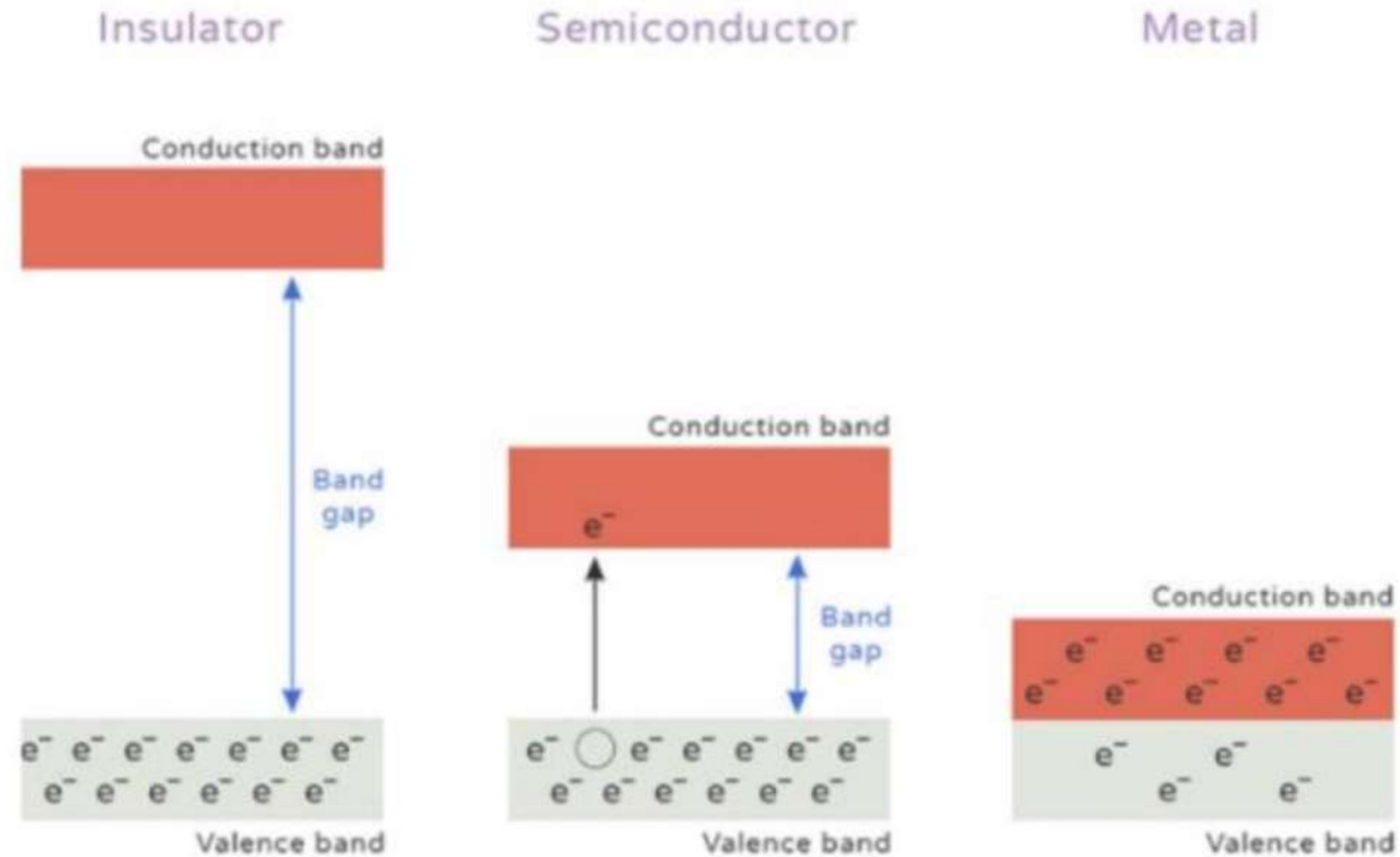
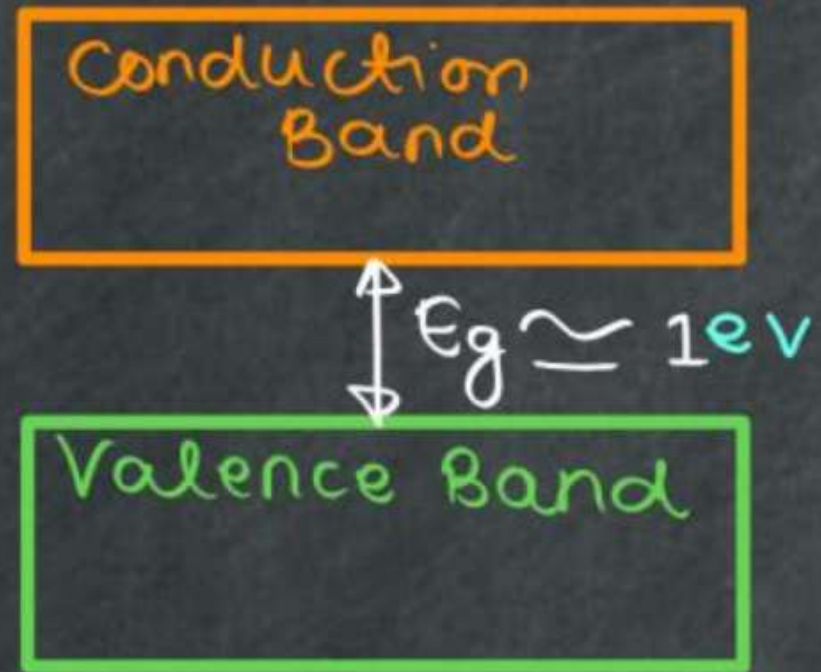


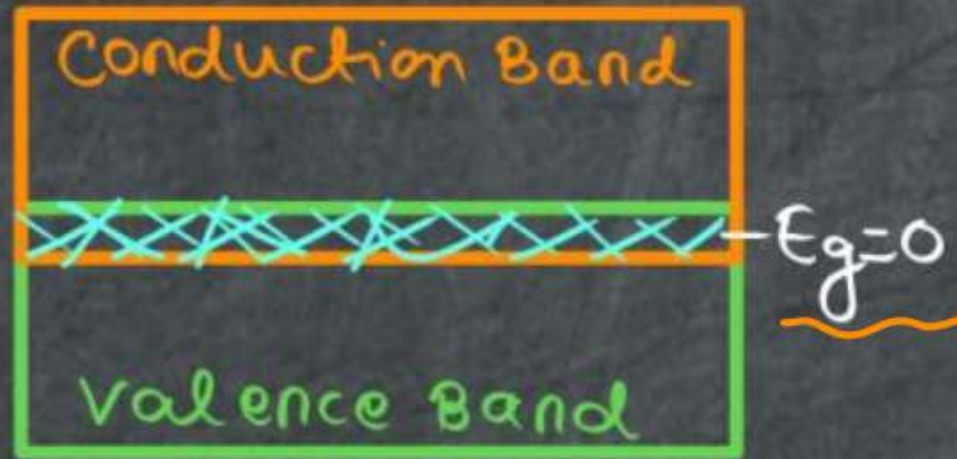
ठोसों का ऊर्जा बैंडों के आधार पर वर्गीकरण

(Classification of solids on the basis of energy bands)

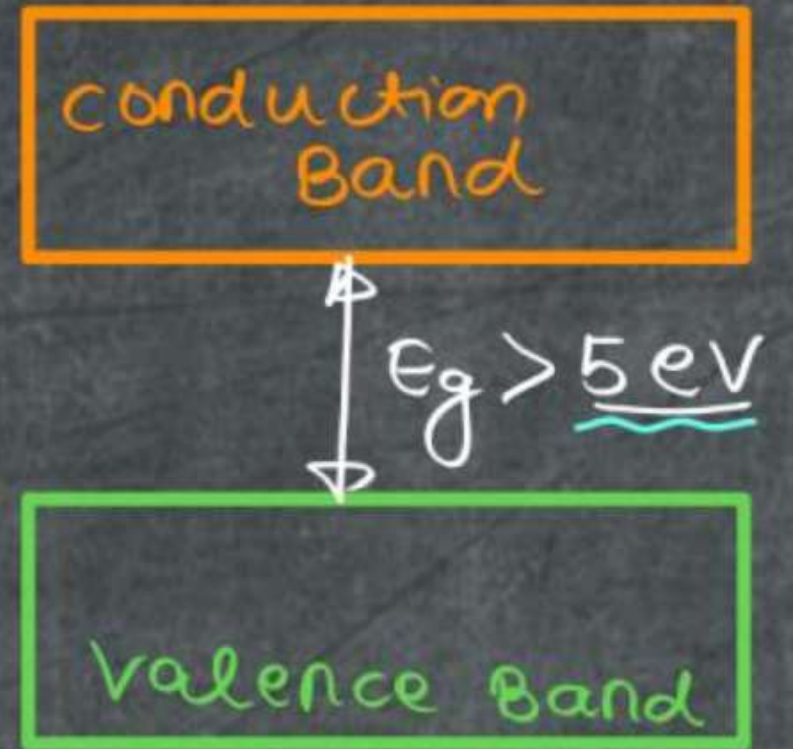




Semiconductor
(अर्धचालक)



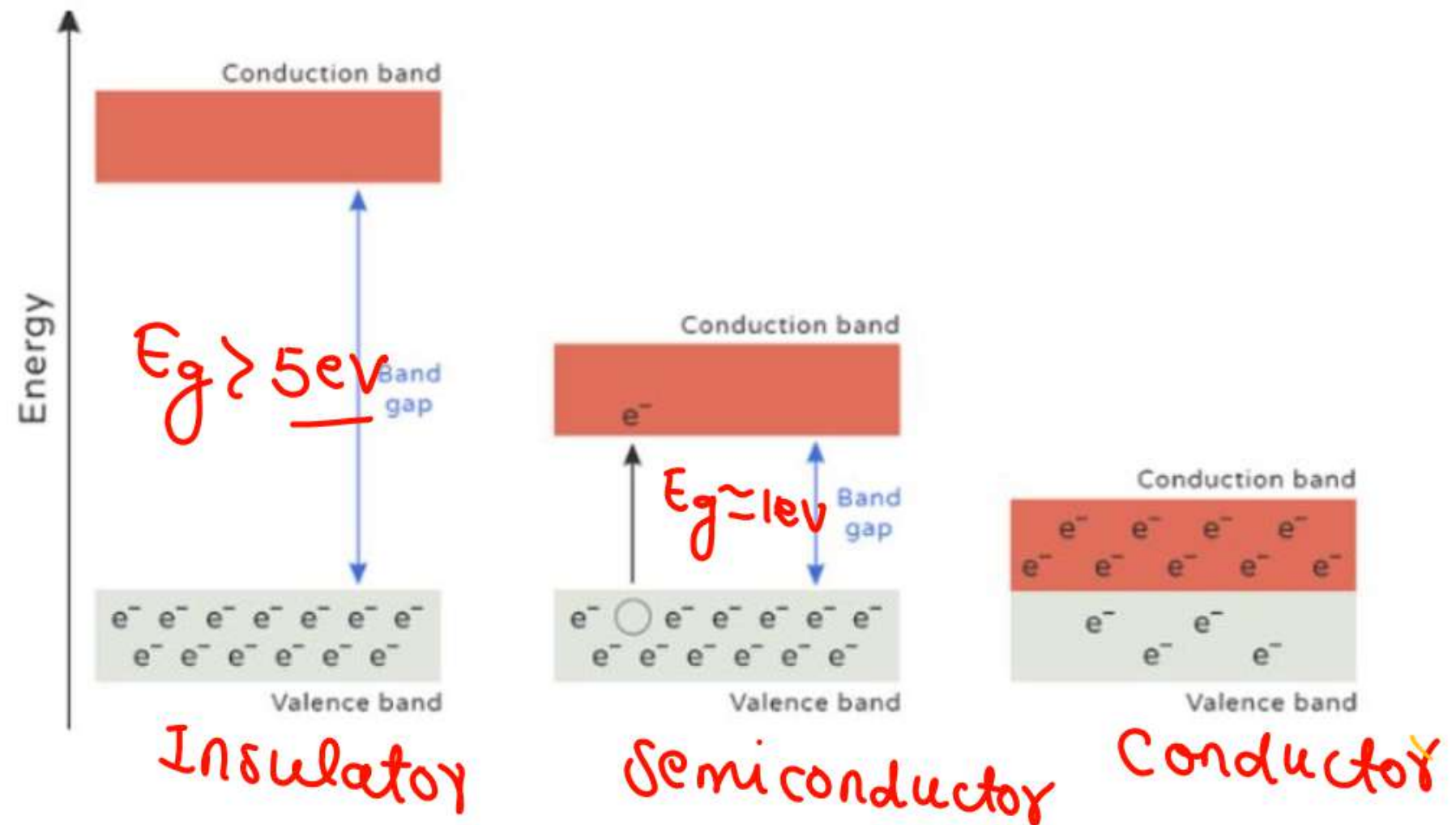
Conductor
(चालक)



Insulator
(अचालक)

E_g = Energy Gap की ऊर्जा

ठोसों का ऊर्जा बैंडों के आधार पर वर्गीकरण
(Classification of solids on the basis of energy bands)



1. विद्युत रोधी (Insulators)

- विद्युत रोधी वे पदार्थ 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.

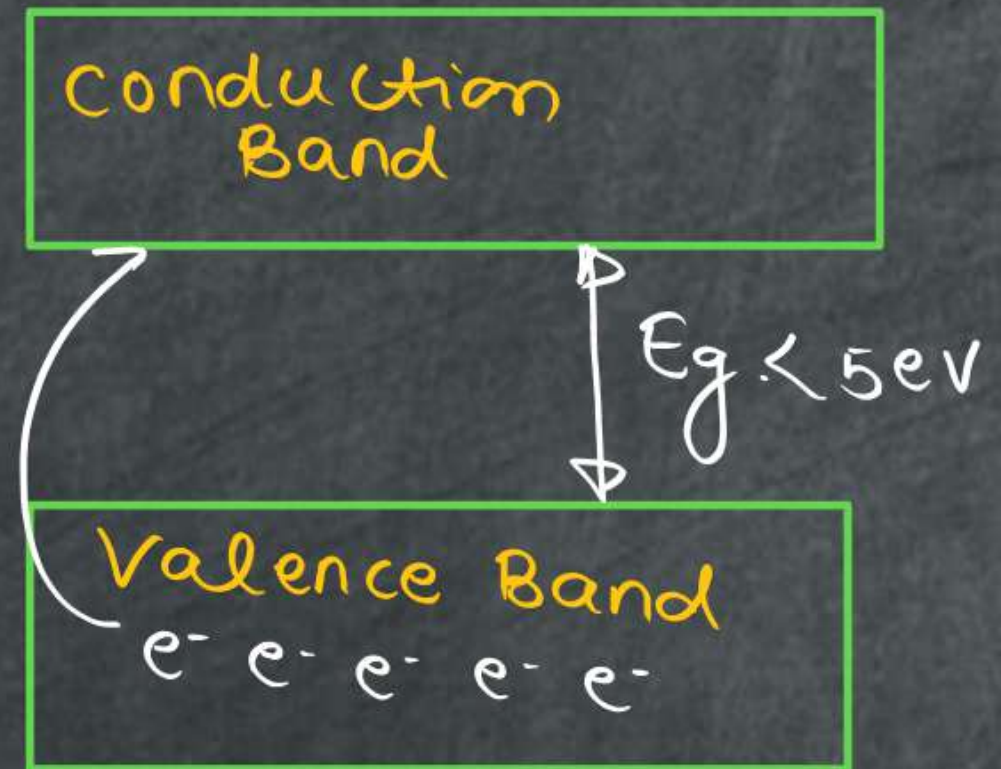
2. चालक (Conductor)

- 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 Insulator. 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).

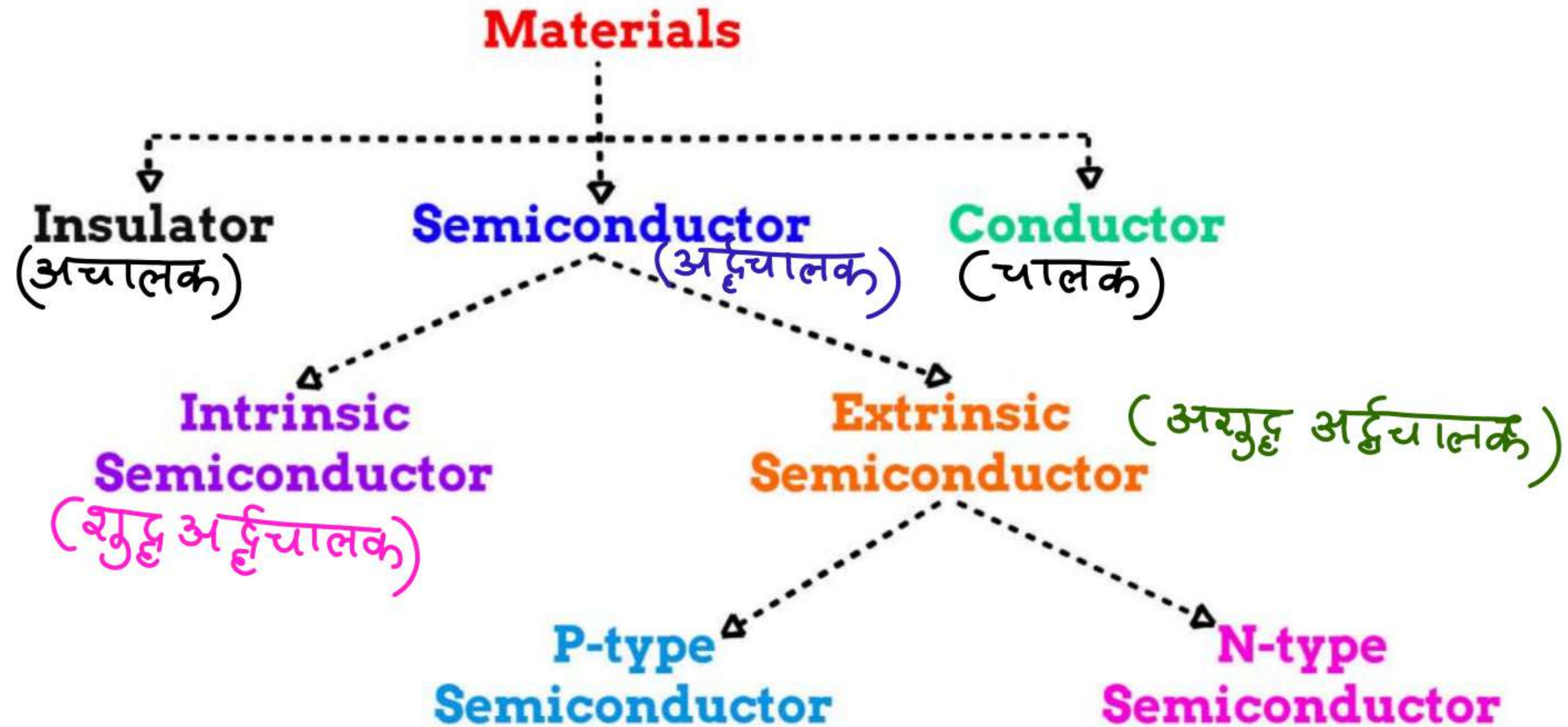
$$\begin{array}{l} {}_{32}\text{Ge} = 0.72 \text{ eV} \\ {}_{14}\text{Si} = 1.1 \text{ eV} \end{array}$$

Question-1 ऊर्जा बैंड से आप क्या समझते हैं? ऊर्जा बैंड के प्रकार लिखिए
(What do you mean by energy band? explain its types?)

Question-2 ऊर्जा बैंड के आधार होस का वर्गीकरण कीजिए?
या ऊर्जा बैंड के आधार पर चालक, कुचालक व अर्धचालक को परिभाषित कीजिए

Question-3 semiconductor पदार्थ का वर्गीकरण कीजिए।
(Classify semiconductor material).

Types of Material



Semiconductor

Intrinsic semiconductor
शुद्ध अर्धचालक

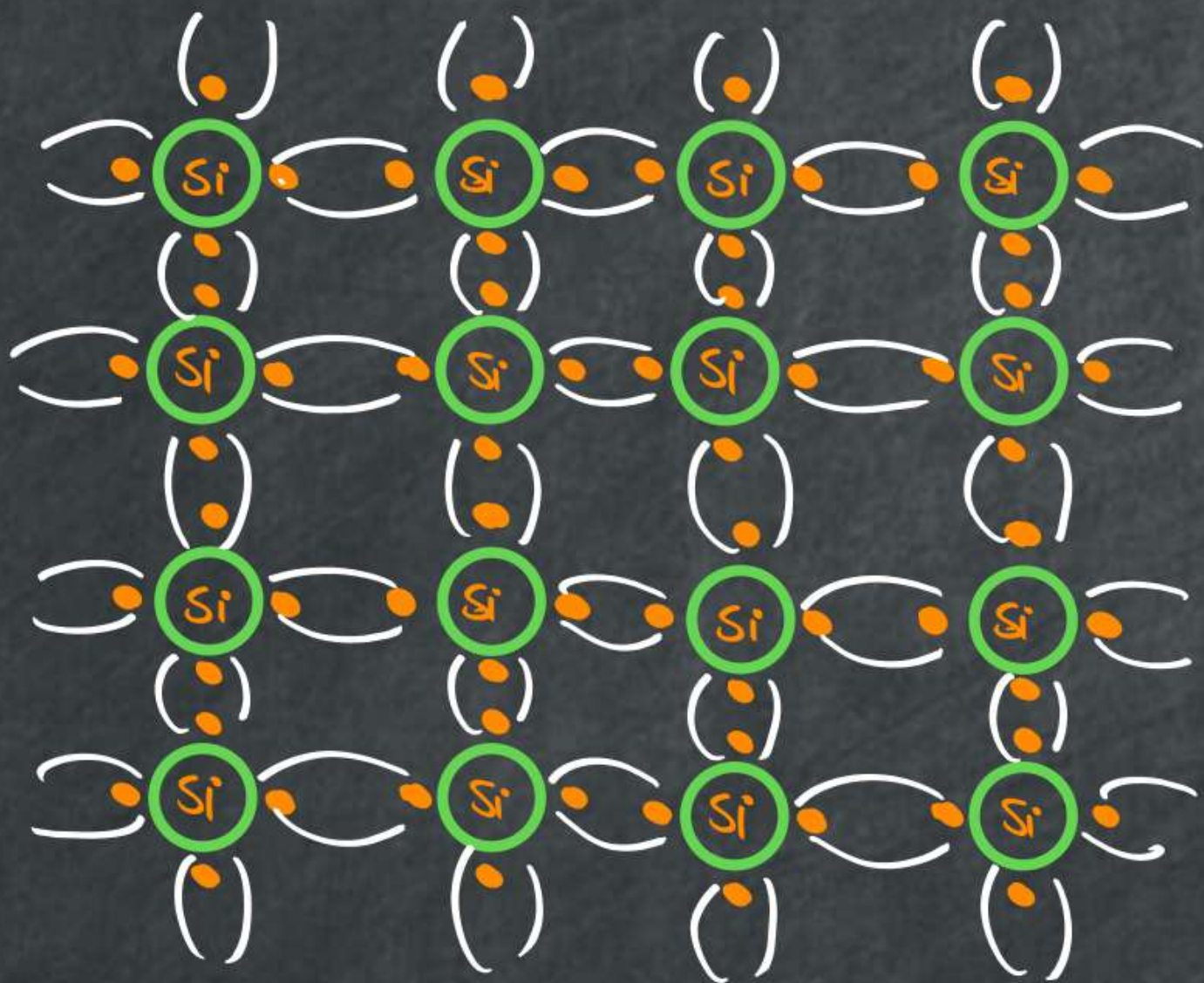
Extrinsic semiconductor
(अशुद्ध अर्धचालक)

1. Intrinsic semiconductor (शुद्ध अर्धचालक) →
↳ Pure form → Si, Ge

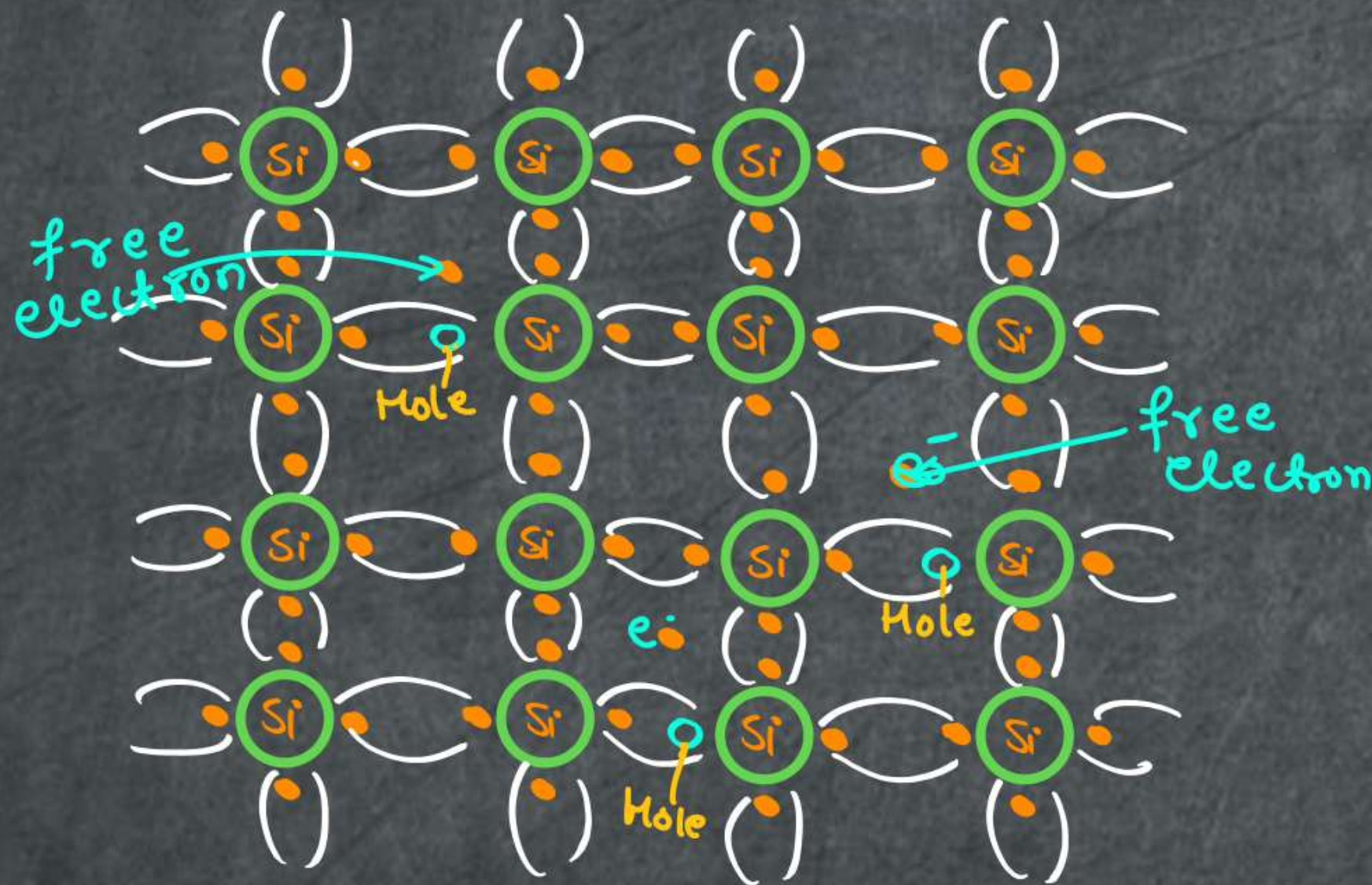
(i) शुद्ध अथवा निज अर्द्धचालक (Intrinsic Semiconductors)

- जो अर्द्धचालक पूर्णतः शुद्ध होते हैं, अर्थात् जिनमें किसी भी प्रकार की अशुद्धियाँ (impurities) नहीं होतीं, उन्हें निज अर्द्धचालक (Intrinsic Semiconductors) कहा जाता है।
- Semiconductors which are completely pure, that is, those which do not contain any kind of impurities, are called intrinsic semiconductors.

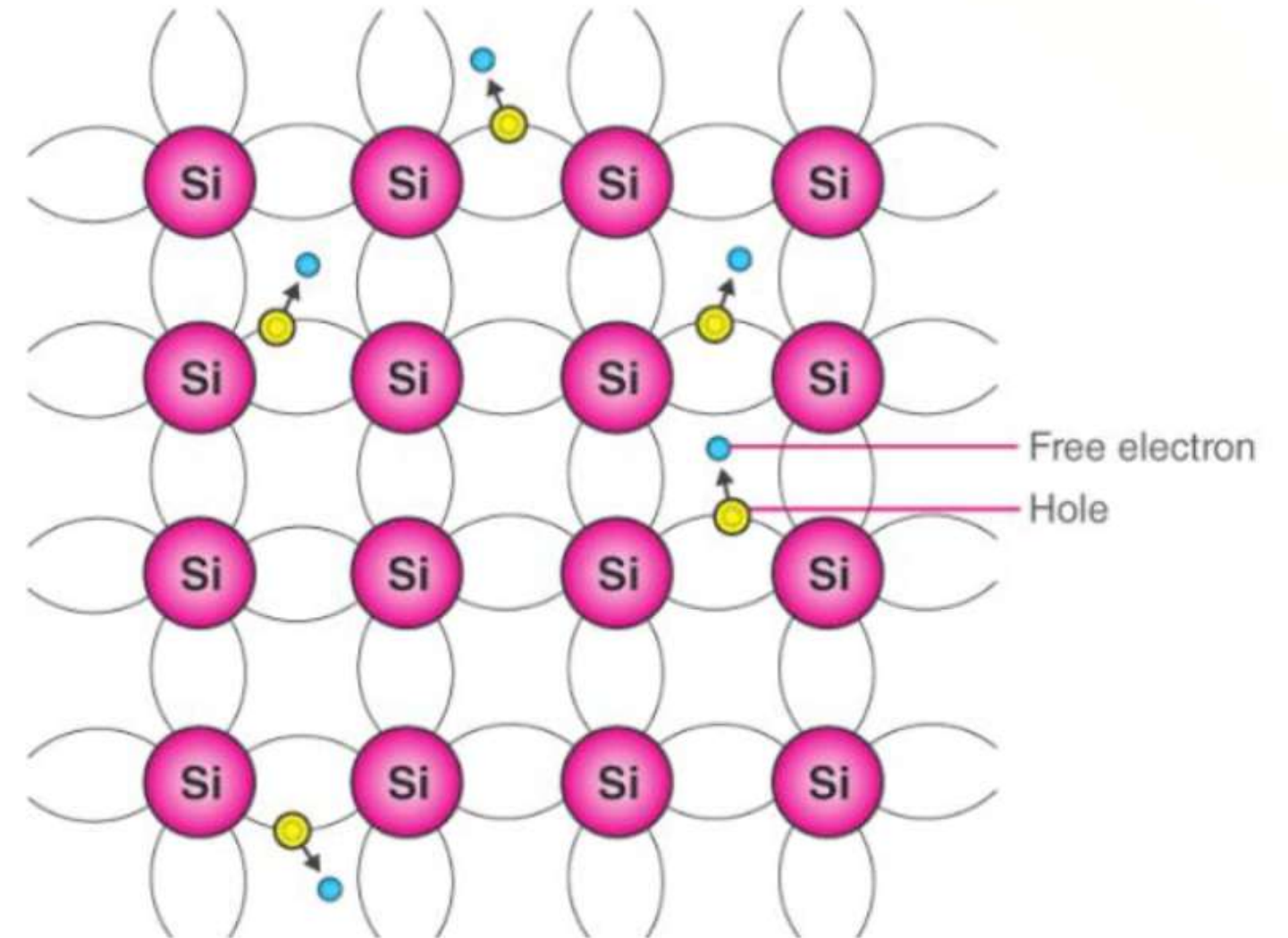
Example-सिलिकॉन (Silicon), जर्मेनियम (Germanium)



OK तापमान पर
↓
Insulator



Room Temp → चालक
↳ (25-27°C)



विशेषताएँ (features)

1. शून्य केल्विन (0 K) पर, इनकी चालकता बहुत कम होती है, क्योंकि सभी इलेक्ट्रॉन संयोजक बैंड (valence band) में ही रहते हैं।

At zero Kelvin (0 K), their conductivity is very low because all the electrons remain in the valence band.

2. जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है, संयोजक बैंड के कुछ इलेक्ट्रॉन ऊर्जा प्राप्त कर चालन बैंड (conduction band) में चले जाते हैं, जिससे चालकता बढ़ जाती है।

As the temperature increases, some of the electrons in the valence band gain energy and move into the conduction band, thereby increasing the conductivity.

3. एक शुद्ध अर्द्धचालक में, मुक्त इलेक्ट्रॉनों (free electrons) की संख्या (n) और छिद्रों (holes) की संख्या (h) बराबर होती है, यानी $n = h$

In a pure semiconductor, the number of free electrons (n) and the number of holes (h) are equal, i.e. n = h

(ii) अशुद्ध अथवा बाह्य अर्द्धचालक (Extrinsic Semiconductors)

जब शुद्ध अर्द्धचालक में अशुद्धियाँ मिलाई जाती हैं, तो उनकी चालकता बढ़ जाती है। इस प्रकार के अर्द्धचालक को अशुद्ध या बाह्य अर्द्धचालक (Extrinsic Semiconductors) कहते हैं।

When impurities are added to pure semiconductors, their conductivity increases. Such semiconductors are called impure or extrinsic semiconductors.

विशेषताएँ (features)

1. अशुद्धियाँ मिलाने से चालकता बढ़ती है।

Conductivity increases by adding impurities.

2. इलेक्ट्रॉन और छिद्र संकेन्द्रण बराबर नहीं होते ($n \neq h$)

Electron and hole concentrations are not equal ($n \neq h$)

Doping → शुद्ध अर्धचालक में अशुद्ध पदार्थ मिलाने की प्रक्रिया को डोपिंग कहते हैं।

(The process adding impure substance to pure Semiconductor called doping).

Extrinsic semiconductor

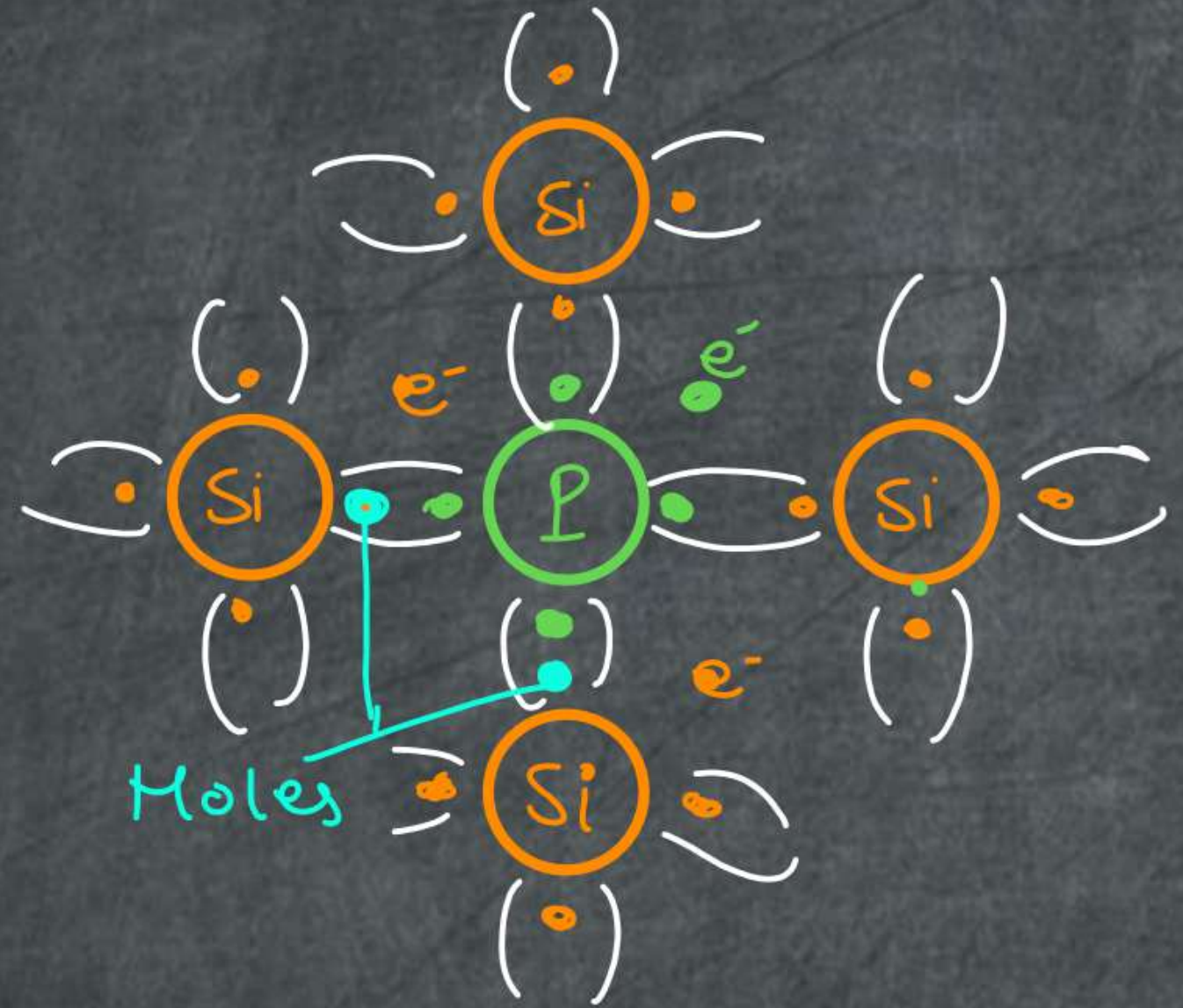
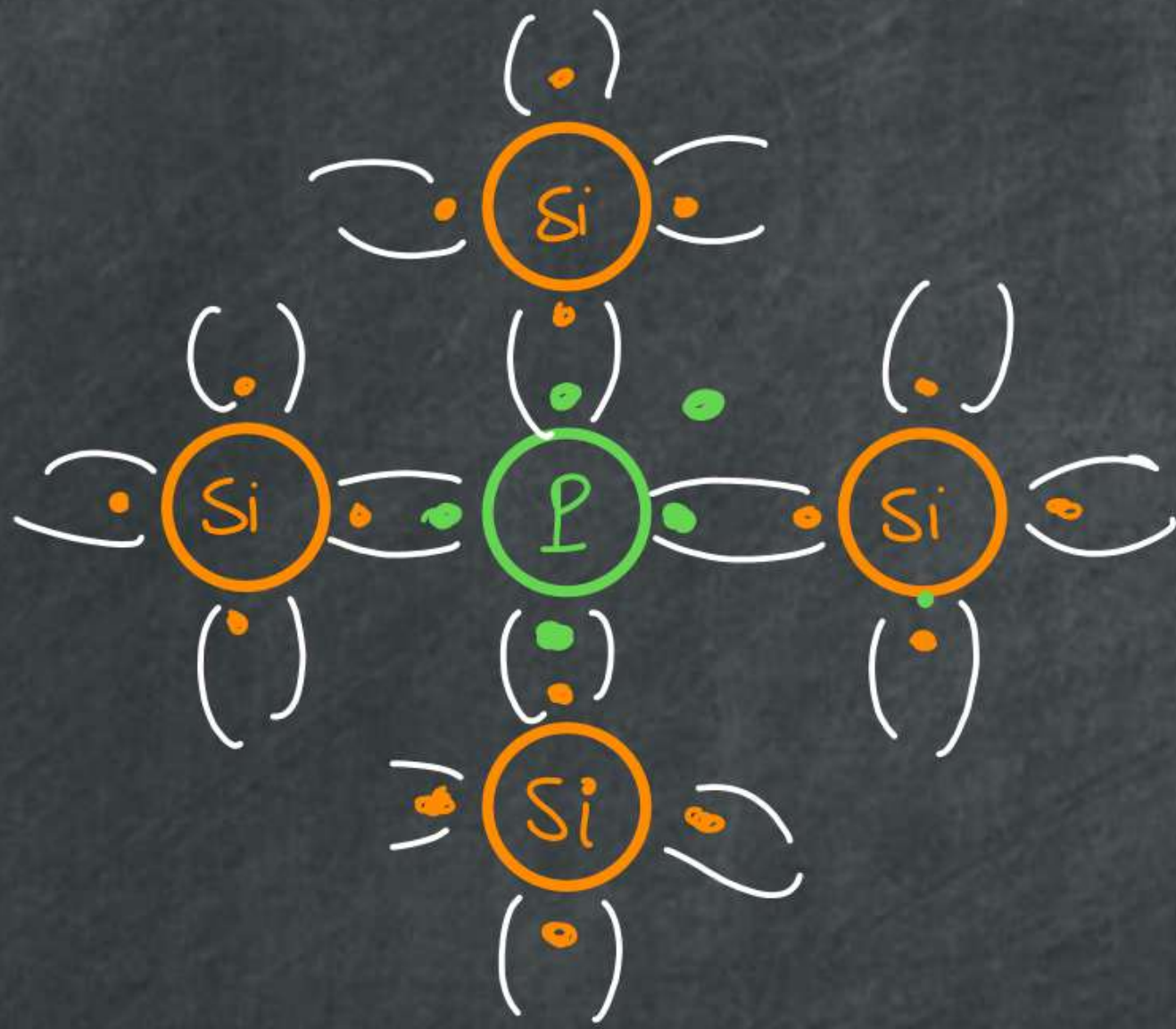
n-Type semiconductor
↓
शुद्ध अर्धचालक में Pentavalent impurity (P, As) मिलाया जाता है।

p-Type semiconductor
↓
शुद्ध अर्धचालक में Trivalent Impurity (B, Al)

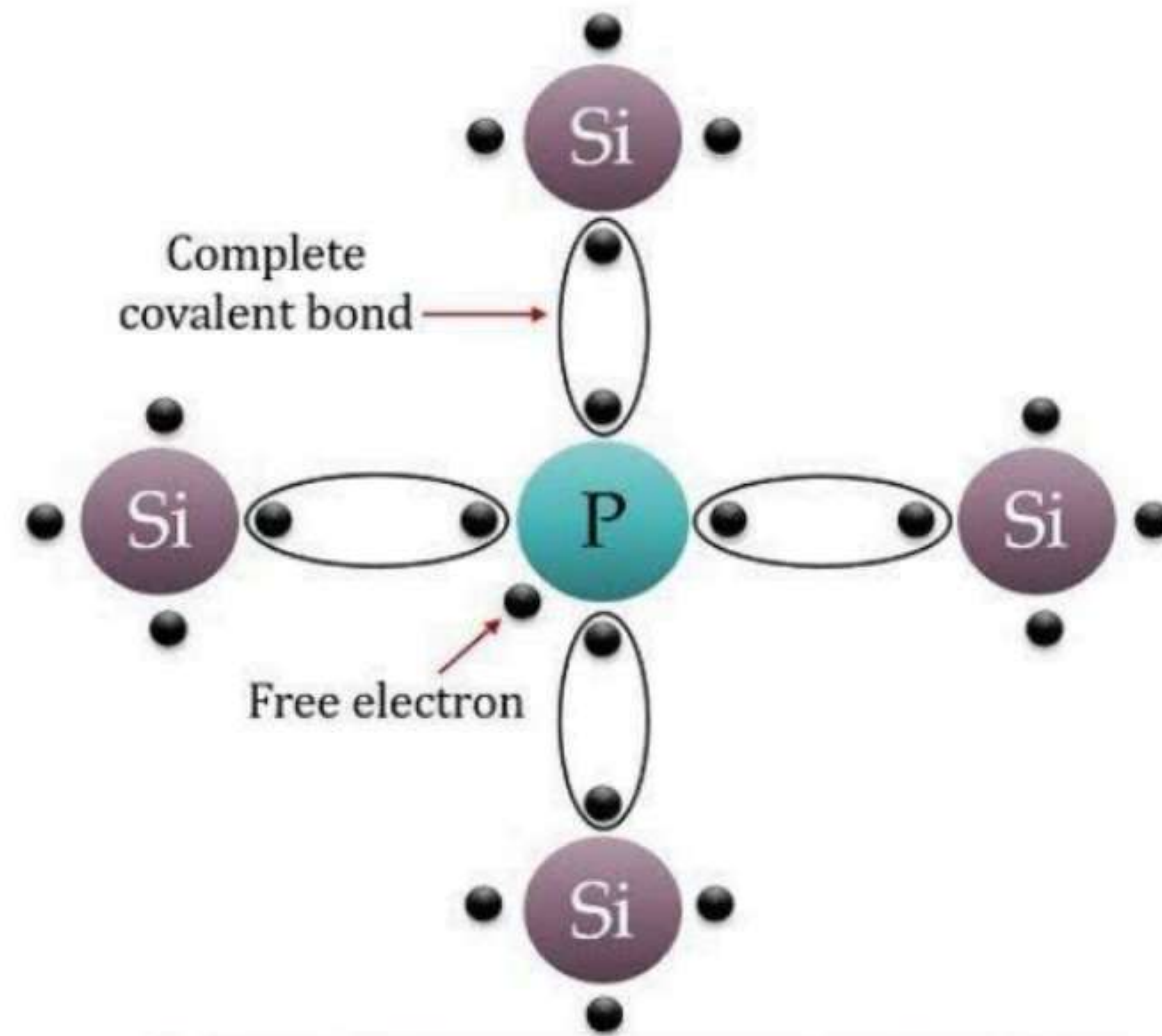
(a) n-प्रकार अर्द्धचालक (n-Type Semiconductor)

जब शुद्ध सिलिकॉन (Si) या जर्मेनियम (Ge) में पंचगुणी (Pentavalent) तत्व (जैसे आर्सेनिक (As), फॉस्फोरस (P), एंटीमनी (Sb)) मिलाया जाता है, तो n-प्रकार का अर्द्धचालक बनता है।

When pentavalent elements (like arsenic (As), phosphorus (P), antimony (Sb)) are added to pure silicon (Si) or germanium (Ge), n-type semiconductor is formed.



(a) n-प्रकार अर्द्धचालक (n-Type Semiconductor)



पंचगुणी परमाणु में 5 संयोजी इलेक्ट्रॉन होते हैं, जिनमें से 4 तो अर्द्धचालक के परमाणुओं के साथ बंध बना लेते हैं, और एक अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन मुक्त (free) रह जाता है, जो विद्युत चालन में योगदान देता है।

A pentagon atom has 5 valence electrons, 4 of which form bonds with the atoms of the semiconductor, and one additional electron remains free, which contributes to electrical conduction.

विशेषताएँ (features)

1. मुख्य वाहक (Majority Carrier) – इलेक्ट्रॉन (electron)

इसमें अधिकार संख्या में (majority) इलेक्ट्रॉन होते हैं, जो विद्युत धारा के प्रवाह के लिए जिम्मेदार होते हैं।

It contains majority of electrons, which are responsible for the flow of electric current.

2. गौण वाहक (Minority Carrier) – छिद्र (holes)

छिद्रों की संख्या बहुत कम होती है।

The number of holes is very less.

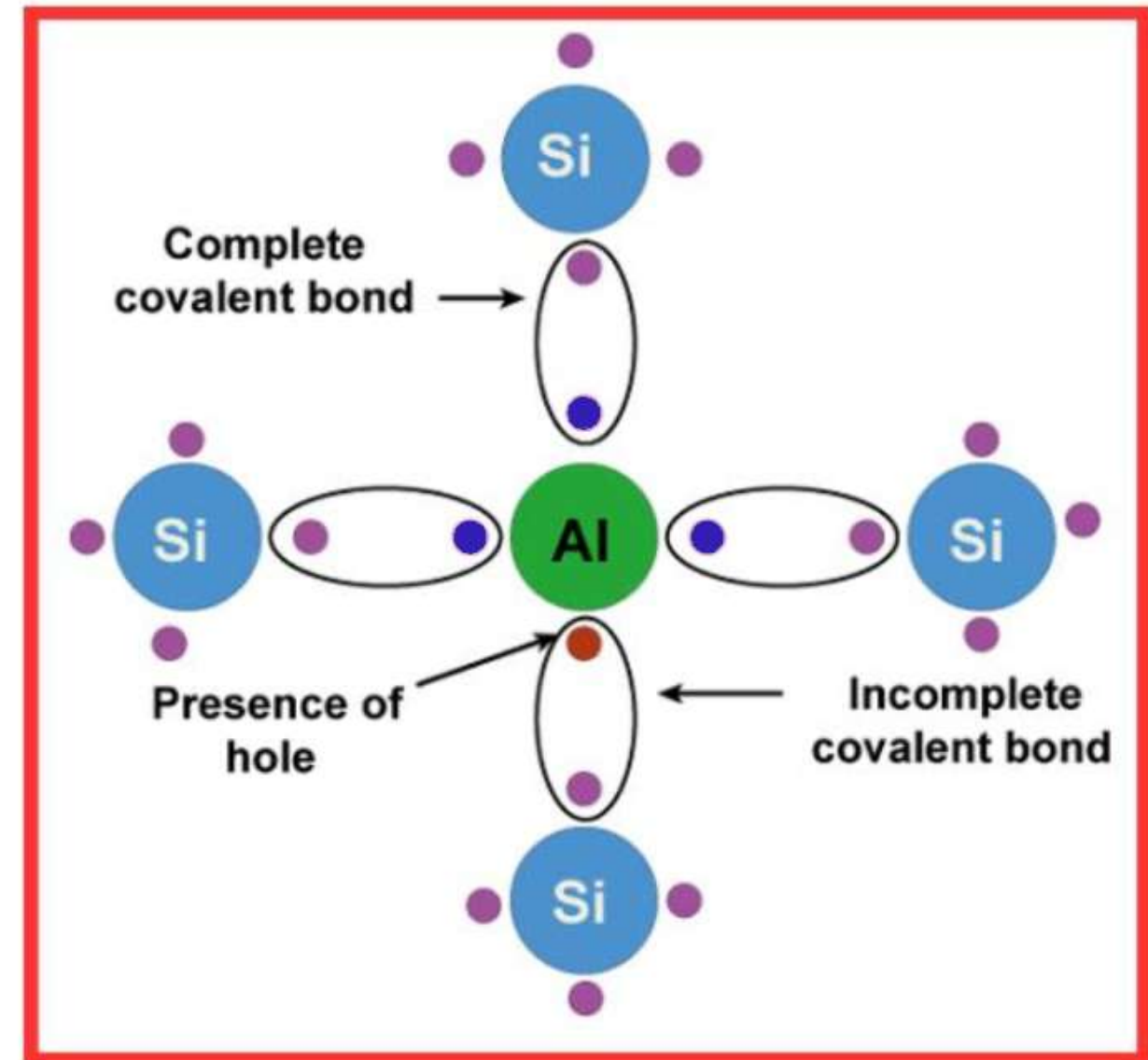
3. विद्युत चालन मुख्य रूप से इलेक्ट्रॉनों के द्वारा होता है।

Electrical conduction occurs primarily by electrons.

(b) p-प्रकार अर्द्धचालक (p-Type Semiconductor)

↓
Trivalent Impurity
ex- B, Al

↑
जिसके वाह्य में
तीन e^-



(b) p-प्रकार अर्द्धचालक (p-Type Semiconductor)

जब शुद्ध सिलिकॉन (Si) या जर्मेनियम (Ge) में त्रिगुणी (Trivalent) तत्व (जैसे बोरॉन (B), एल्युमिनियम (Al), गैलियम (Ga), इंडियम (In)) मिलाया जाता है, तो P-प्रकार का अर्द्धचालक बनता है।

When trivalent elements (like boron (B), aluminium (Al), gallium (Ga), indium (In)) are added to pure silicon (Si) or germanium (Ge), a p-type semiconductor is formed.

विशेषताएँ (features)

1. मुख्य वाहक (Majority Carrier) – छिद्र (holes)

इसमें अधिकार संख्या में (majority) छिद्र होते हैं, जो विद्युत धारा के प्रवाह के लिए जिम्मेदार होते हैं। होते हैं।

It has majority of holes, which are responsible for the flow of electric current.

2. गौण वाहक (Minority Carrier) – इलेक्ट्रॉन (electron)

मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या बहुत कम होती है।

The number of free electrons is very less.

3. विद्युत चालन मुख्य रूप से छिद्रों के द्वारा होता है।

Electrical conduction occurs mainly through holes.

Types of Semiconductor

