B7Z4J6

യൂണിറ്റ് 1

ഖരാവസ്ഥ

ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റ് പഠിക്കുന്നതിലൂടെ,

- ഖരാവസ്ഥയുടെ പൊതുസവിശേഷതകൾ വിവരിക്കാം;
- അമോർഫസ്‌രൂപത്തിലും പരൽരൂപത്തിലുമുള്ള വസ്തുക്കളെ തമ്മിൽ വിവേചിക്കാം;
- പരൽ രൂപത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളെ അവയുടെ ബന്ധനബലങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വർഗീകരിക്കാം;
- പരൽജാലിക (crystal lattice), യൂണിറ്റ് സെൽ (unit cell) എന്നിവ നിർവചിക്കാം;
- കണങ്ങളുടെ ഞെരുക്കി അടുക്കൽ (close packing) വിശദീകരിക്കാം;
- വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും (voids) ഞെരുക്കി അടുക്കപ്പെട്ട ഘടനകളും വിവരിക്കാം;
- വ്യത്യസ്ത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെ അടുക്കൽക്ഷമത (packing efficiency) കണ്ടുപിടിക്കാം;
- ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും അതിന്റെ യൂണിറ്റ് സെൽ ഗുണങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം മനസ്സിലാക്കാം;
- ഖരപദാർഥങ്ങളിലെ അപൂർണതകളും, അത് അവയുടെ ഗുണങ്ങളിൽ വരുത്തുന്ന മാറ്റങ്ങളും വിവരിക്കാം;
- ഖരവസ്തുക്കളുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക സ്വഭാവങ്ങളും അവയുടെ ഘടനയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം മനസിലാക്കാം;

'ഉയർന്ന താപനിലാ അതിചാലകങ്ങൾ, സിലിക്കൺ ചിപ്പുകൾ, ജൈവാനുയോജ്യ പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ തുടങ്ങിയ ഭൂരിഭാഗം ഖരപദാർഥങ്ങൾക്കും ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഭാവി പുരോഗതിയിൽ നിസ്തുലമായ പങ്കാണ് വഹിക്കാനുള്ളത്.'

ദ്രാവകങ്ങളെയും വാതകങ്ങളെയും ദ്രവങ്ങൾ (fluids) എന്ന് വിളിക്കുന്നതിനുള്ള കാരണം അവയുടെ ഒഴുകാനുള്ള കഴിവാണ് എന്ന് മുൻ പഠനങ്ങളിൽ നിന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഈ രണ്ടു അവസ്ഥകളിലെയും ദ്രവത്വത്തിന് കാരണം അതിന്റെ തന്മാത്രകളുടെ സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കാനുള്ള കഴിവാണ്. നേരെ മറിച്ച്, ഖരവസ്തുക്കളുടെ ഘടകകണങ്ങൾക്കു സ്ഥിരമായ സ്ഥാനങ്ങളുണ്ട്. അതിനാൽ അവയ്ക്കു യഥാസ്ഥാനത്തുനിന്ന് കമ്പനം ചെയ്യാനേ സാധിക്കൂ. ഖരവസ്തുക്കളുടെ ദൃഢതയ്ക്ക് കാരണം ഇതാണ്. ഖരവസ്തുക്കളുടെ ഗുണങ്ങൾ അവയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കണങ്ങളുടെ സ്വഭാവം, അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധനബലം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഘടനയും ഗുണധർമങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പാരസ്പര്യം പ്രത്യേക ഗുണധർമങ്ങളുള്ള ഖരപദാർഥങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനു സഹായിച്ചു. ഉദാഹരണത്തിന് കാർബൺ നാനോ ട്യൂബ് എന്ന പുതിയ പദാർഥത്തിന് സ്റ്റീലിനേക്കാൾ കാഠിന്യവും അലൂമിനിയത്തേക്കാൾ ഭാരക്കുറവും കോപ്പറിനേക്കാൾ വൈദ്യുത ചാലകതയും ഉണ്ട്. ഇത്തരം പദാർഥങ്ങൾ ഭാവിയിൽ ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും സമൂഹത്തിന്റെയും വളർച്ചയ്ക്ക് പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നവയാകാം. ഭാവിയിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്കുവഹിക്കുമെന്ന് കരുതപ്പെടുന്ന മറ്റു പദാർഥങ്ങളാണ് ഉയർന്ന താപനിലയിലും അതിചാലകത കാണിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾ, കാന്തികപദാർഥങ്ങൾ, പൊതിഞ്ഞ് കെട്ടാൻ ഉപയോഗിക്കാവുന്ന ജൈവ ദ്രവണ വിധേയമാകുന്ന ബഹുലകങ്ങൾ, ശസ്ത്രക്രിയ വഴി സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയുന്ന ജൈവപൂരക പദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ. അതിനാൽ ഇന്നത്തെ കാലഘട്ടത്തിൽ ഖരാവസ്ഥയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം വളരെ പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നു.

ഈ യൂണിറ്റിൽ (i) ഘടകകണങ്ങളുടെ വിവിധതരം ക്രമീകരണം മൂലം വ്യത്യസ്ത ഘടനകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് എപ്രകാരമെന്നും (ii) ഘടകയൂണിറ്റുകളുടെ വ്യത്യസ്ത ക്രമീകരണംമൂലം അവയുടെ സ്വഭാവങ്ങൾ എങ്ങനെ വ്യത്യസ്തമാകുന്നുവെന്നും (iii) ഘടനാപരമായ അപൂർണതയാലും നേരിയ അളവിലുള്ള അപദ്രവ്യങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യംമൂലവും അവയുടെ സ്വഭാവങ്ങൾ മാറ്റപ്പെടുന്നത് എങ്ങ

നെയെന്നും (iv) ഘടകകണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പാരസ്പര്യം ഖരങ്ങളുടെ സ്വഭാവവുമായി എപ്രകാരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും നാം ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

1.1 ഖരാവസ്ഥയുടെ പൊതു സവിശേഷതകൾ

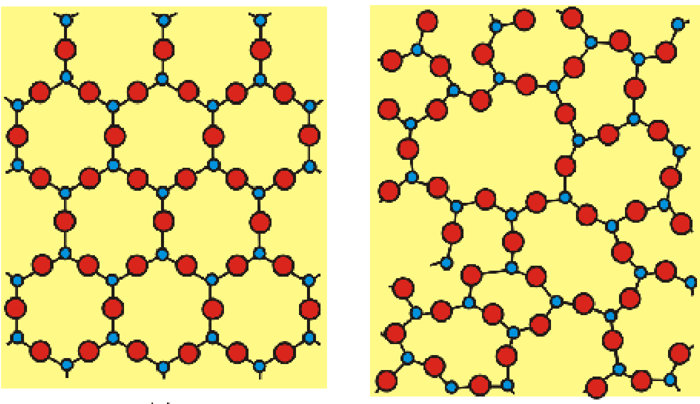
ദ്രവ്യത്തിന് ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് പ്രധാന അവസ്ഥകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യാൻ കഴിയും എന്ന് പതിനൊന്നാം ക്ലാസ്സിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഒരു പ്രത്യേക താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ഏത് അവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിരതയുള്ളത് എന്നത് രണ്ടു വിപരീതബലങ്ങളുടെ പ്രഭാവങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒന്ന് അവയുടെ തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണ ശക്തിയും മറ്റൊന്ന് തന്മാത്രകളുടെ താപോർജവും ആണ്. തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണശക്തി അവയെ അടുപ്പിച്ചു നിർത്തുകയും താപോർജം അവയെ അകറ്റി നിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. താഴ്ന്ന താപനിലയിൽ താപോർജം വളരെ കുറവായിരിക്കുകയും തന്മാത്രാന്തര ബലങ്ങൾ അവയെ അടുപ്പിച്ചുകൊണ്ടുവരികയും അവതമ്മിൽ പരസ്പരം ചേർന്ന് സ്ഥിരസ്ഥാനങ്ങളിൽ പ്രതിഷ്ഠിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ആ അവസ്ഥയിലും കണികകൾക്കു മധ്യസ്ഥാനത്തു കമ്പനം ചെയ്യാൻ സാധിക്കുകയും ആ വസ്തു ഖരാവസ്ഥയിൽ തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഖരാവസ്ഥയുടെ സവിശേഷ ഗുണങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്നവയാണ്.

1. അവയ്ക്ക് നിശ്ചിതമായ മാസും വ്യാപ്തവും ആകൃതിയും ഉണ്ട്.
2. തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കുറവാണ് .
3. തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം കൂടുതൽ ആണ്.
4. അവയുടെ ഘടക കണികകൾക്ക് (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, അയോണുകൾ എന്നിവ) നിശ്ചിത സ്ഥാനം ഉണ്ടാകുകയും അവയ്ക്ക് മധ്യസ്ഥാനത്തെ ആസ്പദമാക്കി കമ്പനം ചെയ്യാൻ മാത്രം സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
5. അവ സങ്കോചിപ്പിക്കാൻ സാധ്യമല്ലാത്തവയും ദൃഢതയുള്ളവയുമാണ്.

1.2. അമോർഫസ് ഖരങ്ങളും പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളും.

ഘടകകണങ്ങളുടെ ക്രമീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഖരങ്ങളെ പരലുകൾ എന്നും അമോർഫസ് എന്നും വർഗീകരിക്കുന്നു. ഒരു പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരം സ്ഥിര ജ്യാമിതീയ ഘടനയുള്ള ധാരാളം ചെറു പരലുകളാൽ നിർമിതമാണ്. പരലിൽ ഘടക കണങ്ങൾ (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ അല്ലെങ്കിൽ അയോണുകൾ) ക്രമത്തിൽ അടുക്കിയിരിക്കുകയും ത്രിമാനതലത്തിൽ ആവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു പരലിൽ ഒരു മേഖലയിലെ ക്രമരൂപം മനസ്സിലാക്കിയാൽ പരലിലെ മറ്റൊരു മേഖല എത്ര ദൂരെയാണെങ്കിലും കണങ്ങളുടെ യഥാർഥ സ്ഥാനം നമുക്ക് പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും.

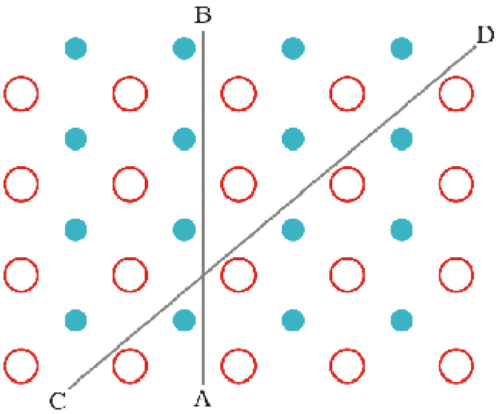


(a) (b)

ചിത്രം 1.1 ദ്വിമാന ഘടനകൾ (a) ക്വാർട്സ് (b) ക്വാർട്സ് ഗ്ലാസ്

പരൽ ഘടനയിൽ കണികകൾക്കു ദീർഘ പരിധിക്രമം (long range order) ആണുള്ളത്. ദീർഘപരിധി ക്രമം എന്നാൽ സമാനമായ രീതിയിൽ കണങ്ങളുടെ ക്രമരൂപങ്ങൾ പരൽ മുഴുവൻ ആവർത്തിച്ച് ക്രമീകരിക്കുന്നതാണ്. സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, ക്വാർട്സ് എന്നിവ പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾക്കു ഉദാഹരണങ്ങൾ ആണ്. ഗ്ലാസ്, റബർ, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ എന്നിവ ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് തണുപ്പിച്ച് ഖരമാക്കുമ്പോൾ പരലുകൾ ലഭിക്കുന്നില്ല. ഇവയെ അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. അമോർഫസ് (amorphous) ഒരു ഗ്രീക്ക് പദമാണ്. (ഗ്രീക്കിൽ അമോർഫസ് എന്നാൽ ആകൃതി ഇല്ലാത്തത് എന്നർഥം.) അത്തരം ഖരങ്ങളിൽ കണങ്ങൾക്ക് (ആറ്റം, തന്മാത്ര, അയോൺ) ഹ്രസ്വപരിധി ക്രമമാണുള്ളത് (short range order). ഈ ക്രമീകരണത്തിൽ സമാനമായ ആവർത്തനക്രമരൂപ രീതി ചെറിയ ദൈർഘ്യത്തിൽ മാത്രമാണുള്ളത്. ഇത് പല

ഭാഗങ്ങളിലായി വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നതിനോടൊപ്പം അവയ്ക്കിടയിലുള്ള കണികകളുടെ ക്രമീകരണവും ക്രമരഹിതമാണെന്നു കാണാം. ചിത്രം 1.1 a, b എന്നിവയിൽ യഥാക്രമം ക്വാർട്സിന്റെ പരൽ ഘടനയും ക്വാർട്സ് ഗ്ലാസിന്റെ അമോർഫസ് ഘടനയും ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ടു ഘടനകളും ഏകദേശം ഒരുപോലെയാണെങ്കിലും അമോർഫസ് ഗ്ലാസ് ക്വാർട്സിൽ ദീർഘപരിധി ക്രമം ഇല്ല. അമോർഫസ് ഖരങ്ങളുടെ ഘടന ദ്രാവകങ്ങളുടേതിന് സമാനമാണ്. (ഗ്ലാസ്,റബ്ബർ, പ്ലാസ്റ്റിക് എന്നിവ അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾക്കു ഉദാഹരണങ്ങൾ ആണ്.) ഘടക കണങ്ങളുടെ ക്രമീകരണ രീതിയിലുള്ള വ്യത്യാസം കൊണ്ട് ഈ രണ്ടു ഖരങ്ങളും അവയുടെ ഗുണങ്ങളിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം **1.2:** *കണികകൾക്ക് വിവിധ ദിശകളിൽ വ്യത്യസ്ത ക്രമീകരണമുള്ള പരലുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അസമദൈശികത*

പരൽ ഖരങ്ങൾക്കു കൃത്യമായ ദ്രവനില (melting point) ആണുള്ളത്. ഒരു സവിശേഷ താപനിലയിൽ പെട്ടെന്ന് ഉരുകി ദ്രാവകമാകുന്നു. എന്നാൽ അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ താപനിലയുടെ ഒരു പ്രത്യേക പരിധിയിൽ മൃദുവാകുകയും ഉരുകി ഒഴുകാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ നിശ്ചിത താപപരിധിയിൽ അവയെ വ്യത്യസ്ത ആകൃതിയിൽ രൂപപ്പെടുത്താനും കഴിയും. അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾക്ക് ദ്രാവകങ്ങളുടേതുപോലുള്ള ഘടനാസ്വഭാവം ഉള്ളതിനാൽ അവയെ സൗകര്യത്തിനായി വളരെ ശ്യാനതയുള്ള ദ്രാവകമായിട്ടാണ് പരിഗണിക്കുന്നത്. ഏതെങ്കിലും ഒരു താപനിലയിൽ അതിന് പരൽരൂപത്തിലും സറിതി ചെയ്യാൻ കഴിയും. പുരാതന സംസ്കാര അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് കിട്ടിയ ഗ്ലാസ്സ് വസ്തുക്കൾ പാൽ നിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നത് അവയിൽ കുറച്ചു പരൽ രൂപീകരണം നടക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ്. ദ്രാവകങ്ങളെപ്പോലെ അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾക്ക് ഒഴുകാനുള്ള ഒരു പ്രവണതയുണ്ട്, അത്യന്തം സാവധാനമാണെന്നു മാത്രം. അതിനാൽ ചിലപ്പോൾ ഇവയെ കപട (pseudo) ഖരങ്ങൾ എന്നോ അതിശീതീകൃത ദ്രാവകങ്ങൾ (super cooled liquids) എന്നോ പറയും. അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾക്ക് സമദൈശികസ്വഭാവ (isotropic) മാണുള്ളത്. അവയുടെ ഗുണധർമങ്ങളായ യാന്ത്രികശക്തി, അപവർത്തനാങ്കം, താപചാലകത മുതലായവ എല്ലാ ദിശകളിലും ഒരേ മൂല്യമായിരിക്കും. ഇതിനുകാരണം ഇവിടെ ദീർഘപരിധിക്രമം (long range order) ഇല്ല എന്നതും കണങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ ക്രമരഹിതമായിരിക്കും എന്നുള്ളതുമാണ്. അതിനാൽ എല്ലാ ദിശകളിലേയും മൊത്തം ക്രമീകരണം തുല്യമൂല്യമുള്ളതായിരിക്കും. അതിനാൽ ഭൗതികഗുണധർമങ്ങൾ എല്ലാ ദിശകളിലും ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും.

പരൽ ഖരങ്ങൾ അസമദൈശികതയുള്ളതാണ് (anistoropic) അതായത് അവയുടെ ഭൗതിക ഗുണങ്ങളായ വൈദ്യുത പ്രതിരോധം, അപവർത്തനാങ്കം (refractive index) തുടങ്ങിയവ ഒരേ പരലിനുള്ളിൽ വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ അളക്കുമ്പോൾ വ്യത്യസ്ത മൂല്യങ്ങൾ തരുന്നു. ഇതിനു കാരണം കണങ്ങൾക്കു വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ വ്യത്യസ്ത ക്രമീകരണം ഉള്ളതിനാലാണ്. ചിത്രം 1.2ൽ ഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. കണങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം വിവിധ ദിശകളിൽ വ്യത്യസ്തമായതിനാൽ ഒരേ ഭൗതിക ഗുണം ഓരോ ദിശയിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഈ ചിത്രം രണ്ട് തരം ആറ്റങ്ങളുടെ ദ്വിമാനതലത്തിലുള്ള ഒരു ക്രമീകരണം മാത്രമാണ്. യാന്ത്രിക ഗുണധർമത്തിൽപ്പെട്ട അപരൂപണ പ്രതിരോധക്ഷമത (shearing stress) ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ടുതരത്തിൽ തന്നെയായിരിക്കും. CD ദിശയിലുള്ള രൂപമാറ്റത്തിന് രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ആറ്റങ്ങളെ സ്ഥാനാന്തരം ചെയ്യുമ്പോൾ AB ദിശയിൽ ഒരു തരത്തിലുള്ള ആറ്റങ്ങൾക്കെ സ്ഥാനാന്തരം സംഭവിക്കുന്നുള്ളൂ. അമോർഫസ് ഖരങ്ങളും പരൽ ഖരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ പട്ടിക 1.1 ൽ ചുരുക്കി വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 1.1 പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളും അമോർഫസ് ഖരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം

ഗുണം	പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾ	അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ
ആകൃതി	നിശ്ചിതമായ സവിശേഷ ജ്യാമിതീയ ആകൃതി	ക്രമരഹിതമായ ആകൃതി
ദ്രവനില	കൃത്യവും സവിശേഷവുമായ താപനിലയിൽ ഉരുകുന്നു	ഒരു താപപരിധിയിൽ ക്രമേണ മൃദുവാകുന്നു
വിഭജന സവിശേഷത	മുറിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പുതിയ പ്രതലങ്ങൾ മിനുസമുള്ളതും നിരപ്പായതും ആയി കാണപ്പെടുന്നു	വിഭജിക്കുമ്പോൾ ക്രമരഹിതമായ പ്രതലങ്ങളുള്ള ചെറുകഷണങ്ങളായി മാറുന്നു
ദ്രവീകരണ താപം	അവയ്ക്ക് നിശ്ചിതവും സവിശേഷവുമായ ദ്രവീകരണ എൻഥാൽപി ഉണ്ട്	നിശ്ചിതമായ ദ്രവീകരണ എൻഥാൽപി ഇല്ല
അസമദൈശിക സ്വഭാവം	അസമദൈശിക സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു	സമദൈശിക സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു
സ്വഭാവം	യഥാർഥ ഖരങ്ങൾ	കപട ഖരങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ അതിശീതീകൃത ദ്രാവകങ്ങൾ
ഘടക കണങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം	ദീർഘപരിധി ക്രമം	ഹ്രസ്വപരിധി ക്രമം

പരലുകളെയും അമോർഫസ് ഖരങ്ങളെയും കൂടാതെ, അമോർഫസ് രൂപമുള്ളതും സൂക്ഷ്മ പരൽഘടനയോടുള്ളതുമായ ചില ഖരവസ്തുക്കളും കണ്ടുവരുന്നു. ഇവയെ ബഹുപരലീകൃതഖരങ്ങൾ (polycrystalline solids) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ലോഹങ്ങൾ പലപ്പോഴും ബഹുപരലീകൃത അവസ്ഥയിലാണ്. വ്യതിരിക്തമായ പരലുകൾ ക്രമരഹിതമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ലോഹസാമ്പിളുകൾ സമദൈശിക സ്വഭാവം കാണിക്കുമ്പോൾ, പരലുകൾ അസമദൈശികതയുള്ളതും ആയിരിക്കും.

വളരെയധികം ഉപയോഗങ്ങൾ ഉള്ള പദാർഥങ്ങളാണ് അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ. ഗ്ലാസ്സ്, റബ്ബർ, പ്ലാസ്റ്റിക് തുടങ്ങിയവകൾക്കു നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിൽ വളരെയധികം ഉപയോഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. സൂര്യപ്രകാശം വൈദ്യുതിയാക്കിമാറ്റാൻ ഇന്ന് ലഭ്യമായ ഏറ്റവും നല്ല പ്രകാശവിദ്യുച്ഛക്തി ജനക (പ്രകാശവോൾട്ടായിക്) പദാർഥമാണ് അമോർഫസ് സിലിക്കൺ.

പാഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1.1 എന്തുകൊണ്ടാണ് ഖരവസ്തുക്കൾക്ക് ദൃഢതയുള്ളത്?

1.2 എന്തുകൊണ്ടാണ് ഖരങ്ങൾക്കു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ഉള്ളത്?

1.3 താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയെ പരൽ രൂപ ഖരങ്ങൾ എന്നും അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ എന്നും വർഗീകരിക്കുക.

പോളിയൂറിത്തേൻ, നാഫ്തലീൻ, ബെൻസോയിക് ആസിഡ്, ടെഫ്ലോൺ, പൊട്ടാസ്യം നൈട്രേറ്റ്, സെല്ലോഫേൻ, പോളി വിനൈൽ ക്ലോറൈഡ്, ഫൈബർ ഗ്ലാസ്സ്, കോപ്പർ.

1.4 ഒരു ഖരപദാർഥത്തിന് എല്ലാ ദിശകളിലും ഒരേ അപവർത്തനാങ്കമാണ്. അതിന്റെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുക. ആ ഖരപദാർഥം വിഭജനസവിശേഷത (cleavage property) കാണിക്കുമോ?

1.3. പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളുടെ വർഗീകരണം

ഭാഗം 1.2 ൽ അമോർഫസ് പദാർഥങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയ്ക്ക് പരിധികുറഞ്ഞ ക്രമം (short range order) മാത്രമാണുള്ളതെന്നും നമ്മൾ മനസ്സിലാക്കിക്കഴിഞ്ഞു. എന്നിരുന്നാലും മിക്ക ഖരവസ്തുക്കളും പരൽ സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്. ഉദാഹരണമായി അയൺ, കോപ്പർ, സിൽവർ തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങൾ സൾഫർ, ഫോസ്ഫറസ്, അയോഡിൻ തുടങ്ങിയ അലോഹങ്ങൾ, സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, സിങ്ക് സൾഫൈഡ്, നാഫ്തലീൻ തുടങ്ങിയ സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിവ പരൽ സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്.

വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ പരൽഖരങ്ങളെ വർഗീകരിക്കാം. ഇതിനുള്ള മാർഗം ആവശ്യകതയ്ക്ക് അനുസൃതമായിരിക്കും. ഇവിടെ നമ്മൾ പ്രധാനപ്പെട്ട പരൽഖര പദാർഥങ്ങളെ

ഘടക കണങ്ങളുടെ തന്മാത്രാന്തര ബലത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും അല്ലെങ്കിൽ അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും വർഗീകരിക്കുന്നു. അവയാണ് (i) വാൻഡർ-വാൾസ്ബലങ്ങൾ (ii) അയോണികബന്ധനങ്ങൾ (iii) സഹസംയോജക ബന്ധനങ്ങൾ (iv) ലോഹീയബന്ധനങ്ങൾ. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പരൽഖരങ്ങളെ നാലായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയാണ് തന്മാത്രാ, അയോണിക, ലോഹീയ, സഹ സംയോജകഖരങ്ങൾ. ഈ വിഭാഗങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാം.

1.3.1. തന്മാത്രാ ഖരങ്ങൾ

തന്മാത്രാ ഖരങ്ങളിലെ ഘടക കണികകൾ തന്മാത്രകളാണ്. ഇവയെ വീണ്ടും താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു.

1. *അധ്രുവീയ തന്മാത്രാ ഖരങ്ങൾ (non polar molecular solids):* ഇവയിൽ Ar, He പോലുള്ള ആറ്റങ്ങളോ അധ്രുവീയ സഹസംയോജക ബന്ധനം ഉള്ള തന്മാത്രകളോ ആകാം. ഉദാഹരണത്തിന് H_2, Cl_2, I_2 എന്നിവ. ഈ ഖരങ്ങളിൽ ആറ്റങ്ങൾ അഥവാ തന്മാത്രകൾ ദുർബലമായ പരിക്ഷേപണ ബലങ്ങൾ അഥവാ ലണ്ടൻ ബലങ്ങളാൽ ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഈ ബലങ്ങളെക്കുറിച്ചു XI-ാം ക്ലാസ്സിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ ഖരങ്ങളെല്ലാം മൃദുവും വിദ്യുത്‌രോധികളുമാണ്. അവയ്ക്കു വളരെക്കുറഞ്ഞ ദ്രവനിലയാണുള്ളത്, മാത്രമല്ല അവ സാധാരണ ഉഷ്മാവിലും മർദത്തിലും ദ്രാവകാവസ്ഥയിലോ വാതകാവസ്ഥയിലോ കാണപ്പെടുന്നവയുമാണ്.
2. *ധ്രുവീയ തന്മാത്രാ ഖരങ്ങൾ (polar molecular solids):* HCl, SO_2 തുടങ്ങിയ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രകൾ ധ്രുവീയ സഹസംയോജക ബന്ധനം വഴിയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ ഖരങ്ങളിലെ തന്മാത്രകൾ ചേർന്നിരിക്കുന്നത് താരതമ്യേന ശക്തിയുള്ള ദ്വിധ്രുവ - ദ്വിധ്രുവ പാരസ്പര്യം വഴിയാണ്. ഇത്തരം ഖരങ്ങൾ താരതമ്യേന മൃദുവും വിദ്യുത്‌രോധിയുമാണ്. അവയുടെ ദ്രവനിലകൾ അധ്രുവീയ ഖരങ്ങളെക്കാൾ കൂടിയതാണ്. എങ്കിലും ഇവയിൽ ഏറിയപങ്കും സാധാരണ ഉഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും ദ്രാവകങ്ങളോ വാതകങ്ങളോ ആണ്. ഖര SO_2, ഖര NH_3 തുടങ്ങിയവ ഇവയ്ക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.
3. *ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധന ഖര തന്മാത്രകൾ (hydrogen bonded molecular solids):* ഇത്തരം ഖരങ്ങളുടെ തന്മാത്രകളിൽ ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ F, O അഥവാ N ആറ്റങ്ങളുമായി ധ്രുവീയ സഹസംയോജക ബന്ധനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. H_2O (ഐസ്) പോലുള്ള അത്തരം ഖരങ്ങളിൽ ശക്തിയേറിയ ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനം തന്മാത്രകളെ ഒരുമിപ്പിച്ചു നിർത്തുന്നു. അവ വിദ്യുത്‌രോധികളാണ്. പൊതുവെ അവ സാധാരണ അന്തരീക്ഷ ഉഷ്മാവിലും മർദത്തിലും ബാഷ്പ സ്വഭാവമുള്ള ദ്രാവകങ്ങളോ മൃദുഖരങ്ങളോ ആയി കാണപ്പെടുന്നു.

1.3.2 അയോണിക ഖരങ്ങൾ (Ionic Solids)

അയോണിക ഖരങ്ങളുടെ ഘടകകണികകൾ അയോണുകൾ ആണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് പോസിറ്റീവ് അയോണുകളുടെയും നെഗറ്റീവ് അയോണുകളുടെയും ശക്തിയേറിയ കൂളോംബിക് (വൈദ്യുതാകർഷണ) ബല ഫലമായി രൂപപ്പെടുന്ന ത്രിമാനതല ക്രമീകരണത്തിലാണ്. ഈ ഖരങ്ങൾ പൊതുവെ കട്ടിയുള്ളവയും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടിപ്പോവുന്നവയുമാണ്. അവയ്ക്ക് ഉയർന്ന ദ്രവനിലയും തിളനിലയുമാണുള്ളത്. അവയിലെ അയോണുകൾക്കു ചലിക്കാൻ സാധിക്കാത്തതിനാൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ അവ വിദ്യുത്‌രോധികളാണ്. പക്ഷെ ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലോ ജലീയലായനിയിലോ, അയോണുകൾക്ക് സ്വതന്ത്രമായ ചലനശേഷിയുള്ളതിനാൽ അവ വൈദ്യുതി കടത്തിവിടും.

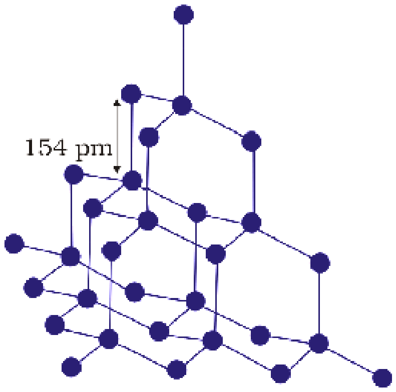
1.3.3 ലോഹീയ ഖരങ്ങൾ (Metallic Solids)

ക്രമമായ ഒരു കൂട്ടം പോസിറ്റീവ് അയോണുകളും അവയെ ചുറ്റുന്നതും പിടിച്ചുനിർത്തുന്നതുമായ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒരു സാഗരവും ചേർന്നതാണ് ലോഹങ്ങൾ. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചലിക്കുന്നവയും പരൽ മുഴുവൻ തുല്യമായി വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നവയുമാണ്. ഓരോ ലോഹ ആറ്റവും ഒന്നോ അതിലധികമോ ഇലക്ട്രോണുകളെ

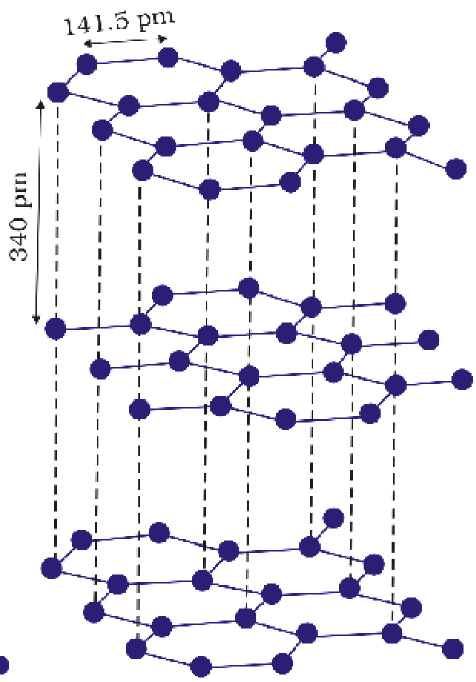
ഈ ഇലക്ട്രോൺ സാഗരത്തിലേക്ക് സംഭാവന ചെയ്യുന്നു. ലോഹങ്ങളുടെ ഉയർന്ന താപ-വൈദ്യുത ചാലകതയ്ക്ക് കാരണം ഈ സ്വതന്ത്രവും ചലിക്കുന്നതുമായ ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലം (eletrical field) പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ പോസിറ്റീവ് അയോണുകളുടെ ശൃംഖലയിലൂടെ ചലിക്കുന്നു. അതുപോലെ ലോഹത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തു താപം കൊടുക്കുമ്പോൾ താപോർജം ഒരേപോലെ ലോഹത്തിൽ എല്ലായിടത്തും ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളാൽ വിസരിക്കപ്പെടുന്നു. ലോഹത്തിന്റെ മറ്റൊരു സവിശേഷത അതിന്റെ ലോഹദ്യുതിയും ചിലവയിലെ നിറവുമാണ്. ഇതിന് കാരണം അവയിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകകളുടെ സാന്നിധ്യമാണ്. ലോഹങ്ങൾ അടിച്ചു പരത്താവുന്നതും (malleable) വലിച്ചു നീട്ടാവുന്നതുമാണ് (ductile).

1.3.4 സഹസംയോജക അല്ലെങ്കിൽ ശൃംഖലാ ഖരങ്ങൾ (Covalent or Network Solids)

അടുത്തടുത്ത ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിൽ സഹസംയോജക ബന്ധനം ഖരത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും ഉണ്ടാകുന്നതുവഴി ധാരാളം അലോഹങ്ങളുടെ പരൽഖരങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നുണ്ട്. അവയെ ഭീമാകാര തന്മാത്രകൾ എന്നും വിളിക്കുന്നു. സഹസംയോജക ബന്ധനങ്ങൾ വളരെ ശക്തിയേറിയതും ദിശാസ്വഭാവമുള്ളതുമായതിനാൽ ആറ്റങ്ങൾ അവയുടെ സ്ഥാനങ്ങളിൽ ശക്തമായി നിർത്തപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അത്തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾ വളരെ കട്ടിയുള്ളതും എന്നാൽ പൊട്ടിക്കാവുന്നതുമാണ്. അവയ്ക്ക് വളരെയധികം ഉയർന്ന ദ്രവനിലയാണ് ഉള്ളത്. അതിനാൽ ഉരുകുന്നതിനു മുൻപ് തന്നെ ചിലത് വിഘടിച്ചു പോകാം. അവ കുചാലകങ്ങൾ ആണ്. വജ്രം (ചിത്രം 1.3), സിലിക്കൺ കാർബൈഡ് എന്നിവ അത്തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾക്കു ഉദാഹരണങ്ങൾ ആണ്. ഈ കൂട്ടത്തിൽ പ്പെടുന്നതാണെങ്കിലും ഗ്രാഫൈറ്റ് മൃദുവും വൈദ്യുത ചാലകവുമാണ്. അതിന്റെ അസാധാരണ ഗുണങ്ങൾക്കു കാരണം ഗ്രാഫൈറ്റിന്റെ പ്രത്യേക ഘടനയാണ്. (ചിത്രം 1.4). ഗ്രാഫൈറ്റിൽ കാർബൺ ആറ്റങ്ങളെ വ്യത്യസ്ത പാളികളിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ പാളിയിലെയും ഓരോ കാർബൺ ആറ്റവും അടുത്തടുത്തുള്ള മറ്റ് മൂന്ന് കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുമായി സഹസംയോജക ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഓരോ ആറ്റത്തിലെയും നാലാമത്തെ സംയോജക ഇലക്ട്രോൺ വ്യത്യസ്ത പാളികൾക്കിടയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കുന്നു. ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ഗ്രാഫൈറ്റിനെ ഒരു നല്ല വൈദ്യുത ചാലകമാക്കി മാറ്റുന്നു. വ്യത്യസ്ത കാർബൺ പാളികൾ മറ്റൊന്നിനുമേൽ തെന്നി നീങ്ങുന്നതിനാൽ ഗ്രാഫൈറ്റ് ഒരു മൃദുഖരവും നല്ലൊരു ഖര സ്നേഹകവുമാണ്.



ചിത്രം 1.3: വജ്രത്തിന്റെ നെറ്റ്‌വർക്ക് ഘടന



ചിത്രം 1.4: ഗ്രാഫൈറ്റിന്റെ ഘടന

നാലു തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ പട്ടിക 1.2 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 1.2 വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങൾ

ഖരങ്ങളുടെ ഇനം	ഘടക കണികകൾ	ബന്ധനം/ ആകർഷണ ബലങ്ങൾ	ഉദാഹരണങ്ങൾ	ഭൗതിക സ്വഭാവം	വൈദ്യുത ചാലകത	ദ്രവണാങ്കം
(1) തന്മാത്ര ഖരങ്ങൾ	തന്മാത്രകൾ					
(i) അധ്രുവീയ		പരിക്ഷേപണബലം അല്ലെങ്കിൽ ലണ്ടൻ ബലം	Ar, CCl_4, H_2, I_2, CO_2	മൃദുവായത്	കുചാലകം	വളരെ കുറവ്
(ii) ധ്രുവീയ		ദ്വിധ്രുവ-ദ്വിധ്രുവ പാരസ്പര്യം	HCl, SO_2	മൃദുവായത്	കുചാലകം	കുറവ്
(iii) ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനസ്ഥം		ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനം	H_2O (ഐസ്)	ദൃഢമായത്	കുചാലകം	കുറവ്
(2) അയോണിക ഖരങ്ങൾ	അയോണുകൾ	കൂളോംബിക് അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥിത വൈദ്യുതാകർഷണം	NaCl, MgO, ZnS, CaF_2	ദൃഢമായത് പക്ഷെ പൊട്ടിപ്പോകുന്നത്	ഖരാവസ്ഥയിൽ കുചാലകവും ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലോ ജലീയലായനിയിലോ സുചാലകവും	ഉയർന്നത്
(3) ലോഹീയ ഖരങ്ങൾ	വികേന്ദ്രീകൃതപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോൺ സാഗരത്തിൽ ചുറ്റപ്പെട്ട ധന അയോണുകൾ	ലോഹീയ ബന്ധനം	Fe, Cu, Ag, Mg	ദൃഢമായത് പക്ഷെ അടിച്ചു പരത്താവുന്നതും വലിച്ചു നീട്ടാവുന്നതും	ഖരാവസ്ഥയിലും ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലും സുചാലകങ്ങൾ	സാമാന്യം ഉയർന്നത്
(4) സഹസംയോജക അല്ലെങ്കിൽ ശൃംഖലാ ഖരങ്ങൾ	ആറ്റങ്ങൾ	സഹസംയോജക ബന്ധനം	SiO_2 (ക്വാർട്സ്), SiC, C (വജ്രം), AlN,	കട്ടിയുള്ളത്	കുചാലകം	വളരെ കൂടുതൽ
			C(ഗ്രാഫൈറ്റ്)	മൃദുവായത്	സുചാലകം (മറ്റുള്ളവയിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തം)	

പാഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1.6 തന്മാത്രാന്തര ബലത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ഖരങ്ങളെ വർഗീകരിക്കുക.
പൊട്ടാസ്യം സൾഫേറ്റ്, ടിൻ, ബെൻസീൻ, യൂറിയ, അമോണിയ, ജലം, സിങ്ക് സൾഫൈഡ്, ഗ്രാഫൈറ്റ്, റുബീഡിയം, ആർഗൺ, സിലിക്കൺ കാർബൈഡ്.

1.7 A എന്ന ഖരം വളരെ ദൃഢവും ഖരാവസ്ഥയിലും ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലും വൈദ്യുത രോധിയും, വളരെ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ ഉരുകുന്നതും ആണ്. ഏതു തരത്തിലുള്ള ഖരമാണ് അത്?

1.8 അയോണിക ഖരങ്ങൾ ഉരുകിയ അവസ്ഥയിൽ വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുന്നു. പക്ഷേ, ഖരാവസ്ഥയിൽ അങ്ങനെ ചെയ്യുന്നില്ല. എന്തുകൊണ്ട്?

1.9 ഏത് തരത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളാണ് ഒരേ സമയം വൈദ്യുത ചാലകങ്ങളായും, അടിച്ചു പരത്താവുന്നവയായും വലിച്ചു നീട്ടാവുന്നവയായും കാണപ്പെടുന്നത്?

1.4 പരൽ ജാലികകളും യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളും (Crystal Lattices and Unit Cells)

ഒരു പ്രതലം ആവരണം ചെയ്യുന്നതിന് ഓട് പതിക്കുമ്പോൾ ആവർത്തനക്രമം ഉണ്ടാകുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. ഓട് പതിച്ചതിനുശേഷം എല്ലാ ഓടുകളുടെയും ഒരേ സ്ഥാനത്ത് (ഉദാ: ഓടിന്റെ കേന്ദ്രഭാഗത്ത്) ഒരു ബിന്ദു അടയാളപ്പെടുത്തുക, അതിനുശേഷം ഓടുകളെ ഒഴിവാക്കി പരിശോധിച്ചാൽ നമുക്ക് ഒരു കൂട്ടം ബിന്ദുക്കൾ ലഭിക്കും. ഈ ബിന്ദുക്കളുടെ കൂട്ടം ഓടുകൾ അടുക്കിവെച്ച ക്രമരൂപത്തിൽ തന്നെയായിരിക്കും. ഒരു ദ്വിമാനജാലികയിൽ ഘടനായൂണിറ്റുകൾ (ഇവിടെ ഓടുകൾ) ബിന്ദുക്കളിൽ അടുക്കി ഒരു ദ്വിമാനക്രമരൂപം സൃഷ്ടിക്കാം. ഈ ഘടനായൂണിറ്റുകളെ (ഓടുകൾ) അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റ് (motif) എന്നുവിളിക്കുന്നു. അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളെ ത്രിമാനജാലികയിലെ ബിന്ദുക്കളിൽ വെയ്ക്കുമ്പോൾ ഒരു ക്രമരൂപം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു പരൽ ഘടനയിൽ അടിസ്ഥാനയൂണിറ്റുകൾ എന്നത് തന്മാത്രകളോ, ആറ്റങ്ങളോ, അയോണുകളോ ആണ്. പരലുകളിലെ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളുടെ സ്ഥാനത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ബിന്ദുക്കളുടെ ക്രമരൂപത്തെയാണ് ത്രിമാനജാലിക (Space lattice) അല്ലെങ്കിൽ ക്രിസ്റ്റൽ ജാലിക എന്നുവിളിക്കുന്നത്. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ത്രിമാന ജാലിക എന്നത് പരൽഘടനയ്ക്കായുള്ള അമൂർത്ത തട്ടുകളുടെ വിന്യാസമാണ്. ത്രിമാനജാലികയിൽ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളെ ഒരേ രീതിയിൽ ബിന്ദുക്കളിൽ പ്രതിഷ്ഠിച്ചാൽ നമുക്ക് ഒരു പരൽ ഘടന ലഭിക്കുന്നു. അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകൾ ദ്വിമാന ജാലികയിൽ പ്രതിഷ്ഠിച്ചാൽ ലഭിക്കുന്ന പരികൽപിത ദ്വിമാന പരൽഘടനയെയും ചിത്രം (1.5) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

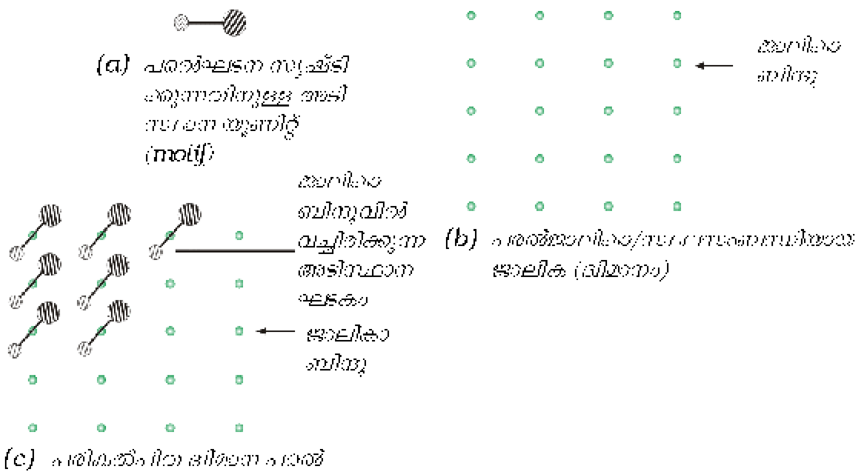


Fig.1.5: (a) അടിസ്ഥാനഘടകം (b) സ്ഥലസംബന്ധിയായ ജാലിക (ദ്വിമാനം) (c) പരികൽപിത ദ്വിമാന പരൽഘടന

ജാലികാബിന്ദുക്കളുടെ സ്ഥലസംബന്ധിയായ ക്രമീകരണം വ്യത്യസ്ത ഇനം ജാലികകളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ചിത്രം (1.6) രണ്ട് വ്യത്യസ്ത ജാലികകളിലെ ബിന്ദുക്കളുടെ ക്രമീകരണത്തെ കാണിക്കുന്നു.

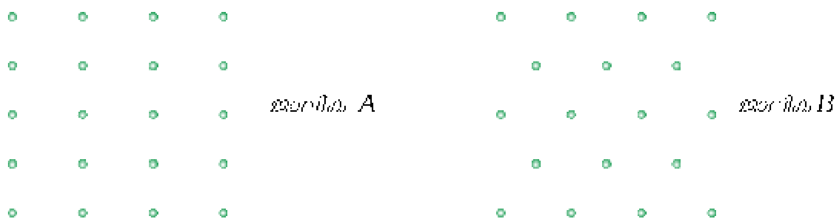


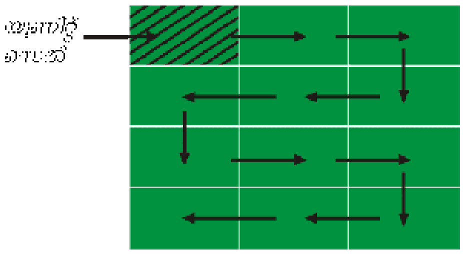
Fig.1.6: രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ജാലികകളിൽ ബിന്ദുക്കളുടെ ക്രമീകരണം

പരൽഖരങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ സ്ഥലസംബന്ധിയായ ജാലിക/ത്രിമാനജാലിക എന്നത്, ത്രിമാന തലത്തിലുള്ള ബിന്ദുക്കളുടെ ക്രമീകരണമാണ്. ജാലികാബിന്ദുക്കളിൽ ഘടനാപരമായ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളെ കൂട്ടിച്ചേർത്താൽ പരൽഘടന ലഭിക്കുന്നു. ആവർത്തിച്ചുവരുന്ന അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകൾക്ക് പരലിലെ മറ്റുള്ളവയെപോലെതന്നെ ഒരേ ഘടനയും ഒരേ ത്രിമാന ക്രമീകരണവും ഉണ്ടായിരിക്കും. പരലിന്റെ പ്രതലത്തിലൊഴികെ മറ്റ് എല്ലായിടത്തും അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകൾ ഒരേ പരിസ്ഥിതിയിലായിരിക്കും. താഴെ പറയുന്നവയാണ് പരൽജാലികയുടെ പ്രത്യേകതകൾ.

(a) ഒരു പരൽ ജാലികയിലെ ഓരോ ബിന്ദുവിനെയും ജാലികാബിന്ദു അഥവാ ജാലികാസ്ഥാനം എന്നുവിളിക്കുന്നു.

(b) ഒരു പരൽ ജാലികയിലെ ഓരോ ബിന്ദുവും ഒരു ഘടക കണികയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഈ കണിക ഒരു ആറ്റമോ തന്മാത്രയോ (ആറ്റങ്ങളുടെ കൂട്ടം) അയോണോ ആകാം.

(c) ജാലികാബിന്ദുക്കൾ നേർരേഖാവഴി യോജിപ്പിച്ചാൽ ആ ജാലികയുടെ ജ്യാമിതി ലഭിക്കുന്നു.



ചിത്രം.1.7: *ചതുരങ്ങളെ അവയുടെ വശങ്ങളുടെ ദിശയിൽ നീക്കി കൊണ്ട് ഒരു പരികൽപ്പിത ദ്വിമാന പരൽഘടന നിർമ്മിക്കുന്ന രീതി*

ഒരു പരലിനെ പൂർണമായി വ്യക്തമാക്കുന്നതിന് ത്രിമാന ജാലികയിലെ ഒരു ചെറിയ ഭാഗം മാത്രമെ നമുക്ക് ആവശ്യമായി വരുന്നുള്ളു. ഈ ചെറിയ ഭാഗത്തെ യൂണിറ്റ് സെൽ എന്നു പറയുന്നു. ഒരാൾക്ക് വ്യത്യസ്ത തരത്തിൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളെ പരിഗണിക്കാം. സാധാരണയായി ലംബവശങ്ങൾക്ക് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ നീളമുള്ള ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിനെ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നു. ത്രിമാനതലത്തിൽ അത്തരം സെല്ലുകളുടെ തിരശ്ചീനസ്ഥാനമാറ്റം വഴി പൂർണമായ പരൽ നിർമിക്കുകയും ചെയ്യാം. ഒരു പൂർണ മായ പരൽ ഘടന സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനായി ഒരു ദ്വിമാന ജാലികയിലെ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ ചലനം, ചിത്ര (1.7) ത്തിലൂടെ വ്യക്തമാകും. യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾക്കിടയിൽ യാതൊരു സ്ഥലവും ഒഴിവില്ലാതെ ജാലികയെ പൂർണമായി നിറയ്ക്കുന്നതിന്, യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾക്ക് നിശ്ചിത ആകൃതിയുണ്ടായിരിക്കും.

നീളം 'a' യും വീതി 'b' യും വക്കുകൾക്കിടയിലുള്ള കോൺ 'γ' ഉം ആയിട്ടുള്ള ഒരു സാമാന്തരികത്തെയാണ് ദ്വിമാനതലത്തിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലായി പരിഗണിക്കുന്നത്. ദ്വിമാനതലത്തിൽ സാധ്യമാകുന്ന യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളെ ചിത്രം (1.8) ൽ കാണാം.

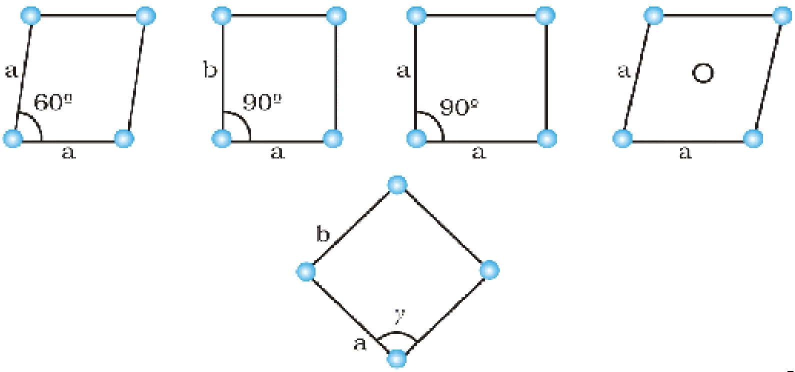
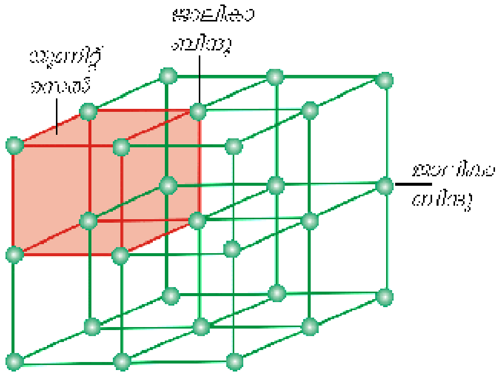
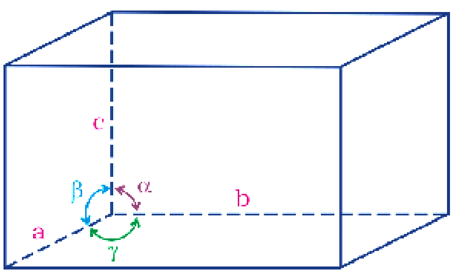


Fig. 1.8: *ദ്വിമാനതലത്തിൽ സാധ്യമാകുന്ന യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ*



ചിത്രം. *1.9: ഒരു പരൽ ജാലികയുടെ ത്രിമാന ക്യൂബിക് ഘടനയുടെ ഒരു ഭാഗവും അതിന്റെ യൂണിറ്റ് സെല്ലും*

ത്രിമാന പരൽജാലികയുടെ ഒരു ഭാഗവും അതിലെ യൂണിറ്റ് സെല്ലും ചിത്രത്തി (1.9) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം. *1.10: ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സവിശേഷതകളുടെ ചിത്രീകരണം*

ത്രിമാനതലത്തിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ പ്രത്യേകതകളാണ്.

1. മൂന്ന് വക്കുകളിൽ അവയുടെ അളവ് a, b, c എന്നിവയാണ്, ഈ വക്കുകൾ പരസ്പരം ലംബമോ അല്ലാതിരിക്കുകയോ ആവാം.
2. വക്കുകൾക്കിടയിലുള്ള കോണുകൾ α ('b' യ്ക്കും 'c' യ്ക്കും ഇടയിൽ), β ('a' യ്ക്കും 'c' യ്ക്കും ഇടയിൽ) γ ('a' യ്ക്കും 'b' യ്ക്കും ഇടയിൽ) എന്നിവയാണ്. അതായത് ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിനെ തിരിച്ചറിയുന്നത് ആറ് അളവുകളുടെ അടിസ്ഥാന ത്തിലാണ് a, b, c യും α, β, γ യും. ഒരു മാതൃകായൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സവിശേഷതകൾ ചിത്രം (1.10) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

1.4.1 ആദിമവും കേന്ദ്രീകൃതവുമായ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ (Primitive and Centred Unit Cells)

സാമാന്യമായി യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം, ആദിമം എന്നും കേന്ദ്രീകൃതം എന്നും.

a. ആദിമ യൂണിറ്റ് സെൽ (primitive unit cell)

ഘടകകണങ്ങൾ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ മൂലകളിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്നെങ്കിൽ അതിനെ ആദിമ യൂണിറ്റ് സെൽ എന്ന് പറയുന്നു.

b. കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെൽ (Centred unit cell)

ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഘടക കണങ്ങൾ മൂലകളിൽ മാത്രമല്ലാതെ മറ്റ് സ്ഥലങ്ങളിലും കൂടി കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അതിനെ കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെൽ എന്ന് പറയുന്നു. കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ മൂന്ന് തരത്തിൽ ഉണ്ട്.

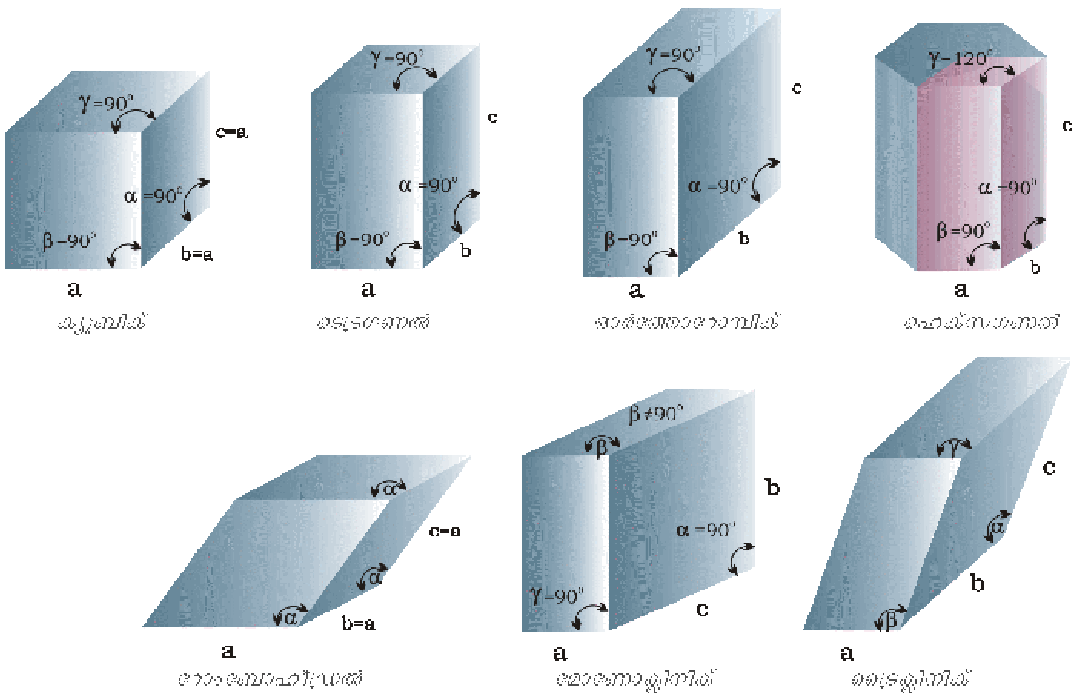
i. *അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ (body centred unit cells):* ഇത്തരം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ മൂലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന കണികകളെ കൂടാതെ ഒരു കണിക (ആറ്റം, തന്മാത്ര, അയോൺ) അതിന്റെ അന്തർ കേന്ദ്രത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു.

ii. *മുഖ കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ (face centred unit cells):* ഇത്തരം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ മൂലകളിലെ കണങ്ങളെ കൂടാതെ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ ഓരോ മുഖമധ്യത്തിലും ഓരോ കണിക കാണപ്പെടുന്നു.

iii. *അഗ്ര കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ (end centred unit cells):* ഇത്തരം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ മൂലകളിലെ കണങ്ങളെ കൂടാതെ ഓരോ കണങ്ങൾ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ ഏതെങ്കിലും രണ്ട് എതിർ മുഖങ്ങളുടെ മധ്യത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു.

വ്യത്യസ്ത ഇനം പരലുകളുടെ പരിശോധനയിൽനിന്ന് എത്തിയ നിഗമനപ്രകാരം, എല്ലാ പരലുകളും ഏഴ് ക്രമീകൃതരൂപങ്ങളുടെ അനുരൂപമാണെന്നാണ്. ഈ അടിസ്ഥാന ക്രമീകൃത (*Regular*) രൂപങ്ങളെ ഏഴ് പരൽ വ്യൂഹങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഏത് വ്യൂഹത്തിലാണ് ഒരു പരൽ ഉൾപ്പെടുന്നത് എന്ന് തീരുമാനിക്കുന്നത്, വശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കോണിനെ അളന്നും കൂടാതെ ആ ആകൃതിയുടെ അടിസ്ഥാന ഗുണങ്ങളെ വിശദമാക്കാൻ എത്ര അക്ഷങ്ങൾ വേണം എന്നതിൽ നിന്നുമാണ്.

ഈ ഏഴ് പരൽവ്യൂഹങ്ങളാണ് ചിത്രം 1.11 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 1.11 ഏഴ് പരൽവ്യൂഹങ്ങൾ

പ്രധാനമായും 14 ത്രിമാന ജാലികകളാണ് ഉള്ളത് എന്ന് ഫ്രഞ്ച് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ ബ്രവൈസ് തെളിയിച്ചു. ഇവയെ ബ്രവൈസ് ജാലികകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ ലാറ്റിസുകളുടെ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

അവയുടെ ആദിമ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെയും അതിൽനിന്നു രൂപപ്പെടാവുന്ന കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെയും സവിശേഷതകൾ താഴെ പട്ടികപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. (പട്ടിക 1.3)

പട്ടിക 1.3 ഏഴ് ആദിമ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളും അവയുടെ വ്യത്യസ്തതരത്തിലുള്ള കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളും

പരൽ വ്യൂഹം	സാധ്യമായ ഘടനകൾ	അക്ഷങ്ങളിലെ ദൂരം അല്ലെങ്കിൽ വക്കുകളുടെ നീളം	അക്ഷങ്ങളുടെ കോൺ	ഉദാഹരണങ്ങൾ
ക്യൂബിക്	ആദിമം അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം മുഖകേന്ദ്രീകൃതം	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	NaCl, സിങ്ക് ബ്ലെൻഡ്, Cu
ടെട്രഗണൽ	ആദിമം അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	വെളുത്ത ടിൻ, SnO_2, TiO_2, $CaSO_4$
ഓർത്തോ റോംബിക്	ആദിമം അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം മുഖകേന്ദ്രീകൃതം അഗ്രകേന്ദ്രീകൃതം	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	റോംബിക് സൾഫർ, KNO_3, $BaSO_4$
മോണോക്ലിനിക്	ആദിമം അഗ്രകേന്ദ്രീകൃതം	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90°$ $\beta \neq 90°$	മോണോക്ലിനിക് സൾഫർ $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
റോംബോഹീഡ്രൽ അല്ലെങ്കിൽ ട്രൈഗണൽ	ആദിമം	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	കാൽസൈറ്റ് ($CaCO_3$) സിന്നബാർ (HgS)
ഹെക്സഗണൽ	ആദിമം	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°$ $\gamma = 120°$	ഗ്രാഫൈറ്റ്, ZnO, CdS
ട്രൈക്ലിനിക്	ആദിമം	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	$K_2Cr_2O_7$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, H_3BO_3

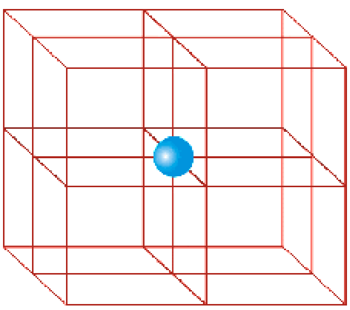
1.5 ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം

ഓരോ പരൽ ജാലികയും ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് അനേകം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളാലാണ് എന്നും ഓരോ ജാലികാ ബിന്ദുവിലും ഓരോ ഘടക കണം (ആറ്റം, തന്മാത്ര, അയോൺ) ഉണ്ട് എന്നും നമുക്കറിയാം. ഇനി ഓരോ ഘടക കണത്തിന്റെയും എത്ര ഭാഗമാണ് ഒരു പ്രത്യേക യൂണിറ്റ് സെല്ലിന് ലഭിക്കുന്നത് എന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാം.

മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം. എളുപ്പത്തിന് വേണ്ടി ഘടക കണങ്ങൾ ആറ്റങ്ങൾ ആണ് എന്ന് സങ്കല്പിക്കാം.

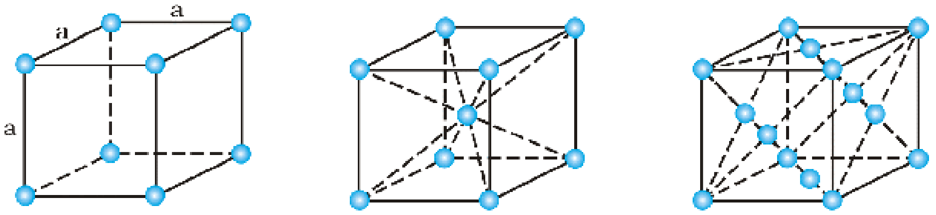
1.5.1 ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ (Primitive Cubic Unit Cell)

ഇത്തരം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ മൂലകളിൽ മാത്രമാണ് ആറ്റങ്ങൾ ഉള്ളത്. ചിത്രം 1.12 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു മൂലയിലെ ഓരോ ആറ്റവും അടുത്തുള്ള എട്ടു യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുമായി പങ്കുവയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അവയിൽ നാല് യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ അതെ പാളിയിലും, നാലെണ്ണം മുകളിൽ അല്ലെങ്കിൽ താഴത്തെ പാളിയിലും കാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ഒരാറ്റത്തിന്റെ (തന്മാത്രയുടെ/ അയോണിന്റെ) $\frac{1}{8}$ ഭാഗം മാത്രമേ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന് യഥാർഥത്തിൽ ലഭിക്കുന്നുള്ളൂ. ചിത്രം 1.13 ൽ ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ മൂന്ന് തരത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 1.13 a യിൽ കണങ്ങളുടെ കേന്ദ്ര ഭാഗം മാത്രമേ കാണിച്ചിട്ടുള്ളൂ,



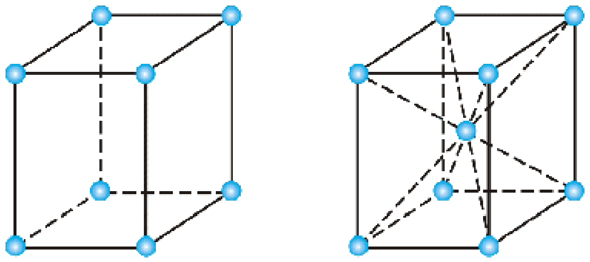
ചിത്രം 1.12: ഒരു ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഓരോ ആറ്റവും 8 യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിലായി പങ്കുവയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

14 തരം ബ്രവൈസ് ജാലികകളുടെ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ



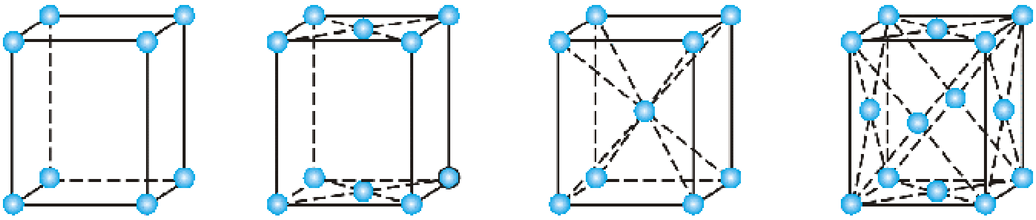
ആദിമം (ലളിതം) അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം മുഖകേന്ദ്രീകൃതം

മൂന്ന് ക്യൂബിക് ജാലികകൾ: എല്ലാ വശങ്ങളും തുല്യനീളം. ഫലകങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കോണുകൾ എല്ലാം 90°



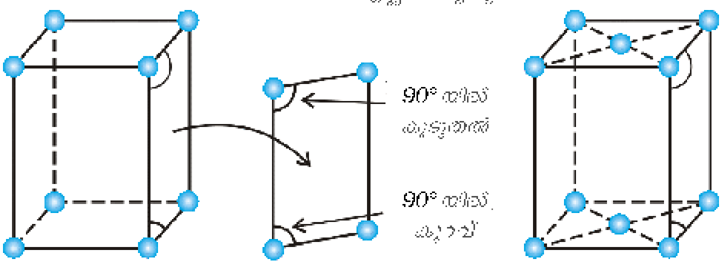
ആദിമ അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം

രണ്ട് ടെട്രാഗണൽ ജാലികകൾ: ഒരു വശത്തിന്റെ നീളം മറ്റുള്ളവയിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തം. രണ്ട് വശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കോണുകൾ എല്ലാം 90°.



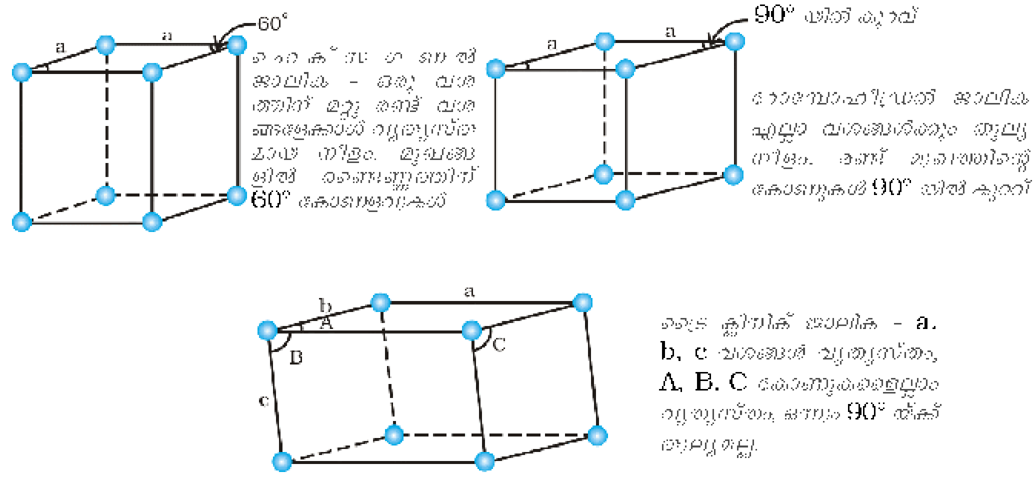
ആദിമ അന്ത്യകേന്ദ്രീകൃതം അന്തർകേന്ദ്രീകൃതം മുഖകേന്ദ്രീകൃതം

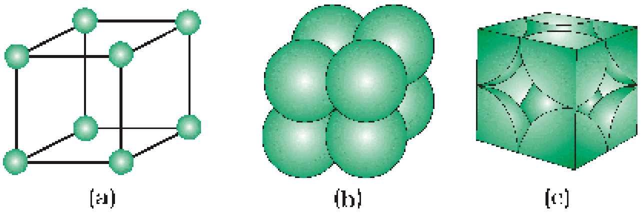
നാല് ഓർത്തോറോംബിക് ജാലികകൾ: ഫലകങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കോണുകൾ 90°, വശങ്ങൾ എല്ലാം വ്യത്യസ്തം.



ആദിമ അന്ത്യകേന്ദ്രീകൃതം

രണ്ട് മോണോക്ലിനിക് ജാലികകൾ: വശങ്ങൾ വ്യത്യസ്തം, രണ്ട് ഫലകങ്ങൾക്കിടയിലെ കോണുകൾ 90° അല്ല.





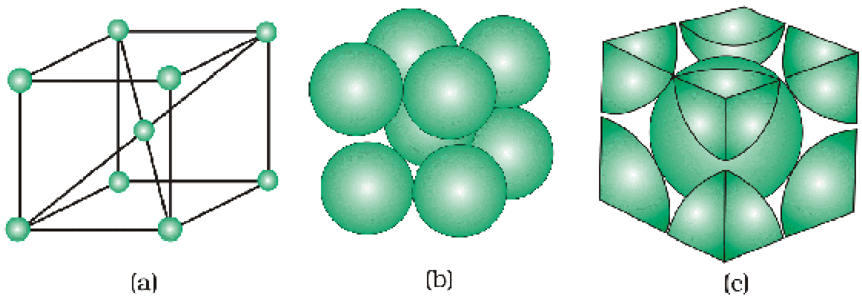
ചിത്രം **1.13:** ഒരു ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ *(a)* തുറന്ന ഘടന *(b)* ത്രിമാന പൂരണ ഘടന *(c)* ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന യഥാർഥ ആറ്റ ഭാഗങ്ങൾ

അതിന്റെ യഥാർഥ വലിപ്പം കാണിച്ചിട്ടില്ല. അത്തരം ഘടനകളെ തുറന്ന ഘടനകൾ (open structures) എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിൽ ക്രമീകരണം എളുപ്പത്തിലും വ്യക്തമായും മനസ്സിലാക്കാം. ചിത്രം 1.13 b യിൽ ത്രിമാന പൂരണ മാതൃകയാണ് (space filling model) കാണിച്ചിട്ടുള്ളത്. ഇതിൽ കണികകളുടെ യഥാർഥ വലിപ്പം ആണ് കാണിച്ചിട്ടുള്ളത്. ചിത്രം 1.13 c യിൽ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെ യഥാർഥ ഭാഗങ്ങൾ മാത്രം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പൊതുവെ ഓരോ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും മൂലകളിലായി 8 ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിലും, ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉള്ള ആകെ ആറ്റങ്ങൾ = $8 \times \frac{1}{8} = 1$ ആറ്റം

1.5.2 അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ (Body Centred Cubic Unit Cell)

ഈ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ (bcc) ഓരോ മൂലയിലും ഉള്ള ആറ്റത്തോടൊപ്പം സെല്ലിന്റെ അന്തർകേന്ദ്രത്തിലും ഒരു ആറ്റം കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 1.14 a യിൽ തുറന്ന ഘടനയും b യിൽ ത്രിമാന പൂരണ മാതൃകയും c യിൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ കാണപ്പെടുന്ന യഥാർഥ ആറ്റ ഭാഗങ്ങളും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ അന്തർഭാഗത്തു കാണപ്പെടുന്ന ആറ്റം അതേ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന് മാത്രം അവകാശപ്പെട്ടതാണ്. അതുകൊണ്ടു അന്തർകേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ,



ചിത്രം **1.14:** ഒരു അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ *(a)* തുറന്ന ഘടന *(b)* ത്രിമാന പൂരണ മാതൃക *(c)* ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന യഥാർഥ ആറ്റ ഭാഗങ്ങൾ

(i) മൂലകളിലെ 8 ആറ്റങ്ങൾ × $\frac{1}{8}$ ആറ്റം/യൂണിറ്റ് സെൽ $= 8 \times \frac{1}{8}$ = 1 ആറ്റം

(ii) ഒരു അന്തരകേന്ദ്രീകൃത ആറ്റം = 1 × 1 = 1 ആറ്റം

അതുകൊണ്ടു ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ മൊത്തം ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം = 2 ആറ്റം

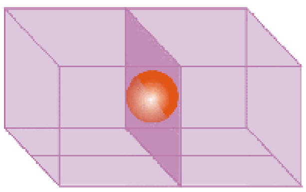
1.5.3 മുഖ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ (Face Centred Cubic Unit Cell)

ഇത്തരം യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിൽ (fcc) എല്ലാ മൂലകളിലും കൂടാതെ ക്യൂബുകളുടെ എല്ലാ മുഖങ്ങളുടെയും മധ്യത്തിലും ആറ്റങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 1.15 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മുഖമധ്യത്തിൽ ഇരിക്കുന്ന ഒരാറ്റം അടുത്തടുത്ത രണ്ടു യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ പങ്കുവയ്ക്കുകയും ഓരോ ആറ്റത്തിന്റെയും പകുതി ഭാഗം ഓരോ യൂണിറ്റ് സെല്ലിനും ലഭിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 1.16 a യിൽ തുറന്ന ഘടനയും b യിൽ ത്രിമാന അപൂരണ മാതൃകയും c യിൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെ/യഥാർഥ ഭാഗങ്ങളും ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടു ഒരു ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ,

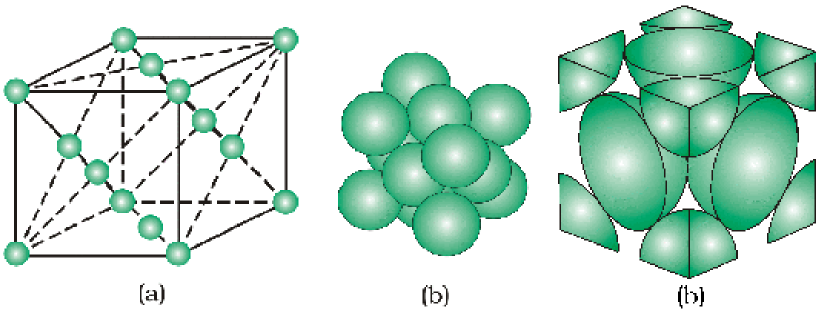
(i) മൂലകളിലെ 8 ആറ്റങ്ങൾ × $\frac{1}{8}$ ആറ്റം/യൂണിറ്റ് സെൽ $= 8 \times \frac{1}{8}$ = 1 ആറ്റം

(ii) 6 മുഖ മധ്യത്തിലെ ആറ്റങ്ങൾ × $\frac{1}{2}$ ആറ്റം/യൂണിറ്റ് സെൽ $= 6 \times \frac{1}{2}$ = 3 ആറ്റങ്ങൾ

∴ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ മൊത്തം ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം = 4 ആറ്റങ്ങൾ



ചിത്രം **1.15:** മുഖ മധ്യത്തിലെ ഒരാറ്റം രണ്ടു യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളിലായി പങ്കുവയ്ക്കുന്നു.



ചിത്രം **1.16:** ഒരു മുഖ കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെൽ **(a)** തുറന്ന ഘടന **(b)** ത്രിമാന പൂരണ മാതൃക **(c)** യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന യഥാർഥ ആറ്റ ഭാഗങ്ങൾ.

പാഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1.10 ജാലികാ ബിന്ദുവിന്റെ പ്രാധാന്യം വിശദമാക്കുക.

1.11 ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സവിശേഷത വ്യക്തമാക്കുന്ന അളവുകളുടെ പേരുകൾ പറയുക.

1.12 താഴെ പറയുന്നവ വിവേചിക്കുക
- i. ഹെക്സഗണൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലും മോണോക്ലിനിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലും
- ii. ഫലക കേന്ദ്രീകൃതവും അഗ്ര കേന്ദ്രീകൃതവും ആയ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ

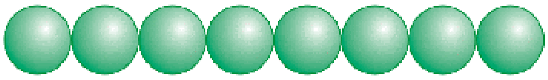
1.13 ഒരു ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ മൂലയിലും, അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തും ഉള്ള ഓരോ ആറ്റത്തിന്റെയും എത്രഭാഗമാണ് തൊട്ടടുത്തുള്ള ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന് ലഭിക്കുക?

1.6 നിബിഡ സങ്കലിത ഘടനകൾ (Close Packed Structures)

ഖരവസ്തുക്കളിലെ കണികകൾ വളരെക്കുറച്ചു മാത്രം ശൂന്യസ്ഥലം അവശേഷിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് നിബിഡ സങ്കലിതമായാണ് (close packed) സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഘടക കണികകളെ ഒരേ വലിപ്പമുള്ള ദൃഢ ഗോളങ്ങളായി സങ്കല്പിച്ചുകൊണ്ടു ഖര വസ്തുക്കളുടെ ഒരു ത്രിമാനതല ഘടന മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളിലായി നമുക്ക് നിർമിക്കാം.

a. ഏകമാനതല നിബിഡസങ്കലിത ഘടന (close packing in one dimension)

ഒരു തരത്തിൽ മാത്രമേ നമുക്ക് ഏകമാന തലത്തിൽ ഗോളങ്ങളെ ക്രമീകരിക്കാൻ സാധിക്കൂ. ചിത്രം 1.17 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അത് ഒരു നിരയിൽ പരസ്പരം ഒന്നിനോടൊന്ന് ചേർത്തുവച്ചാണ്.



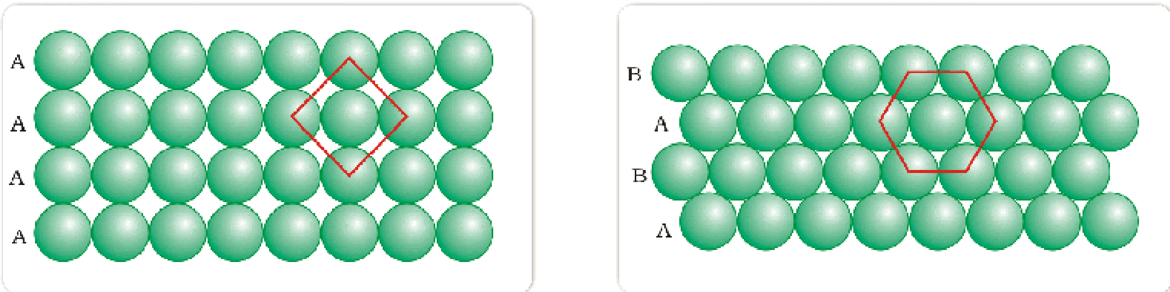
ചിത്രം 1.17 ഗോളങ്ങളുടെ ഏകമാന തല നിബിഡ സങ്കലിതം.

ഈ ക്രമീകരണത്തിൽ ഓരോ ഗോളവും തൊട്ടടുത്ത രണ്ടു ഗോളങ്ങളുമായി സമ്പർക്കത്തിലാണ്. ഒരു ഗോളം തൊട്ടടുത്ത എത്ര ഗോളങ്ങളുമായി സമ്പർക്കത്തിലാണ് എന്നുള്ളത് അതിന്റെ ഉപസംയോജക സംഖ്യയെ (coordination number) സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങനെയെങ്കിൽ ഏകമാനതല നിബിഡ സങ്കലിതത്തിൽ ഉപസംയോജക സംഖ്യ 2 ആണ്.

b. ദ്വിമാനതല നിബിഡസങ്കലിതം (close packing in two dimensions)

ഏകമാനതല നിബിഡസങ്കലിത ഗോളങ്ങളുടെ നിരയെ ചേർത്തുവച്ചാൽ ദ്വിമാന തല നിബിഡസങ്കലിത ക്രമീകരണം ഉണ്ടാക്കാം. ഇത് രണ്ടു രീതിയിൽ ചെയ്യാം.

i. രണ്ടാം നിര ഗോളങ്ങളെ ഒന്നാം നിര ഗോളങ്ങളുടെ നേരെ മുകളിൽ വയ്ക്കാം. രണ്ടു നിരയിലെയും ഗോളങ്ങൾ പരസ്പരം ലംബമായും തിരശ്ചീനമായും നേർ രേഖയിലായിരിക്കും. ആദ്യ നിര ഗോളങ്ങളെ നമ്മൾ A നിര എന്ന് വിളിച്ചാൽ, അതേപോലെയുള്ള രണ്ടാം നിരയെയും നമുക്ക് A എന്ന് വിളിക്കാം. ഇത്തരം കൂടുതൽ നിരകളെ ചേർത്തുവച്ചാൽ ലഭിക്കുന്ന ക്രമീകരണത്തെ AAA...... ക്രമീകരണം എന്ന് വിളിക്കാം (ചിത്രം 1.18 a).



(a) (b)

ചിത്രം 1.18 (a) ദ്വിമാന തലത്തിലെ സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതം
(b) ദ്വിമാനതലത്തിലെ ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിതം

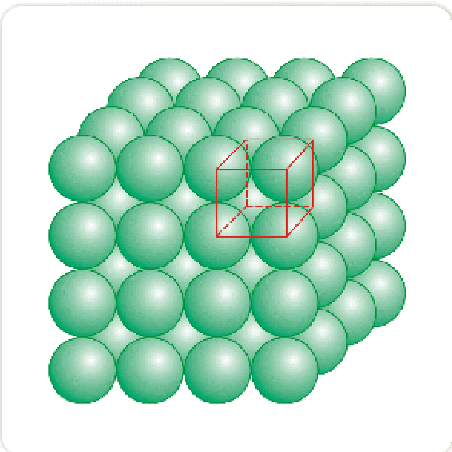
ഈ ക്രമീകരണത്തിൽ ഓരോ ഗോളവും തൊട്ടടുത്തുള്ള മറ്റു നാല് ഗോളങ്ങളുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ടു ദ്വിമാന തലത്തിൽ ഉപസംയോജക സംഖ്യ 4 ആയിരിക്കും. അതുപോലെതന്നെ ഈ നാലു ഗോളങ്ങളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ തമ്മിൽ നേർരേഖകൾ കൊണ്ട് യോജിപ്പിച്ചാൽ ഒരു സമചതുരം ലഭിക്കും. അതിനാൽ ഈ സങ്കലിതത്തെ (packing) ദ്വിമാന തലത്തിലെ സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതം എന്ന് പറയും. (square close packing in two dimensions)

ii. രണ്ടാം നിര ഗോളങ്ങളെ ഒന്നാം നിര ഗോളങ്ങളുടെ നിമ്നതാ ഭാഗങ്ങളിൽ ക്രമീകരിക്കാം. ആദ്യ നിരയിലെ ഗോളങ്ങളുടെ നിരയെ A എന്ന് വിളിക്കാമെങ്കിൽ, രണ്ടാം നിര ഗോളങ്ങളെ B എന്ന് വിളിക്കാം. മൂന്നാം നിര ഗോളങ്ങളെ അന്തരിതരൂപത്തിൽ ക്രമീകരിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ഒന്നാം നിരയിലെ ഗോളങ്ങൾക്കു സമാനമായിരിക്കുകയും, ഈ നിരയെയും A എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യാം. ഇതുപോലെ അന്തരിതരൂപത്തിൽ ക്രമീകരിക്കുന്ന നാലാം നിര ഗോളങ്ങൾ രണ്ടാം നിരയ്ക്ക് സമാനമായിരിക്കുകയും ആ നിരയെ B എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യാം. അതിനാൽ ഈ ക്രമീകരണത്തെ ABABAB...... ക്രമീക

രണം എന്ന് വിളിക്കാം. ഈ ക്രമീകരണത്തിൽ വളരെക്കുറച്ചു ശൂന്യ സ്ഥലം മാത്രമേ അവശേഷിക്കുന്നുള്ളൂ എന്നതിനാൽ ഇത് സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതത്തെക്കാൾ കൂടുതൽ ക്ഷമതയുള്ളതാണ്. ഓരോ ഗോളവും തൊട്ടടുത്ത 6 ഗോളങ്ങളുമായി സമ്പർക്കത്തിലായതിനാൽ ഉപസംയോജക സംഖ്യ 6 ആയിരിക്കും. 6 ഗോളങ്ങളുടെയും കേന്ദ്രങ്ങൾ ഒരു ഷഡ്ഭുജത്തിന്റെ മൂലകളിൽ ആയതിനാൽ (ചിത്രം 1.18 b) ഈ ക്രമീകരണത്തിനെ ദ്വിമാനതല ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിതം (hexagonal close packing in two dimension) എന്ന് പറയുന്നു. ചിത്രം 1.18 b യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, ഈ പാളിയിൽ ചില ശൂന്യ സ്ഥലങ്ങൾ കാണാൻ സാധിക്കും. ഇവയ്ക്ക് ത്രികോണ രൂപമാണ് ഉള്ളത്. രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ത്രികോണ ശൂന്യ സ്ഥലങ്ങൾ കാണാൻ സാധിക്കും. ഒരു നിരയിൽ ശീർഷകം മുകളിലേക്കും അടുത്ത നിരയിൽ ശീർഷകം താഴേക്കും ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

c. *ത്രിമാന തല നിബിഡ സങ്കലിതം (close packing in three dimensions)*

എല്ലാ യഥാർഥ ഘടനകളും ത്രിമാനതല ഘടനകളാണ്. ദ്വിമാനതല ഘടനകളെ ഒന്നിന് മുകളിൽ ചേർത്തുവച്ചാണ് ഇവ ഉണ്ടാക്കുന്നത്. കഴിഞ്ഞ ഭാഗത്തു നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്തത് രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ദ്വിമാനനിബിഡസങ്കലിതങ്ങളാണ്. സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതവും ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിതവും. ഇവയിൽ നിന്ന് ഏതൊക്കെ തരത്തിലുള്ള ത്രിമാനതല ഘടനകൾ ലഭിക്കുമെന്ന് നോക്കാം.



ചിത്രം 1.19 AAA ..... എന്ന ക്രമീകരണത്തിൽ ഉള്ള ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് ജാലിക

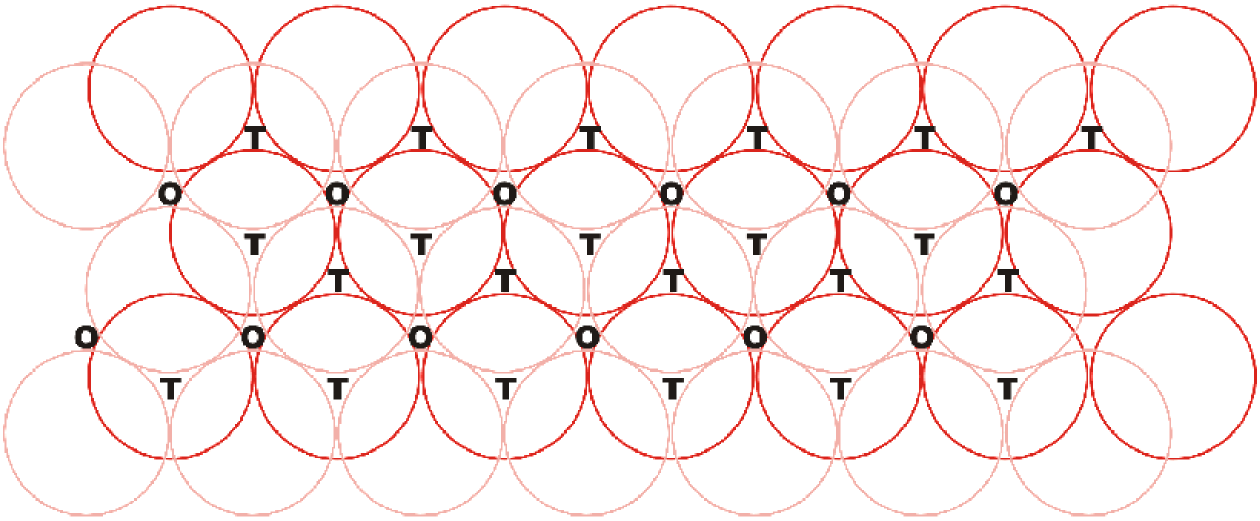
i. *ദ്വിമാനതല സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതത്തിൽ നിന്ന് ത്രിമാനതല നിബിഡസങ്കലിതം:* ദ്വിമാനതല സമചതുര നിബിഡസങ്കലിത പാളി ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി വയ്ക്കുമ്പോൾ ഗോളങ്ങളുടെ നിരകൾ ഒന്നിന് സമീപം മറ്റൊന്ന് വച്ച അതേ നിയമം തന്നെയാണ് പിന്തുടരേണ്ടത്. രണ്ടാം നിര പാളി ഒന്നാം നിര പാളിയുടെ നേരെ മുകളിൽ ആണ് വയ്ക്കുന്നത്. ചിത്രം 1.19 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് പോലെ ഗോളങ്ങൾ ലംബമായും തിരശ്ചീനമായും നേർരേഖയിൽ വരുന്നു. തുടർച്ചയായി പാളികൾ ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി വയ്ക്കുകയും ആദ്യ പാളിയെ A എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്താൽ, ഈ ക്രമീകരണം AAA ..... എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ജാലികയെ സിംപിൾ ക്യൂബിക് ജാലിക എന്നും ഇതിന്റെ യൂണിറ്റ് സെല്ലിനെ ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ എന്നും വിളിക്കുന്നു. (ചിത്രം 1.19 കാണുക).

ii *ദ്വിമാനതല ഷഡ്ഭുജനിബിഡസങ്കലിതത്തിൽ നിന്ന് ത്രിമാനതല നിബിഡസങ്കലിതം:*

ദ്വിമാനതല പാളികൾ ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി വച്ച് ത്രിമാനതല നിബിഡസങ്കലിതങ്ങൾ നിർമിക്കാം.

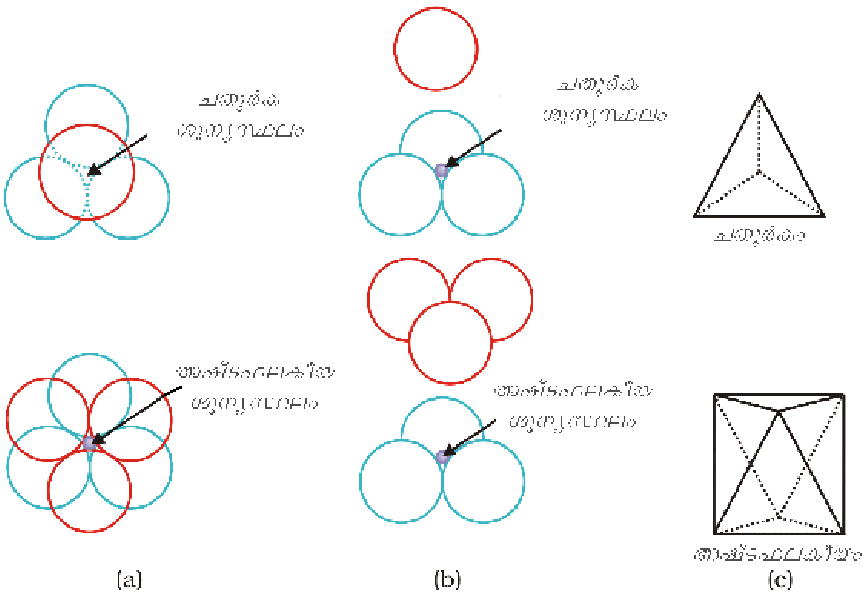
a. *രണ്ടാം പാളി ഒന്നാം പാളിക്ക് മുകളിൽ വയ്ക്കൽ. (placing second layer over the first layer)*

A എന്ന ഒരു ദ്വിമാനതല ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിത പാളിക്കു മുകളിൽ അതുപോലെയുള്ള മറ്റൊരു പാളി അതിലെ ഗോളങ്ങൾ ഒന്നാം നിര ഗോളങ്ങളുടെ നിമ്ന ഭാഗത്തു വരത്തക്കവിധം വയ്ക്കുക. രണ്ടാം പാളി ഒന്നാമത്തേതിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായതിനാൽ ഇതിനെ B എന്ന് വിളിക്കാം. ചിത്രം 1.20 നോക്കിയാൽ മനസ്സിലാകുന്നത് ആദ്യ പാളിയിലെ എല്ലാ ത്രികോണ ശൂന്യങ്ങളും രണ്ടാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ടിട്ടില്ല എന്നുള്ളതാണ്. എവിടെയൊക്കെ രണ്ടാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങൾ ആദ്യപാളിയിലെ ഗോളങ്ങളുടെ ശൂന്യസ്ഥലത്തിനു മുകളിൽ വരുന്നുവോ (നേരെ തിരിച്ചും)



ചിത്രം **1.20:** *ഗോളങ്ങൾ രണ്ടു പാളികളിൽ നിബിഡസങ്കുലിതത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നതും അവയിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും T = ടെട്രാഹീഡ്രൽ ശൂന്യസ്ഥലം ; O = അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലം*

അവിടെയെല്ലാം ഒരു ചതുർക (tetrahedral) ശൂന്യസ്ഥലം രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലം (tetrahedral void) എന്ന് വിളിക്കുന്നതിന് കാരണം ഈ നാലു ഗോളങ്ങളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ നേർരേഖകളാൽ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഒരു ചതുർകം (tetrahedron) രൂപപ്പെടുന്നതാണ്. ചിത്രം 1.20 ൽ ഇവയെ T എന്ന് അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 1.21 ൽ അത്തരം ഒരു ശൂന്യ സ്ഥലം പ്രത്യേകം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം **1.21:** *ചതുർക, അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ*
(a) മുകളിൽ നിന്നുള്ള കാഴ്ച
(b) വിഭജിതരൂപത്തിൽ ഒരു വശത്തുനിന്നുള്ള കാഴ്ച
(c) ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ രൂപം

മറ്റു സ്ഥലങ്ങളിൽ രണ്ടാമത്തെ പാളിയിലെ ത്രികോണ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ ഒന്നാം പാളിയിലെ ത്രികോണശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ ആയിരിക്കും. ഇവയിൽ ഒരു ത്രികോണത്തിന്റെ ശീർഷകം (apex) മുകളിലേക്കും മറ്റൊന്ന് താഴേക്കും ആണ്. ചിത്രം 1.20 ൽ ഈ ശൂന്യസ്ഥലത്തെ O എന്ന് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ശൂന്യസ്ഥലം 6 ഗോളങ്ങളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുകയും ഇതിനെ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലം (octahedral) എന്ന് പറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 1.21 ൽ അത്തരത്തിലൊരു ശൂന്യസ്ഥലം പ്രത്യേകം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഈ രണ്ടു ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണവും നിബിഡസങ്കലിതത്തിലെ ഗോളങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

നിബിഡസങ്കലിത ഗോളങ്ങളുടെ എണ്ണം N എന്നിരിക്കട്ടെ.

അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം = N

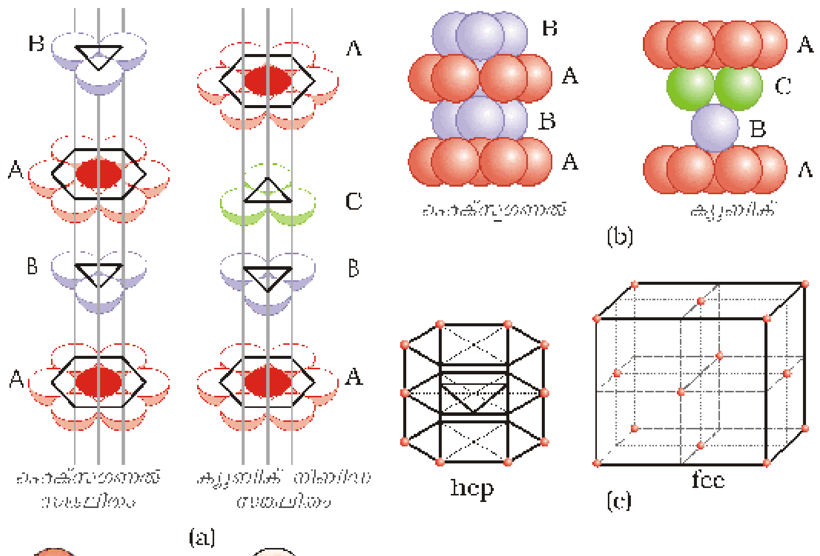
ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം = $2N$

b. *രണ്ടാം പാളിക്ക് മുകളിൽ മൂന്നാം പാളി വയ്ക്കൽ (placing third layer over the second layer)*

ഇതിനു രണ്ടു സാധ്യതകളാണ് ഉള്ളത്.

i. *ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളെ മൂടുന്ന രീതിയിൽ (covering tetrahedral voids):*

രണ്ടാം പാളിയിലെ ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളെ മൂന്നാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങൾ കൊണ്ട് മറയ്ക്കാം. ഈ അവസ്ഥയിൽ മൂന്നാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങൾ ഒന്നാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങൾക്കു നേരെ വരുന്നു. ഗോളങ്ങളുടെ ഈ ക്രമീകരണ രീതി ഒന്നിടവിട്ട പാളികളിലേക്കു ആവർത്തിക്കുന്നു. ഈ രീതിയെ പൊതുവെ ABAB.... എന്നെഴുതുന്നു. ഈ ഘടനയെ ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിത ഘടന (hexagonal close packing) എന്ന് പറയുന്നു (ചിത്രം 1.20). ഈ തരത്തിലുള്ള ക്രമീകരണം മഗ്നീഷ്യം, സിങ്ക് തുടങ്ങിയ ധാരാളം ലോഹങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

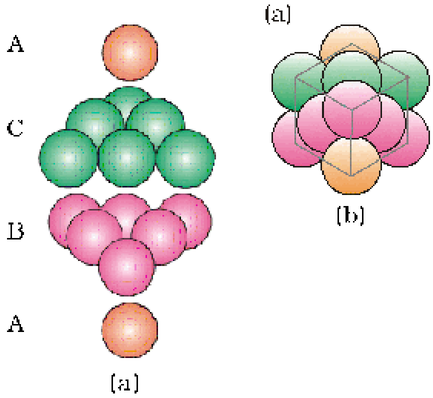


ചിത്രം **1.22:**

(a) ഹെക്സഗണൽ നിബിഡ സങ്കലിതം. ഗോളങ്ങളുടെ വിവിധ പാളികൾ ഭേദിച്ചു കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

(b) ഓരോ ഇനത്തിലും നാല് പാളികൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

(c) സങ്കലിതത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ രൂപം



ചിത്രം **1.23:**

(a) അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലം ആവരണം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ പാളികളുടെ ക്രമീകരണമായ *ABCABC...*

(b) ഈ ക്രമീകരണം മുഖ കേന്ദ്രിത ക്യൂബിക് നിബിഡ സങ്കലിതത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ഘടനയുടെ ഒരു ഭാഗം.

ii. *അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളെ മൂടൽ (covering octahedral voids):*

മൂന്നാം പാളി രണ്ടാം പാളിക്ക് മുകളിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ മൂന്നാം പാളിയിലെ ഗോളങ്ങൾ രണ്ടാം പാളിയിലെ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾക്കു മുകളിൽ വയ്ക്കാം. ഇങ്ങനെ ക്രമീകരിച്ചാൽ മൂന്നാം പാളി ഒന്നാം പാളിക്കോ രണ്ടാം പാളിക്കോ സമാനമായി വരില്ല. ഈ പാളിയെ C എന്ന് വിളിക്കാം. നാലാമത്തെ പാളി വയ്ക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് അത് ഒന്നാം പാളിക്ക് സമാനമായി വരുന്നത്. ചിത്രം 1.22 ലും 1.23 ലും ഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ക്രമീകരണ രീതിയെ പലപ്പോഴും ABCABC.... എന്ന് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഈ ഘടനയെ ക്യൂബിക് നിബിഡസങ്കലിതമെന്നോ (cubic close packing)

ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് എന്നോ പറയും (face centred cubic). കോപ്പർ, സിൽവർ തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങൾ ഇത്തരത്തിലുള്ള ക്രമീകരണരീതി അവലംബിക്കുന്നു.

ഈ രണ്ടു നിബിഡസങ്കലിതവും ഒരേപോലെ ഫലപ്രദമാണ്. പരലുകളിലെ 74% സ്ഥലവും കണികകളാൽ നിറയുന്നു. ഈ രണ്ടു ക്രമീകരണത്തിലും ഓരോ ഗോളവും മറ്റു 12 ഗോളങ്ങളുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ ആയിരിക്കും. അതിനാൽ അവയുടെ ഉപസംയോജക സംഖ്യ 12 ആയിരിക്കും.

1.6.1 ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ സൂത്രവാക്യവും നിറയുന്ന ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണവും. (Formula of a Compound and Number of Voids Filled)

കണങ്ങളുടെ നിബിഡസങ്കലിതത്തിന്റെ ഫലമായി ccp അഥവാ hcp ഘടനകളുണ്ടാകുകയും, രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ശൂന്യ സ്ഥലങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. നിബിഡസങ്കലിത കണങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യമായ എണ്ണം അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും അവയുടെ ഇരട്ടി ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു. അയോണിക ഖരങ്ങളിൽ വലിയ അയോണുകൾ (സാധാരണ നെഗറ്റീവ് അയോണുകൾ) നിബിഡസങ്കലിത ഘടനയുണ്ടാക്കുകയും ചെറിയ അയോണുകൾ (സാധാരണ പോസിറ്റീവ് അയോണുകൾ (positive ions)) ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ ഇരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പോസിറ്റീവ് അയോണുകൾ വളരെ ചെറുതാണെങ്കിൽ അവ ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ ഇരിക്കുകയും, വലുതാണെങ്കിൽ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ ഇരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എല്ലാ ചതുർക, അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും നിറയണമെന്നില്ല. തന്നിരിക്കുന്ന ഒരു സംയുക്തത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ചതുർക, അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ ഭിന്നകം ആ സംയുക്തത്തിന്റെ രാസസൂത്രത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണങ്ങളിൽ നിന്ന് ഇത് മനസിലാക്കാം.

ഉദാഹരണം 1.1 X , Y എന്നീ മൂലകങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒരു സംയുക്തം ഉണ്ടാകുന്നു. Y മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റം (ഋണ അയോണുകളായി) ccp ഘടന ഉണ്ടാക്കുകയും X മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റം (ധന അയോണുകളായി) എല്ലാ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിലും പ്രവേശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സംയുക്തത്തിന്റെ രാസസൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം ccp ജാലിക രൂപപ്പെടുത്തുന്നത് Y എന്ന മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റങ്ങൾ ആണ്. അവിടെയുണ്ടാകുന്ന അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം അതിലെ Y ആറ്റങ്ങൾക്കു തുല്യമായിരിക്കും. എല്ലാ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിലും X ആറ്റം പ്രവേശിക്കുന്നതിനാൽ, അവയുടെ എണ്ണം Y ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യം ആയിരിക്കും. അതുകൊണ്ടു ഈ സംയുക്തത്തിൽ X, Y എന്നീ ആറ്റങ്ങളുടെ അനുപാതം 1:1 ആയിരിക്കും. അതിനാൽ പ്രസ്തുത സംയുക്തത്തിന്റെ രാസസൂത്രം XY.

ഉദാഹരണം 1.2 B എന്ന മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റങ്ങൾ ഒരു hcp ജാലികയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുകയും A എന്ന മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റങ്ങൾ 2/3 ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രവേശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. A യും B യും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന സംയുക്തത്തിന്റെ രാസസൂത്രം എഴുതുക.

ഉത്തരം ഇവിടെ രൂപപ്പെടുന്ന ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം B ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന്റെ ഇരട്ടി ആയിരിക്കുകയും അതിൽ 2/3 ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് A ആറ്റങ്ങൾ പ്രവേശിക്കുന്നത്. അതിനാൽ A, B എന്നീ ആറ്റങ്ങളുടെ അനുപാതം $2 \times 2/3 : 1$ അല്ലെങ്കിൽ 4 : 3 ആയതിനാൽ രാസസൂത്രവാക്യം A_4B_3

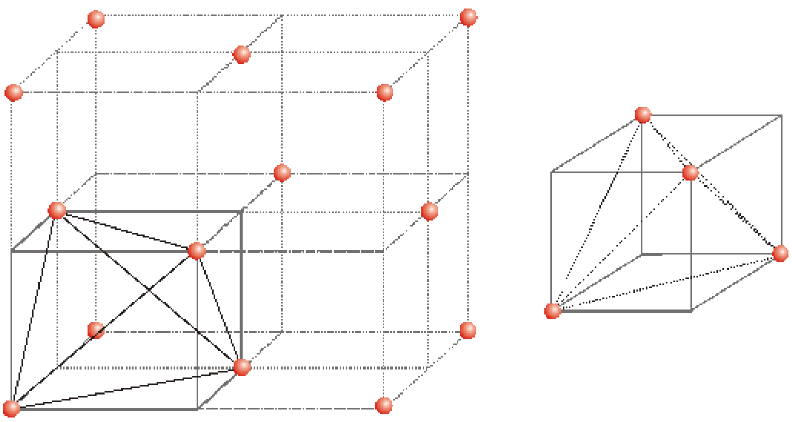
ചതുർക-അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ നിർണയിക്കൽ (Locating Tterahedral and Octahedral Voids)

നിബിഡസങ്കലിത ഘടനകൾക്കു ചതുർക, അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ ഉണ്ട് എന്ന് നമുക്കറിയാം. നമുക്ക് ccp (fcc) ഘടന എടുത്തു അതിലെ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ നിർണയിക്കാം.

a. ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ നിർണയിക്കൽ. (locating tterahedral voids)

ഒരു ccp അല്ലെങ്കിൽ fcc യൂണിറ്റ് സെൽ സങ്കല്പിക്കുക.(ചിത്രം.1.a). യൂണിറ്റ് സെൽ 8 ചെറിയ ക്യൂബുകളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ ചെറിയ ക്യൂബിനും ഒന്നിടവിട്ട മൂലകളിൽ ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ട്. മൊത്തത്തിൽ ഓരോ ചെറിയ ക്യൂബിനും നാല് ആറ്റങ്ങൾ വീതമുണ്ട്. ഈ നാല് ആറ്റങ്ങളെയും നേർരേഖ വഴി

യോജിപ്പിച്ചാൽ നമുക്ക് ഒരു ചതുർക ലഭിക്കും. അതായതു ഓരോ ചെറിയ ക്യുബുകളിലും ഓരോ ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലവും മൊത്തത്തിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ 8 ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും ഉണ്ടായിരിക്കും. ccp ഘടനയിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ഓരോ ചെറിയ ക്യൂബിലും ഒന്നു വീതം ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലം ഉണ്ടായിരിക്കും. ccp ഘടനയിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ 4 ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. അതുകൊണ്ടു ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന്റെ ഇരട്ടി ആയിരിക്കും.



(a) (b)

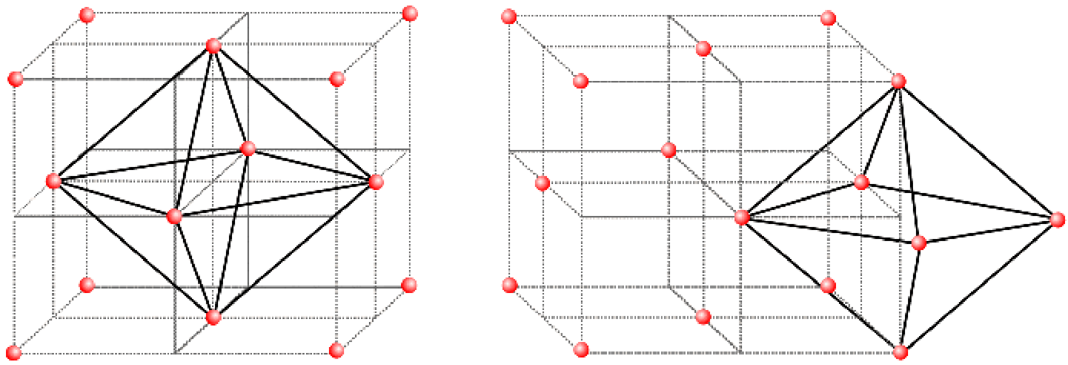
ചിത്രം 1.(a) ccp ഘടനയിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ എട്ടു ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ

(b) ഒരു ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

b. അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ നിർണയം. (locating octahedral voids)

ഒരിക്കൽകൂടി ccp അല്ലെങ്കിൽ fcc യൂണിറ്റ് സെൽ പരിഗണിക്കുക. (ചിത്രം.2.a). ക്യൂബിന്റെ അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്ത് ആറ്റങ്ങൾ ഇല്ല. പക്ഷെ ഈ ഭാഗം മുഖ കേന്ദ്രത്തിലുള്ള ആറു ഗോളങ്ങളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ മുഖ കേന്ദ്രങ്ങൾ നേർരേഖയിൽ യോജിപ്പിച്ചാൽ നമുക്ക് ഒരു അഷ്ടഫലകീയം ലഭിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഈ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തു ഒരു അഷ്ട ഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലം ഉണ്ടായിരിക്കും.

അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗം കൂടാതെ 12 വക്കുകളിൽ ഓരോ വക്കിന്റെ മധ്യത്തിലും ഓരോ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യ സ്ഥലം ഉണ്ടായിരിക്കും.(ചിത്രം.2.b). ഈ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലത്തെ ചുറ്റി ആറ് ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇതിൽ നാലെണ്ണം അതേ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും (രണ്ടെണ്ണം മൂലകളിലും രണ്ടെണ്ണം മുഖമധ്യത്തിലും) മറ്റ് രണ്ടെണ്ണം തൊട്ടടുത്ത യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും ആണ്. ക്യൂബിന്റെ ഓരോ വക്കും തൊട്ടടുത്ത നാല് യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുമായി പങ്കുവയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യ സ്ഥലങ്ങളും അതേ രീതിയിൽ പങ്കുവയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഓരോ ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെയും 1/4 ഭാഗം മാത്രമേ ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന് അവകാശപ്പെട്ടതാകുന്നുള്ളൂ.



(a) (b)

ചിത്രം 2 *ഒരു ccp അല്ലെങ്കിൽ fcc യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ ജാലികയിലെ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ സ്ഥാനം. (a) ക്യൂബിന്റെ അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്ത് (b) ഓരോ വക്കിന്റെയും മധ്യത്തിൽ (ഒരു ശൂന്യ സ്ഥലം മാത്രം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു).*

അതുകൊണ്ട് ക്യൂബിക് നിബിഡസങ്കലിത ഘടനയിൽ
ക്യൂബിന്റെ അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഘടനയിലെ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലം = 1
നാല് യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുമായി പങ്കുവയ്ക്കപ്പെടുന്നതും ഓരോ വക്കിലുമായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതുമായ 12 അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലത്തിൽനിന്ന് ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിനു ലഭിക്കുന്ന

വിഹിതം $= 12 \times \frac{1}{4} = 3$

$\therefore$ അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ മൊത്തം എണ്ണം $= 4$

ccp ഘടനയിലെ ഓരോ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും 4 വീതം ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ട്. അതായത്, അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ മൊത്തം എണ്ണവും ഇതുതന്നെ ആയിരിക്കും.

1.7 സങ്കലിത ക്ഷമത (Packing Efficiency)

ഘടക കണികകൾ (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, അയോണുകൾ) എങ്ങനെ സങ്കലനം ചെയ്താലും ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ അല്പം ഒഴിഞ്ഞ സ്ഥലം അവശേഷിക്കും. സങ്കലിത ക്ഷമത എന്നത് ആകെ സ്ഥലത്തിൽ കണികകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന സ്ഥലത്തിന്റെ ശതമാനമാണ്. വ്യത്യസ്ത ഘടനകളിലെ സങ്കലിത ശതമാനം കണ്ടുപിടിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് നോക്കാം.

1.7.1 hcp, ccp ഘടനകളിലെ സങ്കലിത ശതമാനം. (Packing Efficiency in hcp and ccp Structures)

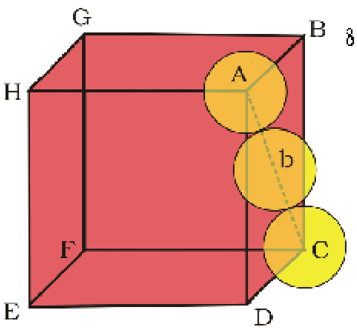
രണ്ടു തരത്തിലുള്ള നിബിഡസങ്കലിതവും ഒരേ ക്ഷമതയുള്ളതാണ്. ccp ഘടനയിലെ സങ്കലിത ശതമാനം കണ്ടുപിടിക്കാം. ചിത്രം 1.24 ൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വക്ക് a, മുഖകർണം AC = b.

ΔABC യിൽ, $AC^2 = b^2 = BC^2 + AB^2$

$= a^2 + a^2 = 2a^2$

$b = \sqrt{2}a$

r എന്നത് ഗോളത്തിന്റെ ആരം ആണെങ്കിൽ, $b = 4r = \sqrt{2}a$



ചിത്രം 1.24 ക്യൂബിക് നിബിഡ സങ്കലിതം. വ്യക്തമാക്കുന്നതിന് മറ്റു വശങ്ങളിലെ ഗോളങ്ങൾ ഒഴിവാക്കിയിരിക്കുന്നു.

$a = \frac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r$ (ഇതിനെ മറ്റൊരുതരത്തിൽ എഴുതിയാൽ $r = \frac{a}{2\sqrt{2}}$)

ccp ഘടനയിലെ ഓരോ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും ഫലപ്രദമായ നാല് ഗോളങ്ങൾ വീതമുണ്ട് എന്ന് നമുക്കറിയാം. നാല് ഗോളങ്ങളുടെയും മൊത്തം വ്യാപ്തം എന്നത് $4 \times (4/3)\pi r^3$ ഉം ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തം a^3 അല്ലെങ്കിൽ $(2\sqrt{2}r)^3$ ഉം ആണ്.

അതുകൊണ്ട്,

$$\text{സങ്കലിതക്ഷമത} = \frac{\text{യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ നാല് ഗോളങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം} \times 100}{\text{യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം}}\%$$

$$= \frac{4 \times (4/3)\pi r^3 \times 100}{(2\sqrt{2}r)^3}\%$$

$$= \frac{(16/3)\pi r^3 \times 100}{16\sqrt{2}r^3}\% = 74\%$$

1.7.2 അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ഘടനയിലെ സങ്കലിത ക്ഷമത (Efficiency of Packing in BodyCentred Cubic Structures)

ചിത്രം 1.25 ൽ കേന്ദ്ര ഭാഗത്തിരിക്കുന്ന ആറ്റം കോണോടു കോൺ ഇരിക്കുന്ന മറ്റ് രണ്ടു ആറ്റങ്ങളുമായി സ്പർശിക്കുന്നു എന്ന് വ്യക്തമാണ്. ΔEFD യിൽ $b^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$

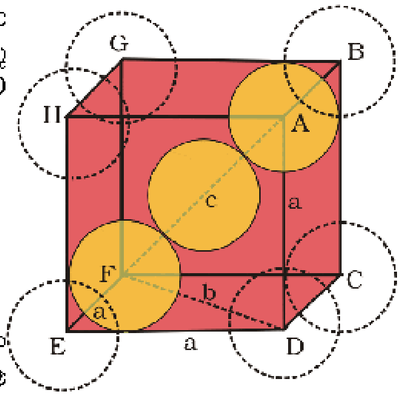
$$b = \sqrt{2}a$$

അതുപോലെ ΔAFD

$$c^2 = a^2 + b^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2$$

$$c = \sqrt{3}a$$

c എന്ന അന്തർകേന്ദ്രീകൃത കർണത്തിന്റെ നീളം 4r ആണ്. അതിൽ r എന്നത് ഗോളത്തിന്റെ ആരം ആണ്. കോണോടു കോണിരിക്കുന്ന ഗോളങ്ങളും പരസ്പരം സ്പർശിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.25: അന്തർകേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെൽ ആന്തരിക കർണ്ണത്തിലെ ഗോളങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

$$\therefore \sqrt{3}a = 4r$$

$$a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$$

അതുപോലെ തന്നെ, $r = \frac{\sqrt{3}}{4}a$

ഈ ഘടനയിൽ മൊത്തം ആറ്റത്തിന്റെ എണ്ണം 2 ഉം, അവയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തം $2 \times \left(\frac{4}{3}\right)\pi r^3$.

ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തം, $a^3 = \left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3$.

$$\text{സങ്കലിതക്ഷമത} = \frac{\text{യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ രണ്ട് ഗോളങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം} \times 100}{\text{യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം}}\%$$

$$= \frac{2 \times (4/3)\pi r^3 \times 100}{\left[\left(4/\sqrt{3}\right)r\right]^3}\%$$

$$= \frac{(8/3)\pi r^3 \times 100}{64/\left(3\sqrt{3}\right)r^3}\% = 68\%$$

1.7.3 ആദി ക്യൂബിക് ജാലികയിലെ സങ്കലിത ക്ഷമത (Packing Efficiency in Simple Cubic Lattice)

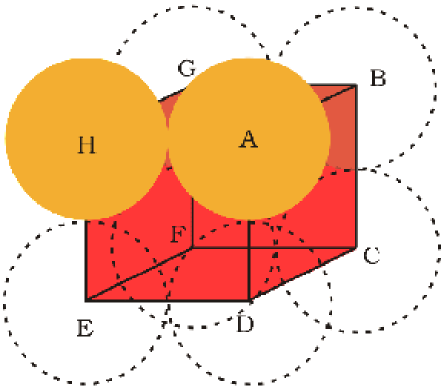
ആദി ക്യൂബിക് ജാലിക ആറ്റങ്ങൾ ക്യൂബിന്റെ മൂലകളിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്നു. വക്കുകളിൽ മാത്രമാണ് ആറ്റങ്ങൾ പരസ്പരം സ്പർശിക്കുന്നത്. (ചിത്രം. 1.26) അതുകൊണ്ടു ക്യൂബിന്റെ വക്കിന്റെ നീളം a യും ഗോളങ്ങളുടെ ആരം r ഉം തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

$$a = 2r$$

ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം = $a^3 = (2r)^3 = 8r^3$

ആദി ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ ഒരു ആറ്റം മാത്രമാണുള്ളത് എന്നതിനാൽ,

ക്യൂബിക് സെല്ലിന്റെ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട വ്യാപ്തം = $\frac{4}{3}\pi r^3$



ചിത്രം **1.26** : ആദിമ ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ ഗോളങ്ങൾ വക്കുകളിൽ കൂടി പരസ്പരം തൊട്ടു ചേർന്നിരിക്കുന്നു.

∴ സങ്കലിതക്ഷമത

$$= \frac{\text{ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ വ്യാപ്തം}}{\text{ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം}} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8r^3} \times 100 = \frac{\pi}{6} \times 100$$

$$= 52.36\% = 52.4\ \%$$

hcp, ccp ഘടനകൾക്ക് പരമാവധി സങ്കലിതക്ഷമതയാണുള്ളതെന്നു നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം.

1.8 യൂണിറ്റ് സെൽ അളവുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന കണക്കുകൂട്ടലുകൾ (Calculations Involving Unit Cell Dimensions)

യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെ അളവുകളിൽ നിന്ന് അതിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുക എന്നത് സാധ്യമാണ്. ലോഹങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത അറിയാമെങ്കിൽ നമുക്ക് ആ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്. ഒരാറ്റത്തിന്റെ മാസ് കണ്ടുപിടിച്ചാൽ അതിൽ നിന്ന് അവോഗാഡ്രോ സ്ഥിര സംഖ്യ (N_A) കൃത്യമായി കണക്കാക്കാം. X-റേ കിരണ പഠനങ്ങൾ വഴി ഒരു ക്യൂബിക് ക്രിസ്റ്റലിന്റെ വക്കിന്റെ നീളം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടത് a എന്നിരിക്കട്ടെ, d എന്നത് വസ്തുവിന്റെ സാന്ദ്രതയും M, മോളാർ മാസും ആണെങ്കിൽ,

ആ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം = a^3

യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ മാസ് = യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം × ഓരോ ആറ്റത്തിന്റെയും മാസ് = $z \times m$

(ഇവിടെ z എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണവും m എന്നത് ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ മാസുമാണ്.)

യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ഒരാറ്റത്തിന്റെ മാസ്, $m = \frac{M}{N_A}$ (M മോളാർ മാസ്)

യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സാന്ദ്രത = $= \frac{z.m}{a^3} = \frac{z.M}{a^3 N_A}$

അതായത്, $d = \frac{zM}{a^3 N_A}$

യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സാന്ദ്രത എന്നത് ആ പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയാണെന്നുള്ളത് പ്രത്യേകം ഓർക്കുക. മറ്റു രീതികൾ ഉപയോഗിച്ച് ഖരങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാം. അഞ്ചു ഘടകങ്ങളിൽ (d, z, M, a , N_A) ഏതെങ്കിലും നാലെണ്ണം

ഉദാഹരണം 1.3

അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ഘടനയുള്ള (bcc) ഒരു മൂലകത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വക്കിന്റെ നീളം 288pm ആണ്. മൂലകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത 7.2 g / cm^3. മൂലകത്തിന്റെ 208 ഗ്രാമിൽ എത്ര ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും?

ഉത്തരം

യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വ്യാപ്തം = $(288\ pm)^3$

$= (288\ \ 10^{-12}\ m)^3 = (288\ \ 10^{-10}\ cm)^3$

$= 2.39 \times 10^{-23}\ cm^3$

208 g മൂലകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം

$$\frac{\text{മാസ്}}{\text{സാന്ദ്രത}} = \frac{208\,g}{7.2\,g\,cm^{-3}} = 28.88\,cm^{3}$$

ഈ വ്യാപ്തത്തിലെ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെ എണ്ണം

$$= \frac{28.88 cm^3}{2.39 \times 10^{-23} cm^3 / unit\ cell} = 12.08 \times 10^{23} \text{ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ}$$

ഓരോ bcc ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലിലും 2 ആറ്റങ്ങൾ വീതമാണ് ഉള്ളത്. അതിനാൽ 208g മൂലകത്തിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം = 2 (ആറ്റം/ യൂണിറ്റ് സെൽ) x 12.08 x 10^{23} യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ

$= 24.16 \times 10^{23}$ ആറ്റങ്ങൾ

ഉദാഹരണം 1.4

X രശ്മി വിഭംഗന പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് കോപ്പർ പരലീകരിക്കുന്നത് വക്കിന് 3.068×10^{-8} cm നീളമുള്ള fcc യൂണിറ്റ് സെല്ലായിട്ടാണ് എന്നാണ്. മറ്റൊരു പരീക്ഷണത്തിൽ കോപ്പറിന്റെ സാന്ദ്രത 8.92g cm^{-3} ആണ് എന്ന് കണ്ടെത്തിയിരിക്കുന്നു, എങ്കിൽ കോപ്പറിന്റെ അറ്റോമിക ഭാരം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

fcc ജാലികയുടെ കാര്യത്തിൽ യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം, z = 4 ആറ്റം

$$\therefore M = \frac{dN_A a^3}{z}$$

$$= \frac{8.92\,g\,cm^{-3} \times 6.022 \times 10^{23}\,atoms\,mol^{-1} \times (3.608 \times 10^{-8}\,cm)^3}{4\,atoms}$$

$= 63.1\ g/mol$

കോപ്പറിന്റെ അറ്റോമിക ഭാരം = 63.1u

ഉദാഹരണം 1.5

സിൽവർ ആറ്റങ്ങൾ ccp ജാലിക ആയി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. X-കിരണ പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വക്കിന്റെ നീളം 408.6 pm ആണെന്നാണ്. എങ്കിൽ സിൽവറിന്റെ സാന്ദ്രത കണ്ടുപിടിക്കുക? (അറ്റോമിക ഭാരം = 107.9u).

ഉത്തരം

ജാലിക ccp ആയതിനാൽ, യൂണിറ്റ് സെല്ലിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം = z = 4

സിൽവറിന്റെ അറ്റോമിക ഭാരം = 107.9 g mol^{-1} = 107.9×10^{-3} kg mol^{-1}

യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വക്ക് = a = 408.6 pm = 408.6×10^{-12} m

$$\text{സാന്ദ്രത } d = \frac{z.M}{a^3.N_A}$$

$$= \frac{4 \times (107.9 \times 10^{-3}\,kg\,mol^{-1})}{(408.6 \times 10^{-12}\,m)^3\,(6.022 \times 10^{23}\,mol^{-1})} = 10.5 \times 10^3\,kg\,m^{-3}$$

$= 10.5\ g\ cm^{-3}$

പാഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1.14 ഒരാറ്റത്തിന്റെ സമചതുര നിബിഡസങ്കലിതപാളിയിൽ ദ്വിമാനതല ഉപസംയോജക സംഖ്യ എത്രയാണ്?

1.15 ഒരു സംയുക്തം ഷഡ്ഭുജ നിബിഡ സങ്കലിത ഘടന ഉണ്ടാക്കുന്നു. 0.5 മോളിലെ അതിന്റെ മൊത്തം ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളുടെ എണ്ണം എത്ര? ഇതിൽ എത്ര എണ്ണം ചതുർകം ആണ്?

1.16 M, N എന്നീ മൂലകങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒരു സംയുക്തം ഉണ്ടാകുന്നു. N എന്ന മൂലകം ccp ജാലികകളും, M മൂലകം 1/3 ചതുർക ശൂന്യസ്ഥലത്തും ഇരിക്കുന്നു. ആ സംയുക്തത്തിന്റെ സൂത്രവാക്യം എഴുതുക.

1.17 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നതിൽ ഏത് ജാലികയ്ക്കാണ് സങ്കലിത ക്ഷമത ഏറ്റവും കൂടുതൽ? i. ലളിത ക്യൂബിക് ii. അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക്. iii. ഷഡ്ഭുജ നിബിഡ സങ്കലിതം.

1.18 മോളാർ മാസ് 2.7×10^{2} kg mol^{1} ആയ ഒരു മൂലകം, വക്ക് 405pm നീളമുള്ള ഒരു ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെൽ ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിന്റെ സാന്ദ്രത 2.7×10^{3} kgm^{3} ആണെങ്കിൽ അത് ഏതു തരത്തിലുള്ള ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലാണ്.

1.9 ഖരവസ്തുക്കളിലെ അപൂർണതകൾ (Imperfections in Solids)

അറിയാമെങ്കിൽ അഞ്ചാമത്തേത് കണ്ടുപിടിക്കാം.

പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ഖരങ്ങളിൽ ഘടക കണികകളുടെ ക്രമീകരണത്തിൽ പരിധി കൂടിയ ക്രമവും പരിധികുറഞ്ഞ ക്രമവും ഉണ്ടെങ്കിലും അവ സമ്പൂർണമല്ല. അവയിൽ പല ന്യൂനതകളും കാണപ്പെടുന്നു. സാധാരണഗതിയിൽ ഖരങ്ങളിൽ വളരെയധികം ചെറിയ പരലുകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഈ ചെറിയ പരലുകളിൽ ന്യൂനതകൾ ഉണ്ട്. ഇത് സംഭവിക്കുന്നത് പരൽ രൂപീകരണം വളരെ വേഗതയിലോ സാമാന്യം വേഗതയിലോ നടക്കുമ്പോഴാണ്. ഒറ്റ പരൽ (single crystal) രൂപപ്പെടുന്നത് പരൽ രൂപീകരണം വളരെ കുറഞ്ഞ വേഗതയിൽ നടക്കുമ്പോഴാണ്. ഇത്തരം പരലുകൾ പോലും ന്യൂനതകളിൽ നിന്ന് മുക്തമല്ല. അടിസ്ഥാനപരമായി ഘടക കണികകളുടെ ക്രമീകരണത്തിലുള്ള ക്രമവിരുദ്ധതകളാണ് ന്യൂനതകൾ. പൊതുവെ പറഞ്ഞാൽ ന്യൂനതകൾ രണ്ടു തരത്തിൽ ഉണ്ട്, ബിന്ദു ന്യൂനതകളും രേഖാ ന്യൂനതകളും. ഒരു പരൽ വസ്തുവിൽ ഒരു ബിന്ദു അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ആറ്റത്തിന് ചുറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന ഘടക കണങ്ങളുടെ ക്രമവിരുദ്ധതയാണ് അല്ലെങ്കിൽ ആദർശ ഘടനയിൽ നിന്നുള്ള വ്യതിയാനമാണ് ബിന്ദു ന്യൂനത. ഒരു പരലിൽ നിരകളിലായി ജാലിക ബിന്ദുക്കൾക്കുണ്ടാകുന്ന ക്രമവിരുദ്ധതയാണ് അല്ലെങ്കിൽ ആദർശ ഘടനയിൽ നിന്നുള്ള വ്യതിയാനമാണ് രേഖാ ന്യൂനത. ഈ ക്രമവിരുദ്ധതകളെ പരൽ ന്യൂനതകൾ എന്ന് പയുന്നു. നമ്മുടെ ചർച്ച തൽക്കാലം ബിന്ദു ന്യൂനതയിൽ നിർത്തുന്നു.

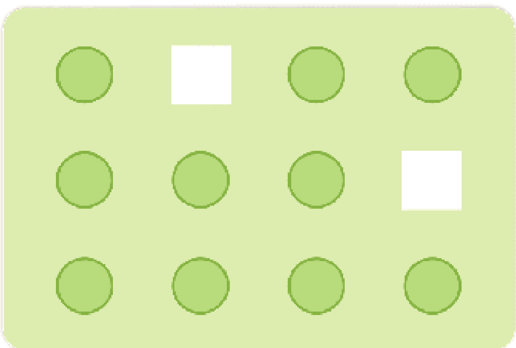
1.9.1 വ്യത്യസ്ത തരം ബിന്ദു ന്യൂനതകൾ (Types of Point Defects)

ബിന്ദു ന്യൂനതകളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം. i. രാസസമീകരണമിതീയ ന്യൂനതകൾ ii. അപദ്രവ്യ ന്യൂനതകൾ iii. രാസ അസമീകരണമിതീയ ന്യൂനതകൾ.

a. *രാസസമീകരണമിതീയ ന്യൂനതകൾ (stoichionteric defects)*

പരലിൽ രാസസമീകരണമിതിക്ക് മാറ്റമുണ്ടാക്കാത്ത ബിന്ദു ന്യൂനതകളാണ് ഇവ. ഇവയെ ആന്തരിക ന്യൂനതകൾ അല്ലെങ്കിൽ താപഗതിക (Thermodynamic) ന്യൂനതകൾ എന്ന് പറയുന്നു. അടിസ്ഥാനപരമായി ഇവ രണ്ടുതരത്തിൽ ഉണ്ട്, ഒഴിവ് ന്യൂനതകളും അന്തർസ്ഥാനീയ ന്യൂനതകളും.

i. *ഒഴിവ് ന്യൂനതകൾ (vacancy defects)*: ചില ജാലികാ സ്ഥാനങ്ങൾ (lattice sites) കണികകളില്ലാതെ ഒഴിഞ്ഞിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അത്തരം പരലിന് ഒഴിവ് ന്യൂനതകൾ ഉണ്ട് എന്ന് പറയുന്നു. (ചിത്രം 1.27). ഇത് പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കുറയ്ക്കുന്നു. പദാർഥങ്ങൾ ചൂടാക്കിയാലും ഇത്തരം ന്യൂനതകൾ ഉണ്ടാകാവുന്നതാണ്.



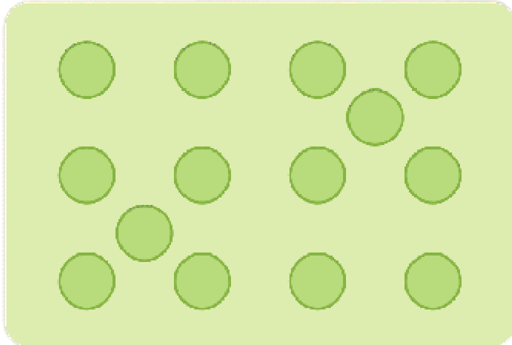
ചിത്രം.1.27 ഒഴിവ് ന്യൂനത

ii. *അന്തർസ്ഥാനീയ ന്യൂനതകൾ (interstitial defects)*: അന്തർസ്ഥാനീയ ഭാഗത്തു ചില ഘടക കണങ്ങൾ (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ) ഇരുന്നാൽ, അത്തരം പരലുകൾക്കു അന്തർസ്ഥാനീയ ന്യൂനതകൾ ഉണ്ട് എന്ന് പറയുന്നു. (ചിത്രം 1.28). ഈ ന്യൂനത പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രത വർധിപ്പിക്കുന്നു.

മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ ന്യൂനതകൾ അയോണികമല്ലാത്ത ഖരങ്ങളും കാണിക്കുന്നു. അയോണിക ഖരങ്ങൾ വൈദ്യുതപരമായി നിർവീര്യമായിരിക്കും. അവയിൽ ഒഴിവു ന്യൂനതകൾ, അന്തർസ്ഥാനീയ ന്യൂനതകൾ എന്നിവ ഫ്രാങ്കൽ ന്യൂനതകൾ, ഷോട്കി ന്യൂനതകൾ എന്നീ രൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

iii. *ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനത (frenkel defect)*: അയോണിക ഖരങ്ങൾ ആണ് ഇത്തരം ന്യൂനത കാണിക്കുന്നത്. ചെറിയ അയോൺ (സാധാരണയായി പോസിറ്റീവ് അയോൺ) അതി

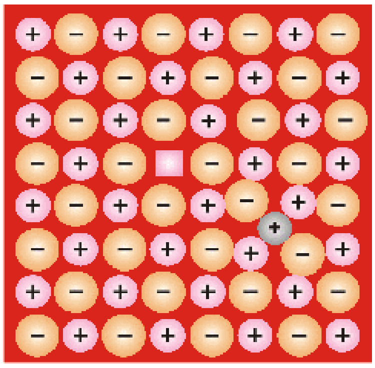
ന്റെ യഥാർഥ സ്ഥാനത്തു നിന്നും മാറി അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തു കാണപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 1.29). ഇത് അതിന്റെ യഥാർഥ സ്ഥാനത്ത് ഒരു ഒഴിവു ന്യൂനതയുണ്ടാക്കുകയും പുതിയ സ്ഥലത്തു ഒരു അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ന്യൂനതയുണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനതയെ സ്ഥാനഭ്രംശ ന്യൂനത എന്നും പറയുന്നു. ഇത് പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയ്ക്ക് മാറ്റം ഉണ്ടാക്കുന്നില്ല. അയോണുകൾ തമ്മിൽ വലിയ വലിപ്പ വ്യത്യാസമുള്ള



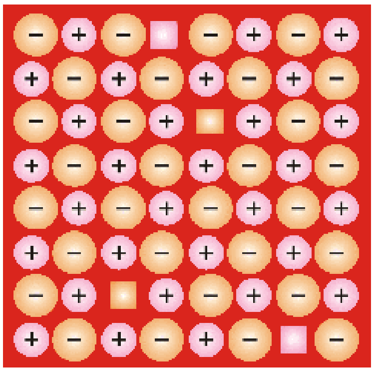
ചിത്രം 1.28 അന്തർ സ്ഥാനീയ ന്യൂനതകൾ

അയോണിക പദാർഥങ്ങൾ ആണ് ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനതകൾ കാണിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണമായി ZnS, AgCl, AgBr, AgI തുടങ്ങിയവയിൽ Zn^{2+}, Ag^{+} എന്നീ അയോണുകൾ ചെറുതാണ്.

iv. *ഷോട്ട്കി ന്യൂനത (schottky defect)*: ഇത് അടിസ്ഥാനപരമായി അയോണിക ഖരങ്ങളിലെ ഒരു ഒഴിവു ന്യൂനതയാണ്. വൈദ്യുതപരമായ നിർവീര്യത നിലനിർത്തുന്നതിനുവേണ്ടി നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്ന നെഗറ്റീവ് അയോണുകളുടെയും പോസിറ്റീവ് അയോണുകളുടെയും എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും. (ചിത്രം 1.30).

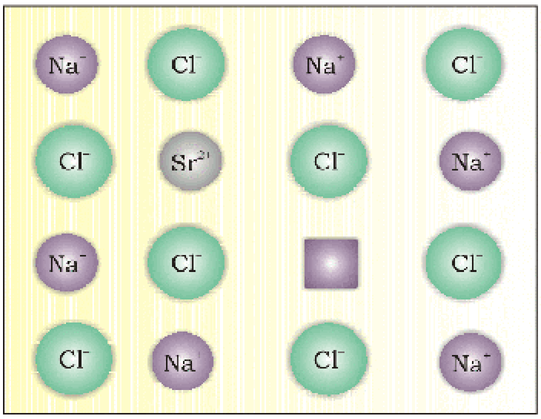


ചിത്രം 1.29 ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനതകൾ



ചിത്രം 1.30 ഷോട്ട്കി ന്യൂനതകൾ

ലഘു ഒഴിവു ന്യൂനതകളെപ്പോലെ ഷോട്ട്കി ന്യൂനതയും വസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രത കുറയ്ക്കുന്നു. അയോണിക പദാർഥങ്ങളിലെ അത്തരം ന്യൂനതകളുടെ എണ്ണം വളരെ പ്രസക്തമാണ്. ഉദാഹരണമായി അന്തരീക്ഷ താപനിലയിൽ $1cm^3$ NaCl ൽ ഏകദേശം 10^6 ഷോട്ട്കി ജോഡികൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. $1cm^3$ ൽ ഏകദേശം 10^{22} അയോണുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. അതിനാൽ 10^{16} അയോണുകളിൽ ഒരു ഷോട്ട്കി ന്യൂനത ഉണ്ടായിരിക്കും. പോസിറ്റീവ് അയോണും നെഗറ്റീവ് അയോണും ഏകദേശം തുല്യവലുപ്പമുള്ള അയോണിക വസ്തുക്കളിലാണ് ഷോട്ട്കി ന്യൂനത കാണപ്പെടുന്നത്. ഉദാഹരണമായി NaCl, KCl, CsCl, AgBr തുടങ്ങിയവ. ഒരു കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് AgBr നു ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനതയും ഷോട്ട്കി ന്യൂനതയും കാണിക്കാൻ സാധിക്കും എന്നുള്ളതാണ്.



ചിത്രം 1.31 *NaCl ചരലിൽ Na^{+} അയോണിനെ നീക്കം ചെയ്ത് Sr^{2+} പ്രവേശിച്ചു ഉണ്ടാകുന്ന ധന അയോൺ ന്യൂനത*

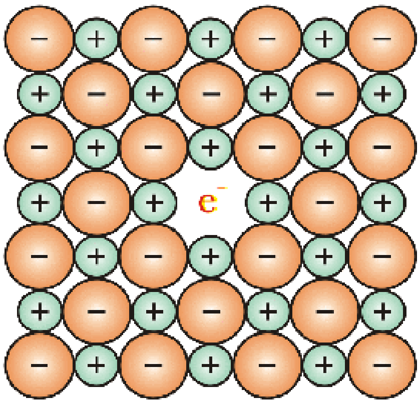
b. *അപദ്രവ്യ ന്യൂനതകൾ (impurity defects)*:

ഉരുകിയ NaCl ൽ കുറച്ചു $SrCl_2$ ചേർത്ത് പരൽ നിർമിച്ചാൽ കുറെ Na^{+} അയോണുകൾ മാറ്റി അവയുടെ സ്ഥാനത്തു Sr^{2+} അയോണുകൾ പ്രവേശിക്കും. (ചിത്രം.1.31). ഓരോ Sr^{2+} അയോണും രണ്ടു Na അയോണുകളെ നീക്കം ചെയ്യും. Sr^{2+} അയോൺ ഒരു Na^{+} അയോണിന്റെ സ്ഥലത്തു പ്രവേശിക്കുകയും മറ്റേ Na അയോണിന്റെ സ്ഥലം ശൂന്യമായി നിൽക്കുകയും ചെയ്യും. ഇപ്രകാരം ഉണ്ടാകുന്ന പോസിറ്റീവ് അയോൺ ഒഴിവുകളുടെ എണ്ണം അതിലെ Sr^{2+} അയോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. മറ്റൊരു ഉദാഹരണം $CdCl_2$ ന്റെയും AgCl ന്റെയും ഖര ലായനിയാണ്.

c. *രാസ അസമീകരണമിതീയ ന്യൂനതകൾ (non stoichiomteric defects)*

ഇതുവരെ ചർച്ച ചെയ്ത ന്യൂനതകൾ പരൽ വസ്തുക്കളുടെ രാസസമീകരണമിതിയെ ബാധിക്കാത്തവയാണ്. പക്ഷെ പരൽ ഘടനയിലെ ന്യൂനതകൾ കൊണ്ട് ഘടകമൂലകങ്ങളുടെ രാസ അസമീകരണ അനുപാതത്തിന്റെ ഫലമായി ധാരാളം രാസ അസമീകരണ അകാർബണിക ഖരങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ഈ ന്യൂനതകൾ രണ്ടു തരത്തിൽ ഉണ്ട്. i. ലോഹാധികന്യൂനതയും ii. ലോഹാഭാവന്യൂനതയും.

i. *ലോഹാധികന്യൂനത (metal excess defect)*



ചിത്രം 1.32 ഒരു പരലിലെ F സെന്റർ

- ആനയോൺ ഒഴിവു മൂലമുണ്ടാകുന്ന അധികലോഹ ന്യൂനത: NaCl, KCl തുടങ്ങിയ ആൽക്കലി ഹാലൈഡുകൾ ഇത്തരം ന്യൂനതകൾ കാണിക്കുന്നു. NaCl പരലുകളെ സോഡിയം ബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ചൂടാക്കിയാൽ, സോഡിയം ആറ്റങ്ങൾ NaCl പരലുകളുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. പരലിനുള്ളിലെ Cl^- അയോണുകൾ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് അതിവ്യാപനത്തിലൂടെ എത്തുകയും അവിടെവച്ചു Na ആറ്റങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരുകയും NaCl ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. Na ആറ്റം ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുത്തി Na^+ അയോണായി മാറുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്. ഇങ്ങനെ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ അതിവ്യാപനത്തിലൂടെ പരലിനുള്ളിൽ എത്തിച്ചേരുകയും ആനയോണുകളുടെ സ്ഥാനത്തു ഇരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 1.32). ഇതിന്റെ ഫലമായി പരലിന് അധികമായി ഒരു സോഡിയം ലഭിക്കുന്നു. ഒറ്റ ഇലക്ട്രോണുകൾ പ്രവേശിച്ച ആനയോൺ സ്ഥാനങ്ങളെ F സെന്ററുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. (നിറത്തിനുള്ള ജർമൻ വാക്കായ ഫാർബെൻസെന്ററിൽ നിന്നും). ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ NaCl പരലിന് മഞ്ഞ നിറം നൽകുന്നു. പരലിൽ പതിക്കുന്ന ദൃശ്യ പ്രകാശത്തിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന ഊർജം വഴി ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാലാണ് പരലിന് മഞ്ഞ നിറം ലഭിക്കുന്നത്. ഇതുപോലെ അധികമായുള്ള ലിഥിയം ലോഹം LiCl ന് പിങ്ക് നിറം നൽകുകയും അധികമായുള്ള പൊട്ടാസിയം KCl ന് വയലറ്റ് (ലൈലാക്) നിറം നൽകുകയും ചെയ്യുന്നു.
- *പോസിറ്റീവ് അയോണുകൾ അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത സ്ഥലത്തു വരുന്നത് മൂലമുണ്ടാകുന്ന അധിക ലോഹ ന്യൂനത.* അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ ZnO നു വെളുത്ത നിറമാണ്. ചൂടാക്കുമ്പോൾ അത് ഓക്സിജൻ നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയും മഞ്ഞ നിറമായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

$$ZnO \xrightarrow{\text{ചൂടാക്കൽ}} Zn^{2+} + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

ഇപ്പോൾ പരലിൽ അധികം Zn ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും അതിന്റെ സൂത്രവാക്യം $Zn_{1+x}O$ എന്നായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. അധികം വരുന്ന Zn^{2+} അയോണുകൾ അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ഇലക്ട്രോണുകൾ തൊട്ടടുത്ത അന്തർകേന്ദ്രീകൃത സ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രവേശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ii. *ലോഹാഭാവ ന്യൂനത (metal deficiency defect)*

രാസസമീകരണമിതിയ അനുപാതത്തിൽ നിർമ്മിക്കാൻ പറ്റാത്ത ധാരാളം ഖരവസ്തുക്കൾ ഉണ്ട്. അവയിൽ ലോഹ ആറ്റങ്ങളുടെ അളവ് രാസസമീകരണമിതിയ അനുപാതത്തേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി FeO. ഇത് കാണപ്പെടുന്നത് മുഖ്യമായും $Fe_{0.95}O$ എന്നാണ്. 0.93 മുതൽ 0.96 വരെ വ്യാപ്തിയിൽ ഇത് കാണപ്പെടാം. FeO പരലുകളിൽ ചില Fe^{2} അയോണുകൾ നഷ്ടപ്പെടുകയും, കുറയുന്ന പോസിറ്റീവ് ചാർജിനെ ആവശ്യമായ Fe^{3} അയോണുകളുടെ സാന്നിധ്യം മൂലം നികത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

1.10 വൈദ്യുത ഗുണങ്ങൾ (Eletcrical Properties)

ഖരങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള വൈദ്യുത ചാലകതയാണ് പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ അളവ് 10^{-20} മുതൽ 10^{7} ohm^{-1} m^{-1} വരെ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു (അതായത് ഏതാണ്ട് 10^{27} അളവിലുള്ള വ്യതിയാനം). ചാലകതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഖരവസ്തുക്കളെ മൂന്നായി വർഗീകരിക്കാം.

1. ചാലകങ്ങൾ : 10^4 മുതൽ 10^7 ohm^{-1} m^{-1} വരെ ചാലകതയുള്ള ഖരങ്ങളെ ചാലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു. ലോഹങ്ങളുടെ കണ്ടക്റ്റിവിറ്റി ഏകദേശം 10^7 ohm^{-1} m^{-1} ആണ്. അവ നല്ല ചാലകങ്ങൾ ആണ്.
2. കുചാലകങ്ങൾ : 10^{-20} മുതൽ 10^{-10} ohm^{-1} m^{-1} വരെ വളരെക്കുറഞ്ഞ ചാലകതയുള്ള ഖരങ്ങളെ കുചാലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു.
3. അർധചാലകങ്ങൾ : 10^{-6} മുതൽ 10^4 ohm^{-1} m^{-1} വരെ ചാലകതയുള്ള ഖരങ്ങളെ അർധചാലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു.

1.10.1 ലോഹങ്ങളിലെ വൈദ്യുത ചാലകത (Conduction of Eletcrictiy in Metals)

ഒരു ചാലകം വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുന്നത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ അല്ലെങ്കിൽ അയോണുകളുടെ ചലനം വഴിയാണ്. ലോഹ ചാലകങ്ങൾ ആദ്യ വിഭാഗത്തിലും, ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ രണ്ടാമത്തെ വിഭാഗത്തിലും വരുന്നു.

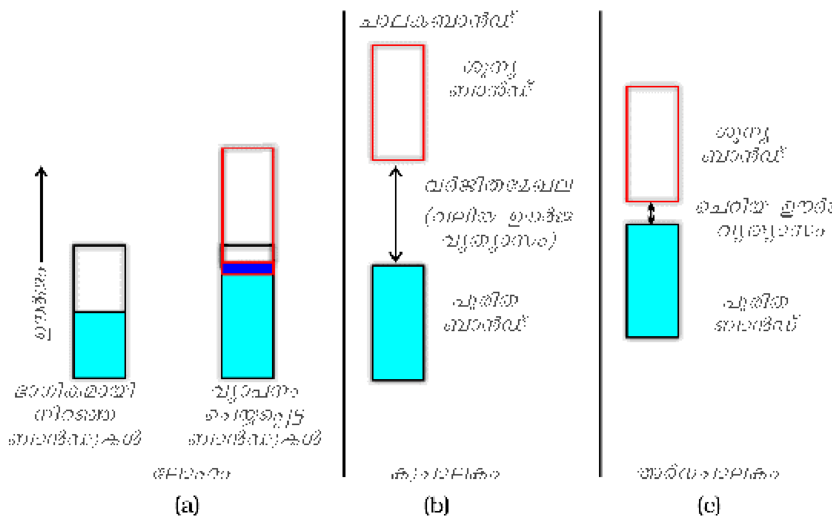
ലോഹങ്ങൾ ഖരാവസ്ഥയിലും ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലും വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുന്നു. ലോഹത്തിന്റെ ചാലകത അതിലെ ആറ്റത്തിന്റെ സംയോജക ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ലോഹ ആറ്റങ്ങളിലെ ഓർബിറ്റലുകൾ കൂടിച്ചേർന്നു മോളിക്യൂലർ ഓർബിറ്റലുകൾ ഉണ്ടാകുകയും അവയുടെ ഊർജം വളരെ അടുത്തായതിനാൽ ഒരു ഊർജ നാട (ബാൻഡ്) ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യും. ഈ ബാൻഡ് ഭാഗികമായി നിറഞ്ഞതായിരിക്കുകയോ അല്ലെങ്കിൽ ഉയർന്ന ഉർജനിലയിലുള്ള ശൂന്യമായ ചാലക ബാൻഡിലേക്കു വ്യാപനം ചെയ്യുകയോ ചെയ്താൽ, പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ഫലമായി ഇലക്ട്രോണുകൾ എളുപ്പത്തിൽ ഒഴുകുകയും ലോഹം ഒരു ചാലകമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 1.33a).

പൂർണമായും നിറഞ്ഞ ഒരു സംയോജക ബാൻഡും തൊട്ടടുത്ത ഉയർന്ന ശൂന്യമായ ചാലക ബാൻഡും തമ്മിലുള്ള അകലം കൂടുതൽ ആണെങ്കിൽ, ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് അതിലേക്ക് ചാടുവാൻ കഴിയാതെവരികയും, അത്തരത്തിലുള്ള വസ്തു വളരെ കുറഞ്ഞ ചാലകത കാണിക്കുകയും ഒരു കുചാലകമായി വർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 1.33b).

1.10.2 അർധചാലകങ്ങളിലെ വൈദ്യുത ചാലകത (Conduction of Eletcrictiy in Semi-conductors)

അർധ ചാലകങ്ങളിൽ സംയോജക ബാൻഡും ചാലക ബാൻഡും തമ്മിലുള്ള വിടവ് ചെറുതാണ്. (ചിത്രം 1.33.c). അതിനാൽ ചില ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലക ബാൻഡിലേക്കു ചാടുകയും അത് കുറച്ചു ചാലകത കാണിക്കുകയും ചെയ്യും. ഊഷ്മാവ് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ചു കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലക ബാൻഡിലേക്കു ചാടുന്നതിനാൽ, അർധചാലകങ്ങളുടെ ചാലകത കൂടുന്നു. സിലിക്കൺ, ജർമേനിയം തുടങ്ങിയ വസ്തുക്കൾ ഈ സ്വഭാവം കാണിക്കുകയും അവയെ ആന്തരിക അർധചാലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ ആന്തരിക അർധചാലകങ്ങളുടെ ചാലകത പ്രായോഗികമായി ഉപയോഗമില്ലാത്ത വിധത്തിൽ വളരെ കുറവാണ്. അനുയോജ്യമായ അളവിൽ ഉചിതമായ അപദ്രവ്യങ്ങൾ (impurities) ചേർത്ത് അവയുടെ ചാലകത വർധിപ്പിക്കാം. ഈ പ്രക്രിയയെ ഡോപിങ്



ചിത്രം 1.33
(a) ലോഹങ്ങൾ
(b) കുചാലകങ്ങൾ
(c) അർധചാലകങ്ങൾ
എന്നിവയിലെ വ്യത്യാസം ഓരോന്നിലും ഷെയ്ഡ് ചെയ്യാത്ത ഭാഗം ചാലക ബാൻഡിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

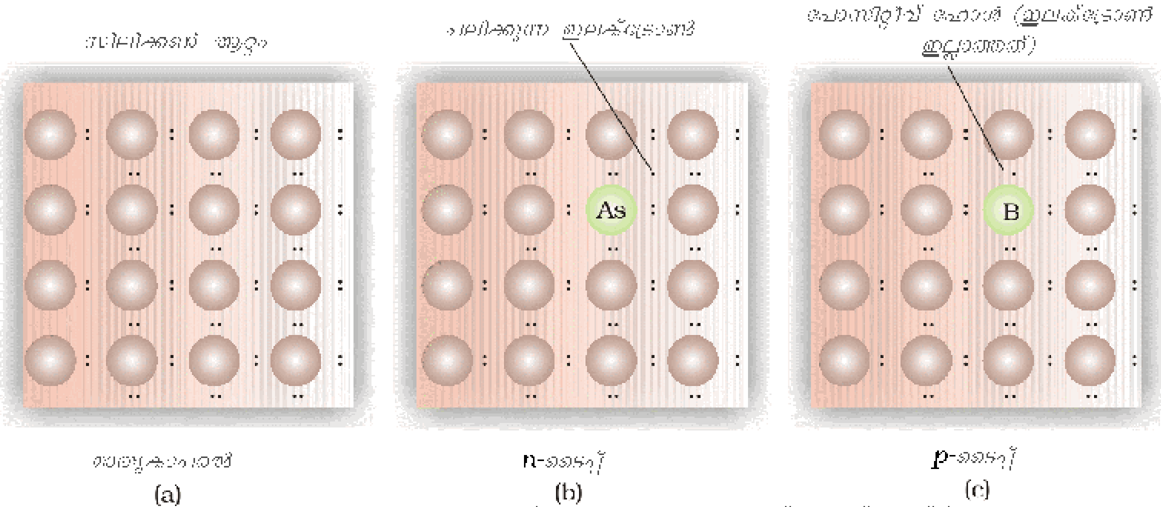
(Doping) എന്ന് പറയുന്നു. ആന്തരിക അർധചാലകങ്ങളായ സിലിക്കൺ അല്ലെങ്കിൽ ജർമേനിയം എന്നിവയെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോൺ സമ്പുഷ്ടമോ, ഇലക്ട്രോൺ ന്യൂനതയുള്ളതോ ആയ അപദ്രവ്യങ്ങൾ കൊണ്ട് ഡോപിങ് നടത്താവുന്നതാണ്. അത്തരത്തിലുള്ള അപദ്രവ്യങ്ങൾ അവയിൽ ഇലക്ട്രോണിക് ന്യൂനതകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.

a. ഇലക്ട്രോൺ-സമ്പുഷ്ട അപദ്രവ്യങ്ങൾ (eletcron rich impurities)

ആവർത്തനപ്പട്ടികയിലെ 14-ാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങളായ സിലിക്കനും ജർമേനിയത്തിനും ബാഹ്യതമ ഷെല്ലിൽ നാല് ഇലക്ട്രോണുകൾ വീതം ആണ് ഉള്ളത്. അവയുടെ പരലുകളിലെ ഓരോ ആറ്റവും മറ്റു നാല് ആറ്റങ്ങളുമായി സഹസംയോജക ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 1.34a). അഞ്ചു സംയോജക ഇലക്ട്രോണുകൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള P, As എന്നിവ പോലുള്ള 15-ാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഡോപിങ് നടത്തിയാൽ ആ ആറ്റങ്ങൾ സിലിക്കണിന്റെയോ ജർമേനിയത്തിന്റെയോ കുറെ ജാലിക സ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. (ചിത്രം 1.34b). അഞ്ചിൽ നാല് ഇലക്ട്രോണുകളും നാല് സമീപ സിലിക്കൺ ആറ്റങ്ങളുമായി നാല് സഹസംയോജക ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. അഞ്ചാമത്തെ ഇലക്ട്രോൺ അധികമാകുകയും വിസ്ഥാനീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ വിസ്ഥാനീകരിക്കപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണുകൾ ഡോപ് ചെയ്യപ്പെട്ട സിലിക്കണിന്റെ (ജർമേനിയത്തിന്റെ) ചാലകത വർധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവിടെ ചാലകത വർധിച്ചത് നെഗറ്റീവ് (negative) ചാർജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാന്നിധ്യത്താലാണ്. അതിനാൽ സമ്പുഷ്ട ഇലക്ട്രോൺ അപദ്രവ്യങ്ങൾ കൊണ്ട് ഡോപ് ചെയ്ത സിലിക്കണിനെ n- ടൈപ് അർധ ചാലകം എന്ന് പറയുന്നു.

b. ഇലക്ട്രോൺ-ന്യൂന അപദ്രവ്യങ്ങൾ (electron deficit impurities)

സിലിക്കണിനെയോ ജർമേനിയത്തെയോ 13 ാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങളായ B, Al, Ga തുടങ്ങിയവുമായി ഡോപ് ചെയ്യാവുന്നതാണ്. 13-ാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങളുടെ ബാഹ്യതമ ഷെല്ലിൽ മൂന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ വീതമാണ് ഉള്ളത്. നാലാമത്തെ സംയോജക ഇലക്ട്രോൺ കാണാത്ത സ്ഥലത്തെ ഇലക്ട്രോൺ ഹോൾ എന്നോ ഇലക്ട്രോൺ ശൂന്യത എന്നോ പറയും. (ചിത്രം 1.34c). തൊട്ടു സമീപത്തുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഈ ശൂന്യത നികത്തിയാൽ, ഒരു പുതിയ ശൂന്യത അത് ഇരുന്ന സ്ഥലത്തു ഉണ്ടാക്കും. അങ്ങനെ സംഭവിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോൺ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദിശയ്ക്ക് വിപരീതമായി ശൂന്യത ചലിക്കുന്നതായി തോന്നും. ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള പ്ലേറ്റിലേക്കു ശൂന്യതകളിൽ കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നു. ശൂന്യതകൾക്ക് പോസിറ്റീവ് ചാർജ് ഉള്ളതായും അതിനാൽ അവ നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള ഇലക്ട്രോഡിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതായി തോന്നുകയും ചെയ്യും. ഇത്തരത്തിലുള്ള അർധ ചാലകങ്ങളെ p ടൈപ് അർധ ചാലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു.



ചിത്രം 1.34 : 15, 13 എന്നീ ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഡോപ് ചെയ്ത് രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട n-ടൈപ്പ്, p-ടൈപ്പ് അർധചാലകങ്ങൾ

n, p ടൈപ് അർധചാലകങ്ങളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ (applications of n-type and p-type semiconductors)

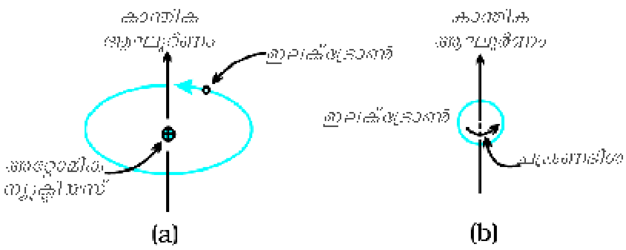
ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങളുടെ ഘടകങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ n ടൈപ് p ടൈപ് അർധചാലകങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത സംയോഗങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഡയോഡ് എന്നത് n-ടൈപ് p ടൈപ് അർധചാലകങ്ങളുടെ ഒരു സംയോഗം ആണ്. അത് ഒരു റെക്റ്റിഫയർ ആയി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നത് ഒരു തരം അർധചാലക പാളി മറ്റൊരുതരം അർധചാലകത്തിന്റെ രണ്ടു പാളികൾക്കിടയിൽ ചേർത്തുവച്ചിട്ടാണ്. റേഡിയോ ഓഡിയോ സിഗ്നലുകൾ കണ്ടുപിടിക്കാനും ശക്തീകരിക്കാനും npn, pnp തരത്തിലുള്ള ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. സോളാർ സെൽ ഫലപ്രദമായി പ്രകാശോർജം വൈദ്യുതോർജമായി മാറ്റാനുപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ഫോട്ടോ ഡയോഡാണ്.

പതിനാലാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകങ്ങളായ സിലിക്കോണും ജർമേനിയവും വജ്രത്തിന്റേതുപോലെ നാലു ബന്ധനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു, കാരണം അവയ്ക്കു നാല് സംയോജക ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉണ്ട്. ഖരാവസ്ഥാ വസ്തുക്കൾ ധാരാളമായി 13, 15 ഗ്രൂപ്പുകളുടെ അല്ലെങ്കിൽ 12, 16 ഗ്രൂപ്പുകളുടെ സംയോഗം വഴി നിർമ്മിക്കുന്നുണ്ട്. കാരണം ഇവയിൽ സിലിക്കൺ ജെർമേനിയം എന്നിവയിലേതുപോലെ ശരാശരി സംയോജകത നാലായിരിക്കും.സവിശേഷമായ 13,15 ഗ്രൂപ്പ് സംയുക്തങ്ങളാണ് InSb, AlP, GaAs. വേഗത്തിലുള്ള പ്രതികരണം കാരണം, ഗാലിയം ആർസിനൈഡ് (GaAs), അർധചാലക ഉപകരണങ്ങളുടെ രൂപകല്പനയിൽ വിപ്ലവകരമായ മാറ്റങ്ങളാണ് വരുത്തിയത്. ഗ്രൂപ്പ് 12 -16 സംയുക്തങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് ZnS, CdS, CdSe, HgTe എന്നിവ. ഈ സംയുക്തങ്ങളിൽ ബന്ധനങ്ങൾ പൂർണമായും സഹസംയോജകമായിരിക്കില്ല. അവയുടെ അയോണിക സ്വഭാവം രണ്ടു മൂലകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോനെഗറ്റിവിറ്റിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

വൈദ്യുത ഗുണങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ സംക്രമണ മൂലകങ്ങളുടെ ഓക്സൈഡുകൾ വളരെ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നു എന്നുള്ളത് വളരെ രസകരമായ കാര്യമാണ്. TiO, CrO_2, ReO_3 തുടങ്ങിയവ ലോഹ സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. ചാലകതയിലും കാഴ്ചയിലും ReO_3 കോപ്പർ ലോഹത്തെപ്പോലെയാണ്. മറ്റു ചില ഓക്സൈഡുകളായ VO, VO_2, VO_3, TiO_3 എന്നിവ താപനിലയനുസരിച്ച് ലോഹത്തിന്റെ സ്വഭാവമോ കുചാലകത്തിന്റെ സ്വഭാവമോ കാണിക്കുന്നു.

1.11. കാന്തിക ഗുണങ്ങൾ (Magnetic Properties)

എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും അവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില കാന്തിക ഗുണങ്ങൾ ഉണ്ട്. വസ്തുക്കളിലെ ഇലക്ട്രോണുകളിലാണ് ഈ ഗുണങ്ങളുടെ ഉത്ഭവം. ആറ്റത്തിലെ ഓരോ ഇലക്ട്രോണും ഒരു ചെറിയ കാന്തം പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ചലനങ്ങളിൽ നിന്നാണ് കാന്തിക ആഘൂർണം (magnetic moment) ഉണ്ടാകുന്നത്, (i). ന്യൂക്ലിയസിനു ചുറ്റുമുള്ള ഓർബിറ്റൽ ചലനവും (orbital motion) ii. സ്വന്തം അക്ഷത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള ഭ്രമണവും (spin). (ചിത്രം 1.35). ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ നടത്തുന്ന ചാർജുള്ള കണമായ ഇലക്ട്രോണിനെ കാന്തിക ആക്കം വഹിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ വളയമുള്ള കുരുക്കായി കണക്കാക്കാം. അതായതു ഓരോ ഇലക്ട്രോണിനും അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടു ഒരു ചക്രണ കാന്തിക ആഘൂർണവും ഓർബിറ്റൽ കാന്തിക ആഘൂർണവും ഉണ്ടായിരിക്കും (spin magnetic moment and orbital magnetic moment). കാന്തിക ആഘൂർണത്തിന്റെ വലിപ്പം വളരെ ചെറുതും അത് അളക്കുന്നത് ബോർ മാഗ്നെറ്റോൺ (Bohr magneton, μ_B) എന്ന അളവിലുമാണ്. അതിന്റെ മൂല്യം 9.27×10^{-24} A m^2 ആണ്.



ചിത്രം **1.35:** *കാന്തിക ആഘൂർണ ചിത്രീകരണം (a) ഓർബിറ്റലിൽ ചലിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ (b) ഒരു ചക്രണ ഇലക്ട്രോൺ*

കാന്തിക ഗുണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വസ്തുക്കളെ അഞ്ചായി തിരിക്കാം. i. അനുകാന്തികം ii. പ്രതികാന്തികം iii. ഫെറോകാന്തികം iv. വിപരീതഫെറോകാന്തികം v. ഫെറികാന്തികം

(i) *അനുകാന്തികം (paramagnetism)*: അനുകാന്തിക വസ്തുക്കളെ ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രം ദുർബലമായി ആകർഷിക്കുന്നു. അവ ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ അതേ ദിശയിൽ കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നു.

കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ അവയുടെ കാന്തികത നഷ്ടപ്പെടുന്നു. കാന്തിക

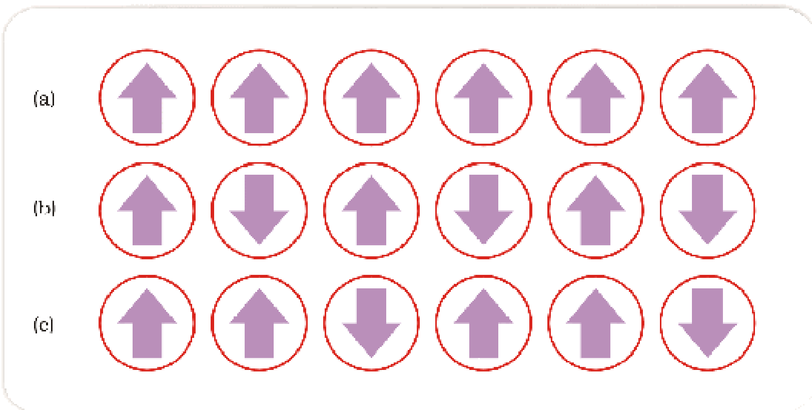
മണ്ഡലത്താൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്ന ഒന്നോ അതിലധികമോ ജോഡിയല്ലാത്ത ഇലക്ട്രോണുകളുടെ (ഒറ്റ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ) സാന്നിധ്യമാണ് അനുകാന്തികത്തിനു കാരണം. അത്തരത്തിലുള്ള ചില പദാർഥങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് O_2, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+} .

(ii) *പ്രതികാന്തികം (diamagnetism)* : പ്രതികാന്തിക വസ്തുക്കൾ ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ ദുർബലമായി വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. H_2O, NaCl, C_6H_6 തുടങ്ങിയവ അത്തരത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അവ ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ എതിർ ദിശയിൽ ദുർബലമായി കാന്തികവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രതികാന്തികം കാണപ്പെടുന്നത് എല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകളും ജോഡികരിച്ച പദാർഥങ്ങളിലാണ്. ഇവിടെ ജോഡികരിക്കാത്ത ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ജോഡികരണം അവയുടെ മാഗ്നറ്റിക് മൊമന്റ് ദുർബലപ്പെടുത്തുകയും കാന്തികത നഷ്ടമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

(iii) *ഫെറോകാന്തികം (ferromagnetism)* : അയൺ, കൊബാൾട്, നിക്കൽ, ഗഡോലിനിയം, CrO_2 മുതലായ ചില വസ്തുക്കളെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം ശക്തിയായി ആകർഷിക്കുന്നു. അത്തരം വസ്തുക്കളെ ഫെറോകാന്തിക വസ്തുക്കൾ എന്ന് പറയുന്നു. ശക്തിയേറിയ ആകർഷണത്തിനു പുറമെ ഈ വസ്തുക്കളെ സ്ഥിരമായി കാന്തികമാക്കാം. ഖരാവസ്ഥയിൽ ഫെറോകാന്തിക വസ്തുക്കളുടെ ലോഹ അയോണുകൾ ഡൊമൈനുകൾ എന്ന ചെറിയ മേഖലകളായി ഒന്നിച്ചു ചേർന്നിരിക്കും. അങ്ങനെ ഓരോ ഡൊമൈനും ഒരു ചെറിയ കാന്തമായി പ്രവർത്തിക്കും. കാന്തികവൽക്കരിക്കാത്ത ഒരു ഫെറോകാന്തിക വസ്തുവിൽ ഈ ഡൊമൈനുകൾ ക്രമമില്ലാതെ വിവിധ ദിശകളിൽ കാണപ്പെടുകയും അവയുടെ കാന്തിക ആഘൂർണങ്ങൾ റദ്ദുചെയ്യുക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ വസ്തു ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ എല്ലാ ഡൊമൈനുകളും കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുകയും ശക്തിയേറിയ കാന്തിക പ്രഭാവം രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 1.36 a). ഡൊമൈനുകളുടെ ഈ ക്രമീകരണം കാന്തിക മണ്ഡലം പിൻവലിച്ചാലും നിലനിൽക്കുകയും ആ വസ്തു ഒരു സ്ഥിര കാന്തമായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

(iv) *വിപരീതഫെറോകാന്തികം (antiferromagnetism)*: വിപരീതഫെറോകാന്തികം കാണിക്കുന്ന MnO പോലുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് ഫെറോകാന്തിക വസ്തുക്കളുടേതുപോലുള്ള ഡൊമൈൻ ഘടന ആയിരിക്കുമെങ്കിലും അവ തുല്യമായി വിപരീത ദിശകളിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ മാഗ്നറ്റിക് മൊമന്റുകൾ പരസ്പരം റദ്ദുചെയ്യപ്പെടും. (ചിത്രം 1.36 b).

(v) *ഫെറികാന്തികം (ferrimagnetism)*: വസ്തുക്കളിലെ ഡൊമൈനുകളുടെ മാഗ്നറ്റിക് മൊമന്റുകൾ സമാന്തരമായും എതിർദിശകളിലായും വ്യത്യസ്ത എണ്ണത്തിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഫെറികാന്തികം ഉണ്ടാകുന്നു. (ചിത്രം 1.36.c). ഫെറോകാന്തിക വസ്തുക്കളെ അപേക്ഷിച്ചു ഇവയെ ദുർബലമായാണ് കാന്തിക ക്ഷേത്രം ആകർഷിക്കുന്നത്. Fe_3O_4 (മാഗ്നെറൈറ്റ്), ഫെറൈറ്റുകൾ $MgFe_2O_4$, $ZnFe_2O_4$ തുടങ്ങിയവ ഇത്തരം വസ്തുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ചൂടാക്കുമ്പോൾ ഈ പദാർഥങ്ങളുടെ ഫെറികാന്തിക സ്വഭാവം നഷ്ടപ്പെടുകയും അനുകാന്തികമായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം **1.36:** *മാഗ്നറ്റിക് മൊമെന്റുകളുടെ ക്രമീകരണത്തിന്റെ ചിത്രരൂപം (a) ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് (b) ആന്റിഫെറോമാഗ്നറ്റിക് (c) ഫെറിമാഗ്നറ്റിക്*

പാഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1.19 ഒരു ഖരവസ്തു ചൂടാക്കുമ്പോൾ എന്ത് തരത്തിലുള്ള ന്യൂനതകൾ ആണ് ഉണ്ടാകാവുന്നത്? ഏതു ഭൗതിക ഗുണമാണ് ഇതിനാൽ ബാധിക്കപ്പെടുന്നത്? ഏതു രീതിയിൽ?

1.20 ഏതു തരത്തിലുള്ള രാസസമീകരണമിതി ന്യൂനതകളാണ് താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ കാണിക്കുന്നത്?

i. ZnS ii. AgBr

1.21 അയോണിക ഖരങ്ങളിൽ ഉയർന്ന സംയോജകതയുള്ള ധന അയോണുകൾ അപദ്രവ്യങ്ങളായി ചേർക്കുമ്പോൾ ഒഴിവുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് വിശദമാക്കുക?

1.22 ലോഹാധികന്യൂനതമൂലം ആനയോണിക് ഒഴിവുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന അയോണിക ഖരങ്ങളിൽ എന്തുകൊണ്ട് നിറമുണ്ടാകുന്നു? ഉദാഹരണസഹിതം വിശദീകരിക്കുക.

1.23 ഉചിതമായ ഒരു അപദ്രവ്യം കൊണ്ട്, ഒരു 14ാം ഗ്രൂപ്പ് മൂലകത്തെ ഡോപിങ് വഴി ഒരു n-ടൈപ്പ് അർധചാലകമായി മാറ്റുന്നു. ഈ അപദ്രവ്യം ഏതു ഗ്രൂപ്പിലുൾപ്പെട്ടതാണ്?

1.24 ഏതു തരത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളാണ് നല്ല സ്ഥിരകാന്തങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നത്, ഫെറോമാഗ്നെറ്റിക്കോ അതോ ആന്റി ഫെറിമാഗ്നെറ്റിക്കോ? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരത്തെ സാധൂകരിക്കുക.

സംഗ്രഹം

ഖരങ്ങൾക്കു നിശ്ചിത പിണ്ഡവും വ്യാപ്തവും ആകൃതിയും ഉണ്ട്. ഇതിനു കാരണം അവയുടെ ഘടക കണികകളുടെ നിശ്ചിത സ്ഥാനവും, കണികകൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരക്കുറവും അവതമ്മിലുള്ള ശക്തിയേറിയ പാരസ്പര്യവുമാണ്. അമോർഫസ് ഖരങ്ങളിൽ ഘടക കണികകളുടെ ക്രമീകരണം പരിധി കുറഞ്ഞതാണ്. അതിനാൽ അവ അതിശീതീകൃത ദ്രാവകങ്ങളെപ്പോലെ പെരുമാറുന്നു. കൃത്യമായ ദ്രവനിലയില്ലാത്ത അവ, സമദൈശികമായിരിക്കും. പരൽ ഖരങ്ങളിൽ ഘടകകണങ്ങളുടെ പരിധി കൂടിയ ക്രമമാണുള്ളത്. അവയ്ക്ക് കൃത്യമായ ദ്രവനിലയും അസമദൈശികതയും അവയുടെ കണികകൾക്കു സവിശേഷമായ ആകൃതിയും ഉണ്ടായിരിക്കും. പരൽ ഖരങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ അവയുടെ ഘടകകണങ്ങളുടെ പാരസ്പര്യ സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലായിരിക്കും. ഈ സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പരൽ ഖരങ്ങളെ തന്മാത്രാഖരങ്ങൾ, അയോണികഖരങ്ങൾ, ലോഹീയഖരങ്ങൾ, സഹസംയോജകഖരങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ നാലായി തരംതിരിക്കാം. അവ സ്വഭാവങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നു.

ഒരു പരൽ ഖരത്തിലെ ഘടകകണങ്ങൾ ത്രിമാനതലത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക ക്രമത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ക്രമീകരണം വിവരിക്കുന്നത് പരൽ ജാലിക എന്നു വിളിക്കുന്ന ത്രിമാനതലത്തിലെ ബിന്ദുക്കളുടെ ഒരു നിരയായിട്ടാണ്. ഓരോ ജാലികാ ബിന്ദുവും ത്രിമാനതലത്തിലെ ഒരു കണത്തിന്റെ സ്ഥാനം കാണിക്കുന്നു. മൊത്തത്തിൽ ബ്രവൈസ് ജാലികകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന പതിനാലു ജാലികകൾ സാധ്യമാണ്. ഓരോ ജാലികയുമുണ്ടാകുന്നത് അവയുടെ തനതുസ്വഭാവമുള്ള ചെറിയ ഭാഗങ്ങളായ യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളുടെ ആവർത്തനം വഴിയാണ്. ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ സവിശേഷതകളാണ് അവയുടെ വക്കുകളുടെ നീളവും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള മൂന്ന് കോണുകളും. യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ ഒന്നുകിൽ മൂലകളിൽ മാത്രം കണങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്ന ആദിമയൂണിറ്റ് സെല്ലുകളോ അല്ലെങ്കിൽ കേന്ദ്രീകൃതമോ ആകാം. കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾക്ക് അധിക കണങ്ങൾ അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തോ, ഓരോ മുഖത്തിന്റെയും മധ്യഭാഗത്തോ (ഫലക കേന്ദ്രീകൃതം), എതിർ മുഖങ്ങളുടെ മധ്യഭാഗത്തോ (അഗ്ര കേന്ദ്രീകൃതം) ആകാം. ഏഴു തരത്തിലുള്ള ആദിമയൂണിറ്റ് സെല്ലുകളാണ് ഉള്ളത്. കേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളെക്കൂടി കണക്കിലെടുത്താൽ മൊത്തം പതിനാല് തരത്തിലുള്ള യൂണിറ്റ് സെല്ലുകളാണ് ഉള്ളത്. അവയാണ് പതിനാല് ബ്രാവൈസ് ജാലികകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

കണങ്ങളുടെ നിബിഡസങ്കലിതം വളരെ ക്ഷമത കൂടിയ ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിതം (hcp). ക്യൂബിക് നിബിഡ സങ്കലിതം (ccp) എന്നി രണ്ടു ജാലികകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. രണ്ടാമത്തേതിനെ മുഖ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ജാലിക എന്നും പറയുന്നു. ഈ രണ്ടു ജാലിക സങ്കലിതത്തിലും 74% സ്ഥലം നിറയുന്നു. ബാക്കി വരുന്ന ഒഴിഞ്ഞ സ്ഥലം രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഒന്ന് അഷ്ടമുഖ ശൂന്യസ്ഥലം എന്നും മറ്റൊന്ന് ചതുർമുഖ ശൂന്യസ്ഥലം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. മറ്റുതരത്തിലുള്ള സങ്കലിതങ്ങൾ

നിബിഡമല്ല. അവയുടെ ക്ഷമത വളരെക്കുറവാണ്. അന്തർകേന്ദ്രീകൃത യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ (bcc) 68 % സ്ഥലം നിറയുന്നു. ആദിമ ക്യൂബിക് ജാലികയിൽ 52.4% സ്ഥലം നിറയുന്നു.

ഖരങ്ങളുടെ ഘടന പൂർണമല്ല. അവയിൽ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള അപൂർണതകൾ അല്ലെങ്കിൽ ന്യൂനതകൾ ഉണ്ട്. ബിന്ദു ന്യൂനതകളും രേഖാ ന്യൂനതകളുമാണ് സാധാരണ രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ന്യൂനതകൾ. ബിന്ദു ന്യൂനതകൾ മൂന്ന് തരത്തിലാണ് ഉള്ളത് – രാസസമീകരണമിതിയ ന്യൂനതകൾ, അപദ്രവ്യ ന്യൂനതകൾ, രാസഅസമീകരണമിതിയ ന്യൂനതകൾ എന്നിവയാണ് അവ. ഒഴിവു ന്യൂനതകളും അന്തർസ്ഥാനീയ ന്യൂനതകളുമാണ് രണ്ടു അടിസ്ഥാന രാസസമീകരണമിതീയ ബിന്ദു ന്യൂനതകൾ. അയോണിക ഖരങ്ങളിൽ ഈ ന്യൂനതകൾ ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനതകൾ എന്നും ഷോട്ക്കി ന്യൂനതകൾ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. പരലുകളിലെ അപദ്രവ്യങ്ങൾ കൊണ്ട് അപദ്രവ്യ ന്യൂനതകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അയോണിക ഖരങ്ങളിൽ, അപദ്രവ്യ അയോണിന് പ്രധാന അയോണിനെക്കാൾ വ്യത്യസ്ത സംയോജകതയാണെങ്കിൽ കുറച്ചു ഒഴിവുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. രാസഅസമീകരണമിതീയ ന്യൂനതകൾ രണ്ടു തരത്തിൽ ഉണ്ട് ലോഹാധികന്യൂനതയും ലോഹാഭാവ ന്യൂനതയും. ചിലപ്പോൾ നിശ്ചിത അളവിൽ അപദ്രവ്യങ്ങൾ അർധചാലകങ്ങളിൽ ഡോപിങ് വഴി ചേർക്കുന്നത് അവയുടെ വൈദ്യുത ഗുണങ്ങളിൽ ഗുണകരമായ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്നു. ഇലക്ട്രോണിക് വ്യവസായങ്ങളിൽ ഇത്തരം പദാർഥങ്ങൾ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഖരങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള കാന്തിക ഗുണങ്ങളായ അനുകാന്തികം, പ്രതികാന്തികം, ഫെറോകാന്തികം, ആന്റി ഫെറോകാന്തികം, ഫെറി കാന്തികം എന്നിവ കാണിക്കുന്നു. ഓഡിയോ, വീഡിയോ, മറ്റു റെക്കോർഡിങ് ഉപകരണങ്ങൾ എന്നിവയിൽ ഈ ഗുണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ ഗുണങ്ങളെല്ലാം ആ വസ്തുക്കളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസത്തെയും ഘടനയെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

പരിശീലനചോദ്യങ്ങൾ

1.1 അമോർഫോസ് എന്ന പദം നിർവചിക്കുക. അമോർഫസ്ഖരവസ്തുക്കൾക്ക് കുറച്ചു ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക.

1.2 ക്വാർട്സ് പോലുള്ള പദാർഥത്തിൽനിന്ന് എങ്ങനെയാണ് ഗ്ലാസ് വ്യത്യസ്തമാകുന്നത്? ഏതെല്ലാം സാഹചര്യങ്ങളിലാണ് ക്വാർട്സ് ഗ്ലാസ്സായി മാറുന്നത്?

1.3 തന്നിരിക്കുന്ന ഓരോ ഖരത്തെയും അയോണിക, ലോഹീയ, തന്മാത്രാ, ശൃംഖലാ (സഹസംയോജക) അല്ലെങ്കിൽ അമോർഫസ് ഖരങ്ങൾ എന്ന് വർഗീകരിക്കുക.

(i) ടെട്രാ ഫോസ്ഫറസ് ഡെക്കോക്സൈഡ് (P_4O_{10})

(ii) അമോണിയം ഫോസ്ഫേറ്റ് $(NH_4)_3PO_4$

(iii) SiC	(iv) I_2	(v) P_4
(vi) പ്ലാസ്റ്റിക്സ്	(vii) ഗ്രാഫൈറ്റ്	(viii) ബ്രാസ്
(ix) Rb	(x) LiBr	(xi) Si

1.4 (i) ഉപസംയോജക സംഖ്യ എന്ന പദം കൊണ്ട് എന്താണർഥമാക്കുന്നത്?

(ii) ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ആറ്റങ്ങളുടെ ഉപസംയോജക സംഖ്യ എന്താണ്?

a. ഒരു ക്യൂബിക് നിബിഡസങ്കലിത ഘടനയിൽ

b. ഒരു അന്തരകേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ഘടനയിൽ

1.5 ഒരു ലോഹത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും അതിന്റെ യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ അളവുകളും അറിയാമെങ്കിൽ എപ്രകാരം അതിന്റെ അറ്റോമിക മാസ് കണ്ടുപിടിക്കാം? വിശദീകരിക്കുക?

1.6 ഒരു പരലിന്റെ സ്ഥിരത അതിന്റെ ദ്രവണാങ്കത്തിന്റെ വലിപ്പത്തിൽ പ്രതിഫലിക്കപ്പെടുന്നു. വ്യാഖ്യാനിക്കുക. ഐസിന്റെയും, ഈതൈൽ ആൽക്കഹോളിന്റെയും, ഡൈ ഈതൈൽ ഈതറിന്റെയും മീതേന്റെയും ദ്രവണാങ്കം ഒരു ഡാറ്റ പുസ്തകത്തിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തുക. ഇവയിലെ തന്മാത്രാന്തര ബലത്തെക്കുറിച്ചു നിങ്ങളുടെ അഭിപ്രായം പറയുക.

1.7 തന്നിരിക്കുന്ന പദ ജോഡികളെ നിങ്ങൾ എങ്ങനെ വിവേചിക്കും?

i. ഷഡ്ഭുജ നിബിഡസങ്കലിതവും ക്യൂബിക് നിബിഡസങ്കലിതവും

ii. പരൽ ജാലികയും യൂണിറ്റ് സെല്ലും

iii. ചതുർക ശൂന്യതയും അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യതയും

1.8. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ഒരു യൂണിറ്റ് സെല്ലിൽ എത്ര ജാലികാ ബിന്ദുക്കൾ ഉണ്ട്?

i. ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക്

ii. ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ടെട്രഗണൽ

iii. അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക്

1.9 താഴെപ്പറയുന്നവ വിശദീകരിക്കുക

i. ലോഹീയവും അയോണികവുമായ പരലുകളുടെ സാദൃശ്യത്തിന്റെയും വ്യത്യാസത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനം.

ii. അയോണിക ഖരങ്ങൾ ദൃഢവും എളുപ്പത്തിൽ പൊട്ടിപ്പോകുന്നതുമാണ്.

1.10 താഴെപ്പറയുന്ന ലോഹീയ പരലുകളുടെ സങ്കലിതക്ഷമത കണ്ടുപിടിക്കുക.

i. ആദിമ ക്യൂബിക്

ii. അന്തർ കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക്

iii. ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് (ആറ്റങ്ങളെല്ലാം പരസ്പരം തൊട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക.)

1.11 സിൽവർ fcc ജാലികയിൽ പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വക്കിന്റെ നീളം 4.07×10^{-8}cm ഉം സാന്ദ്രത 10.5 g cm^{-3} ഉം ആണെങ്കിൽ സിൽവറിന്റെ അറ്റോമിക മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക?

1.12 P, Q എന്നീ മൂലകങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒരു ക്യൂബിക് ഖരം ഉണ്ടാകുന്നു. Q ആറ്റങ്ങൾ ക്യൂബിന്റെ മൂലകളിലും P അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ഭാഗത്തും. ഈ സംയുക്തത്തിന്റെ സൂത്രവാക്യം എന്ത്? P യുടെയും Q വിന്റേയും ഉപസംയോജക സംഖ്യ എത്ര?

1.13 നിയോബിയം അന്തർകേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് ഘടനയിൽ പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ സാന്ദ്രത 8.55g cm^{-3}, അറ്റോമിക് മാസ് 93u വും ആണെങ്കിൽ നിയോബിയത്തിന്റെ അറ്റോമിക ആരം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.14 ഒരു അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യതയുടെ ആരം r ഉം നിബിഡ സങ്കലനം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ആറ്റത്തിന്റെ ആരം R ഉം ആണെങ്കിൽ, അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം നിർധാരണം ചെയ്യുക.

1.15 കോപ്പർ fcc ജാലികയിൽ പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. വക്കിന്റെ നീളം 3.61×10^{-8} cm. കണക്കാക്കപ്പെട്ട സാന്ദ്രത അതിന്റെ അളന്നുകിട്ടിയ സാന്ദ്രതയായ 8.92 g cm^{-3} നു യോജിച്ചതാണെന്നു തെളിയിക്കുക.

1.16 വിശകലനം കാണിക്കുന്നത് നിക്കൽ ഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രവാക്യം $Ni_{0.98}O_{1.00}$ എന്നാണ്. അങ്ങനെയെങ്കിൽ Ni^{2+}/Ni^{3+} അയോണുകളുടെ ഭിന്നകത്തിന്റെ അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.17 എന്താണ് ഒരു അർധചാലകം? രണ്ടു പ്രധാനതരത്തിലുള്ള അർധചാലകങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക. അവയുടെ ചാലകരീതി താരതമ്യം ചെയ്യുക.

1.18 രാസഅസമീകൃത കുപ്രസ്ഓക്സൈഡിനെ പരീക്ഷണ ശാലയിൽ തയാറാക്കാം. ഈ ഓക്സൈഡിൽ കോപ്പർ ഓക്സിജൻ അനുപാതം 2:1 നേക്കാൾ അല്പം കുറവാണ്. ഇതൊരു p ടൈപ്പ് അർധ ചാലകം ആണെന്ന് നിങ്ങൾക്കു വിശദീകരിക്കാമോ?

1.19 ഫെറിക് ഓക്സൈഡിൽ ഓക്സൈഡ് അയോൺ ഷഡ്ഭുജ നിബിഡ സങ്കലിത രീതിയിൽ പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിൽ 2/3 അഷ്ടഫലകീയ ശൂന്യതകളിൽ ഫെറിക് അയോണുകൾ ഇരിക്കുന്നു എങ്കിൽ ഫെറിക് ഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.20 താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയെ p ടൈപ്പ്, n ടൈപ്പ് അർധചാലകങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ വർഗീകരിക്കുക.

i. ഇൻഡിയത്താൽ ഡോപ് ചെയ്യപ്പെട്ട ജർമേനിയം

ii. ബോറോണിനാൽ ഡോപ് ചെയ്യപ്പെട്ട സിലിക്കൺ

1.21 ഗോൾഡ് (അറ്റോമിക ആരം = 0.144nm) ഫലക കേന്ദ്രീകൃത ക്യൂബിക് യൂണിറ്റ് സെല്ലുക ളായി പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. സെല്ലിന്റെ ഒരു വശത്തിന്റെ നീളം എത്ര?

1.22 ബാൻഡ് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കുക.

i. ചാലകവും കുചാലകവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം

ii. ഒരു ചാലകവും അർധ ചാലകവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം.

1.23 താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന പദങ്ങളെ ഉചിതമായ ഉദാഹരണങ്ങളോട് കൂടി വിശദീകരിക്കുക.

i. ഷോട്ട്കി ന്യൂനത ii. ഫ്രെങ്കൽ ന്യൂനത iii. അന്തരസ്ഥാനീയങ്ങൾ iv. F സെന്റർ

1.24 അലൂമിനിയം ccp ഘടനയിൽ പരലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ ലോഹീയ ആരം 125pm ആണ്.

i. യൂണിറ്റ് സെല്ലിന്റെ വശത്തിന്റെ നീളം എത്ര?

ii. $1cm^3$ അലൂമിനിയത്തിൽ എത്ര യൂണിറ്റ് സെല്ലുകൾ ഉണ്ട്?

1.25 NaCl നെ 10^{-3} mol% $SrCl_2$ വച്ച് ഡോപ് ചെയ്താൽ ധന അയോണുകളുടെ ഒഴിവുകളുടെ ഗാഢത എത്ര?

1.26 താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയെ ഉചിതമായ ഉദാഹരണങ്ങളോട് കൂടി വിശദീകരിക്കുക.

i. ഫെറോകാന്തികം

ii. അനുകാന്തികം

iii. ഫെറികാന്തികം

iv. വിപരീത ഫെറോകാന്തികം

v. 12-16 , 13-15 ഗ്രൂപ്പ് സംയുക്തങ്ങൾ

ചില പാഠചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരങ്ങൾ

1.14 4

1.15 ആകെ ശൂന്യതകളുടെ എണ്ണം = 9.033×10^{23}

ചതുർക ശൂന്യതകളുടെ എണ്ണം = 6.022×10^{23}

1.16 M_2N_3

1.18 ccp