3.2.2 आँकड़ों का विश्लेषण (Data Analysis)

सुदूर संवेदन की दूसरी प्रक्रिया आकड़ों का विशलेषण करना है। अन्तरिक्ष आधारित संवेदकों के द्वारा जो अंकीय ऑकड़े अर्जित किये जाते हैं उनसे कम्प्यूटर की सहायता से प्रतिबिम्ब तैयार किया जाता है, जिन्हें ऑकड़ा उत्पाद कहा जाता है। ये उत्पाद किसी भी दृश्य यंत्र का विवरण प्रस्तुत करते हैं। इस विवरण को पहचानने एवं इनके बारे में आवश्यक जानकारी प्राप्त करने तथा किसी निर्णय तक पहुंचने की प्रक्रियाँ ऑकड़ा विशलेषण कहलाता है इसके लिए पर्याप्त अनुभव, अभ्यास, ज्ञान की आववश्यकता होती है। ऑकड़ा उत्पादों को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है–

(1) उपग्रहीय प्रतिबिम्ब (Satellite Imageries) एवं

(2) वायु फोटो चित्र (Aerial Photographs)

वायु फोटो चित्रों के विश्लेषण के लिए स्टीरियास्कोप (Steroscope) इत्यादि यंत्रों का प्रयोग होता है और इनकी साहायता के लिए स्थलाकृतिक मानचित्र, संख्याकीय आँकड़ें तथा अन्य सन्दर्भ आँकड़ों की आवश्यकता होती हैं।

आँकड़ा विशलेषण के चार प्रमुख तत्व है, जिन्हें चित्र की साहायता से समझा जा सकता है। ये हैं:–

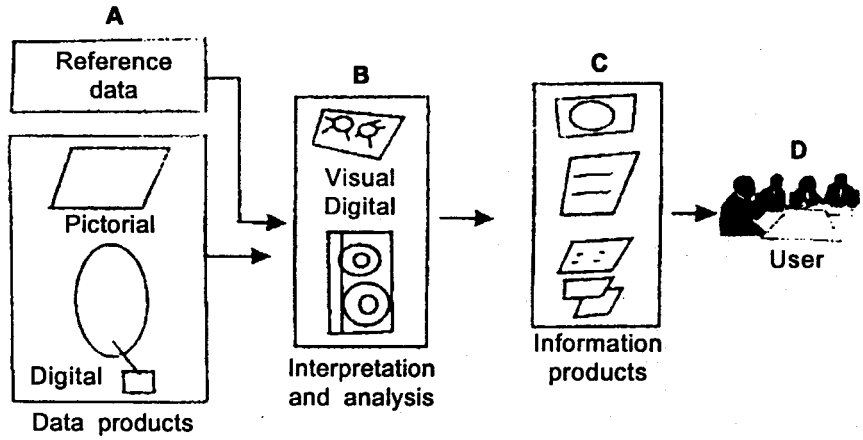


Fig. : Process of Data Analysis

(A) आँकड़ा उत्पाद) (Data Product)

(B) व्याख्या तथा विश्लेषण (Interpretation and Analysis)

(C) सूचना उत्पाद (Information Products) तथा

(D) उपयोगकर्त्ता (Users)

3.3 सुदूर संवेदन की अवस्थाएँ (Stages of Remote Sensing)

सुदूर संवेदन में आँकड़ा आर्जन की प्रक्रिया को निम्नलिखित सात वर्गों में विभाजित किया गया है। ये हैं:–

(1) **ऊर्जा स्त्रोत (Energy Source)**—यह सुदूर संवेदन की आधारभूत आवश्यकता है जो इच्छित लक्ष को प्रकाशयुक्त करता है। इसे विद्युत चुम्बकीय विकिरण (EMR) का उत्सार्जन (Emission) कहते हैं।

(2) **ऊर्जा का वायुमण्डल के साथ अन्योन्यक्रिया (Energy Interaction with the Atmosphere)**—ऊर्जा जब प्रमुख स्त्रोत से धरातल पर किसी लक्ष्य तक तथा लक्ष्य से संवेदक तक पहुँचती है तो यह वायुमण्डल के सम्पर्क में आकर अन्योन्यक्रिया करती हैं। इसके अन्तर्गत ऊर्जा संचारण (transmission) अवशोषण (Absorption) तथा प्रकीर्णन को (Scattering) सम्मिलित किया जाता हैं।

(3) **ऊर्जा का पृथ्वी के धरातलीय आकृतियों से अन्योन्यक्रिया (Interaction of Energy with Earth's Surface features)**—पृथ्वी के धरातल की आकृतियों, आपतन (Incident) ऊर्जा का कुछ अंश परावर्तित (Reflected) तथा कुछ अवशोषित (Absorption) किया जाता है।

(4) **ऊर्जा का संवेदक द्वारा अभिलेखन (Recording of Energy by the Sensor)**—धरातलीय तत्वों के साथ अन्योन्यक्रिया के पश्चात् ऊर्जा संवेदक तक पहुँचती है, जिसे 'ऊर्जा का संचारण' (Transmission) कहते हैं। जिस रूप में इसे अंकित किया जाता है उसी रूप में उपयोगकर्त्ता द्वारा इसे प्रयोग किया जाता है।

(5) **आँकड़ों का संचारण तथा प्रक्रमण (Data Transmission and Processing)**—जो ऊर्जा संवेदक द्वारा अभिलेखित की जाती है उसे प्राप्तकर्त्ता तथा प्रक्रमण स्टेशन को संचारित किया जाता है। इस सम्पूर्ण प्रक्रिया को धरातल से सुदूर संवेदक तक ऊर्जा का संचरण (Transmission) कहते हैं।

(6) **प्रतिबिम्ब तथा विश्लेषण (Image Processing and Analysis)**—उपर्युक्त प्रक्रिया के बाद बिम्बों का विश्लेषण किया जाता है तथा पृथ्वी के धरातलीय आकृतियों के बारे में सूचनाओं को निकाला जाता है। इसे आँकड़ों का प्रक्रमण एवं विश्लेषण करना कहते हैं।

(7) **अनुप्रयोग (Application)**—विश्लेषण की विभिन्न प्रक्रिया के पश्चात् उपयोगी सूचनाओं का अनुप्रयोग किसी समस्या के समाधान लेने के लिए किया जाता है।

3.4 निष्कर्ष (Summing up)

इस प्रकार सुदूर संवेदन का प्रक्रम एवं अवयव के अंतर्गत आँकड़ा उत्पाद एवं आँकड़ों के भौतिक और सांस्कृतिक लक्षणों की पहचान या व्याख्या महत्वपूर्ण है जिसे आँकड़ों का विश्लेषण कहते हैं। वायु या अंतरिक्ष से ली गई छवि या प्रतिबिम्ब किसी दृश्य भूमि के प्रारूप का चित्रित प्रस्तुतीकरण होता है, जिसका संबंध स्थलाकृतियों के भौतिक एवं सांस्कृतिक लक्षणों से हैं।

इस प्रकार कहा जात सकता है कि सुदूर संवेदन एक अन्तर विषयी विज्ञान है, जिसके अन्तर्गत विभिन्न विषयों जैसे कि ऑप्टिक्स (Optics), फोटोग्राफी (Photography) अभिकलन (Computer) इलेक्ट्रॉनिक्स (Electronics) दूर संचार (Telecommunication) उपग्रहीय-प्रक्षेपण (Satellite-launching) इत्यादि का समावेश है।

3.5 अभ्यास प्रश्न (Questions for Exercise)

3.5.1 लघुउत्तरीय प्रश्न (Answer Questions)

(1) आँकड़ों के उत्पादन एवं विश्लेषण क्या है ?

(2) सुदूर संवेदन की विभिन्न अवस्थाओं को बताएँ।

(3) वितीय एवं अंकीय प्रतिबिम्ब में क्या अन्तर है ? स्पष्ट करें।

3.5.2 दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answers Questions)

(1) सुदूर संवेदन के प्रक्रम एवं अवयव की विस्तारपूर्वक व्याख्या करें।

3.6 सन्दर्भ पुस्तकें (Reherence Books)

(1) प्रायोगिक भूगोल – जे० पी० शर्मा ।

(2) सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली – डॉ० देवी दन्त चौनियाल।

(3) Fundamentals of Cartography — R. P. Misra & A. Ramesh

❖

विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा के (तरंगों) लक्षण (Characteristics of Electro-magenetic Energy)

पाठ-संरचना (Lesson Structure)

4.0 उद्देश्य (Objective)

4.1 परिचय (Introduction)

4.2 विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा तथा स्पेक्ट्रम (Electromagnetic Energy and Spectrum)

4.3 स्पेक्ट्रमी प्रदेश (Spectral Regions)

4.4 संवेदन प्रणालियाँ (Sensing Systems)

4.5 निष्कर्ष (Summing-up)

4.6 अभ्यास प्रश्न (Questions for Exercise)

4.6.1 लघुउत्तरीय प्रश्न (Short Answer Questions)

4.6.2 दीर्घउत्तरीय प्रश्न (Long Answer Questions)

4.7 सन्दर्भ पुस्तकें (Reference Books)

4.0 उद्देश्य (Objective)

इस पाठ के अध्ययन के बाद पर जान सकेंगे–

1. विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा तथा सपेक्ट्रम के बारे में
2. विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम प्रदेश के बारे मैं तथा
3. सुदूर संवेदन की विभिन्न प्रणालियों के बारे में ।

4.1 परिचय (Introduction)

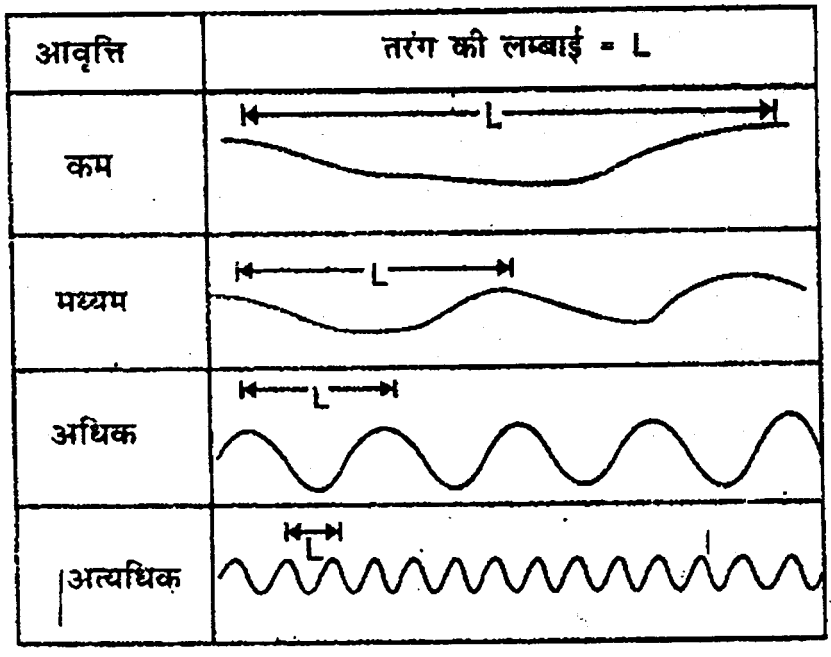
यदि कोई प्रकाश की किरण किसी प्रिज्म (Prism) से गुजरती है तो प्रिज्म के दूसरी ओर रखे सफेद पर्दे पर एक बहु-रंगीन (Multi-coloured) पट्टी बन जाती है। इस पट्टी के एक सिरे पर बैंगनी (Violet) रंग होता है तथा दूसरे सिरे की ओर क्रमशः नीले (Blue) हरे (green) पीले (Yellow) व लाल (Red) रंग होते हैं। बैगनी, नीले, हरे व लाल रंग की पट्टियों को इस लागातार क्रम में प्रकाश स्पेक्ट्रम कहते हैं। 1880 में सर विलियम हर्सचल

(Sir William Herschal) नामक एक अंग्रेज वैज्ञानिक ने तापमापी (Thermometer) के प्रयोग से बताया कि पर्दे पर दिखलायी देनेवाले प्रकाश स्पेक्ट्रम मे बैंगनी रंग की पट्टी की ओर तापमान की मात्रा बढ़ती जाती है तथा तापमान की यह वृद्धि लाल सिरे से और आगे की और भी जारी रहती है। इस खोज़ के कुछ ही वर्ष बाद विद्युत के रासायनिक प्रभावों का अध्ययन करते समय पता चला कि प्रकाश-स्पेक्ट्रम के बैंगनी सिरे से पहले स्थित भाग में कुछ तापमान विद्यमान है। इस प्रकार इस खोज से यह साबित हो गया कि विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम मे ऊर्जा के सभी तरंग-दैर्ध्यों व तरंग बारंबारताओं का एक व्यवस्थित एवं लगातार क्रम मिलता है।

ऐसा वृहद स्पैक्ट्रम जिसके अन्तर्गत कॉसमिक किरणों से लेकर रेडियो तरंगों के सभी तरंग-दैर्ध्य निहित होते हैं, उसे विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम कहते हैं। इस अध्याय में विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम ऊर्जा के विषय में जानकारी प्रापत करेंगे।

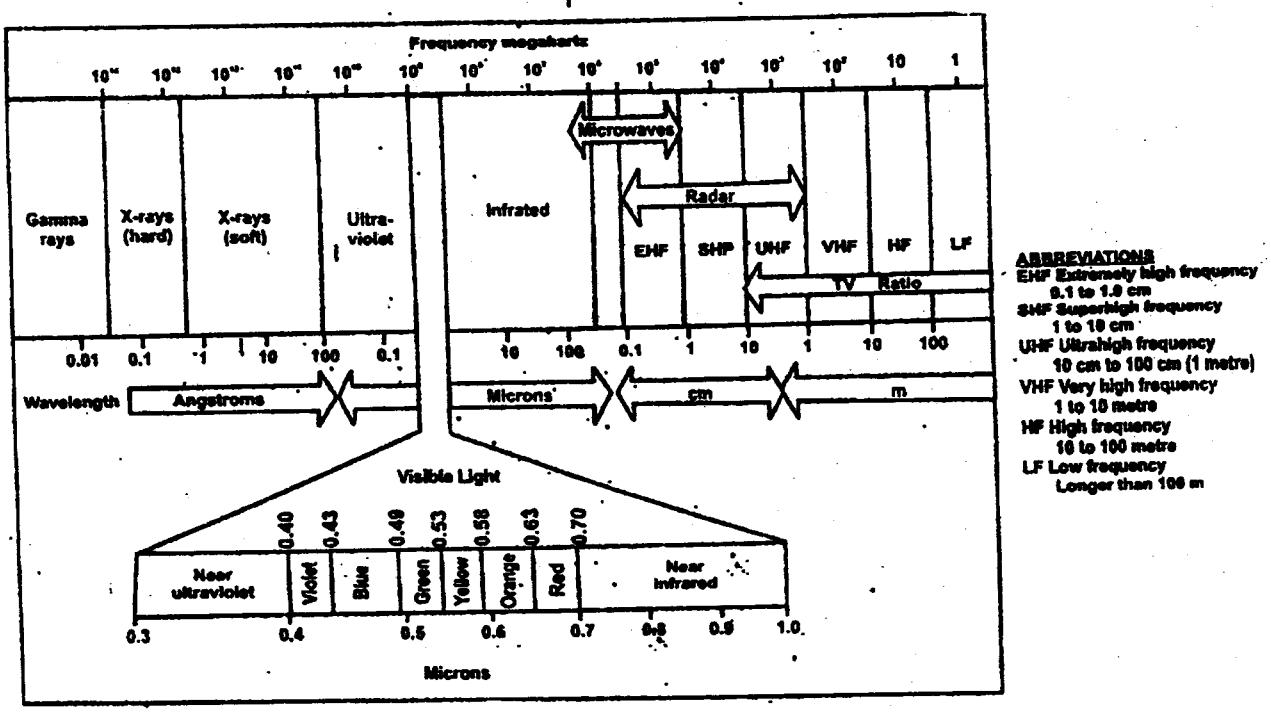
4.2 विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा तथा स्पेक्ट्रम (Electro-magentic Energy and Spectrum)

विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा तरंगों के रूप में होती हैं और ये विभिन्न प्रकार की होती हैं। इन्हें इनकी तरंगदैर्ध्य के आधार पर जाना जाता है। दो निकटवर्ती तरंग घृंगों (Wave Crests) अथवा तरंग गर्तों (Wave Troughs) के बीच की लम्बाई को तरंगदैर्ध्य कहते हैं। ये तरंगें प्रकाश की तीव्रगति से चलती है जो लगभग 3,00,000 किमी० प्रति सेकेण्ड है। किसी स्थान से गुजरनेवाली तरंगों की संख्या को उनकी आवृत्ति (Frequency) कहते हैं। स्पष्ट है कि कम दैर्ध्यवाली तरंग की आवृत्ति अधिक तथा अधिक तरंग दैर्ध्यवाली तरंग की आवृत्ति कम होती है। नीचे के चित्र (क) में यह दिखाया गया है कि तरंगदैर्ध्य कम होने के साथ-साथ उसकी आवृत्ति बढ़ती जाती है।



चित्र (क) : तरंग की लम्बाई तथा उसकी आवृत्ति

नीचे के चित्र (ख) में विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के भाग को दिखाया गया है। इसमें सबसे छोटी दैर्ध्यवाली तरंग बाई ओर तथा सबसे बड़ी दैर्ध्यवाली तरंग दाई ओर है। इसे लघुगणक मापनी (Logrithmic Scale) पर बनाया गया है। दाई ओर गामा तरंग (Gama Rays) है। इन्हें मापने की इकाई एंग्स्ट्राम (Angstrom) है, जो 0.000, 000, 01 सेमी० के बराबर है। गामा तरंग की तरंगदैर्ध्य 0.03 एंग्स्ट्राम से कम होती है। जिसकी तरंगदैर्ध्य 0.6 से 100 एंग्स्ट्राम तक होती है। एक्स तरंग दो प्रकार की होती है। जिन्हें क्रमशः सख्त (Hand) और नर्म (Soft) एक्स तरंग



चित्र (ख) : The Electromagnetic Radiation Spectrum

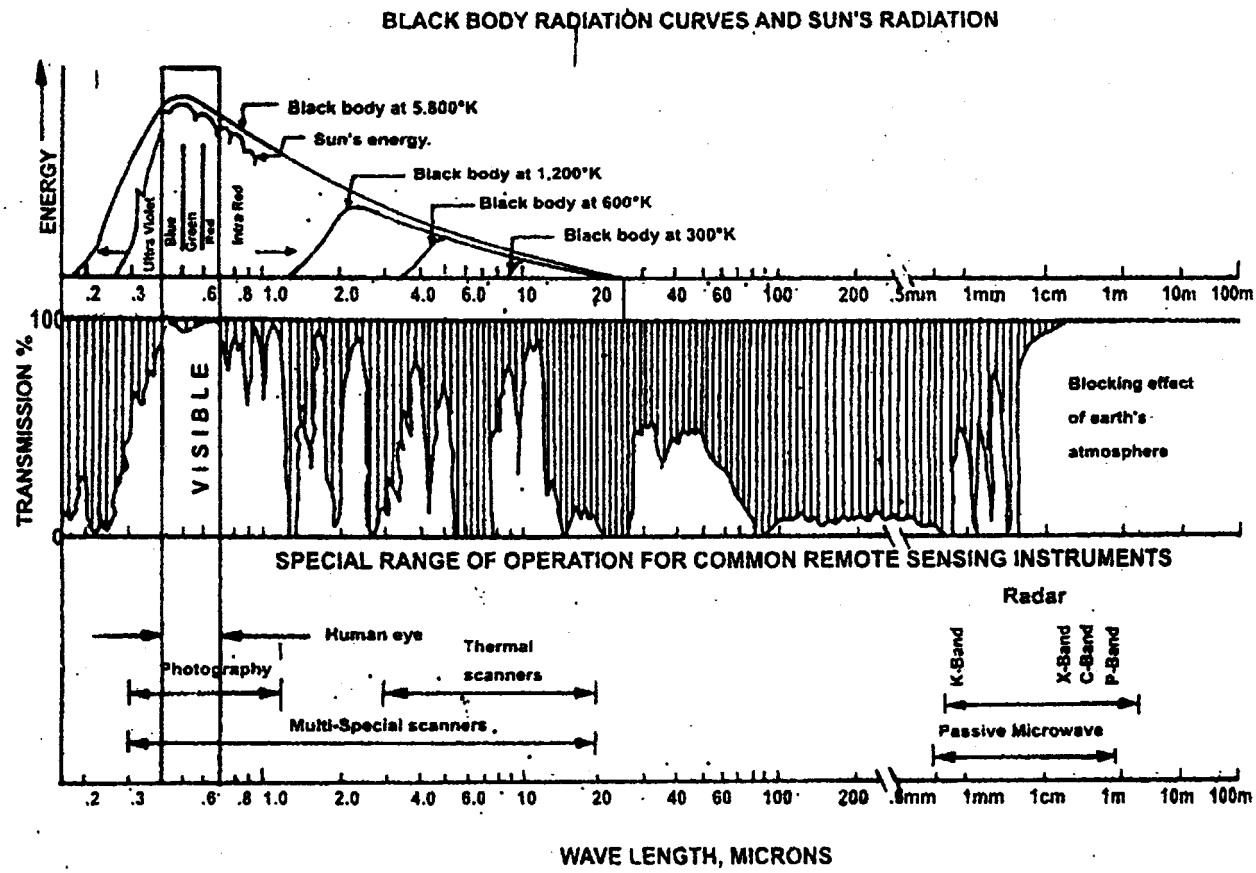
कहते हैं। एक्स तरंगे धीरे-धीरे पराबैंगनी तरंग (Ultra-violet Rays) को स्थान देती है। उनकी लम्बाई लगभग 4000 एंग्ट्राम तक पहुँच जाती है। इसके पश्चात् स्पेक्ट्रम का दिखाई देनेवाला भाग आता है। हमारी आँखें 4000 से 7000 एंग्स्ट्रम दैर्ध्यवाली तरंगों को ही देख सकती है। दिखाई देनेवाले स्पेक्ट्रम की तरंगदैर्ध्य को माइक्रॉन (Microns) में भी मापा जाता हैं एक माइक्रॉन 0.001 सेमी० अथवा 10,000 एंग्स्ट्राम के बराबर होता है। इस प्रकार दिखाई देनेवाले स्पेक्ट्रम मे आनेवाली तरंगों की तरंगदैर्ध्य 0.4 से 0.7 माइक्रॉन होती है। दिखाई देनेवाली तरंगों में नीला, हरा, पीला, नारंगी तथा लाल रंग होता है। चित्र (ख) में दिखाई देनेवाले स्पेक्ट्रम को बड़ा करके दर्शाया गया है। ताकि इसमें सम्मिलित रंग तथा तरंगों की आवृत्ति स्पष्ट दिखाई दे सकें।

इसके पश्चात् परालाल (Infra red) शुरू होता है, ये लम्बी तरंगें हैं, जिनकी दैर्ध्य 0.7 से 300 माइक्रॉन होती है। ये तरंगें दिखाई नहीं देतीं, परन्तु कभी-कभी गर्म वस्तुओं से प्रसारित होनेवाली उष्मा तरंगों के रूप में महसूस की जा सकती हैं।

परालाल क्षेत्र के पश्चात् लम्बी तरंगोंवाला यंत्र आता है जिसे 'माइक्रौवेव) (Micro-waves) कहते हैं। इस

क्षेत्र में तरंगदैर्ध्य 0.03 सेमी० से 1.0 सेमी० होती है। घरों में भोजन बनाने तथा गर्म करने के लिए माइक्रोवेव का खूब प्रयोग होने लगा है। इन तरंगों को संदेश वाहन के रूप में भी प्रयोग में लाया जाता है। रडार (Radar) इसी क्षेत्र में आता है। रडार की दैर्ध्य 0.1 सेमी० से 100 सेमी० (अर्थात 1 मीटर) होती है। इसके पश्चात दूरदर्शन तथा रेडियो तरंगें आती हैं। रेडिया तरंगों की तरंगदैर्ध्य 300 मीटर होती है। दूर संवेदन में विधुत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के पराबैंगनी, दिखाई देनेवाले स्पेक्ट्रम, माइक्रोवेव तथा रडार भाग का बहुत प्रयोग होता है।

दूर संवेदन में विधुत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की उपयोगिता को समझने के लिए इसके कुछ मूल सिद्धान्तों पर अपना ध्यान केन्द्रित करना होगा। इस सन्दर्भ में सबसे बड़ा सिद्धान्त यह है कि कोई भी वस्तु जिसका तापमान 0°K (अर्थात्–273°C) से अधिक होता है, वह विधुत चुम्बकीय ऊर्जा छोड़ती है। तापमान में वृद्धि के साथ-साथ छोड़ी गई ऊर्जा में वृद्धि होती है। ऊर्जा के प्रसारण की तुलना के लिए काली वस्तु को मानक वस्तु माना जाता है। काली वस्तु वह वस्तु है जो उष्मा को विकिरण ऊर्जा में परिवर्तित करने की अधिकतम क्षमता रखती है। विकिरित ऊर्जा सभी तरंगों के लिए एकसमान नहीं होती। यह अधिकतम तथा न्यूनतम दैर्ध्यवाली तरंगों के लिए कम तथा मध्यम तरंगदैर्ध्य वाली तरंगों के लिए अधिक होती है। काली वस्तु का तापमान बढ़ने से अधिकतम ऊर्जा का क्षेत्र छोटी तरंग दैर्ध्यवाली तरंगों की ओर खिसकती हैं चित्र (ग) से स्पष्ट।



चित्र (ग) : The electromagnetic spectrum showing the common bands of energy, energy curves for various black body temperatures, and windows where remore sensing can be accomplished. (After Scherz)

उदाहरण स्वरूप यदि लोहे को गर्म किया जाए तो सबसे पहले यह दिखाई देनेवाले स्पेक्ट्रम की लम्बी तरंगों को रोकेगा और हल्का लाल (Dull red) दिखाई देगा और अधिक गर्म होने पर यह छोटी तरंगों को रोकेगा और क्रमशः नारंगी, पीला और सफेद रंग धारण करेगा। जैसाकि पहले बताया गया है कि हमारी आँखें 4000 से 7000 एंग्स्ट्राम अथवा 0.4 से 0.7 माइक्रोमीटर (1 मीटर का दस लखवाँ भाग) तक ही देख सकती हैं। फोटोग्राफी 0. 3 से 1.2 माइक्रोमीटर की तरंगों को रिकार्ड कर सकती है।

4.3 स्पेक्ट्रमी प्रदेश (Spectral Region)

जैसा कि पहले बताया जा चूका है कि विधुत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में ऊर्जा के सभी तरंगदैर्ध्यों व तरंग बारम्बारताओं का एक व्यवस्थित एवं लागातार क्रम मिलता है। तरंगदैर्ध्यों के सुविधाजन मानो के आधार पर स्पेक्ट्रम को सात बड़े स्पेक्ट्रमी प्रदेश में बाँटा जा सकता है। यह प्रदेश अध्ययन की सुविधा पर आधारित है। क्योंकि इन प्रदेशों की सीमाएँ स्पष्ट नहीं होती हैं।

विधुत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रमी प्रदेश

	प्रदेश (Region)	तरंगदैर्ध्य (Wave length)	लक्षण (Characteristics)
1.	गामा किरण प्रदेश	< 0.03 nm	वायुमण्डल के ऊपरी भाग द्वारा विकिरण का पूर्णतः अवशोषण, दूरसंवेदन के लिए विकिरण की अप्राप्ति
2.	ऐक्स-किरण प्रदेश	0.03 से 30.0 nm	वायुमण्डल में पूर्णतः अवशोषित, दूरसंवेदन में कोई उपयोग नही।
3.	पराबैगनी प्रदेश	0.03 से 0.4 μm	0.3 μm से कम तरंगदैर्ध्य के विकिरण का ऊपरी वायुमण्डल की ओजोन गैसे में पूर्णतः अवशोषण।
	(i) फोटोग्राफिक पराबैगनी बैन्ड	0.3 से 0.4 μm	वायुमण्डल में विकिरण का पारगमन सम्भव परन्तु अत्यधिक प्रकीर्णन, फिल्म तथा फोटो संसूचकों के द्वारा संवेदन सम्भव।
4.	दृश्य प्रदेश	0.4 से 0.7 μm	फिल्म व फोटो ससूचकों से संवेदन के योग्य प्रदेश, जिसमे ऊर्जा का सबसे अधिक परावर्तनशील हरा बैन्ड (0.5 तरंगदैर्ध्य) स्थित है।
5.	अवरक्त प्रदेश	0.7 से 100 μm	तरंगदैर्ध्य के अनुसार ऊर्जा व पदार्थ की अन्योन्यक्रिया में भिन्नता, अवशोषण बैन्डों के द्वारा वायुमण्डलीय परागमन खिड़कियों का

		पृथक्करण।
(i) परावर्तित अवरक्त बैण्ड 'या' निकट-अवरक्त बैन्ड	0.7 से 3.0 μm	परावर्तित सौर्य विकिरण में पदार्थों के तापीय लक्षणों की सूचना का पूर्णतः अभाव, 0.7 से 0.9 तक का अन्तराल फिल्म से संवेदन योग्य तापीय प्रदेश की प्रमुख
(ii) तापीय अवरक्त बैण्ड 'या' मध्य–अवरक्त बैण्ड	3 से 5.0 μm तथा 8.0 से 14.0 μm	वायुमण्डलीय खिड़कियाँ प्रकाशिक-यांत्रिक क्रमवीक्षकों व विशिष्ट विडीकोन तंत्र से प्रतिबिम्बों की प्राप्ति, फिल्म से असंवेदनशील
6. लघुतरंग प्रदेश	0.1 से 100 cm	मेघ, कुहरा (fog) व वर्षा में प्रवेश करने की क्षमता वाले अपेक्षाकृत लम्बे तरंगदैर्ध्य सक्रिय व निष्क्रिय दोनों दंगों से प्रतिबिम्बों की प्राप्ति सम्भव, रेडार के द्वारा सक्रिय फोटोग्राफी
7. रेडियो प्रदेश	100 cm	विधुत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में सबसे लम्बे तरंगदैर्ध्यों का प्रदेश

यहाँ ऊल्लेखनीय है कि ऊर्जा के परावर्तन की क्रिया केवल दिन में सम्पन्न होती है। परन्तु ऊर्जा के विकिरण (radiation) की क्रिया दिन-रात दोनों में चलती है। ऊर्जा के परावर्तन की अधिकतम मात्रा को 'परावर्तित ऊर्जा शिखर' (Reflected energy peak) कहते हैं। एवं पृथ्वी से विकिरित (Radiated) ऊर्जा की सबसे अधिक मात्रा को विकिरणी ऊर्जा शिखर' (radiant energy peak) कहा जाता है।

4.4 संवेदन प्रणालियाँ (Sensing Systems)

मुख्यतः दो प्रकार की संवेदन प्रणालियाँ मानी जाती हैं। ये हैं:

(A) **अक्रिय अथवा निष्क्रिय प्रणाली (Passive System)**— इस प्रणाली में प्राकृतिक ऊर्जा का प्रयोग किया जाता है। यह ऊर्जा परावर्तित अथवा विकरित भी हो सकती है। कैमरे की सहायता से फोटोग्राफी इसका प्रमुख उदाहरण है, जिसमें परावर्तित और ऊर्जा का प्रयोग होता है।

(B) **सक्रिय प्रणाली (Active System)**— इसमें मानव द्वारा उत्पादित ऊर्जा का प्रयोग होता है। इसमें ऊर्जा अपने स्त्रोत से वस्तु तक जाती है और उसका कुछ भाग परावर्तित होकर संत तक वापस आ जाती है। वहाँ पर इसे संसूचक (Detector) द्वारा रिकार्ड किया जाता है। उदाहरणतया जब प्रकाश पुंज को किसी वस्तु को प्रकाशमय करने के लिए प्रयोग किया जाता है तो इसका कुछ भाग हमारी आँखों तक वापस आ जाता है। सक्रिय प्रणाली का सबसे अधिक लोकप्रिय उदाहरण रडार है जो स्पैक्ट्रम के माइक्रोवेव भाग में कार्य करता है।

4.5 निष्कर्ष (Summing-up)

उपर्युक्त अवलोकन के आधार पर कहा जा सकता है कि सुदूर संवेदन में विधुत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम तथा ऊर्जा का महत्पूर्ण स्थान है। दूसरे शब्दों में पूरा सुदूर-संवेदन उपक्रम ही विधुत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम तथा ऊर्जा पर आधारित है। लेकिन, वायुमण्डल में कार्बनडाईआक्साइड, धूलकण, जलवाष्प, ओजोन गैस तथा अनेक प्रकार के प्रदूषणकारी तत्वों की उपस्थिति के कारण जो सूर्य से आने वाले सौर्य विकिरण का प्रकीर्णन, परावर्तन तथा अवशोषण करते हैं। इन परिवर्तनों से भूतल पर रिकॉड की जानेवाली विधूत चुम्बकीय ऊर्जा पर प्रभाव पड़ता है। भूतल द्वारा भी सौर्य ऊर्जा का ह्रास, परावर्तन तथा प्रकीर्णन होता रहता है, जिससे दूर-संवेदी उपकरणों पर प्रभाव पड़ता है। वायुमण्डल का प्रभाव सभी तरंगों पर एक जैसा नहीं होता। स्पैक्ट्रम का वह भाग जहाँ वायुमण्डल द्वारा दुर्बलीकरण सबसे कम होता है खिड़की (Window) कहलाता है और दूर संवेदन के लिए सबसे उपर्युक्त जगह/क्षेत्र होता है।

4.6 अभ्यास प्रश्न (Question for Exercise)

4.6.1 लघुउत्तरीय प्रश्न (Short Answer Questions)

(1) विधुत चुम्बकीय ऊर्जा तथा स्पेक्ट्रम क्या हैं?

(2) सुदूर संवेदन के प्रणालियों को बताएँ।

(3) स्पेक्ट्रम प्रदेश किसे कहते हैं? ये कितने प्रकार के होते हैं?

4.6.2 दीर्घउत्तरीय प्रश्न (Long Answer Questions)—

(1) सुदूर संवेदन के लिए प्रयुक्त होनेवाली विधुत चुम्बकीय ऊर्जा के लक्षणों की विस्तार से व्याख्या करें।

(2) विधुत चुम्बकीय ऊर्जा तथा स्पेक्ट्रम की विस्तार से व्याख्या करें।

4.7 सन्दर्भ पुस्तकें (Reherence Books)

(1) प्रौयोगिक भूगोल – जे० पी० शर्मा।

(2) सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली – डॉ० दैवी दत्त चौनियाल।

❖

विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा के गुण

(तरंग गति, तरंग दैर्ध्य एवं तरंग आवृत्ति)

(Properties of Electro-magnetic Energy)

Wave velocity wave length and wave frequency

पाठ-संरचना (Lesson Structure)

5.0 उद्देश्य (Objective)

5.1 परिचय (introduction)

5.2 विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा (Electro-magnetic Energy)

- 5.2.1 तरंग वेग (Wave Velocity)
- 5.2.2 तरंगदैर्ध्य (Wave Length)
- 5.2.3 तरंग बारम्बरता (Wave Frequency)
- 5.4.3 तरंगदैर्ध्य, आवृति एवं वेग में पारस्परिक सम्बन्ध (Interrelation Between Wave Length, Frequency and Velocity)

5.4 निष्कर्ष (Summing-up)

5.5 अभ्यासार्थ प्रश्न (Questions for Exercise)

- 5.5.1 लघुउत्तरीय प्रश्न (Short Answer Questions)
- 5.5.2 दीर्घउत्तरीय प्रश्न (Long Answer Question)

5.6 सन्दर्भ पुस्तकें (Referency Books)

5.0 उद्देश्य (Objective)

इस पाठ के अध्ययन के बाद आप निम्नलिखित तथ्यों को समझ पाऐंगे:

1. विद्युत चुम्बकीय तरंग के विषय में
2. विधुत चुम्बकीय तरंग के गुण के विषय में
3. तरंग वेग के बारे में
4. तरंग आवृत्ति के सम्बध में
5. तरंग बारम्बारता के विषय में तथा
6. इसके अलावा आप तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति एवं वेग में पारस्परिक सम्बधों को भी जान पाएँगे।

4.1 परिचय (Introduction)

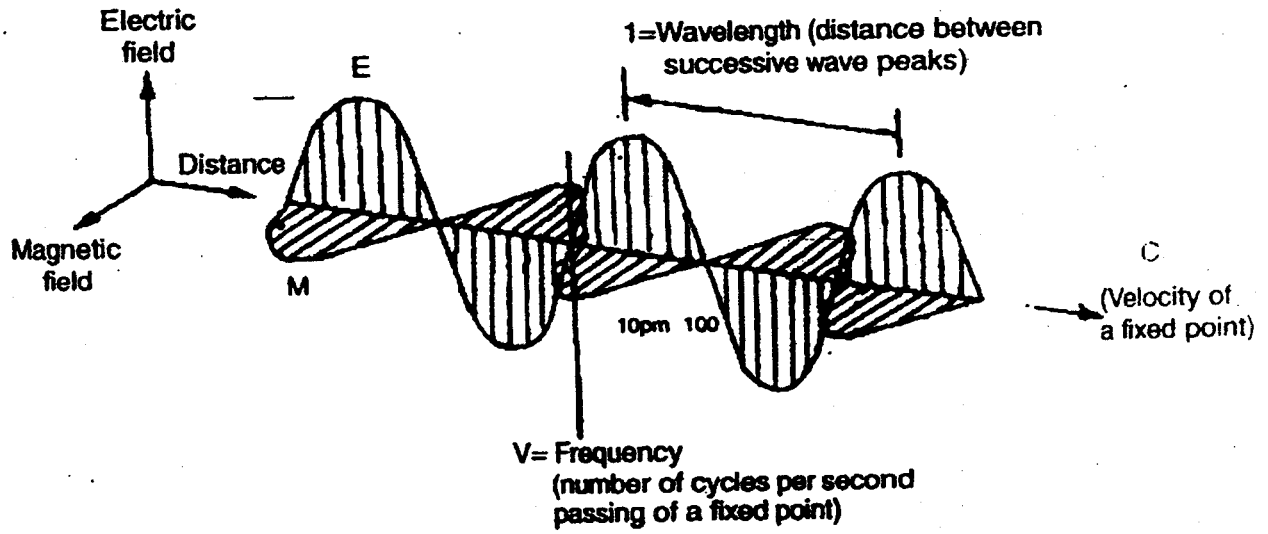
वर्तमान समय मे दूर संवेदन काफी लोकप्रिय तकनीक बन चुका है। यदपि इस तंत्र का काफी प्रचुर प्रसार एवं विकास हुआ है, फिर भी अधिकांश लोग सिर्फ इसका ऊपरी ज्ञान ही रखते हैं जबकि इसको समझने के लिए इसके आन्तरिक भाग की जानकारी भी आवश्यक है।

दूर संवेदी तकनीक में विधुत चुम्बकीय ऊर्जा का महत्त्वपूर्ण स्थान है। वास्तव में सुदूर संवेदन तकनीक में प्राप्त किये जानेवाले प्रतिबिम्बों के लिए विधुत चुम्बकीय विकिरण के परावर्तन या उत्सर्जन का प्रयोग किया जाता है। इससे यह स्पष्ट है कि संवेदन के लिए सबसे आधारभूत रणनीति विधुत चुम्बकीय विकिरण ही है। अतः यहाँ विधुत चुम्बकीय ऊर्जा को जनना महत्वपूर्ण हो जाता है।

4.2 विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा (Electro-magnetic Energy)

हरात्मक एवं ज्यावक्रीय (Harmonic and Sinusoidal) तरंगों के रूप में प्रकाश के वेग से चंचरण (Propagation) या गति करनेवाली ऊर्जा को विधुत चुम्बकीय ऊर्जा कहते हैं। यह ऊर्जा गतिमान होती है एवं तरंगों के रूप में प्रकाश वेग से संचरण होती है। तरंग सिद्धान्त के अनुसार किसी विधुत चुम्बकीय तरंग में एक व्यावक्रीय विधुत तरंग तथा ठीक उसी जैसी व्यावक्रीय चुम्बकीय तरंग होती है। ये एक-दूसरे के साथ-साथ समकोण पर होती है तथा तरंग की दिशा भी समकोण बनती है। तरंग की दिशा की और विधुत (Electric) तरंगें गतिशील होती हैं जिसे 'विधुत क्षेत्र' कहते हैं।

किसी भी विधुत चुम्बकीय तरंग की विधुत तरंग को अंग्रेजी के E अक्षर से तथा चुम्बकीय तरंग को M अक्षर से दर्शाया जाता है। यह नीचे के चित्र में स्पष्ट है। कोई भी प्रकाश की किरण जब किसी प्रकाशिक माध्यम से गुजर रही होती है तो वह तरंग की भाँति व्यवहार करती है एवं प्रकाश के गति के नियमों का पालन करती है।



चित्र : The Electromagnetic Wave

विद्युत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम के सभी प्रदेशों व उनके प्रभागों में ऊर्जा के संचरण का एक जैसा नियम लागू होता है। विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा जब किसी पदार्थ के सम्पर्क में आती है तो यह उसके साथ अन्योन्यक्रिया से कुछ ऐसा व्यवहार करती है मानों उसकी रचना ऊर्जा व संवेग (Momentum के गुण रखनेवाले अनेक घटक पिण्डों (Constituent Bodies) व फोटॉनों (Photons) के मिलने से हुई है। इस प्रकार फोटॉनो व पदार्थों के सम्पर्क से विद्युत संकेत प्राप्त होते हैं। इन संकेतों को सुदूर संवेदन में संवेदक द्वारा अंकन किया जाता है। संवेदक इन विद्युत संकेतों को अंकीय (Digital) रूप में लेता है, जिसके द्वारा प्रतिबिम्ब तैयार किये जाते हैं। विद्युत चुम्बकीय तरंग के विभिन्न घटकों को नीचे के चित्र से समझाने का प्रयास किया गया है।

दूर संवेदन की दृष्टि से विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के तीन प्रमुख लक्षणों तरंग वेग, तरंगदैर्ध्य तथा तरंग बारम्बारता को भली-भाँति समझ लेना जरूरी है।

5.2.1 तरंग वेग (Wave Velocity)—सभी प्रकार की विद्युत चुम्बकीय तरंगों के संचरण का वेग समान होता है। चूँकि प्रकाश भी विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा का ही एक रूप है। अत: प्रकाश को वेग (Speed of hight) को सभी विद्युत-चुम्बकीय तरंगों का वेग मान लिया जाता है। किसी-निर्वात (Vacuum) में प्रकाश अथवा किसी अन्य विद्युत चुम्बकीय तरंग का वेग 2999, 793 किमी० प्रति सेकेण्ड होता है। गणना की सुविधा के विचार से इस वेग को सामान्यत: 300,000 किमी० प्रति सेकेण्ड अथवा $3x10^8$ मीटर प्रति सेकेण्ड मान लिया जाता है। गणितीय सूत्रों में प्रकाश के वेग के लिए अंग्रेजी के C अक्षर (c) प्रयोग में लाया जाता हैं। यहाँ यह उल्लेखनीय है कि 30 करोड़ मीटर प्रति सेकेण्ड का यह प्रकाश-वेग केवल निर्वात में ही सम्भव है। दूसरे शब्दों में जब कोई विद्युत चुम्बकीय तरंग किसी भिन्न घनत्व वाले माध्यम में संचरण करती है तो उसके उपर्युक्त वेग मे अन्तर उत्पन्न हो जाता है।

5.2.2 तरंगदैर्ध्य (Wave Length)—प्रकाश अथवा विद्युत चुम्बकीय तरंग एक पूरे कम्पन के समय जितनी दूरी तय करती है, उसे 'तरंगदैर्ध्य' कहते हैं। दूसरे शब्दों में किसी विद्युत चुम्बकीय तरंग में समान कलाओं (Phases) वाले दो उत्तरोत्तर तरंग-शीर्षों (Successive Wave Peaks) के बीच की दूरी को 'तरंगदैर्ध्य' कहते हैं। तरंगदैर्ध्य को ग्रीक भाषा लैम्बडा शब्द से प्रदर्शित किया जाता है। इसे मापने की इकाई वही होती है जो कि दूरी की होती है, जैसे कि माइक्रोन, सेमी० मीटर इत्यादि। यहाँ पर तरंगदैर्ध्य की मापनेवाली इकाई को समझना आवश्यक हो जाता है। इसको मापने की इकाई और प्रतीक चिन्हों को मीटर में लिखने के तरीके के आशे की तालिका में दिखाया गया है।

तालिका-तरंगदैर्ध्य मापने की इकाइयाँ

इकाई (Unit)	संकेत (Symbol)	मीटर लघु रूप (Equivalent in Meter)
किलोमीटर	कीमी० (KM)	100 मी० = 10^3 मी०
मीटर	मी० (M)	1 मी० = 10^0 मी०
सेन्टीमीटर	सेमी० (CM)	0.01 मी० = 10^{-2} मी०
मिलीमीटर	मिमी० (MM)	0.001 मी० = 10^{-3} मी०
माइक्रोमीटर	(M)	0.00001 मी० = 10^{-6} मी०
नैनोमीटर	(NM)	0.000000001 मी० = 10^{-6} मी०

5.2.3 तरंग बारम्बारता (Wave Frequency)

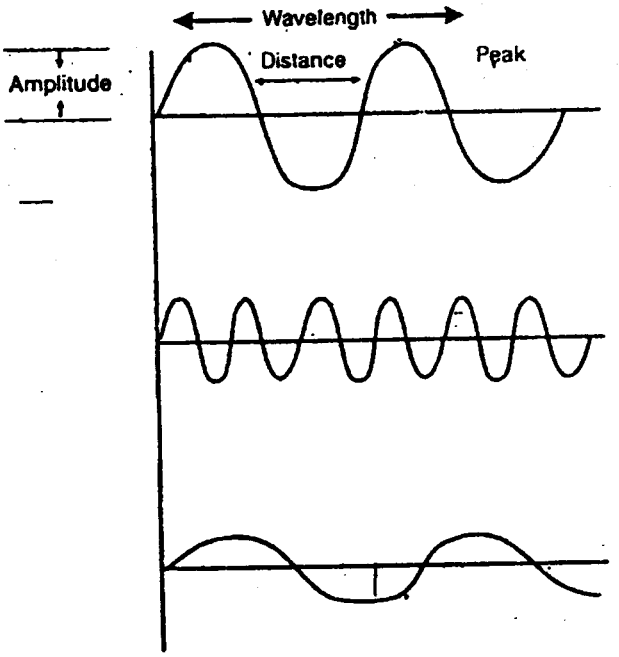
इस प्रकार स्पष्ट है कि विधुत चुम्बकीय तरंग कम्पन करती हुई गुजरती है। कम्पन के समय उत्तरोत्तर तरंग-शीर्षों का निर्माण होता है। इस प्रकार एक निश्चित अवधि में जितने शीर्ष (तरंग-शीर्ष) बनते हैं उनकी संख्या या आवृत्ति को 'तरंग बारम्बारता' कहते हैं। संक्षेप में यह कहा जा सकता है कि विधुत चुम्बकीय तरंग प्रति सेकेण्ड में जितना कम्पन करती है उसे 'तरंग बारम्बारता कहते हैं। इसको मापने के लिए इकाई प्रति सेकेण्ड हर्ट्ज का प्रयोग होता हैं गणितीय सूत्र के अनुसार तरंग आवृति को ग्रीक भाषा के U (यू) अदा द्वारा दर्शाया जाता है।

तरंग आवृति मापने की इकाईयाँ

इकाई (Unit)	बिन्दु (Symbol)	आवृति (चक्र प्रति सेकेण्ड)
हर्ट्ज (Hertz)	HZ	1
किलो हर्ट्ज (Kilohertz)	KHZ	10^3
मेगाहर्ट्ज (Megahertz)	MHZ	10^6
गीगा हर्ट्ज (Gigahertz)	GHZ	10^9

5.3 तरंगदैर्ध्य, आवृति एवं वेग में पारस्परिक संबंद्ध (Interrelation Between Wave Length, Frequency and Velocity)

पहले स्पष्ट किया जा चुका है कि तरंगदैर्ध्य को लैम्बडा से तरंग आवृति को नू (V) से तथा तरंग वेग को सी (C) से प्रदर्शित किया जाता हैं इसका एक-दूसरे से घनिष्ठ सम्बद्ध है जिसके नीचे के चित्र एवं सूत्र से स्पष्ट किया गया है।



चित्र : Relationship Between Wavelength and Frequency

सूत्र, वेग = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य ($C = V \times \lambda$)

$$\text{इसी प्रकार आवृत्ति (n)} = \frac{\text{वेग (C)}}{\text{तरंगदैर्ध्य } (\lambda)}$$

$$\text{तथा, तरंगदैर्ध्य } (\lambda) = \frac{\text{वेग (C)}}{\text{आवृत्ति (V)}}$$

उदाहरण—यदि दृश्य स्पैक्ट्रम (Visible Spectrum) 4×10^{-5} सेमी० से 7.6×10^{-5} सेमी० तक है, तो इसे आवृति इकाई में निम्न प्रकार से बदला जा सकता है।

$$V = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-5}} = \frac{3 \times 10^{10+5}}{4} = 0.75 \times 10^{15}\text{Hz or } 7.5 \times 10^{14}\text{Hz}$$

$$V = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{-10}}{7.6 \times 10^{-5}} = \frac{3 \times 10^{10}}{7.6} = 0.39 \times 10^{15}\text{Hz or } 3.9 \times 10^{14}\text{Hz}$$

अतः दृश्य स्पैक्ट्रम को आवृत्ति की इकाई 7.5×10^{14} Hz से 3.9×10^{14} Hz में व्यक्त किया जा सकता है। यहाँ यह बताना आवश्यक है कि प्रकाश का वेग (C) = 30×10^{10} सेमी०/सेकेण्ड हमेशा स्थिर (Constant) रहता है।

5.4 निष्कर्ष (Summing-up)

इस प्रकार यदि तरंग वेग, तरंगदैर्ध्य तथा तरंग बारम्बारता में किन्ही दो लक्षणों के मान ज्ञात हों तो सूत्र की सहायता से तीसरे का मान ज्ञात किया किया जा सकता है। विधुत-चुम्बकीय तरंग के उपर्युक्त तीनों लक्षणों में तरंग बारम्बारता सबसे आधारभूत लक्षण माना जाता है, क्योंकि विभिन्न घनत्वों के माध्यम से गुजरते हुए तरंग वेग एवं तरंग दैर्ध्य के मानों में अन्तर हो सकता है, परन्तु उनकी बारम्बारता सदैव नियत (Constant) रहती है। इसी कारण इलेक्ट्रोनिक इन्जीनियर विधुत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के रेडियो एवं रेडार ऊर्जा क्षेत्रों के नामांकन में बारम्बारता नाम पद्धति का प्रयोग करते हैं।

5.5 अभ्यास प्रश्न (Questions for Exercise)

5.5.1 लघुउत्तरीय प्रश्न (Short Answer Questions)

(1) तरंग, वेग, तरंगदैर्ध्य एवं तरंग आवृत्ति को परिभाषित करें।

(2) तरंग वेग, तरंग आवृत्ति एवं तरंगदैर्ध्य में क्या सम्बद्ध है ? एवं तीनो में तरंग आवृत्ति क्यों महत्वपूर्ण है ?

5.5.2 दीर्घउत्तरीय प्रश्न (Long Answer Questions)

(1) विधुत चुम्बकीय ऊर्जा क्या है ? इसके महत्वपूर्ण गुणों को विस्तारपूर्वक बताएँ।

5.6 सन्दर्भ पुस्तकें (Referency Books)

1. प्रायोगिक भूगोल – जे० पी० शर्मा
2. सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली – डॉ० देवी दत चौनियाल
3. Fundamentals of Cartography — R. P Misra & A. Ramesh

❖