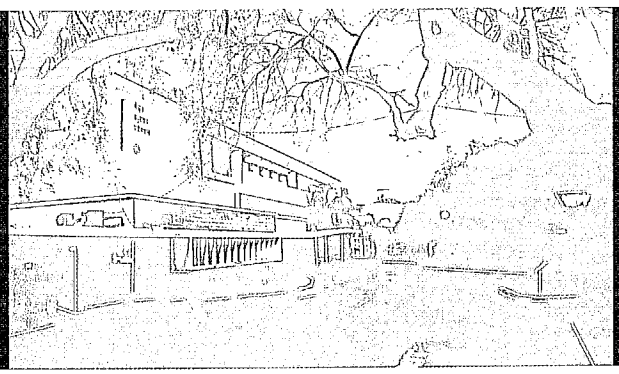
PRL-TN-2009-95

तकनीकी नोट



पी.आर.एल. विज्ञान माला

संपादक
हरि ओम वत्स एवं राधे श्याम गुप्ता

भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद
Physical Research Laboratory, Ahmedabad

आमुख

अनुसंधान संस्था की गतिविधियों एव उपलब्धियों को सरल रूप से जन मानस की भाषा (हिंदी) में प्रस्तुत करना हमारे देश एवं समाज की उन्नति के लिए एक सराहनीय कार्य है । भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला हर वर्ष यह प्रयास करती है जिसमें संस्था के सभी वर्ग भाग लेते हैं । इसका एक लाभ तो बिलकुल सीधा ही प्रतीत होता है कि प्रति वर्ष लेखों की संख्या तथा उनमें वर्णित विज्ञान एवं तकनीकी तथ्यों में निरंतर वृद्धि हो रही है। वर्ष 2009 में यह प्रयास 19 मार्च को संपन्न हुआ और इसमें अत्यंत रुचिकर लेख प्रस्तुत किये गये । लेखों की संख्या 21 थी । इनसे प्रभावित होकर हमारे निदेशक एवं डीन महोदय ने यह घोषणा की कि इस वर्ष हम इन लेखों का संग्रह भी प्रकाशित करेंगे । यह लेख संग्रह इसी के फल स्वरूप है ।

इस लेख संग्रह में भू-भौतिकी एवं विज्ञान, समुद्र विज्ञान, वायुमण्डलीय एवं ग्रहीय वातावरण एवं खगोल विज्ञान एवं भौतिक के क्षेत्र में अत्यंत रुचिकर लेख हैं । इनकी भाषा को सरल रखने का प्रयास किया गया है । विषयों की गंभीरता को देखते हुए सभी लेखों को प्रशंसनीय स्तर का कहा जा सकता है । हमें इन लेखों का संपादन करने में काफी हर्ष हुआ । अपने लेख तैयार करके समय सीमा में देने के लिए हम अपने सभी लेखक साथियों (रोहित श्रीवास्तव, कमलेश कुमार बराया, रवि भूषण, तरुण कुमार झा, हरि ओम वत्स, के. दुर्गा प्रसाद, राजमल जैन,एम.शणमुगम, के.जे. शाह, मनन व्यास, किरणसिंह बालियान, दिनेश कुमार अग्रवाल, असित भट्टाचार्य, एस.के. परमार, अरविंद सिंह एवं रंगस्वामी रमेश, रजनी दीपक ढींगरा, पंकज शर्मा, सोम कुमार शर्मा, संदीप र. सोमाणी, वी.एस. जगदीश, प्रशांत दास, दीपक ढींगरा, जयेश पी. पाबारी) के आभारी हैं ।

इस प्रकार के आयोजन तथा लेख संग्रहों के प्रकाशन में संस्था के सभी वर्ग योगदान देते हैं । हम संस्था के सभी वर्गों का आभार व्यक्त करते हैं । हमारे निदेशक महोदय एवं डीन महोदय ने इस आयोजन एवं प्रकाशन में हमारा मार्गदर्शन किया तथा सभी प्रकार की सुविधायें प्रदान की । हम इसके लिए उनके आभारी हैं । व्यवस्था की कल्पना एवं पूर्ण कराने के कार्य भार रजिस्ट्रार महोदय पर रहा और यह सब कुशलतापूर्वक कराने के लिए हम उनके भी आभारी हैं ।

आशा है यह लेख संग्रह विज्ञान के प्रचार-प्रसार एवं इसको लोकप्रिय बनाने में सहायक होगा । हमारा दृष्टिकोण विज्ञान को देश एवं समाज के लिए निरंतर अधिकाधिक उपयोगी बनाना होना चाहिए । यह प्रयास इसी दिशा में है ।

धन्यवाद !

- सेमिनार आयोजन समीति

अनुक्रमणिका

क्रमांक	विषय	लेखक	पृष्ठ संख्या
1	ऐरोसॉल की वायुमंडल में भूमिका	रोहित श्रीवास्तव	1
2	द्रव बूंदक विकिरक: उच्च शक्ति के वैज्ञानिक उपग्रहों में उष्मा प्रबंधन के लिए एक उन्नत प्रौद्योगिकी	कमलेश कुमार बराया	4
3	पिछले 50 हजार (50ky) सालों के दौरान दक्षिण-पश्चिम मानसून में परिवर्तनशीलता : बंगाल की खाड़ी के अवसाद नमूनों पर किए गए अध्ययनों का एक विवरण	रवि भूषण	9
4	सौर वायु	हरि ओम वत्स	12
5	बेतार संवेदक जाल के द्वारा चाँद पर पानी की खोज	के. दुर्गा प्रसाद	17
6	सौर ज्वालाओं में उर्जा - आश्रित उष्मीय उत्सर्जन का समय निर्धारण	राजमल जैन	21
7	अंतरिक्ष और ग्रहीय मिशन उपयोगी नवी तकनीक संसूचक	एम. शणमुगम	25
8	सोक्स (SOXS) आंकड़ों के विश्लेषण का साफ्टवेयर	के. जे. शाह	30
9	यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत : सांख्यिकीय विश्लेषण विधियों में रत्न	मनन व्यास	33
10	सितारों के विकास को समझने में व्हाइट ड्वार्फ का उपयोग	किरणसिंह बालियान	36
11	चंद्रयान - 1 उपग्रह के विभिन्न नीतभार एवं संविरचन	दिनेश कुमार अग्रवाल असित भट्टाचार्य एस.के. परमार	40
12	समुद्र विज्ञान के अध्ययन में पी.आर.एल. का योगदान	अरविंद सिंह एवं रंगस्वामी रमेश	44
13	सक्रिय सूर्य का अध्ययन	रजनी दीपक ढींगरा	46
14	लिडार एवं प्रकाशीय उपकरणों से वायुमंडलीय अध्यन	सोम कुमार शर्मा	49
15	अंतराग्रहीय अभियान में तापीय अभिकल्पना और विश्लेषणों की आवश्यक्ता	संदीप र. सोमाणी वी.एस. जगदीश प्रशांत दास	53
16	दूर संवेदन द्वारा चंद्रमां पर शैलों के वर्गीकरण की नयी	दीपक ढींगरा	57
17	चाँद पर पानी की खोज	जयेश पी. पाबारी	60
18	नाभिकीय पदार्थ से न्यूट्रान तारों तक	तरुण कुमार झा	63

ऐरोसॉल की वायुमंडल में भूमिका

रोहित श्रीवास्तव
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

पृथ्वी के वायुमंडल में कुछ अतिसूक्ष्म कण एवं छोटी द्रव की बूंदें पायी जाती हैं, जिन्हें हम ऐरोसॉल के नाम से जानते हैं । ये पृथ्वी एवं वायुमंडल के बीच विकिरण संतुलन को प्रभावित करने के साथ-साथ बादलों के गुणों में भी परिवर्तन करते हैं । प्रस्तुत लेख में ऐरोसॉल के विभिन्न स्रोतों, सिंकों तथा प्रयोगशाला में किये जा रहे अध्ययन पर प्रकाश डाला गया है ।

प्रस्तावना

पृथ्वी के ऊपर आच्छादित लगभग सौ किलोमीटर के मंडल को हम वायुमंडल के नाम से सम्बोधित करते हैं जिसमें मुख्यत: नाइट्रोजन एवं ऑक्सीजन गैसें उपस्थित हैं । ये गैसें वायुमंडल के आयतन का 99% हैं। शेष 1% में कुछ अत्यल्प मात्रा में पायी जाने वाली गैसें जैसे आर्गन, कार्बन डाई ऑक्साइड, जलवाष्प, ओजोन एवं अमोनिया आदि हैं । इन गैसों के साथ ही साथ वायुमंडल में अति सूक्ष्म कण एवं द्रव की छोटी बूंदें भी पायी जाती हैं जिनको हम ऐरोसॉल की संज्ञा देते हैं । ये हमारे वायुमंडल, जीवमंडल एवं धरातल की स्थिति को प्रभावित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं । इनका आकार इतना छोटा होता है कि इन्हें नंगी ऑखों से देख पाना असंभव है । इनकी त्रिज्या 0.001 माइक्रोमीटर से 10 माइक्रोमीटर (मीटर का दस लाखवाँ भाग) तक हो सकती है । आकार के आधार पर इन्हें तीन वर्गों में विभक्त किया गया है ।

प्रथम वर्ग में न्यूक्लिएशन मोड कण आते हैं जिनकी त्रिज्या 0.001 माइक्रोमीटर से 0.1 माइक्रोमीटर होती है । द्वितीय वर्ग में संचय कण आते हैं जिनकी त्रिज्या प्रथम वर्ग के कणों से कुछ बड़ी 0.1 - 1 माइक्रोमीटर तक हो सकती है तथा अंतिम अर्थात तृतीय वर्ग में सबसे बड़े आकार के कोरस मोड कण आते हैं जिनकी त्रिज्या 1 माइक्रोमीटर से भी बड़ी होती है ।

ऐरोसॉल के उत्पादक स्त्रोत एवं सिंक

वायुमंडल में ऐरोसॉल के उत्पादक स्त्रोतों को दो प्रमुख वर्गों में विभाजित किया जा सकता है । प्रथम वर्ग में प्राथमिक स्त्रोत आते हैं जो मुख्यत: प्राकृतिक मूल के होते हैं तथा इन स्त्रोतों से प्राय: बड़े कणों का उत्पादन होता है । उदाहरणतया वायु द्वारा धूल कणों, समुद्री लहरों में उपस्थित लवण का वायुमंडल में प्रवेश करना । द्वितीय वर्ग में द्वितीय स्त्रोत हैं जिनसे छोटे न्यूक्लिएशन मोड के कणों का निर्माण होता है इन स्त्रोतों से उत्पादित कणों की त्रिज्या 1 माइक्रोमीटर से कम होती है । इनमें मानवीय एवं प्राकृतिक क्रियाओं द्वारा उत्पन्न गैसें, अति सूक्ष्म कणों या द्रव की छोटी बूँदों में परिवर्तित हो जाती हैं तथा इस प्रक्रिया को हम गैसों का कणों में परिवर्तन के नाम से जानते हैं । मानव निर्मित प्रक्रियाओं में वाहनों एवं कारखानों द्वारा उत्पन्न प्रदूषण से वायुमंडल में ब्लैक एवं आर्गेनिक कार्बन अर्थात सूट कणों का प्रसार एक महत्वपूर्ण समस्या है ।

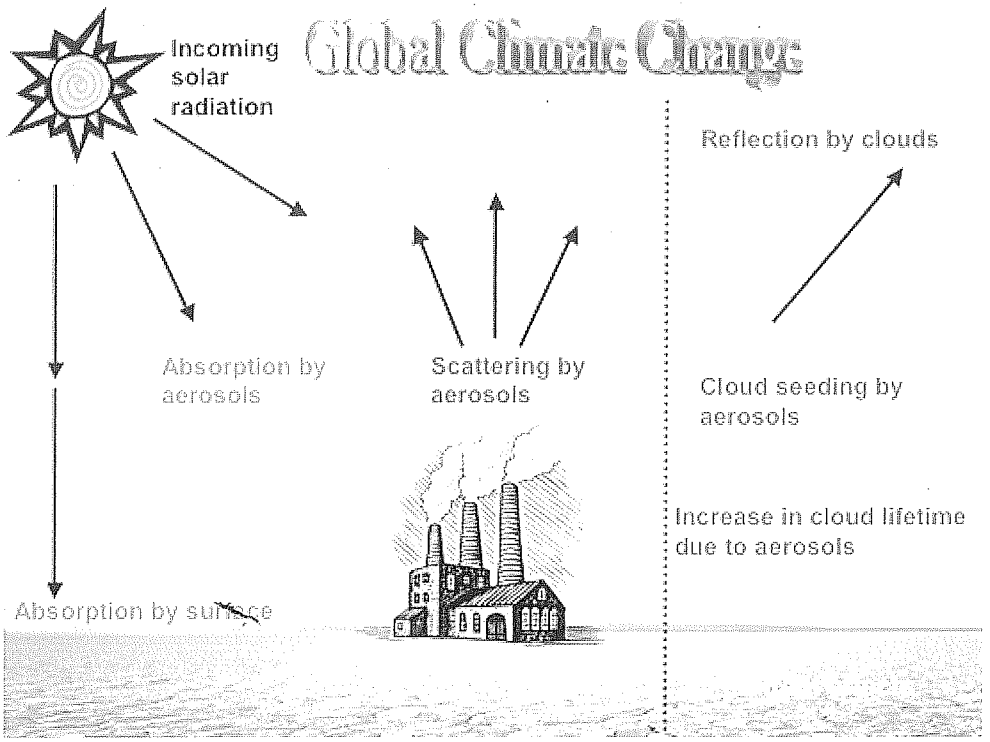
वैश्विक पैमाने पर सम्पूर्ण ऐरोसॉल के द्रव्यमान का लगभग 80% भाग प्राकृतिक क्रियाओं के कारण ही उत्पन्न होता है (वार्नेक,1998) परन्तु जब हम क्षेत्रीय स्तर के आकड़ों का विश्लेषण करते हैं तो इनमें काफी परिवर्तन सामने आते हैं । यदि हम बड़े शहरी एवं औद्योगिक क्षेत्रों को देखें तो इनमें मानवीय प्रदूषण से निर्मित एरोसॉल, प्राकृतिक प्रक्रियाओं द्वारा उत्पन्न ऐरोसॉल की अपेक्षा काफी अधिक मात्रा में पाये जाते हैं ।

ऐरोसॉल वायुमंडल में लगभग एक सप्ताह ही विचरण करते हैं अत: इनका वायुमंडल में जीवन काल प्रमुख ग्रीनहाउस गैसों की तुलना में अत्यंत कम होता है । इसी कारण इनकी सांद्रता इनके उत्पादक स्त्रोतों के निकट सर्वाधिक होती है एवं स्थान एवं समय परिवर्तन के साथ-साथ इनकी सांद्रता में प्रबल परिवर्तन होते हैं । इनका विकिरण प्रभाव ग्रीन हाउस गैसों की तुलना में काफी अलग होता है । इनका प्रभाव गर्मियों के दिनों में सर्वाधिक होता है परन्तु ग्रीनहाउस गैसें ऋतुचक्रों के सम्पूर्ण दिनों में विकिरण प्रभाव डालती हैं ।

ऐरोसॉल वायुमंडल से दो मुख्य प्रक्रमों द्वारा निक्षेपित होते हैं, शुष्क एवं नम निक्षेपण । शुष्क निक्षेपण में ये गुरुत्वाकर्षण एवं विकिरण द्वारा तथा नम निक्षेपण में वर्षा द्वारा धरातल पर आ जाते हैं ।

ऐरोसॉल के प्रभाव

ऐरोसॉल हमारे वायुमंडल, जीवमंडल तथा धरातल की स्थिति पर प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष दोनों प्रकार के प्रभाव डालते हैं । प्रत्यक्ष प्रभाव में ये पृथ्वी वायुमंडल के बीच के विकिरण संतुलन को प्रभावित करते हैं । ये पृथ्वी पर आने वाले सौर विकिरण एवं पृथ्वी द्वारा उत्सर्जित विकिरण को प्रकीर्णित एवं अवशोषित करके पृथ्वी के विकिरण बजट को प्रभावित कर देते हैं । अप्रत्यक्ष प्रभावों में ये बादलों के गुणों को बदलने के साथ



चित्र 1 : वैश्विक जलवायु परिवर्तन (ऐरोसॉल का प्रभाव)

ही साथ उनके जीवन काल को भी परिवर्तित कर देते हैं (चित्र:1)। औद्योगिक युग के पश्चात वायुमंडल में हो रहे तीव्र प्रदूषण के कारण जलवायु में परिवर्तन को अच्छी तरह से समझने के लिए ऐरोसॉल के गुणों को समझना अत्यन्त आवश्यक है ।

विभिन्न प्रकार के ऐरोसॉल विकिरण से विभिन्न प्रकार की क्रिया करते हैं जैसे सूट कण अत्यधिक विकिरण का अवशोषण एवं सल्फेट विकिरण का प्रकीर्णन करते हैं । वायुमंडल में ये दोनों परस्पर मिश्रित होकर भी रह सकते हैं जिससे इनका परस्पर प्रभाव अत्यन्त जटिल एवं विषमांगी हो जाता है । ऐरोसॉल के गुणों, इनके क्षेत्रीय एवं सामयिक वितरणों के ज्ञान के अभाव के कारण ही जलवायु में होने वाले परिवर्तन के पूर्वानुमान में काफी अनिश्चितता है ।

ऐरोसॉल का अध्ययन

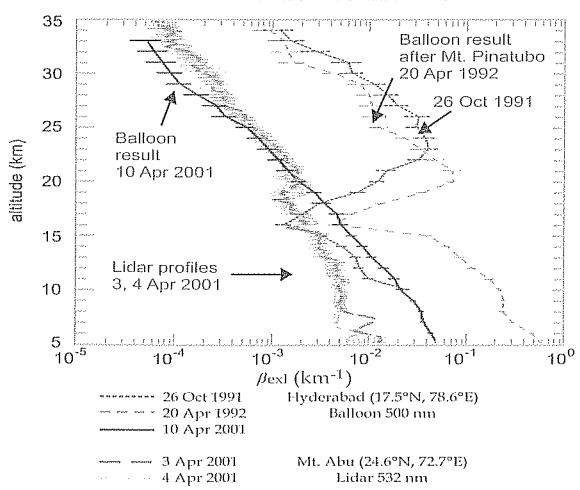
ऐरोसॉल के अध्ययन को दो प्रमुख अंतरसम्बन्धी वर्गों में वर्गीकृत कर सकते हैं जिसमें कि प्रथम वर्ग में उनके चारित्रिक गुणों, जीवनकाल, संरचना, आकार वितरण, स्रोत एवं सिंकों के बारे में अध्ययन किया जाता है तथा द्वितीय वर्ग में इन सभी जानकारियों का उपयोग करके पृथ्वी एवं वायुमंडल के बीच विकिरण सन्तुलन तथा जलवायु परिवर्तन का अध्ययन किया जाता है ।

हमारी प्रयोगशाला में ये दोनों ही प्रकार के अध्ययन किये जा रहे हैं । प्रयोगशाला में इस विषय पर अनुसंधान अस्सी के दशक में प्रारम्भ हुआ था। प्रारम्भ में सनफोटोमीटर एवं सनट्रैकिंग मल्टीवेवलेन्थ स्कैनिंग फोटोमीटर प्रणाली प्रयोगशाला में विकसित की गई । इन उपकरणों को प्रारंभ में राकेट की सहायता से वायुमंडल में भेजा गया,

Aerosol Extinction Coefficients

$$\beta(z) = \frac{dI}{I(z)\, dz \sec\chi} \quad (1)$$

$$\beta = \beta ma + \beta rs + \beta aerosol \quad (2)$$



चित्र 2 : ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न हुए ऐरोसॉल की तह का गुब्बारे द्वारा अध्ययन

तत्पश्चात इनको बड़े गुब्बारों की सहायता से भी वायुमंडल में भेजा जाने लगा । ये उपकरण सीधे सौर विकिरण एवं आकाश में प्रकीर्णित विकिरण के कोणीय वितरण को विभिन्न ऊचाँइयों पर मापते थे । इन उपकरणों की सहायता से ऐरोसॉल का क्षोभमंडल (लगभग 17 किमी ऊँचाई का मंडल) साथ ही साथ समतापमंडल (लगभग 50 किमी ऊँचाई का मंडल) में आकार एवं उर्ध्व वितरण का अध्ययन किया गया ।

बड़े गुब्बारे द्वारा मल्टीवेवलेन्थ स्कैनिंग फोटोमीटर का उपयोग करके उस समय की एक महत्वपूर्ण घटना माउन्ट पिनाटुबो ज्वालामुखी द्वारा हुए विस्फोट से समतापमंडल में असाधारण रूप से ऐरोसॉल की तह का अध्ययन किया गया (चित्र:2) (रामचंद्रन एंव जयरामन, 2003)। इस तह के अध्ययन को सतत रूप से करने के लिए प्रयोगशाला में लिडार विकसित किया गया (जयरामन, 1995)। भारत के विभिन्न क्षेत्रों में ऐरोसॉल के उर्ध्व वितरण की जानकारी के लिए चल लिडार प्रणाली भी विकसित की गयी ।

पिछले दस वर्षों से भारत के विभिन्न क्षेत्रों एवं निकटवर्ती समुद्री क्षेत्रों में ऐरोसॉल के विभिन्न गुणों के अध्ययन के साथ-साथ इन अध्ययनों का माडलों में उपयोग करके पृथ्वी-वायुमंडल विकिरण सन्तुलन पर ऐरोसॉल के प्रभाव का अध्ययन किया जा रहा है (रामचंद्रन, 2005; केडिया, एवं रामचंद्रन 2008) ।

जैसा कि पहले ही वर्णित किया गया है कि ऐरोसॉल के स्रोत उनके गुणों एवं उनके प्रभावों को काफी हद तक प्रभावित करते हैं । हमारी प्रयोगशाला में सांख्यिकी के विभिन्न सिद्धांतों की सहायता तथा उपलब्ध मौसम वैज्ञानिक आँकड़ों की सहायता से इनके स्रोतों का भी अध्ययन किया जा रहा है ।

वायुयान में विभिन्न ऐरोसॉल मापी उपकरणों का प्रयोग करके धरातल के ऊपर ऐरोसॉल का त्रिविमीय वितरण का अध्ययन किया गया ।

विभिन्न प्रकार के विकिरण प्रभावी एरोसॉल, जैसे सूट विकिरण अवशोषी एवं सल्फेट विकिरण प्रकीर्णित कण, पृथ्वी-वायुमंडल विकिरण सन्तुलन पर अत्यधिक प्रभाव डालते हैं । ये कण विलगित रूप में भी विकिरण सन्तुलन को प्रभावित करते हैं साथ ही साथ ये परस्पर मिश्रित भी हो सकते हैं और अत्यन्त जटिल एवं विषमांगी तरीके से विकिरण को प्रभावित करते हैं । प्रयोगशाला में इनके इस जटिल मिश्रण के कारण विकिरण असन्तुलन का अध्ययन करने का विचार है ।

आभार

मैं एस.रामचन्द्रन, सुमिता केडीया एवं राम्या सुन्दर रमन का उनके विचार-विमर्श, उपलब्ध सहयोग एवं प्रोत्साहन के लिए आभारी हूँ । मैं भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला के भूतपूर्व एवं वर्तमान शोधकर्ताओं का आभार व्यक्त करता हूँ जिनका शोध इस लेख में वर्णित है ।

संदर्भिका

1. ए. जयरामन, एस. रामचंद्रन, वाई.बी. आचार्य एवं बी.एच. सुब्बरय्या, अहमदाबाद, भारत के ऊपर Nd:YAG बैक स्कैर्ट लिडार द्वारा पिनाटुबो ज्वालामुखी ऐरोसॉल क्षय का प्रेक्षण, जियोफिजिक्स जर्नल,100, 23209, 1995 ।
2. एस. केडिया एवं एस. रामचंद्रन, प्रारंभ मानसून मौसम में बंगाल की खाड़ी एवं अरब सागर के ऊपर ऐरोसॉल प्रकाशिक गहराई की विशेषताएँ: परिवर्तन एवं मानवीय प्रभाव, जियो-फिजिक्स जर्नल, 113, D11201, doi:10.1029 2007JD 009070, 2008 ।
3. एस. रामचंद्रन एवं ए. जयरामन, भारत में ट्रोपिकल क्षेत्र के ऊपर ऊपरी क्षोभमंडल एवं समताप मंडल का गुब्बारा जनित अध्ययन, टेल्लस बी, 55, 820-836, 2003 ।
4. एस. रामचंद्रन, बंगाल की खाड़ी एवं चेन्नई के ऊपर ऐरोसॉल विकिरण फोर्सिंग: मैरिटाइम, कान्टिनेन्टल एवं शहरी ऐरोसॉल माडल की तुलना, 110, D21206, doi:10.1029/2005JD 005861, 2005 ।
5. पी. वार्नेक, प्राकृतिक वातावरण की केमिस्ट्री, इन्ट. जियो-फिजिक्स, स., 41, 279 373, 1988.

द्रव बूंदक विकिरक: उच्च शक्ति के वैज्ञानिक उपग्रहों में उष्मा प्रबंधन के लिए एक उन्नत प्रौद्योगिकी

कमलेश कुमार बराया
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद

सारांश

भविष्य के वैज्ञानिक उपग्रहों में उच्च शक्ति वाले संचार तंत्रों, उन्नत वैज्ञानिक प्रयोगों इत्यादि की आवश्यकता होगी, अंतरिक्ष प्रयोगशालाओं तथा मंचों (Platforms) पर प्रयुक्त उपकरण नाभिकीय उर्जा पर निर्भर होंगे। इन वैज्ञानिक अंतरिक्षयानों में उच्च मात्रा में उत्पन्न अपशिष्ट उष्मा का सक्षम प्रबंधन एक चुनौती होगी। हमें ऐसे दक्ष उष्मा विकिरकों की आवश्यकता होगी जो कम भार में अधिक मात्रा में उष्मा का विकिरण कर सके। द्रव बूंदक विकिरक (LIQUID DROPLET RADIATORS) भविष्य की इन आवश्यकताओं के लिए एक महत्वपूर्ण विकल्प है। इस लेख में द्रव बूंदक विकिरक की कार्य प्रणाली एंव अंतरिक्षयानों में इनके उपयोग पर प्रकाश डाला गया है ।

प्रस्तावना

उपग्रहों का उपयोग अंतरिक्ष पिंडों के अध्ययन एवं उन्नत वैज्ञानिक प्रयोगों के लिए निरन्तर बढ़ रहा है। ब्रह्मांड के रहस्यों को जानने, बाहरी अंतरिक्ष में जीवन का पता लगाने जैसे विषयों पर वैज्ञानिक वर्षों से शोध कर रहें हैं। इस तरह के वैज्ञानिक अध्ययनों के लिए अंतरिक्षयानों का उपयोग बहुत लाभदायक होता है । वैज्ञानिक अध्ययनों के लिए आवश्यक भविष्य के अंतरिक्षयान अधिक जटिल एवं उच्च उर्जा व्यय करने वाले होंगे । ऐसे अंतरिक्षयानों की अभिकल्पना में उष्मा प्रबंधन अधिक चुनौतीपूर्ण कार्य होता है। अंतरिक्षयानों में उष्मा प्रबंधन का मुख्य उद्देश्य उनकी क्रियाशील जीवन अवधि में उनके सभी तंत्रों एवं प्रणालियों के घटकों का तापमान उनकी निर्धारित सीमाओं में बनाए रखना है , जिससे सभी तंत्र एवं प्रणालियाँ उनके निर्दिष्ट कार्य सही तरह से संपन्न करे । उष्मा प्रबंधन में ताप नियंत्रण के साथ-साथ अंतरिक्षयान के द्रव्यमान बजट का भी ध्यान रखना पड़ता है। उष्मा प्रबंधन में यह आवश्यक है कि अंतरिक्षयान के विभिन्न तंत्रों की अपशिष्ट उष्मा का उत्सर्जन दक्षतापूर्ण हो।

अंतरिक्ष में वायुमंडल की अनुपस्थिति के कारण अंतरिक्षयान से अपशिष्ट उष्मा का उत्सर्जन केवल विकिरण द्वारा ही संभव होता है । सामान्य मात्रा में उष्मा के विकिरण के लिए प्रकाशिकी सौर परावर्तक अथवा विलेपों का उपयोग किया जाता है, लेकिन उच्च मात्रा में उष्मा के विकिरण के लिए ये पर्याप्त नही होते हैं । भविष्य के अंतरिक्षयानों में उच्च शक्ति व्यय करने वाले उपकरणों की आवश्यकता होने के कारण अपशिष्ट उष्मा का दक्षतापूर्ण निकास एक चुनौती होगी । द्रव बूंदक विकिरक एक ऐसा विकल्प है, जिससे इस समस्या का समाधान संभव है, यह वजन में हल्का, अंतरिक्ष में अन्य पिंडों की टक्कर से अप्रभावित, भंडारण के लिए कम जगह लेने वाला तथा अंतरिक्ष में विस्तरण में आसान होता है । द्रव बूंदक विकिरक तकनीक अभी विकासशील अवस्था में है, विश्व की अग्रणी अंतरिक्ष संस्थाएं इस तकनीक पर शोध कर रही हैं । इस लेख में इसकी तकनीक एवं उपयोग के बारे में जानकारी दी गई है ।

द्रव बूंदक विकिरक क्या है ?

द्रव बूंदक विकिरक अंतरिक्ष में उष्मा उत्सर्जन के लिए एक उन्नत तंत्र है । इसमें अंतरिक्ष यान के विभिन्न घटकों से उत्पन्न हुई उष्मा को प्रवाहित द्रव द्वारा शोषित किया जाता है, परिणामस्वरूप यह द्रव गर्म हो जाता है और इस गर्म द्रव की हजारों सूक्ष्म बूंदें उत्पन्न की जाती हैं। 4 केल्विन तापमान वाली ये गर्म बूंदें जब ठंडे अंतरिक्ष में से फुहार के रूप में गुजरती हैं, तो विकिरण के रूप में उष्मा का उत्सर्जन करते हुए ठंडी हो जाती हैं । इन सूक्ष्म ठंडी बूंदों को द्रव के रूप में एकत्र करके वापस उष्मा के स्रोत तक पम्प द्वारा प्रवाहित किया जाता है । इस प्रकार अंतरिक्ष यान में उत्पन्न उष्मा को द्रव के माध्यम से अंतरिक्ष में विसरित किया जाता है।

द्रव बूंदक विकिरक की आवश्यकता

अंतरिक्ष वैज्ञानिकों का पूर्वानुमान है कि भविष्य में वैज्ञानिक अंतरिक्ष यानों एवं अंतरिक्ष मंचों की क्षमता एवं विद्युत उर्जा खपत में काफी वृद्धि होगी, साथ ही साथ इन्हें वजन में हलके रखने की भी आवश्यकता होगी। वर्तमान में अंतरिक्षयानों में विद्युत उर्जा का खर्च एक से दो किलोवाट की श्रेणी में होती है । भविष्य के अंतरिक्षयानों, अंतरिक्ष स्टेशनों तथा दूसरे ग्रहों पर स्थित मंचों की विद्युत उर्जा खपत कई किलोवाट या मेगावाट की श्रेणी में हो सकती है । इन अंतरिक्ष मंचों में अपशिष्ट उष्मा की मात्रा भी उसी श्रेणी में होगी। इन परिस्थतियों में अंतरिक्ष में एक सक्षम उष्मा निकास तंत्र की आवश्यकता होगी। वर्तमान में श्रेष्ठ उष्मा निकास तंत्रों में उष्मा नलियों का उपयोग किया जाता है, अपशिष्ट उष्मा की मात्रा बढने पर इस तरह के उष्मा निकास तंत्रों के द्रव्यमान में भी

बढ़ोतरी होती है तथा एक सीमा के बाद इतना द्रव्यमान व्यावहारिक रूप से निषेध हो जाता है ।

वर्तमान में उष्मा नलियों वाले उन्नत उष्मा निकास तंत्रों का वजन (300 K पर) लगभग 13 से 18 किलोग्राम/किलोवाट होता है, उदाहरणार्थ, अगर एक उच्च शक्ति वाला अंतरिक्ष स्टेशन 200 किलोवाट उष्मा उत्सर्जन करता है तो केवल उष्मा निकास तंत्र का वजन ही लगभग 3500 किलोग्राम होगा। इतने वजन वाले उष्मा निकास तंत्र का वहन एवं उपयोग संभव नही है । चन्द्रमा तथा अन्य अंतरिक्ष पिंडों पर, जहाँ पर वायुमंडल का पूर्ण अभाव है, विकिरण ही उष्मा उत्सर्जन का माध्यम है । इन परिस्थितियों में यह प्रश्न उठता है कि द्रव्यमान और आयतन की वर्तमान सीमाओं को ध्यान में रखते हुए बड़े क्षेत्रफल वाले विकिरकों की अभिकल्पना कैसे की जाए । इस उद्देश्य को पूरा करने का एक सक्षम तरीका है द्रव बूंदक विकिरक । यह एक ऐसा विकल्प है, जो वजन में हल्का, आसानी से वहनीय, कम लागत वाला, नियंत्रण में आसान, तथा सरल संरचना वाला तंत्र है । द्रव की सूक्ष्म बूंदों की सतह का क्षेत्रफल प्रति इकाई द्रव्यमान के लिए बहुत अधिक होता है, इसलिए द्रव बूंदक विकिरक कम द्रव्यमान में भी उष्मा उत्सर्जन के लिए काफी बड़ा क्षेत्र प्रदान करते हैं ।

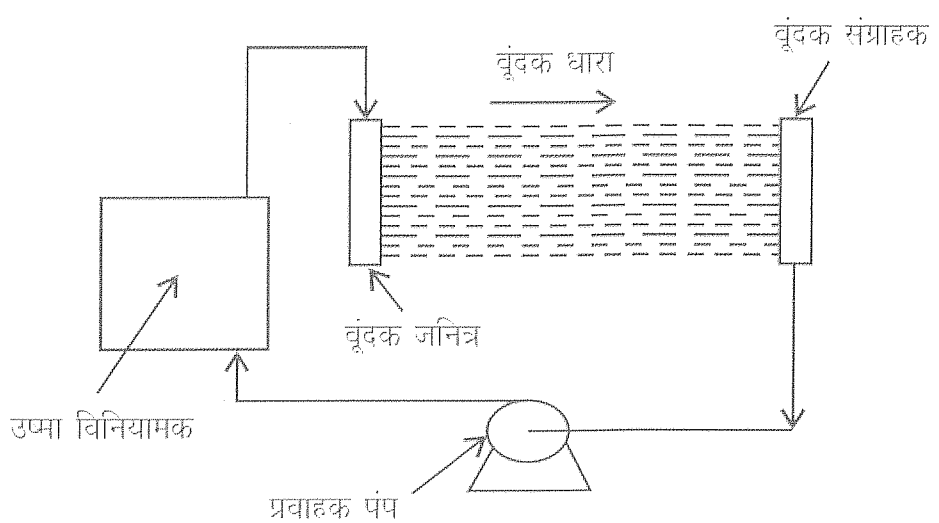
द्रव बूंदक विकिरक की कार्य प्रणाली एंव संरचना

द्रव बूंदक विकिरक की कार्य प्रणाली चित्र स. 1 में दिखाई गई है। द्रव बूंदक विकिरक के मुख्यत: निम्नलिखित भाग होते हैं :

1. बूंदक जनित्र (Droplet generator)
2. बूंदक संग्राहक (Droplet collector)
3. प्रवाहक पंप (Circulatory pump)
4. दाब नियामक (Pressure regulator)
5. उष्मा विनिमयक (Heat exchanger)

द्रव बूंदक विकिरक में उष्मा के उत्सर्जन के लिए एक कार्यकारी द्रव का उपयोग किया जाता है। कार्यकारी द्रव उष्मा विनिमयक में से गुजरते हुए अपशिष्ट उष्मा द्वारा गरम हो जाता है। इस गरम द्रव को बूंदक जनित्र में से गुजारा जाता है, बूंदक जनित्र द्रव को अतिसूक्ष्म बूंदों की फुहार के रूप में नाजल में से बूंदक संग्राहक की तरफ अंतरिक्ष में उत्सर्जित करता है। ये सूक्ष्म बूंदें अंतरिक्ष में बूंदक जनित्र से बूंदक संग्राहक की ओर यात्रा के दौरान उष्मा उर्जा को तापीय विकिरण के रूप में उत्सर्जित करती हैं । ये ठंडी बूंदें बूंदक संग्राहक द्वारा पकड़ ली जाती हैं, तथा एक संग्राहक में कार्यकारी द्रव को एकत्रित किया जाता है। इस द्रव को प्रवाहक पंप द्वारा पुन: उष्मा विनिमयक में चक्रित किया जाता है। द्रव बूंदक विकिरक में अपशिष्ट उष्मा का विकिरण द्वारा उत्सर्जन कार्यकारी द्रव की सूक्ष्म बूंदों की सतह से होता है। कार्यकारी द्रव के प्रवाह दर के अनुसार अपशिष्ट उष्मा की मात्रा को नियंत्रित किया जाता है। दाब नियामक, प्रवाहक पंप तथा बूंदक जनित्र की सहायता से कार्यकारी द्रव के प्रवाह को नियंत्रित किया जाता है। बूंदकों के वेग का प्रतिरूपी मान लगभग 1 से 10 मी./से. की परास में होता है। बूंदकों का व्यास 100 से 300 माइक्रो मीटर की परास में होता है। अधिक उष्मा उत्सर्जन के लिए बूंदकों की कई परतें एक साथ उत्सर्जित की जाती है।

कार्यकारी द्रव के लिए बहुत कम वाष्प दाब वाले द्रवों का चयन किया जाता है, ताकि द्रव के वाष्पीकरण द्वारा हानि न्यूनतम हो। अपशिष्ट उष्मा उत्सर्जन के तापमान के अनुसार कार्यकारी द्रव का निम्न सारणी क्र.1 के अनुसार चयन किया जाता है। आदर्श रूप में एक उपयुक्त कार्यकारी द्रव ऐसा होना चाहिए जिसका वाष्प दाब बहुत कम, रसायनिक



चित्र 1 : द्रव बूंदक विकिरक की कार्य प्रणाली का रेखाचित्र

रूप से स्थिरता, कम श्यानता (Viscosity), उच्च उष्मा उत्सर्जनांक, बहुत कम सौर अवशोषणांक, उच्च पृष्ठ तनाव, कम घनत्व, उच्च उष्मा धारिता एवं चालकता जैसे गुणधर्म विद्यमान हों।

सारणी क्र. 1	
उष्मा उत्सर्जन का तापमान	कार्यकारी द्रव
250 से 350 K	सिलिकान आयल
370 से 650 K	तरल धातु यूटेक्टीक्स
500 से 1000 K	तरल टिन

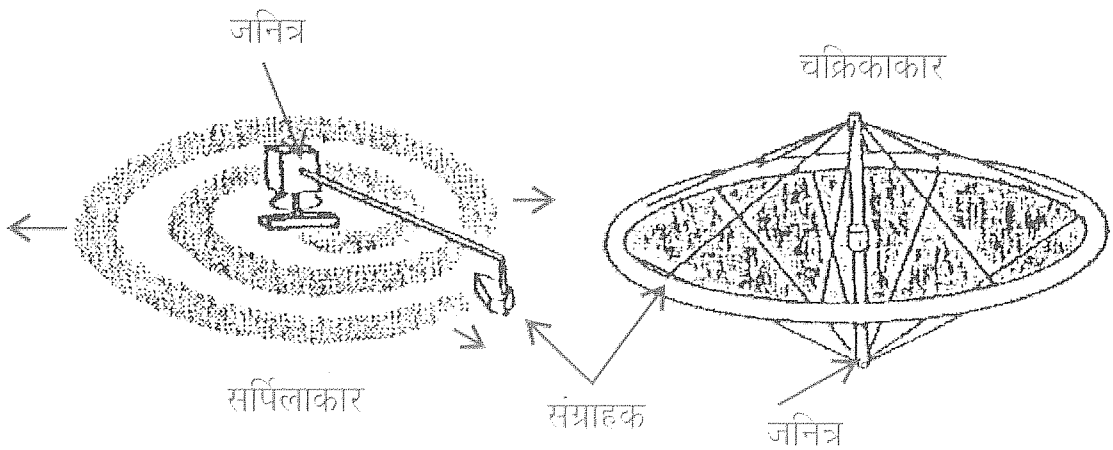
कार्यकारी द्रव को धौंकनी (bellow-type) जैसे दाब नियामक द्वारा दाब दिया जाता है, तथा पिजोइलेक्ट्रिक कंपित्र द्वारा दाब विक्षोभ उत्पन्न किया जाता है, जिससे कार्यकारी द्रव, बूंदक जनित्र के नाजल से अतिसूक्ष्म बूंदों के रूप में उत्सर्जित होता है। बूंदक जनित्र एक लेजर संरेखण (alignment) यंत्र से सज्जित होता है, जो बूंदों की फुहार को सही दिशा में बूंदक संग्राहक की तरफ निर्देशित करता है। बूंदक संग्राहक एक गियर पंप से सज्जित होता है जो कार्यकारी द्रव को अतिरिक्त दाब देकर उष्मा विनिमयक की ओर प्रवाहित करता है।

नासा में 200 KW उष्मा उत्सर्जन के लिए एक द्रव बूंदक विकिरक की अभिकल्पना पर व्यापक जाँच एवं विश्लेषण किया गया है, इस द्रव बूंदक विकिरक की लम्बाई 9.1 मी. तथा व्यास 38.1 सेमी है, तथा इसका कुल द्रव्यमान लगभग 500 कि.ग्रा. है। डो कोर्निंग 704 सिलिकान आयल इसमें कार्यकारी द्रव के रूप में उपयोग किया गया है । इस तरह के द्रव बूंदक विकिरक को स्पेस शटल के द्वारा स्पेस स्टेशन पर स्थापित करने की योजना है

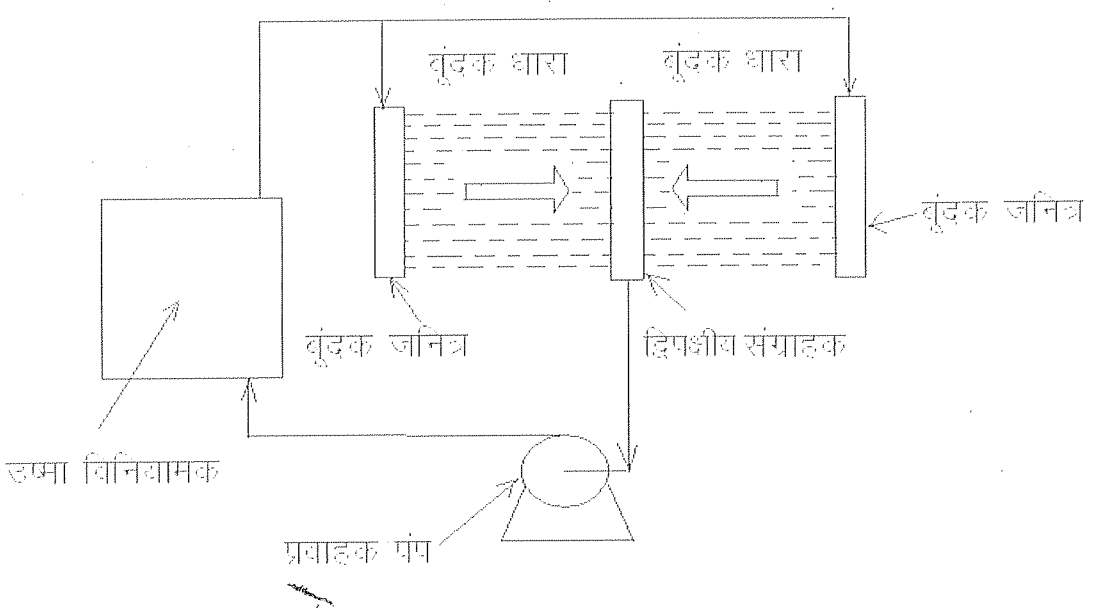
विभिन्न प्रकार के द्रव बूंदक विकिरक

शोधकर्ताओं ने द्रव बूंदक विकिरक की विभिन्न संरचनाओं की प्रस्तुति एंव जाँच की है। सर्पिलाकार द्रव बूंदक विकिरक में बूंदें, केन्द्र में स्थित जनित्र से छूटकर संग्राहक की ओर सर्पिलाकार मार्ग बनाते हुए पहुँचती हैं। इसमें जनित्र एंव संग्राहक दोनों समान कोणीय वेग से घूर्णन करते हैं। चक्रिकाकार द्रव बूंदक विकिरक में भी जनित्र केन्द्र में स्थित होता है, इस संरचना में केवल संग्राहक घूर्णन करता है। इस संरचना में बूंदें जनित्र से छूटकर संग्राहक की ओर त्रिज्य पथ से गुजरती है। इसमें बूंदकों की चादर एक पतली डिस्क के आकार की होती है तथा डिस्क की त्रिज्या जनित्र से संग्राहक की दूरी के बराबर होती है। इस तरह का विकिरक पूरी तरह से एक पारदर्शी चादर से ढंका हुआ रहता है जो अंतरिक्ष यान की विपथगामी बूंदकों के संदूषण से रक्षा करता है। चित्र स.2 में सर्पिलाकार एंव चक्रिकाकार द्रव बूंदक विकिरकों का रेखाचित्र दिखाया गया है।

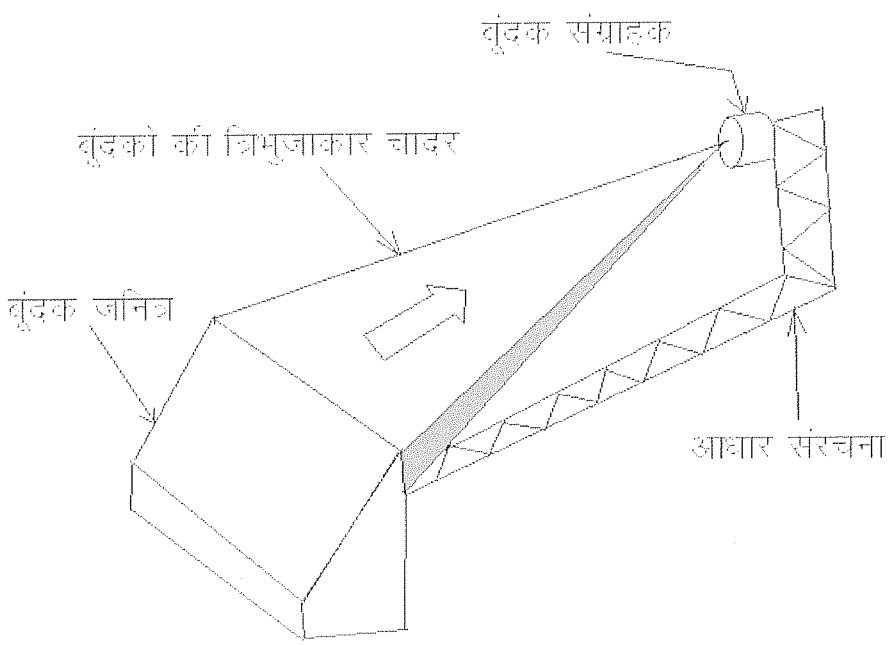
आयताकार एंव त्रिभुजाकार द्रव बूंदक विकिरकों की व्यापक स्तर पर जाँच की गई है। आयताकार रूप में जनित्र एवं संग्राहक की चौड़ाई समान होती है। इसमें संग्राहक द्विपक्षीय भी हो सकता है, जिसमें एक ही संग्राहक दो विपरीत दिशाओं से आने वाली बूंदकों की फुहारों को ग्रहण करता है, जिसे चित्र स. 3 में दिखाया गया है । आयताकार द्रव बूंदक विकिरक में बूंदकों को केन्द्रित करने की आवश्यकता नही होती है, तथा बूंदकों के मार्ग में बूंदकों की संख्या का घनत्व स्थिर रहता है। त्रिभुजाकार संकल्पना में जनित्र से उत्सर्जित होती हुई बूंदें संग्राहक की ओर एक बिन्दु पर केन्द्रित की जाती हैं, इस तरह बूंदकों के एक त्रिभुजाकार व्यूह का निर्माण होता है, जैसा कि चित्र स. 4 में दिखाया गया है। संग्राहक, जो अभिसारी बिन्दु पर स्थित होता है, अपकेंद्री बल



चित्र 2 : सर्पिलाकार एवं चक्रिकाकार द्रव बूंदक विकिरक



चित्र 3 : द्विपक्षीय संग्राहक-द्रव बूंदक विकिरक की कार्य प्रणाली का रेखाचित्र



चित्र 4 : त्रिभुजाकार द्रव बूंदक विकिरक

द्वारा बूंदकों को पकड़ता है। इसका, आयताकार विकिरक की तुलना में छोटे आकार के संग्राहक के कारण, द्रव्यमान कम होता है, ऐसा बूंदकों की चादर का एक बिन्दु पर केन्द्रित होने से संभव होता है। हाल ही के अध्ययनों से इंगित हुआ है कि एक त्रिभुजाकार विकिरक का द्रव्यमान, आयताकार विकिरक के द्रव्यमान से 40 % तक कम हो सकता है। आयताकार विकिरक की संरचना अन्य प्रकार के विकिरकों से सरल होती है, क्योंकि इसमें बूंदकों की चादर को एक बिन्दु पर केन्द्रित नही किया जाता है। आयताकार विकिरक में उष्मा उत्सर्जन के लिए, त्रिभुजाकार विकिरक की तुलना में, दोगुना क्षेत्रफल उपलब्ध होता है, इसलिए आयताकार विकिरक अधिक मात्रा में उष्मा उत्सर्जन कर सकता है।

द्रव बूंदक विकिरक के उपयोग से विशिष्ट लाभ

1. इनमें उष्मा विकिरण करने वाली सतह सूक्ष्म बूंदों की चादर होती है, अत: इसे किसी उल्कापिण्ड या अन्य प्रकार के कणों की टक्कर से कोई क्षति नही हो सकती।
2. द्रव बूंदक विकिरक वजन में काफी हल्के होते हैं, क्योंकि एक निश्चित विकिरक क्षेत्र के लिए काफी कम मात्रा में कार्यकारी द्रव की आवश्यकता होती है। पारंपरिक विकिरकों की तुलना में समान मात्रा की उष्मा उत्सर्जन के लिए द्रव बूंदक विकिरकों का वजन 10 से 100 गुना तक कम होता है। उन्हे अन्य पिंडों की टक्कर से सुरक्षित करने की भी आवश्यकता नही होती है।
3. अंतरिक्षयान का अपनी कक्षा में स्थापित होने पर अंतरिक्ष में इनका विस्तरण आसानी से हो जाता है।
4. अंतरिक्षयान में इन्हें भंडारण के लिए बहुत कम जगह की आवश्यकता होती है। द्रव का भंडारण एवं वहन एक बड़े आकार की ठोस संरचना की तुलना में काफी आसान होता है।
5. द्रव बूंदक विकिरक का आकार अंतरिक्षयान के आकार से कई गुना बड़ा हो सकता है क्योंकि इन्हे छोटे आकार में समेटकर अंतरिक्ष में भेजा जाता है, उसके बाद अंतरिक्ष में पूर्ण आकार में विस्तरण किया जाता है।
6. ये लम्बी समयावधि के लिए एक उपयुक्त तापमान अंतराल जहां पर कार्यकारी द्रव की वाष्पन हानि कम से कम हो ।

निष्कर्ष

भविष्य के वैज्ञानिक अंतरिक्ष अभियानों जैसे स्पेस स्टेशन, मानव अभियान, अंतरग्रहीय अभियान एंव अन्य अंतरिक्ष अभियानों में अधिक मात्रा में उष्मा उत्सर्जन एक चुनौती होगी। इस समस्या के हल के लिए द्रव बूंदक विकिरक एक उपयुक्त विकल्प हो सकता है। कई देशों के अंतरिक्ष संगठन जैसे अमेरिका, यूरोप,जापान वर्षों से इस दिशा में शोध कर रहे है, तथा इसके कई प्रतिरूपों पर जाँच एवं विश्लेषण का कार्य किया जा रहा है। इस लेख का प्रस्तुतीकरण इस तकनीक का वैज्ञानिकों को अवगत कराने की दिशा में एक प्रयास है।

आभार

मै, प्रबन्धक एस.टी.ए.एफ. एंव सहयोगियों का अत्यंत आभारी हूँ, जिन्होने मुझे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। मैं हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो का भी आभारी हूँ जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

संदर्भिका

1. टी. तोतानी, टी. कोदामा, के. वातानाबे, के. नान्बू, न्यूमेरिकल एंड एक्सपेरिमेंटल स्टडीज आन सरक्यूलेशन आफ वर्किंग फ्लूइड इन लिक्विड ड्रापलेट रेडियेटर, एक्टा एस्ट्रोनोटिका स.59,2006.
2. के. अलान, लिक्विड ड्रापलेट रेडियेटर डवलपमेंट स्टेटस, 22वीं ए.आई.ए.ए थर्मोफिजिक्स कान्फ्रेंस,होनोलूलू 1987.
3. एल. पी. शोल्मो, कन्सप्चुअल डिजाइन आफ लिक्विड ड्रापलेट रेडियेटर शटल अटेच्ड एक्सपेरिमेंट, नासा सी. आर. 185164, अक्टूबर,1989.
4. टी. राबर्ट, ए.टी. मटीक, ड्रापलेट रेडियेटर सिस्टम फार स्पेसक्राफ्ट थर्मल कंट्रोल, जर्नल आफ स्पेसक्राफ्ट, वोल्यूम 23,स.1 1986.

पिछले 50 हजार (50ky) सालों के दौरान दक्षिण-पश्चिम मानसून में परिवर्तनशीलता : बंगाल की खाड़ी के अवसाद नमूनों पर किए गए अध्ययनों का एक विवरण

रवि भूषण
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

प्रस्तावना

सात प्रमुख नदियों का सम्पूर्ण अवसाद बंगाल की खाड़ी को प्राप्त होता है । खाड़ी में अवसाद गिराने की मुख्य भूमिका गंगा एवं ब्रह्मपुत्र (G-B) नदियाँ निभाती हैं । अलग-अलग नदियों से प्राप्त अवसाद का विस्तृत विवरण खाड़ी के अवसाद में सुरक्षित रहता है । बंगाल की खाड़ी का अवसाद संघटन मुख्यत: तीन प्रकार की प्रक्रियायों से नियंत्रित होता है :

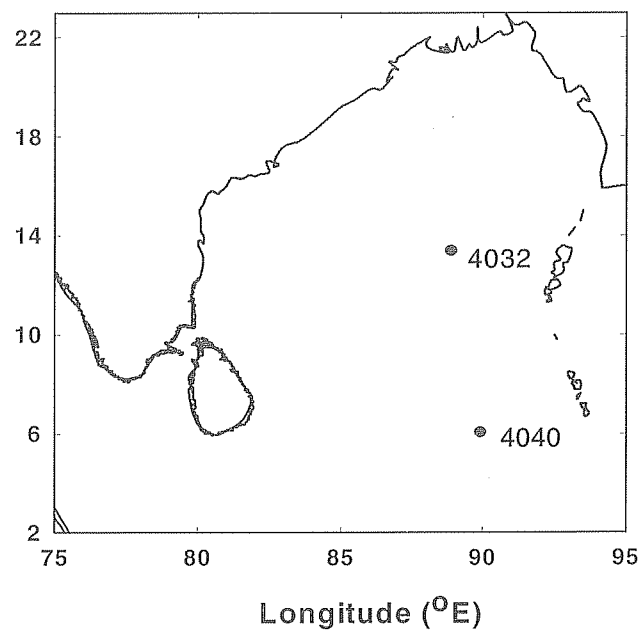
(1) अवशिष्ट प्रक्रिया
(2) जैवजीवी प्रक्रिया
(3) प्रसंघन प्रक्रिया

इनमें अवशिष्ट प्रक्रिया बाकी दो प्रक्रियायों से ज्यादा प्रभावशाली है । इन नदियों का अवसाद निवेश यह प्रकट करता है कि नदियाँ अपने भूक्षेत्र का भौतिक तथा रासायनिक भू-क्षरण करते हुए समुद्र की ओर बहती हैं । नदियों द्वारा भू-क्षरण की यह प्रक्रिया दक्षिण-पश्चिम मानसून (SWM) की तीव्रता पर विशेष रूप से निर्भर है । अत: यह प्रतीत होता है कि बंगाल की खाड़ी में अवसाद निक्षेपण के नियंत्रण मे इस क्षेत्र की जलवायु एवं मानसून का प्रमुख योगदान है । इन प्रक्रियायों को समझने के लिए बंगाल की खाड़ी के विभिन्न भागों से ऊपरी अवसाद तथा लम्ब परिच्छेदिका के अवसाद के नमूने निकाले गए एवं उनकी रासायनिक तथा समस्थानिक जाँच की गई ।

सामग्री एवं विधि

इस अध्ययन के तहत बंगाल की खाड़ी से दो अवसादीय नमूनों का परीक्षण विस्तृत रूप से किया गया । इनमें से एक नमूना खाड़ी के मध्य भाग (4032) से, एवं दूसरा खाड़ी के दक्षिण भाग (4040) से लिया गया था ।

इन अवसाद को रेडियोकार्बन पद्धति द्वारा planktonic foraminifera के नमूनों से पृथक करके AMS (Acclerated Mass Sepctrometry) तकनीक द्वारा NSF-AMS facility, एरिजोना विश्वविद्यालय, USA में कालनिर्धारण किया गया । इन रेडियोकार्बन आयु की इस पश्चात CALIB 4.1 program के द्वारा व्यास मापन किया गया जिसमें R का अंक 22 साल लिया गया । 4032 स्थल के नमूनों का 20 हज़ार साल पहले अवसाद प्राप्ति दर काफी तीव्र गति से

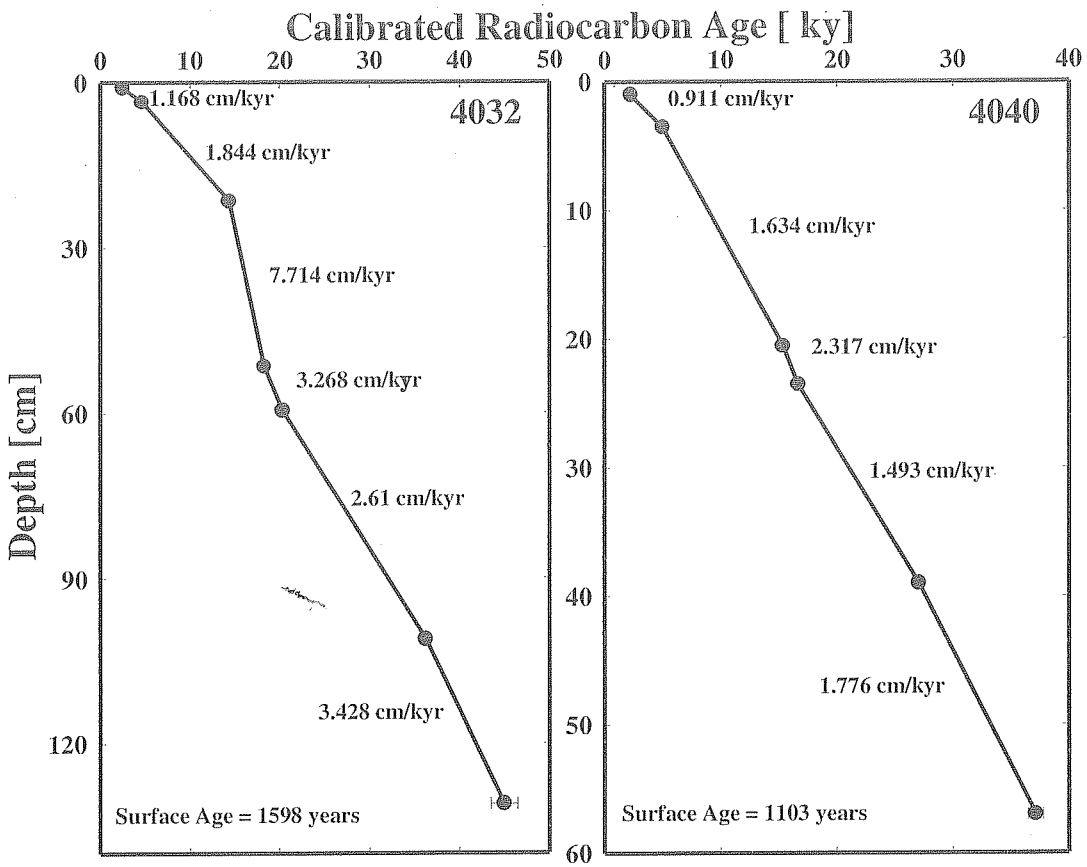


चित्र 1 : विश्लेषित कोर के स्थल

होता पाया गया । यह अवलोकन दक्षिण-पूर्वी अरब सागर में भी पाया गया है, जहाँ अवसाद निक्षेपण दर Last Glacial Maximum (LGM) के दौरान पिछले 30 kyr में आज से करीब तीन-चार गुणा ज्यादा था । LGM के पश्चात बंगाल की खाड़ी में अवसाद निक्षेपण दर के बढ़ने का कारण मुख्यत: अधिक मात्रा में अवशिष्ट प्रवाह था । खाड़ी के दक्षिण भाग मे (4040) 90 E ridge के ऊपर अवसाद निक्षेपण दर 0.9 से 2.3 cm/kyr था, जो LGM के दौरान अत्यधिक पाया गया ।

परिणाम एवं विवेचना

पिछले 40 kyr के दौरान स्थलजात प्रवाहों के कारण अवशिष्ट प्रतिनिधि, जैसे, Al, Mg, Ti इत्यादि का काफी परिवर्तन देखने को मिला । बंगाल की खाड़ी में मुख्यत: हिमालय, भारतीय प्रायद्वीप तथा भारत बर्मा-श्रृंखलाओं से अवसाद प्रवाह आता है । इन अवसाद समूहों में Sr, Nd तथा Os समस्थानिकों का संकेत काफी भिन्न है । बंगाल की खाड़ी के अवसाद में पाये गए Sr और Nd समस्थानिक के संकेत में



चित्र 2 : बंगाल की खाड़ी से लिए 4032 व 4040 कोर का आयु-गहराई प्लॉट मॉडल

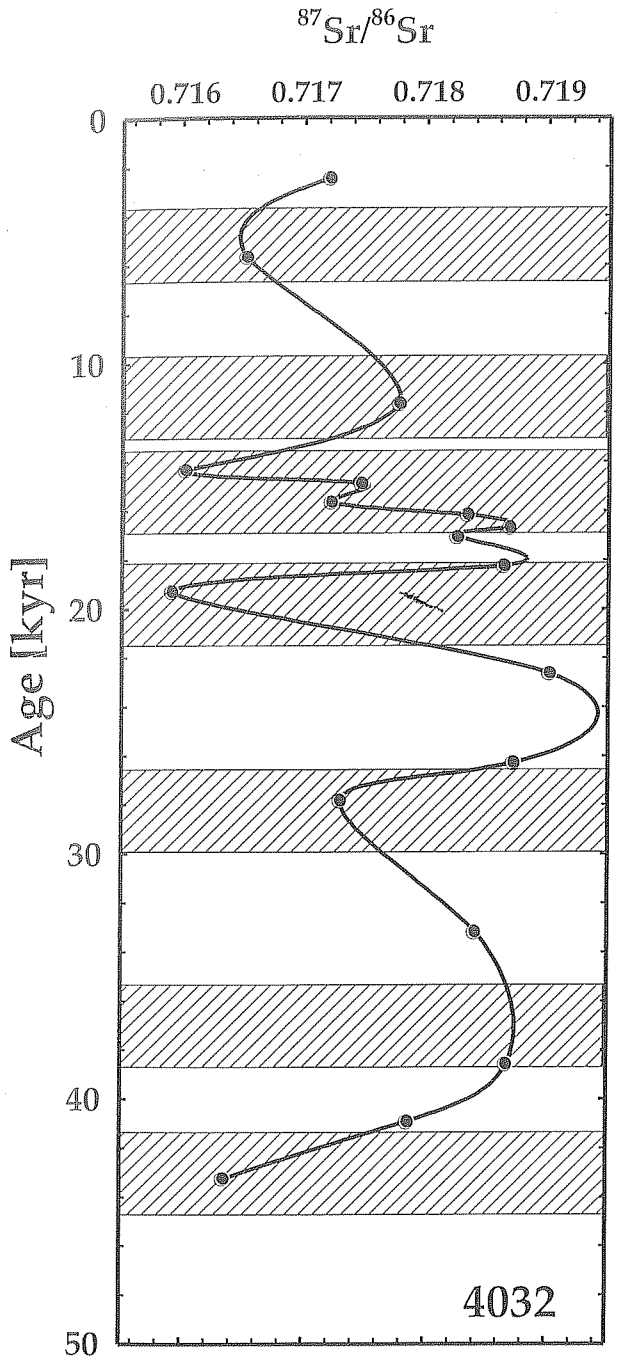
प्रत्येक नमूने के उद्‌गम स्थल की छाप रहती है । यद्यपि बंगाल की खाड़ी को हिमालय और प्रायद्वीप की नदियों से अवसाद प्राप्त होता है, लेकिन इन नदियों में G-B नदियों का सबसे प्रमुख योगदान है । खाड़ी के पृष्ठीय अवसाद के सिलिकेट अंश का Sr तथा Nd समस्थानिक संरचनाओं में स्थानिक विभिन्नता काफी मात्रा में है । खाड़ी के उत्तरी भाग में पाई गई यह विभिन्नता G-B नदियों के प्रभाव के कारण है । पश्चिमी बंगाल की खाड़ी के नमूनों में Sr और Nd समस्थानिकों का मिला जुला संकेत देखने को मिलता है, जो खाड़ी के पश्चिमी तट में निष्कासित नदियों के परिणाम स्वरूप है । अन्दमान सागर के अवसाद नमूनों में न्यूनतम मात्रा में रेडियोजेनिक Sr और अधिकतम मात्रा में रेडियोजेनिक Nd है । इन नमूनों में इरावड़ी नदी के अवसाद का प्रभाव दिखाई पड़ता है ।

4032 कोर में रासायनिक जाँच के तहत यह पता चला कि $^{87}Sr/^{86}Sr$ का प्रभेद 0.711 से 0.719 तक है । 4032 core के $^{87}Sr/^{86}Sr$ समस्थानिक रचनाओं में यह विभिन्नता जो पिछले 44 kyr में पायी जाती है उसकी व्याख्या दक्षिण-पश्चिम मानसून के कारण घटित अवशिष्ट प्रवाह के बदलाव से की जा सकती है ।

4032 कोर में दृश्य $^{87}Sr/^{86}Sr$ की साधारण प्रवणता पिछले 44 kyr में G-B नदियों के द्वारा ही प्रभावित होता आया है, यद्यपि कभी-कभी (9 kyr, 34 kyr और 44 kyr) $^{87}Sr/^{86}Sr$ का परिणाम अल्प हो जाता है । यह अल्पत्व तीन कारणो से हो सकता है (1) दक्षिण-पश्चिम मानसून की क्षीणता (2) G-B नदियों से अल्पमात्रा में अवसाद निक्षेप एवं (3) उत्तर-पूर्वी मानसून की तीव्रता के कारण इरावड़ी नदी से ज्यादा अवसाद निक्षेप । इन प्रभेदों का निश्चित रूप से पता करने के लिए और आँकड़े संग्रह करने की प्रक्रिया ज़ारी है ।

उपसंहार

इन अध्ययनों से यह प्रमाणित होता है कि क्षीण उत्तर-पूर्वी मानसून के दौरान अल्प $^{87}Sr/^{86}Sr$ इरावड़ी नदी से तथा तेज दक्षिण-पश्चिम मानसून के दौरान ज्यादा $^{87}Sr/^{86}Sr$ हिमालय की नदियों के प्रभाव के कारण है । सिलिकेट अंश में Nd समस्थानिक रचनाओं से इस आंकलन का और प्रमाण होता है । उत्तर-पूर्वी तेज़ मानसून के फलस्वरूप εNd के ज्यादा परिमाण बंगाल की खाड़ी के मध्य भाग से लिए नमूनों में 34 kyr, 20 kyr, और 16 kyr में प्राप्त हुआ । खाड़ी के दक्षिण भाग में 20 kyr में प्राप्त हुआ ज्यादा परिमाण रेडियोजेनिक Nd इरावड़ी नदी



चित्र 3 : कोर 4032 में $^{87}Sr/^{86}Sr$ परिवर्तन

से प्राप्त हुआ । इरावड़ी नदी के अवसादीय आँकड़ों के अभाव मे उपरोक्त व्याख्या को वर्तमान में केवल मात्र एक कार्यकारी परिकल्पना मानकर भविष्य के अनुसंधान में प्रयोग किया जा सकता है ।

संदर्भिका

1. सी. कोलीन, एल. तार्पिन, जे. बरट्च्युक्स, ए. डेसप्राईरिस एवं सी. किस्सेल (1999) पिछले दो हिमानी-अन्तराहिमानी युगों के दौरान हिमालय और बर्मा के पर्वत श्रृंखलाओं का भूक्षरण इतिहास, अर्थ एंड प्लैनेटरी साइन्स लैटर्स 171 (4), 647-660.
2. एस. कृष्णस्वामी, जे.आर. त्रिवेदी, एम.एम. सरीन, आर. रमेश एवं के.के. शर्मा (1992) गंगा-ब्रह्मपुत्र नदी समुद्र मे Sr एवं Rb समस्थानिक: हिमालय में अपक्षयन, बंगाल की खाड़ी में प्रवाह एवं समुद्री $^{87}Sr/^{86}Sr$ के विकास मे योगदान, अर्थ एंड प्लैनेटरी साइन्स लैटर्स, 109, 243-253.
3. एस.के. सिंह, एस. राय, एवं एस. कृष्णस्वामी (2008) गंगा द्रोणी के नदीय अवसाद मे Sr तथा Nd समस्थानिक: कायिक भूक्षरण में अवसाद उदगम एवं स्थानिक विभिन्नता, जर्नल ऑफ जियॉफिजिकल रिसर्च doi :10.1029/2007JF000909.

सौर वायु

हरि ओम वत्स
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

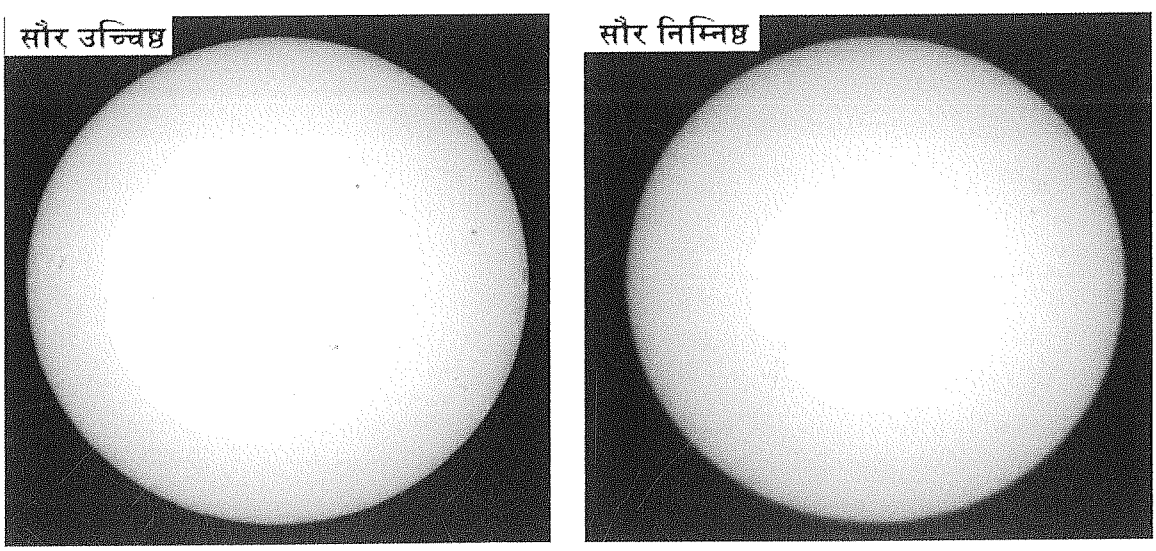
सारांश

इस लेख में सौर वायु की उत्पत्ति से लेकर हमारे जीवन पर उसके अच्छे एवं बुरे प्रभाव की चर्चा की गई है । यहाँ संक्षिप्त में सौर वायु को नापने की विधि तथा उसमें होने वाले परिवर्तनों का विवरण भी दिया गया है ।

प्रस्तावना

सौर सक्रियता लगभग 11 वर्षों में बदलती है । सूर्य कलंकों की संख्या एक सक्रिय काल में एक बार अधिकतम होती है जिसे हम "सौर उच्चिष्ठ" कहते हैं (चित्र 1 में सौर उच्चिष्ठ काल में अनेकों सूर्य कलंक दिखाई देते हैं) तथा शांतकाल में सूर्य कलंक लगभग समाप्त हो जाते हैं जिसे हम "सौर निम्निष्ठ" कहते हैं (चित्र 1 में सौर निम्निष्ठ के सूर्य पर कोई कलंक नहीं दिखाई देता है) । यह विदित है कि सूर्य से उत्सर्जित प्रकाश ऊर्जा भी बदलती है । तथापि इसका परिवर्तन कम - केवल मात्र 0.1 % ही होता है अत: हमें 11 वर्ष के काल में सूर्य की चमक में कोई घटत या बढ़त प्रतीत ही नहीं होती । सूर्य से उत्सर्जित ऊर्जा का सबसे बड़ा भाग हमें प्रकाश के रूप में प्राप्त होता है उससे कम न्यूट्रिनो व सौर वायु लाते हैं । 2002 के नोबेल पुरस्कार ने न्यूट्रिनों को अब एक महत्वपूर्ण विषय बना दिया है । इस मूल कण की यह विशेषता है कि यह अन्य सभी पदार्थों से निष्क्रियता दर्शाता है इस कारण पृथ्वी के भी आरपार निकल जाता है और अत्यधिक ऊर्जा होने पर भी इनका पृथ्वी पर प्रभाव नगण्य होता है ।

सूर्य की ऊर्जा का तीसरी अत्यधिक वाहक सौर वायु, प्रकाश की तुलना में 10 लाख में से केवल 1 भाग ही लाती है फिर भी यदि हम सौर वायु को देख पाते तो सौर काल में होने वाले परिवर्तन हमें चौंका अवश्य देते । चित्र 2 (ओहमी एवं अन्य 2002) एक विशेष प्रकार के प्रेक्षणों द्वारा बनाया गया है । यह एक सौर काल में वायु की औसत गति का वितरण दर्शाता है । 700-800 किमी प्रति सेकंड वाली तीव्र सौर वायु को गहरे नीले रंग द्वारा दिखाया है । लाल रंग की तरफ वाले रंग सौर वायु की गति का घटना दिखाते हैं। 300-400 किमी प्रति सैकंड वाली सबसे धीमी सौर वायु लाल रंग द्वारा दिखाई गई है । इस चित्र में सूर्य की प्रत्येक प्रतिमा वर्ष 1991 से 2000 तक की औसत वार्षिक सौर वायु को दर्शाती है । सौर सक्रियता के प्रतीक सूर्य कलंकों की संख्या 1991



चित्र 1 : सौर उच्चिष्ठ एवं निम्निष्ठ काल में सूर्य की प्रतिमायें

(सौर उच्चिष्ठ) धीरे-धीरे घटना प्रारम्भ करके वर्ष 1996 (सौर निम्निष्ठ) में लगभग लुप्त हो जाती है तथा उसके पश्चात धीरे-धीरे बढ़कर वर्ष 2000 (अगले सौर उच्चिष्ठ) तक फिर अधिकतम हो जाती है । 1996 वाली प्रतिमा में आप पाएंगे कि धीमी गति वाली सौर वायु सूर्य के केवल विषुवतीय क्षेत्र में एक मेखला के रूप में प्रवाहित हो रही है, जबकी मध्य अक्षांश वाले अधिकतर भाग तथा ध्रुवीय क्षेत्र में उच्च गति वाली सौर वायु है । इससे हम कह सकते हैं कि सौर निम्निष्ठ काल में सौर वायु औसतन अधिक होती है । जब सूर्य सक्रिय हो जाता है तो निम्न गति वाली सौर वायु, सूर्य की सतह के अधिकांश क्षेत्र से आने लगती है । इसके विपरीत उच्च गति वाली सौर वायु, केवल कुछ ध्रुवीय क्षेत्र में ही सीमित रहती है । अत: हम कह सकते हैं कि सौर उच्चिष्ठ काल में सूर्य की सतह के लगभग अधिकांश क्षेत्र में कम गति वाली सौर वायु ही प्रवाहित होती है । सौर वायु अंतरिक्ष के विशाल अंतरग्रहीय क्षेत्र में प्रवाहित होती है । सूर्य सक्रियता के साथ यह ग्रहों एवं अंतरग्रहीय क्षेत्र को प्रभावित करती है ।

सौर वायु की उत्पत्ति का मूल कारण सूर्य के आंतरिक भाग में होने वाली संलयन क्रिया है जिसमें अत्यधिक ऊर्जा बनती है । यह क्रिया तीन चरणों में संपूर्ण होती है :

प्रथम चरण : हाइड्रोजन के दो नाभिक मिलकर ड्यूटेरियम एवं ऊर्जा में परिवर्तित

दूसरा चरण : हाइड्रोजन + ड्यूटेरियम= हीलियम (3) + न्यूट्रिनो

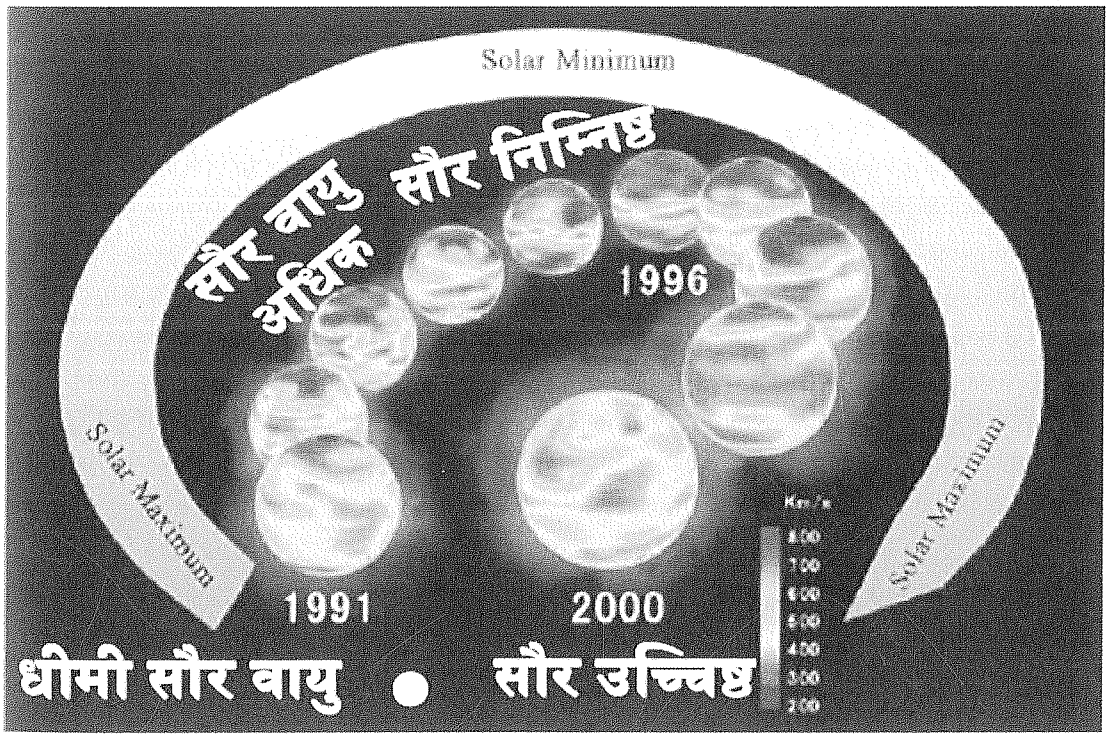
तीसरा चरण : दो हीलियम (3) नाभिक मिलकर एक हीलियम (4) तथा दो हाइड्रोजन नाभिक बनाते हैं ।

इन तीन चरणों में संलयन की प्रक्रिया ऊर्जा उत्पत्ति के साथ संपूर्ण होती है ।

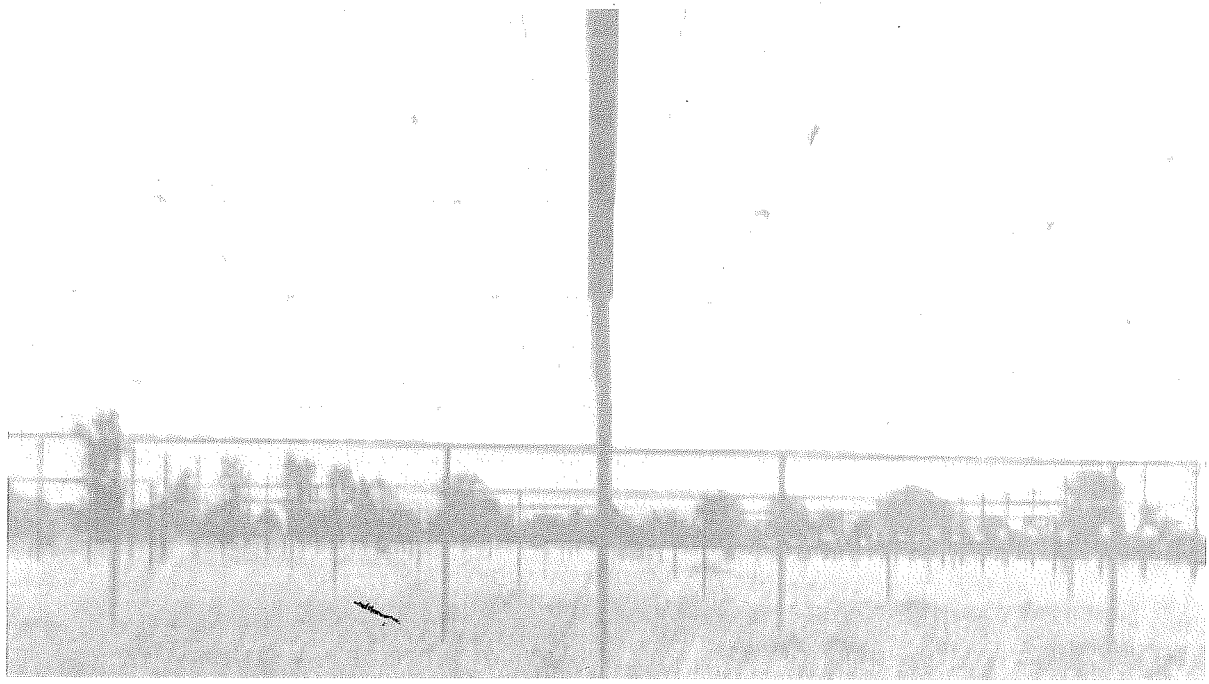
यह ऊर्जा अत्यंत विशाल है और धीरे-धीरे सूर्य की सतह तक पहुँच जाती है । सतह का तापमान लगभग 5000-6000 डिग्री तक पाया जाता है । इसकी सतह को ही हम देखते हैं और इसे प्रकाशीय भाग कहते हैं । सूर्य के ऊपर भी दो भाग होते हैं जिन्हें केवल सूर्य ग्रहण के समय ही देखा जा सकता है । सबसे बाहरी भाग कोरोना होता है जिसका तापमान 10 लाख डिग्री तक पहुँच जाता है और वहाँ पदार्थ केवल प्लाज्मा स्थिति में ही रह पाता है । इस प्लाज्मा का दबाव इतना बढ़ जाता है कि प्लाज्मा सूर्य के गुरुत्व के विरुद्ध बाहर निकल जाता है। इस निरंतर बाहर निकलने वाले प्लाज्मा को सौर वायु कहते हैं । यह अंतर ग्रहीय माध्यम में निरंतर 300-800 कि.मी. प्रति सै. की गति से बहती है । इस लेख में सौर वायु की प्रेक्षण विधि तथा यह हमारे जीवन पर होने वाले इसके प्रभावों पर चर्चा करेंगे

सौर वायु के प्रेक्षण

सौर वायु के प्रेक्षणों के लिए कई उपग्रह छोड़े गए, परंतु वे इनके प्रक्षेप-पथ कक्षीय तल को पार नहीं कर सके । केवल यूलेसिस नामक



चित्र 2 : वर्ष 1991 से 2000 तक के वार्षिक औसत सौर वायु के वितरण दृश्य ।
यहाँ वर्ष 1996 सौर निम्निष्ठ है तथा 1991 और 2000 सौर उच्चिष्ठ ।



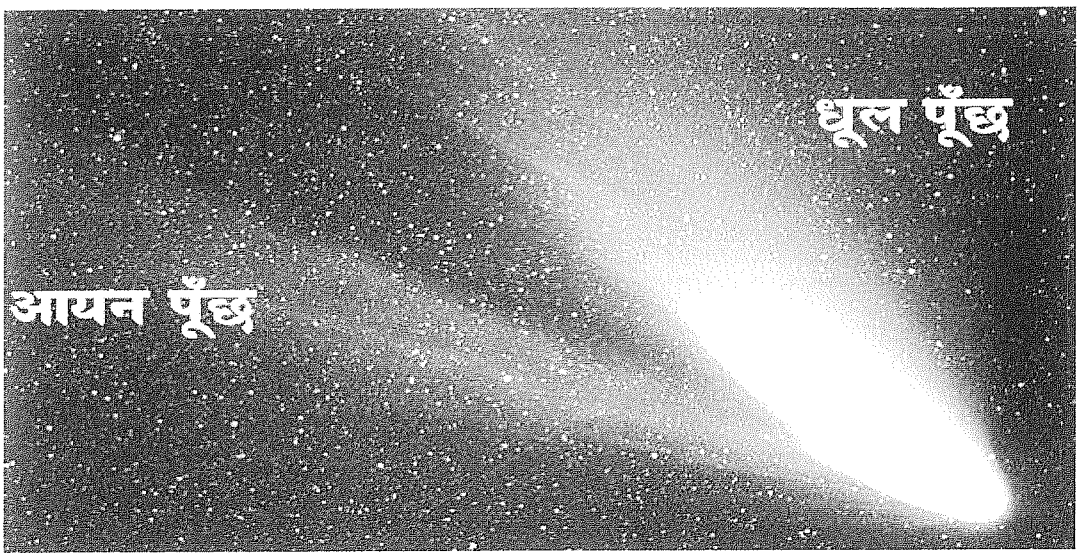
चित्र 3 : अन्तर ग्रहीय माध्यम के प्रस्फुरण के अध्ययन करने के लिए बनायी गई थलतेज रेडियो दूरबीन का दृश्य

सौर-प्रोब जो 1990 में प्रक्षेपित किया था, अपने प्रक्षेप पथ के झुकाव को गुरु के महान गुरुत्व की सहायता से लगभग 90 डिग्री बदलकर कक्षीय तल को पार करने में सक्षम रहा । कैम्ब्रिज विश्व विद्यालय के ए.हेविस एवं साथियों ने 1964 में दर्शाया कि बाहरी ब्रह्मांड से आने वाली रेडियो तरंगों की तीव्रता कुछ क्षणों में कम व अधिक होती है । यह प्रक्रिया पृथ्वी की वायुमंडलीय अनियमितताओं के कारण रात में तारों के टिमटिमाने की प्रक्रिया जैसी ही है । तारों का प्रकाश जब वायुमंडल से गुजरता है तो प्रकाश की विभिन्न दिशाओं में छिन्न-भिन्न होने से तारा टिमटिमाता प्रतीत होता है । रेडियो श्रोत से आने वाली रेडियो तरंगों को आवेशित कण या सौर वायु प्लाज्मा छिन्न-भिन्न कर देते हैं । पृथ्वी से सभी दिशाओं में अनेकों रेडियो श्रोत दिखाई पड़ते हैं । इन रेडियो तरंगों का टिमटिमाना हमें पृथ्वी पर कम समय में विभिन्न क्षेत्रों, जैसे कक्षीय तल के पास, दूर तथा सूर्य के इर्द-गिर्द जो सौर वायु है उस को समझने के महत्वपूर्ण संकेत देता है । विशाल अतरग्रहीय माध्यम में बहने वाली सौर वायु के प्रेक्षणों को पूर्ण किया जा सकता है । जैसी रेडियो दूरबीन कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय में बनायी गयी थी उसी प्रकार की तीन रेडियो दूरबीन भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला ने बनायी थी जिन्हें अहमदाबाद, राजकोट एवं सूरत में स्थापित करके त्रिकोणी सिद्धांत द्वारा सौर वायु की गति एवं दिशा का मापन किया (वत्स एवं देशपांडे 1994) । अहमदाबाद की रेडियो दूरबीन थलतेज परिसर में लगाई गई थी । इसका एक भाग चित्र 3 में दिखाया है । जापान में सौर-पार्थिव वातावरण प्रयोगशाला 4 विभिन्न स्थलों पर रेडियो दूरबीन से आज भी सौर वायु का अध्ययन करती है ।

सौर वायु के प्रभाव

अब सौर वायु के विषय में कुछ सामान्य प्रश्न हैं कि क्या सौर वायु पृथ्वी की सतह से टकराती है ? इसे क्या वायु की तरह शोर,खड़खड़ाहट, धड़ाका, गर्जन या चिल्लाहट करते देखा जा सकता है ? जिसे हम वायु कहते हैं यह उससे बिलकुल भिन्न है । ऐसी वायु कभी नहीं देखी जा सकती है, हाँ इसके प्रभाव दिखते हैं । सौर वायु एक विरल गैस है । यह चीजों को उस तरह नहीं उड़ाती जैसे पृथ्वी पर हवा के झोकों से पत्तियों का लरजना तथा चिमनियों के धुआँ की दिशा वायु का प्रतीक होती है । वास्तव में पुच्छल तारे की पूँछ का गहन परीक्षण सौर वायु को दर्शाता है (चित्र 4) ।

पुच्छल तारों की पूँछ सौर वायु एवं सूर्य के प्रकाश के दबाव से बनती हैं । कई पुच्छल तारों की दो पूँछ स्पष्ट देखी जा सकती हैं । चित्र 4 में बाँयी ओर को जाने वाली हल्की पूँछ वास्तव में नीली होती है । यह पूँछ सौर वायु के घसीटने से बनती है तथा चित्र में मोटी सीधी ऊपर की ओर जाने वाली पूँछ का वास्तविक रंग सफेद होता है । यह चित्र 4: हैल-बॉप्प पूच्छल तारा, 1997 में यह सबसे अधिक प्रेक्षित एवं चमकीला था । इसमें आयन पूँछ वास्तव में हल्के नीले रंग की और धूल पूँछ सफेद होती है ।



चित्र 4 : हैल-बॉप्प पूच्छल तारा, 1997 में यह सबसे अधिक प्रेक्षित एवं चमकीला था । इसमें आयन पूँछ वास्तव में हल्के नीले रंग की और धूल पूँछ सफेद होती है

यह पूँछ सूर्य-प्रकाश के दबाव द्वारा धकेलने से बनती है । इन्हें क्रमश: आयन एवं धूल पूँछ भी कहते हैं । इस पुच्छल तारे का व्यास लगभग 40 किमी तथा यह अपनी धुरी पर 11.4 घंटे में घूमता है । इससे स्पष्ट है कि सौर वायु को "वायु" क्यों कहते हैं । यह अंतरिक्ष में बिलकुल वायु की ही तरह बहती है । वास्तव में सौर वायु प्लाज्मा है जिसमें चुम्बकीय क्षेत्र को समावेषित करने का गुण होता है अत: सौर वायु सूर्य निकलते हुए वहाँ के चुम्बकीय क्षेत्र को भी साथ में घसीट लेती है । यह चुम्बकित सौर वायु पुच्छल तारे के आयनीकृत अवयवों को अपने साथ बहाती है । सूर्य के घूर्णन के कारण बाहर फैलती हुई चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ विशाल कुंडलियाँ बना देती हैं । हमारी पृथ्वी भी उत्तरी तथा दक्षिण ध्रुवों वाला एक विशाल चुम्बक है ।

सौर वायु जब भू-चुम्बकीय क्षेत्र से टकराती है तो पृथ्वी की चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ ढाल की तरह सौर वायु को रोक लेती हैं । इस ढाल का आभार है कि हम सौर वायु के भय से काफी हद तक सुरक्षित हैं । सौर वायु की विशाल ऊर्जा विभिन्न रूप में चुम्बकीय मंडल में फिर भी प्रवेश कर पाती है तथा यह ढाल हमें सौर वायु से पूर्ण सुरक्षित नहीं रख सकता है । सौर वायु की अति ऊर्जा प्लाज्मा के कण पृथ्वी के ऊपरी वायुमंडलीय अणुओं एवं परमाणुओं से टकराकर विभिन्न सुंदर रंगों वाली उषा उत्पन्न करते हैं । यह प्राकृतिक सौंदर्य केवल उत्तरी व दक्षिण ध्रुवीय प्रदेशों में ही देखा जा सकता है । चित्र 5 में 1 फरवरी 2007 को अलास्का की भालू ताल के ऊपर का सुंदर दृश्य है । सूर्य की ऊर्जा से उत्पन्न चमत्कारों में से एक यह ध्रुवीय ज्योति या उषा है । यद्यपि सौर वायु अदृश्य है तथा पृथ्वी पर इसे संसूचित नहीं किया जा सकता है । जीवन तथा वातावरण पर इसके प्रभावों को कई प्रकार से देखा जा सकता है । सौर क्रियाशीलता के अनुरूप वायु की अवस्था चित्र 4: हैल-बॉप्प पुच्छल तारा, 1997 में यह सबसे अधिक प्रेक्षित एवं चमकीला था । इसमें आयन पूँछ वास्तव में हल्के नीले रंग की और धूल पूँछ सफेद होती है जो अचानक बदल जाती है । यह बदलाव उपग्रह नष्ट कर सकता है तथा इससे प्रेरित तीव्र धाराएँ पृथ्वी पर विद्युत तंत्रों को क्षति ग्रस्त भी कर देती हैं । ये वास्तव में सौर वायु के दुष्परिणाम हैं । तथापि, सौर वायु के बिना और भी दुष्परिणाम हो सकते हैं ।

ब्रह्मांडीय किरणें अंतरिक्ष में दूर से आती हैं । ये उच्च ऊर्जा कण हैं एवं यदि ये पृथ्वी पर सीधे पहुँच जाएँ, तो यहाँ वे जीवन के लिए हानिकारक हो सकते हैं। इस प्रकार पृथ्वी को ब्रह्मांडीय किरणों के सीधे प्रहार से बचाने के लिए चुम्बकीय क्षेत्र वाली सौर वायु एक रुकावट का कार्य करती है । हम कह सकते हैं कि पृथ्वी पर जीवन चुंबकित सौर वायु से सुरक्षित है । अत: सूर्य अनोखा है । यह हमें केवल गरमी एवं प्रकाश ही नहीं देता है, बल्कि ब्रह्मांडीय किरणों से सुरक्षा भी प्रदान करता है । 1970 के दशक के अंत में यह खोजने के लिए सौर वायु कितनी दूर तक बहती है, वोएजर तथा पायोनियर अंतरिक्ष यान सौर-मंडल की सीमा की ओर छोड़े गए । वोएजर सौर-मंडल की सीमा की ओर से आने वाले रेडियो उत्सर्जनों एवं किरणों का अध्ययन करता है । अपनी 25 वर्षों की उड़ान के बाद, वोएजर ने आश्चर्यजनक विवरण प्रस्तुत किया कि सूर्य से 90 एयू जितनी दूर तक भी सौर वायु बह रही है । अब इसमें कोई संदेह नहीं है कि सौर वायु इतनी दूर तक जाती है और सूर्य प्रति सेकंड दस लाख टन सौर वायु बाहर निकालता है । यह होने से क्या सूर्य पिचककर सिकुड़ जाएगा ? सूर्य प्रति वर्ष 300 शंख टन मात्रा सौर वायु के रूप में बाहर भेजता है । और, सूर्य की कुल मात्रा

चित्र 5 : अलास्का के भालू ताल के ऊपर 1 फरवरी 2007 को प्रदर्शित उषा । उषा का वास्तविक रंग नीला, हरा और लाल होता है

300 शंख गुणा 700 शंख टन है । साधारण गणना से तो 700 शंख वर्षों में ही सूर्य का संपूर्ण पदार्थ क्षय होगा । 700 शंख वर्ष का समय आश्चर्यजनक है तथा सौर वायु का परिमाण बड़ा होने पर भी सूर्य का क्षय नहीं होगा । सौर वायु इस समय भी प्रवाहित हो रही है एवं होती रहेगी । इसके लाभ और हानि दोनों ही हैं ।

धन्यवाद

इस लेख में नासा तथा बीबीएसओ की वेब साइटों के आँकड़े प्रयोग किये गये हैं। लेखक आँकड़ों के लिए इन संस्थाओं एवं कार्यभारी वैज्ञानिकों का आभारी है । भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला के कार्यक्रम अंतरिक्ष विभाग की सहायता से संपन्न होते हैं ।

संदर्भ

1. टी. ओहमी, एम. कोजिना, एवं अन्य,भू-भौतिकी अनुसंधान पत्र (GRL) 30, L1049, 2003
2. हरि ओम वत्स एवं एम.आर. देशपांडे, बुलेटिन ऑफ एस्ट्रोनोमिकल सोसायटी ऑफ इंडिया 22,157, 1994.

बेतार संवेदक जाल के द्वारा चाँद पर पानी की खोज

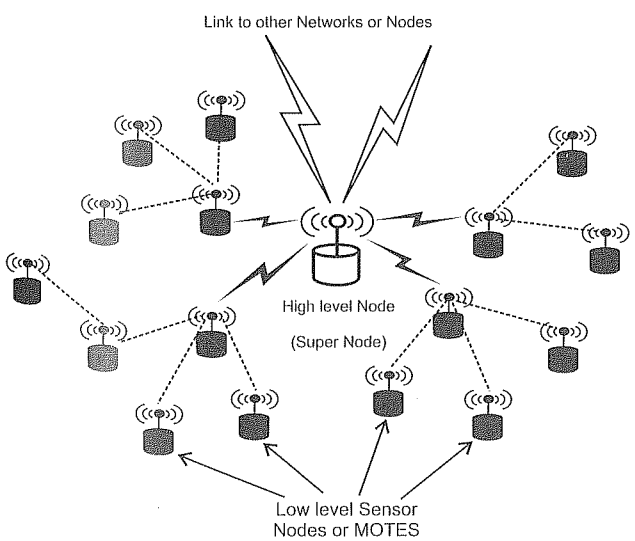
के.दुर्गा प्रसाद
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

चाँद पर पानी का उद्‌गम और उसकी मौजूदगी को प्रमाणित करना केवल एक वैज्ञानिक उपलब्धि नहीं बल्कि भविष्य में मानव की चाँद पर उपस्थिति और उसके तल से अन्य ग्रहीय अन्वेषण में भी सहायक साबित होगा । अब तक के अध्ययन से यह साबित होता है कि चाँद पर पानी उसके ध्रुवीय क्षेत्रों में स्थित ठंडे और गहरे गर्तों में मौजूद है । ऐसे स्थानों में पानी की अवस्थिति की खोज करना मुश्किल और बहुत बड़ी चुनौती है । इस तरह की परिदृश्य में चाँद पर पानी को ढूंढने का एक सक्षम और संभव तकनीक "वायरलैस सेन्सर नेटवर्क" का विश्लेषण इस लेख मे प्रस्तुत किया गया है ? वायरलैस सेन्सर नेटवर्क का निमाण और चाँद पर उनके परिनियोजन आदि विषयों को प्रस्तुत किया गया है ।

प्रस्तावना

चाँद के ध्रुवीय क्षेत्रों में पानी की उपस्थिति को लेकर वैज्ञानिकों में पिछले कई सालों से गहरी बहस चल रही है । सन् 1969 में पहली बार वाट्सन और उनके साथियों ने चाँद पर पानी की उपस्थिति की उपकल्पना की उनके बाद आर्नाल्ड, क्रैडर, वोन्ड्राक जैसे कई वैज्ञानिकों ने चाँद पर पानी के उद्‌गम और उपस्थिति का गहरा अध्ययन किया है । इन अध्ययनों के अनुसार चाँद की भूमिति एवं उसके सतह से सोलर विन्ड और उल्काओं की अंत: क्रिया से चाँद पर पानी की मौजूदगी संभव है । इन सभी क्रियाओं के फलस्वरूप उपलब्ध पानी चाँद के सतह पर स्थित चरम तापमान के कारण स्थिर नही रह पाता है और वह ध्रुवीय क्षेत्रों की ओर संचार करते हुए इन गर्तों में जाता है, वह बर्फ के रूप में वहाँ कई सालों तक मौजूद रह सकता है ।



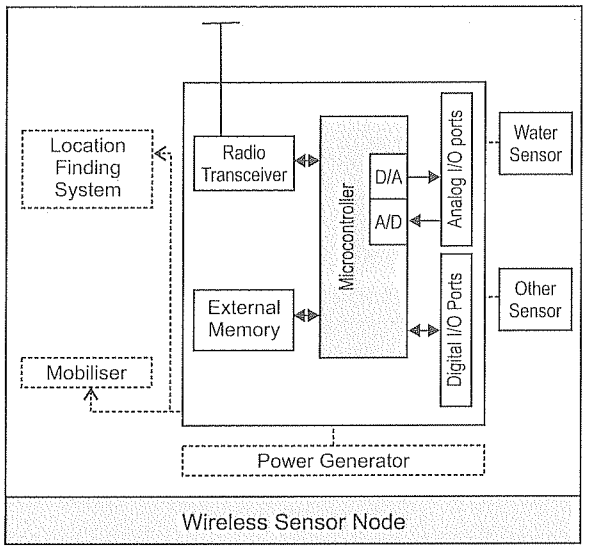
चित्र 1 : बेतार संवेदक जाल

क्लेमेन्टाइन, लूनर प्रासपेक्टर और हाल के सीलीन यानों के आँकड़े भी चाँद पर पानी की मौजूदगी का समर्थन करते हैं। ऐसा मानना है कि यह पानी बर्फ के रूप में Ml से मिला हुआ रहता है यद्यपि भारत के चन्द्रयान-2 और अमेरिका के एल.आर.ओ.(L.R.O.) इस विषय पर अधिक जानकारी दे सकते हैं, लेकिन अवस्थिति (in-situ) जाँच से ही कोई सुस्पष्ट सबूत मिल सकता है । चाँद पर पानी का उद्‌गम और उसकी मौजूदगी को प्रमाणित करना केवल एक वैज्ञानिक उपलब्धि नहीं बल्कि भविष्य में मानव की चाँद पर उपस्थिति और उसके तल से अन्य ग्रहीय अन्वेषण में भी सहायक साबित होगा ।

इस लेख में उल्लिखित "बेतार संवेदक जाल" अथवा "वायरलैस सेन्सर नेटवर्क" इस कठिन कार्य को सक्रिय करते हुए चाँद पर पानी को खोजने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकता है ।

बेतार संवेदक जाल या वायरलैस सेन्सर नेटवर्क

वायरलैस सेन्सर नेटवर्क 21वीं सदी की एक महत्वपूर्ण तकनीकी उपलब्धि हैं। यह तकनीक हमारे सामने संगणक का एक अलग परिचय प्रस्तुत करती है । वायरलैस सेन्सर नेटवर्क का निर्माण बेतार संचार की क्षमता रखने वाले बैटरी आधारित लघु संगणक यंत्रों के समूह से बनता है । इस तरह के वायरलैस सेन्सर के नमूने को हम चित्र 1 में देख सकते हैं । जब हम इस तरह के कई सेन्सर नोड किसी भी निर्धारित क्षेत्र में बिखेर देते हैं तो वे सारे नोड अपने आप एक स्वयं निर्मित बेतार तदर्थ (adhoc) जाल की तरह काम करने लगते हैं । इस तदर्थ जाल के बेतार और खामोश प्रत्येक सेन्सर नोड अपने संवेदकों के द्वारा उपार्जित आँकडों को संग्रह कर अपनी निकटतम नोड की सहायता से एक निर्दिष्ट स्थान (बेस स्टेशन) तक पहुँचाते हैं जहाँ इन आँकडों का प्रक्रमण होता है। इस तरह के प्रयोग से हमें किसी भी व्यापक क्षेत्र का



चित्र 2 : बेतार संवेदक जाल का खण्ड चित्र

वास्तविक रूप में उच्च स्तरीय एवं विश्लेषणीय चित्र प्राप्त होता है और वहाँ चल रही क्रियाओं को समझने में मदद मिलती है ।

सेन्सर नोड का निर्माण

वायरलैस सेन्सर नोड किसी निर्धारित क्षेत्र में मौजूद स्थितियों (तापमान, चालकता, आर्द्रता इत्यादि) की जानकारी दे सकता है जिससे हमें उस क्षेत्र में चल रही विभिन्न वैज्ञानिक गतिविधियों को समझने में मदद मिल सकती है । प्रत्येक सेन्सर नोड इस तरह के कार्य करने वाला एक अंत: स्थापित यंत्र (embedded system) है । हरेक सेन्सर नोड अपने आप में पूरी तरह से एक लघु संगणक यंत्र (computer) है जिसमें भौतिक संवेदन, संचार, ऊर्जा आदि सुविधायें संकलित हैं ।

चित्र 2 में सूचित सेन्सर नोड के खंड चित्र (Block Diagram) का विवरण नीचे दिया गया है जिसमें निम्नलिखित मुख्य खंड होते हैं :

संवेदन खंड (Sensing Unit)
प्रक्रमण खंड (Processing Unit)
रेडियो संप्रेषण अभिग्राही खंड (Radio Transceiver)
उर्जा खंड (Power Unit) एवं
अन्य अतिरिक्त खंड (Other Additional Units)

संवेदन खंड

किसी निश्चित क्षेत्र में हो रही वैज्ञानिक क्रियाओं को ग्रहण करना संवेदन खंड का मुख्य उद्देश्य है । इस कार्य के लिए विभिन्न प्रकार के संवेदन यंत्र (Transducers) का उपयोग किया जाता है । यह ट्रान्सड्यूसर अपने द्वारा ग्राहक भौतिक संकेतों को विद्युत संकेतों के रूप में बदल कर एनालोग टू डिजिटल कन्वर्टर (ADC) के द्वारा अतिरिक्त विश्लेषण हेतु प्रकरण खंड को भेजते हैं ।

प्रकरण खंड

प्रकरण खंड माइक्रोप्रोसेसर आधारित एक प्रज्ञा खण्ड है जो विविध खंडों से प्राप्त निर्धारित संकेतों को विनिमय कर उन्हे नियंत्रित करता हैं। अनुप्रयोग के अनुसार इस कार्य के लिए माइक्रो कन्ट्रोलर, डिजिटल सिग्नल प्रोसेसर (Digital Signal Processor), फील्ड प्रोग्रामेबल गेट पंक्ति (FPGA) आदि का उपयोग होता हैं।

रेडियो संप्रेषण अभिग्राही खण्ड

रेडियो संप्रेषण अभिग्राही खण्ड सेन्सर नोड को अपने निकटतम नोडों से बेतार संपर्क करने में मदद करता है । इस कार्य के लिए सामान्यत: रेडिया तरंगों का उपयोग किया जाता है जिनकी आवृत्ति कुछ मेगा हर्ट्ज से लेकर हजार मेगा हर्ट्ज तक होती है । रेडियो तरंगों के स्थान मे इन्फ्रारेड या लेजर तरंगों का उपयोग भी किया जाता है ।

उर्जा खण्ड

सेन्सर नोड की पूरी जान उर्जा खण्ड पर आधारित है । सेन्सर नोड के सभी कार्य हेतु जरूरी ऊर्जा का मूल स्त्रोत उसकी बैटरी है । सेन्सर नोड के निर्माण मे विभिन्न प्रकार के बैटरी का उपयोग होता है जिन्हें हम रीचार्ज भी कर सकते हैं । सेन्सर नोड का कार्यचालन एवं जीवन-काल उसके बैटरी के आधार पर निर्भर है ।

सेन्सर नेटवर्क का संचालन (Operation)

सेन्सर नेटवर्क के संचालन में निम्नलिखित चरण होते हैं :

1. परिनियोजन (Deployment)
2. सक्रियण (Activation)
3. स्थानिक व्यवस्थापन (Local Organisation)
4. सार्विक व्यवस्थापन (Global Organisation)

परिनियोजन

सेन्सर नेटवर्क के संचालन में सबसे प्रथम चरण उनका परिनियोजन या डिप्लायमेन्ट हैं । सेन्सर नोडों को हम विभिन्न प्रकार से परिनियोजित कर सकते हैं जैसे उन्हें किसी अवरोही लेन्डर (Descending Lander) की सहायता से निर्धारित क्षेत्र में फैला सकते हैं या उन्हें रोवर या लेन्डर की मदद से निश्चित क्षेत्र में फैंक सकते हैं। वायरलैस सेन्सर नेटवर्क के नोड के क्रम अभिनियमित न होने के कारण हम उन्हें किसी भी तरह परिनियोजित कर सकते है और हमारी इच्छानुसार जब चाहे तब उनका क्रम बदल सकते है ।

सक्रियण

परिनियोजन से पहले सारे सेन्सर नोड विश्राम अवस्था (Sleep Mode) में रहते है जिससे हमें ऊर्जा खपत और RF व्यतिकरण (Interference) को कम करने में मदद मिलती है । परिनियोजन के पश्चात इन सेन्सर नोडों को एक अनुपम ट्रिगर संकेत के द्वारा सक्रिय किया जाता है । सक्रियता के बाद ये सेन्सर नोड सबसे पहले कुछ प्राथमिक जाँच और परीक्षण के बाद अपने निकटतम नोड के साथ संचार स्थापित कर उन्हें संकेत भेजने लगते हैं।

स्थानीय व्यवस्थापन

सारे सेन्सर नोड अपने प्राथमिक परीक्षण के अंतर्गत पड़ोसी नोडों से अपनी पहचान का आदान-प्रदान करते है और एक स्थानीय व्यवस्थापन रच कर एक दूसरे को बेतार संकेत भेजते हैं । इस प्रक्रिया में कोई निश्चित सांख्यिकी की जरूरत नहीं होती है जिससे हम कभी भी सेन्सर नोड को नेटवर्क में जोड़ सकते हैं या फिर उसे निकाल सकते हैं ।

सार्विक व्यवस्थापन

स्थानीय व्यवस्थापन के पश्चात अंतिम चरण सार्विक व्यवस्थापन है जिससे सारे सेन्सर नोड अपने संवेदकों से ग्राहक संकेतों को एक केन्द्रीय स्थान (Central/Base Station) तक पहुँचाते हैं । यह केन्द्रीय स्थान लेन्डर, रोवर या आर्बिटर पर होता है ।

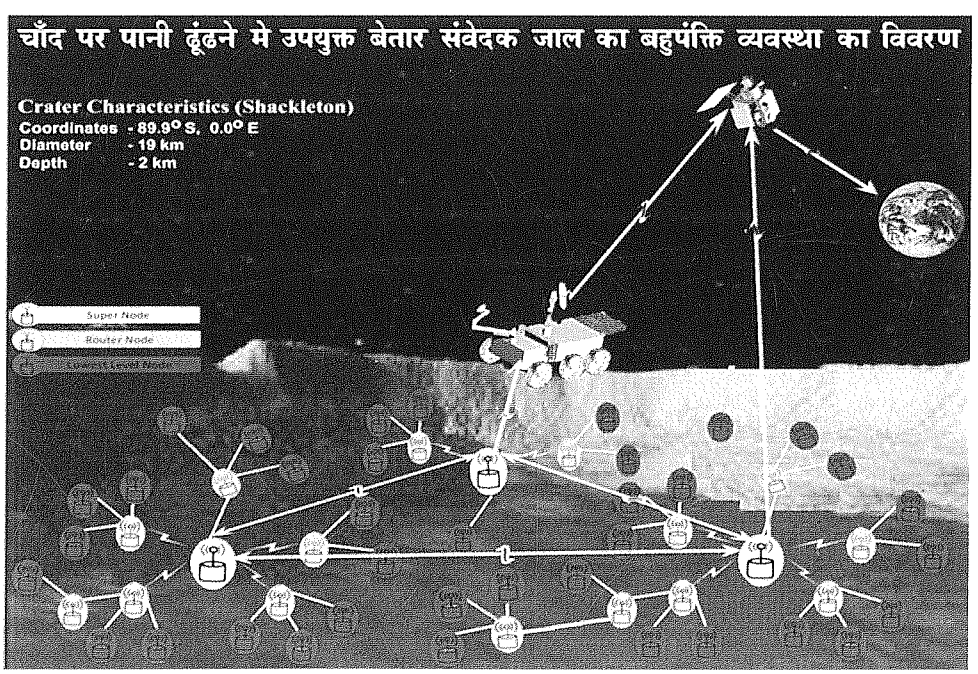
चाँद पर पानी की खोज में वायरलैस सेन्सर नेटवर्क का महत्व

अब तक के अध्ययन से यह साबित होता है कि चाँद पर पानी उसके ध्रुव प्राँतों में स्थित ठंडे और गहरे गर्तों में मौजूद है । इन गर्तों में सूरज की किरण न पहुँच पाने के कारण से वहाँ का तापमान अत्यल्प - 175^{0}C तक होता है । ऐसे स्थानों में पानी की अवस्थिति खोज करना मुश्किल और बहुत बड़ी चुनौती है । इस कार्य के लिए हम रोवर या लेन्डर का उपयोग कर सकते हैं । लेकिन इस ठंडे और अंधकारमय वातावरण में रोवर को चला पाना भी बहुत ही कठिन कार्य है । इसके साथ रोवर केवल किसी अल्प क्षेत्र में ही पानी की खोज कर सकता है । इस तरह के रोवर मिशन न केवल खर्चीले होते हैं बल्कि वे बहुत जोखिम भरे भी होते हैं । इस तरह के परिदृश्य में वायरलैस सेन्सर नेटवर्क चाँद पर पानी को ढूढँने को एक सक्षम और संभव तकनीक है । इस दशा में हमे रोवर या लेन्डर को गर्तों मे उतारने की जरूरत नहीं है । उन्हें हम सिर्फ एक यान में रखकर उनकें द्वारा बहुत सारे सेन्सर नोड को गर्तों में फैलाकर पानी की मौजूदगी जान सकते हैं । इस प्रकार के वायरलैस सेन्सर कार्यों के लिए भी उपयोगी साबित हो सकते हैं ।

प्रस्तावित प्रयोग का विवरण

पिछले एक दशक में हुई तकनीकी प्रगति और उसकी वर्तमान स्थिति के आधार पर पानी खोजने की क्षमता रखने वाले लघु सेन्सर यंत्रों का निर्माण किया जाएगा । इनके बल पर हम हमारे भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला के प्लैनेक्स प्रयोगशाला में ऐसी है वायरलैस सेन्सर नेटवर्क की रचना कर रहे है जिनके कुछ प्राथमिक प्रयोग सफल साबित हुए हैं । इस सेन्सर नेटवर्क का खण्ड चित्र एवं कुछ प्राथमिक प्रयोग का विवरण चित्र 3 में दिया गया है । इन प्रयोगों के आधार पर प्राप्त नई ज्ञान और दिशाओं के बल पर हम अंतरिक्ष (चाँद) पर उपयोगी सेन्सर नेटवर्क का निर्माण करेंगे । ऐसे ही एक सेन्सर नेटवर्क का निर्माण और कार्य उदाहरण के रूप में नीचे प्रस्तुत किया गया है ।

अब तक के सारे अध्ययन के आँकड़ों के मुताबिक चाँद के दक्षिण ध्रुव प्राँत में स्थित 19 km चौड़ाई वाली शेकेल्टन गर्त को पानी की खोज का बेहतर स्थान माना गया है । इसी शेकल्टन गर्त को आधार बनाते हुए हम इस प्रयोग का विश्लेषण देते हैं । इस कार्य के लिए हम पानी खोजने की क्षमता रखने वाले लघु यंत्रों का निर्माण करेंगे जिनका वजन केवल कुछ ग्राम होगा और संचार क्षमता 300 m से 500 m तक होगी । इन लघु यंत्रों में पानी खोजने के लिए संवेदक रखे जाएंगे जो मुख्यत: वैद्युत गुणधर्म पर आधारित होंगे । इस कार्य के लिए हम इन्फ्रारेड सेन्सर का



चित्र 3 : चांद पर पानी ढूंढने में उपयुक्त बेतार संवेदक जाल की बहुपंक्ति व्यवस्था

उपयोग भी कर सकते हैं लेकिन इसमें कुछ कठिनाइयाँ है । वैद्युत गुणधर्म के आधार पर चलने वाले संवेदक मिट्टी में मिला हुआ पानी या बर्फ का पता बेहतर तरीके से लगा सकते हैं । इस तरह के संवेदक पानी (या बर्फ) सहित मिट्टी की पारद्युतिक स्थिरांक (Dielectric Constant), चालकता (Conductivity) और तापमान के आधार पर उसमें मौजूद पानी की मात्रा का अनुमान लगाते हैं । वायरलैस सेन्सर नेटवर्क के साथ उपयोग के लिए एक लघु संवेदक की रचना की जाएगी जो मिट्टी की पारद्युतिकता, चालकता एवं तापमान को नाप कर पानी का अनुमान लगाएंगे । प्रक्रमण एवं संचार हेतु जो लघु यंत्रों का निर्माण किया जाएगा उनमें आट्मेल (Atmel) या जेन्निक (Jennic) वायरलैस माइक्रोकन्ट्रोलर का उपयोग किया जाएगा । पूर्ण निर्माण के बाद सेन्सर नोड 2 से 3 वर्ग के आकार का एक संकुलित यंत्र बन जाएगा ।

चाँद पर पानी ढूँढने वाले वायरलैस सेन्सर नेटवर्क का परिनियोजन एवं संचालन चित्र 5 में दिखाया गया है । इसके अनुसार सर्वप्रथम हम एक रोवर/लेन्डर को शेकेल्टन गर्त के छोर पर पहुँचाएंगे । इस रोवर/लेन्डर की सहायता से हम 50 से 100 के करीब वायरलैस सेन्सर नोडों को शेकेल्टन गर्त में फैलाया जाएगा । विशेष प्रक्षेपण व्यवस्था और सेन्सर नोड ज्यामिति की रचना उन्हें ठीक तरह से चाँद की सतह पर उतरने में मदद करेंगे । पारगमन एवं प्रक्षेपण के दौरान कुछ सेन्सर नोडों की बिगड़ने की संभावना होती है लेकिन बहुत सारे सेन्सर नोडों के उपयोग के कारण ऐसी स्थिति में भी संचार स्थापित रखने में मदद मिलती है जो इस तकनीक का एक विशेष गुण है । सारे सेन्सर नोड प्रक्षेपण अवस्था तक विश्राम स्थिति में रखे जायेंगे । जब प्रत्येक सेन्सर नोड चाँद की सतह पर उतरता है तब उसे एक संकेत के द्वारा सक्रिय किया जाएगा । सक्रिय स्थिति में पहुँचते ही सेन्सर नोड अपने कार्य शुरू कर देंगे जिसमें सबसे पहले स्वयं-जाँच (Self Testing) स्थानीय एवं सार्विक व्यवस्थापन आदि शामिल है । इस चरण के बाद सेन्सर नोड अपने संवेदकों की सहायता से पानी की मौजूदगी को सूचित आँकडों को बेतार जाल (वायरलैस नेटवर्क) के द्वारा गर्त के छोर पर स्थित रोवर/लेन्डर तक पहुँचायेंगे । इन आँकड़ों को रोवर/लेन्डर चन्द्रयान जैसे आर्बिटर की सहायता से पृथ्वी पर स्थित ग्राउन्ड स्टेशन तक भेजेंगे जहाँ इनका विश्लेषण कर पानी की मौजूदगी का पता लगाया जायेगा । इसी प्रयोग के संबंध में हम एक दूसरे प्रकार की संरचना भी कर सकते जिसे हम बहु-पंक्ति व्यवस्था कहते हैं । इस बहु-पंक्ति व्यवस्था (Multi-tier Architecture) के अंतर्गत हम कुछ सेन्सर नोडों का उपयोग करेंगे जो सामान्य नोड की अपेक्षा में बड़े और शक्तिशाली होंगे । ऐसे नोड को हम 'सुपर नोड' कहते हैं। । सुपर नोड पूरे नेटवर्क में केन्द्र स्थान (बेस स्टेशन) का काम करते हुए सीधे आर्बिटर को संकेत पहुँचाने की क्षमता रखता है । किसी भी कारण से सेन्सर नेटवर्क का रोवर से संपर्क चूकने की स्थिति में बहु-पंक्ति व्यवस्था मददगार साबित हो सकती है ।

निष्कर्ष

सुदूर संवेदन (Remote Sensing) द्वारा चाँद पर पानी की मौजूदगी के बारे मे मिले आँकड़ों को साबित करने में किसी अवस्थिति जाँच का समर्थन आवश्यक है । चाँद पर स्थित ठंडे-गहरे गर्तों में पानी की अवस्थिति जाँच करना बहुत ही कठिन और चुनौतिपूर्ण कार्य ही नहीं बल्कि इस तरह का पूरा मिशन बहुत ही जोखिम भरा होता है । ऐसी स्थिति में इस लेख में प्रस्तुत 'वायरलैस सेन्सर नेटवर्क" एक उल्लेखनीय तकनीक हैं। यद्यपि इसमें अनेक चुनौतियाँ शामिल है लेकिन इसके उपयोग से बिना किसी जोखिम के हम व्यापक क्षेत्रों में भी पानी को ढूँढ सकते है । वर्तमान तकनीकी उपलब्धियों को नजर में रखते हुए यह एक संभव कार्य है और इसके उपयोग से हम चाँद पर पानी खोज सकते हैं।

संदर्भिका

1. वाट्सन, मुर्रे, ब्रोन, 'चंद्र सतह पर क्षणिकाओं का व्यवहार", जियोफिजिकल रिसर्च जर्नल, 66, 3033ए3045, 1961.
2. आर्नाल्ड, 'चंद्र ध्रुवीय क्षेत्र में हिम", जियोफिजिकल रिसर्च जर्नल, 84(B10) 5659-5668, 1979.
3. क्रैडर, वोन्ड्राक, 'चंद्र ध्रुवीय हाइड्रोजन निक्षेपों के संभावित स्रोत के रूप में सौर पवन", जियोफिजिकल रिसर्च जर्नल, 105(E11), 26773-26782, 2000.
4. नोझेट और साथी, 'क्लीमेन्टाइन बाइस्टेटिक रेडार प्रयोग", साइंस, 274(5292), 1495-498, 1996.
5. फेल्डमेन और साथी, 'चंद्र प्रोसपेक्टर से तीव्र एवं अधितापीय न्यूट्रानों के अभिवाह", साइंस, 281(5382), 1496-500, 1998.
6. हारूयामा, ओह्टके, माट्सुनागा 'दक्षिण ध्रुव शेकलटन क्रेटर के भीतर हिम का अभाव", 322(5903), Science, 2008
7. राघवेंद्र,शिवलिंगम, 'बेतार संवेदक नेटवर्क", क्लुवेर एकेडेमिक, न्यूयार्क, 2004.
8. अक्लिल्डिज,सु,शंकर सुब्रमनियम, कायिर्सि 'बेतार संवेदक नेटवर्क- एक सर्वेक्षण", कंप्यूटर नेटवर्क, 38(4), 393-422, 2002
9. बैर्ट और साथी, 'अत्यधिक लघुकृत प्रौद्योगिकियां", माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स जर्नल, 37(12), 1563-1568, 2006.
10. बेल्लिस और साथी, 'परिवेशी प्रणालियों, कंम्प्यूटर संचारों के लिए क्षेत्र प्रोग्राम के योग्य माडुलर संवेदक नेटवर्क नोड का विकास", 28(13), 1531-1544, 2005.
11. फ्रोलोव, 'सभी मृदा व हिम के विद्युत एवं प्रत्यास्थ गुणधर्म", (रशियन में) पुश्चिनो, रूस, 515, 1998.

सौर ज्वालाओं में उर्जा-आश्रित उष्मीय उत्सर्जन का समय निर्धारण

राजमल जैन
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

इस शोध लेख में सौर ज्वालाओं के उष्मीय उत्सर्जन का अध्ययन प्रस्तुत किया गया है । इस हेतु अतंरिक्ष में स्थापित सोक्स उपकरण के सिलिका संसूचक द्वारा 2003 और 2005 के मध्य प्रेषित 5 विशेष सौर ज्वालाओं का विश्लेषण किया गया है । इस विश्लेषण में सौर ज्वालाओं के उर्जा-आश्रित उष्मीय उर्जा के उत्सर्जन का अध्ययन विशेष रूप से किया गया है । अत: सौर ज्वालाओं में उपस्थित बहु-तापीय प्लाज्मा के तापीय चालन प्रशीतलन (थर्मल कडंक्शन कूलिंग) के सदर्भ में मध्य कठोर एक्स किरणों के वर्णी-समयिक (स्पेक्ट्रल-टेम्परल) प्रवाह का प्रतिरूपण (मोड्यूल) किया गया है । इस शोध से यह ज्ञात हुआ कि सौर ज्वालाओं से उत्सर्जित सोफ्ट एक्स किरणें, कठोर (हार्ड) एक्स किरणों की तुलना में विलम्ब से चरम दीप्तिमान तक पहुँचती हैं । यह परिणाम इस बात का द्योतक है कि सौर ज्वालाओं में प्लाज्मा बहु-तापीय होता हैर। अत: हमने सौर ज्वालाओं का अवकलक-उत्सर्जन-मापन (डीफ्रेशियल एमीशन मेजर) का शक्ति-घात सूचकांक (पावर-ला-इंडेक्स) डेल्टा (d) = 4.5 मानकर हमने 6-20 के.ई.वी. ऊर्जा-पटट में फोटोन की संख्या को ज्ञात किया । इस गणना से यह मालूम हुआ कि फोटोन संख्या पर 15-20 मिलियन केल्विन तापमान प्रभावी रहता है । सभी 5 सौर ज्वालाओं में तापीय चालन प्रशीतलन का औसत समय केवल 20-100 सेकंड ही रहता है ।

प्रस्तावना

सौर ज्वालाओं में उष्मीय उत्सर्जन में विलम्ब के मुख्यत: निम्नलिखित तीन कारण बताए :

1. इलेक्ट्रान का कोलिसाल ट्रेपिंग
2. फ्री-स्टिमिंग द्वारा इलेक्ट्रान का विसर्जन
3. यूपर्ट इफेक्ट (Neupert Effect)

सौर ज्वालाओं में प्लाज्मा के गर्म होने तथा ठंडे होने की प्रक्रिया को मुख्यत: समय की रूपरेखा के अनुसार, तापक्रम तथा उत्सर्जन मापन के द्वारा बता सकते हैं । सौर ज्वालाओं के गर्म होने की प्रक्रिया मुख्यत: चुम्बकीय पुन: संबंध (रीकनेक्शन) के द्वारा होती है । प्लाज्मा के ठंडा होने की प्रक्रिया को उष्मीय चालन तथा विकिरण के द्वारा ज्ञात किया जा सकता है । कुछ शोधकर्ताओं का यह मानना है कि सौर ज्वालाओं में चालन हानियाँ तापमान के साथ बढ़ती हैं और शोधकर्ताओं का यह भी मानना है कि शीतलन चालन प्रक्रिया विकिरण प्रक्रिया की तुलना में अधिक होती है । यद्यपि इसके लिए सौर ज्वालाओं के प्लाज्मा का तापमान 10^7 K से अधिक होना चाहिए ।

कुछ शोधकर्ताओं ने इस समस्या को तीन क्रियाओं द्वारा समझने की कोशिश की है :

1. गर्म इलेक्ट्रानों का कूलाम कोलिजन (Coulomb Collission)
2. विकिरण शीतलन
3. चालन शीतलन

इन सभी प्रक्रियाओं में से प्रथम प्रक्रिया सौर ज्वालाओं का अनुकूलन नहीं है तथा दूसरी प्रक्रिया (विकिरण शीतलन) जो कि इलेक्ट्रोन घनत्व के वर्ग से परिवर्तित होती है । परंतु विकिरण प्रक्रिया सौर ज्वालाओं में इलेक्ट्रोन घनत्व जब 10^{11} (से.मी.)$^{-3}$ से कम होने पर अनुपयोगी हो जाती है ।

सौर ज्वालाओं से ज्ञात किए गए आकड़ों से ये संकेत मिलते हैं कि उष्ण चालन उच्च तापमान द्वारा फलित साफ्ट एक्स-रे में प्रतिरूपित होता है । जबकि विकिरण द्वारा शीतलनन सौर ज्वालाओं के अंतिम अवस्था में प्रदर्शित होता है जब एक्सट्रीम अल्ट्रावाइलेट में सौर ज्वाला के पोस्ट फ्लेयर लुप्त दिखाई देते हैं । अत: इस शोधपत्र का मुख्य उद्देश्य सौर ज्वालाओं में शीतलता की प्रक्रियाओं को समझना है ।

इन सभी प्रक्रियाओं का विश्लेषण करने हेतु हमने सभी पाँच सौर ज्वालाओं का अध्ययन किया । इसके लिए हमने सोक्स (soxs) के आकड़ों का उपयोग किया है जो भारतीय उपग्रह जी. सैट-2 (GSAT-2) पर छोड़ा गया था ।

वर्तमान अनुसंधान में हमने सोक्स के सिलिकान (Si) ससूंचक के आकड़ों का विश्लेषण करके उनके तुलना सैद्धांतिक प्रारूप से की है।

विश्लेषण और परिणाम

बैम्स्ट्रालुंग (Bremsstrahling) वर्णक्रम $F(e)$ जो तापक्रम T तथा $e = h\,n$ पर निर्भर करता है, को नीचे दिए गए सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जाता है :

$$F(e) = F_0 \, Exp(-e/K_B T)/T^{1/2} \; * \; (dEM(T)/dT) \quad dT \quad (1)$$

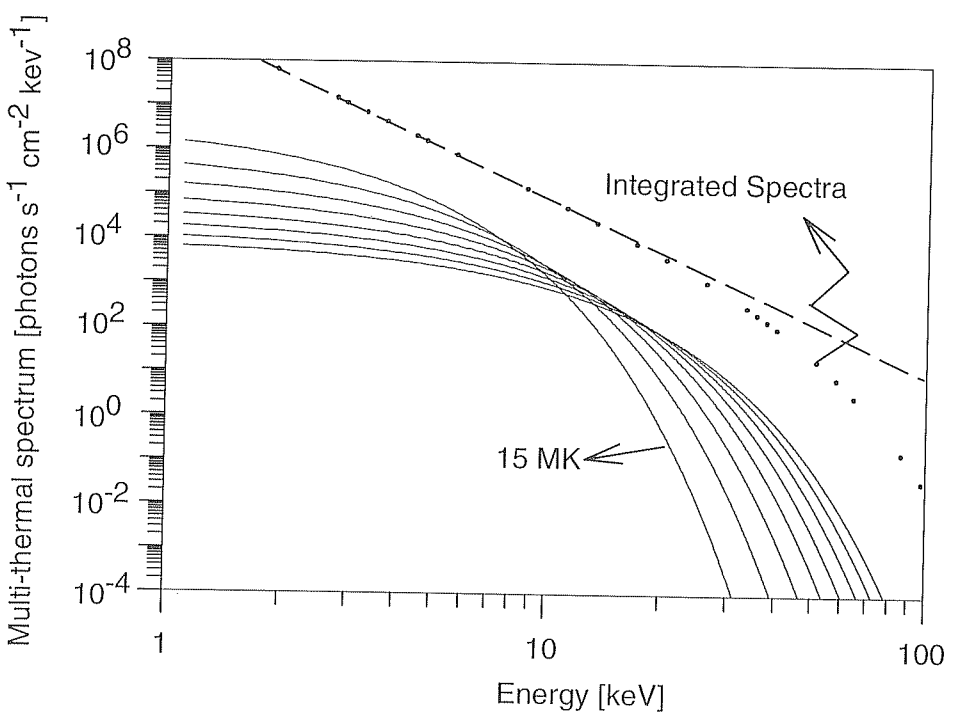
जहां पर $F_0 = 8.1 \times 10^{-39}$ (से)$^{-1}$(सेमी)$^{-2}$(के.इवी)$^{-1}$ है । सूत्र संख्या (1) में डी ई एम (DEM) का मान 10^{49} (सेमी)$^{-3}$ रखने पर तथा तापमान 15 मी.के. से 50 मी.के. को क्रमश: 5 मी.के. के अंतराल में बदलने पर हमने सौर ज्वालाओं के वर्णक्रम (अलग-अलग तापमान) को प्राप्त किया जो कि चित्र संख्या (1) में प्रदर्शित किया गया है । इस प्रारूप का उपयोग करके डी ई एम (DEM) के वितरण का पावर-नियम फलन के साथ चरित्रीकरण किया जो कि $dEM(T)/dT \sim (T/T_o)^{4.5}$ के निम्न सूत्र से प्रदर्शित किया जा सकता है । अत: फोटान वर्णक्रम को हम पावर-नियम फलन के रूप में $F(\varepsilon)=\varepsilon^{4.0}$ के रूप में लिख सकते हैं ।

सर्वप्रथम सिलिकान ससूंचक के सौर ज्वाला आकड़ों का विश्लेषण करके डी ई एम तथा उसका पावर-नियम सूचकांक (डेल्टा) ज्ञात किया। इस प्रकार सभी पाँच सौर ज्वालाओं का DEM एवं डेल्टा का मान सूत्र (1) में रखने पर हमें सभी पाँच सौर ज्वालाओं के वर्णक्रम प्राप्त हुए। उदाहरण स्वरूप चित्र संख्या (2) में 19 नवम्बर 2003 को प्रेषित की गई सौर ज्वाला का वर्णक्रम को प्रदर्शित किया गया है ।

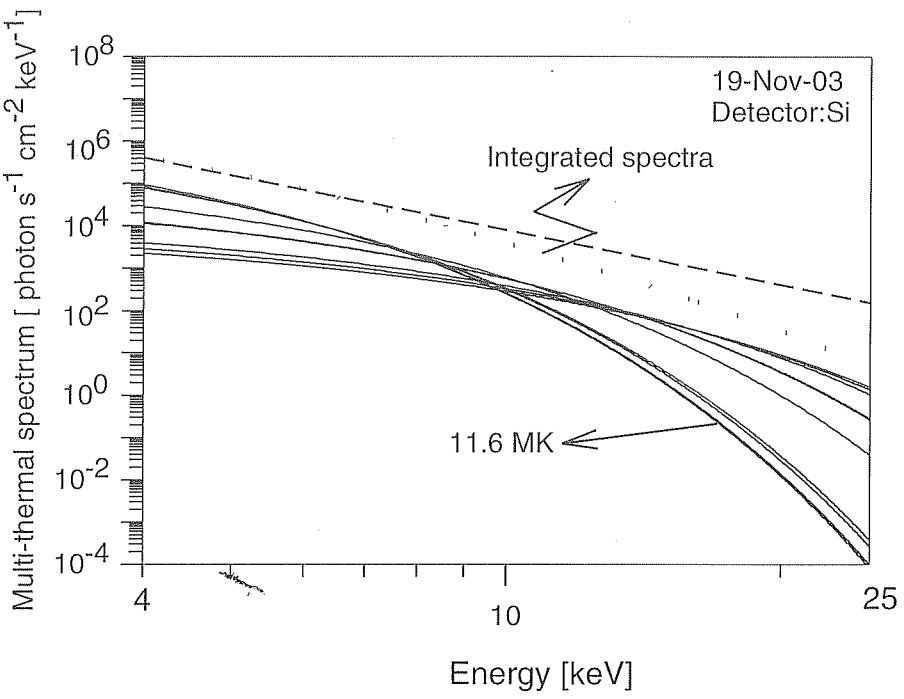
इस शोध लेख में हमने सोक्स द्वारा 19 नवम्बर 2003 को प्रेक्षित की गई सौर ज्वाला को प्रस्तुत किया है । इस सौर ज्वाला हेतु डी.ई.एम का मान 0.5×10^{49} (से.मी.)$^{-3}$ तथा डेल्टा (δ) का मान 5.5 प्राप्त हुआ । इस आकड़ों का सूत्र संख्या (1) में उपयोग करके सैद्धांतिक प्रारूप को पुन: प्राप्त किया तथा यह ज्ञात किया गया कि फोटान वर्णक्रम $F(\varepsilon)$ का शक्तिघात सूचकांक का मान 3.6 है । इसी प्रकार सभी पाँच सौर ज्वालाओं का विश्लेषण करके हमने यह ज्ञात किया कि सौर ज्वालाओं में बहुतापीय प्लाज्मा होता है जिससे शीतलन होने की प्रक्रिया उनकी ऊर्जा व समय पर निर्भर करती है । सोक्स के सिलिकान ससूंचक द्वारा 19 नवम्बर 2003 को देखी गई सौर ज्वाला का विभिन्न ऊर्जा पट्टों में उत्सर्जन के वक्र को चित्र संख्या (3) में प्रदर्शित किया गया है । इस उत्सर्जन वक्र से हमें यह पता लगा कि न्यूनतम ऊर्जा पट्ट (4-5 के.ई.वी.) में सौर ज्वाला धीमी गति से प्रगट होती है तथा बाद में ताप-घटक द्वारा धीमी गति से समाप्त होती है । अत: इस इत्सर्जन वक्र से हमें यह ज्ञात हुआ कि सौर ज्वाला ऊच्च ऊर्जा पट्टों में पहले तथा निम्न ऊर्जा पट्टों में बाद में दीप्तिमान शिखर पर पहुँचती है ।

हमने दो संलग्न ऊर्जा पट्टों में समय की रूपरेखा के अनुसार सभी 5-सौर ज्वालाओं की शिखर पर तीव्रता निकाली तथा 19 नवम्बर 2003 की सौर ज्वाला के लिए यह पाया कि सर्वोच्च उच्च पट्ट (20-25 के.ई.वी.) 03:59:19 यूटी (UT) पर तथा इससे एक कम (15-20 के.ई.वी.) ऊर्जा पट्ट 03:59:30 यूटी (UT) पर चोटी पर पहुँचता है । अत: इन दो संलग्न ऊर्जा पट्टों में सौर ज्वाला 16 सेकंड देरी से दीप्तिमान शिखर पर पहुँचती है (चित्र संख्या 4) । अत: इस विश्लेषण से हमें यह ज्ञात होता है कि सौर ज्वालाओं में बहुतापीय प्लाज्मा होता है।

एच.एल्फा ($H\alpha$) फिल्टरग्राफ चित्र संख्या (5) से सौर ज्वाला की लूप की लंबाई तथा व्यास का मापन किया गया है । तथा डी.ई.एम.



चित्र 1 : सौर ज्वालाओं का सैद्धांतिक ब्रैम्स्ट्रालुंग वर्णक्रम को विभिन्न तापमान (T = 15, 20,...., 50 मि.के.) एवं डी.ई.एम. =10^{49} (सें.मी.)$^{-3}$ को मानकर प्रदर्शित किया गया है



चित्र 2 : सिलिकान (सोक्स) संसूचक द्वारा प्रेक्षित 19 नवम्बर 2003 की सौर ज्वाला का तापमान व डी.ई.एम. वितरण को मापन करने के पश्चात प्रतिरूपित वर्णक्रम

(DEM) से तुलना करके इलेक्ट्रोने घनत्व प्राप्त किया । इन सभी के मान सूत्र संख्या (2) व (3) में रखने पर तापीय चालन शीतलन (t_{co}) समय तथा तापीय आश्रित शीतलन समय (t_c) को ज्ञात किया गया है ।

$t_{co} = 344 * (L/10^9)2 * (n_e/10^{11})$ (1)

$t_c = t_{co} (T/T_o)^{-\beta}$ (2)

जहाँ पर β=5/2 तथा T_o = 11.6 मि.के है । सभी पाँच सौर ज्वालाओं में तापीय चालन शीतलन समय (t_{co}) का मान 1088-2016 सेकंड और तापीय-आश्रित शीतलन समय (t_c) केवल 80 से 100 सेकंड प्राप्त हुआ ।

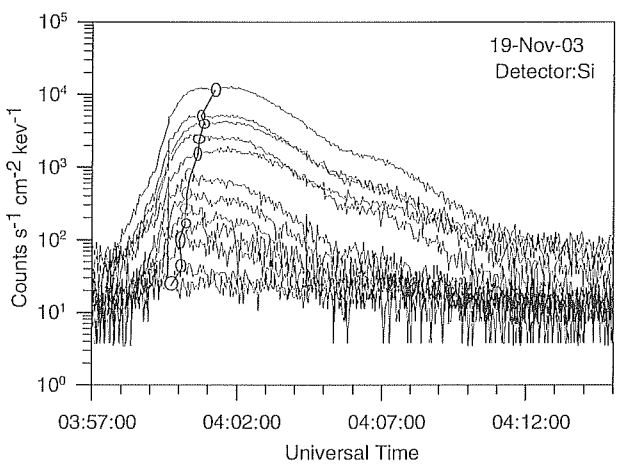
चित्र संख्या 6 में समय की रूपरेखा को प्रति ऊर्जा पट्ट के गाउसीय चौड़ाई के साथ कानवोला (कुंडलित) किया गया है ।

अत: इससे हमें यह ज्ञात होता है कि $\Delta t \leq 1$ होने पर शीतलन समय (t_c) नहीं बदलता है परंतु $\Delta t \geq$ होने (t_c) लोगोरिदमिक संख्या से बदलता है ।

निष्कर्ष

हमने सौर ज्वालाओं का ऊर्जा-आश्रित उष्मीय उत्सर्जन का विश्लेषण सोक्स के सिलिकान ससूंचक के आकड़ों का उपयोग करके किया है ।

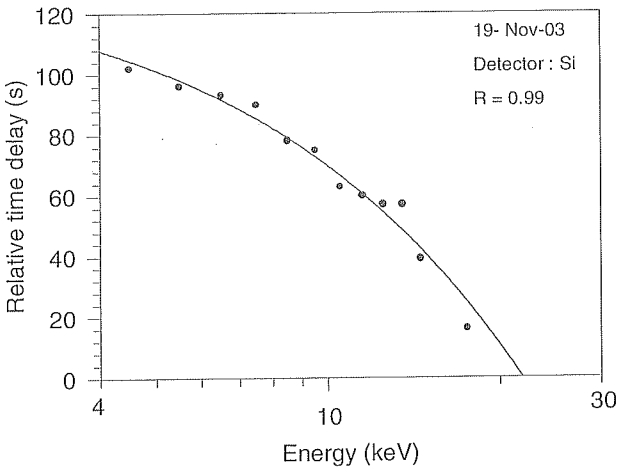
हमने सौर ज्वालाओं में उपस्थित बहुतापीय प्लाज्मा के तापीय चालन शीतलन के संदर्भ में मध्य कठोर एक्स-रे किरणों के वर्णी-समयिक (स्पेक्ट्रल-टेम्पोरल) प्रवाह का प्रतिरूपण किया है । सभी 5-सौर ज्वालाओं



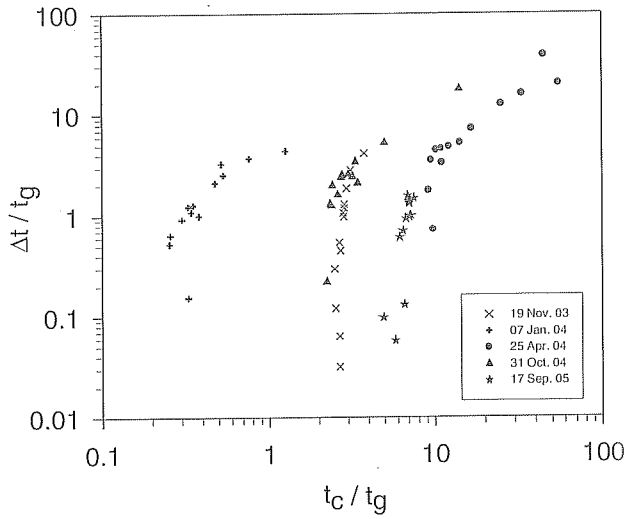
चित्र 3 : 19 नवम्बर 2003 की सौर ज्वाला का विभिन्न ऊर्जा पट्टों में समयी प्रकटीकरण

के लिए एक्स रे किरणों के वर्णी-सामयिक प्रवाह का प्रतिरूपण करके हमने यह ज्ञात किया कि सभी 5-सौर ज्वालाओं के लिए फोटान सूचकांक 2.2 से 6.1 के बीच रहता है । ये नतीजे यह दर्शाते हैं कि सौर ज्वालाओं में बहु-तापीय प्लाज्मा होता है ।

दो संलग्न ऊर्जा पट्टों में समय की रूपरेखा के अनुसार उच्चतम

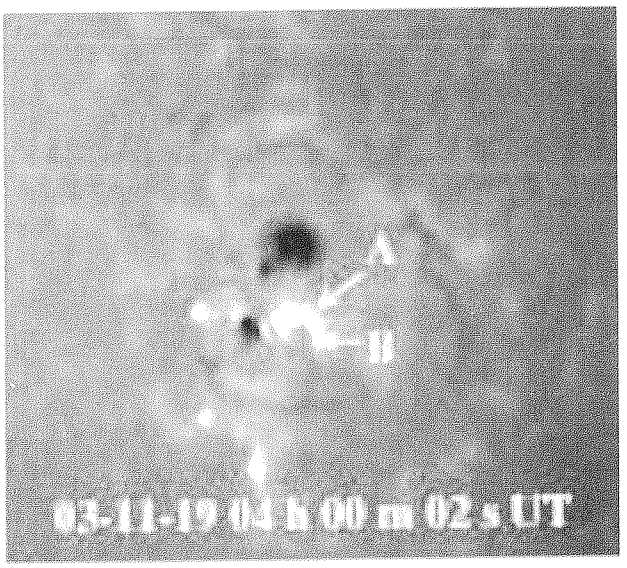


चित्र 4 : सौर ज्वाला के 2 संलग्न ऊर्जा पट्टों में समय के प्रकटीकरण के अनुसार सापेक्षित विलम्ब



चित्र 6 : सभी 5 सौर ज्वालाओं का समय में विलम्ब t जिसे समय की रूपरेखा का प्रति ऊर्जा पट्ट के गाउसीय चौड़ाई tg के साथ कुंडलित किया गया है

शिखर पर तीव्रता ज्ञात करके हमें यह ज्ञात हुआ कि उच्च पट्टों में सौर ज्वाला कम तथा निम्न ऊर्जा पट्टों में विलम्ब से दीप्तिमान शिखर पर पंहुचती है । सभी पाँच सौर ज्वालाओं के लिए औसतन तापीय-चालन शीतलन समय 1088 से 2016 सेकंड तथा शीतलन समय 20 से 100 सेकड ज्ञात हुआ जो यह बताता है कि $\Delta t \leq 1$ हो पर शीतलन समय (t_c) नहीं बदलता परंतु $\Delta t \geq 1$ होने पर शीतलन समय (t_c)लोगोरिदमिक संख्या से बढ़ता है ।



चित्र 5 :19 नवम्बर 2003 की सौर ज्वाला का एच-अल्फा (Hα) फिल्टरग्राम । अर्ध लूप की लंबाई का मापन शीर्ष बिंदु A से तल बिंदु B तक किया गया है

संदर्भिका

1. एम. अकियोका, 1998, सिनोपटिक इन सोलर फिजिक्स, सं.के.एस. बालसुब्रमणियम।
2. हार्वे एवं डी. राबिन, ए.एस.पी. कॉन्फ्रेंस,140, 475.
3. एस.के. एंटियोकोस, पी.ए. स्टूरोक, 1978,एपीजे, 220, 1137
4. एम.जे. अस्वंदन, डी. एलेक्सेंडर, 2001, सौर भौतिकि, 224, 91.
5. एम.जे. अस्वंदन, 2007, एपीजे, 661, 1242.
6. जे.एल. कुलहेन, जे.एफ. विसेस्की, के.जे.एच. फिलिप्स, सौर भौतिकी, 15, 394.
7. जे.एल. कुलहेन, ए.टी. फिलिप्स, एम. इडा-कोईडी, और साथी 1994, सौर भौतिकी।
8. बी.आर. डेनिस, डी.एम. जारो, 1993, सौर भौतिकी, 146, 177.
9. एच.एस. हडसन, 1991, बी.ए.ए.एस., 23, 1064.
10. आर. जैन, एच. दवे, ए.बी. शाह और साथी, सौर भौतिकी, 227, 89.
11. आर.एल. मुरे, डी.डब्ल्यू. डेटलोए, 1975, सौर भौतिकी, 43, 189.
12. बी.वी. सोमोव, 1978, सौर भौतिकी, 60, 315.

अंतरिक्ष और ग्रहीय मिशन उपयोगी नवीन तकनीक संसूचक

एम.शणमुगम
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

प्रस्तावना

आधुनिक तकनीकी क्षेत्र विशेषतया संसूचक और विभिन्न घटकों (कम्पोनेन्ट) के विभिन्न स्तर पर महत्वपूर्ण प्रगति हो रही है ।

इन नवीन तकनीक और विज्ञान की सहायता से प्रकृति में होने वाली घटनाएं और छुपे हुए रहस्यों को विस्तार पूर्ण समझने की एक नई दिशा का विकस हो रहा है।

आजकल इन संसूचक तकनीकों में हुए महत्वपूर्ण उन्नति ने विज्ञान को एक विस्तृत मौका प्रदान किया है, जिसका उपयोग करके विज्ञान के लिए विभिन्न असंभव लक्ष्यों को बहुत अच्छे तरीके से प्राप्त किया जा सकता है ।

इस दस्तावेज में हम नए आधुनिक संसूचक जैसे सिन्टीलेटर और अर्द्धचालक तकनीकों के बारे में चर्चा करेंगे, जो कि हमारे कार्य क्षेत्र अंतरिक्ष और ग्रहिय मिशन के अध्ययन के लिए उपयोग होने वाले स्पेक्ट्रोमीटर और इमेंजिंग उपकरण का महत्वपूर्ण अंग है जिसका उपयोग ग्रहीय स्त्रोतों (पिण्डों) का विभिन्न तरंगदैर्ध्य में अध्ययन करने के लिए किया जा रहा है ।

प्रौद्योगिकी या तकनीक के लिए प्रस्तावना

मनुष्य बहुत पुराने समय से ही ज्ञान और यंत्र का उपयोग करके कठिन कार्यों को भी बड़ी सुगमता से संपादित कर रहा है ।

अतएव प्रौद्योगिकी का उपयोग मानव जाति की सरल उपकरणों में, प्राकृतिक संसाधनों के रूपांतरण के साथ शुरू हुआ ।

यह हमें सिखलाता है कि कैसे प्रकृति और मानव निर्मित कृत्रिम संसार को काबू में किया जाए । प्रौद्योगिकी हमारे समाज और उसके आसपास वातावरण को विभिन्न तरीकों से प्रभावित करता है । आज के समय में मानव ने प्रौद्योगिकी और विज्ञान की सहायता से महत्वपूर्ण उपलब्धि हासिल की है जो कि प्रत्येक मनुष्य के जीवन का एक अभिन्न अंग बन चुका है ।

विज्ञान और प्रौद्योगिकी ने संचार यातायात निर्माण कार्य और विभिन्न क्षेत्रों में महत्वपूर्ण वरदान दिए हैं ।

दूसरे शब्दों में ये कहना आश्चर्य जनक नहीं होगा कि प्रौद्योगिकी, विज्ञान द्वारा रहस्यों को ढूंढने में और विज्ञान, प्रौद्योगिकी को बेहतर बनाने में मदद करता है । अत: यह सत्य है कि किसी भी क्षेत्र में सम्पूर्ण उन्नति के लिए विज्ञान और प्रौद्योगिकी को साथ-साथ प्रगति करनी होगी।

प्रौद्योगिकी का मतलब सिर्फ यह नहीं है कि नए यंत्र का निर्माण करें बल्कि हमारे आसपास उपलब्ध यंत्र, उपकरण और निकाय की योग्यता में भी वृद्धि करें ।

चर्चा हेतु रुचि के उर्जा क्षेत्र

1. दृश्य, अवतरण, समीप अवरक्त (इमेजिंग) ।
2. कम उर्जा वाली x किरणें ।
3. अधिक उर्जा वाली x किरणें या कम उर्जा वाली गामा किरणें ।
4. गामा किरणें ।

अंतरिक्ष यंत्र में संसूचक चुनने के मापदण्ड

वैज्ञानिक आवश्यकता: कम न्वाईस, अच्छा स्प्रेक्ट्रल ओर स्पेशियल रिजोलुशन निर्माण संबधी आवश्यकता: अंतरिक्ष योग्य और उपलब्धता (निर्माण संबधी) कृत्रिम उपग्रह संबधी आवश्यकता।

कम शक्ति, कम द्रव्यमान यंत्र (ठण्डा करने संबधी आवश्यकता)

उपरोक्त दिए गए संसूचक का चुनाव किया है जो कि विभिन्न ऊर्जा क्षेत्र में हमारे ग्रहीय अध्ययन हेतु भविष्य पेलोड के लिए निर्माण किया जाएगा ।

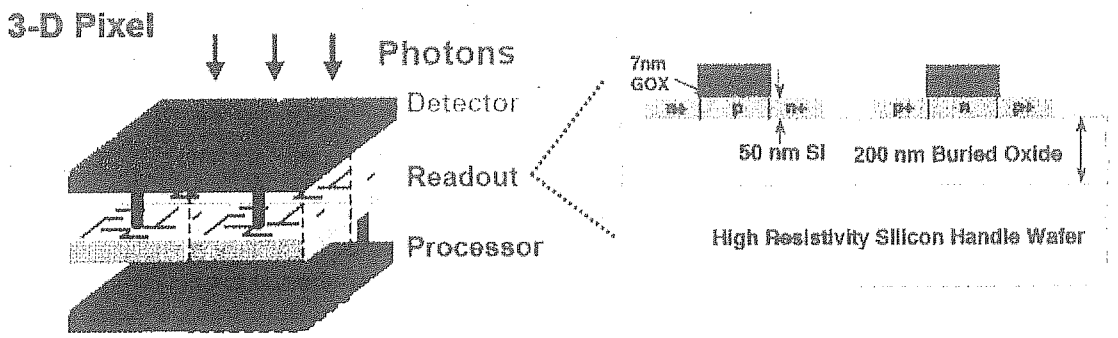
1. सक्रिय पिक्सल संवेदक संसूचक तकनीक (ए पी एस):

एक चिप हल: सिलिकॉन क्षेत्र पर संसूचक और विद्युतीय घटक एकीकृत ।

सक्रिय पिक्सेल संवेदक, एक चित्र संवेदक है, जो एकीकृत परिपथ में सारणी पिक्सल संवेदक है । प्रत्येक पिक्सल एक प्रकाश संसूचक और एक सक्रिय प्रवर्धक को संग्रहित करता है ।

विभिन्न प्रकार के सक्रिय पिक्सेल संवेदक होते हैं, जिनमें से CMOS सेल फोन वेब कैमरा में सामान्यत: अधिकतर उपयोग किया जाता है । इसी तरह की एक छवि संवेदक CMOS प्रक्रिया द्वारा (और इसलिए भी एक CMOS संवेदक के रूप में जाना जाता है) उत्पादित किया जाता है । जो कि आवेश युग्मित यंत्र (CCD) इमेजर संवेदक के विकल्प के रूप में उभरा हैं ।

आवेशित कणों के पहचान के लिए सक्रिय पिक्सल संवेदक (प्रत्येक पिक्सल स्तर पर सक्रिय रीडआउट कार्यक्रम के तहत) को स्वीकृत



चित्र 1 : ए वी एस की रचना

किया गया है । इस सक्रिय पिक्सल संवेदक का बहुत ही अच्छा परिणाम प्राप्त किया गया है । विशेषतया कुछ प्रमुख कृत्रियों को ढूंढने के लिए इसका उपयोग निर्माण तकनीकी में हो रहा है अपेक्षाकृत गहरी और कम गढ़ी हुई एपीटेम्सियल पर्त की उपस्थिति में ।

निर्माण

दिए गए सिलिकॉन मोटाई के क्रिस्टल के ऊपरी परत को फोटान संसूचन के लिए और नीचे की तह को CMOS तकनीक में एकीकृत एनालाग परिपथ के लिए उपयोग किया जाता है ।

CMOS तकनीक का उपयोग प्रत्येक ए पी एस पिक्सल से आने वाले सिगनल (सूचक) को प्रोसेस करने के लिए होता है और अंतिम भाग का उपयोग प्रोसेसिंग और उपग्रह इलेक्ट्रानिक्स को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है ।

विभिन्न इमेजिंग और आवेश कण संसूचन उपयोग हेतु इन संसूचकों की उपलब्धता विभिन्न रूपों में है जैसे कि क्षेत्रफल सारणी और सीधी सारणी । इसका निर्माण चित्र 1 में दिखाया गया है ।

इस संसूचक का उपयोग नवीन भेजे गए चंद्रायान-1 पेलोड जैसे टेरैन मैपिंग कैमरा (टी एम सी) और हाइपर रस्पेक्ट्रल इमेजर (एच वाई एस आई) में हो चुका है ।

अंतरिक्ष पेलोड निर्माण हेतु इन आधुनिक संसूचक तकनीक के लाभ नीचे दिए गए हैं :

कम शक्ति (~ 100 गुना कम CCD)

अत्यधिक गति

छोटा आकार

अत्यधिक विकिरण से बचाव हेतु मजबूत

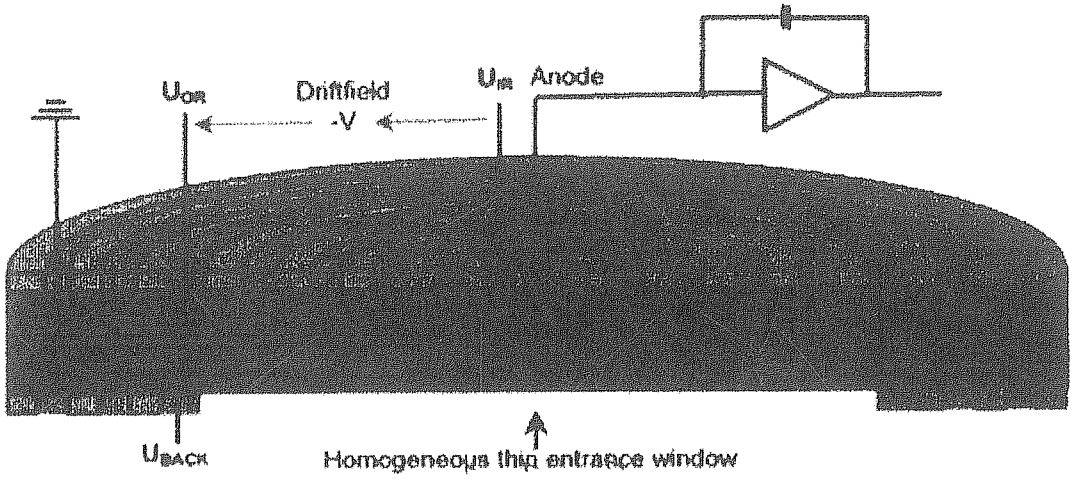
ए पी एस तकनीक बिना सिलिकॉन संसूचक के लिए अनुकूलित

उपयोगिता

इसका उपयोग दृश्य अवरक्त समीप-अवरक्त और आवेशित कणों के संसूचन के लिए आदर्श रूप में हो सकता है । वर्तमान में इनका निर्माण सीमित आयतन के लिए हो रहा है ।

2. सिलिकॉन बहाव संसूचक (एस डी डी) तकनीक

एक सिलिकॉन बहाव संसूचक (एस डी डी) फोटो डायोड के एक प्रकार, कार्यात्मक रूप एक पिन फोटो डायोड के समान है, लेकिन एक



चित्र 2 : एस डी डी की रचना

अद्वितीय बिजली के तार का छोर संरचना के साथ प्रदर्शन में सुधार के लिए उपयोग होता है ।

इस संसूचक में एक संधारित्र होता है (जो फोटान अन्योन्य क्रिया के न्वाईस का प्रमुख स्त्रोत हैं) जो कि एनोड बिंदु और कैथोड बिंदु के बीच में बहुत कम लगभग 200-250 ff के क्रम का होता है जिसके कारण बहुत कम लीकेज धारा बहती है । इस गुण के कारण एस डी डी को अधिक तापमान में भी उपयोग किया जा सकता है और तापमान को ठण्डा करने वाले निकाय (पेलटीयर कूलिंग) को असानी से प्राप्त किया जा सकता है ।

एस डी डी निर्माण

इस नवनिर्मित एस डी डी में लिथोग्राफिक रूप से निर्मित फेट (एफ ई टी) उपयोग होता है, जिसे संवेदक बनाने के लिए अर्द्धचालक प्रक्रियां के दौरान मोनोलिथीकली बनाया जाता है (जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है) । यह तकनीक संवेदक और फेट (एफ ई टी) उपकरण के संधारित्र को (200-250 से लगभग 120 ff तक) कम कर देता है । और साथ ही साथ संवेदक और फेट (एफ ई टी) उपकरण के बीच तार के उपयोग की आवश्यकता को हटाती है । और कम संधारित्र वाले फेट (एफ ई टी) को उत्पादित करता है ।

इसका ऊर्जा विभेदन 150 eV एफ डब्लू एच एम (FWHM) से बहुत अच्छा है जो कि 5.9 किलो इलेक्ट्रान वोल्ट (Mn, K) और -10 सेंटीग्रेड के साथ प्राप्त होता है ।

ये चिप को द्रवित नाइट्रोजन के उपयोग के बिना ही थर्मोइलेक्ट्रिक तत्व से ठण्डा करने देता है । एकीकृत फेट (एफ ई टी) के प्रयोग से ऊर्जा विभेदन को 128 इलेक्ट्रान वोल्ट तक लगभग -10 सेंटीग्रेड तापमान पर प्राप्त करना संभव है । (ये विभेदन संख्या मार्स एक एक्सपेरीमेन्ट (मंगल प्रयोग) के आधार पर -10 सेंटीग्रेड तापमान पर दर्शाया गया है । जमीन कैलीब्रेशन के आधार पर ही उचित तापमान की आवश्यकता को निर्धारित किया जाता है ।

एस डी डी (SDD) के कार्य करने का सिद्धांत : जब एस डी डी के आगे और पीछे भाग में बॉयस विभव दिया जाता है तो पूरा यंत्र आवेश वाहकों से डिप्लेटेड हो जाता है इसके बाद यह x-किरण स्पेक्ट्रोग्राफी के लिए उपयोग हो सकता है । तीन x-किरण फोटान के अवशोषण और मापन की प्रक्रिया चित्र 3 में दिखाय गई है जब ये फोटान संसूचक पर आपतित होते है और उसी समय उनके मध्य अन्योन्यक्रिया प्रारंभ होती है ।

बहाव के समय आवेशित बादल ढका रहता है और उसी पल सिगनल उत्पन्न करता है जब इलेक्ट्रान आंतरिक बहाव रिंग से गुजरता है।

सिगनल उठाव समय, बहाव दूरी पर निर्भर करता है । बहाव दूरी से तात्पर्य आवेशित बादल का एनोड की ओर बहाव (डिफ्यूसन) ।

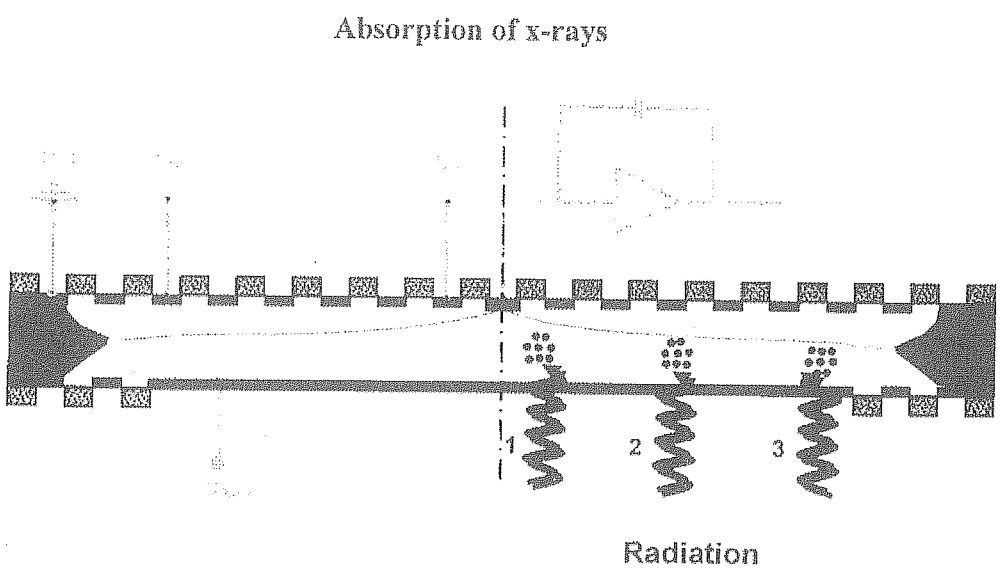
इस SDD में बहुत सारे x-किरणों का संसूचन संभव है जो कि एक साथ अवशोषित होते हैं ।

SDD के लाभ नीचे दिए गए हैं

1. कम संसूचक संधारित्र
2. कम लीकेज धारा
3. सिगनल प्रोसेस के प्रथम स्तर में एकत्रित FET को SDD के साथ उपयोग कर न्वाईस को कम किया जाता है । उपरोक्त लाभ से हमें

कुछ नीचे दिए गए तकनीकी लाभ होते है:

1. द्रवित नाइट्रोजन कूलिंग की आवश्यकता नहीं होती ।
2. संसूचक बहुत अधिक निवेश काउन्ट रेट्स को नियंत्रित कर सकता है ।



चित्र 3 : एस डी डी में एक्स-रे का अवशोषण

और 100 K cps काउन्ट रेट तक को अनुमति दे सकता है । (3) कम काउन्ट रेट को सुधारा जा सकता है जो कि 100 K cps तक बरकरार रखा जा सकता है ।

ये संसूचक एक अवयव के विभिन्न आकार में उपलब्ध हैं । ये 450 माइक्रॉन मोटाई के विभिन्न आकार 10, 20, 30, 40, 80 वर्ग मि.मी. में उपलब्ध है । इन संसूचकों को कम ऊर्जा वाले X-किरण लगभग 30 किलो इलेक्ट्रान वोल्ट ऊर्जा तक के स्प्रेक्ट्रोमीटर के लिए उपयोग किया जा रहा है । इन संसूचकों का भविष्य में प्रस्तावित चंद्रयान-2 (पेलोड) में उपयोग होने वाले दो यंत्रों, अल्फा कण प्रेरित स्पेक्ट्रोमीटर (एल ई एम्स) के लिए योजना बनाई जा रही है ।

3. कैडमियम जिंक टेलूराइड (सी जेड टी) संसूचक तकनीक

अधिक ऊर्जा अवलोकन के लिए बहुत अच्छा ऊर्जा विभेदन की आवश्यकता होती है, जिसे सिन्टीलेटर का प्रयोग करके प्राप्त किया जा सकता है । परंतु इस प्रकार के अच्छा ऊर्जा विभेदन प्राप्त करने के लिए जर्मेनियम निर्मित स्पेक्ट्रोमीटर में क्रायोजेनिक जैसे द्रवित नाइट्रोजन या रेफ्रिजेटर का उपयोग होता है जो उसके द्रव्यमान (भार) मूल्य के रूप में बहुत जटिल उपकरण हो जाता है ।

लेकिन सीजेड टी (CZT) संसूचको की मदद से बहुत अच्छा ऊर्जा विभेदन कमरे के ताप में ही प्राप्त किया जा सकता है । सी जेड टी संसूचक नवीन उन्नत ठोस अवस्था वाला अर्द्धचालक संसूचक है जो ग्रहीय पिण्डों को ऊर्जा क्रम 20-300 किलो वोल्ट में अध्ययन के लिए उपयोग होने वाली कम ऊर्जा वाली गामा-किरण स्पेक्ट्रोमीटर के लिए वादा करती है । ये संसूचक कम ऊर्जा वाले गामा किरण स्पेक्ट्रोमीटर के बहुत अच्छे प्रदर्शन के लिए उचित है इस कारण यह है कि:

1. कमरे के ताप पर नॉइज ।
2. हाई स्टापिंग पावर और धई फोटो एबसारपसन ईफीसिएन्सी (अधिक रोकने की शक्ति और अधिक फोटो अवशोषित करने की क्षमता) ।
3. अच्छा ऊर्जा विभेदन कमरे के ताप पर ।

ऐसे संसूचकों (जैसा चित्र 4 में दर्शाया है) को चंद्रयान-1 मिशन में उपयोग हुए अधिक ऊर्जा वाले X-किरण (HEX)पेयलोड में लेड (210 Pb), यूरेनियम और थोरियम के वितरण को चंद्रमा की सतह पर प्राप्त करने के लिए 20-270 किलो वोल्ट के ऊर्जा क्रम में उपयोग हो चुका है । पिक्सलित सी जेड टी संसूचक जो HEX एक्सपेरीमेंन्ट में उपयोग हुआ है:

CZT (सी जेड टी) एक मिश्रित अर्द्धचालक संसूचक है जिसमें 90 प्रतिशत कैडमियम (Cd) और टेलुराईड (Te) तथा 10 प्रतिशत जिंक (Zn) ($Cd_{1-x}Z_{n_x}Te$, x = 0.1) की मात्रा है । सी जेड टी (CZT) संसूचक प्रतिष्ठित सिलिकॉन और जर्मेनियम संसूचक की तुलना में बेहतरीन है क्योंकि इसके दो प्रमुख घटक Cd (z=48) और Te (z=52) के परमाणु क्रमांक अधिक है जो अत्यधिक फोटो अवशोषण क्षमता प्रदान करता है । इस उन्नत नवीन तकनीक और अधिक सम्पादन के कारण CZT (सी जेड टी) संसूचक को विभिन्न प्रकार के स्प्रेक्ट्रोमीटर और इमेजिंग तकनीक के लिए लगभग कुछ 100 किलो इलेक्ट्रान वोल्ट तक स्वीकृत किया जा सकता है ।

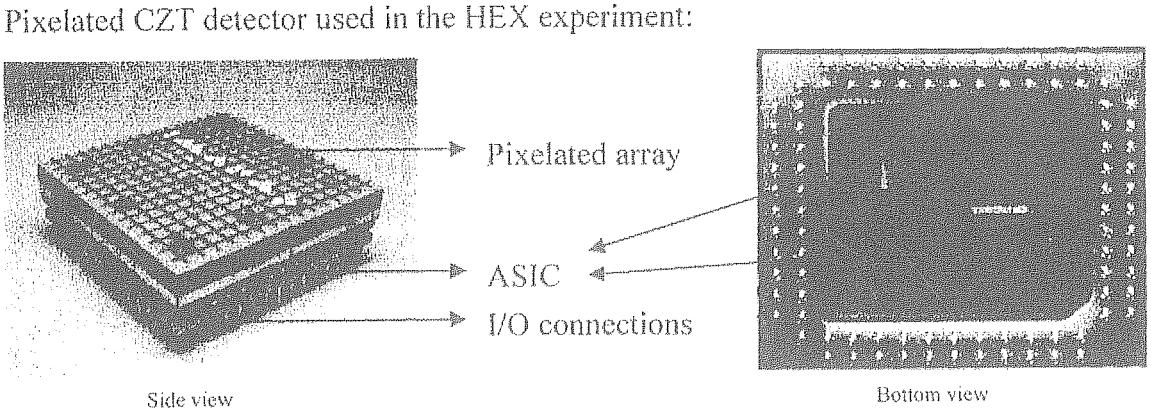
HEX प्रयोग के लिए चुने गए संसूचक को चित्र 4 में दिखाया गया है।

यह एक पिक्सलेटेड संसूचक है जिसका भौतिक विमाग इस प्रकार है, इसका 16 cm^2 क्षेत्रफल के साथ 256 (16 x 16) पिक्सल है जो 2.5 mm पिच के ऊपर रखा गया है जिसकी मोटाई 5 mm (4 cm x 4 cm x 5 mm) है ।

प्रत्येक पिक्सल की कुल क्षेत्रफल 2.5mm x 2.5 mm और सक्रिय क्षेत्रफल के प्रत्येक पिक्सल 2.46 mm x 2.46 mm है ।

जब फोटान संसूचक पर आपतित होता है तो उनके मध्य अन्योन्य क्रिया होती है, जिसके परिणामस्वरूप इलेक्ट्रान और होल के युग्म उत्पन्न होते है जो मुख्यत: आवेश वाहक है ।

उच्च विभव वाले उचित बायस का उपयोग करके संसूचक में उत्पन्न हुए आवेश वाहकों को इलेक्ट्रोडों में एकत्रित किया जाता है ।



चित्र 4 : सी जैड टी संसूचक की रचना

लैन्थनम ब्रोमाइड (LaBr3:Ce) सिन्टीलेटर संसूचक

सिन्टीलेशन काउन्टर के श्रेणी में नवीन निर्मित सेटियम युक्त लैन्थनम ब्रोमाइड क्रिस्टल बहुत ही हाल (latest) का है ।

ये दूसरे चलित कमरे ताप वाले संसूचक से अधिक लाभदायक हैं । लैन्थनम ब्रोमाइड संसूचक की एनर्जी रिजाल्यूशन और डिटेक्शन इफीसीएनसी दूसरे संसूचक NaI (Tl) से बहुत ही अधिक है, इसका कारण यह है कि La Br3:Ce संसूचक का परमाणु क्रमांक और लाइट ईल्ड (63 photons per KeV) उच्च है ।

इस संसूचक का एनर्जी रिजोलूशन 2.9 % 662 KeV (137 Cs) के साथ और 1.6 %, 2615 KeV (208 Tl) के साथ है ।

इसका लाइट आउटपुट 7 गुना अधिक है BGO की तुलना में और 1.6 गुना उच्च है NaI (Tl) सिन्टीलेटर से है । परिणामत: La Br 3: Ce सिन्टीलेटर का अधिक ऊर्जा विभेदन क्षमता (एनर्जी रिजोलुशन) । और एक महत्वपूर्ण तथ्य इस संसूचक के संदर्भ में यह है कि इसके लिए कोई सक्रिय या निष्क्रिय कूलिंग व्यवस्था की आवश्यकता नहीं होती जैसे कि HPGe संसूचकों में होती है । चंद्रयान-2 लूनर आर्बिटर में प्रस्तावित गामा किरण स्पेक्ट्रोमीटर के लिए इस संसूचक का उपयोग किया जाएगा जो चंद्रमा की सतह पर Fe, Mg, K, Ti, Ca, Al, Si, O तत्वों की मैपिंग करेगा ।

यह एक ऐसा पहला La Br 3:Ce संसूचक होगा जिसे किसी ग्रहीय मिशन के लिए प्रयोग होने वाले गामा किरण स्पेक्ट्रोमीटर में उपयोग किया जाएगा ।

यदि यह संसूचक चंद्रमा की सतह पर तत्वों की मैपिंग करने में सफल हो जाता है तो इस संसूचक को भविष्य में आने वाले मार्स आर्बिटर के गामा किरण स्पेक्ट्रोमीटर के लिए उपयोग किया जाएगा जो कि मंगल ग्रह के सतह के मैपिंग के प्रयोग किया जाएगा ।

परिणाम

अंतरिक्ष और ग्रहीय स्रोतों का अध्ययन ऊर्जा क्षेत्र में करने के लिए उचित संसूचक तकनीकों का चुनाव इस प्रकार किया गया है :

लैन्थनम ब्रोमाइगामा किरण (सिनटीलेटर)

अति विशुद्ध जर्मेनियमम (विभेदन क्षमता शक्ति और द्रव्यमान-क्रायोजेनिक कूलिंग)

Si-SDD कम ऊर्जा वाले X-किरणें आवेशित कण डिटेक्शन

अधिक क्षेत्रफल SDD, छोटा पिक्सल-पिक्सलेटेड उच्च CnZnTe ऊर्जा वाले X-किरणें कम ऊर्जा वाले गामा किरणें (पिक्सलेटेड, इनडियम बम्प/गोल्ड बानडेड-ASIC)

APS दृश्य, अवरक्त और समीप- अवरक्त

सोक्स (SOXS) आंकड़ों के विश्लेषण का सॉफ्टवेयर

के.जे. शाह
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

सोलर एक्सरे स्पेक्ट्रोमिटर मिशन (जिसे संक्षिप्त में सोक्स मिशन कहते हैं) को 08 मई 2003 को भारतीय उपग्रह GSAT-2 द्वारा अंतरिक्ष में सफलतापूर्वक सौर ज्वालाओं के अध्ययन करने के लिए छोड़ा गया था। सोक्स उर्जा सीमा 4-56 kev (के.ई.वी.) अतराल में दो प्रकार के ससूंचक सिलिकोन (Si) तथा सी जेड टी (CZT) के अलग अंतराल में देता है । ये सभी आकड़े द्विआधारी (Binary) में देता है । जिसे आस्की (ASCII) में बदलने का सॉफ्टवेयर IDL (इंटरएक्टिव डेटा लेंग्वेज) में लिखा है । इससे प्राथमिक विश्लेषण करने में आसानी होती है । यह दोनों संसूचक के कुल 9 विभाग के अंतराल वाले आंकड़े को एक सेकंड की अवधि में बदलकर उसका प्रकाश वक्र (Light Curve) बनाने का सॉफ्टवेयर है, जिससे सौर ज्वाला एवं आंकड़े के प्लाट से बहुत प्राथमिक विश्लेषण प्राप्त कर सकते हैं । सोलरसोफ्ट (SSW) का उपयोग करके सौर ज्वालाओं का परिमाण जैसे तापक्रम, उत्सर्जन मापन तथा रेखा तीव्रता के आंकड़े निकाले जाते हैं । इस सॉफ्टवेयर का उपयोग करके सौर ज्वालाओं का विश्लेषण करने से बहुत अच्छे परिणाम प्राप्त हुए है, जो मिशन की बड़ी सफलता है ।

प्रस्तावना

सोलर एक्स रे- स्पेक्ट्रोमीटर (जिसे संक्षिप्त में सोक्स मिशन कहा जाता है) को 8 मई 2003 को हमारे भारतीय उपग्रह GSAT-2 पर सवार करके GSLV-D2 रॉकेट के द्वारा अंतरिक्ष में श्री हरिकोटा से सफलता पूर्वक छोड़ा गया था । सोक्स मिशन का मुख्य उद्देश्य सूर्य के वायुमंडल में उत्पन्न होने वाली सौर ज्वालाओं का अध्ययन करना है । एक मध्यम श्रेणी की सौर ज्वालाओं से उत्पन्न होने वाली ऊर्जा लगभग 40 परमाणु बम के बराबर होती है ।

सोक्स निम्न ऊर्जा संसूचक पेलोड (SLED) की ऊर्जा सीमा 4-56 के.ई.वी. तक की है । विश्व में पहली बार सौर ज्वालाओं के अध्ययन के लिए सिलिकोन Si तथा CZT संसूचक का प्रयोग किया गया । सिलिकोन Si संसूचक 4 - 25 के.ई.वी तथा CZT 4-56 के.ई.वी. ऊर्जा पट्ट में कार्य करते है । सोक्स निम्न ऊर्जा संसूचक SLED पेलोड सामान्य क्रम में अपनी लक्षित ऊर्जा पट्टों में प्रति सेकंड तथा ऊर्जा वर्णक्रम में प्रत्येक तीन सेकंड में आंकड़े लेता हैं । परन्तु जब सौर ऊर्जा ज्वाला होती है उस समय दोनों ही तरह के आंकड़े 100 मिली सेकंड के अंतराल में लिए जाते हैं । सिलकॉन Si तथा CZT संसूचक में क्रमश: 4 तथा 5 लक्षित ऊर्जा पट्ट है, जब कि ऊर्जा वर्णक्रम दोनों में 256 चैनल में उत्सर्जित होता है । SLED पेलोड को 26 जून 2003 में नियमित निरीक्षण हेतु घोषित किया गया ।

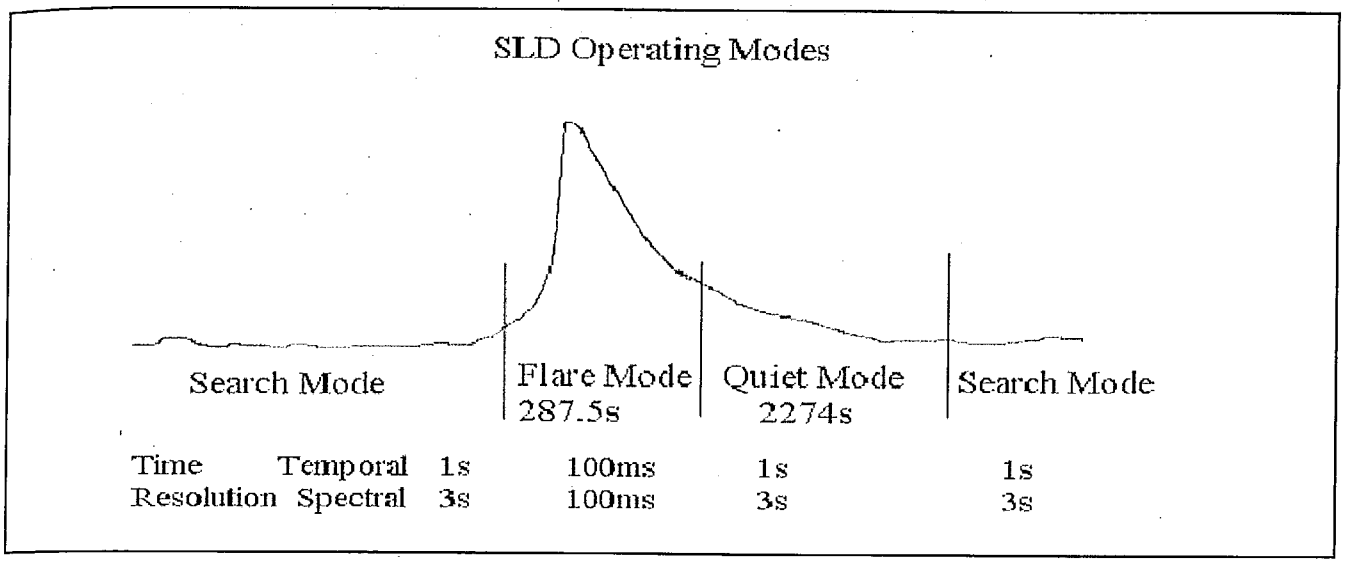
सोक्स आंकड़े का फॉर्मेट

सोक्स के आंकड़े स्पेसनेट कड़ी के माध्यम से सीधे हमारी प्रयोगशाला में हर रोज संचित किए जाते हैं । सोक्स के SLD आंकड़े जो 700 बाइट के पैकेट में होते हैं । उन्हें 8 बाइट के प्रवेशिका, 638 बाइट PHA आंकड़े, 54 बाइट अस्थाई आंकड़े में बांटा गया है । PHA आंकड़े को 352 बाइट सिलिकोन Si संसूचक के तथा 286 बाइट CZT संसूचक में विभाजित किया गया है । अस्थायी आंकड़े के 54 बाइट को तलाश रूप में और 18 बाइट को सौर ऊर्जा के रूप में अंकित करते हैं । ये Si सिलिकॉन के 4 तथा CZT के 5 लक्षित ऊर्जा पट्ट में बांटा गया है जिसे 647-700 क्रम के बाइट में संचित किया है । सोक्स आंकड़े के पैकेट का कुल 1248 बाइट हैं जिन्हें प्रवेशिका HEADER, PHA तथा COUNTER के दोनों Si तथा CZT संसूचक के आंकड़े, PID आंकड़े, GRT के आंकड़े में विभाजित किया है । ये आंकड़े द्विआधारी पद्धति में संचित किये जाते हैं । सोक्स आंकड़े तलाश रूप, सौर ज्वाला रूप तथा अचल रूप में 1 सेकंड, 100 मिली सेकंड तथा 1 सेकंड की अवधि में आंकड़े के प्रकार के मुताबिक संचित करते हैं जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है।

सॉफ्टवेयर

सोक्स आंकड़े का प्राथमिक विश्लेषण करने के लिए IDL कंप्यूटर की भाषा में सॉफ्टवेयर बनाये गए है ।

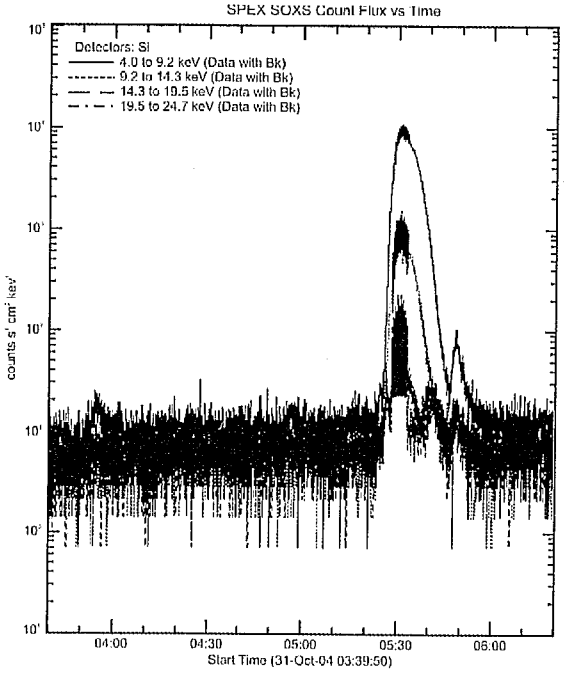
1. सोक्स के द्विआधारी आंकड़े को आस्की कोड़ में बदलने का सॉफ्टवेयर, जिसका उपयोग करके दूसरे विश्लेषण में सीधा उपयोग कर सकते हैं ।
2. आस्की कोड में बदले हुए आंकड़े जो Si तथा CZT संसूचक में संचित किए है, उनको आंकड़े के प्रकार के मुताबिक एक सेकंड, तीन सेकंड और 100 मिली सेकंड की अवधि में संचित करने का सॉफ्टवेयर बनाया गया है ।



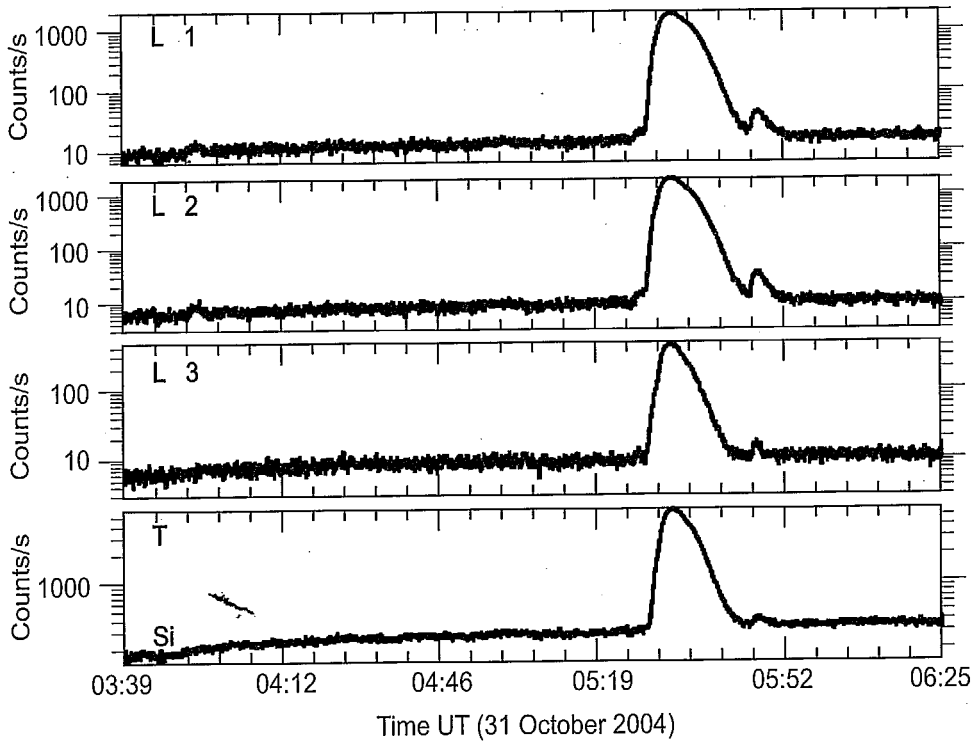
चित्र 1 : सोक्स आंकड़ों के प्रकार तथा समय प्रबंधन

3. समय की अवधि के अनुसार बनाये अस्थायी आंकड़े को Si के संसूचक के चार और CZT के पांच अन्तराल में प्लाट करने का सॉफ्टवेयर, जिसे सौर ज्वाला के प्रकार एवं समय का ठीक समय मिल सकता है । हमने करीब 500 सौर ज्वालाओं को अंकित किया है और उनका विश्लेषण किया है ।

4. सोलसोफ्ट (SSW) पैकेट जो YOHKOH, SOHO SDAC और खगोलीय अंकीय संग्रहालय के आंकड़ा संचय तथा रीति उपयोगिता को मिलाकर दुनिया के वैज्ञानिकों ने मिलकर विश्लेषण के लिए IDL आधारित बनाया है । इसमें सोक्स के आंकड़े का विश्लेषण करने की भी क्षमता है । जिसे हम सरल वक्र (Light



चित्र 2 : सोलरसोफ्ट (SSW) से अलग उर्जा के अंतराल में बनाया हुआ प्रकाश वक्र है, इसमें M2.3 प्रकार की सौर ज्वाला दिखाई देती है



चित्र 3 : SOXSOFT सॉफ्टवेयर से बनाया हुआ प्रकाश वक्र है,
L1-वक्र 6-7 के.ई.वी., L2-वक्र 7 - 10 के.ई.वी., L3 -10 - 25 के.ई.वी., तथा T - वक्र 4-25 के.ई.वी. पर है

Curve), छाया संबंधी वक्र (spectral), स्पेक्ट्रोग्राम (Spectrogram) तथा छाया संबंधी वक्र को अलग प्रकार के वक्र से योग्य मिलाकर सौर ज्वालाओं के परिमाण जैसे तापक्रम, ऊर्जा उत्सर्जन मापन तथा रेखा तीव्रता के आंकड़े को निकाल सकते हैं।

परिणाम

सोक्स के आंकड़े हर रोज हसन, बेंगलूरू से स्पेसनेट कड़ी के माध्यम से संचित करते हैं, जो द्विआधारी में होते हैं । इसको ऊपर बताए हुए सॉफ्टवेयर का उपयोग करके हर रोज द्विआधारी आंकड़े, सिलिकोन तथा सी जेड टी (CZT) के सरल वक्र का हमारी वेबसाइट में रखते हैं।

दोनों चित्र (2 तथा 3) अलग तरीके से प्रकाश वक्र का निर्देश करते हैं, जिसे हम सौर ज्वाला के प्रकार तथा समय के बारे में ठीक जानकारी मिलती है । करीब 500 सौर ज्वालाओं को सोक्स के आंकड़े में देखा गया है जो विश्व के दूसरे मिशन जैसे GOES तथा RHESSI आंकड़े से बहुत मिलते हैं, जो हमारी बड़ी सफलता है ।

यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत : सांख्यिकीय विश्लेषण विधियों में रत्न

मनन व्यास

भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत सांख्यिकी धारणाओं का उपयोग करके जटिल बहु-निकाय तंत्रों का सरल रूप से अवलोकन करने की शक्ति प्रदान करता है । यह सिद्धांत ऐसे अनेक जटिलतम अध्ययनों को संभव बनाता है जो असंख्य दूसरे तंत्रों के अध्ययन का आधार बनते हैं । यही नहीं यह हमें भिन्न-भिन्न विषयों को एक सूत्र में बांधने का साधन प्रदान करता है । इस सिद्धांत की व्यापक व बहुविषयक क्षेत्रों में बतौर विश्लेषण विधि की उपयुक्तता इसे सभी विषयों में रत्न का दर्जा प्रदान करती है ।

प्रस्तावना

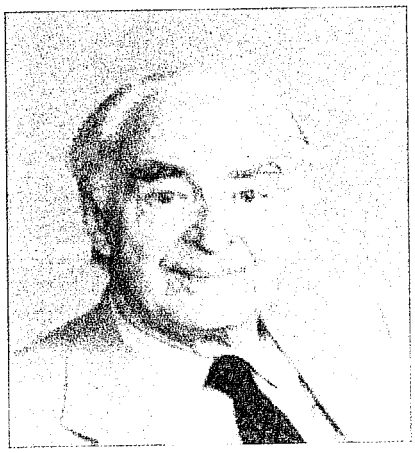
यादृच्छिक मैट्रिक्स की समष्टि की प्रस्तावना इ.पी. विग्नेर ने न्यूट्रान संस्पंदन की सांख्यिकीय विशेषताओं को समझाने के लिए सन 1955 में की । बहुचर सांख्यिकी में यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत का उपयोग विश्चार्ट ने सन 1920 में किया था । प्रारंभ से ही यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत गणितीय, भौतिकी, अर्थप्रबंध, अभियांत्रिकी व अन्य कई क्षेत्रों में विशेष तौर से प्रासंगिक रहा है । प्रसंभाय वृद्धि प्रतिमान, बेतार संचारण. बहुचर सांख्यिकी, परमाणु व अणु भौतिकी, क्वांटम अव्यवस्था, मेसोस्कोपिक भौतिकी, तंत्रिकीय संजाल, जैविक संजाल, सूचना विज्ञान जैसे विविध क्षेत्रों में यह सिद्धांत अपने पैर सफलतापूर्वक जमा चुका है । इस सिद्धांत के प्रारंभिक विकास का प्रयोजन प्रयोगात्मक प्रश्नों को सुलझाना रहा परंतु इसकी प्रायोगिक प्रासंगिकताओं के कारण इस विषय का बौद्धिक स्तर उच्च से उच्चतर हो गया ।

क्वांटम तंत्र आमतौर पर सटीक सममितियों का उल्लंघन करते हैं । अनुक्रम तंत्र की सममितियों से प्रभावित होता है व तंत्र के संघटकों की परस्पर अन्योन्यक्रिया का वर्णन करता है । उदाहरण के लिए, परमाणु का अनुक्रम क्वाड्रुपोल से नापा जाता है । उत्तेजन ऊर्जा बढ़ाने से परमाणु के ऊर्जा स्तरों का अनुक्रम घटता है व परमाणु सटीक सममिति का पालन करने लगते हैं । उत्तेजन ऊर्जा बढ़ने के साथ ऊर्जा स्तरों का घनत्व तेजी से बढ़ता है । न्यूट्रान संस्पंदन से परमाणु के ऊर्जा स्तरों का मान व चौड़ाई नापी जा सकती है । निकटवर्ती ऊर्जा स्तरों के अंतरण का संभाव्यता वण्टन "विग्नर वण्टन" कहलाता है व चौड़ाई का वण्टन सांख्यिकी "χ^2 वण्टन" होता है (जब तंत्र की केवल एक स्वातंत्र्य कोटि

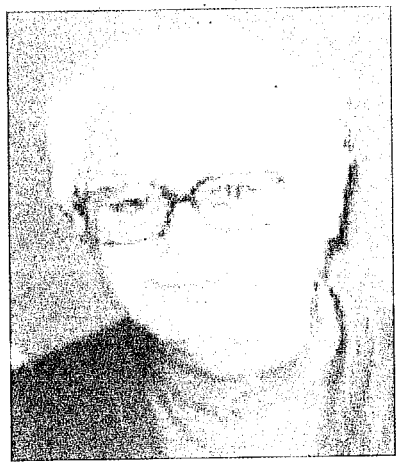
इ.पी. विग्नेर

हो) । ये अवेक्षणीय परिणाम हैं क्योंकि ये वण्टन यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत से प्राप्त किए जा सकते हैं जिसमें तंत्र की विशिष्टताएँ केवल ऊर्जा स्तरों की चौड़ाई व अंतरण औसत के माध्यम से निहित होती हैं । परमाणु के ऊर्जा स्तरों का यादृच्छिक वण्टन क्वांटम अव्यवस्था का एक उदाहरण है । बहु-निकाय क्वाण्टम तंत्र किन परिस्थितियों में अव्यवस्थित व्यवहार करते हैं व इसके क्या परिणाम हैं, एक ऐसा सवाल है जिसे अभी तक कोई सुलझा नहीं पाया है ।

यादृच्छिक मैट्रिक्स सिद्धांत एक नवीन किस्म का सांख्यिकीय यंत्रविज्ञान है जिसमें भौतिक तंत्रों का कार्यान्वयन प्रासंगिक नहीं होता है। इसके अंतर्गत हैमिल्टन की समष्टि का विचार किया जाता है । पूर्वधारणा यह है कि एक जटिल तंत्र के व्यवहार को संचालित करने वाला हैमिल्टन एक यादृच्छिक सममिति मैट्रिक्स है, जिसकी तंत्र की सममितियों के अतिरिक्त कोई अन्य विशेषता नहीं है । जटिल भौतिक तंत्रों की विशेषताओं का विस्तृत परिकलन दुष्कर है । इसलिए सांख्यिकी अध्ययन महत्वपूर्ण हैं जो भौतिक तंत्रों की नवीन विशिष्टताओं पर प्रकाश डालकर संपूर्ण ज्ञान प्रदान करते हैं । किसी भौतिक तंत्र के हैमिल्टन का सीधे तौर पर पूर्ण अध्ययन अत्यंत जटिल है इसलिए यादृच्छिक मैट्रिक्स, जिसमें



जे.बी.फ्रेंच
पी.आर.एल फैलो



बोहिगास
विक्रम प्रोफेसर

एम.बेरी
विक्रम प्रोफेसर

भौतिक तंत्र के हैमिल्टन की सारी व्यापक सममितियां विद्यमान हैं, की स्थानिक उच्चावचन विशेषताओं का अध्ययन किया जाता है । जिन उच्चावचन मापों का समष्टि में उतार-चढ़ाव कम मात्रा में होता है वे प्रयोगात्मक उच्चावचन के अध्ययन में उपयोगी साबित होते हैं , बशर्ते उच्चावचन माप का समष्टि मध्यक विश्लेषणात्मक रूप से परिकलनीय हो व समष्टि के अंतर्गत पर्याप्त अनुपात में आदर्श हैमिल्टन भी सम्मिलित हों जो कि तंत्र की व्यापक विशेषताओं का विस्तृत विवरण देते हों । परंतु संख्यात्मक मैट्रिक्स विकर्णन व्यापक ज्ञान के लिए यथेष्ट नहीं है व समष्टि में आदर्श हैमिल्टन का पर्याप्त अनुपात परिभाषित करना आसान नहीं है । अनेक उदाहरणों में जिनमें दूसरा प्रतिबंध लागू नहीं होता, उच्चावचन माप प्रयोगात्मक अवस्थिति का सटीक अवलोकन प्रदान करते हैं । आखिर अतर्कसंगत हैमिल्टन उचित परिणाम क्यों देते हैं ? यह कोई रहस्य नहीं है क्योंकि सांख्यिकीय यंत्रविज्ञान में विनिर्दिष्ट माप तंत्र के कई प्राचलों पर निर्भर नहीं करते । यह तर्क प्रासंगिक है क्योंकि गाउसीयन आयतीय समष्टि ने ऊर्जा स्तरों के उच्चावचन का सटीक ब्यौरा वैज्ञानिकों को प्रस्तुत किया है जो अतर्कसंगत हैमिल्टन से बनी है। गाउसीयन आयतीय समष्टि के हैमिल्टन अतर्कसंगत इसलिए हैं क्योंकि इनमें बहु-निकाय अन्योन्यक्रिया का विवरण अंतर्निहित होता है ।

क्लासिकी यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि का विकास सन 1955 से 1972 तक डायसन, मेहता व पोर्टर ने किया । सन 1972 से 1983 तक इस विषय के विस्तार में फ्रेंच, बोहिगस, पांडे व वाँग का महत्वपूर्ण योगदान रहा । उल्लेखनीय है कि फ्रेंच करीब दो दशकों तक भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद के फैलो रहे हैं और सन 1984 से 1995 के बीच यादृच्छिक सिद्धांत शोध का केंद्र-बिंदु रहा । बोहिगास व बेरी भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद के विक्रम प्रोफेसर रह चुके हैं, इस समयावधि में बोहिगास, बेरी, वाइडनमूलर, हाके व अन्य वैज्ञानिकों ने क्वांटम अव्यवस्था का अध्ययन किया । इस सिद्धांत की गणितीय आधारशिला डायसन ने स्थापित की । उन्होंने तंत्रों के समय-उलटाव परिचालन के अंतर्गत अपरिवर्तनीय गुणों के आधार पर क्लासिकी यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टियों का वर्गीकरण किया :

1. अगर तंत्र समय-उलटाव परिचालन के अंतर्गत परिवर्तनीय है तो यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि के मैट्रिक्स तत्व सम्मिश्र होते हैं। अत: हरमिशियन यादृच्छिक मैट्रिक्स की गाउसीय समष्टि गाउसीय एकिक समष्टि कहलाती है ।
2. यदि तंत्र समय-उलटाव परिचालन के अतर्गत अपरिवर्तनीय है व समय-उलटाव प्रचालक का वर्ग +1 है तो यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि के मैट्रिक्स तत्व वास्तविक होते हैं । तदनुसार हरमिशियन यादृच्छिक मैट्रिक्स की गाउसीय समष्टि गाउसीय आयतीय समष्टि कहलाती है ।
3. यदि तंत्र समय-उलटाव परिचालन के अंतर्गत अपरिवर्तनीय है व समय-उलटाव प्रचालक का वर्ग -1 है तो यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि के मैट्रिक्स तत्व निज-द्विक क्वाटरनियन होते हैं । अत: यादृच्छिक मैट्रिक्स की गाउसीय समष्टि गाउसीय सिम्पलेकटिक समष्टि कहलाती है ।

क्लासिकी यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि के लिए असहसंबद्ध यादृच्छिक परिवर्ती मैट्रिक्स तत्व चुने जाते हैं जिनका मध्यक शून्य व प्रसरण एक हो। जब क्वांटम तंत्र के घूर्णी व समय-उलटाव अपरिवर्तनीय होने के अलावा कोई और जानकारी ना हो तब उसके हैमिल्टन मैट्रिक्स को, उसकी व्यापक सममितियों के आधार पर, उपरोक्त समष्टियों से निरूपित किया जाता है । यदि तंत्र का सांख्यिकी चित्रण उपयुक्त हो, तो उसके लिए यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टि को निम्न आवश्यकताएँ भी पूरी करनी होती है - समष्टि की परिभाषा तंत्र के गति-विज्ञान पर आधारित होनी

चाहिए व परिभाषा में प्रयुक्त प्राचल तंत्र के असांख्यिक गुणों पर निर्भर करते हों, समष्टि के प्रत्येक सदस्य के सांख्यिकी गुणधर्म समष्टि औसत के अनुरूप होने चाहिए, समष्टि औसत प्रायोगिक सांख्यिकी गुणधर्मों के प्रतिरूप होने चाहिए व समष्टि का गणितीय अवलोकन संभव होना चाहिए । सन 1994 से द्वि-निकाय यादृच्छिक मैट्रिक्स समष्टियों पर अनुसंधान कार्य ने जोर पकड़ा । ये समष्टियां अणु, परमाणु, क्वाण्टम बिंदु, क्षुद्र धातु कण, क्वाण्टम संगणक कोर जैसे विविध विषयों के अध्ययन में उपयोगी हैं क्योंकि इन तंत्रों का हैमिल्टन एक-निकाय औसत भाग धन द्वि-निकाय अन्योन्यक्रियां से संरचित होता है ।

संदर्भिका

1. सी.इ.पोर्टर, स्टेटिस्टिकल थ्योरीज ऑफ स्पेक्ट्रा फ्लक्चूएशन्स, ऐकेडमिक प्रेस, 1965.
2. एम.एल. मेहता, रेंडम मैट्रिसेस, एल्सेवियर ऐकेडमिक प्रेस, 2004.
3. वी.के.बी. कोटा, फिजिक्स,347,223 (2001).

तारों के विकास को समझने में व्हाइट ड्वार्फ का उपयोग

किरण सिंह बालियान
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

तारों के विकास एवं उनकी संरचना को समझने के लिए बहुत प्रयास किये जा रहे हैं - उनकी उत्पत्ति, जीवनकाल एवं अंतिम उत्पाद का ज्ञान अभी अधूरा है। तारों के आंतरिक प्रबंधन को समझने में व्हाइट ड्वार्फ के प्रकाश में परिवर्तन का बड़ा महत्व है। व्हाइट ड्वार्फ तारों की एक संभावित अन्तिम अवस्था है जब तारों मे उर्जा उत्पादन बन्द हो जाता है। दीर्घकाल प्रेक्षण द्वारा इनमें होने वाली आंतरिक उथल-पुथल इनकी संरचना को बताती है। इसके अनुसंधान में भूमिगत एवं अंतरिक्ष वेधशालाओं के बीच तात्कालिक (Real Time) सूचना संचार की अति आवश्यकता होती है। इसके साथ ही ज्यादा से ज्यादा स्रोतों का दीर्घकालीन समकालिक प्रेक्षण भी चाहिए जो केवल एक वेधशाला से संभव नही है। भूमिगत एवं अंतरिक्ष दूरबीनों से किये गये प्रेक्षणों से इनकी स्पंदन आवृत्तियों को सीस्मोलोजी प्रारूपों (models) में समायोजित कर इनकी आंतरिक रचना का पता करते हैं। कार्य कठिन है क्योंकि इनका तापमान कम होने के कारण ये काफी धीमा प्रकाश पृथ्वी पर भेज पाते हैं जो इनके अध्ययन को कठिन बनाता है। इन परिवर्तनों मे अरेखीय हिस्सा व्हाइट ड्वार्फ के संवहन क्षेत्र के आयाम का ज्ञान देता है। इन स्रोतों के अध्ययन में प्रगति का मुख्य श्रेय सुदूर संवेदन एवं उपग्रह संचार को जाता है। इन स्रोतों की आंतरिक प्रणाली की जानकारी हेतु दृश्य प्रेक्षण विश्व की अन्य दूरबीनों से और एवं माउंट आबू वेधशाला से किये गये। आज हमारे पास कई स्रोतों पर दीर्घकालीन प्रेक्षणों का एक समृद्ध एवं महत्वपूर्ण भंडार है जिनसे इन स्रोतों में परिवर्तन के समयकाल एवं उनकी सवंहन क्षेत्र रचना का ज्ञान आदि जानने के प्रयास किये जा रहे हैं ।

प्रस्तावना

जिस प्रकार हमारी पृथ्वी के आंतरिक कम्पनों के अध्ययन, यानि भूकंपविज्ञान, द्वारा उसकी आंतरिक रचना को जाना जा सकता है, उसी तरह तारों में होने वाले कम्पनों (pulsations) से उनकी अंदरूनी सतहों के बारे में जानकारी प्राप्त की जा सकती है। इस अध्ययन में व्हाइट ड्वार्फ तारों का विशेष महत्व है क्योंकि इनमे कंपन का आयाम ज्यादा होता है। व्हाइट ड्वार्फ तारों की एक अंतिम अवस्था है जब तारों में ऊर्जा पैदा करने वाला सारा ईंधन (हाइड्रोजन, हीलियम) खत्म हो गया होता है एवं वे ठंडे होने की प्रक्रिया में होते हैं। ऐसे में इनमें होने वाले रेखीय कम्पन (linear pulsation) एवं तारक-कम्पनविज्ञान (Asteroseismology) प्रारूपों द्वारा तारों की द्रव्यमात्रा, तापमान एवं उनमें कार्बन-ऑक्सीजन अनुपात जाना जा सकता है। हाइड्रोजन वातावरण व्हाइट ड्वार्फ 12000 डिग्री पर और हीलियम व्हाइट ड्वार्फ 25000 डिग्री ताप पर प्रेक्षण योग्य कम्पन, जिसके समयकाल 100 से 1100 सेकंड तक एवं परिवर्तन आयाम 10 से 30 प्रतिशत तक हो सकते हैं, अपने परिवर्तनशील प्रकाशवक्र में दिखाते हैं। लेकिन यह लगातार लम्बे समय के प्रेक्षण बिना संभव नही है- अत: अनेक वेधशालाओं का सम्मिलित होना आवश्यक है। यह कहा जाए कि सुदूर संचार एवं संचालन और उपग्रह संचार ने खगोलविज्ञान के इन स्रोतों के अनुसंधान में एक क्रांति का सूत्रपात किया तो अतिशयोक्ति न होगी। इन स्रोतों के अध्ययन में समस्त विश्व की एवं अंतरिक्ष की अनेक वेधशालाएं हिस्सा लेती हैं जिनके बीच सूचना तीव्र गति संचार बहुत महत्वपूर्ण है। इसके साथ-साथ, कई वेधशालाओं से सुदूर प्रेक्षण भी आवश्यक होते हैं।

व्हाइट ड्वार्फ एवं उनका संवहन क्षेत्र

जब मुख्य-क्रम के तारों के केन्द्र में ईंधन खत्म होने के कारण न्यूक्लियर क्रिया द्वारा उर्जा बनना बन्द हो जाता है तो गुरुत्वाकर्षण बल विकिरण दबाव पर प्रभावी हो जाता है। यह अवस्था तारे में तीव्र संकुचन पैदा करती है और तारे का केन्द्र (core) कोलेप्स हो जाता है। उसकी बाहरी परत एक विस्फोट के साथ बाहर फेंक दी जाती है। कम भार के तारों मे यह अवस्था व्हाइट ड्वार्फ कहलाती है। अब ये स्रोत धीरे-धीरे ठंडे होते जाते हैं। कोर कोलेप्स के कारण इनका घनत्व बहुत ज्यादा होने से भौतिक पदार्थ की अतिविशेष अवस्था के अध्ययन का अवसर देती है। साथ ही इस उर्जा में समय के साथ विभिन्न समय-मापकों (time-scales) में परिवर्तन आता है, जो इनकें प्रकाशचित्र में दर्शित होता है । इन स्रौतों की प्रकाश प्रदीप्ति में यह परिवर्तनशीलता ही हमें इनके बारे में महत्वपूर्ण जानकारी देती है। वर्णक्रम के विभिन्न खंडों में होने वाले प्रकाश बदलाव के क्रम एवं मात्रा के माध्यम से यह पता लगाना संभव है कि किस तरह की भौतिक प्रक्रिया इन स्रोतो की अंदरूनी संरचना को प्रभावित करती है। व्हाइट ड्वार्फ के अध्ययन में पृथ्वी एवं

अंतरिक्ष में मौजूद वेधशालाओं के बीच सूचना संचार के लिए उपग्रहों की भूमिका प्रमुख है।

जहां व्हाइट ड्वार्फ के प्रकाश-वृत्त में रेखीय स्पंदन तारों की आंतरिक रचना, उनके तापमान आदि का ज्ञान समय है वहीं कुछ स्रोतों के प्रकाशचित्र में पायी गयी अरैखिक रचना इन स्रोतों के संवहन क्षेत्र के अध्ययन के लिय विशेष महत्व की है (मोंटगोमरी 2005)। ज्ञात रहे कि तारों के विकास अध्ययन में इसके प्रारूपों में सबसे ज्यादा त्रुटि संवहन क्षेत्र की अचछी जानकारी न होना है। इन स्रोतों के रेडियल अरेखीय प्रकाशवृत्त मे परिवर्तन के आयाम काफी बडे हैं जो इनको अन्य तारों (जेसे डेल्टा स्कूटी, बीटा सेफीड और सूर्य) के नोन-रेडियल कंपनों से अलग हैं। व्हाइट ड्वार्फ के प्रकाश-वृत्त में पायी जाने वाली अरेखीयता अन्दर से आने वाली धड़कनों (pulsations) का संवहन क्षेत्र द्वारा समायोजन (modification) है जो इन दोनों के पारस्परिक क्रिया से पैदा होता है। प्रारूप में यह मान्यता है कि कंपन संवहन क्षेत्र के आधार पर रेखीय रूप में पहुंचता है, संवहन क्षेत्र की चौड़ाई इतनी कम है कि यह स्पंदन मे परिवर्तन पर तुरन्त क्रिया करता हैं, अत: तापमान एवं फ्लक्स तीव्रता मे परिवर्तन ही प्रभावित माने जा सकते हैं, और द्रव्य बहाव को नगण्य मान सकते हैं। अत: प्रकाशवृत्त में अरेखीय परिवर्तन संवहन क्षेत्र में होने वाली भौतिक प्रक्रियाओं के द्योतक हैं।

पीआरएल में व्हाइट ड्वार्फ स्त्रोतों का अध्ययन

इसके अध्ययन के लिए एक सुनियोजित कार्यक्रम में कुछ चुने हुए व्हाइट ड्वार्फ का प्रेक्षण भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला द्वारा संचालित माउंट-आबू अवरक्त वेधशाला की 1.2 मीटर दूरबीन से किया गया। ज्ञात रहे कि पीआरएल में खगोलविज्ञान विभाग का शुभारंभ 1970 के दशक में अवरक्त खगोलविज्ञान से हुआ था। इसी के साथ यहां पर कई नये शोध कार्यक्रमों की शुरूआत हुई, जिनमें व्हाइट ड्वार्फ के प्रकाशवृत्त का अध्ययन एक है। जैसा पहले भी कहा गया है कि, इनका प्रेक्षण लम्बे समय तक लगातार करने की आवश्यकता है, इसीलिए संसार की अनेक वेधशालायें WET के अन्दर आकर इनका प्रेक्षण करती हैं। हम भी इसके सदस्य हैं।

प्रेक्षण एवं परिणाम

इस शोध कार्यक्रम की पीआरएल में शुरूआत अभी दो साल पहले हुई। जैसा पहले कहा जा चुका है कि, इन स्रोतों के दीप्तमान में परिवर्तन के प्रेक्षणों से उनके बारे मे काफी जानकारी प्राप्त की जा सकती है। इस उद्देश्य के साथ, एक दीर्घकालीन योजना के अन्तर्गत खगोल विज्ञान विभाग के हमारे समूह ने सावधानी से चयन किए एक व्हाइट ड्वार्फ सैम्पल का प्रेक्षण आरंभ किया। यह प्रेक्षण अभियान दृश्य ccd कैमरे द्वारा गुरुशिखर, मांऊट-आबू स्थित माउंट-आबू अवरक्त वेधशाला (MIRO), से किया जा रहा है जिसमें हम GD154, EC14012, G29-38, G38-29 (वत्स एवं बालियान 2008, बालियान एवं वत्स 2008) आदि व्हाइट ड्वार्फ को लगातार मॉनीटर कर रहे है। इन स्रोतों के अध्ययन में कुछ बातों का ध्यान रखना अति आवश्यक है। प्रेक्षणों से ज्यादा से ज्यादा लाभ लेने के लिए यह आवश्यक है कि ज्यादा से ज्यादा समय तक लगातार प्रेक्षण हों। इसके साथ ही छोटे कालचक्र को जानने के लिए सैम्पलिंग समय (exposure time) कम से कम रखने की आवश्यकता है। इस के लिये विश्व की विभिन्न वेधशालाओं के विभिन्न यन्त्रों के साथ एवं अंतरिक्ष से प्रेक्षणों की आवश्यकता होगी। इस तरह इस अभियान में विश्व के हर कोने मे स्थित वेधशाला अति महत्वपूर्ण है। यह काफी कठिन काम है क्योंकि इसमें केवल मौसम ही आड़े नहीं आता है बल्कि हर वेधशाला के भिन्न उपकरण, प्रयुक्त फिल्टर, प्रेक्षण लेने की प्रक्रियायें आदि भी हैं। अत: समकालिक प्रेक्षण सभी आवृत्तियों पर सफल नहीं हो पाते। फिर भी उनकी महत्ता के कारण इस दिशा में काफी प्रयत्नों से महत्वपूर्ण सफलता मिली है। इसके लिए एक अभियान WET, का आयोजन किया गया है। इनका एवं कुछ अन्य निष्कर्षो एंव प्रयासों का वर्णन मैं यहां करना चाहूंगा।

G38-29 पर अंतरराष्ट्रीय समकालिक अभियान

जैसा पहले बताया जा चुका है कि, ये प्रेक्षण माउंट आबू अवरक्त वेधशाला के 1.2 मीटर दूरबीन के उपयोग से किए गये हैं। यह वेधशाला 1680 मीटर ऊँची गुरुशिखर चोटी पर राजस्थान के मांऊट-आबू हिल स्टेशन में है जो अहमदाबाद से 240 किमी दूर है। प्रेक्षण 8-14 नवम्बर 2007 के दौरान किये गये हैं। सभी प्रेक्षण रातें बहुत साफ थी। हमने चयनित स्रोत के प्रेक्षण के लिए CCD के बडे FOV का प्रयोग किया ताकि एक ही फ्रेम में स्रोत एवं कम से कम दो प्रामाणिक तारे भी आ जाएं ताकि स्रोत की प्रदीप्ति परिशोधन में प्रयोग किये जा सकें। प्रेक्षण के लिए तीन खडों (RVB) में अनावरण (exposure) समय 10, 15 सैकंड रखा गया ताकि उचित S/N मिल सके। इस प्रयोजन के साथ कम से कम पांच जगह प्रेक्षण लिए गए। यांत्रिक शुद्धिकरण एवं आकाशीय पृष्ठभूमि प्रकाश संशोधन के लिए भी काफी मात्रा में प्रतिबिम्ब इकट्ठे किये गये। ज्ञात रहे कि ये सब प्रकाशमापी उपयुक्त रातों में ही किया गया एवं जो रातें उपयुक्त नही थी उनको अंतिम परिणामों में शामिल नही किया गया। इन प्रेक्षणों के समय अन्तर्राष्ट्रीय समकालिक अभियान भी जारी था ताकि एक लम्बा प्रकाशवृत्त पाया जा सके और हर संभावित समयकाल एवं आवृत्तियों का पता लगाया जा सके।

प्रेक्षणों से प्राप्त प्रतिबिम्बों से कोई भी जानकारी लेने से पहले पूरे आंकड़ों को IRAF सॉफ्टवेयर एवं अन्य ग्रहजनित सॉफ्टवेयर की मदद से न्यूनीकृत किया गया- इसके लिये हरेक स्थिति मे लिए गये प्रतिबिम्बों को जोड़कर उसका S/N बढ़ाया गया। इसके बाद इन प्रतिबिम्बों पर यान्त्रिक एवं आकाशीय संकेत संशोधन कीं मानक क्रियायें की गयी। यह सब करने के बाद, प्रतिबिम्ब मे सभी पिक्सलों को समान धरातल पर लाने के लिये flat fielding क्रिया की गयी। इन प्रतिबिम्बों से cosmic hits एवं अन्य खराब पिक्सल को हटाने की प्रक्रियायें भी की गयी। इस तरह अब ये प्रतिबिंब फोटोमापन के लिये तैयार हैं।

उपरोक्त प्रतिबिम्बों के ऊपर फोटोमापन के लिये हमने IRAF की apphot पैकेज का उपयोग किया। इसके लिये पहले उपयुक्त द्वारक (aperture) का चुनाव किया गया। हमने महसूस किया कि इस स्रोत के लिए 8 arcsecond का द्वारक काफी उपयुक्त है। प्रायोजित फोटोमापन के लिए यह आवश्यक है कि स्रोत एवं मानक (तुलना) के लिए एक ही द्वारक का प्रयोग किया जाए। दोनों की फोटोमापी सभी रातों के लिए करने के बाद हमने स्रोत की प्रकाश तीव्रता को मानक तारों की मदद से संशोधित किया गया। इस प्रक्रिया में यह ध्यान रखा जाता है कि स्रोत में बदलाव आंतरिक हो - मानक तारों के कीर्तिमान में स्थिरता इसका एक टेस्ट है। इसके लिये आवश्यक है कि जो तारे मानक एवं तुलना के लिए प्रयोग किए जा रहे है उनमे अपना स्वयं का प्रकाश परिवर्तन नही के बराबर हो। यह सब सुनिश्चित हो जाने के बाद स्रोत के संशोधित कीर्तिमान (magnitude) एवं समय, जो UT में है, में एक प्रकाश-चित्र (चित्र 1) बनाया है। यह प्रकाश-चित्र हर रात्रि के प्रेक्षणों के लिये अलग से एवं सभी रातों (8-14 नवम्बर 2007) के लिए एक साथ बनाया गया है ताकि सभी समय-कालों का पता चल सके। अब इस प्रकाशवृत्त की सभी आवृत्तियों एवं समयकालों को जानने के लिये इसका फूरिए ट्रांसफोर्म लिया जाता है (चित्र 2)।

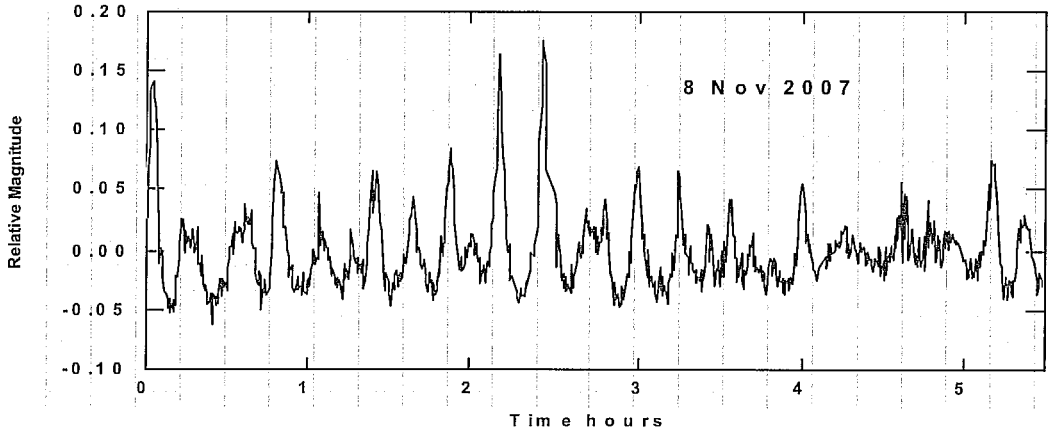
दिखाये गये चित्र-1 से यह एकदम साफ हो जाता है कि यह स्रोत इन प्रेक्षणों के दौरान काफी परिवर्तनशील रहा है। इस प्रकाशवृत्त के द्वारा विभिन्न आवृत्तियों की उपस्थिति देखी जा सकती है जो स्फेरिकल हार्मोनिकस निर्दिष्ट स्पंदनों के नोरमल मोड्स हैं (चित्र 2)।

निष्कर्ष

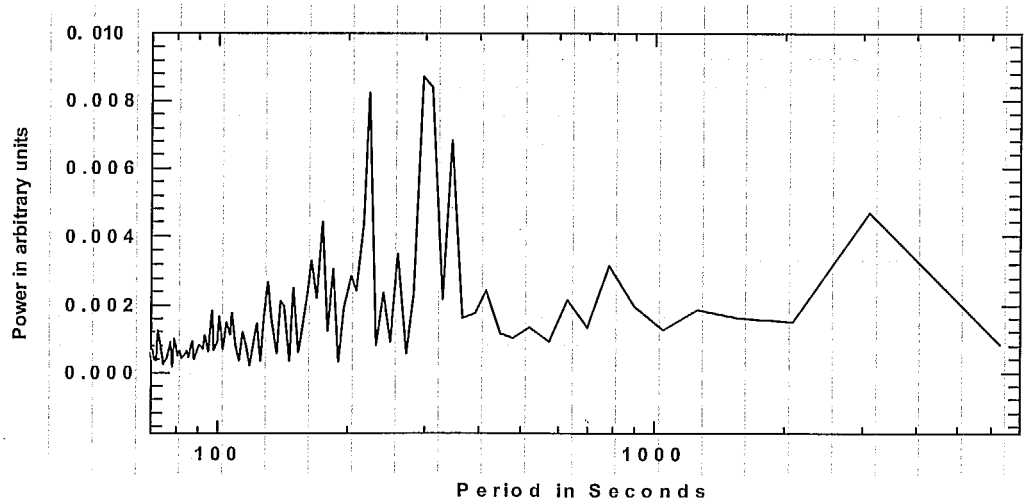
उपरोक्त विवरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि व्हाइट ड्वार्फ के प्रकाशवृत्त के अध्ययन से तारों की अंदरूनी संरचना का ज्ञान एवं, उचित प्रारूपों के उपयोग से, उनके संवहन क्षेत्र की जानकारी की जा सकती है। इन स्रोतों की परिवर्तनशीलता के समय-मापकों से हमें उनके अंदर स्पन्दन आवृत्तियों, विभिन्न मोड का पता चलता है।

आभार

मैं यहां सुदूर संचार उपग्रहों की तकनीकी को, उसके विकास एवं विस्तार को धन्यवाद देना चाहूंगा। यह कार्य अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार के सौजन्य से संपन्न हुआ। मैं अपने सहयोगियों डॉ. हरि ओम



चित्र 1 : G38-29 के नवम्बर 8, 2007 प्रेक्षणों से बना प्रकाशवृत्त ।



चित्र 2 : G38-29: के प्रकाशवृत्त का फूरिए ट्रांसफोर्म (आवृत्तियों को दिखाते हुए) ।

वत्स, उमेश जोशी एवं श्री शशिकिरण गणेश का कई विषयक चर्चाओं, एवं इस कार्यक्रम में योगदान के लिए आभारी हूं। CCD कैमरे के प्रचालन एवं दूरदर्शी संचालन में शशि का प्रमुख योगदान रहा, अत: वे धन्यवाद के पात्र हैं। इस प्रपत्र में IRAF सॉफ्टवेयर प्रयोग किया गया है जो अमेरिका के राष्ट्रीय दृश्य खगोल वेधशाला द्वारा वितरित किया गया है।

संदर्भ

1. के.एस. बालियान, हरि ओम वत्स, 2008, NSSS -2008
2. एम.एच. मोन्टगोमरी, 2005, ए.पी.जे. 633, 1442-49.
3. हरि ओम वत्स, के.एस. बालियान, 2008, Comm in Astero. 154,71-77

चंद्रयान-1 उपग्रह के विभिन्न नीतभार एवं संविरचन

दिनेश कुमार अग्रवाल, असित भट्टाचार्य एवं एस. के. परमार
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद

सारांश

सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र से 22.10.08 को पीएसएलवी-सी 11 से 1380 किलोग्राम वजनी चंद्रयान-1 का सफल प्रक्षेपण भारत के अंतरिक्ष इतिहास की अभूतपूर्व सफलता है । चंद्रयान-1 में स्वदेश में निर्मित 5 विभिन्न नीतभार के अलावा यूरोपियन अंतरिक्ष एजेन्सी (ESA) के 3, नासा के 2 एवं बल्गारिया का 1, कुल 11 विभिन्न नीतभार भेजे गए थे। चंद्रयान में इनकी स्थिति चित्र 1में दिखायी गयी है। अपने ढंग का अनोखा यह चंद्रयान मिशन था जिसमें पहली बार हमने इतने बड़े पैमाने पर अन्य देशों के उपकरणों को भी अपने उपकरणों के साथ प्रक्षेपित किया । उच्च विभेदीय क्षमता वाले उपकरण से चंद्रमा की सतह का मानचित्रीकरण किया जा रहा है । जिसमें भू-भाग मानचित्रण कैमरा 'TMC' (Terrian Mapping Camera) जिसका 5 मीटर की स्थानिक ऊँचाई की विभेदन क्षमता है। हाईपर स्पैक्ट्रल प्रतिबिंबित्र (HySI) अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में निर्मित उपकरण है जोकि दृश्यमान एवं निकट अवरक्त स्पैक्ट्रम बैंड में विभाजित 64 बैंडों में 80 मी. के स्थानिक अंतराल में चित्रण करेगा । इस लेख में विभिन्न उपकरणों का विवरण एवं संविरचन की जानकारी दी गई है ।

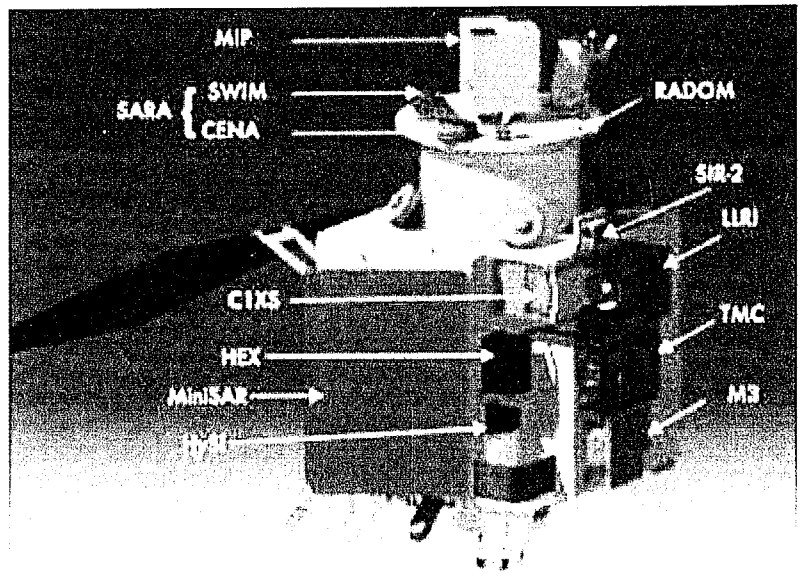
प्रस्तावना

चंद्रयान उपग्रह 1.5 मी. का घनाभ (Cuboid) है जिसमें एक ओर से सोलर पैनल नियोजित है जो लगभग 700 वॉट की शक्ति उत्पन्न करता है । द्रव नोदक मोटर से उपग्रह कक्षीय संतुलन रखा जाता है ।

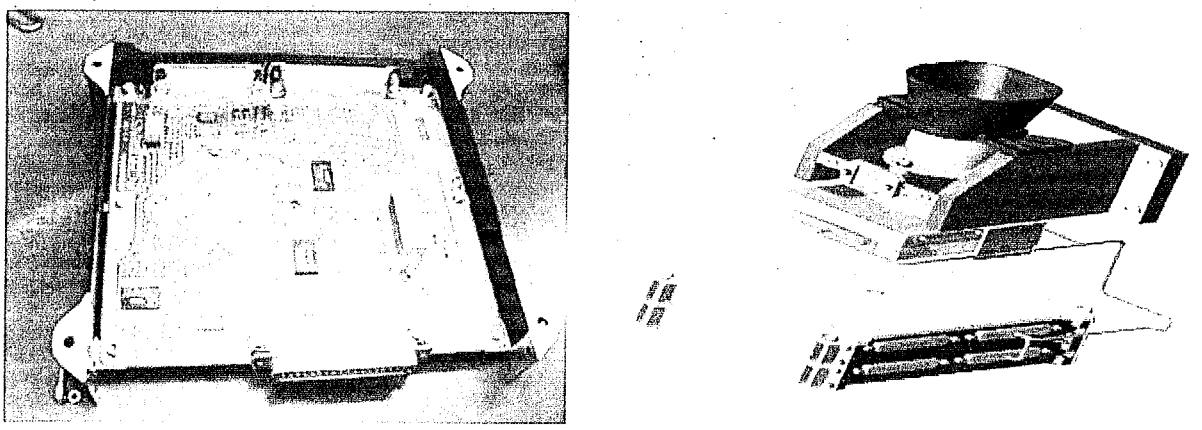
चंद्रयान -1 उपग्रह में कुल 5 भारतीय उपकरण थे-

1. भूभाग मानचित्रण कैमरा (TMC)

इस उपकरण से 5 मीटर स्थानिक एवं ऊँचाई की विभेदन क्षमता से त्रिविमीय त्रिक प्रतिबिंब, 0.5 माइक्रोन से 0.75 माइक्रोन तरंगदैर्ध्य स्पेक्ट्रम में प्राप्त की जा सकती है । इस सी.सी.डी. (Charge Coupled Device) कैमरा इलेक्ट्रानिकी में प्रत्येक संसूचक (detector) हेतु एक कार्ड (Printed Circuit Board) का उपयोग किया गया है । उद्देश्य एवं निष्पादन (performance) की जरूरतों को हासिल करने के लिए कैमरा इलेक्ट्रानिकी का कम वजनी होना और कम शक्ति का उपयोग करे यह आवश्यक था । इसलिए इसे अभिकल्पित करते समय इसमें छोटे एवं सूक्ष्म इलेक्ट्रानिकी अवयव जैसे FPGA.



चित्र 1 : चंद्रयान-1 उपग्रह में विभिन्न नीतभारों की स्थिति



चित्र 2 : हाईसी कैमरा इलेक्ट्रानिकी संविरचन

LVDS, LVTH, चिप अवयव इस्तेमाल किए गए थे । कार्ड का आकार लगभग 3.5" x 3.1" था, जिसमें शक्ति विसरण (power dissipation) लगभग 300mw था । परिपथ में 4 सतह वाले मुद्रित परिपथ (PCB) को उपयोग में लाया गया था । दुपरत वाले मुद्रित परिपथ का उपयोग अवांछनीय सिग्नल को कम कर देता है । मुद्रित परिपथ बोर्ड में 90^0 D प्रकार के कनेक्टरों को उपयोग में लाया गया था। मुद्रित परिपथ के संविरचन को शुरू करने के पूर्व संविरचन हेतु संविरचन प्रवाह चित्र को अनुमोदित किया । टीएमसी कैमरे में 4 K का APS संसूचक उपयोग में लाया गया था । इसमें RH 1280 FPGA को उपयोग में लाया गया जिसको मुद्रित परिपथ पर सावधानी से संविचरित किया गया ।

इस कैमरे की सहायता से दृश्य किरणों के परावर्तन के फलस्वरूप उत्पन्न सिग्नल द्वारा श्वेत-श्याम फोटो लिए जा रहे हैं । इस नीतभार का निर्माण पूरी तरह सैक में किया गया है ।

अंतरग्रहीय मिशन की आवश्यकतानुसार हमने सैक में नीतभारों का निर्माण कक्षा 10, 000 के स्वच्छ कक्ष में किया । साथ ही मुद्रित परिपथ अवयव संयोजन के लिए स्थिर विद्युत विसर्जन सावधानियाँ रखीं ।

2. हाईपर स्पेक्ट्रल प्रतिबिंबित्र (HySI)

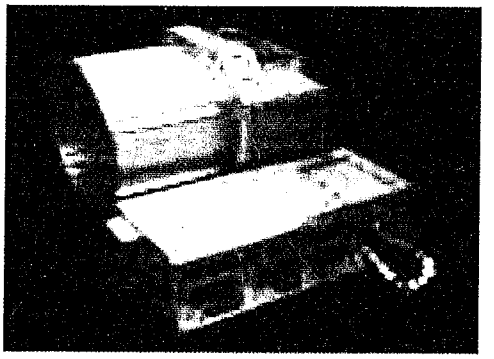
इस उपकरण का उद्देश्य दृश्यमान एवं निकट अवरक्त बैंड (0.4-0.95 माइक्रोन तरंगदैर्ध्य) में चंद्र सतह का चित्रण कर खनिज अवयवों की जानकारी प्राप्त करना है । यह उपकरण (चित्र 2) चंद्र की 100 किमी. कक्षा से प्रतिबिंबन करेगा एवं 80 मी. की स्थानिक विभेदन क्षमता प्रदान करेगा। इस उपकरण में 3D plus मेमोरी को उपयोग में लाया गया है। इस कैमरे में चंद्र सतह से परावर्तित सूर्य प्रकाश किरणों को फोकस करने के लिए एक प्रकाशीय उपतंत्र है एवं दूसरे भाग में कैमरा इलेक्ट्रानिक्स एवं विद्युत इलेक्ट्रानिक्स है ।

इसके CCD कैमरा इलेक्ट्रानिक्स में छोटा आकार, कम वजन एवं कम ऊर्जा खपत हेतु logic को FPGA में संविचरित किया गया । RH1280 (172 pins device) को अधिकतम 90 MHz फ्रिक्वेंसी पर उपयोग में लाया जा सकता है, जबकि यहाँ 24.43 MHZ frequency उपयोग में लाई गई है । संसूचक के बिल्कुल पास वेज़ फिल्टर को रखा गया है । इसके कैमरा इलेक्ट्रानिकी परिपथ को संयोजन के पूर्व संविचरन प्रवाह चित्र को अनुमोदित किया गया और आवश्यक सावधानियाँ बरतते हुए मुद्रित परिपथ पर अवयवों का संयोजन किया । HySI, उपग्रह नीतभार के डेक पर हेक्स नीतभार माड्यूल और हेक्स नीतभार के इलेक्ट्रानिक पैकेज के मध्य में स्थित किया गया । इस नीतभार का निर्माण पूरी तरह सैक में किया गया है ।

3. लेज़र रेंजिंग उपकरण LLRI-(Lunar laser ranging instrument)

इसकी ऊँचाई विभेदन क्षमता 5 मीटर है । इसके द्वारा प्राप्त आंकड़ों की सहायता से चंद्र की धरातल के आंतरिक संरचना को समझने में मदद मिलेगी, और यह भी पता लगाया जा सकेगा कि समय के साथ-साथ चंद्र धरातल में क्या परिवर्तन हुए हैं । इसमें प्रयुक्त लेज़र, अवरक्त लेज़र (Nd-YAG Laser) है । यह 1064 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य पर कार्य करेगा । इसे LEOS, बेंगलूरु केंद्र ने बनाया है ।

4. उच्च X - किरण ऊर्जा स्पेक्ट्रोमीटर - HEX - इस नीतभार की संकल्पना पीआरएल द्वारा की गई है एवं निर्माण में महत्वपूर्ण योगदान अंतरिक्ष उपयोग केंद्र का था । इसके संविरचन में सैक ने एएसआईसी



चित्र 3 : लेज़र रेंजिंग उपकरण

(ASIC) युक्त मुद्रित परिपथ संयोजन हेतु महत्वपूर्ण कार्य किया एवं सफलतापूर्वक निष्पादन किया । इस नीतभार में Cd, Zn, Te संसूचक उपयोग में लाए गए । इस स्पेक्ट्रोमीटर में 20 KeV से 250 KeV तक की कठोर X - किरणों द्वारा प्रथम बार चंद्र के धरातल के बारे में जानकारी प्राप्त की जाएगी । इस नीतभार में संसूचक, असिक (ASIC) एवं इलेक्ट्रानिकी परिपथ हैं । जिसमें उच्च विभव DC-DC परिवर्तक एवं नियंत्रक के साथ निम्न विभव DC-DC परिवर्तक एवं नियंत्रक भी है।

5. एमआईपी (MIP) चंद्र धरातल को स्पर्श करने वाली अन्वेषिका (Moon Impact Probe)

भविष्य में चंद्रमा पर सफल उतराण के प्रयोग स्वरूप 'इम्पेक्ट प्रोब' (मिप) को चंद्रमा पर गिराया गया (चित्र 4) । अन्य खोजी यंत्र के साथ-साथ चंद्र सतह के चित्र लेने के लिए वीडियो प्रतिबिंब तंत्र को भी भेजा गया । आसानी से उपलब्ध व्यावसायिक कैमरे में हमारी जरूरत के अनुसार कुछ सुधार किए गए । उसके यांत्रिक component को नए आधुनिक तकनीक के हिस्सों से बदल दिया गया जिससे वह वातावरणीय परिवर्तन में भी पूरी क्षमता से कार्य कर सके । बड़ी सावधानी से कैमरे के कलपुर्जों पर इपोक्सी को लगाया गया । साथ ही साथ लोकल पोटिंग एवं पोलीयूरिथिन कोटिंग की गई जिससे कि दुष्कर अंतरिक्षीय वातावरण को सह सके । इसके निर्माण में वीएसएससी एवं सैक का महत्वपूर्ण योगदान था । इसी प्रोब को चंद्रमा की सतह से टकराया गया एवं चंद्रमा पर भारत ने अपना इतिहास लिख दिया ।

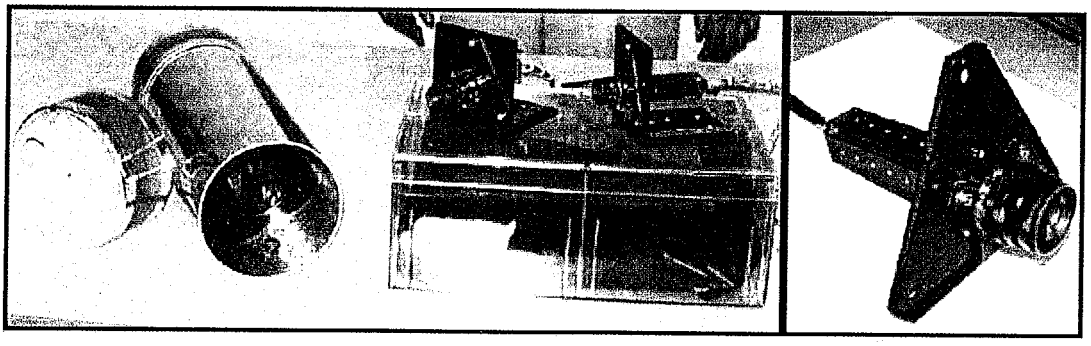
अंतर्राष्ट्रीय सहयोग/भागीदारी के 6 नीतभारों में

1. 'X- किरण' स्पेक्ट्रोमीटर (C1XS-X-ray Spectrometer)- चंद्रयान-1 इमेजिंग एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर

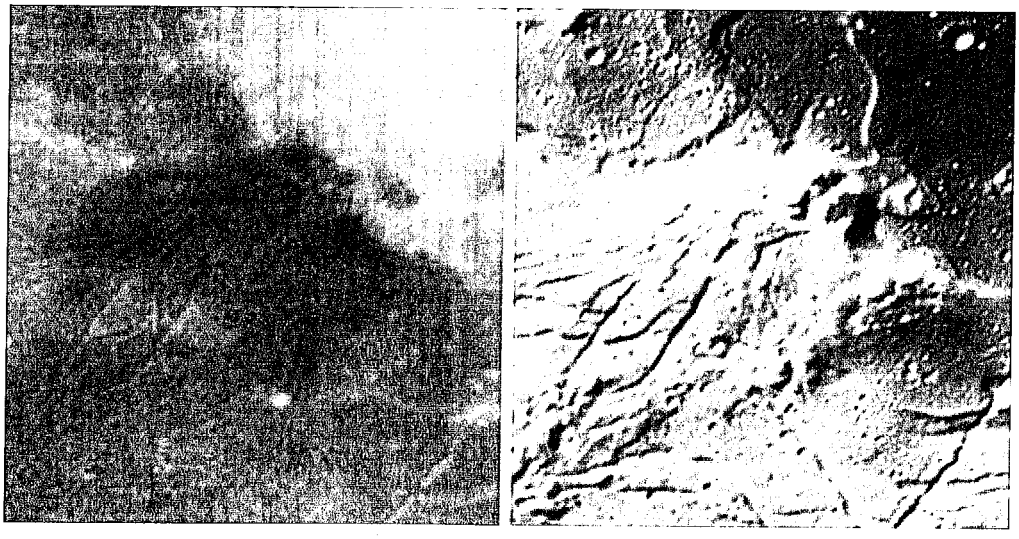
यह ESA एजेंसी द्वारा रदरफोर्ड एप्लेटोन प्रयोगशाला एवं इसरो उपग्रह केंद्र, बेंगलोर के संयुक्त प्रयासों के परिणामस्वरप अभिकल्पित एवं निर्मित किया गया था । इसका मुख्य उद्देश्य किरण फ्लूरोसेंस तकनीक के द्वारा चंद्रमा की सतह पर मैग्नीशियम, एल्यूमीनियम, सिलिकन, लोहा एवं टाईटेनियम का पता लगाना है ।

2. SIR-2 Smart Near Infrared Spectrometer

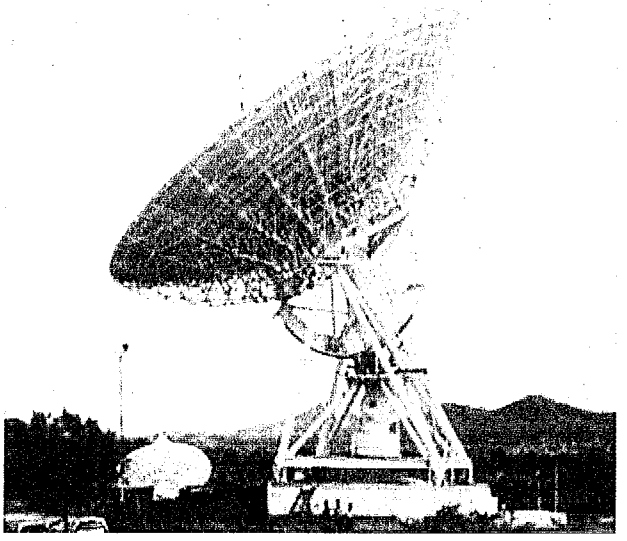
यह भी यूरोपियन स्पेस एजेंसी के द्वारा मैक्स प्लोक संस्थान, जर्मनी



चित्र 4 : मिप नीतभार



चित्र 5 : एम-3 द्वारा प्राप्त आंकड़े



चित्र 6 : बायालालु भारतीय सुदूर अंतरिक्ष स्टेशन (IDSN)

द्वारा अभिकल्पित नीतभार का उद्देश्य चंद्रमा की सतह पर खनिजों के स्रोत और सतह की बनावट की जानकारी लेना है ।

3. SARA- Sub Kilowat Electronvolt Reflecting Analyser

यह ESA का तीसरा नीतभार था जोकि चंद्रयान-1 मिशन में भेजा गया है । इसे स्वीडन के अंतरिक्ष विज्ञान संस्थान एवं VSSC की अंतरिक्ष विज्ञान प्रयोगशाला ने मिलकर बनाया है । इसका उद्देश्य चंद्र सतह को विभिन्न घटकों का पता करना एवं चंद्र सतह पर चुंबकीय विसंगति का पता करना है ।

4. रेडोम-(RADOM)- विकिरण परिमाण मॉनीटर (Radiation dose monitor)

इस नीतभार को बुलगारिया विज्ञान एकेडमी ने चंद्रमा के इर्द-गिर्द विसरण (radiation) की तीव्रता का अनुमान लगाने के लिए भेजा है ।

5. Mini Synthetic Aperture Radar (MiniSAR)

इसका मुख्य उद्देश्य चंद्रमा के ध्रुवीय जगह पर स्थाई रूप से आच्छादित सतह पर पानी के traces को पता करना है । इस नीतभार को 'नासा' संस्थान ने अभिकल्पित किया है ।

6. M3- Man-Monitor Mapper

इसे भी नासा संस्थान ने उच्च स्वाथ एवं विभेदन क्षमता वाले प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा चंद्रमा पर खनिज पदार्थों का पता लगाना है। इसके द्वारा प्राप्त आँकड़ों का एक उदाहरण चित्र 5 में दिखाया गया है।

उपसंहार

चंद्रयान-1 परियोजना का एक उद्देश्य यह भी है कि नई प्रौद्योगिकियों की जटिलता को समझना एवं हमारी क्षमता को दर्शाना । इस परियोजना में बेंगलुरू के नज़दीक बायलालु में भारतीय सुदूर अंतरिक्ष नेटवर्क स्टेशन (Indian Deep Space Network) भू-केंद्र की स्थापना एवं अन्य भू-केंद्रों से इसको जोड़ना विशिष्ट उपलब्धि है (चित्र 6)। भारतीय सुदर अंतरिक्ष नेटवर्क स्टेशन उपग्रह के सुचारू रूप से कार्यरत एवं वैज्ञानिक आंकड़ों संबंधित जानकारी जोकि उपग्रह से वास्तविक समय में भेजे जाते हैं, उसको प्राप्त करता है । इसके अलावा 20 किलो वॉट की शक्ति के स्तर का अनुदेश उपग्रह को भेज सकता है ।

वास्तव में चंद्रयान-1 मिशन सुदूर संवेदन एवं सुदूर संचार की नई तकनीकों का अद्‌भुत एवं विशिष्ट समंजन है । इस परियोजना के संविरचन अनुभव हमें अन्य ग्रहों पर प्रमोचन के लिए उपग्रह नीतभार के संविरचन एवं संयोजन हेतु काफी उपयोगी रहेंगे । भविष्य हेतु विभिन्न आधुनिक तकनीकें जैसे- लेज़र सोल्डरिंग, बाल-ग्रिड-आव्यूह संयोजन इत्यादि को अनुप्रमाणित कराना होगा । इस दिशा में कार्य प्रगति पर है। आशा की जानी चाहिए कि भविष्य में हम सफलतापूर्वक अन्य ग्रहों पर भी उपग्रह भेज पाएंगे ।

आभार

लेखकगण महा प्रबंधक ईएफटीएफ, समूह निदेशक ईएसएसजी, नियंत्रक सैक एवं हिंदी सदन के आभारी हैं।

संदर्भिका

लेखक के अपने लेख

1. उपग्रह इलेक्ट्रानिक नीतभार संविरचन आवश्यकताएं (2003)
2. उपग्रह नीतभार निर्माण एवं संयोजा में बाहरी निर्माता एवं नई तकनीकें (2005)
3. इंटरनेट

समुद्र विज्ञान के अध्ययन में पी.आर.एल. का योगदान

अरविंद सिंह एवं रंगस्वामी रमेश
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला (पी.आर.एल.) की स्थायी समस्थानिक प्रयोगशाला में समुद्र विज्ञान का अध्ययन किया जाता है । यह अध्ययन मुख्यत: उत्तरी हिन्द महासागर पर केन्द्रित है । प्रस्तुत लेख में 15 नाइट्रोजन तकनीक द्वारा पूर्व में हुए प्रयोग एवं भविष्य की योजनाओं पर प्रकाश डाला गया है ।

उत्तरी हिन्द महासागर में नव एवं प्राथमिक उत्पादन

समुद्र की प्रदीप्त क्षेत्र (वह गहराई जहाँ सूर्य की सतह का 1% प्रकाश प्रवेश करता है) में अति सूक्ष्म जीव विद्यमान होते हैं, जो कि प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में भाग लेते हैं । इस क्रिया में अजैव कार्बन के जैवीय कार्बन में परिवर्तन की दर को प्राथमिक उत्पादन कहते हैं । वर्तमान अनुसंधान में इसका अध्ययन करना महत्वपूर्ण है क्योंकि इस क्रिया द्वारा वायुमंडल में बढ़ती ग्रीन हाउस गैस-कार्बन डाई ऑक्साइड को कम किया जाता है ।

उत्तरी हिन्द महासागर में प्राथमिक उत्पादन नाइट्रोजन पोषक तत्व की उपलब्धता पर निर्भर करता है । यद्यपि यह पोषक तत्व पृथ्वी के वातावरण में सर्वाधिक मात्रा में उपलब्ध है, लेकिन समुद्री सूक्ष्म जीव इसकी त्रिबन्ध शक्ति के कारण इसका उपयोग करने में असमर्थ हैं । समुद्री जीव इसके नाइट्रेट, अमोनिया या यूरिया के रूप में होते हैं ।

उत्तरी हिंद महासागर के के दोनों भाग - बंगाल की खाडी और अरब सागर, समान अक्षांश पर स्थित होते हुए भी जैविक क्रियाओं में बहुत भिन्न हैं । उत्तरी हिन्द महासागर का पहला भाग अरब सागर जो कि भारत वर्ष के पश्चिम में स्थित है, कुल समुद्रीय प्रतिशत का एक प्रतिशत हुए भी लगभग पाँच प्रतिशत प्राथमिक उत्पादन करता है । इस क्षेत्र में दक्षिणी-पश्चिमी मानसून के कारण अपवेलिंग और उत्तरी-पूर्वी मानसून के कारण संवहनीय मिश्रण से पोषण तत्व समुद्र की सतह पर आकर प्राथमिक उत्पादन में वृद्धि करते हैं । पूर्व में स्थित बंगाल की खाड़ी में प्राथमिक उत्पादन अरब सागर की अपेक्षाकृत कम होता हैं, क्योंकि यहाँ पर बादलों की उपस्थिति में प्रकाश का अभाव और नदियों से आया कम घनत्व का पानी पोषकों को ऊपर जाने से रोकता है ।

प्राथमिक एवं नव उत्पादन ज्ञात करने की तकनीक

पी.आर.एल. के वैज्ञानिक निरन्तर समुद्री अनुसंधान जहाजों में जाकर प्राथमिक उत्पादन का अध्ययन करते हैं । सबसे पहले प्रदीप्त क्षेत्र की गहराई का पता लगाया जाता है । प्रदीप्त क्षेत्र के उत्पादन को समाकलित करने के लिए छ: भिन्न गहराइयों से लगभग 2 लीटर पानी प्रत्येक प्रकार के प्रयोग के लिए एकत्रित करते हैं । इसको सूर्योदय से पहले किया जाता है । इस पानी में नाइट्रेट, यूरिया और अमोनिया के अलग-अलग 99% ^{15}N नाइट्रोजन समृद्वित अनुज्ञापक मिश्रित करके प्रकाश की उपस्थित में 4 घंटों के लिए (सामान्यत: 10 बजे से 14 बजे तक) समान ताप पर रखते है । तद्पश्चात प्रकाशहीन कमरे में 47 मि.मी. व्यास और 0.7 माइक्रोन छिद्राकार जी.एफ./एफ.निस्यदंक से इस पानी को छाना जाता है । निस्यंदकों को 500 सेंटीग्रेड़ पर रात्रि भर वाष्प उत्सर्जित करने के लिए रख देते हैं । इन निस्यंदकों का द्रव्यमान स्पेक्ट्रम विश्लेषण करके सूक्ष्म जीवों द्वारा ली गयी नाइट्रेट, अमोनिया और यूरिया का आकलन करते है । रेडफिल्ड अनुपात (कार्बन: नाइट्रोजन: फास्फोरस :: 106 : 16 : 1) की सहायता से कार्बन सद्ग्रहण का आकलन करते है ।

गत वर्षों में किये गए अध्ययन में पाया गया है कि प्राथमिक उत्पादन 8 से 50 मि.मोल नाइट्रोजन/मी.^{2} /दिन तक होता है जबकि नव उत्पादन 2 से 6 मि.मोल नाइट्रोजन/मी.^{2} /दिन होता है । ये आकड़े अभी भी कुछ विशिष्ट स्थानों तक ही सीमित हैं। प्राथमिक उत्पादन को गहराई से समझाने के लिए अभी और अधिक से अधिक इस प्रकार के प्रयोग करने की आवश्यकता है ।

समुद्र विज्ञान के अध्ययन की भविष्य की योजनाएँ

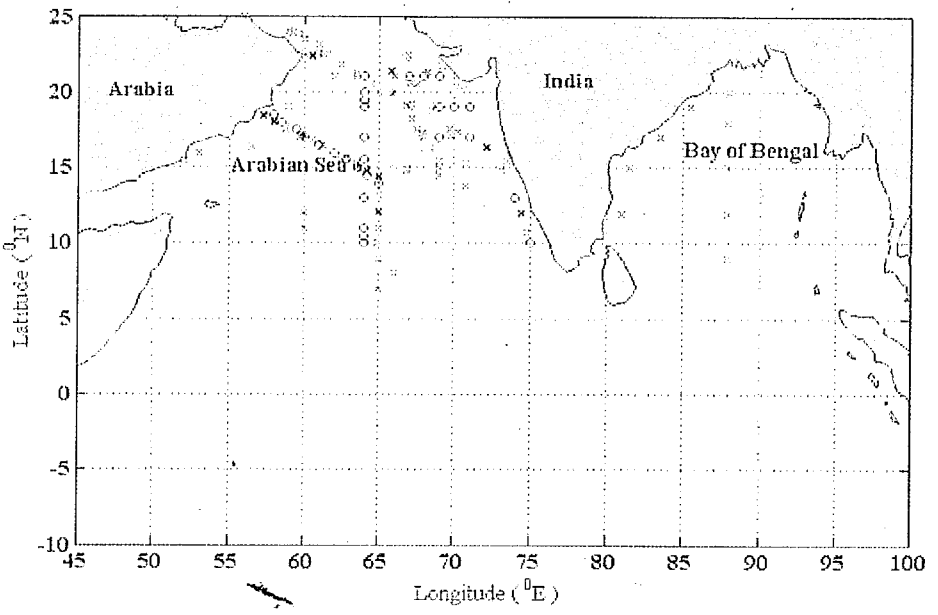
वर्तमान अध्ययन को जारी रखते हुए दो अन्य महत्वपूर्ण समुद्री प्रक्रियाओं के अध्ययन की भविष्य में योजना है -

नाइट्रोजन स्थिरीकरण

यद्यपि नाइट्रोजन गैस का उदग्रहण त्रिबन्ध की वजह से कठिन है, परन्तु कुछ परिस्थितियों में यह संभव भी है । इस का आकलन हम 15 नाइट्रोजन समृद्धित गैस तकनीक की सहायता से करेंगे । यह प्रक्रिया अरब सागर में अप्रैल-मई के समय "ट्रायकोडेसनियम" नामक सूक्ष्म जीव करते हैं ।

एनामॉक्स

तत्कालीन अनुसंधान से यह ज्ञात हुआ है कि डिनाइट्रीफिकेशन के



चित्र 1 : इस मानचित्र में वे स्थान दिखायें हैं जहाँ पर 15N नाइट्रोजन समृद्वित अनुज्ञापक तकनीक द्वारा नव उत्पादन के परीक्षण किये गये

Season[a]	Region	NP[b]	TAD[c]	5C[d]
WM	Arabian Sea	5.5	0.21	3.9
SIM	Arabian Sea	3.0	0.17	5.8
SM	Arabian Sea	5.3	0.08	1.6
FIM	Arabian Sea	3.3	ND	-
WM	Bay of Bengal	ND	0.26	-
SIM	Bay of Bengal	5.4	0.03	0.6
SM	Bay of Bengal	2.6	ND	-
FIM	Bay of Bengal	ND	ND	-

तालिका:वायुमंडलीय नाइट्रोजन का नव उत्पादन में योगदान । आंकडे मि. मोल. नाइट्रोजन/ मी.^{2}/दिन में हैं

अतिरिक्त एनामॉक्स (आक्सीजन की अनुपस्थिति में अमोनियम का ऑक्सीकरण) एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें कि नाइट्रोजन गैस का उत्पादन होता है । इसमें नाइट्रोजन का उत्पादन का आकलन 15 नाइट्रोजन समृद्धित नाइट्रेट व अमोनियम के अनुज्ञापकों द्वारा किया जायेगा ।

(i) $16NH_4^+ + 16NO_2^- = 16N_2 + 32H_2O$

(ii) $5NH_4^+ + 3NO_3^- = 4N_2 + 9H_2O + H_2$

संदर्भिका

1. आर.सी. दुग्दाले, एवं जे.जे. गोएरिंग, 1966 प्राथमिक उत्पादक्ता में नाइट्रोजन के नये रूपों का उत्स्रवण लिम्नोल, ओशनोग्राफी, 12, 196-206.
2. संजीव कुमार एंव आर. रमेश, 2005 ^{15}N ट्रेसर का उपयोग करते हुए बंगाल के खाड़ी में उत्पादक्ता मापन : वैश्विक कार्बन चक्र पर प्रभाव, इंडियन जनरल ऑफ मैरीन साइंसेज, 34 (2) 153-262.

सक्रिय सूर्य का अध्ययन

रजनी दीपक ढींगरा
प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर

सारांश

सूर्य संपूर्ण विद्युत चुम्बकीय तरंग क्षेत्र में तरंगों का उत्सर्जन करता है। रेडियो, दृश्य प्रकाश, अवरक्त आदि तरंगें धरती पर बैठे वैज्ञानिकों द्वारा अध्ययन के लिए उपलब्ध हैं परंतु कई अन्य तरंगों के वातावरण द्वारा अवशोषित कर लिए जाने के कारण इन तरंगों का पृथ्वी से अध्ययन संभव नहीं है। किसी भी ग्रहीय पिंड का सभी तरंगों में अध्ययन अपेक्षित है। उच्च उर्जा क्षेत्र में इस अध्ययन के लिए वैज्ञानिकों ने वायुमंडल के बाहर मानव निर्मित उपग्रह भेजे हैं। प्रस्तुत लेख में RHESSI उपग्रह से एकत्रित जानकारी से उपलब्ध परिणामों का विवरण है ।

प्रस्तावना

सूर्य हमारे सौर मंडल का केन्द्र है जिसके आस-पास सभी ग्रह चक्कर लगाते रहते हैं। सूर्य ऊर्जा का मूल स्रोत है एवं ब्रह्माण्ड के सभी जीवों के लिए जीवन का आधार। इस जगत के सभी जीव प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से सूर्य से ही ऊर्जा प्राप्त करते हैं। जहाँ वनस्पतियाँ प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया के द्वारा अपना भोजन बनाती हैं, वहीं मनुष्य सिर्फ सूर्य की किरणों के नीचे खड़ा होकर मुफ्त में विटामिन डी ले सकता है। न केवल पृथ्वी बल्कि अन्य ग्रहों के अध्ययन हेतु भेजे गए उपग्रह भी सौर ऊर्जा से ही कार्य करते हैं।

सूर्य की चुम्बकीय सक्रियता का प्रभाव धरती पर सुंदर Aurora से लेकर संचार माध्यमों पर होने वाले प्रभावों के रूप में देखा जा सकता है। सूर्य प्रत्येक वर्ष करीब 360 मिलियन टन ऊर्जा उत्सर्जित करता है जिसका कुछ अंश ही हम तक पहुँच पाता है। चूँकि सूर्य हमारा निकटतम तारा है इसलिए सितारों में चल रही प्रक्रियाओं को समझने हेतु सबसे अच्छी प्रयोगशाला के रूप में इसका अध्ययन जरूरी और लाभदायक है।

भूतकाल में कई उपग्रह सूर्य का अध्ययन करने हेतु भेजे जा चुके हैं। इनमें से एक है RHESSI या Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager. यह सूर्य के ऊर्जा कण या फोटॉन को 3 KeV - 20 MeV के विस्तार में मापता है; जिसमें मापने का विभेदन 1 KeV है। RHESSI में जर्मेनियम संसूचक लगे हैं जिन्हें -198° C के तापमान पर रखा जाता है। इस तापमान पर उच्च वोल्टता प्रदान करने पर यह जर्मेनियम संसूचक X-ray कणों को विद्युतीय संकेत में परिणित करते हैं। इसमें दो अल्युमिनियम के संकेत अवरोधक (attenuators) सौर ज्वाला के दौरान अधिक कणों को संसूचकों तक पहुँचने से रोकने के लिए लगे हैं। बड़ी ज्वाला के समय इन संकेत अवरोधकों की मदद से संसूचक सुरक्षित रहते हैं।

सौर ज्वाला सूर्य में होने वाला एक ऐसा प्रचण्ड विस्फोट है जिसमें अनेकों प्रकार के कण मेगाटन की ऊर्जा से कुछ ही मिनटों में अंतरिक्ष में आच्छादित (फैल) हो जाते हैं। ऊर्जा के आयाम के आधार पर इन ज्वालाओं को निम्नलिखित वर्गों में बाँटा जा सकता है।

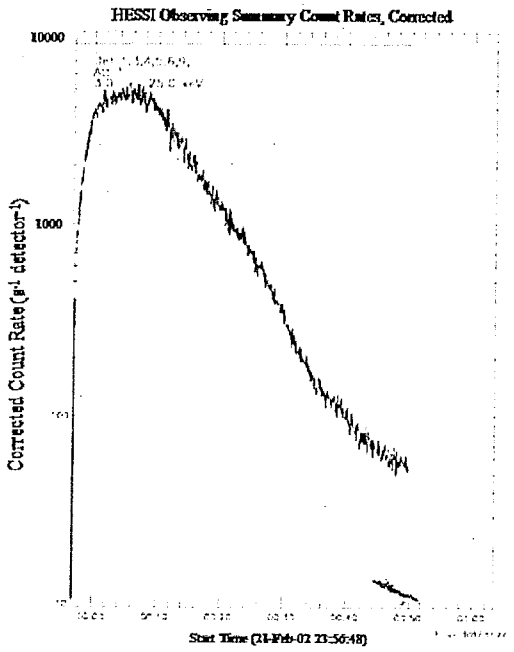
वर्ग	तीव्रता (erg cm^{-2} sec^{-1})
B	10^{-4}
C	10^{-3}
M	10^{-2}
X	10^{-1}

सौर ज्वाला अध्ययन के लिए विभिन्न प्रकार के आँकड़े उपलब्ध हैं। अध्ययन की सुविधा के लिए उपलब्ध आँकड़ों को दो वर्गों में विभाजित किया गया है:

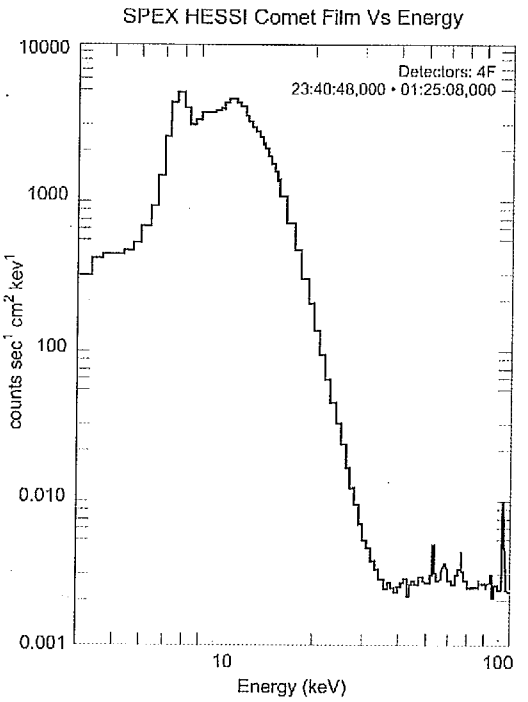
1. अस्थाई उदभव अर्थात समय के साथ कण संख्या में परिवर्तन (चित्र :1)
2. स्पेक्ट्रल उदभव अर्थात ऊर्जा के साथ कण संख्या में परिवर्तन (चित्र :2)

सौर ज्वाला अध्ययन हेतु, ऊर्जा के साथ कण संख्या का प्लॉट (plot) बनाकर उपयोगिता परिभाषित मापदंडों द्वारा अलग-अलग रेखाचित्रों से अनुकूलन किया जाता है। इन परिमाणों से हमें सूर्य के अंदर चल रही विभिन्न प्रक्रियाओं का पता चलता है। मुख्यत: जिन परिमाणों को उपयोग में लाया जाता है, वह निम्नलिखित हैं:

1. Spectra की निरंतरता को तापीय Bremsstrahlung कहा जाता है। जब कोई इलेक्ट्रॉन किसी भारी आयन की लगभग संगति में प्रवेश करता है तब वह विद्युतीय दबाव के कारण त्वरित या मंदित हो जाता है। चूँकि यह त्वरण या मंदन समान नहीं होता इसलिए वह विभिन्न ऊर्जा क्षेत्रों में ऊर्जा उत्सर्जित करता है और एक निरंतरता का निर्माण करता है।



चित्र 1 : M 2.4 वर्ग की ज्वाला का प्रकाश वक्र। यह रेखाचित्र समय के साथ कण संख्या के उद्गम को दर्शाता है



चित्र 2 : M 2.4 वर्ग की ज्वाला का स्पेक्ट्रम। यह चित्र ऊर्जा के साथ कण संख्या का परिवर्तन दर्शाता है

2. दूसरा परिमाण उत्सर्जन मानदण्ड (Emission Measure) कहलाता है, जो एक ऊर्जा के साथ आ रहे इलेक्ट्रॉन का घनत्व बताता है।

उत्सर्जन मानदंड (Emission Measure) = $\int$ Ne*Ni.dV

जहाँ Ne : इलेक्ट्रॉन की संख्या, Ni : आयन की संख्या **तथा dV: लघु आयतन है।**

3. Spectra का एक भाग अतापीय प्रक्रियाओं के बारे में बतलाता है जिसे Power Law कहा जाता है। इसे इस प्रकार समझा जा सकता है।

सामान्यीकरण = (exp) $^{-\text{spectral index}}$

स्पेक्ट्रल इन्डेक्स, किसी ऊर्जा में इलेक्ट्रॉन के घनत्व में गिरावट के बारे में बतलाता है।

4. इसी स्पेक्ट्रा में कुछ features को हम गाउसीय फलन (Gaussian Function) कहते हैं यह हमें परमाणविक/ आणविक पारगमन के विषय में बतलाता है।

$$f_g(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\frac{-(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

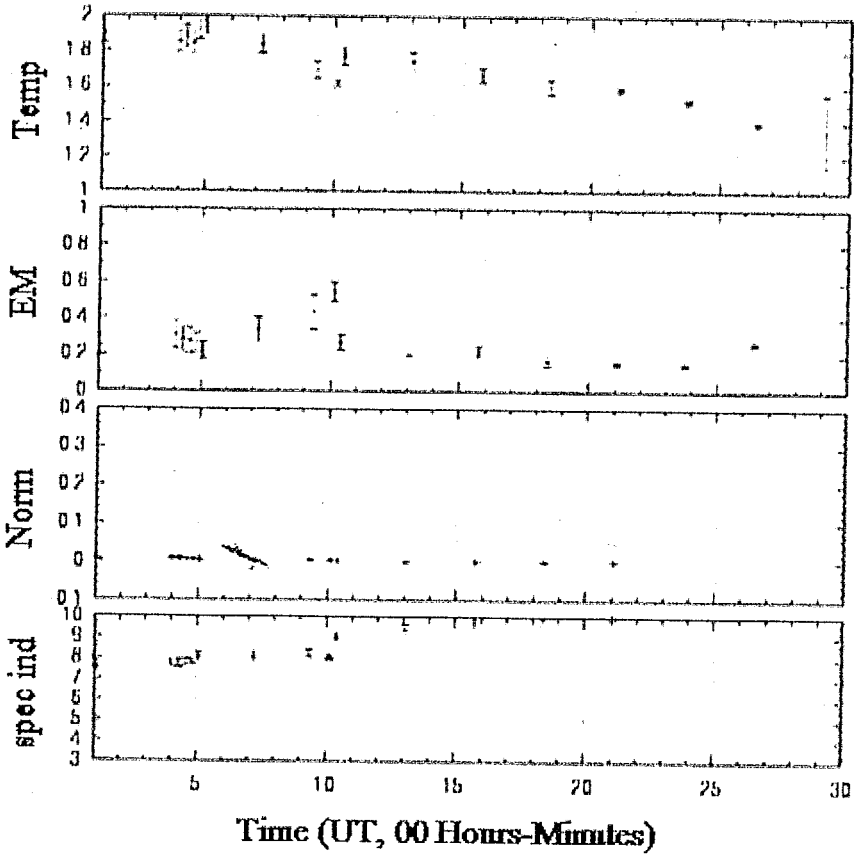
जहाँ σ : मानक विचलन, a : माध्य

तथा हमने B, C, M, X वर्गों की ज्वालाओं का अध्ययन करके इनके अलग परिमापों से सूर्य की गतिविधियों का पता लगाने की कोशिश की है। हर परिमाण ज्वाला वर्गों के साथ बदलता है, जो यह बतलाता है कि एक ज्वाला में सूर्य के अंदर कितनी क्रियायें होती हैं। प्रस्तुत कार्य में विशेषत: M2.4 वर्ग की ज्वाला का अन्वेषण किया गया है । इससे उपलब्ध परिणाम इस प्रकार है । (चित्र : 3)

- M वर्ग की सभी ज्वालाओं में तापमान ह्रास के साथ उत्सर्जन मानदंड में वृद्धि देखी गयी । यह विकिरण एवं संघनन द्वारा प्लाज़्मा के ठंडे होने पर, कणों के घनत्व की बढ़ोत्तरी की ओर इंगित करता है ।
- ज्वाला चढ़ाव के समय तापीय फ्लक्स, ज्वाला ह्रास अवस्था की अपेक्षा अधिक देखा गया । यह ज्वाला ह्रास के समय प्लाज़्मा के ठंडे होने की प्रक्रिया बतलाता है ।
- ज्वाला ह्रास अवस्था में कुल फ्लक्स में गिरावट के साथ spectral index भी तीव्र हो जाता है । यह अतापीय फ्लक्स की गिरावट बतलाता है ।

शेष ज़्वालाओं से उपलब्ध परिणाम इस प्रकार हैं :-

- B वर्ग से X वर्ग में अधिकतम तापमान 0.7 kev से 3 kev तक बढ़ता देखा गया ।
- सभी वर्गों में तापमान बढ़ने पर उत्सर्जन मानदंड में गिरावट देखी गई ।
- सभी ज़्वालाएं E<25 kev तक हार्ड X-ray तथा स्ट्रांग Fe XXVI लाइन्स उत्सर्जित करती हैं ।



चित्र 3 : M2.4 वर्ग की ज्वाला के विभिन्न परिमाणों का समय के साथ बदलाव

- हर वर्ग में Fe XXVI तथा Fe/Ni लाइन अवश्य देखी गई ।
- उच्च ऊर्जा क्षेत्र में स्पेक्ट्रा तीव्र होता जाता है जो कि ऊर्जा फोटॉन की कमी बतलाता है ।

इस पूरे अध्ययन को सशक्त करने हेतु, विभिन्न वर्गों की और ज़्वालाओं का अध्ययन करना अनिवार्य है ।

निष्कर्ष

सूर्य के भीतर घटने वाली प्रक्रियाओं को समझने हेतु RHESSI उपग्रह से उपलब्ध अलग-2 वर्ग की सौर ज़्वालाओं की जानकारी का अध्ययन किया गया है । विभिन्न परिणामों की सहायता से तापीय एवं अतापीय प्रक्रियाओं की जानकारी, समय के साथ कुल ऊर्जा एवं ऊर्जा इकाइयों में होने वाले बदलाव का अध्ययन कर प्रत्येक वर्ग के मुख्य पहलुओं का वर्णन किया गया है । इसमें M2.4 वर्ग ज़्वाला का अध्ययन मुख्य है ।

लिडार एवं प्रकाशीय उपकरणों से वायुमंडलीय अध्ययन

सोम कुमार शर्मा
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

आबू पर्वत (माउन्ट आबू) में अरावली पर्वत श्रृंखला के सबसे उँचे शिखर गुरुशिखर पर सन 1993-94 में भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला की प्रकाशीय वायुमंडलीय विज्ञान प्रयोगशाला की स्थापना की गयी थी । इस वायुमंडलीय प्रयोगशाला में विभिन्न प्रकार के वैज्ञानिक उपकरणों को प्रचालित कर वैज्ञानिक आंकड़े एकत्रित किये जाते हैं । पृथ्वी के वायुमंडल के विभिन्न क्षेत्रों जैसे आयनमंडल, समताप मंडल, मध्य मंडल व क्षोभ मंडल मे होने वाली विभिन्न विशिष्ट भू-भौतिकीय प्रक्रियाओं का अध्ययन विभिन्न प्रकार के सुदूर संवेदी (Remote Sensing) उपकरणों की सहायता से किया जा रहा है । मुख्यतया एक शक्तिशाली लिडार (लेजर रेडार), पृथ्वी के मध्य मंडल के तापमान की उर्ध्व संरचना प्रदान करता है इसके साथ-साथ दिन-रात प्रकाशमापी, तथा स्पेक्ट्रोमीटर की सहायता से आयनमंडल मे होने वाली जटिल प्रक्रियाओं का अध्ययन किया जाता है । पृथ्वी के 90 किमी. की उँचाई पर सोडियम की परत पायी जाती है, इसके अध्ययन के लिये हमारी प्रयोगशाला में सोडियम फोटोमीटर का लगातार संचालन किया जाता है ।

उपरोक्त उपकरणों के साथ-साथ पृथ्वी के सतह के समीप विभिन्न अल्पसंख्यक गैसों (Trace Gases) का स्वचालित उपकरणों की सहायता से अध्ययन किया जा रहा है । ओजोन (O_3) एक महत्वपूर्ण अल्पसंख्यक गैस है इसके साथ-साथ नाइट्रोजन के आक्साइड (NO_x) तथा CO का भी दिन-रात मापन तथा अध्ययन किया जा रहा है । पिछले कई वर्षों से ऐरोसोल (सूक्ष्म धूल कण) की भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रियाओं के अध्ययन के लिये ऐरोसोल सैम्पलर से धूल कण एकत्रित किये जाते हैं । तदुपरान्त उनका रासायनिक विश्लेषण करके उनके प्रभावों तथा उत्पादन स्रोतों आदि का भी अध्ययन किया जा रहा है । प्रस्तुत लेख गुरुशिखर स्थित वायुमंडलीय विज्ञान प्रयोगशाला में होने वाले वैज्ञानिक कार्यकलापों तथा अध्ययनों को संक्षिप्त रूप में प्रस्तुत किया गया है ।

प्रस्तावना

पी.आर.एल. के वैज्ञानिकों ने माउंट आबू के निकट स्थित सबसे उँचे शिखर गुरुशिखर, पर एक खगोलीय वेधशाला का शुभारम्भ अस्सी के दशक में किया था । वैज्ञानिक गतिविधियों को आगे बढ़ाते हुये सन 1994 में खगोलीय वेधशाला के निकट एक बहु आयामी वायुमंडलीय प्रयोगशाला बनाई गयी । इस में विभिन्न प्रकार के प्रकाशीय सुदूर संवेदी उपकरणों के साथ-साथ सेम्पलर को सतत रूप में चलाया जा रहा है। गुरुशिखर स्थित प्रयोगशाला को विभिन्न उपकरणो के साथ चित्र-1में दर्शाया गया है।

माउंट आबू से वायुमंडलीय अध्ययन सर्वप्रथम सन पचास के दशक में डाब्सन स्पेक्ट्रोमीटर से ओजोन के मापन से प्रारंभ हुआ था । क्रमश: अन्य प्रकाशीय उपकरणों की स्थापना और प्रचालन हुआ । गुरु शिखर का चुनाव, अधिकाधिक बादल रहित दिन व रातों के होने से सर्वथा उचित पाया गया तथा दूसरा वैज्ञानिक कारण है कि वहाँ पर प्रदूषण कम है तथा उँचाई पर स्थित होने की वजह से एयर मास भी कम हो जाता है अत: प्रकाशीय आंकडें की तीव्रता अधिक रहती है । वस्तुत:, अति क्षीण प्रकाशीय संवेदों की भी हमारे वैज्ञानिक उपकरण आसानी से माप लेते हैं । हमारी वायुमंडलीय प्रयोगशाला में एक अति शक्ति शाली लिडार जिसे लेजर रेडार के नाम से भी जाना जाता है, सन 1997 से लगातार प्रचलित है जिससे पृथ्वी के वायुमंडल के मध्य मंडल में होने वाली विभिन्न भू-भौतिकीय प्रक्रियाओं का अध्ययन किया जाता है । आयनमंडल के अध्ययन के लिए पी.आर.एल. जनित फोटोमीटर तथा स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग किया जाता है । साथ-साथ भू-चुम्बकीय आकड़ों के लिये मैग्नोमीटर का उपयोग किया जाता है । यदि पृथ्वी की सतह की वायु की चर्चा करें तो अल्पसंख्यक गैसें ग्लोबल तापन के लिये उत्तरदायी हैं अत: विभिन्न प्रकार के उपकरणों से O_3, NO_x तथा CO आदि अल्प संखीय गैसों का चौबीसों घंटे मापन व अध्ययन किया जाता है । पृथ्वी के वायुमंडल में धूल कण जिन्हें सामान्यतया ऐरोसोल कहा जाता है, इनकी भौतिक तथा रासायनिक अवस्थाओं का भी अध्ययन हमारी प्रयोगशाला में एक स्वचलित जलवायु स्टेशन प्रचलित है । प्रस्तुत लेख में उपरोक्त अध्ययनों की एक संक्षिप्त झांकी प्रस्तुत की गयी है। पृथ्वी के वायुमण्डल के तापमान का उर्ध्व ग्राफ (पूरी रेखाओं से) तथा ग्लोबल तापमान से होने वाले संभवित बदलावों को टूटी रेखाओं से चित्र-2 में दर्शाया गया है।

लिडार द्वारा वायुमंडलीय अध्ययन

लिडार (LIDAR) प्रकाश क्षेपण और दूरी मापन (Light Detection And Ranging) का संक्षिप्त रूप है । सिद्धांत के आधार पर यह

रेडार के समतुल्य है परन्तु यह प्रकाशीय तरंगदैर्ध्य की रेंज में कार्य करता है । लिडार में शक्तिशाली लेजर किरणों का उर्ध्व प्रसारित किया जाता है तथा पश्च प्रकर्णित आकड़ों को विशालकाय दूरबीनों की सहायता से एकत्रित किया जाता है ।

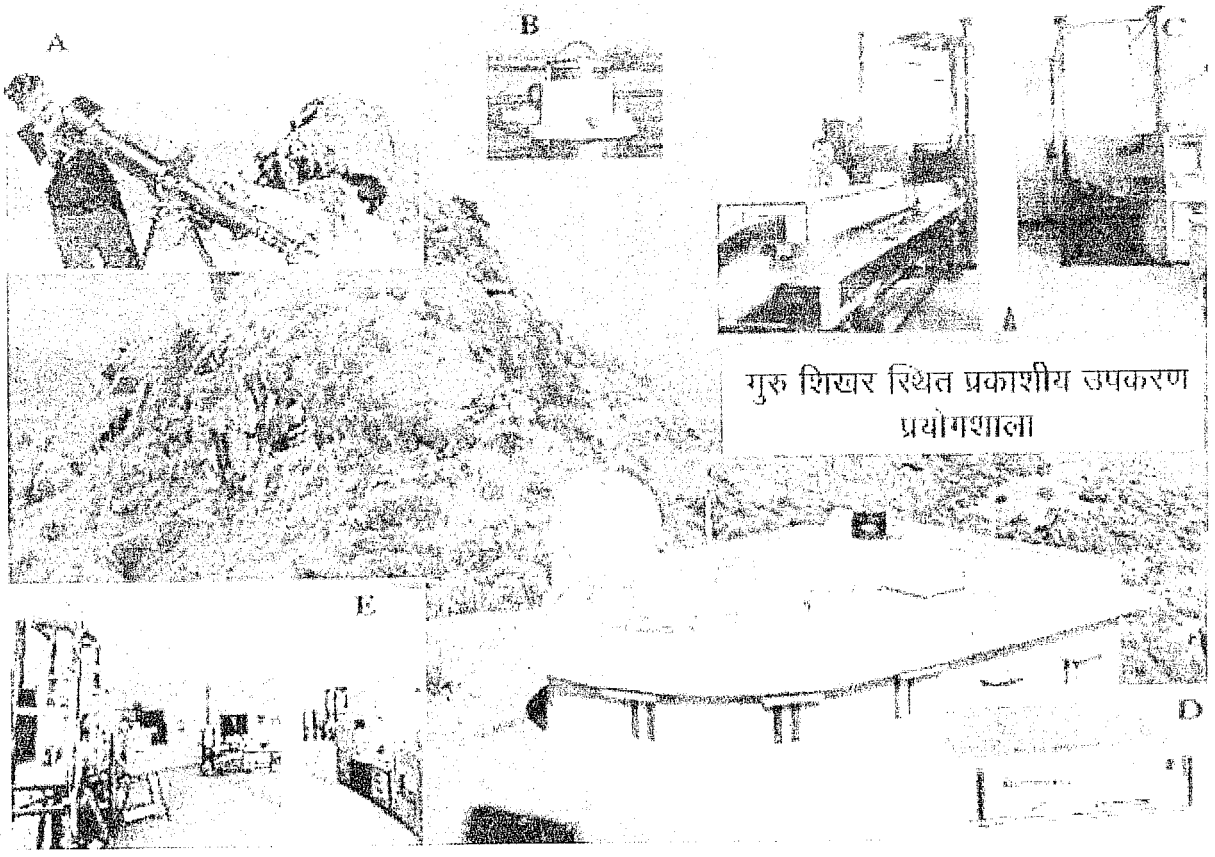
एकत्रित आकड़ों से पृथ्वी के वायुमंडल के घनत्व में होने वाले बदलावों तथा घनत्व के वितरण से तापमान के वितरण का आकलन किया जाता है । तापमान में होने वाले बदलाव अत्यधिक महत्वपूर्ण होते हैं क्योंकि तापमान में परिवर्तन भौतिक तथा रासायनिक बदलावों तथा तरंगों के संचरण आदि को प्रभावित करता है । अत: तापमान के अध्ययन से उपरोक्त घटकों का भी अध्ययन किया जा सकता है ।

पृथ्वी के वायुमंडल के मध्य मंडल में विभिन्न घटना परक प्रक्रियाएं भी होती हैं जैसे अचानक डबल स्ट्रेटोपास (Double Stratopause) तथा मेसोस्फेरिक टेम्परेचर इनवर्जन (Mesospheric Temperature Inversion) । माउंट आबू स्थिति लिडार से उपरोक्त घटना परक प्रक्रियाओं का भी अध्ययन किया गया है । डबल स्ट्रेटोपास तथा मेसोस्फेरिक तापमान इनवर्जन के कुछ उदाहरण चित्र-3 में दर्शाये गये हैं।

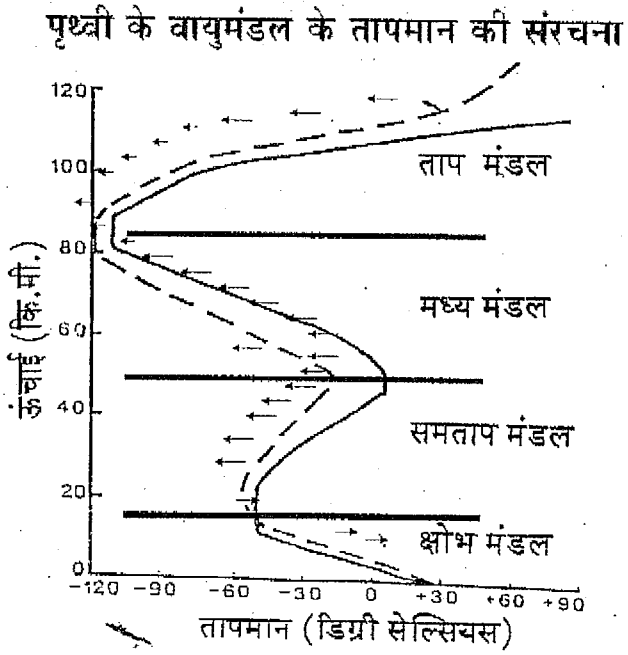
पिछले 11 वर्षों के तापमान के आकड़ों से दीर्घकालिक बदलावों के अध्ययन में पाया गया है कि Stratosphere तथा Mesosphere के तापमान में क्रमश: कमी हो रही है जबकि ट्रोपोस्फेयर (Troposphere) में तापमान बढ़ रहा है जिसे सामान्य भाषा में ग्लोबल तापन (Global warming) के नाम से जाना जाता है । जिसको चित्र (2) में दर्शाया गया है।

प्रकाशीय उपकरणों से आयनमंडलीय अध्ययन

पी.आर.एल. की वायुमंडलीय प्रयोगशाला में विभिन्न प्रकार के सूदूर संवेदी, अति संवेदनशील उपकरणों से आयनमंडल के विभिन्न भागों का अध्ययन किया जाता है । प्रकाशीय फोटोमीटर तथा स्पेक्ट्रोमीटर से आयनमंडल के घनत्व में होने वाले बदलावों, विशिष्ट प्रक्रियाओं जैसे स्प्रेड-F आदि घटनाओं का विस्तुत अध्ययन किया जा रहा है । पृथ्वी के वायुमंडल में लगभग 90 किमी. की उँचाई पर सोडियम की एक परत पायी जाती है इसके अध्ययन के लिये हमारी प्रयोगशाला के वैज्ञानिकों ने एक सोडियम फोटोमीटर का निर्माण किया है तथा उसको लगातार माउंट आबू से चलाकर सोडियम की परत में होने वाले बदलाव का अध्ययन कर रहे हैं ।



चित्र 1 : गुरुशिखर स्थित वायुमंडलीय प्रयोगशाला का भव्य चित्र (A) आल स्काई चितक (B) UV रेडियोमीटर (C) लिडार प्रयोगशाला (D) ओजोन विश्लेषक (E) प्रकाशीय ऐरोनोमी प्रयोगशाला (स्रोत - शर्मा एवं सिंहा, 2005)



चित्र 2 : पृथ्वी के वायुमण्डल के तापमान की उर्ध्व संरचना (पूरी रेखा से दर्शाया गयी है) सामान्य स्थिति में। ग्लोबल तापन तथा शीतलन के प्रभाव को टूटी रेखाओं से दर्शाया गया है

अल्प संख्यक गैसों का अध्ययन

गुरुशिखर स्थित प्रयोगशाला से ओजोन O_3 तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड (NO_x) का सतत अध्ययन स्वचालित विश्लेषकों द्वारा किया जाता है । कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) एक अति महत्वपूर्ण तथा विषैली अल्पसंख्यक गैस है तथा हमारे तथा हमारे वातावरण के लिये अत्यंत हानिकारक है । इसके सतत मापन के लिये अति संवेदनशील विश्लेषकों का उपयोग किया जाता है और सभी गैसों का एक-दूसरी गैस पर पड़ने वाले प्रभावों का भी अध्ययन किया जाता है ।

ऐरोसॉल का भौतिक तथा रासायनिक अध्ययन

पृथ्वी के वायुमंडल में उपस्थित धूल तथा अन्य सूक्ष्म कणों को एरोसॉल के नाम से जाना जाता है । ये ऐरोसॉल हमारी जलवायु के लिये अत्यन्त महत्वपूर्ण होते है । बादलों के बनने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं तथा पृथ्वी के विकिरण संतुलन को बहुत प्रभावित करते हैं । साथ-साथ अति सूक्ष्म कण श्वास के साथ फेफड़ों में पहुँच कर अत्यन्त हानिकारक प्रभाव डालते हैं ।

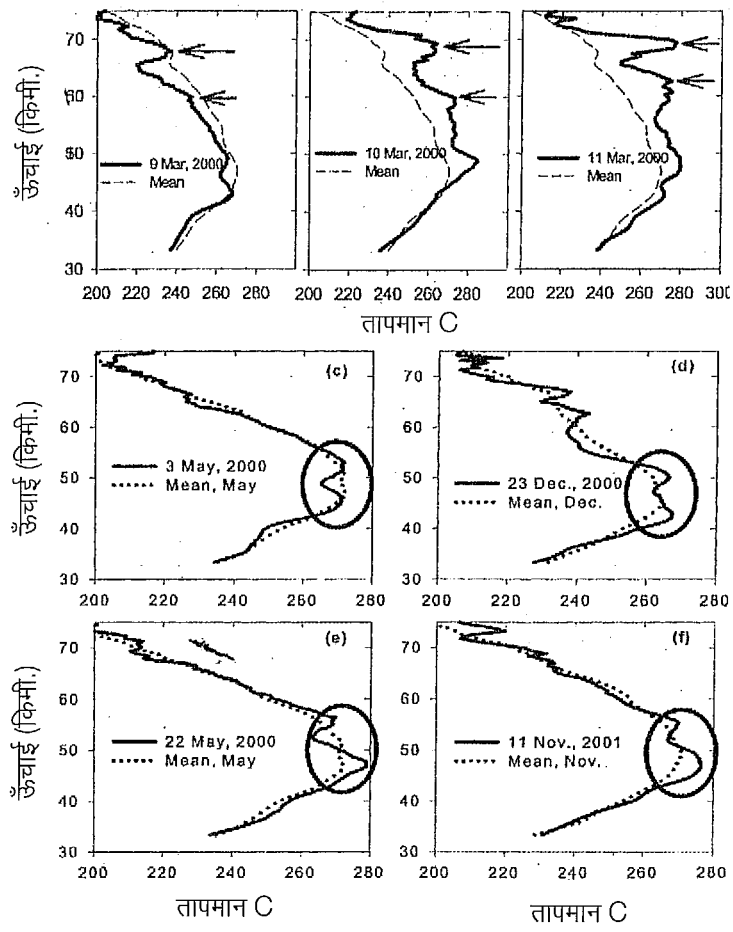
गुरु शिखर से हम लिडार की सहायता से इनके Extinction Profile निकालते हैं जिसमें यह विदित होता है कि किस उँचाई पर कितने ऐरोसोल हैं तथा अन्य उपकरणों से इनकी सांद्रता तथा घनत्व का बोध होता है । ऐरोसोल के रासायनिक संघटन के अध्ययन के लिये ऐरोसोल सैम्पलर से इनको एकत्रित कर इनका रासायनिक विश्लेषण किया जाता है जिससे हमें अत्यन्त महत्वपूर्ण जानकारी जैसे कि ऐरोसॉल मानव जनित प्रक्रियाओं से अधिक उत्पन्न हुये या फिर प्राकृतिक प्रक्रियाओं जैसे (धूल भरे तूफान आदि) आदि का अधिक योगदान है तथा किस दिशा और जगह से यह ऐरोसोल Transport होकर वायु के साथ आये आदि की वैज्ञानिक जानकारी प्राप्त की जाती है ।

निष्कर्ष एवं उपसंहार

गुरु शिखर स्थित वायुमंडलीय प्रयोगशाला में विभिन्न प्रकार के प्रकाशीय व अन्य उपकरणों का सतत: प्रचालन किया जा रहा है । इन यंत्रों से पृथ्वी की सतह से आयनमंडल तथा अंतरिक्ष जलवायु तक के क्षेत्रों का विस्तुत अध्ययन किया जा रहा है । पृथ्वी के वायुमंडल में होने वाले बदलाव क्रमश: होते जा रहे है । इनके होने की प्रक्रिया काफी धीमी है परन्तु धीमे-धीमे यह अत्यन्त खतरनाक स्थिति तक पहुँचते जा रहे हैं जैसे ग्लोबल तापन, बढ़ता प्रदूषण, जलवायु में होने वाले अप्राकृतिक बदलाव, कहीं अधिक वर्षा होने से बाढ़ का प्रकोप तो कहीं भयावह सूखे की स्थिति । ये सब प्राकृतिक असंतुलन मुख्यतया मनुष्य जनित हैं जो हम सब जानते हुये अनजान बने हुये हैं । अत: मै यह भी कहना चाहूँगा कि उपरोक्त चर्चित वैज्ञानिक अध्ययन हमारे लिये हमारी जलवायु के लिये अत्यन्त महत्वपूर्ण हैं तथा ये अध्ययन इन बदलावों की वैज्ञानिक स्थिति को दर्शाने में महत्वपूर्ण योगदान कर रहे है । अब यह हम सब की जिम्मेवारी है कि अपने वायुमंडल को बचायें और आने वाली भावी पीढियों को एक अच्छा सुहावना एवं सन्तुलित वातावरण प्रदान करने का मिलजुल कर प्रयास करें ।

आभार

लेखक पी.आर.एल. के वैज्ञानिकों प्रो.एम.एम. सरीन, प्रो.आर. शेखर, प्रो.श्याम लाल, डॉ. डी. चक्रवर्ती, श्री वेंकटरमणी, श्री आर. नारायण, तथा के.एस. मोढ़, श्री विन्ची भाई तथा हमारे प्यारे छात्र तथा पीडीएफ,



चित्र 3 : लिडार द्वारा माउंट आबू में मापे गये मेसोस्फेरिक तापमान इनवर्जन तथा डबल स्ट्रेटोपास के कुछ विशिष्ट उदाहरण

श्री सनत दास, श्री सुमान्तो सरखेल, सुश्री सुचिता, सुमिता, डॉ. नीरज (आजकल अमेरिका में), श्री अश्विनी आदि का बहुत-बहुत आभारी है । इन सभी के साथ-साथ पी.आर.एल. के अन्य लोगों का गुरुशिखर प्रयोगशाला को सुचारु रूप से चालन में महत्वपूर्ण योगदान है । मैं इन सभी का आभार व्यक्त करता हूँ जिन्होंने प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से प्रयोगशाला के संचालन, उपकरणों के रख-रखाव तथा आकड़ों के संग्रहण मे महत्वपूर्ण भूमिका निभायी है ।

संदर्भिका

1. सिन्हा एवं अन्य, इंडियन जनरल ऑफ स्पेस फिजिक्स, 25, 44 (1996)
2. जयरमन एवं अन्य, एप्लाइड आप्टिक्स, 34,6937 (1995)
3. हरीश चन्द्र एवं अन्य, जे.आई.जी.यू. (2005)
4. सोम शर्मा एवं अन्य, एडवांस स्पेस रिसर्च (2006)
5. नाजा एवं अन्य, एटमोस्फियरिक इनवायरनमेंट, 37, 4205 (2003)
6. सिंह एवं अन्य, अर्थ प्लेनेट एंड स्पेस, 52, 579 (2000)
7. लाल, एटमोस्फेरिक इनवायरनमेंट, 34, 2713 (2000)
8. रस्तोगी, एटमोस्फेरिक इनवायरनमेंट, 39, 5541 (2005)
9. चक्रवर्ती एवं अन्य, जे.जी.आर. (2005)
10. शर्मा एवं सिन्हा, बी.एस.आई, (2005) 33, 259.

अंतराग्रहीय अभियान में तापीय अभिकल्पना और विश्लेषणों की आवश्यकता

संदीप र. सोमाणी, वी.एस. जगदीश, प्रशांत दास
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद

सारांश

अंतराग्रहीय अभियान में ताप नियंत्रण, तापीय अभिकल्पना और विशलेषण की अत्यन्त आवश्यकता है। तापीय विश्लेषण का उद्देश्य इष्टतमीकृत तापीय अभिकल्पनाओं को प्राप्त करना है। तापीय अभिकल्पना का उद्देश्य नीतभार के विविध प्रकार के अभियान मे उपतंत्र के ताप अनुकूलित पर्यावरण को प्राप्त करना है।

मूल तापीय अभिकल्पना में, कक्षीय पर्यावरण के अनुसार विविध उपतंत्रों के विभिन्न घटकों का अनुकूल तापमान प्राप्त किया जाता है। आज कल विविध देशों में प्रौद्योगिकी की प्रगति के कारण अंतराग्रहीय अभियान और गहन अंतरिक्ष का अन्वेषण व्यापक रूप से किया जा रहा है।

इस पत्र में अंतराग्रहीय अभियान में ताप नियंत्रण की आवश्यकताओं का विवरण दिया गया है। चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा का ताप नियंत्रण तापीय अभिकल्पना के उदाहरण के रूप मे प्रस्तुत किया गया है।

परिचय

अंतराग्रहीय अभियानों में अभियान के नीतभार का चलन पथ, अंतरिक्ष यान में नीतभार के निर्धारित स्थान और नीतभार के परिवेशों के प्रभावों को ताप अभिकल्पना में सम्मिलित किया जाता है ।

नीतभार की तापीय अभिकल्पना, ताप नियंत्रण और ताप वियोजन (isolation) के ऊपर आधारित है। इसके द्वारा नीतभार के विविध प्रवस्थाओं और स्थानों में तापमान को नियंत्रित किया जाता है।

अंतराग्रहीय अभियानों की स्थिति के अनुसार नितभार मे सक्रिय ताप नियंत्रण अथवा निष्क्रिय ताप नियंत्रण विधि का उपयोग किया जाता है। वरणात्मक ताप नियंत्रण विधि के द्वारा नीतभार और अन्य उपतंत्रों के तापमान को नियंत्रण किया जाता है। इस तापीय अभिकल्पना को IDEAS सॉफ्टवेयर के द्वरा विश्लेषण किया गया है।

ताप नियंत्रण विधि

इसमें दो प्रकार की विधि के अनुसार ताप नियंत्रण किया जाता है

1. निष्क्रिय ताप नियंत्रण विधि
2. सक्रिय ताप नियंत्रण विधि

निष्क्रिय ताप नियंत्रण विधि

इस विधि मे चालन गुणधर्म, उत्सर्जकता, अवशोषणांक इत्यादि तापीय गुणधर्मों का नियंत्रण किया जाता है। इस विधि मे अचल घटकों का उपयोग किया जाता है। इस मे उपतंत्रों के अनुमत तापमान को कम उत्सर्जकता पट्टी, लेपन, तापीय कवच, अंतरालक (spacers) और बहु स्तर रोध (Multi Layer Insulation) इत्यादि उपकरणों के द्वारा नियंत्रित किया जाता है।

सक्रिय ताप नियंत्रण विधि

जहाँ निष्क्रिय ताप नियंत्रण विधि का उपयोग नही किया जा सकता है, उधर सक्रिय ताप नियंत्रण विधि का उपयोग किया जाता है। घटकों में उष्माभार परिवर्तनशील है। तापमान को तंग सीमाओं मे रखने के लिए भी इस विधि का उपयोग किया जाता है। सक्रिय ताप नियंत्रण विधि मे स्वचालित कमांड सिग्नल तापक (Heater), सौर खिड़की और ऊष्मा नाली/ऊष्मा प्रवाहिका (Heat Pipe) का उपयोग किया जाता है। आधुनिक प्रक्रियाओं मे द्रव बूंदक ताप नियंत्रण का उपयोग किया जाता है।

ताप वियोजन (Thermal Isolation)

ताप पृथक्करण या ताप वियोजन, के द्वारा एक उपतंत्र का प्रभाव दूसरे उपतंत्र के ऊपर कम करने के लिए या रोकने के लिए उपयोग किया जाता है। पेलोड डेक के साथ पेलोड का ताप वियोजन, ऊष्मा चादर (Thermal Blanket) और अंतरालक के द्वारा किया जाता है।

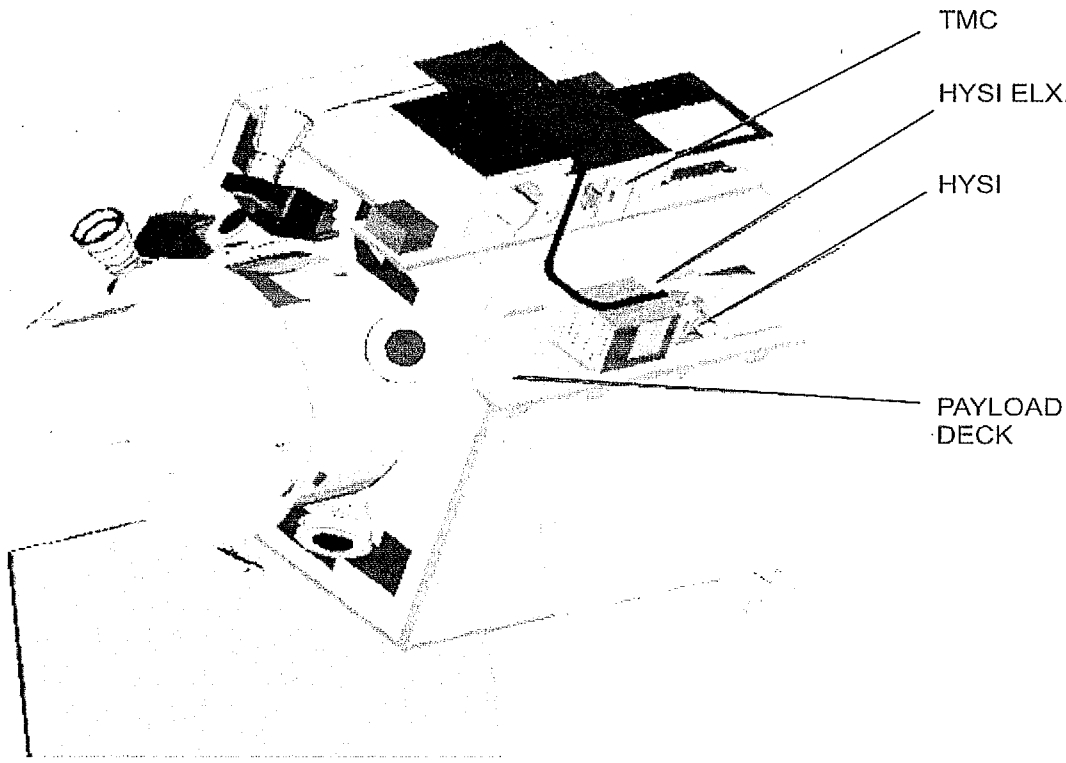
ताप नियंत्रण का उदाहरण

इस पत्र में चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा (Terrian Mapping Camera) के ताप नियंत्रण को उदाहरण के द्वारा प्रस्तुत किया गया है।

चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा

चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा का मुख्य उद्देश्य चंद्रमा के सतह का व्यवस्थित स्थलाकृतिक, समकालिक रसायनिक, खनिजीय एवं प्रकाशिकीय मानचित्रण प्राप्त करना है। चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा से प्राप्त तस्वीरों के द्वारा संपूर्ण चंद्र सतह का त्रिविमीय एटलस तैयार किया जाएगा।

चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा सतह का पुशब्रुम (Push Broom) विधा से सर्वावर्णी स्पेक्ट्रम अंतराल मे 100 कि.मी की चंद्रीय कक्षा से तस्वीर खींचेगा। चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा की मुख्य विशेषताए निम्न तरीके से है :



चित्र 1 : चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा - नीतभार डेक ऊपर

1.	स्थानिक प्रतिचयन (spacial sampling)	5 x 5 वर्ग मीटर
2.	प्रचालन ताप सीमा	$20 \pm 10^{\circ}$
3.	विद्युत खपत	1.8W
4.	भार	6.3 कि.ग्रा.

चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा का स्थान निर्धारण चित्र-1 और उपतंत्र चित्र-2 में दिखाई गई है। चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा, चंद्र के ऊपर सौर परावर्तित/प्रकीर्ण विकिरण (reflected radiation) का माप करेगा।

तापीय अभिकल्पना

चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा के तापीय निदर्श मे TMC के निम्न मुख्य उपतंत्रों (चित्र - 2) को सम्मिलित करके विश्लेषण किया गया है।

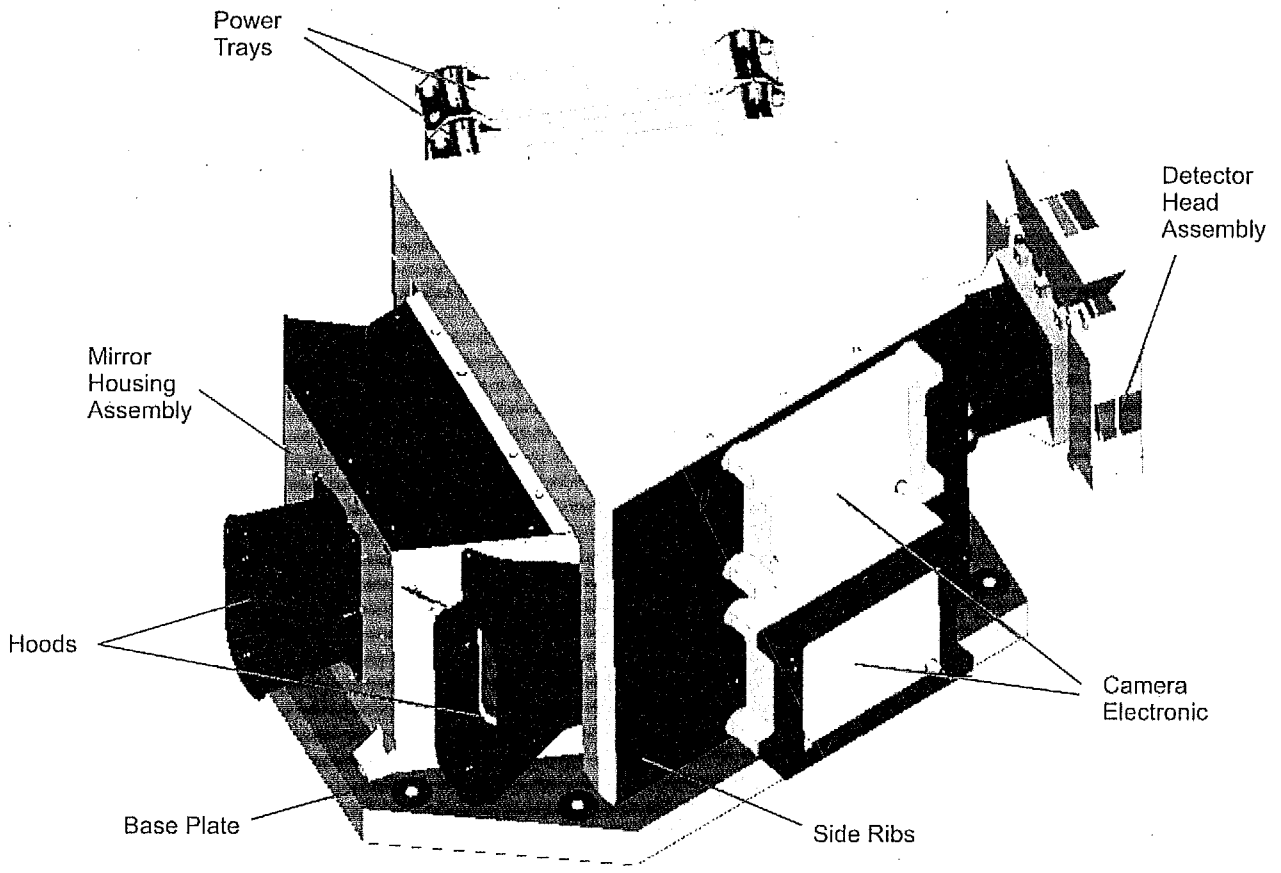
1. कैमरा इलेक्ट्रोनिक्स (Camera Electronics)
2. प्रकाशी अवयव (Optical Elements)
3. संसूचक तंत्र (Detector Assembly)
4. दर्पण संरक्षण कोडांतरण (Mirror Housing Assembly)

TMC की तापीय अभिकल्पना निम्न तरीके से की गई है

1. TMC को सूर्याविमुखी डेक (AntiSS) से टैटानियम वाशर के सहायता से वियोजन किया गया है।
2. 5-बहु स्तर रोध चादर (Multi layer insulation blanket) को नीतभार के आधार संरचना और AntiSS डेक के बीच मे उपयोग किया गया है।
3. तापीय कवच (Thermal Shield) से LLRI & TMC को परिरक्षण किया गया है क्योंकि LLRI & TMC को एल्युमिनियम छत्ताकार पैनल से बनाया गया है।
4. परिरक्षण तापीय कवच के ऊपर विकिरक (Radiator) को छत्ताकार पैनल से वियोजन किया गया है।
5. धात्विक पृष्ठ (Metallic Surfaces) को काला लेपन किया गया है।
6. कैमरा के चंद्र दृश्यन पृष्ठ को 15 स्तर MLI से और अन्य पृष्ठ को एल्युमिनियम मैलार चादर से आच्छादित किया गया है।
7. 4-निर्धारित स्थानों पर तापक (heater) को लगाया है। (कुल पवर-9 वाट अगर नीतभार प्रचालन नून-मिडनैट कक्षा में)
8. प्रात: - अस्तमय (Dawn - Dusk) कक्षा मे प्रचालन करने के लिए अन्य तापक पावर का उपयोग करना चाहिए।

TMC का निदर्श

ज्यामितीय निदर्श के सहायता से परिमित अवयव निदर्श को तैयार



चित्र 2 : चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा -उपतंत्र

किया गया है। इस निदर्श को I-DEAS TMG सॉफ्टवेयर पैकेज मे उपतंत्र स्तर पर, परिवेश के साथ तापीय विश्लेषण किया गया है। चालन और तापीय क्षय के परिसीमा शर्त उपयुक्त स्थानों मे अनुप्रयुक्त करके क्षणिक विश्लेषण (Transient Analysis) किया गया है।

तापीय विश्लेषण

इस विश्लेषण मे चंद्र भू-भाग को सम क्षेत्रों में विभाजित किया गया है।

तापीय विश्लेषण मे विविध मूल्य इस प्रकार हैं

IR अभिवाह	-	1296 वाट / वर्ग मी
तिमिर प्रदेश अभिवाह	-	6.5 वाट / वर्ग मी
सूर्य अभिवाह	-	1353 वाट / वर्ग मी
एल्बिडो	-	0.73
कक्षा समय	-	118 मिनट

इस विश्लेषण में दो प्रकार के दर्पण संरक्षण कोडांतरण (MHA) का विश्लेषण किया गया है। प्रथम विश्लेषण मे एल्युमिनियम और द्वितीय विश्लेषण मे CFRP का दर्पण संरक्षण कोडांतरण से तापमान समीक्षात्मक अवयवों के ऊपर आकलन किया गया है।

अंतरिक्षयान की कक्षा

TMC को सूर्या-विमुख डेक के ऊपर स्थापित किया गया है। TMC केनिकट शीर्ष डेक (top deck) की तरफ LLRI को और तल डेक (bottom deck) की तरफ MMM को स्थिर किया गया है।

चंद्रयान-1 की कक्षा, चंद्र सतह से 100 कि.मी धृवीय कक्षा (polar orbit) में स्थिर है और कक्षा समय 118 मिनट है।

चंद्र की सतह के तापमान मे विभिन्नता और भूमि, चंद्र और सूर्य की सापेक्ष गति (relative motion) के कारण तापीय विश्लेषण बहुत क्लिष्ट प्रक्रिया है। इसलिए दो नितांत (extreme) परिस्थितियों मे विश्लेषण किया गया है।

1. नून-मिडनाइट कक्षा (Noon- Midnight NM- ORBIT) (सूर्य सदिश- स्पेसक्राफ्ट कक्षा तल के समांतर दिशा में)
2. प्रातः - अस्तमय (Dawn- Dusk DD- ORBIT) कक्षा (सूर्य सदिश- स्पेसक्राफ्ट कक्षा तल के अभिलंब दिशा में)

निष्कर्ष

1. इस पत्र मे अंतराग्रहीय अभियानों मे ताप नियंत्रण और ताप वियोजन को प्राधान्य दिया गया है।
2. तापमान नियंत्रण की विधियों का परिचय दिया गया है।
3. उपरोक्त तापमान नियंत्रण विधियों का उपयोग करके चंद्रयान - TMC नीतभर का तापमान नियंत्रण किया गया है।
4. विश्लेषण में यह पाया गया है कि, TMC के सभी घटकों का तापमान निर्दिष्ट सीमाओं के अंदर है।

आभार

हम, ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. एफ. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी हैं, जिनकी मदद से यह लेख पूर्ण कर सके।

संदर्भिका

1. क्रिटिकल डिजैन रिपोर्ट ऑफ थर्मल कंट्रोल सिस्टमस फॉर चंद्रयान-1 पेलोडस (टी.एम.सी / एचवै.एस.ऐ)- संदीप र. सोमानी, प्रशांत दास, एस.टी.ए.एफ.-2007
2. इन्ट्रोडक्शन टू फैनैट एलिमेंट मेथड - देशाई / एबेल - सी बी एस पब्लिकेशन्स एंड डिस्ट्रिब्यूटर्स नई दिल्ली - 2005
3. चंद्र भू-भाग मानचित्रण कैमरा : चंद्रयान-1 का उच्च विभेदी त्रिविमीय यंत्र- बी.एन.शर्मा, अरूप राय चौधरी, तकनीकी सेमिनार-सैक-2009
4. डिजाइन आफ जियो सिंक्रोनस सैटेलाइट - बी. एन. अग्रवाल

दूर संवेदन द्वारा चंद्रमा पर शैलों के वर्गीकरण की नयी विधि

दीपक ढींगरा
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

किसी भी ग्रह के भू-वैज्ञानिक विकास को जानने के लिए, वहाँ पर विद्यमान शैलों के प्रकार एवं विभिन्न इलाकों में उन शैलों के वितरण को जानना आवश्यक है । यह जानकारी किसी भी भू-वैज्ञानिक शोध के लिए प्राथमिक जरूरत है । चंद्रमा के उद्‌गम और विकास का इतिहास भी वहाँ की शैलों में छुपा है । प्रस्तुत लेख में शैलों के प्रकार एवं विस्तार को जानने के लिए विकसित, एक नई विधि का विवरण है ।

प्रस्तावना

1960 के दशक से लेकर आज तक भेजे गये विभिन्न चंद्र अभियानों से एकत्रित जानकारी के आधार पर हम जानते हैं कि पृथ्वी की तरह चंद्रमा पर भी विभिन्न प्रकार की शैलें पायी जाती हैं । इस जानकारी के आधार पर चंद्रमा की वर्तमान संरचना एवं उसके भूतकाल से आज तक के विकास को प्रदर्शित करने वाले Model बनाये गये हैं । लेकिन ये काफी नहीं हैं । चंद्रमा पर बहुत ही सीमित स्थानों से शैलों के नमूने उपलब्ध हैं इसलिए संपूर्ण चंद्रमा के बारे में जानने के लिए उसका दूर संवेदन द्वारा अध्ययन एकमात्र उपाय है । भूतकाल में कई उपग्रहों ने चंद्रमा की सतह की जानकारी एकत्रित की है । वैज्ञानिकों ने चंद्रमा की सतह से परावर्तित प्रकाश का अध्ययन कर 11 विभिन्न प्रकार की शैलों का पता लगाया है (चित्र-1)।

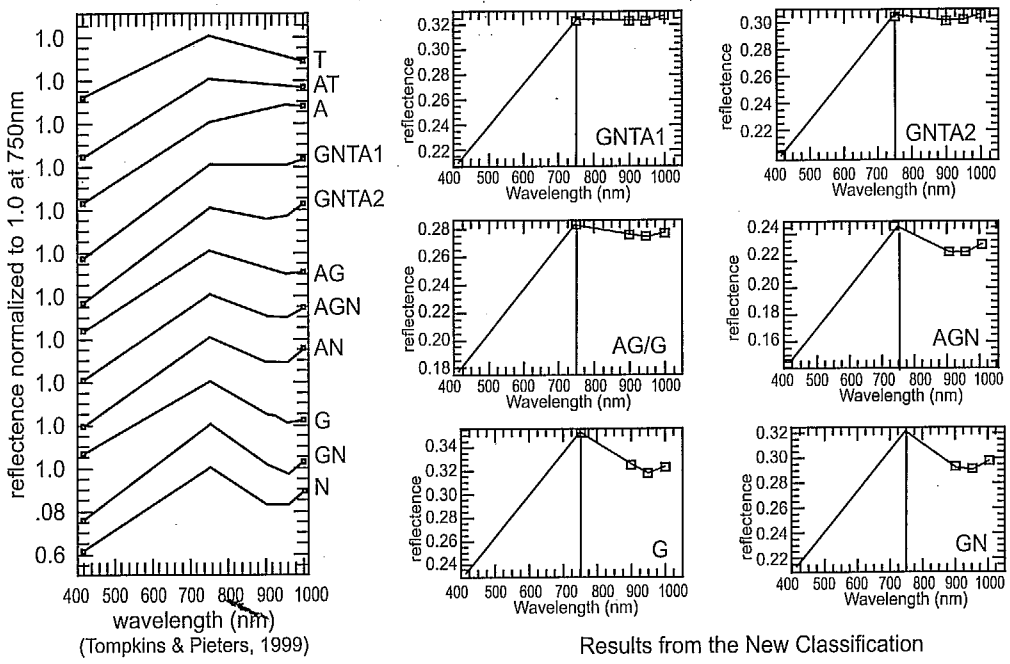
प्रत्येक शैल प्रकाश की विभिन्न तरंगों को अलग तरीके से अवशोषित या परावर्तित करती है । इस आचरण को तरंग तीव्रता क्रम या Spectral Reflectance Curve के रूप में दर्शाया जा सकता है । इन क्रमों के अध्ययन से हम शैल में विद्यमान खनिज एवं उनकी संरचना के बारे में भी जान पाते हैं । लेकिन चंद्रमा पर घटने वाली कई प्रक्रियाओं के फलस्वरूप यह जानकारी हांसिल कर पाना अत्यंत कठिन कार्य है । चंद्रमा पर चुम्बकीय क्षेत्र और वायुमण्डल के अभाव में ब्रह्मांड से आने वाली तरंगें एवं अतिसूक्ष्म उल्का, चंद्रमा की सतह को छूती हैं । इसके फलस्वरूप शैलों के स्वरुप का अपरदन होता है । इस प्रक्रिया को Space Weathering कहते हैं । चंद्रमा की सतह का अधिकतर हिस्सा इस प्रक्रिया से प्रभावित है । इसलिए शैलों की खनिज संरचना को विश्वसनीयता के साथ जानने के लिए बहुत सीमित इलाके बचे हैं ।

इन इलाकों के तरंग तीव्रता क्रमों का अध्ययन लाभकारी है । इससे उपलब्ध खनिज मिश्रण, रासायनिक संरचना और Space Weathering की जानकारी के आधार पर शैलों को पहचाना जा सकता है । साथ ही, यदि क्रमबद्ध तरीके से एक स्वचालित विधि विकसित की जा सके तो इसकी मदद से संपूर्ण चंद्रमा से उपलब्ध तरंग तीव्रता क्रमों का स्वचालित अन्वेषण संभव हो पाएगा । क्रमशः पूरे चंद्रमा पर शैलों के प्रकार और उनके वितरण की जानकारी मिल पाएगी । वैज्ञानिकों ने विभिन्न विधियाँ विकसित की हैं लेकिन अधिकतर विधियाँ किसी एक प्रकार की जानकारी जैसे रासायनिक संरचना या खनिज मिश्रण पर ही आधारित हैं । ये विधियाँ Clementine उपग्रह द्वारा प्रकाश की पाँच तरंगों में एकत्रित जानकारी का उपयोग करती हैं । इन विधियों से उपलब्ध परिणामों में प्रायः त्रुटियाँ देखी गई हैं ।

प्रस्तुत लेख में एक नई विधि का विवरण है । इसके अंतर्गत एक मिश्रित विधि या Hybrid Classification विकसित की गई है। इस विधि में रासायनिक संरचना, खनिज मिश्रण एवं Space Weathering जैसी जानकारियों का समावेश है जिससे शैलों के सही वर्गीकरण में सफलता मिली है ।

इस मिश्रित विधि का विकास ENVI सॉफ्टवेयर की मदद से किया गया है । इस प्रक्रिया में सर्वप्रथम Clementine उपग्रह द्वारा एकत्रित जानकारी से तरंग तीव्रता क्रम तैयार किये जाते हैं । तत्पश्चात् इनसे रासायनिक संरचना, खनिज मिश्रण एवं Space Weathering की जानकारी हासिल की जाती है । इसके अलावा कई अन्य मापदंड विकसित किये गये हैं जिनके आधार पर विभिन्न शैलों में भेद किया जा सके । इस संपूर्ण प्रक्रिया का संचालन एक वृक्ष की विभिन्न शाखाओं के रूप में प्रदर्शित किया जा सकता है । विभिन्न मापदंडों की एक श्रृंखला तैयार की जाती है जिसके आधार पर उपलब्ध जानकारी को वर्गीकृत किया जा सकता है ।

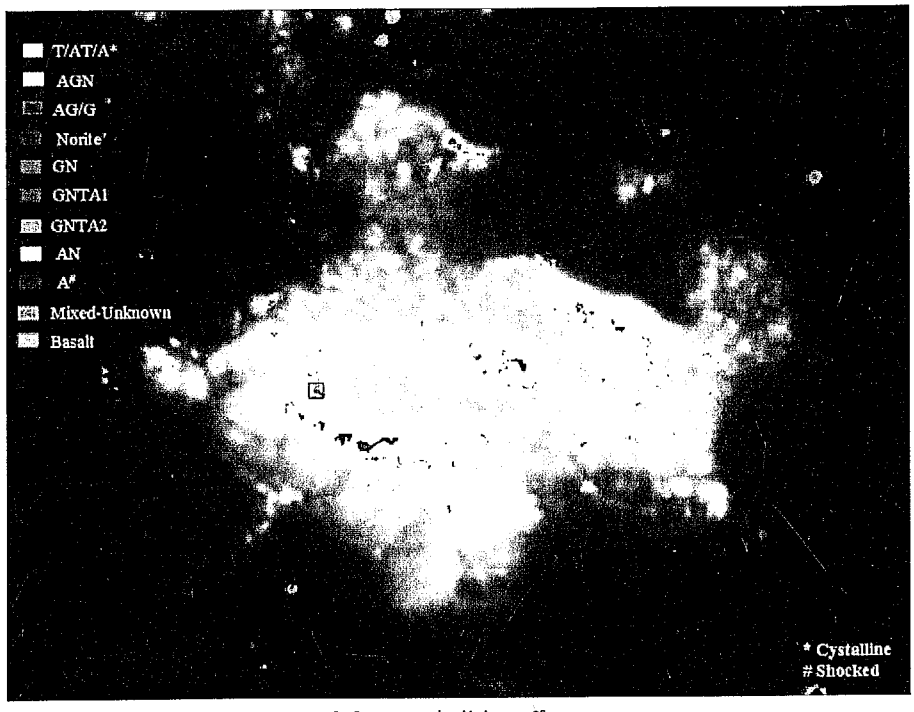
प्रत्येक मापदंड की कसौटी पर उपलब्ध जानकारी, मापदंड के अनुरूप या प्रतिरूप होगी । इन दो श्रेणियों में विभाजित जानकारी को क्रमबद्ध तरीके से विभिन्न मापदंडों के अनुसार क्रमशः और श्रेणियों में विभाजित किया जाता है । यह विभाजन तब तक चलता रहता है जब तक मापदंडों की श्रंखला खत्म न हो । इस प्रक्रिया के अंत में उपलब्ध श्रेणियाँ विभिन्न प्रकार की शैलों का प्रतिनिधित्व करेंगी । इस प्रकार हम



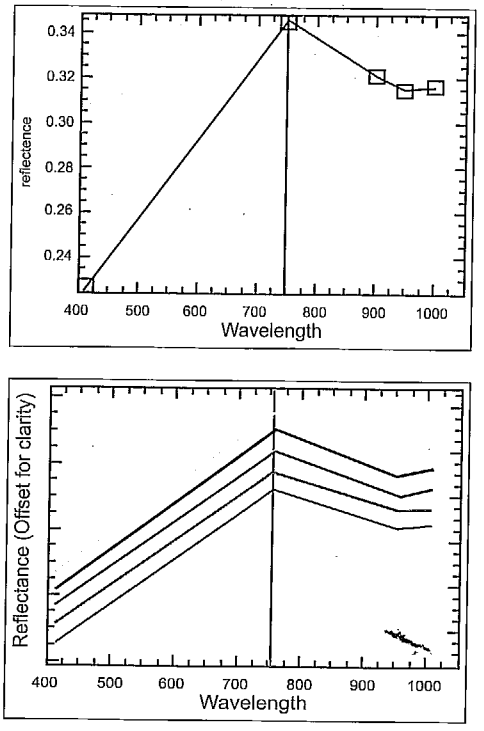
चित्र 1 : चंद्रमा की सतह पर पायी जाने वाली 11 शैलों के तरंग तीव्रता क्रम (Tompkins & Pieters, 1999) एवं 6 शैलों की मिश्रित विधि द्वारा उपलब्ध परिणाम

उपलब्ध जानकारी को विभिन्न शैल प्रकारो में वर्गीकृत कर सकते हैं । तत्पश्चात इस वर्गीकरण को उस इलाके की तस्वीर पर प्रतिरूपित कर हम शैलों के वितरण के बारे में जान सकते हैं । यह जानकारी अध्ययन के लिए अत्यावश्यक है ।

इस विधि की सत्यता का परीक्षण चंद्रमा की सतह पर दो इलाकों से उपलब्ध जानकारी की मदद से किया गया है । Tsiolkovsky और Bullialdus नाम के दो विशालकाय गड्ढे (CRATER) हैं जिनके केन्द्र में पहाड़ियाँ पाई जाती हैं । यह पहाड़ियाँ सतह से नीचे कई किलोमीटर



चित्र 2 : मिश्रित विधि द्वारा शैलों के वर्गीकरण का उदाहरण ।



चित्र 3 : Gabbro शैल के तरंग तीव्रता क्रम (Spectral Response Curve)। नीचे के चित्र में कई जगहों से लिये गये तरंग तीव्रता क्रम दिशाये गये हैं जिससे सत्यापित होता है कि Gabbro शैल विस्तृत इलाकों में विद्यमान है

पर विद्यमान शैलों की सतह पर आ जाने से बनी हैं । इस प्रकार इनके अध्ययन से हम सतह के नीचे की शैलों के बारे में भी जान सकते हैं । इन इलाकों की पहाड़ीनुमा सतह के फलस्वरूप space weathering प्रक्रिया का प्रभाव कम होता है और खनिज जानकारी अधिक विश्वसनीय होती है ।

सत्यता परीक्षण के लिए Clementine उपग्रह से इन दो पहाड़ियों की पांच प्रकाश तरंगों में उपलब्ध जानकारी को उपयोग में लाया गया । इस जानकारी को मिश्रित विधि द्वारा शैल प्रकारों में विभाजित कर इन दो पहाड़ियों पर विद्यमान शैल एवं उनके वितरण के मानचित्र तैयार किये गये (चित्र-2 व 3) ।

भविष्य में, मिश्रित विधि को परिष्कृत करने की योजना है । इस हेतु चंद्रमा के अन्य इलाकों का इस विधि द्वारा अध्ययन किया जायेगा । चंद्रयान प्रथम से प्रकाश की 260 तरंगों में उपलब्ध जानकारी इस विधि को और सक्षम बनाने में सहायक होगी । इससे आशा की जा सकती है कि चंद्रमा की सतह पर कई नई प्रकार के शैलों की पहचान हो पाएगी।

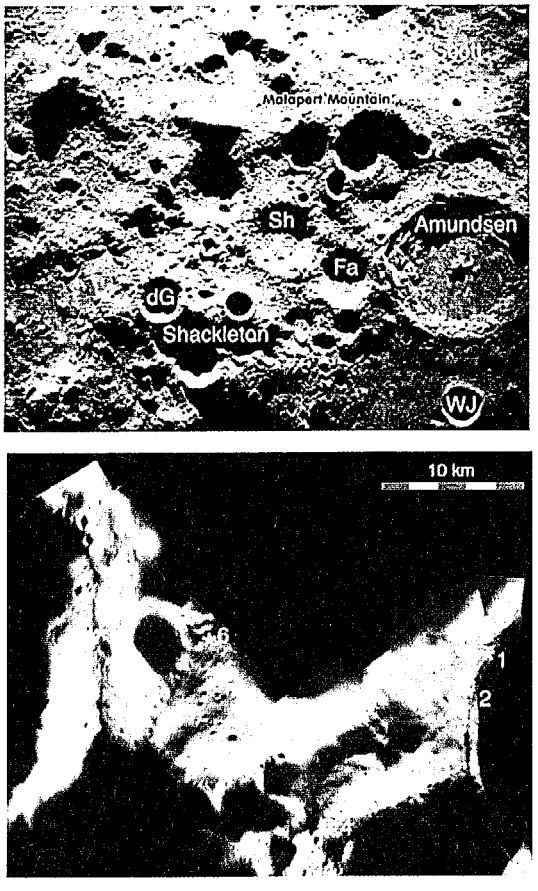
निष्कर्ष

चंद्रमा की सतह पर शैलों को वर्गीकृत करने के लिए एक नयी विधि विकसित की गई है । इस विधि में विभिन्न प्रकार के मापदंड़ों का समावेश है । इस विधि से निकले परिणाम अन्य विधियों से उपलब्ध परिणामों से मेल खाते हैं । साथ ही, इस विधि से कुछ नये परिणाम भी मिले हैं । भविष्य में चंद्रयान प्रथम से उपलब्ध जानकारी को समझने के लिए इस विधि का उपयोग लाभकारी होगा ।

चाँद पर पानी की खोज

जयेश पी. पाबारी
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

बहुत सालों से हमें यह पता है कि चंद्रमा पर वायुमण्डल नहीं है और इसलिए वहां के स्थिर धरातल पर पानी भी नहीं है। धूमकेतु एवं उल्का-पिण्ड की चंद्रमा से टक्कर के कारण, चंद्रमा के दक्षिण ध्रुव के पास के ठंडे गर्त में पानी बर्फ के रूप में हो सकता है। क्लेमेन्टाइन उपग्रह के आंकड़े यह बतलाते हैं कि वहां पानी है लेकिन भूमि आधारित आकाशंलोचन के आंकड़े चंद्रमा पर पानी की संभावना से इन्कार करते हैं। इसी दुविधा का उत्तर देने के लिए यथास्थान विश्लेषण आवश्यक हो जाता है और हम इसके कई संभव प्रयास में



चित्र 1 : चंद्रमा के दक्षिण ध्रुव के पास के गर्त (पी.स्टूफ)

एक 'बिना तार के संवेदक का जाल' का प्रस्ताव करते हैं। इस जाल में काम में लाये जानेवाले, पानी का खोज करने वाले संवेदक की विशेष रूप से रचना करनी पडती है।

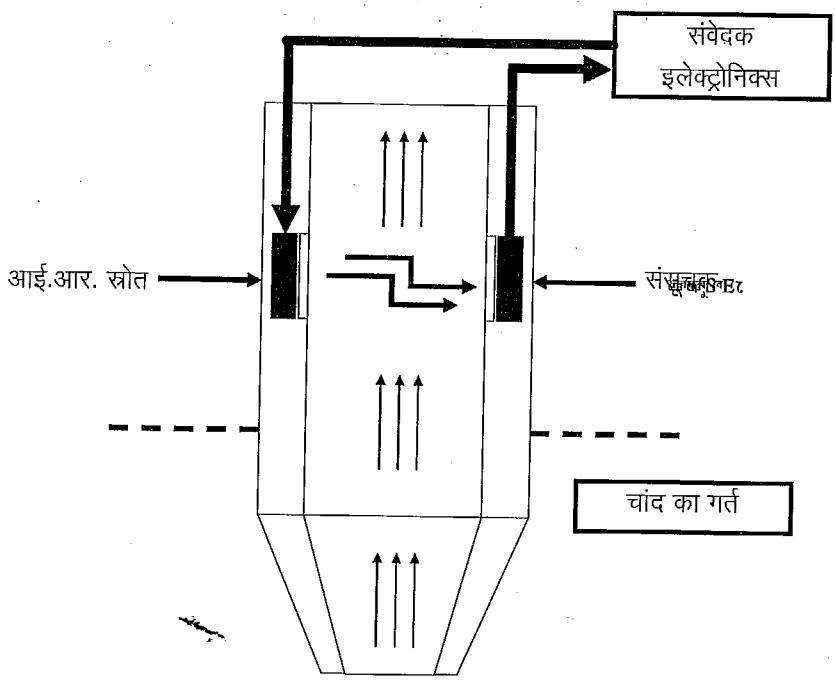
चित्र 1 (पी. स्टूक.) के नक्शे में चन्द्रमा के दक्षिण ध्रुव के पास के कुछ ठंडे गर्त दिखाए गये हैं। इस स्थान पर, चाँद की भूमि पर उतरने वाली एवं घूमने वाली प्रणाली भेजी जा सकती है जहां से गर्त तथा अप्रकाशीय क्षेत्र पास पड़ता है । इस जगह से बिना तार वाले संवेदक को गर्त के अंदर भेजा जा सकता है ।

पानी की खोज करने वाले एक प्रकार के संवेदक की अभिकल्पना मध्यम-अवरक्त स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित हो सकती है । चंद्रमा पर पानी बर्फ के रूप में होने की संभावना है । इस बर्फ को उत्सादन से वायु रूप मे लाना पड़ता है ।

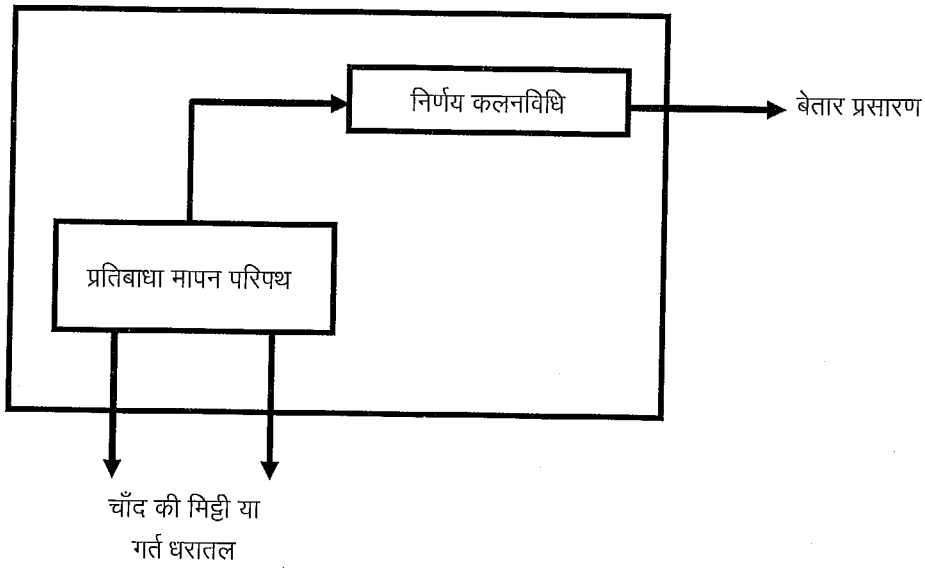
बर्फ के उत्सादन से पानी जब वायु रूप में आता है तब उसे एक परख कक्षिका में लाया जाता है । इसमे लेजर से मध्यम-अवरक्त संकेत को भेजकर फोटोडायोड संसूचक से पानी का पता लगाया जा सकता है । चित्र 2a में पानी का नमनारूप अन्तर्लयन वर्णक्रम एवं मध्यम-अवरक्त स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित संवेदक की रचना दिखाई है ।

पानी की खोज करने वाले दूसरे प्रकार के संवेदक की अभिकल्पना प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित हो सकती है । परिणाम (बहुलर आदि) बतलाते हैं कि मिट्टी में पानी की मात्रा एवं मिट्टी के प्रकार पर प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी के मापन पर निर्भर रहते हैं। चंद्रमा के नमूने का पारघुतिक स्थिरांक 1.5 से 4 तक होता है जबकि पानी का पारधुतिक स्थिरांक 80 होता है । प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी से मिला हुआ पारधुतिक स्थिरांक जब 4 से ज्यादा होता है तब दिखा सकते हैं कि पानी मिला है । चित्र 2 b में प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित संवेदक की रचना दिखाई है।

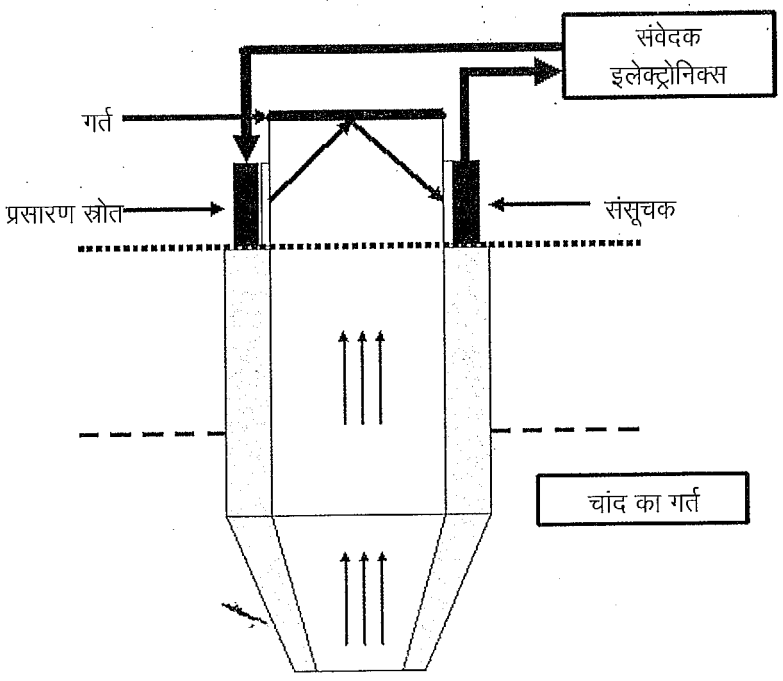
पानी की खोज करने वाले तीसरे प्रकार के संवेदक की अभिकल्पना प्रकाशिक परिवर्तन पर आधारित हो सकती है । बर्फ के उत्सादन से वायु रूप में बना हुआ पानी जब फिर से बर्फ के रूप मे लाया जाए तब संवेदक के अंदर बर्फ की परत बन जाती है । इस परत पर प्रकाश की किरणें डालते हैं और इसकी ओर से फोटो डायोड से पता लगाते हैं।



चित्र 2a : पानी का 130 केल्विन पर हिद्रान जावा होम्स परिणाम (अन्तर्लयन वर्णक्रम) एवं मध्यम-अवरक्त स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित संवेदक की रचना



चित्र 2b : प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी पर आधारित संवेदक की रचना



चित्र 2c : प्रकाशिक परावर्तन पर आधारित संवेदक की रचना

इस परत परावर्तन होकर आनेवाली प्रकाश की किरण की शक्ति, परत के बिना आ रही प्रकाश की किरण की तुलना में कम होती है । इस तरह पानी का पता लगाया जा सकता है ।

चित्र 2c मे प्रकाशिक परिवर्तन पर आधारित संवेदक की रचना दिखाई गई इस प्रकार यहाँ चन्द्रमा पर पानी की खोज करने वाले संवेदक की रचना के तीन संभावित प्रकार दिखाए हैं ।

संदर्भ

1. डेविड, एल., 04 June 2003, 'लूनर साउथ पोल लेन्डिंग साइट्स स्टडीड';
2. http://www.space.com/missionlaunches/moon_southpole_030604.html में पी.स्टूक.

नाभिकीय पदार्थ से न्यूट्रान तारों तक

तरुण कुमार झा
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

सृष्टि के अकल्पनीय अनगिनत रचनाओं को हम दो अक्ष-रेखओं क्रमश: घनत्व के आधार पर और तापमान को आधार पर दर्शाते हैं । जिन न्यूट्रोन तारों की रचना नाभिकीय पदार्थों द्वारा होती है, वे ब्रह्मांड में पाये जाने वाले सबसे अधिक घनत्व वाली आकृति के होते हैं । सैद्धांतिक तौर पर इनका अध्ययन और वर्णन करना एक चुनौतिपूर्ण और दिलचस्प कार्य है । हम इनमें से कुछ के पहलुओ इस पांडुलिपी में प्रकाश डालेंगे।

प्रस्तावना

न्यूट्रान तारे सामान्य नाभिकीय पदार्थ से पाँच से दस गुणा अधिक घने होते हैं, जिसके परिणाम स्वरूप इन तारों के मध्य में नाभिकीय पदार्थ के अनेक रंग-रूप की कल्पना की जा सकती है (1) सैद्धांतिक तौर पर ऐसी आकृतियों का शोध कार्य नाभिकीय सिद्धांत द्वारा करते है । ऐतहिसिक तौर पर इनकी कल्पना 1934 में हुई थी परन्तु 35 साल उपरांत (1967) ही पल्सर के रूप में खगोल अवलोकन द्वारा इनका स्थायित्व प्रमाणित हुआ । चित्र संख्या 1 में न्यूट्रान तारों को घनत्व और तापमान की अक्ष-रेखाओं पर दिखाया गया है । जैसा कि हम पाते हैं कि इनका स्थान नाभिकीय पदार्थ के सामान्य घनत्व से 5 से 10 गुणा अधिक होता है । चित्र यह भी दर्शाता है कि इनके द्वारा प्रकाशित रेडियो-तरंगें पृथ्वी तक पहुँचती हैं, जिनसे हमें इसकी आकृति और बनावट का पता चलता है । तापमान के मापदंड पर ये ठंडे होते हैं ।

न्यूट्रान तारे, तारों के जीवन-चक्र का अंतिम पड़ाव होता है, और इनका जन्म सुपरनौवा तारा के विस्फोट द्वारा होता है । इस विस्फोट की सशक्तता के परिणाम स्वरूप न्यूट्रान तारे अपने आवेग को बनाये रखने के लिये काफी जोरों से अपनी अक्ष-रेखा पर चक्कर काटने लगते हैं । पृथ्वी पर पल्सर के रेडियो-तरंगों द्वारा इनका प्रमाण मिलता है । हाल में ही एक ऐसे पल्सर का प्रमाण मिला है जो कि लगभग 1122 Hz की गति से चक्कर लगाता है । ऐसी गतिशील वस्तु तभी स्थायी हो सकती है जब वह बहुत ही घनी और बाध्य होगी । अवलोकन द्वारा प्रमाणित अब तक 1800 पल्सर पाये गये हैं, जिनका वजन सूर्य के वजन से 1 से 2½ गुणा तक है, परन्तु इनका अर्द्धव्यास 10 से 15 कि.मी. का ही होता है ।

सिद्धांत

न्यूट्रान तारों में समावेश उर्जा और दबाव का कथन सैद्धांतिक तौर पर हम न्यूक्लिऑन और मेजॉन की अंत:क्रिया द्वारा करते हैं । विभिन्न प्रयोगों द्वारा हमें सामान्य नाभिकीय पदार्थ के भौतिक गुण-धर्मों का पता चलता है । इसी के अनुरूप हम ऐसी घनत्व आकृति की उर्जा और दबाव को पाने के लिये हम मेजॉन-न्यूक्लिऑन की अत:क्रिया को 5 से 10 गुणा तक वाग्विस्तार करते हैं । कथित उर्जा और दबाव को 10 गुणा घनत्व तक लेकर टी-ओ-भी द्वारा न्यूट्रान तारों का चित्रण करते हैं, जिससे हमें इनका वजन और अर्द्धव्यास का पता चलता है । अन्य संबंधी जानकारी जैसे कि केंद्रिय घनत्व, रेडसिफ्ट इत्यादि पाये जाते हैं ।

अंतत: हमारा मकसद होता है कि ये जानकारी खगोलिक अवलोकन द्वारा पायी गयी जानकारी के तुल्य हो ।

वर्तमान साहित्य में अनेक मॉडल पाये जाते हैं, जिनका इस्तेमाल नाभिकीय पदार्थ की शोध में होता है (2) ।

ऐसा ही एक सशक्त मॉडल है कायरल सिगमा मॉडल । सबसे पहले इस अंत:क्रिया के परिणाम स्वरूप आकर्षक और अरुचिकर बल द्वारा सामान्य नाभिकीय पदार्थ के निम्नलिखित गुण-धर्मों को संतुष्ट करना होता है :

1. सामान्य नाभिकीय घनत्व
2. कारगर न्यूक्लिऑन द्रव्यमान
3. बंध उर्जा
4. संपीड्यता
5. असीमित उर्जा

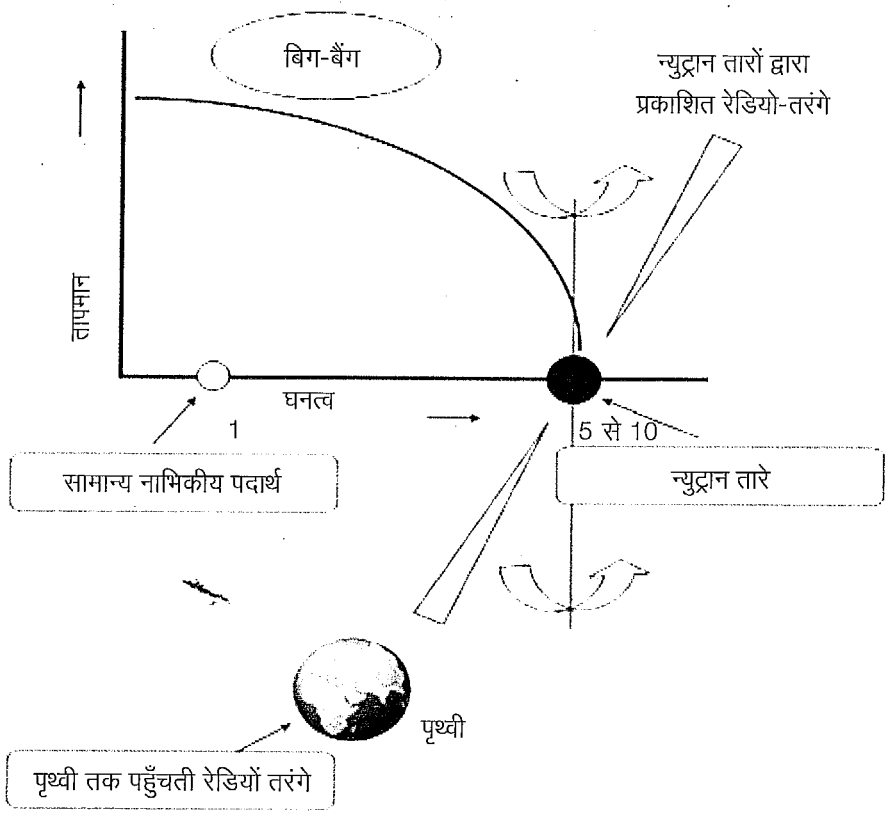
इन्हीं मापदंड को लेकर अब हम न्यूट्रान तारों के अनुक्रम का विश्लेषण करेंगे ।

परिणाम और विश्लेषण

वर्तमान कार्य में न्यूट्रान तारों के शोध में निम्नलिखित कल्पनाएँ की गई हैं :

1. न्यूट्रान तारे स्थैतिक अवस्था में हैं ।
2. इनका संगठन केवल न्यूक्लिऑन (न्यूट्रान प्रोटोन) द्वारा किया गया है ।

उपरोक्त कल्पनाएँ एक बहुत ही सरल भाव को दर्शाता है, जबकि वास्तविकता यह है कि ये स्थायी नहीं होते और न्यूक्लिऑन निश्चित तौर पर इतनी अधिक घनत्व और दबाव में अपनी वास्तविकता खो देंगे । इसी



चित्र 1 : घनत्व और तापमान की अक्ष-रेखा पर न्युट्रान तारों को दर्शाया गया है

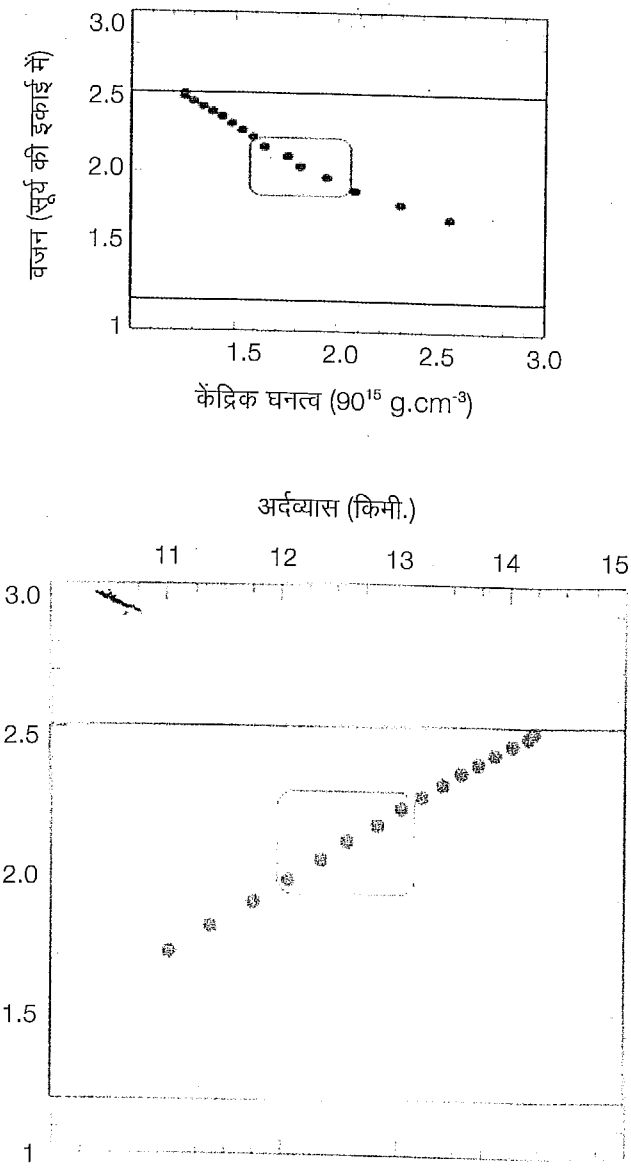
आधार पर नाभिकीय पदार्थ को विभिन्न रूपों में जैसे-क्वार्क, हैड्रान इतियादि के रूप में पाये जाने की संभावना है । न्यूट्रान तारों का जन्म और विकास ब्रह्मांड में पाये जाने वाले चारों बलों का एक खूबसूरत मिलाप है । कायरल सिगमा मॉडल लेकर उपरोक्त बताये गये सामान्य नाभिकीय पदार्थ के गुण-धर्मों का पालन करके हमने न्यूट्रान तारों में सीमित उर्जा दबाव और घनत्व की सैद्धांतिक तौर पर रचना की गई है (3), टी-ओ-भी द्वारा पाये गये न्यूट्रान तारों के अनुक्रम को चित्र सं. 2 और 3 में दिखाया गया है । इस रचना के दौरान हमें इस बात का खयाल रखना होता है कि न्यूट्रान तारे चार्ज न्यूट्रल हों । परिणाम स्वरूप हमें न्यूट्रान, प्रोटोन के अलावा इलेक्ट्रान और नियॉन को भी इनके संगठन में शामिल करना होता है । चित्र 2 में मुक्त प्राचलों द्वारा पाये गये न्यूट्रान तारों के अनुक्रम को उनके केंद्रिक घनत्व और वजन के आधार पर दिखाया गया है । सूर्य की घनत्व की इकाई में हम पाते है कि न्युट्रान तारे 1.6 से 2.5 तक हैं । इनकी केंद्रिक घनत्व (1.5 व 2.8) x 10^{15} g-cm^{-3} है जो सामान्य नाभिकीय पदार्थ से लगभग 5 से 9 गुणा तक अधिक है । चित्र 2 में कुछ अनुक्रम को वर्ग में रखा गया है । ये न्यूट्रान तारे नाभिकीय पदार्थ के भौतिक गुण-धर्मों का सही-सही पालन करते हैं। चित्र 3 से हमें यह पता चलता है कि न्यूट्रान तारों का अर्द्धव्यास लगभग 11-14 कि.मी. का है । रंगे हुए क्षेत्र न्यूट्रान तारों के अवलोकन द्वारा प्रमाणित वजन को दर्शाता है जो 1.2-2.5 तक पाया गया है । अवलोकन द्वारा प्रमाणित तथा वर्तमान सैद्धांतिक शोध का परिणाम तुल्यनीय है ।

निष्कर्ष

सैद्धांतिक तौर पर हम न्यूट्रान तारों का सही विवरण और उनकी रचना कर सकते हैं । ये मॉडल नाभिकीय पदार्थ के शोध में एक सशक्त मॉडल के रूप में उभरता है तथा यह सामान्य नाभिकीय पदार्थ के भौतिक गुण-धर्मों का भी पालन करता है ।

संदर्भिका

1. काम्पेक्ट स्टार्स स, एन.के. ग्लेन्डनिंग, जान वीलेए प्रकाशन (1983)
2. बी.डी. सेरोट और जे.डी. क्लेका, एड.न्यू.फीज. 16, 1 (1986) ।
3. टी.के. झा और एच. मिश्रा, फी. रीव. सी. 78, 065802 (2008)।
4. न्यूट्रान तारों के अनुक्रम को अर्धव्यास और घनत्व के आधार पर दर्शाया गया है ।



चित्र 2 : न्यूट्रान0 तारों के अनुक्रम को उनके वजन और केंद्रिक घनत्व के आधार पर दिखाया गया है।

अवलोकन द्वारा प्रमाणित सामान्य नाभीकिय पदार्थ के गुणधर्मों का सही सही पालन करते हैं ।

द्रव्यमान (M/MO) अर्धव्यास (कि.मी.) केंद्रीय घनत्व (1015 g.cm 3)

3. न्यूट्रान तारों के अनुक्रम को केंद्रीय घनत्व और घनत्व के आधार पर दर्शाया गया है ।