺑﺎ اﻳﻦ آراﻳﺶ ﻳﻚ دو

ﻗﻄﺒﻲ ﻣﺘﻐﻴﺮ ﻛﻪ ﺑﺎ زﻣﺎن ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ در اﺗﻢ اﻳﺠﺎد ﻣﻲ ﺷﻮد. اﻳﻦ دو ﻗﻄﺒﻲ ﻣﺘﻐﻴﺮ روي دو ﻗﻄﺒﻴﻬﺎي ﻣﺘﻐﻴﺮ

اﺗﻢ ﻫﺎي دﻳﮕﺮ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻣﻲ ﮔﺬارد و در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻳﻚ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ ﺑﻴﻦ آﻧﻬﺎ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ ﻛﻪ ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ

ﭘﺮاﻛﻨﺪه ﻧﺎم دارد. اﻳﻦ ﭘﺪﻳﺪه ﻣﻮﺟﺐ اﻳﺠﺎد ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺿﻌﻴﻔﻲ ﺑﻪ ﻧﺎم ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺲ ﻣﻴﺸﻮد.

ﭘﻠﻴﻤﻴﺮﻫﺎ اﻏﻠﺐ داراي ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﺑﻮده و ازاﻳﻦ رو ﺑﺴﻴﺎر ﺗﺮد ﻫﺴﺘﻨﺪ، اﻣﺎ ﭘﻠﻴﻤﺮ ﭘﻠﻲ وﻳﻨﻴﻞ ﻛﻠﺮاﻳﺪ PVC

ﺑﻪ دﻟﻴﻞ داﺷﺘﻦ ﭘﻴﻮﻧﺪ واﻧﺪرواﻟﺲ ﺑﻴﻦ زﻧﺠﻴﺮه ﻫﺎي ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻲ در ﺟﻬﺖ ﺧﺎﺻﻲ ﺷﻜﻞ ﭘﺬﻳﺮ اﺳﺖ.

در ﭘﻠﻲ وﻳﻨﻴﻞ ﻛﺮاﻳﺪ، اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﻠﺮ ﺑﺎ ﺑﺎر ﻣﻨﻔﻲ ﺑﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻫﻴﺪروژن ﺑﺎ ﺑﺎر ﻣﺜﺒﺖ ﻣﺘﺼﻞ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. زﻧﺠﻴﺮﻫﺎ ﺑﻪ

ﻃﻮر ﺿﻌﻴﻔﻲ ﺑﻪ وﺳﻴﻠﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺲ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل دارﻧﺪ.

ﻣﻮﻗﻌﻲ ﻛﻪ ﻧﻴﺮوﻳﻲ ﺑﻪ ﭘﻠﻴﻤﺮ وارد ﺷﻮد ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺲ ﺷﻜﺴﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد و زﻧﺠﻴﺮﻫﺎ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻣﻲ

ﻟﻐﺰﻧﺪ.

-4ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي:

ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ از ﻧﺎم آن ﺑﺮداﺷﺖ ﻣﻲ ﺷﻮد اﻳﻦ ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪ درﻓﻠﺰات و آﻟﻴﺎژﻫﺎﻳﻲ ﺑﺎ اﻟﻜﺘﺮوﻧﮕﺎﺗﻴﻮﻳﺘﻪ ﭘﺎﺋﻴﻦ دﻳﺪه ﻣﻴﺸﻮد.

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي ﺑﺴﻴﺎر ﺷﺒﻴﻪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ اﺳﺖ. در ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي ﻫﺮ اﺗﻢ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻗﺸﺮ ﺧﺎرﺟﻲ ﺧﻮد را )زﻣﺎﻧﻲ

ﻛﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻓﻠﺰ ﺑﺮاي اﻳﺠﺎد ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺟﺎﻣﺪ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻧﺰدﻳﻚ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ( آزاد ﻣﻲ ﺳﺎزد.

ﺑﻪ ﻋﺒﺎرت دﻳﮕﺮ ﻣﻲ ﺗﻮان ﮔﻔﺖ ﻛﻪ اﻳﻦ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﻫﻤﺎﻧﻨﺪ آن ﺣﺎﻟﺘﻲ ﻛﻪ درﭘﻴﻮﻧﺪ اﺷﺘﺮاﻛﻲ وﺟﻮد دارد ﺑﻪ اﺗﻢ

ﻫﺎي ﻣﺠﺎورش ﺗﻌﻠﻖ ﻧﺪاﺷﺘﻪ ﺑﻠﻜﻪ ﺑﻪ ﺗﻤﺎﻣﻲ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺗﻌﻠﻖ دارد. اﻳﻦ اﻟﻜﺘﺮوﻫﺎي ﻗﺸﺮ

ﺧﺎرﺟﻲ ﻛﻪ ﺗﻤﺎﻣﻲ ﻓﻀﺎي ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎي اﺗﻢ ﻫﺎ را ﭘﺮ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ ﮔﺎز اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﺑﻄﻮر آزاداﻧﻪ و

ﺳﺮﻳﻊ ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎ در ﺣﺮﻛﺖ اﺳﺖ . اﺗﺼﺎل ﺑﻴﻦ ﻳﻮﻧﻬﺎي ﻣﺜﺒﺖ ﺑﺎ ﺑﺎر ﻣﻨﻔﻲ ﮔﺎز اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﺣﺮﻛﺖ

آزاداﻧﻪ و ﺳﺮﻳﻊ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻗﺸﺮ ﺧﺎرﺟﻲ ﻳﻜﻲ از دﻻﺋﻞ ﻋﻤﺪه ﻗﺎﺑﻠﻴﺖ ﻫﺪاﻳﺖ اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ و ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﺣﺮاراﺗﻲ

زﻳﺎد ﻓﻠﺰات و ﻋﺪم ﺷﻔﺎﻓﻴﺖ آﻧﻬﺎ در ﻣﻘﺎﺑﻞ ﻧﻮر اﺳﺖ.

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي ﻣﻌﻤﻮﻻ ﺿﻌﻴﻔﺘﺮ از ﭘﻴﻮﻧﺪ اﺷﺘﺮاﻛﻲ اﻣﺎ در ﺣﺪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ اﺳﺖ. ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي ﺑﺮﺧﻼف ﭘﻴﻮﻧﺪ

اﺷﺘﺮاﻛﻲ ﺟﻬﺖ دار ﻧﻴﺴﺖ ﺑﻪ اﻳﻦ دﻟﻴﻞ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺗﻤﺎﻳﻞ ﻓﻠﺰات ﺑﺮاي ﺳﺎﺧﺖ ﺷﺒﻜﻪ ﻫﺎي ﻓﻀﺎﻳﻲ ﺑﺎ ﻣﺘﺮاﻛﻤﺘﺮﻳﻦ

ﺷﻜﻞ زﻳﺎد اﺳﺖ.

ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻫﺎدي اﻟﻜﺘﺮﻳﺴﻴﺘﻪ در ﻳﻚ ﺳﺎﻧﺘﻴﻤﺘﺮ ﻣﻜﻌﺐ ﻧﻘﺮه اﻳﻦ ﭼﻨﻴﻦ ﻋﻤﻞ ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ.

## 10/ 49gr

:ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ Cm3

و ﭼﮕﺎﻟﻲ ﻧﻘﺮه

## 107 / 868g / mol

ﺟﺮم اﺗﻤﻲ ﻧﻘﺮه ﺑﺮاﺑﺮ

= ﺟﺮم اﺗﻤﻲ ﻳﻚ ﺳﺎﻧﺘﻴﻤﺘﺮ ﻣﻜﻌﺐ ﻧﻘﺮه

## 1Cm3 10/ 49

g / Cm3  10/ 49 gr

 (10/ 49gr)(6 /023 1023 atom/ mol) 

5.85

1022

ﺗﻌﺪاد اﺗﻤﻬﺎ

## 107 / 868 g / mol

5 / 85 1022

atom) / اﻟﻜﺘﺮون ﻇﺮﻓﻴﺖ( atoms = ﺗﻌﺪاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎي ﻫﺎدي

##  5 / 85 1022

اﻟﻜﺘﺮون در ﻫﺮ ﺳﺎﻧﺘﻴﻤﺘﺮ ﻣﻜﻌﺐ

ﭼﻨﺪ ﺗﺴﺖ :

ﺗﺴﺖ: ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻬﺎي ﭘﻠﻤﻴﺮ ﭼﮕﻮﻧﻪ اﺳﺖ )ﻛﻨﻜﻮر (79

(1 ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ (2 ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﻳﻮﻧﻲ و ﻓﻠﺰي

(4ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ و ﻧﻴﺮوﻫﺎي واﻧﺪرواﻟﺴﻲ

(3 ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ و ﻧﻴﺮوﻫﺎي واﻻﻧﺴﻲ

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 3

ﻧﻜﺘﻪ: ﻫﻤﻮاره در آﻟﻴﺎژﻫﺎ ﺑﻪ ﻋﻠﺖ اﺧﺘﻼل ﻧﺎﺷﻲ از اﻧﺤﻼل ﻋﻨﺎﺻﺮ آﻟﻴﺎژي در ﺣﺮﻛﺖ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ و ﻛﺎﻫﺶ ﺳﺮﻋﺖ

آﻧﻬﺎ ﻫﺪاﻳﺖ ﺣﺮارﺗﻲ ﻛﻤﺘﺮ از ﻓﻠﺰات ﺧﺎﻟﺺ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﺪ.

ﺗﺴﺖ: ﺑﺎ اﻧﺤﻼل ﻋﻨﺎﺻﺮ آﻟﻴﺎژي ﻫﺪاﻳﺖ ﺣﺮارﺗﻲ ﻣﻮاد ﻓﻠﺰي ﺧﺎﻟﺺ ﻛﻢ ﻣﻲ ﺷﻮد، زﻳﺮا ﻣﻲ ﺷﻮد )ﻛﻨﻜﻮر (79

(2ﺳﺮﻋﺖ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ زﻳﺎد اﺳﺖ

(4 ﻃﻮل ﭘﻮﻳﺶ آزاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﻛﻢ اﺳﺖ.

(1ﺳﺮﻋﺖ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ ﻛﻢ اﺳﺖ.

(3 ﻃﻮل ﭘﻮﻳﺶ آزاد اﻟﻜﺘﺮوﻧﻬﺎ زﻳﺎد اﺳﺖ.

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 1

ﺗﺴﺖ: در ﻛﺪام ﮔﺮوه از ﻣﻮاد ذﻛﺮ ﺷﺪه ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﻳﻮﻧﻲ وﺟﻮد دارد) ﻛﻨﻜﻮر (80

(4 ﭘﻠﻴﻤﺮﻫﺎ

(3 ﺳﺮاﻣﻴﻚ ﻫﺎ

(2 آﻟﻴﺎژﻫﺎ

(1 ﻓﻠﺰات ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 3

ﺗﺴﺖ: ﮔﺮاﻓﻴﺖ ﻣﺎده رواﻧﻜﺎر ﺧﻮي اﺳﺖ زﻳﺮا )ﻛﻨﻜﻮر (81

-1 اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺮﺑﻦ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺠﺰا از ﻳﻜﺪﻳﮕﺮﻧﺪ.

-2 ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل دارﻧﺪ.

-3 ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪ واﻧﺪرواﻟﺲ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل دارﻧﺪ.

-4 اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺮﺑﻦ ﺑﺎ ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺛﺎﻧﻮﻳﻪ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺗﺼﺎل دارﻧﺪ.

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 3

و ﺑﺎر

ﺗﺴﺖ: ﻫﻨﮕﺎﻣﻲ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﻳﻚ ﺟﺎﻣﺪ ﻳﻮﻧﻲ اﻓﺰاﻳﺶ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ ﻛﻪ ﺷﻌﺎع ﻳﻮﻧﻲ آﻧﻴﻮن و ﻛﺎﺗﻴﻮن .....

اﻟﻜﺘﺮﻳﻜﻲ آﻧﻬﺎ ﺑﺎﺷﺪ )ﻛﻨﻜﻮر (81

(2 ﺑﺰرگ –ﻛﻢ

(4 ﻛﻮﭼﻚ – زﻳﺎد

(1 ﻛﻮﭼﻚ – ﻛﻢ (3 ﺑﺰرگ – زﻳﺎد ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 4

E  q1q2

ﻳﺎدآوري: a2

ﺗﺴﺖ: اﮔﺮ اﺧﺘﻼف اﻟﻜﺘﺮوﻧﮕﺎﺗﻴﻮﻳﺘﻪ، ﺑﻴﻦ دو ﻋﻨﺼﺮ ﻛﺎﻫﺶ ﻳﺎﺑﺪ، در اﻳﻨﺼﻮرت درﺻﺪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ .... .و

درﺻﺪ ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻮﻧﻲ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ. )ﻛﻨﻜﻮر (81

-2 اﻓﺰاﻳﺶ- اﻓﺰاﻳﺶ

-4اﻓﺰاﻳﺶ – ﻛﺎﻫﺶ

-1 ﻛﺎﻫﺶ- اﻓﺰاﻳﺶ -3ﻛﺎﻫﺶ- ﻛﺎﻫﺶ ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 4

ﺗﺴﺖ: در ﺳﺎﺧﺘﻤﺎن اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ و ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰات ﺟﺎﻣﺪ ﭼﻪ ﻧﻮع اﺗﺼﺎﻟﻲ وﺟﻮد دارد؟ )آزاد (66

-4 ﻣﻮﻟﻜﻮﻟﻲ

-3 ﻛﻮواﻻﻧﺴﻲ

-2 ﻗﻄﺒﻲ

-1 اﺑﺮ اﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 1

ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ در ﺟﺎﻣﺪات:

ﻫﻤﺎن ﻃﻮر ﻛﻪ در ﻣﺒﺎﺣﺚ ﻗﺒﻠﻲ ﻧﻴﺰ ﻋﻨﻮان ﺷﺪ ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ ﻣﻮاد ﺑﻪ ﻧﻮع آراﻳﺶ و ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ و ﻧﻴﺰ ﺑﻪ ﻧﻮع

ﭘﻴﻮﻧﺪ ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﺳﺎزﻧﺪه آﻧﻬﺎ ﺑﺴﺘﮕﻲ دارد، ﻫﻤﭽﻨﺎن ﻛﻪ در ﻣﻮرد ﻛﺮﺑﻦ دو ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ ﻣﺨﺘﻠﻒ ﻛﺮﺑﻦ

)ﮔﺮاﻓﻴﺖ و اﻟﻤﺎس( ﻣﻨﺠﺮ ﺑﻪ ﭘﺪﻳﺪار ﺷﺪن ﺧﻮاص ﺑﺴﻴﺎر ﻣﺘﻔﺎوت در آن ﺷﺪه اﺳﺖ. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻳﻜﻲ از

ﻋﻮاﻣﻞ ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﻨﻨﺪه در ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ ﻣﻮاد اﺳﺖ.

ﺑﻪ ﻃﻮر ﻛﻠﻲ ﺟﺎﻣﺪات داراي دو ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ. ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ )ﺑﻠﻮرﻳﻦ( و ﺳﺎﺧﺘﺎر ﺑﻲ ﺷﻜﻞ

)آﻣﺮف( در ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ اﺗﻢ ﻫﺎ ﻛﺎﻣﻼً داراي ﻧﻈﻢ و ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺧﺎﺻﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ. ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻛﻪ درﻫﻨﮕﺎم اﻧﺠﻤﺎد ﺑﺎ

ﻧﻈﻢ و ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺧﺎﺻﻲ ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮﻧﺪ. ﻓﻠﺰات و ﺑﺴﻴﺎري از ﺳﺮاﻣﻴﻜﻬﺎ در ﺣﺎﻟﺖ اﻧﺠﻤﺎد داراي ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ

)ﺑﻠﻮرﻳﻦ( ﻫﺴﺘﻨﺪ در ﻣﻮاد ﺑﻲ ﺷﻜﻞ )آﻣﺮف( ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ اﺗﻤﻬﺎ در ﻫﻨﮕﺎم اﻧﺠﻤﺎد ﺗﻘﺮﻳﺒﺎً ﺑﺪون ﻧﻈﻢ و ﺗﺮﺗﻴﺐ

اﺳﺖ. اﻳﻦ ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر در ﻣﻮادي ﻣﺎﻧﻨﺪ ﺷﻴﺸﻪ، ﺑﺴﻴﺎري از ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻬﺎ و ﻻﺳﺘﻴﻚ ﻫﺎ وﺟﻮد دارد و ﺑﻪ ﻧﺎم ﺳﺎﺧﺘﺎر

ﺷﻴﺸﻪ اي ﻣﻌﺮوف اﺳﺖ.

ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ و ﺷﺒﻜﻪ ﻫﺎي ﻓﻀﺎﻳﻲ.

ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ ﮔﻔﺘﻪ ﺷﺪ در ﻣﻮاد ﺟﺎﻣﺪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ اﺗﻢ ﻫﺎ ﻫﻨﮕﺎم اﻧﺠﻤﺎد ﺑﺎ ﻧﻈﻢ و ﺗﺮﺗﻴﺐ و ﺷﻜﻞ ﻫﻨﺪﺳﻲ ﺧﺎﺻﻲ

ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮﻧﺪ. ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ را ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آورد ﻛﻪ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺘﻨﺎوب در ﺗﻤﺎم ﺟﻬﺎت ﺗﺎ

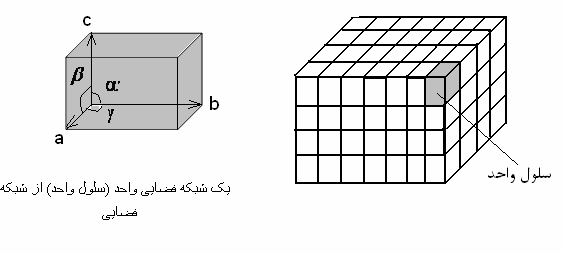
ﺳﻄﺢ ﺧﺎرﺟﻲ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺗﻜﺮار ﻣﻲ ﺷﻮد. ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ واﺣﺪ از اﻳﻦ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ را »ﺷﺒﻜﻪ واﺣﺪ« ﻳﺎ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

ﻣﻲ ﻧﺎﻣﻨﺪ. اﻳﻦ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﻛﻪ ﭼﮕﻮﻧﮕﻲ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ اﺗﻢ ﻫﺎ ﻳﺎ ﻳﻮﻧﻬﺎ را ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ ﻣﻲ

ﺗﻮاﻧﺪ از ﻳﻚ ﻳﺎ ﭼﻨﺪﻳﻦ اﺗﻢ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه ﺑﺎﺷﺪ، ﺳﭙﺲ ﺑﺎ ﺗﻜﺮار ﻣﺘﻨﺎوب ﺳﻠﻮﻟﻬﺎي واﺣﺪ در ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ ﺑﺎ

ﻣﺨﺘﺼﺎت ﻣﻌﻴﻨﻲ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺘﺮاﻛﻢ در ﻛﻨﺎر ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻳﻚ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﻫﺮ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ واﺣﺪ ﻳﺎ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﺎ دادن ﺳﻪ ﺑﺮدار c,b,a )در اﻣﺘﺪاد ﺳﻪ ﻣﺤﻮر ﻣﻨﺎﺳﺐ( و ﺳﻪ

زاوﻳﻪ ﺑﻴﻦ آﻧﻬﺎ ﻣﺸﺨﺺ ﻛﺮد.



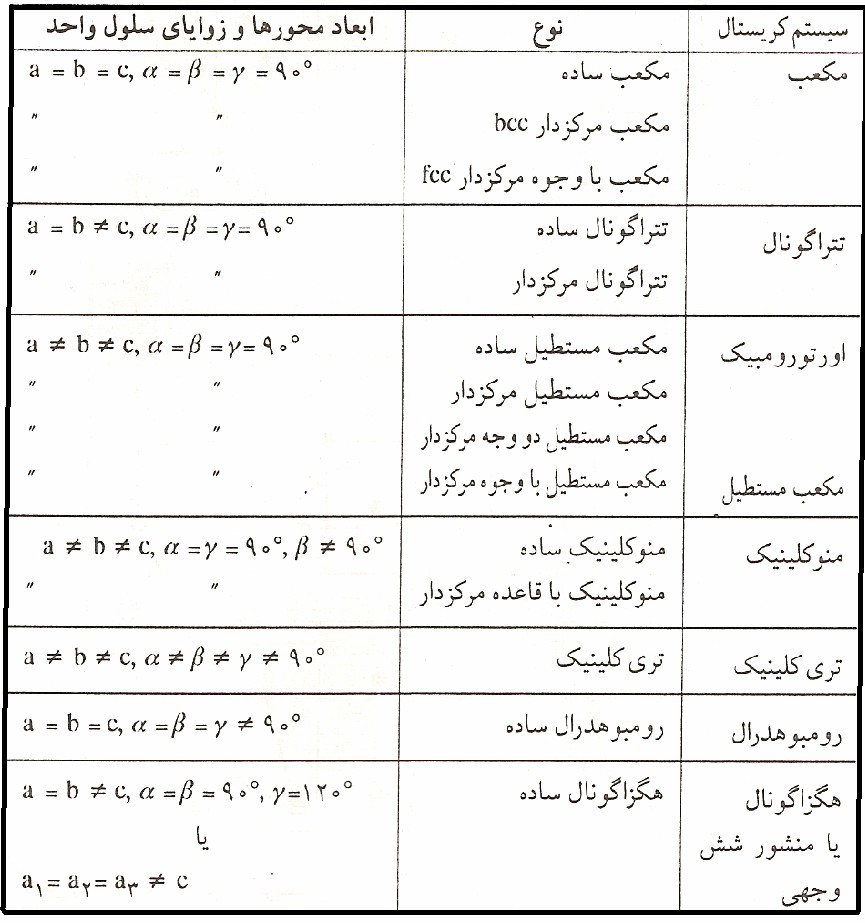
ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺑﺮاي ﺑﺮرﺳﻲ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻛﺎﻓﻲ اﺳﺖ ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ ﻗﺴﻤﺖ از ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ ﻛﻪ

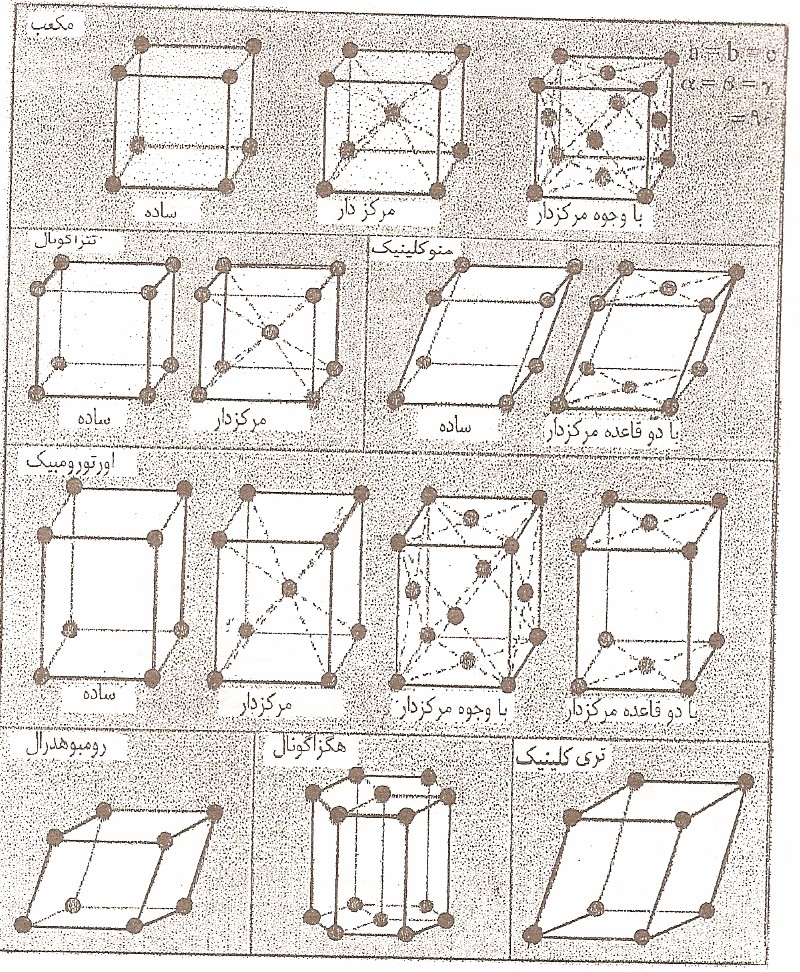
ﺗﻤﺎم وﻳﮋﮔﻴﻬﺎي آن ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل را دارا اﺳﺖ،ﻳﻌﻨﻲ ﻫﻤﺎن ﺳﻠﻮل واﺣﺪ را در ﻧﻈﺮ ﺑﮕﻴﺮﻳﻢ.

در ﻋﻠﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺷﻨﺎﺳﻲ )ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ( 14 ﻧﻮع ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ واﺣﺪ ﺑﺎ ﺗﻘﺎرن زﻳﺎد ﺑﺮاي ﺑﻠﻮرﻫﺎ ﺗﺸﺨﻴﺺ

داده ﺷﺪه اﺳﺖ ﻛﻪ ﻣﻴﺘﻮان آﻧﻬﺎ را ﺑﻪ ﻫﻔﺖ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺗﻘﺴﻴﻢ ﺑﻨﺪي ﻛﺮد. ﺷﻜﻞ و ﺟﺪول زﻳﺮ اﻳﻦ ﻫﻔﺖ ﺳﻴﺴﺘﻢ

ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل و ﻳﺎ 14 ﻧﻮع ﺷﺒﻜﻪ را ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ.





ﺻﻔﺤﺎت و ﺟﻬﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ: (a ﺻﻔﺤﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ – اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ

از ﻟﺤﺎظ ﺟﻬﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ اﻳﻦ ﻏﻴﺮ

)ان اﻳﺰوﺗﺮوﭘﻴﻚ(

ﺳﺎﺧﺘﺎر اﺗﻤﻲ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ اﻏﻠﺐ ﻧﺎﻫﻤﺴﺎﻧﮕﺮ

ﻳﻜﻨﻮاﺧﺘﻲ ﺑﺮ روي ﺑﻌﻀﻲ از ﺧﻮاص ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ از ﺟﻤﻠﻪ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﺑﺴﺰاﻳﻲ دارد. ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ

ﺑﻌﻀﻲ از ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ ، ﺗﺎﺑﻊ ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ دو اﺗﻢ ﻣﺠﺎور در ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ و ﺗﻌﺪاد ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻫﺎي ﺑﻴﻦ

آﻧﻬﺎﺳﺖ.

ﺑﺪﻳﻦ ﺟﻬﺖ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻮﻗﻌﻴﺖ ﺻﻔﺤﺎت و ﺟﻬﺎت ﻣﺨﺘﻠﻒ در ﻫﺮ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻲ ﺗﻮان از ﻳﻚ روش

اﺳﺘﺎﻧﺪارد ﺷﺪه اﺳﺘﻔﺎده ﻛﺮدو اﻳﻦ ﻋﻤﻞ ﺑﻪ ﻛﻤﻚ اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺑﻪ ﺻﻮرت زﻳﺮ اﻧﺠﺎم ﻣﻴﮕﻴﺮد.

اﺑﺘﺪا ﻳﻚ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﺤﻮر ﻣﺨﺘﺼﺎت ﻓﻀﺎﻳﻲ ﻛﻪ ﻣﺒﺪا ﻣﺨﺘﺼﺎت آن ﺑﺮ ﻳﻜﻲ از ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﻣﻨﻄﺒﻖ و

ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

)ﻣﻌﻤﻮﻻً ﻣﻮازي ﺑﺎ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل(

ﻣﺤﻮرﻫﺎي آن در ﺟﻬﺎت ﻣﻨﺎﺳﺒﻲ

ﺑﺎﺷﺪ، اﻧﺘﺨﺎب ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ.

ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ، ﺗﺘﺮاﮔﻮﻧﺎل و اورﺗﻮروﻣﺒﻴﻚ از ﻳﻚ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﺤﻮر ﻣﺨﺘﺼﺎت ﻋﻤﻮد

ﺑﺮ ﻫﻢ ﻛﻪ ﻣﺒﺪا ﻣﺨﺘﺼﺎت آن ﻣﻨﻄﺒﻖ ﺑﺮ ﻳﻜﻲ از ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي آن )ﻣﻜﻌﺐ ﻳﺎ ﺗﺘﺮاﮔﻮﻧﺎل ( و ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت z,y,x در اﻣﺘﺪاد ﺳﻪ ﺿﻠﻊ ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﻫﻢ در آن ﮔﻮﺷﻪ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﺎﺷﺪ،اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان واﺣﺪ اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﺑﺮ روي ﻣﺤﻮرﻫﺎ ﻃﻮل اﺿﻼع ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻳﻌﻨﻲ c,b,a را اﻧﺘﺨﺎب ﻣﻴﻜﻨﻴﻢ در ﺳﻴﺴﺘﻢ

(a=b=c) a واﺣﺪ ﻳﺎ ﺛﺎﺑﺖ ﺷﺒﻜﻪ ﻧﺎﻣﻴﺪه

ﻣﻜﻌﺐ ﻃﻮل ﺑﺮدارﻫﺎ ﺑﺎ ﻫﻢ ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ و ﺑﺮاﺑﺮ واﺣﺪ اﻧﺘﺨﺎب ﻣﻲ ﺷﻮد

##       90o

.اﺳﺖ ﺷﻮدو ﻣﻲ

ﺑﺮاي ﻣﺸﺨﺺ ﻛﺮدن ﻳﻚ ﺻﻔﺤﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ ﻳﻌﻨﻲ ﺻﻔﺤﻪ اي ﻛﻪ از ﺗﻌﺪاد ﺣﺪاﻗﻞ ﺳﻪ اﺗﻢ ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ

ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه اﺳﺖ، اﺑﺘﺪا ﻣﺤﻞ ﺗﻼﻗﻲ آن ﺻﻔﺤﻪ ﺑﺎ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﺷﻮد،ﺳﭙﺲ ﻋﻜﺲ اﻳﻦ اﻋﺪاد

را ﺑﺪﺳﺖ آورده و ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ ﻣﺨﺮج ﻣﺸﺘﺮك ﻣﺨﺮج اﻋﺪاد را ﺗﻌﻴﻴﻦ و ﻫﻤﮕﻲ را در آن ﻋﺪد ﺿﺮب ﻛﺮده و

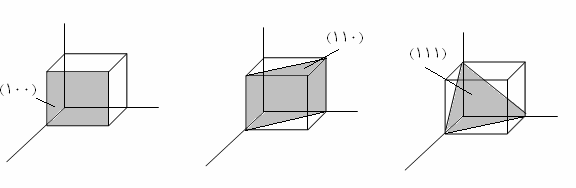
اﻋﺪاد ﺻﺤﻴﺢ ﺣﺎﺻﻞ را ﺑﻪ ﺻﻮرت (hkl) اﻧﺘﺨﺎب ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ . اﻳﻦ ﻓﺮم ﻳﻌﻨﻲ (hkl) ﺑﻪ ﻧﺎم »اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ«

ﻣﻌﺮوف اﺳﺖ و ﺳﻪ ﺣﺮف ﻳﺎ ﺳﻪ ﻋﺪدي ﻛﻪ ﺑﻪ ﺟﺎي اﻳﻦ ﺣﺮوف ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﺷﻮد، ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ

ﺷﻮد. ﻣﺜﻼً ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ در ﻣﻮرد ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺮاي ﻣﺸﺨﺺ ﻛﺮدن ﺑﻌﻀﻲ از ﺻﻔﺤﺎت اﻳﻦ ﺷﺒﻜﻪ دﺳﺘﻮراﻟﻌﻤﻞ

ﻓﻮق را ﻋﻤﻞ ﻛﻨﻴﻢ اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ آﻧﻬﺎ ﻫﻤﭽﻨﺎن ﻛﻪ در ﺷﻜﻞ زﻳﺮ ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ. ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي

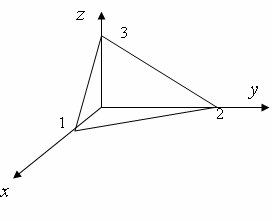
ﻣﻴﻠﺮ ﻫﺮ ﺻﻔﺤﻪ ﻫﻤﻴﺸﻪ اﻋﺪاد ﺻﺤﻴﺢ ﻣﺜﺒﺖ ﻳﺎ ﻣﻨﻔﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ.



ﻣﺜﺎل ( ﺑﺮاي ﻳﺎﻓﺘﻦ اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺻﻔﺤﻪ اي ﻛﻪ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت را در ﻧﻘﺎﻃﻲ ﺑﻪ ﻃﻮﻟﻬﺎي x=ma=1 و y=nb=2 و z=pc=3 ) p,b,a ﺿﺮاﻳﺐ و c,b,a واﺣﺪﻫﺎي ﺷﺒﻜﻪ اﻧﺪ( ﻗﻄﻊ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ، ﺑﻪ ﺻﻮرت زﻳﺮ ﻋﻤﻞ

ﻣﻴﻜﻨﻴﻢ.

اﺑﺘﺪا ﻋﻜﺲ اﻋﺪادي ﻛﻪ ﻧﻘﺎط ﺗﻼﻗﻲ را ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﻨﺪ ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ آورﻳﻢ.



## 1 : 1 : 1 

### x y z

1 : 1 :

*m n*

1  1: 1: 1

*p* 1 2 3

ﺳﭙﺲ ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ ﻣﻀﺮب ﻣﺸﺘﺮك ﻣﺨﺮج (N) را ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ.

)در اﻳﻨﺠﺎ (N=6

*N* : *N* : *N*

##  6 : 6 :

6  6: 3: 2

*m n p* 1 2 3

*h* : *k* : *l*  6: 3: 2

.(6

اﻋﺪاد ﺑﺪﺳﺖ آﻣﺪه اﻧﺪﻳﺴﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ را ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ:

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺻﻔﺤﻪ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از 2) 3

ﺑﺮ ﻋﻜﺲ ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺻﻔﺤﻪ اي داده ﺷﺪه ﺑﺎﺷﺪ 2) 3 (6 = (hkl) ﺑﺮاي ﻳﺎﻓﺘﻦ ﻧﻘﺎط ﺗﻼﻗﻲ آن

ﺻﻔﺤﻪ ﺑﺎ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت اﻳﻦ ﭼﻨﻴﻦ ﻋﻤﻞ ﻣﻴﻜﻨﻴﻢ:

## 1 : 1 : 1 

### h k l

1 : 1 : 1

6 3 2

اﺑﺘﺪا ﻋﻜﺲ اﻋﺪاد داده ﺷﺪه را ﻣﻲ ﻳﺎﺑﻴﻢ:

ﺳﭙﺲ ﺑﺎ ﺣﺎﺻﻠﻀﺮب اﻋﺪاد ﺑﻪ دﺳﺖ آﻣﺪه در ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ ﻣﻀﺮب ﻣﺸﺘﺮك ﻣﺨﺮج، ﻧﻘﺎط ﺗﻼﻗﻲ را ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ

. z=3 ، y=2 ، x=1

آورﻳﻢ، ﻳﻌﻨﻲ

ﻫﺮ ﮔﺎه ﺷﺎﺧﺺ ﻫﺎي ﻣﻴﻠﺮ دو ﺻﻔﺤﻪ ﻣﻀﺮب ﺻﺤﻴﺤﻲ از ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺑﺎﺷﻨﺪ آن دو ﺻﻔﺤﻪ ﺑﺎ ﻫﻢ ﻣﻮازي ﻫﺴﺘﻨﺪ ﺑﻪ

ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل دو ﺻﻔﺤﻪ (101) و (202) ﺑﺎ ﻫﻢ ﻣﻮازي ﻫﺴﺘﻨﺪ.

ﺻﻔﺤﺎﺗﻲ ﻛﻪ ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ آﻧﻬﺎ از اﻋﺪاد ﻣﺸﺎﺑﻪ ﺑﺎ ﺗﺮﺗﻴﺒﻬﺎي ﻣﺘﻔﺎوت اﻋﻢ از ﻣﺜﺒﺖ و ﻣﻨﻔﻲ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﺷﺪه ﺑﺎ

ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل در ﺳﻴﺴﺘﻢ

ﺷﻮﻧﺪ.

ﻧﻮﺷﺘﻪ ﻣﻲ

{hkl}

ﺷﺪ، ﻫﻤﮕﻲ از ﻟﺤﺎظ ﻫﻨﺪﺳﻲ ﻫﻢ ارزﻧﺪ و ﺑﻪ ﺻﻮرت

## 0 1 0

،( )

،(100)

، (001) ،

(010)

، (100)

ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺒﻲ ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﺗﻘﺎرن ﺷﺒﻜﻪ ﻣﻜﻌﺒﻲ وﺟﻮه

( ﻫﻤﮕﻲ ﺻﻔﺤﺎت ﻫﻢ ارز ﻣﺸﺎﺑﻬﻨﺪ. ﺗﻤﺎﻣﻲ اﻳﻦ ﺻﻔﺤﺎت، ﻣﺸﺎﺑﻪ ﻳﺎ ﻫﻢ ﺷﻜﻞ ﻧﺎم دارﻧﺪ و در ﻣﻮاﻗﻌﻲ ﻛﻪ

## 00 1

)

ﻫﻤﮕﻲ ﺻﻔﺤﺎت ﻣﺸﺎﺑﻪ ﻳﺎ ﻫﻢ ﺷﻜﻞ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ ﺑﺎﺷﺪ ﻻزم ﻧﻴﺴﺖ ﻛﻪ ﺗﻤﺎم آﻧﻬﺎ را ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻓﻮق ﻳﻚ ﺑﻪ ﻳﻚ

ﻧﻮﺷﺖ، ﺑﻠﻜﻪ ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ در ﻳﻚ آﻛﻮﻻد ﺑﻪ ﺻﻮرت {100} ﻧﻮﺷﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ.

در ﻣﻮرد ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺻﻔﺤﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ ﻫﮕﺰا ﮔﻮﻧﺎل ﻋﻼوه ﺑﺮ اﺳﺘﻔﺎده از ﺳﻪ ﻣﺤﻮر ﻣﺨﺘﺼﺎت ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﻫﻢ

)اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ( ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﺮاي ﺳﺎده ﺗﺮ ﺷﺪن از ﭼﻬﺎر ﻣﺤﻮر ﻣﺨﺘﺼﺎت )اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ- ﺑﺮاوﻳﺲ( ﺑﻪ ﺻﻮرﺗﻴﻜﻪ در ﺷﻜﻞ زﻳﺮ دﻳﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد، اﺳﺘﻔﺪه ﻛﺮد. ﺳﻪ ﻣﺤﻮر آن ﻳﻌﻨﻲ a3,a2,a1 در ﺻﻔﺤﻪ ﻗﺎﻋﺪه ﺑﻮده و ﺑﺎ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ زاوﻳﻪ 120 ﻣﻲ ﺳﺎزﻧﺪ و ﻣﺤﻮر ﭼﻬﺎرم )ﻣﺤﻮر (c ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﺳﻪ ﻣﺤﻮر و ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ دﻳﮕﺮ ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﺻﻔﺤﻪ ﻗﺎﻋﺪه

0

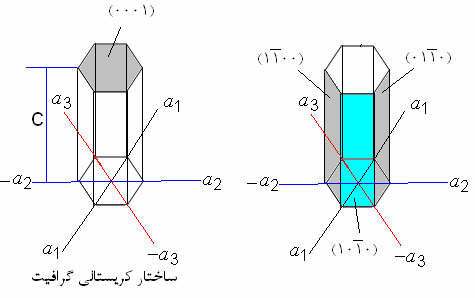
ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد.

ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ

(a1,a2,a3c)

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺻﻔﺤﻪ از ﭼﻬﺎر اﻧﺪﻳﺲ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد

*a*3  *a*2)  (*a*1 ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل ﺻﻔﺤﻪ (0001) ﺻﻔﺤﻪ ﻗﺎﻋﺪه ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل را ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ.



(b ﺟﻬﺎت ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ :

ﻫﺮ ﺑﺮداري ﻛﻪ از ﻳﻚ ﻣﺮﻛﺰ ﻣﺨﺘﺼﺎت اﻧﺘﺨﺎﺑﻲ ﺑﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از ﻧﻘﺎط ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ وﺻﻞ ﺷﻮد ﻳﻚ ﺟﻬﺖ را

ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ. ﭼﻨﻴﻦ ﺑﺮداري را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﺮ ﺣﺴﺐ ﺑﺮدارﻫﺎي واﺣﺪ ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت ﭼﻨﻴﻦ ﻣﺸﺨﺺ ﻛﺮد:

r r

## rr  uar 

vb  wc

دراﻳﻦ راﺑﻄﻪ w,v,u اﻋﺪاد ﺻﺤﺢ ﻫﺴﺘﻨﺪ. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺟﻬﺖ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ ﺑﻪ وﺳﻴﻠﻪ ﺑﺮداري ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﺷﻮد

ﻛﻪ ﻣﺒﺪا آن ، ﻣﺒﺪا ﻣﺨﺘﺼﺎت و ﺟﻬﺖ آن ﺟﻬﺖ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ را ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ. ﻣﺜﻼ ﺑﺮدار ﻓﻮق، از ﻣﺒﺪا و ﻧﻘﻄﻪ

ﻣﻲ ﮔﺬرد ﺑﻪ ﻋﻨﻮان اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺑﺮاي ﻣﺸﺨﺺ ﻛﺮدن ﺟﻬﺖ

z=w و

y=v و

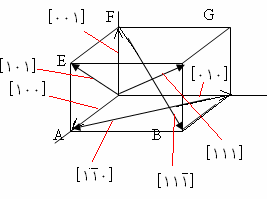
x=u

اي ﺑﻪ ﻣﺨﺘﺼﺎت

ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ ، ﻛﻮﭼﻜﺘﺮﻳﻦ اﻋﺪاد ﺻﺤﻴﺤﻲ ﻛﻪ ﻣﺘﻨﺎﺳﺐ ﺑﺎ آن ﻣﺨﺘﺼﺎت و ﻳﺎ ﻣﺘﻨﺎﺳﺐ ﺑﺎ ﻃﻮل ﻣﻮﻟﻔﻪ ﻫﺎي آن

ﺟﻬﺖ ﺑﺮ روي ﻣﺤﻮرﻫﺎي ﻣﺨﺘﺼﺎت ﺑﺎﺷﺪ اﻧﺘﺨﺎب ﻣﻲ ﺷﻮد و اﻳﻦ اﻋﺪاد ﻃﺒﻖ ﻗﺮار داد در داﺧﻞ ﻳﻚ ﻛﺮوﺷﻪ ﻧﻮﺷﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ [uvw] در ﺷﻜﻞ زﻳﺮ ﭼﻨﺪ ﻣﺜﺎل ﺑﺮاي ﺟﻬﺎت ﻣﺨﺘﻠﻒ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ در ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻣﻜﻌﺒﻲ ﻧﺸﺎن

داده ﺷﺪه اﺳﺖ.



ﻣﺸﺎﺑﻪ آﻧﭽﻪ ﻛﻪ در ﻣﻮرد ﺻﻔﺤﺎت ﻫﻢ ﺷﻜﻞ ﻳﺎ ﻫﻢ ارز ﮔﻔﺘﻪ ﺷﺪ، از ﻟﺤﺎظ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ ﻛﻠﻴﻪ ﺑﺮدارﻫﺎي

ﻣﺸﺎﺑﻪ در ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻓﻀﺎﻳﻲ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﺑﻪ دﻟﻴﻞ وﺟﻮد ﺗﻘﺎرن و ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﺑﺮاﺑﺮ در ﻫﺮ واﺣﺪ ﻃﻮل ﻫﻢ ارزﻧﺪ

و ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ در ﻣﻮاﻗﻌﻲ ﻛﻠﻴﻪ ﺟﻬﺎت ﻫﻢ ارز ﻳﺎ ﻫﻢ ﺷﻜﻞ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ ﺑﺎﺷﺪ،ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﺟﺎي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻳﻚ ﺑﻪ ﻳﻚ آﻧﻬﺎ

ﻧﻮﺷﺖ، ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل ﻫﺮ ﮔﺎه ﺗﻤﺎﻣﻲ ﺟﻬﺎت

<uvw>

ﻳﻜﻲ از ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ آن را ﺑﻪ ﺻﻮرت

در ﻳﻚ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ

1 1 1و1 1 1و1 1 1و1 1 1و11 1و1 11و1 1 1و111

ﻣﻜﻌﺐ در ﻧﻈﺮ ﺑﺎﺷﺪ ﺑﺎ دادن ﻋﻼﻣﺖ «111» ﺗﻤﺎﻣﻲ آن ﺟﻬﺎت ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﺷﻮد.

ﻓﻮاﺻﻞ ﺑﻴﻦ ﺻﻔﺤﻪ اي:

ﻓﺎﺻﻠﻪ ﻫﺮ ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ از ﺻﻔﺤﻪ ﺑﻌﺪي ﻣﻮازي آن در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ ، از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ

آﻳﺪ:

*d*(*hkl*) *a*

*h*2  *k* 2  *l*2

دراﻳﻦ راﺑﻄﻪ، a واﺣﺪ ﺷﺒﻜﻪ و l,k,h ﺷﺎﺧﺼﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ ﻫﺴﺘﻨﺪ. اﻟﺒﺘﻪ ﺑﺮاي ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻫﺎي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻏﻴﺮ ﻣﻜﻌﺐ

داده ﺷﻮد و راﺑﻄﻪ ﻫﻨﺪﺳﻲ ﺑﺮاي ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ ﺻﻔﺤﺎت ﻣﻮازي ﺷﺒﻜﻪ ﺗﺎ

(c,b,a)

ﺑﺎﻳﺪ ﻫﺮ ﺳﻪ واﺣﺪ ﺷﺒﻜﻪ

ﺣﺪودي ﭘﻴﭽﻴﺪه ﺗﺮ ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد.

ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل رواﺑﻂ زﻳﺮ ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ اﺿﻼح ﺷﺒﻜﻪ، اﻧﺪﻳﺴﻬﺎي ﻣﻴﻠﺮ و ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ را در ﭼﻨﺪ ﺳﻴﺴﺘﻢ

1  *h*2  *k* 2  *l*2

ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ.

*d*2 *a*2 *c*2

درﺗﺘﺮاﮔﻮﻧﺎل

1  4⎡ *h*2  *hk*  *k* 2⎤  *l*2

⎣

⎥

*d* 4 3⎢

*a*2 ⎥⎦ *c*2

درﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل

1  *h*2  *k* 2  *l*2

*d* 2 *a*2 *b*2 *c*2

دراورﺗﻮرﻣﺒﻴﻚ

1  (*h*2  *k* 2  *l*2)sin2**  2(*hk*  *kl*  *hl*)(cos2**  cos** )

*d*2 *a*2(1 3cos2**  2cos3** )

دررﻣﺒﻮﻫﺪرال

ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻓﻠﺰات و ﺗﻜﺮار ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ :

ﻫﻤﺎن ﻃﻮر ﻛﻪ ﻗﺒﻼً اﺷﺎره ﺷﺪ ﻓﻠﺰات داراي ﭘﻴﻮﻧﺪ ﻓﻠﺰي اﻧﺪ ﺑﺪﻳﻦ ﺻﻮرت ﻛﻪ اﺗﻢ ﻫﺎ ﻳﺎ دﻗﻴﻘﺘﺮ ﺑﮕﻮﺋﻴﻢ ﻳﻮﻧﻬﺎي

ﻣﺜﺒﺖ، ﺑﻪ وﺳﻴﻠﻪ اﺑﺮاﻟﻜﺘﺮوﻧﻲ آزاد ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻣﺘﺼﻞ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ، ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺟﺎذﺑﻪ از ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪﻫﺎي ﺟﻬﺖ دار

ﻧﻴﺴﺘﻨﺪ، ﻟﺬا ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ آﻧﻬﺎ ﺗﺎ ﺣﺪود زﻳﺎدي ﺗﺎﺑﻊ اﻧﺪازه ﻧﺴﺒﻲ اﺗﻢ ﻫﺎ و ﻃﺮز ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ آﻧﻬﺎ در ﻛﻨﺎر

ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ اﺳﺖ و ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﺑﻪ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺗﺮاﻛﻢ ﺑﺴﺘﮕﻲ دارد. دراﻳﻦ ﻧﻮع ﭘﻴﻮﻧﺪ ﺑﻪ واﺳﻄﻪ وﺟﻮد ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺟﺎذﺑﻪ

ﻏﻴﺮﺟﻬﺖ دار، ﻫﺮاﺗﻢ ﺳﻌﻲ ﻣﻲ ﻛﻨﺪ ﺗﺎ ﺣﺪ اﻣﻜﺎن ﻓﻀﺎي اﻃﺮاف ﺧﻮد را ﺑﺎ اﺗﻢ ﻫﺎي دﻳﮕﺮﭘﺮ ﻛﻨﺪ. ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ

ﻛﻪ ﺗﻌﺪاد ﭘﻴﻮﻧﺪ در واﺣﺪ ﺣﺠﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺑﻪ ﻣﺎﻛﺰﻳﻤﻢ ﺧﻮد ﺑﺮﺳﺪو ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺣﺎﺻﻠﻪ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﭘﺎﻳﺪار ﺑﺎﻗﻲ

ﺑﻤﺎﻧﺪ.

ﺗﻘﺮﻳﺒﺎ ﺗﻤﺎم ﻓﻠﺰات ﻣﻬﻢ ﺑﻪ ﺳﻪ ﺷﻜﻞ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﺘﺒﻠﻮر ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. اﻳﻦ ﺳﻪ ﺷﻜﻞ ﻋﺒﺎرﺗﻨﺪ از ﻣﻜﻌﺐ ﻣﺮﻛﺰ دار

(BCC) ، ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار (FCC) و ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﻣﺘﺮاﻛﻢ .(HCP)

اﻏﻠﺐ ﻓﻠﺰات ﺑﻪ ﻳﻚ ﺷﻜﻞ ﻣﺘﺒﻠﻮر ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ وﻟﻲ ﻓﻠﺰاﺗﻲ ﻫﻢ وﺟﻮد دارﻧﺪ ﻛﻪ درﺣﺎﻟﺖ اﻧﺠﻤﺎد، داراي ﺑﻴﺸﺘﺮاز ﻳﻚ

ﻧﻮع ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ اﻧﺪ ﻛﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از آﻧﻬﺎ در ﻣﺤﺪوده درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻲ ﻣﺸﺨﺺ ﭘﺎﻳﺪار اﺳﺖ. اﻳﻦ ﭼﻨﺪ

ﮔﻮﻧﮕﻲ )آﻟﻮﺗﺮوﭘﻲ( ، ﺧﻮد ﺑﺎﻋﺚ ﺑﻪ دﺳﺖ آوردن ﺧﻮاص ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ از ﻳﻚ ﻧﻮع ﻓﻠﺰ ﻣﻲ ﺷﻮد،ﻣﺎﻧﻨﺪ آﻫﻦ ﻛﻪ داراي

اﻫﻤﻴﺖ ﺧﺎص ﺻﻨﻌﺘﻲ اﺳﺖ.

ﻓﻠﺰات اﻏﻠﺐ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺘﺮاﻛﻤﺘﺮﻳﻦ ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﻓﺸﺮده ﺗﺮﻳﻦ ﺷﻜﻞ ﻣﻤﻜﻦ ﻣﺘﺒﻠﻮر ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. در ﺑﻴﻦ ﺳﺎﻟﻬﺎي 1883 ﺗﺎ 1897 ﺑﺎرﻟﻮ ﺗﻌﺪاد زﻳﺎدي از ﺳﺎﺧﺘﺎرﻫﺎي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ را ﺑﺮ ﻣﺒﻨﺎي ﻗﺮار دادن ﺗﻮﭘﻬﺎي ﺳﺨﺖ در ﻛﻨﺎر

ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ و ﺳﺎﺧﺘﻦ ﺳﺎﺧﺘﻤﺎﻧﻬﺎي ﻓﺸﺮده ﺑﺮرﺳﻲ ﻛﺮد. ﺑﻪ ﻣﻨﻈﻮر ﺑﺪﺳﺖ آوردن ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﺘﺮاﻛﻢ ازﻳﻚ ﻋﻨﺼﺮ

ﺗﻮﭘﻬﺎﻳﻲ ﺑﺎ اﻧﺪازه ﻫﺎي ﻳﻜﺴﺎن )ﺷﻌﺎﻋﻬﺎي ﻣﺴﺎوي( در ﻛﻨﺎر ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻃﻮري ﻗﺮار داده ﺷﺪ ﻛﻪ ﺣﺪاﻗﻞ ﻓﻀﺎي

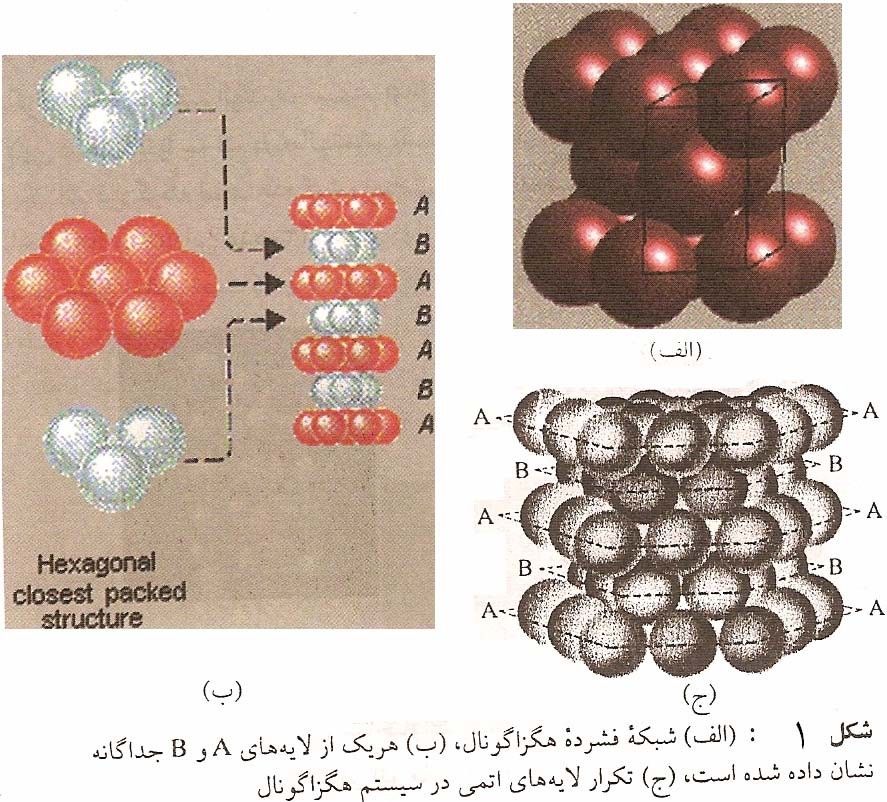
ﺧﺎﻟﻲ در ﺑﻴﻦ آﻧﻬﺎ ﺑﺎﻗﻲ ﺑﻤﺎﻧﺪ، ﻃﺒﻴﻌﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ درا ﻳﻦ ﺻﻮرت ﺗﻮﭘﻬﺎ ﺑﺎﻳﺪ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي ﻣﺸﺨﺺ ﻗﺮار ﮔﻴﺮد. ﻧﺘﻴﺠﻪ

ﻗﺮار دادن ﺗﻮﭘﻬﺎ درﻛﻨﺎر ﻫﻢ و رﺳﻴﺪن ﺑﻪ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﺘﺮاﻛﻢ، ﺗﻨﻬﺎ ﺑﻪ دو ﻃﺮﻳﻖ اﻣﻜﺎﻧﭙﺬﻳﺮ اﺳﺖ،اﻳﻦ دو ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر

)آراﻳﺶ اﺗﻤﻲ(، ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﺘﺮاﻛﻢ ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل و ﺳﺎﺧﺘﺎرﻣﺘﺮاﻛﻢ ﻣﻜﻌﺒﻲ ﻧﺎم دارد. ﺷﻜﻞ1 ﻳﻚ ﻻﻳﻪ از اﺗﻢ را ﺑﺎ ﺣﺪاﻛﺜﺮ ﺗﺮاﻛﻢ ﻣﺎﻧﻨﺪ ﻻﻳﻪ A ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ. ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ دﻳﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد اﺗﻢ ﻫﺎ

درﻛﻨﺎر ﻫﻢ ﺑﻪ ﺷﻜﻞ ﻣﻤﺎس ﺑﺮ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻪ اﻧﺪ. ﺑﺮاي رﺳﻴﺪن ﺑﻪ ﻣﻮﻗﻌﻴﺖ ﻣﺘﺮاﻛﻤﺘﺮﻳﻦ ﺷﻜﻞ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻻﻳﻪ B ﺑﻪ ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ در ﺷﻜﻞ ﻧﻤﺎﻳﺶ داده ﺷﺪه ﺑﺮ روي ﻻﻳﻪ A ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮد. ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ ﺗﻌﺪادي از ﻓﻀﺎﻫﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻻﻳﻪ A را ﺑﻪ اﻧﺪازه ﻣﺴﺎوي ﻣﻲ ﭘﻮﺷﺎﻧﺪ. اﻛﻨﻮن ﻳﻚ ﻻﻳﻪ از ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ ﺳﻮﻣﻲ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﻃﻮري روي ﻻﻳﻪ B ﻗﺮار ﮔﻴﺮد ﻛﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي آن ﻛﺎﻣﻼ درا ﻣﺘﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻻﻳﻪ A ﺑﺎﺷﺪ،ﻟﺬا اﻳﻦ

ﻻﻳﻪ ﻫﻢ ﻛﻪ ﺑﺎ ﻻﻳﻪ اول ﻛﺎﻣﻼً ﻳﻜﺴﺎن اﺳﺖ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﻻﻳﻪ A ﻧﺎﻣﻴﺪه ﺷﻮد.



ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي ﻣﺨﺘﻠﻒ اﺗﻤﻲ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﻃﻮري ﺑﺮ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻗﺮار ﮔﻴﺮﻧﺪ ﻛﻪ وﺿﻊ ﻻﻳﻪ ﻫﺎ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻳﻚ

درﻣﻴﺎن ﻳﻜﺴﺎن ﺑﺎﺷﺪ. دراﻳﻦ ﺣﺎﻟﺖ وﺿﻊ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ وﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﺗﻜﺮار ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ ﺑﻪ

اﻳﻦ ﻧﻮع آراﻳﺶ اﺗﻤﻲ ﻳﺎ ﺳﺎﺧﺘﺎرﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ، ﺳﺎﺧﺘﺎرﻣﺘﺮاﻛﻢ ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل

اﺳﺖ.

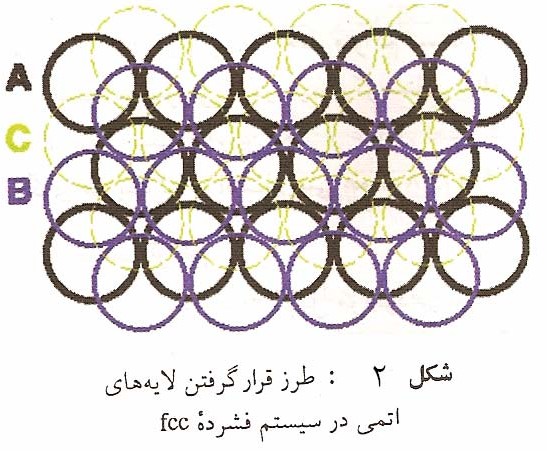
ABABAB……..

ﺻﻮرت

ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. ﻋﻠﺖ اﻧﺘﺨﺎب ﻧﺎم ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﺑﺮاي اﻳﻦ ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻓﺸﺮده اﻳﻦ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺗﻮﭘﻬﺎي ﻣﻮﺟﻮد در دو ﻻﻳﻪ ﻣﺘﻮاﻟﻲ A، ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل را ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ ﻛﻪ ﺑﺎ ﺧﻂ ﭼﻴﻦ در ﺷﻜﻞ -1ج

ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه اﺳﺖ. اﻣﺎ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻻﻳﻪ ﺳﻮم ﻧﺒﺎﻳﺪ اﺟﺒﺎراً ﺑﻪ ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ در ﻓﻮق ﺑﻴﺎن ﺷﺪ ﻗﺮار ﮔﻴﺮد، آﻧﻬﺎ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﻨﺪ در ﻓﻀﺎﻫﺎي ﺧﺎﻟﻲ دﻳﮕﺮ ﻻﻳﻪ B ﻗﺮار ﮔﻴﺮﻧﺪ، ﻫﻤﭽﻨﺎن ﻛﻪ در ﺷﻜﻞ 2 ﻳﻜﻲ از آﻧﻬﺎ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺧﻂ ﭼﻴﻦ

ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه اﺳﺖ.



ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ اﺗﻢ ﻫﺎي اﻳﻦ ﻻﻳﻪ ﻛﻪ ﻣﻮﻗﻌﻴﺖ دﻳﮕﺮي ﻏﻴﺮ ازA و B ﺧﻮاﻫﺪ داﺷﺖ ﻻﻳﻪ C ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد و

اﻣﻜﺎن ﻻﻳﻪ ﭼﻬﺎرﻣﻲ ﻛﻪ ﻓﺮم دﻳﮕﺮي داﺷﺘﻪ ﺑﺎﺷﺪ وﺟﻮد ﻧﺪارد. اﻳﻦ ﻃﺮز ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﻳﺎ ﺑﻪ

اﻳﻦ ﭼﻨﻴﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ،

اﺳﺖ.

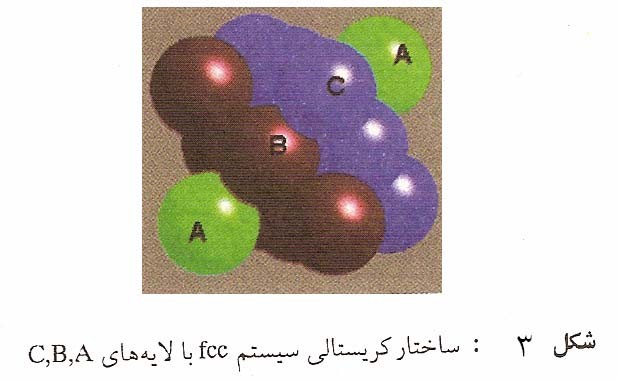
ABCABCABC……

ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﺗﻜﺮار ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ ﺑﻪ ﺻﻮرت

ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻓﺸﺮده ﻣﻜﻌﺒﻲ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﺮاي اﻳﻨﻜﻪ ﺑﺪاﻧﻴﻢ ﭼﺮا ﻳﻚ ﭼﻨﻴﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ

، ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﻜﻌﺒﻲ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد ﺑﺎﻳﺪ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار را ﻣﻘﺪاري ﭼﺮﺧﺎﻧﻴﺪ،

و ﺗﻘﺎرن ﻣﻜﻌﺒﻲ را درآن ﺑﺮرﺳﻲ ﻛﻨﻴﻢ ) ﺷﻜﻞ .(3



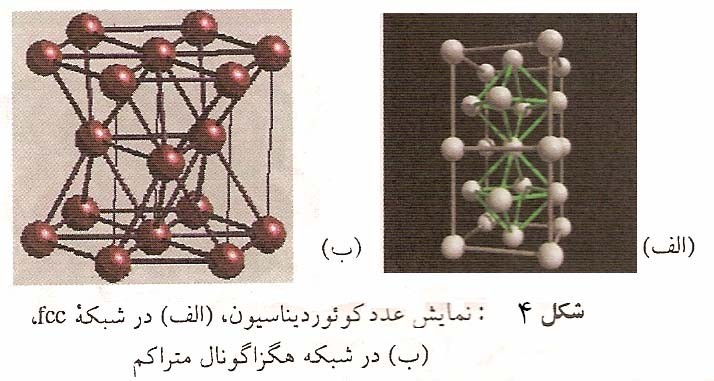
ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺧﻮاﻫﻴﻢ دﻳﺪ ﻛﻪ واﺣﺪ اﺑﺘﺪاﻳﻲ در ﺳﺎﺧﺘﺎرﻓﺸﺮده ﻣﻜﻌﺒﻲ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دارﻣﻜﻌﺒﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ از 14

ﺗﻮپ ﺳﺎﺧﺘﻪ ﺷﺪه و در ﻧﺘﻴﺠﻪ اﻳﻦ ﺳﺎﺧﺘﺎر را ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار ﻣﻲ ﺷﻨﺎﺳﻴﻢ. ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰدار (FCC) و ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﻣﺘﺮاﻛﻢ (HCP) را در ﻧﻈﺮ ﺑﮕﻴﺮﻳﻢ، )ﺷﻜﻞ (4، در ﻫﺮ ﻳﻚ از اﻳﻦ دو ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻫﺮ اﺗﻢ ﺑﺎ دوازده اﺗﻢ دﻳﮕﺮ در ﺗﻤﺎس ﻣﺴﺘﻘﻴﻢ اﺳﺖ درﺳﻴﺴﺘﻢ HCP ﻫﺮاﺗﻢ از ﻳﻚ ﻻﻳﻪ ﺑﺎ ﺷﺶ اﺗﻢ و در ﻻ ﻳﻪ ﻫﺎي زﻳﺮي و ﺑﺎﻻﻳﻲ در ﻫﺮ ﻳﻚ ﺑﺎ ﺳﻪ اﺗﻢ در ﺣﺎل ﺗﻤﺎس

ﻣﺴﺘﻘﻴﻢ اﺳﺖ. ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎﻳﻲ ﻛﻪ در ﻫﻤﺴﺎﻳﮕﻲ ﻧﺰدﻳﻚ ﺑﺎ ﻳﻚ اﺗﻢ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻪ اﺳﺖ ﻋﺪدﻛﺌﻮردﻳﻨﺎﺳﻴﻮن ﻳﺎ ﻋﺪد ﻫﻤﺎﻫﻨﮕﻲ آن اﺗﻢ ﻣﻲ ﻧﺎﻣﻨﺪ. ﺑﺮاي دو ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر FCC و HCP اﻳﻦ ﻋﺪد 12 اﺳﺖ. دوازده ﺣﺪاﻛﺜﺮ ﻋﺪد

ﻛﺌﻮردﻳﻨﺎﺳﻴﻮن ﻣﻤﻜﻦ اﺳﺖ، زﻳﺮا ﺗﻨﻬﺎ در ﭼﻨﻴﻦ ﺣﺎﻟﺘﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺣﺪاﻛﺜﺮ و ﺑﻴﺎﻧﮕﺮ ﻣﺘﺮاﻛﻤﺘﺮﻳﻦ ﻧﻮع

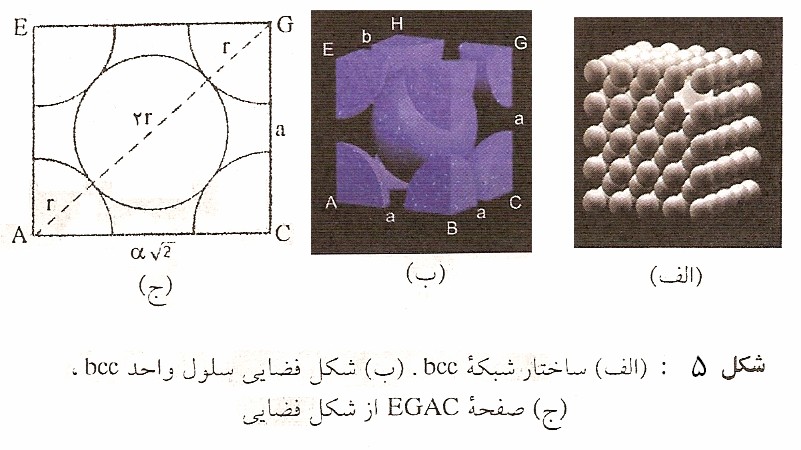
ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ اﺳﺖ.



ﻓﻠﺰاﺗﻲ وﺟﻮد دارﻧﺪ ﻛﻪ داراي ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ ﻣﺮﻛﺰدار (BCC) ﻫﺴﺘﻨﺪ، ﺷﻜﻞ .5 در ﭼﻨﻴﻦ ﻧﻮع ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻫﺮ اﺗﻢ ﻣﺎﻧﻨﺪ اﺗﻢ در ﻣﺮﻛﺰ ﺑﺎ 8 اﺗﻢ دﻳﮕﺮ در ﺗﻤﺎس اﺳﺖ. ﺑﺪﻳﻦ ﺟﻬﺖ ﻋﺪد ﻛﺌﻮردﻳﻨﺎﺳﻴﻮن ﺷﺒﻜﻪ

BCC ﺑﺮاﺑﺮ 8 اﺳﺖ ﻛﻪ اﻳﻦ ﻋﺪد ﮔﻮﻳﺎي اﻳﻦ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ BCC داراي ﻳﻚ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻣﺘﺮاﻛﻢ ﻧﻴﺴﺖ و ﺗﻨﻬﺎ %68 از ﻓﻀﺎي ﺳﻠﻮل واﺣﺪ از اﺗﻢ ﻫﺎ اﺷﻐﺎل ﺷﺪه اﺳﺖ. در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ FCC و HCP %74 از ﻓﻀﺎي ﺳﻠﻮل واﺣﺪ آﻧﻬﺎ از اﺗﻢ ﻫﺎ اﺷﻐﺎل ﺷﺪه اﺳﺖ. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﻳﻜﻲ از ﻋﻮاﻣﻞ ﺗﻌﻴﻴﻦ

ﻛﻨﻨﺪه در ﺗﺮاﻛﻢ اﺗﻤﻲ ﻋﺪد ﻛﺌﻮردﻳﻨﺎﺳﻴﻮن و دﻳﮕﺮي ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ اﺳﺖ )ﻳﻌﻨﻲ ﻫﻤﺎن %68 و %74 ﺑﻴﺎن ﺷﺪه.(



ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ:

ﻧﺴﺒﺖ ﺣﺠﻢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ ﻣﻮﺟﻮد در ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﻪ ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ را ﺿﺮﻳﺐ

ﺗﺮاﻛﻢ ﻣﻲ ﻧﺎﻣﻨﺪ:

ﺣﺠﻢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

(PF)ﺗﺮاﻛﻢ ﺿﺮﻳﺐ :

ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

اﻳﻦ ﺿﺮﻳﺐ ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ ﻛﻪ ﭼﻨﺪ درﺻﺪ ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل وا ﺣﺪ ﺗﻮﺳﻂ اﺗﻢ ﻳﺎ اﺗﻢ ﻫﺎﻳﻲ اﺷﻐﺎل ﺷﺪه اﺳﺖ. ﺑﺮاي

ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ ﻻزم اﺳﺖ ﻛﻪ اﺷﺎره اي ﺑﻪ روش ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺷﻮد:

اﻟﻒ( ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻛﺎﻣﻞ در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺐ ﻣﺮﻛﺰ دار (BCC)

در اﻳﻦ ﺳﻴﺴﺘﻢ 8 اﺗﻢ در ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﻣﻜﻌﺐ ﻗﺮار دارد ﻛﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از آن 8 اﺗﻢ ﺑﻪ 8 ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺗﻌﻠﻖ دارد،

## 8 1  1

ﻳﻌﻨﻲ 8 ﻳﻚ اﺗﻢ در ﻣﺮﻛﺰ ﻣﻜﻌﺐ ﻛﻪ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ ﻫﻤﻴﻦ ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ اﺳﺖ. ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺳﻴﺴﺘﻢ

ﻣﻜﻌﺐ ﻣﺮﻛﺰدار داراي ﺗﻌﺪاد 2 اﺗﻢ ﻛﺎﻣﻞ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﺪ. )ﺷﻜﻞ .(5

ب( ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰدار (FCC) در اﻳﻦ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻫﻢ 8 اﺗﻢ در ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﻣﻜﻌﺐ ﻗﺮار دارد ﻛﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از آﻧﻬﺎ ﺑﻪ 8 ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺗﻌﻠﻖ دارد ﻳﻌﻨﻲ

ﺑﺪﻳﻦ

## 6 1  1

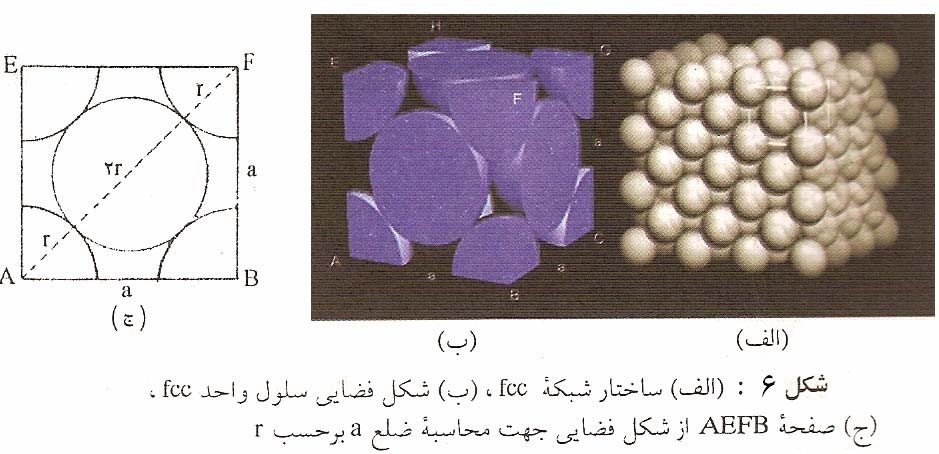
2

و 6 اﺗﻢ در ﻣﺮﻛﺰ وﺟﻮه ﻛﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از آﻧﻬﺎ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ دو ﺳﻠﻮل اﺳﺖ ﻳﻌﻨﻲ

## 8 1  1

8

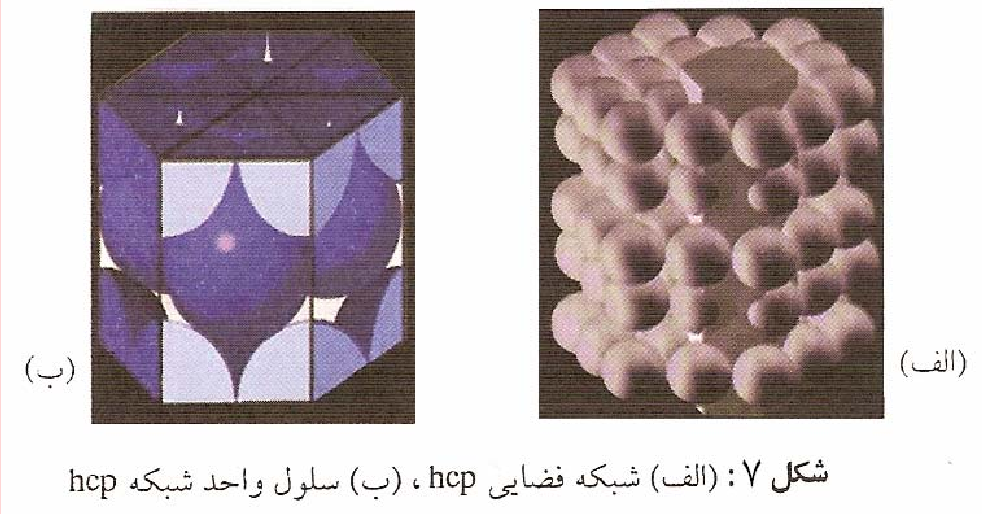
ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻫﺮ ﺷﺒﻜﻪ واﺣﺪ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰدار ﻣﺠﻤﻮﻋﺎً داراي 4 اﺗﻢ ﻛﺎﻣﻞ اﺳﺖ. )ﺷﻜﻞ (6



ج( ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﻣﺘﺮاﻛﻢ (HCP) در اﻳﻦ ﺳﻴﺴﺘﻢ 12 اﺗﻢ درﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﻗﺮار دارﻧﺪ ﻛﻪ ﻫﺮ ﻳﻚ از آﻧﻬﺎ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ 6 ﺳﻠﻮل واﺣﺪ و ﻳﻚ

اﺗﻢ در ﻣﺮﻛﺰ ﻫﺮ ﻗﺎﻋﺪه ﻛﻪ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ دو ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﻮده و ﺳﻪ اﺗﻢ در ﺑﻴﻦ دو ﻗﺎﻋﺪه ﻛﻪ ﺗﻤﺎﻣﺎ ﻣﺘﻌﻠﻖ ﺑﻪ ﺳﻠﻮل

واﺣﺪ ﻫﺴﺘﻨﺪ ﻳﻌﻨﻲ ﻣﺠﻤﻮﻋﺎً 6 اﺗﻢ ﻛﺎﻣﻞ )ﺷﻜﻞ (7



ﻣﺜﺎل( ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ را در ﺳﻠﻮل واﺣﺪ BCC و FCC ﺑﺪﺳﺖ آورده و آﻧﻬﺎ را ﺑﺎ ﻫﻢ ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ ﻛﻨﻴﺪ.

ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ در BCC : ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﺮ ﺣﺴﺐ r ﻣﻲ ﺗﻮان از ﺷﻜﻞ -5)ب( اﺳﺘﻔﺎده و

aBCC را ﺑﺮﺣﺴﺐ r ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﺮد.

(*a* 2)2  *a*2  (4*r*)2

*abcc*  4*r*

3

## 2 4 r3 8 r3

3  3  3  %68

ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ در BCC

⎢⎣ 3 ⎥⎦

abcc 3

⎡ 4r ⎤3 8

ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ در :FCC ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ در FCC اﺑﺘﺪا ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ FCC را ﺑﺮ ﺣﺴﺐ r

)ﺷﻌﺎل اﺗﻤﻲ( ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ آورﻳﻢ )ﺷﻜﻞ (6

2

2

2a

fcc

##  (4r)2  a

fcc

##  4r

## 4  4 r3

## 3  2

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ FCCﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ :

##  0/ 74

2



## ( 4r )3 12

3

از ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ دو ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ ﺷﺒﻜﻪ FCC ﻫﻢ ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﻗﺒﻼ اﺷﺎره ﺷﺪ ﺑﺰرﮔﺘﺮ

از BCC اﺳﺖ.

در اﻳﻨﺠﺎ ﻣﻲ ﺗﻮان ﭼﮕﺎﻟﻲ ﻳﺎ وزن ﻣﺨﺼﻮص ﺣﻘﻴﻘﻲ ﻳﻜﻲ ﻋﻨﺼﺮ ﺟﺎﻣﺪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ را ﺑﺎ اﺳﺘﻔﺎده از راﺑﻄﻪ ﺿﺮﻳﺐ

ﺗﺮاﻛﻢ اﺗﻤﻲ ﺑﻪ دﺳﺖ آورد. ﺑﺮ ﻋﻜﺲ ﺑﺎ داﺷﺘﻦ ﭼﮕﺎﻟﻲ و ﻧﻮع ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻲ ﺗﻮان ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲ دو واﺣﺪ

ﺷﺒﻜﻪ ﻳﺎ ﻓﻮاﺻﻞ اﺗﻤﻲ را ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻛﺮد. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ از ﻳﻚ ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ ﺿﻠﻊ a و ﺗﻌﺪاد n اﺗﻢ را در ﻧﻈﺮ

ﺑﮕﻴﺮﻳﻢ در اﻳﻦ ﺻﻮرت وزن اﻳﻦ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ وزن اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در اﻳﻦ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ. وزن اﺗﻢ ﻫﺎ

در ﻫﺮ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ را ﻣﻲ ﺗﻮان از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ آورد:

## m  nM

NA



در اﻳﻦ راﺑﻄﻪ: :M وزن اﺗﻤﻲ

:n ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎ در ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

:M وزن ﺳﻠﻮل

NA : ﻋﺪد آووﮔﺎدرو

ﺑﺮاﺑﺮ وزن ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺗﻘﺴﻴﻢ ﺑﺮ

وﻗﺘﻲ ﺣﺠﻢ ﻫﺮ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ a3 ﺑﺎﺷﺪ، ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل

##   nM a3NA

  nM

VNA

ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد:

در اﻳﻦ راﺑﻄﻪ V ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ اﺳﺖ.

ﻣﺜﺎل ( ﭼﮕﺎﻟﻲ آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم را ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻛﻨﻴﺪ.

و ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ آن FCC و وزن اﺗﻤﻲ آن g/mol

## r  1/ 431Ao

در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲ آن

.ﺑﺎﺷﺪ 26.97

## NA  6 /021023 Atoms / mol

ﻋﺪدآووﮔﺎدرو

و ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ اﻳﻨﻜﻪ آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم داراي ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ FCC اﺳﺖ،

##   nM

VNA

ﺣﻞ: ﺑﺎ اﺳﺘﻔﺎده از راﺑﻄﻪ

ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي آن n=4 و واﺣﺪ ﺷﺒﻜﻪ آن ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ

## a  4r

 4 1/ 431Ao

 4 /

06Ao

4

ﻳﺎ(

/06

10

## 10



m

)

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﭼﮕﺎﻟﻲ آن ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ :

2

2

##   4  26 /97 

10 3 23

10 kg / mol

 2/ 68

103 Kg

(4 /06 10 m)  6 /0210 atom/ mol m3

3

اﻟﺒﺘﻪ اﻳﻦ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺷﺪه ﻣﺮﺑﻮط ﺑﻪ ﻳﻚ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻛﺎﻣﻞ )ﻳﺎﺑﺪون ﻋﻴﺐ( اﺳﺖ. اﻣﺎ در واﻗﻊ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﻛﻪ از

ﻃﺮﻳﻖ اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﺷﻮد ﻣﻌﻤﻮﻻ ﺑﻪ دﻟﻴﻞ وﺟﻮد ﻋﻴﺐ ﻫﺎي ﺟﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﻋﺪد ﻛﻮﭼﻜﺘﺮي ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد.

ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺧﻄﻲ و ﺻﻔﺤﻪ اي:

ﺑﺮاي ﺑﺪﺳﺖ آوردن ﺗﺮاﻛﻢ اﺗﻤﻲ در اﻣﺘﺪاد ﻳﻚ ﺧﻂ و ﻫﻤﭽﻨﻴﻦ ﺑﺮ روي ﻳﻚ ﺻﻔﺤﻪ از ﻣﻔﺎﻫﻴﻢ ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺧﻄﻲ و

ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺻﻔﺤﻪ اي اﺳﺘﻔﺎده ﻛﺮده و آﻧﻬﺎ را ﺑﻪ ﻛﻤﻚ رواﺑﻂ زﻳﺮ ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ.

اﻟﻒ( ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺧﻄﻲ

ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ ﻣﻮﺟﻮد ﺑﺮ روي ﭘﺎره ﺧﻂ

ﺧﻄﻲ اﺗﻤﻲ ﭼﮕﺎﻟﻲ=

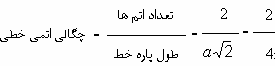
ﻃﻮل ﭘﺎره ﺧﻂ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ

ﻣﺜﺎل( ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺧﻄﻲ اﺗﻢ ﻫﺎ را در اﻣﺘﺪاد [110] در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﺲ ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﻨﻴﺪ.

## r  1/ 278Ao  1/ 278 

7

10 mm



  2atoms

 7

ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺧﻄﻲ در اﻣﺘﺪاد [110]

41/ 278 

10 mm

  3 / 9 106 atoms / mm

ب( ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺻﻔﺤﻪ اي

ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺎﻣﻞ ﻣﻮﺟﻮد ﺑﺮ روي ﺻﻔﺤﻪ =ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺻﻔﺤﻪ اي

ﻣﺴﺎﺣﺖ ﺻﻔﺤﻪ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ

ﻣﺜﺎل( ﭼﮕﺎﻟﻲ ﺻﻔﺤﻪ (100) را در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﺳﺮب (FCC) ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻛﻨﻴﺪ.

## rpb  1/ 750Ao  1/ 750

10 mm

ﺣﻞ:

7

apb 

4r

##  4(1/ 750

10 mm)

 4 /95  7 mm

 2atoms 2atoms  8 / 21012atoms/ mm2

2

2

7

10

pb

ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺻﻔﺤﻪ (100)

a

)

10

2 (4 /95  7

ﺑﺮﺧﻲ ﺳﺎﺧﺘﻤﺎن ﺑﻠﻮري ﻓﻠﺰات ﻣﻌﺮوف:

FCC

## 

- ﭘﻼﺗﻴﻦ – ﺳﺮب- ﻃﻼ- ﻣﺲ-ﻧﻴﻜﻞ – ﻧﻘﺮه

آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم – آﻫﻦ

BCC

## ,

– ﭘﺘﺎﺳﻴﻢ- ﺗﻨﮕﺴﺘﻦ- ﺳﺪﻳﻢ – ﻣﻮﻟﻴﺒﺪن- واﻧﺎدﻳﻮم

آﻫﻦ

HCP

ﻣﻨﻴﺰﻳﻮم- ﻛﺎدﻣﻴﻢ- ﻛﺒﺎﻟﺖ- روي

ﻧﻜﺘﻪ: ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻳﻚ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﻬﺮه ﻣﻲ ﺑﺮﻳﻢ

## N  Ni

* Nf

## 2

* Nc

8

:N ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﺳﻠﻮل واﺣﺪ

:Nf ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﺳﻄﺢ وﺟﻮه

:Ni ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي داﺧﻠﻲ

:Nc ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﮔﻮﺷﻪ ﻫﺎي ﺳﻠﻮل

*sc*  1, *Bcc*  2, *fcc*  4

ﭼﻨﺪ ﺗﺴﺖ :

ﺗﺴﺖ ( ﻣﺠﻤﻮع اﺗﻢ ﻫﺎي واﺣﺪ ﺳﺎﺧﺘﻤﺎﻧﻲ ﺷﺒﻜﻪ BCC ﭼﻨﺪ اﺗﻢ اﺳﺖ )آزاد (72

11-4

14-3

9-2

8-1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 2

ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎﻳﻲ ﻛﻪ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ را ﻣﻲ ﺳﺎزﻧﺪﻣﺪ ﻧﻈﺮ اﺳﺖ.

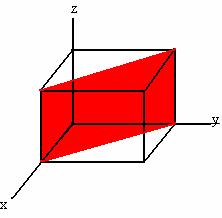
ﺗﺴﺖ( ﻣﺨﺘﺼﺎت ﻣﻴﻠﺮ (miller) ﺻﻔﺤﻪ ﻫﺎ ﺷﻮر ﺧﻮرده ﻛﺪام اﺳﺖ؟ )آزاد (75

(110) (4

(010) (3

(011) (2

(100) (1



ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ 4

ﺗﺴﺖ( ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ اﺗﻤﻲ در ﻳﻚ ﻓﻠﺰ ﻋﺒﺎرت از ﻛﺪام ﻣﻮرد اﺳﺖ؟ )آزاد (76 -1ﺳﻄﺢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در واﺣﺪ ﺳﻄﺢ ﺑﻪ ﺳﻄﺢ ﺳﻠﻮل

-2ﺣﺠﻢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﺗﺸﻜﻴﻞ دﻫﻨﺪه ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﻪ ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل -3ﺣﺠﻢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﺳﻠﻮل واﺣﺪ ﺑﻪ ﺣﺠﻢ ﺳﻠﻮل

-4ﺳﻄﺢ ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎي ﺗﺸﻜﻴﻞ دﻫﻨﺪه واﺣﺪ ﺳﻠﻮل ﺑﻪ ﺳﻄﺢ ﻛﻞ ﺳﻠﻮل

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

ﺗﺴﺖ( ﻋﺪد ﻫﻤﺴﺎﻳﮕﻲ ﺑﺮاي ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎي ﺑﺎ ﺷﺒﻜﻪ ﻣﻜﻌﺐ ﺳﺎده ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ )ﻛﻨﻜﻮر (78

12 (4

8(3

6 (2

4 (1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ2

ﺗﺴﺖ( در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺐ ﻓﺎﺻﻠﻪ ﻣﺨﺘﺼﺎت (110) ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ ﺑﺎ )ﻛﻨﻜﻮر (78

## a 3

3 (4

## a 2 a

2 (3 (2

2

a (1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

## d  a

h2  k2  l2

 a  a

2

2

2

0.4049 اﺳﺖ. ﻣﻘﺪار d200 آن را

nm

ﺗﺴﺖ( ﺛﺎﺑﺖ ﺷﺒﻜﻪ اي ﻫﺮ ﺳﻠﻮل واﺣﺪ در ﺳﺎﺧﺘﺎر ﺑﻠﻮري آﻟﻮﻣﻴﻨﻴﻮم

ﺣﺴﺎب ﻛﻨﻴﺪ. )ﻛﻨﻜﻮر (78

(

1

(

1.2 nm(4

0.1431 nm 3

0.81 nm(2

0.2024 nm

## d  a

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

##  0/ 4049  0/ 2024

h2  k2  l2

4

ﺗﺴﺖ( ﭼﺮا اﺗﻢ ﻫﺎ ﺑﺮاي ﻧﻔﻮذ در آﻫﻦ BCC ﻧﻔﻮذ ﭘﺬﻳﺮي ﺑﻴﺸﺘﺮي دارﻧﺪ ﺗﺎ در آﻫﻦ FCC؟ )ﻛﻨﻜﻮر (78

-1راه ﻋﺒﻮر ﺑﻴﻦ ﺣﻔﺮه اي FCC ﻛﻮﭼﻜﺘﺮ از ﺳﺎﺧﺘﺎر BCC اﺳﺖ.

-2ﺿﺮﻳﺐ ﻓﺸﺮدﮔﻲ اﺗﻤﻲ آﻫﻦ FCC ﻛﻤﺘﺮ اﺳﺖ.

-3ﺿﺮﻳﺐ ﻓﺸﺮدﮔﻲ اﺗﻤﻲ آﻫﻦ BCC ﻛﻤﺘﺮ اﺳﺖ.

-4ﺣﻔﺮه ﻫﺎي ﺑﻴﻦ ﻧﺸﻴﻦ FCC ﻛﻮﭼﻜﺘﺮ اﺳﺖ.

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

ﺗﺴﺖ( ﻣﻴﺰان ﻓﺸﺮدﮔﻲ factor packing ﺷﺒﻜﻪ آﻫﻦ در دﻣﺎي ﻣﺤﻴﻂ ﭼﻨﺪ درﺻﺪ اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (78

74 (4

70 (3

68 (2

52 (1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ2

## Bcc 

3a

 4r  a  4r , n  2

p.f

2(4 r3 )

 3  0/ 68

3

⎛ 4r ⎞3

⎜ ⎟

3

⎝ ⎠

ﺗﺴﺖ( ﭼﮕﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ ﺻﻔﺤﻪ (100) در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ FCC ﺑﺮ ﺣﺴﺐ ) mm / اﺗﻢ( ﻛﺪام اﺳﺖ؟

2

)ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲ(

m

10

## r  0/124  9

34 / 491012

(2

## 43 /1121012

(1

## 8 / 6221012

(4

## 17 / 245 1012

(3

ﺗﻌﺪاد اﺗﻢ ﻫﺎ

10

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

## 4 1  1 2

4

A  a2

 ⎛ 4r

⎝

2

⎜

⎞  8(0/124  9)2

⎠

10

2

⎟

 1/ 23  19m2

d 2  1/ 63 1019 atm  1/ 63 1013

atm

##  16 / 3 1012

atm

## 1/ 23 

m

19 2

## 10

mm2

mm2

ﺑﺮ ﺣﺴﺐ

و ﻣﺸﺨﺼﺎت ذﻳﻞ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﺪ.

BCC



ﻛﻪ داراي ﺳﺎﺧﺘﺎر

آﻫﻦ

)ﭼﮕﺎﻟﻲ(

داﻧﺴﺘﻴﻪ

## gr

ﺗﺴﺖ(

ﻛﺪام اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (79

Cm3

ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲ آﻫﻦ

10

##  0/124  9

m

= ﻋﺪد آووﮔﺎدرو -

# 

## 6 /021023

=56 ﺟﺮم اﺗﻤﻲ آﻫﻦ

7.6(4

7.80(3

7.82(2

(1 7.92 ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

## 3 ⎛ 4r ⎞3

64 3

64

7 3

23 3

## v  a  ⎜

⎝

⎟  R 

⎠ 3 3

3

3

(0/124 10

)  2/ 3 10 cm

 2 56  7 /92 gr

3

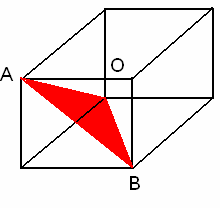
6 /021023  2/ 3 

23

## 10

cm3

ﺗﺴﺖ( اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ ﺻﻔﺤﻪ OAB ﻋﺒﺎرت اﺳﺖ از ): ﻛﻨﻜﻮر (79



(111) (4

 

## (112)

(3

(001) (2

 

## (111)

(1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

(f.c.c) ﺑﺮﺣﺴﺐ ﺷﻌﺎع اﺗﻢ ﭼﻘﺪر ﻣﻲ

ﺗﺴﺖ- ﻓﺎﺻﻠﻪ ﺑﻴﻦ ﺻﻔﺤﺎت (111) در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺒﻲ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار

ﺑﺸﺎد.؟ )ﻛﻨﻜﻮر (79

4*R*

2 *R*

6*R*

(4 (3

3*R*

3 (2

(1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

6

*d* 

*a*

*h*2  *k* 2  *l* 2

2*a* 4*R*  *a*  4*R*

2

*d*  4*R*



2 3

6

 4*R*

ﺗﺴﺖ( اﺗﻢ ﻫﺎي آﻫﻦ ﺑﺎ ﺳﺎﺧﺘﺎر BCC داراي ﭼﻨﺪ ﻋﺪد ﻫﻤﺴﺎﻳﮕﻲ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﻨﺪ).ﻛﻨﻜﻮر (79

12(4

8(3

6(2

10 (1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

## 0/ 85 1023

اﺗﻢ ﻣﺲ

ﻣﻲ ﺑﺎﺷﺪ و در ﻫﺮ ﺳﺎﻧﺘﻴﻤﺘﺮ ﻣﻜﻌﺐ ﻓﻀﺎي اﺷﻐﺎﻟﻲ

0.127

ﺗﺴﺖ(ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲnm

ﻣﺘﺮاﻛﻢ ﻣﻲ ﺷﻮد .ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ ﻣﺲ ﻛﺪام اﺳﺖ ؟)ﻛﻨﻜﻮر (80

## r  0/127 

10 cm

7

1(4

74(3

0.5(2

47(1

## v  1cm3

pf 

4 r3 0/ 85 1023

3  0/ 74

1

n  0/ 85 1023

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

ﺗﺴﺖ( ﻛﺪام ﮔﺰﻳﻨﻪ ﻣﻌﺮف ﺟﻬﺖ ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه در ﺷﻜﻞ اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (80

⎡ ⎤

⎡ ⎤

⎡ ⎤

⎡  ⎤

## ⎢101⎥

⎢111⎥

⎢101⎥

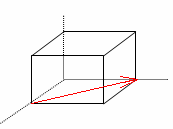
⎢110⎥

⎣ ⎦ (4

⎣ ⎦ (3

⎣ ⎦ (2

⎣ ⎦ (1



ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

ﺗﺴﺖ( ﻋﻼﻣﺖ ﺻﻔﺤﻪ ABC ﺑﺮ ﻣﺒﻨﺎي ﻣﻴﻠﺮ (Miller) ﻛﺪام اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (80

      

## (111)

(4

## (111)

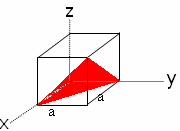
(3

## (111)

(2

## (111)

(1



 

## (111)

ﭘﺎﺳﺦ :

ﻧﻜﺘﻪ: ﻣﺤﻮر ﻣﺨﺘﺼﺎت ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ) ﮔﺰﻳﻨﻪ ﻫﺎ ﻏﻠﻂ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﻨﺪ(

ﺗﺴﺖ( اﻧﺪﻳﺲ ﻣﻴﻠﺮ (Miller) ﺻﻔﺤﻪ ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه ﻛﺪام اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (81



## (221)

(4



## (112)

(3

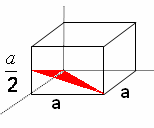
## (221)

(2



## (112)

(1



ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ1

ﺗﺴﺖ( ﺗﻚ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﺑﺎ ﺷﺒﻜﻪ FCC و ﺣﺠﻢ v در ﻳﻚ ﺗﺤﻮل آﻟﻮﺗﺮوﭘﻴﻚ ﺑﻪ ﺷﻜﻞ ﻣﻜﻌﺒﻲ ﺳﺎده ﺑﺎ ﺣﺠﻢ

*v*

*v* ﺑﻪ ﻛﺪام ﮔﺰﻳﻨﻪ ﻧﺰدﻳﻜﺘﺮ اﺳﺖ؟ )ﻛﻨﻜﻮر (82

v

ﺗﺤﻮل ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ. ﻧﺴﺒﺖ

## 3

2(4

3

4(3

2(2

1(1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ4

2

## v 

v

4VS.C

VF.C.C

##  4(2r)3 

( 4 R)3

2

 1/ 4

ﺗﺴﺖ( ﻛﺪام ﮔﺰﻳﻨﻪ ﻃﻮل ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز را ﺑﺮاي ﻓﻠﺰ ﻧﻘﺮه ﺑﺎ ﺳﺎﺧﺘﺎر ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ f.c.c و ﭘﺎراﻣﺘﺮ ﺷﺒﻜﻪ اي ﻣﺸﺨﺺ

ﻣﻲ ﻧﻤﺎﻳﺪ. )ﻛﻨﻜﻮر (81

a (4

0.707 a(3

77.7 a (2

0.866 a (1

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ3

## b  2 a  0/ 707a 2

ﺗﺴﺖ( ﻧﺴﺒﺖ ﻃﻮل ﺑﺮدارﺑﺮﮔﺮز ﺑﻪ ﭘﺎراﻣﺘﺮ ﺷﺒﻜﻪ اي در ﺳﺎﺧﺘﺎرﻫﺎي FCC،BCC ،SC ﺑﻪ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺑﺮاﺑﺮ اﺳﺖ

## 2, 3 ,1

ﺑﺎ

## 3,1, 2

2 2 (2

## 1, 3 , 2

2 2 (4

2

## 2,1,

2

2 (1

## 3

2 (3

## fcc : b  a

ﭘﺎﺳﺦ : ﮔﺰﻳﻨﻪ4

##  b 

2

2

2

Bcc : b  a

2

a 2

##  b 

3

3

a 2

SC : b

 a  b  1

a

ﻋﻴﻮب ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ:

از ﻧﻈﺮ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻮﮔﺮاﻓﻲ، ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻛﻪ داراي ﺳﺎﺧﺘﺎرﺷﺒﻜﻪ اي ﻛﺎﻣﻼ ﻣﻨﻈﻢ از ﺗﻜﺮار ﺳﻮل واﺣﺪ ﺑﺎﺷﺪ، ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل

اﻳﺪه ال ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. اﻣﺎ ﻳﻚ ﭼﻨﻴﻦ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ در ﻃﺒﻴﻌﺖ ﺑﻪ ﻧﺪرت ﻳﺎﻓﺖ ﻣﻲ ﺷﻮد و ﻋﻤﻮﻣﺎ ﺗﻤﺎم ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ

داراي ﻋﻴﻮب ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ ﻛﻪ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻋﻤﺪه و ﺑﺴﺰاﻳﻲ ﺑﺮ روي ﺧﻮاص ﻓﻴﺰﻳﻜﻲ و ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ دارﻧﺪ.

ﺑﺎ ﻛﻨﺘﺮل ﻋﻴﻮب ﺷﺒﻜﻪ ﻣﻲ ﺗﻮان ﻓﻠﺰات و آﻟﻴﺎژﻫﺎﻳﻲ ﺑﺎ اﺳﺘﺤﻜﺎم ﺑﺎﻻ، ﻣﻐﻨﺎﻃﻴﺴﻬﺎﻳﻲ ﺑﺎ ﻗﺪرت ﺑﻴﺸﺘﺮ و دﻳﮕﺮ ﻣﻮاد

ﺑﺎ ﺧﻮاص ﺻﻨﻌﺘﻲ ﺑﻬﺘﺮ ﺗﻮﻟﻴﺪ ﻛﺮد.

ﻋﻴﻮب ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ را ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ اﺑﻌﺎدي ﻛﻪ دارد ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﺗﺮﺗﻴﺐ زﻳﺮ ﺗﻘﺴﻴﻢ ﺑﻨﺪي ﻛﺮد:

-1 ﻋﻴﻮب ﻧﻘﻄﻪ اي )ﻋﻴﻮب ﺻﻔﺮ ﺑﻌﺪي( -2 ﻋﻴﻮب ﺧﻄﻲ )ﻋﻴﻮب ﻳﻚ ﺑﻌﺪي( -3 ﻋﻴﻮب ﺳﻄﺤﻲ )ﻋﻴﻮب دو ﺑﻌﺪي( -4 ﻋﻴﻮب ﻓﻀﺎﻳﻲ )ﻋﻴﻮب ﺳﻪ ﺑﻌﺪي(

ﻋﻴﻮب ﻓﻮق در اﻏﻠﺐ ﺣﺎﻻت در اﺛﺮ ﻋﻮاﻣﻞ ﺧﺎرﺟﻲ ﺑﻮﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﻨﺪ ، ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل رﺷﺪ ﻏﻠﻂ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻬﺎ در

ﻣﻮاﻗﻊ اﻧﺠﻤﺎد ﺳﺮﻳﻊ و ﻏﻴﺮه

-1 ﻋﻴﻮب ﻧﻘﻄﻪ اي:

اﻟﻒ( ﻋﻴﻮب ﺟﺎي ﺧﺎﻟﻲ:

ﻣﺤﻠﻬﺎي ﺧﺎﻟﻲ اﺗﻤﻲ در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ از ﻣﻬﻤﺘﺮﻳﻦ و ﺳﺎده ﺗﺮﻳﻦ ﻋﻴﻮب ﻧﻘﻄﻪ اي ﻫﺴﺘﻨﺪ، ﭼﻨﻴﻦ ﻋﻴﻮﺑﻲ ﻣﻲ

ﺗﻮاﻧﺪ در ﻣﻮاﻗﻊ اﻧﺠﻤﺎد )ﺑﺨﺼﻮص ﺳﺮد ﻛﺮدن ﺑﺎ ﺳﺮﻋﺖ زﻳﺎد )از درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﺑﺎﻻ(، ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ، اﺷﻌﻪ دادن

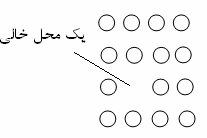
ﺑﺎ اﺷﻌﻪ اي ﻛﻪ داراي اﻧﺮژي زﻳﺎد اﺳﺖ و ﻳﺎ در درﺟﻪ ﺣﺮارﺗﻬﺎي ﺑﺎﻻ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﻣﺤﻞ ﺧﺎﻟﻲ را در ﺷﺒﻜﻪ

ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻣﻌﻤﻮﻻ ﺑﺎ ﻋﻼﻣﺖ ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﻛﻨﻨﺪ. اﻟﺒﺘﻪ ﻫﺮ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل در ﺷﺮاﻳﻂ ﺗﻌﺎدﻟﻲ ﺧﻮد داراي ﺗﻌﺪادي

ﺟﺎي ﺧﺎﻟﻲ اﺳﺖ. ﻛﻪ ﺗﻌﺪاد اﻳﻦ ﺟﺎﻫﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﻗﺎﺑﻞ ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ اﺳﺖ.

ﺑﺮاي ﺑﺪﺳﺖ آوردن ﻳﻚ ﻣﺤﻞ ﺧﺎﻟﻲ ﺑﺎﻳﺪ اﺗﻢ را ﺑﻪ ﻃﺮﻳﻘﻲ از ﻣﺤﻞ ﺧﻮد در ﺷﺒﻜﻪ ﺧﺎرج ﺳﺎزﻳﻢ.در ﺷﻜﻞ زﻳﺮ

ﻳﻚ ﻣﺤﻞ ﺧﺎﻟﻲ ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه اﺳﺖ .



ﺑﺪﻳﻦ ﻣﻨﻈﻮر ﻣﻘﺪاري اﻧﺮژي ﻻزم اﺳﺖ ﻛﻪ اﻧﺮژي ﺗﺸﻜﻴﻞ ﻣﺤﻞ ﺧﺎﻟﻲ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد.

Interstitial Defect: ﺷﻴﻨﻲ ﺑﻴﻦ ﻋﻴﺐ (ب

ﻧﻮع دﻳﮕﺮ از ﻋﻴﻮب ﻧﻘﻄﻪ اي، ﻋﻴﺐ ﺑﻴﻦ ﻧﺸﻴﻨﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ در اﺛﺮ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﻳﻚ اﺗﻢ در ﻓﻀﺎي ﻣﻮﺟﻮد ﺑﻴﻦ اﺗﻢ

ﻫﺎي ﺷﺒﻜﻪ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﺷﺮط اوﻟﻴﻪ ﺑﺮاي ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﻳﻚ اﺗﻢ ﺛﺎﻟﺚ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺑﻴﻦ ﻧﺸﻴﻨﻲ در ﺑﻴﻦ اﺗﻢ

ﻫﺎي ﺷﺒﻜﻪ اﺻﻠﻲ ﺑﻪ اﻧﺪازه ﻛﺎﻓﻲ ﻛﻮﭼﻜﺘﺮ ﺑﻮدن ﺷﻌﺎع اﺗﻤﻲ آن از اﺗﻢ ﻫﺎي اﺻﻠﻲ ﺷﺒﻜﻪ اﺳﺖ. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل

ﻣﻲ ﺗﻮان ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﻛﺮﺑﻦ در ﺷﺒﻜﻪ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار آﻫﻦ را ﻧﺎم ﺑﺮد. اﻳﻦ ﮔﻮﻧﻪ ﻋﻴﻮب ﻣﻲ

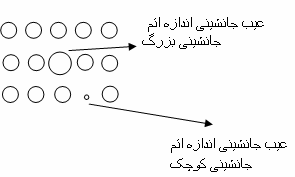
ﺗﻮاﻧﺪ ﺑﺎﻋﺚ ﻛﺠﻲ ﻳﺎ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﻣﻮﺿﻌﻲ در ﺳﺎﺧﺘﺎر ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﺷﻮد، ﻋﻴﺐ ﺑﻴﻦ ﻧﺸﻴﻨﻲ ﺑﻴﺸﺘﺮ در ﺷﺒﻜﻪ

ﻫﺎﻳﻲ ﺑﺎ ﺿﺮﻳﺐ ﺗﺮاﻛﻢ ﭘﺎﺋﻴﻦ دﻳﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد.

substitutional Defect :ﺟﺎﻧﺸﻴﻨﻲ ﻋﻴﺐ (ج

اﺗﻢ ﻫﺎي ﻧﺎﺧﺎﻟﺼﻲ ﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد در ﻳﻚ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻣﻤﻜﻦ اﺳﺖ در ﻣﺤﻠﻬﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﺑﻪ ﺟﺎي اﺗﻢ ﻫﺎي ﺷﺒﻜﻪ و ﻳﺎ در ﻓﻀﺎﻫﺎي ﻣﻮﺟﻮد ﺑﻴﻦ اﺗﻢ ﻫﺎي ﺷﺒﻜﻪ ﻗﺮار ﮔﻴﺮد ﻛﻪ در ﺣﺎﻟﺖ اول ﺷﻌﺎع اﺗﻢ ﺟﺎﻧﺸﻴﻨﻲ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﺗﻘﺮﻳﺒﺎ اﻧﺪازه

ﺷﻌﺎع اﺗﻢ ﻫﺎي اﺻﻠﻲ ﺷﺒﻜﻪ ﺑﺎﺷﺪ.



-2 ﻋﻴﻮب ﺧﻄﻲ

A ( ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪ اي ﻳﺎ ﺧﻄﻲ

در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ، ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﺎ ﻋﻴﻮﺑﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ ﻛﻪ در اﻣﺘﺪاد ﻳﻚ ﺧﻂ در ﺷﺒﻜﻪ دﻳﺪه ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ، ﺑﺪﻳﻦ ﺟﻬﺖ

اﺳﺖ ﻛﻪ ﺟﺰء ﻋﻴﻮب ﺧﻄﻲ ﺑﻪ ﺷﻤﺎر ﻣﻲ آﻳﻨﺪ.

ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪ اي را ﻣﻲ ﺗﻮان از ﻧﻈﺮ ﻫﻨﺪﺳﻲ اﻧﺘﻬﺎي ﻳﻚ ﻧﻴﻢ ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ اﺿﺎﻓﻲ ﻛﻪ ﺑﻴﻦ دو ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ از ﻳﻚ

ﺷﺒﻜﻪ ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻪ و ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرت دﻳﮕﺮ ﻋﺪم وﺟﻮد ﻳﻚ ﻗﺴﻤﺖ از ﻳﻚ ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ در ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ ﻓﺮض

ﻛﺮد. ﺑﺪﻳﻦ ﺻﻮرت در ﺷﺒﻜﻪ ﻧﻘﺎﻳﺼﻲ ﺑﻪ ﻧﺎم ﺧﻄﻮط ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﻳﻚ ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ را ﺑﺎ ﻋﻼﻣﺖ

ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﻨﺪ.

در اﻳﻦ ﻋﻼﻣﺖ ﺧﻂ ﻋﻤﻮد در ﺟﻬﺖ ﻧﻴﻢ ﺻﻔﺤﻪ اﺿﺎﻓﻲ اﺳﺖ و ﺧﻂ اﻓﻘﻲ ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ ﺷﺒﻜﻪ را )در ﺑﺤﺚ ﺗﻐﻴﻴﺮ

ﺷﻜﻞ ﺻﻔﺤﻪ ﻟﻐﺰش ﻣﻴﻨﺎﻣﻴﻢ.( ﻛﻪ ﻋﻤﻮد ﺑﺮ آن اﺳﺖ ﻧﺸﺎن داده و ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﻤﺎن ﻓﺼﻞ ﻣﺸﺘﺮك اﻳﻦ دو

ﺻﻔﺤﻪ اﺳﺖ. ﻛﻤﻴﺘﻲ ﻛﻪ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻘﺪار و ﺟﻬﺖ اﻳﻦ ﻋﻴﺐ ﺑﻪ ﻛﺎر ﻣﻲ رود ﻳﻚ ﻛﻤﻴﺖ ﺑﺮداري اﺳﺖ ﻛﻪ ﺑﻪ

r

b

ﻧﺎم ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. ﻣﻘﺪار و ﺟﻬﺖ اﻳﻦ ﺑﺮدار ﺑﻪ ﻛﻤﻚ ﻃﻲ ﻣﺴﻴﺮي ﺣﻮل ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺗﻌﻴﻴﻦ

ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﺪﻳﻦ ﻣﻨﻈﻮر ﻧﻘﻄﻪ اي را ﺑﺮاي ﺷﺮوع ﻣﺴﻴﺮ ﺑﺮ روي ﺷﺒﻜﻪ اﻧﺘﺨﺎب ﻛﺮده و ﻫﻤﺎﻧﮕﻮﻧﻪ ﻛﻪ در ﺷﻜﻞ

ﻧﺸﺎن داده ﺷﺪه ﻓﻮاﺻﻞ اﺗﻤﻲ ﻣﺴﺎوي را در ﺟﻬﺎت ﻗﺎﺋﻢ و اﻓﻖ )ﺑﻪ ﻧﺎم دور ﺑﺮﮔﺮز( ﻃﻲ ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ. ﺑﺮداري ﻛﻪ

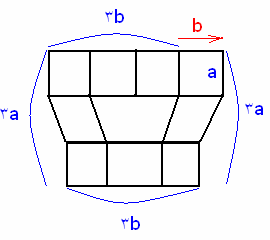
ﻧﻘﻄﻪ ﭘﺎﻳﺎن ﻣﺴﻴﺮ را ﺑﻪ ﺷﺮوع وﺻﻞ ﻛﻨﺪ، ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز را ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ. ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻓﺎﻗﺪ اﻳﻦ ﻧﻘﺺ

ﻣﻲ ﺑﻮد در اﻧﺘﻬﺎ ﻣﺴﻴﺮ ﺑﺎ ﺗﻌﺪاد ﻓﻮاﺻﻞ اﺗﻤﻲ ﻣﺴﺎوي در ﺗﻤﺎم ﺟﻬﺎت ﺑﻪ ﻧﻘﻄﻪ ﺷﺮوع ﻣﻲ رﺳﻴﺪﻳﻢ. اﻧﺪازه اﻳﻦ

ﺑﺮدار ﻣﻀﺮب ﺻﺤﻴﺤﻲ از واﺣﺪ ﺷﺒﻜﻪ و ﺟﻬﺖ آن ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ اﺳﺖ.

ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﺟﻬﺎﺗﻲ ﻛﻪ ﺧﻄﻮط ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ و ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز ﺑﺎ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ دارﻧﺪ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﺎ ﺑﻪ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪ اي، ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ

ﭘﻴﭽﻲ و ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻣﺨﺘﻠﻂ ﺗﻘﺴﻴﻢ ﺑﻨﺪي ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. در ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪ اي ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ اﺳﺖ.



(B ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﭘﻴﭽﻲ:

ﺷﻜﻞ زﻳﺮﻳﻚ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﭘﻴﭽﻲ را ﻧﺸﺎن ﻣﻴﺪﻫﺪ. اﻳﻦ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺑﺪﻳﻦ ﺟﻬﺖ ﭘﻴﭽﻲ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﺻﻔﺤﺎت

اﺗﻤﻲ ﻋﻤﻮد ﺑﺮ ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻛﺎﻣﻼ ﺟﺪا از ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻧﺒﻮده ﺑﻠﻜﻪ ﻳﻚ ﺳﻄﺢ ﭘﻴﭽﻴﺪه را ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ و ﻳﺎ ﻣﻲ ﺗﻮان ﭼﻨﻴﻦ ﺗﺼﻮر ﻛﺮد ﻛﻪ دو ﻗﺴﻤﺖ از ﻳﻚ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ در ﺟﻬﺖ ﻣﺨﺎﻟﻒ ﺑﺮ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻟﻐﺰﻳﺪه اﺳﺖ ﺑﻪ

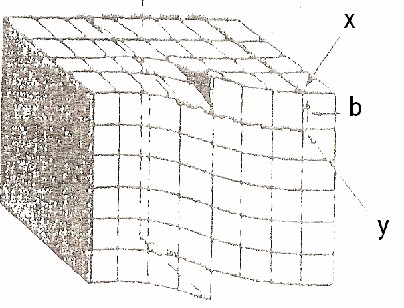
ﻃﻮري ﻛﻪ اﻳﻦ ﻟﻐﺰش ﺗﻨﻬﺎ ﺑﺮ روي ﻳﻚ ﺻﻔﺤﻪ درﺟﻬﺖ ﻣﻮازي ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺑﻪ اﻧﺪازه ﻳﻚ ﻓﺎﺻﻠﻪ اﺗﻤﻲ اﻧﺠﺎم

ﮔﺮﻓﺘﻪ و اﺗﻢ ﻫﺎ ﻣﺠﺪدا در ردﻳﻒ ﻫﻢ ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮﻧﺪ و ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﭘﻴﭽﻲ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. در اﻳﻦ

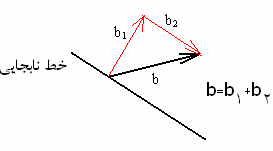
ﺣﺎﻟﺖ ﻳﻚ ﺿﻠﻊ دو ﺻﻔﺤﻪ ﻛﺎﻣﻼ ﺑﺮ ﻫﻢ ﻣﻨﻄﺒﻘﻨﺪ ﭘﻴﻤﻮدن ﻳﻚ دور ﺑﺮ ﮔﺮز ﺑﻪ ﻫﻤﺎن ﮔﻮﻧﻪ ﻛﻪ در ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪ اي

ﮔﻔﺘﻪ ﺷﺪ ﻧﺸﺎن ﻣﻲ دﻫﺪ ﻛﻪ در ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﭘﻴﭽﻲ ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز ﻣﻮازي ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ اﺳﺖ و ﻣﻘﺪار آن ﺑﺮاﺑﺮ ﮔﺎم ﭘﻴﭻ

اﺳﺖ.



(C ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻣﺨﺘﻠﻂ:



b1 : ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻟﺒﻪاي

:b2 ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﭘﻴﭽﻲ

ﺗﻤﺎم ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﺎي ﻣﺨﺘﻠﻂ از ﭘﻴﻮﺳﺘﻦ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﺎي ﻟﺒﻪ اي و ﭘﻴﭽﻲ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﻨﺪ. ﺣﺎﻻت

ﻫﺮﮔﺎه ﻳﻚ دور ﺑﺮﮔﺮز ﺷﺎﻣﻞ

ﺧﻂ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺑﺴﺘﮕﻲ دارد.

ﻣﺨﺘﻠﻒ اﻳﻦ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺑﻪ زاوﻳﻪ ﺑﻴﻦ ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮز ﺑﺎ

ﭼﻨﺪﻳﻦ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﺷﻮد ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮزي ﻛﻪ از آن ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد ﺑﺮاﺑﺮ ﺣﺎﺻﻞ ﺟﻤﻊ ﺑﺮدار ﺑﺮﮔﺮزﻫﺎي

ﻫﺮ ﻳﻚ از ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲﻫﺎ اﺳﺖ.

-3 ﻋﻴﻮب ﺻﻔﺤﻪاي: (aﻋﻴﻮب ﻻﻳﻪاي )ﻧﻘﺺ در ﭼﻴﺪه ﺷﺪن(

ﻋﻴﺐ ﻻﻳﻪ اي از ﻗﺮار ﮔﺮﻓﺘﻦ ﺑﺪون ﻧﻈﻢ و ﺗﺮﺗﻴﺐ ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ ﺑﺮ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ

ﻛﻪ در ﻗﺴﻤﺘﻲ از ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻳﻜﻲ از ﻻﻳﻪ ﻫﺎ وﺟﻮد ﻧﺪارد. ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻫﮕﺰاﮔﻮﻧﺎل ﻣﺘﺮاﻛﻢ ﺗﻜﺮار

درﻣﻲ آﻳﺪ در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ ﺗﻜﺮار ﻋﺎدي ﻻﻳﻪ ﻫﺎ ﺑﻪ ﺻﻮرت

ABBABAB….

ﺻﻔﺤﺎت ﺑﻪ ﺻﻮرت

ABABAB…. اﺳﺖ و ﻳﺎ در ﺳﻴﺴﺘﻢ ﻣﻜﻌﺐ ﺑﺎ وﺟﻮه ﻣﺮﻛﺰ دار ﺑﺎ وﺟﻮد اﻳﻦ ﻋﻴﺐ ﺗﻜﺮار ﺻﻔﺤﺎت اﺗﻤﻲ ﺑﻪ

ﺻﻮرت…. ABCBCABCدر ﻣﻲ آﻳﺪ در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ ﺗﻜﺮار ﻣﻨﻈﻢ ﻻﻳﻪ ﻫﺎي اﺗﻤﻲ در اﻳﻦ ﻧﻮع ﺳﻴﺴﺘﻢ ﺑﻪ

.اﺳﺖ ABCABCABC…

ﺻﻮرت

ﻫﻤﺎن ﻃﻮر ﻛﻪ ﻣﺸﺎﻫﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد در ﻫﺮ دو ﺣﺎﻟﺖ ﻓﻮق ﺻﻔﺤﻪ اﺗﻤﻲ A در ﻗﺴﻤﺘﻲ از ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل وﺟﻮد ﻧﺪارد.

(b ﻣﺮز داﻧﻪ ﻫﺎ

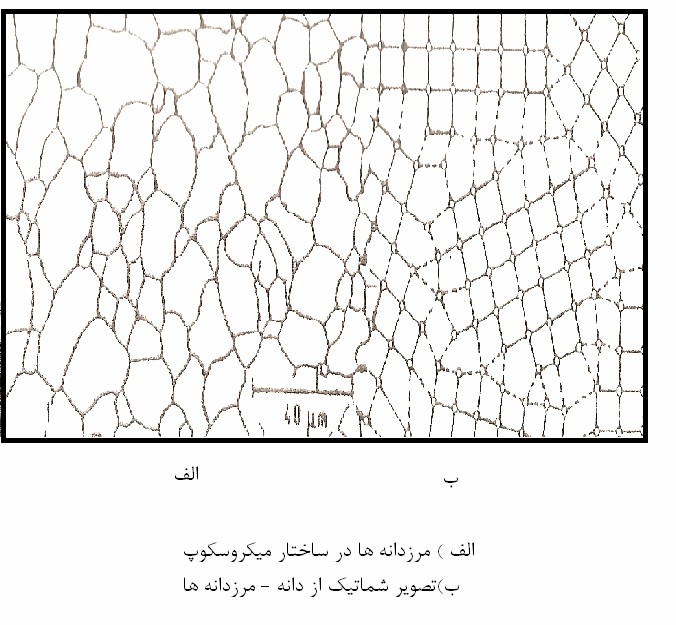
ﻳﻜﻲ دﻳﮕﺮ از ﻋﻴﻮب دو ﺑﻌﺪي ﻛﻪ اﻫﻤﻴﺖ زﻳﺎدي در ﺧﻮاص ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻣﻮاد دارد، ﻣﺮز داﻧﻪ ﻫﺎ ﺳﺖ. ﭼﻨﺎﻧﭽﻪ ﻣﻲ

داﻧﻴﻢ ﺗﻘﺮﻳﺒﺎً ﺗﻤﺎم ﻣﻮاد ﺷﺎﻣﻞ ﺗﻌﺪاد زﻳﺎدي داﻧﻪ ﻫﺎي ﺑﻠﻮرﻧﺪ و ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ دﻳﮕﺮ ﭼﻨﺪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ (polycrystal) ﻫﺴﺘﻨﺪ و ﺟﻬﺖ ﮔﻴﺮي آراﻳﺶ اﺗﻤﻲ ﻳﺎ ﺷﺒﻜﻪ ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻲ در داﻧﻪ ﻫﺎﻳﻲ ﻛﻪ ﻣﺠﺎور ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻗﺮار

ﮔﺮﻓﺘﻪ اﻧﺪ، ﻣﺘﻔﺎوت اﺳﺖ.

ﻫﺮ ﻳﻚ از داﻧﻪ ﻫﺎ ﺑﺎ ﻣﺮزﻫﺎﻳﻲ از داﻧﻪ ﻫﺎي ﻣﺠﺎورش ﺟﺪا ﺷﻮد، )ﺷﻜﻞ زﻳﺮ( ﻣﺮزداﻧﻪ ﻫﺎ را ﻧﻤﺎﻳﺎن ﻣﻲ ﺳﺎزد. ﻧﻮع

ﺷﺒﻜﻪ ﻫﺮ داﻧﻪ ﻳﻜﺴﺎن اﺳﺖ،اﻣﺎ ﺟﻬﺖ ﮔﻴﺮي ﺷﺒﻜﻪ ﻫﺎ ﻣﺘﻔﺎوت اﺳﺖ.



(cﻣﺮز دوﻗﻠﻮﻫﺎ: در ﺻﻮرﺗﻴﻜﻪ دو ﻗﺴﻤﺖ از ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﻳﻚ ﺳﻄﺢ ﻃﻮري ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻓﺮم دﻫﻨﺪ ﻛﻪ ﻳﻜﻲ از

آﻧﻬﺎ ﺗﺼﻮﻳﺮ دﻳﮕﺮي ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ آن ﺳﻄﺢ ﺑﺎﺷﺪ ﺑﻪ آن دو ﻗﺴﻤﺖ از ﻛﺮﻳﺴﺘﺎل دو ﻗﻠﻮ ﮔﻔﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد.



-4ﻋﻴﻮب ﻓﻀﺎﻳﻲ ﻳﺎ ﺳﻪ ﺑﻌﺪي

اﻳﻨﮕﻮﻧﻪ ﻋﻴﻮب، ﻓﻀﺎﻫﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﻣﻴﻜﺮوﺳﻜﻮﭘﻲ و ﻣﺎﻛﺮوﺳﻜﻮﭘﻲ ﻣﺎﻧﻨﺪ ﺣﻔﺮه ﻫﺎي اﻧﻘﺒﺎﺿﻲ ﻛﻮﭼﻚ داﺧﻠﻲ، ﺣﻔﺮه

ﻫﺎي زﻳﺮ ﺳﻄﺤﻲ ﻛﻪ در اﺛﺮ ﺧﺮوج ﮔﺎزﻫﺎ ﭘﺪﻳﺪ ﻣﻲ آﻳﺪ، ﺗﺮﻛﻬﺎي ﻣﻮﻳﻲ و از اﻳﻦ ﻗﺒﻴﻞ ﻋﻴﻮب اﺳﺖ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان

ﻣﺜﺎل در اﺛﺮ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻣﺘﻘﺎﺑﻞ ﭼﻨﺪﻳﻦ ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻣﺨﺼﻮﺻﺎً ﻣﻮﻗﻌﻲ ﻛﻪ ﺗﺤﺖ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﺑﺎرﻫﺎي ﺧﺎرﺟﻲ ﻣﺘﻨﺎوب ﻗﺮار ﮔﻴﺮد ،

ﻳﻚ ﺷﻜﺎف رﻳﺰ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ.

ﺗﻨﻬﺎ ﻋﻴﻮب ﺳﺎده ﺟﺎي ﺧﺎﻟﻲ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﺪ در ﺣﺎﻟﺖ ﺗﻌﺎدل ﺣﺮارﺗﻲ ﺑﻪ وﺟﻮد آﻳﺪ در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ ﺑﻘﻴﻪ ﻋﻴﻮب ﺷﺒﻜﻪ

اي ﻛﻪ از ﻟﺤﺎظ ﺗﺮﻣﻮدﻳﻨﺎﻣﻴﻜﻲ در ﺣﺎﻟﺖ ﺗﻌﺎدل ﻧﻴﺴﺘﻨﺪ ﺗﺤﺖ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻋﻮاﻣﻞ ﺧﺎرﺟﻲ ﺗﺸﻜﻴﻞ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ. ﺑﺪﻳﻦ

ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻣﺮز داﻧﻪ ﻫﺎ ﻣﻲ ﺗﻮاﻧﻨﺪ در ﻛﺮﻳﺴﺘﺎﻟﻴﺰاﺳﻴﻮن ﻳﺎ ﻫﻨﮕﺎم اﻧﺠﻤﺎد دو ﻧﺎﺑﺠﺎﻳﻲ ﻫﺎ در ﻣﻮﻗﻊ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ

ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ ﺑﻪ وﺟﻮد آﻳﻨﺪ.

ﺧﻮاص ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻓﻠﺰات:

ﻋﻜﺲ اﻟﻌﻤﻞ ﻣﻮاد ﺟﺎﻣﺪ در ﻣﻘﺎﺑﻞ ﻧﻴﺮوﻫﺎ، ﮔﺸﺘﺎورﻫﺎ و ﻳﺎ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻛﻠﻲ ﻫﺮ ﻧﻮع ﺗﻨﺸﻬﺎي ﺧﺎرﺟﻲ وارد ﺑﺮ آن، اﻋﻢ از اﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ و ﻳﺎ دﻳﻨﺎﻣﻴﻜﻲ ، در ﺷﺮاﺋﻂ ﺧﺎص ﻣﺤﻴﻂ ﻛﺎر ﻳﺎ ﻣﺤﻴﻂ آزﻣﺎﻳﺶ، رﻓﺘﺎر ﻳﺎ ﺧﻮاص ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ ﻧﺎﻣﻴﺪه

ﻣﻲ ﺷﻮد.

اﻳﻦ ﻋﻠﻢ ﺑﻪ ﺑﺮرﺳﻲ ﭘﺎﺳﺦ ﻓﻠﺰات ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺧﺎرﺟﻲ ﻣﻲ ﭘﺮدازد اﺳﺎﺳﺎً ﺑﺪون وﺟﻮد ﻓﻠﺰ ﻋﻤﻼ

ﺗﻮاﻧﺎﻳﻲ اﻳﺠﺎد ﻣﺎﺷﻴﻦ )ﻣﺎﺷﻴﻦ درﻣﻔﻬﻮم ﻛﻞ آن( را ﻧﺪارﻳﻢ.

ﻗﺎﻋﺪه ﻛﻠﻲ در ﻣﻮرد ﻓﻠﺰات:

اﮔﺮ ﻗﻄﻌﻪ اي را ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﻳﻚ ﻧﻴﺮوي ﻓﺰاﻳﻨﺪه ﻗﺮار دﻫﻴﻢ و در زﻣﺎﻧﻬﺎي ﻣﻌﻴﻦ ﻧﻴﺮو را ﻗﻄﻊ و وﺿﻌﻴﺖ ﻗﻄﻌﻪ را

ﺑﺮرﺳﻲ ﻛﻨﻴﻢ ﻣﻼﺣﻈﻪ ﺧﻮاﻫﻴﻢ ﻛﺮد. -1ﺗﺎ ﻣﻘﺪار ﻣﻌﻴﻨﻲ از ﻧﻴﺮو ﺟﺴﻢ ﺷﻜﻞ اوﻟﻴﻪ ﺧﻮد را ﭘﺲ از رﻫﺎ ﺷﺪن از ﻗﻴﺪ ﻧﻴﺮو ﺑﺎز ﺧﻮاﻫﺪ ﻳﺎﻓﺖ. )رﻓﺘﺎر

اﻻﺳﺘﻴﻚ ﻳﺎ رﻓﺘﺎر ﻛﺸﺸﺎن ﻓﻠﺰ( -2درﺻﻮرﺗﻴﻜﻪ اﻧﺪازه ﻧﻴﺮوي اﻋﻤﺎﻟﻲ از ﺣﺪ ﻣﻌﻴﻨﻲ ﺑﮕﺬرد ﭘﺲ از ﺣﺬف ﻧﻴﺮو ﺗﻐﻴﻴﺮات ﭘﺎﻳﺪار در اﺑﻌﺎد ﻧﻤﻮﻧﻪ

اﻳﺠﺎد ﺧﻮاﻫﺪ ﺷﺪ )رﻓﺘﺎر ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻳﺎ ﻣﻮﻣﺴﺎن( -3اﮔﺮ ﻫﻤﭽﻨﺎن ﺑﻪ اﻓﺰاﻳﺶ ﻧﻴﺮو اداﻣﻪ دﻫﻴﻢ ﻫﻨﮕﺎﻣﻲ ﻛﻪ ﻧﻴﺮو ﺑﻪ ﻣﻘﺪار ﻣﻌﻴﻨﻲ ﺑﺮ ﺳﺪ ﻗﻄﻌﻪ ﺷﻜﺴﺘﻪ ﺧﻮاﻫﺪ

ﺷﺪ.

-اﻻﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ:

ﻣﻔﺮوﺿﺎﺗﻲ ﻛﻪ در اﻳﻦ ﻋﻠﻢ ﺑﺮاي ﺳﺎده ﻛﺮدن ﻣﻌﺎدﻻت در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮﻧﺪ ﻋﺒﺎرت اﺳﺖ از :

-1 ﺟﺴﻢ ﭘﻴﻮﺳﺘﻪ اﺳﺖ: ﻳﻌﻨﻲ ﺟﺴﻢ ﺣﺎوي ﺣﻔﺮه و ﻳﺎ ﺟﺎﻫﺎي ﺧﺎﻟﻲ از ﻫﻴﭻ ﻧﻮع ﻧﻴﺴﺖ.

-2 ﺟﺴﻢ ﻫﻤﻮژن اﺳﺖ: ﻳﻌﻨﻲ ﺗﻤﺎم ﻧﻘﺎط ﺟﺴﻢ داراي ﺧﻮاص ﻳﻜﺴﺎن اﺳﺖ.

-3 ﺟﺴﻢ اﻳﺰوﺗﺮوپ اﺳﺖ: ﺧﻮاص ﺟﺴﻢ در ﺟﻬﺎت ﻣﺨﺘﻠﻒ ﻳﻜﺴﺎن اﺳﺖ.

ﻣﻔﺎﻫﻴﻢ اوﻟﻴﻪ:

-1ﻧﻴﺮو: ﻧﻴﺮو ﺗﻮﺳﻂ اﺛﺮ ﻣﺘﻘﺎﺑﻞ 2 ﻳﺎ ﭼﻨﺪ ﺟﺴﻢ ﺑﻪ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﻣﻮرد ﺳﻨﺠﺶ ﻗﺮار ﻣﻴﮕﻴﺮد.

دو ﻧﻮع ﻧﻴﺮوي ﺧﺎرﺟﻲ وﺟﻮد دارد:

ﻳﻜﻲ : ﻧﻴﺮوﻫﺎﻳﻲ ﻛﻪ ﺑﺮ ﺳﻄﺢ ﺟﺴﻢ اﺛﺮ ﻣﻲ ﮔﺬارﻧﺪ )ﻓﺸﺎر دادن ﻣﻴﺰ ﺑﺎ ﻛﻒ دﺳﺖ(

دﻳﮕﺮي: ﻧﻴﺮوﻫﺎﻳﻲ ﻛﻪ روي ﺗﻤﺎم ذرات ﺟﺴﻢ اﺛﺮ ﻣﻲ ﮔﺬارد).ﻧﻴﺮوي ﻣﻐﻨﺎﻃﻴﺴﻲ و ﻧﻴﺮوي ﺟﺎذﺑﻪ(

stress ﺗﻨﺶ -2

 ﺗﻨﺶ

ﻧﻴﺮو

 ⎡ *kg* ⎤

ﺗﻨﺶ ﻋﺒﺎرت اﺳﺖ از ﻧﻴﺮوي اﻋﻤﺎل ﺷﺪه ﺑﺮ واﺣﺪ ﺳﻄﺢ

*ﺳﻄﺢ*

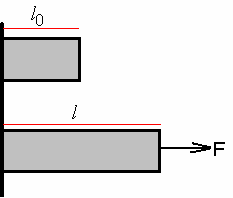
⎢⎣ *mm*2 ⎥⎦

strain ﻛﺮﻧﺶ -3

ﻛﺮﻧﺶ ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از اﻓﺰاﻳﺶ ﻃﻮل در واﺣﺪ ﻃﻮل

*e*  *l*  *l*0

*l*0 Engineering strain



اﮔﺮ وزﻧﻪ اي را ﺑﻪ ﻳﻚ ﻗﻄﻌﻪ ﻓﻠﺰي آوﻳﺰان ﻛﻨﻴﻢ ﻧﻴﺮو ﺑﻪ ﺳﻄﺢ ﻣﻘﻄﻊ وارد ﻣﻲ ﺷﻮد ﻧﻪ ﺑﻪ ﺗﻚ ﺗﻚ ذرات،

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﻧﻴﺮو ﺑﺎ ﺳﻄﺢ ﻣﺘﻨﺎﺳﺐ اﺳﺖ.

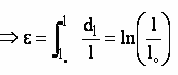
ﻋﻼوه ﺑﺮ ﻛﺮﻧﺶ ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ ﻛﺮﻧﺶ دﻳﮕﺮي وﺟﻮد دارد ﻛﻪ ﻣﻮﺳﻮم ﺑﻪ ﻛﺮﻧﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ اﺳﺖ، ﻛﺮﻧﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ

ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از ﻣﺠﻤﻮع ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎي ﺟﺰﺋﻲ :



اﮔﺮ ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎي ﺟﺰﺋﻲ را ﺑﺴﻴﺎر ﻛﻮﭼﻚ در ﻧﻈﺮ ﺑﮕﻴﺮﻳﻢ ﺟﻤﻊ ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﺻﻮرت اﻧﺘﮕﺮال روﺑﺮو

ﻧﺸﺎن داد.



true strain

ﻛﺮﻧﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ

ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﻛﺮﻧﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ و ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ:

## e  L  Lo

Lo

 L

Lo

## 1 L

Lo

##  1 e

  ln L  ln(  e)  e  e2  e3  e4 ....

1

0 2 3 4

L

lo

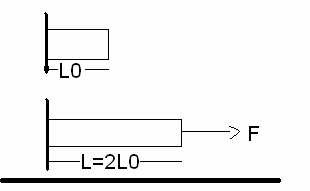
ﻣﻮﺟﻮد اﺳﺖ، ﻃﻮل ﻳﻜﻲ از آﻧﻬﺎ را ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﻧﻴﺮوي ﻛﺸﺸﻲ ﺑﻪ دو ﺑﺮاﺑﺮ و ﻃﻮل ﻣﻴﻠﻪ

## e  0/1   e

ﻣﺜﺎل( دو ﻣﻴﻠﻪ ﺑﻪ ﻃﻮل

دوم را ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﻧﻴﺮوي ﻓﺸﺎري ﺑﻪ ﻧﺼﻒ ﺗﻘﻠﻴﻞ ﻣﻲ دﻫﻴﻢ. در ﻫﺮ ﻳﻚ از ﺣﺎﻻت ﻓﻮق ﻣﻘﺪار ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎي

ﺣﻘﻴﻘﻲ و ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ را ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻛﻨﻴﺪ.



## ⎧  ln L  ln 2L  ln2

**⎪** 1 L

o

## ⎨

⎪ e1 

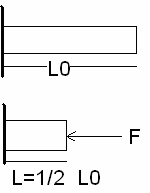
⎪

## ⎩

L

## l  lo  1

lo



⎧

⎪  ln l

1

⎪ lo

⎨

 ln

Lo

1

2

lo  lo lo

##  ln 1

2

1

2

Lo

 ln2

⎪

⎪ e1 

## ⎩

l  l0 

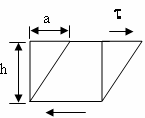
l0

  1

2

ﻛﺮﻧﺶ ﺑﺮاي ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﻓﺸﺎري ﻣﻨﻔﻲ و ﺑﺮاي ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﻛﺸﺸﻲ ﻣﺜﺒﺖ اﺳﺖ.

ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﺑﺮﺷﻲ: strain shear



##  : 

  a

h

 tg  

ﻣﻴﺰان ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﺑﺮﺷﻲ ﺟﺴﻢ ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺸﻲ ﺑﺮﺷﻲ

ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﺗﻨﺶ ﻫﺎ و ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎ:

ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﺗﻨﺶ اﻋﻤﺎل ﺷﺪه و ﻣﻴﺰان ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه در ﻫﺮ ﺟﺴﻢ درﻧﺎﺣﻴﻪ اﻻﺳﺘﻴﻚ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺗﻮﺳﻂ

ﺿﺮاﺋﺐ اﻻﺳﺘﻴﻚ ﺑﺮﻗﺮار ﻧﻤﻮد.

ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﺗﻨﺶ ﻫﺎي ﻋﻤﻮدي و ﻛﺮﻧﺶ ﻫﺎ را ﺑﺮﻗﺮار ﻣﻲ ﺳﺎزد.

اﻳﻦ ﻣﺪول

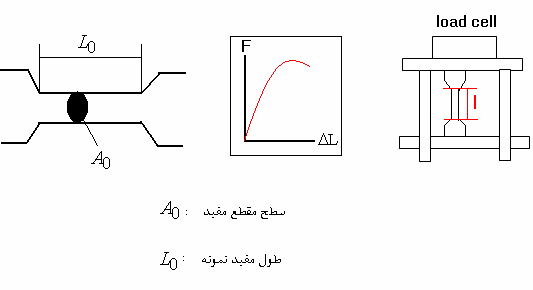
ﺛﻮاﺑﺖ اﻻﺳﺘﻴﻚ:

(I ﻣﺪول اﻻﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ :

آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ Test Tension

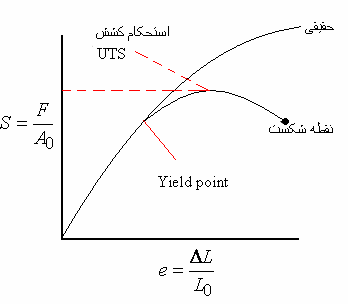
ﺑﺮاي اﻧﺠﺎم آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ ﻻزم اﺳﺖ ﻧﻤﻮﻧﻪ اي از ﻓﻠﺰ ﻣﻮرد ﻧﻈﺮ را ﺗﻬﻴﻪ ﻛﺮده و ﺑﻪ ﻛﻤﻚ دﺳﺘﮕﺎه ﻛﺸﺶ

آزﻣﺎﻳﺶ را اﻧﺠﺎم ﻣﻲ دﻫﻴﻢ.



ﭘﺲ از اﻧﺠﺎم آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ دو ﻧﻤﻮدار ﺑﻪ ﺷﻜﻞ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ.

-**1**ﻧﻤﻮدار ﻛﺸﺸﻲ ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ:



ﺗﻨﺶ ﺗﺴﻠﻴﻢ: ﻧﻴﺮوﻳﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ اﮔﺮ ﺑﻪ ﺟﺴﻢ وارد ﺷﻮد اوﻟﻴﻦ آﺛﺎرﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ داﺋﻤﻲ در آن ﻣﺸﺎﻫﺪه ﻣﻲ ﮔﺮدد.

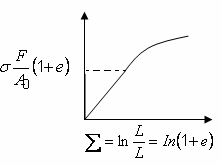
Ultimate Tensile

اﺳﺘﺤﻜﺎم ﻛﺸﺸﻲ ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از ﻣﺎﻛﺰﻳﻤﻢ ﺗﻨﺶ ﻣﻮﺟﻮد روي ﻧﻤﻮدار ﻛﺸﺸﻲ ﻣﻬﻨﺪﺳﻲ

Strength ﺑﻪ ﮔﻮﻧﻪ ﻛﻪ ﭘﺲ از آن ﺣﺘﻲ اﮔﺮ ﺗﻨﺶ ﻛﺎﻫﺶ ﻳﺎﺑﺪ ﻃﻮل ﻗﻄﻌﻪ ﻫﻤﭽﻨﺎن اﻓﺰاﻳﺶ ﻣﻲ ﻳﺎﺑﺪ.

-2 ﻧﻤﻮدار ﻛﺸﺸﻲ ﺣﻘﻴﻘﻲ:

دراﻳﻨﺠﺎ ﻧﻴﺰ ﻧﻘﻄﻪ ﻣﺘﻨﺎﻇﺮ ﺑﺎ ﻫﺮ ﻧﻘﻄﻪ از ﻧﻤﻮدار ﺻﻔﺤﻪ ﻗﺒﻞ را ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آورﻳﻢ.



ﺗﻮﺟﻪ ﺷﻮد ﻛﻪ اﻳﻦ دو ﻧﻤﻮدار رﻓﺘﺎر ﻣﺎده را در ازاي اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو از ﻧﻘﻄﻪ ﺻﻔﺮ ﺗﺎ ﻫﻨﮕﺎم ﭘﺎره ﺷﺪن ﻧﺸﺎن ﻣﻴﺪﻫﺪ.

ﻧﻜﺘﻪ: ﭼﻘﺮﻣﮕﻲ ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از ﺳﻄﺢ زﻳﺮ ﻧﻤﻮدار ﺗﻨﺶ- ﻛﺮﻧﺶ ﻳﺎ ﺑﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻲ ﻣﻘﺪار اﻧﺮژي ﺟﺬب ﺷﺪه ﺗﻮﺳﻂ ﻣﺎده

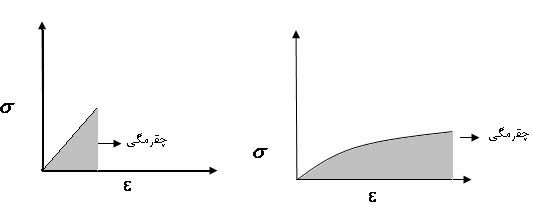
ﺗﺎ ﻣﺮﺣﻠﻪ ﺷﻜﺴﺖ را ﮔﻮﻳﻨﺪ.

ﻣﻲ ﺗﻮان ﻧﺘﻴﺠﻪ ﮔﺮﻓﺖ ﻛﻪ

م ﺗﺮد و ﻛﺸﺴﺎن

ﺑﺮ اﻳﻦ اﺳﺎس ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ ﻧﻤﻮدار ﺗﻨﺶ ﻛﺮﻧﺶ اﺟﺴﺎ

ﭼﻘﺮﻣﮕﻲ اﺟﺴﺎم ﻛﺸﺴﺎن ﺑﻴﺸﺘﺮ اﺳﺖ.



ﺑﺮرﺳﻲ ﭘﺎﺳﺦ ﻓﻠﺰ ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ اﻋﻤﺎل و ﺣﺬف ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺧﺎرﺟﻲ ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﻧﻤﻮدار ﻛﺸﺶ ﺟﺴﻢ:

-1 ﺑﺮرﺳﻲ اﻋﻤﺎل و ﺣﺬف ﻧﻴﺮو در ﻧﺎﺣﻴﻪ ﺧﻄﻲ ﻧﻤﻮدار )ﻧﻘﻄﻪ (1

1

در ﻧﻤﻮﻧﻪ اﻳﺠﺎد ﻣﻲ ﻛﻨﺪ در اﻳﻦ ﺣﺎﻟﺖ اﮔﺮ ﺗﻨﺶ ﺣﺬف ﺷﻮد ﻛﺮﻧﺶ

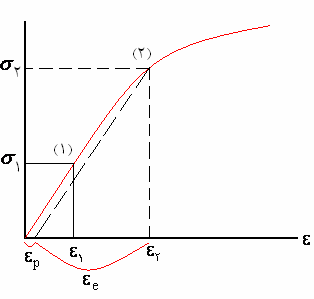
1

ﻛﺮﻧﺸﻲ ﺑﺮاﺑﺮ ﺑﺎ

1

ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺶ

ﻧﻴﺰ ﻣﻌﺎدل ﺻﻔﺮ ﺧﻮاﻫﺪ ﺷﺪ.



ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ در ﻗﺴﻤﺖ ﺧﻄﻲ ﻧﻤﻮدار ﻛﻪ ﻧﺎﺣﻴﻪ اﻻﺳﺘﻴﻚ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد راﺑﻄﻪ اي ﺧﻄﻲ ﺑﻪ ﺻﻮرت زﻳﺮ ﺗﻌﺮﻳﻒ

**  *E*

ﻣﻲ ﺷﻮد ﻳﻌﻨﻲ : ﻗﺎﻧﻮن ﻫﻮك

ﺿﺮﻳﺐ زاوﻳﻪ ﺧﻂ OA )ﻣﺪول اﻻﺳﺘﻴﻚ ﺟﺴﻢE:(

-2 ﺑﺮرﺳﻲ اﻋﻤﺎل و ﺣﺬف ﻧﻴﺮو در ﻧﻘﻄﻪ 2 )ﻗﺴﻤﺖ ﻏﻴﺮ ﺧﻄﻲ ﻧﻤﻮدار:(

2

در ﻧﻤﻮﻧﻪ اﻳﺠﺎد ﻣﻲ ﺷﻮد.

ﻛﺮﻧﺶ

2

ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺶ

2

ﺣﺎل اﮔﺮ ﺗﻨﺶ را از روي ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺑﺮدارﻳﻢ، ﻣﻼﺣﻈﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﻣﻘﺪارﻛﺮﻧﺶ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه در ﻧﻤﻮﻧﻪ

(ﺣﺬف ﻣﻴﺸﻮد.

2 e

)ﻛﺮﻧﺶ اﻻﺳﺘﻴﻚ ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺶ

p

اﺳﺖ و ﻣﻘﺪار

ﺑﺮاﺑﺮ ﺑﺎ

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻛﻠﻲ ﻣﻲ ﺗﻮان ﮔﻔﺖ ﻛﻪ:

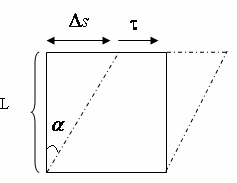
-ﻧﺎﺣﻴﻪ ﺧﻄﻲ ﻧﻤﻮدار ﻣﻨﻄﻘﻪ ﻛﺸﺴﺎن ﻳﺎ اﻻﺳﺘﻴﻚ اﺳﺖ.

-ﻧﺎﺣﻴﻪ ﻏﻴﺮ ﺧﻄﻲ ﻧﻤﻮدارﻣﻨﻄﻘﻪ ﻣﻮم ﺳﺎن ﻳﺎ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ اﺳﺖ.

shear modulus ﺑﺮﺷﻲ ﻣﺪول (ІІ

ﺗﺸﺎﺑﻪ ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﺗﻨﺶ و ﻛﺮﻧﺶ در ﻧﺎﺣﻴﻪ اﻻﺳﺘﻴﻚ و ﺗﻨﺶ ﺑﺮﺷﻲ و ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﺑﺮﺷﻲ را از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﻣﻲ

ﺗﻮان درﻳﺎﻓﺖ.



##   s  tg 

L

  E.

داﺷﺘﻴﻢ

##   G.

ﻣﺪول ﺑﺮﺷﻲ G:

در اﻳﻦ ﺣﺎﻟﺖ ﻧﻴﺰ در ﻧﺎﺣﻴﻪ اﻻﺳﺘﻴﻚ ﺧﻮاﻫﻴﻢ داﺷﺖ

(Poisson’s Ratio) ﭘﻮاﺳﻮن ﺿﺮﻳﺐ (ІІІ

اﻳﻦ ﺿﺮﻳﺐ ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه در ﺟﻬﺖ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو را ﺑﺎ ﺳﺎﻳﺮ ﺟﻬﺎت ﺑﺮﻗﺮار ﻣﻲ ﺳﺎزد.

x  x

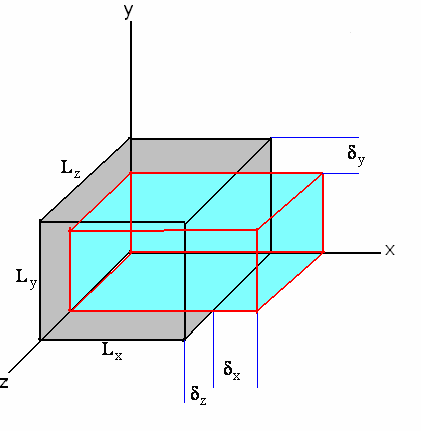
Lx

  y

y Ly

z  z

Lz



ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﺧﻮاص اﻳﺰوﺗﺮوپ ﺟﺴﻢ ﺧﻮاﻫﻴﻢ داﺷﺖ :

y  z

* y

x

##  cte    1

3

  0/ 5

آزﻣﺎﻳﺸﺎت ﻧﺸﺎن داده اﺳﺖ ﻛﻪ

y  z  x

ﻣﻲ ﺗﻮان ﺛﺎﺑﺖ ﻛﺮد ﻛﻪ در ﺷﺮاﻳﻂ ﺣﺠﻢ ﺛﺎﺑﺖ

(Bulk Modulus)

(VI ﻣﺪول ﺣﺠﻤﻲ

ﻣﺪول ﺣﺠﻤﻲ ارﺗﺒﺎط ﺑﻴﻦ ﻣﻴﺰان ﻓﺸﺎر ﻫﻴﺪرواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ اﻋﻤﺎل ﺷﺪه روي ﺟﺴﻢ را ﺑﺎ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺣﺠﻢ ﻧﺴﺒﻲ اﻳﺠﺎد

ﺷﺪه در آن ﺑﺮﻗﺮار ﻣﻴﺴﺎزد.

## B   p

V

V

  p



ﻣﻴﺰان ﻓﺸﺎر ﻫﻴﺪروﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ P:

##  : V

V

درﺟﺎﺋﻴﻜﻪ:

ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺣﺠﻢ ﻧﺴﺒﻲ

ﺣﺠﻢ اوﻟﻴﻪ ﺟﺴﻢ V:

## V

B: ﺣﺠﻤﻲ ﻣﺪول

ﺗﻐﻴﻴﺮات ﺣﺠﻤﻲ ﺟﺴﻢ ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﻓﺸﺎر ﻫﻴﺪروﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ P :

ﭘﻼﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ:**plasticity**

دوﺗﻔﺎوت ﻋﻤﺪه ﺑﻴﻦ رﻓﺘﺎر اﻻﺳﺘﻴﻚ و ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻣﻮﺟﻮد اﺳﺖ.

ﻳﻜﻲ: در اﻻﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ ﭘﺲ از ﺣﺬف ﻧﻴﺮو روي ﺟﺴﻢ، ﺟﺴﻢ ﺑﻪ اﺑﻌﺎد اوﻟﻴﻪ ﺧﻮد ﺑﺎز ﺧﻮاﻫﺪ ﮔﺸﺖ در ﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ

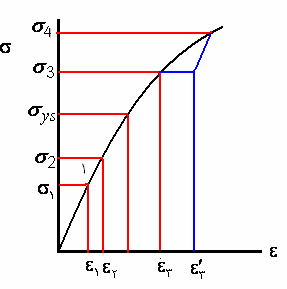
در رﻓﺘﺎر ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ اﻳﻨﭽﻨﻴﻦ ﻧﻴﺴﺖ.

دﻳﮕﺮي: در اﻻﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ ﻣﻘﺪار ﻛﺮﻧﺶ ﻧﻬﺎﻳﻲ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه در ﺟﺴﻢ واﺑﺴﺘﻪ ﺑﻪ ﻣﻴﺰان ﺗﻨﺶ ﻧﻬﺎﻳﻲ اﺳﺖ ﻟﻜﻦ در

ﭘﻼﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ ﻣﻘﺪار ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه واﺑﺴﺘﻪ ﺑﻪ ﺗﺎرﻳﺨﭽﻪ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو اﺳﺖ.

ys

:ﻧﻘﻄﻪ ﺗﺴﻠﻴﻢ: در اﻳﻦ ﻧﻘﻄﻪ ﺟﺴﻢ در آﺳﺘﺎﻧﻪ ورود ﺑﻪ ﻧﺎﺣﻴﻪ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻗﺮار دارد.



و ﭼﻪ

0 **1

را در ﻧﻈﺮ ﻣﻲ ﮔﻴﺮﻳﻢ ﻣﺸﺎﻫﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﭼﻪ ﺗﺎرﻳﺨﭽﻪ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو

(1)

( ﻧﻘﻄﻪ

1 0 ** 2  **1

ﺑﺎﺷﺪ ﻣﻴﺰان ﻛﺮﻧﺶ ﺑﺮاﺑﺮ ﺑﺎ اﺳﺖ و ارﺗﺒﺎﻃﻲ ﺑﺎ ﺗﺎرﻳﺨﭽﻪ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو ﻧﺪارد.

(ІІ در ﻧﺎﺣﻴﻪ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﺟﺴﻢ ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺶ 3 ﻗﺮار دارد دراﻳﻦ ﺷﺮاﺋﻂ ﻣﻘﺪار ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه در ﻧﻤﻮﻧﻪ

واﺑﺴﺘﻪ ﺑﻪ ﺗﺎرﻳﺨﭽﻪ اﻋﻤﺎل ﻧﻴﺮو اﺳﺖ ﻳﻌﻨﻲ

3

3

اﺳﺖ

اﮔﺮ3 0- ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه ﺑﺮاﺑﺮ ﺑﺎ

0 ** 3  ** 4  ** 3

اﺳﺖ.

ﺑﺎﺷﺪ ﻛﺮﻧﺶ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه ﺑﺮاﺑﺮ ﺑﺎ

اﮔﺮ ﻣﺴﻴﺮ

ﻣﻔﺮوﺿﺎﺗﻲ ﻛﻪ ﺑﺮاي ﺳﻬﻮﻟﺖ ﺑﺮرﺳﻲ در ﺑﺤﺚ ﭘﻼﺳﺘﻴﺴﻴﺘﻪ در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد ﻋﺒﺎرﺗﻨﺪ از:

- ﺟﺴﻢ اﻳﺰوﺗﺮوپ و ﻫﻤﻮژن اﺳﺖ.

-ﻗﺪرﻣﻄﻠﻖ ﺗﻨﺶ ﺗﺴﻠﻴﻢ در ﻛﺸﺶ و ﻓﺸﺎر ﺟﺴﻢ ﻳﻜﻲ اﺳﺖ.

- در ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻓﺮم ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﺗﻐﻴﻴﺮات ﺣﺠﻤﻲ وﺟﻮد ﻧﺪارد.

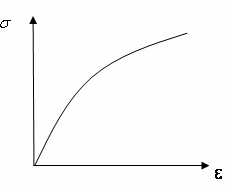
-ﺗﻨﺶ ﻫﻴﺪرواﺳﺘﺎﺗﻴﻜﻲ ﻧﻤﻲ ﺗﻮاﻧﺪ ﻣﻨﺠﺮ ﺑﻪ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻓﺮم ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ در ﺟﺴﻢ ﺷﻮد.

-از اﺛﺮ ﺳﺮﻋﺖ ﻛﺮﻧﺶ ﺻﺮﻓﻨﻈﺮ ﻣﻲ ﺷﻮد.

Holloman

راﺑﻄﻪ ﻫﻮﻟﻤﻦ

اﻳﻦ راﺑﻄﻪ ﺟﻬﺖ ﻣﻌﺮﻓﻲ ارﺗﺒﺎط ﺗﻨﺶ ﻛﺮﻧﺶ در ﻧﺎﺣﻴﻪ ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻣﻲ ﺑﺎﺷﺪ.



Strain Hardening

Exponent

ﺿﺮﻳﺐ ﻛﺎر ﺳﺨﺘﻲ

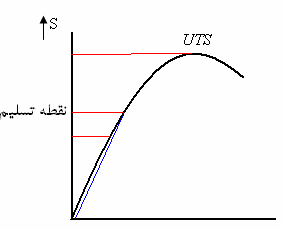
##   kn n  cte

k : cte

آزﻣﺎﻳﺸﻬﺎي اﺳﺘﺎﻧﺪارد ﻣﻜﺎﻧﻴﻜﻲ:

#### The Tensile Test

(1آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ



اﻟﻒ( ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻧﻘﻄﻪ ﺗﺴﻠﻴﻢ ﻗﺮاردادي

ﺑﻪ دﻟﻴﻞ اﻳﻨﻜﻪ در اﻳﻨﮕﻮﻧﻪ ﻧﻤﻮدارﻫﺎ ﻣﺤﻞ دﻗﻴﻖ ﺷﺮوع ﺧﻢ ﺷﺪن ﻧﻤﻮدار ﻣﺸﺨﺺ ﻧﻤﻲ ﺑﺎﺷﺪ ﻟﺬا ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻗﺮاردادي ﺑﻪ ﺟﺎي ﺗﻨﺶ ﺗﺴﻠﻴﻢ، ﺗﻨﺸﻲ ﻛﻪ ﻣﻮﺟﺐ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻓﺮم ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻛﻤﻲ %0.02) – (%0.01 در ﻧﻤﻮدار

ﻣﻲ ﺷﻮد را در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ و ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻧﻘﻄﻪ ﺗﺴﻠﻴﻢ ﻗﺮاردادي ﻣﻮرد اﺳﺘﻔﺎده ﻗﺮار ﻣﻲ دﻫﻨﺪ.

## e  0/002  L  Lo

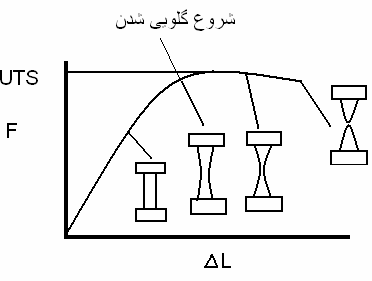
L

ب( ﺑﺎرﻳﻚ ﺷﺪن ﻧﻤﻮﻧﻪ Nacking

درﺿﻤﻦ آزﻣﺎﻳﺶ ﻛﺸﺶ ﻓﻠﺰات ﻣﺸﺎﻫﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد ﻫﻨﮕﺎﻣﻲ ﻛﻪ ﻧﻴﺮوي اﻋﻤﺎﻟﻲ روي ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺑﻪ ﻣﻘﺪار ﺣﺪاﻛﺜﺮ ﺧﻮد

ﺑﺮﺳﺪ در ﻗﺴﻤﺖ ﻛﻮﭼﻜﻲ از ﻧﻤﻮﻧﻪ ﻧﻴﺰ ﺳﻄﺢ ﻣﻘﻄﻊ ﺑﻴﺸﺘﺮي ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﺳﺎﻳﺮ ﻗﺴﻤﺖ ﻫﺎ ﺷﺮوع ﺧﻮاﻫﺪ ﺷﺪ. اﻳﻦ

ﻣﺮﺣﻠﻪ ﻫﻤﭽﻨﺎن ﺗﺎ ﺷﻜﺴﺘﻪ ﺷﺪن ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺟﻠﻮ ﺧﻮاﻫﺪ رﻓﺖ.



## 

ﺧﻮاﻫﻴﻢ داﺷﺖ=n

##   kn

ﻧﻜﺘﻪ: درﻧﻘﻄﻪ ﺷﺮوع ﮔﻠﻮﻳﻲ ﺷﺪن ﺑﺮاﺳﺎس راﺑﻄﻪ ﻫﻮﻟﻤﻦ

#### The Hardness Test

-2 آزﻣﺎﻳﺶ ﺳﺨﺘﻲ ﺳﻨﺠﻲ

ﺳﺨﺘﻲ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﻳﻚ ﻣﺎده در ﻣﻘﺎﺑﻞ ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ و ﻳﺎ ﻓﺮو رﻓﺘﻦ ﻣﺎده ﺳﺨﺖ ﺗﺮ دﻳﮕﺮي در

آن ﺗﻌﺮﻳﻒ ﺷﺪه اﺳﺖ.

روش ﻫﺎي ﺳﺨﺘﻲ ﺳﻨﺠﻲ:

اﻟﻒ( ﺳﺨﺘﻲ ﺑﺮﻳﻨﻞ در ﺳﺨﺘﻲ ﺑﺮﻳﻨﻞ از ﻳﻚ ﺳﺎﭼﻤﻪ ﻓﻮﻻدي ﺳﺨﺖ ﺷﺪه ﺑﻪ ﻗﻄﺮ D ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﺑﺎ

ﺑﺮ ﺳﻄﺢ ﺻﻴﻘﻠﻲ ﺷﺪه ﻗﻄﻌﻪ ﻣﻮرد آزﻣﺎﻳﺶ ﺑﻪ ﺻﻮرت

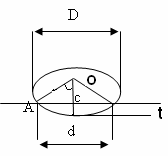
ﺑﻪ آراﻣﻲ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻳﻜﻨﻮاﺧﺖ )ﺑﺪون ﺿﺮﺑﻪ(

ﻧﻴﺮوي F

ﻋﻤﻮدي ﻓﺸﺎر داده ﺧﻮاﻫﺪ ﺷﺪ. ﭘﺲ از ﺣﺬف ﻧﻴﺮو و ﺑﺮداﺷﺘﻦ ﺳﺎﭼﻤﻪ از روي ﻗﻄﻌﻪ اﺑﺘﺪا ﻣﻘﺪار ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ اﻻﺳﺘﻴﻜﻲ ﺑﺎزﮔﺸﺖ ﻛﺮده و ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺣﻔﺮه اي ﺑﻪ ﻗﻄﺮ d و ﻋﻤﻖ t در ﺳﻄﺢ ﻗﻄﻌﻪ

ﻣﻮرد آزﻣﺎﻳﺶ ﺑﺮ ﺟﺎي ﺑﺎﻗﻲ ﻣﻲ ﻣﺎﻧﺪ.

ﻗﻄﺮ اﺛﺮ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه ﺗﻮﺳﻂ ﻣﻴﻜﺮوﻣﺘﺮ اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي و ﺳﭙﺲ ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ ﺑﺮ ﻳﻨﻞ از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ.



A=Dt

 2 2

2 ⎛ D ⎞2 D

2 d 2

## OAC  oA  oc

 Ac  ⎜ ⎟  (  t)  ( )

⎝ 2 ⎠ 2 2

*t*  1 ⎡*D* 

⎢

2 ⎣

*D*2  *d* 2 ⎤

⎦

⎥

 *BHN* 

2*F*

*D*(*D*  *D*2  *d* 2 )

و ﻧﻴﺮوي اﻋﻤﺎل ﺷﺪه p=3000kg در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد.

*D*  10*mm*

ﻋﻤﻮﻣﺎ ﻗﻄﺮ ﺳﺎﭼﻤﻪ

درآزﻣﺎﻳﺸﺎت از D ﻫﺎي دﻳﮕﺮي ﻧﻴﺰ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد ﻛﻪ ﻋﺒﺎرﺗﻨﺪ از :

## D  1/ 25,2/ 5,5mm

ﺷﺮط ﻻزم ﺑﺮاي ﺑﺪﺳﺖ آوردن BHN ﻣﺴﺎوي در ﺷﺮاﺋﻄﻲ ﻛﻪ p ﻳﺎ D ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻛﻨﺪ.

*d*

sin**  2

*D*

2

 *d*  *d*  *D* sin**

*D*

اﻳﻦ ﻧﺘﻴﺠﻪ را در ﻣﻌﺎدﻟﻪ اﺻﻠﻲ ﻗﺮار ﻣﻲ دﻫﻴﻢ.

## BHN 2f 2 p

D2 

D2

sin 

)

(1 cos) D2

D(D 

ﺷﺮط ﺑﺪﺳﺖ آﻣﺪن BHN ﻳﻜﺴﺎن آن اﺳﺖ ﻛﻪ

## ﺛﺎﺑﺖ ⎛

⎜

. ⎝

## ﻣﻘﺪار

2 ⎞

ﺑﺎﻗﻲ ﺑﻤﺎﻧﺪ ⎠

1 ⎟ cos

# p  cte D2

ﻧﻜﺘﻪ: ﺑﺮاي درﺳﺖ ﻣﺸﺨﺺ ﺷﺪن ﻟﺒﻪ ﻫﺎي اﺛﺮ ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﻣﻲ ﺑﺎﻳﺴﺖ ﻗﻄﺮ اﺛﺮ ﺳﺎﭼﻤﻪ (d) ﺑﻴﻦ 0.2 ﺗﺎ 0.7

ﻗﻄﺮ ﺳﺎﭼﻤﻪ (D) ﺑﺎﺷﺪ. ﻧﻜﺘﻪ: ﺑﺎﻳﺪ ﺗﻮﺟﻪ ﻛﺮد ﻛﻪ ﻓﻮاﺻﻞ ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﻫﺎي ﻣﺨﺘﻠﻒ از ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺣﺪاﻗﻞ d 2 اﻧﺘﺨﺎب ﺷﻮد ﺗﺎ ﺑﺪﻳﻦ وﺳﻴﻠﻪ از

ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻣﻘﺪار ﺳﺨﺘﻲ ﻧﻘﺎط ﻣﺠﺎور ﺑﺮ روي ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺟﻠﻮﮔﻴﺮي ﺑﻪ ﻋﻤﻞ آﻳﺪ.

اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي

روش ﺑﺮ ﻳﻨﻞ ﺑﺮاي ﻣﻮاد ﺑﺴﻴﺎر ﻧﺮم و ﺑﺴﻴﺎر ﺳﺨﺖ ﻣﻨﺎﺳﺐ ﻧﻴﺴﺖ.ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل ﺑﺮاي

ﻧﻜﺘﻪ:

ﺳﺨﺘﻲ ﭼﺪﻧﻬﺎ از روش ﺑﺮ ﻳﻨﻞ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد. ﻧﻜﺘﻪ: در اﻳﻦ روش ﻣﺤﺪودﻳﺖ در ﺿﺨﺎﻣﺖ ﻧﻤﻮﻧﻪ وﺟﻮد دارد ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ ﺿﺨﺎﻣﺖ ﻧﺒﺎﻳﺪ ﻛﻤﺘﺮ از 10 ﺑﺮاﺑﺮ

ﻋﻤﻖ ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﺑﺎﺷﺪ.

ﻧﻜﺘﻪ: در اﻳﻦ روش ﻏﻴﺮ ﻳﻜﻨﻮاﺧﺘﻲ ﻫﺎي ﺑﺴﻴﺎر ﺟﺰﺋﻲ در ﻧﺘﻴﺠﻪ آزﻣﺎﻳﺶ ﺗﺎﺛﻴﺮ ﻧﺪارد.

ﻧﻜﺘﻪ: در اﻳﻦ روش ﻣﻴﺘﻮان ﺣﺪ ﺗﺴﻠﻴﻢ ﻳﺎ اﺳﺘﺤﻜﺎم ﻛﺸﺸﻲ را ﺑﻪ ﺻﻮرت ﺗﺠﺮﺑﻲ و ﺑﺎ رواﺑﻂ ﺳﺎده اي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﺮد.

ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل اﺳﺘﺤﻜﺎم ﻛﺸﺸﻲ ﻓﻮﻻدﻫﺎي ﺳﺎﺧﺘﻤﺎﻧﻲ را ﻣﻲ ﺗﻮان ﺑﻪ ﻃﻮر ﺗﻘﺮﻳﺐ از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ آورد.

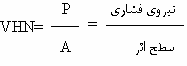
#   3 / 5BHN MN

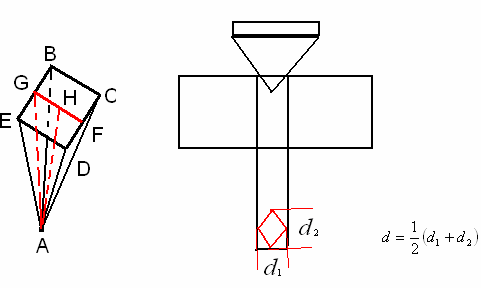
M2

ب (ﺳﺨﺘﻲ وﻳﻜﺮز دراﻳﻦ روش، ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه ﻳﻚ ﻫﺮم ﻣﺮﺑﻊ اﻟﻘﺎﻋﺪه اﻟﻤﺎﺳﻲ اﺳﺖ. زاوﻳﻪ ﺳﻄﻮح ﺟﺎﻧﺒﻲ اﻳﻦ ﻫﺮم 136 اﺳﺖ، ﻧﺤﻮه

0

ﻋﻤﻞ ﺷﺒﻴﻪ روش ﺑﺮﻳﻨﻞ اﺳﺖ و ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ.





## A  4  a  h  2ah

2

AHF

a

## sin 68o  2  h 

h

a

2sin 68o

*d*

2

2

BCD

*d* 2  *a*2  *a*2  *a*  *d*

 *A*  2  *d*

 2sin 680

## A  d2

2

2sin 680

 VHN  p 

A

p d2

## 2sin 680

 1/ 8544p

d2

ج (ﺳﺨﺘﻲ راﻛﻮل دراﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﺳﺨﺘﻲ ﺑﻪ روش راﻛﻮل از ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه ﻣﺨﺮوﻃﻲ ﺷﻜﻞ اﻟﻤﺎﺳﻲ ﺑﺎ زاوﻳﻪ 120 ﻳﺎ ﺳﺎﭼﻤﻪ اي ﺷﻜﻞ

0

ﻓﻮﻻدي ﺳﺨﺖ ﺷﺪه اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد. در روش راﻛﻮل ﻋﻤﻖ ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﻛﻪ در اﺛﺮ وارد آوردن ﻧﻴﺮوي ﻣﺸﺨﺼﻲ

ﺑﺮ روي ﻧﻤﻮﻧﻪ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي و از آن ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﻘﻴﺎﺳﻲ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺳﺨﺘﻲ راﻛﻮل اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻣﺜﺎل در راﻛﻮل C اﺑﺘﺪا ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه ﺑﺎ ﻳﻚ ﻧﻴﺮوي 10 ﻛﻴﻠﻮﮔﺮﻣﻲ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻋﻤﻮدي در ﺳﻄﺢ ﺟﺴﻢ ﻓﺮو

ﻣﻲ ﺷﻮدو در ﻧﺘﻴﺠﻪ ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﺑﺴﻴﺎر رﻳﺰي در ﺳﻄﺢ ﺟﺴﻢ ﺑﻪ وﺟﻮد ﻣﻲ آﻳﺪ. در اﻳﻦ ﻣﻮﻗﻊ ﻋﻘﺮﺑﻪ دﺳﺘﮕﺎه را ﺑﺮ

روي ﺻﻔﺮ ﻗﺮار داده و ﺳﭙﺲ ﻳﻚ ﺑﺎر 140 ﻛﻴﻠﻮﮔﺮﻣﻲ ) در راﻛﻮل (c و ﻳﻚ ﺑﺎر 90 ﻛﻴﻠﻮﮔﺮﻣﻲ ) در راﻛﻮل (B

ﺑﻪ ﻧﺎم ﺑﺎر اﺻﻠﻲ ﺑﻪ آراﻣﻲ ﺑﻪ آن اﺿﺎﻓﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺳﺨﺘﻲ ﭘﺲ از وارد آوردن ﺑﺎر اﺻﻠﻲ و ﻧﮕﻬﺪاﺷﺘﻦ آن ﺑﻪ ﻣﺪت

ﻻزم ﺑﺮاي اﻧﺠﺎم ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ ﻣﺴﺘﻘﻴﻤﺎً از روي ﺻﻔﺤﻪ ﻣﺪرج ﻧﺼﺐ ﺷﺪه ﺑﺮ روي دﺳﺘﮕﺎه ﺳﺨﺘﻲ

ﺳﻨﺞ ﺧﻮاﻧﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد

ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ راﻛﻮل ﻣﻌﻴﺎري از ﻓﺮورﻓﺘﮕﻲ ﭘﻼﺳﺘﻴﻜﻲ و ﻳﺎ داﺋﻤﻲ اﻳﺠﺎد ﺷﺪه درﺟﺴﻢ در اﺛﺮ ﻧﻴﺮوي

اﺻﻠﻲ اﺳﺖ.

ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ راﻛﻮل ﻃﺒﻖ راﺑﻄﻪ زﻳﺮ ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ.

*R*  *c*1  *c*2*t*

و ﺑﺮاي ﺳﺎﭼﻤﻪ ﻓﻮﻻدي

c1  100

ﺑﺮاي ﻣﺨﺮوط اﻟﻤﺎﺳﻲ

اﻋﺪاد ﺛﺎﺑﺘﻲ ﻫﺴﺘﻨﺪ.

*c*2, *c*1

در اﻳﻦ راﺑﻄﻪ

c1  130

و c2 ﺑﺮاي ﻫﺮ دو ﻧﻮع ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه ﺑﺮاي 500 اﻧﺘﺨﺎب ﺷﺪه اﺳﺖ.

ﻧﻜﺘﻪ: در روش راﻛﻮل ﺳﺮﻋﺖ ﻋﻤﻞ زﻳﺎد اﺳﺖ و ﺑﺮاي اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﺳﺨﺘﻴﻬﺎي ﺑﺎﻻ ﻣﻨﺎﺳﺐ اﺳﺖ.

د(ﺳﺨﺘﻲ ﻧﻮپ:

دراﻳﻦ روش از ﻓﺮوﺷﻮﻧﺪه ﻫﺮﻣﻲ ﺷﻜﻞ از ﺟﻨﺲ اﻟﻤﺎﺳﻲ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد، ﻧﻴﺮوي وارد ﺑﺮ آن ﺑﻴﻦ 15 ﮔﺮم ﺗﺎ 3

ﻛﻴﻠﻮﮔﺮم ﻧﻴﺮو اﺳﺖ. ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ دراﻳﻦ روش از ﺗﻘﺴﻴﻢ ﻧﻴﺮو ﺑﺮ ﺗﺼﻮﻳﺮ اﻓﻘﻲ ﺳﻄﺢ اﺛﺮ ﻛﻪ ﻟﻮزي ﺷﻜﻞ اﺳﺖ

ﺑﺪﺳﺖ ﻣﻲ آﻳﺪ. و ﺑﻪ ﻧﺎم ﻋﺪد ﺳﺨﺘﻲ ﻧﻮپ ﻧﺎﻣﻴﺪه ﻣﻲ ﺷﻮد. در اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﺳﻄﺢ اﺛﺮ ﺑﻪ ﺳﺒﺐ ﻛﻮﭼﻚ ﺑﻮدن

اﻧﺪازه آن از ﻣﻴﻜﺮوﺳﻜﻮپ اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد. ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﺳﺨﺘﻲ ﻧﻮپ ﻣﻲ ﺗﻮان از راﺑﻄﻪ زﻳﺮ اﺳﺘﻔﺎده ﻛﺮد.

## HK  14 / 229 F

d2

در اﻳﻦ راﺑﻄﻪ =F ﻧﻴﺮوي ﺑﻪ ﻛﺎر رﻓﺘﻪ در آزﻣﺎﻳﺶ و =d ﻃﻮل ﻗﻄﺮ ﺑﺰرگ اﺛﺮ اﺳﺖ.

ه(ﺳﺨﺘﻲ ﺧﺮاﺷﻲ:

در اﻳﻦ روش ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﻳﻚ ﻗﻄﻌﻪ در ازاي ﺧﺮاش ﺑﺮداﺷﺘﻦ ﺗﻮﺳﻂ ﺣﺠﻢ دﻳﮕﺮي ﻣﻮرد ﺳﻨﺠﺶ ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮد و

از روي ﭼﮕﻮﻧﮕﻲ ﺧﺮاش، ﺳﺨﺘﻲ ﻣﺸﺨﺺ ﻣﻲ ﺷﻮد. اﻳﻦ روش ﻣﻌﻤﻮﻻ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺳﺨﺘﻲ ﻣﻮاد ﻣﻌﺪﻧﻲ ﺑﻪ ﻛﺎر ﻣﻲ رود. در ﻣﻘﻴﺎس ﺳﺨﺘﻲ ﻣﻮ (Moh) اﺑﺘﺪا ده ﺳﻨﮓ ﻣﻌﺪﻧﻲ ﺑﺮ ﺣﺴﺐ درﺟﻪ ﺳﺨﺘﻲ ﺑﻴﻦ 1 ﺗﺎ (10 ﺑﻪ

ﺻﻮرت زﻳﺮ ﻣﺮﺗﺐ ﻣﻲ ﺷﻮد.

-8ﻳﺎﻗﻮت ﻛﺒﻮد -9

-7ﻛﻮارﺗﺰ

-5آﭘﺎﺗﻴﺖ -6ﻓﻠﺪﺳﭙﺎت

-4ﻓﻠﻮرﻳﺖ

-3ﻛﺎﻟﺴﻴﺖ

ﮔﭻ-2

-1 ﺗﺎﻟﻚ

-10 اﻟﻤﺎس

ﻳﺎﻗﻮت ﺳﺮخ

ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﻣﻄﺎﺑﻖ اﻳﻦ ﺟﺪول ﻫﺮ ﺳﻨﮓ ﻣﻌﺪﻧﻲ ﻗﺎدر ﺑﻪ ﺧﺮاش دادن ﺳﻨﮓ ﻣﻌﺪن ﺑﺎ درﺟﻪ ﺳﺨﺘﻲ ﻛﻤﺘﺮ اﺳﺖ.

ﺑﺎ اﻳﻦ روش ﻣﻴﺘﻮان درﺟﻪ ﺳﺨﺘﻲ ﻣﻮ را ﺑﺮاي ﻫﺮ ﻣﺎده ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻛﺮد. ﺑﺮاي ﻣﺜﺎل ﺳﺨﺘﻲ ﺷﻴﺸﻪ ﻣﻌﻤﻮﻟﻲ ﺣﺪود 5.5 و ﺳﺨﺘﻲ ﻓﻮﻻد ﺳﺨﺖ ﺣﺪود 6.5 اﺳﺖ، وﻟﻲ واﺿﺢ اﺳﺖ ﻛﻪ اﻳﻨﺮوش ، روش ﭼﻨﺪان دﻗﻴﻘﻲ ﻧﺒﻮده و ﺑﻪ

ﻣﻨﻈﻮر ﻛﻨﺘﺮل ﺗﻮﻟﻴﺪ، ﻣﻨﺎﺳﺐ ﻧﻴﺴﺖ. اﻳﻦ روش در ﻣﻌﺪن ﺷﻨﺎﺳﻲ اﺑﺘﺪاﻳﻲ ﺑﺮاي ﺷﻨﺎﺳﺎﻳﻲ ﺳﻨﮓ ﻣﻌﺪن ﺑﻪ ﻛﺎر

ﻣﻲ رود.

ﻣﺤﺪوده درﺟﻪ ﺑﻨﺪي ﺳﺨﺘﻲ ﺧﺮاﺷﻲ ﺑﻌﺪاً ﺗﻐﻴﻴﺮ ﻳﺎﻓﺖ. ﺑﺪﻳﻦ ﺻﻮرت ﻛﻪ در ﻣﻘﻴﺎس ﺟﺪﻳﺪ ﺳﺨﺘﻲ ﺗﺎﻟﻚ ﺑﺎز ﻫﻢ 9 ﻳﻚ و ﺳﺨﺘﻲ اﻟﻤﺎس 15 اﻧﺘﺨﺎب ﺷﺪ و ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻣﺤﺪوده اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي و ﺳﻴﻌﺘﺮ ﮔﺸﺖ ﺑﻪ ﻃﻮري ﻛﻪ اﻋﺪاد14 ﺑﺮاي ﻛﺎر ﺑﻴﺪﺑﺮ 13 ﺑﺮاي ﻛﺎر ﺑﻴﺪ ﺳﻴﻠﻴﺴﻴﻢ،12 ﺑﺮاي ﻛﻮرﻧﺪ، 11 ﺑﺮاي زﻳﺮﻛﻦ، 10 ﺑﺮاي ﮔﺎراﻧﺎت،

–ﺗﻮﭘﺎس -8ﻛﻮارﺗﺰ، -7 ﺷﻴﺸﻪ ﻛﻮارﺗﺰي،-6ﻓﻠﺪﺳﭙﺎت و ﺑﻘﻴﻪ ﻫﻤﺎﻧﻨﺪ درﺟﻪ ﺑﻨﺪي ﻗﺒﻠﻲ اﻧﺘﺨﺎب ﺷﺪه اﺳﺖ.

(3آزﻣﺎﻳﺶ ﺿﺮﺑﻪ: test Impact the

ﻳﻜﻲ از آزﻣﺎﻳﺸﺎﺗﻲ ﻛﻪ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ ﺣﺎﻟﺖ ﺷﻜﺴﺖ ﺗﺮد ﻳﺎ ﻧﺮم ﻓﻠﺰات اﻧﺠﺎم ﻣﻲ ﮔﻴﺮد آزﻣﺎﻳﺶ ﺿﺮﺑﻪ اﺳﺖ.

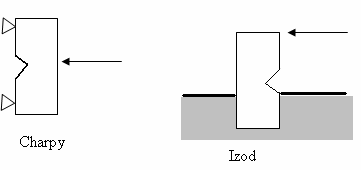
از ﻣﻬﻤﺘﺮﻳﻦ و ﻣﺘﺪاول ﺗﺮﻳﻦ روﺷﻬﺎي آزﻣﺎﻳﺶ ﺿﺮﺑﻪ دو روش ﭼﺎرﭘﻲ و اﻳﺰود اﺳﺖ. اﻳﻦ دو روش ﺗﻨﻬﺎ در ﻃﺮز

ﻗﺮار ﮔﻴﺮي ﻧﻤﻮﻧﻪ ﻫﺎ در دﺳﺘﮕﺎه آزﻣﺎﻳﺶ ﺿﺮﺑﻪ ﺑﺎ ﻳﻜﺪﻳﮕﺮ ﺗﻔﺎوت دارد. در روش ﭼﺎرﭘﻲ ﻧﻤﻮﻧﻪ اي ﺑﻪ ﺷﻜﻞ زﻳﺮ

ﺑﻪ ﮔﻮﻧﻪ اي ﻗﺮار ﻣﻲ ﮔﻴﺮد ﻛﻪ در اﻧﺘﻬﺎي ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺑﻪ ﻃﻮر آزاد ﺑﺮ روي ﺗﻜﻴﻪ ﮔﺎه ﻗﺮار داد. و ﺿﺮﺑﻪ ﺗﻮﺳﻂ آوﻧﮕﻲ ﻛﻪ

از ﻧﻘﻄﻪ ﺗﻌﺎدﻟﺶ ﻣﻨﺤﺮف ﺷﺪه ﺑﻪ ﭘﺸﺖ ﺷﻴﺎر ﻧﻤﻮﻧﻪ وارد ﻣﻲ ﺷﻮد. در روش اﻳﺰود، ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺑﻪ ﻃﻮر ﻋﻤﻮدي در

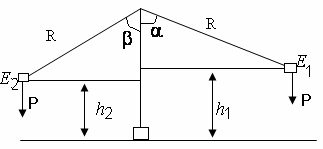
ﮔﻴﺮه ﺑﺴﺘﻪ ﺷﺪه و ﺿﺮﺑﻪ اﻧﺪﻛﻲ ﺑﺎﻻﺗﺮ از ﺷﻴﺎر ﺑﻪ ﻧﻤﻮﻧﻪ وارد ﻣﻲ ﺷﻮد.



در ﻫﺮ دو روش ﻣﻘﺪار اﻧﺮژي ﻳﺎ ﻛﺎري ﻛﻪ ﺻﺮف ﺷﻜﺴﺖ و ﻳﺎ اﺣﻴﺎﻧﺎً ﺗﻐﻴﻴﺮ ﺷﻜﻞ ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺷﺪه اﻧﺪازه ﮔﻴﺮي ﻣﻲ

ﺷﻮد. ﺑﺪﻳﻦ ﺗﺮﺗﻴﺐ ﻛﻪ ﺣﺎﺻﻞ ﺿﺮب وزن آوﻧﮓ در اﺧﺘﻼف ارﺗﻔﺎع آوﻧﮓ ﻗﺒﻞ و ﺑﻌﺪ از ﺿﺮﺑﻪ ﺗﻌﻴﻴﻦ ﻣﻲ ﺷﻮد.

اﻳﻦ ﻣﻘﺪار اﻧﺮژي ﺑﺮاﺑﺮ ﺗﻔﺎﺿﻞ اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ اوﻟﻴﻪ و اﻧﺮژي ﭘﺘﺎﻧﺴﻴﻞ ﺑﺎﻗﻴﻤﺎﻧﺪه اﺳﺖ.



*E*1  *p*.*h*1  *mgh*1  *mg*(*R*  *R* cos** )

*E*2  *p*.*h*2  *mgh*2  *mg*(*R*  *R* cos ** )

*E*1  *E*2  *mgR*(cos **  cos** )

=اﻧﺮژي ﺷﻜﺴﺖ

ﻧﻜﺘﻪ: در ﺻﻨﻌﺖ ﻋﻤﻮﻣﺎ از روش charpy اﺳﺘﻔﺎده ﻣﻲ ﺷﻮد.

ﻋﻤﻮﻣﺎ ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﻪ ﺿﺮﺑﻪ ي ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺑﺮ ﺣﺴﺐ ﻛﺎر ﺿﺮﺑﻪ اي اﻧﺠﺎم ﺷﺪه ﺑﺮ واﺣﺪ ﺳﻄﺢ ﻧﻤﻮﻧﻪ ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻣﻲ ﮔﺮدد.

ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﻪ ﺿﺮﺑﻪ

# (k)  E

A

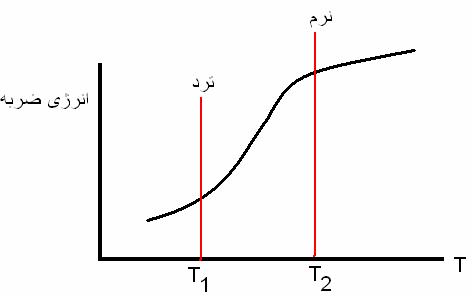
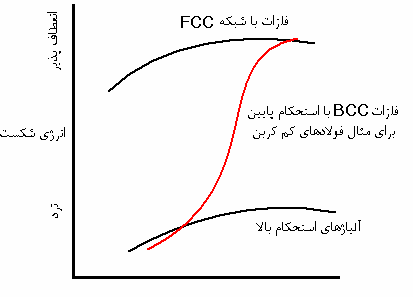
 mgh(cos  cos)

A

ﺑﺮرﺳﻲ اﺛﺮات دﻣﺎ ﺑﺮ روي اﻧﺮژي ﺿﺮﺑﻪ اي:

ﺗﻌﺪادي ﻧﻤﻮﻧﻪ از ﺟﻨﺲ ﻳﻚ ﻓﻠﺰ را در دﻣﺎﻫﺎي ﻣﺨﺘﻠﻒ ﻗﺮار داده و آزﻣﺎﻳﺶ ﺿﺮﺑﻪ را روي آﻧﻬﺎ اﻧﺠﺎم ﻣﻲ دﻫﻴﻢ و

ﺳﭙﺲ ﻧﻤﻮدار زﻳﺮ را رﺳﻢ ﻣﻲ ﻛﻨﻴﻢ.



- از دﻣﺎي T2 ﺑﻪ ﺑﺎﻻ ﺟﺴﻢ ﺻﺪ در ﺻﺪ ﻧﺮم اﺳﺖ

- ازدﻣﺎ T1 ﺑﻪ ﭘﺎﺋﻴﻦ ﺟﺴﻢ ﺻﺪ در ﺻﺪ ﺗﺮد اﺳﺖ.

#### (DBTT)

دﻣﺎي ﺗﺒﺪﻳﻞ ﺣﺎﻟﺖ ﻧﺮم ﺑﻪ ﺗﺮد

روﺷﻬﺎي ﻣﺨﺘﻠﻔﻲ ﺑﺮاي ﺗﻌﻴﻴﻦ دﻣﺎي ﺗﺒﺪﻳﻞ ﻧﺮم ﺑﻪ ﺗﺮد وﺟﻮد دارد.

-1 ﻣﺘﻮﺳﻂ T1وT2 را درﻧﻈﺮ ﻣﻴﮕﻴﺮﻳﻢ

-2 ﻣﻴﺎﻧﮕﻴﻦ اﻧﺮژي ﺷﻜﺴﺖ ﻣﻌﺎدل ﺑﺎ دو دﻣﺎي T1وT2 را در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ دﻣﺎي ﻣﻨﺎﺳﺐ ﺑﺎ آن را ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻣﻲ

ﻛﻨﻨﺪ. -3 ﻣﺘﺪاوﻟﺘﺮﻳﻦ روش آن اﺳﺖ ﻛﻪ دﻣﺎﺋﻲ را دﻣﺎي DBTT در ﻧﻈﺮ ﻣﻲ ﮔﻴﺮﻧﺪ ﻛﻪ در آن دﻣﺎ ﻧﺼﻒ ﺳﻄﺢ

ﺷﻜﺴﺖ ﺑﺼﻮرت ﻧﺮم وﻧﺼﻒ آن ﺑﺼﻮرت ﺗﺮد ﺷﻜﺴﺘﻪ ﺷﺪه اﺳﺖ.

mm2

108 ﺑﺎﺷﺪ ، وزن ﭘﺎﻧﺪول 4kg و ﻃﻮل آن 90cm و زاوﻳﻪ

45 و زاوﻳﻪ آن ﺑﻌﺪ از ﺷﻜﺴﺘﻦ 30 ﺑﺎﺷﺪ.

0 0

ﻣﺜﺎل( درﺻﻮرﺗﻲ ﻛﻪ اﺑﻌﺎد ﻧﻤﻮﻧﻪ ﺷﺎرﭘﻲ ﭘﺎﻧﺪول ﻗﺒﻞ از رﻫﺎ ﻛﺮدن ﺑﺎ ﻣﺤﻮر ﻗﺎﺋﻢ

ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﻪ ﺿﺮﺑﻪ ﻗﻄﻌﻪ ﭼﻨﺪ ﻛﻴﻠﻮﮔﺮم ﻣﺘﺮ ﺑﺮ ﺳﺎﻧﺘﻴﻤﺘﺮ ﻣﺮﺑﻊ اﺳﺖ.

##  mgh(cos   cos )  4 0/ 9(0/ 866  0/ 707)  7

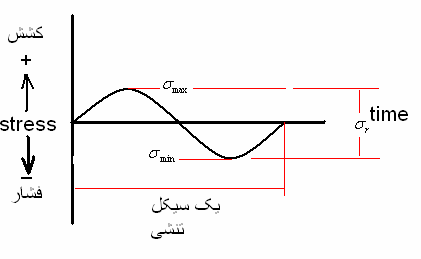
A ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﻪ ﺿﺮﺑﻪ

## 0/ 8

**Fatique** : ﺧﺴﺘﮕﻲ

ﺧﺴﺘﮕﻲ ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از ﺷﻜﺴﺘﻪ ﺷﺪن ﻗﻄﻌﺎت ﻓﻠﺰي در اﺛﺮ اﻋﻤﺎل ﺗﻨﺸﻬﺎي ﻣﺘﻐﻴﺮ ﻣﺘﻨﺎوب روي آﻧﻬﺎ. ﻋﻤﻮﻣﺎ

ﺣﺪاﻛﺜﺮ ﺗﻨﺶ اﻋﻤﺎل ﺷﺪه در ﻫﺮ ﺳﻴﻜﻞ ﺗﻨﺸﻲ ﻛﻤﺘﺮ از ﻧﻘﻄﻪ ﺗﺴﻠﻴﻢ ﺟﺴﻢ ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد



**creep** :ﺧﺰش

ﺧﺰش ﻋﺒﺎرﺗﺴﺖ از ﺗﻐﻴﻴﺮﻓﺮم ﭘﻼﺳﺘﻴﻚ ﻣﺪاوم اﺟﺴﺎﻣﻲ ﻛﻪ ﺗﺤﺖ اﺛﺮ ﺗﻨﺶ ﺛﺎﺑﺘﻲ ﻗﺮار دارﻧﺪ. اﻳﻦ ﭘﺪﻳﺪه ﺧﺼﻮﺻﺎ

در دﻣﺎي ﺑﺎﻻ اﻫﻤﻴﺖ وﻳﮋه دارد.