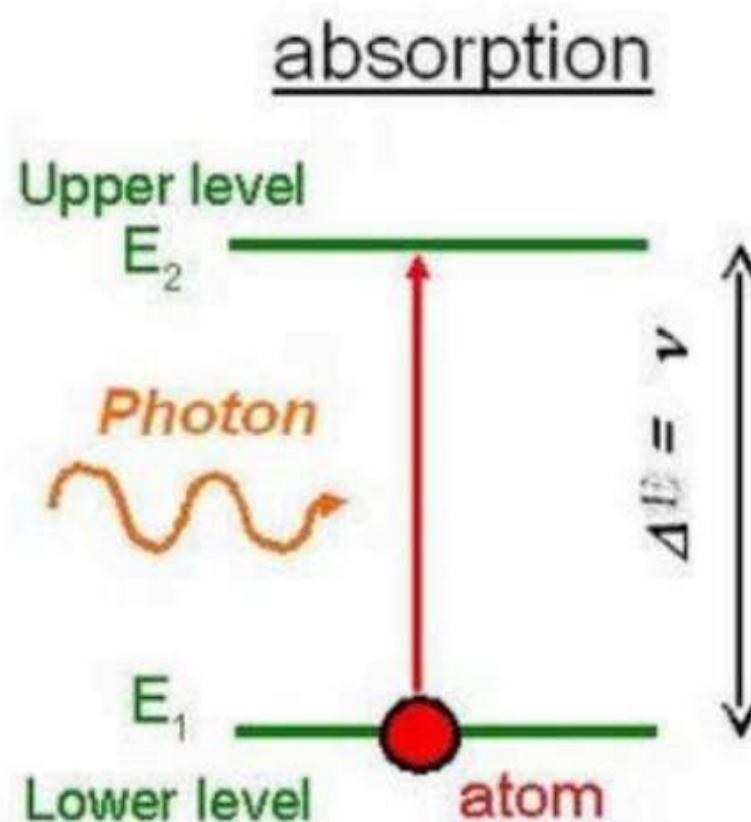
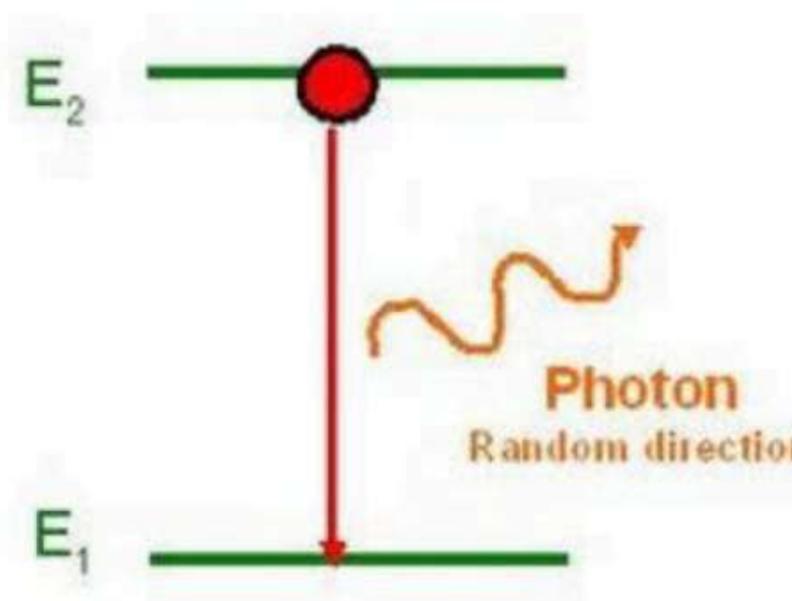


Quick Recap



(स्वतः उत्सर्जन)

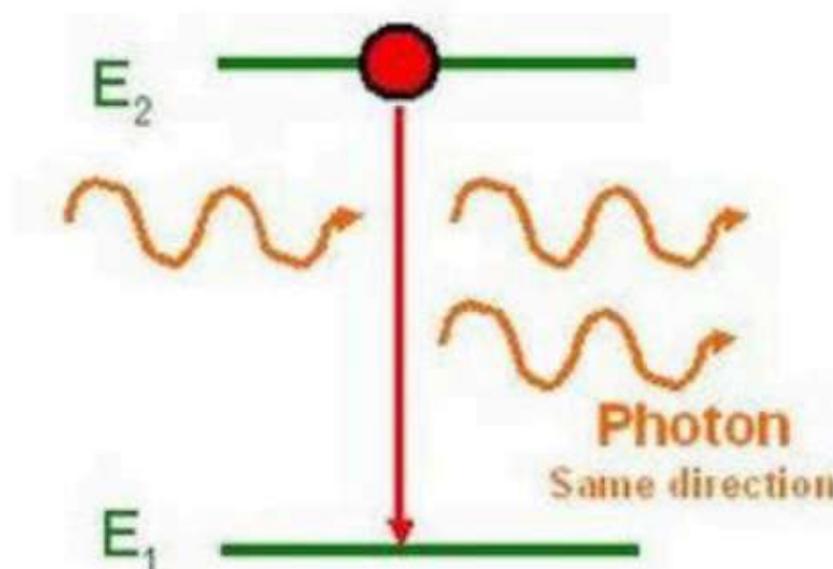
Spontaneous emission



(प्रेरित उत्सर्जन)

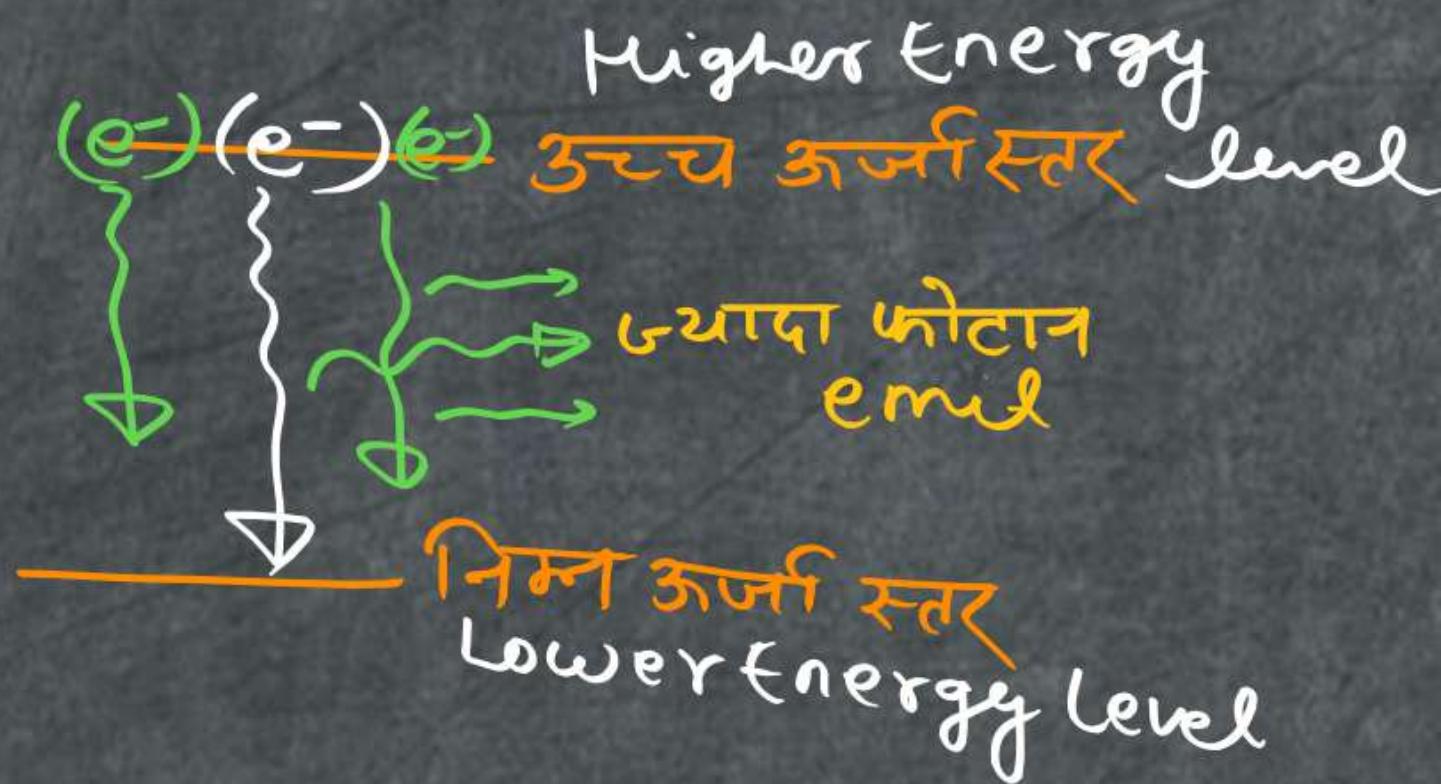
Stimulated emission

→ LASER



Population Inversion →
(समाजि प्रतिलोगन)

→ उच्च ऊर्जा स्तर में e^- ✓
आधिक
↓
निम्न ऊर्जा स्तर

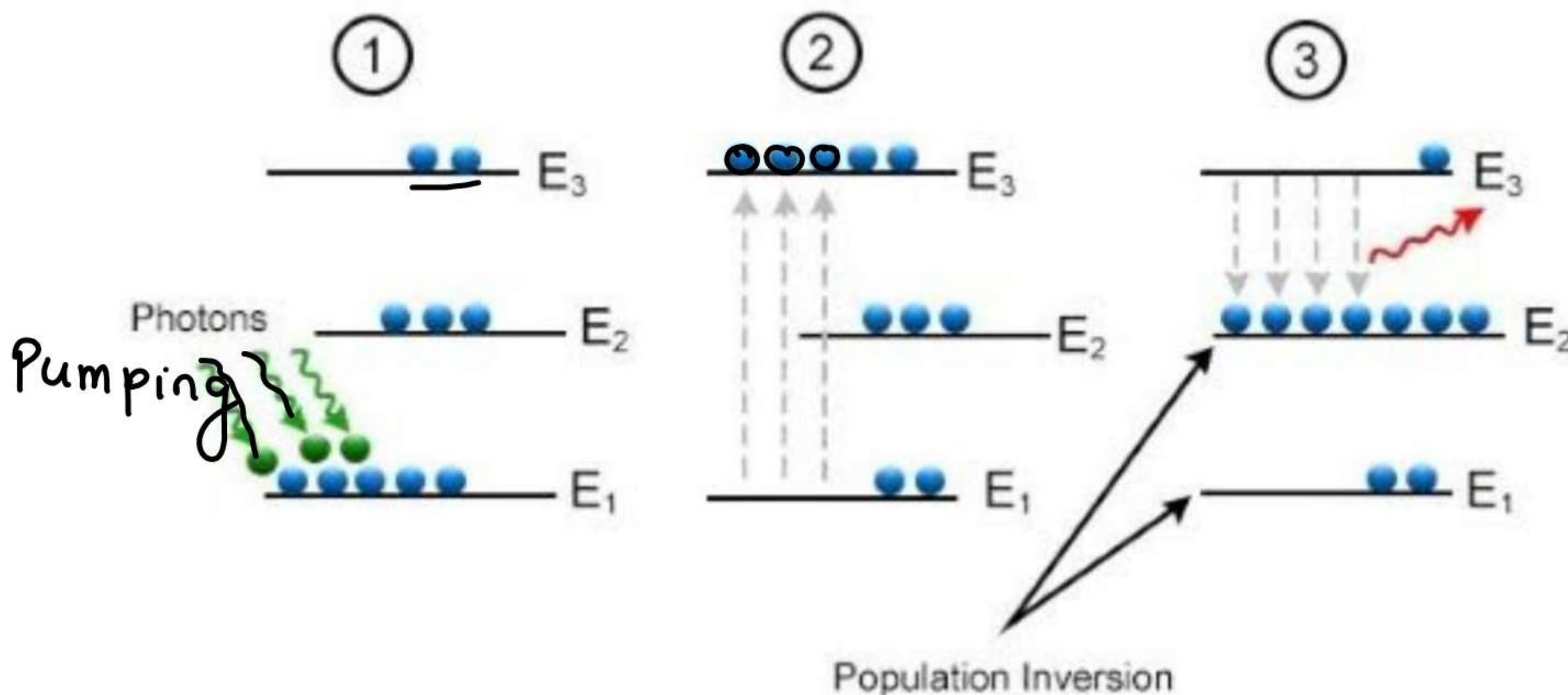


Population Inversion (समष्टि प्रतिलोमन)

जब किसी माध्यम (Material) में उच्च ऊर्जा स्तर (Higher Energy Level - E_2) पर उपस्थित परमाणुओं या अणुओं की संख्या, निम्न ऊर्जा स्तर (Lower Energy Level - E_1) पर उपस्थित परमाणुओं या अणुओं की संख्या से अधिक हो जाती है, तो इस स्थिति को समष्टि प्रतिलोमन (Population Inversion) कहते हैं।

When the number of atoms present at higher energy level (E_2) in a material exceeds the number of atoms or molecules present at lower energy level (E_1), then this situation is called population inversion.

Population Inversion (समष्टि प्रतिलोमन)



Importance

✓ यह लेजर (LASER) के कार्य करने की मुख्य शर्त है।

This is the main condition for the working of LASER.

✓ बिना समष्टि प्रतिलोमन के प्रेरित उत्सर्जन (Stimulated Emission) संभव नहीं होता।

Stimulated emission is not possible without population inversion.

✓ यह स्थिति सामान्य परिस्थितियों में नहीं पाई जाती, बल्कि इसे बाहरी ऊर्जा (Pumping) से उत्पन्न किया जाता है।

This condition is not found under normal conditions, rather it is generated by external energy (pumping)

💡 समष्टि प्रतिलोमन कैसे प्राप्त किया जाता है?

(How is Population Inversion Achieved?)

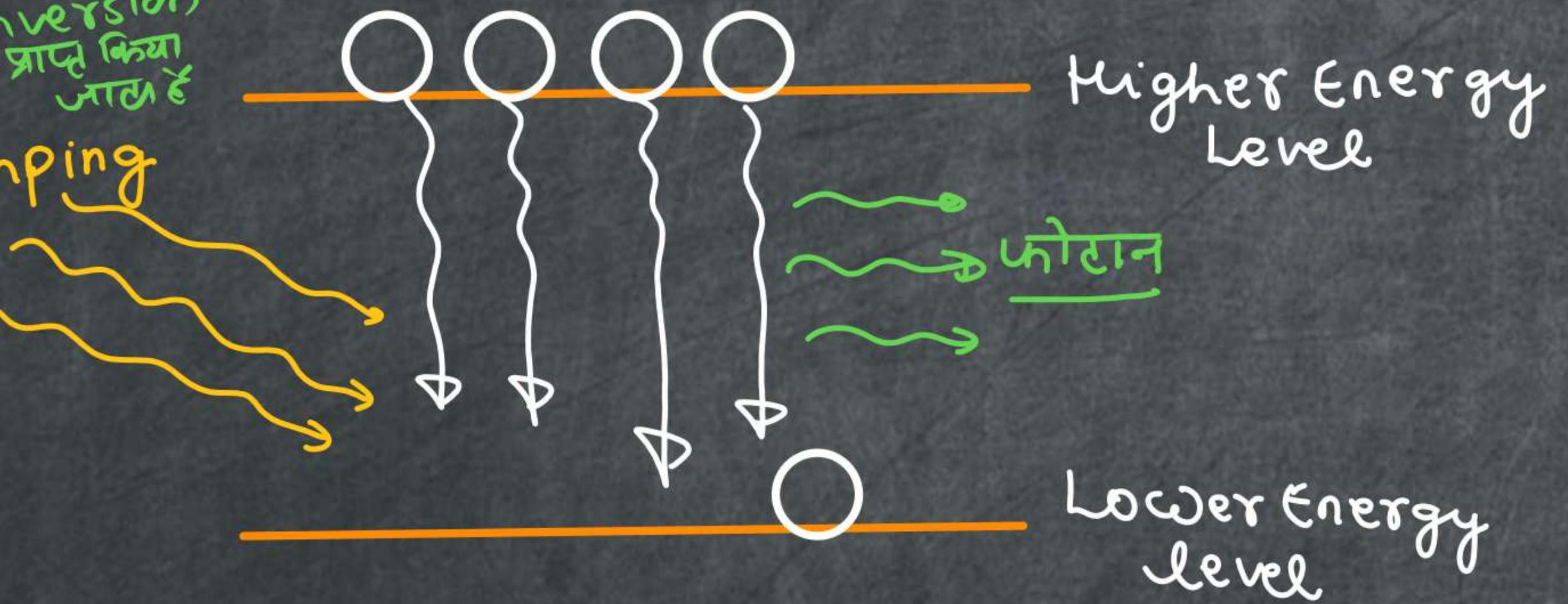
→ (Pumping) →

पंपिंग वह प्रक्रिया है जिसमें किसी माध्यम (Medium) में बाहरी ऊर्जा प्रवाहित करके इलेक्ट्रॉनों को उच्च ऊर्जा स्तर (Higher Energy Level,) पर पहुँचाया जाता है, जिससे समष्टि प्रतिलोमन (Population Inversion) प्राप्त किया जा सके।

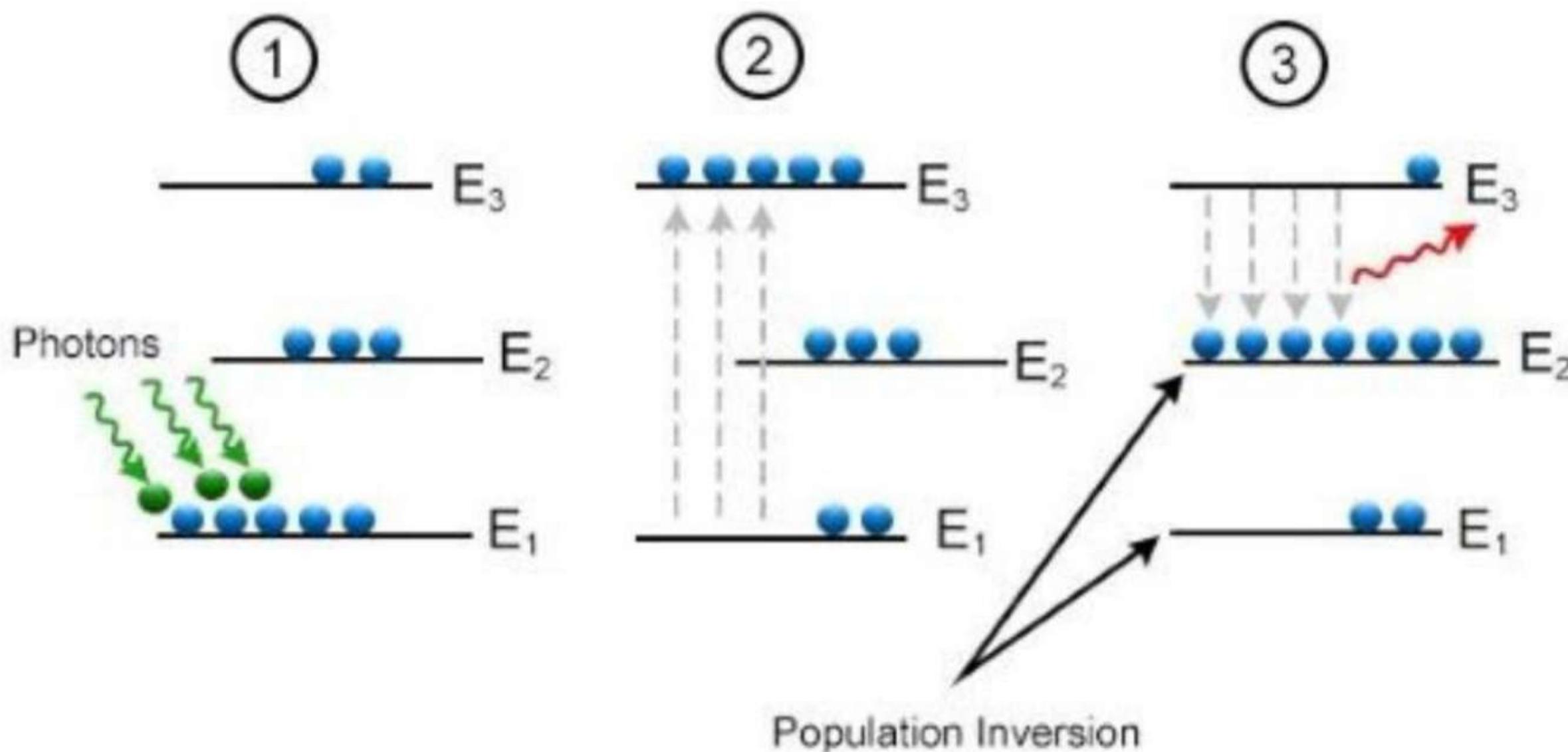
Pumping is the process in which electrons are transported to higher energy level by passing external energy through a medium so as to achieve population inversion.

Population
Inversion
प्राप्त किया
जालावै

Pumping



Pumping



Importance

बिना पंपिंग के समष्टि प्रतिलोमन संभव नहीं होता।

Population inversion is not possible without pumping.

पंपिंग के माध्यम से प्रेरित उत्सर्जन (Stimulated Emission) को बढ़ाया जाता है, जिससे लेजर प्रकाश उत्पन्न होता है।

Stimulated emission is enhanced through pumping, which produces laser light.

यह लेजर क्रिया (Laser Action) का पहला और सबसे महत्वपूर्ण चरण है।

This is the first and most important step of laser action.

2.5 marks

Question → Pumping से आप क्या समझते हैं? Pumping विधियों को समझाइए?

Pumping Methods (पंपिंग की विधियाँ)

- Electron को निम्न ऊर्जा स्तर से उच्च स्तर पर पहुँचाने की क्रिया →
- 1 प्रकाशीय पंपिंग (Optical Pumping) ✓ → प्रकाश ऊर्जा
 - 2 विद्युत निर्वहन पंपिंग (Electrical Discharge Pumping) ✓ → High Voltage
 - 3 रासायनिक पंपिंग (Chemical Pumping) ✓ → Exothermic Rxn
 - 4 अर्धचालक पंपिंग (Semiconductor Pumping) ✓ → Electric current

1 प्रकाशीय पंपिंग (Optical Pumping)

→ प्रकाश ऊर्जा (Light Energy)

किसी बाहरी प्रकाश स्रोत (Flash Lamp या LED) से ऊर्जा प्रदान की जाती है।

Energy is provided from an external light source (flash lamp or LED).

यह फोटॉन परमाणुओं से टकराते हैं और उन्हें उत्तेजित अवस्था (Excited State,) में ले जाते हैं।

These photons hit the atoms and move them into an excited state.

जब पर्याप्त परमाणु स्तर पर पहुँच जाते हैं, तो समष्टि प्रतिलोमन (Population Inversion) हो जाता है।

When enough atoms have reached the level, population inversion occurs.

✓ प्रयोग (Used In):

- रूबी लेजर (Ruby Laser) ✓
- डायोड लेजर (Diode Laser) ✓

2 विद्युत निर्वहन पंपिंग (Electrical Discharge Pumping)

उच्च वोल्टेज (High Voltage) द्वारा गैस या प्लाज्मा को उत्तेजित किया जाता है।

The gas or plasma is excited by high voltage.

इलेक्ट्रॉन गैस के परमाणुओं से टकराते हैं और उन्हें उच्च ऊर्जा स्तर पर ले जाते हैं।

The electrons collide with the gas atoms and take them to higher energy levels.

इससे समष्टि प्रतिलोमन (Population Inversion) उत्पन्न होता है।

This produces population inversion

✓ प्रयोग (Used In):

- हीलियम-नियॉन (He-Ne) लेजर ✓
- कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) लेजर ✓

3 रासायनिक पंपिंग (Chemical Pumping)

कुछ रासायनिक अभिक्रियाओं (Chemical Reactions) से ऊर्जा उत्पन्न होती है।

→ Exothermic
Reaction
(ऊष्माक्षेपी
अभिक्रिया)

Some chemical reactions produce energy.

यह ऊर्जा परमाणुओं को उत्तेजित (Excited) अवस्था में ले जाती है और समाइ प्रतिलोमन उत्पन्न होता है।

This energy moves atoms into an excited state and causes population inversion.

✓ प्रयोग (Used In):

- Chemical Oxygen-Iodine Laser (COIL) ✓
- Hydrogen-Fluoride (HF) और Deuterium-Fluoride (DF) लेजर

4 अर्धचालक पंपिंग (Semiconductor Pumping)

बाहरी विद्युत प्रवाह (Electrical Current) का उपयोग करके इलेक्ट्रॉनों को उत्तेजित किया जाता है।

The electrons are excited using an external electrical current.

यह विधि डायोड लेजर (Diode Laser) में सबसे अधिक उपयोग की जाती है।

This method is most commonly used in diode laser.

✓ प्रयोग (Used In):

- सेमीकंडक्टर लेजर (Semiconductor Laser)
- डायोड पंप लेजर (Diode-Pumped Solid-State Lasers - DPSSL)

लेजर (LASER)

✓ LASER का पूरा नाम "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" है, जिसका अर्थ है "प्रेरित उत्सर्जन द्वारा प्रकाश प्रवर्धन"।

The full name of LASER is "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"

✓ यह एक तकनीक है जो एक दिशा में अत्यधिक केंद्रित, तीव्र और सुसंगत (Coherent) प्रकाश किरण उत्पन्न करती है।

It is a technology that produces a highly focused, intense and coherent beam of light in one direction.

LASER \Rightarrow Stimulated Emission के लिए
(प्रेरित उत्सर्जन)

◆ लेजर का सिद्धांत (Principle of LASER)

लेजर का सिद्धांत "प्रेरित उत्सर्जन द्वारा प्रकाश प्रवर्धन" पर आधारित है।

The principle of laser is based on "light amplification by stimulated emission".

◆ जब एक उत्तेजित परमाणु या इलेक्ट्रॉन एक उच्च ऊर्जा स्तर (E_2) से निम्न ऊर्जा स्तर (E_1) पर गिरता है, तो यह एक फोटॉन (Photon) उत्सर्जित करता है।

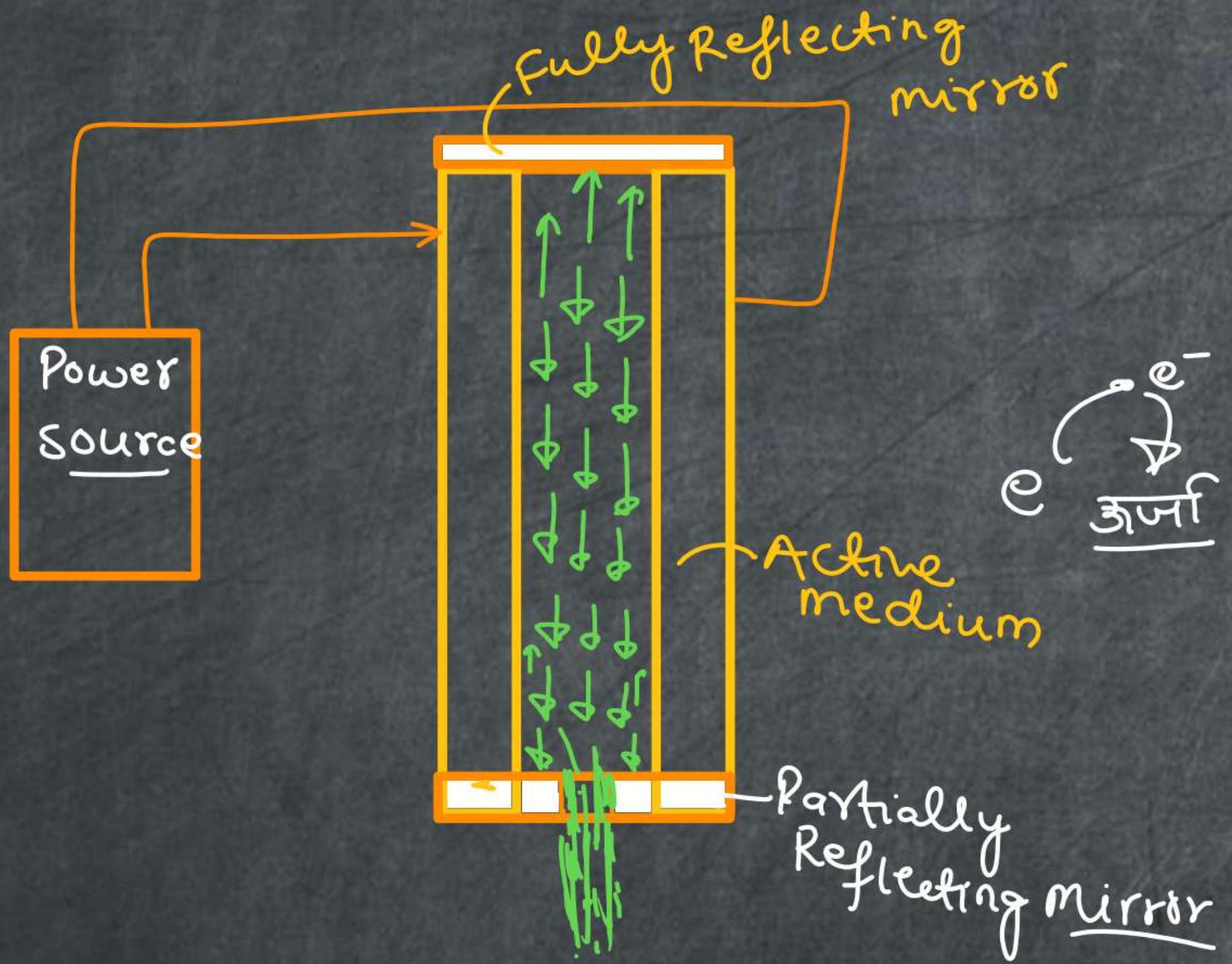
When an excited atom or electron falls from a higher energy level (E_2) to a lower energy level (E_1), it emits a photon.

◆ यदि यह उत्सर्जन बाहरी फोटॉन के प्रभाव से प्रेरित होता है, तो उत्पन्न फोटॉन एक ही दिशा, ऊर्जा और फेज (Phase) में होते हैं।

If this emission is induced by the impact of an external photon, the photons produced have the same direction, energy and phase.

इस प्रक्रिया को प्रेरित उत्सर्जन (Stimulated Emission) कहते हैं, जो लेजर के निर्माण की कुंजी है।

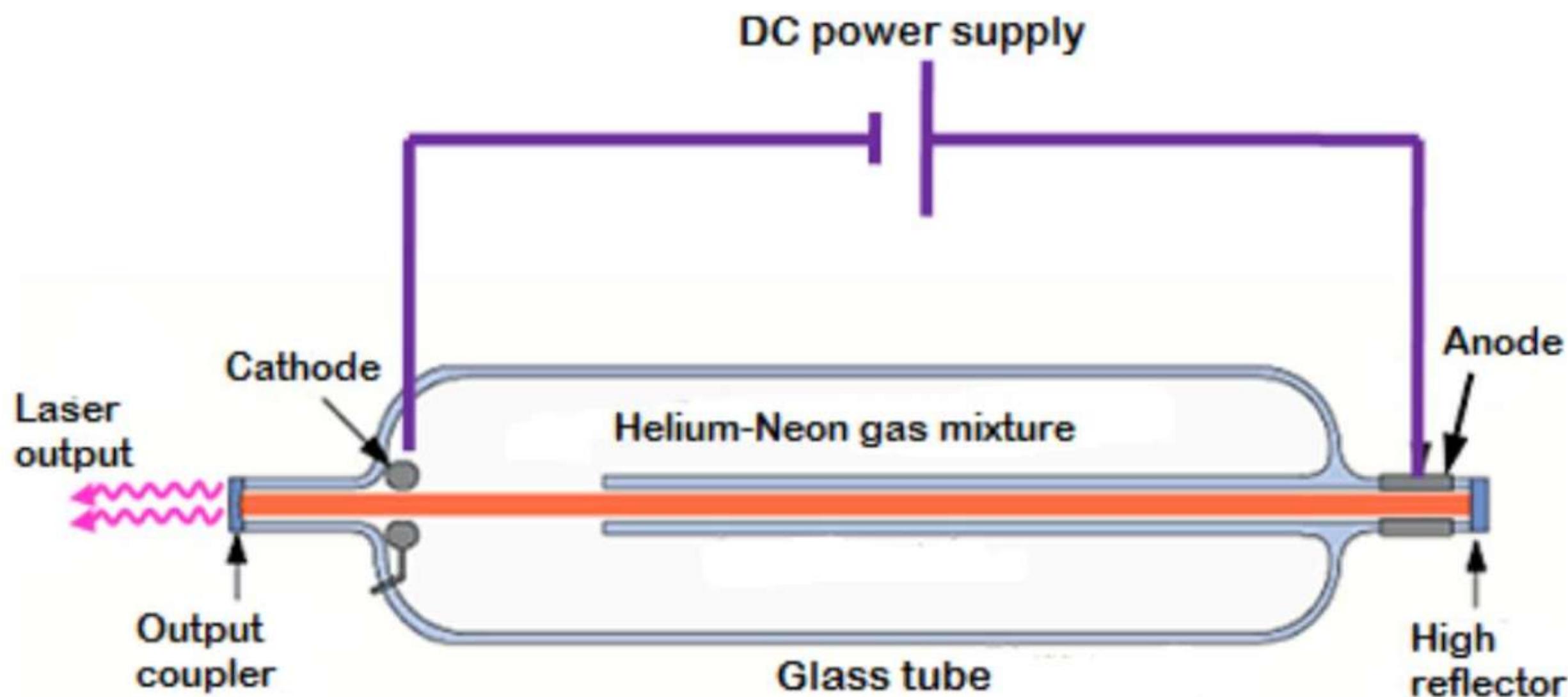
This process is called stimulated emission, which is the key to creating lasers.



◆ लेजर की संरचना (Components of LASER)

1. सक्रिय माध्यम (Active Medium): ✓
2. पंपिंग स्रोत (Pumping Source): ✓
3. ऑप्टिकल रेजोनेटर (Optical Resonator): ✓
4. पूर्ण परावर्तक दर्पण (Fully Reflecting Mirror): ✓
5. आंशिक पारगम्य दर्पण (Partially Transmitting Mirror): ✓

◆ लेजर की संरचना (Components of LASER)



1. सक्रिय माध्यम (Active Medium):

यह वह पदार्थ होता है जिससे लेजर उत्पन्न होती है, जैसे रूबी क्रिस्टल, हीलियम-नियॉन गैस, या सेमीकंडक्टर।

This is the material from which the laser originates, such as a ruby crystal, helium-neon gas, or a semiconductor.

2. पंपिंग स्रोत (Pumping Source):

यह सक्रिय माध्यम को ऊर्जा प्रदान करता है, जैसे फ्लैशलैंप, इलेक्ट्रिकल डिस्चार्ज या रासायनिक अभिक्रिया।

It provides energy to the active medium, such as a flashlamp, electrical discharge, or chemical reaction.

3. ऑप्टिकल रेजोनेटर (Optical Resonator):

इसमें दो दर्पण होते हैं जो प्रकाश को प्रतिबिंबित करके प्रवर्धित करते हैं।

It has two mirrors that amplify light by reflecting it.

4. पूर्ण परावर्तक दर्पण (Fully Reflecting Mirror):

यह 100% प्रकाश को परावर्तित करता है ताकि लेजर बीम और अधिक सशक्त हो सके।

It reflects 100% of the light so that the laser beam can be more powerful.

5. आंशिक पारगम्य दर्पण (Partially Transmitting Mirror):

यह थोड़ी मात्रा में प्रकाश को बाहर जाने देता है जिससे लेजर बीम बनती है।

This allows a small amount of light to escape, forming a laser beam.

◆ लेजर कैसे काम करता है? (Working of LASER in Simple Steps)

1 पंपिंग स्रोत ऊर्जा प्रदान करता है, जिससे सक्रिय माध्यम के परमाणु उच्च ऊर्जा स्तर पर जाते हैं।

The pumping source provides energy, causing the atoms of the active medium to move to higher energy levels.

2 जब समष्टि प्रतिलोमन (Population Inversion) होता है, तो ऊपरी स्तर पर अधिक इलेक्ट्रॉन जमा हो जाते हैं।

When population inversion occurs, more electrons get accumulated at the upper level.

3 बाहरी फोटॉन के प्रभाव से प्रेरित उत्सर्जन (Stimulated Emission) होता है, जिससे एक समान फोटॉन निकलते हैं।

Stimulated emission occurs due to the impact of an external photon, which releases identical photons.

4 फोटॉन बार-बार दर्पणों से टकराकर संख्या में बढ़ते हैं और प्रवर्धित होते हैं।

The photons increase in number and are amplified by repeatedly hitting the mirrors.

✓ Partially Reflecting mirror

5 आंशिक पारगम्य दर्पण से तीव्र, केंद्रित और सुसंगत लेजर बीम बाहर निकलती है

An intense, focused and coherent laser beam emerges from the partially transmissive mirror

◆ लेजर की विशेषताएँ (Characteristics of LASER)

सुसंगतता (Coherence): सभी फोटॉन एक ही फेज़ और दिशा में होते हैं।

All photons are in the same phase and direction.

एकरंगी (Monochromaticity): लेजर बीम एक ही तरंगदैर्घ्य (Wavelength) की होती है।

The laser beam is of the same wavelength.

दिशा-निर्देशन (Directionality): लेजर बीम बहुत संकरी और केंद्रित होती है।

The laser beam is very narrow and focused.

उच्च तीव्रता (High Intensity): सामान्य प्रकाश की तुलना में लेजर बहुत अधिक तीव्र होती है।

Lasers are much more intense than normal light.

इंजीनियरिंग में लेजर के अनुप्रयोग (Engineering Applications of Lasers)

धातु काटने (Metal Cutting): उच्च ऊर्जा लेजर बीम से सटीक कटिंग की जाती है।

Precise cutting is achieved with a high energy laser beam.

वेल्डिंग (Laser Welding): धातु और प्लास्टिक को जोड़ने में लेजर तकनीक का उपयोग किया जाता है। Laser technology is used to join metal and plastic.

3D प्रिंटिंग: एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग में परत-दर-परत सटीक प्रिंटिंग के लिए लेजर का प्रयोग होता है।

Additive manufacturing uses lasers for precise printing, layer by layer.

संरेखण और मापन (Alignment & Measurement): औद्योगिक मापन और संरेखण के लिए लेजर स्कैनर का उपयोग किया जाता है।

Laser scanners are used for industrial measurement and alignment.

संपर्क रहित निरीक्षण (Non-Contact Inspection): संवेदनशील सामग्री और उत्पादों की गुणवत्ता जांचने के लिए उपयोग किया जाता है।

Used to check the quality of sensitive materials and products.

चिकित्सा में लेजर के अनुप्रयोग (Medical Applications of Lasers)

LASIK सर्जरी नेत्र चिकित्सा में दृष्टि सुधारने के लिए उपयोग किया जाता है।

Used in ophthalmology to improve vision.

कैंसर उपचार (Laser Therapy): ट्यूमर और कैंसर कोशिकाओं को नष्ट करने के लिए लेजर तकनीक का उपयोग किया जाता है।

Laser technology is used to destroy tumors and cancer cells.

दंत चिकित्सा (Dental Surgery): मसूड़ों और दांतों के इलाज के लिए लेजर सर्जरी की जाती है।

Laser surgery is done to treat gums and teeth.

त्वचा उपचार (Dermatology): टैटू रिमूवल, हेयर रिमूवल और झुर्रियों के इलाज में उपयोग किया जाता है।

Used in tattoo removal, hair removal and treating wrinkles.

ऑप्टिकल इमेजिंग (Optical Imaging): शरीर के अंदरूनी अंगों की स्कैनिंग और डायग्नोसिस के लिए लेजर का उपयोग किया जाता है।

Lasers are used for scanning and diagnosis of internal organs of the body.