

आपण आकाशाकडे पाहिले तर दिवसा सूर्य आणि रात्री तारे हेच नजरेत भरतात. तारे खरोखर किती लांब आहेत? सूर्यदेखील एक ताराच आहे की इतर ताऱ्यांच्या तुलनेत तो पुष्कळ जवळ असल्याने असामान्य तेजस्वी वाटतो? आणि त्या तेजामागचे रहस्य काय? हे प्रश्न साहजिकच आपल्या मनात गर्दी करतात. त्यांची उत्तरे मिळवणे हे मानवी कर्तृत्वाला आणि विचारशक्तीला प्रचंड आव्हान होते. ते यशस्वीरीत्या पेलून दाखवण्याची किमया म्हणजे खगोल विज्ञानातील प्रगतीचा एक महत्त्वाचा टप्पा होय. मुख्यत्वेकरून १८, १९ आणि २० ही तीन शतके त्यासाठी उल्लेखनीय आहेत.

ताऱ्यांची अंतरे
वरील प्रश्नांपैकी पहिला प्रश्न आधी सोडवणे अत्यावश्यक होते. ताऱ्यांची अंतरे कशी मोजायची? हे आव्हान खरोखरच फार अवघड आहे. पृथ्वीवरची अंतरे मोजणे वेगळे आणि आकाशस्थ वस्तूंची अंतरे मोजणे

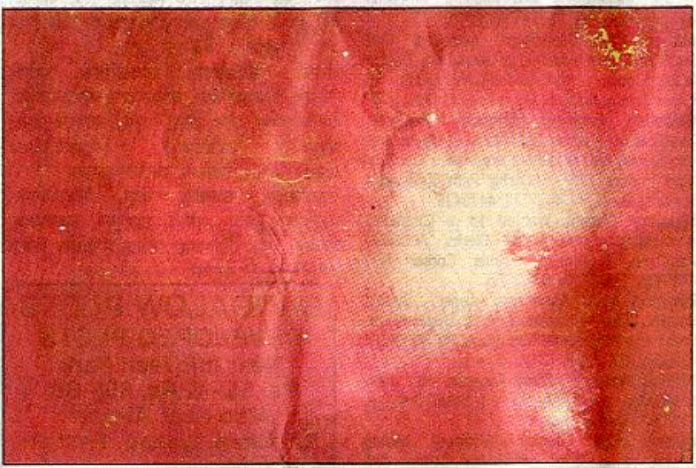


मेघनाद साहा
वेगळे. तारे इतके लांब आहेत, की ते दुरून पाहण्याव्यतिरिक्त दुसरा मार्ग नाही. पण अशा दूरनिरीक्षणाने अंतरे कशी कळणार? अशा वेळी इसवीसनपूर्व तिसऱ्या शतकातील

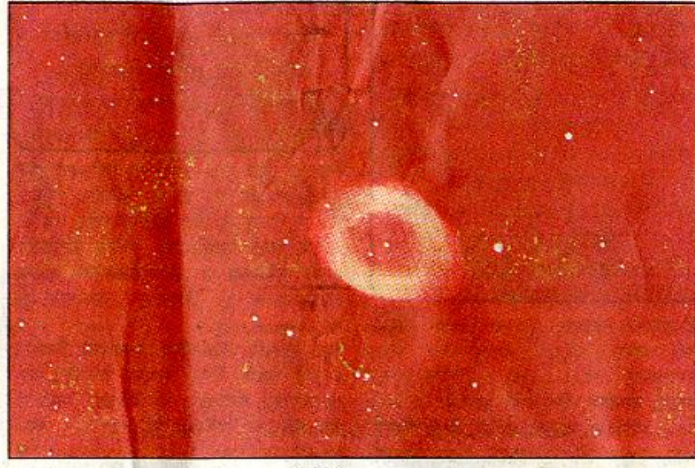
अरिस्टार्कसने केलेला प्रयत्न पुनर्न करण्यात आला. या पद्धतीला 'पराशय' (पॅरॅलॅक्स) म्हणतात. अरिस्टार्कसने अशी कल्पना मांडली होती, की सूर्याभोवती फिरताना पृथ्वीचे आकाशातले स्थान बदलत असते. हा बदल दर सहा महिन्यांनी सर्वाधिक असतो. म्हणजे आज पृथ्वीचे अंतराळात जे स्थान आहे, त्याच्या तुलनेत सहा महिन्यांनी ती तेथून सर्वात दूर गेली असणार. अशा स्थितीत लांबच्या ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर जवळच्या ताऱ्यांची दिशा बदललेली दिसणार. (आपण आगगाडीतून जातो

खगोल विज्ञानाच्या पाऊलखुणा

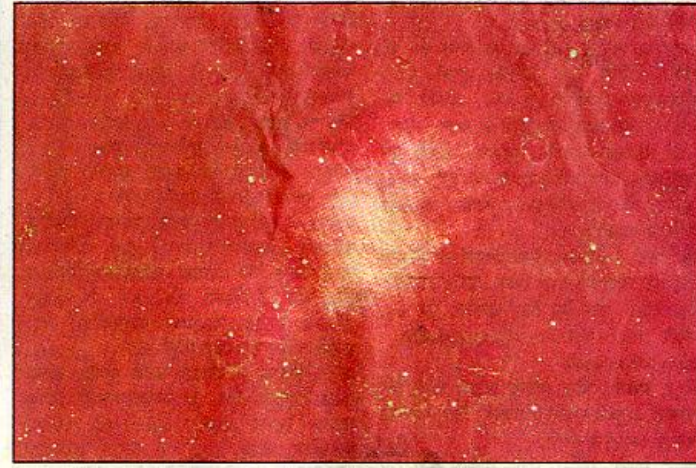
ताऱ्यांचे रहस्य



ओरायन नेब्युला



रिंग नेब्युला



क्रॅब नेब्युला

फोटोग्राफिक प्लेटचा उपयोग करून काढलेल्या या चित्रात ताऱ्यांच्या जगतातल्या तीन घडामोडी पाहा. पहिल्या चित्रात मृग नक्षत्रातल्या वायुमेघाचे- ओरायन नेब्युलाचे (जेथे नव्या ताऱ्यांचा जन्म होतो) छायाचित्र आहे. दुसऱ्यात ताऱ्याने बाहेरचा भाग वलयकृती वायुरूपात फेकल्याचे दृश्य पाहा, तर तिसऱ्यात तारकास्फोटाचे अवशेष दिसतात. केवळ डोळ्यांनी अशी स्पष्ट दृश्ये दिसत नाहीत.

तेव्हा दूरच्या झाडांच्या पार्श्वभूमीवर जवळची झाडे उलट्या दिशेला जाताना दिसतात, त्यावेच हे एक उदाहरण!) सूर्य स्थिर आहे आणि पृथ्वी आपली जागा बदलते, हे विधान सिद्ध करायला अरिस्टार्कसने अशी निरीक्षणे करणाऱ्या घाट घातला. पण त्यात त्याला अपयश आले. ताऱ्यांच्या दिशेतला अपेक्षित बदल दिसला नाही.

याचे मुख्य कारण, हा दिशेतला बदल अत्यल्प असून, केवळ डोळ्यांच्या निरीक्षणांनी कळण्यासारखा नाही. दुर्बिणींच्या साहाय्याने आकाश निरीक्षणाची सुरवात सतराव्या शतकात झाली. आणि कालानुसार त्या अधिकाधिक सक्षम बनत गेल्या. तरीही अरिस्टार्कसने सुचवलेले निरीक्षण यशस्वीरीत्या घडवून आणण्यात १८३८ हे साल उजाडावे लागले. त्या वर्षी बेसेल या खगोल निरीक्षकाने '६१-सिमनी' ताऱ्याचे अंतर मोजले, आणि पराशय पद्धत वापरणे शक्य आहे, हे सिद्ध केले. इथे उपस्थित केलेल्या दुसऱ्या प्रश्नाचे होकारार्थी उत्तर त्यावरून मिळते. तारे सूर्यासारखेच तेजस्वी आहेत, फक्त लांब असल्याने मंद वाटतात.

अर्थात आपण किती दूरच्या ताऱ्यांची अंतरे पराशय पद्धतीने मोजू शकतो, यावर मर्यादा आहेत. सामान्यपणे अत्याधुनिक दुर्बिणी वापरूनदेखील आपण सुमारे शंभर प्रकाशवर्षांपलीकडल्या ताऱ्यांची अंतरे मोजू शकत नाही. त्यासाठी पराशय पद्धत सोडून इतर मार्ग अवलंबिले पाहिजेत. त्यासाठी ताऱ्यांच्या पृष्ठभागांचे सविस्तर निरीक्षण आवश्यक ठरते.

ताऱ्यांचे रंगरूप
रात्री सहज वर टाकलेल्या दृष्टिक्षेपात सर्व तारे सारखे वाटतात- लुकलुकणारे पिवळे प्रकाशबिंदू! परंतु

जास्त लक्ष देऊन पाहिले, तर काही तारे पिवळट, काही निळसर, काही लालसर असे फरक दिसतात. तसेच काही तारे जास्त प्रकाशमान, तर काही मंद वाटतात. दुर्बिणीतून पाहिले, तर रंगरूपातले हे फरक अधिक जाणवतात. पण प्रत्यक्ष पाहून 'जाणवलेली' आणि तशी नोंद केलेली माहिती व्यक्तिनिरपेक्ष असत नाही. निरीक्षक-निरीक्षकात फरक असतो. अशा स्थितीत दुर्बिणींना जोडलेली आणि नोंद करू शकणारी उपकरणे उपयोगी पडतात. यांचा विकास गेली दोन शतके होत आहे. इथे सविस्तर

सांगणे शक्य नाही, पण फोटोमीटर, इमेजट्यूब, सी.सी.डी. (चार्ज कपलड डिव्हाइस) आदी उपकरणे आणि फोटोग्राफिक प्लेट वा फिल्म यांनी या दृष्टीने खगोल निरीक्षणाला लावलेला हातभार अनमोल आहे. तसेच तारा प्रामुख्याने कुठल्या रंगाचा आहे, हे ठरवायला विविध रंगांचे फिल्टर उपयोगी पडतात. त्याशिवाय ताऱ्यांच्या प्रकाशाचे लोलकाद्वारे विविध रंगांत विभाजन करून त्याचा वर्णपट घेता येतो. सूर्यप्रकाशाचे असे इंद्रधनुषी रंगात विभाजन करून त्यांचा सखोल

म्हणजे तिथला प्रकाश वाटेत शोषला गेला आहे, याची जाणीव त्यावरून होत होती. पण याच्या मुळाशी कुठला वैज्ञानिक नियम होता? भौतिकशास्त्रात प्रकाश वर्णपटाचा अभ्यास एकोणिसाव्या शतकाखेरी अशा स्थितीला येऊन पोचला, की काही यक्षप्रश्नांची उकल व्हायला वैचारिक क्रांतीची गरज होती. विसाव्या शतकात क्वांटम सिद्धांताच्या रूपात ती क्रांती अवतरली. मॅक्स प्लांकपासून सुरवात करून अल्बर्ट आइन्स्टाइन आणि नील्स बोर हे त्या क्रांतीचे आद्य

तारे हा या विश्वाचा अपरिहार्य भाग. प्राचीन काळापासून मानवाच्या बुद्धीला, कल्पनाशक्तीला आवाहन करणारा. या लुकलुकणाऱ्या आकाशस्थ घटकाविषयी शतकानुशतके वाटणारे गूढ कसे उकलले? मानवी विचारशक्तीने हे आव्हान कसे पेलले?

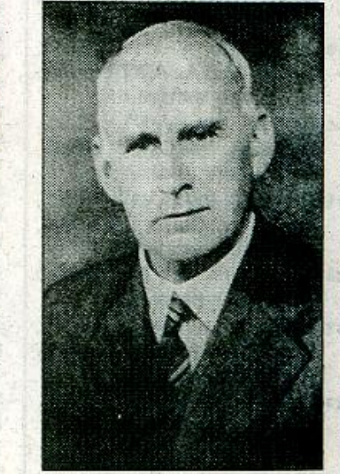
डॉ. जयंत नारळीकर

अभ्यास करण्याची सुरवात तर न्यूटनने सतराव्या शतकात केली. सन १८१४ मध्ये फ्रॉनहॉफर शास्त्रज्ञाने 'सूर्यप्रकाशात सातरंगांशिवाय मधून मधून उराविक वेव्हलेंथवर काळ्या रेषा सापडतात,' अशी नोंद केली होती. प्रकाश हा लहरींच्या रूपात असतो, आणि लहरींच्या लांबीवरून रंगाची कल्पना होते, हे तोपर्यंत भौतिक शास्त्राला माहीत झाले होते. लाल लहरींची लांबी (वेव्हलेंथ) सर्वात जास्त, तर जांभळ्या लहरींची सर्वात कमी. पण या काळ्या रेषा लहरींचा अभाव दर्शवत होत्या.

प्रवर्तक. त्यामुळे फ्रॉन हॉफरच्या काळ्या रेषाच नव्हे, तर सामान्यपणे ताऱ्यांच्या वर्णपटांची कारणमीमांसा होऊ शकली.

साहा यांचे समीकरण
वरील भारतीय शास्त्रज्ञ मेघनाद साहा यांनी वर्णपटाच्या गुणधर्मावरून तो ज्या ताऱ्याच्या पृष्ठभागावरील प्रकाशातून उमटला, त्या ताऱ्याभोवतालच्या वायुमंडलाची माहिती मिळवण्यास मदत करणारे एक महत्त्वाचे समीकरण मांडले. 'साहा समीकरण' म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या या शोधामुळे वाऱ्याच्या पृष्ठभागावरील तापमान आणि तेथील विविध मूलद्रव्यांच्या प्रमाणाचा अंदाज बांधता येतो.

साहा समीकरण हे वर्तमान 'अॅस्ट्रोफिजिक्स' (खगोल भौतिकशास्त्र) या विषयाचा पाया मानले जाते. भौतिकशास्त्राच्या प्रयोगशाळांतून तावून सुलाखून निघालेले नियम ताऱ्यांना लागू



आर्थर स्टॅनले एडिंग्टन
पडतात याचे प्रात्यक्षिकच जणू या समीकरणाद्वारे मिळते. १९२० च्या आसपास प्रसिद्ध झालेल्या या शोधाची गणती खगोलविज्ञानाच्या (पान ११ पाहा)

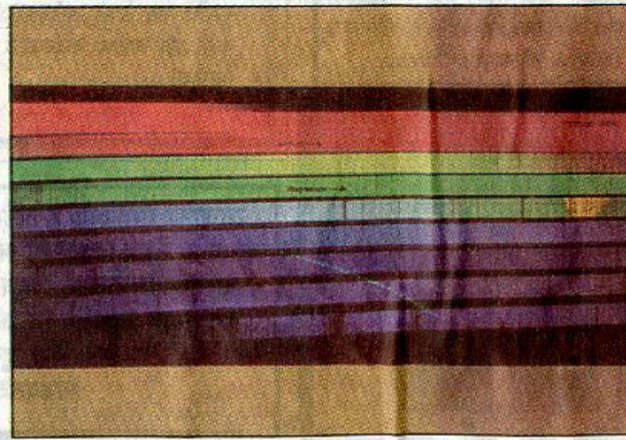
ताऱ्यांचे रहस्य

(पान ७ वरून)

सहस्रकातील पाउलखुणांत करणे आवश्यक आहे.

ताऱ्यांचे अंतरंग

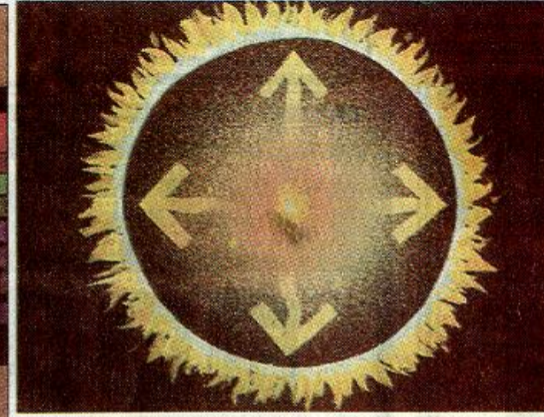
साहा समीकरणाच्या पायाभूत माहितीवर ताऱ्याच्या पृष्ठभागाची रचना आधारित आहे. त्या माहितीवरून ताऱ्याच्या अंतरंगापर्यंत पोचता येईल का? कारण या लेखाच्या सुरवातीला उपस्थित केलेल्या शेवटच्या प्रश्नाचे उत्तर त्यात दडले आहे. आणि हा प्रश्न बहुतांशी सोडवला केंब्रिज विद्यापीठातील प्राध्यापक एडिंग्टन यांनी सुमारे १९२२-२५ च्या काळात.



फ्रॉन हॉफरच्या काळ्या रेधा सूर्याच्या सप्तरंगी वर्णपटात पाहा.

भौतिक विज्ञानातील गुरुत्वाकर्षण, तप्त वायूंचे गुणधर्म, प्रारणाचे शोषण आदी गोष्टींचे नियम विचारात घेऊन एडिंग्टन यांनी काही

समीकरणे मांडली, ज्यांच्या उत्तरातून ताऱ्याच्या अंतरंगाची माहिती अजमावता येते. अशा उत्तरातूनच एडिंग्टन यांनी निष्कर्ष काढला, की



एडिंग्टनच्या सूर्याच्या मॉडेलप्रमाणे आतील तप्त गाभ्यात अणुगर्भीय प्रक्रियेतून ऊर्जा निर्माण होते आणि ती प्रारण आणि प्रक्रमण (रेडिएशन आणि कन्व्हेक्शन) मार्गे बाहेर पडते.

सूर्याच्या गाभ्याचे तापमान एक कोटी अंशांवर असावे. त्यासाठी त्यांनी सूर्याचे वस्तुमान आणि पृष्ठभागाची माहिती विचारात घेतली. आणि एका

महत्त्वाच्या निष्कर्षाप्रत ते येऊन पोचले- इतक्या तप्त गाभ्यात अणुसंयोग (न्यूक्लियर फ्यूजन) होऊ शकतो आणि त्यातूनच सूर्याला ऊर्जा मिळते. १९२५ मध्ये अणुविज्ञान प्राथमिक अवस्थेत होते. आणि बहुतेक अणुशास्त्रज्ञांना एडिंग्टनची कल्पना असंभाव्य वाटली. अणूच्या गर्भभागात कुठलीही प्रक्रिया ढवळाढवळ करू शकणार नाही, असे त्यांचे म्हणणे होते. एडिंग्टन आणि अणुशास्त्रज्ञ यांच्यातला वाद त्या काळी गाजला.

पण शेवटी एका दशकानंतर त्या वादावर पडदा पडला आणि निकाल लागला एडिंग्टनच्या बाजूने. १९३८-३९ च्या सुमारास अणुशास्त्रज्ञ हान्स बेथे याने सूर्याचे पूर्ण 'मॉडेल' एडिंग्टनच्या समीकरणात भर घालून तयार केले. त्यात सूर्याच्या तेजाचे रहस्य उकलले होते. गाभ्यातील हायड्रोजन हेलियममध्ये संयोग पावून सूर्याला ऊर्जा मिळते, हा त्यांचा निष्कर्ष आज सर्वमान्य झाला आहे.