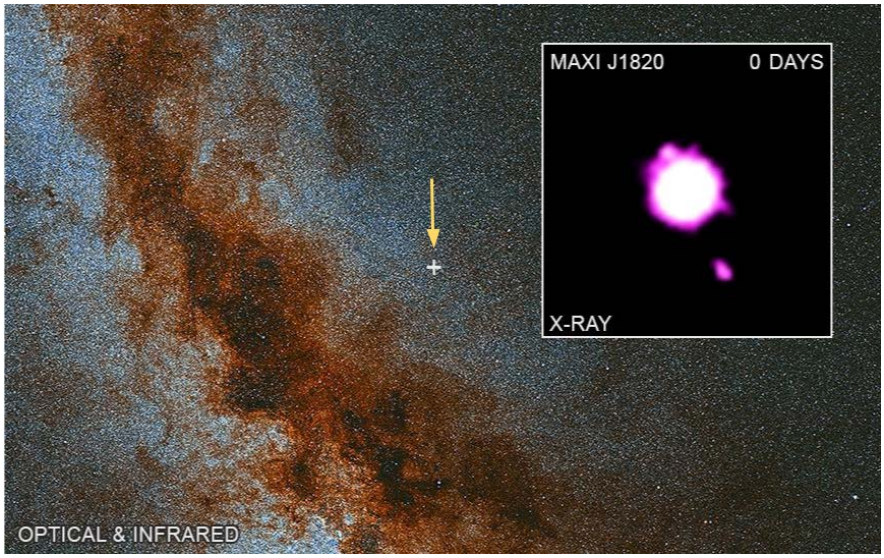
अंतर–विश्वविद्यालय केंद्र : खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी IUCAA
Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics
An Autonomous Institution of the University Grants Commission

एस्ट्रोसैट अपनी संपूर्ण बहु-तरंगदैर्ध्य क्षमता का उपयोग पहली बार ब्लैक होल एक्स-रे बाइनरी MAXI J1820+070 के रहस्यों को उद्घटित करने के लिए कर रहा है।

एस्ट्रोफिजिकल जर्नल में हाल ही में स्वीकृत किए गए अध्ययन में, वैज्ञानिकों के अंतर्राष्ट्रीय समूह ने कृष्ण विवर होने वाले एक्स-रे द्विचर प्रणाली के व्यापक चित्र को चित्रित करने के लिए चारों सह- संरेखित पेलोड्स की विशिष्टता वाले एस्ट्रोसैट की संपूर्ण बहु-तरंगदैर्ध्य क्षमता का उपयोग किया है। एस्ट्रोसैट अपने तीन एक्स-रे पेलोड्स के साथ मृदु एवं अतिवेधी एक्स-रे उत्सर्जन तथा अपने यूवी टेलीस्कोप के साथ सुदुर पराबैंगनी विकिरण को ग्रहण करके, एक्स-रे द्विचर प्रणाली MAXI J1820+070 में कृष्ण विवर के चारों ओर नजदीक तथा दूरस्थ क्षेत्र दोंनों में निरीक्षण के उपयुक्त स्थान को उद्घटित किया। इसके अतिरिक्त, लास कम्ब्रेस वेधशाला का प्रकाशकीय डेटा एवं नासा के नाइसर मिशन के मृदु एक्स-रे डेटा ने एस्ट्रोसैट निष्कर्षों को और अधिक मज़बूत किया। यह अध्ययन एस्ट्रोसैट के इतिहास में प्रधान उपलब्धि के रूप में चिन्हांकित है क्योंकि यह पहली घटना है जहाँ उसके संपूर्ण बहु-तरंगदैर्ध्य क्षमताओं का उपयोग किया गया है। सहयोगी समूह में भारत, यूनाइटेड किंगडम, अबु धाबी, और पोलेंड के अनुसंधानकर्ता शामिल हैं।

कृष्ण विवर एक्स-रे द्विचरों में तारकीय-द्रव्यमान कृष्ण विवर और साथी सितारा जटिल गुरुत्वीय अन्योन्यक्रिया में संलग्न होते हैं। कृष्ण विवर, एक गुरुत्वीय दैत्य, अपने संगत भाग पर अप्रतिरोध्य बल से खींचता है, जिससे तारकीय सामग्री बड़ी मात्रा में खींची जाती है। जब यह सामग्री कृष्ण विवर की ओर सर्पिलाकार मार्ग से गतिमान होती है, तो यह प्रधान रूप से एक्स-रे में किंतु अन्य तरंगदैर्ध्य में भी ऊर्जा के बहाव का मोचन करती है। इनमें से कुछ प्रणालियों को 'क्षणिक' कहा जाता है, जो अपने अधिकतर जीवनकाल के लिए एक्स-रे में निष्क्रिय और दीप्त के अधीन रहती हैं। ये 'विस्फोट' चरण के दौरान प्रासंगिक रूप से पता लगाने योग्य हो जाती है। MAXI J1820+070,जो कि हम से लगभग 9800 प्रकाश वर्ष दूर स्थित है, एक ऐसा क्षणिक कृष्ण-विवर एक्स-रे द्विचर है, जिसकी खोज इसके विस्फोट के दौरान 2018 में इंटरनैशनल स्पेस स्टेशन (आईएसएस) पर स्थित एमएएक्सआई उपकरण से की गई।

इसके अपेक्षाकृत पृथ्वी के सामीप्य और इसकी खोज (एक्स-रे आकाश में दूसरी सबसे दीप्तिमान वस्तु के रूप में उभरकर आने वाला) के दौरान अत्यधिक द्युति के कारण इसने विभिन्न विद्युत चुंबकीय बैंड में सर्वत्र कई प्रेक्षण अभियानों को प्रोत्साहन देते हुए खगोलविज्ञान समुदाय में व्यापक ध्यान आकर्षित कर लिया है। चित्र 1 गांगेय समतल (गैलेक्टिक प्लेन) के ऊपर MAXI J1820+070 का स्थान दर्शाता है और चंद्रा एक्स-रे वेधशाला से लिया गया एक्स-रे का चित्र इनसेट में दिखाया गया है।



चित्र 1. *हवाई द्वीप में PanSTARRS प्रकाशकीय दूरबीन के साथ ली गई प्रकाशकीय एवं इन्फ्रारेड चित्रों में मिल्की वे आकाशगंगा के समतल के ऊपर MAXI J1820+070 के स्थान को '+' चिन्ह से चिन्हांकित किया गया है। (साभार: NASA/CXC/SAO)*

क्षणिक एक्स-रे द्विचरों में कृष्ण विवरों को अभिवर्धित करते हुए उत्सर्जित विद्युत चुंबकीय विकीरण रेडियो तरंगों से लेकर एक्स-रे तक व्यापक ऊर्जा स्पेक्ट्रम होता है, जिसमें अनगिनत भौतिक प्रक्रियाएँ शामिल होती हैं। एक्स-रे विकीरण दो मूलभूत प्रक्रियाओं के माध्यम से कृष्ण विवर के पास उत्पन्न होता है। इन प्रक्रियाओं में एक है अभिवृद्धि डिस्क के आंतरिक भाग से मृदु एक्स-रे उत्सर्जन और अन्यहै तप्त (100s of million kelvin) इलेक्ट्रॉन प्लाजमा जिन्हें 'कोरोना' कहा जाता है, के साथ मृदु एक्स-रे डिस्क फोटोन की अन्योन्यक्रिया के परिणाम स्वरूप उत्पन्न उच्च-ऊर्जा एक्स-रे, ये कृष्ण विवर एवं अभिवृद्धि डिस्क के बीच में कही स्थित होते हैं। इसके अलावा, अतिवेधी एक्स-रे फोटोन्स का हिस्सा डिस्क से प्रतिबिंबित हो सकता है, जिससे प्रतिबिंबित एक्स-रे उत्सर्जन हो सकता है। MAXI J1820+070 जैसा कृष्ण विवर एक्स-रे द्विचर, अक्सर विस्फोट के दौर में बहु अभिवृद्धि स्थितियाँ प्रदर्शित करते हैं। दो प्रमुख अवस्थाओं में से एक है मृदु अवस्था,जो डिस्क से होने वाले प्रमुख उत्सर्जन की विशेषता होती है और दूसरी है अतिवेधी अवस्था, जहाँ कोरोना से होने वाला एक्स-रे विकीरण प्रभुत्व रखता है। हालाँकि, अतिवेधी स्थिति की आंतरिक अभिवृद्धि ज्यामिति उच्च-ऊर्जा खगोलभौतिकी में दीर्घकालिक चुनौती है। इसके विपरीत, प्रकाशकीय/यूवी फोटोन्स अभिवृद्धि डिस्क के बाहरी क्षेत्र से उत्सर्जित होते हैं, जिसकी ज्यामिति, अभिवृद्धि भौतिकी का वो पहलू है, जिसके बारे में सबसे कम समझा गया है। इसके सिवाय, अभिवृद्धि प्रवाह के आंतरिक क्षेत्र के एक्स-रे फोटोन्स बाहरी अभिवृद्धि डिस्क को प्रदीप्त भी कर सकते हैं, जिसके परिणामस्वरूप पुर्नप्रक्रियों के माध्यम से प्रकाशकीय/यूवी फोटोन्स की उत्पत्ति होती हैं।

"ए मल्टी-वेवलेन्थ स्टडी ऑफ द हार्ड एंड सॉफ्ट स्टेट्स ऑफ MAXI J1820+070 ड्युरिंग इट्स 2018 आउटबर्स्ट" नामक अनुसंधान MAXI J1820+070 के 2018 विस्फोट के व्यापक विश्लेषण को प्रस्तुत करता है। आयुका (पुणे) के डॉ. श्रीमंता बनर्जी और प्रो. गुलाब देवांगन के नेतृत्व में, अनुसंधान टीम ने एस्ट्रोसैट के सुदूर यूवी, मृदु एवं अतिवेधी एक्स-रे डेटा के साथ-साथ लास कम्ब्रेस वेधशाला (प्रकाशकीय) और एनआईसीईआर (मृदु एक्स-रे) से अर्ध-समकालीन प्रेक्षणों का उपयोग किया। उनके निष्कर्ष यह सूचित करते हैं कि अतिवेधी स्थिति में अभिवृद्धि डिस्क अद्वितीय भौतिक गुणधर्मों के साथ दो भिन्न घटकों को शामिल करते हुए संरचनात्मक कोरोना के लिए मार्ग तैयार करके कृष्ण विवर से उल्लेखनीय ढंग से पीछे खिसक जाती है। इसके विपरित, मृदु अवस्था में डिस्क कृष्ण विवर के नजदीक जाती है, जबकि कोरोना का उत्सर्जन घटता है। विशेषत: यह अध्ययन मृदु अवस्था में पेचीदा उत्सर्जन घटक को उद्घटित करता है, जिसे कृष्ण विवर में (जल)प्रपात की भाँति गिरते हुए अवशिष्ट उत्सर्जन के रूप में पहचाना जाता है। एस्ट्रोसैट के सॉफ्ट एक्स-रे टेलीस्कोप (एसएक्सटी) ने आंतरिक अभिवृद्धि डिस्क को समझने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई है,

जबकि लार्ज एरिया एक्स-रे प्रोपोर्शनल काउंटर (एलएएक्सपीसी) एवं कैडमियम जिंक टेल्यराईड इमेजर (सीजेडटीआई) उपकरणों ने 150 keV तक बेहतरीन, उच्च ऊर्जा एक्स-रे स्पेक्ट्रा प्रदान किया और अतिवेधी अवस्था में दो घटक कोरोना ज्यामिति निष्कर्ष निकालने में सहायता की। चित्र 2 इस अध्ययन से अनुमानित MAXI J1820+070 के अतिवेधी एवं मृदु अवस्थाओं के लिए वैश्विक अभिवृद्धि ज्यामिति दर्शाता है। इसके अलावा, अनुसंधानकर्ताओं ने कृष्ण विवर के सामान्य रूप से लेकर अत्यधिक मात्रा में होने वाले प्रचक्रण को उद्घटित करते हुए कृष्ण विवर के दो मूलभूत गुणधर्मों (द्रव्यमान के साथ-साथ) में से एक गुणधर्म, प्रचक्रण, का मापन करने के लिए उन्नत तकनीकों का प्रयोग किया ।

इसके अतिरिक्त इस अध्ययन ने कृष्ण विवर के नजदीकी आंतरिक क्षेत्रों से होने वाले एक्स-रे उत्सर्जन एवं अभिवृद्धि डिस्क के बाहरी क्षेत्र से होने वाले प्रकाशकीय/यूवी उत्सर्जन के बीच के प्रभावी संबंध को प्रकट किया। अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि एक्स-रेज बाहरी अभिवृद्धि डिस्क में भौतिक पुर्नप्रसंस्करण से गुज़रते हैं, जो इस प्रणाली में प्रकाशकीय/यूवी फोटोन्स के निर्माण के लिए प्राथमिक तंत्र का कार्य करते हैं । महत्त्वपूर्ण रूप से, विकिरण के पुर्नप्रसंस्करण का भाग उल्लेखनीय रूप से अतिवेधी अवस्था में उच्च होता है। यह इस चरण के दौरान विकृत या उभाड़दार आउटर डिस्क के स्थिति को प्रस्तावित करता है। इस स्रोत के साथ-साथ अन्य एक्स-रे द्विचरों का पूर्व अध्ययन मुख्यत: बहु-तरंगदैध्य अध्ययन के लिए फोटोमेट्रिक प्रकाशकीय/यूवी डेटा पर निर्भर है। हालाँकि, बाहरी अभिवृद्धि डिस्क के गुणधर्मों के सटीक व्याख्या के लिए स्पेक्ट्रोस्कोपिक डेटा महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस संदर्भ में, एस्ट्रोसैट मिशन सुदूर यूवी से लेकर अतिवेधी एक्स-रे तक फैले विभिन्न तरंगदैर्ध्यों से स्पेक्ट्रोस्कोपिक डेटा प्राप्त करने के लिए अद्वितीय अवसर प्रदान करके निर्णायक भूमिका निभाता है। इसके अलावा, एस्ट्रोसैट के तीन-बिंदु वाले एक्स-रे उपकरणों के व्यापक कवरेज के साथ एनआईसीईआर डेटा का असाधारण ऊर्जा विभेदन, प्रतिबिंबन विश्लेषण के माध्यम से निकटवर्ती क्षेत्र से लेकर स्रोत तक के विस्तृत अन्वेषण को सक्षम बनाता है।

एक्स-रे द्विचरों के लिए इस प्रकार के बहु-तरंगदैर्ध्य स्पेक्ट्रोस्कोपीक डेटा की सीमित उपलब्धता, जो कि गांगेय समतल से उनके सामीप्य के परिणामस्वरूप सूचक लालिमा से बाधा उत्पन्न होती है, यह कार्य MAXI J1820+070 पर ध्यान केंद्रित करके उसके महत्त्व को अधोरेखित करता है। यह अध्ययन केवल इस विशिष्ट वस्तु के बारे में हमारी जानकारी को केवल विकसित नहीं करता बल्कि भविष्यकालीन प्रयासों के लिए नींव बनाता है, खगोलभौतिकीय घटना की विस्तृत प्रभावी श्रृंखला के अन्वेषण को सुगम बनाने में एस्ट्रोसैट की व्यापक क्षमताओं को प्रदर्शित करता है।

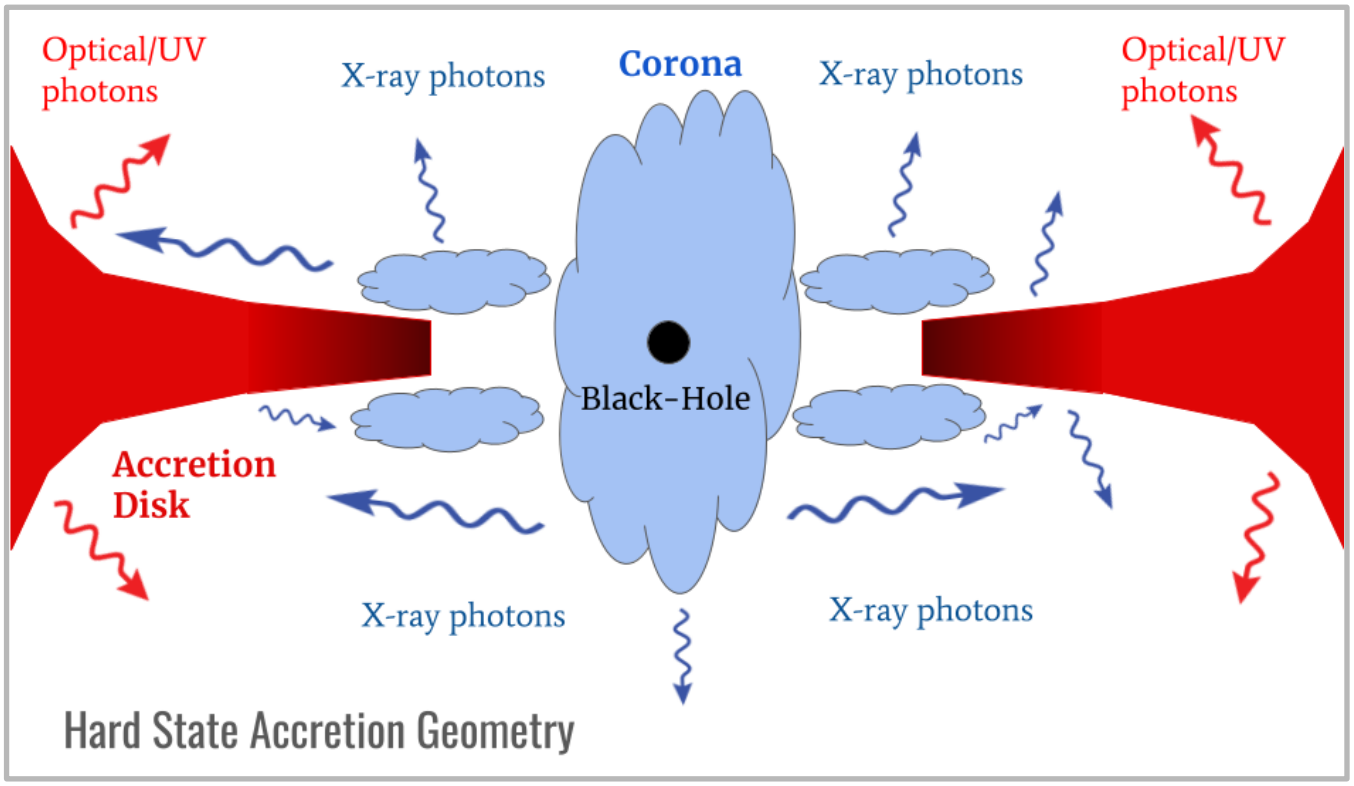
प्रो. गुलाब देवांगन, आयुका (पुणे) के संकाय सदस्य, के मतानुसार, "एस्ट्रोसैट एक्स-रे द्विचर एवं अन्य ब्रह्मांडीय स्रोतों के बहु-तरंगदैर्ध्य प्रेक्षणों के लिए अद्वितीय क्षमता प्रदान करता है और इस प्रकार का अध्ययन इन ब्रह्मांडीय प्रणालियों की जटिलता को उद्घटित करने के लिए अनिवार्य है।"

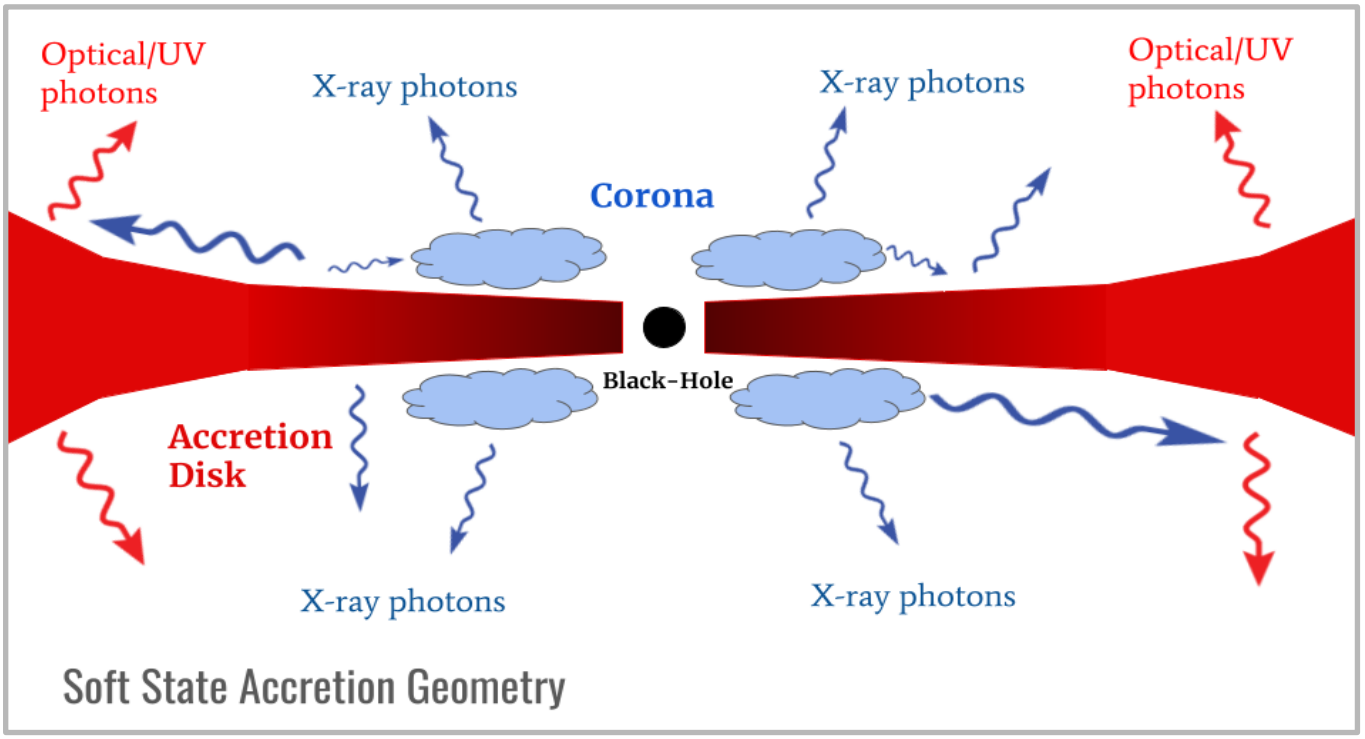
प्रो. दीपांकर भट्टाचार्य, एस्ट्रोसैट साइंस वर्किंग ग्रुप के अध्यक्ष एवं इस अध्ययन के सह-लेखक, के मुताबिक: " यह पहली बार है जब एस्ट्रोसैट के सभी को-पॉइंटेड उपकरणों का पूर्ण क्षमता के साथ सामंजस्य रूप में उपयोग किया गया , भूमि-आधारित प्रेक्षणों के पूरक पाया गया और जिसके परिणाम दिलचस्प हैं । मैं हाल ही में खोजे गए अत्यधिक रोचक कृष्ण विवर स्रोतों में से एक इस अद्वितीय अन्वेषण का भाग बनकर बहुत ही खुश हूं।"

साउथेम्प्टन विश्वविद्यालय के प्रो. पोशक गाँधी, जिन्होंने इस महत्त्वपूर्ण अध्ययन के लिए टार्गेट ऑफ ऑपुर्चुनिटी प्रस्ताव प्रस्तुत किया, कहते हैं, कि "विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम में सर्वत्र प्रेक्षण की जा सकने वाली बहुविध वेधशालाओं को समन्वित करना हमेशा चुनौतीपूर्ण होता है। इस अध्ययन द्वारा एस्ट्रोसैट की अद्वितीय शक्ति सुंदर ढंग से प्रदर्शित की गई है, जो (लास कैम्पानास वेधशाला के साथ) हमारी आंखों की तुलना में लगभग 1,000 से भी अधिक व्यापक ऊर्जा रेंज को एक ही समय में कवर करता है।"

डॉ. फ़्रेज़र लुईस, फ़ॉल्क्स टेलीस्कोप प्रोजेक्ट के अनुसंधान निदेशक ने कहा, अनुसंधान विवरण के साथ शैक्षिक परियोजना के रूप में, हम इस रोमांचक वस्तु पर डेटा प्रदान करते हुए इस प्रकार के समूह के साथ काम करने के लिए बेहद खुश थे। हम इस कार्य के अनपेक्षित लाभ शिक्षा क्षेत्र में पहले से ही देख सकते हैं क्योंकि हमारे शिक्षक एवं

छात्र इन अत्यधिक प्रभावशाली और रहस्यमयी वस्तुओं के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिए हमेशा ही प्रोत्साहित होते हैं।





चित्र 2: *इस काम में अनुमानित MAXI J1820+070 की अतिवेधी अवस्था (ऊपरी पॅनल) और मृदु अवस्था (नीचला पॅलन) ज्यामितियों की आरेखीय आकृति। इस आकृति में एक्स-रे (नीले रंग के तीर से चिन्हांकित) और प्रकाशकीय/यूवी (लाल रंग के तीर से चिन्हांकित) उत्सर्जन के लिए जिम्मेदार विभिन्न भौतिक प्रक्रियों को चित्रित किया गया है।*

एस्ट्रोसैट यह भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (आईएसआरओ) द्वारा विकसित एवं संचालित भारत की पहली समर्पित बहु-तरंगदैर्ध्य अंतरिक्ष वेधशाला है। यूवीआईटी (UVIT) का निर्माण आईआईए (बैंगलोर), आयुका (पुणे), टीआईएफआर (मुंबई), इसरो (बैंगलुरु) एवं सीएसए (कॅनडा) के बीच की सहयोगिता में आईआईए, बैंगलुरु में इसके पेलोड ऑपरेशन सेंटर (पीओसी) के साथ किया गया। एसएक्सटी (SXT) का निर्माण लीसेस्टर विश्वविद्यालय (यूके) और इसरो (बैंगलुरु) की सहयोगिता के साथ टीआईएफआर (मुंबई) द्वारा टीआईएफआर (मुंबई) में इसके पीओसी के साथ किया गया। एलएएक्सपीसी (LAXPC) का निर्माण आरआरआई(बैंगलुरु) और इसरो (बैंगुरु) की सहयोगिता में टीआईएफआर, मुंबई में इसके पीओसी के साथ किया गया। सीजेडटी-इमेजर का निर्माण इसरो (बैंगलुरु), आयुका (पुणे), पीआरएल (अहमदाबाद) की सहयोगिता में टीआईएफआर (मुंबई) द्वारा आयुका (पुणे) में इसके पीओसी के साथ किया गया। यह काम फॉल्क्स दूरबीन परियोजना के डेटा का उपयोग करता है, जो एलसीओ का शैक्षिक साझेदार है। एलसीओ द्वारा फॉल्क्स टेलीस्कोप को बनाए रखा जाता है और उसका संचालन किया जाता है।

संदर्भ:

ए मल्टी-वेवलेन्थ स्टडी ऑफ द हार्ड एंड सॉफ्ट स्टेट्स ऑफ MAXI J1820+070 ड्युरिंग इट्स 2018 आउटबर्स्ट, एस्ट्रोफिजिकल जर्नल में प्रकाशन के लिए स्वीकृति प्राप्त।

श्रीमंता बनर्जी एवं गुलाब सी. देवांगन (आयुका, पुणे, भारत), क्रिश्चियन निग्गे**,** मारिया जियोर्गंती और पोशक गाँधी (साउथैम्पटन विश्वविद्यालय**,** यूके)**,** एन.पी.एस. मिथून (पीआरएल, अहमदाबाद, भारत), दीपांकर भट्टाचार्य (अशोका विश्वविद्यालय, भारत), पायस्विनी सैकिया एवं डेविड एम. रस्सेल (सीएएसएस, न्युयॉर्क विश्वविद्यालय, अबु धाबी), फ्रेज़र लुईस (फ़ॉल्केस टेलीस्कोप प्रोजेक्ट**,** कार्डिफ़**,** यूके)**,** और आंद्रेज ए ज़डज़ियार्स्की (सीएएमके**,** पोलेंड)।

अनुसंधानकर्ताओं से संपर्क:

	प्रो. गुलाब देवांगन, आयुका, पुणे **ई मेल:** gulabd@iucaa.in **मोबाइल**: +91-20-96737 44462

डॉ. श्रीमंता बनर्जी
आयुका, पुणे

ई मेल: srimanta@iucaa.in

मोबाइल: +91-77384 37325