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

टीकप आकाशगंगा में जेट द्वारा बुलबुलों का उड़ाया जाना।

चित्र 1: टीकप आकाशगंगा के केंद्र में छोटे रेडियो जेट, शीत सघन गैस में पार्श्व प्रक्षुब्ध हवा ब्लो कर रहा है, जैसा कि सिमुलेशन के द्वारा इसका पूर्वानुमान किया गया था।

चित्र का श्रेय: *एचएसटी/एएलएमए/एम.मीनाक्षी/डी.मुखर्जी/ए. ऑडिबर्ट*

अनुसंधानकर्ताओं के एक अंतर्राष्ट्रीय समूह ने छोटे रेडियो जेट के द्वारा अंतरतारकीय माध्यम में बढ़ते हुए प्रक्षोभ को उत्प्रेरित करने और गैस के तापमान बढ़ने के प्रमाण प्राप्त किए हैं। इस अध्ययन का नेतृत्व डॉ. एनेलिस ऑडिबर्ट तथा डॉ. क्रिस्टीना रामोस अल्मेडा ने इंस्टीट्यूटो डी एस्ट्रोफिसिका डी कैनरियास (आईएसी), कैनरी द्वीप, स्पेन में किया है। इस कार्य में आयुका, भारत, के सह-लेखक सुश्री मीनाक्षी एवं प्रोफेसर दीपांजन मुखर्जी शामिल थे। इन्होंने अपने हाइड्रोडायनामिकल सिमुलेशनों के परिणामों का उपयोग करते हुए खगोलीय प्रेक्षणों का सैध्दांतिक स्पष्टीकरण प्रदान किया। ये खगोलीय प्रेक्षण चिली में अंतर्राष्ट्रीय सहकार्यता द्वारा एएलएमए दूरबीन का उपयोग करते हुए किए गए। इन निष्कर्षों का प्रकाशन एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स लेटर्स (लिंक) नामक जर्नल में आज किया गया।

वैज्ञानिक पृष्ठभूमि:

जब कोई पदार्थ आकाशगंगा के केंद्र में विशालकाय कृष्ण विवर में गिरता है, तब यह प्रचुर मात्रा में ऊर्जा बाहर छोड़ता है और हम कहते हैं कि आकाशगंगा में सक्रिय नाभिक (या फिर एजीएन) है। **एजीएन का अंश जेट के रूप में इस ऊर्जा का हिस्सा छोड़ता है। ये जेट रेडियो तरंग दैर्ध्य में देखे जाते हैं और ये सापेक्ष वेग से यात्रा करते हैं।** जब तक जेट आकाशगंगा में यात्रा करता रहेगा, वो गैस के बादलों से टकराएगा और कुछ मामलों में, इस पदार्थ को हवा के रूप में दूर धकेल देगा। हालाँकि इस बारे में अभी तक बहुत कम जानकारी प्राप्त हुई है कि कौन-सी परिस्थितियों के कारण आकाशगंगाओं में हवाएँ ब्लो होती / बहती हैं।

विशालकाय कृष्ण विवर से निकलने वाले जेट का आकाशगंगा के तारों, धूल और गैस पर पड़ने वाला प्रभाव आकाशगंगाओं के विकास को समझने की दिशा में महत्त्वपूर्ण घटक हैं। अब तक, तथाकथित 'रेडियो-लाउड' आकाशगंगाओं के अधिक शक्तिशाली रेडियो जेट के इस प्रकार के प्रभावों का अध्ययन किया गया है। इस प्रकार के जेट के बारे में यह माना जाता है कि ये जेट अप्रत्यक्ष रूप से आकाशगंगाओं के भविष्य को बहुत ज्यादा प्रभावित करते हैं। वे गांगेय वातावरण को गर्म करते हैं, जो आकाशगंगा को नए गैस की आपूर्ति करने से रोकते हैं और इस प्रकार ये उसे तारों का निर्माण करने पर प्रतिबंध लगाते हैं। किंतु आजकल हम इस बात की खोज करने लगे हैं कि इस तरह के जेट भी आकाशगंगा के अंदर के गैस के साथ अंत:क्रिया करके आकाशगंगाओं पर सीधा प्रभाव डाल सकते हैं। यह उन आकाशगंगाओं के मामले में भी सच है, जिनमें कम क्षमता वाले जेट होते हैं, जिन्हें **'रेडियो क्वाइट'** आकाशगंगाओं के नाम से जाना जाता है, जहाँ जेट के कमजोर होने के बावजूद बड़ी मात्रा में प्रक्षोभ उत्पन्न कर सकते हैं।

उन्नत संख्यात्मक कूट संकेतन के साथ जेट के किए गए कंप्युटर सिमुलेशन से यह पूर्वानुमान लगाया जाता हैं कि प्रकाश की गति के लगभग समान वेग वाले

जेट जैसे जैसे आकाशगंगा में भेदन करते हुए आगे बढ़ते हैं, वो गैस की व्यवस्था को बदल सकते हैं। जेट को हवा के बहाव में सक्षम बनाने के लिए लगने वाले प्रमुख तत्वों में से एक तत्व है गैसीय डिस्क एवं जेट के संचरण के बीच का कोण । यह देखा गया है कि **जैसे जैसे यह कोण घटा जाता है वैसे वैसे जेट का उसके आस-पास के माध्यम से अंतक्रिया बढ़ती जाती है जो कि जेट को उस आकाशगंगा में दीर्घकाल तक फँसाए रखती है।** इसके अलावा, अधिक शक्तिशाली जेट की तुलना में 'रेडियो-क्वाइट' आकाशगंगाओं के कम-शक्तिशाली जेट के द्वारा, अपने आसपास के माध्यम के व्यापक क्षेत्रों में गैस को बाधित करने की संभावना अधिक है। अधिक शक्तिशाली जेट संकीर्ण छिद्र को छेदकर अपेक्षाकृत आसानी से आकाशगंगा से बाहर निकल सकते हैं।

इस अध्ययन के परिणाम:

आईएसी के नेतृत्व में अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक टीम द्वारा **टीकप आकाशगंगा** नामक विशाल क्वासार के चारों ओर शीत गैस के साथ रेडियो जेट की अंत:क्रिया का अध्ययन करने के लिए एक उचित घटना को खोजा गया। टीकप एक रेडियो-क्वाइट क्वासार है, जो हमसे 1.3 खरब (बिलियन) प्रकाश वर्ष की दूरी पर है और उसे उसका नाम प्रकाशिक एवं रेडियो चित्रों में देखे गए प्रसरणशील बुलबुलों के कारण प्राप्त हुआ जो कि चाय की कप के हैंडल के समान है। इसके अलावा, केंद्रीय किलोपारसेक (लगभग 3300 प्रकाश वर्ष) में छोटे एवं तरूण रेडियो जेट है जिसमें आकाशगंगा डिस्क के सापेक्ष झुकाव कम (small inclination) होता है।

चिली के रेगिस्तान में स्थित, अटाकामा लार्ज मिलीमीटर/सबमिलीमीटर ऐरे (एएलएमए) में दूरबीन से किए गए प्रेक्षणों का उपयोग करते हुए आईएसी अनुसंधानकर्ता एनेलिस ऑडिबर्ट के नेतृत्व में किया गया कार्य टीकप आकाशगंगा में सघन एवं ठंडे गैस से होने वाले उत्सर्जन को रिकॉर्ड करने में

सक्षम था। इसका पता दो कार्बन मोनोक्साइड अणु के द्वारा लगाया गया। इन प्रेक्षणों के आधार पर, हमें यह पता चलता हैं कि **छोटे जेट कम शक्तिशाली होने के बावजूद भी यह स्पष्ट रूप से गैस के वितरणों को क्षोभित कर रहा है और केंद्र से गैस को बाहर निकाल रहा है और साथ ही साथ दूर भी धकेल रहा है।**

जेट, टीकप में गैस को केवल हिलाता नहीं है बल्कि जेट द्वारा शीत गैस की गति में भी असामान्य तरीके से त्वरण पाया गया। जेट से प्रभावित होने वाले क्षेत्रों की चरम स्थितियों का पता लगाने के बारे में हमने सोचा था। हालाँकि, हमने जब प्रेक्षणों को देखा, **हमने पाया कि शीत गैस प्रक्षुब्ध है और जेट के संचरण से लंब दिशाओं में गर्म है**। हालाँकि गर्म आयनित गैस वाले कुछ तंत्रों में ऐसी गतिविधियाँ देखी गई है। यह शीत, सघन गैस में समान प्रभाव के लिए की गई पहली खोज में से एक है। ए. ऑडिबर्ट बताती हैं कि "यह जेट द्वारा निर्मित बुलबुलों के प्रघातों के कारण होता है जो जेट के पार्श्व प्रसरण में गैस को ऊष्मा प्रदान करता है और उड़ा देता है।"

हमारे निष्कर्षों को आयुका के प्रोफेसर डी. मुखर्जी के नेतृत्व में विशेषज्ञों की अंतर्राष्ट्रीय टीम द्वारा किए गए उच्च वियोजन हाइड्रोडायनामिक सिमुलेशन के साथ तुलना करके समर्थित किया गया है। सिमुलेशन संकेत देते हैं कि इन पार्श्व हवाओं के कुशलतापूर्वक बहाव में शीत डिस्क एवं जेट के बीच अभिविन्यास महत्त्वपूर्ण घटक है। जब सुश्री मीनाक्षी ने सिमुलेशन से प्राप्त परिणामों का विश्लेषण किया, तब उन्होंने परिणामों को प्रेक्षणों के अनुरूप पाया और इस प्रकार सैद्धांतिक मॉडल की पुष्टि की। आईएसी अनुसंधानकर्ता एवं इस अध्ययन की सह-लेखिका क्रिस्टीना रामोस अल्मेडा कहती हैं कि, "**ऐसा माना जाता था कि कम-शक्ति वाले जेट का आकाशगंगा में कम प्रभाव होता है किंतु हमारे परिणाम दर्शाते हैं कि रेडियो-क्वाइट आकाशगंगाओं के संदर्भ में भी द्रव्यमान, धातुओं का पुर्नवितरण कर रहा हैं और आगे तारों के निर्माण को रोक रहा है।**"

आलेख:

ए. ऑडिबर्ट, सी. रामोस अल्मेडा, एस. गार्सिया-बुरिलो, एफ. कॉम्बेस, एम. बिशेट्टी, एम. मीनाक्षी, डी. मुखर्जी, जी. बिकनेल, और ए. वाई वैगनर " जेट-इंड्यूस्ड मोलीक्युलर गैस एक्साइटेशन और टर्ब्युलन्स इन द टीकप. एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स लेटर्स," डीओआई: https://doi.org/10.1051/0004-6361/202345964

अनुसंधानकर्ताओं से संपर्क:

	डॉ एनेलिस ऑडिबर्ट जुआन डे ला सिर्वा पोस्टडॉक्टरल फेलो, इंस्टिट्यूट डी एस्ट्रोफिसिका डे कनारियास (आईएसी) **ई-मेल:** anelise.audibert_at_iac.es
	डॉ. क्रिस्टीना रामोस अल्मेडा स्टाफ साइंटिस्ट इंस्टिट्यूट डी एस्ट्रोफिसिका डे कनारियास (आईएसी) **ई-मेल:** cristina.ramos.almeida_at_gmail.com
	सुश्री मिनाक्षी पीएच.डी. छात्रा,

	आयुका, पुणे **ई-मेल:** mounmeenakshi_at_iucaa.in
	प्रो. दीपांजन मुखर्जी सहायक प्राध्यापक आयुका, पुणे **ई-मेल:** dipanjan_at_iucaa.in **दूरभाष क्र.** : +91-020-25604210