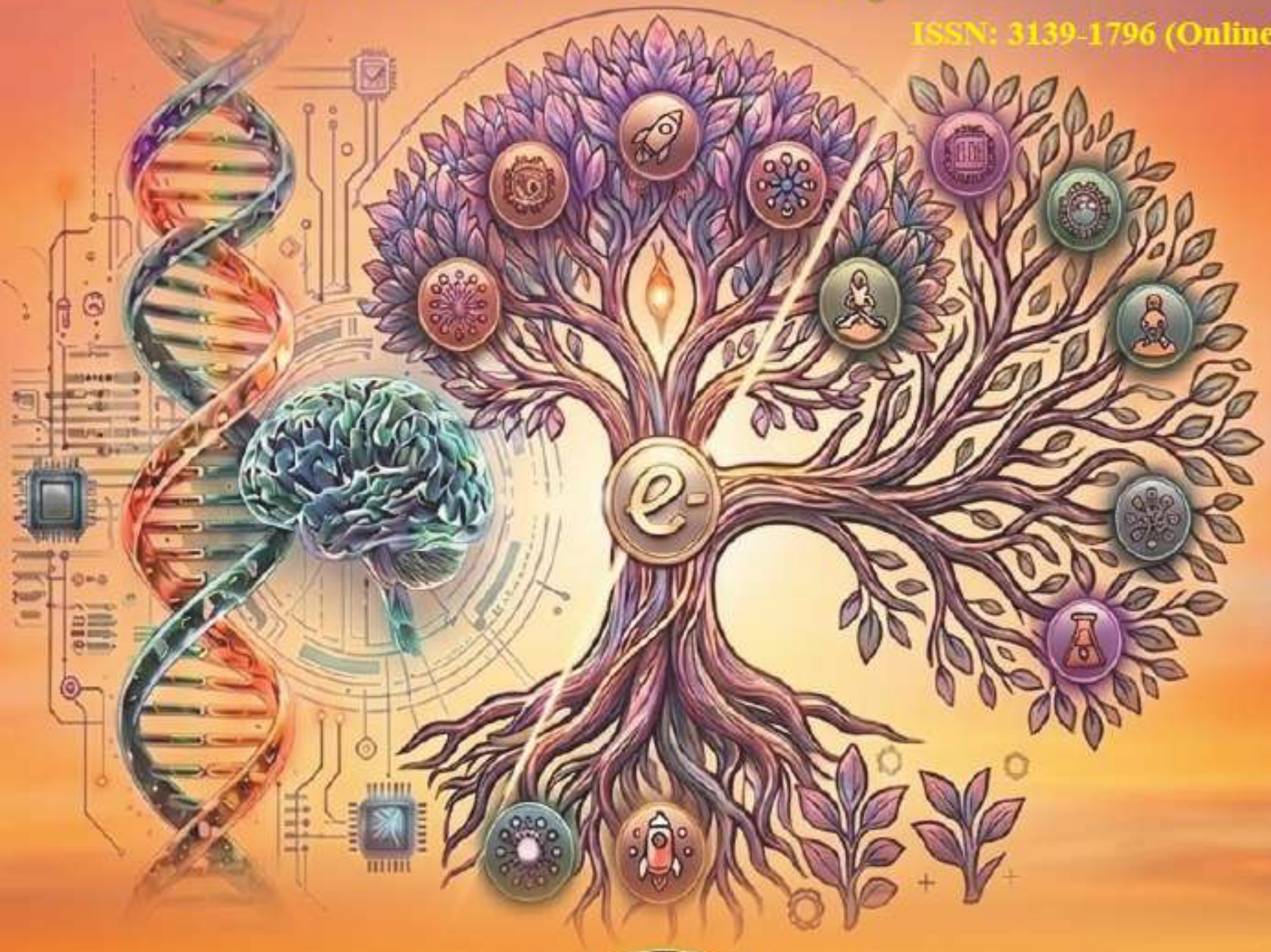
जनवरी 2026 अंक

ई-विज्ञानम

e-Vigyanam

एक अंतर्विषयक मासिक विज्ञान पत्रिका

ISSN: 3139-1796 (Online)



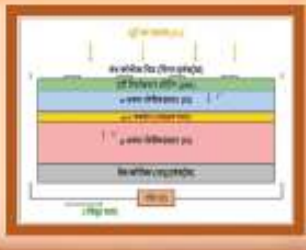
विज्ञान और प्रौद्योगिकी

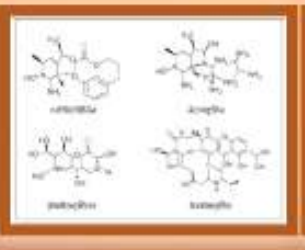
मुक्ताज्ञानम् प्रकाशन

विज्ञान और नवाचार

खण्ड 1 | अंक 1

अंतर्विषयक, मुक्त ज्ञान को समर्पित





संपादक मंडल

Founder and Editor in Chief (संस्थापक एवं मुख्य संपादक)

डॉ सत्य पाल सिंह (Dr. Satya Pal Singh)

आचार्य, भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत-२७३०१० (Professor, Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India-273010)

संपर्क हेतु पता: ऍम आई जी -२७, गौतम विहार कॉलोनी, राव जिम के पीछे, तारामंडल, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत -२७३०१७

Address for Contact: MIG-27, Gautam Vihar Colony, Behind Rao Gym, Taramandal, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India-273010

+91945042250

संस्थान ईमेल (Institute Email): spspms@mmmut.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): satyapal.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.mmmut.ac.in/FacultyList?ab=1

ResearchGate Link-https://www.researchgate.net/profile/Satya-Singh-46

सदस्य संपादक मंडल (Members of Editorial Board)

डॉ अलोक कुमार श्रीवास्तव (Dr. Alok Kumar Srivastav)

आचार्य, रसायन शास्त्र विभाग महात्मा गाँधी स्नातकोत्तर महाविद्यालय, सिविल लाइन्स, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत-२७३००१ (Professor, Department of Chemistry, Mahatama Gandhi Postgraduate College, Civil Lines, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India-273001)

+91993616176

संस्थान ईमेल (Institute Email): alok.chem@mgpgc.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): alok.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक-https://mgpgc.ac.in/faculties-of-chemistry/

डॉ आशीष अवस्थी (Dr. Aashees Awasthi)

सह- आचार्य, भौतिकी विभाग, लखनऊ विश्वविद्यालय, लखनऊ, उत्तर प्रदेश, भारत- २२६००७ (Associate Professor, Department of Physics, Lucknow University, Lucknow, Uttar Pradesh, India- 226007)

+919415003753

संस्थान ईमेल (Institute Email): awasthi_asheesh@lkouniv.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): aashees.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक-https://udrc.lkouniv.ac.in/department/ViewProfile?EId=247

डॉ. चंदन उपाध्याय (Dr. Chandan Upadhyay)

आचार्य, स्कूल ऑफ मैटेरियल्स साइंस एंड टेक्नोलॉजी, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, बी0एच0यू0 वाराणसी, उत्तर प्रदेश भारत - 221005

(Professor, School of Materials Science and Technology, Indian Institute of Technology BHU Varanasi, Uttar Pradesh, India-221005)

+91 08005304675

संस्थान ईमेल (Institute Email): cupadhyay.mst@iitbhu.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): chandan.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक- https://www.iitbhu.ac.in/dept/mst/people/cupadhyaymst

डॉ गरिमा सिंह (Dr. Garima Singh)

सहायक आचार्य, मनोविज्ञान विभाग, दीन दयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश,भारत- २७३००९ (Assistant Professor, Department of Pschycology, DDU Gorakhpur University, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India-273009)

+917309054463

संस्थान ईमेल (Institute Email): garima.psy@ddugu.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): garima.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक-https://ddugu.ac.in/teaching-staff.php

डॉ पंकज माथुर (Dr. Pankaj Mathur)

आचार्य, गणित एवं खगोल-विज्ञान, लखनऊ विश्वविद्यालय, लखनऊ, उत्तर प्रदेश, भारत- २२६००७ (Professor, Department of Mathematics and Astronomy,Lucknow University, Lucknow, Uttar Pradesh, India- 226007)

+919415785092

संस्थान ईमेल (Institute Email): mathur_p@lkouniv.ac.in

सम्पादकीय ईमेल (Editorial Email): pankaj.evigyanam@gmail.com

प्रोफ़ाइल लिंक-https://udrc.lkouniv.ac.in/department/ViewProfile?EId=210

सम्पादकीय कार्यालय-सम्बद्ध सहयोगी (Editorial Office Associates)

अभिषेक प्रजापति

एम.एससी. (भौतिक विज्ञान)/ M.sc Physics
शोध छात्र- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
(Research Scholar, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
+919621320507
abhishek01.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Abhishek-Prajapati-14

अभिषेक कुमार सरोज

एम.एससी. (भौतिक विज्ञान)/ M.sc Physics
शोध छात्र- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
Research Scholar, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
+917905767907
abhishek02.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Abhishek-Kumar-Saroj

हिमांशी यादव

एम.एससी. (भौतिक विज्ञान)/ M.sc Physics
शोध छात्र- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
Research Scholar, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
+918303584964
himanshi.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Himanshi-Yadav-13

अवनीश मिश्र

एम.एससी. (भौतिक विज्ञान)/ M.sc Physics
शोध छात्र- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
Research Scholar, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
+919415147673
avanish.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Avanish-Mishra-7

जाह्नवी सिंह

बी लेवल कंप्यूटर कोर्स (समतुल्य ऍम सी ए) नीलिट, गोरखपुर, उ प्र , भारत
B Level Computer Course (Equivalent MCA), NIELIT, Gorakhpur, UP, India
+917607787653
jahanvi.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक

श्वेता अग्रहरि

पी.एचडी (भौतिक विज्ञान)- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
Ph.D (Physics), Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
+918423275515
shweta.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Shweta-Agrahari-3

अर्चना कुमारी सिंह

पी.एचडी (भौतिक विज्ञान)- मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
Ph.D (Physics), Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
पोस्टडॉक्टोरल शोध: आईआईटी भुवनेश्वर, उड़ीसा, उ०प्र०, भारत
Postdoctoral Research: IIT Bhuvneshwar, Udisa, INDIA
+917388346916
archana.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Archana-Singh-86

मनोरमा सिंह

रिटायर्ड लेक्चर (रसायन विज्ञान), बी.आर.डी इंटर कॉलेज, देवरिया, उ०प्र०, भारत-274001
Retd. Lecturer (Chemistry), B.R.D. Inter College, Deoria , U.P., India-274001
+919451708054
manorama.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक

डॉ. श्रीकांत मणि त्रिपाठी

पीएचडी ((गणित))- सनराइज विश्वविद्यालय, अलवर, राजस्थान, उ०प्र०, भारत-301028
PhD (Mathematics)-SunRise University, Alwar, Rajasthan, India-301028
+919389341716
shrikant.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.researchgate.net/profile/Shrikant-Tripathi

डॉ रघुबीर नारायण सिंह

पीएचडी (प्राणि विज्ञान)- दीनदयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273009
PhD (Zoology)-Deen Dayal Upadhyay Gorakhpur University, Gorakhpur, U. P., India-273009
+919415856010
raghubir.evigyanam@gmail.com
प्रोफ़ाइल लिंक-https://www.mpm.ac.in/FacultyData/ReumeFaculty_64452326.pdf

सम्पादकीय

हमें ई-विज्ञानम के प्रथम अंक को प्रकाशित कर अपार प्रसन्नता हो रही है। जो उत्साह और प्रेम छात्र-छात्राओं और प्राध्यापकों से प्राप्त हुआ, उसके परिणामस्वरुप हिंदी में विद्वतापूर्ण शोधपरक आलेख प्रकाशित करने की यह योजना फलीभूत हो रही है। संपादक मंडल के सदस्यों और सम्पादकीय कार्य में सहयोगी छात्रों विशेष रूप से अभिषेक, अवनीश और हिमांशी के सक्रिय सहयोग के बिना इस अंक का समय से प्रकाशन संभव नहीं था। हमारे विश्वविद्यालय (मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय) के साथ- साथ दीन दयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय, लखनऊ विश्वविद्यालय, बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय, आई आई टी मुंबई एवं गुरु घासीदास विश्वविद्यालय, बिलासपुर के विषय विशेषज्ञों, प्राध्यापकों और आचार्यों ने जनवरी अंक के प्राप्त हुए आलेखों की समीक्षा रिपोर्ट नियत समय से पहले भेजकर प्रारम्भ में हुए विलम्ब की कुछ पूर्ति कर दी। १५ जनवरी २०२६ (मकर संक्रांति) के पुनीत पर्व के दिन से वेबसाइट सक्रिय हुई और आलेख आमंत्रित किये गए थे। छात्र-छात्राओं और प्राध्यापकों की स्नेहपूर्ण सहभागिता उनके हिंदी भाषा के प्रति प्रेम को प्रदर्शित करती है। शुरू में जो कार्य असंभव लग रहा था, वह आपके सहयोग से संभव होकर आपके अवलोकनार्थ प्रस्तुत है। ई-विज्ञानम को प्रथम अंक से ही अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर गुणवत्ता की मानक समझी जानी वाली क्रॉसरेफ (Crossref) इंडेक्सिंग प्राप्त हो गई है, और इसमें प्रकाशित सभी आलेखों को यूनिक एवं स्थाई DOI (Digital Object Identifier) प्राप्त होगा। ISSN (Online) की इंडेक्सिंग भी शीघ्र प्राप्त होने के आसार हैं। गूगल स्कॉलर इंडेक्सिंग भी शीघ्र प्राप्त हो सकती है। आशा है कि ई-विज्ञानम आने वाले समय में हिंदी भाषा में शोधपरक वैज्ञानिक आलेखों को प्रकाशित करने के लिए किशोर, युवा एवं अन्य वैज्ञानिकों के लिए अच्छा अवसर प्रदान करेगा एवं भविष्य में नए प्रतिमान स्थापित करेगा। सभी सम्बद्ध लेखकों, विशेषज्ञों एवं सहयोगियों के प्रति सादर आभार !

क्रमांक	पृष्ठ संख्या	लेखक	आलेख शीर्षक
1.	1-4	अवनीश मिश्रा	जनवरी माह 2026 की महत्वपूर्ण वैज्ञानिक घटनाएं
2.	5-10	अभिषेक प्रजापति, अभिषेक कुमार सरोज	2025 में विज्ञान के क्षेत्र में हुई महत्त्वपूर्ण घटनाएं
3.	11-16	देवेंद्र नाथ त्रिपाठी	प्रकाश का आण्विक प्रकीर्णन(नोबेल लेक्चर, 11 दिसंबर 1930) रामन प्रभाव: रामन के शब्दों में
4.	17-24	दिनेश कुमार सिंह	वैश्विक पर्यावरणीय परिदृश्य
5.	25-31	रोहित कुमार, अभिषेक प्रजापति	कृषि और चिकित्सा क्षेत्र में सौर कोशिकाओं का महत्व और उपयोग
6.	32-36	स्वाती श्रीवास्तव, आलोक कुमार श्रीवास्तव	मनुष्यों पर एंटीबायोटिक दवाओं का प्रभाव
7.	37-45	प्रियंका सिंह	सौर कोशिकाएँ और उनकी नवीनतम प्रगति: स्वच्छ ऊर्जा की दिशा में एक वैज्ञानिक अध्ययन
8.	46-51	प्रतिष्ठा पांडेय, डी.के. द्विवेदी	उच्च संवेदनशील सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए फोटोनिक टाइम क्रिस्टल: एक समालोचनात्मक समीक्षा
9.	52-56	हरीश चंद्र, बीना भट्ट	आर्यभट्ट- महान भारतीय गणितज्ञ और उनके योगदान
10.	57-66	विनय कुमार मिश्र, कंचन शर्मा, राजेश कुमार यादव	कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण: सतत ऊर्जा के लिए सूर्य प्रकाश का उपयोग
11.	67-71	सत्य पाल सिंह	मिशन सर्वाइव २२१७

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

लघु आलेख (Short Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.4

जनवरी 2026 की महत्वपूर्ण वैज्ञानिक घटनाएं

अवनीश मिश्रा
भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- avanishmishra7376@gmail.com

आलेख प्राप्त: २९ जनवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १८ फरवरी २०२६; स्वीकृत: १८ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १६ मार्च २०२६

सारांश

प्रस्तुत लेख जनवरी 2026 के दौरान घटित महत्वपूर्ण वैज्ञानिक घटनाओं का एक व्यापक विश्लेषण है। इस माह में सुपर वुल्फ मून, श्क्वाड्रंटिड्स उल्का बौछार और श्वृहस्पति का अपोजिशन जैसी दुर्लभ घटनाओं ने वैश्विक स्तर पर ध्यान आकर्षित किया। इन घटनाओं का प्रेक्षण प्रमुख अंतरिक्ष एजेंसियों जैसे नासा (NASA), इसरो (ISRO), और ईएसए (ESA) द्वारा विभिन्न वैज्ञानिक मानकों पर किया गया। यह लेख इन घटनाओं के भौतिक प्रभावोंए उनके पीछे के कक्षीय यांत्रिकी (Orbital Mechanics), और वैश्विक वेधशालाओं द्वारा दर्ज किए गए डेटा का एक व्यवस्थित संकलन प्रस्तुत करता है, जो भविष्य के वैज्ञानिक शोध के लिए एक संदर्भ प्रदान करता है, वर्ष 2026 के प्रथम माह ने ब्रह्मांडीय प्रेक्षण के क्षेत्र में एक नई चेतना जागृत की है। जनवरी माह न केवल सौंदर्य की दृष्टि से बल्कि वैज्ञानिक डेटा के संचय की दृष्टि से भी अत्यंत महत्वपूर्ण रहा है। खगोल विज्ञान में ग्रहों की युति और अपोजिशन की स्थिति शोधकर्ताओं को ग्रहों के वायुमंडल और चुंबकीय क्षेत्रों के अध्ययन का दुर्लभ अवसर प्रदान करती है।

सूचक शब्द - अंतरराष्ट्रीय घटनाएँ, खगोलीय घटनाएँ, वैज्ञानिक खोजें, रक्षा और प्रौद्योगिकी, जलवायु और पर्यावरण और चिकित्सा।

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

लघु आलेख (Short Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.4

Important Scientific Events of January 2026

Avanish Mishra
Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology
Gorakhpur, Uttar Pradesh, India – 273010
Corresponding Author Email*: avanishmishra7376@gmail.com

Received On: 29 January 2026; Final Revision: 18 February; Accepted On: 18 February 2026
Published Online First: 16 March 2026

ABSTRACT

The present article provides a comprehensive analysis of the significant astronomical events that occurred during January 2026. During this month, rare phenomena such as the "Super Wolf Moon," the "Quadrantids Meteor Shower," and "Jupiter at Opposition" attracted global attention. These events were observed and analyzed by major space agencies, including NASA, ISRO, and ESA, under various scientific parameters. This paper systematically compiles the physical impacts of these events, the underlying principles of orbital mechanics, and the data recorded by global observatories, thereby offering a valuable reference for future astronomical research. The first month of 2026 marked a renewed awareness in the field of cosmic observation. January proved to be significant not only from an aesthetic perspective but also in terms of scientific data collection. In astronomy, planetary conjunctions and opposition positions provide researchers with rare opportunities to study planetary atmospheres and magnetic fields in greater detail.

Keywords: International events, Astronomical phenomena, Scientific discoveries, Defense and technology, Climate and environment and Medicine

क्रम संख्या	माह	महत्त्वपूर्ण घटनाएं
1.	जनवरी	1. **सुपर वुल्फ मून और लूनर पेरिगी (3 जनवरी):** जनवरी की शुरुआत सुपर वुल्फ मून से हुई। जब चंद्रमा अपनी अंडाकार कक्षा में पृथ्वी के निकटतम बिंदु (पेरिगी) पर होता है और उसी समय पूर्णिमा होती है तो उसे सुपरमून कहा जाता है। **अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी नासा** के अनुसार इस दौरान चंद्रमा सामान्य से 14% अधिक बड़ा और 30% अधिक चमकदार दिखाई दिया। नासा के लूनर रिकोनिसेंस ऑर्बिटर ने इस अवसर का उपयोग चंद्रमा के टाइडल फोर्स ज्वारीय बल के पृथ्वी पर पड़ने वाले प्रभावों को मापने के लिए किया। 2. **क्वाड्रंटिड्स उल्का बौछार का विश्लेषण (3-4 जनवरी):** क्वाड्रंटिड्स वर्ष की सबसे तीव्र उल्का वर्षा में से एक है। **यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ESA)** के प्रेक्षणों के अनुसार इस वर्ष इसके पीक के दौरान प्रति घंटे लगभग 100 उल्काएं दर्ज की गईं। वैज्ञानिकों ने पाया कि इन उल्काओं का स्रोत क्षुद्रग्रह '2003 EH1' है। ईएसए के मेटियोर नेटवर्क ने इन कणों के वायुमंडलीय घर्षण से उत्पन्न स्पेक्ट्रम का विश्लेषण किया जिससे इनके रासायनिक संघटन का पता चला। 3. **बृहस्पति का अपोजिशन: एक प्रमुख वैज्ञानिक उपलब्धि (10 जनवरी):** महीने की सबसे महत्वपूर्ण घटना बृहस्पति का अपोजिशन रही। इस दिन पृथ्वी, सूर्य और बृहस्पति के बीच में स्थित थी। **भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO)** और **नैनीताल स्थित एरीज (ARIES)** वेधशाला ने इस दौरान बृहस्पति के ग्रेट रेड स्पॉट और उसके चार बड़े चंद्रमाओं (आईओए, यूरोपा, गेनीमेड और कैलिस्टो) के उच्च रिज़ॉल्यूशन चित्र और डेटा प्राप्त किए। इसरो के वैज्ञानिकों के लिए यह डेटा भविष्य के अंतर ग्रहीय मिशनों की योजना बनाने में सहायक सिद्ध होगा। 4. **11 जनवरी:** Pandora, SPARCS, BlackCAT टेलीस्कोप लॉन्च (एक्सोप्लैनेट अध्ययन); Falcon 9 पर। 5. **12 जनवरी:** PSLV-C62 / EOS-N1 लॉन्च (थाईलैंड-UK EO सैटेलाइट + 15 अन्य); विफल, लेकिन स्पेनिश KID कैप्सूल ने सबऑर्बिटल डेटा भेजा। 6. **17 जनवरी:** Ceres-2 रॉकेट मेडन फ्लाइट विफल। 7. **19 जनवरी:** उच्च ऊर्जा कणों का स्पेस वेदर इवेंट; अलार्म थ्रेशोल्ड पार। 8. **ग्रहों का महामिलन (23 जनवरी):** जनवरी के उत्तरार्ध में चंद्रमा, शनि और नेपच्यून की त्रिकोणीय युति देखी गई। **जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी (JAXA)** ने अपने ऑप्टिकल कैमरों के माध्यम से इन पिंडों के बीच के कोणीय पृथक्करण का सटीक डेटा एकत्र किया। जहाँ शनि नग्न आंखों से स्पष्ट था वहीं नेपच्यून की उपस्थिति ने सुदूर सौर मंडल के ग्रहों के पथ विश्लेषण में वैज्ञानिकों की मदद की। 9. **24 जनवरी:** एईएस एंडीज ने चिली में हाइड्रोजन और अमोनिया उत्पादन के लिए आईएनएनए परियोजना को छोड़ दिया, जिसकी आलोचना पारानल वेधशाला और अत्यंत विशाल दूरबीन में वैज्ञानिक अवलोकनों पर संभावित नकारात्मक प्रभाव के लिए की गई थी । 10. **27 जनवरी:** एचडी 137010 बी , एक ठंडा पृथ्वी के आकार का पारगमन एक्सोप्लैनेट उम्मीदवार, 146 प्रकाश वर्ष दूर अपने तारे के रहने योग्य क्षेत्र के बाहरी किनारे के पास परिक्रमा कर रहा है , 2017 के केप्लर K2 डेटा में खोजा गया है। 11. **28 जनवरी:** गूगल डीपमाइंड के शोधकर्ताओं ने अल्फाजीनोम पर एक अध्ययन प्रकाशित किया जो एक डीप लर्निंग मॉडल है जो लंबे डीएनए अनुक्रमों से कई नियामक तौर तरीकों में आनुवंशिक वेरिएंट के कार्यात्मक प्रभावों की भविष्यवाणी करता है जिससे जीनोम के गैर कोडिंग क्षेत्रों की व्याख्या में सुधार होता है। 12. **चीनी राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन (CNSA):** चीन ने अपने डीप स्पेस नेटवर्क के माध्यम से यह अध्ययन किया कि कैसे **सुपर वुल्फ मून** के दौरान पृथ्वी के वायुमंडल में 'टाइडल हीटिंग' (ज्वारीय ऊष्मन) में सूक्ष्म वृद्धि हुई। यह डेटा उनके भविष्य के चंद्र बेस मिशन (ILRS) के लिए महत्वपूर्ण है। 13. **कनाडाई अंतरिक्ष एजेंसी (CSA):** कनाडा के वैज्ञानिकों ने **क्वाड्रंटिड्स उल्का बौछार** का उपयोग ऊपरी वायुमंडल (Ionosphere) के घनत्व को मापने के लिए किया। जब उल्कापिंड जलते हैं तो वे आयनित कण छोड़ते हैं जो उपग्रह संचार को प्रभावित कर सकते हैं। 14. **रोस्कोस्मोस (रूस):** रूस की विशेष वेधशालाओं ने **बृहस्पति के अपोजिशन** के दौरान उसके चंद्रमा यूरोपा पर बर्फ की परतों से होने वाले परावर्तन (Albedo) का विश्लेषण किया, जिससे वहां पानी की मौजूदगी के संकेतों पर शोध को बल मिला। **रक्षा और प्रौद्योगिकी (Defense & Technology):** 1. **DRDO की सफलता:** भारत के DRDO ने 10 जनवरी 2026 को हाइपरसोनिक मिसाइल तकनीक के लिए सक्रिय रूप से कूल्ड स्क्रैमजेट कंबस्टर का एक लंबा ग्राउंड टेस्ट सफलतापूर्वक किया। 2. **AI नियमन (AI Regulation):** भारत के प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार के कार्यालय ने AI शासन को मजबूत करने के लिए एक श्वेत पत्र जारी किया।

		3. **भौतिक AI (Physical AI):** दावोस में आयोजित एक कार्यक्रम में भौतिक दुनिया में कार्य करने वाले रोबोटिक्स (Physical AI) पर चर्चा की गई। **जलवायु और पर्यावरण (Climate & Environment):** 1. **ग्रीनलैंड शोध:** 9 जनवरी को सैकड़ों वैज्ञानिकों ने ग्रीनलैंड पर शोध को लेकर एक पत्र प्रकाशित किया। इस पत्र का मुख्य भाव ग्रीनलैंड की संप्रभुता और वहां चल रहे महत्वपूर्ण जलवायु शोध की रक्षा करना है। वैज्ञानिकों ने स्पष्ट किया है कि ग्रीनलैंड कोई "खरीदी जाने वाली वस्तु" नहीं है, बल्कि वहां के निवासियों का अपने भविष्य पर पूर्ण अधिकार है। 2. **जलवायु परिवर्तन का प्रभाव:** जनवरी 2026 के अंत में अमेरिका में आए भीषण शीतकालीन तूफान में जलवायु परिवर्तन की भूमिका का अध्ययन किया गया। **चिकित्सा और वैज्ञानिक घटनाएँ:** 1. **सस्ती मोटापा दवाएं (GLP-1):** 2026 में कई प्रमुख वजन घटाने वाली दवाओं के पेटेंट समाप्त होने के कारण भारत और चीन जैसे देशों में इनके सस्ते जेनेरिक संस्करण उपलब्ध होने की उम्मीद बढ़ी। 2. **मल्टीपल स्केलेरोसिस अनुसंधान:** पेरिस ब्रेन इंस्टीट्यूट ने एक नए अणु की पहचान की जो न केवल एमएस में न्यूरॉन्स की रक्षा करता है बल्कि तंत्रिका क्षति को भी कम कर सकता है। 3. **कैंसर और जीन थेरेपी:** जनवरी के अंत में प्रोस्टेट कैंसर पर विशेष AACR सम्मेलन और दुर्लभ बीमारियों के लिए FDA द्वारा तेजी से जीन थेरेपी की मंजूरी चर्चा में रही। 4. **ब्रेन हेल्थ और AI:** गहन चिकित्सा (ICU) में बेहोश मरीजों के निदान के लिए नई AI-आधारित प्रणालियों पर शोध सामने आया। 5. **एनेस्थीसिया और दर्द प्रबंधन:** 31 जनवरी 2026 को क्षेत्रीय एनेस्थीसिया और दर्द चिकित्सा के विश्व दिवस के माध्यम से उन्नत दर्द प्रबंधन तकनीकों पर जोर दिया गया। 6. **वैश्विक स्वास्थ्य चुनौतियां:** अमेरिका में खसरे (Measles) के मामलों में वृद्धि के कारण इसके उन्मूलन की स्थिति खतरे में पड़ गई है जो सतर्कता की आवश्यकता को उजागर करता है। 7. **क्रोनिक किडनी रोग (CKD):** किडनी रोगों की शुरुआती पहचान और रोकथाम के लिए नई रणनीतियां अपनाई जा रही हैं।

निष्कर्ष (Conclusion)

जनवरी 2026 की वैज्ञानिक घटनाओं का यह विश्लेषण यह स्पष्ट करता है कि ब्रह्मांडीय गतिविधियाँ निरंतर और व्यवस्थित हैं। यह लेख न केवल छात्रों और शोधकर्ताओं के लिए एक अकादमिक आधार प्रदान करता है बल्कि सामान्य पाठकों के लिए भी विज्ञान के प्रति रुचि जगाने का माध्यम है। अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा साझा किया गया यह डेटा उपग्रह संचार, नेविगेशन और भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषणों की सुरक्षा के लिए अपरिहार्य है। यह लेख सभी के लिए उपयोगी है क्योंकि यह वैज्ञानिक जटिलताओं को सरल भाषा में प्रस्तुत कर वैश्विक सहयोग की आवश्यकता को रेखांकित करता है। सुपरमून और उल्का बौछार के दौरान पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र और आयनमंडल में होने वाले बदलावों का अध्ययन **उपग्रह संचार (Satellite Communication)** और GPS प्रणालियों को अधिक सटीक बनाने में सहायक होता है। ये घटनाएँ आम जनता और छात्रों में विज्ञान के प्रति रुचि पैदा करती हैं जो भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए नए वैज्ञानिकों को प्रेरित करती हैं।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. https://en.wikipedia.org/wiki/2026_in_spaceflight nasa
2. https://en.wikipedia.org/wiki/2026_in_spaceflight
3. https://www.isro.gov.in/Mission_PSLV_C62.html
4. https://en.wikipedia.org/wiki/2026_in_spacefligh
5. https://www.esa.int/Space_Safety/Space_weather/ESA_monitoring_January_2026_space_weather_event
6. https://en.wikipedia.org/wiki/2026_in_spaceflight planetary
7. https://thebulletin.org/2026/01/greenland-belongs-to-its-people-the-us-scientists-speaking-out-against-trumps-imperial-aggression/

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.3

2025 में विज्ञान के क्षेत्र में हुई महत्त्वपूर्ण घटनाएं

अभिषेक प्रजापति*, अभिषेक कुमार सरोज, अवनीश मिश्रा
भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- ap0858249@gmail.com, apmmmut2108@gmail.com

आलेख प्राप्त: १६ अप्रैल २०२६; स्वीकृत: २२ अप्रैल २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २५ अप्रैल २०२६

सारांश

साल 2025 विज्ञान के क्षेत्र में उल्लेखनीय उपलब्धियों का वर्ष रहा है। इस दौरान कृत्रिम बुद्धिमत्ता, चिकित्सा विज्ञान तथा अंतरिक्ष अन्वेषण में महत्वपूर्ण प्रगति और खोजें सामने आईं। इन उपलब्धियों ने वैज्ञानिक एवं तकनीकी विकास को नई दिशा प्रदान की है तथा आधुनिक इतिहास में अपनी विशिष्ट पहचान बनाई है। वर्ष 2025 की प्रमुख वैज्ञानिक उपलब्धियां शैक्षणिक एवं प्रतियोगी परीक्षाओं की दृष्टि से भी अत्यंत महत्त्वपूर्ण हैं, जो समकालीन विज्ञान और नवाचार की तीव्र प्रगति को दर्शाती हैं।

सूचक शब्द: अंतरराष्ट्रीय घटनाएँ, खगोलीय घटनाएँ, वैज्ञानिक खोजें, महत्वपूर्ण वैज्ञानिक उपलब्धियाँ

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.3

Important Events in the Field of Science in 2025

Abhishek Prajapati*, Abhishek Kumar Saroj, Avanish Mishra
Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology
Gorakhpur, Uttar Pradesh, India – 273010
Corresponding author Email*: ap0858249@gmail.com, apmmmut2108@gmail.com

Received on: 16 April 2026; Accepted: 22 April 2026
Published Online First on: 25 April 2026

ABSTRACT

The year 2025 has marked significant progress in the field of science, with major breakthroughs in artificial intelligence, medical science, and space exploration. These advancements have not only accelerated technological and scientific development but have also contributed to shaping modern history. The key scientific discoveries of 2025 hold particular importance for academic and competitive examination purposes, reflecting the rapid evolution of contemporary science and innovation.

Keywords: International events, Astrophysical events, Scientific discoveries, Important Scientific achievements

क्रम संख्या	माह	महत्त्वपूर्ण घटनाएं
1.	जनवरी	**क्वांटम विज्ञान वर्ष की शुरुआत** पूरी दुनिया में **Quantum Science & Technology** को बढ़ावा देने के लिए 2025 को विशेष वर्ष घोषित किया गया। इससे सुपर फास्ट कंप्यूटर और सुरक्षित इंटरनेट पर काम तेज हुआ। • **मंगल ग्रह विपरीत दिशा में (जनवरी):** मंगल ग्रह वर्ष की शुरुआत में सबसे निकट और सबसे चमकीला होता है। **प्रमुख खगोलीय घटनाएँ (2025)** • **क्वाड्रेंटिड उल्का वर्षा:** 3-4 जनवरी। **67 वां स्थापना दिवस (2 जनवरी, 2025):** रक्षा मंत्री श्री राजनाथ सिंह ने डीआरडीओ मुख्यालय का दौरा किया। **9 जनवरी** – संयुक्त राज्य अमेरिका के कैलिफोर्निया के लिवरमोर में लॉरेंस लिवरमोर राष्ट्रीय प्रयोगशाला में एल कैपिटन सुपरकंप्यूटर को आधिकारिक तौर पर समर्पित किया गया। **29 जनवरी** - यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ईएसए) ने घोषणा की कि उसने क्षुद्रग्रह 2024 वाईआर की निगरानी शुरू कर दी है, जिसके उस समय 22 दिसंबर 2032 को पृथ्वी से टकराने की 77 में 1 (1.3%) संभावना थी।
2.	फरवरी	**AI से दवा खोज में मदद** Artificial Intelligence की मदद से **नई दवाइयाँ जल्दी खोजने** में सफलता मिली। कैंसर और दुर्लभ बीमारियों के इलाज में मदद। • **एयरो इंडिया 2025 (12 फरवरी, 2025):** डीआरडीओ ने कई स्वदेशी प्रौद्योगिकियों का प्रदर्शन किया। **7 फरवरी -** शोधकर्ताओं ने नमक के दाने से भी छोटा एक एआई चिप विकसित किया है, जिसे ऑप्टिकल फाइबर के सिरे पर लगाया जा सकता है और यह बहुत कम ऊर्जा के साथ प्रकाश की गति से छवियों को डिकोड करने के लिए "डिफ्रेक्टिव न्यूरल नेटवर्क" का उपयोग करता है। यह सफलता कुशल चिकित्सा इमेजिंग और क्वांटम संचार प्रौद्योगिकियों में प्रगति का वादा करती है। **24 फरवरी -** नासा ने औपचारिक रूप से घोषणा की है कि क्षुद्रग्रह 2024 YR अब 2032 और उसके बाद पृथ्वी के लिए "कोई महत्वपूर्ण खतरा" नहीं है, क्योंकि इसके टकराने की संभावना 59000 में 1 (0.0017%) तक कम हो गई है। इसका मतलब है कि 2028 में पृथ्वी के निकट से गुजरने के दौरान इस वस्तु को रोकने और मोड़ने के लिए किसी ग्रह रक्षा मिशन की आवश्यकता नहीं होगी।
3.	मार्च	**जलवायु परिवर्तन पर नई खोज** वैज्ञानिकों ने बताया कि **डार्क एनर्जी** (जो ब्रह्मांड को फैलाती है) की ताकत कम हो सकती है। ब्रह्मांड के सिद्धांत बदल सकते हैं। • **पूर्ण चंद्र ग्रहण (मार्च और सितंबर):** 2025 में दो पूर्ण चंद्र ग्रहण दिखाई दिये । **प्रमुख खगोलीय घटनाएँ (2025)** • **पूर्ण चंद्र ग्रहण:** 13-14 मार्च। • **आंशिक सूर्य ग्रहण:** 29 मार्च (30-40% क्षेत्र) । **11 मार्च** • हमारे सूर्य से मात्र 5.96 प्रकाश वर्ष दूर स्थित सबसे निकटतम एकाकी तारे, बर्नार्ड तारे के चारों ओर तीन नए चट्टानी एक्सोप्लैनेट जो आकार में पृथ्वी से छोटे हैं, का पता लगाया गया है। बर्नार्ड बी, एक संभावित ग्रह जिसकी पहले अवलोकन से संभावना जताई गई थी, की भी पुष्टि हो गई है, जिससे तारे के चारों ओर ज्ञात ग्रहों की कुल संख्या चार हो गई है।

		20 मार्च • पृथ्वी से 13.4 बिलियन प्रकाश-वर्ष दूर स्थित सबसे दूर की पुष्ट आकाशगंगा, JADES-GS-z14-0 में ऑक्सीजन की खोज की गई।
4.	**अप्रैल**	**परमाणु की साफ तस्वीर** MIT वैज्ञानिकों ने पहली बार **परमाणु के अंदर की क्रिया की तस्वीर** ली। भौतिकी (Physics) में बड़ी उपलब्धि। • **लूसी मिशन (अप्रैल):** लूसी अंतरिक्ष यान ने क्षुद्रग्रह 52246 डोनाल्डजोहानसन के पास से गुजरते हुए अपनी यात्रा जारी रखी। **लंबी दूरी का ग्लाइड बम (एलआरजीबी) "गौरव" (8-10 अप्रैल, 2025):** 1,000 किलोग्राम वर्ग के स्मार्ट ग्लाइड बम के सफल परीक्षण किए गए जिसमें उच्च सटीकता के साथ 100 किलोमीटर की रेंज का प्रदर्शन किया गया। • **लेजर हथियार विकास (13 अप्रैल, 2025):** लेजर आधारित निर्देशित ऊर्जा हथियार (डीईडब्ल्यू) के नवीनतम संस्करण एमके-आईआईए (जिसे सहस्र शक्तिनाम दिया गया है), का 30 किलोवाट शक्ति उत्पादन के साथ सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया। **1 अप्रैल** – स्पेसएक्स फाल्कन 9 रॉकेट पर सवार होकर फ्रेम 2 लॉन्च हुआ , जो ध्रुवीय प्रतिगामी कक्षा में प्रवेश करने वाली पहली मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ान बन गई, यानी पृथ्वी के ध्रुवों के ऊपर से उड़ान भरने वाली। **17 अप्रैल** – 124 प्रकाश वर्ष दूर स्थित एक संभावित जल ग्रह K2-18b के वायुमंडल में डाइमिथाइल सल्फाइड और डाइमिथाइल डाइसल्फाइड की बड़ी मात्रा पाई गई – ये दो यौगिक पृथ्वी पर केवल जीवन द्वारा ही उत्पन्न होते हैं। इस खोज को, हालांकि आगे और प्रमाण की आवश्यकता है, " सौर मंडल से परे जैविक गतिविधि के लिए अब तक का सबसे मजबूत प्रमाण" बताया गया है ।
5.	**मई**	**पहला सफल मानव मूत्राशय प्रत्यारोपण** (अंग प्रत्यारोपण विज्ञान में क्रांति।), डॉक्टरों ने इंसान में **ब्लैडर टूंसप्लांट** सफलतापूर्वक किया। **PSLV-C61/EOS-09 मिशन:** • 18 मई, 2025, पृथ्वी अवलोकन उपग्रह। • **ब्रह्मोस मिसाइल उत्पादन यूनिट का शुभारंभ — लखनऊ** उत्तर प्रदेश के रक्षा औद्योगिक कोरिडोर में ब्रह्मोस मिसाइल निर्माण इकाई का उद्घाटन किया गया, जिससे भारत की रक्षा क्षमता में वृद्धि होगी। **16 मई** – जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप का उपयोग करके खोजी गई MoM-z14 को अब तक खोजी गई सबसे दूर की आकाशगंगा के रूप में पुष्टि की गई है, जिसका रेडशिफ्ट 14.44 है, जो बिग बैंग के 280 मिलियन वर्षों के भीतर इसके निर्माण को दर्शाता है । **29 मई** - एचआईवी को छुपाने वाली श्वेत रक्त कोशिकाओं में एमआरएनए की पहली डिलीवरी का प्रदर्शन किया गया, जिसमें एलएनपी एक्स नामक विशेष रूप से तैयार किए गए नैनोकणों का उपयोग किया गया। एमआरएनए कोशिकाओं को छिपे हुए वायरस को प्रकट करने का निर्देश देता है।
6.	**जून**	**सूर्य के दक्षिणी ध्रुव की तस्वीर** Solar Orbiter ने सूर्य के ऐसे हिस्से की फोटो ली जो पहले कभी नहीं देखे गए थे। सौर तूफान समझने में मदद। • **G7 शिखर सम्मेलन (16–17 जून, कनाडा)** दुनिया के 7 प्रमुख देशों के नेताओं ने वैश्विक अर्थव्यवस्था, जलवायु परिवर्तन और अंतरराष्ट्रीय सुरक्षा पर चर्चा की। • **NATO शिखर सम्मेलन (24–25 जून, नीदरलैंड्स)** यूक्रेन युद्ध, रक्षा खर्च और सदस्य देशों की सुरक्षा रणनीति मुख्य मुद्दे रहे। **11 जून** – यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी के सोलर ऑर्बिटर द्वारा सूर्य के दक्षिणी ध्रुव का पहला दृश्य प्रकट किया गया । **23 जून** – वेरा सी. रुबिन वेधशाला ने अपने पहले प्रकाश से प्राप्त छवियों को जारी किया , जिसमें कन्या क्लस्टर , ट्रिफिड और लैगून नीहारिकाएँ और लगभग 2,000 क्षुद्रग्रहों की खोज शामिल है ।

7.	**जुलाई**	**अंतरिक्ष से आया तीसरा बाहरी पिंड** एक Interstellar Object (3I/ATLAS) हमारे सौरमंडल से गुजरा, यह सौरमंडल के बाहर से आया था। **1 जुलाई** • मीथेनसैट की बिजली खत्म हो गई है, जिससे पिछले महीने संपर्क टूटने के बाद इसे "पुनर्प्राप्त करना संभव नहीं" है। • हमारे सौर मंडल में प्रवेश करने वाली तीसरी पुष्ट अंतरतारकीय वस्तु , 3I/ATLAS , की खोज एस्टेरॉयड टेरेस्ट्रियल-इम्पैक्ट लास्ट अलर्ट सिस्टम (ATLAS) द्वारा की गई है। **14 जुलाई** • खगोलविदों ने 2023 KQ के विवरण प्रकाशित किए, जिसे अनौपचारिक रूप से अमोनाइट उपनाम दिया गया है, एक सेडनॉइड जिसकी घोषणा अप्रैल 2025 में की गई थी। **जीएसएलवी-एफ16/एनआईएसएआर मिशन:** 30 जुलाई, 2025, नासा के साथ एक संयुक्त पृथ्वी-इमेजिंग मिशन।
8.	**अगस्त**	**सबसे लंबा गामा-रे विस्फोट** अब तक का सबसे शक्तिशाली और लंबा Gamma Ray Burst रिकॉर्ड हुआ। ब्लैक होल और तारे के अध्ययन में मदद। **7 अगस्त** • ओपनएआई ने चैटजीपीटी का नया और उन्नत संस्करण जीपीटी 5 जारी किया है , जिसमें " पीएचडी -स्तर की बुद्धिमत्ता" है। • नासा ने अल्फा सेंटौरी की परिक्रमा करने वाले काल्पनिक अल्फा सेंटौरी एबी एक गैस विशालकाय ग्रह के अब तक के सबसे मजबूत सबूतों की रिपोर्ट दी है । **पर्सिड उल्का वर्षा (12-13 अगस्त):** यह वर्ष की सबसे लोकप्रिय उल्का वर्षाओं में से एक है, जो प्रति घंटे उच्च दर के साथ चरम पर पहुंचती है। **राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस 2025:** समारोह 23 अगस्त, 2025 को आयोजित हुई।
9.	**सितंबर**	**मंगल ग्रह पर जीवन के संकेत** NASA के Rover को मंगल पर प्राचीन सूक्ष्म जीवों के संकेत मिले। मंगल पर जीवन की संभावना मजबूत हुई। **अग्नि-प्राइम मिसाइल का प्रक्षेपण (24 सितंबर, 2025):** एक नए रेल-आधारित मोबाइल लॉन्चर सिस्टम से मध्यम दूरी की अग्नि-प्राइम मिसाइल का सफल प्रक्षेपण किया गया। **2 सितंबर** • नासा के वैज्ञानिक निकोलस हेंज को एरिज़ोना के सेडोना में एक असामान्य बेसाल्ट चट्टान मिली, जो मंगल ग्रह के नमूनों से मिलती जुलती है, संभवतः प्राचीन ज्वालामुखी उत्पत्ति का संकेत देती है **9 सितंबर** • फ्लोरिडा विश्वविद्यालय के शोधकर्ताओं ने एक चिप विकसित की है जो प्रमुख एआई कार्यों के लिए बिजली को प्रकाश से बदल देती है। सिलिकॉन पर उत्कीर्ण सूक्ष्म लेंसों का उपयोग करके, यह बहुत कम ऊर्जा और लगभग पूर्ण सटीकता के साथ लेजर संचालित गणना करता है। **10 सितंबर** – नासा ने मंगल ग्रह पर विवियानाइट और ग्रेइगाइट की खोज की घोषणा की ।
10.	**अक्टूबर**	**नोबेल पुरस्कार (विज्ञान)** • चिकित्सा: इम्यून सिस्टम रिसर्च • भौतिकी: क्वांटम टनलिंग • मानव स्वास्थ्य और क्वांटम विज्ञान में बड़ी खोजें। **नोबेल पुरस्कार 2025 की सूची (6-13 अक्टूबर)** • **शांति (Peace):** मारिया कोरिना मचाडो - वेनेजुएला में लोकतांत्रिक अधिकारों के लिए संघर्ष। • **साहित्य (Literature):** लास्ज़लो क्रास्ज़नाहोरकाई - उनकी दूरदर्शी साहित्यिक रचनाओं के लिए। • **भौतिकी (Physics):** जॉन क्लार्क, मिशेल एच. डेवोरेट, जॉन एम. मार्टिनिस - इलेक्ट्रिकल सर्किट में मैक्रोस्कोपिक क्वांटम मैकेनिकल टनलिंग की खोज। • **रसायन विज्ञान (Chemistry):** सुसुमु कितागावा, रिचर्ड रॉबसन, उमर एम. याघी - मेटल.ऑर्गेनिक फ्रेमवर्क (MOFs) के विकास के लिए।

		• **चिकित्सा (Physiology or Medicine):** मैरी ई. ब्रुनकोव, फ्रेड रैम्सडेल, शिमोन साकागुची - परिधीय प्रतिरक्षा सहिष्णुता पर खोज। • **अर्थशास्त्र (Economic Sciences):** जोएल मोकिर, फिलिप एगियन, पीटर हॉविट - नवाचार-संचालित आर्थिक विकास के लिए **विश्व अंतरिक्ष सप्ताह:** 4-10 अक्टूबर, 2025, जिसका विषय है "अंतरिक्ष में जीवन"। **प्रमुख खगोलीय घटनाएँ (2025)** • **सुपरमून:** 7 अक्टूबर, 5 नवंबर और 4 दिसंबर को दिखाई दिये, जो पहले से बड़े और चमकीले थे । • **ओरियोनिड्स उल्का वर्षा (21 अक्टूबर):** प्रति घंटे 20 से अधिक उल्काओं के उत्पादन के लिए जानी जाती है। भौतिकी के क्षेत्र में 2025 का नोबेल पुरस्कार मंगलवार, 7 अक्टूबर 2025 को **सुबह 11:45 बजे (सेंट्रल स्टैंडर्ड टाइम)** घोषित किया गया। यह घोषणा स्वीडन के स्टॉकहोम स्थित रॉयल स्वीडिश एकेडमी ऑफ साइंसेज द्वारा की जाएगी। यह हर साल अक्टूबर के शुरुआती महीनों में होने वाली नोबेल पुरस्कार घोषणाओं का एक हिस्सा है। **12 अक्टूबर** - हेलसिंकी में आयोजित एक ग्रह विज्ञान सम्मेलन में, ऑस्ट्रियाई विज्ञान अकादमी के वैज्ञानिकों ने बताया कि आकाशगंगा में निकटतम तकनीकी सभ्यता लगभग 33,000 प्रकाश-वर्ष दूर हो सकती है। उनके मॉडलिंग से पता चलता है कि ऐसी सभ्यताओं को मानवता के साथ समय में मेल खाने के लिए कम से कम 280,000 वर्षों तक टिके रहने की आवश्यकता होगी।
11.	**नवंबर**	**सैटर्न के चंद्रमा पर जीवन के रसायन** Enceladus चंद्रमा से जीवन से जुड़े रसायन मिले। पृथ्वी के बाहर जीवन की खोज तेज। • **एलवीएम3-एम5/सीएमएस-03 मिशन:** 2 नवंबर, 2025, एक वाणिज्यिक उपग्रह प्रक्षेपण। **प्रमुख खगोलीय घटनाएँ (2025)** • **27 नवंबर** – नासा के ओसिरिस.आरईएक्स मिशन से प्राप्त नमूनों के विश्लेषण के बाद, प्रोटीन के जैवसंश्लेषण में प्रयुक्त अमीनो अम्ल ट्रिप्टोफैन की उपस्थिति की पुष्टि क्षुद्रग्रह बेन्नू पर हुई।
12.	**दिसंबर**	• **धूमकेतु 3I/ATLAS (दिसंबर):** यह 19 दिसंबर, 2025 को पृथ्वी के सबसे करीब से गुजरेगा और भोर से पहले आकाश में सिंह राशि के पास दिखाई देगा। • **जेमिनिड उल्का वर्षा (13-14 दिसंबर):** बृहस्पति के निकट दिखाई देने वाली, प्रति घंटे 120 तक उल्काओं के साथ एक शक्तिशाली प्रदर्शन होने की उम्मीद है। • नासा द्वारा ब्लू ओरिजिन के आंशिक रूप से पुन **13 नवंबर** प्रयोज्य न्यू ग्लेन रॉकेट का उपयोग करके एस्केपेड मिशन लॉन्च किया गया। ब्लू और *गोल्ड* के नाम से जाने वाले दो अंतरिक्ष यान 2026 में मंगल ग्रह पर पहुंचने वाले हैं । • **LVM3-M6/ब्लूबर्ड ब्लॉक-2:** 24 दिसंबर, 2025, उच्च-थ्रूपुट संचार उपग्रह प्रक्षेपण। **प्रमुख खगोलीय घटनाएँ (2025)** • **जेमिनिड उल्का वर्षा:** 13-14 दिसंबर। • **31 दिसंबर** – ब्रिटेन की कंपनी स्पेस फोर्ज ने अंतरिक्ष आधारित विनिर्माण में एक महत्वपूर्ण उपलब्धि हासिल की है, जब उसने एक कक्षीय सूक्ष्म कारखाने में 1,000 डिग्री सेल्सियस तापमान वाले भट्टे का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया। यह प्रणाली सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में अर्धचालक सामग्री के उत्पादन के लिए डिज़ाइन की गई है, जिसके बारे में कंपनी का दावा है कि यह पृथ्वी पर निर्मित सामग्री की तुलना में 4,000 गुना अधिक शुद्ध हो सकती है। **प्रमुख मिसाइल परीक्षण और हथियार प्रणाली तैनाती** • **प्रलय मिसाइल का सामूहिक प्रक्षेपण (31 दिसंबर, 2025):** डीआरडीओ ने ओडिशा के तट से दूर एक ही लॉन्चर से*दो प्रलय* अर्ध-बैलिस्टिक मिसाइलों का सफल सामूहिक प्रक्षेपण किया, जो उपयोगकर्ता मूल्यांकन परीक्षणों में एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर साबित हुआ।

		• **उच्च गति रॉकेट-स्लेड परीक्षण (2 दिसंबर, 2025):** 800 किमी/घंटा की गति पर लड़ाकू विमान बचाव प्रणाली का एक सफल परीक्षण किया गया। • **उद्योग संपर्क कार्यक्रम (1 दिसंबर, 2025):** डीआरडीओ भवन में आयोजित, जिसमें नई प्रौद्योगिकी नीति 2025 पर ध्यान केंद्रित किया गया।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. https://www.isro.gov.in/ISRO_HINDI/Press.html
2. https://www.nasa.gov/events/
3. https://drdo.gov.in/drdo/en/documents/drdo-in-news
4. https://www.euttaranchal.com/tourism/astronomical-calendar-in-india.php
5. https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2025/summary/
6. https://www.nobelprize.org/all-nobel-prizes-2025/
7. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_in_science

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

विशेष आलेख (FEATURED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.2

प्रकाश का आण्विक प्रकीर्णन
(नोबेल लेक्चर, ११ दिसंबर १९३०)
रामन प्रभाव: रामन के शब्दों में

देवेंद्र नाथ त्रिपाठी
नेशनल पी० जी० कालेज बड़हलगंज गोरखपुर
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- dntripathi.gkp@gmail.com

आलेख प्राप्त: ०३ फरवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १८ फरवरी २०२६; स्वीकृत: १८ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १६ मार्च २०२६

सारांश

अपने व्याख्यान में प्रो० रामन ने बताया कि जब एकवर्णी प्रकाश किसी पारदर्शी माध्यम से गुजरता है तो प्रकीर्णित प्रकाश का एक हिस्सा अपनी तरंगदैर्ध्य बदल लेता है। यह परिवर्तन पदार्थ की आंतरिक आण्विक संरचना और कम्पन अवस्थाओं से सम्बन्धित होता है। प्रकाश का प्रकीर्णन केवल प्रकाश की प्रकृति पर नहीं बल्कि उस पदार्थ की प्रकृति पर भी निर्भर करता है जिससे वह गुजरता है। उन्होंने यह भी बताया कि प्रकाश के प्रकीर्णन के दौरान ऊर्जा में परिवर्तन (फोटान और परमाणुओं की अंतः क्रिया) के कारण रंग में बदलाव देखा गया। यह खोज भौतिकी में नये क्वाण्टम सिद्धान्तों के लिए महत्वपूर्ण थी। रमन प्रभाव ने पदार्थ की संरचना के अध्ययन के लिए एक शक्तिशाली तकनीक प्रदान की जो भौतिकी, रसयन विज्ञान और पदार्थ विज्ञान में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हुई। इसी खोज के लिए सी वी रामन को १९३० में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार दिया गया।

सूचक शब्द - प्रकीर्णन, एक्स-किरण, आण्विक, काम्प्टन प्रभाव, विध्रुवीकरण, स्पेक्ट्रोस्कोपीय

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

विशेष आलेख (FEATURED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.2

Molecular Scattering of Light

(Nobel Lecture, December 11, 1930)

The Raman Effect: In the Words of Raman

Devendra Nath Tripathi
National P.G. College, Barhalganj, Gorakhpur
Corresponding Author Email*: dntripathi.gkp@gmail.com

Received on: 03 February 2026; Final Revision: 18 February 2026; Accepted: 18 February 2026
Published Online First on: 16 March 2026

ABSTRACT

In his lecture, **C. V. Raman** explained that when monochromatic light passes through a transparent medium, a portion of the scattered light undergoes a change in wavelength. This change is related to the internal molecular structure and vibrational states of the substance. The scattering of light depends not only on the nature of light itself but also on the properties of the material through which it passes. He further described that during the scattering process, changes in energy-resulting from interactions between photons and atoms-lead to observable shifts in colour. This discovery played a significant role in the development of modern quantum theories. The Raman effect provided a powerful technique for studying the structure of matter and proved highly valuable in physics, chemistry, and materials science. For this groundbreaking discovery, C. V. Raman was awarded the Nobel Prize in Physics in 1930.

Keywords: Scattering, X-rays, Molecular structure, Compton effect, Polarization, Spectroscopy

लेखक परिचय

देवेंद्र नाथ त्रिपाठी

डॉ. डी० एन० त्रिपाठी का जन्म सिद्धार्थनगर जनपद के बांसी तहसील में ०१.०२.१९५६ को जन्म हुआ। डॉ. त्रिपाठी की उच्च शिक्षा गोरखपुर विश्वविद्यालय में पूर्ण हुई। वर्ष १९७७ में एम०एस०सी० (भौतिकी) व वर्ष १९८१ में पीएच. डी. उपाधि प्राप्त की। शोध कार्य के लिए CSIR की जूनियर व सीनियर रिसर्च फेलोशिप प्राप्त की। १६ जुलाई १९८१ से बुद्ध स्नातकोत्तर महाविद्यालय कुशीनगर में असिस्टैन्ट प्रोफेसर के रूप में कार्य प्रारम्भ। १६ जुलाई १९९४ से एसोसिएट प्रोफेसर के रूप में नियुक्त हुए । १३ दिसम्बर २००५ तक यहां सेवा करने के पश्चात् डी० ए० वी० पी० जी० कालेज गोरखपुर में स्थानान्तरित हुए। उ०प्र० उच्चतर शिक्षा सेवा आयोग से चयनित होकर नेशनल पी. जी. कालेज बड़हलगंज गोरखपुर में अक्टूबर २०१० से प्राचार्य एवं प्रोफेसर के पद पर सेवा प्रदान किया एवं ३० जून २०१८ को सेवानिवृत्त हुए। अपने सेवा के प्रारंभिक वर्षों में विश्वविद्यालय अनुदान अयोग द्वारा अनुदानित चार शोध परियोजनाएं पूर्ण की। विजिटिंग एसोसिएट (यू० जी. सी० द्वारा अनुदानित) के रूप में तीन वर्षों तक विभिन्न विश्वविद्यालय/संस्थानों में शोध सम्बन्धी कार्य किया। कुल ८ शोध पत्र विभिन्न अन्तरराष्ट्रीय ख्याति प्राप्त जर्नल्स में प्रकाशित है। भौतिकी के सभी शाखाओं पर लिखित लगभग २५ पुस्तकें प्रकाशित की है। अनेक राष्ट्रीय व अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठीयों में सहभागिता किया है। आपने हिंदी भाषा में विज्ञान लेखन एवं अध्ययन को बढ़ावा देने के लिए उत्कृष्ट कार्य किया है ।

समुद्र का रंग

विज्ञान के इतिहास में हम प्रायः पाते हैं, कि किसी प्राकृतिक घटना के अध्ययन से ज्ञान की किसी नई शाखा का सूत्रपात होता है। इसका ज्वलंत उदाहरण मिलता है, आकाश के रंग में जिसने अनेक विद्वानों को प्रकाशीय अन्वेषण की प्रेरणा प्रदान की और लार्ड रैले ने प्रस्तुत की उसकी व्याख्या, जिसकी बाद में प्रेक्षणों में पुष्टि हुई। इस भाषण के विषय का आरम्भ यहीं से होता है। आकाश के रंग से भी आकर्षक है पानी का रंग, यद्यपि सब लोग उससे इतने परिचित नहीं हैं, जितने आकाश के रंग से। १९२१ के ग्रीष्म में यूरोप की यात्रा ने मुझे भूमध्यसागर के जल के विलक्षण दूधियापन ने विचित्र नीले रंग के अवलोकन का प्रथम अवसर प्रदान किया। मुझे यह असंभव प्रतीत नहीं हुआ कि जल के इस नीले दूधियापन का कारण जल के अणुओ द्वारा सूर्य के प्रकाश का प्रकीर्णन हो। अपनी व्याख्या के परीक्षण के लिए यह वांछनीय था कि द्रवों में प्रकाश के विसरण के नियमों की खोज की जाय। अतः सितम्बर १९२१ में कलकत्ता वापस आने के तुरन्त बाद इस सम्बन्ध में अनुसंधान आरम्भ कर दिये गये। शीघ्र ही यह स्पष्ट हो गया कि इस विषय का प्रसार, उस उद्देश्य विशेष से जिससे प्रयोग आरम्भ किये गये थे कहीं अधिक है; वह कहीं अधिक महत्वपूर्ण है और उसमें शोध करने के असीमित अवसर हैं। हमें यह विश्वास होने लगा कि प्रकाश प्रकीर्णन का अध्ययन हमें भौतिकी और रसायन शास्त्र के गूढ़तम रहस्यों तक ले जा सकता है। और उसके बाद हमारे इसी विश्वास ने इस विषय को हमारे शोध का मुख्य ध्येय बना दिया।

उतार चढ़ाव का सिद्धांत: थ्योरी ऑफ़ फ्लक्चुएशन्स

कुछ महीनों के शोध कार्य के पश्चात यह स्पष्ट हो गया कि आण्विक प्रकीर्णन एक सामान्य घटना है जिसका अध्ययन केवल गैसों और वाष्पों में ही नहीं अपितु द्रवों, मणिभों और अमणिभीय पदार्थो में भी किया जा सकता है। यह एक ऐसा प्रभाव है जो मुख्य रूप से माध्यम में होने वाली आण्विक अव्यवस्था और परिणामस्वरूप उसके प्रकाशीय घनत्व में होने वाले उतार-चढ़ाव से उत्पन्न होता है। अमणिभीय ठोसों को छोड़कर इस प्रकार की आण्विक अव्यवस्था का श्रेय कदाचित ऊष्मीय प्रक्षोभ को दिया जा सकता है और प्रयोग इस दृष्टिकोण का समर्थन करते हुए प्रतीत होते हैं। यह तथ्य कि अणु प्रकाशीय रूप से विषमदैशिक होते हैं और द्रवों में मुक्त रूप से अभिविन्यासित हो सकते हैं, एक अतिरिक्त प्रकार के प्रकीर्णन को जन्म देता पाया गया। लगभग विध्रुवित होने के फलस्वरूप घनत्व के उतार चढ़ाव के कारण उत्पन्न प्रकीर्णन से यह एकदम भिन्न था। घनत्व के उतार चढ़ाव के कारण उत्पन्न प्रकीर्णन अनुप्रस्थ दिशा में पूर्ण रूप से ध्रुवित होता है। इस सम्पूर्ण विषय पर बहुत बारीकी से अध्ययन किया गया और उनके परिणाम फरवरी १९२२ में कलकत्ता विश्वविद्यालय प्रेस से प्रकाशित एक निबंध में प्रस्तुत किये गये। इस बारे में जो विभिन्न समस्यायें सामने आई, उनको हल करने मे मेरे योग्य सहयोगियों ने बहुत सहायता की। यहां उन विभिन्न खोजों में से कुछ का जो १९२२ से १९२७ तक कलकत्ता स्थित प्रयोगशाला में की गई संक्षिप्त विवरण देना युक्ति संगत होगा। **रामनाथन** ने विभिन्न तापों और दाबों पर द्रवों में प्रकाश के प्रकीर्णन का अध्ययन किया। उन अध्ययनों के परिणामों से उतार चढ़ाव के सिद्धान्तों को समर्थन प्राप्त हुआ। उनके निष्कर्षों ने उन महत्वपूर्ण परिवर्तनों को भी दर्शाया जो वाष्पों और द्रवों के ध्रुवण में ताप के घटने बढ़ने के साथ होते हैं। **कामेश्वर राव** ने द्रव मिश्रणों पर अध्ययन किया और इस प्रकार की प्रणालियों मे घनत्व संरचना और आण्विक विन्यास में होने वाली समकालिक उतार चढ़ाव की उपस्थिति के बारे में प्रकाशीय प्रमाण प्रस्तुत किया। **श्रीवास्तव** ने मणिभों में प्रकाश प्रकीर्णन में ताप के फलस्वरूप घनत्व के घटने बढ़ने के और ताप वृद्धि के साथ उसमें आने वाली वृद्धि के संदर्भ में अध्ययन किया। **रामदास** ने द्रवों की सतह पर तापीय प्रक्षोभ के फलस्वरूप उत्पन्न प्रकाशीय प्रकीर्णन का अध्ययन किया पृष्ठ तनाव और पृष्ठ दुग्धिलता के बीच सम्बन्ध स्थापित किया। उन्होंने क्रान्तिक ताप पर पृष्ठ दुग्धिलता से आयतन दुग्धिलता में परिवर्तन का भी पता लगाया। **सोगानी** ने द्रवों में एक्स किरणों के विवर्तन का अध्ययन किया जिससे उन्हें उनके प्रकाशीय व्यवहार से सम्बद्ध किया जा सके और उतार चढ़ाव सिद्धांत के एक्स किरण विवर्तन में उपयोग किये जाने की सम्भावना का पता लगाया जा सके।

अणुओं की विषमदैशिकता

जैसा कि पहले बताया जा चुका है कि द्रवों से प्रकीर्णित प्रकाश की ध्रुवण अवस्था अणुओं की प्रकाशीय विषयदैशिकता से सम्बन्धित है। कलकत्ता की प्रयोगशाला में १९२२ से १९२७ तक की अवधि में किये गये अधिकांश प्रयोगों का उद्देश्य इस गुण से सम्बद्ध जानकारी प्राप्त करना और उसे विभिन्न प्रकाशीय घटनाओं से सम्बद्ध करना था। **कृष्णन** ने अनेक द्रवों का अध्ययन किया और अपने निष्कर्षों में स्पष्ट रूप से यह दर्शाया कि अणुओं की प्रकाशीय विषमदैयिकता उनकी रासायनिक संरचना पर निर्भर होती है। **रामकृष्ण राव** ने बहुत सी गैसों और वाष्पों में प्रकाशीय प्रकीर्णन के विध्रुवण का अध्ययन किया और इस विषय के विकास के लिए महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त की। **वेकटेश्वरन** ने जलीय घोलों में प्रकाशीय प्रकीर्णन का अध्ययन किया और उन पर विद्युत अपघटनी वियोजन का प्रभाव देखा। विभिन्न तापों पर उच्च ध्रुवीय पदार्थो की जांच की। अध्ययनों में उन्होंने द्रवों में प्रकीर्णित प्रकाश का आण्विक आकार और आण्विक संगुणन के प्रभाव की खोज की। द्रवों पर किये गये अध्ययनों के अवलोकनों की व्याख्या का सम्बन्ध सघन माध्यमों में प्रकाश प्रकीर्णन के आण्विक सिद्धान्त के विकास से है। इस बारे में मैंने **रामनाथन** और **कृष्णन** ने अध्ययन किया है। एक संशोधित दुग्धिलता सिद्धान्त विकसित किया गया जो आइंस्टीन के सिद्धान्त से भिन्न था। लेकिन वह अवलोकित तथ्यों के अधिक निकट था। कृष्णन और मैंने इस बारे में अनेक शोध निष्कर्ष प्रकाशित किया और देखा कि प्रकाश प्रकीर्णन से प्राप्त अणुओं की प्रकाशीय विषमदैयिकता तरलों के परावैद्युत और प्रकाशीय गुणों को तथा उनके द्वारा प्रदर्शित किये जाने वाले वैद्युत चुम्बकीय और यांत्रिक द्विअपवर्तन की किस प्रकार व्याख्या करती है। इन निष्कर्षों ने तरलों में अवलोकित विषमदैशिकता तथा ठोस पदार्थो द्वारा मणिभीय अवस्था में प्रदर्शित प्रकाशीय वैद्युत और चुंबकीय विषमदैशिकता के बीच सम्बन्ध स्थापित कर दिया है।

एक नई घटना

उपर्युक्त निष्कर्ष मुख्य रूप से प्रकाश के चिरसम्मत विद्युत चुम्बकीय सिद्धान्त द्वारा समर्थित है। इस सिद्धान्त का उपयोग प्रकाश प्रकीर्णन की उन समस्याओं से सम्बद्ध है जिनका सम्बन्ध रैले और आइंस्टीन से है। इसके बाद भी प्रकीर्णन में प्रकाश की कणिका प्रकृति के योग की सम्भावना को नजरअंदाज नहीं किया गया। वास्तव में इस तथ्य पर फरवरी १९२२ के निबन्ध में विस्तार से विचार किया गया था। यह निबन्ध काम्प्टन की एक्स किरण प्रकीर्णन की जगत प्रसिद्ध खोजों से कम से कम एक वर्ष पूर्व प्रकाशित हो चुका था। यद्यपि हमारे प्रयोग मोटे तौर से प्रकाश के विद्युत चुम्बकीय सिद्धान्त का समर्थन करते हुए प्रतीत होते हैं पर खोज की आरंभिक अवस्था में ही एक ऐसी परिघटना के, जो इस चिर सम्मत सिद्धान्त की सीमा से बाहर है, प्रमाण मिल गये थे। पारदर्शी तरलों में प्रकाश का प्रकीर्णन अत्यन्त क्षीण होता है। वास्तव में यह अविरल माध्यम में आमतौर से अवलोकित टिन्डल प्रभाव से कहीं अधिक क्षीण होता है। प्रयोगों में यह पाया गया कि रैले आइंस्टीन प्रकार के आण्विक प्रकीर्णन से सम्बद्ध एक और पर क्षीणतर किस्म का द्वितीयक विकिरण होता है जिसकी तीव्रता चिरसम्मत प्रकीर्णन से कई सौ गुना कम होती है, और वह उस प्रकीर्णन से इस बात में भिन्न होता है कि उसका तरंग दैर्ध्य उतना नहीं होता जितना प्राथमिक अथवा आपतित विकिरण का। इस घटना का सर्वप्रथम अवलोकन अप्रैल १९२३ में **रामनाथन** ने किया। उन्होंने इसका अवलोकन उस समय किया जब वे यह समझने का प्रयास कर रहे थे कि कुछ द्रवों (जल, ईथर, मेथिल और एथिल एल्कोहल) में प्रकीर्णित प्रकाश का विध्रुविकरण आपतित विकिरण के तरंग दैर्ध्य के साथ क्यों बदलता है। **रामनाथन** ने पाया कि द्रव के रासायनिक रूप से अत्यधिक शोधन और निर्वात में मंद आसवन करने के बाद नये विकिरण की तीव्रता यथावत् बनी रहती है। इससे प्रमाणित होता है कि यह अध्ययन किये गये पदार्थ का स्वाभाविक गुण है। यह किसी प्रतिदीप्त अपद्रव्य के कारण उत्पन्न नहीं होता। **कृष्णन** ने १९२४ में अन्य अनेक द्रवों में इस प्रकार के प्रभाव को अध्ययन किया। साथ ही स्वयं मैंने बर्फ और प्रकाशीय कांच में कुछ इसी प्रकार के संदेहास्पद गुण को स्वयं देखा

काम्प्टन प्रभाव का प्रकाशीय अनुरूप

यह स्वाभाविक था कि भ्रमकारी घटनाएं हमें आकर्षित करतीं और हम इसके पैदा होने के कारणों का अध्ययन करते। १९२५ की गर्मियों में **वेंकटेश्वरन** ने रंगीन स्क्रीनों में से छनकर आने वाले सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके द्रवों में से प्रकीर्णित प्रकाश के वर्णक्रम का फोटोग्राफ लेकर इस घटना के उद्गम का अध्ययन करने का प्रयास किया। परन्तु उन्हें कोई उत्साहजनक परिणाम नहीं मिला। रामकृष्ण राव ने १९२६ और १९२७ में प्रकीर्णित प्रकाश के विध्रुवीकरण के अपने अध्ययनों के दौरान गैसों और वाष्पों में इसी प्रकार की घटना का अवलोकन करने का प्रयत्न किया। पर उन्हें भी सफलता नहीं मिली। बाद में कृष्णन ने इस समस्या पर शोध करना आरम्भ किया। उनके अध्ययन चल ही रहे थे कि एक भिन्न स्रोत से उक्त परिघटना की वास्तविक प्रकृति का प्रथम आभास मिला। इस समय एक समस्या जिसने हमारा ध्यान आकर्षित किया वह थी उच्च श्यानता के कार्बनिक द्रवों में जो कांचीय अवस्था में बदल सकते थे, प्रकाश प्रकीर्णन का तरीका। **वेंकटेश्वरन** ने इस समस्या पर शोध किया था और पाया था कि अत्यन्त शुद्ध ग्लिसरीन में प्रकीर्णित होने वाले सूर्य के प्रकाश का रंग नीले की बजाय चटकीला हरा था। यह परिघटना उसी किस्म की प्रतीत होती थी जैसी **रामनाथन** ने पानी और एल्कोहलों में पायी थी परन्तु इसकी तीव्रता कहीं अधिक थी और इसलिए इसका आसानी से अध्ययन किया जा सकता था। इस शोध को आगे बढ़ाने में समय बिल्कुल नष्ट नहीं किया गया। परीक्षण फिल्टरों के साथ जो सौर वर्णक्रम के थोड़े से भाग को पारित करते थे किये गये। क्रम से आपतित प्रकाश के मार्ग में रख कर कई परिक्षण किये गए। इन परीक्षणों में पाया गया कि प्रत्येक बार प्रकीर्णित प्रकाश का रंग आपतित प्रकाश से भिन्न होता है, और वह लाल रंग की ओर विस्थापित हो जाता है। विकिरणें बहुत ध्रुवित भी थीं। इन तथ्यों से इस परिघटना के आनुभविक (इम्पीरिकल) गुणों और काम्प्टन प्रभाव के बीच एक स्पष्ट अनुरूपता झलकती थी। काम्प्टन के शोध कार्यों से यह स्पष्ट हो गया था कि प्रकीर्णन के दौरान विकिरण की तरंगदैर्ध्य घट जाती है। ग्लिसरीन पर किये गये प्रयोगों से प्राप्त परिणामों ने मेरे मस्तिष्क में यह विचार उत्पन्न किया कि वह परिघटना जिसने १९२३ से ही हमें उलझाया हुआ था वास्तव में काम्प्टन प्रभाव का अनुरूप ही है। इस विचार ने हमें अन्य पदार्थों के साथ प्रयोग करने के लिये प्रेरित किया।

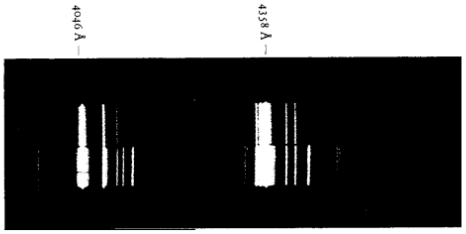
इस नई परिघटना के अध्ययन में अब तक सबसे बड़ी रुकावट हमारे सामने आ रही थी वह थी उसकी अत्यधिक क्षीणता। वह इतनी क्षीण थी कि उसका अवलोकन बहुत कठिन हो पाता था। इस कठिनाई का समाधान किया गया ७ इंची अपवर्तन दूरदर्शी के साथ कम फोकस लम्बाई वाले लेंस का उपयोग करके। इससे सौर प्रकाश को एक अत्यन्त तीव्र किरण के रूप में फोकसित किया जा सकता था। इस प्रकार की व्यवस्था से तथा आपतित और प्रकीर्णित किरण पुंजों के मार्ग में पूरक प्रकाश फिल्टरों का उपयोग करके जिससे संशोधित विकिरणों को अलग किया जा सके, रामनाथन ने १९२३ में पाया कि इस परिघटना को बहुत से द्रवों में आसानी से देखा जा सकता है और अनेक बार ये प्रकीर्णन

अत्यधिक ध्रुवित होते है। **कृष्णन** जिन्होंने इन अध्ययनों में मेरी बहुत सहायता की थी, ने इसी समय पाया कि प्रकाश प्रकीर्णन की इस परिघटना को अनेक कार्बनिक पदार्थो की वाष्पों में भी देखा जा सकता है। वे उनसे उत्पन्न होने वाली संशोधित विकिरणो की ध्रुवण अवस्था को भी मापने में सफल हो गये। संपीडित गैसे जैसे CO_2, NO_2 मणिभीय बर्फ और प्रकाशीय कांच भी संशोधित विकिरण प्रदर्शित करते पाये गये। इन अवलोकनों ने इस बारे में किंचित संदेह भी नहीं छोड़ा कि संशोधित विकिरण उत्पन्न होने की परिघटना वास्तव में काम्पटन प्रभाव के प्रकाश प्रकीर्णन के अनुरूप है।

नये प्रभाव के स्पेक्ट्रोस्कोपीय गुण

सात इंची अपवर्तन दूरदर्शी की अत्यधिक शक्तिशाली प्रदीप्ति के फलस्वरूप उस प्रकीर्णित प्रकाश की परिघटना का जो १९२५ में अनिर्णित समझ कर त्याग दी थी, सीधा अवलोकन करना सम्भव हो सका। जिस कोबाल्ट ग्लास फिल्टर को आपतित प्रकाश पुंज के मार्ग में रखकर और प्रकीर्णन पदार्थ के रूप में किसी कार्बनिक द्रव का उपयोग करके मुझे प्रकीर्णित प्रकाश के वर्णक्रम के नीले, हरे क्षेत्र में एक बैंड देखने में सफलता मिली। इस बैंड और फिल्टर द्वारा पारेषित जामुनी-बैगनी क्षेत्र के बीच गहरा अन्तराल था। वर्णक्रम में ये दोनों क्षेत्र उस समय और स्पष्ट हो जब जाते हैं आपतित किरण पुंज के मार्ग में एक अतिरिक्त फिल्टर लगाकर पारेषण के क्षेत्र को संकरा बना दिया जाता है। इससे सूर्य के प्रकाश की बजाय इन उच्च एकवर्णीय विकिरणों को जो मर्करी-आर्क के बड़े द्वारक वाले कंडेन्सर के साथ संयोजन और कोबाल्ट ग्लास फिल्टर के उपयोग से प्राप्त होते हैं, प्रयोग करने का विचार उत्पन्न हुआ। इस व्यवस्था से विभिन्न प्रकार के द्रवों और ठोस से प्रकीर्णित होने वाले प्रकाश के वर्णक्रमों को केवल आंख से देखा गया। इन अवलोकनों में यह पाया गया कि इस प्रकार के वर्णक्रमों में आमतौर से विसरित पृष्ठभूमि में चमकीली स्पष्ट रेखायें या बैण्ड होते हैं। ये रेखायें या बैण्ड मर्करी आर्क लैम्प के प्रकाश में मौजूद नहीं थे।

एकवर्णी प्रदीप्ति के स्रोत के रूप में, क्वार्टज मर्करी लैम्प इतनी शक्तिशाती और सुविधाजनक वस्तु है कि कम से कम द्रवों और ठोसों के सम्बन्धित प्रकीर्णित प्रकाश के वर्णक्रम के फोटो लेने में कोई विशेष कठिनाई नहीं आती। वास्तव में इस वर्णक्रम की सबसे पहली फोटो हिगलर फर्म द्वारा बनाये गये सबसे छोटे पोर्टेबल क्वार्टज स्पेक्ट्रोग्राफ से ली गई थी। इसी प्रकार के कुछ बड़े आकार के उपकरण से **कृष्णन** ने द्रवों और मणिभों में से प्रकीर्णित होने वाले प्रकाश के वर्णक्रम के बहुत संतोषजनक सपेक्ट्रोग्राफ उपलब्ध किये। इनमें ऐसी रेखाओं की जो बैगनी क्षेत्र की ओर विस्थापित थीं, उपस्थिति निश्चित रूप से स्थापित की गई। गैसो या वाष्पों पर इस प्रकार के प्रयोग करने में अधिक कठिनाईयां आई पर कुछ सीमा तक इनका समाधान गैसों को अधिक दाब पर रख कर किया जा सका। बड़े द्वारक के उपकरण से **रामदास** ने वायुमण्डलीय दाब पर गैसीय पदार्थ (ईथर वाष्प) का सर्वप्रथम स्पेक्ट्रम प्राप्त किया। अकलोकित प्रभाव की व्याख्या करते समय इसकी काम्प्टन प्रभाव के साथ अनुरूपता को मार्गदर्शक सिद्धान्त माना गया। काम्प्टन के शोध को इस बारे में सार्वभौमिक रूप से स्वीकारा गया कि विकिरणों का प्रकीर्णन ऐकिक प्रक्रम है जो अविनाशता सिद्धान्त पर सही उतरता है। इस विचार को मानते ही यह एकदम स्पष्ट हो जाता है कि यदि प्रकीर्णित कण क्वांटम से टकराने पर कुछ ऊर्जा ग्रहण कर लेता है तब क्वांटम में उतनी ही मात्रा में ऊर्जा कम हो जानी चाहिए और परिणामस्वरूप प्रकीर्णन के बाद घटी हुई आवृत्ति विकिरण के रूप में प्रकट होनी चाहिए। उष्मागतिकी के सिद्धान्त के अनुसार इसका प्रतिलोम भी सही होना चाहिए। इन विचारों के संदर्भ में वास्तविक अवलोकनों की व्याख्या करना सम्भव था और अवलोकित विस्थापनों के अणुओं के अवरक्त आवृत्तियों के अनुरूप पाये जाने से यह स्पष्ट हो गया कि नई विधि ने द्रव्य की संरचना के अध्ययन करने हेतु असीमित क्षेत्र के द्वार खोल दिये है।



चित्र:१ कार्बन टेट्राक्लोराइड का स्पेक्ट्रम (वर्णक्रम)

प्रभाव की विवेचना

इस बात पर बल देना युक्तिसंगत प्रतीत होता है कि यद्यपि काम्प्टन का अविनाशता सिद्धान्त प्रयोगों में प्राप्त परिणामों की विवेचना करने में उपयोगी सिद्ध होता है पर वह स्वयं में अवलोकित परिघटना को समझाने में असमर्थ है। जैसा कि आण्विक वर्णक्रमों से स्पष्ट है कि एक गैस के अणु में चार विभिन्न प्रकार की ऊर्जा होती हैं। परिणामों में बढ़ती हुई इन ऊर्जाओं का सम्बन्ध स्थानान्तरीय गति, घूर्णन, कम्पन और इलेक्ट्रॉनिक उत्तेजना से होता है। पहले प्रकार की ऊर्जा के अतिरिक्त, प्रत्येक को क्वांटित किया जा सकता है और क्वांटम संख्याओं के क्रम में ये पूर्णकों द्वारा दर्शायी जा सकती हैं। इस प्रकार एक अणु की कुल ऊर्जा सम्भव मानों की बड़ी संख्या में से कोई भी एक संख्या हो सकती है। यदि हम यह मान लें कि अणु और क्वांटम की टक्कर में ऊर्जा का विनिमय होता है और स्वयं को उन स्थितियों तक ही सीमित रखें जब अणु की अंतिम ऊर्जा आपतित क्वांटम की ऊर्जा से कम होती है तब हम इस परिणाम पर पहुंचते हैं कि प्रकीर्णित प्रकाश के वर्णक्रम में बहुत बड़ी संख्या में नई रेखाएं होनी चाहिए और जटिलता में ये रेखाएं प्रकाश के उत्सर्जन अथवा अवशोषण के दौरान अवलोकित अणु बैंड वर्णक्रम का बराबरी करना चाहिए। जो वास्तव में देखा गया था उससे भिन्न कुछ भी कल्पना नहीं किया जा सकता था सबसे रहस्मयी बात थी कि प्रकाश प्रकीर्णन में प्राप्त, अत्यंत जटिल बहुपरमाण्विक अणुओं के विकिरण भी बहुत सरल होते हैं। प्रकाश प्रकीर्णन की यह सरलता इसे विशेष महत्वपूर्ण बनाती है। इससे यह स्पष्ट है कि वास्तव में अवलोकित प्रभाव की भविष्यवाणी अविनाशता के सिद्धान्त के अनुसार नहीं की जा सकती।

क्वांटम और नील्स बोर द्वारा प्रतिपादित चिरसम्मत सिद्धान्तों के बीच सामान्य संगति से हमें वास्तविक परिघटना की आंतरिक झलक मिलती है। प्रकाश प्रकीर्णन का चिरसम्मत सिद्धान्त हमें यह बताता है कि यदि गतिशील या घूर्णन करता हुआ अथवा कम्पन करता हुआ अणु प्रकाश प्रकीर्णित करता है तब प्रकीर्णित विकिरणों में कुछ ऐसी आवृत्तियां भी हो सकती हैं जो आपतित तरंगों की आवृत्तियों से भिन्न हों। यह दृश्य अनेक बातों में आश्चर्यजनक रूप से बिल्कुल वैसा ही है जैसा कि हम प्रयोगों में अवलोकित करते हैं। यह समझाता है कि अवलोकित आवृत्ति स्थानांतर तीन-वर्गों स्थानांतरणीय, घूर्णनीय और कम्पनीय में क्यों बांटा जाता है? तीनों के परिणाम भिन्न-भिन्न होते हैं।

यह अवलोकित चयन नियमों को समझाती है। उदाहाणार्थ- प्रकीर्णित प्रकाश से निगमित कम्पन की आवृत्तियों में केवल मूल आवृत्तियां होती

हैं। अधिछवियां और संयोजन, जो उत्सर्जन और अवशोषण वर्णक्रमों में इतने स्पष्ट होते हैं, वहां अनुपस्थित रहते हैं। चिरसम्मत सिद्धान्त इससे भी आगे बढ़ जाता है और परिवर्तित आवृत्ति के विकिरणों के ध्रुवण और तीव्रता का मोटा अनुमान देता है। इसके बावजूद भी चिरसम्मत सिद्धान्त के आवश्यक गुणों को परिघटनाओं का गुणात्मक विवरण देने के लिए भी संशोधित करना पड़ेगा। इसलिए हमें क्वाटम सिद्धान्त की सहायता लेनी पड़ेगी। **क्रेमर्स** और **हाइजेनबर्ग** के निष्कर्षों तथा क्वांटम यांत्रिकी में नये विकास, जिनका सम्बन्ध बोर के संगति सिद्धान्त से है प्रयोगात्मक परिणामों को समझाने में बहुत सहायक हो सकते हैं। परन्तु जब हमें अणुओं की संरचना के बारे में उससे कहीं अधिक जानकारी जितनी इस समय है, नहीं मिल जाती और उक्त प्रभाव के बारे में पर्याप्त प्रायोगिक ज्ञान नहीं प्राप्त हो जाता तब तक यह कहना उपयुक्त न होगा कि इस प्रभाव से हम परिघटना को समझा सकते हैं।

प्रभाव का महत्व

इस परिघटना की सार्वभौमिकता प्रयोगात्मक तकनीक की सुविधा, प्राप्त होने वाले वर्णक्रमों की सरलता भौतिक और रसायनशास्त्र की अनेक समस्याओं के प्रयोगात्मक समाधान में उपयोगी होगी। वास्तव में यह कहा जा सकता है कि यही इस प्रभाव का प्रमुख महत्व होगा। वर्णक्रम से प्राप्त आवृत्ति- अंतर वर्णक्रम की रेखाओं की चौड़ाई और प्राकृतिक तथा प्रकीर्णित प्रकाश की ध्रुवण स्थिति हमारे समक्ष प्रकीर्णन उत्पन्न करने वाले पदार्थ की वास्तविक संरचना की सर्वोत्तम जानकारी दे सकते है। जैसा कि प्रयोगात्मक शोध से पता चलता है कि वर्णक्रम के ये गुण भौतिक परिस्थितियों यथा ताप तथा संपीडन की स्थिति और भौतिक - रासायनिक परिस्थितियों यथा मिश्रण यौगिक आण्विक संगुणन और बहुलकीकरण से तथा सबसे अधिक रासायनिक संरचना से प्रभावित होते हैं। इससे यह स्पष्ट हो जाता है कि स्पेक्ट्रोस्कोपी के इस नये क्षेत्र में द्रव्य की सरचना से सम्बन्धित समस्याओं के अध्ययन के लिए असीमित संभावनायें हैं। हम यह भी आशा कर सकते हैं कि यह प्रभाव प्रकाश की प्रकृति तथा प्रकाश और द्रव्य के बीच की अन्तः क्रियाओं के विषय में अधिक और पूर्ण जानकारी प्रस्तुत करेगा।

कुछ टिप्पणिया

इस प्रभाव के सरलतम संभव रासायनिक संरचना वाले मणिभों पर किये गये मात्रात्मक अध्ययन स्वभावतः बहुत महत्वपूर्ण हैं। मात्रात्मक अध्ययन से सैद्धान्तिक क्षेत्र में सबसे अधिक आशाएं हैं। द्रवीभूत गैसों परमैकलेनन के कार्यो तथा **आर० डब्ल्यू वुड** और **रासटी** के शोध इस क्षेत्र में अग्रणी है जिनकी अधिकतम प्रशंसा की जानी है। इस बारे में रामास्वामी **राबर्ट्सन** और **फाक्स** तथा **भगवंतम** द्वारा किये गये अध्ययन विशेष महत्वपूर्ण हैं। मणिभों पर किये गये इन अध्ययनो से बहुत विलक्षण परिणाम मिले हैं। इनसे मणिभावस्था की प्रकृति की अधिक विस्तृत जानकारी के मार्ग प्रशस्त होंगे। मैं यहां **कृष्णमूर्ति** के कार्य की ओर विशेष ध्यान आकर्षित करना चाहूंगा जिन्होंने रासायनिक बंध की प्रकृति के आधार पर प्रकीर्णित प्रकाश में प्राप्त वर्णक्रम रेखाओं की तीव्रता पर निर्भरता स्थापित की है। कृष्णमूर्ति का यह अवलोकन कि मणिभों का पराचुम्बकत्व विस्थापित रेखाओं की अवशोषित तीव्रता को दृश्यतः प्रभावित करता है, इस क्षेत्र में अत्यन्त महत्वपूर्ण उपलब्धि है।

उपसंहार

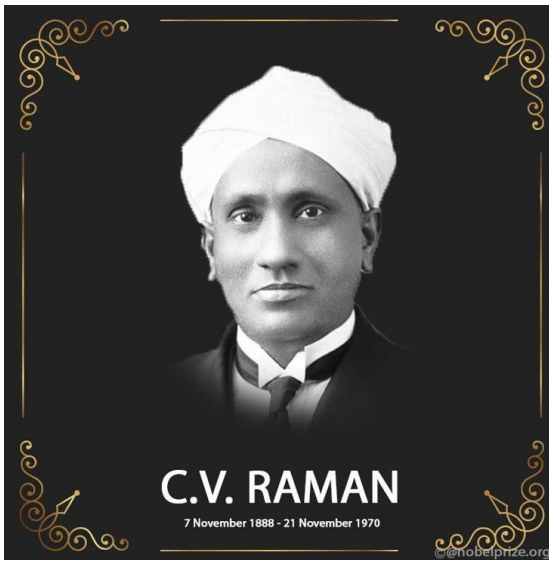
प्रत्येक नोबेल पुरस्कार विजेता पुरस्कार प्राप्त करते समय उपस्थित विद्वानों के समक्ष अपने उस शोध का विवरण प्रस्तुत करता है जिस पर उसे नोबेल पुरस्कार प्रदान करने की घोषणा की गई होती है। इस परम्परा के अन्तर्गत प्रो० चन्द्रशेखर वेकट रामन ने भी ११ दिसंबर १९३० को स्विडिश अकादमी के समक्ष प्रकाश का आण्विक प्रकीर्णन (मालिक्यूलर स्कैटरिंग ऑफ लाइट) पर भाषण दिया था। उसी भाषण का हिन्दी रूपांतरण ऊपर प्रस्तुत किया गया है।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/raman-lecture.pdf
2. https://link.springer.com/article/10.1007/s000160200002
3. https://www.researchgate.net/publication/354508318_RAMAN_SPECTROSCOP
4. https://www.britannica.com/biography/C-V-Raman

सर चंद्रशेखर वेंकट रमन

सर चंद्रशेखर वेंकट रमन का जन्म ७ नवंबर १८८८ को तमिलनाडु के तिरुचिरापल्ली में हुआ था। उनके पिता गणित और भौतिकी के शिक्षक थे, जिससे उन्हें बचपन से ही शैक्षणिक वातावरण मिला। उन्होंने अपनी शिक्षा मद्रास के प्रेसीडेंसी कॉलेज से पूरी की, जहाँ उन्होंने भौतिकी में स्वर्ण पदक जीता। रमन ने शुरुआत में भारत सरकार के वित्त विभाग में एक लेखाकार के रूप में काम किया, लेकिन विज्ञान के प्रति उनके जुनून ने उन्हें कलकत्ता विश्वविद्यालय में भौतिकी का प्रोफेसर बनने के लिए प्रेरित किया। २८ फरवरी १९२८ को उन्होंने ऐतिहासिक 'रमन प्रभाव' की खोज की, जिसने यह साबित किया कि जब प्रकाश किसी पारदर्शी पदार्थ से गुजरता है, तो उसकी तरंग दैर्ध्य बदल जाती है। इस महत्वपूर्ण खोज के लिए उन्हें १९३० में भौतिकी के नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया, जिससे वे विज्ञान में यह सम्मान पाने वाले पहले एशियाई बने। उनकी इस उपलब्धि के सम्मान में भारत हर साल २८ फरवरी को राष्ट्रीय विज्ञान दिवस मनाता है। रमन ने भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc) के पहले भारतीय निदेशक के रूप में भी सेवा दी और बाद में बैंगलोर में रमन अनुसंधान संस्थान (RRI) की स्थापना की। उन्हें १९५४ में भारत के सर्वोच्च नागरिक सम्मान भारत रत्न से सम्मानित गया और २१ नवंबर १९७० को उनका निधन हो गया।



खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.1

वैश्विक पर्यावरणीय परिदृश्य

दिनेश कुमार सिंह
प्राणि विज्ञान एवं पर्यावरण विज्ञान विभाग
दीनदयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत- २७३००९
लेखक से संवाद के लिए ईमेल- dksingh.gpu@gmail.com

आलेख प्राप्त: १७ जनवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १८ फरवरी २०२६; स्वीकृत: १८ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १७ मार्च २०२६

सारांश

पर्यावरण की अवधारणा को पुरातन भारतीय ज्ञान परम्परा, वेद, रामायण, महाभारत आदि ग्रन्थों में हजारों वर्ष पूर्व ही वर्णित किया गया है। पर्यावरण का अर्थ – "परि – परितः, आ – समन्तात्, वृणोति – आच्छाद्य रक्षित इति पर्यावरण" अर्थात् पूर्ण रूप से आच्छादन या ढ़ंक कर जो रक्षा करे उसे पर्यावरण कहते हैं। पर्यावरण को अंग्रेजी में इन्वायरमेंट कहते हैं। इसका अर्थ है – चारों ओर से जो घेरता है। पर्यावरण इस जगत का आधार है, जो पृथ्वी को चारों ओर से घेर कर स्थित है।

पृथिवी परितो व्याप्य तामाच्छाद्यस्थितं चयत्। जगदा धारूपेण पर्यावरण मुच्यते।।

सूचक शब्द- पर्यावरण, आध्यात्म, आनुवांशिक, होलोसीन युग, पारिस्थितिकीय तन्त्र

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.1

Global Environmental Scenario

Dinesh Kumar Singh
Department of Zoology and Environmental Science
Deen Dayal Upadhyay Gorakhpur University
Gorakhpur, Uttar Pradesh, India-273009
Corresponding author Email: dksingh.gpu@gmail.com

Received on: 17 January 2026; Final Revision: 18 February 2026; Accepted: 18 February 2026
Published Online First on: 17 March 2026

ABSTRACT

The concept of environment has been described thousands of years ago in ancient Indian knowledge traditions and in texts such as the Vedas, the Ramayana, and the Mahabharata. The word *environment* is derived from the Sanskrit components meaning "surrounding on all sides" and "that which covers and protects"; thus, environment refers to that which envelops and safeguards us completely. In English, the term used is "environment," which means that which surrounds us from all directions. The environment forms the basis of this world and exists as the encompassing system that surrounds the Earth on all sides.

That which spreads all around the Earth, covers it, and exists as the foundational support of the world is called the environment.

Keywords- Environment, Spirituality, Genetics, Holocene Epoch, Ecosystem

लेखक परिचय

प्रो० दिनेश कुमार सिंह

पूर्व अध्यक्ष-प्राणि विभाग एवं पर्यावरण विज्ञान विभाग, दीन दयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र० ने विगत ४ दशकों तक शोध एवं शिक्षा के क्षेत्र में अनवरत अपना सक्रिय योगदान दिया है। आपने विश्वस्तरीय ११२ अन्तर्राष्ट्रीय शोध पत्रिकाओं में अब तक २१७ शोध पत्रों (गूगल स्कॉलर साईटेशन - ५८२६, एच इन्डेक्स-४१ व आई इन्डेक्स-१२६), १८ समीक्षा लेखों के प्रकाशन के साथ-साथ १६ संदर्भ पुस्तकों तथा यूनाईटेड नेशन द्वारा औषधीय पौधों से सम्बन्धित इन्साईक्लोपीडिया में एक अध्याय का लेखन भी किया है। इनके अतिरिक्त प्रो० सिंह ने अमेरिका में प्रकाशित पुस्तकों में ४ अध्यायों का लेखन भी किया है। आपके निर्देशन में २७ पीएच०डी० डिग्रियाँ प्रदान की गई हैं। आपने भारत सरकार की विभिन्न वैज्ञानिक एजेन्सियों द्वारा वित्तपोषित १७ शोध परियोजनाओं का सफल संचालन भी किया है। प्रो० सिंह विश्व स्वास्थ्य संगठन के अर्न्तराष्ट्रीय विशेषज्ञ टीम नेटवर्क के सम्मानित सदस्य है। प्रो० सिंह भारत की जीव विज्ञान संस्थान एवं पर्यावरण जीव विज्ञान अकादमी के फेलो हैं तथा राष्ट्रीय एवं अर्न्तराष्ट्रीय शैक्षणिक समितियों के आजीवन सदस्य होने के साथ ही अर्न्तराष्ट्रीय पत्र-पत्रिकाओं के संपादक एवं समीक्षक मंडल में भी अपना योगदान देते रहते हैं। आपने सामाजिक दायित्वों का निर्वहन करते हुये विगत छः वर्षों में पर्यावरण संरक्षण हेतु उत्तर प्रदेश के पूर्वान्चल के सभी जिलों में स्वयं के व्यय पर अब तक ३०,००० देव/औषधीय वृक्षों, जिसमें ७८२ कल्पवृक्ष भी हैं, का रोपण किया है। यह कार्य जारी है। आप द्वारा आधुनिक विज्ञान और वेद आधारित ज्ञान में सामन्जस्य एवं पर्यावरण तथा समसामयिक विषयों पर विद्यालयों एवं विश्वविद्यालयों में समय-समय पर ६५१ से अधिक व्याख्यान भी दिया गया है।

पर्यावरण काव्य 1/8

मानव के चारों ओर जो कुछ प्राकृतिक सम्पदा एवं मानव निर्मित सम्पदा है, वे सब मिल कर पर्यावरण का निर्माण करते हैं। आधुनिक वैज्ञानिक पर्यावरण को मूलतः वायुमण्डल, जल मण्डल और स्थल मण्डल में विभक्त करते हैं। इन तीनों के सम्मिलित सभी जीव मिलकर जैव मण्डल का निर्माण करते हैं। प्राचीन वैदिक साहित्य में पर्यावरण के लिये प्रकृति शब्द का प्रयोग किया गया है। वेदों में मानव को प्राकृतिक नियमों का पालन करते हुये जीवन के विस्तार की बात कही गई है। पर्यावरण का व्यापक अर्थ है कि जो कुछ भी मानव के चारों ओर व्याप्त है, जो मानव को प्रभावित करता है या मानव से प्रभावित होता है एवं मानव अस्तित्व को बनाये रखने के लिये आवश्यक है, वह मानव का पर्यावरण कहलाता है। अर्थात् व्यक्ति, व्यक्ति से निर्मित समाज, समाज से निर्मित राष्ट्र, राष्ट्रों से निर्मित द्वीप, द्विपों से निर्मित महाद्वीपों से निर्मित पृथ्वी, सौर मण्डल, आकाश, वायु, जीव आदि सभी परस्पर मिलकर मानव के पर्यावरणीय अंग हैं [1]।

मानव के संदर्भ में पर्यावरण की बात की जाये तो पहला पर्यावरण तो मानव से ही प्रारम्भ होता है। यदि मानव स्वयं से प्रश्न करे कि वह कौन है? इस सृष्टि और उसकी सर्जना कैसे हुई? तो उत्तर निकलेगा कि मानव वह शरीर नहीं है, जो नाम उसे इस भौतिक संसार ने दिया है। इस शरीर में निहित आत्मा जिसे अन्य रूपों में हम उर्जा/रूह/चेतना अथवा शरीरी (शरीर धारण करने वाला अर्थात्, आत्मा जो शरीर का स्वामी है) कह सकते हैं, शरीर उसका प्रथम पर्यावरण है। यह पर्यावरण पाँच इन्द्रियों द्वारा नियंत्रित होता है। जिस प्रकार के क्रिया कलापों में इन्द्रियाँ लिप्त होंगी, उसी प्रकार का पर्यावरण यह शरीर में स्थित आत्मा को प्रदान करेंगी। भारतीय ज्ञान परम्परा में यह बताया गया है कि, शरीर की आन्तरिक और वाह्य स्वच्छता जल से होती है, मन की स्वच्छता सत्य बोलने से होती है, बुद्धि की स्वच्छता ज्ञान से होती है तथा आत्मा की स्वच्छता संस्कारों से होती है [2]।

यदि हम पर्यावरण के प्रथम स्तर की बात करें तो आध्यात्म से प्रारम्भ करना होगा। हमारे पुरातन वैदिक ग्रन्थों में सात लोकों की उपासना प्रत्येक पूजा के पूर्व की जाती है – ओम् भू, ओम् भुवः, ओम् स्वः, ओम् महः, ओम् जनः, ओम् तपः, ओम् सत्यम् [3]।

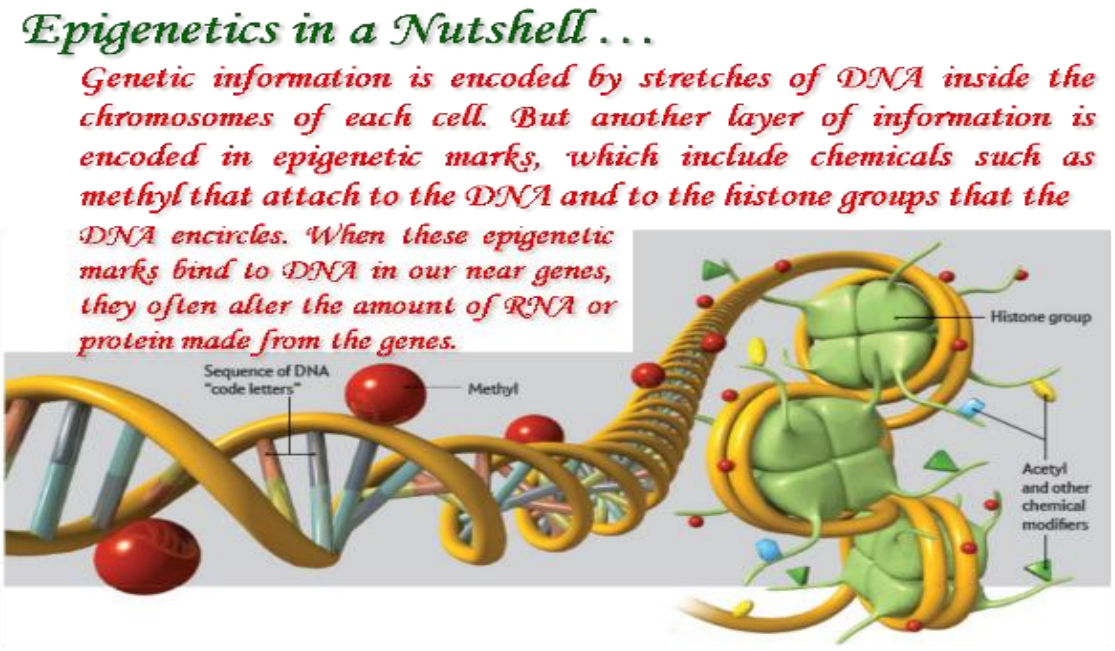
चित्र 1: मानव शरीर के चारों ओर पर्यावरण के विभिन्न ऊर्जा स्तरों का प्रतीकात्मक चित्रण।

(स्रोत: https://thecostaricanews.com/why-holistic-therapy-is-your-best-ally-for-a-better-life/)

हमारे पुरातन वैदिक ग्रन्थों में योग की अवधारणा में इन्द्रिय निग्रह को विस्तारित किया गया है। महर्षि पतंजलि के अष्टांग योग में यम, नियम, आसन, प्राणायाम, प्रत्याहार, धारण, ध्यान व समाधि से चेतना (आत्मा) जागृत कर ब्रह्माण्डीय उर्जा क्षेत्र से जुड़ने पर व्यक्ति स्वयं व मानव समाज के मूल्य परक उत्थान में क्रियाशील होता है [4]।

स्लोवाकिया के वैज्ञानिक मेटकारैनविक ग्लेबैक और उनके सहयोगियों ने विश्व में पहली बार यह सिद्ध किया कि, समाधि के उच्चतम स्तर पर आने पर मनुष्य के आनुवांशिक गुणों के वाहक जीनों पर प्रभाव दिखने लगता है, जो सामान्य दशा में अपने प्रभाव प्रदर्शित नहीं करते। मनुष्य का सम्पूर्ण जीवन 1.5 प्रतिशत जीनों के प्रभाव से ही नियंत्रित होता है, जबकि, 98.5 प्रतिशत जीनों का प्रभाव सामान्य दशा में प्रभावी नहीं होता। इन वैज्ञानिकों ने 23 एवं 16 वर्षों से समाधि की साधना करने वाले बौध लामाओं पर प्रयोग किया, जिसका उन्होंने इलक्ट्रो इन्सेफेलोग्राफी (EEG–यह एक चिकित्सकीय परीक्षण है, जो मस्तिष्क की विद्युत गतिविधियों को रिकार्ड करता है) एवं जीसा (GISA–जीन सेट संवर्धन विश्लेषण) विधि से अध्ययन किया। 1668 जीन्स का प्रभाव उत्प्रेरित हुआ, जो शरीर की बहुत सी गतिविधियों को कोशिका स्तर पर नियंत्रित करते हैं। अन्ततः यह मुनष्य के स्वयं के विकास, सृजन क्षमता के विकास, सीखने की प्रक्रिया का विकास व नैतिक तर्कशक्ति का विकास करती हैं। ध्यान एवं समाधि की इस अवस्था में मस्तिष्क की तंत्रिका कोशिकाओं से चार से दस हट्र्ज की थीटा और अल्फा तरंगें संचालित होती हैं, जो ब्रह्माण्डीय उर्जा के क्षेत्र से तारतम्य स्थापित करतीं हैं [5]।

दूसरे स्तर का पर्यावरण, जो मनुष्य के चारों ओर के वातावरण का है, वह जीन के माध्यम से उसके कार्यशैली पर सीधा प्रभाव डालता है। ईपीजेनेटिक्स (जीव विज्ञान की वह शाखा जो डी0एन0ए0 अनुक्रम को बदले बिना जीन की सक्रियता में होने वाले परिवर्तनों का अध्ययन करता है) के प्रयोगों से अब यह सिद्ध हो गया है कि, जिस प्रकार का पर्यावरण होता है, उसका प्रभाव सभी उम्र के व्यक्तियों के मस्तिष्क के रिवार्ड सेन्टर पर पड़ता है। जैसे कि – मादक द्रव्यों का सेवन, आधुनिक जीवन शैली की व्यस्तता के कारण बच्चों के लालन–पालन में माता–पिता का व्यवहार, माता–पिता के आपसी सम्बन्ध, वातावरण में रसायनों का प्रयोग, मानवीय मूल्यों का प्रारम्भिक शिक्षा में अभाव आदि। मस्तिष्क के रिवार्ड सेन्टर घटना के अनुसार निरन्तर उसी प्रकार के हार्मोन्स या न्यूरोट्रान्समीटर का स्रावण करते हैं और वे कोशिका में उपस्थित 98.5 प्रतिशत अप्रभावित जीन्स के प्रभाव को हिस्टोन प्रोटीन के एसाइलेशन/मिथाइलेशन की प्रक्रिया से जेनेटिक स्विच को ऑन या ऑफ करके उत्प्रेरित करते हैं और प्रोटीन का निर्माण करते हैं, जो कोशिका संकेतांक के रूप में कार्य करके मानव व्यवहार को प्रभावित कर देते हैं।



चित्र 2: एपिजेनेटिक्स का चित्रात्मक निरूपण (स्रोत: https://www.hvrbase.org/)

आज समाज में व्याप्त मानवीय मूल्यों के अवसान से नित्य जीवन में होने वाली घटनाएं इन्हीं प्रथम व द्वितीय स्तर के पर्यावरण में होने वाले बदलाव के कारण प्रभावित जीन्स के फलस्वरूप हैं। प्रारम्भिक अवस्था के वैज्ञानिक शोधों में मानव व्यवहार में होने वाले परिवर्तनों का प्रभाव आनुवांशिक स्तर पर एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में भी स्थानान्तरित होता प्रतीत होता है। शोध जारी है [5]।

लगभग दस हजार वर्ष पहले होलोसीन युग (अभिनव युग–पृथ्वी के इतिहास के अन्तिम 11,700 वर्ष) में मानवीय सभ्यता के विकास के समय सम्पूर्ण विश्व बहुत बड़ा था। अत्यधिक प्राकृतिक सम्पदा, भूमि एवं समुद्र के रूप में थी। उस समय मानव स्वतंत्र था। पर्यावरण को प्रदूषित करने और प्रयोग के लिये कोई समस्या नहीं थी। एक स्थान पर प्रदूषण होने पर आसानी से वह दूसरे स्थान पर चला जाता था। मानवीय सभ्यता के विकास के साथ लोगों ने प्रकृति का पूरा दोहन कर अपनी मानवीय सम्पदा और राज्य का विस्तार किया। उन्होंने कभी यह अनुभव ही नहीं किया कि इस सुविधा का भी अन्तिम बिन्दु भविष्य में आयेगा। सार्वजनिक स्वास्थ्य तन्त्र, औद्योगिक विकास और हरित क्रान्ति के फलस्वरूप मानव जनसंख्या 1800 में एक अरब से बढ़कर आज लगभग 7.5 अरब पहुँच गयी है। हम पिछले पचास–साठ वर्षों में लगभग दोगुने हो गये हैं। बढ़ती मानव जनसंख्या ने अपने जीवन यापन के लिये प्राकृतिक संसाधनों का पूरा उपयोग किया। पिछले पचास–साठ वर्षों में वैश्विक खाद्यान्न एवं जल का उपयोग लगभग तीन गुना, और जीवाश्म ईंधन का प्रयोग चार गुना बढ़ गया है।

मानव जनसंख्या का तेजी से बढ़ना, प्राकृतिक संसाधनों का अत्याधिक दोहन और पर्यावरणीय क्षति ने पृथ्वी ग्रह के प्राकृतिक स्वरूप को ही बदल दिया। अब मानव पूरे विश्व में सीमित संसाधनों और सीमित अपशिष्ट को समाप्त करने की क्षमता में रह रहा है। इस बदलते पर्यावरणीय बदलाव की स्थिति में मानव जीवन के यापन के नये नियमों का भी हमें पालन करना होगा। हमें अपने पर्यावरणीय तन्त्र में "सुरक्षित प्रचालन तन्त्र" के अन्दर ही कार्य सुनिश्चित करना होगा। यदि हम लोगों ने अपनी जीवन पद्धति को नये नियमों के अनुसार नहीं बदला, तो उसका दुष्परिणाम पूरे मानव जगत को भोगना होगा [6]।

किस प्रकार हम बदलाव को ला सकते हैं? और दुष्परिणामों से कैसे बच सकते हैं? इस सन्दर्भ में पूरे विश्व के पर्यावरणविद् वैज्ञानिकों ने पृथ्वी पर पर्यावरणीय बदलाव को रोकने के लिये बहुत से ऐसे प्रश्नों के उत्तर के आधार पर बताया कि, इन स्थितियों में हम उस चरम् बिन्दु पर पहुँच गये हैं, जहाँ से खतरनाक वैश्विक पर्यावरणीय बदलाव ने मानव के लिये पृथ्वी पर रहने की ऐसी स्थितियाँ उत्पन्न कर दी हैं, जैसा मानव इतिहास में पहले कभी नहीं हुआ।

वैज्ञानिकों एवं पर्यावरणविदों ने भौतिक और जीव विज्ञान के अंतःविषयक अध्ययनों के आधार पर बताया है कि, पृथ्वी पर नौ ऐसे पर्यावरणीय क्रिया–कलाप हैं जो पृथ्वी पर मानव जीवन के अस्तित्व पर खतरा उत्पन्न कर रहे हैं। ये नौ खतरे हैं – वातावरणीय बदलाव, रसायनिक प्रदूषण, एअरोसॉल लोडिंग (वायु में ठोस कणों या तरल बूंदों का निलम्बन), जैव विविधता की कमी, भूउपयोग, जल उपयोग, नाईट्रोजन–फास्फोरस चक्र, ओजोन क्षरण एवं सामुद्रिक

अम्लता। इनमें से तीन – जैव विविधता, नाईट्रोजन चक्र एवं वातावरणीय बदलाव पृथ्वी पर नियामक बिंदु को पार कर चुके हैं। ओजोन क्षरण, सामुद्रिक अम्लता, भूमि उपयोग और जल उपयोग सुरक्षित जोन के नियामक बिन्दुओं के बहुत करीब पहुँच चुके हैं। जिनके कारण पृथ्वी लगातार गर्म होती जा रही है। वैज्ञानिकों ने इन खतरों से निपटने के लिये ऐसी सीमाओं का निर्धारण किया, जिसमें मनुष्य सुरक्षित रूप से रह सकते हैं। सात खतरों की निश्चित सीमायें स्पष्ट हैं और वैज्ञानिक आधार पर परिभाषित भी हैं। शेष दो रासायनिक प्रदूषण और एअरोसॉल लोडिंग का समुचित निर्धारण अभी तक नहीं हुआ है [6]।

वैज्ञानिकों के उपरोक्त अध्ययन पर्यावरणीय बदलावों की दिशा और दशा को पृथ्वी पर प्रबन्धन हेतु नये सिरे से विचार करने हेतु उत्प्रेरित करते हैं।

वातावरणीय बदलाव

भूमण्डल पर पर्यावरणीय बदलाव मनुष्य जाति के लिए एक जटिल वैश्विक समस्या एवं नई चुनौती के रूप में है। पर्यावरणीय बदलाव के कारण पृथ्वी का तापमान विगत 150 वर्षों के औसत से वर्ष 2017 के बाद सदैव अधिक रहेगा तथा इस तापमान की वृद्धि दर का प्रभाव पूरे भूमण्डल पर इस सदी के अन्त तक पड़ेगा। प्रत्येक दस वर्षों में 2100 तक पृथ्वी के मध्य से ध्रुवों की ओर तापमान तेजी से बढ़ेगा। इस कारण लगभग 5286 स्थलीय स्तनधारी – जिनमें मनुष्य भी एक है एवं 3545 स्थलीय सरीसृप पृथ्वी से 21वीं सदी के अन्त तक समाप्त हो जायेंगे।

पृथ्वी के बढ़ते तापमान का कारण कार्बन डाई ऑक्साईड की वायुमंडल में मात्रा 350 पी0पी0एम0 (पार्ट्स पर मिलियन) नियामक सुरक्षित बिन्दु से वर्तमान् में अधिक हो गयी है। वायुमंडल में इस गैस की सीमा 350 पी0पी0एम0 से अधिक नहीं होनी चाहिए। वर्तमान् में इस गैस की मात्रा प्रतिवर्ष 2 से 3 पी0पी0एम0 की दर से बढ़ कर 400 पी0पी0एम0 हो गयी है। इस कारण से आर्कटिक पर बर्फ के पिघलने की गति बढ़ चुकी है। बढ़ते तापमान के कारण बड़े हिमखण्ड टूटकर समुद्र में समा रहे हैं। हाल ही में लगभग 5800 वर्ग कि0मी0 का लारसन सी हिमखण्ड टूट कर समुद्र में तैर रहा है एवं आने वाले दिनों में इसके पिघलने से भारतीय महाद्वीप के अण्डमान द्वीपसमूह के डूबने की सम्भावना प्रबल है। डगलस फाक्स के अनुसार अन्टार्कटिका पर बड़े बड़े हिमखण्ड लगातार टूट रहे हैं और उनके टूटने से बड़े हिमखण्ड फिसल कर समुद्र में समा रहे हैं। इन हिमखण्डों के पिघलने से समुद्र तल में बढ़ोतरी हो जायेगी। उनके अनुसार पृथ्वी के गर्म होने से अन्टार्कटिका पेन्सुला में यह परिवर्तन बहुत तेजी से हो रहा है। ये टूटे हुये हिमखण्ड गुरूत्वाकर्षण बल के कारण समुद्र में जा रहे हैं।

तापमान बढ़ने के कारण बर्फ के गलने से जल दरारों में रिसकर हिमखण्डों के नीचे जाता है और यह दरारों को धीरे–धीरे बढ़ा देता है। इस प्रभाव से हिमखण्ड टूट जाते हैं। पिघला हुआ जल रिसकर हिमखण्डों के नीचे पहुँच जाता और सतह की पकड़ को समाप्त कर देता है, जिससे हिमखण्ड समुद्र की ओर सरकने लगते हैं। बर्फ के तेजी से गलने से हिमखण्ड की सतह सिकुड़ जाती है और इससे ढ़लान बढ़ने लगती है।

टेड सचुर जो पारिस्थितिकीय तन्त्र के नार्थ एरिजोना विश्वविद्यालय में प्रोफेसर हैं के अनुसार उत्तरी ध्रुव के बर्फ के नीचे जो परमाफॉस्ट है, उसमें 1035 बिलियन मीटरिक टन कार्बन डाई ऑक्साईड ऊपर के तीन मीटर स्तर तक जमी हुई है। यह कार्बन डाई ऑक्साईड यदि बाहर आ जायेगी तो परमाफॉस्ट गलकर धंसने लगेंगे। इस कारण से पृथ्वी और तेजी से गरम होने लगेगी। ऐसा अनुमान है कि, 15 प्रतिशत तक कार्बन डाई ऑक्साईड इस परमाफॉस्ट से निकल कर 21वीं सदी के अन्त तक वायुमण्डल में आ जायेगी। अर्थात् 130 बिलियन से 160 बिलियन मीटरिक टन कार्बन डाई ऑक्साईड वातावरण में, जो जीवाश्म ईंधन से निकलती है उससे कई गुना कार्बन डॉई ऑक्साईड वायुमण्डल में बढ़ जायेगी [7]।

जेनिफर ए फर्मिस जो रूटिगर विश्वविद्यालय में मैरीन और कोस्टल विज्ञान में प्रोफेसर हैं एवं 25 वैज्ञानिकों के समूह ने 1979 से 2017 तक आर्कटिक पर अध्ययन के आधार पर बतलाया है कि, आर्कटिक पर कुछ दिनों से तापमान 20 डिग्री सेल्सियस समान्य तापमान से अधिक रहता है और अब यह पूरे जाड़े में अधिक रहता है। 2016 में जाड़ों में औसत तापमान 1979 के औसत तापमान से अधिक हो गया। इससे जेड स्ट्रीम कमजोर होती जा रही है, जिसके प्रभाव से अमेरिका, यूरोप और एशिया में अत्यधिक ठंड बढ़ गयी है। इसके अतिरिक्त जाड़े में जल वाष्प आर्कटिक पर 1979 की तुलना में वर्ष 2016 में 40 प्रतिशत तक अधिक पाया गया, जो कि ग्रीन हाऊस गैसों के समान पृथ्वी को और भी तेजी से गर्म कर रहा है। आर्कटिक तेजी से गरम हो रहा है। इस कारण आर्कटिक का तापमान मध्य अक्षांश के तापमान के नजदीक पहुँच रहा है। इस कारण जेड स्ट्रीम (पृथ्वी के ऊपर क्षोभ मंडल में 9–16 कि0मी0 की ऊँचाई पर पश्चिम से पूर्व की ओर तीव्र गति से बहने वाली हवा की धारायें हैं। यह भूमध्य रेखा और ध्रुवों के बीच तापमान अन्तर के कारण उत्पन्न होती है। यह मौसम तूफान के मार्ग और हवाई जहाजों की गति को प्रभावित करता है।) उत्तरी ध्रुव पर अधिक रूक रहा है जो अत्यधिक गर्मी, बाढ़, ठण्ड और हेरीकेन उत्पन्न कर रहा है। 1979 की तुलना में जाड़ों में भी बर्फ के जमने की प्रक्रिया 2016 में 15 प्रतिशत तक कम पायी गई। इसके अतिरिक्त समुद्र में तैरने वाले बर्फ 1979 की तुलना में वर्ष 2016 में 45 प्रतिशत तक कम पाया गया [8]।

प्रो0 जेनिफर ने 2021 के अपने अध्ययनों में बतलाया कि, पूरे विश्व में पर्यावरणीय बदलावों के कारकों में जल वाष्प की भी अहम् भूमिका है। जेनिफर के अनुसार विश्व में वार्षिक औसत जलवाष्प की समुद्र और स्थल पर 1980 से 2020 तक 4 प्रतिशत वृद्धि पायी गई है। जलवाष्प असमान विधि से वितरित रहता है। यह भूमध्य रेखा अक्षांश पर अधिक और ध्रुव पर कम रहता है, परन्तु तूफान और वायु ऊष्ण कटिबन्धीय जलवाष्प को ध्रुवों पर प्रेषित कर सकता है। जलवाष्प का पूरे पृथ्वी पर वृद्धि से अति मौसम का विभिन्न स्थानों पर घटित होना पाया जा रहा है। ये जलवाष्प एक प्रकार से ईंधन का कार्य कर रहे हैं, जिससे

समुद्र और वायुमण्डल गरम हो रहे हैं और अतिरिक्त जल वाष्पित होकर वायु में जा रहा है। इस अतिरिक्त जलवाष्प से वाष्प तूफान उत्पन्न हो रहे हैं, जिसके कारण अतिवृष्टि हो रही है। वातावरण में जलवाष्प पृथ्वी के गरम होने के कारण मृदा, पौधे, समुद्र, झील, तालाब और नदियों से वाष्पित होकर वायु में आ रहा है। यह जलवाष्प अपने साथ गुप्त ऊष्मा धारित होता है। जब यह जलवाष्प पुनः द्रव जल में बादल या ओस की बूंदों में बदलता है तो यह गुप्त ऊष्मा वायुमण्डल में उत्सर्जित होती है। जहाँ यह ऊष्मा निकलती है वहाँ वायु गर्म होकर ऊँचाई पर ऊपर उठती है। अधिक ऊँचाई पर तापमान कम होता है, इस गर्म हवा के बुलबुले ऊपर उठते जाते हैं और यह गुप्त ऊष्मा ही हरिकेन तूफान को जन्म देती है। किसी हेरिकेन तूफान में जो उर्जा प्रयुक्त होती है, वह पूरे विश्व के लिये जितनी विद्युत उत्पादन करने में उर्जा लगती है उससे 200 गुना अधिक होती है। एक हेरिकेन की विस्फोटक शक्ति प्रति 20 मिनट में दस मेगाटन के न्यूक्लियर बम के विस्फोट के बराबर होती है। इस बढ़ते हुये जलवाष्प का सबसे घातक पक्ष यह है कि, यह ऊष्ण कटिबन्धीय तूफान को तीव्रता प्रदान कर रहा है। जलवाष्प के अधिक बनने से रातें गर्म हो रही हैं। रात में अधिक आर्दता से शरीर के पसीने वाष्पित नहीं हो पाते और इस प्रकार शरीर का तापमान नियंत्रण करने का तन्त्र कार्य नहीं कर पाने से अत्यधिक गर्मी के कारण निद्रा प्रभावित होती है। गर्मी के इन्डेक्स 38 डिग्री सेल्सियस की खतरनाक स्थिति को शरीर की क्रिया प्रणाली पर विशेष प्रभाव डालता है, जिससे बच्चों और वृद्धों में क्लाईमेट चेंज एवं हेल्थ 2021 के अनुसार जल वाष्प जनित फैलने वाली बीमारियों का प्रादुर्भाव अधिक हो रहा है [9]।

तापमान बढ़ने से आर्कटिक पर बर्फ के पिघलने से छोटे–छोटे तालाब बनते जा रहे हैं। जिससे पानी – पर्माफास्ट, जो जमीन का जमा हुआ भाग है, उससे रिसकर नीचे जा रहा है।

कैटीवाल्टर एन्थनी, जो अलास्का विश्वविद्यालय के जल और पर्यावरण शोध केन्द्र में प्रोफेसर हैं के अनुसार, इस पानी के नीचे जाने से हजारों वर्षों से जमे हुए जीवाश्मों की इस पानी से क्रिया के कारण मीथेन गैस का रिसाव बढ़ रहा है। इसके अतिरिक्त गहरे समुद्र के पानी में से मीथेन जो बर्फ के हाइड्रेट के रूप में उपस्थित है, वह भी पिघलती जा रही है एवं वायुमंडल में इसका लगातार रिसाव हो रहा है।

यह मीथेन कार्बन डाई ऑक्साईड से 25 गुना पृथ्वी को अधिक गर्म करने की क्षमता रखती है। इस सदी के अंत तक पृथ्वी पर निकलने वाली मीथेन का चालीस प्रतिशत भाग ध्रुवों के बर्फ के पिघलने के कारण होगा तथा इस स्थिति से बर्फ के पिघलने की गति और तीव्र हो जायेगी।

सर्दियों के मौसम में आर्कटिक पर वर्ष 1979 में 16 मिलियन वर्ग कि0मी0 बर्फ थी, जो वर्ष 2017 तक केवल 14 मिलियन वर्ग कि0मी रह गई है, जो 15 प्रतिशत कम है। इसी प्रकार समुद्र में तैरने वाले बर्फ जो 16000 क्यूबिक कि0मी0 हैं वे वर्ष 1979 से लगभग 45 प्रतिशत तक कम हो चुके हैं। आर्कटिक क्षेत्र में वर्ष 2016 में वायुमण्डल का औसत तापमान वर्ष 1979 से 9 डिग्री सें0ग्रे0 तक बढ़ चुका है। सर्दियों में जल वाष्प वर्ष 1979 के बाद वर्ष 2016 में 40 प्रतिशत तक बढ़ चुका है, जो मीथेन तथा कार्बन डाई ऑक्साइड की तरह ही पृथ्वी के तापमान में वृद्वि का कारक होगा [10]।

मध्य अक्षांश और आर्कटिक के तापमान में अन्तर कम हो जाने के कारण जेट स्ट्रीम कमजोर हो जाती है, फलस्वरूप लम्बे समय तक गर्म हवाओं का प्रसार, बवंडर तथा असंतुलित वर्षा एवं अत्यधिक गर्म मौसम में वृद्धि पूरे भूमण्डल पर हो रही है। प्रो0 माईकल ई मान, पेन्सलवानिया विश्वविद्यालय, अमेरिका के अनुसार जेड स्ट्रीम 35,000 फीट पर ट्रोपोस्फीयर (क्षोभ मंडल) और स्ट्रेटोस्फीयर (समताप मंडल–यह पृथ्वी के वायुमण्डल की दूसरी परत है, जो क्षोभ मंडल के ऊपर लगभग 10–50 कि0मी0 की ऊँचाई पर स्थित होता है, इसमें ओजोन परत होती है।) के सन्धि स्थल पर बहती है। यह पूरी पृथ्वी पर उत्तर से बह कर ध्रुवों पर ठण्डी हवाओं से मिलती है। जितना तापमान में अन्तर अधिक होगा, जेड स्ट्रीम ध्रुवों की वायु के मिलने से उतनी ही मजबूत होगी। गर्मियों में तापमान का अन्तर कम होता है, इसलिये जेड स्ट्रीम सर्दियों की तुलना में कमजोर होती है। जब यह कमजोर होती है, तो विस्तृत उत्तर दक्षिण झुकाव से चलती है। जेड स्ट्रीम 30 से 60 डिग्री अक्षांश पर वायुमण्डल में मुख्य वायु चक्र के रूप में उत्पन्न होती है। पृथ्वी पर उत्तरी ध्रुव पर यह स्ट्रीम कभी सीधी लाईन में अथवा कभी थोड़ा झुकाव के साथ पश्चिम से पूर्व दिशा में बहती है। इसी के अनुसार मौसम में बदलाव आता है। जाड़ों में जेड स्ट्रीम में अधिक झुकाव से कम दबाव का तन्त्र विकसित होता है, जिससे ठण्ड बढ़ती है। गीले मौसम में जेड स्ट्रीम में अधिक दबाव होने के कारण गर्मी बढ़ जाती है। कभी–कभी जेड स्ट्रीम लहरदार पुनरावृत्ति तन्त्र का रूप रौसी तरंग, जो उत्तरी ध्रुव पर पश्चिम से पूर्व पर चलती है और पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूमने से उत्पन्न होती है, से प्रभावित हो जाती है। रौसी तरंग और जेड स्ट्रीम के मिलन से उत्पन्न तरंग में झुकाव अधिक होकर कई स्थानो पर रूक कर एक खड़ी तरंग का रूप ले लेता है। इस प्रकार यह उत्तर से दक्षिण दिशा में पृथ्वी पर चलता है [11]।

इसका पृथ्वी पर प्रभाव यह पड़ता है कि, एक प्रकार से अधिक और कम दबाव का क्षेत्र उत्पन्न होकर अत्यधिक गर्मी, अत्यधिक बाढ़ या अत्यधिक सूखा पड़ने लगता है। इस कारण से 2003 में अत्यधिक गर्मी से यूरोप में 30,000 लोगों की मृत्यु हो गयी, रूस में जंगल की आग से 2010 में और बाढ़ से पाकिस्तान में बड़े पैमाने पर नुकसान और मृत्यु हुई है। अमेरिका में 2011 में गर्मी और सूखा, अल्बर्टा जंगल में 2016 में आग, अमेरिका में तापमान का 2018 में 100 डिग्री फॉरेनहाईट बढ़ने से अत्यधिक वर्षा और बाढ़ की स्थिति बनी। पूरे यूरोप और एशिया में अत्यधिक गर्मी से बाढ़, जंगल की आग ने भारी नुकसान पहुँचाया।

वैज्ञानिकों के अनुसार उत्तरी ध्रुव पर परमाफास्ट के नीचे जमी हुई 58 मिलियन लीटर मर्करी है, उत्तरी ध्रुव पर मर्करी की यह मात्रा पृथ्वी के वायु जल एवं भूमि पर उपस्थित मर्करी की मात्रा से दोगुनी है, जो 21वीं सदी के

अंत तक पृथ्वी के गर्म होने एवं ग्लैसियरों के पिघलने के कारण लगभग 30 से 99 प्रतिशत तक वायुमंडल एवं समुद्री जल में मिथाईल मर्करी के रूप में आ जायेगी। इस कारण से बहुत से समुद्री जीव–जन्तु समाप्त हो जायेंगे तथा माईक्रोऑर्गेनिज़्म (सूक्ष्म जीव) के माध्यम से यह मनुष्य के शरीर में पहुंच जायेगा, जिसके कारण मनुष्यों में मस्तिष्क से सम्बन्धित अनेकों रोग जैसे – सरदर्द, झटके आना, अनिद्रा की स्थिति, पागलपन एवं मांसपेशियों के कार्यक्षमता पर प्रभाव आदि बढ़ जायेंगे [12,13]।

परमाफास्ट प्रतिवर्ष 20 इंच की दर से पिघल रहा है, जिसके कारण परमाफास्ट के निचले स्तर में उपस्थित तमाम बैक्टीरिया एवं वायरस जो काफी समय से पृथ्वी पर लुप्तप्राय की स्थिति में हैं, वे पुनः क्रियाशील हो जायेंगे साथ ही कुछ अन्य नवीन बैक्टीरिया एवं वायरस उत्पन्न होंगे जिनका पृथ्वी पर आज तक प्रभाव विदित नहीं है वे भी मानव सभ्यता पर अपना आक्रमण करने लगेंगे। जिसके कारण तमाम नई बीमारियों के फैलने से मानव जाति के अस्तित्व को ही संकट में डाल देगा।

विगत 100 वर्षों में पृथ्वी का तापमान लगभग 1 डिग्री सेल्सियस बढ़ चुका है। पूरे विश्व के राजनयिकों एवं वैज्ञानिकों द्वारा नवम्बर 2015 में पेरिस क्लाईमेट चेंज कान्फ्रेन्स – में लिये गये निर्णयों के अनुसार, प्रयास यह किया जाना है कि, 21वीं सदी के अंत तक पृथ्वी के तापमान में यह वृद्धि 2 डिग्री सेल्सियस से अधिक न हो। उत्तरी ध्रुव पर बर्फ के पिघलने की गति वर्तमान में अनुमान से तीन गुना अधिक है। जिसके कारण पृथ्वी का तापमान लगभग 4 से 5 डिग्री तक बढ़ना निश्चित है। इस प्रकार पृथ्वी का औसत तापमान जो लगभग 15 डिग्री सेल्सियस है वह 20 डिग्री तक पहुंच जायेगा जिसके कारण समुद्र जल का स्तर लगभग 8 से 10 फीट तक बढ़ने की सम्भावना है। ऐसा नहीं कि पृथ्वी पर कभी भी पर्यावरणीय बदलाव नहीं हुआ है। 100 मिलियन वर्ष पहले क्रिटेशियस और 250 मिलियन वर्ष पहले परमियन काल में भी पृथ्वी पर उल्का पिण्डों के टकराने और ज्वालामुखी विस्फोटों के कारण पर्यावरणीय बदलाव हुआ। ये प्राकृतिक आपदायें थीं। वर्तमान् समय में पर्यावरणीय बदलावों का कारण मानव स्वयं है। यदि हम जीवाश्म ईंधन को इस प्रकार जलाते रहेंगे तो आने वाले समय में कार्बन डाई ऑक्साईड पूरे पृथ्वी के स्वरूप को ही बदल देगी। वायुमण्डल में कार्बन डाई ऑक्साईड की सान्द्रता क्रिटेशियस काल के बराबर हो जायेगी, जो 21वीं सदी के अन्त तक पृथ्वी का तापमान 20 डिग्री सेल्सियस तक पहुँचा देगी। ऐसी स्थिति में तेजी से गलते हुये ग्लेशियरों से उत्पन्न जल से समुद्र का स्तर बढ़ जायेगा। विश्व के आर्थिक केन्द्र रहे तमाम शहरों, जो 2.24 लाख मील समुद्री किनारों पर स्थित हैं, को अपने में समाहित करने की क्षमता रखता है। इस प्रकार वर्ष 2050 तक विश्व की लगभग 5 करोड़ 80 लाख आबादी प्रभावित होगी [14]।

पेन्सलवानिया विश्वविद्यालय, अमेरिका के प्रो0 ली आर कुम्प के अनुसार, यदि हम अतीत में देखें तो 56 मिलियन वर्ष पहले वैश्विक तापमान 5 डिग्री सेल्सियस बढ़ गया था। जिसे प्लेनेटरी फीवर का नाम दिया गया। इसे वैज्ञानिकों ने पैलोसीन–इवोसीन थर्मल मैक्सिमम (पीईटीएम) कहते हैं। वातावरण जोन पृथ्वी के ध्रुवों की ओर शिफ्ट हो गया, जिससे पौधे, जानवर ध्रुवों की ओर विस्थापित हुये और बहुत से जीव इस प्रक्रिया में विलुप्त भी हो गये। गहरे समुद्र का कुछ भाग अम्लीकृत हो गया और ऑक्सीजन की कमी से कई जीवधारियों की मृत्यु हो गयी। पृथ्वी के इस बुखार को उतारने में दो लाख वर्ष लगे, यह प्राकृतिक बफ़र द्वारा सम्भव हुआ। पीईटीएम में और आधुनिक समय में पर्यावरणीय बदलावों के कारण पृथ्वी के तापमान में वृद्धि में बहुत कुछ समानतायें हैं। दोनों ही प्रक्रियाओं में ग्रीन हाऊस गैसें ही पृथ्वी को गरम करने के लिये उत्तरदायी हैं। 56 लाख वर्ष पूर्व पृथ्वी के ज्वालामुखी विस्फोटों से कार्बन डाई ऑक्साईड और मीथेन मुख्य ग्रीन हाऊस गैसें गले हुये पत्थरों और राख के साथ बाहर निकले। इनके अतिरिक्त इसका प्रभाव समुद्र पानी पर भी पड़ा, जिसके गर्म होने से मीथेन हाईड्रेट से मीथेन गैस अधिक मात्रा में निकली। साथ ही साथ समुद्र में घुलित ऑक्सीजन कम होने से कीमोलाईन (रसायनिक क्रियाओं के उपरांत समुद्र तल से उठने वाली हाईड्रोजन सल्फाईड और मीथेन आदि गैसों का स्तर) समुद्र तल से ऊपर की ओर स्थानान्तरित हुई, जिससे अधिक मात्रा मे एनएअरोबिक बैक्टीरिया की क्रिया से हाईड्रोजन सल्फाईड गैस निकली। जिसने स्ट्रेटोस्फीयर में ओजोन के स्तर का पतला कर दिया और अल्ट्रावायलेट किरणों के पृथ्वी पर पड़ने से पौधे और जानवर पृथ्वी से विलुप्त हो गये। तुलनात्मक रूप से इसे आज की पृथ्वी के गरम होने से देखा जाये तो हम पायेंगे कि, इस काल में पृथ्वी के गरम होने की गति 0.025 डिग्री प्रति 100 वर्ष की थी, जबकि आधुनिक युग में पृथ्वी के गरम होने की गति 1 से 4 डिग्री प्रति 100 वर्ष है। पैलोसीन–ईवोसीन काल में पृथ्वी को गरम होने में हजारों वर्ष लगे, जबकि वर्तमान् में कुछ दशक से 100 वर्ष ही लगे। पूरे पीटीईएम में तापमान 5 डिग्री सेल्सियस बढ़ा, जबकि वर्तमान् में यह अनुमान 2 डिग्री से 10 डिग्री आने वाले 200 वर्षों में है [12]।

यह पूर्णतया इस पर निर्भर है कि मानव कितना कार्बन डाई ऑक्साईड वायुमण्डल में छोड़ेगा? पृथ्वी पर विभिन्न रूपों में कार्बनिक कार्बन के रूप में लगभग एक क्वाड्रीलियन मीटरिक टन (10^{21}) कार्बन है। मानव ने इसके 1 प्रतिशत का 1/12 भाग ही अभी तक जलाया है, अर्थात् 2,000 बिलियन मीटरिक टन। पृथ्वी पर विभिन्न स्तरों में दबे हुये कार्बन किसी भी कारण से कभी भी जीवाश्म कार्बन के रूप में बाहर नहीं आ सकते। अब हम तेल, टार सैण्ड और प्राकृतिक गैसों के रूप में बाहर निकाल रहे हैं। पूर्व में हम टेक्नोलॉजी और आर्थिक रूप से सक्षम नहीं थे, परन्तु वर्तमान् में एक प्रतिशत उपलब्ध कार्बनिक कार्बन को आने वाले कुछ सदियों तक जला सकते हैं, परन्तु जबतक हम अपनी आदतों में बदलाव नहीं लायेंगे, पर्यावरणीय बदलावों के प्रभावों को कम करना कठिन ही नहीं असम्भव होगा [15]।

पृथ्वी पर पर्यावरणीय बदलाव के मुख्य कारक 3–P हैं–Population(जनसंख्या), Prosperity(समृद्धि) & Pollution(प्रदूषण) | हमें सतत् विकास के मार्ग पर चलने हेतु 4–P के सूत्रों का पालन करना होगा –Plantation(पौधरोपण),Preservation(संरक्षण),

Protection (सुरक्षा) & Participation(सहभागिता) | वर्तमान् परिस्थिति में मानव के सतत् विकास हेतु सर्वप्रथम वृक्षारोपण एक अभियान के रूप में करने की आवश्यकता है। एक अनुमान के अनुसार यदि हम बीसवीं सदी के आरम्भ में पृथ्वी पर जितने वृक्ष थे, उतनी संख्या में वृक्षारोपण कर लेवें तो 100 बिलियन मीटरिक टन कार्बन डाई ऑक्साईड की मात्रा को वातावरण से कम किया जा सकता है। पृथ्वी को बचाने के लिए आने वाले 15 वर्ष अत्यन्त ही मूल्यवान हैं एवं इन 15 वर्षों में यदि पृथ्वी पर युद्ध स्तर पर वृक्षारोपण नहीं किये जायेंगे तो मानव के सतत् विकास की परिकल्पना करना बेमानी होगा। साथ ही साथ जनसंख्या वृद्धि पर नियंत्रण अति आवश्यक है, क्योंकि वर्तमान् में पृथ्वी पर सभी समस्याओं के मूल में अप्रत्याशित रूप से बढ़ती मानव जनसंख्या ही है। यद्यपि मानव के विकास में विज्ञान की अहम् भूमिका रही है, परन्तु एक सीमा से अधिक विज्ञान आधारित प्रौद्योगिकी मानव के हित में नहीं है। नीति निर्धारकों के द्वारा मानव के सतत् विकास हेतु उपरोक्त चुनौतियों से निपटने के लिए युद्ध स्तर पर कार्य सम्पादित करने की त्वरित आवश्यकता है।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. आचार्य श्रीराम शर्मा, ऋग्वेद संहिता भाग.1 से भाग.4 ।
2. आचार्य श्रीराम शर्मा, विज्ञान एवं आध्यात्म परस्पर पूरक.वाङमय, 23 ।
3. आचार्य अग्निव्रत नैष्ठिक, वेद विज्ञान आलोक, भाग.1, 2, 3, 4 वैदिक रश्मि सिद्धान्त।
4. प्रो0 सुरेश चन्द्र श्रीवास्तव, पातंजल योग दर्शनम, सुरभारती प्रकाशनए चौखम्बा।
5. Metka Ravnik-Galvac et al. (2012), Genome - wide expression changes in a higher state of consciousness, Consciousness and cognition, 21(2012), 1322-1344
6. John Rockstrom et al., Planetary Boundries: Exploring the safe operating space for humanity, Ecology & Society, Vol. 14(2), Article 32, (2009).
7. Ted Schuur, The Permafrost Predication, Scientific American, December 2016, 50-55.
8. Jennifer A. Francis, The Arctic Climate is Shattering Record after Record, Altering Weather Wordwide, Scientific American, April 2018, 40-45.
9. Jennifier A. Francis, Vapor Storms, Scientific American, November 2021, 28-33.
10. K.M. Walter et al., Methane Bubbling from Siberian thaw lakes as a positive feed-back to climate warming, Nature, Vol. 443, 71-75, September 7, 2006.
11. Michael Mann, The Weather Amplifier, Scientific American, March 2019, 36-43.
12. Lee R. Kump, The last great global warming, Scientific American, July 2011, 41-45.
13. Lee R. Kump et al., Massive Release of Hydrogen Sulfide to the Surface of Ocean and Atmosphere during Intervals of Aclanic Anoxia, 2005, Geology 33(5), 397-400.
14. Michael Moyer with Carina Storrs, How much is left? Scientific American, September 2010, 54-63.
15. David Biello, The Carbon Capture Fallacy, Scientific American, January, 2016, 58-65.

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.5

कृषि और चिकित्सा के क्षेत्र में सौर सेल का महत्व और उपयोग

रोहित कुमार[1]*, अभिषेक प्रजापति[2*]
[1*]हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय (केंद्रीय विश्वविद्यालय श्रीनगर), उत्तराखंड, भारत-246001
[2]मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- rksingh95328@gmail.com, apmmmut2108@gmail.com

आलेख प्राप्त: ३० जनवरी २०२६; अंतिम संशोधन: २० फरवरी २०२६; स्वीकृत: २० फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १७ मार्च २०२६

सारांश

यह शोध-पत्र कृषि और चिकित्सा क्षेत्र में सौर कोशिकाओं के महत्व और उपयोग का विश्लेषण प्रस्तुत करता है, बढ़ती ऊर्जा मांग पारंपरिक ईंधनों के सीमित भंडार तथा पर्यावरण प्रदूषण की समस्या ने नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की आवश्यकता को अत्यंत महत्वपूर्ण बना दिया है। सौर ऊर्जा एक स्वच्छ सुरक्षित और सतत ऊर्जा स्रोत है। जो सूर्य के प्रकाश को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर विभिन्न क्षेत्रों में उपयोगी सिद्ध हो रही है। कृषि क्षेत्र में सौर कोशिकाएँ सिंचाई पंप, ग्रीनहाउस, प्रबंधन सौर ड्रायर, कोल्ड स्टोरेज तथा खेतों में रोशनी जैसी सुविधाओं के माध्यम से किसानों की उत्पादकता बढ़ाने और लागत कम करने में सहायक हैं। इससे ग्रामीण क्षेत्रों में ऊर्जा आत्मनिर्भरता को बढ़ावा मिलता है। चिकित्सा क्षेत्र में सौर ऊर्जा ग्रामीण अस्पतालों में बिजली आपूर्ति, टीकों के सुरक्षित भंडार चिकित्सा उपकरणों के संचालन तथा आपदा स्थितियों में स्वास्थ्य सेवाओं की निरंतरता सुनिश्चित करती है। यद्यपि सौर ऊर्जा की प्रारंभिक लागत और मौसम पर निर्भरता जैसी चुनौतियाँ मौजूद हैं, फिर भी तकनीकी प्रगति और सरकारी प्रयासों के कारण इसका उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। इस प्रकार सौर कोशिकाएँ सतत विकास, ऊर्जा सुरक्षा और सामाजिक कल्याण के लिए एक महत्वपूर्ण साधन के रूप में उभर रही हैं।

सूचक शब्द – अर्धचालक, फोटॉन, विद्युत धारा, सतत ऊर्जा, ग्रीनहाउस

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.5

Importance and Uses of Solar Cells in Agriculture and Healthcare

Rohit Kumar[1]*, Abhishek Prajapati[2*]
[1*]Hemvati Nandan Bahuguna Garhwal University, Srinagar, Uttarakhand, India-246001
[2]Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, UP, India-273010
Corresponding author email*: rksingh95328@gmail.com, apmmmut2108@gmail.com

Received on: 30 January 2026; Final Revision: 20 February 2026; Accepted: 20 February 2026
Published Online First on: 17 March 2026

Abstract

This paper examines the importance and applications of solar cells in the agriculture and healthcare sectors. The growing demand for energy, limited reserves of conventional fuels, and increasing environmental pollution have made renewable energy sources extremely important. Solar energy is a clean, safe, and sustainable source of power that converts sunlight into electricity and has proven useful in various fields. In agriculture, solar cells support irrigation pumps, greenhouse management, solar dryers, cold storage systems, and farm lighting, helping to increase farmers' productivity and reduce operational costs. This promotes energy self-reliance in rural areas. In the healthcare sector, solar energy ensures reliable electricity supply to rural hospitals, safe storage of vaccines, operation of medical equipment, and continuity of health services during emergencies. Although challenges such as high initial installation costs and dependence on weather conditions exist, rapid technological advancements and government initiatives are encouraging wider adoption. Therefore, solar cells are emerging as an important tool for sustainable development, energy security, and social welfare in both agriculture and healthcare sectors.

Keywords- Semiconductor, Photon, Electric current, Sustainable energy, Greenhouse

भूमिका

आज की दुनिया में ऊर्जा की आवश्यकता दिन प्रतिदिन बढ़ती जा रही है, पारंपरिक ऊर्जा स्रोत जैसे कोयला, पेट्रोल और डीज़ल सीमित हैं और इनके उपयोग से पर्यावरण को भी भारी नुकसान पहुँचता है। ऐसे समय में सौर ऊर्जा एक स्वच्छ, सुरक्षित और नवीकरणीय विकल्प के रूप में सामने आई है। सौर सेल (Solar Cells) सूर्य के प्रकाश को विद्युत ऊर्जा में बदलने का कार्य करती हैं, जिससे हमें बिना प्रदूषण के बिजली प्राप्त होती है। कृषि और चिकित्सा ऐसे दो क्षेत्र हैं, जो सीधे मानव जीवन से जुड़े हुए हैं। खेती के बिना भोजन संभव नहीं है और स्वास्थ्य सेवाओं के बिना जीवन की रक्षा नहीं की जा सकती। इन दोनों क्षेत्रों में बिजली की भूमिका बहुत महत्वपूर्ण है। कई ग्रामीण और दूरदराज़ इलाकों में आज भी नियमित बिजली उपलब्ध नहीं होती। ऐसे स्थानों पर सौर ऊर्जा एक भरोसेमंद समाधान बनकर उभरी है।

यह निबंध कृषि और चिकित्सा क्षेत्र में सौर सौर सेल के उपयोगए उनके लाभए सीमाएँ और भविष्य की संभावनाओं पर सरल और स्पष्ट भाषा में प्रकाश डालता है, ताकि यह विषय हर पाठक के लिए आसानी से समझने योग्य बन सके (1-3)।

सौर सेल क्या हैं?

सौर सेल एक छोटा सा उपकरण होता है, जो सूर्य की रोशनी से बिजली बनाता है। यह आमतौर पर सिलिकॉन जैसे अर्धचालक पदार्थ से बनाई जाती है। जब सूर्य की किरणें इस पर पड़ती हैं, तो इसके अंदर मौजूद इलेक्ट्रॉन सक्रिय हो जाते हैं और एक विद्युत धारा उत्पन्न होती है। एक अकेली सौर कोशिका बहुत कम बिजली बनाती है, इसलिए कई सौर सेल को मिलाकर सौर पैनल बनाए जाते हैं। ये पैनल घरों की छतों, खेतों, अस्पतालों या खुले स्थानों पर लगाए जाते हैं। इनसे बनने वाली बिजली को बैटरी में जमा किया जा सकता है या सीधे उपयोग में लाया जा सकता है (4-5)।

सौर ऊर्जा की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि यह मुफ्त, स्वच्छ और हमेशा उपलब्ध रहने वाली ऊर्जा है। जब तक सूर्य है, तब तक यह ऊर्जा स्रोत हमारे लिए मौजूद रहेगा। इसी कारण इसे भविष्य की ऊर्जा भी कहा जाता है (3,6)।

सोलर सेल में इलेक्ट्रॉन होल बनने की प्रक्रिया

सोलर सेल अर्धचालक (semiconductor) पदार्थ जैसे, Silicon से बना होता है, जिसमें दो परतें होती हैं P-टाइप और N-टाइप। इन दोनों के मिलने से p-n junction बनता है। चित्र 1

अब प्रक्रिया को चरणों में समझते हैं:

1. फोटॉन का अवशोषण

जब सूर्य की किरणें (फोटॉन) सोलर सेल पर गिरती हैं, तो वे अर्धचालक पदार्थ को ऊर्जा प्रदान करती हैं। यह ऊर्जा इलेक्ट्रॉनों को उनके बंधन से मुक्त कर देती है।

इससे इलेक्ट्रॉन-होल युग्म (electron-hole pair) बनता है।

2. इलेक्ट्रॉन और होल का पृथक्करण

p-n जंक्शन पर एक आंतरिक विद्युत क्षेत्र मौजूद होता है। यह क्षेत्र:

- इलेक्ट्रॉनों को N- परत की ओर खींचता है
- होल को P- परत की ओर धकेलता है

इससे आवेशों का अलगाव हो जाता है।

3. विद्युत धारा का निर्माण

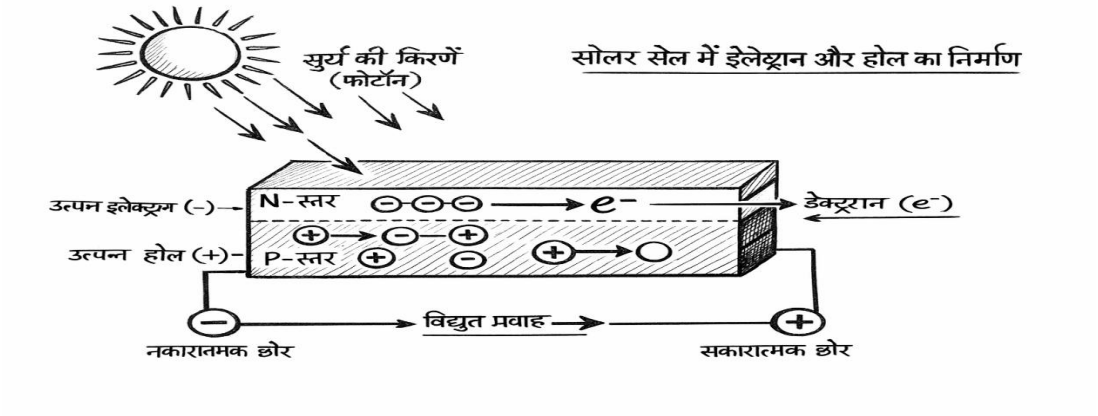
जब बाहरी परिपथ जोड़ा जाता है:

- इलेक्ट्रॉन बाहरी तार से होकर बहते हैं
- इससे विद्युत धारा (electric current) उत्पन्न होती है

यही सोलर सेल द्वारा उत्पन्न उपयोगी ऊर्जा है।

4. सतत ऊर्जा उत्पादन

जब तक सूर्य का प्रकाश पड़ता रहता है, इलेक्ट्रॉन-होल युग्म बनते रहते हैं और धारा का प्रवाह जारी रहता है। इस प्रकार, सूर्य के प्रकाश से उत्पन्न इलेक्ट्रॉन-होल युग्म, p-n जंक्शन के विद्युत क्षेत्र द्वारा अलग किए जाते हैं और बाहरी परिपथ में धारा उत्पन्न करते हैं। यही सोलर सेल के कार्य करने का मूल सिद्धांत है।



चित्र 1: सोलर सेल में इलेक्ट्रान और होल के बनने की प्रकिया

सोलर सेल में इलेक्ट्रॉन-होल बनने की प्रक्रिया प्रकाश-विद्युत प्रभाव पर आधारित होती है। सोलर सेल सामान्यतः सिलिकॉन जैसे अर्धचालक पदार्थ से बना होता है, जिसमें P-टाइप और N-टाइप परतें मिलकर p-n जंक्शन बनाती हैं। जब सूर्य का प्रकाश सोलर सेल पर पड़ता है, तो उसके फोटॉन अर्धचालक पदार्थ द्वारा अवशोषित हो जाते हैं। फोटॉन की ऊर्जा के कारण संयोजक कक्षा के इलेक्ट्रॉन उत्तेजित होकर चालक कक्षा में पहुँच जाते हैं, जिससे एक मुक्त इलेक्ट्रॉन और एक होल का निर्माण होता है। p-n जंक्शन पर उपस्थित आंतरिक विद्युत क्षेत्र इलेक्ट्रॉनों को N क्षेत्र की ओर और होल को P-क्षेत्र की ओर खींचता है, जिससे दोनों का पृथक्करण हो जाता है। जब सोलर सेल को बाहरी परिपथ से जोड़ा जाता है, तो इलेक्ट्रॉन बाहरी तार के माध्यम से प्रवाहित होते हैं और विद्युत धारा उत्पन्न होती है। इस प्रकार सूर्य के प्रकाश से उत्पन्न इलेक्ट्रॉन-होल युग्म विद्युत ऊर्जा के उत्पादन में सहायक होते हैं, जो सोलर सेल के कार्य करने का मूल सिद्धांत है।

विश्व में सौर ऊर्जा उत्पादन की वृद्धि

सारणी 1 विश्व में सौर ऊर्जा की वृद्धि एवं सारणी 2 भारत में सौर ऊर्जा की वृद्धि को दर्शाया गया है।

सारणी 1: विश्व में सौर ऊर्जा उत्पादन की वृद्धि

वर्ष	वैश्विक सौर क्षमता (लगभग)	वार्षिक वृद्धि	टिप्पणी
2020	~760 GW	—	सौर ऊर्जा का तेज विस्तार शुरू
2022	~1,180 GW (1.18 TW)	+55%	बड़े पैमाने पर नई स्थापना
2024	~2,250 GW (2.25 TW)	लगभग दोगुनी	रिकॉर्ड स्तर की वृद्धि
2025*	~2,600+ GW (अनुमानित)	निरंतर वृद्धि	तेजी से विस्तार जारी

भारत में सौर ऊर्जा उत्पादन की वृद्धि

सारणी 2: भारत में सौर ऊर्जा उत्पादन की वृद्धि

वर्ष	भारत की सौर क्षमता (लगभग)	वृद्धि	टिप्पणी
2014	2.8 GW	—	प्रारंभिक चरण
2018	22 GW	~8 गुना	सरकारी योजनाओं का प्रभाव
2022	63 GW	तेज वृद्धि	बड़े सोलर पार्क विकसित
2024	100 GW	महत्वपूर्ण उपलब्धि	वैश्विक शीर्ष देशों में स्थान
2025*	~130 GW	~30–35% वृद्धि	तेजी से विस्तार जारी

कृषि क्षेत्र में सौर सेल का उपयोग

भारत जैसे कृषि प्रधान देश में खेती का सीधा संबंध मौसम, पानी और बिजली से होता है। यदि इन तीनों में से कोई एक भी समय पर उपलब्ध न हो, तो फसल पर बुरा प्रभाव पड़ता है। सौर ऊर्जा किसानों के लिए एक सहायक शक्ति बनकर सामने आई है, जो उनकी कई समस्याओं का समाधान कर रही है (7,8)। चित्र 2

1. सौर ऊर्जा से चलने वाली सिंचाई व्यवस्था

खेती में पानी का सबसे अधिक महत्व होता है। परंतु कई गाँवों में बिजली की कमी के कारण किसान अपने खेतों में समय पर पानी नहीं पहुँचा पाते। पहले किसान डीज़ल पंपों का उपयोग करते थे, जो महंगे होने के साथ-साथ प्रदूषण भी फैलाते थे। अब सौर ऊर्जा से चलने वाले पानी के पंप उपलब्ध हैं। ये पंप सौर पैनलों से मिलने वाली बिजली से चलते हैं और खेतों तक पानी पहुँचाते हैं। इससे किसानों को ईंधन पर खर्च नहीं करना पड़ता और वे दिन के समय आसानी से सिंचाई कर सकते हैं (1,7)।

2. ग्रीनहाउस खेती में सौर ऊर्जा का उपयोग

कुछ फसलें ऐसी होती हैं, जिन्हें विशेष तापमान और वातावरण की आवश्यकता होती है। इसके लिए ग्रीनहाउस बनाए जाते हैं। इन ग्रीनहाउस में पंखे, लाइट और तापमान नियंत्रक लगाए जाते हैं, जिन्हें बिजली की जरूरत होती है। सौर पैनलों की मदद से यह सारी व्यवस्था चलाई जा सकती है। इससे लागत कम होती है और किसान पूरे साल फसल उगा सकते हैं। इससे उनकी आमदनी भी बढ़ती है (3,8)।

3. सौर ड्रायर द्वारा फसलों को सुखाना

कटाई के बाद कई बार फल, सब्ज़ियाँ और अनाज ठीक से न सुखाने पर खराब हो जाते हैं। पारंपरिक तरीकों में फसल को खुले में धूप में सुखाया जाता है, जहाँ धूल और कीटों से नुकसान होने की संभावना रहती है। सौर ड्रायर एक बंद और साफ व्यवस्था होती है, जिसमें गर्म हवा के जरिए फसलों को सुखाया जाता है। इससे फसल की गुणवत्ता बनी रहती है और किसान उन्हें अच्छे दाम पर बेच सकते हैं (7,8)।

4. सौर ऊर्जा आधारित कोल्ड स्टोरेज

कई बार किसान अपनी फसल तुरंत बाजार में नहीं बेच पाते। अगर भंडारण की सुविधा न हो, तो फसल खराब हो जाती है। सौर ऊर्जा से चलने वाले कोल्ड स्टोरेज में फल और सब्ज़ियों को लंबे समय तक सुरक्षित रखा जा सकता है। इससे किसान सही समय पर और अच्छे दाम पर अपनी उपज बेच सकते हैं (1,3)।

5. खेतों में रोशनी और बिजली की सुविधा

सौर लाइटों की मदद से खेतों और गोदामों में रोशनी की व्यवस्था की जा सकती है। इससे रात के समय भी काम करना आसान हो जाता है और चोरी या जानवरों से फसल की सुरक्षा होती है (1,8)।

6. आधुनिक कृषि उपकरण

आजकल कुछ छोटे कृषि उपकरण भी सौर ऊर्जा से चलने लगे हैं, जैसे स्प्रे मशीन और बीज बोने वाली मशीनें। इससे किसानों को ईंधन पर निर्भर नहीं रहना पड़ता और उनका खर्च कम होता है (6,8)।

चिकित्सा क्षेत्र में सौर सेल का उपयोग

स्वास्थ्य सेवाओं के लिए बिजली उतनी ही जरूरी है, जितनी दवाएँ और डॉक्टर। बिना बिजली के न तो सही इलाज हो सकता है और न ही जरूरी उपकरण चल सकते हैं। ग्रामीण और पहाड़ी क्षेत्रों में यह समस्या और भी गंभीर हो जाती है। ऐसे स्थानों पर सौर ऊर्जा जीवन रक्षक साबित हो रही है (2,9)।

1. ग्रामीण अस्पतालों और क्लीनिकों में बिजली

सौर पैनल लगाकर छोटे अस्पतालों और स्वास्थ्य केंद्रों में लाइट, पंखे, कंप्यूटर और जरूरी मशीनें चलाई जा सकती हैं। इससे मरीजों को बेहतर इलाज मिल पाता है और डॉक्टर भी अपना काम ठीक से कर पाते हैं (2,9)।

2. टीकों और दवाओं का सुरक्षित भंडारण

टीकों को एक निश्चित तापमान पर रखना बहुत जरूरी होता है। अगर बिजली चली जाए तो वे खराब हो सकते हैं। सौर ऊर्जा से चलने वाले फ्रिज और फ्रीज़र इस समस्या का समाधान करते हैं। इससे दूरदराज़ क्षेत्रों में भी टीकाकरण कार्यक्रम सफल हो पाते हैं (2,9)।

3. चिकित्सा उपकरणों का संचालन

कई जरूरी मशीनें जैसे अल्ट्रासाउंड, स्टेरिलाइज़र और मॉनिटरिंग सिस्टम बिजली से चलते हैं। सौर ऊर्जा की मदद से ये उपकरण उन जगहों पर भी उपयोग में लाए जा सकते हैं, जहाँ सामान्य बिजली नहीं पहुँचती (2,5)।

4. आपदा के समय सहायता

बाढ़, भूकंप या तूफान जैसी आपदाओं में बिजली व्यवस्था सबसे पहले प्रभावित होती है। ऐसे समय में पोर्टेबल सौर सिस्टम फील्ड अस्पतालों और राहत शिविरों में बहुत मददगार साबित होते हैं (2,9)।

5. टेलीमेडिसिन की सुविधा

सौर ऊर्जा की मदद से कंप्यूटर और इंटरनेट चलाकर ग्रामीण मरीज शहरों के बड़े डॉक्टरों से सलाह ले सकते हैं। इससे इलाज में समय और पैसा दोनों की बचत होती है (2,9)।

सौर ऊर्जा के लाभ

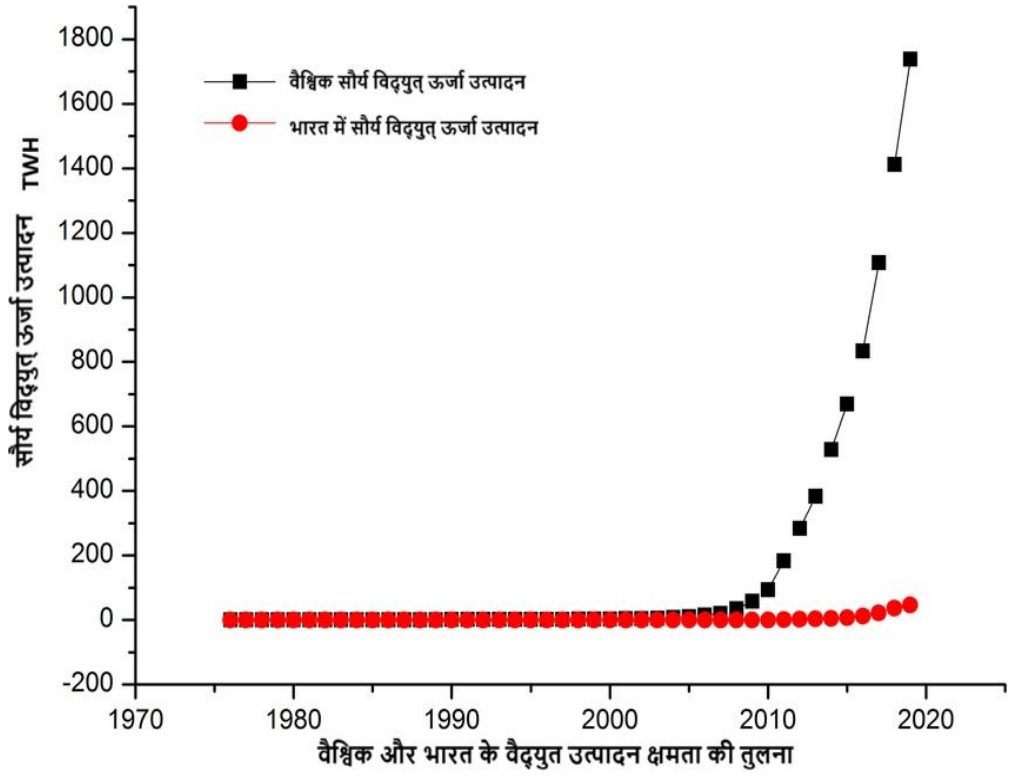
सौर ऊर्जा का सबसे बड़ा लाभ यह है कि यह पर्यावरण को नुकसान नहीं पहुँचाती। इससे हवा और पानी प्रदूषित नहीं होते (3,6)। यह लंबे समय में सस्ती भी साबित होती है, क्योंकि एक बार पैनल लगाने के बाद बिजली मुफ्त मिलती है (1,4)। इसके अलावा यह लोगों को ऊर्जा के मामले में आत्मनिर्भर बनाती है, खासकर उन क्षेत्रों में जहाँ बिजली की सुविधा कम है (3,8)।

चित्र 2: कृषि क्षेत्र में सोलर सेल का उपयोग (यह चित्र इंटरनेट स्रोतों से बनाया गया है।)

विश्व और भारत में सौर ऊर्जा क्षमता की वृद्धि (2020–2025)

ग्राफ से स्पष्ट होता है कि भारत में पिछले कुछ वर्षों में सौर ऊर्जा उत्पादन में अत्यंत तेज वृद्धि हुई है। इससे निम्नलिखित निष्कर्ष निकलते हैं: चित्र 3

1. **तेजी से विकास-** भारत सौर ऊर्जा के क्षेत्र में विश्व के अग्रणी देशों में शामिल हो रहा है।
2. **ऊर्जा आत्मनिर्भरता-** सौर ऊर्जा के बढ़ते उपयोग से पारंपरिक ईंधनों पर निर्भरता कम हो रही
3. **आर्थिक लाभ-** सौर परियोजनाओं से रोजगार के अवसर बढ़ रहे हैं और बिजली की लागत घट रही है।
4. **ग्रामीण विकास-** सौर ऊर्जा ग्रामीण और दूरदराज़ क्षेत्रों में बिजली उपलब्ध कराने में मदद कर रही है।



चित्र 3: सौर ऊर्जा उत्पादन में वैश्विक एवं भारतीय वृद्धि का ग्राफ (यह चित्र संदर्भ संख्या [10] से लिया गया है)

सीमाएँ और चुनौतियाँ

हालाँकि सौर ऊर्जा बहुत उपयोगी है, लेकिन इसकी कुछ सीमाएँ भी हैं। सबसे बड़ी समस्या इसकी शुरुआती लागत है। सौर पैनल और बैटरी लगवाने में एक बार में काफी पैसा खर्च करना पड़ता है (1,4)।

इसके अलावा, यह पूरी तरह सूर्य पर निर्भर होती है। रात में या बादल वाले मौसम में बिजली कम बनती है, इसलिए बैटरी की जरूरत पड़ती है (4,5)। कुछ जगहों पर लोगों को इसके रखरखाव की सही जानकारी नहीं होती जिससे सिस्टम ठीक से काम नहीं कर पाता (6,8)।

भविष्य की संभावनाएँ

आने वाले समय में सौर तकनीक और भी सस्ती और प्रभावी होने की उम्मीद है। वैज्ञानिक नई तरह की बैटरियाँ और बेहतर पैनल विकसित कर रहे हैं, जिससे बिजली संग्रह करना आसान हो जाएगा (3,5,6)।

कृषि में स्मार्ट तकनीक और स्वचालित मशीनें सौर ऊर्जा के साथ मिलकर खेती को और भी आधुनिक बना देंगी (7,8)। चिकित्सा क्षेत्र में छोटे और पोर्टेबल सौर उपकरणों से दूरदराज़ इलाकों तक बेहतर स्वास्थ्य सेवाएँ पहुँच सकेंगी (2,9)।

निष्कर्ष

सौर सेल आज के समय में कृषि और चिकित्सा दोनों क्षेत्रों के लिए एक वरदान साबित हो रही हैं। किसानों को इससे सिंचाई, भंडारण और बिजली की सुविधा मिल रही है, जिससे उनकी मेहनत का सही फल मिल पाता है। वहीं, चिकित्सा क्षेत्र में यह तकनीक जीवन रक्षक सेवाओं को दूरदराज़ इलाकों तक पहुँचाने में मदद कर रही है (1-3,9)।

हालाँकि कुछ चुनौतियाँ अभी भी मौजूद हैं, लेकिन सरकार और वैज्ञानिकों के प्रयासों से इनका समाधान धीरे-धीरे किया जा रहा है। इस प्रकार, यह कहा जा सकता है कि सौर ऊर्जा न केवल वर्तमान की जरूरत है, बल्कि आने वाली पीढ़ियों के लिए एक सुरक्षित और उज्ज्वल भविष्य की कुंजी भी है (6,12)।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. **Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) – Solar Research & Off-Grid Info** MNRE Solar Research & Development – https://mnre.gov.in/en/solar-research-development/ MNRE Solar Off-Grid/Decentralised Programme, https://mnre.gov.in/en/solar-off-grid/ MNRE Official Homepage: https://mnre.gov.in/en/
2. World Health Organization (WHO). Access to Modern Energy Services for Health Facilities in Resource-Limited Settings, https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/8c6742ae-7a07-4370-a418-dfcd2ca6ab48/content
3. **IRENA – Solar Pumping for Irrigation (PDF)** IRENA report publication, https://www.irena.org/publications/2016/Jun/Solar-Pumping-for-Irrigation-Improving-livelihoods-and-sustainability
4. National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA. Solar Energy Basics and Its Applications, https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/89244.pdf
5. Kalogirou, S. A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press, https://shop.elsevier.com/books/solar-energy-engineering/kalogirou/978-0-323-99350-0
6. Kaygusuz K. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. *Energy Exploration & Exploitation*. 2001;19(6):603-626, doi:10.1260/0144598011492723
7. **FAO – Solar Energy in Irrigated Agriculture,** Full FAO report on solar irrigation, https://www.fao.org/3/cb8459en/cb8459en.pdf
8. Indian Council of Agricultural Research (ICAR). Renewable Energy Technologies for Sustainable Agriculture, https://icar.org.in/en
9. United Nations Children's Fund (UNICEF). Solar Energy for Health Centers and Vaccine Cold Chains, https://extranet.who.int/prequal/sites/default/files/document_files/Introducing%20solar-powered%20vaccine%20refrigerator%20and%20freezer%20systems.pdf
10. Kumar K, Varshney L, Ambikapathy A, Saket RK, Mekhilef S. Solar tracker transcript—A review. Int Trans Electr Energ Syst. 2021;31(12):e13250, doi:10.1002/2050-7038.13250

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.8

मनुष्यों पर एंटीबायोटिक दवाओं का प्रभाव

स्वाती श्रीवास्तव*, आलोक कुमार श्रीवास्तव
रसायन विज्ञान विभाग, महात्मा गांधी पी.जी. कॉलेज, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत- 273001
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- swati211120@gmail.com

आलेख प्राप्त: ०८ फरवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १४ फरवरी २०२६; स्वीकृत: १६ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १८ मार्च २०२६

सारांश

आधुनिक चिकित्सा पद्धतियों में एंटीबायोटिक्स का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है और ये जीवाणु संक्रमणों के उपचार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। लेकिन इनका बार-बार और अनुचित उपयोग गंभीर चिंता का विषय है। इस लेख का उद्देश्य एंटीबायोटिक्स के बार-बार उपयोग से मानव शरीर पर होने वाले दीर्घकालिक और अल्पकालिक प्रभावों पर प्रकाश डालना है। इस अध्ययन में एंटीबायोटिक उपयोग से संबंधित वैज्ञानिक मापदंड, प्रमुख मत, नैदानिक प्रयोगशाला डेटा और प्रायोगिक अध्ययन भी शामिल हैं। निष्कर्ष यह दर्शाता है कि एंटीबायोटिक्स का उपयोग महत्वपूर्ण है, लेकिन इनका बार-बार उपयोग हमारे शरीर को कई तरह से प्रभावित कर सकता है। सिप्रोफ्लोक्सासिन, एज़िथ्रोमाइसिन और एमोक्सिसिलिन जैसी आमतौर पर इस्तेमाल होने वाली एंटीबायोटिक्स का अधिक उपयोग स्वास्थ्य के लिए उच्च जोखिम पैदा करता है। यह लेख उचित खुराक के उपयोग और रोगियों के लिए जागरूकता कार्यक्रम भी प्रस्तुत करता है, जो लोगों को स्वास्थ्य संबंधी समस्याओं से उबरने और भविष्य में एंटीबायोटिक्स के उपयोग की गारंटी देने में सहायक हो सकता है।

सूचक शब्द . एंटीबायोटिक्स, जीवाणु संक्रमण, मानव स्वास्थ्य, सिप्रोफ्लोक्सासिन, एज़िथ्रोमाइसिन और एमोक्सिसिलिन

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.8

Effect of Antibiotics on Human

Swati Srivastava*, Alok Kumar Srivastava
Department of Chemistry, Mahatma Gandhi P.G. College, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India – 273001
Corresponding Author Email*- swati211120@gmail.com

Received on: 08 February 2026; Final Revision: 14 February 2026; Accepted: 16 February 2026
Published Online First on: 18 March 2026

ABSTRACT

In modern medical practises antibiotics are widely used drugs and they play an imp role to cure bacterial infections. But the again and again and improper use results in major concern. The aim of this article is to focuses on their long term and short-term effect on human body by the frequent use of antibiotics. In this study scientific parameters, Major opinions, clinical lab data and experimental studies are also present which is linked to antibiotic uses. The insights represents that antibiotics use is crucial but their repeated use can affect our body in many ways. Commonly used antibiotics like ciprofloxacin, azithromycin and amoxicillin are came with high health risk when overused. This article also shows appropriate dosage use and awareness program for patients which could be beneficial for people to overcome with health-related problems and give future guarantee of antibiotics.

Keywords: Antibiotics, Bacterial infection, Human health, Ciprofloxacin, Azithromycin, Amoxicillin

1. भूमिका

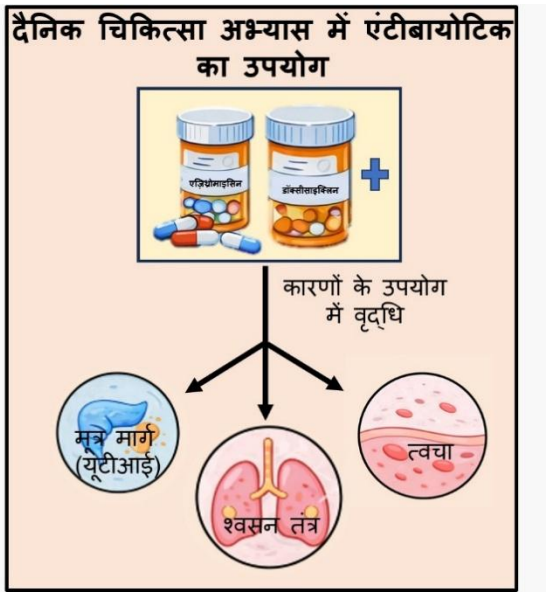
एंटीबायोटिक्स रासायनिक रूप से सक्रिय पदार्थ होते हैं और इनका उपयोग मुख्य रूप से जीवाणुओं के कारण होने वाले संक्रमणों को ठीक करने के लिए किया जाता है। ये जीवाणुओं की कोशिका भित्ति को नष्ट करके या उनके प्रोटीन संश्लेषण को रोककर उन्हें प्रजनन करने से रोकते हैं। १९२८ में प्रसिद्ध वैज्ञानिक अलेक्जेंडर फ्लेमिंग ने पेनिसिलिन की खोज की और इसके बाद चिकित्सा विज्ञान में एक नया मोड़ आयाए जिससे मृत्यु दर में कमी आई। आजकल एंटीबायोटिक्स का उपयोग गंभीर से गंभीर और मामूली से मामूली संक्रमणों के इलाज के लिए किया जाता हैए जिसके परिणामस्वरूप ये दुनिया भर में डॉक्टरों द्वारा सबसे अधिक निर्धारित दवा बन गई हैं। कई लाभों के बावजूदए लोग एंटीबायोटिक्स का दुरुपयोग करते हैं क्योंकि वे डॉक्टर की सलाह के बिना इनका सेवन करते हैं, जिससे उनके शरीर को नुकसान हो सकता है और दीर्घकालिक दुष्प्रभाव दिखाई दे सकते हैं। यह समस्या मुख्य रूप से अविक्षित देशों में होती है क्योंकि लोग इनके उपयोग और खुराक के बारे में जागरूक नहीं होते हैं। वहीं, कई लोग सर्दी या फ्लू होने पर एंटीबायोटिक्स ले लेते हैं, ऐसी स्थिति में ये एंटीबायोटिक्स बेकार हो जाती हैं। परिणामस्वरूप, यह मानव स्वास्थ्य को नुकसान पहुंचाता है।[1,2]

इस लेख का मुख्य उद्देश्य मानव जीवन पर एंटीबायोटिक दवाओं के गुणों का निर्धारण और अवलोकन करना है, और इस प्रकार स्वास्थ्य संबंधी मुद्दों पर जोर देना है। यह लेख इस बात पर जागरूकता पैदा करता है कि लंबे समय तक गलत तरीके से सेवन करने पर एंटीबायोटिक दवाएं हमारे शरीर के विभिन्न अंगों को कैसे प्रभावित करती हैं। यह हमारे दैनिक जीवन में एंटीबायोटिक दवाओं के महत्व को भी दर्शाता है। एंटीबायोटिक दवाओं पर पहले के अध्ययनों में इनके सकारात्मक और दुष्प्रभाव दोनों ही अच्छी तरह से प्रलेखित रूप में सामने आए हैं। कई शोध लेखों से पता चलता है कि एंटीबायोटिक दवाएं आंत में असंतुलन पैदा कर सकती हैं और उसके कार्य को बाधित कर सकती हैं, जिससे माइक्रोबायोटा ठीक से काम नहीं कर पाता है, जिसके परिणामस्वरूप रोग प्रतिरोधक क्षमता कम हो जाती है और संक्रमण का खतरा बढ़ जाता है। कुछ लेख यह भी बताते हैं कि इनके दीर्घकालिक उपयोग से एंटीबायोटिक प्रतिरोध (अर्थात् एंटीबायोटिक का दवाओं पर असर न होना) हो सकता है, जो विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) के अनुसार एक वैश्विक खतरा है। [3] वैज्ञानिक प्रमाणों की बढ़ती संख्या और अद्यतन नैदानिक दिशानिर्देश बताते हैं कि कई सामान्य जीवाणु संक्रमणों के प्रबंधन के लिए एंटीबायोटिक उपचार की कम अवधि, आमतौर पर 3 से 5 दिन, पर्याप्त और प्रभावी होती है। सरल मूत्र पथ संक्रमण, हल्के से मध्यम सामुदायिक-जनित निमोनिया, तीव्र जीवाणु साइनसाइटिस और कुछ त्वचा और कोमल ऊतक संक्रमण जैसी स्थितियों में, कम अवधि के एंटीबायोटिक उपचार से लंबे समय तक उपचार की तुलना में समान नैदानिक सफलता दर देखी गई है। कम अवधि के एंटीबायोटिक उपचार के कई लाभ हैं, जिनमें दवा के प्रतिकूल प्रभावों का कम जोखिम, सामान्य आंत माइक्रोबायोटा में कम व्यवधान और रोगाणुरोधी प्रतिरोध विकसित होने की कम संभावना शामिल है। एंटीबायोटिक के अत्यधिक या लंबे समय तक उपयोग से जीवाणु आबादी पर चयनात्मक दबाव बढ़ता है, जिससे प्रतिरोधी उपभेदों का उदय होता है, जो एक गंभीर वैश्विक सार्वजनिक स्वास्थ्य चिंता का विषय है।

इसके अलावाए कुछ एंटीबायोटिक्स शरीर के विशिष्ट अंगों को नुकसान पहुंचाते हैं, जैसे कि गुर्दे या तंत्रिकाओं को नुकसान। नैदानिक परीक्षण रिपोर्ट बताती है कि एंटीबायोटिक्स से एलर्जी की प्रतिक्रिया हो सकती है, जो त्वचा पर चकत्ते से लेकर शरीर में हानिकारक और अचानक होने वाली प्रतिक्रियाओं तक हो सकती है। लंबे समय तक एंटीबायोटिक्स के उपयोग से चयापचय में गड़बड़ी, विटामिन की कमी और दीर्घकालिक रोगों का खतरा बढ़ जाता है। हालांकि यह प्रभाव हर व्यक्ति में नहीं देखा जाता है, लेकिन एंटीबायोटिक्स के उपयोग से बढ़ती जटिलताएं समाज के लिए एक आवश्यक चेतावनी को उजागर करती हैं। नैदानिक आंकड़ों और वर्तमान साहित्य अध्ययन के आधार पर, यह लेख संक्षेप में बताता है कि एंटीबायोटिक दवाएं मानव स्वास्थ्य को कैसे प्रभावित करती हैं। एंटीबायोटिक्स एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं और हमारे लिए बहुत महत्वपूर्ण हैं, और इनका उपयोग केवल डॉक्टर की देखरेख में ही किया जाना चाहिए ताकि हम दीर्घकालिक विकारों से बच सकें।[4]

2. मुख्य भाग्य

***2.1* हमारे दैनिक जीवन में एंटीबायोटिक्स की भूमिका -** डॉक्टर रोज़ाना की चिकित्सा प्रक्रियाओं में एज़िथ्रोमाइसिन, डॉक्सीसाइक्लिन, एमोक्सिसिलिन और सिप्रोफ्लोक्सासिन इत्यादि जैसी एंटीबायोटिक्स लिखते हैं। इन दवाओं का उपयोग मूत्र मार्ग, श्वसन प्रणाली और त्वचा संबंधी समस्याओं में जीवाणु संक्रमण के इलाज के लिए किया जाता है। इनकी त्वरित क्रिया से तुरंत आराम मिलता है, जिससे इन एंटीबायोटिक दवाओं के बार-बार और अधिक उपयोग की संभावना बढ़ जाती है। हालांकि, ये दवाएं न केवल हानिकारक जीवाणुओं को मारती हैं या उन्हें बढ़ने से रोकती हैं, बल्कि ये हमारे शरीर में मौजूद उपयोगी सूक्ष्मजीवों, विशेष रूप से आंत में मौजूद लाभकारी जीवाणुओं को भी नष्ट कर सकती हैं। इस असंतुलन से पाचन तंत्र में गड़बड़ी, दस्त और रोग प्रतिरोधक क्षमता में कमी आ सकती है। चित्र-१ में यह दिखाया गया है कि एंटीबायोटिक्स हानिकारक जीवाणुओं के साथ-साथ लाभकारी आंतरिक सूक्ष्मजीवों को भी प्रभावित करती हैं। [5]

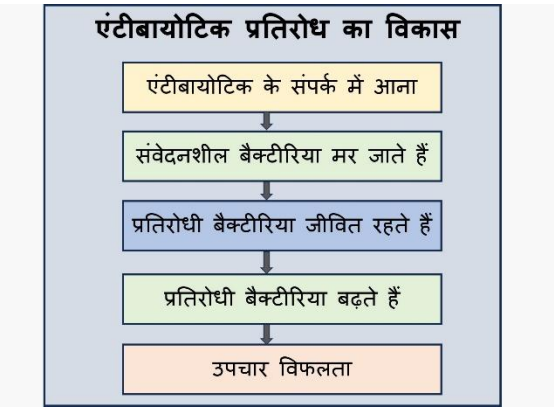


चित्र 1: मानव स्वास्थ्य पर एंटीबायोटिक दवाओं के प्रभाव

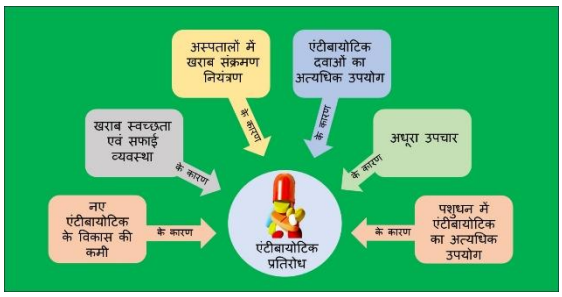
***2.2* एंटीबायोटिक दवाओं के उपयोग से भविष्य में होने वाले जोखिम -** एंटीबायोटिक दवाओं के लंबे समय तक उपयोग का एक प्रमुख कारण एंटीबायोटिक प्रतिरोध (Antibiotic Resistance) है,

चित्र-२ में यह दर्शाया गया है कि एंटीबायोटिक्स के अत्यधिक या अनुचित उपयोग से मानव शरीर में एंटीबायोटिक प्रतिरोध विकसित हो जाता है। चित्र-३ में दृश्यात्मक रूप से उन प्रमुख कारणों को दर्शाया गया है, जिनके फलस्वरूप एंटीबायोटिक प्रतिरोध विकसित होता है। जिसमें बैक्टीरिया इस तरह विकसित हो जाते हैं जैसे उन्हें इन दवाओं से कोई नुकसान नहीं होता। इसलिएए इस प्रतिरोध को ठीक करना मुश्किल हो जाता है और परिणामस्वरूप, उच्च खुराक वाली दवा की आवश्यकता होती है। लंबे समय तक सेवन से लीवर और किडनी को नुकसान, हार्मोन में असंतुलन और एलर्जी की प्रतिक्रिया बढ़ने की संभावना होती है। कई वैज्ञानिकों के अनुसारए बचपन में एंटीबायोटिक दवाओं का उपयोग या इनके संपर्क में आना प्रतिरक्षा प्रणाली के विकास को प्रभावित करता है और अस्थमा की संभावना को बढ़ाता है।[6]

2.3 कुछ एंटीबायोटिक्स और उनसे जुड़े जोखिम



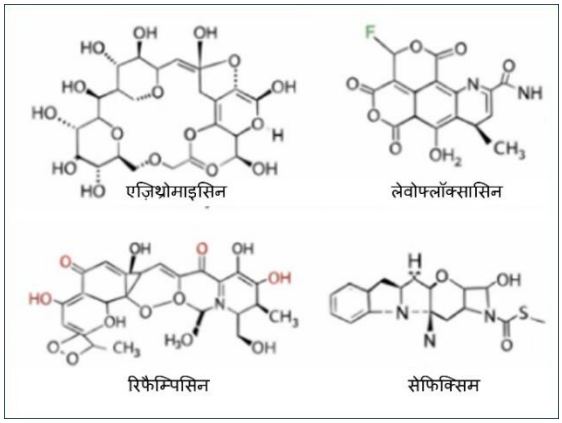
चित्र 2: एंटीबायोटिक प्रतिरोध के विकास को दर्शाने वाला योजनाबद्ध निरूपण



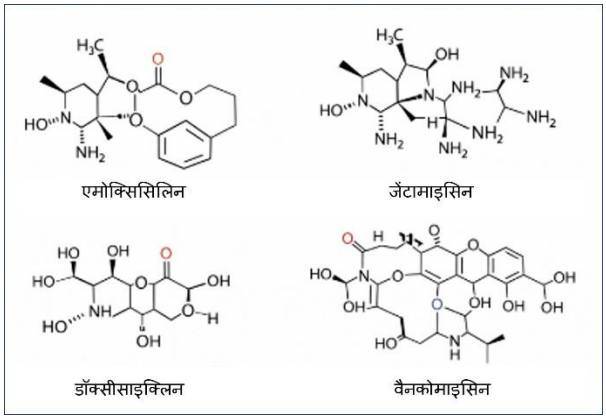
चित्र 3: कारण जिनके परिणामस्वरूप एंटीबायोटिक प्रतिरोध उत्पन्न होता है

एंटीबायोटिक	सामान्य उपयोग	दीर्घकालिक जोखिम कारण
एज़िथ्रोमाइसिन	श्वसन संबंधी समस्या	हृदय क्षतिए पाचन तंत्र से संबंधित समस्याएँ और मांसपेशियों की कमजोरी [7]
लेवोफ्लॉक्सासिन	निमोनिया	जोड़ों का दर्दए लीवर में समस्या, त्वचा संबंधी और नसों से संबंधित प्रभाव [8]
रिफैम्पिसिन	क्षय रोग (टीबी)	यकृत में विषाक्तताए थ्रोम्बोसाइटोपेनिया, बुखार और सांस लेने में तकलीफ [9]
सेफिक्सीम	टाइफॉयड	बैक्टीरियल प्रतिरोध, दस्त, पेट दर्द, एलर्जिक रिएक्शन और मतली [10]
एमोक्सिसिलिन	श्वसन संबंधी समस्या	आंतों का संक्रमण, एलर्जिक रिएक्शन और पाचन तंत्र में समस्या [11]
जेंटामाइसिन	मूत्र मार्ग	गुर्दे को क्षति, किडनी पर असर, कान पर असर और मांसपेशियों पर प्रभाव [12]
डॉक्सीसाइक्लिन	मुंहासे	दाँतों के रंग में परिवर्तन, किडनी और कान पर विषाक्त प्रभाव [13]
वैनकोमाइसिन	मेथिसिलिन-प्रतिरोधी	कान को क्षति और नेफ्रोटॉक्सिसिटी (किडनी पर असर)[14]
सिप्रोफ्लॉक्सासिन	मूत्र मार्ग	तंत्रिका क्षति, उल्टी, दस्त और चक्कर [15]
लाइनज़ोलिड	रक्त संक्रमण	एनीमिया, यकृत व गुर्दा संबंधी समस्याएं [16]
क्लिंडामाइसिन	त्वचा संक्रमण	दस्तए पेट दर्द, उल्टी, थकान और आंतों के माइक्रोबायोम में असंतुलन [17]
मेट्रोनिडाज़ोल	एनेरोबिक संक्रमण	मस्तिष्क की तंत्रिकाओं को क्षति, तेज़ बुखार और दांत का नुकसान [18]

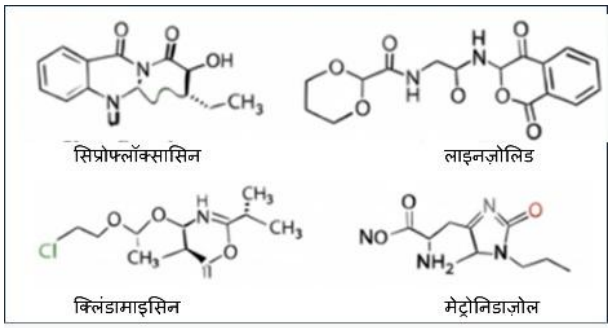
तालिका १: कुछ एंटीबायोटिक दवाओं का मानव जीवन पर प्रभाव तथा कुछ सामान्य रूप से उपयोग की जाने वाली एंटीबायोटिक्स तथा उनसे जुड़े संभावित जोखिमों को दर्शाया गया है, जबकि चित्र ४, ५ एवं ६ में कुछ सामान्य एंटीबायोटिक दवाओं की रासायनिक संरचनाएँ प्रदर्शित की गई हैं।



चित्र 4



चित्र 5

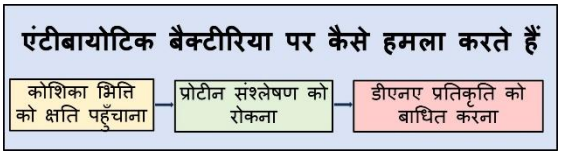


चित्र 6

चित्र 4, 5 और 6: सामान्यत उपयोग किए जाने वाले एंटीबायोटिक दवाओं की रासायनिक संरचना

3. विचार प्रस्तुति

वैज्ञानिकों के अनुसारए एंटीबायोटिक्स बैक्टीरिया की कोशिका भित्ति को नुकसान पहुंचाते हैंए प्रोटीन के संश्लेषण को रोकते हैं या बैक्टीरिया के गुणन को बाधित करते हैं। लेकिन दवाओं के लंबे समय तक या अत्यधिक उपयोग से बैक्टीरिया अनुकूलित हो जाते हैं, जिसके परिणामस्वरूप दवा कम प्रभावी या कभी-कभी अप्रभावी हो जाती है। यह सही खुराक के महत्व को स्पष्ट रूप से दर्शाता है।[19] चित्र-६ में यह दर्शाया गया है कि एंटीबायोटिक्स किस प्रकार जीवाणुओं पर आक्रमण करती हैं तथा उनकी वृद्धि और जीवन प्रक्रियाओं को बाधित करती हैं। चित्र-७ में एंटीबायोटिक दवाओं द्वारा जीवाणुओं पर क्रियाविधि दर्शाया गया है। अनेक नैदानिक वैज्ञानिकों और विशेषज्ञ समीक्षकों के अनुसार, एंटीबायोटिक दवाओं का प्रयोग हमेशा किसी योग्य चिकित्सक द्वारा निर्धारित खुराक और अवधि के अनुसार ही किया जाना चाहिए। एंटीबायोटिक उपचार को सामान्यीकृत या मनमाने ढंग से निर्धारित नहीं किया जाना चाहिए, क्योंकि उपचार की इष्टतम अवधि कई महत्वपूर्ण कारकों पर निर्भर करती है, जिनमें संक्रमण का प्रकार और गंभीरता, रोग पैदा करने वाला सूक्ष्मजीव, रोगी की प्रतिरक्षा स्थिति और उपचार के प्रति नैदानिक प्रतिक्रिया शामिल हैं। जटिल संक्रमणों, कमजोर प्रतिरक्षा प्रणाली वाले रोगियों या उपचार में विलंबित प्रतिक्रिया के मामलों में, एंटीबायोटिक दवाओं का लंबा कोर्स चिकित्सकीय रूप से उचित हो सकता है। इसलिए, एंटीबायोटिक दवाओं का निर्धारण साक्ष्य-आधारित नैदानिक दिशानिर्देशों और पेशेवर चिकित्सा निर्णय द्वारा किया जाना चाहिए, जिससे अधिकतम चिकित्सीय प्रभावकारिता सुनिश्चित हो सके और साथ ही प्रतिकूल प्रभावों, प्रतिरोध विकास और एंटीबायोटिक दवाओं के अनुचित उपयोग से जुड़े दीर्घकालिक स्वास्थ्य जोखिमों को कम किया जा सके।[20]



चित्र 7: एंटीबायोटिक दवाओं द्वारा जीवाणुओं पर क्रियाविधि

4. उपसंहार

एंटीबायोटिक्स ने स्वास्थ्य सेवा को स्पष्ट रूप से बदल दिया है और बैक्टीरियल संक्रमणों को प्रभावी ढंग से नियंत्रित करके दुनिया भर में लाखों लोगों को नया जीवन दिया है। लेकिन यह लेख इस बात पर ध्यान केंद्रित करता है कि एंटीबायोटिक्स का बार-बार और गलत उपयोग मानव शरीर पर प्रभाव डालता है। इसलिएए इसे केवल डॉक्टर की सलाह के बाद ही लिया जाना चाहिए और प्रिस्क्रिप्शन का पालन करना जरूरी है क्योंकि इसका उपयोग सही मात्रा और सीमित समय तक होना चाहिए। इन एंटीबायोटिक्स के गलत उपयोग को कम करने के लिए जन जागरूकता और चिकित्सा शिक्षा जैसे कार्यक्रम बहुत महत्वपूर्ण हैं। आने वाले शोध का ध्यान सुरक्षित एंटीबायोटिक्स बनाने पर होना चाहिएए जिन्हें मरीज के अनुसार संशोधित किया जा सके ताकि हर मामले में मजबूत एंटीबायोटिक्स का उपयोग प्राथमिक विकल्प न हो। इससे एंटीबायोटिक प्रतिरोध कम होगा, साइड इफेक्ट्स जैसे किडनी और पेट की समस्याएं कम होंगी और उपचार अधिक प्रभावी होगा क्योंकि व्यक्तिगत दवा विचार विशेष व्यक्ति के लिए काम करेगा और इसलिए एंटीबायोटिक्स का प्रभाव भविष्य के लिए सुरक्षित रहेगा। इस शोध लेख का मुख्य संदेश मजबूत और स्पष्ट है, यानी एंटीबायोटिक्स एक नवीन और शक्तिशाली उपकरण हैं, यह ऐसी दवा नहीं है जिसे छोटे-मोटे समस्याओं में लिया जा सके। एंटीबायोटिक्स का नियंत्रित उपयोग आवश्यक है ताकि मानव स्वास्थ्य सुरक्षित रहे और एंटीबायोटिक्स का प्रभाव आने वाली पीढ़ियों के लिए बना रहे।

5. कृतज्ञता ज्ञापन

लेखक इस शोध कार्य के लिए महात्मा गांधी पी.जी. कॉलेज के प्राचार्य एवं प्रबंधक द्वारा प्रदान की गई संस्थागत तथा प्रयोगशाला सुविधाओं हेतु हार्दिक धन्यवाद ज्ञापित करते हैं। यह शोध कार्य उत्तर प्रदेश विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी परिषदए लखनऊ उत्तर प्रदेश द्वारा अनुसंधान परियोजना संख्या २२५९ के अंतर्गत वित्तपोषित है। लेखक परिषद द्वारा प्रदान की गई वित्तीय सहायता मार्गदर्शन एवं सहयोग के लिए कृतज्ञ हैं।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

[1] Rather IA, Kim BC, Bajpai VK, et al. Self-medication and antibiotic resistance: Crisis, current challenges, and prevention. Saudi J Biol Sci 2017;24:808–12. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.004.

[2] Kumar A, Raj M, Ladha N, et al. Patterns of antibiotic use and public awareness of antimicrobial resistance: A systematic review and meta-analysis. Int J Med Pharm Res 2025;6:964–969. https://doi.org/10.5281/zenodo.17847791.

[3] Li S, Liu J, Zhang X, et al. The Potential Impact of Antibiotic Exposure on the Microbiome and Human Health. Microorganisms 2025;13. https://doi.org/10.3390/microorganisms13030602.

[4] Queen J, Zhang J, Sears CL. Oral antibiotic use and chronic disease: long-term health impact beyond antimicrobial resistance and Clostridioides difficile. Gut Microbes 2020;11:1092–103. https://doi.org/10.1080/19490976.2019.1706425.

[5] Cusumano G, Flores GA, Venanzoni R, et al. The Impact of Antibiotic Therapy on Intestinal Microbiota: Dysbiosis, Antibiotic Resistance, and Restoration Strategies. Antibiotics 2025;14. https://doi.org/10.3390/antibiotics14040371.

[6] Han X, Qin Y, Guo J, et al. IgA Dysfunction Induced by Early-Lifetime Low-Dose Antibiotics Exposure Aggravates Diet–Induced Metabolic Syndrome. Antibiotics 2025;14. https://doi.org/10.3390/antibiotics14060574.

[7] Kalugendo E, Nazir A, Agarwal R. Assessment of azithromycin-induced toxicity in Caenorhabditis elegans: Effects on morphology, behavior, and lipid metabolism. Toxicol Rep 2024;13. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101832.

[8] Junqi Z, Jie C, Jinglin W, et al. A retrospective study of the efficacy and safety of levofloxacin in children with severe infection. Front Pediatr 2024;12. https://doi.org/10.3389/fped.2024.1381742.

[9] B. L, Babu V. Rifampicin induced acute thrombocytopenia with skin rashes: a case report. International Journal of Advances in Medicine 2023;10:790–2. https://doi.org/10.18203/2349-3933.ijam20233210.

[10] Kumar V, Kalaiselvan V, Kumar A, et al. Cefixime-associated acute generalized exanthematous pustulosis: Rare cases in India. Indian J Pharmacol 2018;50:204–7. https://doi.org/10.4103/ijp.IJP_673_17.

[11] Gillies M, Ranakusuma A, Hoffmann T, et al. Common harms from amoxicillin: A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials for any indication. CMAJ 2015;187:E21–31. https://doi.org/10.1503/cmaj.140848.

[12] Hayward RS, Harding J, Molloy R, et al. Adverse effects of a single dose of gentamicin in adults: a systematic review. Br J Clin Pharmacol 2018;84:223–38. https://doi.org/10.1111/bcp.13439.

[13] Lahoud C, Al Achkar M, Habib T, et al. An unusual case of doxycycline-induced pancreatitis. Medical Reports 2025;13:100256. https://doi.org/10.1016/j.hmedic.2025.100256.

[14] Geurts S, Tilly MJ, Lu Z, et al. Antihypertensive Drugs for the Prevention of Atrial Fibrillation: A Drug Target Mendelian Randomization Study. Hypertension 2024;81:1766–75. https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.123.21858.

[15] Rodriguez-Ruiz JP, Lin Q, Van Heirstraeten L, et al. Long-term effects of ciprofloxacin treatment on the gastrointestinal and oropharyngeal microbiome are more pronounced after longer antibiotic courses. Int J Antimicrob Agents 2024;64. https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2024.107259.

[16] Zou F, Cui Z, Lou S, et al. Adverse drug events associated with linezolid administration: a real-world pharmacovigilance study from 2004 to 2023 using the FAERS database. Front Pharmacol 2024;15. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1338902.

[17] Litvinov E, Litvinov A. Impact of Clindamycin on the Oral-Gut Axis: Gastrointestinal Side Effects and Clostridium difficile Infection in 45 Patients. Cureus 2024. https://doi.org/10.7759/cureus.75381.

[18] Murai Y, Nagaoka K, Iwanaga N, et al. Effects of extended anaerobic antibiotic coverage on anaerobic bloodstream infection: A multisite retrospective study. International Journal of Infectious Diseases 2025;153. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2025.107840.

[19] Sun S. Emerging antibiotic resistance by various novel proteins/enzymes. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases 2025;44:1551–66. https://doi.org/10.1007/s10096-025-05126-4.

[20] Mo Y, Tan WC, Cooper BS. Antibiotic duration for common bacterial infections—a systematic review. JAC Antimicrob Resist 2025;7. https://doi.org/10.1093/jacamr/dlae215.

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.6

सौर कोशिकाएँ और उनकी नवीनतम प्रगति: स्वच्छ ऊर्जा की दिशा में एक वैज्ञानिक अध्ययन

प्रियंका सिंह*
भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उ०प्र०, भारत-273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- priyankasonamsingh@gmail.com

आलेख प्राप्त: ०७ फरवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १९ फरवरी २०२६; स्वीकृत: १९ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १८ मार्च २०२६

सारांश

प्रस्तुत शोध पत्र सौर कोशिकाओं की भौतिकी, कार्य सिद्धांत, वर्गीकरण एवं नवीनतम प्रगति का व्यापक वैज्ञानिक अध्ययन प्रस्तुत करता है। इसमें पी-एन संधि, अवक्षय परत तथा फोटोवोल्टाइक प्रभाव की विस्तृत भौतिकी व्याख्या की गई है। सिलिकॉन आधारित प्रथम एवं द्वितीय पीढ़ी से लेकर पेरोव्स्काइट तथा टैंडम आधारित तृतीय एवं चौथी पीढ़ी तक की सौर कोशिकाओं का तुलनात्मक विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है। हालिया शोध में एकल संधि पेरोव्स्काइट कोशिकाओं की प्रमाणित दक्षता 27.0% तथा पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम कोशिकाओं की दक्षता 34.85% तक पहुँच चुकी है। सौर ऊर्जा के सामाजिक, पर्यावरणीय एवं आर्थिक महत्व पर भी प्रकाश डाला गया है।

सूचक शब्द – सौर कोशिका, फोटोवोल्टाइक प्रभाव, पी-एन संधि, अवक्षय परत, पेरोव्स्काइट, टैंडम सौर कोशिका, नवीकरणीय ऊर्जा

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.6

Solar Cells and Their Latest Advances: A Scientific Study Towards Clean Energy

Priyanka Singh*
Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India – 273010
Corresponding author Email*: priyankasonam@gmail.com

Received on: 07 February 2026; Final Revision: 19 February 2026; Accepted: 19 February 2026
Published Online First on: 18 March 2026

ABSTRACT

This research paper presents a comprehensive scientific study of the physics, working principles, classification, and latest advances in solar cells. It includes a detailed physics explanation of the p-n junction, depletion layer, and photovoltaic effect. A comparative analysis of which solar cells from first-generation silicon-based to fourth-generation quantum dot and tandem technologies is presented. Recent research has achieved certified efficiencies of 27.0% for single-junction perovskite cells and 34.85% for perovskite-silicon tandem cells. The social, environmental, and economic significance of solar energy is also discussed.

Keywords – Solar cell, Photovoltaic effect, p-n junction, Depletion layer, Perovskite, Tandem solar cell, Renewable energy

1. प्रस्तावना

वर्तमान युग में बढ़ती ऊर्जा आवश्यकताओं और पर्यावरणीय असंतुलन ने मानव समाज के समक्ष गंभीर चुनौतियाँ उत्पन्न कर दी हैं। औद्योगीकरण, शहरीकरण तथा जनसंख्या वृद्धि के कारण ऊर्जा की माँग में निरन्तर वृद्धि हो रही है। अन्तर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी (International Energy Agency, IEA) के अनुमान के अनुसार विश्व की प्राथमिक ऊर्जा माँग 2040 तक लगभग 30 प्रतिशत बढ़ने की सम्भावना है [1]। परम्परागत ऊर्जा स्रोतों जैसे कोयला, पेट्रोलियम एवं प्राकृतिक गैस के अत्यधिक उपयोग से वायु प्रदूषण, ग्रीनहाउस प्रभाव तथा वैश्विक तापवृद्धि जैसी गम्भीर पर्यावरणीय समस्याएँ उत्पन्न हुई हैं। जीवाश्म ईंधनों के दहन से वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), मीथेन (CH_4) तथा नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O) जैसी ग्रीनहाउस गैसों की सांद्रता में अभूतपूर्व वृद्धि हुई है, जो जलवायु परिवर्तन, ध्रुवीय हिमखण्डों के पिघलने तथा समुद्र स्तर में वृद्धि का प्रमुख कारण है [7]।

इन परिस्थितियों में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का विकास अत्यन्त आवश्यक हो गया है। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों में सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, जल विद्युत, भू-तापीय ऊर्जा तथा जैव ऊर्जा प्रमुख हैं। इनमें सौर ऊर्जा सर्वाधिक प्रचुर एवं सुलभ स्रोत है — पृथ्वी की सतह पर प्रतिदिन लगभग 1.74×10^{17} वॉट सौर विकिरण प्राप्त होता है, जो सम्पूर्ण विश्व की वर्तमान ऊर्जा खपत से लगभग 10,000 गुना अधिक है [1]। सौर ऊर्जा इस दिशा में एक स्वच्छ, सतत एवं पर्यावरण-अनुकूल ऊर्जा स्रोत के रूप में उभरकर सामने आई है।

सौर कोशिकाएँ (Solar Cells) अर्धचालक आधारित ऐसे इलेक्ट्रॉनिक उपकरण हैं जो सूर्य के प्रकाश को फोटोवोल्टाइक प्रभाव (Photovoltaic Effect) के माध्यम से प्रत्यक्ष रूप से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती हैं। इस प्रभाव की खोज सर्वप्रथम 1839 में फ्रांसीसी भौतिकविद् एडमण्ड बैक्वेरल (Edmond Becquerel) ने की थी, जब उन्होंने प्रकाश के प्रभाव में विद्युत अपघट्य विलयन में विद्युत वाहक बल उत्पन्न होते देखा। तत्पश्चात् 1954 में बेल प्रयोगशाला (Bell Laboratories) के वैज्ञानिकों चैपिन, फुलर तथा पियर्सन (Chapin, Fuller and Pearson) ने प्रथम व्यावहारिक सिलिकॉन सौर कोशिका का निर्माण किया, जिसकी दक्षता लगभग 6 प्रतिशत थी [2]। तब से लेकर आज तक सौर कोशिका प्रौद्योगिकी में अभूतपूर्व प्रगति हुई है और आधुनिक एकल संधि (single junction) सिलिकॉन कोशिकाओं की दक्षता 27 प्रतिशत से अधिक तथा पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम कोशिकाओं की दक्षता 34.85 प्रतिशत तक पहुँच चुकी है [4, 10]।

भारत जैसे उष्णकटिबन्धीय देश के लिए सौर ऊर्जा विशेष रूप से महत्वपूर्ण है, क्योंकि भारत को वर्ष में औसतन 300 से अधिक दिन प्रचुर सूर्य प्रकाश प्राप्त होता है तथा अधिकांश भू-भाग पर 4-7 kWh/m²/दिन सौर विकिरण उपलब्ध होता है [8]। भारत सरकार के राष्ट्रीय सौर मिशन (National Solar Mission) के अन्तर्गत 2030 तक 500 गीगावॉट नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता का लक्ष्य निर्धारित किया गया है, जिसमें सौर ऊर्जा की प्रमुख भूमिका है [8]। इस सन्दर्भ में सौर कोशिकाओं की भौतिकी, कार्य सिद्धान्त, विभिन्न प्रकारों तथा नवीनतम वैज्ञानिक प्रगति का अध्ययन अत्यन्त प्रासंगिक एवं आवश्यक है।

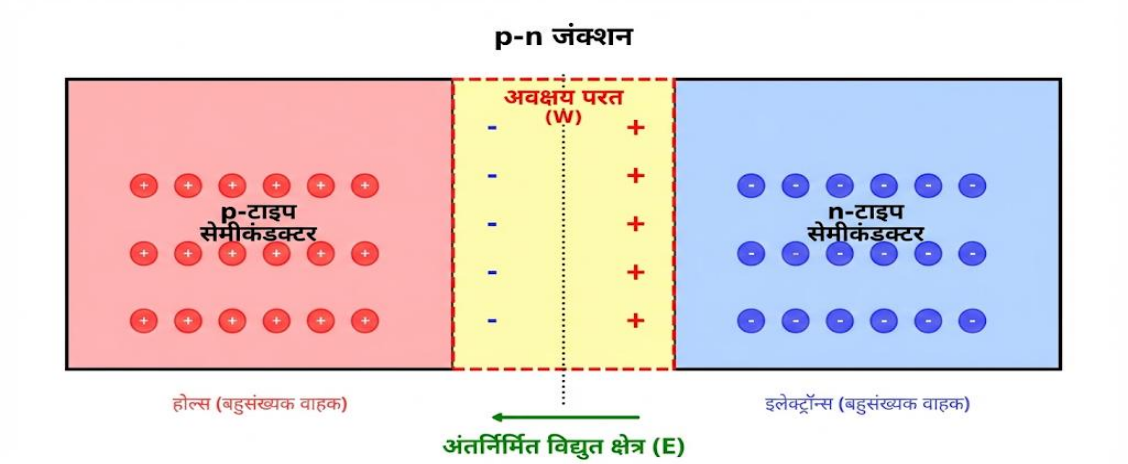
प्रस्तुत शोध पत्र में सौर कोशिकाओं के मूलभूत भौतिकी सिद्धान्तों - पी-एन संधि (p-n junction), अवक्षय परत (depletion layer) तथा फोटोवोल्टाइक प्रभाव - की विस्तृत व्याख्या प्रस्तुत की गई है। इसके साथ ही विभिन्न प्रकार की सौर कोशिकाओं का तुलनात्मक विश्लेषण, पेरोव्स्काइट एवं टैंडम कोशिकाओं में हालिया प्रगति, तथा सौर ऊर्जा के सामाजिक एवं पर्यावरणीय महत्व पर विस्तृत चर्चा की गई है। हिन्दी भाषा में इस विषय पर वैज्ञानिक लेखन का उद्देश्य विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी को समाज के व्यापक वर्ग तक सुलभ बनाना है।

2. सौर कोशिका की भौतिकी

सौर कोशिकाओं का कार्य अर्धचालक भौतिकी के मूलभूत सिद्धान्तों पर आधारित है। इसे समझने के लिए पी-एन संधि (p-n junction), अवक्षय परत (depletion layer) तथा फोटोवोल्टाइक प्रभाव (photovoltaic effect) की विस्तृत भौतिकी को जानना आवश्यक है ।

2.1 पी-एन संधि (p-n Junction)

जब एक पी-प्रकार (p-type) अर्धचालक तथा एक एन-प्रकार (n-type) अर्धचालक को परस्पर संयोजित किया जाता है, तो उनके संगम पर एक पी-एन संधि (p-n junction) का निर्माण होता है (चित्र1)। पी-प्रकार अर्धचालक में होल (holes) बहुसंख्यक आवेश वाहक होते हैं, जबकि एन-प्रकार अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन (electrons) बहुसंख्यक वाहक होते हैं। संधि निर्माण के तुरन्त पश्चात् इलेक्ट्रॉन एन-क्षेत्र से पी-क्षेत्र की ओर तथा होल पी-क्षेत्र से एन-क्षेत्र की ओर विसरित (diffuse) होते हैं। इस विसरण प्रक्रिया के कारण संधि के निकट एक आवेश-मुक्त क्षेत्र बनता है, जिसे अवक्षय परत कहते हैं [2]।



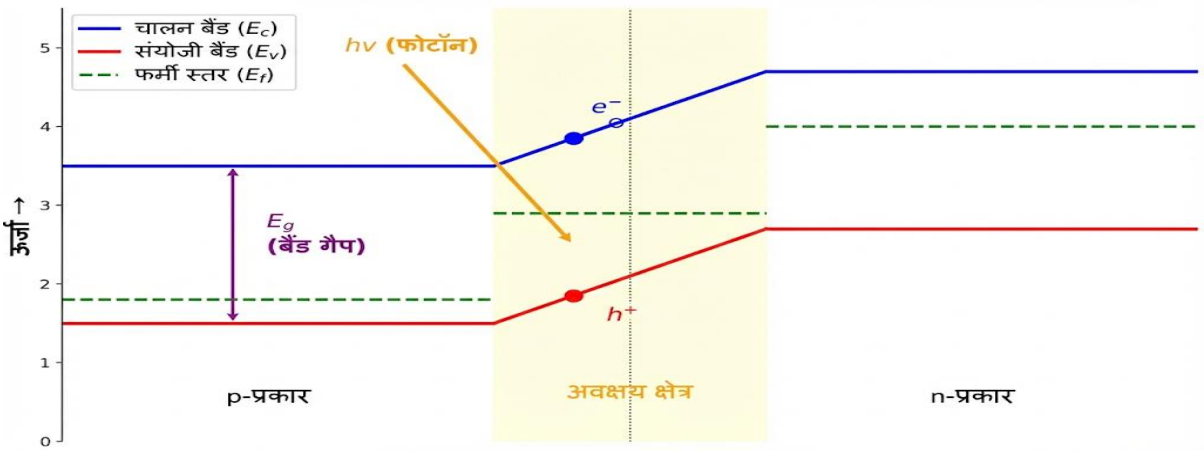
चित्र 1: पी-एन संधि की संरचना: पी-प्रकार (लाल) एवं एन-प्रकार (नीला) अर्धचालक क्षेत्र, अवक्षय परत (पीला छायांकित), होल (+) एवं इलेक्ट्रॉन (−) वाहक, तथा आन्तरिक विद्युत क्षेत्र की दिशा दर्शायी गई है। *(स्व-रचित आरेख)*

2.2 अवक्षय परत (Depletion Layer)

अवक्षय परत पी-एन संधि का सर्वाधिक महत्वपूर्ण क्षेत्र है। जब इलेक्ट्रॉन एवं होल संधि पर पुनर्संयोजित (recombine) होते हैं, तो वे स्थिर आयन छोड़ जाते हैं — एन-पक्ष पर धनात्मक दाता आयन तथा पी-पक्ष पर ऋणात्मक ग्राही आयन। ये स्थिर आवेश एक आन्तरिक विद्युत क्षेत्र (built-in electric field, E) उत्पन्न करते हैं, जो एन-क्षेत्र से पी-क्षेत्र की ओर निर्देशित होता है। यह विद्युत क्षेत्र आगे विसरण को रोकता है और एक साम्यावस्था स्थापित करता है। अवक्षय परत की चौड़ाई (W) बाह्य वोल्टेज, अपमिश्रण सांद्रता एवं अर्धचालक के परावैद्युतांक पर निर्भर करती है। विशिष्ट सिलिकॉन सौर कोशिकाओं में इसकी चौड़ाई लगभग 0.1-1 μm होती है। इस क्षेत्र में उत्पन्न विभवान्तर को अन्तर्निर्मित विभव (built-in potential, V_{bi}) कहते हैं, जो सिलिकॉन पी-एन संधि के लिए सामान्यतः 0.6-0.7 V होता है [2]।

2.3 फोटोवोल्टाइक प्रभाव (Photovoltaic Effect)

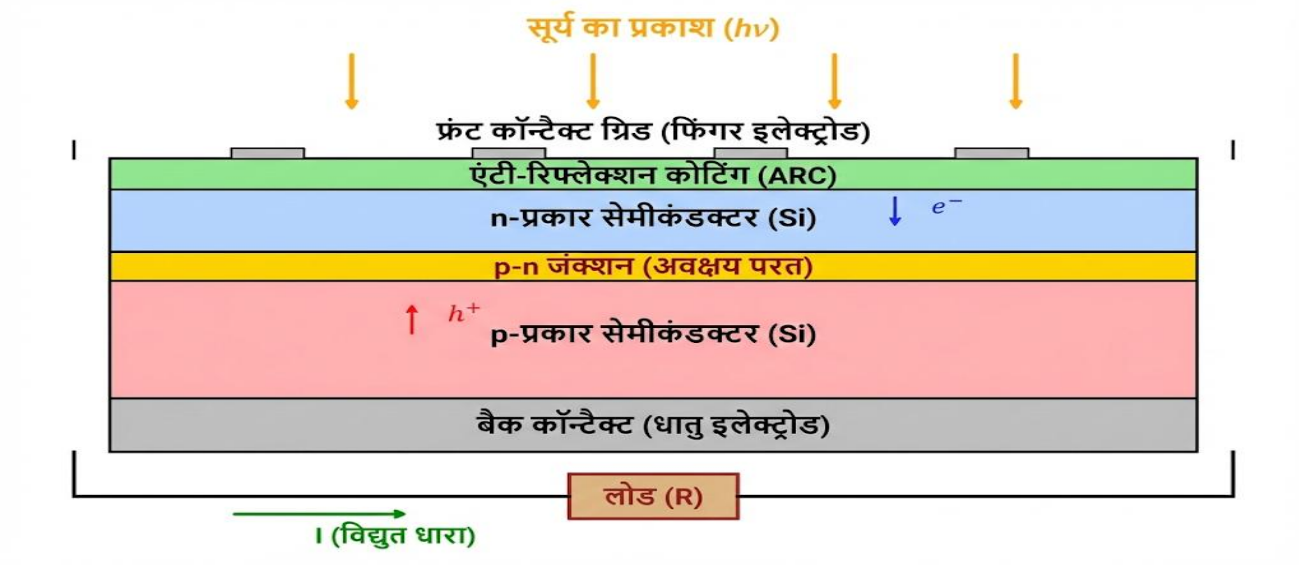
फोटोवोल्टाइक प्रभाव सौर कोशिकाओं के कार्य का मूल सिद्धान्त है (चित्र 2)। जब सूर्य का प्रकाश सौर कोशिका की सतह पर पड़ता है, तो जिन फोटॉनों की ऊर्जा अर्धचालक के बैंड गैप (Eg) से अधिक या बराबर होती है अर्थात् $h\nu \geq E_g$, वे संयोजकता बैंड (valence band) से इलेक्ट्रॉनों को चालन बैंड (conduction band) में उत्तेजित करते हैं। इस प्रक्रिया से इलेक्ट्रॉन-होल युग्म (electron-hole pair) उत्पन्न होते हैं। अवक्षय क्षेत्र का आन्तरिक विद्युत क्षेत्र इन उत्पन्न आवेश वाहकों को पृथक करता है — इलेक्ट्रॉन एन-क्षेत्र की ओर तथा होल पी-क्षेत्र की ओर प्रवाहित होते हैं। यदि बाह्य परिपथ जोड़ा जाए तो ये पृथक आवेश वाहक विद्युत धारा उत्पन्न करते हैं [2]।



चित्र 2: पी-एन संधि का ऊर्जा बैंड आरेख: चालन बैंड (Ec, नीला), संयोजकता बैंड (Ev, लाल), फर्मी स्तर (Ef, हरा), बैंड गैप (Eg), अवक्षय क्षेत्र (पीला छायांकित), तथा फोटॉन (hν) अवशोषण से इलेक्ट्रॉन-होल युग्म उत्पादन की प्रक्रिया दर्शायी गई है। *(स्व-रचित आरेख)*

2.4 सौर कोशिका की संरचना

एक प्रारूपिक सौर कोशिका में कई परतें होती हैं (चित्र 3): (*i*) परावर्तन-रोधी लेपन (Anti-Reflection Coating, ARC) जो प्रकाश के परावर्तन को न्यूनतम करता है; (*ii*) एन-प्रकार अर्धचालक (उत्सर्जक परत); (*iii*) पी-एन संधि एवं अवक्षय परत जहाँ आवेश पृथक्करण होता है; (*iv*) पी-प्रकार अर्धचालक (आधार परत); तथा (*v*) पश्च एवं अग्र धात्विक संपर्क (electrodes) जो विद्युत धारा के संग्रहण एवं बाह्य परिपथ से संयोजन हेतु आवश्यक हैं। सिलिकॉन का बैंड गैप 1.12 eV है, जो सौर वर्णक्रम के एक विस्तृत भाग को अवशोषित करने में सक्षम है [2]।



चित्र 3: सौर कोशिका की परतीय संरचना: परावर्तन-रोधी लेपन (ARC), एन-प्रकार अर्धचालक, पी-एन संधि (अवक्षय परत), पी-प्रकार अर्धचालक, पश्च संपर्क, अग्र संपर्क ग्रिड, बाह्य भार (R), तथा विद्युत धारा (I) का प्रवाह पथ दर्शाया गया है। *(स्व-रचित आरेख)*

3. सौर कोशिकाओं के प्रकार

चित्र 4: एकल क्रिस्टलीय (monocrystalline) एवं बहुक्रिस्टलीय (polycrystalline) सौर पैनलों की संरचना एवं उनके व्यावहारिक अनुप्रयोग। एकल क्रिस्टलीय पैनल 22-27% तथा बहुक्रिस्टलीय पैनल 18-23% तक दक्षता प्रदान करते हैं [3]।

चित्र 5: पतली परत (thin-film) तथा लचीली सौर कोशिकाओं का आधुनिक तकनीकी स्वरूप। इनमें CdTe, CIGS तथा अमोर्फस सिलिकॉन (a-Si) की 1-2 μm मोटी परतें प्रयुक्त होती हैं [3]।

वर्तमान में सर्वाधिक प्रचलित सौर कोशिकाएँ सिलिकॉन आधारित हैं, जिनमें एकल क्रिस्टलीय तथा बहुक्रिस्टलीय कोशिकाएँ प्रमुख हैं (चित्र 4)। एकल क्रिस्टलीय कोशिकाएँ उच्च दक्षता प्रदान करती हैं, जबकि बहुक्रिस्टलीय कोशिकाएँ कम लागत के कारण अधिक लोकप्रिय हैं। इसके अतिरिक्त पतली परत सौर कोशिकाएँ जैसे CdTe, CIGS तथा अमोर्फस सिलिकॉन आधारित कोशिकाएँ भी विकसित की गई हैं (चित्र 5) [3]। सारणी 1 में विभिन्न प्रकार की सौर कोशिकाओं की दक्षता, लागत, सामग्री एवं अनुप्रयोगों का तुलनात्मक विवरण प्रस्तुत किया गया है।

सारणी 1: विभिन्न प्रकार की सौर कोशिकाओं का तुलनात्मक विश्लेषण

सौर कोशिका प्रकार	प्रमुख सामग्री	दक्षता (%)	सापेक्ष लागत	प्रमुख अनुप्रयोग
एकल क्रिस्टलीय Si	c-Si (Czochralski)	22-27%	उच्च	आवासीय छत, अन्तरिक्ष
बहुक्रिस्टलीय Si	mc-Si	18-23%	मध्यम	बड़े सौर संयन्त्र
CdTe पतली परत	CdTe/CdS	18-22%	निम्न-मध्यम	उपयोगिता-स्तरीय संयन्त्र
CIGS पतली परत	$Cu(In,Ga)Se_2$	20-23%	मध्यम	लचीले पैनल, BIPV
अमोर्फस सिलिकॉन	a-Si:H	6-12%	निम्न	कैलकुलेटर, भवन एकीकरण
पेरोव्स्काइट	$CH_3NH_3PbI_3$	26-27%	अति निम्न (सम्भावित)	अगली पीढ़ी, टैंडम
पेरोव्स्काइट-Si टैंडम	पेरोव्स्काइट/c-Si	33-34.9%	शोध चरण	अति उच्च दक्षता प्रणाली
ऑर्गेनिक (OPV)	पॉलिमर/फुलरीन	15-20%	निम्न	पहनने योग्य, IoT उपकरण

नोट: दक्षता मान NREL (2025) प्रमाणित प्रयोगशाला परिणामों पर आधारित हैं। व्यावसायिक मॉड्यूल दक्षता सामान्यतः 3-5% कम होती है।

4. सौर कोशिकाओं का ऐतिहासिक विकास एवं पीढ़ीकरण

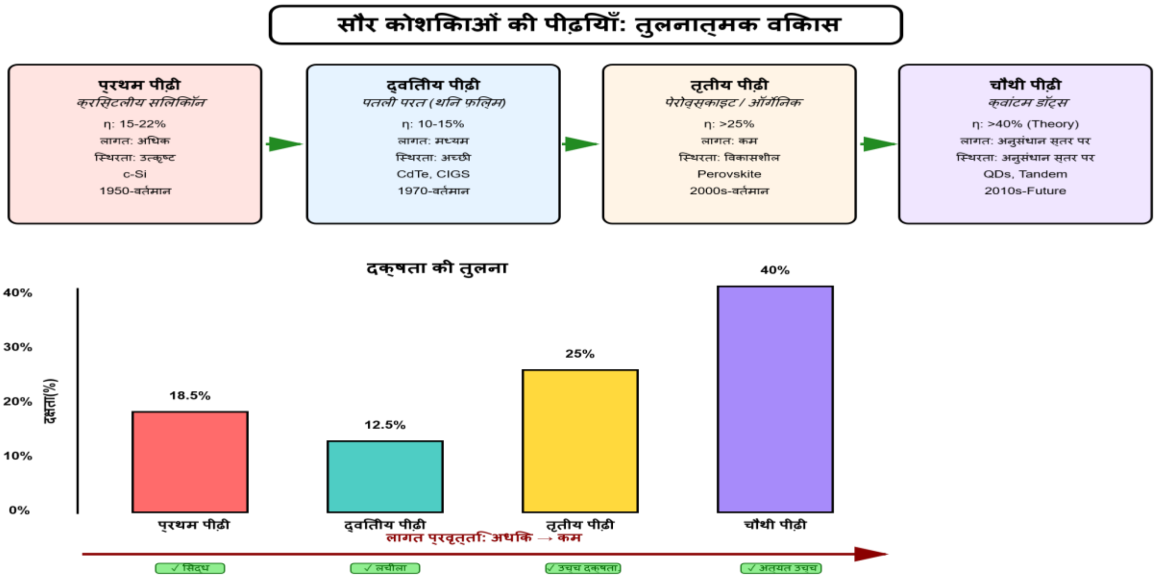
सौर कोशिकाओं का विकास वैज्ञानिक अनुसन्धान, सामग्री विज्ञान एवं अर्धचालक प्रौद्योगिकी की प्रगति के साथ जुड़ा हुआ है। तकनीकी उन्नति के

4.1 पीढ़ियों की तुलनात्मक सारणी

आधार पर सौर कोशिकाओं को चार प्रमुख पीढ़ियों में वर्गीकृत किया जाता है [4]

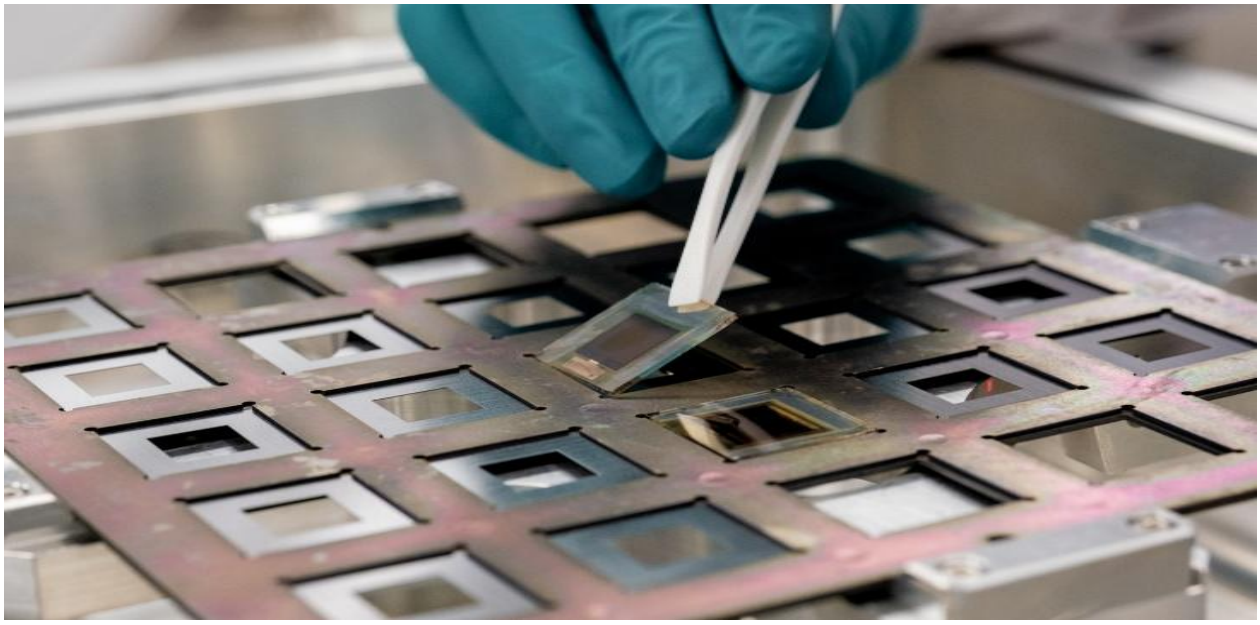
विशेषता	प्रथम पीढ़ी	द्वितीय पीढ़ी	तृतीय पीढ़ी	चौथी पीढ़ी
सामग्री	क्रिस्टलीय सिलिकॉन	CdTe, CIGS, a-Si	पेरोव्स्काइट, ऑर्गेनिक	क्वांटम डॉट, टैंडम
दक्षता	15-22%	10-15%	>25%	>40% (सैद्धान्तिक)
लागत	उच्च	मध्यम	निम्न	शोध चरण
स्थिरता	उत्कृष्ट (>25 वर्ष)	अच्छी (20-25 वर्ष)	विकासाधीन	प्रयोगशाला चरण
मुख्य लाभ	सिद्ध तकनीक, विश्वसनीय	लचीली, हल्की	उच्च दक्षता, सरल निर्माण	अति उच्च दक्षता सम्भावित
मुख्य सीमाएँ	उच्च लागत, भारी	कम दक्षता	स्थिरता समस्या	जटिल निर्माण

सारणी 2: सौर कोशिकाओं की पीढ़ीवार तुलना

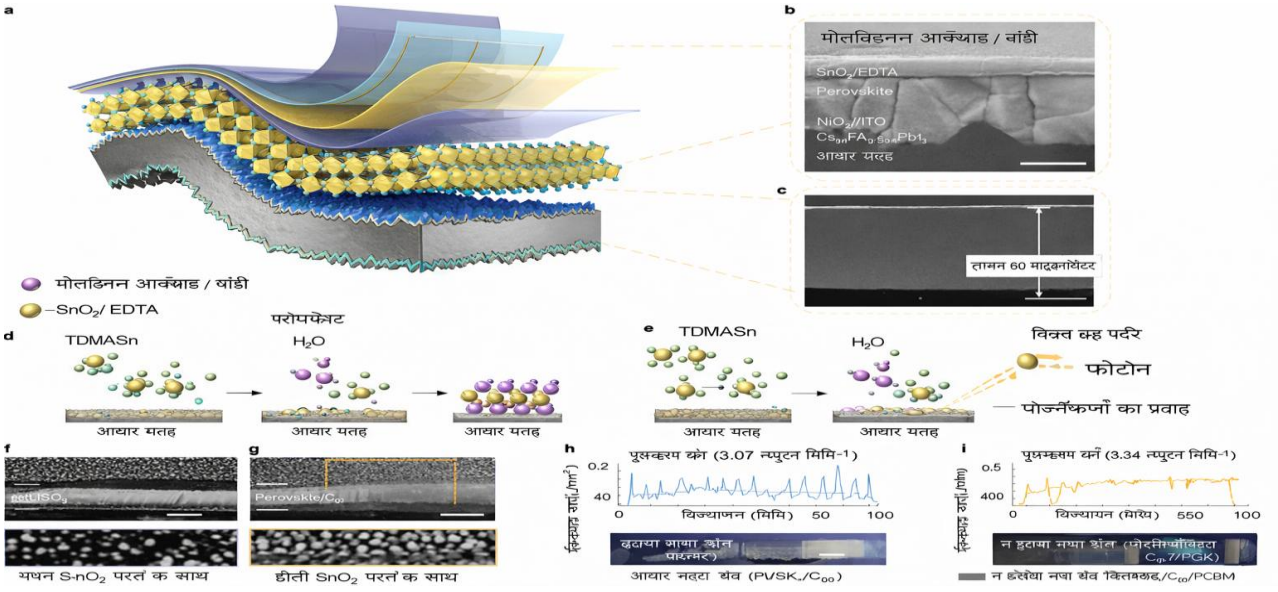


चित्र 6: सौर कोशिकाओं की चार पीढ़ियों का तुलनात्मक विश्लेषण: प्रथम पीढ़ी (c-Si, 15-22%) से चौथी पीढ़ी (क्वांटम डॉट/टैंडम, सैद्धान्तिक >40%) तक का विकास क्रम [4]।

5. सौर कोशिकाओं में हालिया प्रगति



चित्र 7: प्रयोगशाला में निर्मित पेरोव्स्काइट सौर कोशिका की सूक्ष्म संरचना। पेरोव्स्काइट कोशिकाओं में ABX_3 क्रिस्टल संरचना (जहाँ $A = CH_3NH_3^+/Cs^+$, $B = Pb^{2+}/Sn^{2+}$, $X = I^-/Br^-/Cl^-$) का उपयोग प्रकाश अवशोषक परत के रूप में किया जाता है। इनका बैंड गैप (1.2-2.3 eV) समायोज्य होता है [9]



चित्र 8: पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम एवं पारदर्शी सौर कोशिकाओं का उन्नत मॉडल। टैंडम संरचना में ऊपरी पेरोव्स्काइट परत (~1.7 eV) उच्च ऊर्जा फोटॉन अवशोषित करती है, जबकि निचली सिलिकॉन परत (~1.1 eV) अवरक्त प्रकाश का उपयोग करती है [5, 10]

हाल के वर्षों में सौर प्रौद्योगिकी में उल्लेखनीय प्रगति हुई है। पेरोव्स्काइट आधारित सौर कोशिकाएँ अपनी उच्च दक्षता और कम लागत के कारण विशेष रूप से शोध का केन्द्र बनी हुई हैं। 2025 तक एकल संधि पेरोव्स्काइट सौर कोशिकाओं की प्रमाणित दक्षता 27.0% तक पहुँच चुकी है, जो चीन के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (USTC) द्वारा प्राप्त की गई तथा NREL द्वारा प्रमाणित है [9]।

टैंडम सौर कोशिकाओं के क्षेत्र में और भी प्रभावशाली प्रगति हुई है। चीनी कम्पनी LONGi ने अप्रैल 2025 में पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम सौर कोशिका के लिए 34.85% दक्षता का नया विश्व कीर्तिमान स्थापित किया, जो NREL द्वारा प्रमाणित है [10]। यह उपलब्धि एकल संधि सिलिकॉन कोशिकाओं की शॉकले-क्वाइसर सैद्धान्तिक सीमा (~33.7%) को पार करती है। लचीली पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम कोशिकाओं में भी 33.6% दक्षता प्राप्त की गई है [11]।

व्यावसायीकरण की दिशा में भी महत्वपूर्ण प्रगति हुई है। यूके स्थित Oxford PV ने 24.5% दक्षता वाले टैंडम पैनलों का वाणिज्यिक उत्पादन प्रारम्भ किया है, जबकि कोरियाई कम्पनी Qcells ने बड़े पैमाने पर निर्माण योग्य टैंडम कोशिका में 28.6% दक्षता हासिल की है [12] । नैनोप्रौद्योगिकी, मशीन लर्निंग सहायित सामग्री अन्वेषण, एवं हरित विलायकों के उपयोग से भी सौर कोशिकाओं की कार्यक्षमता तथा स्थायित्व में उल्लेखनीय सुधार हो रहा है । [6, 13]

6. सामाजिक एवं पर्यावरणीय महत्व

सौर ऊर्जा का सामाजिक एवं पर्यावरणीय महत्व अत्यन्त व्यापक है। इसके उपयोग से कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन में कमी आती है, जिससे जलवायु परिवर्तन की समस्या को नियन्त्रित किया जा सकता है। ग्रामीण एवं दूरस्थ क्षेत्रों में सौर ऊर्जा द्वारा बिजली की उपलब्धता सुनिश्चित की जा सकती है, जिससे शिक्षा, स्वास्थ्य एवं संचार सुविधाओं में सुधार होता है [7]। इसके अतिरिक्त सौर उद्योग रोजगार सृजन एवं आर्थिक विकास में भी सहायक सिद्ध हो रहा है।

7. भविष्य की सम्भावनाएँ

भविष्य में सौर कोशिकाओं की दक्षता, स्थिरता एवं लागत में और सुधार की सम्भावनाएँ हैं। सामग्री विज्ञान, कृत्रिम बुद्धिमत्ता तथा ऊर्जा भण्डारण तकनीकों के समन्वय से सौर प्रणालियाँ अधिक स्मार्ट एवं विश्वसनीय बनेंगी। आने वाले वर्षों में सौर ऊर्जा स्मार्ट ग्रिड एवं इलेक्ट्रिक वाहनों के साथ एकीकृत होकर एक समग्र ऊर्जा समाधान के रूप में विकसित होगी।

8. निष्कर्ष

सौर कोशिकाएँ स्वच्छ, सतत एवं पर्यावरण-अनुकूल ऊर्जा उत्पादन का एक सशक्त माध्यम हैं। हालिया वैज्ञानिक प्रगति ने इस क्षेत्र को अधिक प्रभावी एवं व्यावहारिक बना दिया है। निरन्तर अनुसन्धान एवं नवाचार से सौर ऊर्जा भविष्य की प्रमुख ऊर्जा स्रोत बन सकती है। हिन्दी में इस विषय पर वैज्ञानिक लेखन विज्ञान को समाज के व्यापक वर्ग तक पहुँचाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. Green, M. A., Dunlop, E. D., Yoshita, M., Kopidakis, N., Bothe, K., Siefer, G., Hinken, D., Rauer, M., Hohl-Ebinger, J., & Hao, X. (2024). Solar cell efficiency tables (Version 64). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 32*(7), 425–441. https://doi.org/10.1002/pip.3831
2. Tao, M. (2014). Physics of Solar Cells. In: Terawatt Solar Photovoltaics. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5643-7_3
3. Verma, P. K. (2020). *Solar energy technology* (1st ed.). Pune, India: Technical Publications (Photovoltaic Solar Energy Conversion | ScienceDirect).
4. National Renewable Energy Laboratory. (2025). *Best research-cell efficiencies chart*. U.S. Department of Energy. https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html
5. Khanna, M. K., Malik, S., Kumar, H., & Suruchi. (2023). *Indian solar panel initiatives in reducing carbon dioxide emissions.* Energy and Power Engineering, 15, 191–203. https://doi.org/10.4236/epe.2023.154009
6. Parmar, K., & Bhande, R. (2022). Future of nanotechnology in solar energy and hydrogen energy. *Journal of Energy Research and Reviews, 10*(2), 61–70. DOI: https://doi.org/10.9734/jenrr/2022/v10i230254
7. Indian Renewable Energy Development Agency Limited. (2023). *Annual report 2022–23*. IREDA. (AnnualReport23withcovering.pdf)
8. Ministry of New and Renewable Energy. (2022). *National solar mission report*. Government of India. (https://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/mission_document_JNNSM.pdf)
9. Green, M. A. et al., (2024). Solar cell efficiency tables (Version 64). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 32(7), 425–441. https://doi.org/10.1002/pip.3831
10. LONGi Solar. (2025). Perovskite–silicon tandem solar cell world record efficiency of 34.85% (NREL certified). LONGi Green Energy Technology Co.., https://www.longi.com/en/news/silicon-perovskite-tandem-solar-cells-new-world-efficiency/
11. Bush, K. A. et al., M. D. (2025). Flexible perovskite/silicon tandem solar cells with high efficiency. *Nature Energy, 2*, 17009. https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.9
12. Hanwha Qcells. (2024). *Large-area perovskite-silicon tandem solar cell with 28.6% efficiency record,* Qcells Research. Oxford PV. (2024). *Commercial tandem solar panel shipments.* Oxford PV Ltd, Hanwha Qcells sets record in tandem solar cell efficiency
13. Zhang, K., et al. (2025). Key advancements and emerging trends of perovskite solar cells in 2024–2025**.** *Nano-Micro Letters, 18*, Article 209, https://doi.org/10.1007/s40820-025-02022-6

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख- प्रौद्योगिकी (General Article-Technology)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.10

उच्च-संवेदनशील सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए फोटोनिक टाइम क्रिस्टल: एक समालोचनात्मक समीक्षा

प्रतिष्ठा पांडेय[1]*, डी.के. द्विवेदी
फोटोनिक्स एवं फोटोवोल्टाइक अनुसंधान प्रयोगशाला
भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग मोहन,मदन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, भारत–273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- pandeypratishtha18@gmail.com

आलेख प्राप्त: ०४ फरवरी २०२६; अंतिम संशोधन: १९ फरवरी २०२६; स्वीकृत: २० फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: १८ मार्च २०२६

सारांश

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल समय-आधारित आवधिक फोटोनिक प्रणालियों की एक नवीन श्रेणी हैं जिनमें माध्यम के भौतिक गुण, विशेषकर अपवर्तनांक या पारगम्यता समय के साथ आवधिक रूप से परिवर्तित होते हैं। पारंपरिक स्थानिक फोटोनिक क्रिस्टलों के विपरीत फोटोनिक टाइम क्रिस्टल फ्रीक्वेंसी बैंडगैप, नॉन-हर्मिशियन गतिकी तथा असाधारण बिंदुओं की उपस्थिति प्रदर्शित करते हैं। हाल के अध्ययनों से यह सिद्ध हुआ है कि ये अद्वितीय गुण अत्यधिक संवेदनशील फोटोनिक सेंसिंग के लिए अत्यंत उपयोगी हैं और पारंपरिक रेज़ोनेटर-आधारित सेंसर्स की सीमाओं को पार कर सकते हैं। यह लेख फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग की सैद्धांतिक नींव भौतिक तंत्र हालिया प्रगति तथा भविष्य की संभावनाओं का विस्तृत विश्लेषण प्रस्तुत करता है।

मुख्य शब्द: फोटोनिक टाइम क्रिस्टल; समयीय माड्यूलेटेड माध्यम; नॉन-हर्मिशियन फोटोनिक्स; असाधारण बिंदु; फ्लोके बैंड संरचना; अच्छा स्वास्थ्य और कल्याण

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख- प्रौद्योगिकी (General Article-Technology)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.10

Photonic Time Crystals for High-Sensitivity Sensing Applications: A Critical Review

Pratishtha Pandey*, D. K. Dwivedi
Photonics and Photovoltaic Research Laboratory (PPRL)
Department of Physics and Materials Science
Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, India-273010

Corresponding author Email*: pandeypratishtha18@gmail.com

Received on: 04 February 2026; Final Revision: 19 February 2026; Accepted: 20 February 2026
Published Online First: 18 March 2026

ABSTRACT

Photonic time crystals represent an emerging area in photonics in which the optical properties of a medium-particularly the refractive index vary periodically in time rather than in space. This temporal periodicity leads to unconventional behaviour in light propagation, energy exchange, and band structure, fundamentally distinct from that observed in conventional spatial photonic crystals. This review article presents a comprehensive discussion of the fundamental principles and physical interpretations of photonic time crystals, recent research advances, experimental realization techniques, and their potential applications, with a particular focus on high-sensitivity sensing.

Keywords- Photonic time crystals; time-modulated media; non-Hermitian photonics; exceptional points; Floquet band structure; good health and well-being

1. भूमिका

फोटोनिक सेंसिंग आधुनिक विज्ञान और प्रौद्योगिकी में एक केंद्रीय भूमिका निभाती है जहाँ अत्यंत सूक्ष्म भौतिक रासायनिक एवं जैविक परिवर्तनों का उच्च सटीकता के साथ पता लगाना आवश्यक होता है। पारंपरिक फोटोनिक सेंसर जैसे कि रिंग रेज़ोनेटर ब्रैग ग्रेटिंग और स्थानिक फोटोनिक क्रिस्टल, सामान्यतः स्थानिक संरचना एवं अनुनाद प्रवर्धन पर आधारित होते हैं। हालाँकि इन प्रणालियों की संवेदनशीलता आंतरिक हानियों, गुणवत्ता गुणांक (Q-factor) तथा निर्माण-संबंधी सीमाओं से बंधी रहती है।

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल इस संदर्भ में एक मौलिक परिवर्तन प्रस्तुत करते हैं, क्योंकि ये प्रकाश-माध्यम अंतःक्रिया को स्थान के बजाय समय के माध्यम से नियंत्रित करते हैं। समय-आधारित आवधिकता के कारण ऐसी प्रणालियों में नई सेंसिंग रणनीतियाँ संभव हो जाती हैं, जो पारंपरिक स्थानिक फोटोनिक्स की सीमाओं से परे जाती हैं।

पारंपरिक फोटोनिक क्रिस्टल प्रकाशीय माध्यमों की वह श्रेणी हैं जिनमें अपवर्तनांक की आवधिकता स्थानिक निर्देशांकों के साथ परिभाषित होती है। इस स्थानिक आवधिकता के परिणामस्वरूप फोटोनिक बैंड संरचना उत्पन्न होती है, जो इलेक्ट्रॉनिक क्रिस्टलों की ऊर्जा बैंड संरचना के समान व्यवहार प्रदर्शित करती है। इन प्रणालियों में विशिष्ट आवृत्ति क्षेत्रों में प्रकाशीय तरंगों का प्रसार प्रतिबंधित हो जाता है, जिसे फोटोनिक बैंडगैप के रूप में जाना जाता है। चूँकि माध्यम के गुण समय के साथ अपरिवर्तित रहते हैं, इसलिए पारंपरिक फोटोनिक क्रिस्टल ऊर्जा-संरक्षित तथा हर्मिशियन प्रणालियों का प्रतिनिधित्व करते हैं, जहाँ प्रकाश की आवृत्ति संरक्षित रहती है और वेव-वेक्टर में परिवर्तन होता है।

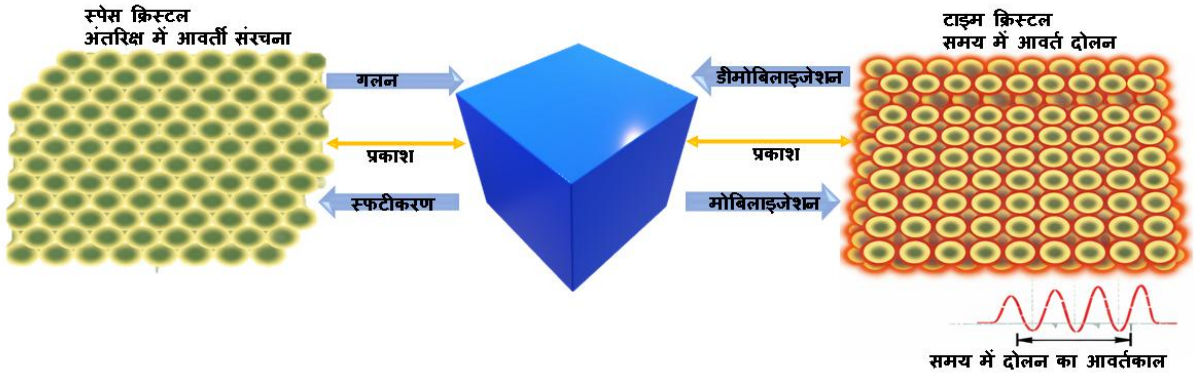
इसके विपरीत, फोटोनिक टाइम क्रिस्टल एक नवीन श्रेणी की प्रकाशीय प्रणालियाँ हैं जिनमें माध्यम के भौतिक गुण, विशेष रूप से अपवर्तनांक, समय के साथ आवधिक रूप से परिवर्तित होते हैं। इस समय-आधारित आवधिकता के कारण प्रणाली में स्थानिक समरूपता बनी रहती है जिसके परिणामस्वरूप वेव-वेक्टर संरक्षित रहता है, जबकि प्रकाश की आवृत्ति में परिवर्तन संभव हो जाता है। यह विशेषता फोटोनिक टाइम क्रिस्टल को पारंपरिक फोटोनिक क्रिस्टल से मौलिक रूप से भिन्न बनाती है और प्रकाश-माध्यम अंतःक्रिया के नए तंत्रों को जन्म देती है।

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में समय-माड्यूलेशन के कारण माध्यम और प्रकाश के बीच ऊर्जा का आदान-प्रदान होता है, जिससे प्रणाली स्वाभाविक रूप से नॉन-हर्मिशियन प्रकृति की हो जाती है[1,2]। इस नॉन-हर्मिशियन व्यवहार के परिणामस्वरूप फ्रीक्वेंसी बैंडगैप,असाधारण बिंदु तथा टोपोलॉजिकल संक्रमण जैसी परिघटनाएँ उत्पन्न होती हैं जो पारंपरिक फोटोनिक क्रिस्टल में सामान्यतः अनुपस्थित होती हैं। विशेष रूप से, असाधारण बिंदुओं के समीप प्रकाशीय प्रतिक्रियाओं की अत्यधिक संवेदनशीलता फोटोनिक सेंसर तथा नॉन-रिकिप्रोकल उपकरणों के विकास के लिए महत्वपूर्ण संभावनाएँ प्रदान करती है[3]।

समग्र रूप से देखा जाए तो पारंपरिक फोटोनिक क्रिस्टल जहाँ स्थानिक संरचना के माध्यम से प्रकाश के प्रसार को नियंत्रित करते हैं, वहीं फोटोनिक टाइम क्रिस्टल समय-आधारित संरचना के माध्यम से प्रकाश की आवृत्ति, चरण तथा ऊर्जा विनिमय को नियंत्रित करने का एक नया मंच प्रदान करते हैं। इस कारण फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधुनिक फोटोनिक्स, नॉन-हर्मिशियन भौतिकी तथा टोपोलॉजिकल प्रकाशिकी के क्षेत्र में अनुसंधान की एक अत्यंत सक्रिय और उभरती हुई दिशा के रूप में स्थापित हो रहे हैं।

यद्यपि फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग ने उल्लेखनीय सैद्धांतिक और प्रारंभिक प्रयोगात्मक प्रगति प्रदर्शित की है, फिर भी इसके व्यावहारिक कार्यान्वयन में कई चुनौतियाँ बनी हुई हैं। प्रमुख चुनौती उच्च-गति एवं स्थिर समयीय माड्यूलेशन को सटीक रूप से नियंत्रित करने से संबंधित है, विशेषकर ऑप्टिकल आवृत्ति क्षेत्रों में। इसके अतिरिक्त, नॉन-हर्मिशियन प्रणालियों में शोर, अस्थिरता तथा लाभ-हानि असंतुलन का प्रभाव सेंसिंग की विश्वसनीयता को प्रभावित कर सकता है।

भविष्य की दिशाओं में एकीकृत फोटोनिक प्लेटफॉर्म, मेटासर्फेस आधारित फोटोनिक टाइम क्रिस्टल तथा प्रोग्रामेबल समयीय माड्यूलेशन तकनीकों का विकास महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। उच्च-क्रम असाधारण बिंदुओं (EP3, EP4) का व्यावहारिक साकार रूप तथा क्वांटम शोर के प्रभावों का व्यवस्थित अध्ययन भी आने वाले अनुसंधान का एक प्रमुख विषय होगा[4]। इन प्रगतियों के साथ यह अपेक्षा की जाती है कि फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग अगली पीढ़ी की अल्ट्रा-सेंसिटिव और बहु-कार्यात्मक सेंसिंग तकनीकों की आधारशिला बनेगी।



चित्र1- स्पेस क्रिस्टल और टाइम क्रिस्टल की तुलनात्मक अवधारणा

2. फोटोनिक टाइम क्रिस्टल का सैद्धांतिक संरचना

एक आदर्श फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में अपवर्तनांक को सामान्यतः निम्न रूप में व्यक्त किया जाता है:

$$n(t) = n_0 + \Delta n \cos(\Omega t) \quad (1)$$

जहाँ n_0 स्थिर अपवर्तनांक, Δn समय-माड्यूलेशन की तीव्रता तथा Ω माड्यूलेशन की कोणीय आवृत्ति है।

इस प्रकार की समय-निर्भरता मैक्सवेल समीकरणों को गैर-स्वायत्त बना देती है और प्रणाली को Floquet प्रकृति प्रदान करती है[5]।

परिणामस्वरूप फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में फ्रीक्वेंसी डोमेन में बैंड संरचना तथा बैंडगैप उत्पन्न होते हैं। चूँकि प्रणाली में माध्यम और प्रकाश के बीच ऊर्जा का आदान-प्रदान होता है, इसलिए ऊर्जा संरक्षण का नियम लागू नहीं रहता और प्रणाली स्वाभाविक रूप से नॉन-हर्मिशियन बन जाती है[6]। यही विशेषता फोटोनिक टाइम क्रिस्टल को सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण बनाती है

3. फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग तंत्र

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग का सैद्धांतिक आधार समय-निर्भर माध्यम में मैक्सवेल समीकरणों की गैर-स्वायत्त प्रकृति से उत्पन्न होता है। किसी समरूप माध्यम में जहाँ विद्युत पारगम्यता समय के साथ आवधिक रूप से परिवर्तित होती है, उसे सामान्यतः निम्न प्रकार निरूपित किया जा सकता है:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon \cos(\Omega t) \quad (2)$$

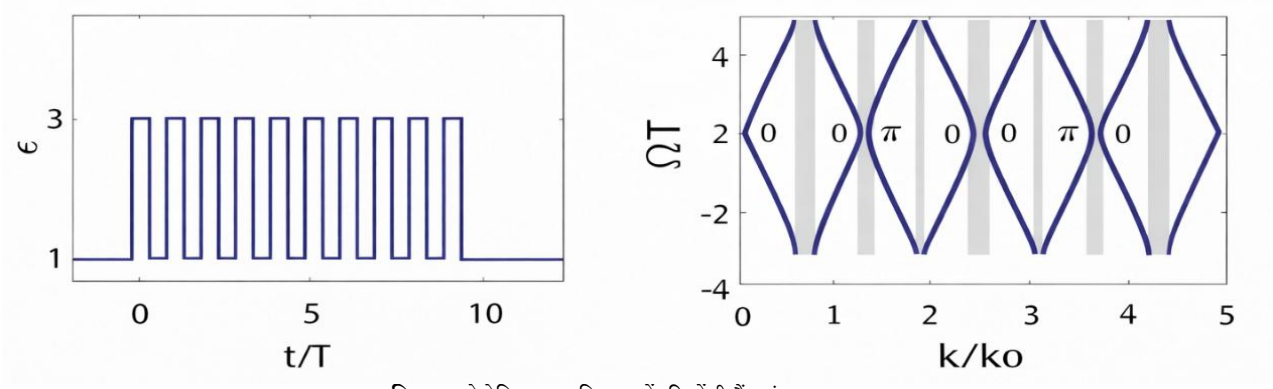
जहाँ ε_0 स्थिर पारगम्यता, $\Delta\varepsilon$ माड्यूलेशन आयाम तथा Ω समयीय माड्यूलेशन की कोणीय आवृत्ति है। इस समय-निर्भरता के कारण तरंग समीकरण निम्न रूप ग्रहण करता है[7]:

$$\nabla^2 \mathrm{E} - \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2}[\varepsilon(t)\mathrm{E}] = 0 \quad (3)$$

यह समीकरण Floquet प्रकार का बन जाता है, जिसके समाधान समयीय Bloch अवस्थाओं के रूप में लिखे जा सकते हैं:

$$\mathrm{E}(t) = e^{-i\omega t} \sum_n \mathrm{E}_n e^{-in\Omega t} \quad (4)$$

यहाँ ω क्वासी-आवृत्ति (quasi-frequency) है।



चित्र 2- फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में फ्रीक्वेंसी बैंड संरचना

3.1. फ्रीक्वेंसी-शिफ्ट आधारित सेंसिंग

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में वेव-वेक्टर k संरक्षित रहता है, जबकि बाहरी व्यवधानों के कारण प्रणाली की क्वासी-आवृत्ति ω परिवर्तित होती है। यदि किसी पर्यावरणीय पैरामीटर p (जैसे अपवर्तनांक या तापमान) में सूक्ष्म परिवर्तन δp उत्पन्न होता है, तो आवृत्ति स्थानांतरण को प्रथम कोटि में निम्न प्रकार लिखा जा सकता है:

$$\delta\omega = \left(\frac{\partial\omega}{\partial p}\right)\delta p \quad (5)$$

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में $\partial\omega/\partial p$ का मान पारंपरिक स्थानिक फोटोनिक प्रणालियों की तुलना में अधिक होता है, जिसके परिणामस्वरूप संवेदनशीलता में उल्लेखनीय वृद्धि होती है।

3.2. समयीय बैंडगैप मॉड्यूलेशन आधारित सेंसिंग

समयीय आवधिकता के कारण फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में विशिष्ट आवृत्तियों पर बैंडगैप उत्पन्न होते हैं। कमजोर माड्यूलेशन की स्थिति में, प्रथम क्रम का बैंडगैप लगभग निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है:

$$\Delta\omega_{\mathrm{gap}} \approx \frac{\omega_0}{2}\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (6)$$

जहाँ ω_0 ब्रैग-शर्त को संतुष्ट करने वाली केंद्रीय आवृत्ति है। यदि बाहरी व्यवधान के कारण

$\Delta\varepsilon - \Delta\varepsilon + \delta(\Delta\varepsilon)$ होता है, तो बैंडगैप में परिवर्तन: $\delta(\Delta\omega_{\mathrm{gap}}) \propto \delta(\Delta\varepsilon)$ के रूप में प्राप्त होता है। यह बैंडगैप परिवर्तन सेंसिंग संकेत के रूप में उपयोग किया जाता है।

3.3. असाधारण बिंदु आधारित सेंसिंग (Exceptional-Point Sensing)

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में असाधारण बिंदु आधारित सेंसिंग नॉन-हर्मिशियन गतिकी से उत्पन्न एक अत्यंत प्रभावी तंत्र है, जिसमें प्रणाली की प्रकाशीय प्रतिक्रिया बाहरी व्यवधानों के प्रति असामान्य रूप से तीव्र संवेदनशीलता प्रदर्शित करती है। असाधारण बिंदु वे विशिष्ट स्थितियाँ होती हैं जहाँ प्रणाली के स्वमान (eigenvalues) और स्ववेक्टर (eigenvectors) दोनों एक-दूसरे में विलीन हो जाते हैं। फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में यह स्थिति सामान्यतः समयीय माड्यूलेशन द्वारा उत्पन्न प्रभावी लाभ-हानि संतुलन और मोड-कपलिंग के कारण प्राप्त होती है।

गणितीय रूप से, EP-based सेंसिंग को समझने के लिए फोटोनिक टाइम क्रिस्टल के दो प्रमुख समयीय मोडों के बीच की अंतःक्रिया को एक प्रभावी द्वि-मोडीय नॉन-हर्मिशियन Hamiltonian द्वारा निरूपित किया जा सकता है[5,8]:

$$H_{\text{eff}} = \begin{pmatrix} \omega_0 + i\gamma & g \\ g & \omega_0 - i\gamma \end{pmatrix},$$

जहाँ ω_0 केंद्रीय क्वासी-आवृत्ति, g मोड-कपलिंग स्थिरांक तथा γ समयीय माड्यूलेशन से उत्पन्न प्रभावी लाभ/हानि पैरामीटर को दर्शाता है। इस Hamiltonian के स्वमान निम्न प्रकार प्राप्त होते हैं:

$$\lambda_{\pm} = \omega_0 \pm \sqrt{g^2 - \gamma^2}.$$

जब $g = \gamma$, तब वर्गमूल पद शून्य हो जाता है और दोनों स्वमान तथा उनके संबंधित स्ववेक्टर एक ही बिंदु पर सहस्थित हो जाते हैं। यही स्थिति द्वितीय-क्रम असाधारण बिंदु (EP2) कहलाती है।

EP-based सेंसिंग का मूल लाभ यह है कि EP के समीप प्रणाली की प्रतिक्रिया बाहरी व्यवधानों के प्रति गैर-रेखीय स्केलिंग प्रदर्शित करती है। यदि किसी बाहरी पर्यावरणीय पैरामीटर p में सूक्ष्म परिवर्तन ϵ उत्पन्न होता है, तो यह Hamiltonian में एक छोटा विक्षोभ जोड़ देता है, जिसके परिणामस्वरूप स्वमान विभाजन निम्न प्रकार स्केल करता है:

$$\Delta\lambda \propto \epsilon^{1/2}.$$

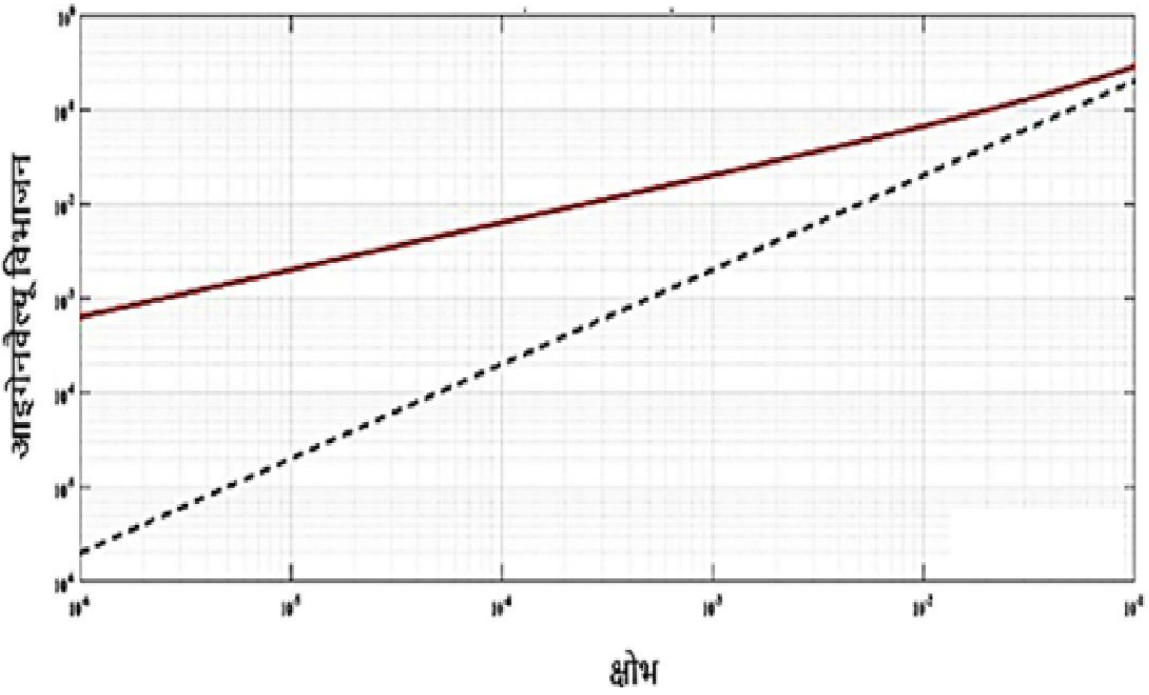
यह वर्गमूल-आधारित निर्भरता पारंपरिक हर्मिशियन प्रणालियों में पाई जाने वाली रैखिक स्केलिंग ($\Delta\lambda \propto \epsilon$) की तुलना में कहीं अधिक संवेदनशील प्रतिक्रिया उत्पन्न करती है। इसी कारण EP के समीप कार्यरत फोटोनिक टाइम क्रिस्टल सेंसर अत्यंत सूक्ष्म अपवर्तनांक, तापमान अथवा बाहरी क्षेत्र परिवर्तनों का भी प्रभावी रूप से पता लगाने में सक्षम होते हैं।

उच्च-क्रम असाधारण बिंदुओं की स्थिति में यह संवेदनशीलता और अधिक बढ़ जाती है। यदि प्रणाली को N-क्रम असाधारण बिंदु (EPN) पर संचालित किया जाए, तो स्वमान विभाजन का स्केलिंग नियम सामान्यतः

$$\Delta\lambda \propto \epsilon^{1/N}$$

के रूप में प्राप्त होता है। इससे स्पष्ट है कि जैसे-जैसे EP का क्रम बढ़ता है, प्रणाली की सेंसिंग क्षमता और अधिक तीव्र होती जाती है। फोटोनिक टाइम क्रिस्टल में समयीय माड्यूलेशन के माध्यम से ऐसे उच्च-क्रम EPs का साकार किया जाना सैद्धांतिक रूप से संभव है, जो अल्ट्रा-हाई-सेंसिटिव सेंसिंग प्लेटफॉर्म के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है।

इसके अतिरिक्त, EP-based फोटोनिक टाइम क्रिस्टल सेंसिंग में फ्रीक्वेंसी-डोमेन मापन एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। चूँकि आउटपुट संकेत आवृत्ति स्थानांतरण के रूप में प्राप्त होता है, इसलिए यह तकनीक तीव्र शोर के प्रति अपेक्षाकृत अधिक स्थिर होती है और उच्च सटीकता वाले स्पेक्ट्रल मापन की अनुमति देती है। इस प्रकार, असाधारण बिंदु आधारित सेंसिंग फोटोनिक टाइम क्रिस्टल को पारंपरिक रेज़ोनेटर-आधारित सेंसरों से भिन्न और अधिक शक्तिशाली बनाती है। चित्र से यह स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है कि छोटे ϵ के क्षेत्र में EP-आधारित सेंसिंग (लाल रेखा) और पारंपरिक सेंसिंग (काली रेखा) के बीच कई क्रम का अंतर उत्पन्न हो जाता है। यही अंतर संवेदनशीलता वृद्धि) का मूल कारण है और EP-आधारित सेंसिंग को अल्ट्रा-सेंसिटिव सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए अत्यंत आकर्षक बनाता है।



चित्र 3-असाधारण बिंदु के समीप संवेदनशीलता में वृद्धि। (सॉलिड रेखा के द्वारा ई-पी आधारित सेंसिंग को दर्शाया गया है जबकि डैश रेखा के द्वारा परम्परागत सेंसिंग को दर्शाया गया है)

4. सेंसिंग में अनुप्रयोग

हालिया अनुसंधानों के अनुसार, फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग विभिन्न भौतिक एवं रासायनिक प्रणालियों में अत्यधिक संभावनाएँ प्रदर्शित करती है, क्योंकि समय-आधारित आवधिकता प्रकाशीय संकेतों को सीधे फ्रीक्वेंसी डोमेन में नियंत्रित करने की अनुमति देती है। विशेष रूप से, अपवर्तनांक एवं डायइलेक्ट्रिक वातावरण सेंसिंग में फोटोनिक टाइम क्रिस्टल अत्यंत प्रभावी सिद्ध होते हैं। किसी परिवेश में उपस्थित माध्यम के अपवर्तनांक या पारगम्यता में सूक्ष्म परिवर्तन समयीय बैंड संरचना में आवृत्ति स्थानांतरण उत्पन्न करता है, जिसे उच्च सटीकता वाले स्पेक्ट्रल मापन द्वारा आसानी से पहचाना जा सकता है। असाधारण बिंदुओं के समीप संचालित प्रणालियों में यह आवृत्ति स्थानांतरण गैर-रेखीय रूप से बढ़ जाता है, जिससे अत्यंत सूक्ष्म परिवर्तनों का भी प्रभावी पता लगाया जा सकता है।

जैव-सेंसिंग एवं रासायनिक पहचान के क्षेत्र में, फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित प्लेटफॉर्म विशेष रुचि का विषय बनते जा रहे हैं। जैविक अणुओं या रासायनिक प्रजातियों के अवशोषण अथवा बाइंडिंग के कारण स्थानीय डायइलेक्ट्रिक गुणों में होने वाला परिवर्तन सीधे समयीय माड्यूलेशन से उत्पन्न क्वासी-आवृत्तियों को प्रभावित करता है। चूँकि यह सेंसिंग फ्रीक्वेंसी-डोमेन में संपन्न होती है, इसलिए यह तकनीक पारंपरिक इंटेंसिटी-आधारित जैव-सेंसर्स की तुलना में शोर के प्रति अधिक स्थिर होती है और उच्च चयनात्मकता प्रदान करती है।

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल तापमान, तनाव एवं यांत्रिक विकृति सेंसिंग के लिए भी एक शक्तिशाली मंच प्रदान करते हैं। तापीय या यांत्रिक प्रभावों के कारण माध्यम के भौतिक गुणों में होने वाले सूक्ष्म परिवर्तन समयीय माड्यूलेशन की प्रभावी तीव्रता और आवृत्ति को परिवर्तित कर देते हैं। परिणामस्वरूप, आउटपुट स्पेक्ट्रम में मापनीय फ्रीक्वेंसी शिफ्ट अथवा बैंडगैप परिवर्तन उत्पन्न होते हैं। EP-आधारित संचालन में यह प्रभाव और अधिक प्रबल हो जाता है, जिससे संरचनात्मक स्वास्थ्य निगरानी एवं माइक्रो-नैनो यांत्रिक प्रणालियों के लिए उच्च-संवेदनशील सेंसिंग संभव होती है।

इसके अतिरिक्त माइक्रोवेव एवं टेराहर्ट्ज़ मेट्रोलॉजी में फोटोनिक टाइम क्रिस्टल विशेष रूप से उपयोगी हैं, क्योंकि इन आवृत्ति क्षेत्रों में समय-आधारित माड्यूलेशन को व्यावहारिक रूप से लागू करना अपेक्षाकृत सरल होता है। समयीय बैंडगैप और नॉन-रिकिप्रोकल फ्रीक्वेंसी कन्वर्ज़न के माध्यम से अत्यंत सूक्ष्म फ्रीक्वेंसी विचलनों और फेज़ परिवर्तनों का पता लगाया जा सकता है, जो उच्च-सटीकता मेट्रोलॉजिकल अनुप्रयोगों के लिए महत्वपूर्ण है।

अंततः फोटोनिक टाइम क्रिस्टल क्वांटम-सीमित उच्च-सटीकता सेंसिंग के क्षेत्र में भी उभरते हुए प्लेटफॉर्म के रूप में देखे जा रहे हैं। नॉन-हर्मिशियन गतिकी और असाधारण बिंदुओं के कारण उत्पन्न संवेदनशीलता वृद्धि, क्वांटम शोर सीमा के समीप कार्यरत प्रणालियों में सिग्नल प्रवर्धन के नए मार्ग खोलती है[5,8]। इस प्रकार, फोटोनिक टाइम क्रिस्टल भविष्य की क्वांटम सेंसिंग एवं क्वांटम सूचना प्रौद्योगिकियों के लिए भी अत्यंत प्रासंगिक हैं।

इन सभी अनुप्रयोगों में यह विशेष रूप से उल्लेखनीय है कि फ्रीक्वेंसी-डोमेन मापन की केंद्रीय भूमिका होती है। चूँकि सेंसिंग संकेत आवृत्ति स्थानांतरण या बैंड संरचना परिवर्तन के रूप में प्राप्त होते हैं, इसलिए यह दृष्टिकोण पारंपरिक स्थानिक रेज़ोनेटर-आधारित तकनीकों की गुणवत्ता गुणांक एवं विवर्तन-सीमाओं से जुड़ी समस्याओं को काफी हद तक कम करता है।

5. निष्कर्ष

फोटोनिक टाइम क्रिस्टल आधारित सेंसिंग समय-आधारित आवधिकता के माध्यम से प्रकाश–माध्यम अंतःक्रिया को नियंत्रित करने का एक मौलिक रूप से नया दृष्टिकोण प्रस्तुत करती है। नॉन-हर्मिशियन गतिकी और असाधारण बिंदुओं की उपस्थिति पारंपरिक रैखिक सेंसिंग सीमाओं से परे संवेदनशीलता वृद्धि को संभव बनाती है। विशेष रूप से, वर्गमूल एवं उच्च-क्रम स्केलिंग व्यवहार यह दर्शाता है कि अत्यंत सूक्ष्म पर्यावरणीय व्यवधान भी मापनीय फ्रीक्वेंसी संकेत उत्पन्न कर सकते हैं। फ्रीक्वेंसी-डोमेन आधारित मापन तकनीकें शोर के प्रति अधिक स्थिरता प्रदान करती हैं और गुणवत्ता गुणांक तथा स्थानिक विवर्तन सीमाओं पर निर्भरता को कम करती हैं। एकीकृत फोटोनिक प्लेटफॉर्म और मेटासर्फेस आधारित समयीय माड्यूलेशन के विकास से व्यावहारिक कार्यान्वयन की संभावनाएँ और प्रबल होती जा रही हैं। साथ ही, उच्च-क्रम असाधारण बिंदुओं तथा क्वांटम शोर के प्रभावों का अध्ययन भविष्य की क्वांटम-सीमित सेंसिंग तकनीकों के लिए नए अवसर प्रदान करता है। समग्र रूप से, फोटोनिक टाइम क्रिस्टल फोटोनिक्स, नॉन-हर्मिशियन भौतिकी और सेंसिंग विज्ञान के संगम पर स्थित एक उभरता हुआ मंच है, जो अगली पीढ़ी की अल्ट्रा-सेंसिटिव और अनुकूलनीय सेंसिंग प्रणालियों के विकास में निर्णायक भूमिका निभा सकता है।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

[1]. Asgari, M. M., Garg, P., et al. (2024). Photonic time crystals: Theory and applications, 1–98. http://arxiv.org/abs/2404.04899
[2]. El-ganainy, R., Makris, K. G., et al. (2018). Non-Hermitian physics and PT symmetry. Nature photonics, 14(1), 11–19. https://doi.org/10.1038/nphys4323
[3]. Feng, L., Ge, L., Lu, M. H., & Schomerus, H. (2025). Non-Hermitian photonics: Applied Physics Letters, 126(3). https://doi.org/10.1063/5.0256846
[4]. Heiss, W. D. (2012). The physics of exceptional points. https://doi.org/10.1088/1751-8113/45/44/444016
[5]. Kawabata, K., Bessho, T. et al. (2019). Classification of Exceptional Points and Non-Hermitian Topological Semimetals, 066405, 1–7. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.066405
[6]. Rüter, C. E., Makris, K. G., et al. (2010). Observation of parity – time symmetry in optics. Nature Physics, 6–9. https://doi.org/10.1038/nphys1515
[7]. Saurabh Mani Tripathi Shalini Kumari, K. K. N. A. (2025). Exceptional Point Dynamics in Photonic Time Crystals for Enhanced Optical Sensing. ArXiv, 1–10. http://arxiv.org/abs/2512.02945v1
[8]. Taravati, S., Kishk, A. et al. (2024). Finite-Difference Time-Domain Simulation of Wave Transmission Through Space-Time-Varying Media, 1–14. http://arxiv.org/abs/2409.19923

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.7

आर्यभट्ट-महान भारतीय गणितज्ञ और उनके योगदान

हरीश चंद्र[1]* , बीना भट्ट[2]

[1]गणित एवं वैज्ञानिक संगणन विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, (उ० प्र०), भारत 273010
[2]भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग , मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, (उ० प्र०), भारत 273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- hcmsc@mmmut.ac.in

आलेख प्राप्त: ११ फरवरी २०२६; स्वीकृत: २६ फरवरी २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २० मार्च २०२६

सारांश

यह लेख पाँचवीं शताब्दी के महान भारतीय गणितज्ञ एवं खगोलविद आर्यभट्ट के जीवन, कृतित्व तथा आधुनिक गणित और खगोल विज्ञान पर उनके दीर्घकालिक प्रभाव का समग्र अध्ययन प्रस्तुत करता है। विशेष रूप से आर्यभट्ट की साइन (ज्या) सारणी, त्रिकोणमितीय विधियों तथा सीमित अंतर तकनीकों का विश्लेषण करते हुए यह दर्शाया गया है, कि उनके कार्यों में आधुनिक कैलकुलस की प्रारंभिक अवधारणाओं की स्पष्ट झलक मिलती है। आर्यभटीय में प्रस्तुत उनकी गणनात्मक पद्धतियाँ, π का सन्निकटन, स्थान-मूल्य प्रणाली, बीजगणितीय समीकरणों के समाधान तथा खगोलीय गणनाएँ प्राचीन भारतीय वैज्ञानिक परंपरा की उन्नत स्थिति को प्रदर्शित करती हैं। लेख में आर्यभट्ट के खगोलशास्त्रीय विचारों - जैसे पृथ्वी का घूर्णन, ग्रहणों की वैज्ञानिक व्याख्या और वर्ष की लंबाई का सटीक निर्धारण का भी विवेचन किया गया है। यह अध्ययन स्पष्ट करता है कि आर्यभट्ट का योगदान न केवल ऐतिहासिक दृष्टि से महत्वपूर्ण है, बल्कि आधुनिक गणितीय विश्लेषण और वैज्ञानिक चिंतन की जड़ों को समझने में भी अत्यंत उपयोगी है।

मुख्य शब्द: आर्यभटीय, साइन तालिका, त्रिकोणमिति, सीमित अंतर विधि, भारतीय गणित

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.7

Aryabhata - The Great Indian Mathematician and his Contributions

Harish Chandra[1*], Benna Bhatt[2]
[1]Department of Mathematics and Scientific Computing, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, (U.P.), India-273010
[2]Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, (U.P.), India-273010
Corresponding Author Email*: hcmsc@mmmut.ac.in

Submitted On: 11 February 2026; Accepted On: 25 February 2026
Published Online First: 20 March 2026

Abstract

This paper presents a comprehensive study of the life, works, and long-term impact of the great fifth-century Indian mathematician and astronomer Aryabhata on modern mathematics and astronomy. Accordingly, through an examination of his sine table, trigonometry, and finite difference approaches, the presence of concepts related to modern calculus is clearly evident. Specifically, with regard to computational methods such as approximations of π, use of the decimal system, solving equations, and astronomical calculations, it is evident how sophisticated the ancient Indian tradition was with regard to science. Evidently, it must be stated that the various theories and approaches which Aryabhata had proposed in terms of the Earth's rotation, scientific theories applied to eclipses, as well as the exact calculation of the year's length, are evident here. However, drawing on how the general contributions made by Aryabhata can be considered of value in regard to understanding modern math and science analysis must be clearly gleaned and stated here.

Keywords: Aryabhatiya, sine table, trigonometry, finite difference method, Indian mathematics

लेखक परिचय

डॉ. हरीश चंद्र

डॉ. हरीश चंद्र मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर में गणित एवं वैज्ञानिक संगणना विभाग के सहायक प्रोफेसर के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने अपनी प्रारम्भिक शिक्षा उत्तर प्रदेश से प्राप्त की तथा गणित विषय में उच्च शिक्षा हासिल की। उन्होंने लखनऊ विश्वविद्यालय से बी.एससी. और एम.एससी. गणित में उत्कृष्ट प्रदर्शन के साथ उत्तीर्ण किया तथा बाद में वहीं से गणित विषय में पीएच.डी. की उपाधि प्राप्त की। डॉ. हरिश चंद्र ने UGC-NET (JRF) परीक्षा भी उत्तीर्ण की और शोध कार्य के दौरान जूनियर तथा सीनियर रिसर्च फेलो के रूप में कार्य किया। वर्ष 2015 से वे मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय में अध्यापन एवं अनुसंधान कार्य कर रहे हैं। उनका प्रमुख शोध क्षेत्र बीजगणित (Algebra), ग्रुप रिंग्स, क्रिप्टोग्राफी तथा गणितीय मॉडलिंग है। उन्होंने राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय शोध पत्रिकाओं में अनेक शोध पत्र प्रकाशित किए हैं तथा विभिन्न शोध परियोजनाओं में भी महत्वपूर्ण योगदान दिया है। डॉ. हरिश चंद्र छात्रों को गुणवत्तापूर्ण शिक्षा प्रदान करने और गणितीय अनुसंधान को आगे बढ़ाने के लिए निरंतर कार्य कर रहे हैं।

डॉ. बीना भट्ट

डॉ. बीना भट्ट मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर के भौतिकी विभाग में सहायक प्रोफेसर (अतिथि शिक्षक) के पद पर कार्यरत हैं। वे एक अनुभवी शिक्षिका एवं शोधकर्ता हैं और भौतिकी के क्षेत्र में शिक्षण तथा अनुसंधान कार्य से जुड़ी हुई हैं। उन्होंने भौतिकी विषय में उच्च शिक्षा प्राप्त कर पीएच.डी. की उपाधि हासिल की तथा अपने शैक्षणिक जीवन में वैज्ञानिक अनुसंधान को विशेष महत्व दिया है। डॉ. बीना भट्ट का प्रमुख शोध क्षेत्र **सौर भौतिकी (Solar Physics)** है, जिसमें सूर्य की संरचना, सौर गतिविधियाँ तथा उनके पृथ्वी और अंतरिक्ष वातावरण पर प्रभाव का अध्ययन किया जाता है। उन्होंने राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय स्तर की शोध पत्रिकाओं और वैज्ञानिक सम्मेलनों में अपने शोध कार्य प्रस्तुत किए हैं। MMMUT में वे विद्यार्थियों को भौतिकी विषय की गुणवत्तापूर्ण शिक्षा प्रदान करने के साथ-साथ शोध और वैज्ञानिक सोच को प्रोत्साहित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं।

परिचय

आर्यभट्ट (476 ई.–550 ई.), जिन्हें आर्यभट्ट प्रथम या बड़े आर्यभट्ट के नाम से भी जाना जाता है, प्राचीन भारत के महानतम गणितज्ञों और खगोलविदों में से एक थे। उनके कार्यों ने न केवल भारतीय गणितीय परंपरा को समृद्ध किया, बल्कि इस्लामी जगत और यूरोप तक भी गहरा प्रभाव डाला। उनका प्रसिद्ध ग्रंथ आर्यभटीय बीजगणित, अंकगणित, त्रिकोणमिति और खगोलीय गणनाओं में मौलिक योगदान प्रस्तुत करता है। आर्यभट्ट वैज्ञानिक दृष्टिकोण से युक्त विद्वान थे, जिन्होंने पौराणिक व्याख्याओं के स्थान पर तार्किक एवं गणनात्मक पद्धतियों को अपनाया। उन्होंने पृथ्वी के घूर्णन, ग्रहणों की वैज्ञानिक व्याख्या तथा त्रिकोणमितीय फलनों के विकास जैसे विषयों पर महत्वपूर्ण विचार प्रस्तुत किए। उनके गणितीय योगदानों ने न केवल अपने समय की समस्याओं का समाधान किया, बल्कि आने वाली पीढ़ियों के विद्वानों के लिए भी आधार प्रदान किया। इस लेख का उद्देश्य आर्यभट्ट के जीवन, उनके गणितीय एवं खगोलीय योगदानों तथा आधुनिक गणित के विकास पर उनके प्रभाव का समग्र अध्ययन प्रस्तुत करना है। (चित्र 1)

2. प्रारंभिक जीवन और पृष्ठभूमि

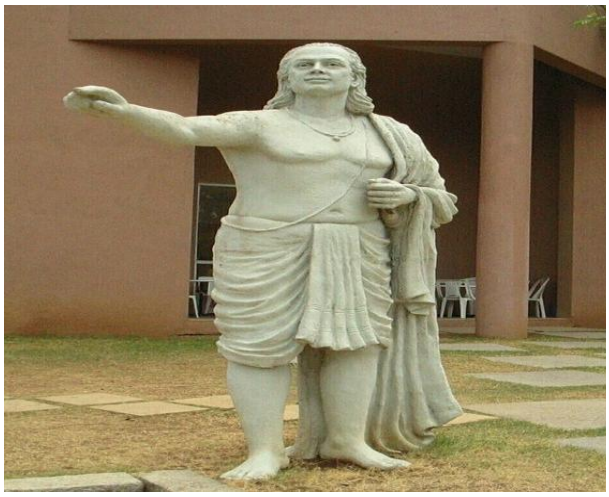
आर्यभट्ट के विशाल योगदानों के बावजूद, उनके प्रारंभिक जीवन के बारे में कम ही ज्ञात है। उनका सटीक जन्मस्थान अनिश्चित बना हुआ है। कुछ ऐतिहासिक रिकॉर्डों का सुझाव है कि उनका जन्म कुसुमपुर में हुआ था, जो आधुनिक पटना के पास बिहार में था और उस समय गुप्त वंश की राजधानी थी, जबकि अन्य का मानना है कि वे केरल से हो सकते थे, जो अपने विद्वानों की परंपराओं के लिए जाना जाता है। आर्यभट्ट ने अपना अधिकांश शैक्षणिक जीवन कुसुमपुर में बिताया, जो ज्ञान का प्रमुख केंद्र था और संभवतः प्रसिद्ध नालंदा विश्वविद्यालय का घर भी था। इतिहासकारों का मानना है कि आर्यभट्ट ने गणित और खगोल विज्ञान में उन्नत शिक्षा प्राप्त की, जो प्राचीन भारत में अत्यधिक विकसित क्षेत्र थे। नालंदा या इसी प्रकार के संस्थानों के कठोर बौद्धिक वातावरण के संपर्क में आने से उन्हें क्रांतिकारी विचार विकसित करने में मदद मिली, जिसने इन विषयों को काफी आगे बढ़ाया। आर्यभट्ट का सबसे प्रभावशाली ग्रंथ 'आर्यभटीय' 499 ईस्वी में रचित हुआ था। यह संस्कृत ग्रंथ 121 श्लोकों में विभाजित चार भागों में बनाया गया है: गीतिकापद – बड़े संख्याओं और समय के मापों को कवर करता है। गणितपद – अंकगणित, बीजगणित और त्रिकोणमिति पर केंद्रित है। कलाक्रियापद – ग्रहों की गति और समय मापन से सम्बंधित है। गोलापद – गोलाकार खगोलशास्त्र और खगोलीय यांत्रिकी की खोज करता है।

आर्यभटीय का अध्ययन पूरे भारत में व्यापक रूप से किया गया और बाद में इस्लामी स्वर्ण युग के दौरान इसका अरबी में अनुवाद किया गया, जिससे अल-ख्वारिज़्मी और अल-बिरूनी जैसे मध्यकालीन खगोलविद प्रभावित हुए। आर्यभट्ट के गणित और खगोलशास्त्र संबंधी कार्यों का प्रभाव भारत से बाहर भी फैला। उनके ग्रंथों के अरबी अनुवादों के माध्यम से मध्य पूर्व और यूरोप के विद्वान भी प्रभावित हुए। आर्यभट्ट से प्रभावित कुछ प्रमुख व्यक्तियों में शामिल हैं:

अल-ख्वारिज़्मी (9वीं शताब्दी) – फारसी गणितज्ञ जिन्होंने आर्यभट्ट की अवधारणाओं के आधार पर बीजगणित का और विकास किया।

अल-बिरूनी (11वीं शताब्दी) – इस्लामी विद्वान जिन्होंने भारतीय गणित और खगोल विज्ञान का अध्ययन किया और आर्यभट्ट के प्रभाव को स्वीकार किया।

यूरोपीय खगोलविद – आर्यभट्ट के सूर्यकेंद्रित विचार पुनर्जागरण काल में उभरे, जो कॉपर्निकस और गैलीलियो के मॉडलों के अनुरूप थे।



चित्र 1: आर्यभट्ट (कलात्मक चित्र), स्रोत: Cpjha13, *Aryabhatta of Bihar*, विकिमीडिया कॉमन्स, CC BY-SA 4.0.3. [11]

3. साहित्य समीक्षा

आर्यभट्ट और उनके गणितीय एवं खगोलीय योगदानों पर देश-विदेश में अनेक विद्वानों द्वारा अध्ययन किया गया है। भास्कर प्रथम और नीलकंठ सोमयाजी जैसे प्रारंभिक टीकाकारों ने आर्यभटीय की व्याख्या करते हुए उसकी गणितीय संरचनाओं को स्पष्ट किया। भास्कर प्रथम ने विशेष रूप से आर्यभट्ट की ज्या तालिका और त्रिकोणमितीय विधियों का विश्लेषण किया, जिससे यह स्पष्ट हुआ कि ये तकनीकें व्यावहारिक गणनाओं के लिए अत्यंत उपयोगी थीं [1]।

आधुनिक इतिहासकारों जैसे काजोरी [3], दत्त और सिंह [4] तथा पिंग्री [10] ने आर्यभट्ट की अवधारणाओं का ऐतिहासिक एवं गणितीय पुनर्मूल्यांकन किया। इन अध्ययनों से यह सिद्ध हुआ कि आर्यभट्ट की त्रिकोणमितीय पद्धतियाँ यूरोपीय गणित से कई शताब्दियों पूर्व विकसित हो चुकी थीं। हयाशी [5] ने आर्यभट्ट की साइन तालिका की गणनात्मक संरचना का विश्लेषण करते हुए इसे सीमित अंतर विधियों का प्रारंभिक उदाहरण माना।

हाल के अध्ययनों में आर्यभट्ट की विधियों को आधुनिक कैलकुलस की अवधारणाओं से जोड़ा गया है। जोसेफ [7] और केलर [8] ने यह दर्शाया कि आर्यभट्ट की गणनात्मक पद्धतियाँ गणितीय विश्लेषण की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम थीं। इस प्रकार उपलब्ध साहित्य यह स्पष्ट करता है कि आर्यभट्ट का योगदान केवल ऐतिहासिक महत्व का नहीं है, बल्कि आधुनिक गणितीय चिंतन की जड़ों से भी गहराई से जुड़ा हुआ है।

4. आर्यभटीय और उसका महत्व

आर्यभट्ट का प्रमुख ग्रंथ आर्यभटीय 499 ईस्वी में रचित हुआ। यह संस्कृत ग्रंथ कुल 121 श्लोकों में विभक्त चार भागों में संरचित है गीतिकापद, गणितपद, कलाक्रियापद और गोलापद। गीतिकापद में बड़ी संख्याओं और समय मापन की विधियों का वर्णन है। गणितपद अंकगणित, बीजगणित और त्रिकोणमिति से संबंधित है। कलाक्रियापद ग्रहों की गति, समय गणना और खगोलीय घटनाओं के अध्ययन पर केंद्रित है, जबकि गोलापद गोलाकार खगोलशास्त्र और खगोलीय यांत्रिकी की विवेचना करता है।

आर्यभटीय का अध्ययन भारत में व्यापक रूप से किया गया और इस्लामी स्वर्ण युग के दौरान इसका अरबी भाषा में अनुवाद हुआ। इसके माध्यम से आर्यभट्ट की अवधारणाएँ अल-ख्वारिज़्मी और अल-बिरूनी जैसे विद्वानों तक पहुँचीं और मध्यकालीन खगोलशास्त्र एवं गणित के विकास में सहायक बनीं।

5. गणितीय योगदान

आर्यभट्ट का गणित में योगदान विशाल और आधुनिक गणितीय सिद्धांतों के विकास के लिए मौलिक था। उनके कार्यों में संख्या सिद्धांत, बीजगणित, त्रिकोणमिति और ज्यामिति शामिल थे, जिसने आने वाली शताब्दियों में विद्वानों के लिए आधार प्रदान किया। उनके कुछ सबसे उल्लेखनीय योगदान इस प्रकार हैं:

5.1 दशमलव स्थान-मूल्य प्रणाली

यद्यपि आर्यभट्ट ने शून्य की अवधारणा का आविष्कार नहीं किया, फिर भी उन्होंने स्थान-मूल्य प्रणाली के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। उन्होंने संख्याओं को निरूपित करने के लिए संस्कृत वर्णों का प्रयोग किया, जिसे 'आर्यभट्ट अंकन प्रणाली' कहा जाता है। इस प्रणाली ने दशमलव संख्या पद्धति के परिष्कार में योगदान दिया, जिसे बाद में इस्लामी विद्वानों के माध्यम से यूरोप तक पहुँचाया गया और जो आधुनिक अंकगणित की आधारशिला बनी। शून्य का औपचारिक उपयोग बाद में ब्रह्मगुप्त (7वीं सदी) द्वारा विकसित किया गया [2]।

5.2 π (पाई) का मान

आर्यभट्ट ने π का एक अत्यंत सटीक मान प्रस्तुत किया। उन्होंने $62,832/20,000 = 3.1416$ का मान दिया, जो वास्तविक मान 3.14159 के अत्यंत समीप है और समान समकोण त्रिभुजो और दो प्रतिच्छेद करने वाली वृत्तों के गुणों को विकसित करते हैं। आर्यभट्ट ने π का प्रारंभिक अनुमान प्रदान किया और कहा कि यह अपरिमेय है। उन्होंने इस विचार को काव्यात्मक रूप में व्यक्त किया, जो प्राचीन भारत में ज्ञान को संरक्षित करने का एक सामान्य तरीका था।। उनका प्रसिद्ध श्लोक है —

चतुरधिकं शतमष्टगुणं द्वाषष्टिस्तथा सहस्राणाम्।
अयुतद्वयविष्कम्भस्यासन्नो वृत्तपरिणाहः॥

इसका अर्थ है — 100 में 4 जोड़कर उसे 8 से गुणा करें और फिर उसमें 62,000 जोड़ें; इससे 20,000 व्यास वाले वृत्त की परिधि प्राप्त होती है। यह प्राचीन गणित में π के सन्निकटन का उत्कृष्ट उदाहरण है।

5.3 बीजगणित और द्विघात समीकरण

आर्यभट्ट ने रैखिक और द्विघात समीकरणों के समाधान हेतु नवीन विधियाँ प्रस्तुत कीं। उनके सूत्रों ने ब्रह्मगुप्त, भास्कर प्रथम और अल-ख्वारिज़्मी जैसे बाद के गणितज्ञों के कार्यों के लिए मार्ग प्रशस्त किया। इन विधियों का प्रभाव इस्लामी गणित और बाद में यूरोपीय बीजगणितीय परंपरा में भी स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है।

5.4 त्रिकोणमिति और साइन तालिकाएँ

आर्यभट्ट ने त्रिकोणमिति के प्रारंभिक स्वरूप का विकास किया। उन्होंने sine को 'ज्या', cosine को 'कोज्या' तथा versine को 'सरा' के रूप में

परिभाषित किया। उन्होंने अपनी साइन तालिका के लिए आधार वृत्त की त्रिज्या 3438 को चुना, क्योंकि उस वृत्त की परिधि लगभग 21600 मिनट होती है, जो कोण मापन की प्रणाली के अनुकूल है। इस पैरामीटर के चयन का तर्क यह विचार है कि किसी वृत्त की परिधि को कोण माप में मापा जा सकता है। खगोलीय गणनाओं में दूरीयों को डिग्री, मिनट, सेकंड आदि में मापा जाता है। इस माप में, किसी वृत्त की परिधि 360° = (60 × 360) मिनट = 21600 मिनट होती है। उस वृत्त की त्रिज्या, जिसकी परिधि 21600 मिनट है, 21600 / 2π मिनट होती है। अतः $\pi = 3.1416$ के मान का उपयोग करके, जो आर्यभट्ट को ज्ञात था, इस वृत्त की त्रिज्या लगभग 3438 मिनट होती है। उन्होंने 0° से 90° तक प्रत्येक 3°45′ के अंतराल पर अर्ध-ज्या के मानों की गणना की और उन्हें कूटात्मक श्लोक के रूप में प्रस्तुत किया —

मखि भखि फखि धखि णखि ञखि ङखि हस्झ स्ककि किष्ग श्घकि किघ्व |
घ्लकि किग्र हक्य धकि किच स्ग झश ङ्व क्ल ष्म फ छ कला-अर्ध-ज्यास् ||

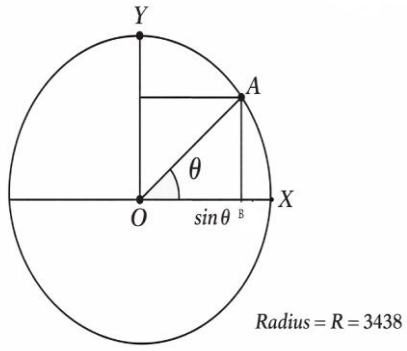
इन अक्षर-समूहों के माध्यम से क्रमशः अर्ध-ज्या के मान संकेत रूप में व्यक्त किए गए हैं। यह विधि आधुनिक सीमित अंतर पद्धति से साम्य रखती है और त्रिकोणमिति के विकास में एक महत्वपूर्ण चरण मानी जाती है।

यदि वृत्त की त्रिज्या R हो, तो —

ज्या (चाप AX) = AB = $R \sin \theta$

कोटी (चाप AX) = OB = $R \cos \theta$

सरा (चाप AX) = BX = $R - R \cos \theta$



चित्र 02: आर्यभट्ट की ज्या सारणी की गणना

इन परिभाषाओं के माध्यम से आर्यभट्ट ने त्रिकोणमितीय फलनों का एक सुसंगत ढाँचा प्रस्तुत किया, जिसे बाद में इस्लामी और यूरोपीय विद्वानों ने अपनाया।

तालिका 01: आर्यभट्ट साइन श्लोक एवं साइन कोण

श्लोक पद	अर्ध-ज्या	कोण
मखि	225	3°45′
भखि	449	7°30′
फखि	671	11°15′
धखि	890	15°
णखि	1105	18°45′
ञखि	1315	22°30′
ङखि	1520	26°15′
हस्झ	1719	30°
स्ककि	1910	33°45′
किष्ग	2093	37°30′
श्घकि	2267	41°15′
किघ्व	2431	45°
घ्लकि	2585	48°45′
किग्र	2728	52°30′
हक्य	2860	56°15′
धकि	2978	60°
किच	3083	63°45′
स्ग	3174	67°30′
झश	3251	71°15′
ङ्व	3314	75°
क्ल	3363	78°45′
ष्म	3396	82°30′
फ	3415	86°15′

5.5 अज्ञात समीकरणों के लिए आर्यभट्ट का एल्गोरिद्म

आर्यभट्ट ने अज्ञात राशियों वाले समीकरणों को हल करने के लिए एक विशेष विधि विकसित की, जिसे आधुनिक साहित्य में 'आर्यभट्ट एल्गोरिद्म' कहा जाता है। यह विधि निरंतर भिन्नों की पूर्ववर्ती मानी जाती है और बाद में भारतीय तथा इस्लामी गणितज्ञों द्वारा इसका विकास किया गया। इस पद्धति ने संख्या सिद्धांत और समीकरण समाधान की उन्नत तकनीकों को प्रभावित किया।

6. खगोलशास्त्रीय योगदान

आर्यभट्ट के खगोलशास्त्रीय विचार उनके गणितीय योगदानों जितने ही क्रांतिकारी थे। उन्होंने खगोलीय घटनाओं की वैज्ञानिक व्याख्या प्रस्तुत की और पौराणिक मान्यताओं से हटकर गणनात्मक एवं प्रेक्षणात्मक विधियों को अपनाया [9]।

6.1 पृथ्वी का घूर्णन

आर्यभट्ट ने यह प्रतिपादित किया कि पृथ्वी अपनी धुरी पर घूमती है, जिसके कारण दिन-रात का चक्र उत्पन्न होता है और आकाशीय पिंड गतिमान प्रतीत होते हैं। यह विचार अपने समय से बहुत आगे था और बाद में कोपर्निकस तथा गैलीलियो के सिद्धांतों से साम्य रखता है।

6.2 ग्रहणों की वैज्ञानिक व्याख्या

उन्होंने सूर्य और चंद्र ग्रहण की पौराणिक व्याख्याओं को अस्वीकार करते हुए यह बताया कि सूर्य ग्रहण तब होता है जब चंद्रमा सूर्य को ढक लेता है और चंद्र ग्रहण तब होता है जब पृथ्वी की छाया चंद्रमा पर पड़ती है। यह व्याख्या खगोलीय यांत्रिकी की वैज्ञानिक समझ का प्रारंभिक उदाहरण है।

6.3 तारा-वर्तमान अवधि और कक्षीय गणनाएँ

आर्यभट्ट ने पृथ्वी की तारा-वर्तमान घूर्णन अवधि तथा ग्रहों की कक्षाओं की सटीक गणना की। उनकी खगोलीय तालिकाओं ने ग्रहों की स्थिति का निर्धारण अत्यधिक परिशुद्धता से किया, जिससे बाद के भारतीय, इस्लामी और यूरोपीय खगोलविदों को लाभ मिला।

6.4 वर्ष की लंबाई

आर्यभट्ट ने वर्ष की लंबाई 365.258 दिन बताई, जो आधुनिक मान 365.2422 दिनों के अत्यंत समीप है। यह उनकी गणनात्मक दक्षता और खगोलीय यांत्रिकी की गहरी समझ को दर्शाता है।

7. कलन और आधुनिक गणित पर प्रभाव

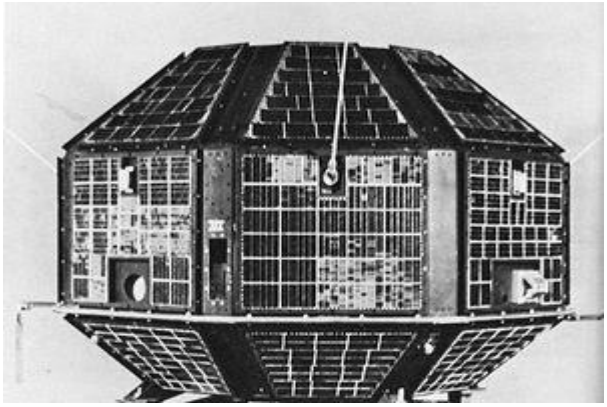
यद्यपि आर्यभट्ट ने स्पष्ट रूप से अवकलन और समाकलन कलन का विकास नहीं किया, फिर भी उनकी गणितीय तकनीकें, विशेष रूप से समीकरणों के सन्निकटन, सीमित अंतर विधियाँ और त्रिकोणमितीय सारणियाँ, आधुनिक कैलकुलस की दिशा में महत्वपूर्ण कदम मानी जाती हैं। संगमग्राम के माधव और केरल स्कूल के अन्य गणितज्ञों ने आर्यभट्ट की परंपरा को आगे बढ़ाया, जिससे अंततः न्यूटन और लाइबनिज़ के कार्यों तक गणितीय विश्लेषण का विकास हुआ।

8. इंजीनियरिंग और प्रौद्योगिकी पर प्रभाव

आर्यभट्ट के गणितीय सिद्धांतों का उपयोग इंजीनियरिंग, भौतिकी और कंप्यूटर विज्ञान जैसे क्षेत्रों में किया गया है। उनकी स्थान-मूल्य प्रणाली और संख्या निरूपण पद्धतियों ने आधुनिक गणनात्मक प्रणालियों को प्रभावित किया। इसके अतिरिक्त, उनकी त्रिकोणमितीय विधियों ने खगोलशास्त्र, यांत्रिक अभियांत्रिकी और नौवहन विज्ञान के विकास में योगदान दिया। (चित्र 03)

9. आर्यभट्ट की विरासत

आर्यभट्ट की विरासत को आधुनिक भारत और विश्व में अनेक रूपों में सम्मानित किया गया है। 1975 में भारत का पहला उपग्रह उनके सम्मान में 'आर्यभट्ट' नाम से प्रक्षेपित किया गया। अनेक शैक्षणिक संस्थान, शोध केंद्र और छात्रवृत्तियाँ उनके नाम पर स्थापित हैं। उनका कार्य आज भी गणित और खगोल विज्ञान के अध्ययन में प्रेरणा का स्रोत बना हुआ है और प्राचीन भारत की वैज्ञानिक परंपरा की समृद्धि को प्रदर्शित करता है।



चित्र 03: आर्यभट्ट — भारत का प्रथम मानव रहित पृथ्वी उपग्रह [6]

10. निष्कर्ष

आर्यभट्ट प्राचीन भारत के महानतम वैज्ञानिक चिंतकों में से एक थे। उनके गणितीय और खगोलीय योगदानों ने न केवल अपने युग की वैज्ञानिक समस्याओं का समाधान किया, बल्कि आधुनिक गणित और खगोल विज्ञान के विकास के लिए भी आधार प्रदान किया। उनकी साइन तालिका, त्रिकोणमितीय संकल्पनाएँ और गणनात्मक विधियाँ सीमित अंतर कलन और आधुनिक विश्लेषण की प्रारंभिक झलक प्रस्तुत करती हैं। इस प्रकार, आर्यभट्ट का योगदान न केवल ऐतिहासिक महत्व का है, बल्कि आधुनिक वैज्ञानिक परंपरा की जड़ों को समझने के लिए भी अत्यंत महत्वपूर्ण है।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. भास्कर प्रथम ;(629 ई.) आर्यभटीय भाष्य
2. ब्रह्मगुप्त; ;(628 ई.) ब्राह्मस्फुटसिद्धांत
3. Cajori, F. (1919). *A history of mathematics*. Macmillan.
4. Datta, B., & Singh, A. N. (1935). *History of Hindu mathematics*. Motilal Banarasi Das.
5. Hayashi, T. (1995). Aryabhata's sine table. *Historia Mathematica, 22*(3), 245–256.
6. Indian Space Research Organisation. (1975). *Aryabhata satellite mission*. https://www.isro.gov.in
7. Joseph, G. G. (2011). *The crest of the peacock: Non-European roots of mathematics*. Princeton University Press.
8. Keller, A. (2006). *Expounding the mathematical seed: A translation of Bhāskara I on the Āryabhaṭīya*. Birkhäuser.
9. Neugebauer, O. (1975). *A history of ancient mathematical astronomy*. Springer.
10. Pingree, D. (1973). The Mesopotamian origin of early Indian mathematical astronomy. *Journal for the History of Astronomy, 4*, 1–12.
11. Portrait titled "Aryabhatta of Bihar" by Cpjha13, under a Creative Commons Attribution-Licence

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.9

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण: सतत ऊर्जा के लिए सूर्य प्रकाश का उपयोग

विनय कु. मिश्र, कंचन शर्मा, राजेश कु. यादव*
रसायन विज्ञान और पर्यावरण विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत-273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- rajeshkr_yadav2003@yahoo.co.in

आलेख प्राप्त: १० फरवरी २०२६; अंतिम संशोधन: २१ मार्च २०२६; स्वीकृत: २१ मार्च २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २१ मार्च २०२६

सारांश

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण से प्रेरित एक उभरती हुई वैज्ञानिक तकनीक है, जिसका उद्देश्य सूर्य ऊर्जा को स्वच्छ और सतत रासायनिक ईंधनों में परिवर्तित करना है। सूर्य प्रकाश, जल और कार्बन डाइऑक्साइड का उपयोग करते हुए कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियाँ हाइड्रोजन तथा अन्य कार्बन-आधारित ऊर्जा वाहकों का उत्पादन करने का प्रयास करती हैं, जो जीवाश्म ईंधनों पर आधारित ऊर्जा प्रणालियों का एक प्रभावी विकल्प प्रदान करती हैं। यह आलेख कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण के मूल सिद्धांतों, प्रमुख घटकों और इसके महत्वपूर्ण अनुप्रयोगों-जैसे सौर जल-विभाजन और कार्बन डाइऑक्साइड अपचयन-को सरल एवं शैक्षणिक भाषा में प्रस्तुत करता है। साथ ही, पदार्थ विज्ञान, उत्प्रेरण और प्रणाली अभिकल्पना में हुई हालिया प्रगति, पर्यावरणीय एवं सामाजिक महत्व तथा इस क्षेत्र से जुड़ी प्रमुख चुनौतियों पर भी चर्चा की गई है। समग्र रूप से यह अध्याय दर्शाता है कि कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण सतत ऊर्जा उत्पादन की दिशा में एक आशाजनक तकनीक है और निम्न-कार्बन भविष्य की ओर अग्रसर होने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है। दूसरे शब्दों में, फोटोउत्प्रेरक–एंज़ाइम से जुड़ी प्रणाली कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की एक बहुत ही प्रभावी विधि है, जिसमें सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके उपयोगी रसायन या ईंधन बनाए जाते हैं। इस अध्ययन में हमने एक नया ग्रैफीन-आधारित फोटोउत्प्रेरक तैयार किया है, जो दृश्यमान प्रकाश में सक्रिय रहता है। इसमें बहु-एंथ्राक्विनोन युक्त पोर्फिरिन जैसे प्रकाश अवशोषक अणु को रासायनिक रूप से संशोधित ग्रैफीन से स्थायी रूप से जोड़ा गया है। यह फोटोउत्प्रेरक CO_2 गैस से फॉर्मिक अम्ल के कुशल उत्पादन में सहायक होता है। हमारे परिणाम यह दिखाते हैं कि ग्रैफीन-आधारित पदार्थ कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण में प्रभावी फोटोउत्प्रेरक के रूप में काम कर सकते हैं। साथ ही, यह प्रणाली CO_2 से सीधे सौर रसायन या सौर ईंधन को चयनात्मक रूप से बनाने का एक उत्कृष्ट उदाहरण भी प्रस्तुत करती है।

सूचक शब्द - कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण, रासायनिक ईंधनों में परिवर्तित करना, CO_2 गैस से फॉर्मिक अम्ल

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

आमंत्रित आलेख (INVITED ARTICLE)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.9

Artificial Photosynthesis: Harnessing Sunlight for Sustainable Energy

Vinay K. Mishra, Kanchan Sharma, Rajesh K. Yadav*
Department of Chemistry and Environmental Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, U.P., India-273010
Corresponding Author Email*- rajeshkr_yadav2003@yahoo.co.in

Received on: 10 February 2026; Final Revision: 21 March 2026; Accepted: 21 March 2026
Published Online First on: 21 March 2026

ABSTRACT

Artificial photosynthesis is an emerging scientific approach inspired by natural photosynthesis, aimed at converting solar energy into clean and sustainable chemical fuels. By utilizing sunlight, water, and carbon dioxide, artificial photosynthetic systems seek to produce fuels such as hydrogen and carbon-based energy carriers, offering an alternative to fossil-fuel-dependent energy technologies. This essay presents a comprehensive and student-friendly overview of artificial photosynthesis, discussing its fundamental principles, key components, and major applications, including solar water splitting and carbon dioxide reduction. Recent advances in materials science, catalysis, and system design are highlighted, along with the environmental and societal relevance of this technology. The chapter also addresses existing challenges related to efficiency, stability, cost, and large-scale implementation. Overall, the discussion emphasizes the potential of artificial photosynthesis to contribute to sustainable energy production and to play a significant role in the transition toward a low-carbon future.

Keywords: Artificial light transport, conversion into chemical fuels, formic acid from CO_2 gas

लेखक परिचय
विनय कुमार मिश्र

विनय कुमार मिश्रा मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (MMMUT), गोरखपुर के रसायन विज्ञान एवं पर्यावरण विज्ञान विभाग में एक शोधार्थी (रिसर्च स्कॉलर) हैं। उन्होंने अपनी शैक्षणिक यात्रा उत्तर प्रदेश बोर्ड के अंतर्गत प्रारंभ की, जहाँ उन्होंने विज्ञान विषय में सुदृढ़ आधार के साथ अपनी माध्यमिक (10वीं) एवं उच्च माध्यमिक (12वीं) शिक्षा पूर्ण की। इसके पश्चात उन्होंने वीर बहादुर सिंह पूर्वांचल विश्वविद्यालय, जौनपुर से रसायन विज्ञान में स्नातक तथा स्नातकोत्तर शिक्षा प्राप्त की, जहाँ उनकी रुचि उन्नत रासायनिक अनुसंधान की ओर क्रमशः विकसित हुई। वर्तमान में श्री मिश्रा MMMUT, गोरखपुर से डॉक्टर ऑफ फिलॉसफी (Ph.D.) कर रहे हैं। उनका शोध कार्य अत्याधुनिक क्षेत्र कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण पर केंद्रित है, जिसमें विशेष रूप से वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) को मूल्यवर्धित रसायनों एवं कार्बनिक रूपांतरणों में परिवर्तित करने पर जोर दिया गया है। उनका अनुसंधान सतत रसायन विज्ञान, कार्बन प्रबंधन तथा स्वच्छ ऊर्जा समाधानों की दिशा में वैश्विक प्रयासों के अनुरूप है। श्री मिश्रा ने इस उभरते हुए शोध क्षेत्र में उल्लेखनीय योगदान दिया है, जिसे रॉयल सोसाइटी ऑफ केमिस्ट्री (RSC), Wiley तथा Elsevier जैसे अंतरराष्ट्रीय प्रतिष्ठित प्रकाशनों में प्रकाशित शोध पत्रों के माध्यम से मान्यता प्राप्त हुई है। अब तक उनके 10 शोध प्रकाशन प्रकाशित हो चुके हैं तथा उनके नाम 3 राष्ट्रीय पेटेंट दर्ज हैं, जो उनके शोध की अकादमिक गहराई एवं व्यावहारिक महत्त्व को दर्शाते हैं। इसके अतिरिक्त, उन्हें विभिन्न वैज्ञानिक उपकरणों का सुदृढ़ ज्ञान एवं अनुभव प्राप्त है, विशेष रूप से यूवी–विज़िबल स्पेक्ट्रोस्कोपी, फूरियर ट्रांसफॉर्म इन्फ्रारेड (FTIR) स्पेक्ट्रोस्कोपी, साइक्लिक वोल्टैमेट्री (CV) तथा संबंधित विश्लेषणात्मक एवं विद्युत-रासायनिक तकनीकों में। अपने शोध योगदान और तकनीकी दक्षता के माध्यम से श्री विनय कुमार मिश्रा सतत रसायन विज्ञान एवं कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण के क्षेत्र में एक उभरते हुए और संभावनाशील शोधकर्ता के रूप में स्वयं को स्थापित कर रहे हैं।

लेखक परिचय
कंचन शर्मा

सुश्री कंचन शर्मा वर्तमान में विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड–सुरक्षित अनुसंधान (SERB–SURE), विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (DST) द्वारा वित्तपोषित परियोजना के अंतर्गत जूनियर रिसर्च फेलो (JRF) के रूप में रसायन विज्ञान एवं पर्यावरण विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (MMMUT), गोरखपुर में कार्यरत हैं। साथ ही, वह इसी विभाग में प्रोफेसर डॉ. राजेश कुमार यादव के मार्गदर्शन में डॉक्टर ऑफ फिलॉसफी (पीएच.डी.) की शोधार्थी भी हैं। उन्होंने रसायन विज्ञान में स्नातकोत्तर (एम.एससी.) की डिग्री MMMUT, गोरखपुर से 9.37 के उत्कृष्ट सीजीपीए के साथ प्राप्त की, जो उनकी मजबूत शैक्षणिक पृष्ठभूमि को दर्शाता है। उनकी स्नातक (बी.एससी.) शिक्षा दीन दयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय से पूर्ण हुई, जबकि उनकी प्रारंभिक स्कूली शिक्षा लोरेटो कॉन्वेंट, दार्जिलिंग, पश्चिम बंगाल से हुई। स्नातकोत्तर शोध प्रबंध के दौरान उन्होंने फोटोकैटेलिसिस के क्षेत्र में एक शोध लेख तथा एक समीक्षा लेख का सफलतापूर्वक प्रकाशन किया। सुश्री शर्मा का शोध कार्य कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण अनुसंधान समूह के अंतर्गत केंद्रित है, जिसमें उनकी विशेष रुचि फोटोकैटेलिसिस, हाइड्रोजन उत्पादन, कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) अपचयन तथा फोटोकैटेलिटिक कार्बनिक रूपांतरणों में है। उनका शोध सतत रसायन विज्ञान, नवीकरणीय ऊर्जा तथा कार्बन-न्यूट्रल प्रौद्योगिकियों से संबंधित वैश्विक प्रयासों के अनुरूप है। उन्होंने इस उभरते हुए शोध क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान दिया है, जिसे अंतरराष्ट्रीय स्तर पर प्रतिष्ठित जर्नलों में प्रकाशित उनके शोध कार्यों के माध्यम से मान्यता प्राप्त हुई है, जिनमें अमेरिकन केमिकल सोसाइटी (ACS), रॉयल सोसाइटी ऑफ केमिस्ट्री (RSC), वाइली, स्प्रिंगर तथा एल्सेवियर शामिल हैं। अब तक वह 32 शोध प्रकाशनों की लेखिका हैं तथा उनके नाम 14 राष्ट्रीय पेटेंट दर्ज हैं, जो उनके शोध की अकादमिक गहराई और व्यावहारिक उपयोगिता को दर्शाते हैं। अपने शोध कार्यों के अतिरिक्त, सुश्री शर्मा को यूवी–विज़िबल स्पेक्ट्रोस्कोपी, फूरियर ट्रांसफॉर्म इन्फ्रारेड (FTIR) स्पेक्ट्रोस्कोपी, साइक्लिक वोल्टैमेट्री (CV), हाई-परफॉर्मेंस लिक्विड क्रोमैटोग्राफी (HPLC) एवं अन्य विश्लेषणात्मक तथा विद्युत-रासायनिक तकनीकों में ठोस प्रायोगिक दक्षता प्राप्त है। अपने शैक्षणिक योगदान, तकनीकी विशेषज्ञता तथा सतत अनुसंधान के प्रति समर्पण के माध्यम से सुश्री कंचन शर्मा कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण और हरित ऊर्जा विज्ञान के क्षेत्र में एक उदीयमान और संभावनाशील शोधकर्ता के रूप में स्वयं को स्थापित कर रही हैं।

लेखक परिचय

प्रो० राजेश कुमार यादव

डॉ. आर. के. यादव वर्तमान में मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (MMMUT), गोरखपुर, भारत के रसायन विज्ञान एवं पर्यावरण विज्ञान विभाग में प्रोफेसर के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने अपनी बी.एससी. और एम.एससी. की शिक्षा वीर बहादुर सिंह पूर्वांचल विश्वविद्यालय, जौनपुर (उ.प्र.) से प्राप्त की। इसके पश्चात उन्होंने दिल्ली विश्वविद्यालय से सीसीएस विश्वविद्यालय, मेरठ (उ.प्र.) के सहयोग से प्रोफेसर मान सिंह एवं प्रोफेसर एच. एस. वर्मा के निर्देशन में पीएच.डी. उपाधि प्राप्त की। पीएच.डी. पूर्ण करने के बाद, डॉ. यादव ने आईआईटी दिल्ली, भारत में एक वर्ष तक पोस्ट-डॉक्टोरल फेलो के रूप में कार्य किया। इसके बाद उन्होंने कोरिया रिसर्च इंस्टीट्यूट ऑफ केमिकल टेक्नोलॉजी (KRICT), दक्षिण कोरिया में चार वर्षों तक पोस्ट-डॉक्टोरल फेलो तथा अगले चार वर्षों तक सीनियर साइंटिस्ट के रूप में सेवाएँ दीं। इसी अवधि में उन्हें उनकी उत्कृष्ट वैज्ञानिक उपलब्धियों के लिए प्रतिष्ठित रामानुजन फेलोशिप से भी सम्मानित किया गया। डॉ. यादव ने अपने शैक्षणिक करियर की शुरुआत दिसंबर 2017 में MMMUT, गोरखपुर के एप्लाइड साइंस विभाग में एसोसिएट प्रोफेसर के रूप में की और बाद में प्रोफेसर पद पर पदोन्नत हुए। उनका शोध रिकॉर्ड अत्यंत प्रभावशाली है; उनके नाम अंतरराष्ट्रीय जर्नलों में 209 से अधिक शोध प्रकाशन हैं, जिन पर 3878 से अधिक उद्धरण (citations) प्राप्त हुए हैं। उनके नाम 11 अंतरराष्ट्रीय पेटेंट एवं 54 राष्ट्रीय पेटेंट दर्ज हैं, साथ ही उन्होंने छह पुस्तक अध्याय भी लिखे हैं। एक समर्पित शोध-मार्गदर्शक के रूप में, डॉ. यादव ने अब तक 07 पीएच.डी. शोध प्रबंधों का सफल निर्देशन किया है, जबकि 13 शोधार्थी वर्तमान में उनके मार्गदर्शन में कार्यरत हैं। इसके अतिरिक्त, उन्होंने 66 परास्नातक (मास्टर्स) शोध प्रबंधों का निर्देशन किया है तथा 11 एम.एससी. शोध कार्य प्रगति पर हैं। उनके वैश्विक वैज्ञानिक योगदान को मान्यता देते हुए उन्हें स्टैनफोर्ड विश्वविद्यालय, अमेरिका द्वारा प्रकाशित विश्व के शीर्ष 2% वैज्ञानिकों की सूची में 2023, 2024 एवं 2025 में तीन बार शामिल किया गया है।

डॉ. यादव चार प्रमुख अनुसंधान परियोजनाओं में प्रधान अन्वेषक (PI) एवं सह-प्रधान अन्वेषक (Co-PI) के रूप में कार्य कर चुके हैं तथा उन्होंने एक राष्ट्रीय स्तर के वैज्ञानिक सम्मेलन का भी आयोजन किया है। उनकी शोध विशेषज्ञता सतत ऊर्जा एवं पर्यावरणीय अनुप्रयोगों के लिए कम लागत वाले, अत्यधिक दक्ष प्रकाश-सक्रिय फोटोकैटलिस्टों के विकास में है। उनका शोध कार्य फोटोकैटलिटिक एवं इलेक्ट्रोकैटलिटिक जल-विघटन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन उत्पादन, CO_2 एवं N_2 स्थिरीकरण, तथा सौर ईंधन एवं रसायनों के संश्लेषण पर केंद्रित है। वे जल के विकल्प के रूप में कार्बनिक सब्सट्रेट्स के उपयोग, फोटोकैटलिटिक कार्बनिक रूपांतरणों, तथा डाई अपघटन, पर्यावरणीय शोधन एवं हरित ऊर्जा अनुप्रयोगों के लिए नवीन सामग्री के विकास पर भी कार्य कर रहे हैं। कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण तथा प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण की बायोमिमेटिक रसायनिकी से प्रेरित होकर उनका शोध सौर ऊर्जा के कुशल उपयोग, ईंधन उत्पादन, पर्यावरणीय स्थिरता तथा नेट-ज़ीरो कार्बन उत्सर्जन के लक्ष्य को प्राप्त करने की दिशा में केंद्रित है।

1. भूमिका

प्रकृति ने जटिल समस्याओं के लिए सदैव सुंदर और प्रभावी समाधान प्रदान किए हैं, और प्रकाश संश्लेषण इसका एक श्रेष्ठ उदाहरण है। इस प्रक्रिया के माध्यम से पौधे, शैवाल और कुछ सूक्ष्मजीव सूर्य के प्रकाश को ग्रहण कर उसे रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं, जिससे पृथ्वी पर जीवन संभव हो पाता है। इसी प्राकृतिक प्रक्रिया से प्रेरित होकर वैज्ञानिकों ने कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की अवधारणा विकसित की है, जिसका उद्देश्य सौर ऊर्जा को उपयोगी ईंधनों में बदलने की प्रकृति की रणनीति का अनुकरण करना है।

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण में सूर्य का प्रकाश, जल और कार्बन डाइऑक्साइड का उपयोग कर हाइड्रोजन अथवा अन्य कार्बन-आधारित स्वच्छ एवं नवीकरणीय ईंधनों का उत्पादन किया जाता है। जीवाश्म ईंधनों पर आधारित पारंपरिक ऊर्जा तकनीकों के विपरीत, यह प्रक्रिया एक सतत और पर्यावरण-अनुकूल ऊर्जा चक्र स्थापित करने का प्रयास करती है। रसायन विज्ञान, भौतिकी, पदार्थ विज्ञान और अभियांत्रिकी जैसे विभिन्न विषयों का समन्वय होने के कारण यह क्षेत्र एक बहुविषयक दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है।

यह अध्याय कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की मूल अवधारणाओं, कार्य सिद्धांतों, अनुप्रयोगों, चुनौतियों और भविष्य की संभावनाओं को सरल एवं मानव-केंद्रित शैक्षणिक शैली में प्रस्तुत करता है। [1]

सौर ऊर्जा को सीधे रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर नवीकरणीय और गैर-प्रदूषक ईंधनों का उत्पादन करना इस शताब्दी की एक महान और अत्यंत चुनौतीपूर्ण समस्या बनी हुई है। सौर ऊर्जा रूपांतरण की सबसे आशाजनक विधियों में से एक, जिसके माध्यम से कार्बनिक रसायनों या ईंधनों का संश्लेषण किया जा सकता है, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण है। कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण के लिए अनेक दृष्टिकोणों का अध्ययन किया गया है, जिनमें से कुछ में अर्धचालक, संक्रमण-धातु संकुल (transition-metal complexes) आदि प्रकाश-उत्प्रेरकों का उपयोग किया जाता है।

यद्यपि प्रकाश-उत्प्रेरित कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की व्यवहार्यता सिद्ध हो चुकी है, फिर भी पारंपरिक प्रणालियों में इसके साथ कई समस्याएँ जुड़ी हुई हैं, जैसे ऊर्जा रूपांतरण की कम दक्षता, उत्पादों की कम चयनात्मकता तथा प्रकाश-उत्प्रेरक की स्थायित्व संबंधी समस्याएँ।

पूर्ववर्ती अध्ययन में हमने $W_2Fe_4Ta_2O_{17}$ को एक प्रकाश-उत्प्रेरक के रूप में रिपोर्ट किया था, जिसे प्रकाश-उत्प्रेरक–एंज़ाइम युग्मित प्रणाली में प्रयोग किया गया। प्रकाश-उत्प्रेरक–एंज़ाइम युग्मित प्रणाली कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की सबसे आदर्श प्रणालियों में से एक मानी जाती है, जो सौर ऊर्जा का उपयोग कर विभिन्न रसायनों और ईंधनों का संश्लेषण करती है। [1]

इस प्रकार की कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया के व्यावहारिक उपयोग के लिए सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक ऐसा अत्यधिक दक्ष दृश्य-प्रकाश सक्रिय पदार्थ खोजना है, जो निकोटिनामाइड डाइन्यूक्लियोटाइड (NADH) पुनर्जनन प्रणाली में प्रकाश-उत्प्रेरक के रूप में कार्य करे और CO_2 से सौर-रसायनों अथवा सौर-ईंधनों के एंज़ाइमीय उत्पादन को सक्रिय करे। चूँकि ऊर्जा की दृष्टि से पृथ्वी पर उपलब्ध कुल सौर प्रकाश का लगभग 46% भाग दृश्य क्षेत्र में तथा केवल 4% पराबैंगनी (UV) क्षेत्र में होता है, इसलिए वास्तविक और प्रभावी सौर ऊर्जा रूपांतरण के लिए यह अत्यंत आवश्यक है कि प्रकाश-उत्प्रेरण प्रक्रिया दृश्य प्रकाश में कार्यशील हो। [2]

ग्राफीन ने पदार्थ विज्ञान, संघनित पदार्थ भौतिकी और रसायन विज्ञान के क्षेत्रों में एक उभरते हुए सुपरस्टार के रूप में स्वयं को सिद्ध

किया है, क्योंकि इसमें असाधारण इलेक्ट्रॉनिक, तापीय, प्रकाशीय और यांत्रिक गुण पाए जाते हैं।

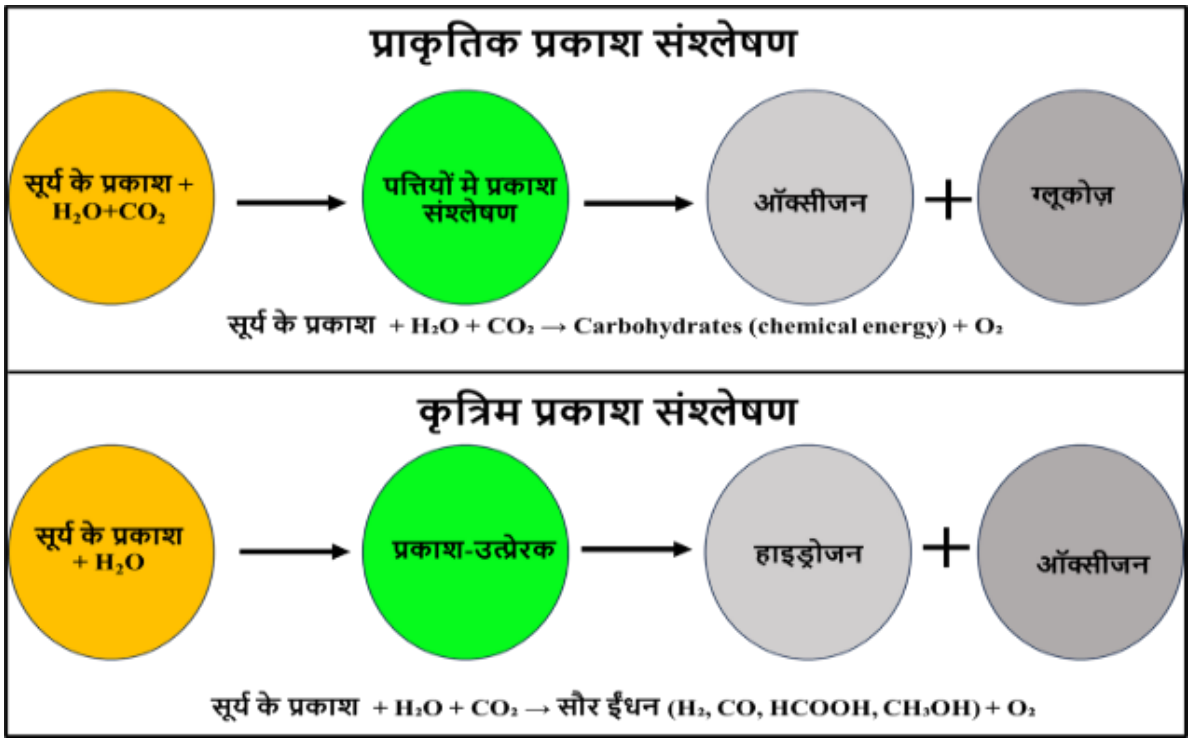
हाल ही में ग्राफीन और प्रकाश-उत्प्रेरक के कुछ संयुक्त (Composite) उदाहरण रिपोर्ट किए गए हैं। इनमें सामान्यतः टाइटेनियम डाइऑक्साइड (TiO_2) जैसे धातु ऑक्साइड अर्धचालक प्रकाश-उत्प्रेरकों और ग्राफीन के सरल संयोजन शामिल हैं। किंतु ग्राफीन–धातु ऑक्साइड अर्धचालक के ये कॉम्पोज़िट प्रकाश-उत्प्रेरक-जैव-उत्प्रेरक (photocatalyst–biocatalyst) युग्मित प्रणालियों के लिए उपयुक्त नहीं होते, क्योंकि इनके चालक बैंड (conduction band) किनारों का आंतरिक ऊर्जा स्तर अपेक्षाकृत कम होता है।

धातु ऑक्साइड के चालक बैंड किनारों और रोडियम संकुल (rhodium complex) के अपचयन विभव (reduction potential) के बीच ऊर्जा अंतर बहुत कम होने के कारण, धातु ऑक्साइड में उत्पन्न प्रकाश-उत्तेजित इलेक्ट्रॉनों का अपचयन केंद्र तक स्थानांतरण कठिन हो जाता है। परिणामस्वरूप, NADH के पुनर्जनन की दक्षता अत्यंत कम हो जाती है।

इस कार्य में हम एक नवीन ग्राफीन-आधारित, दृश्य-प्रकाश सक्रिय प्रकाश-उत्प्रेरक के संश्लेषण की रिपोर्ट करते हैं, जिसमें मल्टीएन्थ्राक्विनोन प्रतिस्थापित पोर्फिरिन (MAQSP) जैसे क्रोमोफोर को रासायनिक रूप से परिवर्तित ग्राफीन (CCG) के साथ सहसंयोजक (covalent) बंध द्वारा जोड़ा गया है। इस प्रणाली का उपयोग प्रकाश-उत्प्रेरक–एंज़ाइम युग्मित प्रणाली में CO_2 से फॉर्मिक अम्ल के कुशल कृत्रिम प्रकाश संश्लेषणीय उत्पादन के लिए किया गया है। [3]

प्राप्त परिणाम न केवल कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण में सामान्य रूप से ग्राफीन-आधारित पदार्थों के प्रकाश-उत्प्रेरक के रूप में उपयोग का एक मानक उदाहरण प्रस्तुत करते हैं, बल्कि CO_2 से सीधे सौर रसायनों/सौर ईंधनों के चयनात्मक उत्पादन की एक उत्कृष्ट प्रणाली को भी प्रदर्शित करते हैं।

(चित्र-1)



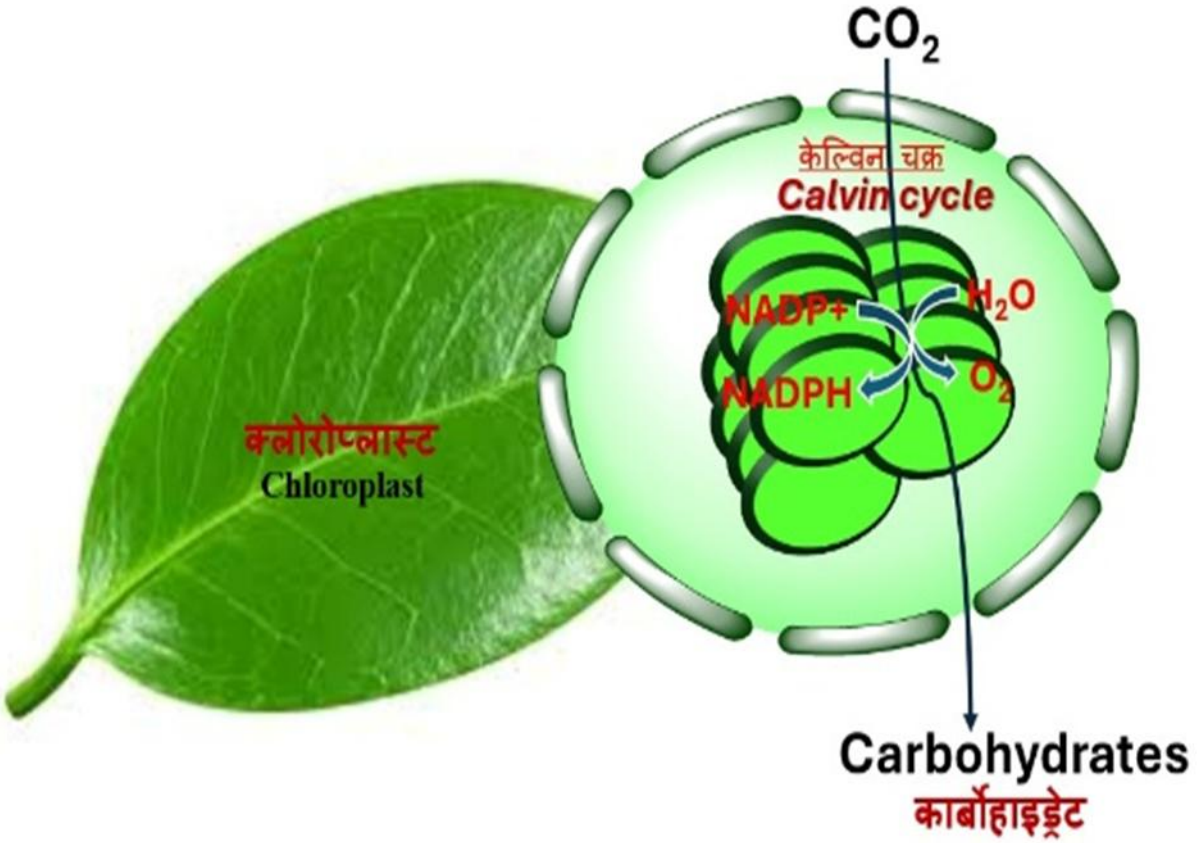
चित्र-1: प्राकृतिक एवं कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की योजनात्मक तुलना

2. मुख्य भाग्य

2.1 प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण से प्रेरणा

प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण पृथ्वी पर जीवन को बनाए रखने वाली सबसे महत्वपूर्ण जैव-रासायनिक प्रक्रियाओं में से एक है। यह प्रक्रिया मुख्य रूप से हरे पौधों, शैवालों और कुछ जीवाणुओं की कोशिकाओं में स्थित क्लोरोप्लास्ट नामक विशेष संरचनाओं में सम्पन्न होती है। प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से पौधे सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं, जिसका उपयोग वे अपने विकास और जीवन-क्रियाओं के लिए करते हैं। यही प्रक्रिया अप्रत्यक्ष रूप से समस्त जीव-जगत के लिए भोजन और ऑक्सीजन का स्रोत भी है। प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया का पहला चरण सूर्य के प्रकाश का अवशोषण है। यह कार्य क्लोरोफिल तथा अन्य सहायक वर्णकों द्वारा किया जाता है, जो प्रकाश की ऊर्जा को ग्रहण करते हैं। प्रकाश के अवशोषण से वर्णकों में स्थित इलेक्ट्रॉनों में ऊर्जा का संचार होता है, जिससे उनका उच्च ऊर्जा अवस्था में संक्रमण होता है। इसके परिणामस्वरूप विद्युत आवेशों का पृथक्करण होता है, जो इस पूरी प्रक्रिया का आधार है। यह चरण अत्यंत महत्वपूर्ण है, क्योंकि इसी से आगे की रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए आवश्यक ऊर्जा प्राप्त होती है। अगले चरण में जल अणुओं का अपघटन होता है, जिसे जल का प्रकाश अपघटन (फोटोलाइसिस) कहा जाता है। इस प्रक्रिया में जल अणु टूटकर ऑक्सीजन, प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों में विभाजित हो जाते हैं। ऑक्सीजन एक उप-उत्पाद के रूप में वायुमंडल में मुक्त हो जाती है, जो पृथ्वी पर जीवन के लिए अनिवार्य है। इसी चरण में उत्पन्न इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन आगे की रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं और ऊर्जा को रासायनिक रूप में संचित करने में सहायता करते हैं, जैसे कि ATP और NADPH अणुओं के निर्माण में। प्रकाश संश्लेषण का अंतिम चरण कार्बन स्थिरीकरण से संबंधित है, जिसे कैल्विन चक्र के नाम से जाना जाता है (चित्र-

2)। इसमें पहले चरणों में संचित रासायनिक ऊर्जा का उपयोग कर वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड को शर्करा जैसे कार्बनिक यौगिकों में परिवर्तित किया जाता है। ये शर्कराएँ पौधों के लिए ऊर्जा भंडार और संरचनात्मक घटक के रूप में कार्य करती हैं। इस प्रकार, प्रकाश संश्लेषण सूर्य की ऊर्जा को भोजन के रूप में संचित करने की एक अत्यंत कुशल प्राकृतिक प्रणाली है। कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण इस जटिल प्राकृतिक प्रक्रिया की पूर्ण नकल करने का प्रयास नहीं करता, बल्कि इसके प्रमुख और आवश्यक चरणों को समझकर उन्हें कृत्रिम पदार्थों और प्रणालियों के माध्यम से दोहराने का प्रयास करता है। इसमें मुख्य रूप से प्रकाश अवशोषण, आवेश पृथक्करण और रासायनिक रूपांतरण जैसे चरणों को शामिल किया जाता है। वैज्ञानिक अर्धचालक पदार्थों, धातु जटिलों और उत्प्रेरकों का उपयोग करके ऐसी प्रणालियाँ विकसित कर रहे हैं, जो सूर्य के प्रकाश की सहायता से जल या कार्बन डाइऑक्साइड को उपयोगी ईंधनों और रसायनों में बदल सकें। प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण की उच्च दक्षता और स्थिरता से प्रेरणा लेकर विकसित की जा रही कृत्रिम प्रणालियाँ भविष्य की स्वच्छ और सतत ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। इस प्रकार, प्रकृति के इन कुशल तंत्रों का गहन अध्ययन न केवल वैज्ञानिक समझ को बढ़ाता है, बल्कि ऊर्जा उत्पादन के नए और पर्यावरण-अनुकूल मार्ग भी खोलता है। [4]



चित्र 2: पौधों मे प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण की क्रिया

2.2 कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की मूल अवधारणाएँ

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण एक अत्याधुनिक और बहु-विषयक वैज्ञानिक अवधारणा है, जिसका मुख्य उद्देश्य सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा को सीधे उपयोगी रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करना है। यह प्रक्रिया प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण से प्रेरित है, किंतु इसका लक्ष्य केवल प्रकृति की नकल करना नहीं, बल्कि उसकी मूलभूत अवधारणाओं को समझकर उन्हें अधिक नियंत्रित, कुशल और व्यावहारिक रूप में लागू करना है। बढ़ती वैश्विक ऊर्जा मांग, जीवाश्म ईंधनों की सीमित उपलब्धता और पर्यावरण प्रदूषण की समस्याओं को देखते हुए कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण को भविष्य की स्वच्छ और सतत ऊर्जा तकनीक के रूप में देखा जा रहा है।

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की पूरी प्रक्रिया मुख्यतः तीन आवश्यक और परस्पर जुड़े चरणों पर आधारित होती है—प्रकाश का अवशोषण, आवेश पृथक्करण एवं संचलन, तथा उत्प्रेरक-चालित रासायनिक रूपांतरण। इन तीनों चरणों की दक्षता और आपसी समन्वय ही संपूर्ण प्रणाली के प्रदर्शन को निर्धारित करता है। [5]

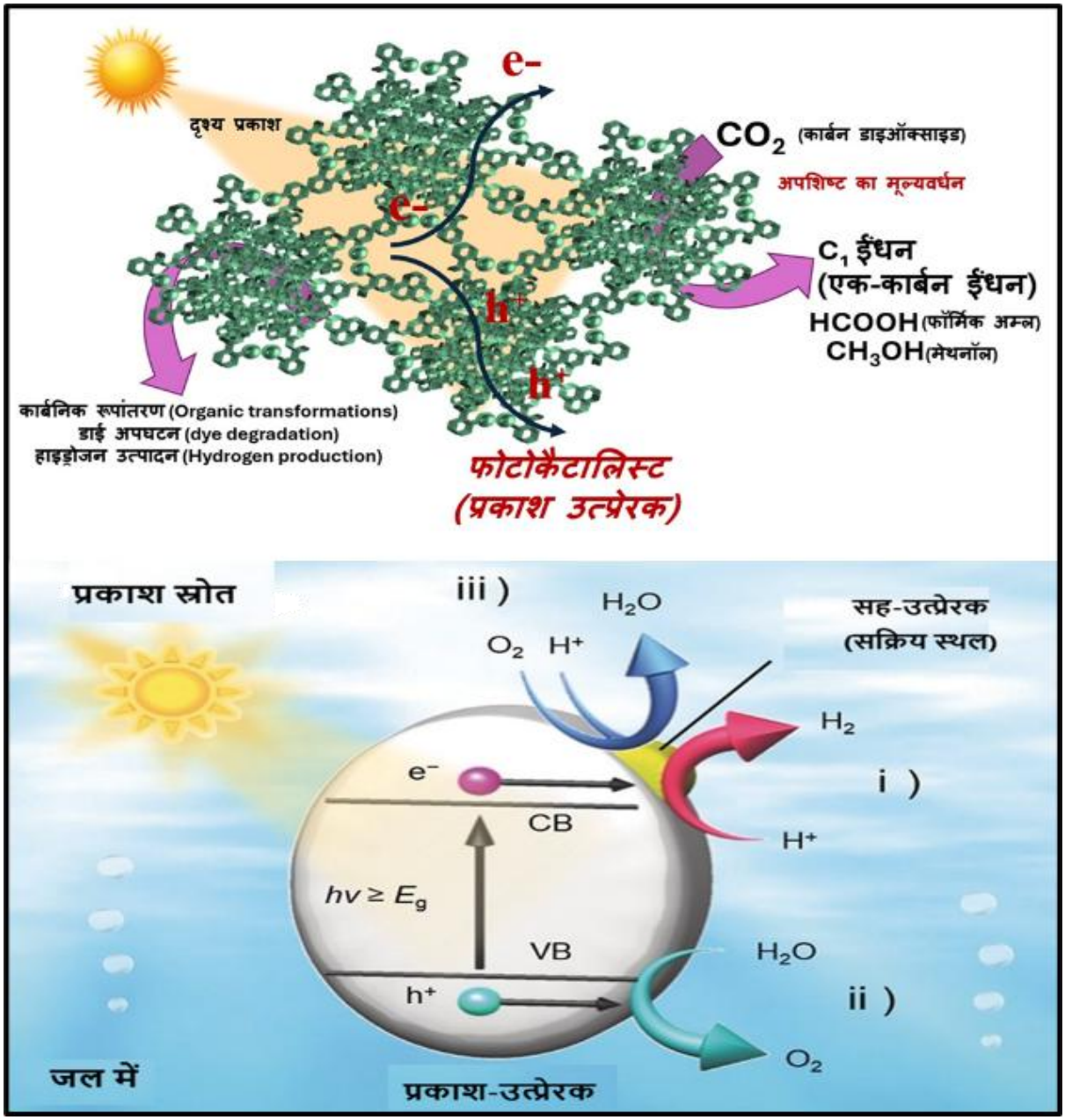
पहला चरण सूर्य के प्रकाश का प्रभावी अवशोषण है, इसके लिए ऐसे पदार्थों का चयन किया जाता है जो सौर विकिरण के अधिकतम भाग को ग्रहण कर सकें। सामान्यतः अर्धचालक पदार्थ जैसे टाइटेनियम डाइऑक्साइड, सिलिकॉन, ग्रेफाइटिक कार्बन नाइट्राइड, या विभिन्न धातु जटिल यौगिक और प्रकाश-संवेदी अणु इस उद्देश्य के लिए उपयोग किए जाते हैं। जब ये पदार्थ सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करते हैं, तो उनमें उपस्थित इलेक्ट्रॉन निम्न ऊर्जा

अवस्था से उच्च ऊर्जा अवस्था में उत्तेजित हो जाते हैं। यही उत्तेजित इलेक्ट्रॉन आगे की रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए ऊर्जा का स्रोत बनते हैं।

दूसरा चरण आवेश वाहकों, अर्थात् इलेक्ट्रॉन और होल, के निर्माण, पृथक्करण और संचलन से संबंधित होता है। प्रकाश अवशोषण के बाद उत्पन्न इलेक्ट्रॉन–होल युग्मों का शीघ्र पुनः संयोजन प्रणाली की दक्षता को गंभीर रूप से कम कर सकता है। इसलिए यह अत्यंत आवश्यक होता है कि इन आवेश वाहकों को प्रभावी रूप से अलग किया जाए और उन्हें उपयुक्त दिशा में प्रवाहित किया जाए। इस उद्देश्य के लिए विभिन्न संरचनात्मक डिज़ाइन, डोपिंग तकनीकें और सह-उत्प्रेरकों का उपयोग किया जाता है, जिससे आवेश पृथक्करण की अवधि बढ़ाई जा सके।

तीसरा और अंतिम चरण उत्प्रेरक, चालित रासायनिक अभिक्रियाओं का होता है। इस चरण में उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉनों का उपयोग कर जल के अपघटन से हाइड्रोजन उत्पन्न किया जाता है या कार्बन डाइऑक्साइड को उपयोगी ईंधनों जैसे मीथेनॉल, फॉर्मिक एसिड या अन्य कार्बनिक यौगिकों में परिवर्तित किया जाता है। इन अभिक्रियाओं को कुशलतापूर्वक संचालित करने के लिए उपयुक्त उत्प्रेरकों की आवश्यकता होती है, जो अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा को कम कर सकें और चयनात्मकता को बढ़ा सकें। [6]

इस प्रकार, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण सूर्य की अक्षय ऊर्जा को स्वच्छ ईंधनों और रसायनों में परिवर्तित करने का एक आशाजनक मार्ग प्रस्तुत करता है। यदि इस तकनीक को बड़े पैमाने पर सफलतापूर्वक विकसित किया जा सके, तो यह न केवल ऊर्जा संकट को कम करने में सहायक होगी, बल्कि कार्बन उत्सर्जन को घटाकर पर्यावरण संरक्षण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी। (चित्र-3)



चित्र-3: कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया

2.3 कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियों के प्रमुख घट

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण एक उभरती हुई और अत्यंत महत्वपूर्ण वैज्ञानिक तकनीक है, जिसका उद्देश्य सूर्य के प्रकाश की अक्षय ऊर्जा को उपयोगी रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करना है। यह अवधारणा प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण से प्रेरित है, किंतु इसमें प्रकृति की जटिल प्रक्रियाओं की प्रतिकृति करने के बजाय उनके मूल सिद्धांतों को समझकर उन्हें कृत्रिम और नियंत्रित प्रणालियों में लागू किया जाता है। किसी भी कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणाली की सफलता उसके विभिन्न घटकों के कुशल, समन्वित और स्थिर कार्य पर निर्भर करती है। इन प्रणालियों के प्रमुख घटकों में प्रकाश-अवशोषक पदार्थ, आवेश पृथक्करण एवं परिवहन तंत्र तथा ऊर्जा रूपांतरण के लिए उत्प्रेरक शामिल हैं, जो मिलकर संपूर्ण प्रक्रिया की दक्षता और व्यावहारिकता को निर्धारित करते हैं।

प्रकाश-अवशोषक पदार्थ कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणाली की आधारशिला होते हैं, क्योंकि इन्हीं के माध्यम से सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा को ग्रहण किया जाता है। सूर्य से पृथ्वी पर पहुँचने वाले कुल सौर विकिरण का अधिकांश भाग दृश्य क्षेत्र में होता है, इसलिए प्रभावी प्रकाश-अवशोषक पदार्थों का चयन इस क्षेत्र में अधिकतम अवशोषण क्षमता के आधार पर किया जाता है। यदि प्रकाश का समुचित अवशोषण न हो, तो आगे की सभी रासायनिक प्रक्रियाएँ सीमित हो जाती हैं और संपूर्ण प्रणाली की कार्यक्षमता प्रभावित होती है। इस उद्देश्य के लिए टाइटेनियम डाइऑक्साइड जैसे धातु ऑक्साइड, सिलिकॉन और ग्रेफैटिक कार्बन नाइट्राइड जैसे अर्धचालक पदार्थ, विभिन्न कार्बनिक रंग (डाई), तथा पेरोव्स्काइट जैसे उन्नत पदार्थ व्यापक रूप से उपयोग किए जा रहे हैं। ये पदार्थ सूर्य के प्रकाश को अवशोषित कर इलेक्ट्रॉनों को निम्न ऊर्जा अवस्था से उच्च ऊर्जा अवस्था में उत्तेजित करते हैं, जिससे ऊर्जा-संपन्न आवेश वाहक उत्पन्न होते हैं जो आगे की रासायनिक अभिक्रियाओं को संचालित करते हैं। आधुनिक अनुसंधान में प्रकाश-अवशोषक पदार्थों की संरचना, आकार और सतह गुणों को नैनोस्तर पर नियंत्रित करने पर विशेष ध्यान दिया जा रहा है। नैनो-संरचित पदार्थों में सतह क्षेत्र अधिक होता है, जिससे प्रकाश के साथ अंतःक्रिया की संभावना बढ़ जाती है और अवशोषण दक्षता में सुधार होता है। इसके अतिरिक्त, नैनोस्तर पर बैंड गैप को नियंत्रित कर दृश्य प्रकाश क्षेत्र में अवशोषण को अनुकूल बनाया जा सकता है। डोपिंग, सतह संशोधन और समिश्र पदार्थों के निर्माण जैसी तकनीकों के माध्यम से प्रकाश-अवशोषण क्षमता के साथ-साथ पदार्थों की स्थिरता और पुनः उपयोगिता को भी बढ़ाने का प्रयास किया जा रहा है। हालाँकि, केवल उच्च प्रकाश-अवशोषण क्षमता पर्याप्त नहीं होती। प्रकाश-अवशोषक पदार्थों का दीर्घकालिक स्थायित्व भी अत्यंत महत्वपूर्ण होता है। कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियाँ प्रायः खुले वातावरण में या जलीय माध्यमों में कार्य करती हैं, जहाँ निरंतर सूर्य प्रकाश, ऑक्सीकरण और रासायनिक अभिक्रियाओं के कारण पदार्थों का क्षरण संभव है। इसलिए यह आवश्यक होता है कि प्रकाश-अवशोषक पदार्थ लंबे समय तक अपनी संरचना और कार्यक्षमता बनाए रखें। साथ ही, इन पदार्थों की प्रणाली के अन्य घटकों, जैसे आवेश परिवहन माध्यम और उत्प्रेरकों, के साथ संगतता भी अनिवार्य है, ताकि आवेशों का प्रभावी स्थानांतरण और रासायनिक अभिक्रियाओं का सुचारु संचालन सुनिश्चित किया जा सके।

प्रकाश अवशोषण के बाद अगला महत्वपूर्ण चरण आवेश पृथक्करण और परिवहन का होता है। जब प्रकाश-अवशोषक पदार्थ सूर्य के प्रकाश को ग्रहण करते हैं, तो इलेक्ट्रॉन और होल के युग्म उत्पन्न होते हैं। यदि ये आवेश वाहक शीघ्र ही पुनः संयोजित हो जाएँ, तो संचित ऊर्जा ऊष्मा के रूप में नष्ट हो जाती है और प्रणाली की दक्षता में भारी गिरावट आती है। इसलिए यह अत्यंत आवश्यक होता है कि इलेक्ट्रॉन और होल को प्रभावी रूप से अलग किया जाए और उन्हें उपयुक्त अभिक्रिया स्थलों तक पहुँचाया जाए। इस उद्देश्य के लिए विभिन्न संरचनात्मक और सामग्री-आधारित रणनीतियाँ अपनाई जाती हैं।

नैनो-संरचित पदार्थों का उपयोग आवेश पृथक्करण और परिवहन को बेहतर बनाने में विशेष रूप से सहायक सिद्ध हुआ है। नैनो आकार के कणों या नैनो-रॉड्स में आवेश वाहकों को कम दूरी तय करनी पड़ती है, जिससे उनके पुनः संयोजन की संभावना घट जाती है। इसी प्रकार, परतदार या हेटरो-संरचित प्रणालियाँ, जिनमें दो या अधिक भिन्न अर्धचालक पदार्थों को संयोजित किया जाता है, आवेशों के दिशा-नियंत्रित पृथक्करण में सहायता करती हैं। इन संरचनाओं में एक पदार्थ इलेक्ट्रॉनों को और दूसरा होल को प्राथमिकता से परिवहन करता है, जिससे आवेश पृथक्करण की दक्षता में उल्लेखनीय वृद्धि होती है। इसके अतिरिक्त, आवेश परिवहन को और अधिक प्रभावी बनाने के लिए चालक परतों, सह-उत्प्रेरकों और इंटरफेस इंजीनियरिंग का भी सहारा लिया जाता है। इंटरफेस पर ऊर्जा स्तरों का उचित संरेखण यह सुनिश्चित करता है कि इलेक्ट्रॉन और होल बिना किसी बड़े अवरोध के अपनी-अपनी दिशाओं में प्रवाहित हो सकें। इस प्रकार, आवेश पृथक्करण और परिवहन की दक्षता बढ़ाकर संपूर्ण कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणाली के समग्र प्रदर्शन में सुधार किया जा सकता है।[7,8]

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियों का तीसरा और अत्यंत महत्वपूर्ण घटक ऊर्जा रूपांतरण के लिए उत्प्रेरक होते हैं। उत्प्रेरक रासायनिक अभिक्रियाओं की सक्रियण ऊर्जा को कम कर उनकी गति को बढ़ाते हैं और वांछित उत्पादों के प्रति चयनात्मकता प्रदान करते हैं। इन प्रणालियों में मुख्यतः तीन प्रकार की अभिक्रियाएँ महत्वपूर्ण होती हैं—जल का ऑक्सीकरण, जल या प्रोटॉनों से हाइड्रोजन का उत्पादन, तथा कार्बन डाइऑक्साइड का अपचयन। ये सभी अभिक्रियाएँ बहु-इलेक्ट्रॉन और बहु-प्रोटॉन प्रक्रियाएँ होती हैं, जिनके लिए अत्यंत कुशल और स्थिर उत्प्रेरकों की आवश्यकता होती है।

प्रारंभिक अनुसंधान में इन अभिक्रियाओं के लिए प्लेटिनम, रुथेनियम और इरिडियम जैसी बहुमूल्य धातुओं पर आधारित उत्प्रेरकों का व्यापक उपयोग किया गया, क्योंकि वे उच्च गतिविधि और अच्छी स्थिरता प्रदर्शित करते हैं। किंतु इन धातुओं की उच्च लागत और सीमित उपलब्धता के कारण बड़े पैमाने पर इनके उपयोग में व्यावहारिक कठिनाइयाँ उत्पन्न होती हैं। परिणामस्वरूप, वर्तमान अनुसंधान का ध्यान पृथ्वी पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध, कम लागत वाले और पर्यावरण-अनुकूल उत्प्रेरकों के विकास की ओर केंद्रित हो गया है। इसमें ट्रांजिशन मेटल ऑक्साइड्स, सल्फाइड्स, फॉस्फाइड्स, नाइट्राइड्स तथा कार्बन-आधारित उत्प्रेरक प्रमुख हैं।

उत्प्रेरकों की कार्यक्षमता न केवल उनकी रासायनिक संरचना पर निर्भर करती है, बल्कि उनके आकार, सतह गुणों और प्रकाश-अवशोषक पदार्थों के साथ उनके संपर्क पर भी निर्भर करती है। इसलिए उत्प्रेरक और प्रकाश-अवशोषक के बीच मजबूत और कुशल इंटरफेस का निर्माण अत्यंत आवश्यक होता है। सह-उत्प्रेरकों का उपयोग कर इलेक्ट्रॉनों को विशिष्ट अभिक्रिया स्थलों की ओर निर्देशित किया जा सकता है, जिससे ऊर्जा हानि कम होती है और उत्पाद निर्माण की दर बढ़ती है।

इन सभी घटकों—प्रकाश-अवशोषक पदार्थ, आवेश पृथक्करण एवं परिवहन तंत्र, और उत्प्रेरक—का समन्वित और संतुलित कार्य ही एक प्रभावी कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणाली की नींव रखता है। यदि इनमें से किसी एक घटक की दक्षता कम हो, तो संपूर्ण प्रणाली का प्रदर्शन प्रभावित हो सकता है। इसलिए आधुनिक अनुसंधान में इन घटकों को अलग-अलग विकसित करने के साथ-साथ उन्हें एकीकृत प्रणालियों के रूप में डिजाइन करने पर भी विशेष बल दिया जा रहा है।[9]

अंततः, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियों के प्रमुख घटकों का गहन अध्ययन और सतत सुधार न केवल इस तकनीक की दक्षता को बढ़ाने में सहायक होगा, बल्कि इसे प्रयोगशाला स्तर से व्यावहारिक और औद्योगिक स्तर तक पहुँचाने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। भविष्य में, इन प्रणालियों के माध्यम से सूर्य की अक्षय ऊर्जा का उपयोग कर स्वच्छ ईंधनों और मूल्यवान रसायनों का उत्पादन संभव हो सकेगा, जो वैश्विक ऊर्जा संकट और पर्यावरण संरक्षण दोनों ही दृष्टियों से अत्यंत लाभकारी सिद्ध होगा।

2.4 सौर जल-विभाजन और हाइड्रोजन उत्पादन

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण का एक महत्वपूर्ण और व्यावहारिक अनुप्रयोग सूर्य के प्रकाश की सहायता से जल का हाइड्रोजन और ऑक्सीजन में अपघटन करना है, जिसे जल विभाजन प्रक्रिया कहा जाता है। इस प्रक्रिया में सूर्य की अक्षय ऊर्जा का उपयोग कर रासायनिक बंधों को तोड़ा जाता है, जिससे हाइड्रोजन जैसे उच्च ऊर्जा घनत्व वाले ईंधन का उत्पादन संभव होता है। हाइड्रोजन को भविष्य का स्वच्छ ईंधन माना जाता है, क्योंकि इसके दहन या ईंधन कोशिकाओं में उपयोग के दौरान केवल जल ही उप-उत्पाद के रूप में प्राप्त होता है, जिससे किसी भी प्रकार का कार्बन उत्सर्जन नहीं होता।

इस उद्देश्य के लिए फोटोइलेक्ट्रोकेमिकल (PEC) सेल और फोटोकैटेलिटिक प्रणालियाँ प्रमुख तकनीकों के रूप में विकसित की जा रही हैं। फोटोइलेक्ट्रोकेमिकल सेल में प्रकाश-अवशोषक अर्धचालक इलेक्ट्रोड सूर्य के प्रकाश को अवशोषित कर इलेक्ट्रॉन–होल युग्म उत्पन्न करते हैं, जो क्रमशः जल के अपचयन और ऑक्सीकरण अभिक्रियाओं को संचालित करते हैं। वहीं फोटोकैटेलिटिक प्रणालियों में प्रकाश-संवेदी उत्प्रेरक जलीय माध्यम में सूर्य प्रकाश के प्रभाव से जल को सीधे हाइड्रोजन और ऑक्सीजन में विभाजित करते हैं।

इन तकनीकों की प्रमुख चुनौती उच्च दक्षता, दीर्घकालिक स्थिरता और कम लागत वाले पदार्थों का विकास है। इन चुनौतियों के समाधान से कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण आधारित जल विभाजन भविष्य की स्वच्छ और सतत ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।[10]

2.5 कार्बन डाइऑक्साइड रूपांतरण और सौर ईंधन

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण कार्बन डाइऑक्साइड जैसी ग्रीनहाउस गैस को उपयोगी ईंधनों और मूल्यवर्धित रसायनों में परिवर्तित करने का एक प्रभावी और पर्यावरण-अनुकूल मार्ग प्रदान करता है। इस प्रक्रिया का मुख्य उद्देश्य वायुमंडल में उपस्थित CO_2 की मात्रा को कम करने के साथ-साथ सूर्य की अक्षय ऊर्जा का उपयोग कर रासायनिक ऊर्जा का भंडारण करना है। प्राकृतिक कार्बन चक्र से प्रेरित यह तकनीक मानव-निर्मित प्रणालियों में कार्बन के पुनः उपयोग की संभावना को साकार करती है।

सूर्य-प्रेरित कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रक्रियाओं में उपयुक्त प्रकाश-अवशोषक पदार्थ और उत्प्रेरकों की सहायता से CO_2 का अपचयन किया जाता है। इस दौरान उत्पन्न उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉनों का उपयोग कर कार्बन डाइऑक्साइड को कार्बन मोनोऑक्साइड, मेथनॉल, फॉर्मिक अम्ल या अन्य हाइड्रोकार्बन यौगिकों में बदला जा सकता है। कार्बन मोनोऑक्साइड औद्योगिक संश्लेषण में एक महत्वपूर्ण कच्चा पदार्थ है, जबकि मेथनॉल और फॉर्मिक अम्ल स्वच्छ ईंधन, ऊर्जा वाहक और रासायनिक उद्योग में बहुउपयोगी यौगिक के रूप में कार्य करते हैं। [11]

हालाँकि, CO_2 अपचयन एक बहु-इलेक्ट्रॉन प्रक्रिया होने के कारण तकनीकी रूप से चुनौतीपूर्ण है। इसके लिए उच्च चयनात्मकता, दक्षता और स्थिरता वाले उत्प्रेरकों का विकास आवश्यक है। यदि इन चुनौतियों का समाधान किया जा सके, तो कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण आधारित CO_2 रूपांतरण न केवल जलवायु परिवर्तन को कम करने में सहायक होगा, बल्कि सतत ऊर्जा और हरित रसायनों के उत्पादन का एक नया मार्ग भी प्रशस्त करेगा।

2.6 हालिया प्रगति और तकनीकी विकास

नैनोप्रौद्योगिकी और पदार्थ विज्ञान में हाल के वर्षों में हुई तीव्र प्रगति ने कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण प्रणालियों की दक्षता और स्थायित्व में उल्लेखनीय सुधार किया है। नैनोस्तर पर पदार्थों की संरचना, आकार और सतह गुणों को नियंत्रित करने की क्षमता ने प्रकाश-अवशोषण को बढ़ाने, आवेश पृथक्करण को प्रभावी बनाने और ऊर्जा हानि को कम करने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। नैनो-संरचित अर्धचालक, हेटरो-संरचनाएँ और समिश्र पदार्थ दृश्य प्रकाश के अधिकतम उपयोग को संभव बनाते हैं, जिससे सूर्य की ऊर्जा का बेहतर दोहन हो पाता है। [12-14]

इसके साथ ही, उन्नत पदार्थ विज्ञान ने ऐसे उत्प्रेरकों के विकास को भी गति दी है जो अधिक चयनात्मक, स्थिर और कम लागत वाले हैं। प्रकाश-अवशोषक, आवेश परिवहन माध्यम और उत्प्रेरकों को एक ही एकीकृत प्रणाली में संयोजित करने से इंटरफेस पर होने वाली ऊर्जा हानि कम होती है और समग्र प्रदर्शन में सुधार होता है। ऐसी समन्वित प्रणालियाँ अब प्रयोगशाला स्तर से आगे बढ़कर पायलट और अर्ध-व्यावहारिक स्तर तक पहुँच रही हैं। इस प्रकार, नैनोप्रौद्योगिकी और पदार्थ विज्ञान में हुई प्रगति कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण को एक व्यवहार्य, स्वच्छ और सतत ऊर्जा समाधान के रूप में स्थापित करने की दिशा में महत्वपूर्ण कदम सिद्ध हो रही है।

2.7 चुनौतियाँ और अनुसंधान अंतराल

यद्यपि कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण एक अत्यंत आशाजनक तकनीक के रूप में उभर रही है, फिर भी इसके व्यापक व्यावहारिक अनुप्रयोग के मार्ग में कई गंभीर चुनौतियाँ विद्यमान हैं। कम ऊर्जा रूपांतरण दक्षता इस क्षेत्र की प्रमुख समस्याओं में से एक है, क्योंकि वर्तमान प्रणालियाँ सूर्य की उपलब्ध ऊर्जा का केवल सीमित भाग ही उपयोगी रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर पाती हैं। इसके अतिरिक्त, निरंतर प्रकाश और रासायनिक अभिक्रियाओं के संपर्क में रहने से प्रयुक्त पदार्थों का क्षरण होना प्रणाली की दीर्घकालिक स्थिरता को प्रभावित करता है।[15]

उच्च लागत भी एक महत्वपूर्ण बाधा है, विशेषकर तब जब बहुमूल्य धातुओं पर आधारित अर्धचालकों और उत्प्रेरकों का उपयोग किया जाता है। साथ ही, प्रयोगशाला स्तर पर सफल प्रणालियों को बड़े पैमाने पर लागू करना तकनीकी जटिलताओं, सामग्री उपलब्धता और प्रक्रिया नियंत्रण जैसी समस्याओं के कारण कठिन सिद्ध होता है। इन सभी चुनौतियों के समाधान के लिए बहुविषयक, दीर्घकालिक और सहयोगात्मक अनुसंधान की आवश्यकता है, जिसमें नैनोप्रौद्योगिकी, पदार्थ विज्ञान, रसायन विज्ञान और इंजीनियरिंग के समन्वित प्रयास शामिल हों। ऐसे संगठित अनुसंधान प्रयास ही कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण को एक व्यावहारिक और सतत ऊर्जा समाधान के रूप में स्थापित कर सकते हैं। [16]

2.8 पर्यावरणीय और सामाजिक महत्व

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण स्वच्छ और सतत ऊर्जा उत्पादन की दिशा में एक क्रांतिकारी तकनीक के रूप में उभर रहा है, जो जीवाश्म ईंधनों पर बढ़ती वैश्विक निर्भरता को कम करने की क्षमता रखता है। सूर्य की अक्षय ऊर्जा का उपयोग कर जल और कार्बन डाइऑक्साइड जैसे प्रचुर संसाधनों से ईंधन और रसायनों का उत्पादन इस तकनीक को पर्यावरण-अनुकूल बनाता है। चूँकि इस प्रक्रिया में कार्बन डाइऑक्साइड का पुनः उपयोग किया जाता है, इसलिए यह एक कार्बन-न्यूट्रल ऊर्जा चक्र को प्रोत्साहित करती है, जिससे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी लाई जा सकती है और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को सीमित किया जा सकता है।[17]

इसके अतिरिक्त, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण भविष्य में विकेंद्रीकृत ऊर्जा उत्पादन की अवधारणा को भी साकार कर सकता है। छोटे-स्तर की, स्थानीय रूप से स्थापित प्रणालियाँ सूर्य के प्रकाश की उपलब्धता के आधार पर सीधे ईंधन या ऊर्जा वाहकों का उत्पादन कर सकती हैं, जिससे केंद्रीकृत ऊर्जा संयंत्रों और लंबी आपूर्ति श्रृंखलाओं पर निर्भरता घटेगी। यह विशेष रूप से दूरदराज़ और विकासशील क्षेत्रों के लिए लाभकारी हो सकता है, जहाँ पारंपरिक ऊर्जा अवसंरचना सीमित है। इस प्रकार, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण न केवल स्वच्छ ऊर्जा संक्रमण को गति देगा, बल्कि ऊर्जा सुरक्षा, आत्मनिर्भरता और पर्यावरण संरक्षण के लक्ष्यों को भी सुदृढ़ करेगा।[18,19]

2.9 भविष्य की संभावनाएँ

नवीन पदार्थों की खोज, उन्नत उपकरण डिज़ाइन और संगणकीय मॉडलिंग में हो रही प्रगति के साथ कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण का भविष्य अत्यंत संभावनापूर्ण दिखाई देता है। नए अर्धचालक, नैनो-संरचित समिश्र पदार्थ और पृथ्वी पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध उत्प्रेरक इस तकनीक की दक्षता, स्थिरता और लागत-प्रभाविता को लगातार बेहतर बना रहे हैं। वहीं, उन्नत उपकरण डिज़ाइन के माध्यम से प्रकाश-अवशोषण, आवेश परिवहन और रासायनिक रूपांतरण को एकीकृत करने वाली प्रणालियाँ विकसित की जा रही हैं, जो ऊर्जा हानि को कम कर समग्र प्रदर्शन को बढ़ाती हैं।

इसके साथ ही, संगणकीय मॉडलिंग और सैद्धांतिक गणनाएँ पदार्थों के गुणों, अभिक्रिया तंत्रों और इंटरफेस प्रक्रियाओं को गहराई से समझने में सहायक सिद्ध हो रही हैं। इससे प्रयोगात्मक अनुसंधान को अधिक लक्षित और कुशल दिशा मिलती है। निरंतर और बहुविषयक अनुसंधान प्रयासों के परिणामस्वरूप कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण भविष्य में नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों का एक महत्वपूर्ण और पूरक घटक बन सकता है, जो स्वच्छ ऊर्जा उत्पादन, कार्बन प्रबंधन और ऊर्जा सुरक्षा जैसे वैश्विक लक्ष्यों को प्राप्त करने में निर्णायक भूमिका निभाएगा

3. उपसंहार

कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण आधुनिक ऊर्जा संकट और पर्यावरणीय चुनौतियों के समाधान की दिशा में प्रकृति से सीखने का एक अत्यंत प्रभावी और दूरदर्शी प्रयास है। प्राकृतिक प्रकाश संश्लेषण, जिसने पृथ्वी पर जीवन को संभव बनाया, उसी से प्रेरणा लेकर यह तकनीक सूर्य के प्रकाश जैसी अक्षय ऊर्जा को रासायनिक ईंधनों में परिवर्तित करने का लक्ष्य रखती है। इस प्रक्रिया के माध्यम से जल और कार्बन डाइऑक्साइड जैसे प्रचुर और सस्ते संसाधनों का उपयोग कर हाइड्रोजन, मेथनॉल, फॉर्मिक अम्ल तथा अन्य उपयोगी रसायनों का उत्पादन किया जा सकता है, जो स्वच्छ और सतत ऊर्जा भविष्य की नींव बन सकते हैं।

आज की वैश्विक ऊर्जा व्यवस्था मुख्यतः जीवाश्म ईंधनों पर निर्भर है, जिसके कारण कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन, जलवायु परिवर्तन और पर्यावरणीय क्षरण जैसी गंभीर समस्याएँ उत्पन्न हो रही हैं। ऐसे परिदृश्य में कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण एक वैकल्पिक और पर्यावरण-अनुकूल मार्ग प्रस्तुत करता है। सूर्य की अक्षय ऊर्जा का उपयोग कर रासायनिक ऊर्जा का भंडारण न केवल ऊर्जा उत्पादन को स्वच्छ बनाता है, बल्कि कार्बन-न्यूट्रल या कार्बन-नकारात्मक ऊर्जा चक्र को भी बढ़ावा देता है। विशेष रूप से कार्बन डाइऑक्साइड के पुनः उपयोग द्वारा यह तकनीक ग्रीनहाउस गैसों की समस्या के समाधान में भी योगदान दे सकती है।

हालाँकि, वर्तमान में कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण का व्यावहारिक उपयोग अभी विकासशील अवस्था में है। कम ऊर्जा रूपांतरण दक्षता, प्रयुक्त पदार्थों का दीर्घकालिक क्षरण, उच्च लागत और बड़े पैमाने पर कार्यान्वयन से जुड़ी तकनीकी जटिलताएँ इसके व्यापक उपयोग में बाधा उत्पन्न करती हैं। इसके बावजूद, नैनोप्रौद्योगिकी, पदार्थ विज्ञान, उत्प्रेरण और संगणकीय मॉडलिंग में हो रही निरंतर प्रगति इन चुनौतियों को धीरे-धीरे कम कर रही है। नवीन अर्धचालक पदार्थ, पृथ्वी पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध उत्प्रेरक और उन्नत उपकरण डिज़ाइन इस तकनीक को अधिक कुशल, स्थिर और किफायती बनाने की दिशा में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं।

भविष्य के परिप्रेक्ष्य में, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण विकेंद्रीकृत ऊर्जा उत्पादन की अवधारणा को भी साकार कर सकता है। स्थानीय स्तर पर स्थापित प्रणालियाँ सीधे सूर्य प्रकाश से ईंधन या ऊर्जा वाहकों का उत्पादन कर सकती हैं, जिससे दूरदराज़ और ऊर्जा-वंचित क्षेत्रों में ऊर्जा पहुँचाना संभव हो सकेगा। इससे न केवल ऊर्जा सुरक्षा बढ़ेगी, बल्कि आर्थिक और सामाजिक विकास को भी बल मिलेगा।

निष्कर्षतः, कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण केवल एक वैज्ञानिक अनुसंधान विषय नहीं, बल्कि भविष्य की स्वच्छ, सतत और सुरक्षित ऊर्जा प्रणाली की एक मजबूत संभावना है। निरंतर, दीर्घकालिक और सहयोगात्मक अनुसंधान के माध्यम से यह तकनीक आने वाले समय में नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन सकती है और मानव समाज को पर्यावरण-संतुलित ऊर्जा भविष्य की ओर ले जाने में निर्णायक भूमिका निभा सकती है।

4. कृतज्ञता ज्ञापन

लेखक इस शोध कार्य के लिए मदन मोहन मालवीय प्रोद्योगिकी विश्वविद्यालय गोरखपुर द्वारा प्रदान की गई संस्थागत तथा प्रयोगशाला सुविधाओं हेतु हार्दिक धन्यवाद ज्ञापित करते है एवं सहयोग के लिए कृतज्ञ हैं।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. Lewis, N. S.; Nocera, D. G. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. Proceedings of the National Academy of Sciences 2006, 103, 15729–15735.https://doi.org/10.1073/pnas.0603395103
2. Barber, J. Photosynthetic energy conversion: Natural and artificial. Chemical Society Reviews 2009, 38, 185–196. DOI: https://doi.org/10.1039/B802262N
3. Tachibana, Y.; Vayssieres, L.; Durrant, J. R. Artificial photosynthesis for solar water splitting. Nature Photonics 2012, 6, 511–518. https://doi.org/10.1038/nphoton.2012.175
4. Nocera, D. G. Solar fuels and artificial photosynthesis. Accounts of Chemical Research 2017, 50, 616–619. DOI: 10.1021/acs.accounts.6b00615
5. Fujishima, A.; Honda, K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. Nature 1972, 238, 37–38. DOI: 10.1038/238037a0
6. Yfrach, G. S.; Liddell, P. A.; Hung, S. C.; Moore, A. L.; Gust, D.; Moore, T. A. Artificial photosynthetic reaction centers. Nature 1997, 385, 239–241. 10.1038/385239a0
7. Yfrach, G. S.; Rigaud, J. L.; Durantini, E. N.; Moore, A. L.; Gust, D.; Moore, T. A. Artificial photosynthetic antenna–reaction center complexes. Nature 1998, 392, 479–482. DOI: 10.1016/j.crci.2016.05.016
8. Listorti, A.; Durrant, J.; Barber, J. Artificial photosynthesis: Challenges and perspectives. Nature Materials 2009, 8, 929–930. DOI: 10.1038/nmat2578
9. Roy, S. C.; Varghese, O. K.; Paulose, M.; Grimes, C. A. Toward solar fuels: Photocatalytic conversion of CO_2 and water. ACS Nano 2010, 4, 1259–1278. doi:10.1021/nn9015423
10. Gust, D.; Moore, T. A.; Moore, A. L. Solar fuels via artificial photosynthesis. Faraday Discussions 2012, 155, 9–26. DOI https://doi.org/10.1039/C1FD00110H
11. Park, C. B.; Lee, S. H.; Subramanian, E.; Kale, B. B.; Lee, S. M.; Baeg, J. O. Photocatalyst–enzyme coupled systems for solar chemical synthesis. Chemical Communications 2008, 5423–5425. https://doi.org/10.1039/B808256A
12. Diwald, O.; Thompson, T. L.; Zubkov, T.; Goralski, E. G.; Walck, S. D.; Yates, J. T. Photochemical activity of metal oxide surfaces. The Journal of Physical Chemistry B 2004, 108, 6004–6008. https://doi.org/10.1021/jp031267y
13. Li, D.; Kaner, R. B. Graphene-based materials. Science 2008, 320, 1170–1171. DOI: 10.1126/science.1158180
14. Dikin, D. A.; Stankovich, S.; Zimney, E. J.; Piner, R. D.; Dommett, G. H. G.; Evmenenko, G.; Nguyen, S. T.; Ruoff, R. S. Preparation and characterization of graphene oxide paper. Nature 2007, 448, 457–460. DOI: 10.1038/nature06016
15. Chen, H.; Müller, M. B.; Gilmore, K. J.; Wallace, G. G.; Li, D. Mechanically strong graphene-based composites. Advanced Materials 2008, 20, 3557–3561. DOI: 10.1002/adma.200800757
16. Geim, A. K.; Novoselov, K. S. The rise of graphene. Nature Materials 2007, 6, 183–191. https://doi.org/10.1038/nmat1849
17. Zhang, H.; Lv, X.; Li, Y.; Wang, Y.; Li, J. P25–graphene composite as a high-performance photocatalyst. ACS Nano 2010, 4, 380–386. DOI: 10.1021/nn901221k
18. Williams, G.; Seger, B.; Kamat, P. V. TiO_2–graphene nanocomposites for photocatalysis. ACS Nano 2008, 2, 1487–1491. http://dx.doi.org/10.1021/nn800251f
19. Xiang, Q.; Yu, J.; Jaroniec, M. Graphene-based semiconductor photocatalysts. Chemical Society Reviews 2012, 41, 782–796. DOI https://doi.org/10.1039/C1CS15172J

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.11

मिशन सर्वाइव २२१७

सत्य पाल सिंह

भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, (उ० प्र०), भारत 273010
लेखक से संवाद के लिए ईमेल: singh.satyapal.pmsd@gmail.com; singh.satyapal@hotmail.com

आलेख प्राप्त: २० फरवरी २०२६; स्वीकृत: २२ मार्च २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २३ मार्च २०२६

सारांश

यह लघु आलेख एक विज्ञान गल्प है जो वैज्ञानिक सिद्धांतों के आधार पर ही लिखा गया है। यह कथा भविष्य के एक मिशन के बारे में है जिसमें नासा और विश्व के कई अग्रणी देश पूरे विश्व को उल्का पिंडों से रक्षा प्रदान कर रहे हैं। साथ ही साथ ऐसे वैज्ञानिक प्रयास जारी हैं जिससे कि पृथ्वी पर महाप्रलय जैसी स्थिति आने पर दूसरे ग्रहों पर मानव की बस्ती बसाकर मानव जाति की रक्षा की जा सके और सृष्टि बची रहे। इस काल्पनिक कथा में वर्ष २२१७ की घटना का काल्पनिक चित्रण है, जिसमें कहा गया कि मानव ने चन्द्रमा और मंगल ग्रह पर मानव की छोटी कॉलोनी बसा ली है, और उसके अभियान शुक्र ग्रह पर तैरती हुई मानव कॉलोनी बसाने हेतु चल रहे हैं।

सूचक शब्द: सौर्य मंडल, उल्का पिंड, सुपरनोवा विस्फोट, परग्रहीय जीवन

खंड १, अंक १, जनवरी–२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 1, Issue 1, January-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal

सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v1i1.2026.11

Mission Survive 2217

Satya Pal Singh

Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, (U.P.), India-273010
Corresponding Author Email: singh.satyapal.pmsd@gmail.com; singh.satyapal@hotmail.com

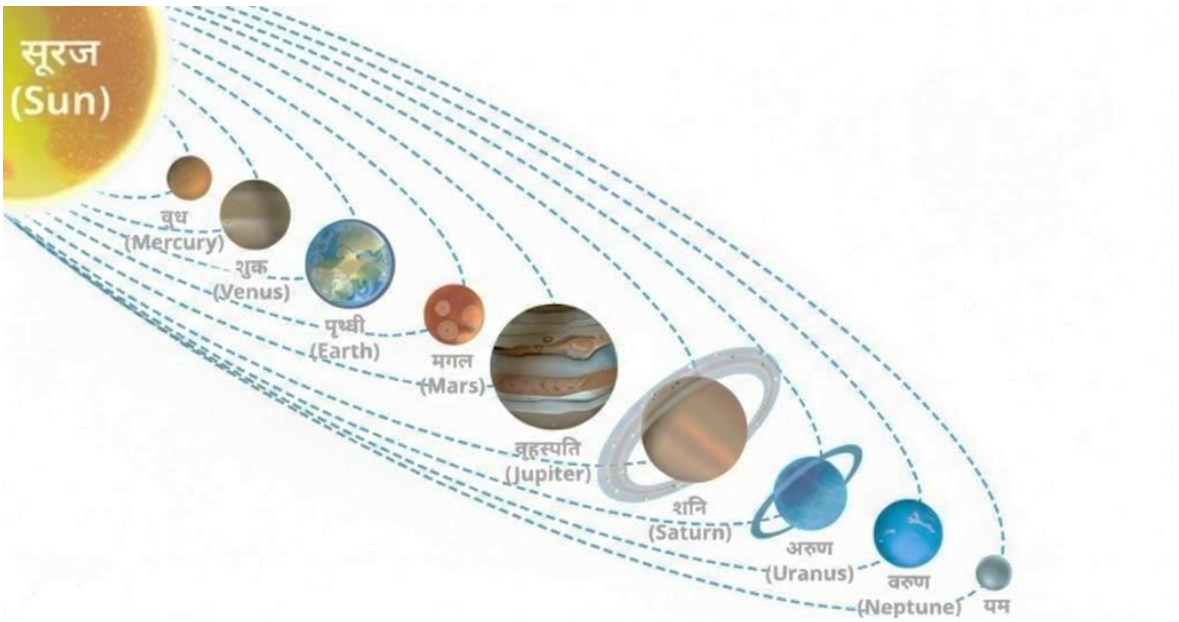
Submitted On: 20 February 2026; Accepted On: 22 March 2026
Published Online First: 23 March 2026

ABSTRACT

This short article is a science fiction story based solely on scientific principles. This fiction is about a future mission in which NASA and many world-leading countries protect the entire world from meteorological bodies showering on the Earth. Simultaneously, scientific efforts are underway so that, when a situation like supermassive devastation (Mahapralay) on Earth occurs, the human race can be protected and remain inhabitable on other planets. This fantasy story portrays the 2217 event, which states that humans have established small colonies on the Moon and Mars, and that their campaigns will establish a human colony on planet Venus.

Keywords: Solar system, Meteors, Supernova explosion, Extra-planetary life

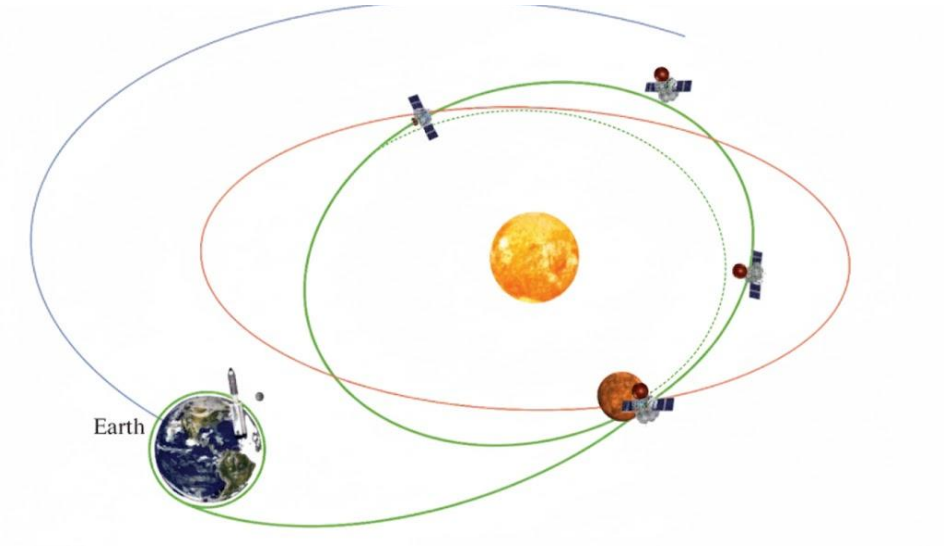
उदया और संस्कार दौड़ते-भागते घर पहुँचे। उनकी हड़बड़ाहट देखकर दादा और दादी घबड़ा गये। दादी पूछी, क्या बात? ऐसी शीघ्रता क्या है? अपने मोबाइल घड़ी से टीवी क्या तुमने आन किया है? कुछ अलग ही प्रकार का न्यूज आ रहा है। मेरे कान के पास लगी चिप ठीक से नहीं काम कर रही है, लेकिन टी0 वी0 स्क्रीन पर लिख कर आ रहा है, कोई ब्रेकिंग न्यूज है। शुक्र घर पर पृथ्वी से कोई अंतरिक्ष यान पहुँचा है और वहाँ के वायुमण्डल की तस्वीरें भेज रहा है। दादा ने संस्कार से पूछा- "कोई बड़ी साईटिफिक घटना है क्या? संस्कार ने कहाँ, हाँ दादा जी। आज नासा का एक प्रयोगी अंतरिक्ष-यान शुक्र ग्रह के ऊपरी वातावरण में लगभग उसकी सतह से 80-100 किमी ऊपर प्रवेश किया है। इस मिशन का नाम है मिशन सर्वाइव, जिसमें योरोपीय और जापानी वैज्ञानिकों के अतिरिक्त भारतीय वैज्ञानिक भी जुड़े हैं। पिछले 40 वर्षों से रुक-रुक उल्का पिण्डों की जो बारिश पृथ्वी पर हो रही है उसको लेकर पूरी दुनिया परेशान है। यह एक संकट भरा समय है (चित्र 1)। यद्यपि अभी जो उल्का पिण्ड आए हैं| उनको 10-15 देशों के वैज्ञानिक अपनी मिसाइलों से नष्ट कर पूरी पृथ्वी को सुरक्षा दे रहे हैं। भगवान का शुक्र कहि, कि कम से कम पृथ्वी को बचाने के लिए अंतर्राष्ट्रीय सहमति बन गई है, दादा जी नहीं तो सुपर पावर चाईना, अमेरिका, रूस और फ्रांस अपनी शर्तों पर पृथ्वी को बाह्य वाताबरण से आने वाले उल्का पिडों से शील्ड प्रदान करते। दादा जी ने कहा हाँ, मुझे भी कुछ याद आ रहा है। मिशन सरवाईव परियोजना का प्रारम्भ में बहुत मजाक उड़ाया गया था। मानव पृथ्वी पर नहीं सुरक्षित होगा, तो क्या सूरज के निकट जाकर शुक्र ग्रह पर| मुझे लगता है, यह यान मार्च में ही भेजा गया था। मैं उसी समय भारतीय तटरक्षक सेवा में रिमोट सर्वेलांस कमांडर के पद से रिटायर हुआ था। हाँ 23 जून है, 2-3 महीने लग जाने चाहिए शुक्र ग्रह तक पहँच जाने मे लेकिन इस यान के पहलें भी बहुत से यान जा चुके हैं, लिस्ट करें तो 3-4 दर्जन तो जा ही चुके हैं (चित्र 2)। हॉ संस्कार ! इस मिशन में ऐसी क्या विशेषता है? अरे दादा जी, तब आपको नहीं पता है? संस्कार ने आश्चर्य से कहा। दादा जी यह मानव- युक्त मिशन है। तीन अंतरिक्ष यात्री शुक्र ग्रह के ऊपरी वातावरण में परिक्रमा करते हुए रिमोट और रोबोट्स की सहायता से उसके रासायनिक घटकों का परीक्षण कर पृथ्वी पर डाटा प्रेषित करेंगे,



चित्र 1: हमारे सौर्य मंडल में ग्रहों की स्थितिय वर्ष 2006 में अंतर्राष्ट्रीय खगोलीय संगठन द्वारा ग्रहों की नई परिभाषा के अनुसार प्लूटो को नौ ग्रहों के सूची से हटाकर क्षुद्र ग्रह की श्रेणी में रख दिया गया है। नई परिभाषा के अनुसार ष्एक खगोलीय पिंड जो (क) सूर्य के चारों ओर कक्षा में है, (ख) अपने स्वयं के गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा कठोर पिंड बनने के लिए पर्याप्त द्रव्यमान रखता है जिससे वह जलस्थैतिक संतुलन (लगभग गोलाकार) आकार ग्रहण कर लेता है, और (ग) अपनी कक्षा के आसपास के क्षेत्र को साफ कर चुका है, ही ग्रह कहा जा सकता है। [1, 2]

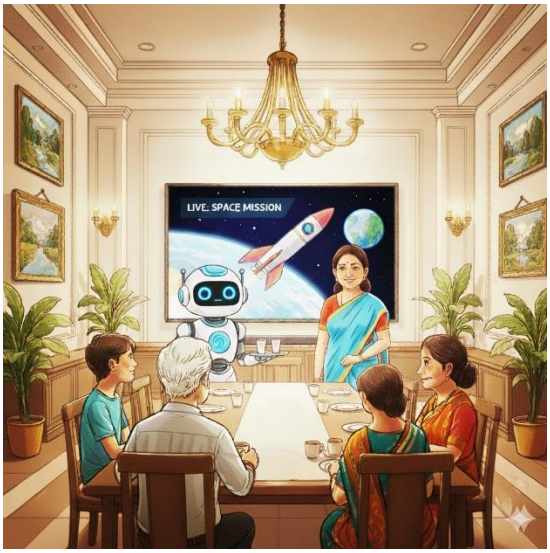
साथ-ही साथ वह लगभग 2 माह तक उसके वातावरण से ऑक्सीजन और पानी निकालकर वहाँ जिंदा रहेगें। ऐसा करने से भविष्य में शुक ग्रह पर मानव 80-100 किमी ऊपर वायुमण्डल में अपनी तैरती हुई कालोनी बना लेगा। इसके पहले परीक्षणों में भारत ने भी अपना परचम लहराया है| दादी जी! भारतीय वैज्ञानिकों ने अंतरिक्ष में राकेट भेजकर ना केवल उसके ऊपरी वातावरण का सटीक विश्लेषण किया, अपितु शुक्र ग्रह पर जलवाष्प बनने की प्रक्रिया और उन क्षेत्रों का सही-सही अनुमान भी लगाया। यदपि कि नासा के वैज्ञानिकों को बहुत पैसे खर्च करने पड़े, पूर्व के दो दर्जन से अधिक अभियानों से शुक्र ग्रह के वायुमंडल में प्रवेश कर जानकारी जुटाने में। अंतरिक्षयानों के साथ भेजे गए राकेट गलत क्षेत्रों में भी भटक गए और वहां की अम्लीय आंधी भरे वातावरण में नष्ट हो गए। याद है संस्कार, पांच वर्ष पूर्व के अभियान में दोनों चिमपॉन्जी कैसे एसिड से जल कर मर गए। उसके सीधे प्रसारण की तस्वीरें यादकर शरीर काँप जाता है। वायुमंडल में उल्टा

वायु दबाव क्षेत्र बनने के कारण सांद्र सल्फ्यूरिक एसिड की बारिश शुक्र के सतह की ओर ना होकर बाहर अंतरिक्ष की ओर हो रही थी।



चित्र -2: शुक्र ग्रह पर भेजे गए यानों के लिए निर्धारित पथ को दर्शाता चित्र

अभी तक तो उल्का पिण्ड गिरे हैं, उससे पृथ्वी पर 50-60 हजार लोग ही मरे हैं, लेकिन कल्पना करें कि कोई बहुत बड़ा उल्का पिण्ड पृथ्वी पर गिर जाए तो क्या होगा, वैसा ही जैसे डायनासोर युग में गिरा था? पूरी पृथ्वी पर प्रलय आ जाएगा। पृथ्वी धूल गैस और वाष्प के बादल तक कई वर्षों तक ढक जाएगी, और हिमयुग आ जाएगा। पृथ्वी से तो मानव सभ्यता ही समाप्त हो जाएगी दादा जी ! दादा जी के चेहरे पर बल पड़ गया। दादी जी भी ध्यान से संस्कार की बात सुनने लगी और गम्भीर हो गई। दादा जी ने लंबी सांस ली और कहा-मुझे ऐसी संभावना कम ही दिखती है, लेकिन अब तो ऐसी मिसाईलें बन चुकी हैं कि बड़े से बड़े उल्का पिण्डों को धूल में बदल देगी। उदया जोर से बोली दादा जी कुछ नही कह सकते हैं। मेरे खगोल भौतिकी के प्रोफेसर ने बताया है कि मंगल और बृहस्पति के बीच स्थित क्षुद्रग्रह पेटी (Asteroid Belt) में कुछ उथल-पुथल हो रही है, जिसको वैज्ञानिक अभी समझ नहीं पाए हैं। दादा जी ने कहा, 30 वर्ष पूर्व पृथ्वी पर अंतरिक्ष से जो शाक वेब भई थी, और पेसिफिक महासागर से टकराई थीं, वह किसी सुपरनोवा बिस्फोट से पैदा हुई तरंगे थीं। अभी तो



चित्र -3: शुक्र ग्रह पर भेजे गए यान का सजीव प्रसारण देखते हुए उदया, संस्कार, दादा एवं दादी जी (AI-generated काल्पनिक चित्रण)

वह बहुत क्षीण थीं, तब भी 10 - 15 हजार बड़ी मछलियां और जल जीव तुरंत समाप्त हो गये । पांच-छह बड़े समुद्री मालवाहक जहाज भी उधर से गुजरते हुए जलमग्न हो गए थे। सैकड़ों जहाजकर्मी और इंजीनियर सेकंड्स में समाप्त हो गए। आस-पास के क्षेत्रों में महीनों तक वर्षा होती रही, क्योंकि वाह्य अंतरिक्ष में किसी सुपरनोवा विस्फोट से उत्पन्न शॉक-वेव के पेसिफिक महासागर के सतह से टकराने से कई लाख टन पानी तुरंत भाप में बदल गया था, जो धीरे-धीरे संघनित होकर महीनों तक बारिश का कारण बना। पेसिफिक महासगार का लगभग 1000 वर्ग किमी का क्षेत्र प्रभावित हुआ था। कहा जाता है कि उस टक्कर से पचासों एटम बम के बराबर ऊष्मा पैदा हुई थी। भगवान ना करे ऐसी घटनाएं पृथ्वी पर पुनः हों। 100-200 मीटर ऊँची लहरें उठी थीं । दादा जी की आंखें नम देखकर संस्कार ने पूछा, क्या हुआ दादा जी ? कुछ नहीं, मेरे एक अमेरिकी मित्र जॉन फ्रेडरिक की जान उस घटना में चली गई, जो उन्ही व्यवसायिक मालवाहक जहाजों में से एक का कप्तान था। मेरी उससे से 10 वर्ष पुरानी मैत्री थी, ऐसे ही इंटरनेट से जान-पहचान हुई थी। वह बहुत ही लम्बा-चौड़ा और ताकतवर इंसान था, और उसकी दो पत्नियों से 04 बच्चे थे। मैं दो से तीन बार अमेरिका गया था, और वह सूचना मिलने पर दो बार मुझे मिलने सपरिवार बोस्टन पहुंच गया था, और मेरी खूब खातिरदारी की थी। एक बार नहीं आ सका, क्योंकि उसके पत्नी का स्वास्थ्य ठीक नहीं था। बहुत अच्छा आदमी था, स्वभाव से तो अमेरिकी नागरिक लगता ही नहीं था, एकदम आम -भारतीयों के जैसे अतिथियों के स्वागत के लिए खड़ा। भगवान का शुक्र काहिए, आपकी पीढ़ी के लोग एक बहुत वड़ी आपदा से बच गए थे, उदया बोली। यह सदी मानव सम्यता के लिए संकट की सदी लगती है, दादी धीरे से बोलीं। छोडो भी वैज्ञानिक प्रयोगों में अप्रत्याशित घटनाएं होती रहती हैं| उदया ने दादी जी का हाथ पकड़ लिया और दादी से बोली, वहाँ तैरते हुए शिप में मानव कॉलोनी बनाने की क्या सूझी? शुक्र ग्रह का अन्वेषण करने के लिए कई दर्जनों अंतरिक्ष यान लॉन्च किए गए हैं, लेकिन सभी सफल नहीं रहे हैं। नासा का मेरिनर 2 पृथ्वी के अलावा किसी अन्य ग्रह का दौरा करने वाला पहला अंतरिक्ष यान था, जब यह 14 दिसंबर, 1962 को शुक्र ग्रह के निकट से गुजरा था। [3] जब 150 साल तक इतनी तेजी नहीं दिखी, तो अचानक शुक्र के अंतरिक्ष कार्यक्रमों में ऐसी तेजी क्यों आ गई? अभी चन्द्रमा और मंगल के ध्रुवों पर जो मानव कॉलोनी बसी है, वह क्या मानव सभ्यता को बचाने के लिए कम है; छह हज़ार के लगभग चन्द्रमा पर और लगभग चार सौ की आबादी मंगल ग्रह पर रह रही है। कितनी विषम परिस्थियाँ हैं वहाँ? ऐसे विषम परिस्थितियों में बच्चों के पैदा होने से लेकर बड़े होने तक समस्याएं ही समस्याएं हैं, क्योंकि वहां कि गुरुत्वाकर्षण शक्ति हमसे बहुत ही क्षीण है। शुक्र ग्रह पर यह समस्या नहीं होगी। चन्द्रमा की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी की तुलना में 6 गुना कम है, जबकि मंगल ग्रह की सतह पर यह 2.5 गुना कम है, [2] जिससे वहां पर जीवन पनपने में समस्याएं हैं। कोशिकाएं माइक्रोन आकार की होती हैं, और उन पर गुरुत्वाकर्षण शक्ति का सीधा प्रभाव पड़ता है। अतः वहां पर मानव की हड्डियों पर कम गुरत्वाकर्षण क्षेत्र का सीधा प्रभाव पड़ता है।[4] सामान्य रूप से चलना भी संभव नहीं होता है। इतना ही नहीं, इस प्रकार के कम ग्रेविटी में पैदा जीवों की अक्ल भी पृथ्वी वालों से अलग होगी और उनका अनुकूलन एक बहुत कठिन काम है, यदपि कि गुरुत्वीय प्रभाव को मैग्नेटिक जूते और वस्त्रों इत्यादि से वैज्ञानिक नियंत्रित कर ले रहे हैं लेकिन माइक्रोस्कोपिक स्तर पर यह नियंत्रण अभी बहुत चुनौती भरा है। इससे वहां प्रजनन और जीवोत्पादन करना अभी भी मानवीय नियंत्रण शक्ति से बाहर ही दिखता है। यह समस्या शुक्र ग्रह के साथ नहीं है। इसे पृथ्वी की बहन कहते हैं क्योंकि यह आकार और गुरुत्वाकर्षण इत्यादि में पृथ्वी के लगभग बराबर ही है। लेकिन फिर भी इसका वातावरण पृथ्वी की तुलना में अत्यंत विषम है। यहाँ पर 40-50 किमी ऊपर तक 200-300 किमी प्रति घंटे की गति से आधियाँ चलती हैं। इसका वातावरण अत्यंत अम्लीय है, और यहाँ पर जीवन होना दुर्लभ है यदपि कि पूर्व के परीक्षणों में कुछ मइक्रोब पाए जाने कि पुष्टि हुई है। सभी शान्त हो गए। थोड़े देर मिशन की सफलता के न्यूज़ सुने। हीरेन (रोबोट) आकर खड़ा हो गया, अरे मैनें आप सभी का भोजन तैयार कर दिया है। आज का मेनू तैयार करने के लिए मुझे बहुत मेहनत करनी पड़ी। तभी रूपा मेट तपाक से बोली। देखीं दादी जी सारा मेहनत मैं करती हूँ और यह रोबोट महोदय खाने की पुकार लगाकर सारा श्रेय से लेते हैं । आएं सभी भोजन कर लें। उदया और संस्कार के पेरेंट्स आज बाह से ही डाडन करके आएंगे। उदया ने कहा, चलो भी संस्कार, अब सफल प्रयोग तो होते ही रहेंगें, लेकिन जब वहाँ पूरी तरह दिन होगा, तब तो सबको भागना ही होगा। वही है, दो दिन की चांदनी, फिर अंधेरी रात। आओ चलो, सभी भोजन कर लें (चित्र 3)।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1: https://iauarchive.eso.org/public/themes/pluto
2: Satya Pal Singh, Introduction to Special Relativity and Space Science, Ist ed., 2012, Wiley India Private Limited,New Delhi, India
3: https://science.nasa.gov/venus/exploration
4: Marcin Tomsia et al., Long-term space missions' effects on the human organism: what we do know and what requires further research, Front Physiol, 2024 Feb 13:15:1284644, doi:10.3389/fphys.2024.1284644; eCollection 2024.

जनवरी 2026 अंक

ई-विज्ञानम

e-Vigyanam

एक अंतर्विषयक मासिक विज्ञान पत्रिका

मुक्तज्ञानम पब्लिकेशन
एम॰ आई॰ जी॰ -२७, गौतम विहार कॉलोनी, तारामंडल, गोरखपुर
उत्तर प्रदेश, भारत-२७३०१७
वेबसाइट: https://muktagyanam.com

द्वारा संचालित: श्रीमती जाह्नवी सिंह
ई-मेल: admin@muktagyanam.com