

Chapter-06 Semiconductor Physics

- 6.1 Energy bands in solids (Definition only)Types of materials (insulator, semi conductor, conductor), intrinsic and extrinsic semiconductors, p-n junction and P N junction diode and its V-I characteristics
- 6.2 Diode as rectifier – half wave and full wave rectifier (center taped),
- 6.3 Semiconductor transistor, PNP and NPN (concepts only) and some electronic application (list only)
- 6.4 Application of semiconductor diodes (Zener, LED).

1. चालक (Conductor)

- चालक पदार्थ वे होते हैं जिनमें विद्युत चालन हेतु पर्याप्त मात्रा में मुक्त इलेक्ट्रॉन उपलब्ध हैं। अतः इनमें थोड़ा से विद्युत क्षेत्र लगाते ही ये मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रवाहित होने लगे तथा जिससे उनमें इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के कारण धारा प्रवाहित होने लगे, वही पदार्थ चालक पदार्थ कहलाते हैं।
- Conductor are those materials in which sufficient quantity of free electrons are available for conduction of electricity. Therefore, as soon as a little electric field is applied to them, these free electrons start flowing and due to the flow of electrons in them, current starts flowing, those materials are called conductor materials.

Example

- कॉपर, सिल्वर, पीतल, एल्यूमीनियम, प्लेटिनम आदि।
- Copper, Silver, Brass, Aluminium, Platinum etc.

2. अचालक या विद्युत रोधी (Insulator):-

- अचालक वे पदार्थ होते हैं जिनके संयोजी इलेक्ट्रॉन अपने जनक-परमाणु (Parent atom) से इतनी दृढ़तापूर्वक बँधे रहते हैं कि इनमें विद्युत क्षेत्र लगाने पर इनमें धारा का प्रवाह नहीं होता है। इसलिए इन्हें अचालक या विद्युतरोधी पदार्थ कहते हैं।
- **Non-conductors are those substances whose valence electrons are so strongly bound to their parent atom that no current flows in them when an electric field is applied. Therefore, they are called non-conductors or insulating substances.**

Example

- लकड़ी, अभ्रक, काँच तथा एबोनाइट आदि।
- Wood, mica, glass and ebonite etc.

(3) Semiconductor (अर्धचालक) → चालक (Conductor)
→ अचालक (Insulator)

3. अर्द्धचालक (Semi-conductor) -

- एक अर्द्धचालक पदार्थ वह होता है जिसके विद्युतीय गुण चालकों और अचालक के मध्य होते हैं, अर्थात् जो न तो पूर्णतः चालक होते हैं और न तो पूर्णतः अचालक होते हैं। इस प्रकार के पदार्थों को अर्द्धचालक पदार्थ कहते हैं।
- A semiconductor material is one whose electrical properties lie between conductors and non-conductors, that is, which are neither completely conductors nor completely non-conductors. Such materials are called semiconductors.

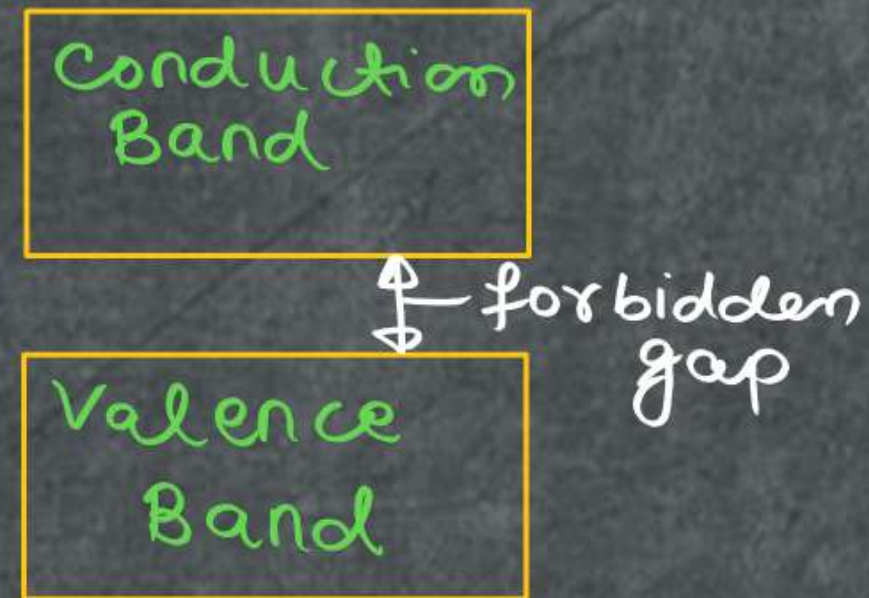
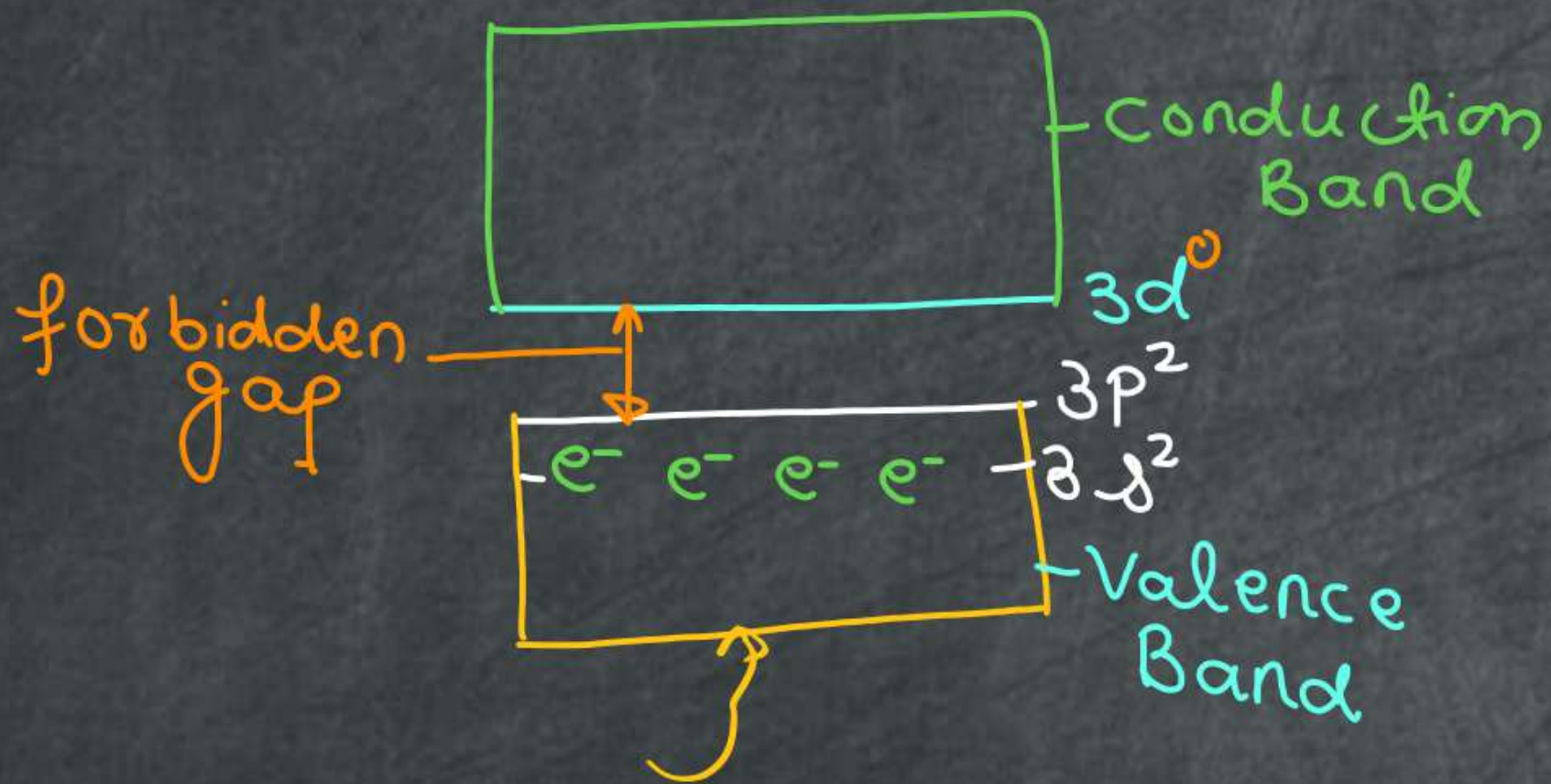
Example

- जर्मेनियम (Ge), सिलिकॉन (Si) तथा सिलिनियम (Se)
- Germanium (Ge), Silicon (Si) and Selenium(Se)

Energy bands in solids (ठोस पदार्थों में ऊर्जा बैंड)

- जब लाखों-करोड़ों परमाणु एक साथ ठोस (Solid) के रूप में आते हैं, तो उनके इलेक्ट्रॉनों के ऊर्जा स्तर (Energy Levels) आपस में ओवरलैप करने लगते हैं। इस ओवरलैप के कारण कई ऊर्जा पट्टियाँ (Energy Bands) बनती हैं।
- When millions of atoms come together in the form of a solid, the energy levels of their electrons start overlapping. Due to this overlap, many energy bands are formed.
- ये पट्टियाँ किसी भी ठोस के विद्युत (Electrical) और इलेक्ट्रॉनिक (Electronic) गुणों को निर्धारित करती हैं।
- These bands determine the electrical and electronic properties of any solid.

ex- ${}_{14}\text{Si} = 2, 8, 4$
 $= 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 3d^0$



Conduction Band $\rightarrow E_c$
(ચાલન બેંડ)

forbidden energy gap $\rightarrow E_g$
(નિષિદ્ધ ઊર્જા ગેપ)

Valence Band $\rightarrow E_v$
(સંયોજી બેંડ)

E_v = Valence Band Energy (સંયોજી બેંડ ઊર્જા)
 E_c = Conduction Band Energy (ચાલન બેંડ ઊર્જા)

Importance

- ऊर्जा बैंड यह तय करती हैं कि कोई पदार्थ चालक (Conductor), अर्धचालक (Semiconductor), या कुचालक (Insulator) होगा।
- Energy bands determine whether a material will be a conductor, semiconductor, or insulator.
- यह ठोस पदार्थों में इलेक्ट्रॉनों की गति और विद्युत प्रवाह (Electric Current) को नियंत्रित करती हैं।
- They control the movement of electrons and the flow of electric current in solids.

ऊर्जा बैंड के प्रकार (Types of Energy Bands)

1. Valence Band (संयोजी बैंड) ✓
2. Conduction Band (चालन बैंड) ✓

1 संयोजी बैंड (Valence Band)

- संयोजी इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जाओं के कारण निर्मित बैंड की "संयोजी बैंड" कहते हैं।
- The band formed due to the energies of the valence electrons is called the "valence band".
- सबसे बाहरी कक्षा के इलेक्ट्रॉनों को "संयोजी इलेक्ट्रॉन" कहते हैं।
- The electrons in the outermost orbit are called "valence electrons".

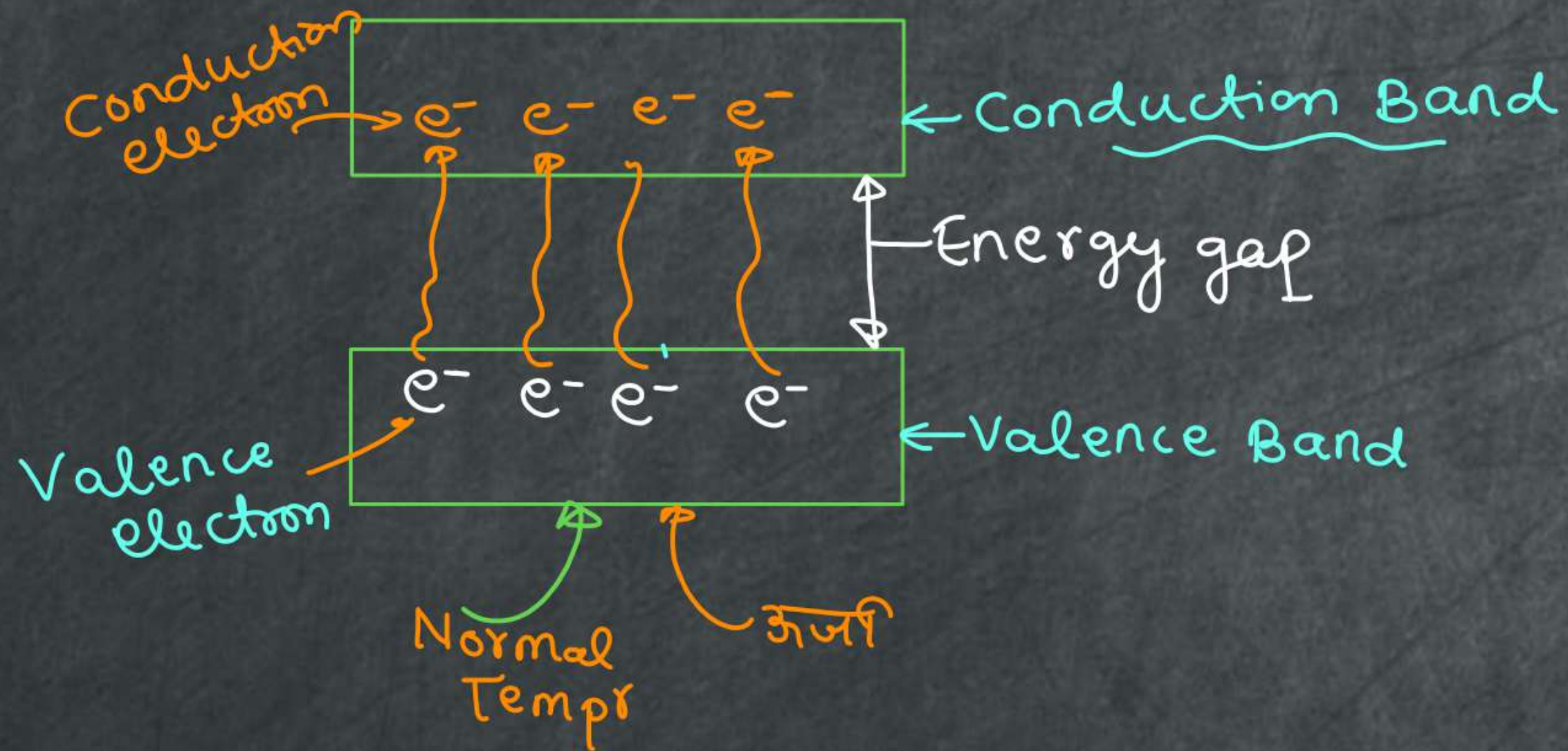


- सामान्य परमाणु में अधिकतम ऊर्जा के इलेक्ट्रॉन संयोजी बैंड में होते हैं। यह बैंड पूर्ण (completely) या आंशिक (partialy) भरा हो सकता है।
- In a normal atom, the electrons with maximum energy are in the valence band. This band may be completely or partially filled.
- इनर्ट गैसों (inert gases) में संयोजी बैंड पूर्ण भरा होता है जबकि अन्य पदार्थों में आंशिक भरा होता है। जिसमें अन्य इलेक्ट्रॉन भी समायोजित हो सकते हैं।
- In inert gases the valence band is completely filled whereas in other substances it is partially filled. In which other electrons can also be accommodated.

2. Conduction Band (चालन बैंड)

- धातु जैसे पदार्थों में संयोजी इलेक्ट्रॉन परमाणु के नाभिक (Nucleus) के साथ ढीले (loosely) बंधे होते हैं। सामान्य तापमान पर, कुछ संयोजी इलेक्ट्रॉन अलग होकर मुक्त (free) इलेक्ट्रॉन बन जाते हैं, जो विद्युत धारा के प्रवाह के लिए उत्तरदायी होते हैं। इन्हें "चालन इलेक्ट्रॉन" कहा जाता है।
- In substances such as metals, the valence electrons are loosely bound to the nucleus of the atom. At normal temperatures, some of the valence electrons break away and become free electrons, which are responsible for the flow of electric current. These are called "conduction electrons".

ex → Si



- चालन इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जाओं के कारण निर्मित बैंड को "चालन बैंड" कहते हैं। चालन बैंड में सभी इलेक्ट्रॉन स्वतंत्र (free) होते हैं। यदि किसी पदार्थ का चालन बैंड खाली होता है, तो उसमें विद्युत धारा का प्रवाह संभव नहीं होता।
- The band formed due to the energies of conduction electrons is called "conduction band". All electrons in the conduction band are free. If the conduction band of a substance is empty, then flow of electric current is not possible in it.
- विद्युतरोधी (इन्सुलेटर) पदार्थों में चालन बैंड पूरी तरह खाली होता है, जिससे वे विद्युत धारा का चालन नहीं कर सकते।
- Insulators have a completely empty conduction band, so they cannot conduct electric current.

- चालकों (Conductors) में चालन बैंड आंशिक रूप से भरा होता है, जिससे वे आसानी से विद्युत धारा का चालन कर सकते हैं।
- Conductors have partially filled conduction band, which allows them to easily conduct electric current.

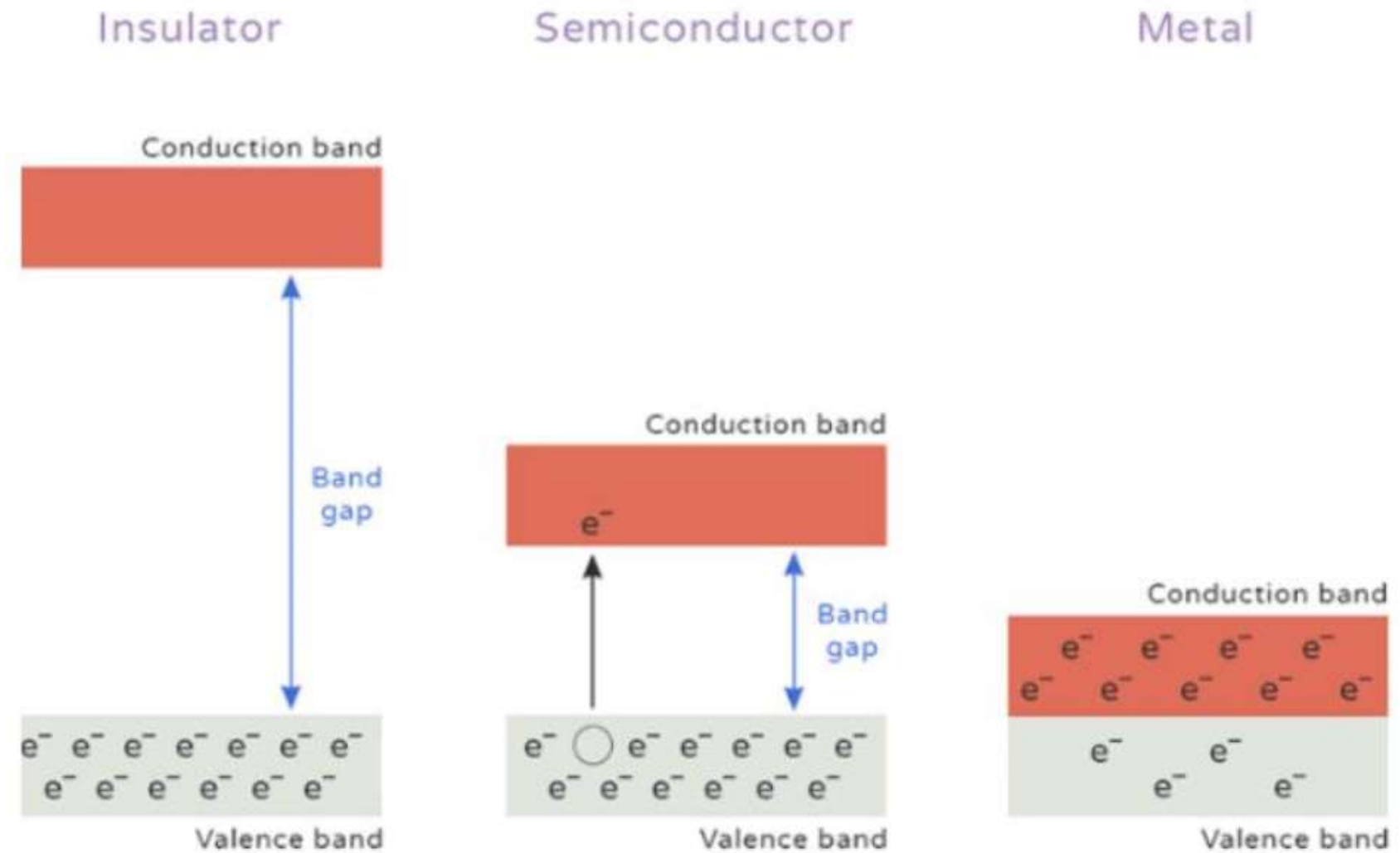
3. वर्जित ऊर्जा अन्तराल (Forbidden energy gap) -

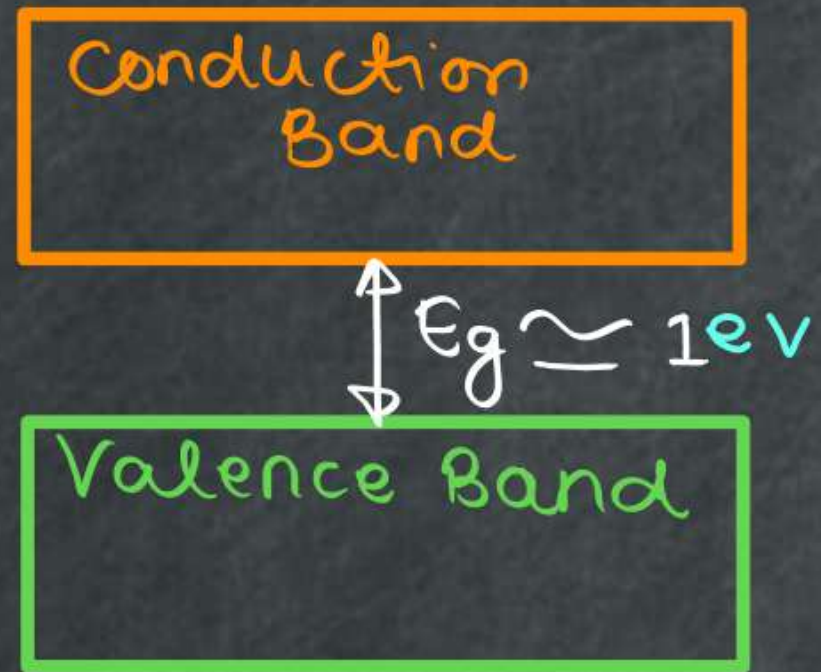
- ऊर्जा स्तर के आधार पर संयोजी बैंड तथा चालन बैंड के मध्य प्रदर्शित किये गये अन्तराल को "वर्जित ऊर्जा अन्तराल" कहते हैं।
- The gap shown between the valence band and the conduction band on the basis of energy level is called "forbidden energy gap".

Energy Gap = Conduction Band व Valence Band के बीच
अन्तराल

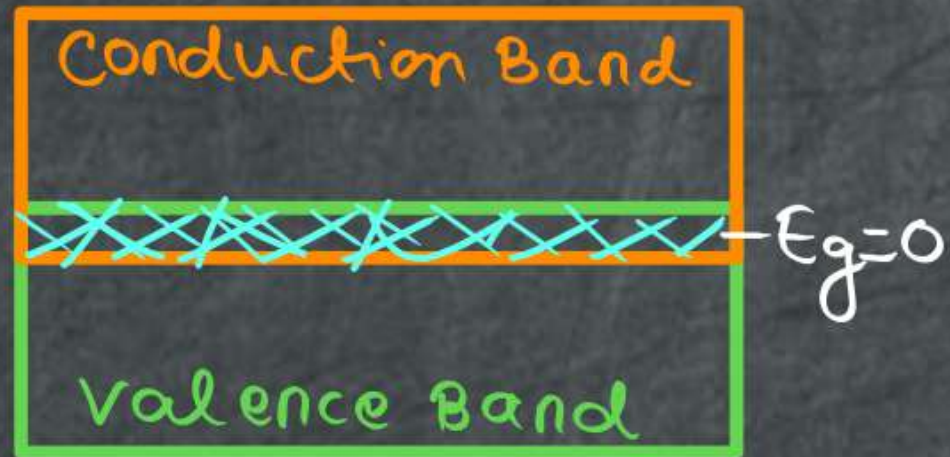
ठोसों का ऊर्जा बैंडों के आधार पर वर्गीकरण

(Classification of solids on the basis of energy bands)

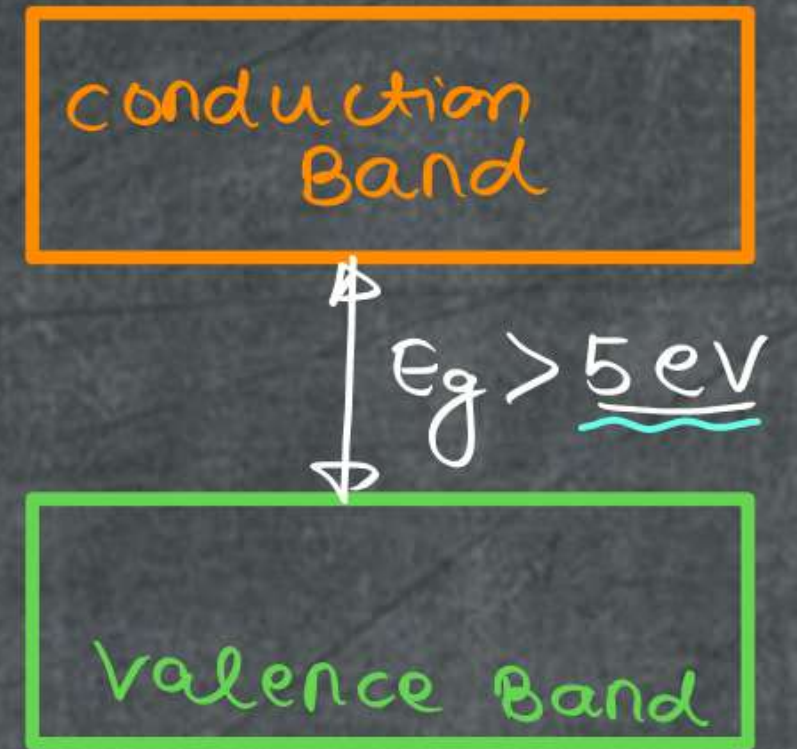




Semiconductor
(अर्धचालक)



Conductor
(चालक)



Insulator
(अचालक)

E_g = Energy Gap की ऊर्जा

1. विद्युत रोधी (Insulators)

- विद्युत रोधी वे स्दार्थ है जिनमें विद्युत का चालन नहीं होता है जबकि चालन बैंड खाली होता है इन पदार्थों के संयोजी बैंड तथा चालन बैंड के मध्य ऊर्जा अन्तराल E_g (15eV) बहुत अधिक होता है।
- Insulators are those substances in which there is no conduction of electricity whereas the conduction band is empty. The energy gap between the valence band and conduction band of these substances is very high (E_g) (15eV).

- इस कारण से इन पदार्थों में संयोजी बैंड से इलेक्ट्रॉन को चालन बैंड में पुश (Push) करने के लिए अत्यन्त उच्च विद्युत क्षेत्र की आवश्यकता होती है। इसी कारण से इन पदार्थों की विद्युत चालकता बहुत कम होती है।
- For this reason, a very high electric field is required to push the electrons from the valence band to the conduction band in these materials. This is why the electrical conductivity of these materials is very low.

2. चालक (Conductor)

- चालक वे पदार्थ हैं जिनके संयोजी बैंड व चालन बैंड एक-दूसरे पर अध्यारोपित होते हैं
- **Conductors are those substances whose valence band and conduction band superimpose on each other.**
- धातुओं में संयोजी बैंड तथा चालन बैंड की ऊर्जाएँ समान होती हैं। इसी कारण से दोनों बैंड ओवरलैप (overlap) करते हैं।
- **In metals, the energies of the valence band and conduction band are the same. This is why both the bands overlap.**

- कोई भी संयोजी इलेक्ट्रॉन मुक्त इलेक्ट्रॉन बन सकता है। अतः चालकों में बहुत कम विद्युत क्षेत्र लगाने पर यह अतिरिक्त ऊर्जा (ऊष्मा अथवा प्रकाश) सप्लाई से मुक्त इलेक्ट्रॉनों की बहुत अधिक संख्या होती है। अतः ये पदार्थ उत्तम चालक की भाँति व्यवहार करते हैं।
- Any valence electron can become a free electron. Therefore, when a very low electric field is applied in conductors, a very large number of free electrons are obtained by supplying additional energy (heat or light). Therefore, these materials behave like good conductors.

3. अर्द्धचालक (Semi conductors)

- अर्द्धचालक पदार्थ वह होता है जिसके विद्युतीय गुण (Electrical properties) सुचालकों तथा कुचालकों के मध्य होते हैं। जर्मेनियम (Ge) तथा सिलिकॉन (Si) इन पदार्थों के उदाहरण हैं। इनमें संयोजी बैंड पूर्णतया भरे तथा चालन बैंड सामान्यतः खाली (Empty) होते हैं।
- A semiconductor material is one whose electrical properties lie between good conductors and bad conductors. Germanium (Ge) and silicon (Si) are examples of these materials. In these, the valence bands are completely filled and the conduction bands are usually empty.

- इनमें संयोजी बैंड तथा चालन बैंड के मध्य वर्जित ऊर्जा अन्तराल E_g बहुत कम (जर्मेनियम के लिये 0.72 eV तथा सिलिकॉन के लिए 1.1 eV) होता है।
- In these, the forbidden energy gap E_g between the valence band and the conduction band is very small (0.72 eV for germanium and 1.1 eV for silicon).