# रेडिओ विश्वातील 'फिनिक्स'
# पुन्हा पुन्हा जन्म घेणारी एक महाकाय रेडिओ दीर्घिका!

**J023721.13-010528.5:** जेट उत्सर्जनाचे चार टप्पे दर्शवणारी एक महाकाय **'S'**-आकाराची रेडिओ दीर्घिका **(A giant S-shaped radio galaxy showing four episodes of jet activity)**


- पवन विजय खाडेकर, भारतीय विज्ञान शिक्षण आणि संशोधन संस्था (IISER), पुणे
- धरम वीर लाल, राष्ट्रीय रेडिओ खगोलभौतिकी केंद्र, टाटा मूलभूत संशोधन संस्था (NCRA-TIFR), पुणे
- रमणा आत्रेय, भारतीय विज्ञान शिक्षण आणि संशोधन संस्था (IISER), पुणे



'द ॲस्ट्रोफिजिकल जर्नल' (The Astrophysical Journal) मध्ये प्रकाशित (अमेरिकन ॲस्ट्रॉनॉमिकल सोसायटीच्या वतीने इन्स्टिट्यूट ऑफ फिजिक्स (IOP) पब्लिशिंगद्वारे प्रकाशित). DOI: 10.3847/1538-4357/aea20c


- आयसर (IISER) पुणे: शिक्षण मंत्रालय, भारत सरकार अंतर्गत 'इन्स्टिट्यूट ऑफ एक्सलन्स' (Institution of Excellence).
- एनसीआरए (NCRA): टाटा मूलभूत संशोधन संस्था (TIFR), अणुऊर्जा विभाग, भारत सरकार यांचे केंद्र.

आयसर (IISER) पुणे आणि एनसीआरए-टीआयएफआर (NCRA-TIFR) येथील खगोलशास्त्रज्ञांनी अशा एका पहिल्यावहिल्या रेडिओ दीर्घिकेचा (Radio Galaxy) शोध लावला आहे, जिच्यामध्ये 'जेट' (रेडिओ लहिरेंचे झोत) उत्सर्जनाचे चार स्वतंत्र टप्पे आढळून आले आहेत. याउलट, आजवर ज्ञात असलेल्या हजारो रेडिओ दीर्घिका त्यांच्या जीवनकाळात केवळ एकदाच सक्रिय झालेल्या दिसतात. पीएचडीचे विद्यार्थी पवन खाडेकर, प्रा. धरम वीर लाल आणि प्रा. रमणा आत्रेय यांच्या टीमने हा शोध लावला असून, त्यांचा हा शोधनिबंध 'द ॲस्ट्रोफिजिकल जर्नल'मध्ये प्रकाशित झाला आहे.
पवन खाडेकर यांच्या पीएचडी संशोधनाचे मार्गदर्शक प्रा. रमणा आत्रेय यांनी सांगितले की, पवन हे वेगळ्या आणि असामान्य रचनेच्या रेडिओ दीर्घिकांचा अभ्यास करत होते, परंतु हा शोध पूर्णपणे अनपेक्षित होता. ते म्हणाले, “धरम यांचा ठाम आग्रह असूनही, ही दीर्घिका आपला चौथा जन्म जगत आहे, यावर सुरुवातीला माझा विश्वासच बसला नव्हता! याचे ठोस पुरावे गोळा करण्यासाठी बराच वेळ लागला. धरम यांची वैज्ञानिक समज (Scientific antennae) खरोखरच दाद देण्यासारखी आहे.”

पवन यांनी या संशोधनासाठी भारतातील 'जायंट मीटरवेव्ह रेडिओ टेलिस्कोप' (GMRT) द्वारे स्वतः घेतलेली उच्च दर्जाची निरीक्षणे, तसेच अमेरिकेतील 'व्हेरी लार्ज अॅरे' (VLA) आणि दक्षिण आफ्रिकेतील 'मीरकॅट' (MeerKAT) या दुर्बिणींच्या संग्रहित माहितीचा (Archival Data) वापर केला. पवन म्हणाले, “जगभरातील अनेक रेडिओ दुर्बिणी आपली निरीक्षणे आणि माहिती जगभरातील संशोधकांना विनामूल्य उपलब्ध करून देतात. वेधशाळांच्या या सहकार्याच्या धोरणामुळे अधिक सखोल संशोधन करणे शक्य होते आणि उपलब्ध माहितीचाही सर्वोत्तम वापर होतो - म्हणजेच वेगवेगळे शास्त्रज्ञ एकाच निरीक्षणाचा वापर करून वेगवेगळ्या वैज्ञानिक कल्पनांचा वेध घेऊ शकतात.”

संशोधकांच्या टीमने तयार केलेल्या प्रतिमांमध्ये उत्सर्जनाचे वेगवेगळे टप्पे एकावर एक रचल्यासारखे दिसून आले, अगदी एखाद्या प्राचीन शहराच्या उत्खननात एकावर एक अनेक संस्कृतींचे अवशेष सापडावेत तसेच!

विविध रेडिओ तरंगलांबीं (Frequencies) वरील माहिती एकत्र करून असे सिद्ध करण्यात आले की, या दीर्घिकेचा सध्याचा म्हणजेच चौथा जीवनकाळ काही दशलक्ष वर्षांपूर्वी सुरू झाला आहे, तर पहिला जीवनकाळ २१ दशलक्ष वर्षांपूर्वी संपुष्टात आला होता. खाडेकर यांचे सह-मार्गदर्शक प्रा. धरम वीर लाल यांनी स्पष्ट केले की, रेडिओ लहरींच्या उत्सर्जनास कारणीभूत ठरणारी प्रक्रिया आणि तिची उत्क्रांती समजून घेण्यासाठी अशा अनेकदा पुनर्जन्म घेणाऱ्या रेडिओ दीर्घिकांची (जितक्या जास्त तितक्या चांगल्या) नितांत गरज आहे. या शोधापूर्वी, तीनदा सक्रिय झालेल्या (तीन जन्म घेतलेल्या) केवळ सहा रेडिओ दीर्घिका ज्ञात होत्या. चार जन्म घेतलेल्या या पहिल्याच दीर्घिकेचा शोध ही या यादीतील एक अत्यंत महत्त्वाची भर आहे. विशेष म्हणजे, या संशोधनातून अशा दीर्घिका, कदाचित याहूनही अधिक जीवनकाळ असलेल्या, अधिक कार्यक्षमतेने शोधून काढण्याची एक नवीन पद्धतही समोर आली आहे.

जीएमआरटी (GMRT) ही अणुऊर्जा विभागाच्या (DAE) अखत्यारीतील अनुदानित संस्था असलेल्या टाटा मूलभूत संशोधन संस्थेचा (TIFR) एक भाग असलेल्या राष्ट्रीय रेडिओ खगोलभौतिकी केंद्राने (NCRA) उभारलेली आणि चालवलेली जागतिक दर्जाची, कमी तरंगलांबीची (Low-frequency) रेडिओ दुर्बीण आहे. या संशोधनात प्रत्यक्ष सहभागी नसलेले एनसीआरए-टीआयएफआरचे प्रा. ओबेरॉय यांनी या शोधावर भाष्य करताना म्हटले, “रेडिओ दीर्घिकांशी संबंधित घडामोडी या स्वतःमध्येच अत्यंत रंजक (interesting) आहेत; शिवाय विश्वाच्या उत्पत्तीशी संबंधित काही मूलभूत प्रश्नांचा शोध घेण्यासाठी त्या महत्त्वाची साधने (Probes) ठरतात. भारतीय खगोलशास्त्रज्ञांना जागतिक स्तरावर सर्वोच्च पातळीवर स्पर्धा करता यावी आणि विश्वाचे गूढ उकलण्याच्या जागतिक मोहिमेत भारताचे योगदान असावे, या उद्देशानेच जीएमआरटीची (GMRT) संकल्पना मांडली गेली होती.”

या संशोधनाला भारत सरकारकडून आयसर पुणे आणि एनसीआरए-टीआयएफआर (DAE) यांना मिळालेल्या अनुदानातून सहाय्य मिळाले आहे.

जीएमआरटीची (GMRT) काही छायाचित्रे:

https://www.ncra.tifr.res.in/ncra/picture-gallery

https://wm1.ncra.tifr.res.in/index.php/s/tBWLCdCLX6efBXB

# संशोधकांकडून स्पष्टीकरणात्मक टिप

रेडिओ दीर्घिका (Radio Galaxies) या विश्वातील एकाच प्रक्रियेतून निर्माण झालेल्या सर्वात अवाढव्य रचना आहेत. त्या एखाद्या दीर्घिकेच्या दोन्ही बाजूंना पसरलेल्या प्रखर उत्सर्जनाच्या दोन मोठ्या फुग्यांसारख्या दिसतात, ज्यांना 'हॉटस्पॉट्स' (Hotspots) म्हटले जाते. काही दीर्घिकांमध्ये हे हॉटस्पॉट्स मुख्य दीर्घिकेशी एका बारीक धाग्याने जोडलेले दिसतात – हा धागा म्हणजे अतिशय ऊर्जावान आयनांच्या (Ions) अत्यंत अरुंद झोतांची (Jets) एक जोडी असते. सर्वात मोठी रेडिओ दीर्घिका ८ मेगापारसेक (Megaparsec) इतकी प्रचंड पसरलेली आहे. हे अंतर पार करण्यासाठी प्रकाशालाही २६ दशलक्ष (२ कोटी ६० लाख) वर्षे लागतील – म्हणजेच ज्या मूळ दीर्घिकेतून ती निर्माण झाली, तिच्यापेक्षा ती कित्येक शेकडो पटींनी मोठी आहे.

विरोधाभास असा की, इतक्या महाकाय रेडिओ दीर्घिकांची निर्मिती मूळ दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानी असलेल्या एका अत्यंत छोट्या भागात होते. आपल्या आकाशगंगेसारख्या (Milky Way) एका मोठ्या दीर्घिकेत सुमारे दहा हजार कोटी (१०० अब्ज) तारे असतात आणि तिचा विस्तार १,००,००० प्रकाशवर्षे इतका असतो. मात्र, 'सक्रिय दीर्घिका' (Active Galaxies) म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या काही मोजक्या दीर्घिकांमध्ये, त्यांचा अगदी मध्यवर्ती भाग – जो कदाचित आपल्या सूर्यमालेपेक्षाही लहान असतो – उर्वरित संपूर्ण दीर्घिकेतील सर्व ताऱ्यांच्या एकत्रित प्रकाशाएवढेच प्रारण (Radiation) उत्सर्जित करतो.

या प्रचंड प्रारणाचा स्रोत त्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानी असलेले एक महाकाय कृष्णविवर (Supermassive Black Hole) असल्याचे मानले जाते, ज्याचे वस्तुमान आपल्या सूर्याच्या शंभर कोटी (१ अब्ज) पटींपर्यंत असू शकते. आपल्या प्रचंड गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रामुळे हे कृष्णविवर दीर्घिकेतील वायू, धूळ आणि अगदी ताऱ्यांनाही स्वतःकडे खेचून घेते. हे सर्व घटक जसे अधिकाधिक वेगाने कृष्णविवराच्या दिशेने चक्राकार फिरत आत ओढले जातात, तशी त्यांना प्रचंड ऊर्जा प्राप्त होते आणि त्यांचे तापमान लाखो अंश सेल्सिअसपर्यंत पोहोचते.

काही सक्रिय दीर्घिकांमध्ये, ही ऊर्जा प्रकाशाच्या वेगाच्या ९९.५% इतक्या प्रचंड वेगाने प्रवास करणाऱ्या, अत्यंत एकवटलेल्या (Collimated) आणि परस्परविरुद्ध दिशेने जाणाऱ्या आयनांच्या दोन झोतांच्या (Jets) स्वरूपात बाहेर फेकली जाते. पाण्याचा वेगवान फवारा वाळूच्या ढिगाऱ्यावर मारल्यावर जसा त्यात बोगदा तयार होतो, अगदी तसेच हे झोत दीर्घिकेभोवतीच्या पदार्थातून (Circum-galactic material) आरपार बोगदा पाडत पुढे जातात. या झोताचे पुढचे टोक आणि सभोवतालचे माध्यम यांच्यात होणाऱ्या जोरदार धडकेतून तीव्र उत्सर्जनाच्या दोन 'हॉटस्पॉट्स'ची निर्मिती होते. अतिशय ऊर्जावान इलेक्ट्रॉन्सचा खळबळजनक प्रवाह, गुंतलेली चुंबकीय क्षेत्रे आणि रेडिओ लहरींचा प्रचंड भडका यांचा हा एक थक्क करणारा सोहळा असतो.

रेडिओ खगोलशास्त्रज्ञांनी आजवर अशा हजारो रेडिओ दीर्घिकांचा अभ्यास केला आहे. त्यातील बहुतेक दीर्घिकांमध्ये असे दिसून येते की, दीर्घिकेच्या जीवनकाळात कधीतरी हे झोत सुरू होतात, ज्यामुळे हॉटस्पॉट्सची जोडी तयार होते (म्हणून त्यांना 'डबल रेडिओ दीर्घिका' म्हणतात). हे झोत लाखो वर्षे सुरू राहतात आणि नंतर बंद पडतात. या झोतांची ताकद, त्यांच्या पुढील प्रवासाला अडथळा आणणाऱ्या सभोवतालच्या पदार्थाचे प्रमाण आणि ते किती काळ सुरू राहतात यावर या रेडिओ दीर्घिकांचा आकार ठरतो. हा आकार काही पारसेकपासून (सूर्य आणि आपल्या सर्वात जवळचा तारा यांतील अंतर) ते वर उल्लेख केलेल्या महाकाय आकारापर्यंत कितीही असू शकतो.

परंतु, २००० साली युरोपियन खगोलशास्त्रज्ञांनी एका अशा रेडिओ दीर्घिकेचा शोध लावून सर्वांनाच आश्चर्याचा धक्का दिला, जिच्यामध्ये रेडिओ झोतांचे दोन टप्पे (Episodes) आढळून आले होते. यातील पहिली जुनी झोतांची जोडी विझून गेली होती, पण तिच्या हॉटस्पॉट्सचे विखुरलेले अवशेष मागे उरले होते; तर दुसरी, अधिक तरुण आणि अद्याप सक्रिय असलेली झोतांची जोडी नव्याने हॉटस्पॉट्स निर्माण करत पहिल्या जोडीने आधीच कोरून ठेवलेल्या पोकळीतून पुढे मार्ग काढत होती. यावरून असे स्पष्ट झाले की, राखेतून पुन्हा भरारी घेणाऱ्या पौराणिक 'फिनिक्स' पक्षाप्रमाणेच एखादी रेडिओ दीर्घिकाही राखेतून पुन्हा जिवंत होऊ शकते! खगोलशास्त्रज्ञांनी आजवर अशा सुमारे २०० 'डबल-डबल रेडिओ दीर्घिका' (थोडक्यात DDRG) शोधून काढल्या आहेत – यातील पहिला 'डबल' शब्द उत्सर्जनाच्या दोन टप्प्यांसाठी, तर दुसरा 'डबल' शब्द दोन हॉटस्पॉट्सच्या रचनेसाठी वापरला जातो.

गेल्या दशकात भारतासह इतर देशांतील संशोधकांनी जेट उत्सर्जनाचे तीन टप्पे असलेल्या ६ डबल रेडिओ दीर्घिका शोधून काढल्या आहेत – ज्यांना 'ट्रिपल-डबल रेडिओ स्रोत' (Triple-double radio sources) म्हटले जाते.

आयसर-पुणे (IISER-Pune) आणि एनसीआरए (NCRA) च्या खगोलशास्त्रज्ञांनी केलेल्या या संशोधनातून J023721.13-010528.5 या रेडिओ दीर्घिकेमध्ये जेट उत्सर्जनाचे ४ टप्पे असल्याचा पहिलाच शोध लावण्यात आला आहे – म्हणजेच ही एक 'क्वाड्रपल-डबल' (Quadruple-double) रेडिओ दीर्घिका आहे. या स्रोतामधील हॉटस्पॉट्सच्या ४ जोड्या शोधून काढण्यासाठी त्यांनी भारतातील जायंट मीटरवेव्ह रेडिओ टेलिस्कोप (GMRT), दक्षिण आफ्रिकेतील मीरकॅट (MeerKAT) आणि अमेरिकेतील व्हेरी लार्ज अॅरे (VLA) यांसह जगभरातील अनेक दुर्बिणींमधून विविध रेडिओ तरंगलांबींवर (Frequencies) घेतलेल्या उच्च दर्जाच्या निरीक्षणांचा वापर केला. मुख्य प्रश्न असा होता की, हॉटस्पॉट्सच्या या ४ जोड्या उत्सर्जनाच्या एकाच टप्प्यातून निर्माण झाल्या आहेत की ४ वेगवेगळ्या टप्प्यांतून? संशोधकांनी या हॉटस्पॉट्सचे वय मोजून आपला अंदाज खरा ठरवला की हे हॉटस्पॉट्स खरोखरच वेगवेगळ्या काळातील (Epochs) जेट उत्सर्जनातून तयार झाले आहेत – त्यांचे वय ६ दशलक्ष ते २१ दशलक्ष (६० लाख ते २ कोटी १० लाख) वर्षांच्या दरम्यान आढळून आले. तसेच, हॉटस्पॉट्सच्या सममितीय (Symmetrical) स्थानांचा वापर करून त्यांनी हे निश्चित केले की, पहिल्या प्रारूपापेक्षा (एकच टप्पा) दुसरे प्रारूप (अनेक टप्पे) बरोबर असण्याची शक्यता ३० लाख पटींहून अधिक आहे.

'डबल-डबल' रेडिओ दीर्घिकांचा शोध हा खगोलशास्त्रातील विचारांची दिशा बदलणारा टप्पा (Paradigm shift) होता, परंतु केवळ एक मृत (विझलेला) आणि एक सक्रिय झोत असल्यामुळे अनेक प्रश्नांची उत्तरे मिळणे कठीण होते. आता तीन आणि चार टप्पे समोर आल्यामुळे – म्हणजेच आपला जीवनकाळ पूर्ण केलेल्या अनेक झोतांचा अभ्यास करता येत असल्यामुळे – शास्त्रज्ञ या प्रक्रियेचा अधिक बारकाईने तपास करू शकतात: प्रत्येक पुढच्या टप्प्यात झोताची ताकद कमी होत जाते का? वयोमानानुसार हे झोत सुरू राहण्याचा कालावधी (On-time) कमी होतो का? दोन सक्रिय झोतांच्या मधला शांततेचा काळ (Quiescent period) नेमका किती असतो? नव्याने शोधलेल्या J023721.13-010528.5 या स्रोताच्या माहितीवरून असे दिसून येते की, प्रत्येक टप्प्यागणिक एकतर या झोतांची ताकद किंवा त्यांचा जीवनकाळ, अथवा दोन्ही कमी होत जातात. याचा अर्थ कृष्णविवरात सामावल्या जाणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण काळाच्या ओघात कमी होत आहे असा होतो का? की झोत निर्माण करण्याची कृष्णविवराची कार्यक्षमताच कमी होत आहे? अशा प्रश्नांची उत्तरे तेव्हाच मिळू शकतील जेव्हा अशा प्रकारच्या आणखी खगोलीय वस्तूंचा शोध लागेल.

रेडिओ उत्सर्जनाच्या या चार टप्प्यांव्यतिरिक्तही, J023721.13-010528.5 ही एक अत्यंत वेगळी व असामान्य वस्तू आहे. ४.२ दशलक्ष (४२ लाख) प्रकाशवर्षे इतका प्रचंड विस्तार असलेली ही दीर्घिका आजवर ज्ञात असलेल्या सर्वात मोठ्या रेडिओ स्रोतांपैकी एक आहे. खगोलशास्त्रज्ञ ज्या निकषावरून एखाद्या दीर्घिकेला 'महाकाय रेडिओ दीर्घिका' (Giant Radio Galaxy) ठरवतात, त्या मर्यादेच्या ही जवळपास दुप्पट मोठी आहे. तसेच, पूर्णपणे सरळ रेषेत न दिसता वळणदार 'S'-आकार (Twisted S-shape) असलेल्या काही मोजक्या रेडिओ दीर्घिकांच्या गटातही तिचा समावेश होतो. खगोलशास्त्रज्ञांच्या मते, लांबवर पसरलेल्या या रेडिओ झोतांना ऊर्जा पुरवणाऱ्या मध्यवर्ती कृष्णविवराचा स्वतःभोवती फिरण्याचा अक्ष डगमगल्यामुळे (पुरस्सरण) (Precession of the axis) हा 'S'-आकार तयार होतो.

संपर्क (Contacts):

- प्रा. रमणा आत्रेय – मोबाईल: ९९६०३ १८५०८ (99603 18508)
- प्रा. दिव्य ओबेरॉय – ईमेल: div@ncra.tifr.res.in, div.oberoi@gmail.com | मोबाईल: ९४०४० ५९८१८ (9404059818)