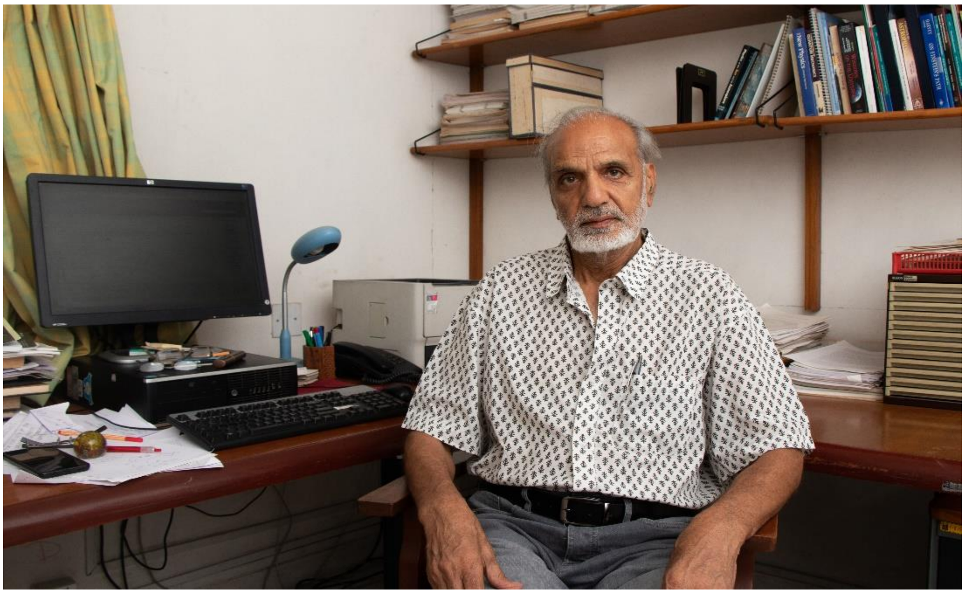
डार्क एनर्जी, ब्लॅक होल आणि सुपर रेडियन्ट बॉम्ब - डॉ. दधिच यांचे कार्य

लेखक : विनय र. र.



डॉ नरेश दधिच
स्रोत :
https://www.iucaa.in/en/faculty-research/nkd

डॉ. नरेश दधिच हे भारतातील एक प्रसिद्ध सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रज्ञ होते. त्यांचे संशोधन मुख्यतः सामान्य सापेक्षतावाद, गुरुत्वाकर्षण, कृष्णविवरे आणि ब्रह्मांडशास्त्र यावर केंद्रित होते. ते खगोलभौतिकी आणि क्वांटम गुरुत्व या क्षेत्रातील आघाडीचे संशोधक होते. त्यांचे योगदान भारतातील विज्ञान क्षेत्राला कायम प्रेरणादायी राहील.

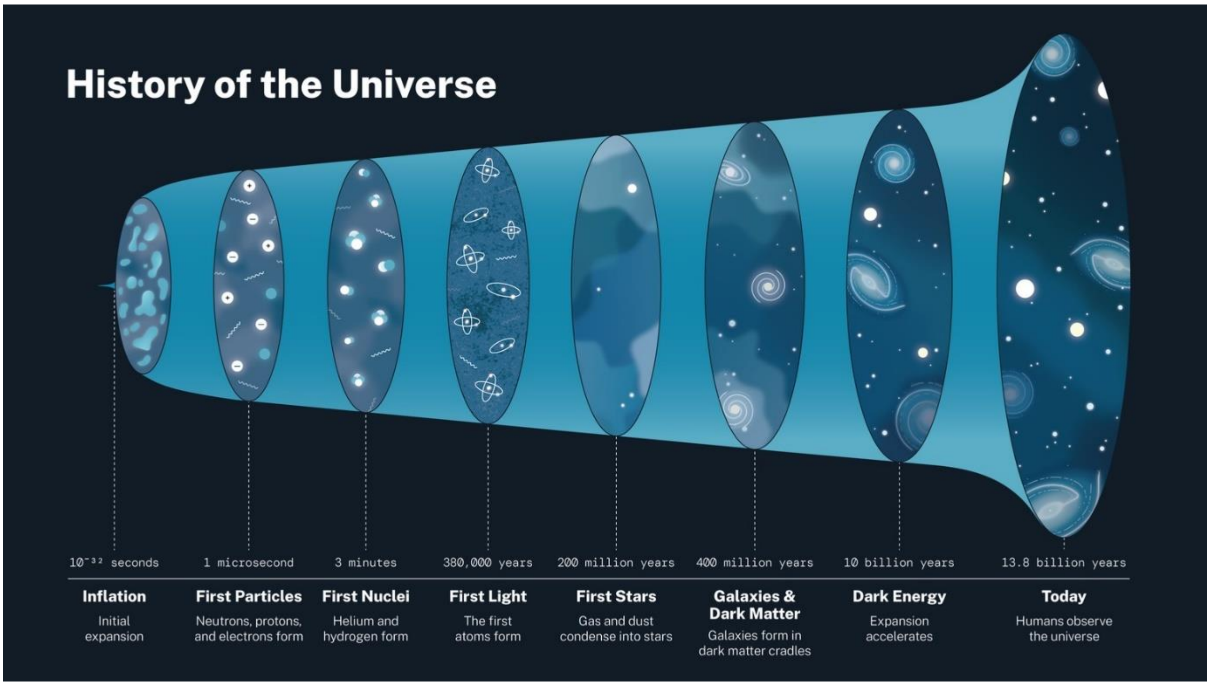
त्यांनी नेमके काय काम केले होते ते समजून घेऊ या.

१. ब्रह्मांड वेगाने पसरत आहे, त्याचे कारण डॉ. नरेश दधिच यांनी सोप्या पद्धतीने समजावून सांगितले.

आपण पृथ्वी या ग्रहावर राहतो. पृथ्वी आणि इतर ग्रह-उपग्रह मिळून आपली सूर्यमाला बनते. अशा लाखो सूर्यमाला मिळून एक मंदाकिनी (आकाशगंगा) बनते. अशा अब्जावधी मंदाकिनी मिळून संपूर्ण ब्रह्मांड बनते.

खूप खूप वर्षांपूर्वी हे सगळे ब्रह्मांड एका अतिशय छोट्या गोळ्यात बंद होते. त्या गोळ्याचा महाविस्फोट झाला आणि सगळ्या मंदाकिन्या वेगवेगळ्या दिशेने भिरकावल्या गेल्या. १९२९ साली एडविन हबल यांनी सांगितले की सगळ्या मंदाकिन्या आपल्यापासून दूर जात आहेत. मंदाकिनी जितकी दूर तितका तिचा दूर जाण्याचा वेग जास्त. म्हणजे ब्रह्मांड फुग्यासारखे फुगत आहे. ब्रह्मांडात सगळ्या वस्तूंमध्ये एकमेकांकडे ओढणारे गुरुत्वाकर्षण आहे. गुरुत्वाकर्षणामुळे ब्रह्मांड मंद व्हायला हवे होते, पण उलट ते वेगाने फुगत आहे. याचे कारण आहे एक अनोखी 'अंधेरी ऊर्जा' (डार्क एनर्जी).

डॉ. दधिच सोप्या शब्दात सांगतात: **"ही अंधेरी ऊर्जा म्हणजे काही जादूची शक्ती नाही. ती अवकाशाची स्वतःची नैसर्गिक ढकल (The natural intrinsic repulsion of spacetime) आहे. अवकाश इतके प्रचंड मोठे आहे की त्याला आपोआप ढकलण्याची ताकद येते. ही ढकल गुरुत्वाकर्षणाला मात देऊन ब्रह्मांडाला वेगाने फुगवत राहते."** थोडक्यात म्हणजे डार्क एनर्जी नावाची वेगळी गोष्ट नाही, ती फक्त अवकाशाची स्वतःची ताकद आहे.



ब्रह्मांडाचा इतिहास : डार्क एनर्जी आणि प्रसरण पावणारे विश्व
स्रोत :
https://science.nasa.gov/dark-energy/

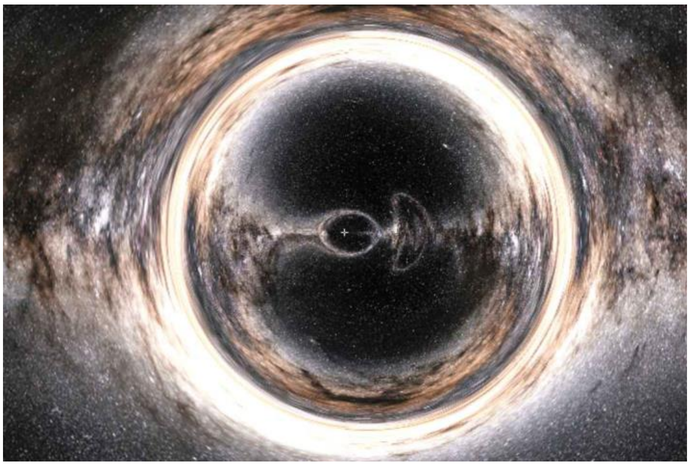
२. त्यांनी आणखी एक शिकवले की 'कृष्णविवर' ऊर्फ 'ब्लॅक होल' म्हणजे 'सर्व काही गिळणारा दानव' नाही, तो एक प्रचंड 'ऊर्जा जनरेटर' आहे. त्यातून भविष्यात विज्ञानाने ऊर्जा मिळवता येईल.

कृष्णविवर कसे तयार होते?

तारे प्रकाशतात, त्यासाठी हायड्रोजन हे इंधन वापरले जाते. मात्र ताऱ्यांवर ऑक्सिजन नाही त्यामुळे हायड्रोजनचे ज्वलन होऊ शकत नाही. पण दोन हायड्रोजन अणूंचे एकमेकांत विलयन होते. त्यातून एक हेलियम अणू आणि प्रचंड ऊर्जा तयार होते. सूर्य हाही एक तारा आहे. त्याच्यामध्येही ही विलयन क्रिया होत असते. सूर्यापेक्षा २०-३० पट मोठ्या ताऱ्यांमध्ये जेव्हा त्यातील इंधन म्हणजे हायड्रोजन संपतो, तेव्हा तो स्वतःच्या गुरुत्वाने दबायला लागतो.

दबत-दबत तो इतका छोटा होतो की त्याचा आकार फक्त काही किलोमीटर इतकासाच राहतो. पण वस्तुमान मात्र तेवढेच राहते. ब्रह्मांडाच्या तुलनेत हा एक बिंदू म्हणायला हवा. याला कृष्णविवर किंवा 'ब्लॅक होल' म्हणतात, कारण आत गेलेला किंवा निर्माण झालेला प्रकाशसुद्धा त्याच्या गुरुत्वातून बाहेर पडू शकत नाही.

कृष्णविवरामध्ये मध्यभागी एक 'सिंग्युलॅरिटी' म्हणजे अनंत घनतेचा बिंदू असतो, पण तो 'इव्हेंट होरायझन' म्हणजे कृष्णविवराच्या सीमेने झाकलेला असतो, म्हणून आपल्याला दिसत नाही. जर कृष्णविवर तयार होतानाच होरायझन बनले नाही, तर तो बिंदू उघडा (नेकेड) राहील.



नेकेड सिंग्युलॅरिटी' *(Ray traced image of a hypothetical naked singularity in front of a Milky Way background)*
स्रोत :
https://www.tifr.res.in/~scicomm/spotlights/2025-01-15-pnass.html

आइन्स्टाईनच्या धारणेला आव्हान:

आइन्स्टाईन यांनी १९१५ मध्ये सामान्य सापेक्षतावादाचा सिद्धांत मांडला, ज्यात गुरुत्वाकर्षण हे अवकाश-कालाच्या वक्रतेमुळे होते (space-time curvature). या सिद्धांतानुसार, मोठा तारा मरताना स्वतःच्या गुरुत्वाने दबतो आणि मध्यभागी अनंत घनता असणारा बिंदू तयार होतो आणि तिथे भौतिक नियम गैरलागू होतात. आइन्स्टाईन यांना ही गोष्ट अवास्तव वाटली.

त्यांचा विश्वास होता की ब्रह्मांडात असा ‘उघडा’ अनंत घनतेचा बिंदू कधीच तयार होणार नाही. १९६९ मध्ये रॉजर पेनरोझ यांनी याची औपचारिक मांडणी केली.

दधिचांनी १९७०-८० च्या दशकात ‘वैद्य मेट्रिक’ गणिती मॉडेल वापरून दाखवले की, ताऱ्याचे गुरुत्वीय पतन वेगळ्या परिस्थितीत उघड सिंग्युलॅरिटी तयार करू शकते. उदाहरणार्थ, जर पतनाचा वेग खूपच जलद असेल तर इव्हेंट होरायझन तयार होण्यापूर्वीच सिंग्युलॅरिटी उघडी राहते.

दधिचांनी २००१ मध्ये दाखवले की ४ मितींमध्ये आपले ब्रह्मांडात नग्न सिंग्युलॅरिटी शक्य आहे, पण ५, ६ किंवा अधिक मितींमध्ये ही शक्यता कमी होते आणि अनंत आयामांमध्ये ती मुळीच बनत नाही. यामुळे सामान्य सापेक्षतावादाचा विस्तार (उदा. क्वांटम गुरुत्व मार्गे) आवश्यक आहे असे त्यांनी दाखवून दिले.

दधिचांनी सांगितले : अशा ताऱ्यांच्या दबण्याचा वेग जर खूपच जलद असेल तर कृष्णविवर तयार होण्याऐवजी ‘नेकेड सिंग्युलॅरिटी’ (उघडा एकाकी बिंदू) तयार होऊ शकतो. इथे गुरुत्व अनंत होतं पण तो बिंदू दडलेला नसतो.

३. हॉकिंगच्या धारणेला आव्हान:

१९७४ मध्ये स्टीफन हॉकिंग यांनी क्वांटम मेकॅनिक्स आणि सामान्य सापेक्षतावाद एकत्र करून सांगितले की ब्लॅक होल पूर्णपणे काळे- थंड नसतात. त्याला अत्यल्प तापमान असते! हॉकिंग रेडिएशन सोडत ते लहान होत होत शेवटी नाहीसे होते. दधिचांनी यात जास्त

मिती आणि गॉस-बॉनेट नियम जोडले आणि दाखवले की ५ आयामांमध्ये मोठे ब्लॅक होल अधिक थंड असतात, तर लहान ब्लॅक होल अधिक गरम.

हॉकिंग रेडिएशन क्वांटम आहे, पण दधिचांनी दाखवले की त्याबरोबर 'क्लासिकल' वैद्य रेडिएशन आवश्यक आहे - ते मार्ग तयार करते ज्यामुळे हॉकिंग रेडिएशन अनंत अंतरापर्यंत पोहोचू शकते. (Vaidya radiation - १९४१ मध्ये प्रह्लाद वैद्य यांनी सांगितलेले क्लासिकल रेडिएशन म्हणजे तारे प्रकाश सोडत असताना त्या गुरुत्वीय क्षेत्राच्या स्थितीचे मॉडेल आहे). ब्लॅक होलचे वर्तन हायब्रिड (क्लासिकल + क्वांटम) आहे आणि हे 'ब्लॅक होल बॉम्ब'सारख्या कल्पनांना नवे आयाम देते.

ब्लॅक होलच्या क्षितिजाशी क्वांटम प्रभावांमुळे क्षणभंगुर कणांच्या जोड्या तयार होतात. एक कण ब्लॅक होलमध्ये पडतो, दुसरा बाहेर येतो - याला 'हॉकिंग रेडिएशन' म्हणतात. हा बाहेर येणारा कण जितकी ऊर्जा घेऊन गेला त्यापेक्षा जास्त ऊर्जा घेऊन येतो! जास्तीत जास्त २०-२१% जादा ऊर्जा मिळते. ही ऊर्जा कृष्णविवराच्या फिरण्यातून मिळते. तिला पेनरोझ प्रोसेस म्हणतात.

मॅग्नेटिक किंवा चुंबकीय पेनरोझ प्रोसेस (MPP) हा दधिचांचा खास शोध. आता पेनरोझ प्रक्रियेच्या वेळी जर ब्लॅक होलभोवती प्रचंड चुंबकीय क्षेत्र (magnetic field) असेल तर काय होईल?

दधिचांनी दाखवले : आता २०% नव्हे तर १००%, २००%, अगदी १०००% पर्यंत जादा ऊर्जा मिळू शकते!

कृष्णविवर हा एक प्रचंड मॅग्नेट असतो, आणि त्याच्या चुंबकीय रेषा फिरणाऱ्या पंख्यासारख्या फिरतात. त्यातून विद्युतभारित कण प्रचंड वेगाने बाहेर फेकले जातात. जणू कॉस्मिक कॅटॅपल्ट! आपण गोफण फिरवतो आणि दगड १००-२०० मीटर दूर फेकतो. पण ही कॉस्मिक कॅटॅपल्ट - ब्रह्मांडाची गोफण इतकी प्रचंड आहे की ते कण लाखो-करोडो किलोमीटर दूर आणि प्रकाशाच्या वेगाने फेकते! ही ऊर्जा आपण गोळा करू शकतो... भविष्यातील अंतराळविजेसाठी ही कल्पना क्रांतिकारी आहे.

४. जास्त मितींमधली कृष्णविवरे (Higher Dimension Black holes)

आपण पृथ्वीवर भवताल समजून घेताना तीन मितींचा वापर करतो - लांबी, रुंदी आणि जाडी. ब्रह्मांड समजून घेताना आणखी एक मिती म्हणजे काळ जोडावा लागतो. इथे चार मिती झाल्या.

दधिचांनी ५, ६, १० मितींमध्ये कृष्णविवरे कशी दिसतील याचे गणित सोडवले. उदाहरणार्थ ५ मितींमध्ये कृष्णविवरे गोल नसून 'ब्लॅक रिंग' किंवा 'ब्लॅक सॅटर्न' सारखे दिसू शकते!

त्यांनी पाचवी मिती ही 'अतिरिक्त अवकाशाची मिती' (extra spatial dimension) घेतली. अगदी सोपे उदाहरण देऊन समजावतो :

आपण रोज ३ मिती पाहतो - लांबी, रुंदी, उंची. त्यावरून एखादी वस्तू 'कुठे आहे' ते कळते. चौथी मिती आहे वेळ किवा काळ. त्यावरून एखादी वस्तू 'कधी' आहे, होती किंवा असेल - ते समजते.

दधिच म्हणतात : **खरे तर विश्वात आणखी एक मिती आहे - पाचवी मिती! ही पाचवी मिती आपल्याला दिसत नाही, कारण ती खूप खूप लहान गुंडाळलेली आहे.**

जणू काही एका बारीक तारेच्या आत लपलेली आहे. उदाहरण बघा - एक बागेला पाणी घालायची नळी दुरून फक्त एका रेषेसारखी दिसते (१ मिती). पण जवळ गेल्यावर त्याला गोलाकार रुंदीही दिसते (२ मिती). ती गोलाकार रुंदी फार लहान असते, म्हणून दुरून दिसत नाही. तसेच पाचवी मितीचे आहे - ती खूप लहान गुंडाळलेली असल्याने आपल्याला दिसत नाही, पण ती आहे!

पाचवी मिती घेतल्यामुळे ब्लॅक होल आणि डार्क एनर्जीचे गणित खूप सोपे होते. गुरुत्वाकर्षण आणि इतर शक्ती एकत्र येतात. Λ (ल्यामडा) अवकाशाची नैसर्गिक ढकल ही आपोआप त्यात येते - वेगळी 'डार्क एनर्जी' घ्यावी लागत नाही. एका वाक्यात सांगायचे तर दधिच यांनी पाचवी मिती ही 'लपलेली अतिरिक्त मिती' घेतली, त्यामुळे विश्वाची सगळी रहस्ये सोपी आणि सहज समजतील अशी झाली.

५. **ब्लॅक होल बॉम्ब (Super radiant Bomb) -** फिरणाऱ्या ब्लॅक होलभोवती जर एक 'आरसा' ठेवला तर किरणे परत परत उफाळतात आणि ऊर्जा प्रचंड वाढते. शेवटी प्रचंड स्फोट होतो - याला 'ब्लॅक होल बॉम्ब' म्हणतात. दधिच यांनी याचे पूर्ण गणित केले.

डॉ. नरेश दधिच (१९४४–२०२५) हे भारतातील सर्वांत मोठे सामान्य सापेक्षतावादी (General Relativist) होते. पुण्यातील आयुका (IUCAA) चे सह-संस्थापक आणि माजी संचालक. त्यांनी १५० पेक्षा जास्त संशोधन-लेख लिहिले, त्यातील बहुतांश कृष्णविवरे, गुरुत्वीय पतन आणि ब्रह्मांडशास्त्र या विषयांवर. जगभरातील शास्त्रज्ञ त्यांना 'भारताचा चंद्रशेखर' म्हणतात. त्यांचे काम - MPP, उच्च आयामी ब्लॅक होल्स हे आइन्स्टाईन आणि हॉकिंग यांचे सिद्धांत विस्तारित करणारे आहे. हे नुकतेच २०२४-२५ मध्ये चर्चेतही आले आहे आणि LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory)सारख्या प्रयोगांना प्रेरणा देत आहे.

§§§

लेखक : विनय र. र., मराठी विज्ञान परिषदेच्या पुणे शाखेचे अध्यक्ष.

इ-मेल : vinay.ramaraghunath@gmail.com

(कळीचे शब्द : डॉ. नरेश दधिच, डार्क एनर्जी, कृष्णविवर, इव्हेंट होरायझन, मॅग्नेटिक पेनरोझ प्रोसेस, ब्लॅक होल बॉम्ब, Dr Naresh Dadhich, Dark Energy, Event horizon, Magnetic Penrose Process, Black Hole Bomb)