

मलाउत्तर हवंय!

खगोलशास्त्र

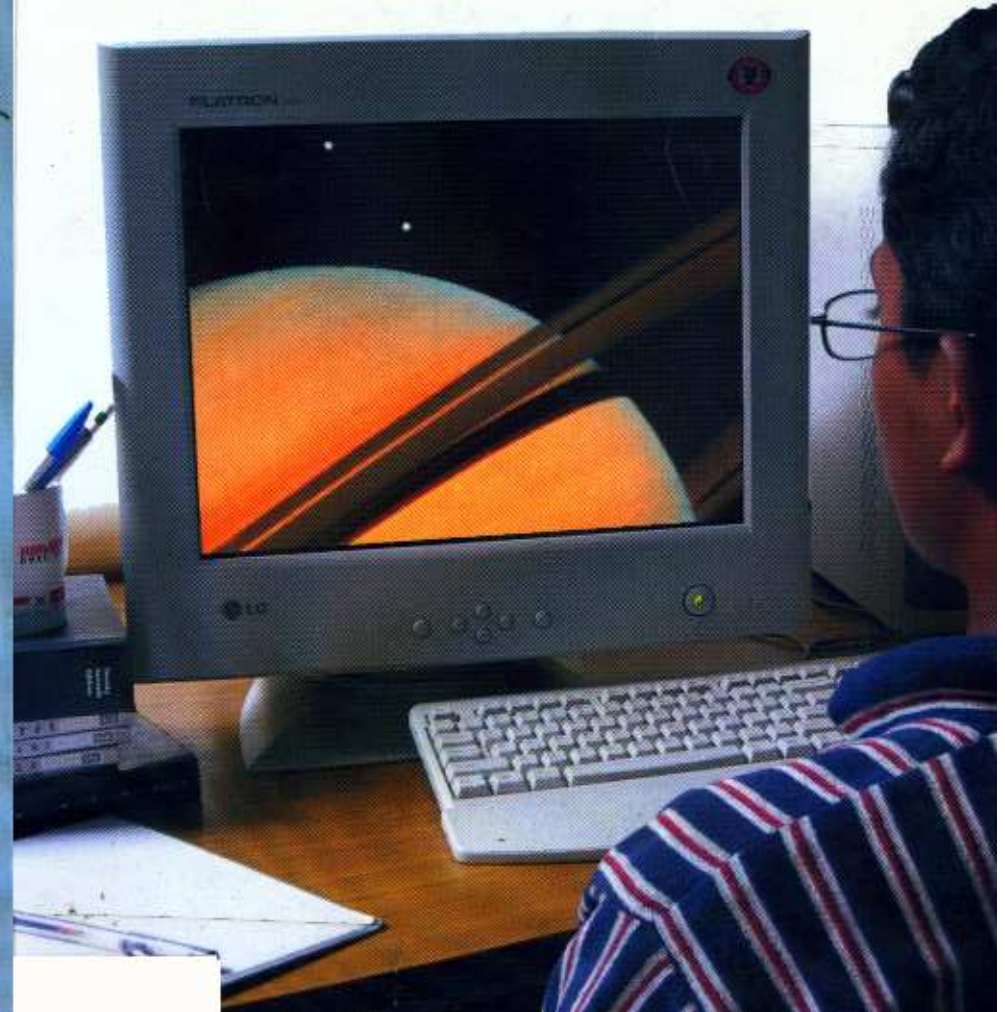
काळ्याभोर आकाशात चमचमणारे तारे,
त्यांच्यामधून भटकणारे तेजस्वी ग्रह,
अचानक प्रकट होऊन भयकंपित करणारे धूमकेतू,
आणि आकाशातून खळकन् तुटणाऱ्या उल्का,
या सृष्टिचमत्कारांनीच आदिमानवाचे कुतूहल
प्रथम जागृत केले असेल, यात शंकाच नाही.
दिवस, महिने आणि ऋतू यांचे अखंड चक्र
सूर्यचंद्रांचा ग्रास घेणारी ग्रहणे,
ऋतुमानाप्रमाणे बदलणारा सूर्याचा मार्ग,
हेच प्राचीन मानवाच्या निरीक्षणाचे विषय असले पाहिजेत.
म्हणूनच खगोलशास्त्र हा अतिपुरातन विषय आहे.
विसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात मात्र
या विषयाने अवकाश झेप घेतली
आणि मानवाने चंद्राला पदस्पर्श केला.
त्याने विश्वाचा शोध घेण्यासाठी पाठविलेले अवकाशयान
आज सूर्यमंडलाचा भेद करून अनंताकडे चालले आहे.
सर्व शास्त्रांमधील सर्वात मनोरंजक,
आणि म्हणून आबालवृद्धांना, भुरळ घालणारे शास्त्र,
असे खगोलशास्त्राचे समर्पक वर्णन करता येईल.
'मला उत्तर हवंय!' या मालिकेतील हा खगोलशास्त्र विभाग
तुमच्या मनातील बहुतेक प्रश्नांची उत्तरे देईल.

राजहंस प्रकाशन / पुणे

मलाउत्तर हवंय!

खगोलशास्त्र

मोहन आपटे



मला उत्तर हवंय!

खगोलशास्त्र

मोहन आपटे

राजहंस प्रकाशन

प्रस्तावना

विज्ञानाच्या क्षेत्रात खगोलशास्त्र हा सर्वात मनोरंजक विषय आहे, याबद्दल दुमत असण्याचे कारण नाही. उत्तरोत्तर या विषयाचे कुतूहल आणि लोकप्रियता लक्षणीय प्रमाणात वाढत आहे. विशेषतः गेल्या अर्धशतकातील सैद्धान्तिक संशोधनामुळे आणि अवकाश विषयातील तांत्रिक प्रगतीमुळे सामान्य माणसाचा या विषयाकडे पाहण्याचा दृष्टिकोन पार बदलून गेल्याचे स्पष्ट दिसते. निदान आपल्या देशात हे शास्त्र केवळ पंचागात अडकून पडले होते. या कोषातून बाहेर पडून खगोलशास्त्र आता प्रगतीच्या दिशेने वाटचाल करित आहे. भारतातही आता मोठमोठ्या दुर्बिणी आणि रेडिओ दूरदर्शक उभारून या विषयात गरुडझेप घेण्याचे प्रयत्न चालू आहेत.

खगोलशास्त्राबद्दल जिज्ञासा वाढत असली तरी मराठीमधून या विषयाची माहिती देणारी फारशी पुस्तके उपलब्ध नाहीत. या विषयाच्या अभ्यासासाठी आपल्याला अजूनही पूर्णतः इंग्रजी भाषेतील पुस्तकांवरच अवलंबून रहावे लागते. भारतातील चार-पाच विद्यापीठे सोडली तर या विषयाचा समावेशही अभ्यासक्रमात कुठे केल्याचे आढळत नाही. महाविद्यालयीन अभ्यासक्रमात या विषयाचा अंतर्भाव, या विषयातील उच्च शिक्षणाची सोय, गावोगावी तारांगणांची स्थापना, हौशी खगोलमंडळांना प्रोत्साहन, अशा विविध मार्गांनी खगोलशास्त्राची लोकप्रियता आणखी मोठ्या प्रमाणात वाढू शकेल.

आकाशनिरीक्षणाच्या संकल्पना, ग्रह, तारे, दीर्घिका, खगोलभौतिकी, विश्वशास्त्र, अशा अनेक विविध उपविषयांचा खगोलशास्त्रात समावेश होतो. 'मला उत्तर हवंय!' या मालिकेतील या तिसऱ्या पुस्तकाच्या चौथ्या आवृत्तीत खगोलशास्त्रावरील एकंदर १२५ प्रश्न निवडण्यात आले आहेत. त्यामध्ये वरील सर्व विषयांना थोड्याफार प्रमाणात स्पर्श करण्याचा मी प्रयत्न केला आहे. प्रस्तुत पुस्तकातील प्रश्नांच्या विविधतेवरून या विषयाची व्याप्ती किती मोठी आहे, याची वाचकांना सहज कल्पना येईल. या पुस्तकाच्या वाचनाने खगोलशास्त्राचे आकर्षण असणाऱ्यांची जिज्ञासा वाढीला लागवी हीच अपेक्षा.

इत्यलम्

प्रा. मोहन आपटे



मला उत्तर हवंय
खगोलशास्त्र

प्रकाशक

दिलीप माजगावकर

राजहंस प्रकाशन

१०२५ सदाशिव पेठ

पुणे - ४११ ०३०

फोन - (०२०) २४४७३४५९

E-mail : rajhans1@pn2.vsnl.net.in

मुद्रक

रोहन एंटरप्रायझेस

१६/२, 'स्वोजस'

सहवास सोसायटी

कर्जेंनगर

पुणे - ४११ ०५२

Mala Uttar Havay!
Khagolshastra
Mohan Apte

© मोहन आपटे

अक्षरजूळणी

रेखा ढोले

प्रिंट लिंक

७६९/५, शिवाजीनगर

पुणे ४११ ००४

मुखपृष्ठ : सतीश देशपांडे

पहिली आवृत्ती : जुलै १९९८

सहावी आवृत्ती : मार्च २००५

ISBN 81-7434-085-8

किंमत : ६५ रुपये

७१. ताऱ्याचा जन्म कसा होतो?
७२. ताऱ्यांचे वर्गीकरण कशा प्रकारे करण्यात आले आहे?
७३. द्वैती ताऱ्यांचे वर्गीकरण कसे करतात?
७४. आकाशात हिरवा रंग असलेले तारे का दिसत नाहीत?
७५. ताऱ्यांचे नामकरण करण्याची काय पद्धत आहे?
७६. 'एच आर डायग्रॅम' म्हणजे काय?
७७. ताऱ्याची प्रत कशी उरवितात?
७८. ताऱ्याची निरपेक्ष प्रत म्हणजे काय?
७९. विश्वामध्ये कोणत्या प्रकारच्या ताऱ्यांचे प्रमाण सर्वात जास्त आहे?
८०. 'ब्राउन ड्वार्फ' या कशा प्रकारच्या खगोलीय वस्तू आहेत?
८१. सूर्याची वैशिष्ट्ये काय आहेत?
८२. सूर्यावरील ऊर्जानिर्मितीचे प्रमाण काय आहे?
८३. सूर्याच्या आयुर्मानाचा अंदाज कशा प्रकारे करतात?
८४. सौरवात म्हणजे काय?
८५. सौर डागांचे एकादशवर्षीय चक्र काय आहे?
८६. 'सोलर न्यूट्रिनो प्रॉब्लेम' काय आहे?
८७. 'गॉन्ग' प्रकल्प काय आहे?
८८. सूर्याला सर्वात जवळ असलेला तारा कोणता?
८९. व्याध या ताऱ्याचे वैशिष्ट्य काय आहे?
९०. रूपविकारी तारे आपले तेज का बदलतात?
९१. 'आर आर लायरे' हे तारे काय प्रकारचे आहेत?
९२. 'नव तारा' कुणाला म्हणतात?
९३. अतिनव ताऱ्याचा उद्भव कसा होतो?
९४. श्वेत बटू ताऱ्याचा जन्म कसा होतो?
९५. न्यूट्रॉन ताऱ्याचे वैशिष्ट्य काय आहे?
९६. 'पल्सार' हा काय प्रकार आहे?
९७. क्वेसार म्हणजे काय?
९८. 'सुपरल्युमिनल मोशन' म्हणजे काय?
९९. गुरुत्वीय भिंग कसे निर्माण होते?
१००. कृष्णविवर म्हणजे काय?
१०१. कृष्णविवराचा शोध कसा घेतात?
१०२. 'श्वार्झचाइल्ड त्रिज्या' म्हणजे काय?
१०३. श्वेतविवर व वर्महोल या संकल्पना काय आहेत?
१०४. हबलचा नियम काय आहे?
१०५. तेजोमेघ कशाला म्हणतात?
१०६. दीर्घिकांचे किती प्रकार आहेत?
१०७. दीर्घिकांचे अंतर निश्चित करण्याच्या काय पद्धती आहेत?

१०८. आपल्या आकाशागंगेचा आकार कसा आणि केवढा आहे?
१०९. आकाशागंगेत सूर्याचे स्थान कुठे आहे?
११०. काही तारकासमूहांना तारकागुच्छ का म्हणतात?
१११. २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची रेडिओ लहर कशी निर्माण होते?
११२. मॅगेलानचे मेघ काय आहेत?
११३. विश्वकिरणांचे उगमस्थान कोणते आहे?
११४. आकाशागंगेला सर्वात जवळ असलेली सर्पिल दीर्घिका कोणती?
११५. दीर्घिकांचा स्थानिक संघ म्हणजे काय?
११६. ऑल्बर्स पॅरिडॉक्स म्हणजे काय?
११७. गुरुत्वाकर्षीय लहर म्हणजे काय?
११८. विश्वाचा महास्फोट सिद्धान्त काय आहे?
११९. वैश्विक पार्श्वप्रारणाचे अस्तित्व का आहे?
१२०. 'डार्क मॅटर' ही संकल्पना काय आहे?
१२१. वैश्विक स्थिरांकाचे अस्तित्व आहे काय?
१२२. परग्रहांचा शोध कसा लावतात?
१२३. उडत्या तबकड्यांचे अस्तित्व खरे आहे काय?
१२४. सेती प्रकल्प काय आहे?
१२५. आपल्या विश्वाचे भवितव्य काय आहे?

१ : खगोलशास्त्रात प्रकाशवर्ष हे एकक का वापरतात?

सामान्यतः अंतरे मोजण्यासाठी सेंटीमीटर, मीटर किंवा किलोमीटर या एककांचा उपयोग केला जातो. सूर्यमालेतील अंतरे मोजण्यासाठी ही एकके फारच तोकडी पडतात. त्यामुळे सूर्य ते पृथ्वी हे अंतर एकक म्हणून वापरण्यात येते. त्यालाच ज्योतिषीय एकक असे म्हणतात. परंतु खगोलीय वस्तू परस्परांपासून इतक्या अफाट अंतरावर आहेत की या एककांच्या साहाय्याने त्यांची अंतरे मोजायची झाल्यास दहाचा घातांक कितीने वाढवावा लागेल याला काहीच मर्यादा राहणार नाही. उदाहरणार्थ, मित्र हा सूर्यापासून सर्वात कमी अंतर असलेला तारा आहे. त्याचे अंतर ४.१×१०^{१३} किलोमीटर किंवा २.७×१०^५ ज्योतिषीय एकक आहे. दहाच्या घातांकाचा विचार केला तर अर्थातच ही दोन्ही कके अगदी जवळच्या ताऱ्यांसाठीही निरुपयोगी ठरतात. खगोलीय अंतरे कमी आकड्यांनी दर्शवायची असतील तर त्यासाठी एककही मोठ्या परिमाणाचे असावे लागेल, म्हणूनच प्रकाशवर्ष या एककाची निवड करण्यात आली आहे.

प्रकाशाने एक वर्षाच्या कालावधीत कापलेले अंतर म्हणजे एक प्रकाशवर्ष. हे अंतर निर्वात प्रदेशात मोजावे लागते कारण, माध्यमामध्ये प्रकाशाचा वेग कमी असतो. निर्वात प्रदेशातील प्रकाशाचा वेग प्रति सेकंदाला $२.९९७९२४५८० \times १०^{१०}$ सेंटीमीटर आहे. म्हणजेच,
एका वर्षात : $३६५ \times २४ \times ६० \times ६० \times २.९९७९२४५८ \times १०^५$ किलोमीटर,
एवढ्या अंतरातून प्रकाशकिरणांचा प्रवास होतो. हे अंतर ९.४६१×१०^{१३} किलोमीटर येते. हेच एक प्रकाशवर्ष अंतर आहे. काही महत्त्वाच्या खगोलीय वस्तूंचे प्रकाशवर्षांच्या परिभाषेत मोजलेले अंतर पुढील कोष्टकात दिले आहे.

चंद्र (सरासरी अंतर)	: १.३ प्रकाशसेकंद
सूर्य (सरासरी अंतर)	: ८.३ प्रकाशमिनिटे
मंगळ (कमीत कमी अंतर)	: ३.१ प्रकाशमिनिटे
गुरू (कमीत कमी अंतर)	: ३.३ प्रकाशमिनिटे
प्लुटो (कमीत कमी अंतर)	: ५.३ प्रकाशतास
मित्र तारा	: ४.३ प्रकाशवर्षे
देवयानी दीर्घिका	: २३,००,००० प्रकाशवर्षे

■ ■

२ : पारालॅक्स आणि पार्सेक यांचा संबंध काय आहे?

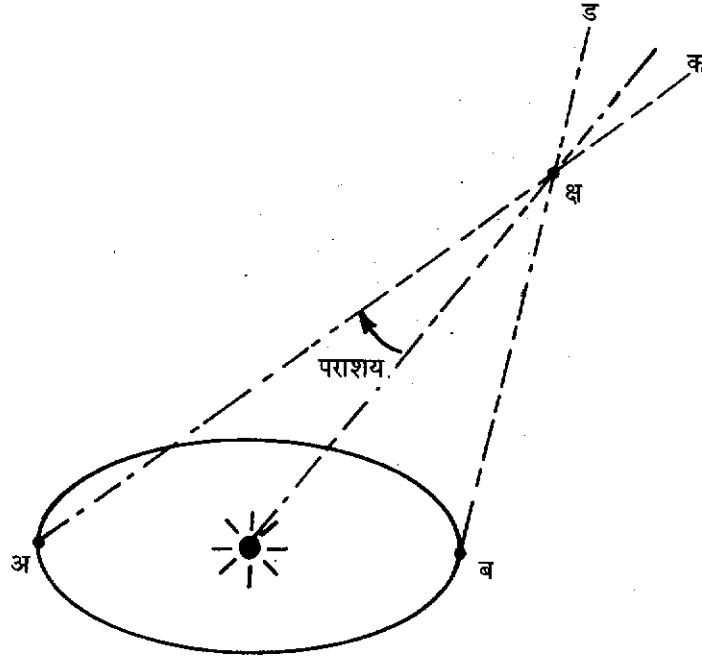
सूर्यमालेचा केंद्रबिंदू पृथ्वी असून, तिच्या भोवती सूर्य आणि इतर ग्रह भ्रमण करीत असतात, अशी फार पुरातन काळापासून सर्वांची कल्पना होती. इसवी सन पूर्व १५०

च्या सुमाराला हिप्पार्कस या ग्रीक तत्त्वज्ञाने प्रत्यक्ष निरीक्षणाचा एक प्रयोग सांगून या सिद्धान्ताला चांगलीच बळकटी आणली. पुढे शेकडो वर्षे, त्याच्या या प्रयोगाचा पृथ्वीकेंद्र सिद्धान्ताच्या खरेपणासाठी आधार घेतला जात असे. हिप्पार्कसने असा दावा केला की, 'जर पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करित असेल, तर विशिष्ट दिशेत असणारा तारा वर्षभराच्या काळात त्या दिशेपासून विचलित झाला पाहिजे.' हिप्पार्कसला तसा कोणताही बदल आढळला नाही, म्हणून तो पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करित नाही या निर्णयाला येऊन पोहोचला.

हिप्पार्कसच्या काळात दूरदर्शक तर नव्हताच, पण ताऱ्यांचा वेध घेणारी साधनेही फारशी अचूक नव्हती. अन्यथा त्याला ताऱ्यांचे विचलन लक्षात आले असते. आधुनिक काळात या विचलनाचा आधार घेऊन जवळच्या ताऱ्यांची अंतरे अचूकपणे निश्चित करता येतात.

पृथ्वीच्या सूर्याभोवती होणाऱ्या भ्रमणामुळे वर्षभराच्या काळात ताऱ्यांच्या दिशेत जे विचलन होते, त्यालाच पारालॅक्स किंवा पराशय असे नाव आहे.

ताऱ्यांची अफाट अंतरे लक्षात घेता, ताऱ्यांच्या दिशेतील विचलन निश्चित करण्यासाठी, पृथ्वीवरून तोच तारा सहा महिन्यांच्या अंतराने पाहिला तर जास्त अचूक उत्तर मिळते. कारण सहा महिन्यांनी पृथ्वी सूर्याच्या बरोबर विरुद्ध बाजूला जाते. समजा, पृथ्वी 'अ'



येथे असताना 'क्ष' हा तारा 'अक' या दिशेत दिसत असेल तर बरोबर सहा महिन्यांनी पृथ्वी 'ब' येथे गेल्यावर तो 'बड' या दिशेत दिसू लागेल. या दोन दिशांमधील कोनाची निमपट म्हणजेच 'पारालॅक्स'. यावरून त्रिकोनमितीच्या आधाराने ताऱ्यांचे सूर्यापासून असलेले अंतर निश्चित करता येते.

ज्या ताऱ्याचा पराशय एक कोनीय सेकंद असतो, तो सूर्यापासून एक पार्सेक अंतरावर आहे, असे मानले जाते.

पार्सेक हा शब्द पारालॅक्ससेकंद या शब्दाचे लघुरूपांतर आहे. पार्सेक या एककाचा विशेष असा की, ताऱ्याच्या पारालॅक्सची किंमत व्यस्त केली की ताऱ्याचे पार्सेकमध्ये अंतर मिळते. म्हणजेच

$$\text{ताऱ्यांचे पार्सेकमधील अंतर} = \frac{1}{\text{पारालॅक्सची कोनीय सेकंदातील किंमत}}$$

उदाहरणार्थ, ज्या ताऱ्याचे पारालॅक्स ०.५ कोनीय सेकंद असेल तो सूर्यापासून २ पार्सेक अंतरावर असला पाहिजे.

प्रकाशवर्षाच्या भाषेत एक पार्सेक या अंतराची किंमत ३.२६ प्रकाशवर्षे आहे. आल्फा सेंटॉरी म्हणजेच मित्र हा तारा सूर्याला सर्वात जवळ असलेला तारा आहे. त्याचा पराशय ०.७५ कोनीय सेकंद येतो. त्यावरून या ताऱ्याचे सूर्यापासून असलेले अंतर पुढीलप्रमाणे निश्चित करता येईल.

$$\begin{aligned} \text{मित्र या ताऱ्याचे पार्सेक मध्ये अंतर} &= \frac{1}{0.75 \text{ कोनीय सेकंद}} \\ &= 1.3333 \text{ पार्सेक} \end{aligned}$$

एक पार्सेक = ३.२६ प्रकाशवर्षे.

१.३३३३ पार्सेक = ४.३४६ प्रकाशवर्षे.

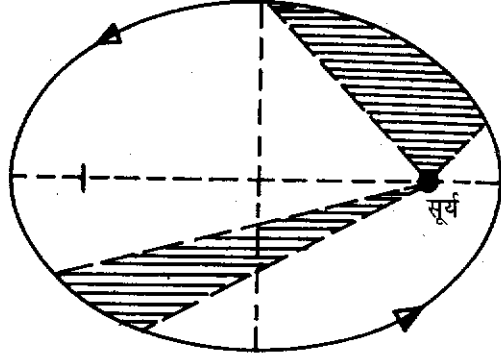
पारालॅक्स पद्धतीने ताऱ्यांची अंतरे निश्चित करण्याला फारच मर्यादा आहेत. ताऱ्यांचे अंतर जितके जास्त तितके पारालॅक्स कमी. अर्थातच अगदी सूक्ष्म पारालॅक्स मोजणे अतिशय अवघड असते. सुमारे ५० प्रकाशवर्षे अंतरापलीकडच्या ताऱ्यांची किंमत या पद्धतीने निश्चित करता येत नाही.

■ ■

३ : ग्रहांच्या भ्रमणाचे केपलरने शोधून काढलेले नियम कोणते?

खगोलशास्त्राच्या इतिहासात टायखो ब्राहे ही एक विचित्र असामी होऊन गेली. साध्यासुध्या यंत्रांचा उपयोग करून ग्रहताऱ्यांचे वेध घेण्यात त्याचा हातखंडा होता.

टायखोने मंगळाचे असंख्य वेध घेतले होते. टायखोच्या जीवनाचे अंतिम काळात जोहान्नेस केपलर हा मदतनीस म्हणून त्याचे बरोबर काम करित होता. टायखोच्या मृत्यूनंतर केपलरने टायखोच्या मंगळाच्या वेधांचा सूक्ष्म अभ्यास केला. १६०९ साली 'न्यू अॅस्ट्रॉनॉमी' या पुस्तकात त्याने आपले निष्कर्ष प्रसिद्ध केले. केपलरच्या अभ्यासाचे फलित म्हणजे ग्रहांच्या भ्रमणाचे त्याने शोधून काढलेले सुप्रसिद्ध नियम! आधुनिक खगोलशास्त्राच्या गणिताचा पाया या केपलरच्या तीन नियमांनीच बांधलेला आहे.



केपलरचे तीन सुप्रसिद्ध नियम असे :

१. सर्व ग्रह सूर्याभोवती दीर्घवर्तुळाकार मार्गाने भ्रमण करतात. दीर्घ वर्तुळाच्या नाभीपाशी सूर्याचे स्थान असते.
२. दीर्घ व वर्तुळाकृती मार्गावर भ्रमण करित असताना सर्व ग्रह समान कालावधीत समान क्षेत्रफळे आक्रमण करतात.
३. ग्रहांच्या आवर्तन कालाचा वर्ग त्यांच्या सूर्यापासून असणाऱ्या अंतराच्या घनाचे प्रमाणात बदलतो.

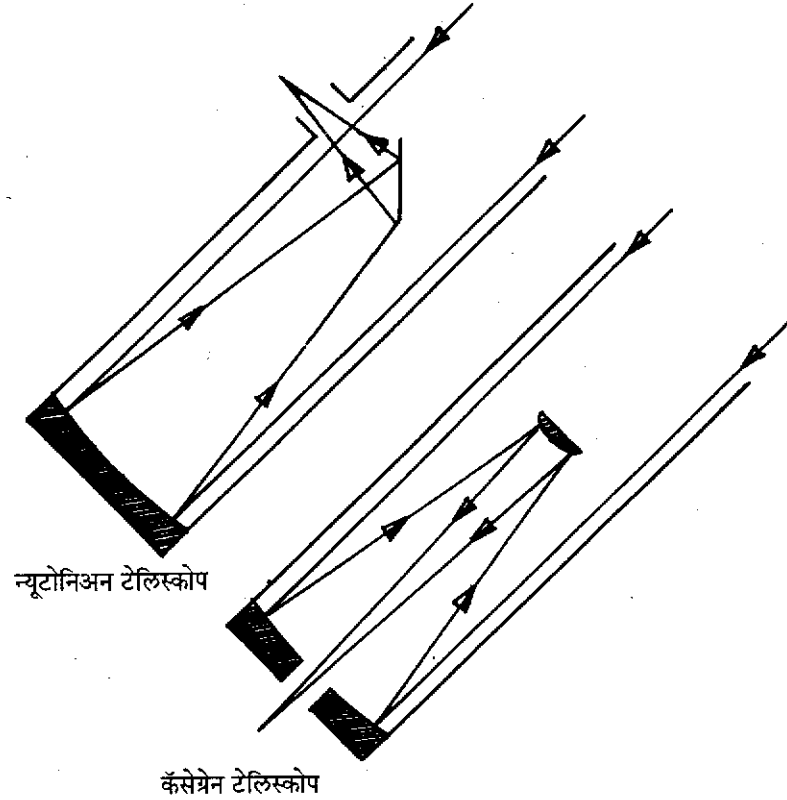
■ ■

४ : दूरदर्शकाची रचना कशी असते?

दूरदर्शक हा खगोलशास्त्र संशोधनातील एक अत्यंत महत्वाचा घटक आहे. त्याच्यामुळेच ग्रह आणि तारे यांचे आपल्याला प्रत्यक्ष निरीक्षण करता येते. त्याच्याद्वारेच ताऱ्यांबद्दल विशेष माहिती देणारा वर्णपट आपल्याला मिळू शकतो. १६१० साली गॅलिलिओने ग्रहांच्या निरीक्षणासाठी प्रथम दूरदर्शकाचा उपयोग केला. त्याच्या दूरदर्शकाची वर्धनशक्ती ३० पेक्षा जास्त नव्हती, तरीही त्याने चंद्रावरील विवरे, गुरूचे उपग्रह अशा

अनेक गोष्टी शोधून काढल्या. त्यानंतर दूरदर्शकाच्या रचनेत झपाट्याने क्रांती झाली. दूरदर्शकासाठी अंतर्गोल आरशाचा उपयोग करता येईल असे न्यूटनच्या लक्षात आले आणि त्याने स्वतः अशा प्रकारचा दूरदर्शक तयार केला. तेव्हापासून आजतागायत न्यूटनच्या रचनेनुसार, परंतु फार मोठ्या व्यासाचे दूरदर्शक तयार होत आहेत. आरशाचा व्यास जेवढा मोठा तेवढा दूरदर्शकाचा आवाकाही मोठा असतो. डोळ्यांना कधीच दिसू शकणार नाहीत असे अतिदूर असलेले तारे आणि दीर्घिका केवळ अशा प्रचंड दूरदर्शकातूनच आपण पाहू शकतो. सध्या सामान्यपणे दोन प्रकारचे दूरदर्शक प्रचलित आहेत-एक न्यूटन पद्धतीचा आणि दुसरा कॅसेग्रेन पद्धतीचा.

न्यूटन पद्धतीच्या दूरदर्शकाच्या टोकाला एक अंतर्गोल आरसा असतो. अवकाशातून येणारे प्रकाशकिरण प्रथम या आरशावर पडतात. तेथून परावर्तित होणारे किरण वस्तुतः आरशाच्या नाभीपाशी एकत्रित येतात; पण त्याच्या आधी एका लहान सपाट आरशाच्या



न्यूटोनियन टेलिस्कोप

कॅसेग्रेन टेलिस्कोप

द्वारे परावर्तित किरणांचा मार्ग बदलण्यात येतो. त्यामुळे हे किरण दूरदर्शकाच्या दंडगोलाबाहेर एका बिंदूत एकत्र येतात. हा बिंदू नेत्रिका नावाच्या एका भिंगाच्या आत येईल अशी रचना असते. अवकाशातील ताऱ्याची नेत्रिकेच्या आत तयार झालेली प्रतिमा नेत्रिकेमुळे वर्धित होते. हीच प्रतिमा नेत्रिकेमधून आपल्याला पाहता येते. किंवा नेत्रिकेच्या मागे कॅमेरा ठेवला तर या प्रतिमेचे आपण छायाचित्र घेऊ शकतो.

कॅसेग्रेन पद्धतीत अंतर्गोल आरसाच वापरला जातो; पण त्याच्या मधोमध एक छिद्र असते. अंतर्गोल आरशावरून परावर्तित झालेले प्रकाशकिरण प्रथम एका छोट्या बहिर्गोल आरशावर पडतात. तेथून ते पुन्हा परावर्तित होतात आणि अंतर्गोल आरशाच्या छिद्रामधून पलीकडे जातात. तेथे एका विशिष्ट बिंदूपाशी त्यांचे एकत्रीकरण होते. या ठिकाणी निर्माण झालेली प्रतिमा नेत्रिकेद्वारे वर्धित केली जाते.

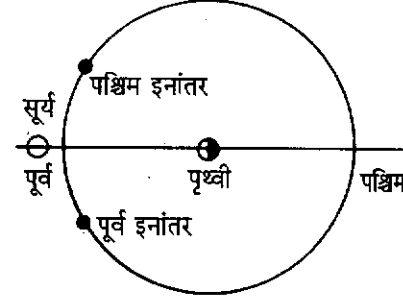
कॅसेग्रेन पद्धतीचे अनेक फायदे आहेत. त्यामध्ये अंतर्गोल आरसा मोठा असला, तरी एकंदर दूरदर्शकाची लांबी कमी असते. न्यूटनच्या पद्धतीत जशी आरशाची रुंदी वाढवावी तशी दूरदर्शकाची लांबीही वाढत जाते आणि आरसा फार मोठा असेल तर न्यूटन पद्धतीचा दूरदर्शक वापरणे कठीण होते. निरीक्षणाचे दृष्टीनेही न्यूटन पद्धतीचा दूरदर्शक फारसा सोईचा नाही. कॅसेग्रेन पद्धतीचा दूरदर्शक कितीही चांगला असला, तरी त्याची किंमत सामान्य माणसाच्या खिशाला परवडत नाही.

■ ■

५ : बुध आणि शुक्र फक्त पहाटे आणि सायंकाळीच का दिसतात?

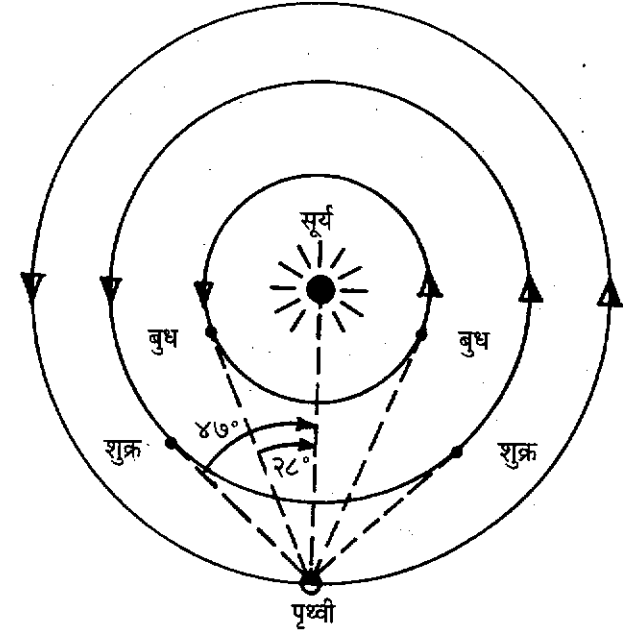
पृथ्वीच्या दृष्टीने बुध आणि शुक्र हे अंतर्ग्रह आहेत. पृथ्वीच्या भ्रमणमार्गाची कक्षा दोघांच्याही बाहेर आहे. बुध आणि शुक्र सूर्याभोवती भ्रमण करित असताना बुध आणि सूर्य तसेच शुक्र आणि सूर्य यांचा पृथ्वीशी होणारा कोन वारंवार बदलत असतो. बुध, पृथ्वी आणि सूर्य, किंवा शुक्र, पृथ्वी आणि सूर्य यांमधील कोनाला इनांतर म्हणतात. पृथ्वीच्या दृष्टीने बुध किंवा शुक्र सूर्याच्या समोर किंवा सूर्याच्या मागे असतील त्या वेळी इनांतर शून्य असते. या दोन ग्रहांच्या एका भ्रमणात दोन वेळा इनांतराची किंमत जास्तीजास्त होते. यालाच परम इनांतर म्हणतात. बुधाचे परम इनांतर २८ अंश तर शुक्राचे ४७ अंश आहे. त्यामुळेच बुध व शुक्र पूर्व किंवा पश्चिम क्षितिजाच्या वर जास्तीजास्त २८ आणि ४७ अंशांपर्यंत दिसू शकतात. एकदा का सूर्याने आवकाशात पदार्पण केले की इनांतर कितीही असले तरी इतर ताऱ्यांप्रमाणेच हे दोन ग्रह आकाशात दिसत नाहीत. त्याचप्रमाणे इनांतर १० अंशांपेक्षा कमी झाले, तर त्यांपैकी कोणताही ग्रह सूर्यसन्निध्यामुळे पहाटे किंवा सायंकाळी सुद्धा आकाशात दिसणार नाही.

सूर्याच्या संदर्भात पूर्व किंवा पश्चिम दिशेकडे इनांतर मोजण्याचा प्रघात आहे. ग्रहाचा भोग सूर्यापेक्षा कमी असेल, तर ग्रह सूर्याच्या मागे असतो, तो सूर्याच्या आधी उगवतो,



त्याचे इनांतर पश्चिम आहे, असे मानतात. सूर्याच्या आधी उगवणारा ग्रह पहाटेच्या वेळी आकाशात दिसणार हे उघड आहे. म्हणजेच पश्चिम इनांतर असलेला ग्रह पहाटे आकाशात दिसतो. तसेच ग्रहांचा भोग सूर्यापेक्षा जास्त असेल तर ग्रह सूर्याच्या पुढे असतो. तो सूर्योदयानंतर उगवतो आणि त्याचे इनांतर पूर्व दिशेकडे आहे असे समजतात. सूर्याच्या नंतर

उगवणारा ग्रह अर्थातच सूर्यप्रकाशामुळे दिसत नाही, पण सूर्याचा अस्त झाल्यानंतर काही वेळाने तो अस्ताला जात असल्यामुळे पूर्व इनांतर असलेला ग्रह सायंकाळी सूर्याच्या अस्तानंतर दिसतो.



मोठ्या पंचांगात सूर्य आणि ग्रह यांचे भोग राशी, अंश, मिनिटे या स्वरूपात दिलेले असतात. त्यावरून ग्रहांचे इनांतर काढता येते.

■ ■

६ : परावर्तन गुणोत्तर म्हणजे काय?

ग्रह किंवा उपग्रह यांच्या भूपृष्ठावरून परावर्तित झालेला प्रकाश आणि त्यांच्या भूपृष्ठावर पडणारा सूर्याचा एकूण प्रकाश यांचे गुणोत्तर म्हणजेच परावर्तन गुणोत्तर, यालाच इंग्रजीमध्ये आल्बिडो असे म्हणतात. कोणत्याही पदार्थाचा पृष्ठभाग अतिशय कृष्णवर्णी असेल तर त्याच्यावर पडणारा सर्व प्रकाश असा पदार्थ पूर्णतः शोषून टाकतो. म्हणजेच त्याच्या पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे परावर्तन होत नाही. अशा पदार्थाला 'परिपूर्ण कृष्णवर्णी' किंवा 'पर्फेक्ट ब्लॅक बॉडी' असे नाव आहे. परिपूर्ण कृष्णवर्णी पदार्थाचे परावर्तन गुणोत्तर शून्य असते. परंतु विश्वामध्ये १०० टक्के परिपूर्ण कृष्णवर्णी पदार्थ आढळत नाही. प्रत्येक पदार्थ काही ना काही प्रमाणात प्रकाशाचे परावर्तन करतोच. एखाद्या पदार्थाचा पृष्ठभाग अतिशय चकचकीत असेल तर असा पदार्थ सर्वच्या सर्व प्रकाश परावर्तित करील व प्रकाशाचे शोषण करणार नाही. असा परिपूर्ण परावर्तकही विश्वात आढळत नाही. कोणताही चकचकीत पदार्थ काही ना काही प्रमाणात प्रकाशाचे शोषण करतोच.

सूर्याचा प्रकाश सूर्यमालेतील प्रत्येक ग्रहाला आणि उपग्रहाला कमी-जास्त प्रमाणात प्राप्त होतो. अर्थात प्रकाशाची प्रखरता किती राहणार ते त्याच्या सूर्यापासून असलेल्या अंतरावर अवलंबून असते, कारण प्रकाशाची प्रखरता अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात बदलते. परावर्तन गुणोत्तरावरून खगोलीय वस्तूच्या पृष्ठभागासंबंधी काही अंदाज बांधता येतात. उदाहरणार्थ, चंद्राचे परावर्तन गुणोत्तर फक्त ०.०७ आहे. म्हणजेच चंद्राच्या पृष्ठभागावर पडणाऱ्या सूर्याच्या एकूण प्रकाशापैकी केवळ ७ टक्के प्रकाश परावर्तित होतो. राहिलेला ९३ टक्के प्रकाश चंद्राच्या पृष्ठभागात शोषला जातो.

सूर्यमालेतील सर्व ग्रहांच्या परावर्तन गुणोत्तराचे कोष्टक पुढे दिले आहे. त्यावरून शुक्राचे परावर्तन गुणोत्तर सर्वात जास्त आहे, हे आपल्या चटकन लक्षात येईल. शुक्र टपोरा आणि तेजस्वी दिसतो त्याचे कारण हेच आहे.

ग्रह	परावर्तन गुणोत्तर
बुध	०.१०६
शुक्र	०.६५
पृथ्वी	०.३७
मंगळ	०.१५
गुरू	०.५२
शनी	०.४७
युरेनस	०.५०
नेपच्यून	०.५०
प्लूटो	०.६०

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १६

७ : भारतीय नक्षत्रचक्र काय आहे?

प्राचीन ग्रीक लोकांनी आयनिक वृत्ताचे बरोबर बारा भाग करून प्रत्येक भागाला राशी असे नाव दिले. हे राशिचक्र सध्या जगन्मान्य आहे. एक वर्षाच्या कालावधीत म्हणजे १२ महिन्यांत सूर्य आयनिक वृत्तावरील एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. म्हणजे साधारणपणे दर महिन्याला सूर्याचे एका राशीतून संक्रमण होते. सूर्य कोणत्या राशीत आहे हे समजले तर तो आयनिक वृत्तावर नेमका कुठे आहे, याचा अंदाज करता येतो. प्राचीन भारतीयांच्या धार्मिक कार्यक्रमात आणि यज्ञयागात सूर्यपेक्षा चंद्राला जास्त महत्त्व आहे. चंद्र सुमारे २७ दिवसांत पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. त्यामुळे प्राचीन भारतीयांनी आकाशाचे २७ भाग करून प्रत्येक भागाला नक्षत्र असे नाव दिले. अर्थातच चंद्र दररोज एका नक्षत्रातून संक्रमण करतो, म्हणूनच त्याला नक्षत्रपती किंवा नक्षत्रेश असे नाव पडले आहे.

३६० अंशांचे २७ समान भाग केले तर प्रत्येक भागाच्या वाट्याला १३ अंश आणि २० मिनिटे येतात. आकाशातील प्रत्येक नक्षत्राचा आकार तेवढाच आहे. राशी आणि नक्षत्रे यांची सांगड घालायची झाल्यास सव्वादोन नक्षत्रांबरोबर एक रास असे गणित मांडता येईल, कारण एक रास ३० अंशांची असते.

भारतीयांचे नक्षत्रचक्र आयनिक वृत्ताशी बरोबर जुळत नाही. स्वाती, हस्त वगैरे नक्षत्रे आयनिक वृत्तापासून पुष्कळच बाजूला आहेत. तसेच प्रत्येक नक्षत्राच्या वाट्याला १३ अंश, २० मिनिटे आली असली तरी त्यामधील ठळक ताऱ्यावरूनच ते नक्षत्र ओळखण्यात येते. अशा ठळक ताऱ्याला योगतारा असे नाव आहे. काही नक्षत्रे तर इतकी अंधूक आहेत की, त्यातील योगतारा सुद्धा साध्या डोळ्यांनी नीटसा दिसत नाही. भारतीयांच्या २७ नक्षत्रांची नावे अशी :

अश्विनी, भरणी, कृत्तिका, रोहिणी, मृग, आर्द्रा, पुनर्वसु, पुष्य, आश्लेषा, मघा, पूर्व फाल्गुनी, उत्तरा फाल्गुनी, हस्त, चित्रा, स्वाती, विशाखा, अनुराधा, ज्येष्ठा, मूळ, पूर्वाषाढा, उत्तराषाढा, श्रवण, धनिष्ठा, शततारका, पूर्व भाद्रपदा, उत्तर भाद्रपदा, रेवती.

पूर्वी अभिजित हे अठ्ठाविसावे नक्षत्र मानण्याची प्रथा होती. परंतु अभिजित आयनिक वृत्ताच्या इतक्या बाजूला आहे की, चंद्र त्याच्या जवळ कधीच पोहोचू शकत नाही. त्यामुळे अभिजित हळूहळू नक्षत्रचक्रामधून वगळला गेला.

■■

८ : इंग्रजी महिन्यांच्या नावांचा खगोलशास्त्राशी काही संबंध आहे काय?

इंग्रजी महिन्यांच्या नावांचा खगोलशास्त्राशी सुतराम संबंध नाही. आश्चर्याची गोष्ट अशी की, मराठी महिन्यांच्या नावांचा मात्र खगोलशास्त्राशी संबंध जोडता येतो.

म.उ.ह....२

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १७

पौर्णिमेच्या दिवशी चंद्र ज्या नक्षत्रात असतो त्या नक्षत्राचे नाव त्या महिन्याला देण्यात आले आहे. उदाहरणार्थ, चैत्र महिन्याच्या पौर्णिमेला चंद्र चित्रा नक्षत्रात असतो. वैशाखी पौर्णिमेला त्याचे स्थान विशाखा नक्षत्रात असते. अशा प्रकारे मराठी महिन्यांच्या नावात काहीतरी खगोलशास्त्रीय सुसंगतता आहे. तसा कोणताही नियम इंग्रजी महिन्यांच्या नावांसाठी वापरलेला नाही.

इंग्रजी महिन्यांची म्हणून जी नावे आपण सांगतो ती सर्व रोमन आहेत. प्राचीन काळी रोमन लोक १० महिन्यांचे एक वर्ष मानीत असत. त्यांच्या या वर्षात फक्त ३०४ दिवस होते, आणि वर्षाची सुरुवात मार्चपासून होत असे. इसवी सन पूर्व ७०० च्या सुमारास, रोमन सम्राट नुमा पॉम्पिलस याने वर्षाचे १२ महिने केले, आणि ११ व्या महिन्याला जानेवारी व १२ व्या महिन्याला फेब्रुवारी असे नाव दिले. पुढे इसवी सनपूर्व ४६ साली रोमन सम्राट ज्युलियस सीझर याने रोमन पंचागात आमूलाग्र सुधारणा केल्या. त्याने जानेवारी व फेब्रुवारी यांची स्थाने बदलून त्यांना पहिल्या व दुसऱ्या क्रमांकाची स्थाने दिली. असे करित असताना सप्टेंबर, ऑक्टोबर, नोव्हेंबर व डिसेंबर यांची नावे मात्र बदलण्यात आली नाहीत, कारण या नावांचा सरळ अर्थ आहे, सातवा, आठवा, नववा व दहावा महिना.

जानुस या रोमन दैवतावरून जानेवारी! फेब्रुवारी याचा लॅटीन भाषेतील अर्थ होतो शुद्ध करणे. रोममध्ये या महिन्यात शुद्धतेचा उत्सव करण्याची प्रथा होती. रोमन युद्धदेवता मार्स म्हणजे मंगळ याचे नावावरून मार्च महिना ओळखला जातो. एप्रिल याचा लॅटीन अर्थ आहे प्रारंभ करणे. बहुधा या महिन्यात शेतीचा प्रारंभ होत असावा. मैया या रोमन देवतेचे नाव मे महिन्याला मिळाले. जुनो या स्वर्गदेवतेच्या नावावरून जून महिना, ज्युलियस सीझरच्या नावावरून जुलै आणि रोमन सम्राट ऑगस्टस याच्या नावावरून ऑगस्ट अशी इतर महिन्यांची नावे पडली आहेत. अशा प्रकारे इंग्रजी महिन्यांच्या नावात कोणतेही खगोलशास्त्रीय तत्त्व पाळण्यात आलेले नाही.

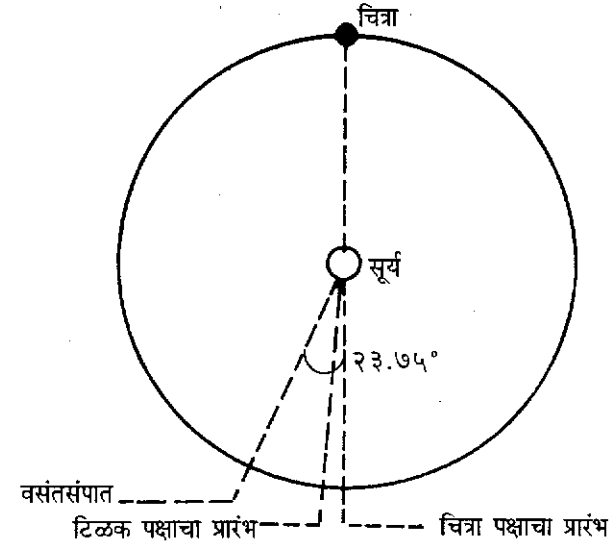
१ : सायन निरयन वादाचे स्वरूप काय आहे?

वर्तुळावरील मोजमापे करताना प्रारंभबिंदू कोणता घ्यायचा हाच सायन निरयन वादामागील खरा प्रश्न आहे. पाश्चात्य पद्धतीत मेषराशीचा प्रारंभ म्हणजेच वसंतसंपात हा आयनिक वृत्तावरील बिंदू, मोजमापासाठी प्रारंभबिंदू म्हणून मानण्यात येतो. परंतु पृथ्वीच्या परांचन गतीमुळे वसंतसंपात बिंदू स्थिर राहत नाही. तो दरवर्षी सुमारे ५० कोनीय सेकंदांतून मागे सरतो. दोन हजार वर्षांपूर्वी केव्हातरी वसंतसंपात आकाशात प्रत्यक्ष दिसणाऱ्या मेषराशीच्या प्रारंभस्थानी होता. आता मात्र तो मीन राशीतील उत्तरा भाद्रपदा नक्षत्रात येऊन स्थिरावला आहे. याचाच अर्थ असा, की आकाशात प्रत्यक्ष

दिसणाऱ्या मेषादी राशींचे आकार आणि पाश्चात्य ज्याला मेषादी रास म्हणून संबोधतात त्यांचे आकार जुळत नाहीत. त्या त्या वर्षांच्या वसंतसंपात बिंदूपासून तीस, तीस अंशांवर आयनिक वृत्ताचे १२ भाग करून त्या त्या भागात समाविष्ट असणाऱ्या ताऱ्यांना पाश्चात्य लोक मेष, वृषभ वगैरे नावांनी ओळखतात. वसंतसंपात बिंदूचे आयनिक वृत्तावरील चलन लक्षात घेऊन ज्या राशी व त्यांची अंशात्मक अंतरे निश्चित होतात त्याला सायन (स + अयन) पद्धती असे आपल्याकडे म्हटले जाते.

भारतीय लोक राशिचक्र स्थिर आहे असे मानतात. आकाशात मेष वृषभादी राशींचे आकार जसे दिसतात तशाच त्या मानल्या पाहिजेत असे भारतीयंचे मत आहे. राशिचक्रासाठी भारतीय लोक वसंतसंपात बिंदूचे आयनिक वृत्तावर होणारे चलन लक्षात घेत नाहीत, म्हणून या पद्धतीला निरयन (निः + अयन) असे म्हणतात. वसंतसंपात हा राशिचक्राचा प्रारंभबिंदू मानायचा नसेल तर दुसरा कोणता बिंदू प्रारंभ म्हणून मानायचा? या एकाच प्रश्नावरून आपल्याकडे दोन तट पडले आहेत.

टिळक पक्ष 'झीटा पीशीअम' या ताऱ्याला राशिचक्राचा प्रारंभबिंदू मानतो. यातील एक दोष असा आहे की हा तारा आयनिक वृत्तावर नाही, तो थोडा उत्तरेला आहे. या ताऱ्याचे तेजही फार कमी आहे. जुन्या पंचागकर्त्यांचे मत यापेक्षा थोडे निराळे आहे. सूर्य सिद्धान्त, या अति जुन्या ग्रंथाचा आधार घेऊन, चित्रा तारकेच्या बरोबर समोर, म्हणजे १८० अंशांवर असलेला बिंदू हा त्यांच्या राशिचक्राचा प्रारंभबिंदू आहे. या दृष्टिकोनातील प्रमुख दोष असा की, त्या बिंदूपाशी एकही ठळक तारा नाही. या दोन निरनिराळ्या मतांमुळे भारतीय राशिचक्राचा प्रारंभ दोन निरनिराळ्या बिंदूंपासून होण्याची आपत्ती उभी राहिली आहे. टिळक पक्षीयांचा प्रारंभबिंदू आणि जुन्या पंचागकर्त्यांचा प्रारंभबिंदू यामध्ये



सुमारे ४ अंशांचा फरक आहे. त्यामुळेच अनेक वेळा या दोन पंचांगांतील भारतीय सणांचे दिनांक वेगवेगळे येतात.

■ ■

१० : निरयन पंचांगाचे खगोलशास्त्रीय वैशिष्ट्य काय आहे?

तिथी, नक्षत्र, वार, करण आणि योग अशी पंचांगाची पाच अंगे आहेत. त्यांपैकी वार, करण व योग यांचा खगोलशास्त्रीय दृष्टीने फारसा उपयोग नाही. परंतु, तिथी आणि नक्षत्र यांना महिना आणि पक्ष यांची जोड दिली तर महिना, पक्ष, तिथी आणि नक्षत्र या चार गोष्टींच्या साहाय्याने आकाशाचे चित्र ताबडतोब लक्षात येते. या दृष्टीने निरयन पंचांग आकाशातील तारकांच्या स्थितीशी जोडलेले आहे. निरयन पंचांगाचा ऋतूंशी मेळ बसत नाही हा त्यातील मोठाच दोष आहे. वर्षातील कोणत्याही दिवशी आकाशाची स्थिती काय असेल याचा मात्र स्पष्ट अंदाज निरयन पंचांगावरून करता येतो, हा या पंचांगाचा मोठाच फायदा आहे.

भारतीय महिन्यांची नावे चंद्राशी निगडित आहेत. पौर्णिमेच्या दिवशी चंद्र ज्या नक्षत्राच्या जवळपास असेल त्या नक्षत्राचे नाव महिन्यासाठी मुक्रर करण्यात येते. उदाहरणार्थ, चैत्र महिन्यात पौर्णिमेचा चंद्र चित्रा नक्षत्राच्या जवळपास असला पाहिजे. वैशाख महिन्यात तो विशाखा नक्षत्राच्या जवळपास आढळेल. महिन्याच्या नावावरून पौर्णिमेच्या चंद्राचे नक्षत्र कळले, की त्याच्याबरोबर विरुद्ध बाजूच्या नक्षत्रात, म्हणजेच चंद्रापासून १८० अंशांवर सूर्य असला पाहिजे. नक्षत्रांवरून पौर्णिमेला चंद्र व सूर्य कोणत्या निरयन राशीत आहेत याचाही अंदाज करता येतो कारण प्रत्येक राशीला सव्वादोन नक्षत्रे दिली आहेत. उदाहरणार्थ, चैत्री पौर्णिमेला चंद्र हस्त किंवा चित्रा नक्षत्रात असेल, तर सूर्य रेवती किंवा अश्विनी नक्षत्रात असला पाहिजे.

पौर्णिमेला चंद्र ज्या नक्षत्रात असेल ते नक्षत्र व त्याच्याशी संलग्न असणारी रास आकाशात चंद्राबरोबर उगवेल व मावळेल. चंद्रोदयानंतर सुमारे दोन-दोन तासांनी पुढील राशी उगवत जातील. पौर्णिमेच्या चंद्राची स्थिती समजली, की त्या महिन्याच्या अमावास्येच्या आकाशाचाही अंदाज करता येईल. अमावास्येला पौर्णिमेच्या संदर्भात चंद्र चौदा किंवा पंधरा नक्षत्रे पुढे सरकेल, अर्थात त्या दिवशी सूर्याचेही तेच नक्षत्र असेल. म्हणजेच चंद्र व सूर्य चैत्री अमावास्येला रेवती किंवा अश्विनी नक्षत्रात सापडतील. याचा अर्थ असा, की अमावास्येला सूर्य मावळताना त्या महिन्याच्या पौर्णिमेचे नक्षत्र पूर्वेला उगवेल. चैत्री अमावास्येला सूर्य मावळताना पूर्व क्षितिजावर हस्त किंवा चित्रा नक्षत्र उगवेल.

यावरून त्या दिवशी रात्रभर कोणते तारे दिसतील याचाही अंदाज करता येईल.

शुक्ल पक्षामध्ये चंद्र सूर्यापासून दूरदूर सरकत जातो व पौर्णिमेला तो सूर्यापासून १८० अंशांवर पोहोचतो. या उलट कृष्ण पक्षात चंद्र सूर्याच्या जवळजवळ जात असतो

आणि अमावास्येला चंद्र व सूर्य एकत्र येतात. या गोष्टीची तिथीशी सांगड घातली, की विशिष्ट दिवशी चंद्र व सूर्य यांमधील कोनीय अंतर मिळते. कारण एक तिथी १२ अंशांची असते. उदाहरणार्थ, शुक्ल पक्षातील चतुर्थीला सूर्य व चंद्र यांचेमध्ये $१२ \times ४ = ४८$ अंशांचे अंतर असले पाहिजे, किंवा चंद्र सूर्याच्या पुढे ४८ अंशांवर असला पाहिजे. तसेच कृष्ण पक्षातील सप्तमीला सूर्य व चंद्र यांचेमध्ये $१८० - ७ \times १२ = ९६$ अंश अंतर असले पाहिजे किंवा चंद्र सूर्याच्या मागे सुमारे ९६ अंशांवर असेल.

शुक्ल पक्षात चंद्र सूर्योदयानंतर उगवतो तर कृष्ण पक्षात तो सूर्यास्तानंतर उगवतो. त्यामुळे चंद्र व सूर्य यांच्यामधील कोनात्मक अंतरावरून चंद्रोदयाच्या वेळेचाही अंदाज करता येईल. एका तासात पृथ्वी १५ अंशांतून फिरते ही गोष्ट या ठिकाणी लक्षात ठेवायला हवी. उदाहरणार्थ, शुक्ल चतुर्थीला चंद्र व सूर्य यांमधील कोनात्मक अंतर सुमारे ४८ अंश असल्यामुळे सूर्योदयानंतर सुमारे ३ तासांनी ($४८/१५ \approx ३$) चंद्र उगवेल. तसेच वद्य सप्तमीला सूर्यास्तानंतर सुमारे ६.५ तासांनी ($९६/१५$) चंद्र उगवेल. चंद्रोदय माहीत असेल, तर रात्री विशिष्ट वेळी आकाशात चंद्र साधारण कुठे असेल याचेही ज्ञान होऊ शकेल.

अर्थात वर दिलेले सर्व ठोकताळे आहेत. परंतु आकाशदर्शनासाठी ते पुरेसे आहेत. प्रत्येक नक्षत्र ४ चरणांमध्ये विभागलेले आहे. अर्थात एका चरणाचे ३.३ अंश होतात. राशी व नक्षत्र चरण यांच्यावरून वरील ठोकताळ्यांमध्ये अधिक सूक्ष्मता आणता येईल. त्यासाठी पुढील कोष्टक उपयुक्त ठरेल.

निरयन राशी	नक्षत्र	चरण	नक्षत्र	चरण	नक्षत्र	चरण
मेष	आश्विनी	४	भरणी	४	कृत्तिका	१
वृषभ	कृत्तिका	३	रोहिणी	४	मृग	२
मिथुन	मृग	२	आर्द्रा	४	पुनर्वसु	३
कर्क	पुनर्वसु	१	पुष्य	४	आश्लेषा	४
सिंह	मघा	४	पूर्वाफाल्गुनी	४	उत्तरा फाल्गुनी	१
कन्या	उत्तरा फाल्गुनी	३	हस्त	४	चित्रा	२
तूळ	चित्रा	२	स्वाती	४	विशाखा	३
वृश्चिक	विशाखा	१	अनुराधा	४	ज्येष्ठा	४
धनु	मूळ	४	पूर्वाषाढा	४	उत्तराषाढा	१
मकर	उत्तराषाढा	३	श्रवण	४	धनिष्ठा	२
कुंभ	धनिष्ठा	२	शतभिषक	४	पूर्वा भाद्रपदा	३
मीन	पूर्वाभाद्रपदा	१	उत्तरा भाद्रपदा	४	रेवती	४

१ राशी = ९ नक्षत्र चरण = ३० अंश

१ नक्षत्र = ४ चरण = १३.१३ अंश १ चरण = ३.३ अंश

■ ■

११ : ज्युलिअस सिझरने कॅलेंडरमध्ये काय सुधारणा केल्या?

फार पुरातन काळापासून रोमन साम्राज्यात चांद्रमासावर आधारलेले कॅलेंडर अस्तित्वात होते. त्या काळी रोमन लोक वर्षामध्ये ३५५ दिवस आहेत असे मानीत असत. परंतु ऋतुचक्र सौरवर्षावर अवलंबून असते आणि माणसाचे दैनंदिन व्यवहार ऋतुचक्रावर आधारित असतात. एका सौरवर्षात सुमारे ३६५ दिवस असतात हे रोमन लोकांना माहित होते. त्यामुळे भारतीयांप्रमाणेच चांद्र आणि सौरवर्षातील फरक भरून काढण्यासाठी दर तीन वर्षांनी रोमन लोक वर्षामध्ये एक महिना अधिक घेत. ज्या वर्षात १३ महिने घ्यावे लागत त्याला त्यांनी 'पूर्ण वर्ष' अशी संज्ञा दिली होती आणि १२ महिन्यांच्या वर्षाला ते 'रिकामे वर्ष' म्हणत असत. प्रश्न असा होता, की पूर्ण वर्ष कोणी निश्चित करायचे? अर्थातच याचा निर्णय त्या वेळचे धर्माचार्य आणि राजकीय पुढारी आपल्या सोईप्रमाणे घेत. रोमन साम्राज्याचा विस्तार प्रचंड असल्यामुळे काही ठिकाणी १२ महिन्यांचे वर्ष चालू असेल तर त्याच वेळी दुसरीकडे १३ महिन्यांचे पूर्ण वर्ष चालू असे. त्या त्या ठिकाणचे सुभेदार आपल्याला पाहिजे तसे वर्ष मानीत. या विक्षिप्तपणामुळे रोमन साम्राज्यात कालमापनाचा एकच गोंधळ सुरू झाला. त्यातून मार्ग काढण्यासाठी ज्युलियस सिझरने इसवी सनपूर्व ४६ या वर्षी कॅलेंडर सुधारणेचा हुकूमनामा काढला. या संबंधात त्याने आलेक्झांड्रिया येथील सॉसिजेनेस या खगोलशास्त्रज्ञाचा सल्ला घेतला. ज्युलिअस सिझरच्या या सुधारित कॅलेंडरलाच ज्युलिअन कॅलेंडर असे नाव देण्यात आले.

ज्युलिअस सिझरने कॅलेंडरमध्ये ज्या सुधारणा सुचविल्या त्याची तात्त्विक बाजू प्रथम लक्षात घ्यायला हवी. ज्या अनेक प्रकारांनी वर्षातील दिवसांची संख्या निश्चित होते, त्यामध्ये नाक्षत्रवर्ष आणि संपातीय वर्ष प्रमुख आहेत.

सूर्यावरून पाहिले असता पृथ्वी ज्या विशिष्ट नक्षत्र समूहाच्या पार्श्वभूमीवर दिसत असेल, तेथेच ती सूर्याभोवती भ्रमण करून पुन्हा परत येण्यासाठी जो काळ लागतो त्याला नाक्षत्रवर्ष असे नाव आहे. एका नाक्षत्र वर्षात ३६५.२५६४ दिवस असतात.

वर्षातील एकंदर दिवस मोजण्याच्या दुसऱ्या प्रकाराला संपातीय वर्ष म्हणतात. पृथ्वीवरून पाहिले असता सूर्य एकदा संपात बिंदूपाशी (वसंत किंवा शरद) आला की पुन्हा त्याच ठिकाणी येण्यासाठी त्याला जो काळ लागतो, तेच संपातीय वर्ष. परंतु पृथ्वीच्या परांचन गतीमुळे संपात बिंदू दर वर्षी सुमारे ५० कोनीय सेकंदांतून मागे सरकतात. त्यामुळे संपातीय वर्ष नाक्षत्रवर्षापेक्षा थोडे लहान आहे. संपातीय वर्षात एकूण ३६५.२४२२ दिवस आहेत. संपातीय वर्षाचा ऋतुचक्राशी संबंध असल्यामुळे दैनंदिन व्यवहारासाठी नाक्षत्रवर्षाऐवजी संपातीय वर्षाचाच जास्त उपयोग आहे.

ज्युलिअस सिझरने कॅलेंडरमध्ये केलेल्या सुधारणा अशा :

१. चांद्रमासावर आधारित असलेले कालमापन रद्द करण्यात आले.

२. कालमापनासाठी संपातीय वर्ष निश्चित करण्यात आले, पण त्यामध्ये ३६५.२५ दिवस असावेत असे त्या वेळच्या खगोलशास्त्रज्ञांचे मत होते.
३. व्यवहारासाठी मात्र सर्वसाधारण वर्षात ३६५ दिवस असावेत व त्यांची १२ महिन्यांत वाटणी करण्यात यावी. त्याप्रमाणे काही महिन्यांना ३० दिवस तर काही महिन्यांना ३१ दिवस मिळाले. फेब्रुवारी महिन्यासाठी सर्वसाधारण वर्षात फक्त २८ दिवस देण्यात आले.
४. ०.२५ दिवसांचा फरक भरून काढण्यासाठी दर चार वर्षांनी येणारे वर्ष असाधारण मानून त्या वर्षातील दिवसांची संख्या ३३६ करण्यात आली व त्यासाठी असाधारण वर्षात फेब्रुवारी महिन्यासाठी २८ ऐवजी २९ दिवस देण्यात आले.
५. अशा प्रकारे वर्षातील दिवसांची सरासरी संख्या 365.25 दिवस करण्यात आली. $((365 + 365 + 365 + 366) / 4 = 365.25)$
६. दरवर्षी २५ मार्च रोजी सूर्य वसंतसंपात बिंदूवर येतो असे मानण्याची रोमन साम्राज्यात परंपरा होती. पण चांद्रवर्षीय कालमापनामुळे त्यामध्ये भलताच फरक पडला होता. सूर्याला पुन्हा २५ मार्च रोजी वसंतसंपात बिंदूत स्थानापन्न करण्यासाठी इसवी सन पूर्व ४६ या वर्षाला सिझरने ४४५ दिवस बहाल केले. त्यामुळे या वर्षासाठी 'गोंधळाचे वर्ष' असे सार्थ नामाभिधान मिळाले.

इसवी सनपूर्व १ जानेवारी ४५ या वर्षी, ज्युलिअन कॅलेंडर सर्व रोमन साम्राज्यात अमलात आले.

इसवी सन पूर्व ४४ या वर्षी ज्युलिअस सिझरचा खून झाला. त्याच्या सन्मानार्थ वर्षाच्या सातव्या महिन्याला त्याचे नाव देण्यात आले, जुलै या नावाने हा महिना ओळखला जातो.

■ ■

१२ : ग्रेगोरिअन कॅलेंडर म्हणजे काय?

ज्युलियन कॅलेंडरप्रमाणे कालमापनात काही सुधारणा अमलात आल्या असल्या तरी संपातीय वर्ष (३६५.२४२२ दिवस) आणि ज्युलियन कॅलेंडर सरासरी वर्ष (३६५.२५ दिवस) या दोहोंमध्ये ०.००७८ दिवसांचा फरक शिल्लक राहिलाच. या फरकामुळे दर १२८ वर्षांनी ज्युलियन कॅलेंडरमध्ये एका दिवसाची भर पडू लागली. इसवी सन पूर्व ४५ साली २५ मार्च रोजी सूर्य वसंतसंपात बिंदूमध्ये प्रवेश करीत असे, त्याच्या ऐवजी इसवी सन ३२५ या वर्षी तो २१ मार्च रोजी वसंतसंपात बिंदूत प्रवेश करू लागला. हा फरक वाढत वाढत १६ व्या शतकापर्यंत ज्युलिअन कॅलेंडरमध्ये

सुमारे १२ दिवसांची भर पडली आणि सूर्याचा वसंतसंपात प्रवेश १३ मार्च या दिवशी होऊ लागला. मध्यंतरी इसवी सन ३२५ साली ख्रिश्चन धर्माचार्यांनी ईस्टर या धार्मिक सणाचा दिवस निश्चित केला. वसंतसंपाता पुढील चतुर्दशी नंतर येणारा पहिला रविवार हा ईस्टरचा दिवस मानावा असे निश्चित झाले. हा दिवस २१ मार्चच्या जवळपास येतो आणि त्या वेळी त्याच दिवशी सूर्य वसंतसंपात बिंदूमध्ये प्रवेश करित असल्यामुळे २१ मार्चला एक अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले.

१६ व्या शतकात सर्व धार्मिक सत्ता पोपच्या हातात होती. प्रबळ धार्मिक सत्तेचा तो काळ होता. कॅलेंडर संबंधीचे सर्व निर्णय त्या वेळी धर्मसत्ताच घेत असे. १६ व्या शतकाच्या उत्तरार्धात ग्रेगरी १३ ह्या पोपच्या हातात सर्व धार्मिक सत्ता एकवटली होती. सूर्याचा वसंतसंपात बिंदूमधील प्रवेश असाच मागे सरकत राहिला तर ख्रिश्चन धार्मिक सणांची ऋतुचक्राशी फारकत होईल हे पोप ग्रेगरी १३ च्या लक्षात आले आणि त्याने ज्युलियन कॅलेंडरमध्ये काही महत्त्वाच्या सुधारणा केल्या. हेच ते ग्रेगोरियन कॅलेंडर! सध्या जगभर याच कॅलेंडरचा अंमल आहे.

पोप ग्रेगरी १३ ने कॅलेंडरमध्ये केलेल्या सुधारणा अशा :

१. पोप ग्रेगरीने पहिल्याप्रथम एक वटहुकूम काढून १५८२ सालच्या ऑक्टोबर महिन्यातील १२ दिवस कमी करून टाकले. ४ ऑक्टोबर १५८२ या दिवसानंतर ५ ऑक्टोबर हा दिवस न घेता, त्याला १५ ऑक्टोबर १५८२ हा दिनांक देण्यात आला.
२. ज्या वर्षाला ४ ने भाग जातो त्याला लीप वर्ष मानण्यात यावे व त्यामध्ये ३३६ दिवस असावेत, परंतु १७००, १८०० वगैरे शतवर्षाला लीप वर्ष मानण्यात येऊ नये.
३. ज्या शतवर्षाला ४०० ने भाग जातो, तेच शतवर्ष लीप वर्ष म्हणून मानण्यात यावे. या नियमाप्रमाणे इ. स. २०००, इ. स. २४०० ही वर्षे लीप असतील, पण इ. स. २१००, २२००, २३०० वगैरे वर्षे लीप असणार नाहीत.

ग्रेगोरियन कॅलेंडरप्रमाणे वर्षातील दिवसांची सरासरी संख्या ३६५.२४२५ येते. अर्थातच ग्रेगोरियन आणि संपातीय वर्षात ०.०००३ दिवसांचा फरक शिल्लक राहतोच. परंतु हा फरक तसा नगण्य आहे कारण त्यामुळे ३००० वर्षांनी ग्रेगोरियन आणि संपातीय वर्षात १ दिवसांचा फरक पडेल. ग्रेगोरियन कॅलेंडरप्रमाणे दरवर्षी २१ मार्च याच दिवशी सूर्य वसंतसंपात बिंदूत प्रवेश करील.

■

१३ : ज्युलियन दिनांक याचा अर्थ काय?

पुरातन काळात अनेक संस्कृती उदयाला आल्या. काही काळ या पृथ्वीवर त्या नांदल्या, मोठमोठी साम्राज्ये त्यांनी प्रस्थापित केली, पण कालांतराने त्या नष्ट झाल्या. इजिप्शियन, बॅबिलोनियन, रोमन, ग्रीक, चिनी आणि हिंदू ही प्रामुख्याने या पुरातन संस्कृतींची नावे आहेत. त्यामधील भारतीय संस्कृती मात्र आजतागायत शिल्लक आहे. त्याही काळात या सर्व संस्कृतीना कालमापनाचे महत्त्व माहीत होते, पण त्यांच्या पद्धती वेगवेगळ्या होत्या. त्यामुळे या संस्कृतीच्या इतिहासातील महत्त्वाच्या प्रसंगांचा कालनिर्णय करताना फारच अडचण येत असे. त्यातूनच एका विशिष्ट दिवसापासून पुढे कालमापन करण्याची कल्पना निघाली. या विशिष्ट दिवसालाच ज्युलियन दिनांक असे नाव आहे. इसवी सन पूर्व १ जानेवारी ४७१३ दुपारी बारा ह्या वेळी ज्युलियन दिनांकाचा प्रारंभ होतो.

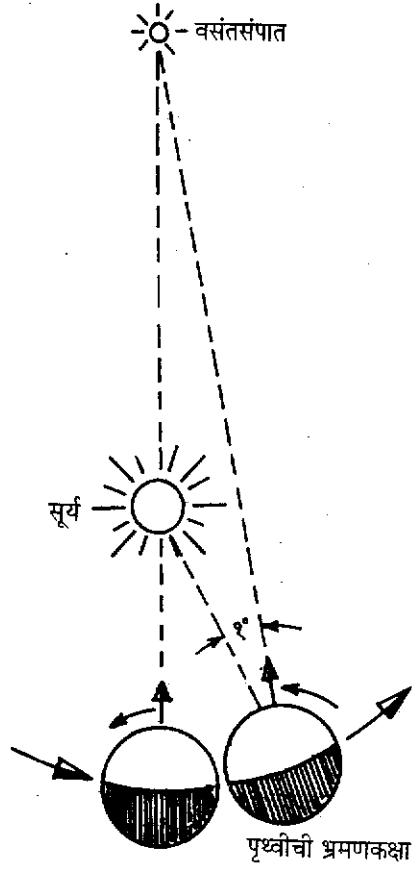
इसवी सन १५८२ साली जोसेफ जुस्टस स्कॅलिगर (१५४० ते १६०९) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने हा ज्युलियन दिनांक निश्चित केला आहे. या विशिष्ट दिनांकाला त्याने आपल्या ज्युलियनस सिझर स्कॅलिगर, या आपल्या पित्याचे ज्युलियन हे नाव बहाल केले, पण या नावाचा जुलियनस सिझर या रोमन सम्राटाचा व त्याने प्रारंभ केलेल्या ज्युलियन कॅलेंडरचा काहीही संबंध नाही. कोणत्याही वर्षातील दिनांक, जुलियन दिनांकानंतर किती दिवसांनी आला आहे हे सहज काढता येते. या दिवसांच्या संख्येला ज्युलियन दिवसक्रमांक असे म्हणतात. उदाहरणार्थ, १ जानेवारी १९९० रोजी, शून्य तास शून्य मिनिटांचे वेळी (रात्री १२ वाजता) ज्युलियन दिवस क्रमांक २४४४७८९०.५ होता. सध्या सर्व प्रकारच्या खगोलशास्त्रीय गणितांसाठी ज्युलियन दिवस क्रमांकाचाच उपयोग करण्यात येतो. ज्युलियन दिवसक्रमांकामुळे गणितामध्ये लीप वर्षाचा विचार करण्याचे कारण शिल्लक राहत नाही.

अति प्राचीन काळातील सूर्य, चंद्रग्रहणांसारख्या खगोलशास्त्रीय प्रसंगांचा काल निश्चित करण्यासाठी ज्युलियन दिवस क्रमांकाचा फार चांगला उपयोग होतो. त्या त्या संस्कृतीच्या प्राचीन वाङ्मयात या प्रसंगांचा उल्लेख असेल तर ते ताडून पाहता येतात. इसवी सनपूर्व १ जानेवारी ४७१३ या दिनांकाच्या पूर्वी कोणत्याही संस्कृतीत इतिहासाची नोंद नाही. त्यामुळे ज्युलियन दिनांक सर्वमान्य झाला आहे.

■

१४ : नाक्षत्रकाल म्हणजे काय?

नाक्षत्रकाल म्हणजे नक्षत्राच्या आधारे मोजलेला काल. एखादा विशिष्ट तारा एकदा याम्योत्तर (मिरेडियन) वृत्तावर आला की पुन्हा त्याच ठिकाणी परत येण्यासाठी त्याला जो वेळ लागतो त्याला नाक्षत्र दिवस असे म्हणतात. नेहमीप्रमाणेच नाक्षत्र दिवसाचेही



२४ तास असतात पण दिनमान मात्र सुमारे ४ मिनिटांनी कमी असते. व्यवहारात नाक्षत्र दिवस मोजण्यासाठी कोणत्याही विशिष्ट ताऱ्याचा संदर्भ न घेता, संदर्भ म्हणून वसंतसंपात बिंदूचा वापर करण्यात येतो.

नाक्षत्रकाल आणि सौर काल यांच्यामध्ये दररोज ४ मिनिटांचा फरक पडण्याचे कारण निवडलेला संदर्भबिंदू हेच आहे. सौरकाल मोजण्यासाठी सूर्य हा संदर्भबिंदू म्हणून मानण्यात येतो. तर नाक्षत्रकालासाठी तारा किंवा वसंतसंपात हा संदर्भबिंदू असतो. कोणताही तारा सूर्यपेक्षा कित्येक पटींनी पृथ्वीपासून दूर आहे. त्यामुळे पृथ्वीचे एक स्वांगभ्रमण पूर्ण झाले की, आपल्या याम्योत्तर वृत्तावर त्या विशिष्ट ताऱ्याचे प्रथम आगमन होते. त्यानंतर पृथ्वी आणखी काही अंशांतून फिरली की सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर येतो. सूर्य पुन्हा याम्योत्तर वृत्तावर येण्यासाठी पृथ्वीला फिराव्या

लागणाऱ्या जादा कोनासाठी तिला सुमारे ४ मिनिटे अधिक लागतात.

सध्या वसंतसंपात बिंदू उत्तर भाद्रपदा नक्षत्रात जाऊन बसला आहे. महाश्वेताच्या पूर्वेकडील दोन सरळ ताऱ्यांच्या खाली हा बिंदू येतो. त्यावरून नाक्षत्रकालाचा नुसत्या डोळ्यांनाही अंदाज करणे शक्य होते. ज्या वेळी उत्तर भाद्रपदा नक्षत्र साधारण तुमच्या याम्योत्तर वृत्तावर येतील ती वेळ म्हणजे नाक्षत्रकालाचा प्रारंभ किंवा शून्य तास समजावा.

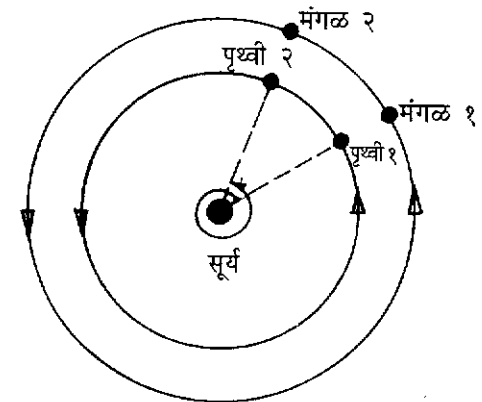
नाक्षत्रकालाप्रमाणे लावलेले घड्याळ सामान्य घड्याळापेक्षा जलद चालते. प्रति दिवशी ३.९४ मिनिटांचा फरक पडत जातो. २३ सप्टेंबर रोजी सूर्य जेव्हा शरदसंपात बिंदूत असतो त्या वेळी नाक्षत्रकालिक घड्याळ व सौरकालिक घड्याळ बरोबर जुळतात. नाक्षत्रकाल आणि सौरकाल यांच्यामधील फरकामुळे दर दिवशी सर्व तारे सुमारे ४ मिनिटांनी पश्चिमेकडे सरकत आहेत असा आपल्याला भास होतो. दररोज होणारी ही ४

मिनिटांची आगेकूच आपल्याला नवनवीन ताऱ्यांचे दर्शन घडविते. एका महिन्यात नक्षत्रांची व राशीची एकंदर आगेकूच सुमारे १२० मिनिटे म्हणजे दोन तास होते. म्हणजेच १ महिन्यानंतर तेच नक्षत्र दोन तास अगोदर उगवते.

१५ : युतिकाल कशाला म्हणतात?

सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या सर्व ग्रहांच्या कक्षा निरनिराळ्या आहेत. अर्थातच प्रत्येक ग्रहाची त्याच्या भ्रमणकक्षेतील गती निरनिराळी असते. बुध हा ग्रह सूर्याला सर्वांत जवळ आहे. त्यामुळेच त्याची गती सर्व ग्रहांत जास्त आहे. तो सूर्याभोवती प्रतिसेकंदाला सुमारे ४८ किलोमीटर गतीने भ्रमण करीत असतो. ग्रह सूर्यापासून जितका दूर तितकी त्याची गती कमी. पृथ्वीची भ्रमणगती २९.८ किलोमीटर/सेकंद आहे तर मंगळाची २४ किलोमीटर/सेकंद. त्याच्याही पलीकडे असलेल्या गुरू व शनी यांची भ्रमणगती अनुक्रमे १३.१ व ९.६ किलोमीटर/सेकंद आहे.

युतिकाल म्हणजे काय हे समजून घेण्यासाठी पृथ्वी व मंगळ यांचा विचार करू. समजा, एका विशिष्ट क्षणी सूर्य, पृथ्वी व मंगळ एका रेषेत आले तर त्यानंतर पृथ्वीची गती जास्त असल्यामुळे ती आपल्या भ्रमणकक्षेत मंगळाच्या पुढे निघून जाईल. पृथ्वीने एक वर्तुळ पूर्ण केले तरी मंगळाचे एक वर्तुळ पूर्ण झालेले नसेल. अर्थातच पृथ्वीचे एक वर्तुळ पूर्ण झाल्यावर आणखी काही काळाने पुन्हा सूर्य, पृथ्वी व मंगळ एका रेषेत येतील, म्हणजेच पुन्हा त्यांची युती होईल. कोणत्याही दोन ग्रहांची एकदा युती झाल्यानंतर त्यांची पुन्हा युती होण्यासाठी जो काळ लागतो त्यालाच युतिकाल (सायनाडिक) असे नाव आहे.



एका अगदी साध्या सूत्राच्या साह्याने कोणत्याही दोन ग्रहांचा युतिकाल निश्चित करता येतो. ते सूत्र असे :

$$\frac{1}{\text{युतिकाल}} = \frac{1}{\text{सूर्यसन्निध ग्रहाचे नाक्षत्रवर्ष}} - \frac{1}{\text{सूर्यदूर ग्रहाचे नाक्षत्रवर्ष}}$$

बुध व शुक्र पृथ्वीपेक्षा सूर्याला जवळ असल्यामुळे त्यांची भ्रमणगती जास्त आहे. त्यांचा पृथ्वीशी होणारा युतिकाल अनुक्रमे ११६ व ५८४ दिवस आहे. परंतु मंगळ, गुरू व शनी पृथ्वीच्या पलीकडे असल्यामुळे त्यांची भ्रमणगती पृथ्वीपेक्षा कमी आहे. त्यांचे पृथ्वीशी होणारे युतिकाल अनुक्रमे ७८० दिवस ३९८ दिवस आणि ३८७ दिवस असे आहेत. युतिकालावरून ग्रह कोणत्या काळात निरीक्षणासाठी जास्त योग्य आहे, याचा निर्णय करता येतो. कारण युतीच्या वेळी पृथ्वी व तो विशिष्ट ग्रह जास्तीजास्त जवळ असतात.

ग्रहांचे नाक्षत्रवर्ष आणि त्यांचे युतिकाल असे आहेत.

ग्रह	नाक्षत्रवर्ष	युतिकाल (दिवस)	युतिकाल (वर्षे)
बुध	०.२४१	११६	०.३१७
शुक्र	०.६१६	५८५	१.६०४
मंगळ	१.८८	७८०	२.१३६
गुरू	११.९	३९८.७५	१.०९
शनी	२९.५	३७८	१.०३५
युरेनस	८४.०	३६९.६५	१.०१२
नेपच्यून	१६५	३६७.४७७	१.००६
प्लुटो	२४८	३६६.७२	१.००४

१६ : प्रमाण वेळ व स्थानिक वेळ यांचा अर्थ काय?

पृथ्वीच्या स्वांगपरिभ्रमणामुळे प्रत्येक रेखांशावर निरनिराळ्या वेळी सूर्य उगवतो. नवीन दिवस रात्री १२ नंतर सुरू होतो, असा जागतिक संकेत आहे, पण रात्री १२ ही वेळच मुळी प्रत्येक रेखांशासाठी वेगळी असते. समजा, प्रत्येक रेखांशावरील नागरिकांनी आपलेच रेखांश प्रमाण मानून कालमापन केले, तर जगभर एकच गोंधळ उडेल. जगभर घडणाऱ्या घटनांची सुसंगती अशा प्रकारच्या कालमापनाप्रमाणे लावताच येणार नाही. त्यामुळे सर्व जगासाठी एकच रेखांश संदर्भ मानून तेथील कालानुसार जगात घडणाऱ्या घटनांची नोंद करायला हवी. त्यासाठी लंडन येथील ग्रीनविच येथून जाणारे रेखांश, हे संदर्भ रेखांश म्हणून जगातील सर्व देशांनी मान्य केले आहे. ग्रीनविच मध्यम वेळ हा जगभर संदर्भ काल म्हणून मानण्यात येतो. परंतु ग्रीनविच कालाचा इतर

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / २८

देशांच्या कालमापनासाठी काहीही उपयोग नाही. प्रत्येक देशाला स्वतःच्या कालमापनासाठी एक सोईचे रेखांश निवडावे लागते आणि त्या रेखांशाप्रमाणे आपल्या देशातील सर्व घड्याळे नियंत्रित करावी लागतात. त्या रेखांशाप्रमाणे दर्शविलेल्या कालालाच प्रमाण वेळ असे म्हणतात. उदाहरणार्थ, भारताने ८२.५ अंश पूर्व हे रेखांश संदर्भ रेखांश म्हणून निवडलेले आहे. ते साधारण प्रयाग जवळून जाते. भारतातील कोणत्याही घड्याळात दर्शविलेला काळ, हा खरे म्हणजे प्रयागचा काळ असतो. त्यामुळे कलकत्त्याला मुंबईच्या आधी सूर्य उगवत असला तरी दोन्ही ठिकाणी असलेली घड्याळे सारखीच वेळ दर्शवितात. भारतीय प्रमाण वेळ व ग्रीनविच प्रमाण वेळ यांमध्ये ५ तास आणि तीस मिनिटांचा फरक आहे. भारतात ज्या वेळी सकाळचे साडेपाच वाजलेले असतात, त्या वेळी ग्रीनविच येथील घड्याळे रात्रीचे १२ ही वेळ दर्शवितात.

आकाशदर्शनासाठी मात्र प्रमाण वेळेचा फारसा उपयोग होत नाही. त्यासाठी त्या विशिष्ट रेखांशावर सूर्याच्या आधाराने मोजलेल्या काळाचीच आवश्यकता असते. या कालमापनाला स्थानिक वेळ असे म्हणतात. प्रमाण वेळेवरून सहजपणे स्थानिक वेळ निश्चित करता येते. पृथ्वीच्या एका स्वांगभ्रमणाला म्हणजे पृथ्वीला ३६० अंशांतून फिरायला २४ तास लागतात. म्हणजेच एका तासात ती १५ अंशांतून फिरते, किंवा एक रेखांश ओलांडायला तिला चार मिनिटे लागतात. पुन्हा एकदा मुंबईचे उदाहरण घेऊ. प्रयागचे रेखांश ८२.५ अंश पूर्व तर मुंबईचे रेखांश आहे, ७२ अंश ५० मिनिटे. या दोन रेखांशांमधील फरक ९ अंश ४० मिनिटे येतो. एका अंशाला चार मिनिटे या हिशोबाने हा फरक ३८ मिनिटे ४० सेकंद येतो. मुंबई प्रयागच्या पश्चिमेला आहे. त्यामुळे प्रयाग येथे सूर्योदय झाला की ३८ मिनिटे आणि ४० सेकंदांनी मुंबई येथे सूर्योदय होतो. सामान्यतः ठिकाण प्रयागच्या पश्चिमेला असेल तर काळाचा फरक वजा केला पाहिजे व ठिकाण पूर्वेला असेल तर तो मिळवायला हवा.

स्थानिक वेळ निश्चित करण्यासाठी पुढील सूत्राचा उपयोग करता येईल.

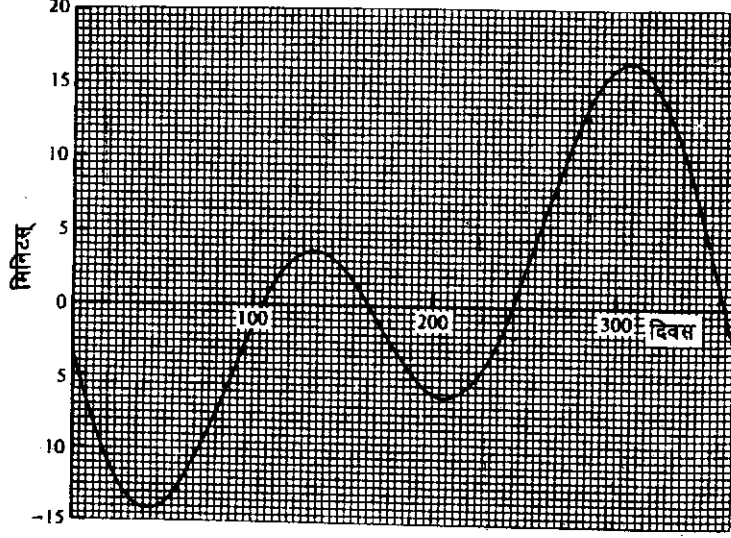
$$\text{स्थानिक वेळ} = \text{प्रमाण वेळ} \pm \text{रेखांशांमधील फरक} \times ४ \text{ मिनिटे}$$

१७ : कालसूत्र म्हणजे काय?

पृथ्वी सूर्याभोवती दीर्घवर्तुळाकृती मार्गावरून भ्रमण करते, अशी वस्तुस्थिती असली तरी पृथ्वीभोवती सूर्य दीर्घवर्तुळाकृती मार्गावरून भ्रमण करतो अशी कल्पना केली, तर गणिताच्या दृष्टीने काही फरक पडत नाही. सूर्याच्या दीर्घवर्तुळाकृती भ्रमणामुळे तो समान काळात समान अंतरातून प्रवास करित नाही, पण कालमापनासाठी मात्र हाच आधार घ्यावा लागतो. पृथ्वीवरील दैनंदिन व्यवहार सूर्यावर अवलंबून असल्यामुळे कालमापन त्याच्याशीच निगडित ठेवावे लागेल.

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / २९

या परिस्थितीतून मार्ग काढण्यासाठी एक काल्पनिक सूर्य आयनिक वृत्तावरून समान गतीने भ्रमण करीत आहे असे समजण्यात येते. या सूर्याची सरासरी दैनंदिन गती $360/365.25 = 0.98$ अंश असणार. हा काल्पनिक सूर्य उच्चबिंदूजवळ असताना वास्तविक सूर्याबरोबर असतो असे मानण्यात येते. परंतु ही व्यवस्थाही फारशी उपयोगी पडत नाही. कारण पृथ्वीचा अक्ष आयनिक वृत्ताशी लंबरूप नसून विषुववृत्ताशी लंबरूप आहे. त्यामुळे पुन्हा असमान कालमापनाचा प्रश्न उभा राहतो.



या प्रश्नातून सुटका करून घेण्याचा आणखी एक उपाय म्हणजे, वैषुविक वृत्तावरून 0.98 अंश या समान गतीने भ्रमण करणाऱ्या सूर्याची कल्पना करणे. या सूर्याला मध्यम सूर्य असे नाव देण्यात येते. वर उल्लेखलेला काल्पनिक सूर्य आणि हा मध्यम सूर्य वसंतसंपात बिंदूपाशी बरोबर असतात असे गृहीत धरण्यात येते. मध्यम सूर्याची स्थिती विषुवांशावरून निश्चित करता येते.

व्यवहारातील मध्यम सौर दिन म्हणजे मध्यम सूर्याने एकदा याम्योत्तर वृत्त पार केले, की पुन्हा ते पार करण्यास लागणारा वेळ.

वास्तविक सूर्य आणि मध्यम यांच्या कालमापनात फरक पडत जातो, कारण वास्तविक सूर्याची गती समान नसते. या दोघांच्या काळातील फरक म्हणजेच कालसूत्र. कालसूत्राचे समीकरण असे :

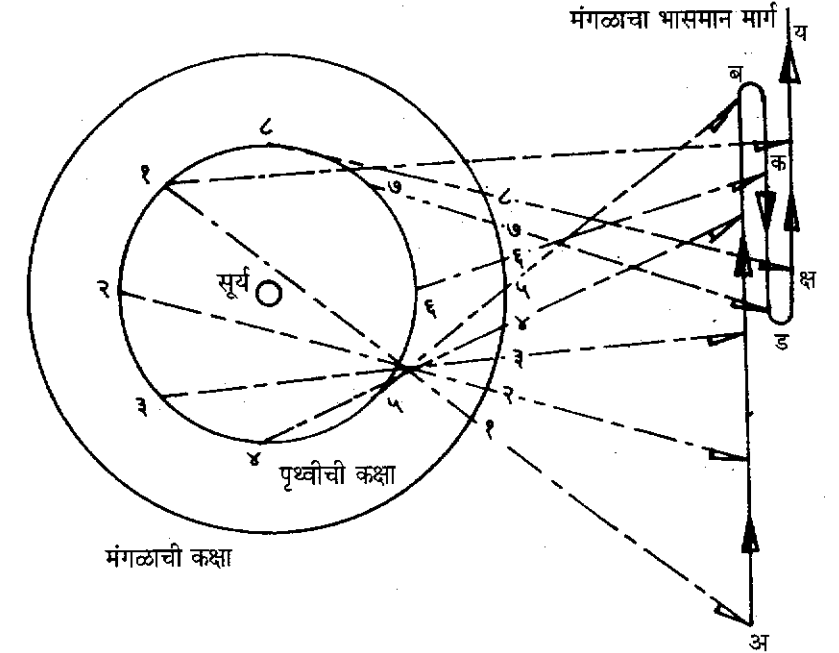
कालसूत्र = मध्यम सूर्याचा विषुवकाल - वास्तव सूर्याचा विषुवकाल

जानेवारीपासून डिसेंबरपर्यंत कालसूत्राची किंमत कशी बदलत जाते हे आकृतीवरून स्पष्ट होईल.

१८ : 'ग्रह वक्री' याचा अर्थ काय?

पंचागामध्ये दिलेल्या ग्रहांच्या दैनंदिन स्थितीच्या कोष्टकात ग्रहवक्री, ग्रहस्तंभी असे उल्लेख असतात. सर्व ग्रहांच्या आकाशातील स्थित्यंतराची दिशा नेहमी पश्चिमेकडून पूर्वेच्या दिशेला असते. ही झाली त्यांची पुरःसरणाची दिशा, परंतु केव्हा केव्हा ग्रह पुढे सरकताना अचानक थांबतो आणि मागे फिरतो व काही काळ पूर्वेकडून पश्चिमेच्या दिशेला स्थलांतर करू लागतो. या प्रकारालाच ग्रह वक्री झाला, असे म्हणतात. काही काळ प्रतिगमन केल्यावर पुन्हा एकदा ग्रह थंबकतो, म्हणजेच स्तंभी होतो आणि नंतर आपली नित्याची पश्चिमेकडून पूर्वेकडील आगेकूच सुरू करतो.

सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या प्रत्येक ग्रहाची भ्रमणकक्षा निरनिराळी आहे. त्यामुळे त्यांची भ्रमणगतीही निरनिराळी असते. अर्थातच एका विशिष्ट काळात दोन ग्रह आपल्या भ्रमणमार्गावर समान अंतर चालत नाहीत. समजा, सुरुवातीला ते सूर्याच्या दिशेत एका रेषेवर असतील, तर लवकरच सूर्याच्या जवळ असलेला ग्रह जास्त गतिमान असल्यामुळे दूरच्या ग्रहाला मागे टाकून पुढे जातो. त्याचा परिणाम म्हणूनच पृथ्वीवरून निरीक्षण करताना एखादा विशिष्ट ग्रह वक्री झाल्याचा आपल्याला भास होतो. वस्तुतः आपल्या भ्रमणकक्षेत सर्वच ग्रह नेहमी पुढे पुढेच जात असतात.



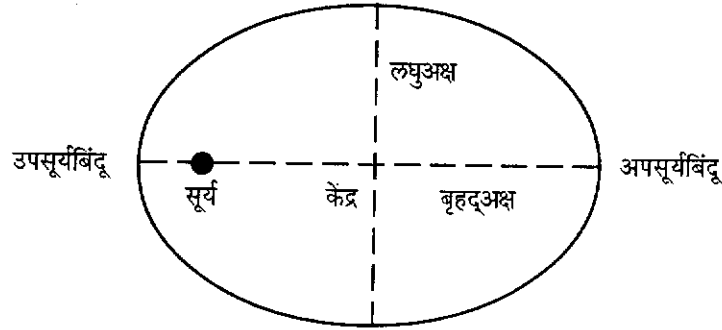
आकाशाच्या पार्श्वभूमीवर ग्रह वक्री कसा होतो हे समजण्यासाठी पृथ्वी आणि मंगळ यांचे आपण उदाहरण घेऊ. पृथ्वी आपल्या कक्षेत प्रति सेकंदाला २९.८ किलोमीटर गतीने भ्रमण करते तर मंगळाची गती आहे प्रति सेकंदाला सुमारे २४ किलोमीटर. आकृतीमध्ये १, २, ३.... वगैरे आकड्यांनी पृथ्वी व मंगळ यांच्या समान काळातील स्थिती दर्शविल्या आहेत. पृथ्वीवरील निरीक्षकाला आकाशाच्या पार्श्वभूमीवर मंगळाची हालचाल कशी दिसेल ते पाहण्यासाठी दोन्ही ग्रहांच्या समान काळातील स्थिती जोडून त्या रेषा आकाशापर्यंत वाढविल्या आहेत. अंतिम आकृतीवरून असे दिसते की, अ बिंदू पासून ब पर्यंत मंगळ आपल्याला पुढे जाताना पहायला मिळतो, त्यानंतर तो काही काळ थबकल्यासारखा भासतो, नंतर तो मागे फिरून क ते ड या बिंदूपर्यंत परतीचा प्रवास करतो म्हणजेच वक्र होतो. पुन्हा एकदा तो थबकतो आणि त्यानंतर क्षय या दिशेत आपली आगेकूच प्रारंभ करतो.

■ ■

१९ : केंद्रच्युती म्हणजे काय?

सूर्यमालेतील सर्व ग्रह, सूर्याभोवती दीर्घवर्तुळाकृती कक्षेत भ्रमण करतात, ही आता सर्वज्ञात गोष्ट आहे. अशा प्रकारच्या भ्रमणात दीर्घवर्तुळाच्या नाभीपाशी सूर्याचे स्थान असते. दीर्घवर्तुळाकृती कक्षेत भ्रमण करीत असताना एका विशिष्ट क्षणी ग्रह सूर्यापासून कमीतकमी अंतरावर असतो, या विशिष्ट बिंदूला उपसूर्यबिंदू किंवा उच्चबिंदू असे नाव आहे. तसेच एका विशिष्ट क्षणी ग्रह सूर्यापासून जास्तीतजास्त अंतरावर जातो, या विशिष्ट बिंदूला अपसूर्यबिंदू किंवा नीचबिंदू असे म्हणतात. दीर्घवर्तुळाच्या केंद्रापासून या दोन बिंदूंचे अंतर समान असते, पण सूर्यापासून त्यांचे अंतर कमीजास्त असते.

दीर्घवर्तुळाच्या केंद्रापासून सूर्याचे अंतर आणि उप किंवा अपसूर्य बिंदूचे अंतर यांच्या गुणोत्तराला 'केंद्रच्युती' असे नाव आहे. दीर्घवर्तुळाची केंद्रच्युती नेहमी एकापेक्षा कमी



असते. केंद्रच्युती जेवढी जास्त (पण एकापेक्षा कमी) तेवढा दीर्घवर्तुळाचा दीर्घपणा जास्त. सूर्यमालेत बुध आणि प्लुटो या ग्रहांची केंद्रच्युती अनुक्रमे ०.२ आणि ०.२४ आहे. इतर ग्रहांच्या तुलनेत या किमती अधिक आहेत. अर्थातच या दोन ग्रहांच्या कक्षा इतर ग्रहांच्या तुलनेत अतिदीर्घ आहेत. पृथ्वीची केंद्रच्युती फक्त ०.०१७ आहे. त्यामुळे पृथ्वीचा भ्रमणमार्ग बराचसा वर्तुळाकृती आहे, असे म्हणायला हरकत नाही.

केंद्रच्युतीची किंमत शून्य असेल तर भ्रमणमार्ग पूर्णतः वर्तुळाकृती असतो. पण सूर्यमालेतील एकाही ग्रहाची किंवा उपग्रहाची केंद्रच्युती शून्य नाही. शुक्राची केंद्रच्युती सर्वांत कमी असून तिची किंमत केवळ ०.००७ आहे. केंद्रच्युती एक असेल तर भ्रमणकक्षा पूर्णतः निराळी असते. अशा भ्रमणकक्षेला 'अन्वस्त' (पॅराबोला) असे नाव आहे. सूर्याजवळ वेळोवेळी येणाऱ्या काही धूमकेतूंच्या कक्षा अन्वस्त असतात. हे धूमकेतू त्यांच्या प्रवासात सूर्याला फक्त एकदाच भेट देतात. सूर्याजवळ येऊन एकदा का ते अवकाशात गेले, की पुन्हा त्याच्या नजीक येत नाहीत.

दीर्घवर्तुळाचा बृहद्अक्ष आणि लघुअक्ष असे दोन अक्ष असतात. त्यांपैकी बृहद्अक्षाची किंमत आणि केंद्रच्युती या दोन गोष्टी माहीत असतील तर ग्रहाचे सूर्यापासून कमीतकमी व जास्तीतजास्त अंतर निश्चित करता येते. अर्थात उप व अपसूर्यबिंदूचीही अंतरे आपोआपच निश्चित होतात.

$$\text{सूर्यापासून कमीतकमी अंतर} = \text{बृहद्अक्ष} (१ - \text{केंद्रच्युती}) / २$$

$$\text{सूर्यापासून जास्तीतजास्त अंतर} = \text{बृहद्अक्ष} (१ + \text{केंद्रच्युती}) / २$$

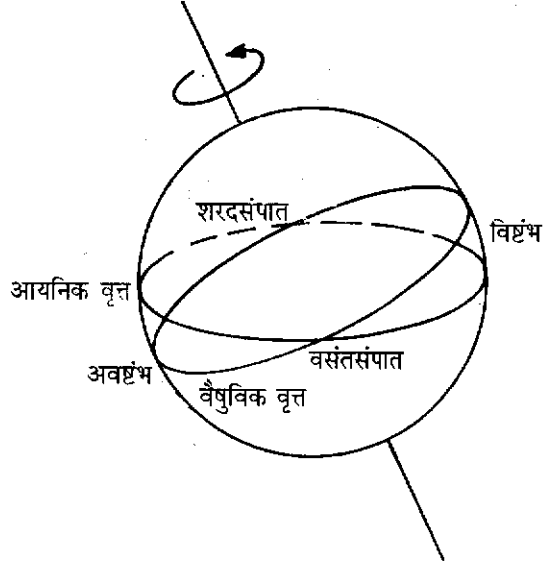
सूर्यमालेतील ग्रहांचे अर्धबृहद्अक्ष व केंद्रच्युती यांच्या किंमती पुढील कोष्टकात दिल्या आहेत.

ग्रह	अर्धबृहद् अक्ष (दक्षलक्ष कि. मी.)	केंद्रच्युती
बुध	५७.९	०.२०६
शुक्र	१०८.२	०.००७
पृथ्वी	१४९.६	०.०१७
मंगळ	२२७.९	०.०९३
गुरू	७७८	०.०४८
शनी	१४२७	०.०५६
युरेनस	२८७१	०.०४६
नेपच्यून	४४९७	०.०१०
प्लुटो	५९१३	०.२४८

■ ■

२० : विष्टंभ आणि अवष्टंभ या शब्दांचा अर्थ काय?

इंग्रजीमध्ये विष्टंभ आणि अवष्टंभ यांना अनुक्रमे समर सोल्स्टाइस आणि विंटर सोल्स्टाइस अशी नावे आहेत. पृथ्वीच्या संदर्भात सूर्य २१ मार्च रोजी वसंतसंपात बिंदूपासून आपल्या उत्तरेकडील प्रवासाला सुरुवात करतो आणि खऱ्या अर्थाने उत्तरायण चालू होते. २१ मार्च रोजी दिनमान व रात्रमान सारखेच असते. २१ मार्च नंतर दिनमान वाढत जाते आणि रात्रमान कमी होते. दिनांक २२ जून रोजी सूर्य विषुववृत्ताच्या जास्तीजास्त उत्तरेला जातो, त्या दिवशी दिनमान सर्वात जास्त असते. या अति उत्तरेकडील बिंदूलाच विष्टंभ किंवा समर सोल्स्टाइस असे नाव आहे. या विशिष्ट बिंदूपाशी सूर्य जरासा थबकल्यासारखा भासतो आणि नंतर त्याचा परतीचा प्रवास चालू होतो. पुन्हा एकदा दिनमान कमी होऊन रात्रमान वाढत जाते.



२२ सप्टेंबर रोजी सूर्य शरदसंपात बिंदूपाशी पोहोचतो. त्या दिवशी दिनमान व रात्रमान सारखेच असते. २२ सप्टेंबर नंतर सूर्य विषुववृत्त ओलांडून दक्षिणेकडे सरकू लागतो आणि दक्षिणायनाचा प्रारंभ होतो. आता दिनमान कमी होऊन रात्रमान वाढत जाते. २२ डिसेंबर रोजी सूर्य विषुववृत्ताच्या जास्तीजास्त दक्षिणेकडे असतो. या अति दक्षिणेकडील बिंदूलाच अवष्टंभ किंवा विंटर सोल्स्टाइस असे नाव आहे. या विशिष्ट बिंदूपाशी पुन्हा एकदा सूर्य काळ थबकल्यासारखा भासतो. त्यानंतर सूर्याचा

परतीचा प्रवास चालू होऊन २१ मार्च रोजी त्याचे वसंतसंपात बिंदूपाशी आगमन होते. सूर्याचा हा उत्तर दक्षिण प्रवास पूर्व दिशेला आपल्याला पहायला मिळतो. वर्षभराच्या काळात सूर्योदयाचा बिंदू, पूर्व बिंदूच्या उत्तरेला आणि दक्षिणेला सुमारे २३.५ अंशांतून सरकत असल्याचे आपल्या स्पष्ट लक्षात येते. २२ डिसेंबर नंतर उत्तरायणाचा प्रारंभ होतो असे मानण्याचीही एक प्रथा आहे.

२१ : आकाशातील कोणत्या बिंदूला वसंतसंपात हे नाव आहे?

नक्षत्रचक्राचा आरंभ बिंदू कोणता हा आपल्या सर्व भारतीय पंचांगांतील एक घोळाचा मुद्दा आहे. खरे म्हणजे नक्षत्रचक्राला आरंभ वसंतसंपात बिंदूपाशीच करायला हवा. परंतु हा बिंदू सारखा विचलित होतो. हाच आम्हा भारतीयंचा त्याच्यावर मोठा आक्षेप आहे. तरीही सरकारमान्य भारतीय सौर पंचागात त्यालाच आरंभ बिंदूचा मान देऊन त्या दिवशीच चैत्र शुद्ध एक किंवा गुढीपाडवा हा सण दिलेला असतो. बहुतांश भारतीयंचा त्याला अजून मान्यता मिळालेली नाही.

आकाशातील वैषुविक आणि आयनिक वृत्तांचे दोन छेदन बिंदू आहेत. त्यांपैकी एका बिंदूत २१ मार्च रोजी सूर्य प्रवेश करतो आणि त्यानंतर त्याचे उत्तर गोलार्धात मार्गाक्रमण चालू होते. वैषुविक आणि आयनिक वृत्तांच्या या विशिष्ट छेदन बिंदूलाच वसंतसंपात बिंदू असे म्हणतात. त्याच्या बरोबर समोर १८० अंशांवर असलेल्या बिंदूला शरदसंपात असे नाव आहे. २२ सप्टेंबर रोजी सूर्याचा या बिंदूत प्रवेश होतो आणि त्यानंतर त्याचे दक्षिण गोलार्धात मार्गाक्रमण चालू होते. २१ मार्च व २२ सप्टेंबर या दोन दिवशी रात्र व दिवसमान समसमान असते. २१ मार्च नंतर दिवसमान मोठे होत जाते व रात्रमान कमी होत जाते तर २२ सप्टेंबर नंतर रात्रमान वाढत जाऊन दिवसमान कमी कमी होऊ लागते. २१ मार्च रोजी वसंत ऋतूचा आरंभ होतो. वसंतसंपात बिंदूलाच राशिचक्राचा आरंभ बिंदू असेही म्हणतात. सायन मेष रास याच बिंदूपासून चालू होते.

पृथ्वीच्या परांचन गतीमुळे वसंतसंपात बिंदू स्थिर राहत नाही. दर वर्षी तो सुमारे ५०.२ कोनीय सेकंदांनी मागे पडत जातो. पाश्चात्य लोक वसंतसंपात बिंदू कुठेही असला तरी तेथूनच राशिचक्राचा आरंभ करतात आणि त्याच्या पुढील प्रत्येकी तीस अंशाला मेष, वृषभ इत्यादी राशींची नावे देतात. अर्थातच आकाशात प्रत्यक्ष दिसणाऱ्या राशी आणि पाश्चात्यांच्या राशी यांचा मेळ बसत नाही. त्यांची मेष रास सध्या आकाशातील मीन राशीत चालू होते. आपण भारतीय स्थिर राशिचक्राचे पुरस्कर्ते आहोत. त्यामुळे आपल्या राशीचे आकार तेच राहतात. पाश्चात्यांच्या राशीचे आकार सतत बदलत जातात.

२२ : आंतरग्रह व बहिर्ग्रह याचा अर्थ काय?

सूर्यमालेचे नीट निरीक्षण केले तर सरळ सरळ तिचे दोन भाग पडतात असे दिसते. आंतरग्रह आणि बहिर्ग्रह या नावांनी हे दोन भाग दर्शविले जातात. बुध, शुक्र, पृथ्वी व मंगळ हे आंतरग्रह आणि गुरू, शनी, युरेनस, नेपच्यून, व प्लुटो हे बहिर्ग्रह. बहिर्ग्रहांपैकी प्लुटोची इतर कोणत्याच ग्रहाशी समानता नाही. फार पुरातन काळी तो नेपच्यूनचा उपग्रह असावा व कालांतराने काही घडामोडींमुळे त्याला स्वतंत्र ग्रहाचे स्वरूप प्राप्त झाले असावे. त्यामुळे प्लुटो सोडून सूर्यमालेचे दोन भाग कसे पडतात याचा विचार करायला हरकत नाही.

सर्व आंतरग्रह खडकांचे बनलेले आहेत, त्यांपैकी पृथ्वी सर्वांत मोठा ग्रह आहे. त्यांची घनता ३.३ ते ५.५ ग्रॅम / घन से. मी. या मर्यादित आहे. त्यातील चंद्र व मंगळ यांची घनता अनुक्रमे ३.३ व ३.९ आहे. इतरांच्या तुलनेत ती कमी आहे. त्यामुळे त्यांच्यावर लोखंडासारख्या जड धातूंचे प्रमाण कमी असणार. पृथ्वी, मंगळ व शुक्र वातावरणयुक्त आहेत, तर बुध व चंद्र यांच्यावर वातावरण नाही. पृथ्वी व मंगळ यांचा स्वांगपरिभ्रमण काळ २४ तासांच्या आसपास आहे, तर बुधाचा ५९ दिवस आणि शुक्राचा २४३ दिवस आहे. अर्थात तुलनेने हे परिभ्रमण काळ फारच जास्त आहेत. आंतरग्रहांपैकी बुधाची केंद्रच्युती ०.२ असून, आयनिक वृत्ताशी त्याची भ्रमणकक्षा ७ अंशांचा कोन करते. इतरांच्या तुलनेत या दोन्ही किमती फार जास्त आहेत. सूर्यापासून केवळ १.५ ज्योतिषीय एकक अंतराच्या आत चारही आंतरग्रहांच्या कक्षा येतात.

सर्व बहिर्ग्रह प्रामुख्याने वायूचे प्रचंड गोल आहेत. गुरू व शनी यांच्यामध्ये हायड्रोजन व हिलीअम यांचे प्रमाण जास्त आहे तर युरेनस आणि नेपच्यून यांचेवर त्यांच्या जोडीला मेथेन व अमोनिया यांचे अस्तित्व आहे. सर्व बहिर्ग्रहांची घनता १ ग्रॅम / घन से. मी. च्या आतबाहेर आहे. त्यांपैकी शनीची घनता सर्वांत कमी म्हणजे केवळ ०.७ ग्रॅम / घन से. मी. आहे. सर्व बहिर्ग्रहांवर ढगांचे आच्छादन आहे. बहिर्ग्रह अंतरग्रहांच्या तुलनेत राक्षसी असले तरी त्यांचे स्वांग परिभ्रमण काल केवळ १० ते ११ तासांच्या मर्यादित आहेत. अर्थातच केंद्रोत्सारी बलामुळे या सर्व ग्रहांना विषुववृत्तावर चांगलाच फुगवटा आलेला आहे. बहिर्ग्रहांच्या भोवती अनेक उपग्रह भ्रमण करीत असतात. सर्व आंतरग्रह मिळून केवळ ३ उपग्रह आहेत, तर बहिर्ग्रहांच्या एकूण उपग्रहांची संख्या दशकात मोजावी लागेल. बहिर्ग्रहांपैकी युरेनसचा अक्ष सर्वांत जास्त म्हणजे ९८ अंशांच्या कोनातून कललेला आहे, पण सर्वांच्या भ्रमणकक्षा जवळ जवळ आयनिक वृत्तावरच आहेत. तसेच सर्वांची केंद्रच्युती जवळ जवळ शून्य आहे.

■ ■

२३ : मेटॉनचे चक्र म्हणजे काय?

जगातील सर्व प्राचीन संस्कृतींनी धार्मिक विधी आणि सण या संबंधात चंद्राला जेवढे महत्त्व दिले आहे, तेवढे सूर्याला दिलेले नाही. भारतीय संस्कृतीमधील मकर संक्रमणाचा सण सोडला तर बाकी सर्व सण चंद्राच्या तिथींवर म्हणजेच त्याच्या कलांवर अवलंबून आहेत. चंद्राच्या कला स्पष्टपणे डोळ्यांना दिसतात. त्याच्या आकारात पडणारा फरक दररोज नजरेत भरतो. सर्व धर्मांमधील सण चंद्रावर आधारित असण्याचे बहुधा हेच कारण असावे. चंद्राच्या तिथींचेही एक चक्र आहे. इसवी सनापूर्वी ४३३ साली होऊन गेलेल्या मेटॉन या ग्रीक खगोलशास्त्रज्ञाने हे चक्र प्रथम शोधून काढले असे मानण्यात येते म्हणूनच पाश्चात्यांनी या चक्राला मेटॉनचे नाव बहाल केले आहे.

सूर्याने एकदा वसंतसंपात बिंदू ओलांडला, की तो पुन्हा ओलांडण्यासाठी जो काळ लागतो त्याला सांपातीय वर्ष (ट्रॉपिकल इयर) असे नाव आहे. तसेच चंद्र आणि सूर्य यांची एका अमावास्येला युती झाली, की त्यांची पुन्हा पुढच्या अमावास्येला युती होते. हा कालखंड युतिकालीन चांद्रमास (सायनाॅडिक मंथ) या नावाने ओळखला जातो. सूर्याचे सांपातीय वर्ष आणि चंद्राचा युतिकालीन महिना यांचा घनिष्ट संबंध आहे. या संबंधाचे गणित पुढील प्रमाणे देता येईल.

सूर्याचे सांपातीय वर्ष = ३६५.२४२२ दिवस

१९ सांपातीय वर्षे = १९ × ३६५.२४२२ = ६९३९.६०२ दिवस

चंद्राचा एक युतिकालीन महिना = २९.५३०५९ दिवस

२३५ युतिकालीन महिने = २३५ × २९.५३०५९ = ६९३९.६८९ दिवस

या गणिताचा अर्थ असा, की सूर्याच्या १९ सांपातीय वर्षात चंद्राचे बरोबर २३५ युतिकालीन महिने पूर्ण होतात. फरक आहे तो केवळ ०.०८७ दिवस किंवा २ तास ५ मिनिटे १६ सेकंद इतका सूक्ष्म! म्हणूनच प्रत्येक १९ वर्षांच्या कालावधीनंतर त्याच महिन्यात त्याच दिवशी चंद्राची तीच कला किंवा तिथी असते.

वरील गणितानुसार १९ वर्षांच्या कालावधीनंतर चंद्राच्या त्याचत्याच कलांची पुनरावृत्ती व्हायला हवी. परंतु १९ वर्षांत किती लीप वर्षे आहेत ते पाहावे लागते. त्यामुळे तिथीमध्ये एखाद्या दिवसाचा फरक पडू शकतो. तसेच आधीच्या चक्रातील विशिष्ट दिवशी, विशिष्ट वेळी जी कला होती तीच कला पुढच्या चक्रात, त्याच दिवशी सुमारे दोन तासांच्या फरकाने येते.

पुढील कोष्टकात चंद्राच्या अमावास्यांचे व पौर्णिमांचे काही दिनांक दिले आहेत. हे दिनांक मुद्दाम निवडण्याचे कारण असे, की त्यांपैकी काही दिनांकांना सूर्यग्रहण तर काही दिनांकांना चंद्रग्रहण आहे. मेटॉनच्या चक्राची सम्यक कल्पना या कोष्टकावरून सहजच येऊ शकेल.

दिनांक	तिथी	विशेष घटना
२८ मे १९००	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२९ मे १९१९	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२९ मे १९३८	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२२ नोव्हेंबर १९००	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२२ नोव्हेंबर १९१९	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२२ नोव्हेंबर १९३८	अमावास्या	सूर्यग्रहण
२७ ऑक्टोबर १९०१	पौर्णिमा	चंद्रग्रहण
२७ ऑक्टोबर १९२०	पौर्णिमा	चंद्रग्रहण
२८ ऑक्टोबर १९३९	पौर्णिमा	चंद्रग्रहण

■ ■

२४ : खगोलीय वस्तूंचे सहनिर्देशक निश्चित करण्याचे आधार कोणते?

आकाशातील ताऱ्यांचे किंवा ग्रहांचे स्थान निश्चित करायचे म्हणजे काही तरी आधार हवाच! आलेख काढताना बिंदूची स्थाने निश्चित करण्यासाठी ज्याप्रमाणे आपण काटकोनात असलेल्या दोन अक्षांचा उपयोग करतो, त्याचप्रमाणे आकाशातील ताऱ्यांचे स्थान निश्चित करण्यासाठी दोन अक्षांचाच उपयोग करावा लागतो. मात्र ही अक्षांची युगुले एका भल्यामोठ्या गोलावर आहेत असे मानावे लागते. पृथ्वीच्या गोलावर जसे अक्षांश रेखांश वापरून शहरांची स्थाने निश्चित करतात, तीच पद्धत खगोलशास्त्रामध्ये ताऱ्यांसाठीही वापरली जाते. खगोलावरील ज्या काल्पनिक वृत्तांचा त्यासाठी प्रामुख्याने उपयोग केला जातो ती वृत्ते अशी :

वैषुविक वृत्त : पृथ्वीच्या दक्षिण उत्तर ध्रुवामधून सरळ रेषा काढून ती आकाशात वाढविली की पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमणाचा अक्ष मिळतो, ज्याच्या भोवती पृथ्वी २४ तासांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करते. याच काल्पनिक रेषेवर खगोलीय उत्तर व दक्षिण ध्रुव आहेत. या दोन ध्रुवांच्या बरोबर मध्यावर म्हणजे त्यांचेपासून ९० अंशांवर वैषुविक वृत्ताचे स्थान आहे.

वैषुविक वृत्त म्हणजे पृथ्वीच्या विषुववृत्ताच्या समपातळीत आणि समकेंद्री असलेले खगोलीय महावर्तुळ!

होरा वृत्ते : खगोलीय ध्रुवांमधून जाणाऱ्या आणि वैषुविक वृत्ताला काटकोनात छेदणाऱ्या महावर्तुळांना होरावृत्ते म्हणतात.

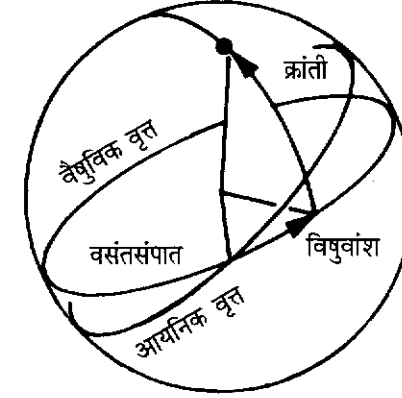
क्रांती वृत्ते : वैषुविक वृत्ताशी काढलेल्या समांतर वृत्तांना क्रांतीवृत्ते असे नाव आहे.

आयनिक वृत्त : ज्या वृत्तावरून सूर्य वर्षभर मार्गाक्रमण करताना दिसतो, त्याला आयनिक वृत्त या नावाने ओळखतात.

आयनिक आणि वैषुविक वृत्त यामध्ये सुमारे २३.५ अंशांचा कोन आहे. **याम्योत्तर वृत्त** : निरीक्षकाचे मस्तक आणि पाय यांचे मधून एक सरळ रेषा काढून ती आकाशात वाढविली की आपल्याला दोन बिंदू मिळतात. बरोबर मस्तकावर असणारा स्व-स्वस्तिक आणि पायाखालील अधःस्वस्तिक! खगोलीय उत्तर दक्षिण ध्रुव व निरीक्षकाच्या ख आणि अधः स्वस्तिक यामधून जाणाऱ्या महावर्तुळाला याम्योत्तर वृत्त असे नाव आहे.

दोन वृत्तांचा आधार घेऊन, ज्या दोन किमतींच्या साहाय्याने आकाशातील ताऱ्यांचे किंवा ग्रहांचे स्थान निश्चित करता येते अशा दोन विशिष्ट किमतींचे युग्म म्हणजे सहनिर्देशक! खगोलशास्त्रात अशा एकंदर चार जोड्या नेहमी उपयोग करतात.

१. विषुवांश आणि क्रांती : या दोन सहनिर्देशकांसाठी वैषुविक वृत्त व होरा वृत्त यांचा आधार घेण्यात येतो.



विषुवांश : वसंतसंपात बिंदूपासून, वैषुविक वृत्तावर, पूर्वेच्या दिशेने मोजलेले ताऱ्यांचे कोनात्मक अंतर! शून्य ते ३६० अंश, किंवा शून्य ते २४ तास अशा परिमाणात विषुवांश मोजले जातात.

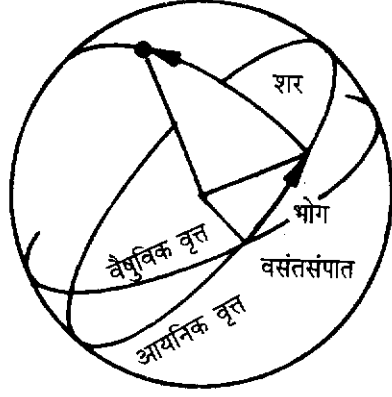
क्रांती : वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला, होरावृत्तावर असलेले ताऱ्यांचे कोनात्मक अंतर!

तारा उत्तरेला असेल तर शून्य ते +९० अंश आणि दक्षिणेला असेल तर शून्य

ते -९० अंश अशा परिमाणात क्रांती मोजली जाते.

२. भोग आणि शर : आयनिक वृत्त आणि त्या वृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण कंदबांमधून जाणाऱ्या व आयनिक वृत्ताला काटकोनात असणाऱ्या महावर्तुळांचा, या दोन सहनिर्देशकांसाठी उपयोग करतात. आयनिक वृत्ताचे उत्तर, दक्षिण ध्रुव आणि वैषुविक वृत्ताचे ध्रुव एकमेकांशी जुळत नाही, त्यामध्ये २३.५ अंशांचा कोन असतो.

भोग : वसंतसंपात बिंदूपासून, आयनिक वृत्तावर पूर्वेच्या दिशेने मोजलेले ताऱ्यांचे



कोनात्मक अंतर

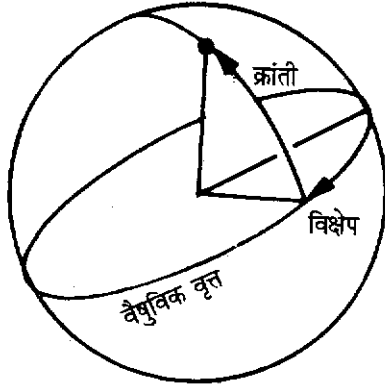
शून्य ते ३६० अंश अशा परिमाणात भोग मोजण्यात येतो. वसंतसंपात बिंदूपासून, आयनिक वृत्तावर प्रत्येक ३० अंशांवर एक रास संपते.

शर : आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला, त्याच्याशी काटकोनात असणाऱ्या महावर्तुळावर असलेले ताऱ्याचे कोनात्मक अंतर.

तारा आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेला असेल तर शून्य ते

+९० अंश व दक्षिणेला असेल तर शून्य ते -९० अंश अशा परिमाणात शर मोजला जातो.

३. ध्रुव (क्रांती) आणि विक्षेप : या सहनिर्देशकांसाठी वैषुविक वृत्त, होरावृत्त व याम्योत्तर वृत्त यांचा उपयोग करतात.



ध्रुव : वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला, होरावृत्तावर असलेले ताऱ्याचे कोनात्मक अंतर.

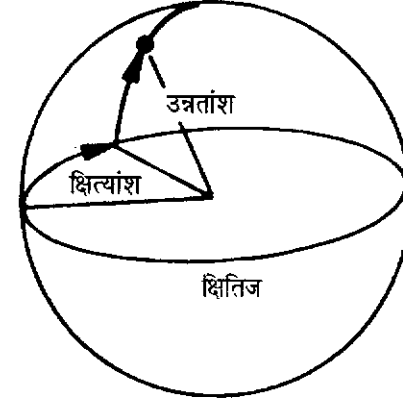
तारा उत्तरेला असेल तर शून्य ते +९० अंश व दक्षिणेला असेल तर शून्य ते -९० अंश अशा परिमाणात ध्रुव मोजण्यात येतो. क्रांती आणि ध्रुव समानार्थी आहेत.

विक्षेप : याम्योत्तर वृत्तापासून पश्चिमेकडे, वैषुविक वृत्तावर मोजलेले ताऱ्याचे कोनात्मक

अंतर. शून्य ते ३६० अंश किंवा शून्य ते २४ तास अशा परिमाणात विक्षेप मोजतात.

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / ४०

४. उन्नतांश आणि क्षित्यंश : क्षितिज हे महावर्तुळ आणि निरीक्षकाच्या ख आणि अधः स्वस्तिक बिंदूतून जाणाऱ्या व क्षितिजाला काटकोनात असणाऱ्या महावर्तुळांच्या आधारे, हे दोन सहनिर्देशन मोजले जातात.



उन्नतांश : क्षितिज वर्तुळाच्या वर किंवा खाली, ख व अधः स्वस्तिक बिंदूतून जाणाऱ्या व क्षितिजाला काटकोनात छेदणाऱ्या वर्तुळावरील ताऱ्याचे कोनात्मक अंतर.

तारा क्षितिजाच्या वर असेल तर उन्नतांश शून्य ते +९० अंश व क्षितिजाच्या खाली असेल तर शून्य ते -९० अंश अशा परिमाणात उन्नतांश मोजतात.

क्षित्यंश : क्षितिजाच्या उत्तर बिंदूपासून पश्चिमेकडे किंवा

पूर्वेकडे असलेले ताऱ्याचे क्षितिजावरील कोनात्मक अंतर.

तारा पूर्वेकडे असेल तर क्षित्यंश ० ते १८० अंश व पश्चिमेकडे असेल तर शून्य ते -१८० अंश अशा परिमाणात क्षित्यंश मोजतात.

■ ■

२५ : सूर्यमालेचे 'बॅरीसेंटर' सातत्याने का बदलते?

ज्या बिंदूभोवती आकाशातील दोन किंवा अधिक वस्तू भ्रमण करतात, त्या बिंदूला 'बॅरीसेंटर' किंवा 'वस्तुकेंद्र' असे नाव आहे. एका साध्या सूत्राच्या साहाय्याने बॅरीसेंटर निश्चित करता येते. पृथ्वी व चंद्र या युग्मावरून ही गोष्ट अधिक स्पष्ट होईल.

पृथ्वीचे वस्तुमान = $M = 6 \times 10^{24}$ किलोग्रॅम

पृथ्वीच्या केंद्रापासून बॅरीसेंटरचे अंतर = X किलोमीटर

चंद्राचे वस्तुमान = $m = 7.5 \times 10^{22}$ किलोग्रॅम

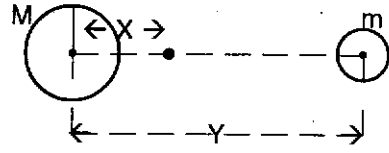
पृथ्वी व चंद्र यांमधील सरासरी अंतर = Y किलोमीटर = ३,८४,००० कि.मी.

आपले सूत्र असे आहे. $M \times X = m (Y - X)$

या सूत्रात वरील किमती घातल्या.

$6 \times 10^{24} \times X = 7.5 \times 10^{22} \times (384000 - X)$

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / ४१



∴ X = 4740 किलोमीटर
पृथ्वीची त्रिज्या ६४०० किलोमीटर आहे. याचा अर्थ असा, की पृथ्वी व चंद्र यांचे बॅरीसेंटर पृथ्वीच्या केंद्रापासून ४७४० किलोमीटर अंतरावर आहे किंवा

ते भूपृष्ठाच्या आत ६४०० - ४७४० = १६६० किलोमीटर अंतरावर आहे. पृथ्वीचे केंद्र बॅरीसेंटर भोवती सुमारे २७ दिवसांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करते.

एकंदर सूर्यमालेचा विचार करायचा झाला तर सूर्याचे वस्तुमान इतर सर्व ग्रहांच्या तुलनेत ७४५ पट आहे. परंतु ग्रहांच्या स्थिती सारख्या बदलत असतात. त्यामुळे सूर्यमालेचे बॅरीसेंटर एका बिंदूत स्थिर राहत नाही. सूर्यमालेतील गुरु इतर सर्व ग्रहांच्या तुलनेत बलिष्ठ आहे. समजा, सूर्यमालेत फक्त गुरु हा ग्रह असता, तर बॅरीसेंटर कुठे असेल हे वरील सूत्राच्या साहाय्याने पुढे दिलेल्या किमतीवरून निश्चित करता येईल.

सूर्याचे वस्तुमान = M = 2×10^{30} किलोग्रॅम

गुरूचे वस्तुमान = m = 1.9×10^{27} किलोग्रॅम

सूर्य-गुरू सरासरी अंतर = Y = $4.2 \times 1.5 \times 10^6$ किलोमीटर

सूर्यकेंद्रापासून बॅरीसेंटरची स्थिती = X किलोमीटर

$2 \times 10^{30} \times X = 1.9 \times 10^{27} (4.2 \times 1.5 \times 10^6 - X)$

X = ७४४००० किलोमीटर सुमारे

सूर्याची त्रिज्या ६,९६,००० किलोमीटर आहे. याचा अर्थ सूर्य व गुरू या युग्माचे बॅरीसेंटर सूर्याच्या पृष्ठभागाबाहेर ७४४००० - ६९६००० = ४८००० किलोमीटर अंतरावर असेल.

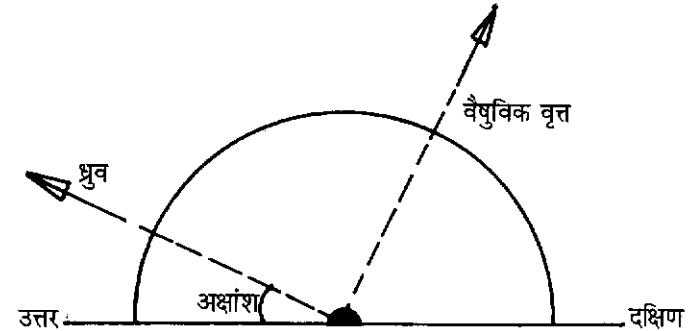
सूर्यमालेत केवळ गुरू हा एकच ग्रह नाही. शनी, युरेनस, आणि नेपच्यून हेही तुलनेने बऱ्यापैकी मोठे ग्रह आहेत. समजा, सूर्यमालेतील सर्व ग्रह सूर्याच्या एका बाजूला व एका रेषेत आले, तर सूर्यमालेचा बॅरीसेंटर सूर्याच्या त्रिज्येच्या सुमारे २.२५ पट अंतरावर राहील. पण ही गोष्ट अशक्य आहे. सर्व ग्रह बहुतांश वेळा सूर्याच्या संदर्भात इतस्ततः विखुरलेले असतात. त्यामुळे सूर्यमालेचे बॅरीसेंटर सूर्याच्या केंद्रापासून १५,००० किलोमीटर ते ८ लक्ष सत्तर हजार किलोमीटर अंतरापर्यंत कुठेही असू शकते. २३ एप्रिल १९९० रोजी सूर्यमालेचे बॅरीसेंटर सूर्यकेंद्रापासून केवळ ४५,००० किलोमीटर अंतरावर होते. विसाव्या शतकातील ही न्यूनतम किंमत आहे. १० मार्च २१३० रोजी सूर्यमालेचे बॅरीसेंटर सूर्यकेंद्रापासून फक्त १४,६०० किलोमीटर अंतरावर असणार आहे.

■

२६ : ध्रुवताऱ्याच्या स्थानाची वैशिष्ट्ये काय आहेत?

पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमणाचा अक्ष आकाशात वाढविला की बरोबर त्यावर असणाऱ्या ताऱ्यांना ध्रुवतारे म्हणतात. वस्तुतः असे दोन तारे असायला हवेत. एक उत्तरेला व दुसरा दक्षिणेला. सध्या आपण ज्याला उत्तरध्रुव तारा म्हणतो, त्याचे इंग्रजी नाव आहे पोलरिस! पण हा तारा बरोबर अक्षावर नसून सुमारे एक अंश बाजूला आहे. पोलरिस हा दोन प्रतींचा तारा सूर्यापासून सुमारे ४७५ प्रकाशवर्षे दूर आहे. दक्षिणेकडे मात्र अक्षाच्या जवळपास एकही ठळक तारा नाही. रात्रीच्या वेळी दिशा निश्चित करण्यासाठी आकाशातील उत्तर ध्रुवाचे स्थान माहित असणे आवश्यक आहे. अर्थातच त्याचा उपयोग पृथ्वीच्या उत्तर गोलार्धापुरताच मर्यादित राहणार हे उघड आहे.

विषुववृत्तावरून पाहिले तर ध्रुवतारा उत्तर क्षितिजावर जमिनीशी स्पर्श करताना दिसेल. जसजसे उत्तरेला जावे तसतसे ध्रुवतारा क्षितिजाच्या वर उचललेला दिसू लागेल. आपल्या गावचे जे अक्षांश, तेवढ्या अंशांतून ध्रुवतारा क्षितिजाच्या वर उचललेला दिसतो. उदाहरणार्थ, मुंबईचे अक्षांश +१९ अंश आहे. त्यामुळे मुंबईतील निरीक्षकाला ध्रुवतारा १९ अंशांतून क्षितिजाच्या वर उचललेला दिसतो. पृथ्वीच्या भौगोलिक उत्तर ध्रुवावर गेले तर ध्रुव तारा सरळ आपल्या मस्तकावर दिसू लागतो.



उत्तर गोलार्धात ध्रुवतारा कधीच मावळत नाही. इतकेच नव्हे, तर ध्रुवतारा क्षितिजावर जितक्या अंशांतून उचललेला दिसतो तेवढ्या त्रिज्येच्या वर्तुळातील तारे कधीच मावळत नाहीत. दिवसा ते सूर्यप्रकाशामुळे दिसत नाहीत इतकेच! या सर्व ताऱ्यांना ध्रुवपरिधीय तारे म्हणतात. प्रत्यक्ष भौगोलिक उत्तर ध्रुवावर क्षितिजापर्यंतचा कोणताही तारा मावळणार नाही. वर्षभराच्या काळात हे सर्व तारे अपसव्य दिशेने उत्तरध्रुवाभोवती भ्रमण करीत आहेत असा भास होईल. ध्रुवताऱ्याच्या विशिष्ट स्थानामुळे आकाशातील सर्व तारे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे त्याच्या भोवती भ्रमण करीत आहेत असे आपल्याला वाटते.

■

२७ : पृथ्वीवरील निरीक्षकाला दृश्यमान असणारे तारे अक्षांशावर का अवलंबून आहेत?

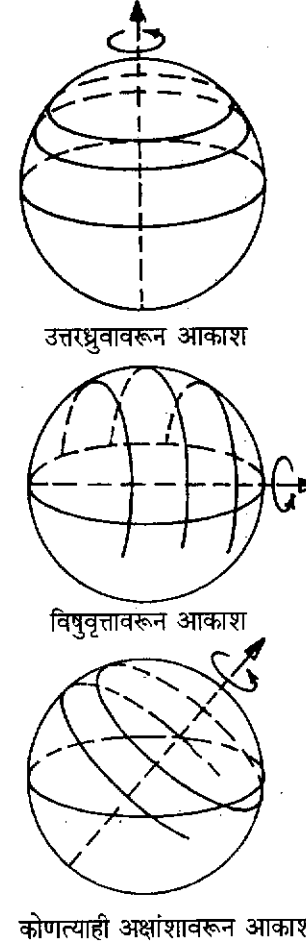
पृथ्वीवरील सर्वच ठिकाणांहून सारखेच आकाश दिसत नाही. मुंबईवरून उत्तरध्रुव क्षितिजाच्या वर १९ अंशांतून उचललेला दिसेल तर लंडन येथून तो क्षितिजापासून ५२ अंशांवर असल्याचे आढळेल. तसेच दक्षिणेकडील काही तारे लंडन येथून दिसणार नाहीत पण मुंबईहून मात्र दिसतील. प्रत्येक अक्षांशाचे क्षितिज निरनिराळे असते हेच सर्व निरीक्षकांना सारखेच आकाश न दिसण्याचे प्रमुख कारण आहे. पृथ्वीच्या अक्षाचे संदर्भात विचार केला तर उत्तर ध्रुवावरील क्षितिज अक्षाला लंबरूप असते आणि विषुववृत्तावर ते अक्षाला समांतर असते. या दोन टोकांच्या मधील कोणत्याही अक्षांशावर तेथील क्षितिज पृथ्वीच्या अक्षाशी काही तरी कोन करते. उदाहरणार्थ, मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर, असे आहेत, म्हणजेच मुंबईचे क्षितिज पृथ्वीच्या अक्षाशी १९ अंशांचा कोन करते. लंडनचे अक्षांश ५२ अंश उत्तर, असे आहेत म्हणजे तेथील क्षितिज पृथ्वीच्या अक्षाशी ५२ अंशांचा कोन करील.

प्रत्येक निरीक्षकाला साधारणपणे त्याच्या क्षितिजाच्या कक्षेत येणारेच तारे दिसतात. उत्तर ध्रुवावरून दक्षिण खगोलातील कोणतेही तारे दिसत नाहीत, तर लंडन तेथून दक्षिण खगोलातील ३८ अंशांपेक्षा जास्त क्रांती असणारे (९०-५२) तारे दिसणार नाहीत. मुंबई येथील निरीक्षकाला दक्षिण खगोलातील ७१ अंशांच्या पलीकडचे (९०-१९) तारे दिसणार नाहीत. हीच स्थिती पृथ्वीच्या दक्षिण गोलार्धातील निरीक्षकाचीही होते. निरीक्षकाच्या अक्षांशाप्रमाणे त्याच्या आकाशाचा खस्वास्तिक बिंदूही बदलतो.

२८ : पृथ्वीवरील सर्व ठिकाणांहून ताऱ्यांचे उदयास्त दिसतात काय?

पृथ्वीवरील सर्व ठिकाणांहून आकाशाचे दृश्य सारखेच दिसत नाही. निरीक्षकाच्या अक्षांशात लक्षणीय बदल झाला की आकाशाचे दृश्य अगदी वेगळे दिसते. निरीक्षकाचे क्षितिज पृथ्वीच्या अक्षाबरोबर किती कोन करते यावरच आकाशातील ताऱ्यांचे उदयास्त कसे होतात हे अवलंबून आहे. पृथ्वीवरील निरनिराळ्या ठिकाणांहून ताऱ्यांचे उदयास्त कसे दिसतील याचा अंदाज करण्यासाठी आपण काही विशिष्ट ठिकाणांची निवड करूया.

प्रथम आपण उत्तर ध्रुवावर जाऊ. या ठिकाणी आपले क्षितिज पृथ्वीच्या अक्षाशी लंबरूप असणार आहे. अर्थात उत्तर ध्रुवतारा सरळ आपल्या डोक्यावर दिसेल. सर्व तारे त्याच्या भोवती २४ तासांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतील. पण कोणताही तारा मावळणार



नाही की उगवणार नाही. तसेच वैषुविक वृत्ताच्या दक्षिणेचे कोणतेही तारे उत्तर ध्रुवावरून दिसणार नाहीत. अगदी अशीच स्थिती दक्षिण ध्रुवावरही निर्माण होईल. फक्त तेथून वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेकडील तारे पहायला मिळणार नाहीत.

पृथ्वीच्या विषुववृत्तावरील परिस्थिती फारच निराळी असेल. येथील निरीक्षकाला उत्तर ध्रुव क्षितिजाशी टेकलेला दिसेल. तसेच आकाशातील सर्व ताऱ्यांचे उदयास्त त्याला पहायला मिळतील आणि त्यांच्या उदयास्ताचे मार्ग पूर्व-पश्चिम क्षितिजाशी काटकोन करतील.

विषुववृत्त व उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव यांच्या मधील अक्षांशावरील निरीक्षकाला ध्रुवतारा अक्षांशाइतकाच आकाशात वर उचललेला दिसेल. ताऱ्यांच्या उदयास्तांचा मार्ग क्षितिजाशी अक्षांशाइतकाच कोन करील पण उत्तर गोलार्धातून पाहताना दक्षिणेकडील तारे लवकर उगवतील व त्यांच्या उदयास्तांचा मार्ग फार लहान असल्यामुळे ते लवकर मावळतील. क्षितिजापासून उत्तर ध्रुवाच्या वर्तुळात असणारे तारे मात्र कधीच मावळणार नाहीत. अशीच परिस्थिती दक्षिण गोलार्धातील अक्षांशावरही पहायला मिळेल.

२९ : वर्षातील कोणत्या दिवशी दुपारी १२ वाजता सूर्य बरोबर आपल्या मस्तकावर असतो?

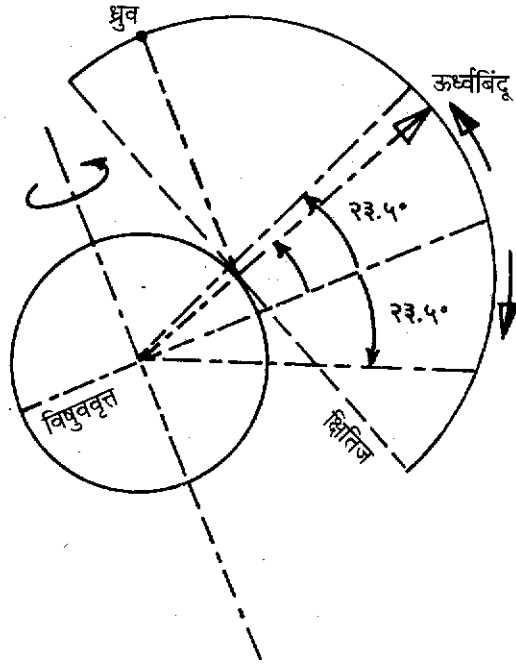
'दुपारी १२ वाजता सूर्य बरोबर आपल्या मस्तकावर येतो' असे विधान आपण नेहमी करतो. परंतु ते तितकेसे बरोबर नाही. खरे म्हणजे वर्षातून केवळ दोनच दिवशी दुपारी १२ वाजता सूर्य बरोबर आपल्या मस्तकावर असतो. असे का? ते समजून

घेण्यासाठी वर्षभराच्या काळातील सूर्याच्या भ्रमणमार्गाचे आपल्याला निरीक्षण करायला हवे.

२१ मार्चला सूर्याचे उत्तरायण सुरू होते. म्हणजे सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला जाऊ लागतो किंवा त्याची उत्तर क्रांती वाढू लागते. २१ जून रोजी सूर्याची उत्तर क्रांती जास्तीजास्त म्हणजे सुमारे २३.५ अंश असते. त्यानंतर त्याची उत्तरक्रांती कमी होत होत २२ सप्टेंबर रोजी शून्य होते. म्हणजेच त्या दिवशी सूर्य बरोबर विषुववृत्तावर असतो. २२ सप्टेंबर नंतर सूर्याचे दक्षिणायन सुरू होते. म्हणजे त्याची दक्षिणक्रांती क्रमाने वाढू लागते आणि सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या अधिकाधिक दक्षिणेला सरकू लागतो. २१ डिसेंबर रोजी तो जास्तीजास्त दक्षिणेला वैषुविक वृत्तापासून सुमारे २३.५ अंशावर असतो. तेथून पुढे त्याची दक्षिण क्रांती कमी होत होत ती २१ मार्च रोजी शून्य होते.

सूर्याच्या या विशिष्ट हालचालीमुळे २१ मार्च पासून २२ सप्टेंबरपर्यंत सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला, तर २२ सप्टेंबर पासून पुन्हा २१ मार्चपर्यंत सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या दक्षिणेला असतो.

उत्तर गोलार्धाचा विचार केला तर, ज्या दिवशी सूर्याची उत्तरक्रांती आपण राहत असलेल्या गावाच्या अक्षांशाएवढी असेल, त्या दिवशी दुपारी १२ वाजता सूर्य बरोबर मस्तकावर येईल. उदाहरणार्थ, मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर, असे आहेत. अर्थातच



सूर्याची उत्तरक्रांती ज्या दिवशी १९ अंश असेल त्या दिवशी मुंबईला दुपारी १२ वाजता सूर्य बरोबर मस्तकावर येईल. वर्षातून असे दोन दिवस येतील, एक उत्तरक्रांती वाढत असताना १९ अंश झाल्यावर आणि दुसरा २१ जून नंतर उत्तरक्रांती कमी होत असताना १९ अंश झाल्यावर वर्षातल्या इतर कोणत्याही दिवशी दुपारी १२ वाजता सूर्य कधीच बरोबर मस्तकावर येणार नाही.

■ ■

३० : प्रत्येक महिन्यात पूर्व क्षितिजावर सूर्यास्ताबरोबर नवीन रास का उगवते?

२१ मार्च रोजी सूर्य वसंतसंपात बिंदूत प्रवेश करतो तोच पाश्चात्यांच्या मेष राशीचा आरंभबिंदू असल्यामुळे त्यांच्या राशिचक्राची सुरुवात त्याच दिवशी होते, पण मूलतः वसंतसंपात बिंदूचेच पृथ्वीच्या परांचन गतीमुळे चलन होत असल्यामुळे पाश्चात्यांच्या राशीचे आकार बदलत जातात. भारतीयांचे राशिचक्र स्थिर आहे. राशी जशा आकाशात दिसतात तशाच त्या मानल्या पाहिजेत, असे भारतीयांना वाटते. भारतीयांच्या राशिचक्राचा आरंभबिंदू आणि वसंतसंपात बिंदू यांमध्ये आता जवळ जवळ २३ अंश आणि ४५ मिनिटांचे अंतर पडले आहे. सूर्य एका दिवसात सरासरी एक अंश अंतर कापतो असे मानल्यास, दिवसांच्या परिभाषेत हा फरक जवळ जवळ २४ दिवसांचा येतो. २१ मार्च नंतर २४ दिवसांनी म्हणजे सुमारे १४ एप्रिल रोजी सूर्य भारतीयांच्या मेष राशीत प्रवेश करतो.

सूर्याच्या पार्श्वभूमीवर जी रास असेल त्या राशीत सूर्य आहे असे मानण्यात येते. उदाहरणार्थ, १४ एप्रिल रोजी सूर्य भारतीय मेष राशीत उगवतो आणि त्याच राशीत अस्ताला जातो. ज्या राशीत सूर्य असेल ती रास अर्थातच सूर्याच्या प्रखर प्रकाशात दिसणार नाही. सूर्य अस्ताला जात असताना तो ज्या राशीत असेल तिच्या बरोबर समोर म्हणजे १८० अंशांवर असलेली रास उगवणार हे उघड आहे. प्रत्येक ३० अंशांची एक रास असते म्हणून १८० अंशांवर असणारी रास सहावी असणार. १४ एप्रिल रोजी सूर्य मेष राशीत अस्ताला जात असताना, मेषेपासून सहावी म्हणजे कन्या रास पूर्व क्षितिजावर उगम पावेल.

सूर्याचा एका राशीत साधारण एक महिना मुक्काम असतो. प्रत्येक महिन्याच्या मध्यावर म्हणजे सुमारे १५ तारखेला सूर्य एका भारतीय राशीतून दुसऱ्या राशीत प्रवेश करील. उदाहरणार्थ, १५ मेच्या सुमाराला तो वृषभ राशीत, १५ जूनच्या सुमाराला मिथुन राशीत, अशा प्रकारे एका वर्षात तो राशिचक्राची एक प्रदक्षिणा पुरी करेल. म्हणजेच प्रत्येक महिन्याच्या पंधरा तारखेच्या सुमाराला सूर्य ज्या राशीत असेल त्या पुढील सहावी रास पूर्व क्षितिजावर सूर्यास्ताच्या वेळी उगवेल. या राशीच्या उदयांचे एक स्थूल कोष्टक पुढील प्रमाणे लिहिता येईल.

दिनांक सूर्याचा राशी प्रवेश सूर्यास्ताबरोबर उगवणारी रास

१४ एप्रिल	मेष	कन्या
१५ मे	वृषभ	तूळ
१५ जून	मिथुन	वृश्चिक
१५ जुलै	कर्क	धनु
१५ ऑगस्ट	सिंह	मकर
१५ सप्टेंबर	कन्या	कुंभ
१५ ऑक्टोबर	तूळ	मीन
१५ नोव्हेंबर	वृश्चिक	मेष
१५ डिसेंबर	धनु	वृषभ
१५ जानेवारी	मकर	मिथुन
१५ फेब्रुवारी	कुंभ	कर्क
१५ मार्च	मीन	सिंह

पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करीत असताना स्वतः भोवतीही २४ तासांत एक भ्रमण पूर्ण करते. २४ तासांचे १२ समान भाग केले तर प्रत्येक राशीच्या वाट्याला दोन तास येतात. म्हणजेच रात्रीच्या वेळी पूर्व क्षितिजाकडे पाहिले तर दर दोन तासांनंतर एक नवीन रास पूर्व क्षितिजावर उगवताना दिसेल. समजा, १४ एप्रिल रोजी सूर्य सायंकाळी ७ वाजता पश्चिम क्षितिजावर मावळला तर पूर्व क्षितिजावर त्या वेळी कन्या रास उगवेल त्यानंतर रात्री ९ च्या सुमाराला तूळ, रात्री ११ वाजता वृश्चिक अशा प्रकारे दर दोन तासांनी रात्रभर नवनवीन राशी आकाशात दिसू लागतील, पण १५ मे रोजी सूर्यास्ताबरोबर पूर्व क्षितिजावर तूळ रास उगवणार. म्हणजेच त्याच्या आधी दोन तास कन्या रास उगवलेली असणार. याचाच अर्थ असा की, एक महिना उलटला की विशिष्ट रास दोन तास अलीकडे उगवते.

३१ : आकाशाचा रंग निळा का?

पृथ्वीच्या वातावरणात असंख्य अतिसूक्ष्म कण इतस्ततः विखुरलेले असतात. सूर्याचे किरण वातावरणात प्रवेश करताना या कणांवर आदळतात, आणि त्यांचे दशदिशांना विकिरण होते. सूर्यप्रकाश म्हणजे सप्तरंगांचे मिश्रण! त्यामधील निळ्या आणि जांभळ्या रंगाचे तांबड्या रंगापेक्षा जास्त मोठ्या प्रमाणात विकिरण होते. त्याचे कारण असे की, या रंगाची कंपनसंख्या आणि अणुमधील इलेक्ट्रॉनची कंपनसंख्या

जवळ जवळ सारखीच असते. या संस्पंदाचा परिणाम विकिरणाचे प्रमाण वाढण्यात होतो. वातावरणातून पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत पोहोचत असताना जांभळ्या रंगाचे आणखी अधिकाधिक विकिरण होत जाते आणि तो वातावरणात नष्ट होतो व आपल्या डोळ्यांपर्यंत फक्त निळा रंग येऊन पोहोचतो. त्याचा परिणाम म्हणून सारे आकाश गडद निळ्या रंगाचे आहे असा आपल्याला भास होतो.

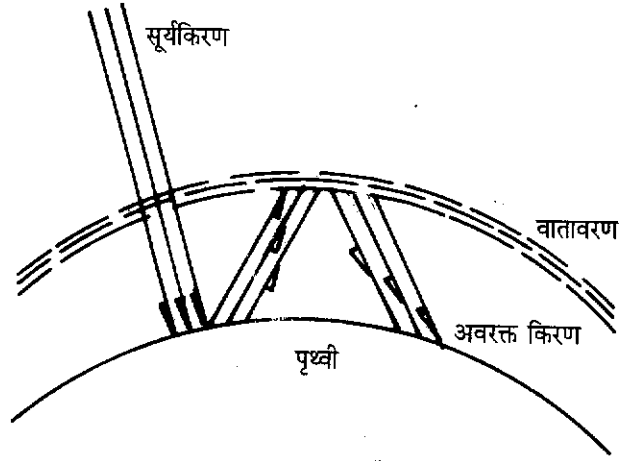
अति उंचावर वातावरण नसते. अशा ठिकाणी एखाद्या उपग्रहातून पृथ्वीभोवती भ्रमण करणाऱ्या अंतराळवीराला आकाशाचा रंग निळा दिसणार नाही. त्याला आकाश चक्क काळेकुळकुळीत दिसेल. चंद्र, मंगळ आणि अन्य ग्रह आणि उपग्रह यांच्यावर वातावरण नाही. त्यांच्या भूपृष्ठावर उभे राहून आकाशाकडे पाहिले तर अर्थातच आकाशाचा रंग काळा दिसणार हे उघड आहे. तेथून तारे चमचमताना दिसणार नाहीत. त्यांचे तेजही अधिक असल्याचे पहायला मिळेल. पृथ्वीवर सूर्य उगवला की तारे गडप होतात, पण वातावरण नसलेल्या ग्रहावरून किंवा उपग्रहावरून पाहिले तर आकाशात सूर्य असतानाही तारे स्पष्टपणे दिसू शकतात.

सूर्योदय आणि सूर्यास्त या दोन वेळी सूर्यकिरणांना पृथ्वीवर येण्यासाठी वातावरणातून जास्तीजास्त अंतर कापावे लागते. अशा वेळी निळ्या व जांभळ्या रंगाचे अति विकिरण होते व ते नष्ट होतात. तांबडा रंग मात्र आपल्या डोळ्यांपर्यंत येऊन पोहोचतो.. त्यामुळे प्रातःकाळी व सायंकाळी पूर्व आणि पश्चिम आकाशाचा रंग तांबडा दिसतो.

३२ : ग्रीनहाउस परिणाम म्हणजे काय?

सूर्याकडून जसा आपल्याला प्रकाश मिळतो तसेच क्ष किरण, गॅमा किरण, जंबूपार किरण, अवरक्त किरण असे विविध प्रकारचे अदृश्य किरण सूर्यावरून पृथ्वीकडे प्रक्षेपित होत असतात. त्यांपैकी बहुतेक सर्व पृथ्वीवरील जीवसृष्टीला घातक आहेत. परंतु बहुतांश अदृश्य किरण पृथ्वीवरील वातावरणात शोषले जातात आणि जीवसृष्टीवर त्यांचा फारसा परिणाम होत नाही. वरील अदृश्य किरणांपैकी अवरक्त किरण उष्णतेचे वाहक आहेत. ग्रीन हाउस परिणाम निर्माण होतो तो त्यांच्यामुळेच.

अवरक्त किरण प्रथम पृथ्वीच्या पृष्ठभागात शोषले जातात. त्यामुळे पृथ्वीवरील प्रत्येक वस्तूचे तापमान वाढते आणि कोणतीही उष्ण वस्तू पुन्हा अवरक्त किरण उत्सर्जित करते. हे नव्याने निर्माण झालेले अवरक्त किरण वातावरणातून अवकाशात निघून जातात. परंतु वातावरणातील कार्बनडाय ऑक्साइड वायूमुळे काही किरण पुन्हा पृथ्वीच्या दिशेत परावर्तित होतात. वातावरणातील कार्बनडाय ऑक्साइडचे प्रमाण सध्या केवळ ०.०३ टक्के असल्यामुळे, ह्या पुन्हा परावर्तित होणाऱ्या किरणांचे प्रमाणही पुष्कळच कमी असते. पृथ्वीवर उबदार हवा राहण्याचे हेच प्रमुख कारण आहे.

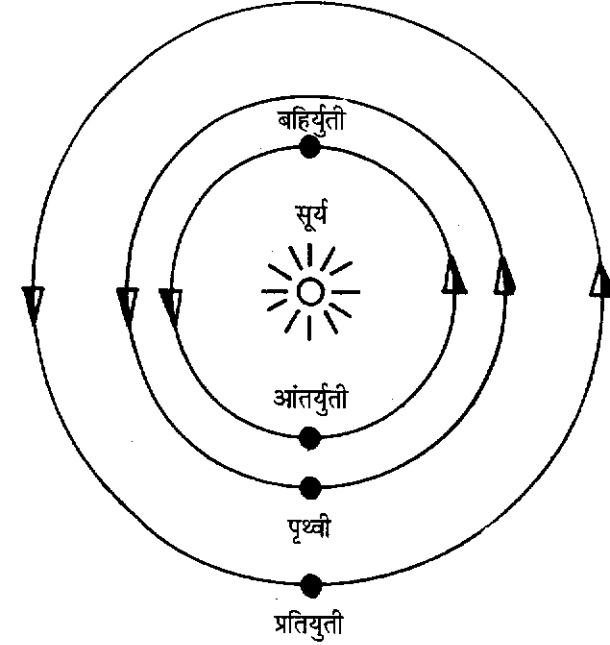


वातावरणातील कार्बनडाय ऑक्साइडचे प्रमाण वाढले तर अर्थातच अधिकाधिक अवरक्त किरण पृथ्वीच्या दिशेत पुन्हा परावर्तित होतील आणि ते पृथ्वीच्या वातावरणातच अडकून पडतील. त्यामुळे पृथ्वीचे सरासरी तापमान वाढेल. या प्रकारालाच ग्रीनहाउस परिणाम असे नाव आहे. शुक्रावरील वातावरण हे ग्रीनहाउस परिणामाचे उत्कृष्ट उदाहरण आहे. तेथील वातावरणात कार्बनडाय ऑक्साइडचे प्रमाण ९६ टक्के आहे. त्यामुळे शुक्रावरील सरासरी तापमान ५५० अंश सेल्सिअस इतके उच्च आहे. इतक्या उच्च तापमानात जीवसृष्टी टिकाव धरू शकणार नाही, हे उघड आहे.

पृथ्वीवरील मानवाच्या विविध औद्योगिक हालचालींमुळे वातावरणातील कार्बनडाय ऑक्साइडचे प्रमाण दिवसेंदिवस वाढत चालले आहे. त्याचा परिणाम म्हणून पृथ्वीचे सरासरी तापमानही हळूहळू वाढत आहे. ही स्थिती अत्यंत धोकादायक आहे, कारण तापमान असेच वाढू लागले तर उत्तर, दक्षिण ध्रुव प्रदेशातील बर्फ फार मोठ्या प्रमाणात वितळू लागेल, त्यामुळे समुद्राच्या सरासरी पातळीत चांगलीच वाढ होईल. कालांतराने समुद्र अनेक बेटे गिळंकृत करील, एवढेच नव्हे तर तो पृथ्वीच्या भूभागावरही आक्रमण करील आणि पृथ्वीचा फार मोठा भूप्रदेश समुद्राच्या पाण्याखाली गडप होईल. ■■

३३ : सूर्याच्या संदर्भात ग्रहांच्या युतींचे कोणकोणते प्रकार आहेत?

बुध व शुक्र हे पृथ्वीच्या दृष्टीने आंतरग्रह आहेत आणि मंगळ व त्याच्या पलीकडील सर्व बहिर्ग्रह आहेत. त्यामुळे सूर्याच्या संदर्भात आंतरग्रह आणि बहिर्ग्रह यांची युती निरनिराळ्या स्वरूपाची असते. अर्थातच त्यांना वेगवेगळी नावे दिली जातात. बुध



आणि शुक्र यांचेसाठी आंतरग्रह व बहिर्ग्रह तर मंगळ आणि इतर बहिर्ग्रहांसाठी युती आणि प्रतियुती अशा शब्दांचा उपयोग करण्यात येतो.

बुध आणि शुक्र आपल्या कक्षेत भ्रमण करित असताना वारंवार सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या मध्ये येतात. अशा युतीला आंतरग्रह किंवा इन्फिरिअर कंजंक्शन असे नाव आहे. आंतरग्रहांच्या वेळी हे ग्रह पृथ्वीच्या अगदी जवळ असले तरी निरीक्षणासाठी त्याचा फायदा करून घेता येत नाही, कारण त्या वेळी हे ग्रह सूर्यप्रकाशात लुप्त होतात. तसेच त्यांची अप्रकाशित बाजू पृथ्वीच्या दिशेत असते. बुध आणि शुक्र सूर्याच्या पलीकडे पण पृथ्वी व सूर्य या रेषेत आले की, अशा युतीला बहिर्ग्रह असे नाव देण्यात येते. त्यालाच इन्फ्रिअर कंजंक्शन असे नाव आहे. बहिर्ग्रहांच्या वेळी हे ग्रह पृथ्वीपासून जास्तीजास्त दूर असतात. या वेळी त्यांचा प्रकाशित भाग पृथ्वीकडे असला तरीही निरीक्षणासाठी या युतीचा फायदा होत नाही, कारण याही वेळी ते सूर्यप्रकाशात लुप्त होतात. म्हणजेच कोणत्याही युतीच्या वेळी आंतरग्रह दिसत नाहीत.

मंगळ आणि इतर बहिर्ग्रह सूर्याच्या पलीकडे व पृथ्वी आणि सूर्य या रेषेत येतात त्या वेळी त्याला फक्त युती या नावाने संबोधण्यात येते. परंतु वरील कारणासाठीच बहिर्ग्रह या वेळी दिसत नाहीत. बहिर्ग्रह पृथ्वी व सूर्य यांच्यामध्ये कधीच येऊ शकत नाहीत कारण त्यांची भ्रमणकक्षा पृथ्वीच्या बाहेर असते, पण वेळोवेळी हे ग्रह सूर्य, पृथ्वी या रेषेत पण पृथ्वीच्या पलीकडे येतात. यालाच प्रतियुती किंवा अपोजिझन हे नाव

आहे. प्रतियुतीच्या वेळी हे ग्रह पृथ्वीपासून अगदी जवळ असल्यामुळे त्यांच्या निरीक्षणाला हा सर्वात उत्तम काळ असतो.

■ ■

३४ : पृथ्वीच्या काही विशिष्ट प्रदेशांत मध्यरात्रीसुद्धा सूर्याचे दर्शन का होते?

पृथ्वीवरील उत्तर आणि दक्षिण ६६.३३ अंश अक्षांशाच्या पलीकडील प्रदेश अनुक्रमे उत्तर व दक्षिण शीत कटिबंध किंवा आर्क्टिक व अंटार्क्टिक वर्तुळ या नावाने ओळखला जातो. या दोन विशिष्ट प्रदेशांतच मध्यरात्री सूर्याचे दर्शन होते. पृथ्वीच्या अक्षाचा २३.५ अंशांतील कल हेच त्याचे प्रमुख कारण आहे.

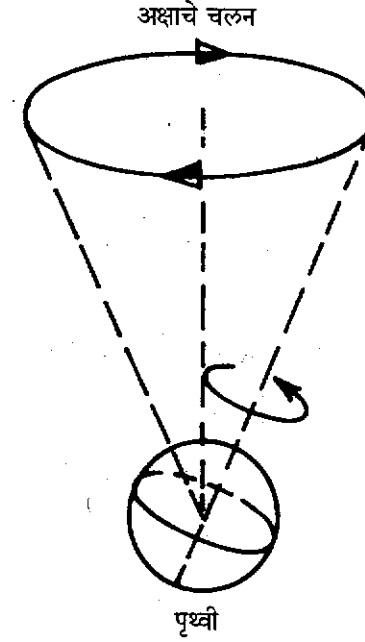
२१ मार्चनंतर पृथ्वीचा उत्तर ध्रुव सूर्याच्या दिशेत जायला सुरुवात होते. त्याच वेळी दक्षिण ध्रुव सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत जाऊ लागतो. २२ जूनच्या आसपास उत्तर ध्रुव पूर्णपणे सूर्याकडे वळतो तर दक्षिण ध्रुव पूर्णपणे सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत जातो. त्यानंतर पुढे उत्तर ध्रुव सूर्याच्या दिशेत असला तरी त्याचा कल कमी होत जातो. ही परिस्थिती २३ सप्टेंबर पर्यंत चालू राहते. २३ सप्टेंबर नंतर मात्र दक्षिण ध्रुव सूर्याच्या दिशेत व उत्तर ध्रुव सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत जायला सुरुवात होते. २२ डिसेंबरच्या सुमाराला दक्षिण ध्रुव पूर्णपणे सूर्याच्या दिशेत व उत्तर ध्रुव पूर्णपणे विरुद्ध दिशेत असतो. पुढे २१ मार्च पर्यंत या दोन्ही ध्रुवांचा कल कमी कमी होत जातो.

ज्या काळात उत्तर ध्रुव सूर्याच्या दिशेत असतो त्या काळात आर्क्टिक वर्तुळात सूर्य कधीच मावळत नाही. म्हणजेच २१ मार्च ते २३ सप्टेंबर या सहा महिन्यांच्या काळात आर्क्टिक वर्तुळात सतत म्हणजे रात्री बारा वाजताही सूर्याचे दर्शन होते. त्याच काळात अंटार्क्टिक वर्तुळात सहा महिन्यांची प्रदीर्घ रात्र असते. तेथे सूर्य कधीच उगवत नाही. या उलट २३ सप्टेंबर ते २१ मार्च या काळात दक्षिण शीत कटिबंधात सहा महिने दिवस व उत्तर शीत कटिबंधात सहा महिने रात्र असते. सूर्य मावळत नसला तरी तो क्षितिजाच्या वर, काही काळ उंच अंतरापर्यंत सरकतो तर काही काळ क्षितिजापासून कमीत कमी अंतरावर जातो, पण क्षितिजाच्या खाली मात्र जात नाही.

■ ■

३५ : पृथ्वीला परांचन गती कशी प्राप्त होते?

पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमणाचा अक्ष लंबरूप नाही. तो सुमारे २३.५ अंशांतून कललेला आहे. पृथ्वीचा हा अक्ष एकाच जागी स्थिर राहत नाही. अवकाशातील काल्पनिक लंबरेषेभोवती तो अतिशय मंद गतीने भ्रमण करीत असतो. तो जणूकाही एका



भल्यामोठ्या शंकूच्या पृष्ठभागावरून फिरत आहे असे वाटते. पृथ्वीच्या अक्षाच्या अशा प्रकारच्या भ्रमणाला 'परांचन गती' असे नाव आहे. परांचन गतीने विचलित होत होत पृथ्वीच्या अक्षाला एक चक्र पूर्ण करण्यासाठी सुमारे २६,००० वर्षे लागतात. म्हणजेच सुमारे ७२ वर्षांत तो एका अंशातून विचलित होतो.

सूर्य आणि चंद्र यांचे गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या गोलावर सर्वत्र सारखे नसते. विशेषतः विषुववृत्तावर हा फरक चांगलाच जाणवतो. त्यामुळे पृथ्वीवर दोन बलयुग्मे निर्माण होतात, एक सूर्यामुळे व दुसरे चंद्रामुळे! ही दोन्ही बलयुग्मे पृथ्वीच्या विषुववृत्ताला आयनिक पातळीत खेचण्याचा प्रयत्न करतात. परंतु पृथ्वी या क्रियेला प्रतिबंध करण्याचा प्रयत्न करते. त्याचा परिणाम पृथ्वीच्या अक्षाचे शंक्वाकार भ्रमण होण्यामध्ये होते.

पृथ्वीच्या परांचनगतीचा परिणाम खुद्द पृथ्वीवर काहीही होत नाही. परंतु पृथ्वीवरून दिसणाऱ्या आकाशातील दृश्यावर मात्र त्याचा चांगलाच परिणाम होतो. सध्या विसाव्या शतकात पोलरिस हा तारा खगोलीय उत्तर ध्रुवाजवळ आहे, पण ही काही कायमची स्थिती नाही. परांचन गतीमुळे खगोलीय उत्तर ध्रुव आकाशात सुमारे २३.५ अंश त्रिज्येच्या वर्तुळातून भ्रमण करतो. या वर्तुळाच्या परिघाचे आसपास जे जे तारे येतील ते ते भविष्यकालीन उत्तर ध्रुव होत जातील. उदाहरणार्थ, ५००० वर्षापूर्वी तुवान हा

तारा उत्तर ध्रुव होता. तर सुमारे १२,००० वर्षांनंतर अभिजित हा तारा पृथ्वीचा उत्तर ध्रुव होईल. जसा उत्तर ध्रुव बदलेल त्याचप्रमाणे दक्षिण ध्रुवातही बदल होईल हे सांगायला नकोच!

परांचन गतीमुळे कधीही न मावळणाऱ्या ध्रुवसन्निध ताऱ्यांमध्येही बदल होईल. तसेच उत्तर गोलार्धातून दिसणारे काही तारे दिसेनासे होतील, तर काही नवीन तारे दिसू लागतील.

■

३६ : भूस्थिर उपग्रह म्हणजे काय?

१९५७ साली रशियाच्या मानवनिर्मित कृत्रिम उपग्रहाने अवकाशात यशस्वी उड्डाण केल्यानंतर जगातील कित्येक देशांचे अनेक कृत्रिम उपग्रह निरनिराळ्या कक्षांमध्ये आणि अंतरावरून पृथ्वीभोवती भ्रमण करित आहेत. या सर्वांमध्ये भूस्थिर उपग्रहाचे स्थान वैशिष्ट्यपूर्ण आहे. जो कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमण काळात म्हणजेच २४ तासांत पृथ्वीभोवती एक वर्तुळ पूर्ण करतो, त्याला भूस्थिर उपग्रह असे नाव आहे. ज्या कृत्रिम उपग्रहाला भूस्थिर उपग्रह करायचे असते, असा उपग्रह अवकाशात प्रक्षेपित करताना तो भूपृष्ठापासून ३५,८०० किलोमीटर अंतरावरून, प्रति सेकंदाला ३.०७ किलोमीटर वेगाने पृथ्वीभोवती भ्रमण करित राहिल अशी व्यवस्था करण्यात येते. त्याच वेळी त्याचा भ्रमणकाळ बरोबर २४ तास होतो.

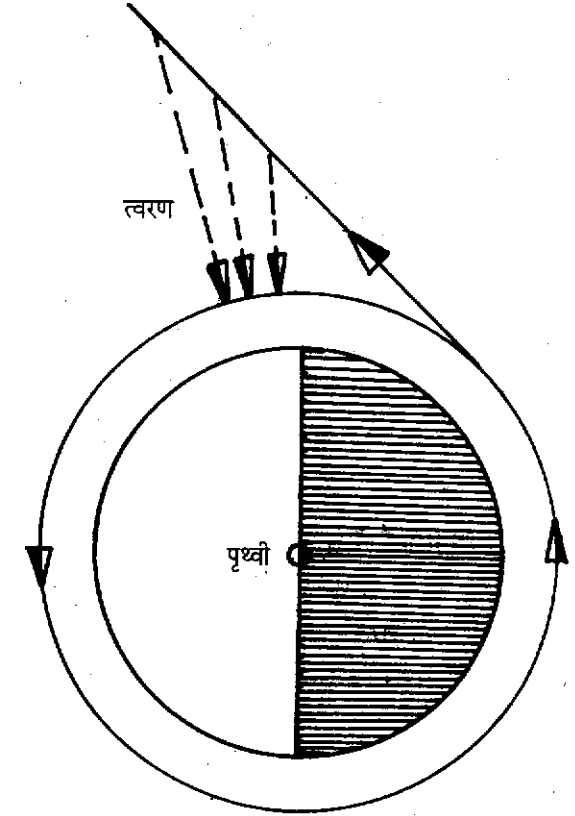
उपग्रह भूस्थिर होण्यासाठी, तो विषुववृत्ताच्या पातळीत पश्चिमेकडून पूर्वेकडे पृथ्वीभोवती भ्रमण करित राहिला पाहिजे. त्याच वेळी तो आकाशात स्थिर असल्याचा आपल्याला भास होईल. उपग्रहाचा भ्रमणकाळ पृथ्वीच्या स्वांग भ्रमणकाळाइतकाच असल्यामुळे तो आकाशात स्थिर आहे असे आपल्याला वाटते.

सान्या जगभर सतत संपर्क ठेवण्यासाठी भूस्थिर उपग्रहांचा अत्यंत उपयोग होतो. त्यासाठी तीन भूस्थिर उपग्रहांची आवश्यकता असते. एक पॅसिफिक महासागरावर, दुसरा अँटलांटिक महासागरावर आणि तिसरा हिंदी महासागरावर असे तीन उपग्रह जगाच्या पृष्ठभागावरील कोणत्याही ठिकाणाशी संपर्क साधू शकतात. भूस्थिर उपग्रहांमुळेच जगातील कोणताही देश, दुसऱ्या कोणत्याही देशाबरोबर तात्काळ संपर्क साधू शकतो.

■

३७ : कृत्रिम उपग्रहातील वस्तूंना वजनरहित अवस्था का प्राप्त होते?

पृथ्वीच्या भूपृष्ठाच्या दिशेत खाली पडत असलेल्या वस्तूची गती क्षणाक्षणाला वाढत असते. म्हणजेच त्या वस्तूचे त्वरण होते. यालाच गुरुत्वाकर्षीय त्वरण असे नाव आहे. समुद्रसपाटीपाशी गुरुत्वाकर्षीय त्वरणाची किंमत प्रति सेकंदाला ९८० सेंटीमीटर/सेकंद असते. भूपृष्ठापासून जसजसे उंच जावे तसतशी त्याची किंमत कमी कमी होत जाते. कोणताही उपग्रह भूपृष्ठापासून कित्येक किलोमीटर अंतरावरून पृथ्वीभोवती भ्रमण करित असतो. तो जरी वर्तुळाकार किंवा दीर्घवर्तुळाकार मार्गाने भ्रमण करित असला, तरी प्रत्येक क्षणाला त्याची गती त्याच्या कक्षेच्या स्पर्शरिषेत असते. म्हणजेच कृत्रिम उपग्रहाला विशिष्ट कक्षेत ठेवण्यासाठी पृथ्वी त्याला प्रत्येक क्षणी, त्या ठिकाणी



उपग्रहाची कक्षा

प्रतिक्रिया



असलेल्या गुरुत्वाकर्षीय त्वरणाने आपल्या केंद्राच्या दिशेत खाली खेचित असते. किंवा प्रत्येक क्षणाला कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीच्या दिशेत त्या ठिकाणी असलेल्या त्वरणाने खाली पडत असतो. अशा वेळी कृत्रिम उपग्रहावर जे बल कार्य करते, त्याला केंद्रगामी बल असे नाव आहे.

कृत्रिम उपग्रह गुरुत्वाकर्षीय त्वरणाने पृथ्वीकडे खेचला गेल्यामुळे त्याच्या आत असलेल्या वस्तूवर कोणतेही बल शिल्लक राहत नाही. कारण सर्वसाधारणपणे आतील वस्तूवर दोन प्रकारची बले कार्य करतात. एक पृथ्वीच्या केंद्राच्या दिशेत कार्य करणारे वस्तूचे वजन आणि त्याच्या विरुद्ध दिशेत कार्य करणारी उपग्रहाची त्या वस्तूवरील प्रतिक्रिया. खाली पडणाऱ्या वस्तूंसाठी सामान्यपणे वजनाची किंमत प्रतिक्रियेपेक्षा जास्त असते आणि उपग्रहातील

वस्तूवर 'वजन उणे प्रतिक्रिया' एवढे एकंदर बल कार्य करते. पण उपग्रह गुरुत्वाकर्षित त्वरणाने खाली पडत असेल तर या एकंदर बलाची किंमत मात्र वस्तूच्या वजनाएवढीच होऊन वस्तूवरील प्रतिक्रिया शून्य होते.

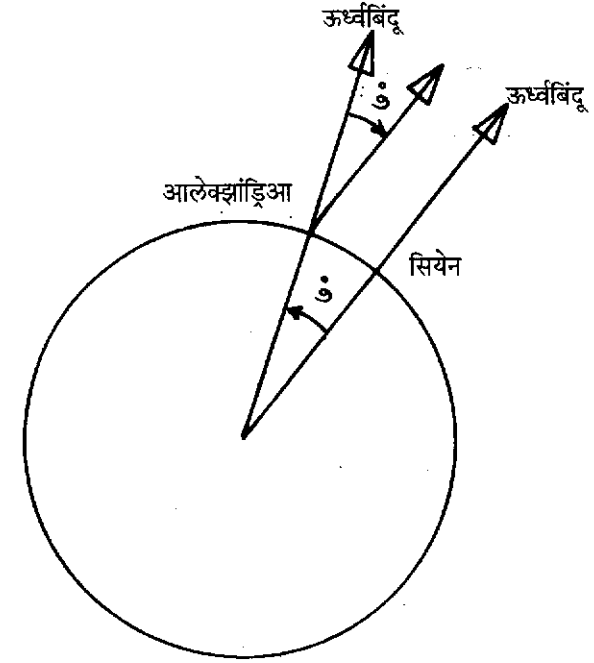
(वजन - प्रतिक्रिया = वजन . . प्रतिक्रिया = ०) प्रतिक्रिया शून्य म्हणजेच वजनरहित अवस्था. अशा वेळी उपग्रहातील माणसांसकट सर्व मोकळ्या वस्तू उपग्रहात तरंगू लागतात. अति उंच इमारतीमधील खाली येणाऱ्या लिफ्टचा लोखंडी दौर तुटला तर तीही गुरुत्वाकर्षीय त्वरणाने खाली पडू लागेल व आत उभ्या असलेल्या माणसांवरील लिफ्टची प्रतिक्रिया नष्ट होईल आणि त्यांनाही काही क्षण वजनरहित अवस्थेचा अनुभव मिळेल.

■

३८ : एरॅटोस्थेनेसने पृथ्वीचा परीघ कसा निश्चित केला?

पृथ्वीचा आकार प्रथम निश्चित करण्याचे श्रेय एरॅटोस्थेनेस या प्राचीन ग्रीक शास्त्रज्ञाकडे जाते. इसवी सन पूर्व २५० साली त्याने एक अभिनव पद्धत वापरून पृथ्वीचा परीघ निश्चित केला. त्याने आपल्या प्रयोगासाठी वापरलेले तत्त्व आजही उपयोगात आणून पृथ्वीच्या परिघाचे अगदी अचूक मोजमाप करता येईल.

इजिप्तमध्ये आज ज्या ठिकाणी आस्वान हे शहर दिसते, तेथेच पूर्वी सिएन हे शहर होते. २२ जून रोजी दुपारी १२ वाजता तेथील एका विहिरीच्या पाण्याला सूर्याचे किरण स्पर्श करीत आहेत, असे एरॅटोस्थेनेसच्या लक्षात आले, आणि त्याची कल्पनाशक्ती जागृत झाली. विहिरीच्या पाण्याला सूर्याचे किरण स्पर्श करतात, म्हणजेच सूर्य त्या विहिरीच्या बरोबर सरळ रेषेत आकाशात असला पाहिजे, असा त्याने अचूक निष्कर्ष



काढला. त्यानंतर त्याच दिवशी दुपारी १२ वाजता सिएनच्या उत्तरेला ५००० स्टेडिया (ग्रीकांचे अंतर मोजण्याचे माप) अंतरावरील आलेक्झांड्रिया शहरावर प्रकाशाचे किरण कोणत्या दिशेत येतात, याचे त्याने मोजमाप केले. तेव्हा आलेक्झांड्रिया येथे तेथील लंबरेपेशी प्रकाशाचे किरण सुमारे ७.२ अंशांचा कोन करतात असे त्याच्या लक्षात आले. सूर्यापासून पृथ्वीकडे येणारे प्रकाशाचे किरण समांतर असतात हे एरॅटोस्थेनेसला माहित होते. त्यावरून त्याने एक साधे समीकरण मांडले. ते असे :

७.२ अंशांची किंमत ५००० स्टेडियाबरोबर असेल तर ३६० अंशांची किंमत काय होईल? या समीकरणाचे उत्तर अर्थातच $(३६०/७.२) \times ५०००$ स्टेडिया किंवा २,५०,००० स्टेडिया असे येईल. आधुनिक काळात अंतराचे मोजमाप किलोमीटरच्या परिभाषेत करतात. ग्रीक लोकांचा एक स्टेडिया म्हणजे सुमारे १.६४ किलोमीटर. त्यावरून एरॅटोस्थेनेसने मोजलेल्या पृथ्वीच्या परिघाची किंमत ४१,६६६ किलोमीटर येते. आधुनिक पद्धतींनी मोजलेली पृथ्वीच्या परिघाची किंमत ४०,२१२ किलोमीटर आहे. म्हणजे एरॅटोस्थेनेसचे उत्तर केवळ १४५४ किलोमीटरने चुकले.

■

३९ : सूर्योदय व सूर्यास्त या वेळी सूर्यबिंब मोठे व रक्तवर्णी का दिसते?

पृथ्वीवरील वातावरणाची घनता सर्वत्र सारखी नाही. भूपृष्ठापासून जसजसे उंच जावे, तसतशी घनता कमी होत जाते. पृथ्वीच्या वातावरणाची निरनिराळ्या थरांत विभागणी करता येईल. विशिष्ट थरातील घनता साधारणपणे समान असते असे समजायला हरकत नाही. सूर्य क्षितिजापाशी असताना प्रकाशकिरण लंबरेपेशी मोठा कोन करून पृथ्वीच्या वातावरणात शिरतात. त्यानंतर त्यांचा प्रवास निरनिराळी घनता असलेल्या हवेच्या थरातून होतो. प्रत्येक वेळी ते कमी घनतेच्या थरातून जास्त घनतेच्या थरात जात असल्यामुळे अनेक वेळा वक्रीभवन होत होत ते आपल्यापर्यंत येऊन पोहोचतात. प्रकाशाचे हे किरण मागे वाढविले, तर सूर्य आहे त्यापेक्षा आकाशात उंचावर दिसतो, असे आपल्या लक्षात येईल. तसेच सूर्यबिंबाचा खालचा भाग थोडा चपटा दिसतो. सूर्य प्रत्यक्ष मावळल्यावर त्याच्यापासून येणारे किरण लंबरेपेशी आणखीनच मोठा कोन करतात. त्याचा परिणाम म्हणून प्रकाशकिरणाचे अधिक वक्रीभवन होते आणि सूर्य क्षितिजाखाली गेला असला तरी काही काळ तो आपल्याला दिसत राहतो. सूर्य ऊर्ध्व बिंदूच्या जवळपास असताना असा परिणाम आपल्याला दिसत नाही कारण त्या वेळी प्रकाशकिरणांचे फारसे वक्रीभवन होत नाही.

प्रकाशाचे वक्रीभवन होताना तांबडा रंग इतर रंगांपेक्षा कमी कोनातून वक्र होतो. त्यामुळे सूर्योदय व सूर्यास्त या वेळी हाच किरण आपल्यापर्यंत येऊन पोहोचतो. बाकीचे रंग पृथ्वीच्या वातावरणात शोषले जातात. अर्थातच सूर्योदय व सूर्यास्त या वेळी सूर्यबिंब रक्तवर्णी दिसते.

४० : पिधान युती म्हणजे काय?

वर्षातून अनेक वेळा एखादा विशिष्ट तारा किंवा ग्रह, आणि पृथ्वी यांच्यामध्ये चंद्रबिंब येते, त्यामुळे तारा अचानक नाहीसा झाल्यासारखा भासतो, यालाच पिधान युती असे नाव आहे. सूर्यग्रहणासारखाच हा प्रकार आहे. खग्रास सूर्यग्रहणात चंद्राचे बिंब सूर्यबिंबाला झाकून टाकते तर पिधान युतीमध्ये चंद्रबिंब ताऱ्याला झाकते. पिधान युतीचे वेळी चंद्र अमावास्या ते पौर्णिमा यांपैकी कोणत्याही तिथीत असेल तर चंद्राच्या बिंबाची पूर्वकडा प्रकाशित नसते, आणि पिधानाचे वेळी तारा आश्चर्यकारकरित्या नाहीसा होतो. त्याचप्रमाणे पिधान युतीचे वेळी चंद्र पौर्णिमा ते अमावास्या यांपैकी कोणत्याही तिथीमध्ये असेल तर चंद्राची पश्चिम कडा काळी असते. त्यामुळे, तारा पिधानानंतर अचानक प्रगट झाल्यासारखे वाटते.

चंद्रावर वातावरण असते तर चंद्रबिंबाच्या आड जाताना ताऱ्याचे तेज हळूहळू कमी

होत नंतर तो लुप्त झाला असता, पण तारा क्षणार्धात चंद्रबिंबाच्या आड दिसेनासा होतो. अर्थातच चंद्रावर वातावरण नाही हे सांगायला नकोच. ताऱ्याचे अदृश्य होणे आणि पुन्हा प्रकट होणे ह्या गोष्टी अत्यंत अचूकपणे पाहता येतात आणि त्यावरून गणिताने सिद्ध केलेली चंद्राची आकाशातील स्थिती बरोबर आहे की नाही ते पडताळून पाहता येते.

दर तासाला चंद्र आपल्या बिंबाएवढ्या (सुमारे अर्धा अंश) अंतरातून पूर्वेकडे सरकतो. त्यामुळे पिधान युती बरोबर चंद्रबिंबाच्या व्यासाचे दिशेत झाली तर पिधान सुमारे एक तासापेक्षा जास्त वेळ टिकत नाही. ताऱ्याचे बिंब जरा मोठे असेल तर चंद्रबिंबाच्या आत लुप्त होण्यासाठी त्याला थोडा जास्त वेळ लागेल. या पद्धतीचा उपयोग करून ताऱ्याच्या बिंबाचा आकारही निश्चित करता येईल.

४१ : चंद्राचा जन्म कसा झाला?

चंद्र आणि पृथ्वी हे सूर्यमालेतील एक अलौकिक युग्म आहे. प्रत्यक्षात हे युग्म म्हणजे सूर्याभोवती भ्रमण करणारा एक द्वैती ग्रह आहे, असे म्हणायला हरकत नाही. चंद्राचा व्यास पृथ्वीच्या सुमारे एक चतुर्थांश, तर त्याचे वस्तुमान पृथ्वीच्या एक टक्क्यापेक्षा थोडे जास्त! इतके असूनही चंद्राचा पृथ्वीवर जबरदस्त प्रभाव आहे. सागरातील भरती-ओहोटीच्या स्वरूपात तो पहायला मिळतो. साऱ्या सूर्यमालेतील इतर वस्तूंच्या तुलनेत चंद्राची बरीच इत्यंभूत माहिती आपल्याला झाली आहे. तरीही एवढा मोठा उपग्रह पृथ्वीच्या परिसरात आलाच कुठून? किंवा चंद्राचा जन्म कसा झाला याबद्दल आपण पूर्णपणे अनभिज्ञ आहोत.

चंद्र जन्माचे सर्व सिद्धान्त तीन मध्यवर्ती कल्पनांवर अवलंबून आहेत, त्या अशा

१. विभाजन सिद्धान्त (फिशन थिअरी) : प्रारंभी चंद्र हा पृथ्वीचा एक भाग होता. कालांतराने तो तिच्यापासून अलग झाला.
२. भगिनी सिद्धान्त (सिस्टर थिअरी) : पृथ्वी व चंद्र एकाच वेळी, पण स्वतंत्रपणे निर्माण झाले. बाह्य ग्रहांचे उपग्रह अशा प्रकारेच निर्माण झाले असावेत असा शास्त्रज्ञांचा विश्वास आहे.
३. हस्तगत सिद्धान्त (कॅप्चर थिअरी) : सूर्यमालेत दुसऱ्या कुठेतरी चंद्र निर्माण झाला व कालांतराने पृथ्वीने त्याला पकडले.

वरील सिद्धान्तांद्वारे काही मूलभूत प्रश्नांची उत्तरे मिळत नाहीत. पृथ्वीने चंद्राला पकडले हा सिद्धान्त सहजपणे अमान्य करता येण्यासारखा आहे. कारण चंद्रासारखा मोठा गोल पृथ्वीच्या दिशेत आल्यावर ताबडतोब तिच्याभोवती भ्रमण करू लागणार नाही. या प्रक्रियेत चंद्राची बरीच ऊर्जा नष्ट होईल. समजा, पृथ्वीने चंद्राला पकडले

असेल, तर त्याची भ्रमणकक्षा अधिक दीर्घवर्तुळाकृती असायला हवी. परंतु चंद्राची भ्रमणकक्षा जवळजवळ वर्तुळाकृती आहे. शिवाय चंद्र व पृथ्वी यांच्या संरचनेत बराच सारखेपणा आहे.

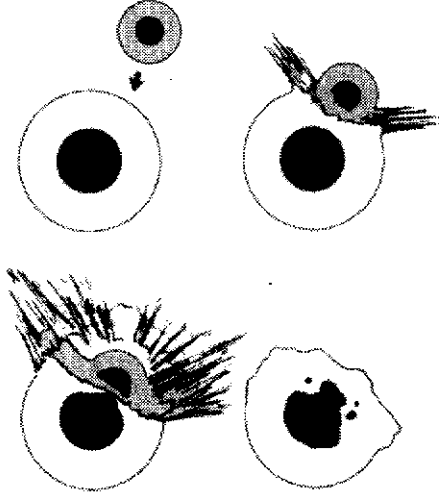
प्रारंभीच्या काळात पृथ्वी अत्यंत वेगाने परिवलन करित होती. त्या वेळी तिचे स्वरूपही द्रवरूप होते. त्यामुळे केंद्रोत्सारी बल अत्याधिक होऊन पृथ्वीचा काही भाग तिच्यापासून अलग झाला व त्याचेच पुढे चंद्रात रूपांतर झाले. या विभाजन सिद्धान्ताचा प्रस्ताव प्रथम जॉर्ज डार्विन या खगोलशास्त्रज्ञाने मांडला. परंतु आधुनिक गणितानुसार चंद्र निर्मितीचा विभाजन सिद्धान्त अशक्य असल्याचे सिद्ध झाले आहे. तसेच विभाजन सिद्धान्तानुसार चंद्राचा जन्म झाला असता, तर पृथ्वी व चंद्र यांचेवरील रासायनिक द्रव्ये समान असायला हवी होती. प्रत्यक्षात त्यांच्यात बराच फरक आहे.

सौर तेजोमेघातून एकाच वेळी साधारण एकाच ठिकाणी पृथ्वी व चंद्र यांचा जन्म झाला असे मानले, तर चंद्रावर लोहाचे प्रमाण कमी का? तसेच पृथ्वीची घनता ५.५ ग्रॅम/घन सेंटीमीटर व चंद्राची घनता ३.३ ग्रॅम/घनसेंटीमीटर हा फरक कसा निर्माण झाला? पृथ्वीवर मुबलक पाणी आहे, तर चंद्रावर पाण्याचा थेंबही नाही हा फरकही डोळ्यात भरण्यासारखा आहे.

वरील चंद्र जन्माच्या सिद्धान्तामधील अनेक त्रुटी लक्षात आल्यावर धडक सिद्धान्ताचा प्रस्ताव पुढे आला. या सिद्धान्तानुसार मंगळाच्या आकाराची एक खगोलीय वस्तू पृथ्वीला येऊन धडकली. पृथ्वीला बसलेली ही धडक चांगलीच जबरदस्त असली पाहिजे. त्यामधून पृथ्वीवरील फार मोठी वस्तू आकाशात उडाली असावी, तसेच पृथ्वीचे तुकडे उडण्याइतपत प्रचंड ऊर्जा मुक्त झाली असावी. आकाशात उडालेल्या वस्तूचे एक कडे बहुधा पृथ्वीभोवती निर्माण झाले असेल. कालांतराने कड्यातील वस्तू एकत्र येऊन चंद्राचा जन्म झाला असावा. धडक सिद्धान्तामधून पृथ्वी व चंद्र यांच्यामधील रासायनिक द्रव्ये अलग का आहेत? चंद्रावर जड धातूंचा

व पाण्याचा अभाव का आहे अशा काही प्रश्नांची उत्तरे मिळतात.

एवढे सारे सिद्धान्त असूनही चंद्र जन्माचे गूढ अजून कायम आहे.



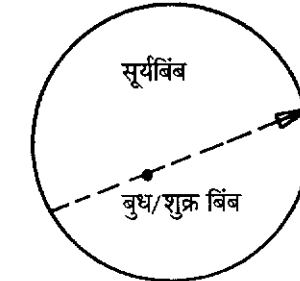
■ ■

४२ : अधिक्रमण म्हणजे काय?

ग्रहण आणि अधिक्रमण यांत फारसा फरक नाही. अधिक्रमण हे एक प्रकारचे सूर्यग्रहणच आहे. सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या रेषेत राहू किंवा केतू या बिंदूत चंद्र आला, की सूर्यग्रहण होते. त्याचप्रमाणे कधी कधी बुध किंवा शुक्र, सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या रेषेत त्यांच्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूपाशी येतात. अशा वेळी एक काळा ठिपका सूर्यबिंबावरून सरकताना दिसतो. या प्रकारालाच अधिक्रमण (ट्रान्झिट) असे नाव आहे. चंद्रबिंबाचा व्यास साधारण सूर्यबिंबाएवढाच असल्यामुळे चंद्र सूर्याला पूर्णपणे झाकू शकतो. सूर्यबिंबाच्या तुलनेत बुध व शुक्र बिंबांचे व्यास अतिशय लहान आहेत. सूर्यबिंबाचा सरासरी कोनीय व्यास ३२ कोनीय मिनिटे आहे, तर बुधबिंबाचा कोनीय व्यास सुमारे ५.५ कोनीय सेकंद, तर शुक्राच्या बिंबाचा ३० कोनीय सेकंद आहे. याचा अर्थ बुधाचे बिंब सूर्यबिंबाच्या तुलनेत सुमारे ३५० पटींनी लहान आहे. तर शुक्राचे ६४ पटींनी लहान आहे. त्यामुळेच अधिक्रमणाचे वेळी काळा ठिपका सूर्यबिंबावरून सरकताना दिसतो.

बुधाची भ्रमणपातळी आयनिक वृत्तपातळीशी ७ अंशांचा कोन करते. अधिक्रमण होण्यासाठी बुध आपल्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूपाशी असताना त्याची पृथ्वीबरोबर अंतरयुती व्हायला हवी. दिनांक ८ किंवा ९ मे व १० किंवा ११ नोव्हेंबर रोजी पृथ्वी अनुक्रमे बुधाच्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूजवळून जाते. अर्थातच या दोन दिवसांच्या आसपास बुधाच्या अधिक्रमणाची शक्यता असते. बुधाच्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूपासून पृथ्वीचा मार्ग २ अंश १० मिनिटे यापेक्षा जास्त अंतरावरून जात असेल, तर अधिक्रमण होत नाही.

बुधाचा भ्रमणमार्ग चांगलाच दीर्घवर्तुळाकृती आहे. मे महिन्यात संपात बिंदूपाशी असताना बुध पृथ्वीच्या अधिक जवळ असतो. याउलट नोव्हेंबर महिन्यात संपात बिंदूपाशी असताना बुध पृथ्वीपासून सरासरीपेक्षा जास्त अंतरावर असतो. अर्थातच मे महिन्यात वर दिलेली २ अंश १० मिनिटे ही अधिक्रमणाची मर्यादा आणखीनच कमी होते व नोव्हेंबर महिन्यात ती थोडी जास्त असते. त्यामुळेच मे महिन्यापेक्षा नोव्हेंबर महिन्यातच अधिक्रमणाची अधिक शक्यता असते.



पृथ्वीच्या संदर्भात सुमारे ११६ दिवसांनी किंवा ०.३१७५ वर्षांनी सूर्य आणि बुध यांची युती होते. या संख्येच्या आधाराने बुधाच्या अधिक्रमणाची चक्रे निश्चित करता येतील. पृथ्वीचे वर्ष आणि बुधाचा युतिकाल यांचे निरनिराळे संबंध पुढीलप्रमाणे आहेत.

- बुधाचे २२ युतिकाल पृथ्वीच्या सुमारे ७ वर्षांइतके आहेत.
२२ × ०.३१७५ = ६.९८५ वर्षे
- बुधाचे ४१ युतिकाल पृथ्वीच्या १३ वर्षांइतके आहेत.
४१ × ०.३१७५ = १३ वर्षे
- बुधाचे १४५ युतिकाल पृथ्वीच्या सुमारे ४६ वर्षांइतके आहेत.
१४५ × ०.३१७५ = ४६ वर्षे

वरील गणिताचा अर्थ असा, की ७, १३ किंवा ४६ वर्षांनी तीच तीच अधिक्रमणे पुन्हा पुन्हा दिसायला हवीत. परंतु मे महिन्यातील अधिक्रमण मर्यादा लहान असल्यामुळे ती सात वर्षांच्या कालावधीने दिसत नाहीत.

एकविसाव्या शतकातील बुधाच्या अधिक्रमणांचे दिनांक पुढीलप्रमाणे आहेत.

७ मे २००३	९ नोव्हेंबर २०५२
८ नोव्हेंबर २००६	१० मे २०६२
९ मे २०१६	११ नोव्हेंबर २०६५
११ नोव्हेंबर २०१९	१४ नोव्हेंबर २०७८
१३ नोव्हेंबर २०३२	७ नोव्हेंबर २०८५
७ नोव्हेंबर २०३९	८ मे २०९५
७ मे २०४९	१० नोव्हेंबर २०९८

शुक्राच्या भ्रमणकक्षेची पातळी आयनिक वृत्तपातळीबरोबर ३.५ अंशांचा कोन करते. दरवर्षी दिनांक ७ जून आणि ९ डिसेंबर या दोन दिवसांच्या दरम्यान पृथ्वी शुक्राच्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूजवळून जाते. अर्थातच या दोन दिवसांच्या आसपास शुक्राचे सूर्यबिंबावरील अधिक्रमण दिसू शकते. शुक्राच्या ऊर्ध्व किंवा अधःसंपात बिंदूपासून पृथ्वीचा मार्ग ४ अंशांपेक्षा जास्त अंतरावरून जात असेल, तर अधिक्रमण होत नाही.

शुक्राचा युतिकाल १.५९८९ वर्षांचा आहे. त्यावरून शुक्राच्या अधिक्रमण चक्राचा काळ निश्चित करता येतो.

- शुक्राचे ५ युतिकाल पृथ्वीच्या सुमारे ८ वर्षांइतके आहेत.
५ × १.५९८९ = ७.९९ वर्षे
- शुक्राचे १५२ युतिकाल पृथ्वीच्या सुमारे २४३ वर्षांइतके आहेत.
१५२ × १.५९८९ = २४३ वर्षे

वरील गणिताचा अर्थ असा, की दर ८ वर्षांनी २४३ वर्षांच्या कालावधीनंतर शुक्राची अधिक्रमणे दिसायला हवीत. प्रत्यक्षात मात्र तसे घडत नाही. एकविसाव्या शतकातील शुक्राच्या अधिक्रमणांचे दिनांक असे आहेत.

८ जून २००४ आणि ६ जून २०१२

याचा अर्थ एकविसाव्या शतकात शुक्राची फक्त दोन अधिक्रमणे पहायला मिळतील. २००४ सालापूर्वी ६ डिसेंबर १८८२ साली शुक्राचे अधिक्रमण झाले होते (१२२ वर्षापूर्वी) तसेच २०१२ सालानंतर १०५ वर्षांनी म्हणजे ११ डिसेंबर २११७ रोजी शुक्राचे अधिक्रमण पहायला मिळेल.

मंगळावरून साधारण ७९ वर्षांनी पृथ्वीचे सूर्यबिंबावरील अधिक्रमण पहायला मिळते. १० नोव्हेंबर २०८४ रोजी (पृथ्वीवरील दिनांक) मंगळावरून पृथ्वीचे सूर्यबिंबावरील अधिक्रमण पाहता येईल. त्या वेळी मानव बहुधा मंगळावर पोहोचलेला असेल.

४३ : चंद्रावर वातावरण नसण्याचे कारण काय?

कोणत्याही ग्रहगोलावरून, त्याच्या भूपृष्ठाशी लंबरूप दिशेत, एका विशिष्ट वेगाने वस्तू फेकली, तर ती वस्तू कधीच परत येत नाही, ती अनंत अवकाशात कायमची निघून जाते. या विशिष्ट गतीला मुक्तिवेग (एस्केप व्हिलॉसिटी) असे नाव आहे. उदाहरणार्थ, पृथ्वीचा मुक्तिवेग प्रति सेकंदाला ११ किलोमीटर आहे, तर चंद्राचा मुक्तिवेग प्रति सेकंदाला फक्त २.४ किलोमीटर आहे. म्हणजेच चंद्रावरून कोणतीही वस्तू प्रति सेकंदाला २.४ किलोमीटर वेगाने त्याच्या भूपृष्ठाला लंबरूप दिशेत फेकली, तर ती चंद्रावर कधीच परत येणार नाही. ती वस्तू अवकाशात कायमची निघून जाईल. ग्रहगोलांवर वातावरण असेल की नाही, ते या मुक्तिवेगावरूनच निश्चित होते.

ग्रहगोलांवर असणारे वातावरण म्हणजे निरनिराळ्या वायूंचा समुच्चय. जसे, पृथ्वीच्या वातावरणाचे नायट्रोजन, ऑक्सिजन, कार्बनडाय ऑक्साइड, बाष्प हे प्रमुख घटक आहेत. कोणत्याही वायूच्या रेणूंचे तापमान निरपेक्ष तापमानाच्या म्हणजे - २७३ अंश सेल्सिअसच्या वर असेल तर ते गतिमान असतात. चंद्रावर भर दुपारी जास्तीजास्त तापमान १२० अंश सेल्सिअस असते. या तापमानात निरनिराळ्या वायूंच्या रेणूंची सरासरी गती काय असेल ते एका साध्या सूत्राने निश्चित करता येते. त्या सूत्रप्रमाणे १२० अंश सेल्सिअस तापमानाला प्रमुख वायूंच्या रेणूंची सरासरी गती पुढील कोष्टकात दिली आहे.

वायू	सरासरी गती (कि. मी. / सेकंद)
हायड्रोजन	२.२
ऑक्सिजन	०.५५
नायट्रोजन	०.६०
बाष्प	०.७३५

ग्रहगोलांवरून वातावरण किती वेगाने नष्ट होईल ते रेणूंची सरासरी गती आणि मुक्तिवेग यांच्या गुणोत्तरावर अवलंबून आहे. समजा, हे गुणोत्तर ०.३३ असेल तर काही आठवड्यांतच वातावरण नाहीसे होईल आणि हे गुणोत्तर ०.२ च्या जवळपास असेल तर कित्येक लक्ष वर्षांनी अर्धे वातावरण नष्ट होईल. वातावरण नष्ट होईल याचा अर्थ असा की, वायूंच्या रेणूंची गती मुक्तिवेगापेक्षा जास्त झाल्याने ते अवकाशात परत न येण्यासाठी कायमचे निघून जातात.

चंद्रावरील उच्च तापमानातील रेणूंच्या सरासरी गतीचे चंद्राच्या मुक्तिवेगाशी असलेले गुणोत्तर, हायड्रोजन, ऑक्सिजन, नायट्रोजन व बाष्प यांचेसाठी अनुक्रमे ०.९, ०.२३, ०.२५, ०.३ असे येते. म्हणजेच फार फार पूर्वी कदाचित चंद्राच्या जन्मवेळी त्याचेवर वातावरण होते, पण त्यांपैकी हायड्रोजन व बाष्प फारच लवकर अवकाशात निघून गेले. ऑक्सिजन व नायट्रोजन काही काळ चंद्रावर रेंगाळले, पण जन्मानंतर एक ते दोन अब्ज वर्षांच्या आतच तेही वायू अवकाशात नाहीसे झाले. किंबहुना ज्या वायूंचा रेणूभार ४३ पेक्षा कमी असेल असे कोणतेही वायू आज चंद्रावर शिल्लक नाहीत. म्हणूनच चंद्रावर पृथ्वीसारखे वातावरण टिकून राहण्याची शक्यता नाही.

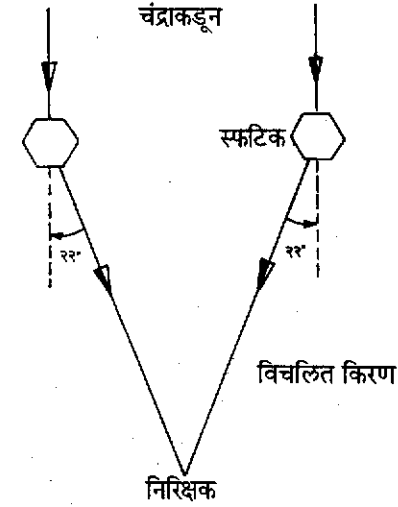
■ ■

४४ : काही वेळा चंद्राभोवती तेजोवलय का दिसते?

अनेकदा रात्रीच्या आकाशात चंद्राभोवती एक धुकट रंगाचे प्रचंड वर्तुळ आपल्याला दिसते. काही वेळा तर अशी दोन तेजोवलये पहायला मिळतात. यांनाच खळे असे मराठीत नाव आहे. पुष्कळ वेळा या खळ्यांचा अशुभ गोष्टीशी संबंध लावला जातो, पण त्यात बिलकुल तथ्य नाही. तेजोवलयाचे किंवा खळ्याचे पूर्णतः शास्त्रीय विश्लेषण करता येते.

आकाशात अति उंचावर अनेक वेळा विरळ ढग निर्माण होतात. त्यामध्ये असंख्य बर्फाचे स्फटिक असतात. त्यांचा आकार षट्कोनी असून, अपवर्तन कोन ६० अंशांचा असतो. प्रकाशाचे किरण स्फटिकामधून जाऊ लागले की ते मूळ दिशेपासून विचलित होतात. बर्फाच्या षट्कोनी स्फटिकामुळे निर्माण होणारा न्यूनतम विचलन कोन २२ अंश असतो. हीच तेजोवलयाची कोनीय त्रिज्या असते. ढगामधील स्फटिकांची स्थिती सारखी नसली आणि त्यांच्यावर सर्व दिशांनी प्रकाशकिरण पडत असले तरी स्फटिकामधून बाहेर पडणारे किरण मात्र २२ अंशांच्या आसपास विचलित होतात. चंद्राच्या दिशेने आकाशाकडे पाहिले, आणि चंद्र हा केंद्रबिंदू धरून २२ अंशांच्या कोनीय व्यासाचे वर्तुळ हीच तेजोवलयाची व्याप्ती असते.

काही वेळा २२ अंशीय तेजोवलयाच्या बाहेर, ४६ अंश कोनीय त्रिज्येचे आणखी एक तेजोवलय दिसते. बहुधा ते फारसे तेजस्वी दिसत नाही. या विशिष्ट वर्तुळाच्या



आतबाहेर ९० अंश अपवर्तन कोन असलेले स्फटिक एकत्र आलेले असतात. या स्फटिकामधून जाणाऱ्या प्रकाशकिरणांचे न्यूनतम विचलन ४६ अंशांतून होते. हे दुसरे तेजोवलय क्वचितच पहायला मिळते.

■ ■

४५ : चंद्र दररोज सुमारे पन्नास मिनिटे उशिरा का उगवतो?

चंद्र दररोज सरासरी १३ अंशांतून पूर्वेकडे सरतो. त्याच्या या गतीत थोडाफार बदल होत राहतो, कारण चंद्राची भ्रमणकक्षा थोडी दीर्घवर्तुळाकृती आहे. चंद्राप्रमाणेच सूर्यही दररोज सुमारे एक अंशांतून पूर्वेकडे सरतो. कधी त्याची गती यापेक्षा थोडी जास्त तर कधी थोडी कमी असते. सूर्य व चंद्र एकाच दिशेने म्हणजे पूर्वेकडे सरत असल्यामुळे सूर्याच्या संदर्भात चंद्र दररोज सुमारे १२ अंशांतून (१३ अंश - १ अंश) सरतो असे म्हणावे लागेल किंवा अमावास्येपासून चंद्र व सूर्य यांमधील अंतर दररोज सुमारे १२ अंशांतून वाढत जाते. भारतीय पंचांगाप्रमाणे सूर्य व चंद्र यांच्या मध्ये १२ अंशांचे अंतर पडले की एक तिथी पूर्ण होऊन दुसऱ्या तिथीला सुरुवात होते.

चंद्र पृथ्वीभोवती सुमारे २७ दिवसांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. म्हणजेच पृथ्वीभोवती ३६० अंशांच्या कोनातून प्रवास करण्यासाठी त्याला सुमारे २७ दिवस लागतात. त्यामुळे १२ अंशांतून प्रवास करण्यासाठी त्याला सुमारे ५४ मिनिटे लागतील. म्हणजेच चंद्र दररोज सुमारे ५४ मिनिटे उशिराने उगवेल. किंवा दररोज सुमारे ५४ मिनिटे उशिराने चंद्र व्याम्योत्तर वृत्त पार करील. ५४ पेक्षा लक्षात ठेवण्याचे दृष्टीने ५०

हा आकडा जवळचा असल्यामुळे व ५४ मिनिटे हा आकडा अचूक नसल्यामुळे सर्वसाधारणपणे चंद्र सुमारे पन्नास मिनिटे उशिरा उगवतो असे म्हणण्याची प्रथा आहे.

चंद्राच्या उगवण्यावर भरती-ओहोटी अवलंबून असते. विशेषतः चंद्र बरोबर व्याम्योत्तर वृत्तावर आला की त्याच्या थेट खाली असणाऱ्या समुद्राच्या पाण्याला पूर्ण भरती असते. अर्थातच पूर्ण भरती दररोज सुमारे ५० मिनिटे उशिरा होईल. दररोजचा चंद्रोदय किंवा तिथी माहीत असेल तर त्या त्या दिवसांच्या पूर्ण भरतीच्या वेळांचा अंदाज करता येईल.

■ ■

४६ : चंद्राची कला कशी निश्चित करतात?

चंद्रबिंबाचे प्रकाशित क्षेत्र व त्याच्या पूर्ण बिंबाचे क्षेत्र याच्या गुणोत्तराला चंद्राची कला अशी खगोलशास्त्रीय संज्ञा आहे. चंद्राची कला उरविण्यासाठी एका साध्या सूत्राचा उपयोग करता येतो. ते सूत्र असे :

$$\text{चंद्राची कला} = (१ - \text{इनांतराची कोसाइन}) / २$$

इनांतर म्हणजे सूर्य, पृथ्वी व चंद्र यांच्यामधील कोन. पंचांगात सूर्य व चंद्र यांचा प्रत्येक दिवसाचा भोग दिलेला असतो, त्यावरून इनांतर काढता येते. वरील सूत्राच्या साहाय्याने आपल्याला माहीत असलेल्या इनांतरावरून चंद्राची कला निश्चित करता येईल.

अमावास्येच्या दिवशी इनांतर शून्य असते. शून्य अंशाची कोसाइन १ असते. वरील सूत्रात ही किंमत घातली तर चंद्राची कला शून्य येते व चंद्र आपल्याला दिसत नाही.

पौर्णिमेच्या दिवशी इनांतर १८० अंश असते. १८० अंशाची कोसाइन -१ आहे. त्याप्रमाणे चंद्राच्या कलेची किंमत १ येते. म्हणजेच चंद्राचे पूर्ण बिंब आपल्याला दिसते.

अष्टमीच्या दिवशी इनांतर सुमारे ९० अंश असते. ९० अंशाची कोसाइन शून्य आहे, त्यामुळे वरील सूत्राप्रमाणे चंद्राची कला एक द्वितीयांश येते, व चंद्राचे केवळ अर्धेच बिंब प्रकाशमान झालेले आपण पाहतो.

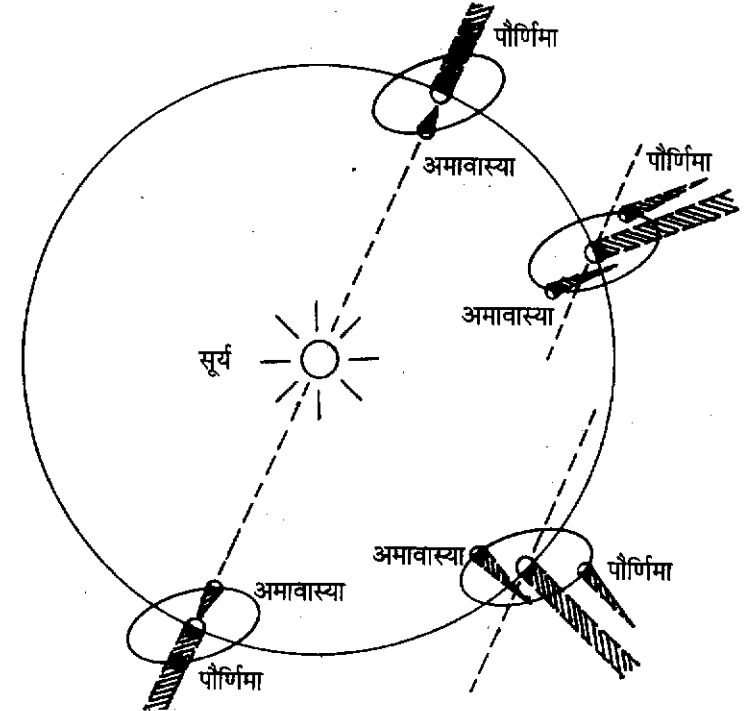
सूर्याच्या संदर्भात चंद्र दररोज सुमारे १२ अंशांतून सरकतो. प्रतिपदा म्हणजे अमावास्येनंतरचा पहिला दिवस. त्या दिवशी इनांतर सुमारे १२ अंश असणार. १२ अंशांची कोसाइन ०.९७८ असते. वरील सूत्रात ही किंमत घातली तर चंद्राची कला ०.०११ येते. किंवा त्या दिवशी चंद्राचे केवळ १.१ टक्के बिंब प्रकाशमान होते. म्हणून प्रतिपदेच्या दिवशी आपण चंद्राची कोर पाहतो. अशा प्रकारे चंद्राच्या प्रत्येक दिवशीच्या कलेचा अंदाज करता येईल. फक्त आपल्याजवळ कोसाइन टेबल किंवा कॅल्क्युलेटर हवा. चंद्राच्या कलेची अचूक किंमत पाहिजे असेल तर पंचागातील सूर्य-चंद्राच्या भोगावरून ती निश्चित करता येईल.

■ ■

४७ : दर वर्षी काही विशिष्ट महिन्यांतच ग्रहणे का लागतात?

सूर्यग्रहणासाठी चंद्र सूर्याच्या समोर यावा लागतो. म्हणजेच सूर्यग्रहण केवळ अमावास्येच्याच दिवशी होऊ शकते कारण त्याच दिवशी पृथ्वी, चंद्र व सूर्य क्रमाने साधारण एका रेषेत येतात. तसेच चंद्रग्रहणासाठी चंद्र पृथ्वीच्या सावलीतून जावा लागतो. याचाच अर्थ असा, की तो सूर्याच्या बरोबर विरुद्ध दिशेला किंवा पृथ्वीच्या पलीकडे असला पाहिजे. म्हणजेच चंद्रग्रहण केवळ पौर्णिमेला लागू शकते. त्याच दिवशी सूर्य, पृथ्वी व चंद्र क्रमाने एका सरळ रेषेत असतात. परंतु दर अमावास्येला किंवा पौर्णिमेला ग्रहणे लागत नाहीत, याचे कारण चंद्राची भ्रमणपातळी आयनिक पातळीशी ५ अंशांचा कोन करते. त्यामुळे पौर्णिमेला किंवा अमावास्येला चंद्र आयनिक पातळीच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला असू शकतो आणि सूर्य, पृथ्वी व चंद्र एका सरळ रेषेत येऊ शकत नाहीत.

चंद्राची भ्रमणकक्षा आयनिक पातळीला छेदून जेथे उत्तरेकडे येते त्या बिंदूला ऊर्ध्वसंपात, आणि आयनिक पातळीला छेदून जेथे दक्षिणेकडे जाते त्या बिंदूला



अधःसंपात बिंदू असे म्हणतात. पौर्णिमेला किंवा अमावास्येला चंद्र जर यांपैकी एका बिंदू जवळ असेल तर मात्र ग्रहण होऊ शकते. वरील दोन बिंदूंना जोडणाऱ्या व पृथ्वीच्या केंद्रातून जाणाऱ्या रेषेला संपातरेषा असे म्हणतात. जर सूर्याची दिशा या संपात रेषेशी जुळली तर हमखास ग्रहण लागते. अर्थातच त्या दिवशी पौर्णिमा किंवा अमावास्येला असायला हवी. पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करित असताना संपातरेषा व चंद्राची भ्रमण पातळी साधारणपणे स्थिर राहतात. त्यामुळेच पृथ्वीच्या भ्रमण कक्षेत केवळ दोनच वेळा सूर्याची दिशा संपात रेषेबरोबर जुळते. ही गोष्ट वर्षातून दोन वेळा सहा महिन्यांच्या फरकाने घडते. या विशिष्ट काळांना 'ग्रहण काल' म्हणण्याचा प्रघात आहे.

चंद्राची कक्षा मात्र स्थिर राहत नाही. त्यामुळे संपातरेषा आयनिक वृत्तावर हळूहळू पश्चिमेच्या दिशेत सरकत असते. १८.६ वर्षांनी ती आपले चक्र पूर्ण करते. त्याचा परिणाम म्हणून दर वर्षी साधारण २० दिवसांनी 'ग्रहण काल' अलीकडे येतात. १९८६ साली एप्रिल व ऑक्टोबर हे 'ग्रहण काल' होते व इ. स. २००० साली जानेवारी व जुलै हे 'ग्रहण काल' होते.

■ ■

४८ : खग्रास सूर्यग्रहण जास्त काळ केव्हा दिसू शकते?

खग्रास सूर्यग्रहणकाळ जास्त असण्यासाठी सूर्याच्या बिंबाचा आकार लहान व चंद्रबिंबाचा आकार मोठा असायला हवा. अशाच परिस्थितीत चंद्रबिंब सूर्यबिंबाला बराच वेळ झाकून टाकू शकेल.

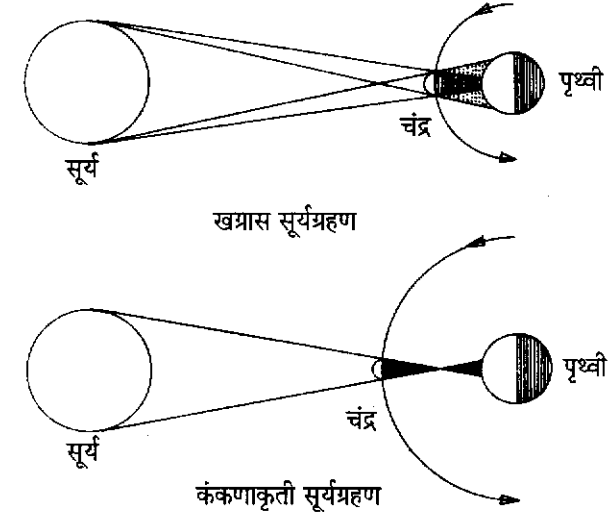
पृथ्वीच्या संदर्भात विचार केला तर, दर वर्षी जुलै महिन्याच्या सुरुवातीला सूर्य आपल्या भ्रमणकक्षेच्या नीच बिंदूपाशी असतो. त्या वेळी तो पृथ्वीपासून सरासरीपेक्षा जास्त दूर असल्यामुळे त्याच्या बिंबाचा आकार लहान असतो. याच वेळी चंद्र आपल्या भ्रमणकक्षेच्या उच्च बिंदूपाशी असेल तर तो पृथ्वीच्या जवळ आल्यामुळे त्याच्या बिंबाचा आकार जास्तीजास्त राहिल. बरोबर याच वेळी खग्रास सूर्यग्रहण लागले तर सर्वात जास्त काळ टिकते.

चंद्रबिंबाचा मोठ्यात मोठा आकार सुमारे ३४.३ कोनीय मिनिटे असू शकतो व जून महिन्याच्या शेवटी व जुलैच्या प्रारंभी सूर्यबिंबाचा कमीत कमी आकार सुमारे ३१.५ कोनीय मिनिटे असतो. याचा अर्थ असा की, जास्तीजास्त काळ टिकणारे खग्रास ग्रहण केवळ याच काळात शक्य आहे. चंद्र-सूर्याच्या दैनंदिन गतीवरून खग्रास सूर्यग्रहण किती काळ राहिल ते निश्चित करता येते. अलीकडच्या काळात ३० जून १९७३ रोजी लागलेले खग्रास सूर्यग्रहण ७ मिनिटे व १० सेकंद टिकले होते.

■ ■

४९ : कंकणाकृती व खग्रास सूर्यग्रहण केव्हा दिसते?

चंद्र पृथ्वीभोवती भ्रमण करित असताना कधी आपल्या भ्रमणकक्षेच्या उच्च बिंदूपाशी असतो तर कधी नीच बिंदूपाशी असतो. नीच बिंदूजवळ असताना त्याचे पृथ्वीपासून असलेले अंतर सर्वाधिक म्हणजे सुमारे ४,०४,३२० किलोमीटर असते, व उच्च बिंदू जवळ असताना तो पृथ्वीपासून कमीतकमी म्हणजे ३,५४,३३६ किलोमीटर अंतरावर असतो. सूर्यग्रहणाचे वेळी चंद्र सूर्याच्या समोर आला की, पृथ्वीच्या दिशेत चंद्राची लांबच लांब सावली निर्माण होते. चंद्राची ही सावली शंकूच्या आकाराची असते. ग्रहण काळात चंद्र आपल्या भ्रमणकक्षेतील नीच बिंदूपाशी असेल, तर सावलीची लांबी सुमारे ३,७१,६२० किलोमीटरपेक्षा जास्त असत नाही. म्हणजेच सावलीचे टोक पृथ्वीपर्यंत पोहोचू शकत नाही. चंद्राची सावली सुमारे ३२,७०० किलोमीटर (४,०४,३२० - ३७,१६,६२०) तोकडी पडते. त्यामुळे सावलीच्या टोकाच्या बरोबर खाली असलेल्या पृथ्वीवरील निरीक्षकांना कंकणाकृती सूर्यग्रहण पहायला मिळते. अशा प्रकारच्या ग्रहणात, चंद्राच्या काळ्या बिंबाच्या बाहेर, सूर्याच्या प्रखर प्रकाशाचे कडे झगमगताना दिसते.

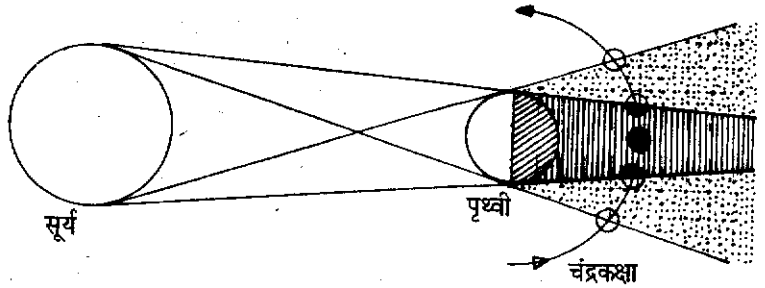


सूर्यग्रहणाच्या वेळी चंद्र आपल्या भ्रमणकक्षेतील उच्च बिंदूपाशी असेल तर त्याच्या शंखाकृती सावलीचे टोक थेट पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत पोहोचते आणि ते भूपृष्ठावरील सुमारे २७० किलोमीटर रुंदीची पट्टी व्यापून टाकते. या पट्ट्यातील निरीक्षकांना खग्रास सूर्यग्रहण पहायला मिळते. शिवाय या पट्ट्याच्या बाहेर कित्येक हजार किलोमीटर

अंतरापर्यंत खंडखग्रास ग्रहण दिसते. पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमणामुळे सावलीचा पट्टा झपाट्याने पृथ्वीच्या भूपृष्ठावर सरकत जातो, आणि कित्येक हजार किलोमीटर लांबीच्या आणि सुमारे २५० किलोमीटर रुंदीच्या पट्ट्यातील निरीक्षक खग्रास सूर्यग्रहण पाहू शकतात. ■■

५० : खग्रास चंद्रग्रहणाचा सर्वाधिक काळ किती असतो?

चंद्रग्रहणाचे वेळी चंद्राच्या संदर्भात पृथ्वी सूर्याच्या समोर असल्यामुळे पृथ्वीची शंकूच्या आकाराची सावली चंद्राच्या दिशेत निर्माण होते. पृथ्वीची ही अवाढव्य सावली अवकाशात सुमारे १४ लक्ष किलोमीटर अंतरापर्यंत पसरते. पृथ्वीपासून चंद्रापर्यंतच्या सरासरी अंतरापाशी म्हणजे सुमारे ३,८४,००० किलोमीटर अंतरावर पृथ्वीच्या सावलीची रुंदी सुमारे ९२०० किलोमीटर असते. चंद्रबिंबाने या ठिकाणी सावलीला स्पर्श केला की, चंद्रग्रहणाचा प्रारंभ होतो. चंद्राचे बिंब संपूर्णपणे पृथ्वीच्या सावलीत शिरले की खग्रास चंद्रग्रहण लागते. आणि तो या सावलीतून पूर्णपणे बाहेर पडला की ग्रहण सुटते. चंद्राला पृथ्वीच्या सावलीतून प्रवास करायला जास्तीजास्त १०० मिनिटे लागतात. म्हणजे खग्रास चंद्रग्रहणाचा काळ एक तास ४० मिनिटांपेक्षा जास्त असत नाही.



चंद्राला पृथ्वीच्या सावलीत पूर्णपणे शिरण्यासाठी व सावलीतून संपूर्णपणे बाहेर पडण्यासाठी प्रत्येकी सुमारे दोन तास लागतात असे धरले, तर चंद्रग्रहणाचा एकूण काळ जास्तीजास्त सहा तास असू शकतो. अर्थात नेहमीच इतक्या प्रदीर्घ काळाचे चंद्रग्रहण पहायला मिळत नाही. ■■

५१ : ग्रहणांची सारोस शृंखला काय आहे?

प्राचीन काळी गणिताची फारशी प्रगती झाली नव्हती. त्यामुळे सूर्यग्रहणाचे अचूक गणित करणे जवळजवळ अशक्य होते. केवळ ठोकताळ्यांवरून सूर्यग्रहणाचा अंदाज केला जाई. सूर्यग्रहणांची सारोस शृंखला हा असाच सूर्यग्रहणाच्या वेळेचा अंदाज करण्याचा एक अतिशय सोपा ठोकताळा आहे. एकदा दिसलेल्या सूर्यग्रहणाची पुन्हा पुन्हा १८ वर्षे ११ दिवसांनी पुनरावृत्ती होते. सूर्यग्रहणांच्या या वैशिष्ट्यपूर्ण आवर्तनालाच 'सारोस' असे नाव आहे. इसवीसन पूर्व ७५० पासून प्राचीन खाल्डियन संस्कृतीला सूर्यग्रहणांच्या या आवर्तनाची माहिती होती.

सूर्य ज्या काल्पनिक वृत्तावरून पृथ्वीभोवती फिरतो, त्या वृत्ताला क्रांती वृत्त किंवा आयनिक वृत्त (इक्लिप्टिक) असे नाव आहे. आयनिक वृत्ताच्या प्रतलाला चंद्राचा भ्रमणमार्ग दोन बिंदूत छेदतो. त्यांपैकी एका बिंदूला ऊर्ध्वसंपात (असेंडिंग नोड) किंवा राहू व दुसऱ्या बिंदूला अधःसंपात (डिसेंडिंग नोड) किंवा केतू अशी नावे आहेत. ऊर्ध्वसंपात बिंदूजवळ चंद्र आयनिक वृत्त प्रतलाच्या वर सरकतो, तर अधःसंपात बिंदूजवळ तो वरून खाली सरकतो. चंद्र किंवा सूर्यग्रहणासाठी चंद्र, सूर्य, राहू किंवा केतू एकाच सरळ रेषेत यावे लागतात. परंतु राहू आणि केतू हे स्थिर बिंदू नाहीत. त्यांना उलट्या दिशेत म्हणजेच वक्र गती आहे. एका विशिष्ट बिंदूपासून राहूने आपल्या प्रवासाला प्रारंभ केला, की पुन्हा त्याच बिंदूपाशी येण्यासाठी त्याला ६७९८.३८ दिवस लागतात. सुमारे १८.६ वर्षांचा हा काळ आहे. राहू आणि केतू हे परस्परांपासून बरोबर १८० अंशावर असल्यामुळे केतूलाही एका प्रदक्षिणेसाठी तेवढाच काळ लागतो.

राहू आणि केतू यांची स्थाने आयनिक प्रतलावरच असल्यामुळे वर्षातून किमान एकदा सूर्य, राहू व केतू या बिंदूजवळ जातो. राहूला वक्र गती असल्यामुळे तो सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत गतिमान असतो. त्यामुळे राहू व सूर्य एकदा एकत्र आले, की त्यानंतर त्यांच्यामधील अंतर वाढत जाते. पुढे ३४६.६२ दिवसांनी पुन्हा ते एकत्र येतात. याचा अर्थ असा, की सूर्याने राहू किंवा केतू एकदा ओलांडला, की पुन्हा तोच बिंदू ओलांडण्यासाठी त्याला ३४६.६२ दिवस लागतात. या काळालाच ग्रहणवर्ष असे म्हणण्याचा प्रघात आहे. सूर्याला लागोपाठ १९ वेळा राहू किंवा केतू हे बिंदू ओलांडण्यासाठी $१९ \times ३४६.६२ = ६५८५.७८$ दिवसांचा काळ लागेल. या विशिष्ट काळाचा चांद्र महिन्याशी घनिष्ठ संबंध आहे.

एका अमावास्येपासून पुढील अमावास्येचा काळ म्हणजेच चांद्रमास. अमावास्येलाच सूर्य व चंद्र यांची युती होऊन ग्रहणाची शक्यता निर्माण होते. चांद्रमासाचा कालावधी आहे २९.५३०५८९ दिवस. आश्चर्याची गोष्ट अशी, की १९ ग्रहण वर्षांचा काळ व २२३ चांद्रमास यांना लागणारा कालावधी जवळजवळ सारखाच आहे. $२२३ \times २९.५३०५८९ = ६५८५.३२$ दिवस. हा काळ १८ वर्षे आणि ११.३२ दिवसांचा आहे. या विशिष्ट कालावधीलाच 'सारोस' असे म्हणतात.

सूर्य, राहू किंवा केतू हा बिंदू ओलांडीत असतानाच चंद्रही त्याच बिंदूजवळ आला, की सूर्यग्रहण लागणार हे उघड आहे. असे ग्रहण एकदा लागले, की १८ वर्षे ११.३२ दिवसांनी त्या ग्रहणाची पुनरावृत्ती होणार हे उघड आहे. कारण या विशिष्ट कालावधीनंतर पुन्हा सूर्य, चंद्र, राहू किंवा केतू आणि पृथ्वी त्याच सापेक्ष स्थितीत येतात. लीप वर्षामुळे सारोसमधील एकंदर दिवसांमध्ये एका दिवसाचा फरक पडतो. सारोसच्या कालावधीत एकूण ४ लीप वर्षे आली तर एका सारोसमध्ये १८ वर्षे ११.३२ दिवस असतात. परंतु या कालावधीत एकूण ५ लीप वर्षे आली, तर सारोसचा कालावधी १८ वर्षे १०.३२ दिवसांचा होतो.

एका सारोसमधील दिवसांची संख्या पूर्णांकात नाही. ०.३२ हा अपूर्णांक एक तृतीयांश दिवसाबरोबर आहे. या एक तृतीयांश दिवसात पृथ्वीचा परीघ सुमारे १२ हजार ८०० किलोमीटर अंतरातून फिरतो. हे अंतर १२० रेखांशांबरोबर आहे. त्यामुळे एक विशिष्ट सूर्यग्रहण पृथ्वीच्या ज्या भूप्रदेशातून दिसेल तेच ग्रहण एका सारोस कालावधीनंतर पश्चिमेकडील १२० रेखांशांवरून पहायला मिळेल. त्याच वेळी अक्षांशाच्या संदर्भात ते २ ते ३ अंशातून उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकडे सरकलेले असेल.

सूर्यग्रहणांची एक सारोस शृंखला ७० आवर्तनांइतकी कार्यरत असते. सुमारे १२६० वर्षांचा हा कालावधी आहे. चंद्रग्रहणांची शृंखला मात्र ४८ किंवा ४९ सारोस कालावधीपर्यंतच कार्यरत राहते, सुमारे ९०० वर्षांचा हा कालावधी आहे. विशिष्ट सारोस शृंखला एक तर उत्तर ध्रुवाजवळ किंवा दक्षिण ध्रुव प्रदेशात चालू होते. उत्तर ध्रुव प्रदेशात राहूजवळ सूर्यग्रहणाची सारोस शृंखला सुरू झाली, की प्रत्येक पुनरावृत्तीच्या वेळी छायापथ दक्षिणेकडे सरकत जातो. याउलट सूर्य केतूजवळ असताना दक्षिण ध्रुव प्रदेशात सारोस शृंखलेला प्रारंभ झाला, की छायापथ उत्तरेकडे सरकत जातो.

ग्रहणांची सारोस शृंखला म्हणजे निसर्गाचा एक विलक्षण चमत्कार आहे यात शंकाच नाही.

■ ■

५२ : लघुग्रहाचा पट्टा कुठे आहे?

सूर्यापासून ग्रहांचे सरासरी अंतर एका साध्या सूत्राच्या साहाय्याने काढता येते. 'टायटस-बोड नियम' या नावाने हे सूत्र ओळखले जाते. ते सूत्र असे आहे.

ग्रहाचे सूर्यापासून सरासरी अंतर = $0.4 + 0.3 \times 2^n$ ज्योतिषीय एकक
या सूत्रातील n या संख्येसाठी पुढील किंमती घ्याव्या लागतात.

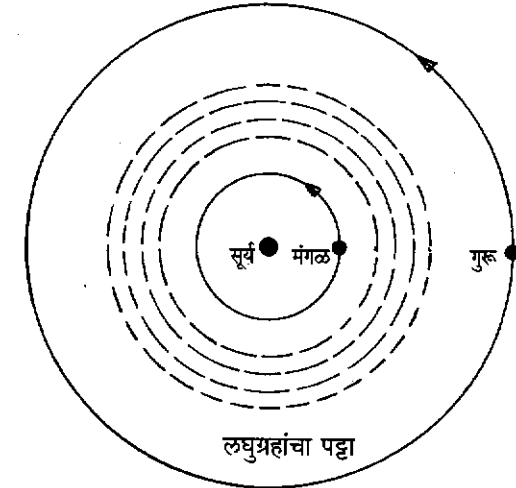
बुध : $n = -1$ अतः शुक : $n = 0$ पृथ्वी : $n = 1$
मंगळ : $n = 2$ लघुग्रह : $n = 3$ गुरू : $n = 4$
शनी : $n = 5$ युरेनस : $n = 6$ नेपच्यून : $n = 7$ प्लुटो : $n = 8$

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / ७२

नेपच्यून व प्लुटो हे दोन ग्रह टायटस बोड नियम पाळित नाहीत. या नियमानुसार आपल्याला ग्रहांची पुढील प्रमाणे अंतरे मिळतात.

ग्रह	प्रत्यक्ष अंतर	वर्तविलेले अंतर
बुध	०.३९	०.४
शुक	०.७२	०.७
पृथ्वी	१.००	१.००
मंगळ	१.५२	१.६
लघुग्रह	२.८	२.८
गुरू	५.२	५.२
शनी	९.५५	१०.००
युरेनस	१९.२	१९.६
नेपच्यून	३०.१	३८.८
प्लुटो	३९.५	७७.२

सूर्यापासून मंगळ आहे १.५ ज्योतिषीय एकक अंतरावर, तर गुरूचे अंतर आहे ५.२ ज्योतिषीय एकक. इतक्या विस्तृत अंतरात एकही महत्त्वाचा ग्रह असू नये याचे शास्त्रज्ञांना आश्चर्य वाटत होते. टायटस-बोड नियमाप्रमाणे सुमारे २.८ ज्योतिषीय एकक अंतरावर एखादा ग्रह असायला हवा होता. विशेषतः टायटस-बोड नियमाने वर्तविलेल्या अंतरावर युरेनस सापडल्यानंतर, इ. स. १८०० च्या सुमाराला शास्त्रज्ञांनी मंगळ व गुरू यांमध्ये अपेक्षित असलेल्या ग्रहाचा शिस्तबद्ध शोध सुरू केला. त्यामध्ये १८०१ साली प्रथम सेरेसचा शोध लागला व नंतर १८०२ साली पॅल्लास, १८०४



मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / ७३

साली जुनो, १८०७ साली व्हेस्टा असे अनेक लहान लहान ग्रह सापडत गेले. १८९० सालापर्यंत लहान-मोठ्या ३०० ग्रहसदृश वस्तू ज्ञान झाल्या. या सर्वांच्या छोट्या आकारामुळे त्यांना लघुग्रह असे संबोधण्याची प्रथा पडली. कारण त्यातील सर्वांत मोठ्या सेरेस या लघुग्रहाचा व्यास केवळ १००० किलोमीटर आहे.

सर्व लघुग्रह अर्थातच एकाच कक्षेत सूर्याभोवती भ्रमण करीत नाहीत. सूर्यापासून २.२ ते ३.३ ज्योतिषीय एकक अंतराच्या पट्ट्यातच ते प्रामुख्याने आढळतात. त्यामुळे या अंतरालाच लघुग्रहांचा पट्टा असे संबोधण्यात येते. या पट्ट्यात एक किलोमीटर व्यासापेक्षा मोठे असलेले किमान १ लक्ष लघुग्रह असावेत. बहुतेक लघुग्रह खडबडीत दगड असून ते सिलिकेटच्या संयुगांचे बनलेले आहेत. एका विशिष्ट क्षेत्रात इतक्या प्रचंड संख्येत हे लघुग्रह आले कुठून हा एक महत्त्वाचा प्रश्न आहे. त्याचे समाधानकारक उत्तर अजूनही सापडलेले नाही. फार पूर्वी या जागी एखादा ग्रह असावा व काही कारणाने त्याचा स्फोट होऊन त्याचे जे तुकडे उडाले तेच लघुग्रह झाले असा एक अंदाज आहे, पण त्यालाही फारसा आधार नाही.

■ ■

५३ : गॅलिलिअन उपग्रहांचे भ्रमणवैशिष्ट्य काय आहे?

गुरुभोवती अनेक लहानमोठे उपग्रह रिंगण घालतात. त्यामध्ये इयो, युरोपा, गॅनीमीड आणि कॅलिस्टो हे चार उपग्रह महत्त्वाचे आहेत. १६१० साली गॅलिलिओने त्यांचा प्रथम शोध लावला म्हणून त्यांना गॅलिलिअन उपग्रह या नावाने ओळखण्यात येते. सूर्यमालेतील उपग्रहांमध्ये गॅनीमीड हा आकाराने सर्वांत मोठा आहे. त्याच्यासमोर बुध हा ग्रहसुद्धा खुजा ठरतो.

गॅलिलिअन उपग्रहांचे खरे वैशिष्ट्य त्यांच्या भ्रमणकालात आहे. विशेषतः ईयो, युरोपा आणि गॅनीमीड यांच्या भ्रमणकालात एक विलक्षण सुसूत्रता आढळते. ईयो हा गुरुला जवळ असल्यामुळे एका प्रदक्षिणेसाठी त्याला केवळ १.७६९ दिवस लागतात. युरोपा ३.५५१ दिवसांत गुरुभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. आणि गॅनीमीड ७.१५५ दिवसांत गुरु भोवती एक प्रदक्षिणा घालून पूर्वस्थितीला येतो. या तीन उपग्रहांच्या भ्रमणकालांवरून एक महत्त्वाची गोष्ट ताबडतोब लक्षात येते, ती अशी की, ईयोच्या दोन प्रदक्षिणा पूर्ण झाल्या की, युरोपाची एक प्रदक्षिणा पूर्ण होते. तसेच युरोपाच्या दोन प्रदक्षिणा पूर्ण झाल्या की गॅनीमीड आपले एक रिंगण पूर्ण करतो. अशा प्रकारे परस्परांशी संबंध ठेवून होणाऱ्या भ्रमणाला संस्पंदीय भ्रमण असे नाव आहे.

गॅलिलिअन उपग्रहांच्या संबंधात लाप्लास या शास्त्रज्ञाने एक महत्त्वाचे सूत्र मांडले आहे, ते असे :

$\frac{1}{\text{ईयोचा भ्रमणकाल}} - \frac{3}{\text{युरोपाचा भ्रमणकाल}} + \frac{2}{\text{गॅनीमीडचा भ्रमणकाल}} = 0$
या संस्पंदीय भ्रमणामुळे ईयो, युरोपा आणि गॅनीमीड हे तीन उपग्रह गुरुच्या एकाच बाजूला कधीही युती करीत नाहीत. युरोपा आणि गॅनीमीड हे जेव्हा गुरुच्या एकाच बाजूला असतात त्या वेळी ईयो त्यांच्या विरुद्ध बाजूला असतो. तसेच ईयो आपल्या भ्रमणकक्षेतील उच्च बिंदूपाशी व युरोपा आपल्या नीच बिंदूपाशी असतानाच त्यांची युती होते. युरोपा आपल्या उच्च बिंदूपाशी असतानाच त्याची गॅनीमीड बरोबर युती होऊ शकते. गॅनीमीड त्या वेळी आपल्या भ्रमणकक्षेत कुठेही असतो.

■ ■

५४ : 'रोशची मर्यादा' म्हणजे काय?

अनेक ग्रहांच्या भोवती उपग्रह रिंगण घालतात. त्यांचे ग्रहाभोवती भ्रमण चालू असताना, त्यांतील एखादा उपग्रह ग्रहाच्या किती जवळ जाऊ शकतो यावर काही बंधन आहे. ग्रहापासून ज्या अंतराच्या आत त्याचा उपग्रह येऊ शकत नाही, त्या अंतराला 'रोशची मर्यादा' असे एदुआर्द रोश, या त्याच्या संशोधक शास्त्रज्ञाचे नाव देण्यात आले आहे. उपग्रहाने रोशची मर्यादा ओलांडली तर त्यावर कार्यरत असलेल्या भरती-ओहोटीच्या बलाने त्याचे तुकडे उडतात.

उपग्रह ग्रहाभोवती वर्तुळाकृती कक्षेत भ्रमण करीत असेल, त्याचे वस्तुमान ग्रहाच्या तुलनेत फार कमी असेल आणि त्याची घनता ग्रहाच्या घनतेएवढीच असेल, तर रोशची मर्यादा ग्रहाच्या त्रिज्येच्या २.४६ पट असते. म्हणजेच उपग्रहाला स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणाशी समतोल अवस्थेत रहायचे असेल तर त्याला ग्रहाच्या त्रिज्येच्या २.४६ पट अंतराच्या बाहेरून ग्रहाभोवती भ्रमण करावे लागते. त्याने ही मर्यादा ओलांडली तर ग्रहाच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे उपग्रहाच्या पृष्ठभागावर जे भरती-ओहोटीचे बल निर्माण होते त्यामुळे उपग्रह प्रथम अंडाकृती होतो. पण त्यामुळे तो ग्रहाच्या अधिक जवळ जातो. अशा तऱ्हेने त्याचा दीर्घवर्तुळाकृती आकार क्षणाक्षणाने वाढत जाऊन एका विशिष्ट क्षणी त्याचे तुकडे तुकडे होतात.

द्विती ताऱ्यांचे बाबतीत रोशची मर्यादा फार महत्त्वाची ठरते. कारण दोनपैकी एका ताऱ्याच्या अंतर्भागातील अणुइंधन संपले की त्या ताऱ्याचा आकार १० ते १०० पटींनी वाढतो आणि तो जोडीदाराच्या रोश मर्यादेचे उल्लंघन करतो आणि त्याच्यावरील भरती-ओहोटीचे बल विलक्षण प्रमाणात वाढते आणि त्याच्यावरील तप्त वायुकणांचा ओघ त्याच्या जोडीदाराकडे चालू होतो.

शनीच्या भोवती कडी असण्याचे कारण काय, याचाही उलगडा रोश मर्यादेवरून करता येईल. फार पुरातन काळी शनीच्या एखाद्या उपग्रहाने रोशची मर्यादा ओलांडली असावी आणि भरती-ओहोटीच्या बलांनी त्याचे तुकडे तुकडे उडविले असावेत. तेच

आज कड्यांच्या स्वरूपात आपल्याला दिसत असतील. कारण शनीची चार मुख्य कडी शनीपासून रोश मर्यादेच्या आत आहेत. हीच गोष्ट पृथ्वी व चंद्र यांचेही बाबतीत खरी आहे. पृथ्वीची रोश मर्यादा सुमारे १६,००० किलोमीटर आहे. चंद्राला ती ओलांडून चालणार नाही. समजा, त्याने ती ओलांडलीच तर चंद्राचेही तुकडे उडतील.

■ ■

५५ : शनीच्या कड्यांचे स्वरूप काय आहे?

सूर्यमालेतील सर्व ग्रहांमध्ये शनी रुबाबदार दिसतो, त्याचे कारण शनीभोवती असलेली कडी. गुरू, युरेनस आणि नेपच्यून यांनाही कडी असल्याचे आता सिद्ध झाले आहे, पण त्यामध्ये शनीचा दिमाख नाही. शनीच्या कड्यांची जाडी दहा ते पंधरा किलोमीटर पेक्षा जास्त नसावी. सर्व कडी शनीच्या विषुववृत्त पातळीमध्येच आहेत. एक मीटरपेक्षाही कमी आकाराच्या अब्जावधी लहान-मोठ्या अति थंड बर्फाच्या गोळ्यांची ही कडी बनलेली आहेत. सर्व कडी सलग नाहीत तर ती सहस्रावधी कड्यांची मालिका आहे. तसेच काही कड्यांमध्ये फटी किंवा मोकळ्या जागा आढळतात. प्रत्यक्षात तेथील बर्फाच्या गोळ्यांची संख्या अगदी विरळ आहे.

दूरदर्शकातून शनीच्या कड्यांकडे पाहिले तर मुळातील वर्तुळाकार कडी लांब वर्तुळाकार भासतात. शनी व पृथ्वी यांच्या सापेक्ष स्थितीवर कड्यांचे दृश्य अवलंबून असते. ज्या वेळी पृथ्वी शनीच्या विषुववृत्त पातळीत येते त्या वेळी कडी दिसत नाहीत. अशा वेळी शनीला एक अंधूक रेषा छेदीत आहे असा आपल्याला भास होतो. शनीचा अक्ष २.५ अंशांतून तर पृथ्वीचा २३.५ अंशांतून कललेला आहे. त्यामुळे एक वेळ अशी येते की पृथ्वीसापेक्ष, शनीचा अक्ष सुमारे २६ अंशांतून कलतो. अशा वेळी कड्यांचे सर्वोत्कृष्ट दर्शन घडते. सुमारे तीस वर्षात दोन वेळा असा प्रसंग येतो. शनीची कडी एकदा खालच्या बाजूने तर एकदा वरच्या बाजूने आपल्याला पहायला मिळतात.

शनीच्या कड्यांना 'ए' पासून 'एफ' पर्यंत इंग्रजी नावे देण्यात आली आहेत. त्यांच्या मर्यादा अशा :

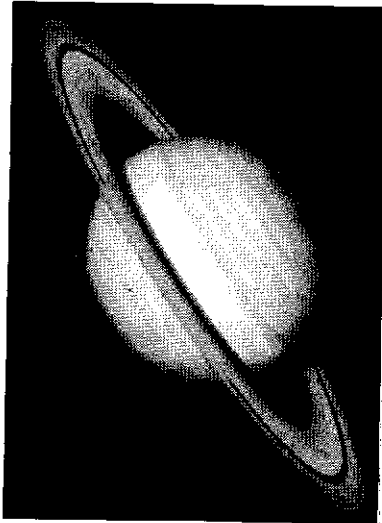
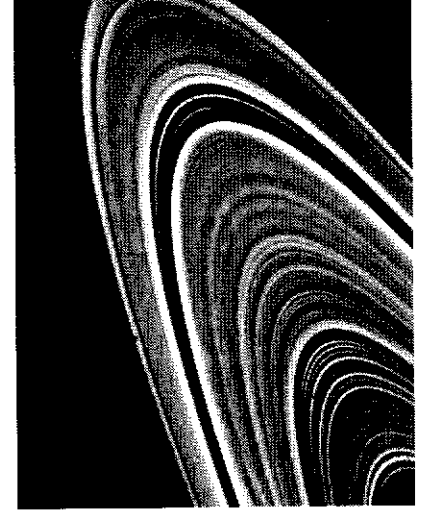
'ए' ह्या कड्याचा बाहेरील व्यास २ लक्ष ७२ हजार तर आतील व्यास २ लक्ष ४० हजार किलोमीटर आहे. म्हणजेच हे कडे ३४ हजार किलोमीटर रुंदीचे आहे. या कड्यातील फटीला 'एन्क डिक्विजन' असे नाव देण्यात आले आहे. त्यामध्ये लंबवर्तुळाकार आकाराचे एक तुटक कडे आहे. ए कड्यानंतर सुमारे ४०३० किलोमीटर रुंदीची सर्वात मोठी फट आहे. या फटीला 'कॅसिनी डिक्विजन' असे म्हणतात. त्यामध्ये अगदी अरुंद आकाराची पाच कडी आहेत.

'बी' हे कडे सर्वात तेजस्वी दिसते, त्याचा बाहेरील व्यास २ लक्ष ३२ हजार, तर आतील व्यास १ लक्ष ८० हजार किलोमीटर आहे. म्हणजेच बी कड्याची रुंदी ५२ हजार किलोमीटर होते.

'सी' कड्याला 'क्रेप रिंग' असेही एक नाव आहे. हे कडे फार अंधूक व पारदर्शक आहे. बी कड्याचा बाहेरील व्यास १ लक्ष ७८ हजार व आतील व्यास १ लक्ष ४४ हजार किलोमीटर आहे. म्हणजेच हे कडे ३४ हजार किलोमीटर रुंदीचे आहे. 'सी' कड्याची आतील बाजू शनीच्या ढगांपासून केवळ ११ हजार ५०० किलोमीटर अंतरावर येते. १९६९ साली 'सी' कड्याच्या आत आणखी एका कड्याचा शोध लागला. त्याला 'डी' हे नाव देण्यात आले पण 'डी' हे कडे फारच अंधूक आहे.

'ई' हे कडे सहजासहजी दिसत नाही. त्याची आतील बाजू एन्केलाड्स या उपग्रहाच्या कक्षेच्या आत एक लक्ष ८० हजार किलोमीटर अंतरावर सुरू होते आणि डायोन नावाच्या उपग्रहाच्या कक्षेबाहेर अंधूक होत होत शनीपासून ४ लक्ष ८० हजार किलोमीटर अंतरावर संपते. 'एफ' ह्या कड्याचा शोध पायोनिर या अवकाशयानाने केला. 'ए' कड्याच्या जरा बाहेर 'एफ' कड्याचे स्थान आहे. त्यामध्ये पाच निरनिराळी कडी आहेत. ती कित्येकदा एका पातळीत नसतात. ह्या कड्याच्या आत एक आणि बाहेर एक असे दोन उपग्रह आहेत, त्यामुळेच ही कडी आपले अस्तित्व टिकवून असावीत.

■ ■



५६ : सर्व ग्रहांची युती पृथ्वीला घातक ठरेल काय?

मधूनमधून केव्हातरी जगबुडीची आवई उठत असते. तीव्र भूकंपाच्या तडाख्यात लक्षावधी माणसांचे बळी जाणार अशी वदंता उठते. पृथ्वीचा अंत जवळ आला आहे असे भविष्य वर्तविले जाते. प्रलयकाळ जवळ आल्याच्या वावड्या उठविल्या जातात. आकाशातील ग्रह एकत्र येणार असतील, तर अशा जनसामान्यांना हादरा देणाऱ्या बातम्या प्रसार माध्यमेही भडक शब्दांत प्रसिद्ध करतात. मौजेची गोष्ट अशी, की अशा विपरीत बातम्या विज्ञानामध्ये अग्रगण्य असलेल्या पाश्चात्य देशांतूनच प्रसृत केल्या जातात. बहुतांश वेळा पृथ्वीवर कोणतीही उलथापालथ होत नाही. पृथ्वीवरील जीवन सुरक्षित राहते. तथाकथित प्रलयकारी दिवस उलटला, की लोक आपापल्या कामाला लागतात. १९६२ साली अष्टाग्रहीची हवा होती. १९८२ साली 'ज्युपिटर इफेक्टच्या' भाकिताने अमेरिकन जनतेची झोप उडविली होती आणि २००० साली भूकंप आणि जलप्रलय यांच्या दाव्यांनी पाश्चात्य जनमानसावर भीतीची छाया दाटली होती.

सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या ९ ग्रहांचे आवर्तन काल निरनिराळे असले, तरी साधारण एका शतकात दोन वेळा सूर्य, बुध, शुक्र, मंगळ, गुरू आणि शनी या ६ खगोलीय ज्योती पृथ्वीच्या संदर्भात २५ अंशांच्या मर्यादित एकत्र येतात. या सहा ज्योतींना १० अंशांच्या मर्यादित एकत्र येण्यासाठी सुमारे ५८५ वर्षांचा काळ लागतो. खऱ्या अर्थाने पृथ्वीच्या संदर्भात सर्व ग्रह कधीच एका रेषेत येत नाहीत. काही अंशांमध्येच त्यांचा संयोग होत असतो.

या शतकात ज्या ग्रहयुत्यांचा गाजावाजा झाला त्यांचे दिनांक व पाच ग्रह, सूर्य व चंद्र यांच्या संयोगाचा पृथ्वीसापेक्ष कोन पुढे दिला आहे.

दिनांक	पृथ्वीसापेक्ष कोन
४ फेब्रुवारी १९६२	१७ अंश
१० मार्च १९८२	१३० अंश
५ मे २०००	१५.८ अंश
भविष्यकाळातील ग्रहयुत्यांचे दिनांक असे आहेत.	
८ सप्टेंबर २०४०	९.३ अंश
२२ एप्रिल २४३८	२४ अंश
९ एप्रिल २६७५	१८.३ अंश

ग्रहांचा संयोग ही एक दुर्मिळ घटना आहे, हे सहज लक्षात येईल. पृथ्वीच्या विरुद्ध दिशेत सर्व ग्रह एकत्र आले, तर त्यांचे एकत्रित गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीवर प्रचंड भूकंप घडवून आणेल, सागरांना जबरदस्त भरती येईल आणि पृथ्वीवर प्रचंड जलप्रलय होऊन

सारी मानवजात नष्ट होईल असा दावा केला जातो, परंतु त्यामध्ये कितपत तथ्य आहे, पुढील कोष्टकावरून तपासून पाहता येईल. कोष्टकामध्ये चंद्राचे पृथ्वीवर असलेले आकर्षण व भरती-ओहोटीचे बल एक मानले आहे.

ग्रह	गुरुत्वाकर्षण (चंद्र = १)	भरती-ओहोटी बल (चंद्र = १)
बुध	०.००००८	०.००० ०००३
शुक्र	०.००६	०.००० ०५
मंगळ	०.०००२	०.००० ००१
गुरू	०.०१	०.००० ०००६
शनी	०.००७	०.००० ०००२
युरेनस	०.००००२	०.००० ००००३
नेपच्यून	०.००००१	०.००० ००० ०१
प्लुटो	०.००० ००० ०००६	०.००० ००० ००० ००००४
सूर्य	१७५	०.४६

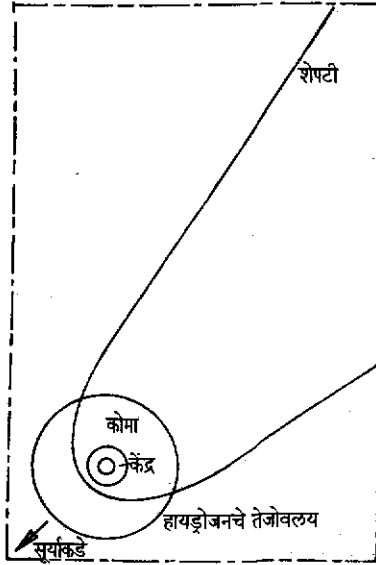
यावरून एक गोष्ट सहज लक्षात येईल, की सर्व ग्रहांचे एकंदर गुरुत्वाकर्षणाचे बल चंद्राच्या तुलनेत नगण्य आहे. अर्थातच सर्व ग्रह जरी एका रेषेत आले, तरी पृथ्वीवर भूकंप होण्याची मुळीच शक्यता नाही. तीच गोष्ट भरती-ओहोटीच्या बलाचीही आहे. चंद्राच्या तुलनेत इतर सर्व ग्रहांचे भरती-ओहोटी बल तुच्छ आहे. सूर्याचे बल चंद्राच्या अर्धे आहे. त्याचा परिणाम दर अमावास्येला व पौर्णिमेला आपल्याला पहायला मिळतोच. किंबहुना चंद्र पृथ्वीच्या जवळ असताना येणारी भरती व तो अति दूर असताना येणारी भरती यांमध्ये २५ टक्क्यांचा फरक आहे. याचा सरळ अर्थ असा, की सूर्यासकट सर्व ग्रह पृथ्वीच्या विरुद्ध दिशेत एका सरळ रेषेवर एकत्र आले, तरी महाप्रलयाची सुतराम शक्यता नाही.

पृथ्वीचा जन्म होऊन ४.५ अब्ज वर्षे लोटली. या प्रदीर्घ काळात लक्षावधी वेळा चंद्र, सूर्य व ग्रह यांचे संयोग झाले असतील. त्यांचा कोणताही परिणाम पृथ्वीवर झाल्याचे दिसत नाही. पृथ्वीवरील जीवसृष्टी अजूनही उत्तम अवस्थेत आहे. पूर्वी केव्हा तरी तिचा नाश झाला असला तरी त्याचे कारण दुसरीकडे शोधायला हवे. सर्व ग्रहांची युती पृथ्वीचे काहीही नुकसान करू शकत नाही.

५७ : धूमकेतूची रचना कशी असते?

धूमकेतूचे आगमन झाले की, पूर्वी जनमानसात एक प्रकारची दहशत निर्माण होत असे. परंतु हळूहळू धूमकेतूंच्या एकंदर स्वरूपाची माहिती होऊ लागली आणि ग्रह आणि उपग्रह यांच्या प्रमाणेच धूमकेतू हे सूर्यमालेचे घटक आहेत असे समजले. त्याच्या भ्रमणकक्षा अतिदीर्घवर्तुळाकृती आहेत असे लक्षात आले. हॅलेसारखे काही धूमकेतू निश्चित काळानंतर सूर्याजवळ येतात असे सिद्ध झाले, तर काही धूमकेतू केवळ एकदाच सूर्याला भेट देऊन नंतर कायमचे अवकाशात निघून जातात याचाही पत्ता लागला. धूमकेतूंच्या अंतर्गत रचनेसंबंधी अगदी अलीकडे म्हणजे १९५० पर्यंत फारशी माहिती नव्हती, पण त्याचाही आता बराचसा उलगडा झाला आहे. केंद्रवर्ती गाभा, कोमा, हायड्रोजन मेघ आणि पुच्छ हे धूमकेतूचे महत्त्वाचे घटक असतात याबद्दल आता संशय राहिलेला नाही.

केंद्रवर्ती गाभा : धूमकेतूमधून बाहेर पडणाऱ्या वायू आणि धूलिकणांचे मूळ त्याच्या गाभ्यात आहे. गाभ्यामध्ये मुख्यतः अति दृढ बर्फ आणि त्यामध्ये धूलिकणांचे मिश्रण या दोन गोष्टींचा समावेश होतो. गाभ्याचा आकार बहुधा अनियमित असतो आणि त्याची सरासरी त्रिज्या शेकडो मीटरपासून १० किलोमीटर पर्यंत कितीही असू शकते. त्याचे वस्तुमान $१०^{१९}$ ते $१०^{२६}$ किलोग्रॅम या मर्यादित आढळते. गाभ्याची सरासरी घनता २ ग्रॅम/घन सेंटीमीटर असावी.



मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / ८०

कोमा : गाभ्याच्या बाहेरील धूलिकण आणि वायू यांच्या मेघसदृश आवरणाला कोमा असे नाव आहे. केंद्रापासून एक ते दहा लक्ष किलोमीटरच्या परिसरात कोमा पसरलेला असतो. गाभ्यातून बाहेर पडणारे कण सरासरी ०.५ किलोमीटर/सेकंद गतीने कोमामधून प्रवास करतात. साध्या डोळ्यांनी कोमाचे अस्तित्व लक्षात येत नाही.

हायड्रोजन मेघ : बहुतेक धूमकेतूंच्या भोवती विशाल आकाराच्या हायड्रोजन मेघाचे आवरण असते. या मेघाचा विस्तार एक कोटी किलोमीटर पर्यंत असू शकतो. त्याचा आकार हायड्रोजनचे अणू गाभ्यापासून किती वेगाने बाहेर पडत आहेत यावर अवलंबून असतो. त्याची सरासरी गती प्रति सेकंदाला ८ किलोमीटर पर्यंत आढळते.

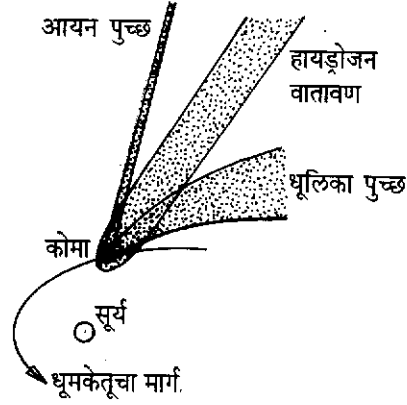
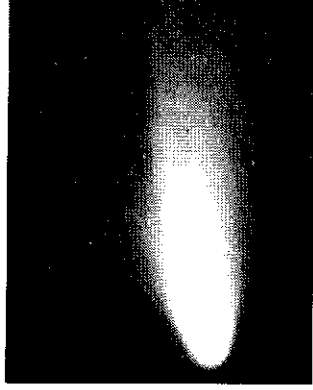
पुच्छ : सूर्यापासून दूर असताना धूमकेतूला पुच्छ नसते. धूमकेतू सूर्याच्या जवळ आल्यानंतर त्याला पुच्छ निर्माण होते. सौरवातामुळेच पुच्छाची निर्मिती होते, हे आता सिद्ध झाले आहे. धूमकेतूंना दोन प्रकारची पुच्छे आढळतात. एक, वायुकणांचे पुच्छ, यालाच 'प्लास्मा टेल' असे म्हणतात व दुसरे, धूलिकणांचे पुच्छ. धूलिकणांचे पुच्छ बहुधा वक्र असते आणि ते १० लक्ष ते एक कोटी किलोमीटर अंतरापर्यंत पसरते. वायू पुच्छ सरळ असून ते १ कोटी ते १० कोटी किलोमीटर अंतरापर्यंत पसरू शकते. १८४३ साली दिसलेल्या धूमकेतूचे पुच्छ २ ज्योतिषीय एकक अंतरापर्यंत म्हणजे ३० कोटी किलोमीटर लांबपर्यंत पसरले होते. पुच्छामधील कणांची गती १० ते २०० किलोमीटर/सेकंद या मर्यादित आढळते.

५८ : धूमकेतूंना शेपटी का असते?

लांबचलांब शेपटी असलेला धूमकेतू आकाशात दिसू लागला, की अनेकांची घाबरगुंडी उडते. धूमकेतू म्हणजे आगामी भयंकर घटनेची पूर्वसूचना, असा अनेकांचा ग्रह आहे. काही धूमकेतू नियमितपणे सूर्याच्या भेटाला येतात, असे अगदी अलीकडे म्हणजे अठराव्या शतकात खगोलशास्त्रज्ञांनी सिद्ध केले. धूमकेतूंची भ्रमणकक्षा बहुधा अतिदीर्घवर्तुळाकृती असते आणि बराच काळ ते सूर्यापासून अतिशय दूर असतात आणि म्हणूनच आपल्याला दिसत नाहीत.

ऊर्ट नावाच्या खगोलशास्त्रज्ञाने १९५० साली असे सुचविले की, सूर्यापासून सुमारे एक प्रकाशवर्ष अंतरावर एक भलामोठा मेघ आहे. त्यात लहानमोठ्या आकाराच्या अब्जावधी वस्तू असून त्या सूर्याभोवती भ्रमण करीत असतात. त्यातील काही वस्तू स्थानभ्रष्ट होऊ शकतात. त्यांपैकी काही सूर्याच्या दिशेत फेकल्या जातात आणि नंतर त्या नव्या भ्रमणकक्षेत सूर्याभोवती फिरू लागतात.

सामान्यतः धूमकेतूमध्ये अमोनिया, मेथेन यांच्यासारखी संयुगे आणि सूक्ष्म धूलिकण यांचे मिश्रण असते. सूर्यापासून अति दूर असताना सर्व संयुगे गोठलेल्या अवस्थेत



असतात. थोडक्यात सांगायचे झाल्यास धूमकेतू हा निरनिराळ्या संयुगांच्या मिश्रणाचा बर्फाचा एक घट्ट गोळा असतो. धूमकेतू जसजसा सूर्याजवळ येऊ लागतो तसतसे वाढत्या तापमानामुळे बर्फाचे बाष्पीभवन होते, आणि धूमकेतूच्या गाभ्यासभोवती धूलिकण आणि बाष्प यांचे एक वेष्टण निर्माण होते. सूर्यापासून दशदिशांना सातत्याने सौरवात प्रक्षेपित होत असतो. त्यामध्ये इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन यांच्यासारखे वेगवान मूलभूत कण असतात. धूमकेतूच्या गाभ्यासभोवती निर्माण झालेल्या धूलिकण आणि बाष्प यांच्या वेष्टणावर सौरवात आघात करतो. त्यामुळे हा मेघ फवाऱ्यासारखा सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत पसरतो. धूमकेतू सूर्याच्या अधिकाधिक जवळ येऊ लागला की या फवाऱ्याची लांबी वाढून तो एका लांबचलांब शेपटासारखा दिसू लागतो. हीच ती धूमकेतूची शेपटी! धूमकेतू सूर्याच्या जितका जवळ तेवढी त्याच्या शेपटाची लांबी जास्त! पण ही शेपटी अतिशय विरळ कणांनी बनलेली असते. तिची लांबी मात्र कित्येक लक्ष किलोमीटर असू शकते.

५९ : काही विशिष्ट दिवशी नक्षत्राच्या दिशेने उल्कावर्षाव का होतो?

वर्षातील काही विशिष्ट दिवस असे आहेत की, ज्या दिवशी आकाशातील विशिष्ट नक्षत्राच्या दिशेने अनेक उल्का पृथ्वीच्या दिशेत येताना दिसतात. ज्या नक्षत्रांच्या दिशेने हा उल्कावर्षाव होतो त्यांचा त्या उल्कावर्षावाशी काहीही संबंध नसतो, कारण उल्का पृथ्वीच्या जवळ वावरत असतात तर नक्षत्रांमधील तारे पृथ्वीपासून शेकडो प्रकाशवर्षे दूर आहेत. वर्षातील विशिष्ट दिवशी होणाऱ्या उल्कावर्षावाचे कारण आहे धूमकेतू.

अनेक धूमकेतू वारंवार सूर्याच्या भेटिला येत असतात. त्यातील कित्येकांचा

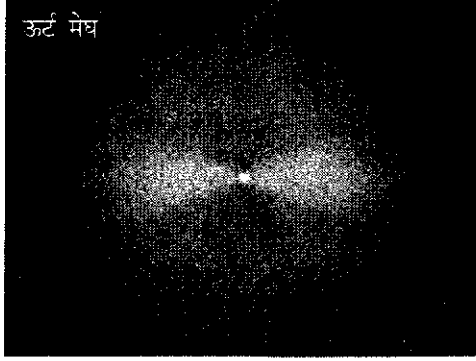
भ्रमणमार्ग अतिदीर्घवर्तुळाकृती असतो. काही धूमकेतू केवळ एकदाच सूर्याला भेट देतात. धूमकेतू जसजसे सूर्याजवळ येतात तसतसे सौरवातामुळे आणि सूर्याच्या उष्णतेमुळे यांच्यामधील वस्तू कणांच्या स्वरूपात अलग होते. कालांतराने धूमकेतू सूर्यापासून दूर निघून गेला तरी हे कण मागे शिल्लक राहतात. अशा प्रकारे निरनिराळ्या धूमकेतूंच्या मार्गावर असे असंख्य कण भ्रमण करित असतात. पृथ्वी सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालीत असताना तिचा मार्ग काही वेळा या कणांच्या पट्ट्याजवळून जातो आणि पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यातील कित्येक कण पृथ्वीच्या दिशेत खेचले जातात. हेच कण उल्कावर्षावाचे स्वरूपात आपल्याला पहायला मिळतात. या वर्षावाच्या पार्श्वभूमीवर जे नक्षत्र असेल त्या दिशेत उल्कावर्षाव होत आहे असा आपल्याला भास होतो. दरवर्षी काही विशिष्ट दिवशी पृथ्वीचा भ्रमणमार्ग त्याच त्याच कणांच्या पट्ट्याजवळून जातो. अर्थातच दरवर्षी त्याच दिवशी त्याच नक्षत्रांच्या दिशेने होणारा उल्कावर्षाव आपल्याला पहायला मिळतो.

दरवर्षी ज्या नक्षत्रांच्या दिशेत उल्कावर्षाव होतो ती नक्षत्रे व वर्षावाचे विशिष्ट दिवस यांचे कोष्टक असे :

उल्कावर्षाव	संलग्नित नक्षत्र	संलग्नित धूमकेतू	उच्चतम
क्वॅड्रॅन्टिड			३ जानेवारी
लायरिड		१८६१-१	२१ एप्रिल
ईटा अॅक्वॅरिड		हॅले	४ मे
डेल्टा अॅक्वॅरिड			३० जुलै
पेर्सिड	ययाती	१८६२-३	११ ऑगस्ट
ड्रॅकोनिड		गिअॅकोबिनी-झिनर	९ ऑक्टोबर
ऑरिऑनिड	मृग	हॅले	२० ऑक्टोबर
टौरिड	वृषभ	एन्क	३१ ऑक्टोबर
अॅन्ड्रोमेडिड	देवयानी	बिएला	१४ नोव्हेंबर
लिओनिड	सिंह	१८६६-१	१६ नोव्हेंबर
जेमिनिड	मिथुन	फेथन	१३ डिसेंबर

६० : धूमकेतूंचे उत्पत्तिस्थान कोणते?

आपल्याला दिसणारे नवीन धूमकेतू आंतरतारकीय अवकाशातून आलेले नसून सूर्यकुलाचेच सदस्य आहेत, पण ते येतात मात्र फार दूर अंतरावरून! अनेक नवीन धूमकेतूंचा अपसूर्यबिंदू सुमारे ५० हजार ज्योतिषीय एकक अंतरावर असल्याचे आढळले



आहे. जॉन ऊर्ट या डच खगोलशास्त्रज्ञाच्या ही गोष्ट प्रथम लक्षात आली. १९५० साली त्याने धूमकेतूंच्या उत्पत्तिस्थानाचा सिद्धान्त मांडला. सध्यातरी त्याचाच सिद्धान्त सर्वमान्य आहे.

ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचे क्षेत्र मर्यादित असते. कोणतीही वस्तू या क्षेत्राच्या आत असेल तरच ती त्या ताऱ्याच्या नियंत्रणात राहते आणि त्याच्याभोवती भ्रमण करू शकते. ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचे क्षेत्र त्याच्यापासून सर्वांत जवळ असणाऱ्या ताऱ्याच्या अंतराच्या सुमारे एक तृतीयांश असते. सूर्याच्या जवळपास अवकाशात असलेले तारे परस्परांपासून सरासरी ३ प्रकाशवर्षे किंवा २ लक्ष ज्योतिषीय एकक अंतरावर आहेत. म्हणजेच सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचे प्रभावक्षेत्र ५० हजार ज्योतिषीय एकक अंतरापेक्षा थोडे जास्त आहे. किंबहुना सुमारे ६६,००० ज्योतिषीय एकक ही त्याची मर्यादा आहे. समजा, या अंतरावरून काही वस्तू सूर्याभोवती भ्रमण करीत असतील तर सूर्याच्या जवळून जाणाऱ्या एखाद्या ताऱ्यामुळे त्या स्थानभ्रष्ट होऊ शकतात. या सर्व गोष्टींचा विचार करून ऊर्ट याने असे सुचविले की, सूर्याजवळ येणारे जे नवीन धूमकेतू आपण पाहू शकतो, त्यांचा अपसूर्यबिंदू या अंतराच्या जवळपास असला पाहिजे. शेजारून जाणाऱ्या ताऱ्यामुळे त्यांच्या भ्रमणक्षेत्र परिणाम होतो आणि ते सूर्याच्या दिशेत फेकले जातात. अवकाशातील ज्या क्षेत्रातून नवीन धूमकेतू निर्माण होतात त्या क्षेत्राला 'ऊर्ट मेघ' असे नाव देण्यात आले आहे.

प्रत्येक वर्षी कित्येक नवीन धूमकेतूंचा शोध लावण्यात येतो, त्यातील बरेच प्रथमच सूर्याला भेट देत असतात. सूर्य अस्तित्वात आल्यापासून याच गतीने नवीन धूमकेतू सूर्याजवळ येत असतील तर ऊर्ट मेघात किमान १०० अब्ज धूमकेतू असावेत असा ऊर्टचा अंदाज होता; पण अगदी अलीकडच्या अंदाजाप्रमाणे, ही संख्या १००० अब्जांचे घरात असावी.

कोणत्याही धूमकेतूचे वस्तुमान पृथ्वीच्या तुलनेत नगण्य असते. अर्थातच ऊर्टमेघात अब्जावधी धूमकेतू असले तरी त्यांचे एकंदर वस्तुमान पृथ्वीपेक्षा जास्त असू शकणार

नाही. ऊर्ट मेघाच्या अस्तित्वासंबंधी दोन सिद्धान्त आहेत. एकतर पाच अब्ज वर्षापूर्वी ज्या वेळी तेजोमेघाचे सूर्यकुलात रूपांतर झाले, त्या वेळी ऊर्टमेघाच्या ठिकाणी ग्रह निर्माण होऊ शकला नाही, तेथील वस्तू तशाच विस्कळीत अवस्थेत सूर्याभोवती भ्रमण करीत राहिल्या. दुसऱ्या सिद्धान्ताप्रमाणे ऊर्ट मेघातील वस्तू मूलतः सूर्याच्या जवळ होत्या पण काही तरी अपघात होऊन त्या ऊर्ट मेघाच्या जागी फेकल्या गेल्या. ऊर्ट मेघाच्या अस्तित्वाचे कारण काहीही असो, तो धूमकेतूंच्या उत्पत्तीचे स्थान आहे या बदल शंका नाही.

६१ : 'कुइपर बेल्ट' म्हणजे काय?

धूमकेतूंच्या आवर्तनकालावरून त्यांचे दोन प्रकारांत वर्गीकरण करता येते. ज्या धूमकेतूंचा आवर्तनकाल २०० वर्षांपेक्षा कमी असतो त्यांना लघु आवर्तनकालीन धूमकेतू (शॉर्ट पिरीअड कॉमेट्स) व ज्यांचा आवर्तन काल शेकडो किंवा हजारो वर्षे असतो त्यांना दीर्घ आवर्तनकालीन धूमकेतू (लॉंग पिरीअड कॉमेट्स) असे समजण्यात येते. सुमारे ७६ वर्षे आवर्तनकाल असलेला सुप्रसिद्ध हॅले धूमकेतू पहिल्या प्रकारात मोडतो, तर तीन-साडेतीन सहस्र वर्षे आवर्तन काल असलेला हेल-बॉप धूमकेतू दुसऱ्या प्रकारात गणला जातो. सूर्यापासून सुमारे ५० हजार ते १ लक्ष खगोलीय एकक अंतरावर असणाऱ्या ऊर्ट मेघातून दीर्घ आवर्तनकालीन धूमकेतू सूर्याच्या दिशेत येतात. परंतु लघु आवर्तनकालीन धूमकेतूंचे उत्पत्तिस्थान कुठे असावे? याचे उत्तर मिळत नव्हते. १९५२ साली गेरार्ड कुइपर यांनी अनेक लघुआवर्तनकालीन धूमकेतूंचा सखोल अभ्यास करून हे धूमकेतू सूर्यापासून ३० ते ५० खगोलीय एकक अंतरावरून येत असावेत असे प्रतिपादन केले.

कुइपर यांचा तर्क समजून घेण्यासाठी हॅले हा प्रातिनिधिक धूमकेतू विचारात घ्यायला हरकत नाही. हॅले धूमकेतू दर ७६ वर्षांनी सूर्याजवळ आला, की आपले सुमारे एक दशसहस्रांश वस्तुमान गमावतो. सौरवाताच्या तडाख्यामुळे निर्माण होणाऱ्या शेपटीद्वारे धूमकेतूंचे काही वस्तुमान अवकाशात विलीन होते. याचा अर्थ असा, की हॅले धूमकेतूची सुमारे १० हजार भ्रमणे पूर्ण झाली, की त्याचे सर्व वस्तुमान अवकाशात उडून जायला हवे. म्हणजेच सुमारे साडेसात लक्ष वर्षांनी त्याचे अस्तित्त्व संपुष्टात यायला हवे. सूर्यमालेचा जन्म होऊन आता ४.५ अब्ज वर्षांचा काळ लोटला आहे. अर्थातच हॅलेसारख्या लघुआवर्तनकाल असलेल्या लक्षावधी धूमकेतूंचे आयुष्य संपुष्टात आले असले पाहिजे. तरीही लघुआवर्तनकाल असलेले नवनवीन धूमकेतू सूर्याच्या भेटीला येतच असतात. असे असले, तर त्यांचे उगमस्थान सूर्यापासून ३० ते ५० खगोलीय एकक या पट्ट्यात असले पाहिजे.

नेपच्यून हा ग्रह सूर्यापासून सरासरी ३० खगोलीय एकक अंतरावर आहे. त्याच्या पलीकडील ५० खगोलीय एकक अंतरापर्यंत असलेल्या वस्तूंनी जो विभाग तयार होतो त्याला आता 'कुइपर बेल्ट' या नावाने ओळखण्यात येते. या विभागातून सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या वस्तू आयनिक प्रतलापासून फारशा दूर नाहीत. म्हणजेच त्या गोलाकृती क्षेत्रामध्ये नाहीत म्हणूनच या विभागातील वस्तूंच्या समूहाला बेल्ट किंवा पट्टा ही संज्ञा देण्यात आली. या उलट ऊर्ट मेघातील वस्तू सूर्यापासून ५० हजार ते एक लक्ष मर्यादेच्या गोलाकृती क्षेत्रामध्ये आहेत.

१९९२ सालापासून कुइपर बेल्टच्या संशोधनाला खऱ्या अर्थाने सुरुवात झाली. त्यानंतर या पट्ट्यात किमान एक लक्ष लहान-मोठ्या वस्तू असाव्यात असा अंदाज करण्यात आला. सामान्यतः धूमकेतूंचा आकार काही किलोमीटरच्या मर्यादेत असतो. उदाहरणार्थ, हॅले धूमकेतूचा व्यास सुमारे १२ किलोमीटर आहे. परंतु कुइपर बेल्टमध्ये आढळलेल्या वस्तूंपैकी काहींचा आकार १०० किलोमीटरपेक्षा जास्त आहे. प्लुटोच्या पलीकडे सुमारे २५० किलोमीटर व्यास असलेल्या वस्तूही या पट्ट्यात सापडल्या आहेत. याचा अर्थ कुइपर बेल्ट हे केवळ लघु आवर्तनकाल असलेल्या धूमकेतूंचे उत्पत्तिस्थान नसून त्यापेक्षाही काही अधिक आहे. सूर्यमाला निर्माण झाली, त्याच वेळी बहुधा कुइपर बेल्टमधील वस्तूही निर्माण झाल्या असाव्यात. ४.५ अब्ज वर्षांनंतर त्यांच्यात कोणताही फरक पडलेला नाही. या वस्तूंचा काही अंश प्राप्त करता आला, तर आपल्याला ४.५ अब्ज वर्षांपूर्वी उत्पन्न झालेल्या वस्तूंचे ज्ञान मिळू शकेल.

■ ■

६२ : अशनी किंवा धूमकेतूपासून पृथ्वीला कितपत धोका आहे?

१९९४ साली शूमेकर-लेव्ही धूमकेतूच्या २१ तुकड्यांनी १६ जुलै ते २२ जुलै या काळात गुरूला धडक मारली. त्या जबरदस्त आघातांनी सूर्यमालेतील सर्वांत बलवान असलेल्या गुरूचा पृष्ठभाग काही काळ काळाठिक्कर करून टाकला. गॅलेलियो अवकाशयान व हबल अवकाश दुर्बीण यांच्या माध्यमातून खगोलशास्त्रज्ञांनी अवकाशातील ते भीषण नाट्य प्रथमच पाहिले. केव्हातरी पृथ्वीलाही अशा प्रसंगाला तोंड द्यावे लागेल ही गोष्ट त्यांच्या झटकन लक्षात आली. २०२६ साली स्विफ्ट-टटल नावाचा धूमकेतू पृथ्वीशी टक्कर घेईल अशी वदंता उठली होतीच.

भूतकाळात पृथ्वीने अशनी आणि धूमकेतू यांचे अनेक आघात सहन केले आहेत. सुमारे ५० हजार वर्षांपूर्वी अमेरिकेतील ऑरिझोना राज्यातील 'बर्लिजर क्रेटर' त्याची साक्ष देत उभा आहे. त्या वेळी सुमारे ३० मीटर व्यासाच्या एका अशनीने पृथ्वीला धडक मारून १.२ किलोमीटर व्यासाचे हे विवर निर्माण केले. त्याच सुमाराला महाराष्ट्रातील बुलढाणा जिल्ह्यात असलेले लोणार विवर निर्माण झाले. या ठिकाणी

धडक देणारी अशनी १०० मीटर व्यासाची असावी.

विसाव्या शतकाच्या प्रारंभी १९०८ साली रशियातील सैबेरिया प्रदेशात तुंगस्का येथे ६० मीटर व्यासाच्या अशनीने किंवा धूमकेतूने पृथ्वीशी धडक घेतली, आणि २००० वर्ग किलोमीटर मधील जंगल भुईसपाट करून टाकले. हिरोशिमा क्षमतेचे १००० अणुबाँब एकाच वेळी फुटावेत एवढा तो जबरदस्त आघात होता. तुंगस्का आघाताची चर्चा अजूनही शास्त्रीय वर्तुळात चालू आहे.

पृथ्वीच्या भ्रमणमार्गाला छेदून जाणाऱ्या किमान २००० अशनी असाव्यात. त्यांपैकी सुमारे २०० अशनींचा पत्ता लागला आहे. या शिवाय पृथ्वीच्या जवळपास येणाऱ्या निरनिराळ्या व्यासाच्या अनेक अशनी आहेत. त्यांना 'निअर अर्थ ऑस्ट्रॉइड' असे नाव आहे. त्यामध्ये १०० मीटरपेक्षा जास्त व्यासाच्या एक लक्ष अशनी असाव्यात. एक किलोमीटरपेक्षा जास्त व्यासाच्या एक ते दोन हजार अशनी असाव्यात. साधारण १० लक्ष वर्षांनी त्यांपैकी एखादी-दुसरी अशनी पृथ्वीला टणका देते. अशा आघातामधून पृथ्वीवर १० किलोमीटरपर्यंत व्यासाचे विवर निर्माण होऊ शकते. १० किलोमीटरपेक्षाही जास्त व्यासाच्या अशनी आहेत, पण त्यांची संख्या दहा-बारा असावी. सुमारे १० कोटी वर्षांत केव्हातरी अशी मोठी अशनी पृथ्वीला धडक देते. असा विलक्षण आघात पृथ्वीवर जीवसृष्टीचा निर्वेश घडवून आणू शकतो. सुमारे ६.५ कोटी वर्षांपूर्वी मेक्सिको देशातील युकातान प्रदेशात अशीच एक अशनी पृथ्वीला येऊन धडकली असावी. त्याचा परिणाम म्हणून डायनोसॉर जातीच्या अजस्र प्राण्यांचा निर्वेश झाला असावा असा शास्त्रज्ञांचा कयास आहे.

पृथ्वीच्या दिशेत येणाऱ्या अशनींचा वेग सेकंदाला २० ते ६० किलोमीटर म्हणजेच ताशी ७२,००० ते २ लक्ष १६ हजार किलोमीटर असू शकतो. अशी वेगवान अशनी समुद्रात कोसळली तर अजस्र लाटा उसळतात, आणि जमिनीवर आक्रमण करतात. अशा जलप्रलयात प्रचंड भूप्रदेशातील प्राणी व जीवसृष्टी पार धुवून नष्ट होते. अशनी भूप्रदेशावर आदळली तर एक प्रचंड विवर निर्माण होणेच, पण त्यामधून अब्जावधी टन धूलिकण आकाशात पोहोचतात. वातावरणातील स्तर धूलिकणांनी भरून जातात आणि पृथ्वीवर त्यांचे जणू काही आच्छादन निर्माण होते. त्यामुळे सूर्यप्रकाश भूपृष्ठापर्यंत पोहोचू शकत नाही. पृथ्वीचे तापमान कमी कमी होत जाऊन ते शून्याच्या खाली साठ-सत्तर अंशांपर्यंत पोहोचू शकते. इतक्या नीचतम तापमानात जीवसृष्टी टिकाव धरू शकत नाही. अशनीची पृथ्वीशी होणारी टक्कर तीव्र भूकंपालाही आमंत्रण देऊ शकते.

अशनी किंवा आगंतुकपणे पृथ्वीच्या भेटीला येणारा धूमकेतू यांच्यापासून जीवसृष्टीला खराखुरा धोका आहे. अशनी किंवा धूमकेतू यांची पृथ्वीला केव्हा धडक बसेल काही सांगता येत नाही. कदाचित काही दिवसांत किंवा वर्षांत तसा प्रसंग उद्भवू शकेल. फार आधी पूर्वसूचना मिळाली तर काही करता येईल. त्यासाठीच 'स्पेस वॉच' नावाचा प्रकल्प राबविला जात आहे. या प्रकल्पांतर्गत पृथ्वीच्या जवळपास येऊ शकणाऱ्या

अशनींवर आणि धूमकेतूंवर डोळ्यात तेल घालून पाळत ठेवली जात आहे.

अशनींच्या आघाताचे अंदाज असे आहेत.

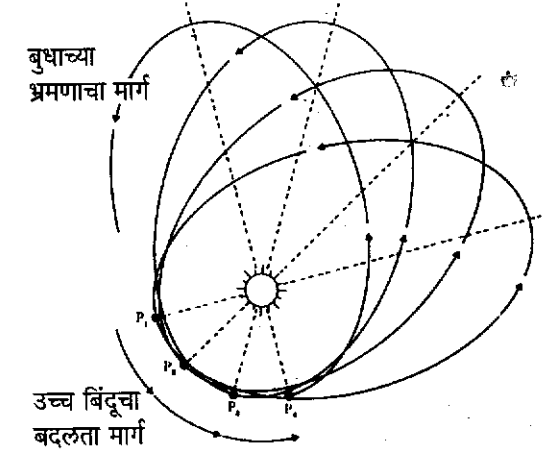
- जिच्या आघाताने जागतिक स्तरावर प्रचंड विध्वंस होऊ शकेल, अशा अशनीचा न्यूनतम व्यास : १ किलोमीटर
- अशा अशनीची स्फोटक शक्ती : १ लक्ष मेगाटन (५० लक्ष हिरोशिमा अणुबॉम्ब)
- एक किलोमीटरपेक्षा जास्त व्यासाच्या पृथ्वी सन्निध अशनींची अंदाजे संख्या : ९००
- त्यांपैकी आजपर्यंत शोध लागलेल्या अशनी : ३६० (४० टक्के)
- तुंगस्का येथील अरण्य भुईसपाट करणाऱ्या अशनीचा अंदाजे व्यास : ६० ते १०० मीटर
- डायनोसॉर्स नामशेष करणाऱ्या अशनीचा अंदाजे व्यास : १० ते १५ किलोमीटर

■

६३ : खगोलशास्त्राच्या दृष्टीने सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्ताचे महत्त्व काय आहे?

प्रकाशाची गती सर्वाधिक असते आणि परस्परांच्या संदर्भात स्थिर गतीने प्रवास करणाऱ्या निरीक्षकांसाठी विज्ञानाचे नियम सारखेच असतात, या दोन गृहीतकांच्या आधारावर आल्बर्ट आइन्स्टाइन यांनी १९०५ साली सापेक्षतेचा मर्यादित सिद्धान्त मांडला. त्यानंतर १९१५ साली निरीक्षकांच्यासाठी असलेली स्थिर गतीची अट काढून त्यांनी सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्ताचा प्रस्ताव केला. सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्तात गुरुत्वाकर्षण हाच सर्वात महत्त्वाचा घटक आहे. आधुनिक विश्वशास्त्र हे सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्ताचा परिपाक आहे, असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार नाही.

गुरुत्वाकर्षण हे बल नसून तो अवकाशाच्या वक्रतेचा परिणाम आहे, असा अत्यंत महत्त्वाचा निष्कर्ष या सिद्धान्तामधून निष्पन्न होतो. लांबी, रुंदी आणि उंची या त्रिमितीबरोबर आइन्स्टाइन यांनी काळाला चतुर्थमितीचे स्थान दिले. वस्तूच्या उपस्थितीमुळे सभोवतालचे चतुर्मिती विश्व वक्र होते व अवकाश आणि काल यांच्या वक्र पार्श्वभूमीवर खाली पडणारा पदार्थ वस्तुतः स्थिर गतीने सरळ रेषेत प्रवास करित असतो, असे आइन्स्टाइन यांनी सिद्ध केले. अवकाश व काल वक्र झाले तर प्रकाशकिरणंवारही त्याचा परिणाम होऊन त्यांचा मार्ग बदलतो. ही गोष्ट १९१९ साली झालेल्या खग्रास सूर्यग्रहणाच्या आधारे सिद्ध झाली. प्रकाशाचे किरण सूर्याजवळून जाताना आपला मार्ग बदलतात असे आढळून आले.



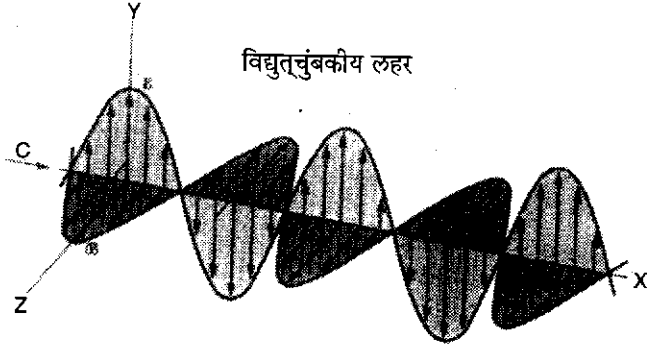
बुध हा लहान ग्रह सूर्याच्या अगदी जवळ आहे. सूर्यामुळे निर्माण झालेल्या स्थल कालाच्या वक्रतेचा परिणाम त्याच्यावर होतो आणि त्यामुळे त्याच्या भ्रमणकक्षेचा आस वर्तुळाकार मार्गाने हळूहळू सरकतो. तो नेमका किती कोनातून बदलतो याचे अचूक गणित सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्तामुळेच शक्य झाले. प्रचंड वस्तुमान असलेला तारा आपल्याच गुरुत्वाकर्षणाच्या भाराखाली कसा कोलमडतो व त्यातून पुढे कृष्णविवराची उत्पत्ती कशी होते, याचे संपूर्ण विश्लेषण सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्ताचा आधार घेऊनच करता येते.

मूलतः गुरुत्वाकर्षण हे अतिशय अत्यल्प बल आहे. अतिशय भारी वजनाच्या ताऱ्याजवळ किंवा प्रत्यक्ष कृष्णविवराजवळच गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाची किंमत लक्षात येते. त्यामुळे सापेक्षतेच्या सामान्य सिद्धान्ताची फारच कमी वेळा प्रायोगिक सिद्धता झाली आहे. तरीही सापेक्षतेचा व्यापक सिद्धान्त सर्वमान्य असून ज्यांना विश्वशास्त्राचा अभ्यास करायचा असेल त्यांना या सिद्धान्ताचा अभ्यास करावाच लागेल.

■

६४ : विद्युत्चुंबकीय लहरींचे खगोलशास्त्रात काय महत्त्व आहे?

विश्वाचे रहस्य उलगडण्यासाठी अलीकडे अनेक साधनांचा उपयोग केला जातो, पण साधन कोणतेही असो, आपल्याला विश्वाची जी काही माहिती मिळते ती केवळ विद्युत्चुंबकीय लहरींच्या द्वारेच! नेहमीच्या व्यवहारातील रेडियो, दूरदर्शन, रडार, संदेशवहन या सर्व गोष्टी विद्युत्चुंबकीय लहरीमुळेच शक्य झाल्या आहेत. खगोलशास्त्र संशोधनाचा प्राण म्हणजे विद्युत्चुंबकीय लहर, असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार



नाही. विद्युत्चुंबकीय लहरीत असणाऱ्या निरनिराळ्या विभागांमुळेच खगोलशास्त्रात आता अनेकविध विषयोपविषय निर्माण झाले आहेत.

प्रकाशाचा किरण म्हणजे विद्युत्चुंबकीय लहरीचा एक अगदी छोटा हिस्सा आहे. या लहरीत विद्युत आणि चुंबकीय अशी दोन क्षेत्रांचा समावेश असतो. ही दोन क्षेत्रे परस्परांशी काटकोन करून आपला आयाम सातत्याने बदलत असतात. विद्युत्चुंबकीय लहरीची लांबी अँग्स्ट्रॉम या एककात मोजली जाते. एक अँग्स्ट्रॉम म्हणजे 10^{-10} सेंटीमीटर! या लहरीची कंपनसंख्या हर्ट्झ या दुसऱ्या एककात मापली जाते. हर्ट्झ म्हणजे प्रति सेकंदात विद्युत्चुंबकीय लहरीची होणारी आवर्तने. कंपनसंख्या आणि लहरीची लांबी यांचा गुणाकार केला की आपल्याला प्रकाशाची गती मिळते, पण प्रकाशाची गती ही एक अचल संख्या आहे. त्यामुळे लहरीची कंपनसंख्या लहरीच्या लांबीच्या व्यस्त प्रमाणात बदलते. मात्र लहरीमधील ऊर्जा तिच्या कंपनसंख्येवर अवलंबून आहे. अर्थातच लहरीची ऊर्जा तिच्या लांबीच्या व्यस्त प्रमाणात बदलते असे आपण म्हणू शकतो. लहरीची लांबी जितकी जास्त तितकी तिच्यामध्ये असणारी ऊर्जा कमी, या उलट लहरीची लांबी जितकी कमी तेवढ्या प्रमाणात तिच्यातील ऊर्जा जास्त.

विद्युत्चुंबकीय लहरीच्या एका टोकाला अतिशय कमी लहरलांबी असलेले किंवा अतिशय उच्च कंपनसंख्येचे गॅमा किरण असतात. अर्थातच गॅमा किरणांमधील ऊर्जा सर्वोच्च असते. त्यानंतर अनुक्रमाने, क्ष किरण, जंबूपार किरण, दृश्य किरण, अवरक्त किरण, मायक्रोवेव्हज, रेडियो लहरी आणि सरते शेवटी विश्वकिरण, अशी किरणांची उतरंड असते. या सर्व किरणांपैकी केवळ दृश्य किरणांमुळे आपल्याला सभोवतालच्या वस्तू आणि ग्रह, तारे प्रत्यक्ष पाहता येतात. संपूर्ण विद्युत्चुंबकीय वर्णपटातील दृश्य किरणांचा भाग फारच लहान आहे. सुमारे ३८०० ते ७००० अँग्स्ट्रॉम लहरलांबी असलेले जांभळ्या रंगापासून तांबड्या रंगापर्यंतचे किरणच केवळ दृश्यमान आहेत. एका बाजूला जंबूपार किरणांपासून गॅमा किरणांपर्यंत आणि दुसऱ्या बाजूला अवरक्त किरणांपासून वैश्विक किरणांपर्यंत एकही लहर आपल्याला प्रत्यक्ष पाहता येत नाही. परंतु विद्युत्चुंबकीय लहरीतील सर्व प्रकारचे किरण विश्वातून आपल्याकडे येत

असतात. पूर्वी केवळ दृश्य किरण आणि दूरदर्शक यांच्याच साह्याने विश्वाचा अभ्यास करण्यात येत असे; पण दुसऱ्या महायुद्धानंतर सारेच चित्र बदलले. आणि विश्वाच्या अभ्यासासाठी विद्युत्चुंबकीय लहरीतील सर्व प्रकारच्या लहरींचा उपयोग करता येऊ लागला. त्यातूनच पुढे, गॅमा किरण खगोलशास्त्र, क्ष किरण खगोलशास्त्र, जंबूपार किरण खगोलशास्त्र, रेडिओ खगोलशास्त्र असे खगोलशास्त्रांतर्गत अनेक विषय विकसित झाले, आणि आपल्याला विश्वाचे अधिकाधिक ज्ञान होऊ लागले.

विश्वातून आपल्याकडे येणारे कमी ऊर्जेचे किंवा जास्त लहरलांबी असलेले किरण आपल्यापर्यंत पोहचू शकत नाहीत. एक तर त्यांचे वातावरणातच शोषण होते किंवा ते वातावरणात वरच्यावर परावर्तित होतात. अशा किरणांचा अभ्यास कृत्रिम उपग्रहांच्या साह्याने करता येतो. विश्वातून येणाऱ्या अति सूक्ष्म रेडियो लहरी प्रचंड आकाराच्या अँटेनांच्या साह्याने पकडता येतात. अशा प्रकारच्या विविध मार्गांचा अवलंब करून विश्वातून आपल्याकडे येणाऱ्या प्रत्येक प्रकारच्या विद्युत्चुंबकीय लहरीचा आणि पर्यायाने विश्वाचा अभ्यास करणे आपल्याला शक्य होते.

विद्युत्चुंबकीय लहरी

विद्युत्चुंबकीय लहर

तरंगलांबी (अँग्स्ट्रॉम)

गॅमा किरण	१ पर्यंत
क्ष किरण	१ ते १००
अतिनील (जंबूपार) (अल्ट्रा व्हायोलेट)	१०० ते ३८००
दृश्य किरण	३८०० ते ७०००
अवरक्त किरण (इन्फ्रारेड)	७००० ते १०,००,०००
रेडिओ लहरी	१०,००,००० चे पुढे

* १ अँग्स्ट्रॉम = 10^{-10} सेंटीमीटर

६५ : खगोलशास्त्रात वर्णपटाचा काय उपयोग होतो?

तारे आणि दीर्घिका यांच्यासंबंधी सविस्तर माहिती मिळविण्याचे एक उत्कृष्ट साधन म्हणजे त्यांच्या प्रकाशकिरणांचा वर्णपट. १८५९ साली गुस्ताव्ह किर्चोफ याने प्रथम वर्णपटाचे नियम शोधून काढले. अतिशय तेजस्वी असलेला घन किंवा द्रवरूप पदार्थ सर्व प्रकारच्या प्रकाशलहरी प्रक्षेपित करतो आणि त्यामुळे सलग रंगाचा वर्णपट निर्माण होतो. उच्च तापमानाच्या वायूंमुळे विशिष्ट प्रकारच्या रंगीत रेषा वर्णपटात उमटतात. तसेच प्रकाशाचे पांढरे स्वच्छ किरण तुलनेने कमी तापमानाच्या वायूमधून गेले तर

काही प्रकाशलहरी ते शोषून टाकतात आणि ते दर्शविणाऱ्या काळ्या रेषा वर्णपटात निर्माण होतात. अवकाशात अशा तीनही प्रकारच्या वस्तुस्थिती जागोजागी आढळून येतात. त्यामुळेच तारे, दीर्घिका आणि तेजोमेघ यांच्या अभ्यास करण्यासाठी वर्णपटाचा फार चांगला उपयोग होतो.

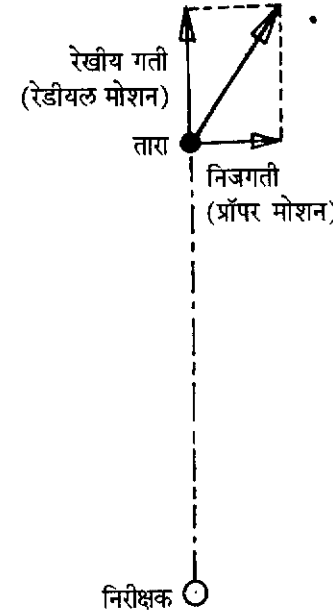
प्रत्येक मूलद्रव्य किंवा संयुग वायुरूप अवस्थेत असताना आपला स्वतःचा एक विशिष्ट वर्णपट निर्माण करते. त्यामध्ये दिसणाऱ्या विविध रंगांच्या रेषांची तरंगलांबी अन्य दुसऱ्या कोणत्याही मूलद्रव्याकडून किंवा संयुगाकडून निर्माण होऊ शकत नाही. किंबहुना वर्णपटातील विविध रेषांवरून तो वर्णपट कोणत्या मूलद्रव्याचा किंवा संयुगाचा आहे हे सहज ओळखता येते. तसेच वर्णपटात निर्माण होणाऱ्या काळ्या रेषाही त्या त्या मूलद्रव्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण रेषा असतात. उदाहरणार्थ, सोडिअम हे मूलद्रव्य तप्तावस्थेत असताना वर्णपटात पिवळ्या रंगाच्या दोन रेषा निर्माण करते आणि तुलनेने कमी तापमानात असताना त्यामधून पांढरास्वच्छ प्रकाश गेला तर त्याच दोन लहरींना शोषून टाकते आणि त्याच्या निदर्शक अशा दोन काळ्या रेषा वर्णपटात उमटतात.

वरील महत्त्वपूर्ण गुणधर्मांचा उपयोग करून एखाद्या विशिष्ट ताऱ्यावर किंवा तेजोमेघात कोणकोणती मूलद्रव्ये अस्तित्वात आहेत याचा शोध घेता येतो. उदाहरणार्थ, सूर्याच्या वर्णपटात अनेक काळ्या रेषा आढळतात. त्यांना 'फ्राउनहोफर रेषा' असे नाव आहे. सूर्याच्या बाहेरील भागात जे तप्त वायू असतात त्यांनी शोषून घेतलेल्या प्रकाशलहरी काळ्या रेषांच्या स्वरूपात सूर्याच्या वर्णपटात दिसतात. त्यावरून सूर्याच्या बाह्यभागात, फॉस्फरस, लोखंड, मॅग्नेशियम, मॅग्नीज अशी विविध प्रकारची किमान ३५ मूलद्रव्ये अस्तित्वात असावीत असे लक्षात येते. अशाच काळ्या रेषा ताऱ्यांच्या वर्णपटातही दिसतात.

वर्णपटाच्या सूक्ष्म अभ्यासावरून ताऱ्याचे तापमान, त्यावरील दाब, तेथील वायुंची भौतिक स्थिती, विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांचे अस्तित्त्व या सर्वांचा शोध लावता येतो, किंबहुना ताऱ्याची जवळ जवळ सर्व माहिती त्याच्या वर्णपटात उमटते असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार नाही. सूर्याच्या आकाशगंगेतील भ्रमणामुळे काही तारे आपल्यापासून दूर जात असल्याचे, तर काही तारे आपल्या जवळ येत असल्याचे आपल्याला आढळते. या गोष्टीचेही प्रतिबिंब वर्णपटात उमटते. वर्णपटातील रेषांच्या विचलनावरून एखादा तारा किती वेगाने आपल्यापासून दूर जात आहे किंवा आपल्या जवळ येत आहे याचा अंदाज करता येतो. अशा प्रकारे वर्णपट हे खगोलीय वस्तूंच्या अभ्यासाचे एक बहुमोल आणि बहुगुणी साधन आहे, यात शंका नाही.

६६ : ताऱ्यांची गतिमानता कशी ठरवितात?

आकाशातील तारे आणि नक्षत्रे स्थिर आहेत असा आपल्याला भास होतो. परंतु वस्तुतः विश्वातील सर्वच गोष्टी गतिमान आहेत. बहुतेक तारे सूर्यापासून अतिशय दूर असल्यामुळे त्यांच्या स्थानामधील बदल आपल्या लक्षातही येत नाही. त्यामुळे राशी व नक्षत्रांचे आकार स्थिर आहेत असे आपल्याला वाटते, पण ताऱ्यांच्या गतिमानतेमुळे आजपासून लक्षावधी वर्षांनी राशी व नक्षत्रांचे आकार आजच्यासारखे दिसणार नाहीत. त्यामध्ये आमूलाग्र बदल घडून येईल.



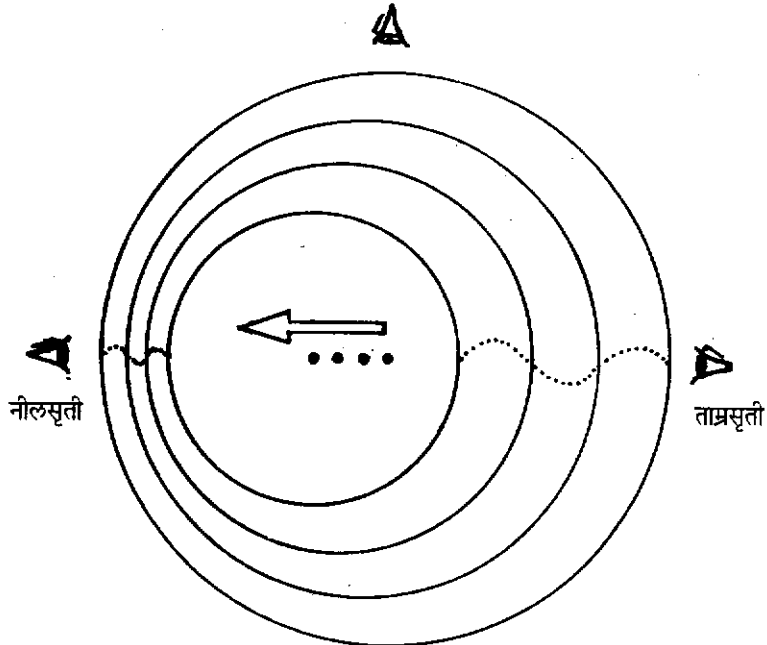
अतिदूरच्या ताऱ्यांचे चलन आपल्याला व्यवस्थित मोजता येत नसले तरी जवळच्या ताऱ्यांची गती मात्र आपण अचूकपणे मोजू शकतो. त्यासाठी ताऱ्याच्या गतीचे दोन भागांत विघटन करण्यात येते, एक आपल्या दृष्टीच्या दिशेत आणि दुसरा दृष्टिदिशेच्या काटकोनात. आपल्या दृष्टिदिशेच्या काटकोनात ताऱ्याचे जे स्थलांतर होते त्याला ताऱ्याची निजगती (प्रॉपर मोशन) असे नाव आहे. सूर्यापासून सुमारे सहा प्रकाशवर्षे दूर असलेल्या बर्नार्ड या ताऱ्याची निजगती सर्वात जास्त असून, तो दरवर्षी १० कोनीय सेकंदांतून सरकतो.

आपल्या दृष्टिदिशेत ताऱ्याची गती दोन प्रकारची असू शकते. एक तर तारा आपल्या दिशेत येत असेल किंवा आपल्यापासून दूर जात असेल. ताऱ्याची ही गती वर्णपटाच्या साह्याने मोजता येते. तारा आपल्या जवळ येत असेल तर त्याच्या वर्णपटातील रेषा निळ्या रंगाकडे विचलित होतात. यालाच 'ब्लू शिफ्ट' असे म्हणतात. तारा आपल्यापासून दूर जात असेल तर त्याच्या वर्णपटातील रेषा तांबड्या रंगाकडे विचलित होतात, या प्रकाराला 'रेड शिफ्ट' असे नाव आहे.

६७ : डॉप्लरचा परिणाम काय आहे?

ध्वनीची कंपनसंख्या निरीक्षकाच्या सापेक्ष गतीवर अवलंबून असते, ही गोष्ट १८४२ साली ख्रिश्चन डॉप्लर या शास्त्रज्ञाच्या प्रथम लक्षात आली. तुम्ही रेल्वे प्लॅटफॉर्मवर उभे आहात अशी कल्पना करा, त्याच वेळी स्टेशनकडे येणाऱ्या फास्ट गाडीने शिडी वाजविली, तर गाडी स्टेशनजवळ येताना शिडीच्या ध्वनीचा स्तर वाढतो, आणि ती स्टेशनपासून दूर जाऊ लागली की, ध्वनीचा स्तर कमी कमी होऊ लागतो, असा तुम्हाला अनुभव येईल. डॉप्लरच्या परिणामाचे हे एक व्यावहारिक उदाहरण आहे. प्रकाशलहरीचा उगम गतिमान असेल तर अशाच प्रकारचा परिणाम निर्माण होईल. असे डॉप्लरने नमूद करून ठेवले होते. पुढे १८४८ साली फिझ्यू या फ्रेंच वैज्ञानिकाने ही गोष्ट सिद्ध केली.

खगोलशास्त्राच्या दृष्टीने डॉप्लरचा परिणाम अत्यंत महत्त्वाचा आहे. कारण आकाशात चमचमणारे तारे स्थिर नाहीत. एकतर ते आपल्या दिशेत गतिमान असतात किंवा आपल्यापासून दूर जात असतात. त्यांनी प्रक्षेपित केलेल्या वर्णपटात डॉप्लरचा परिणाम ताबडतोब लक्षात येतो. ताऱ्यांच्या गतीमुळे एकतर वर्णपटातील साऱ्याच रेषा जवळ आल्यासारख्या किंवा परस्परंपासून दूर गेल्यासारख्या भासतात. ताऱ्यावरील प्रत्येक



मूलद्रव्य किंवा संयुग काही विशिष्ट कंपनसंख्यांच्या प्रकाशलहरी प्रक्षेपित करते. डॉप्लर परिणामामुळे या लहरी वर्णपटात आपल्या मूळ स्थानापासून विचलित होतात. उदाहरणार्थ, सोडियम हे मूलद्रव्य दोनच विशिष्ट कंपनसंख्यांच्या पिवळ्या रंगाच्या लहरी प्रक्षेपित करते. विशिष्ट तारा आपल्या दिशेत येत असेल, तर या लहरी निळ्या रंगाच्या बाजूला विचलित होतात. या प्रकाराला 'नील सृती' असे नाव आहे. विशिष्ट तारा आपल्यापासून दूर जात असेल तर याच लहरी तांबड्या रंगाकडे विचलित झाल्यासारख्या भासतात. या प्रकाराला 'ताम्र सृती' असे म्हणतात. अर्थातच ताऱ्याने प्रक्षेपित केलेल्या वर्णपटातील लहरींची प्रमाणित वर्णपटातील लहरीशी तुलना करून, त्या ताऱ्याची गती आणि तो आपल्या दिशेत येत आहे की आपल्यापासून दूर जात आहे, या दोन गोष्टी निश्चित करता येतात.

ताऱ्याला आपल्या दृष्टिरेषेच्या काटकोनातही गती असते, त्याला 'प्रॉपर मोशन' असे नाव आहे. दूरदर्शकाच्या साहाय्याने ताऱ्याची ही गती मोजता येते. अशा प्रकारे, डॉप्लरच्या परिणामावरून आपल्या दृष्टिरेषेतील व दूरदर्शकाच्या साहाय्याने आपल्या दृष्टिरेषेला काटकोनात असलेली, ताऱ्याची गती माहिती होते. त्यानंतर भूमितीचा उपयोग करून ताऱ्याची वास्तव गती काय आहे व तारा नेमक्या कोणत्या दिशेत गतिमान आहे या दोन गोष्टींचा निर्णय करता येतो.

६८ : ताम्रसृतीची कारणे काय आहेत?

प्रयोगशाळेत विविध मूलद्रव्यांचे व संयुगांचे वर्णपट पाहता येतात. हीच मूलद्रव्ये आणि संयुगे तारे, दीर्घिका, तंजोमेघ या सर्वांत आहेत. विशिष्ट मूलद्रव्यांच्या वर्णपटात नेहमीच्या स्थानी आढळणाऱ्या रेषा लाल रंगाच्या बाजूला विचलित होणे म्हणजेच ताम्रसृती. ताम्रसृतीचे कारण मात्र एकच नाही. डॉप्लरचा परिणाम, विश्वाचे प्रसरण आणि गुरुत्वाकर्षण अशा तीन निरनिराळ्या प्रकारांमुळे वर्णपटातील रेषांचे विचलन होऊ शकते. या तीन कारणांचा आपल्याला थोडक्यात विचार करता येईल.

डॉप्लरचा परिणाम : प्रकाशकिरणांचा उगम गतिमान असेल तर डॉप्लरचा परिणाम निर्माण होतो. या परिणामाचे कारण आपण पाहिजे आहेच. या ठिकाणी आपण डॉप्लर परिणामामुळे निर्माण होणाऱ्या विचलनाचे सूत्र मांडणार आहोत, ते असे :

$$\text{ताम्रसृती} = \text{मूळ लहरीची लांबी} \times \text{उगमाची गती} / \text{प्रकाशाची गती}.$$

या सूत्रावरून डॉप्लर परिणामाचे निर्माण होणारी ताम्रसृती प्रकाशकिरणांच्या उगमाचे गतीवर अवलंबून आहे, हे स्पष्ट होते.

विश्वाचे प्रसरण : या प्रकारामुळे निर्माण होणाऱ्या ताम्रसृतीला वैश्विक ताम्रसृती असे म्हणतात. विश्वाचे प्रसरण चालू आहे, ही आता निश्चितपणे सिद्ध झालेली गोष्ट आहे. म्हणूनच विश्वातील दीर्घिका परस्परांपासून दूर चालल्या आहेत. महास्फोटातून विश्वाची उत्पत्ती झाली आणि त्या नंतरच अवकाश, काल आणि वस्तू या तीन गोष्टी अस्तित्वात आल्या, असे सापेक्षतेचा व्यापक सिद्धान्त सांगतो. विश्वाच्या जन्मक्षणापासून अवकाशाचे सातत्याने प्रसरण होत आहे. या प्रसरणामुळेच दीर्घिका गतिमान आहेत असे भासते. समजा, एखाद्या ताणलेल्या रबराच्या पडद्यावर काही वस्तू ठेवल्या आणि तो पडदा सर्व बाजूंनी अधिकाधिक ताणत नेला तर अर्थातच त्या पडद्यावर असलेल्या सर्व वस्तूंमधील अंतर वाढू लागेल. विश्वातील दीर्घिकांच्या बाबतीत नेमके हेच घडत आहे, आणि त्यामुळेच ताम्रसृती निर्माण होते.

गुरुत्वाकर्षण : ताम्रसृती निर्माण होण्याचे आणखी एक कारण आहे, गुरुत्वाकर्षण. ताऱ्यावरून प्रक्षेपित होऊ पाहणाऱ्या प्रकाशकिरणाला ताऱ्याचे गुरुत्वाकर्षण मागे खेचते, त्यामुळे प्रकाशलहरींची लांबी वाढते. मूळ प्रकाशकिरणाची लांबी वाढणे, म्हणजेच ताम्रसृती. ती गुरुत्वाकर्षणामुळे निर्माण होते म्हणून त्याला गुरुत्वाकर्षण ताम्रसृती या नावाने ओळखतात. सूर्यासारख्या सामान्य ताऱ्याचे बाबतीत गुरुत्वाकर्षण ताम्रसृती अगदी नगण्य असते. गुरुत्वाकर्षणामुळे सूर्यावरून प्रक्षेपित होणाऱ्या किरणांची लांबी फक्त दोन दशलक्षांशने वाढते. हा अतिशय लहान फरक आपल्या लक्षातही येत नाही. परंतु श्वेत बटू ताऱ्यावरून प्रक्षेपित होणाऱ्या प्रकाशकिरणांची गुरुत्वीय ताम्रसृती जास्त असणार हे उघड आहे. कारण श्वेतबटू ताऱ्याचे गुरुत्वाकर्षण जबरदस्त असते. ताऱ्याचे वस्तुमान जितके जास्त आणि त्याचा व्यास जितका कमी तेवढी गुरुत्वीय ताम्रसृती जास्त.

■ ■

६९ : रेडिओ खगोलशास्त्र म्हणजे काय?

१९३२ साली आंतरखंडीय बिनतारी दळणवळणामध्ये व्यत्यय आणणाऱ्या रेडिओ लहरींचा अभ्यास करीत असताना कार्ल जान्स्क याला अति दूर अंतरावरून रेडिओ लहरी पृथ्वीच्या दिशेत येत असल्याचे आढळले. अनेक वेळा वादळी पाऊस आंतरखंडीय दळणवळणात व्यत्यय निर्माण करतो, पण जान्स्क याला आढळलेल्या क्षीण रेडिओ लहरींचा एक विशेष असा होता की, दररोज सुमारे ४ मिनिटे अलीकडे त्यांची शक्ती सर्वोत्तम होत असे. सौर दिन आणि नाक्षत्र दिन यांमधील चार मिनिटांचा फरक लक्षात घेतल्यावर, या विशिष्ट रेडिओ लहरींचा स्रोत पृथ्वी नसून, आकाशगंगेच्या अंतर्गत असल्या पाहिजे असा जान्स्कने निष्कर्ष काढला.

त्यानंतर १९३६ साली रेबर या शास्त्रज्ञाने पहिला रेडिओ दूरदर्शक बांधला आणि



रेडिओ दुर्बिण

१९४४ पर्यंत आकाशगंगेकडून येणाऱ्या १ मीटर लांबीच्या रेडिओ लहरींच्या साह्याने त्याने आपल्या आकाशगंगेचा पहिला रेडियो नकाशा तयार केला. आकाशगंगेचे केंद्र, तसेच शर्मिष्ठा, हंस वगैरे नक्षत्रे यांचेकडूनही आपल्याकडे रेडिओ लहरी सातत्याने येत असतात. विद्युत्चुंबकीय वर्णपटात रेडिओ लहरीचे स्थान अवरक्त किरणांच्या पलीकडे आहे. अशा या दीर्घ लांबीच्या रेडिओ लहरींच्या साह्याने विश्वाचा अभ्यास करण्याच्या तंत्रालाच पुढे रेडिओ खगोलशास्त्र असे नाव मिळाले.

खगोलीय वस्तूने प्रक्षेपित केलेले इलेक्ट्रॉन कण सभोवारच्या क्षीण चुंबकीय क्षेत्रामधून प्रवास करताना त्यांचे त्वरण होते व त्यामुळे

या दीर्घ लांबीच्या रेडिओ लहरी निर्माण होतात, असा एक सिद्धान्त आहे. अवकाशातून आपल्याकडे येणाऱ्या रेडिओ लहरींची लांबी १ से. मी. पासून १०० मीटर पर्यंत कितीही असू शकते. साधारणपणे ४०० ते १५०० मेगाहर्ट्झ स्पंदनसंख्येच्या मर्यादामधील रेडिओ लहरींचे बरेच संशोधन झाले आहे. केवळ आकाशगंगेकडूनच नव्हे तर सूर्य, चंद्र, सूर्यमालेतील ग्रह, तारे, पल्सार, दीर्घिका, तेजोमेघ या सर्वांवरूनच पृथ्वीच्या दिशेत रेडियो, लहरी सातत्याने येत असतात.

■ ■

७० : अँस्ट्रोफिजिक्स या विषयाचे स्वरूप काय आहे?

खगोलशास्त्र आणि पदार्थविज्ञान यांचा अत्यंत निकटचा संबंध आहे. किंबहुना पदार्थविज्ञानाशिवाय खगोलशास्त्र लंगडे आहे. कारण अनेक खगोलशास्त्रीय घटना पदार्थविज्ञानाच्या नियमांनी विशद करता येतात किंवा त्यांचे विश्लेषण करता येते. या पद्धतीलाच अँस्ट्रोफिजिक्स किंवा खगोलभौतिकी असे नाव आहे. आर्थर एडिंग्टन या ब्रिटिश शास्त्रज्ञाने या विषयाला प्रथम चालना दिली. १९२६ साली ताऱ्यांची अंतरचना हे पुस्तक प्रसिद्ध करून त्याने पदार्थविज्ञानाच्या नियमांद्वारे ताऱ्यांच्या रचनेचे विश्लेषण केले.

पदार्थविज्ञानातील सर्वच नियमांचे संशोधन पृथ्वीवर झाले आहे. तारे तर आपल्यापासून इतके दूर आहेत की, पृथ्वीवर संशोधित केलेले नियम त्यांच्यासाठी वापरता येतील की नाही असा संशय घ्यायला जागा आहे, पण जी वैज्ञानिक घटना पृथ्वीवर घडते ती

अवकाशात कुठेही घडू शकते. म्हणजेच विज्ञानाचे नियम वैश्विक आहेत, असे खगोलभौतिकीत गृहीत धरण्यात आले आहे. ताऱ्यांवरून प्रक्षेपित होणाऱ्या विविध प्रकारच्या प्रकाशलहरींच्या द्वारेच आपण ताऱ्यांचा अभ्यास करू शकतो, पण त्यावरून तारे तप्त का आहेत? त्यांच्यामध्ये कोणत्या प्रकारच्या प्रक्रिया चालू असतात? त्यांच्या स्वरूपात कसकसा बदल होत जातो? या सर्व गोष्टी जाणून घेणे आपल्याला शक्य आहे.

ताऱ्यांमध्ये निर्माण होणारी ऊर्जा हायड्रोजन अणूंच्या संमीलनामुळे निर्माण होते, हे हॅन्स बेथ या वैज्ञानिकाने १९३९ साली प्रथम दाखवून दिले, आणि त्यानंतर खगोलभौतिकी या विषयाची झपाट्याने प्रगती होऊ लागली. कारण अणुविभाजन आणि अणुसंमीलन या प्रक्रिया आणि त्यामधून निर्माण होणारी अफाट ऊर्जा यांचा शोध प्रयोगशाळेतच लावण्यात आला होता. त्यानंतर कॉस्मॉलाजी किंवा विश्वरचनाशास्त्र या विषयाने चांगलीच गती घेतली. त्यामध्ये आइन्स्टाइन यांच्या सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्तामधील नियम विश्वाची उत्पत्ती, विकास आणि लय यांचा अभ्यास करण्यासाठी वापरले जातात. ताऱ्यांचे कृष्णविवरता रूपांतर होण्याचे आधी काय काय घटना घडतात याचाही उलगडा सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्तावरून करता येतो.

ग्रहांच्या गतीचे नियम, ताऱ्यांचा जन्म आणि मृत्यू, विश्वाची उत्पत्ती आणि लय अशा विविध क्षेत्रांत खगोलभौतिकी या विषयाने खगोलशास्त्र हा विषय पूर्णपणे व्यापून टाकला आहे. किंबहुना सध्या खगोलशास्त्रातील बहुतांश संशोधन खगोलभौतिकी या विषयातच होते. या विषयाच्या कक्षा आता फारच रुंदावल्या आहेत, त्यामुळे त्याची अनेक उपविषयांत विभागणी करण्यात आली आहे. खगोलभौतिकीमध्ये प्रामुख्याने पुढील उपविषयांचा समावेश होतो.

सौरविज्ञान : सूर्य आणि त्याचे पृथ्वीवर होणारे परिणाम, चुंबकीय वादळे, आयनगोलातील व्यत्यय, सौर डाग व त्यांचे चक्र, सूर्यावरील घडामोडी, त्याचेवरून प्रक्षेपित होणारे क्ष, जंबुपार आणि अन्य शक्तिशाली कण आणि किरण, या सर्वांचा अभ्यास.

सूर्यमाला विज्ञान : ग्रहांवरील वातावरण, त्यांची अंतरचना, त्यांचेवरील रासायनिक द्रव्ये, चुंबकीय क्षेत्रे, ग्रहांमधील अवकाश, धूमकेतू, उल्का वगैरे गोष्टींचा अभ्यास या विषयात केला जातो.

तारका विज्ञान : रूपविकारी तारे, द्वैती तारे, ताऱ्यांवरील रासायनिक द्रव्ये, ताऱ्यांची अंतरचना, ताऱ्यांचे विविध प्रकार, ताऱ्यांचा जन्म, विकास व मृत्यू या गोष्टींचा अभ्यास.

ऊर्जा विज्ञान : नव तारे, अतिनव तारे, पल्सार, क्वासार, विविध प्रकारच्या दीर्घिका यांच्या अभ्यासाचा समावेश या विषयात होतो.

विश्वशास्त्र : कृष्णविवर, विश्वाचा उदय, विकास आणि शेवट, विश्वाचे भवितव्य वगैरे गोष्टींचा विचार, व्यापक सापेक्षतेच्या व क्वाँटम मेकॅनिक्सच्या आधारे या विषयात केला जातो.

या शिवाय तेजोमेघ, आंतरतारकीय क्षेत्र, आंतरदीर्घिकीय धूलिकण, मेघ वगैरे गोष्टींचाही अभ्यास खगोलभौतिकीमध्ये केला जातो.

७१ : ताऱ्यांचा जन्म कसा होतो?

आकाशांगेतील ताऱ्यांच्या मधील अवकाश रिक्तते वाटत असले तरी तेथे पूर्णतः पोकळी नसते. त्या ठिकाणी वायू आणि धूलिकण यांचे अस्तित्व असते. आंतरतारकीय क्षेत्रात धूलिकण आणि वायू यांचे निरनिराळ्या आकारांचे, तापमानाचे आणि घनता असलेले मेघ इतस्ततः फिरत असतात. या मेघांमध्ये हायड्रोजन रेणूंचेच प्रमाण ९९ टक्के असते. अशा एखाद्या प्रचंड आकाराच्या मेघाच्या केंद्रभागी घनतेचे प्रमाण जास्त असेल तर या मेघाचे ताऱ्यामध्ये रूपांतर होण्याची शक्यता असते. प्रारंभीच्या काळात मेघाची घनता 10^{10} कण/घन सेंटीमीटर आणि मेघाचा व्यास सूर्याच्या त्रिज्येच्या ५० लक्ष पट असेल तर त्यापासून सूर्यासारख्या एखाद्या ताऱ्याचा जन्म होऊ शकतो.

मेघामध्ये असलेल्या कणांना दोन प्रकारची ऊर्जा असते. गुरुत्वाकर्षण ऊर्जा कणांना परस्परांशी बद्ध करण्याचा प्रयत्न करते आणि उष्ण ऊर्जा कणांना मेघातून निसटण्यास मदत करते. मेघाचे अस्तित्व टिकून राहण्यासाठी मेघाची गुरुत्वाकर्षण ऊर्जा, उष्ण ऊर्जेपेक्षा जास्त असायला हवी. ही अट पूर्ण झाली की मेघ गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाने बद्ध होतो, आणि त्याच्या आकुंचनाला सुरुवात होते. त्यामुळे केंद्रापाशी मेघाची घनता झपाट्याने वाढू लागते. काही लक्ष वर्षांत मेघाचे आकुंचन पूर्ण होते.

मेघाचे आकुंचन होत असताना हायड्रोजन रेणूंची ऊर्जा वाढते ते परस्परांशी आणि धूलिकणांशी जास्त गतीने टक्कर घेऊ लागतात आणि आपली ऊर्जा धूलिकणांमध्ये संक्रमित करतात. ही जादा ऊर्जा धूलिकण अवरक्त लहरींच्या स्वरूपात उत्सर्जित करतात, आणि ती अवकाशात निघून जाते. जोपर्यंत मेघामधून ही गतिजन्य ऊर्जा बाहेर पडत असते तोपर्यंत मेघाचे तापमान कमी राहते, परंतु मेघाचे आकुंचन मात्र चालूच राहते, पण एका विशिष्ट क्षणी मेघाची घनता निर्णायक होते आणि मेघ अपारदर्शक होतो आणि अवरक्त किरण मेघाच्या अंतर्भागातच अडकतात. साधारण चार लक्ष वर्षांत मेघ समतोलवस्थेला पोहोचतो.

मध्यंतरीच्या काळात मेघाच्या बाह्य भागातील वायू केंद्राच्या दिशेत खेचला जातो आणि मेघाच्या गाभ्याचे वस्तुमान आणि तापमान वाढत वाढत २००० अंश सेल्सिअस पर्यंत पोहोचते. या तापमानाला हायड्रोजन रेणू फुटतात आणि त्यांचे हायड्रोजन अणूंमध्ये रूपांतर होते. ज्या वेळी हायड्रोजनच्या सर्व रेणूंचे हायड्रोजनच्या अणूंमध्ये रूपांतर होते, त्या वेळी मेघाचे आकुंचन स्थिरावते, त्याचा वेग कमी होत जातो. या सुमाराला मेघाच्या जीवनाची १० लक्ष वर्षे उलटलेली असतात.

आकुंचनाचा वेग कमी असला तरी त्याचा परिणाम म्हणून अंतर्भागाचे तापमान वाढतच असते आणि एका विशिष्ट तापमानाला हायड्रोजन अणूंच्या ज्वलनाला सुरुवात होते. म्हणजेच हायड्रोजनचे हिलीअममध्ये रूपांतर होऊ लागते आणि खऱ्या अर्थाने ताऱ्याचा जन्म होतो. हायड्रोजनच्या दोन अणुकेंद्रांचे संमीलन होऊन त्यातून हिलीअमची निर्मिती आणि ऊर्जेची विमुक्ती यालाच 'अणुकेंद्र संयोग' किंवा 'न्युक्लिअर फ्यूजन' असे नाव आहे. हायड्रोजन बाँब निर्मितीचे हेच तत्त्व आहे. ताऱ्याच्या जन्माचे वेळी, गाभ्याची घनता 10^{16} ग्रॅम/घनसेंटीमीटर आणि तापमान सुमारे ४.५ कोटी अंश सेल्सिअसपर्यंत पोहोचते.

७२ : ताऱ्यांचे वर्गीकरण कशा प्रकारे करण्यात आले आहे?

ताऱ्यांच्या वर्गीकरणाचे अनेक प्रकार आहेत. राक्षसी, महाराक्षसी, श्वेत बटू, रक्तवर्णी बटू अशा प्रकारचे वर्गीकरण ताऱ्यांच्या आकारमानावरून करण्यात येते. श्वेत बटू, न्यूट्रॉन, नोव्हा, सुपरनोव्हा असे एक वर्गीकरण आहे. शिवाय, आपल्या दीप्तीमध्ये निरनिराळ्या कारणानी बदल करणाऱ्या ताऱ्यांचे एक वर्गीकरण आहे. परंतु मुख्यतः ताऱ्यांच्या तापमानाचा आधार घेऊन केलेले वर्गीकरण विशेष महत्त्वाचे आहे. इंग्रजी अक्षरांच्या साहाय्याने हे वर्गीकरण दर्शविण्यात येते. या प्रकारातील काही महत्त्वाचे वर्ग पुढे दिले आहेत.

- डब्ल्यू तारे** : ५०, ००० अंश तापमान असलेले अति तप्त तारे.
ओ तारे : ३५, ००० अंश तापमान असलेले तारे.
बी तारे : तथाकथित हिलीअम तारे. यांच्या पृष्ठभागाचे तापमान २०, ००० अंशांचे जवळपास असते.
ए तारे : तथाकथित हायड्रोजन तारे कारण यांच्या वर्णपटात हायड्रोजनचे अनेक रंग आढळतात. या ताऱ्यांच्या पृष्ठभागाचे तापमान १०, ००० अंशांचे आसपास असते.
एफ तारे : या ताऱ्यांच्या वर्णपटात धातूंपासून निर्माण होणाऱ्या रंगाचे प्राबल्य असते. यांच्या पृष्ठभागाचे तापमान ८००० अंश ते ६००० अंश या मर्यादित असते.
जी तारे : शोषण केलेले अनेक रंग यांच्या वर्णपटात आढळतात. या ताऱ्यांच्या पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान ६००० अंश असते.
के तारे : रेणूंपासून निर्माण होणारे रंग आणि पट्टे यांच्या वर्णपटात दिसतात. या ताऱ्यांचे सरासरी तापमान ४५०० अंश असते.
एम तारे : धातूंपासून निर्माण होणारे अनेक रंग आणि पट्टे, हे या ताऱ्यांचे वैशिष्ट्य

आहे. यांच्या पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान ३५०० अंश असते. आपल्या सूर्याचा समावेश 'जी' वर्गातील ताऱ्यांमध्ये होतो.

७३ : द्वैती ताऱ्यांचे वर्गीकरण कसे करतात?

आपल्या आकाशगंगेतील ५० टक्क्यांपेक्षा जास्त तारे द्वैती आहेत. काही खगोलशास्त्रज्ञांच्या मतानुसार द्वैती ताऱ्यांची टक्केवारी ८० पर्यंतही असू शकेल. त्यांपैकी अनेक तारे गुणित आहेत, म्हणजेच तीन आणि त्यापेक्षा जास्त तारे परस्परांभोवती भ्रमण करीत असतात, सूर्याला सर्वांत जवळ असलेला मित्र (आल्फा सेन्टॉरी) हे ताऱ्यांचे त्रिकूट आहे. एकेकट्या ताऱ्याचे वस्तुमान निश्चित करणे फारच अवघड काम आहे. परंतु द्वैती ताऱ्यांमधील घटक ताऱ्यांचे वस्तुमान अचूकतेने निश्चित करता येते. आकाशात एकाच प्रकारचे द्वैती तारे नाहीत. त्यामुळे अशा ताऱ्यांची पुढीलप्रमाणे वर्गवारी करण्यात आली आहे.

ऑपरन्ट बायनरी (आभासी द्वैती तारे) : परस्परांशी संबंध नसलेले, पण दोन अगदी जवळ दिसणाऱ्या ताऱ्यांना ऑपरन्ट बायनरी असे म्हणतात. हे तारे आपल्या दृष्टिरेषेत (लाइन ऑफ साइट) असल्यामुळे जवळ असल्यासारखे भासतात. परस्परांशी संबंध नसलेल्या त्यांच्या आकाशातील गतीवरून ते खऱ्या अर्थाने द्वैती नसल्याचे स्पष्ट होते.

व्हिज्युअल बायनरी (दृश्य द्वैती तारे) : परस्परांशी बद्ध असलेले तारे व्हिज्युअल बायनरी या नावाने ओळखले जातात. दुर्बिणीच्या साहाय्याने त्यांना अलगपणे पाहता येते. परस्परांभोवती भ्रमण करणाऱ्या या ताऱ्यांचा आवर्तनकाळ एक वर्षांपासून कित्येक सहस्र वर्षांपर्यंत असू शकतो.

ऑस्ट्रोमेट्रिक बायनरी : दुर्बिणीतून निरीक्षण करताना एकच तारा आढळतो. परंतु अवकाशातील त्याच्या नागमोडी चालीवरून त्याला जोडीदार असल्याचे सिद्ध होते. ऑस्ट्रोमेट्रिक बायनरी म्हणून ओळखण्यात येणारे हे तारे आपल्या वस्तुमान केंद्राभोवती भ्रमण करतात.

स्पेक्ट्रोमेट्रिक बायनरी : दुर्बिणीतून पाहताना एकच तारा दिसतो. परंतु त्याच्या वर्णपटातील रेषांचे आंदोलन त्याला जोडीदार असल्याचे सिद्ध करते. स्पेक्ट्रोस्कोपिक बायनरी तारे त्यांच्या वस्तुमान केंद्राभोवती निरनिराळ्या कक्षांमध्ये भ्रमण करतात. त्यामुळे ते कधी आपल्या दिशेत, तर कधी आपल्या विरुद्ध दिशेत विचलित होतात. अशा वेळी डॉप्लर परिणामांमुळे त्यांच्या वर्णपटातील रेषांचे तांबड्या व निळ्या रंगाच्या दिशेत आंदोलन होत राहते.

स्पेक्ट्रम बायनरी : दुर्बिणीतून पाहताना दोन स्वतंत्र तारे दिसत नाहीत. परंतु, दोन

ताऱ्यांचे वर्णपट परस्परंमध्ये मिसळल्याचे स्पष्टपणे लक्षात येते. यावरून ते द्वैती असल्याचा निष्कर्ष काढता येतो.

इक्विलिप्सिंग बायनरी : परस्परंना ग्रहण लावणाऱ्या ताऱ्यांना इक्विलिप्सिंग बायनरी असे नाव आहे. त्यामुळे या द्वैती ताऱ्यांच्या भासमान प्रतीचे आवर्तन होत राहते.

■ ■

७४ : आकाशात हिरवा रंग असलेले तारे का दिसत नाहीत?

रात्रीच्या आकाशात रंगीबेरंगी ताऱ्यांचा नुसता सडा पडलेला असतो. त्यामध्ये रक्तरंगी महाराक्षसी तारे डोळ्यांचे पारणे फेडतात. निळ्या रंगाचे तप्त तारे आकाशाची शोभा खुलवितात, आणि सूर्यासारखे मध्यम तापमानाचे पिवळे तारे काळ्या आकाशाला निराळीच खुमारी आणतात. परंतु, या रंगीबेरंगी ताऱ्यांच्या गर्दीत हिरवा रंग असलेले तारे मात्र कुठेच आढळत नाहीत, हे मोठेच आश्चर्य आहे. वस्तुतः ताऱ्यांचे तापमान २००० अंश सेल्सिअसपासून १० लक्ष अंश सेल्सिअसपर्यंत कितीही असू शकते. साधारणतः १०,००० अंश सेल्सिअस तापमान असलेले तारे हिरव्या रंगाचे दिसायला हवे होते, पण या रंगाचे तारे शोधूनही सापडत नाहीत. हा दोष ताऱ्यांचा नसून आपल्या डोळ्यांच्या रचनेचा आहे.

तापमान किंवा वस्तुमान यांच्यासारखा रंग हा भौतिक गुणधर्म नाही. रंगज्ञान डोळ्यांच्या रचनेवर अवलंबून आहे. अनेक प्राण्यांना रंगज्ञान नसते. काही प्राण्यांना सर्व वस्तू काळ्या-पांढऱ्याच दिसतात. मानवी डोळ्यांमधील रंगज्ञान देणाऱ्या पेशींना 'रॉड' आणि 'कोन' अशी नावे आहेत. बुबुळाच्या मागे नेत्रपटलावर (रेटीना) या पेशींचे समूह असतात. नेत्रपेशींचा कोन हा प्रकार मेंदूला रंगज्ञान पुरवतो. दृश्य वस्तू चांगली तेजस्वी (ब्राइट) असले, तरच नेत्रपटलावरील कोन या पेशी उत्तेजित होतात. वस्तूची तेजस्विता, तिच्यावरून उत्सर्जित होणारी तरंगलांबी (वेव्ह लेन्थ) आणि या दोहोंचा एकत्रित परिणाम या गोष्टींवर कोन पेशींची उत्तेजना अवलंबून आहे. सूर्याच्या जवळपास असणारे तांबड्या रंगाचे महाराक्षसी तारेच कोन पेशींना कार्यप्रवण करू शकतात. नेत्रपेशींचा 'रॉड' हा प्रकार मेंदूला कृष्ण व धवल रंगाचे ज्ञान करून देतो. प्रकाश तेजहीन असताना 'रॉड' पेशी कार्यप्रवण होतात. आकाशातील सर्व अंधूक ताऱ्यांचे दर्शन याच पेशींमुळे आपल्याला होते. हे सर्व तारे अर्थातच पांढरे दिसतात. आपल्या डोळ्यांमधील कोन या पेशी अधिक संवेदनशील असल्या, तर आपल्याला हिरव्या रंगाचे तारेही दिसले असते.

आकाशात एकलकोंडा असलेला व १० हजार अंश सेल्सिअसच्या आसपास तापमान असलेला तारा आपल्याला हिरवा न दिसता पांढराच दिसेल. पण तोच तारा

एखाद्या रक्तवर्णी महाराक्षसी ताऱ्याच्या जवळ असता, तर तो आपल्याला हिरवट रंगाचा भासला असता. दोन रंगांमधील फरकामुळे (कॉन्ट्रास्ट) हा परिणाम निर्माण होतो. अभिजित व व्याध या दोन ताऱ्यांचे तापमान १० हजार अंश सेल्सिअसच्या आसपास असूनही ते एकलकोंडे असल्यामुळे आपल्याला पांढरेच दिसतात. ताऱ्याचे तापमान २० हजार अंश सेल्सिअसपेक्षा कितीही जास्त असले तरी तो निळसर पांढऱ्या रंगाचाच आपल्याला दिसेल. ताऱ्यांचे तापमान व त्यांचा रंग यावरून त्यांचे पुढीलप्रमाणे वर्गीकरण करण्यात आले आहे.

प्रकार	रंग	तापमान अंश केल्विन
ओ	निळा	३५,०००
बी	निळसर-पांढरा	२०,०००
ए	पांढरा	१०,०००
एफ	पीतवर्णी पांढरा	८,०००
जी	पीतवर्णी	५,०००
के	भगवा	४,०००
एम	तांबडा	३,०००

■ ■

७५ : ताऱ्यांचे नामकरण करण्याची काय पद्धत आहे?

आपल्या आकाशगंगेत २०० अब्जांच्या वर तारे आहेत. इसवी सन २००० साली साऱ्या जगाची लोकसंख्या ६ अब्जांच्या आसपास होती. अर्थात त्या वर्षी प्रत्येक व्यक्तीच्या नावासाठी एक तारा निवडला असता तरी नामकरण करण्यासाठी असंख्य तारे शिल्लक उरले असते. आपल्या नावाचा एक तारा आकाशात आहे, असा सार्थ अभिमानही प्रत्येक व्यक्तीला वाटत राहिला असता. परंतु ताऱ्यांना अशा प्रकारे नावे दिली जात नाहीत. आंतरराष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघटनाच (इन्टरनॅशनल अॅस्ट्रॉनॉमिकल युनियन) केवळ ताऱ्यांचे नामकरण करू शकते. खगोलीय वस्तूनुसार नामकरण करण्याच्या पद्धतीत थोडाथोडा बदल होतो. एखादा नवीन तारा सापडला, की अनेकदा त्याचे नामकरण तात्पुरत्या स्वरूपात केले जाते. त्याबद्दल अधिक माहिती प्राप्त झाली, की नंतरच त्या ताऱ्याला कायम स्वरूपाचे नाव मिळते.

आकाशातील एक ते तीन प्रतीपर्यंतच्या ठळक ताऱ्यांना अनेक संस्कृतींनी नावे दिली होती. शतावधी वर्षे ही नावे त्या त्या संस्कृतींमध्ये प्रचलित होती. युरोपीयन खगोलशास्त्रज्ञांनी अनेक ताऱ्यांची नावे अरब संस्कृतीमधून आत्मसात केली आहेत. मृगामधील बेटलेग्यूज (काक्षी), कालेयामधील डुभे अशी कितीतरी अरेबियन नावे

सांगता येतील. पाश्चात्यांनी काही ताऱ्यांची नावे ग्रीक संस्कृतीमधून उचलली आहेत. ध्रुव ताऱ्यासाठी पोलरिस हे नाव त्यांपैकीच आहे. प्राचीन भारतीय संस्कृतीनेही ताऱ्यांना व तारकासमूहांना नावे बहाल केली होती.

१६०३ साली बायर या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने विशिष्ट तारकासमूहातील ताऱ्यांसाठी त्यांच्या प्रतीच्या चढत्या क्रमानुसार आल्फा, बीटा, गॅमा, डेल्टा वगैरे ग्रीक मुळाक्षरांची नावे प्रथमच मुक्रर केली. कुठल्याही तारकासमूहातील आल्फा हा तारा सर्वात तेजस्वी असतो, त्यानंतर बीटा, गॅमा, डेल्टा अशी क्रमवारी लागते. तारकासमूहामधील ताऱ्यांसाठी हीच नामकरण पद्धती वर्तमानकाळातही रूढ आहे.

अधिक प्रतीच्या अंधूक ताऱ्यांना कॅटलॉगनुसार निरनिराळी नावे देण्यात आली. १८३७ साली जर्मनीमधील बॉन वेधशाळेत संकलित केलेल्या 'बॉनर दुर्गमस्तरंग' या कॅटलॉगमध्ये अंधूक ताऱ्यांच्या ९ प्रतीपर्यंत 'बीडी नंबर' देण्यात आले. स्मिथ्सोनियन अॅस्ट्रोफिजिकल ऑब्झर्वेटरीच्या कॅटलॉगमधील तारे एसएओ या आद्याक्षरांनी ओळखले जातात. हार्वर्ड कॉलेज वेधशाळेत प्रसिद्ध केलेला कॅटलॉग 'द हेन्री ड्रेपर' या नावाने ओळखला जातो. या कॅटलॉगमधील ताऱ्यांची नावे 'एचडी' या आद्याक्षरांनी सुरू होतात. त्याच्यापुढे ताऱ्याचा क्रमांक असतो. आंतरराष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघटनेने मान्यता दिलेल्या या कॅटलॉगमधील ताऱ्यांची नावे कायम स्वरूपाची आहेत.

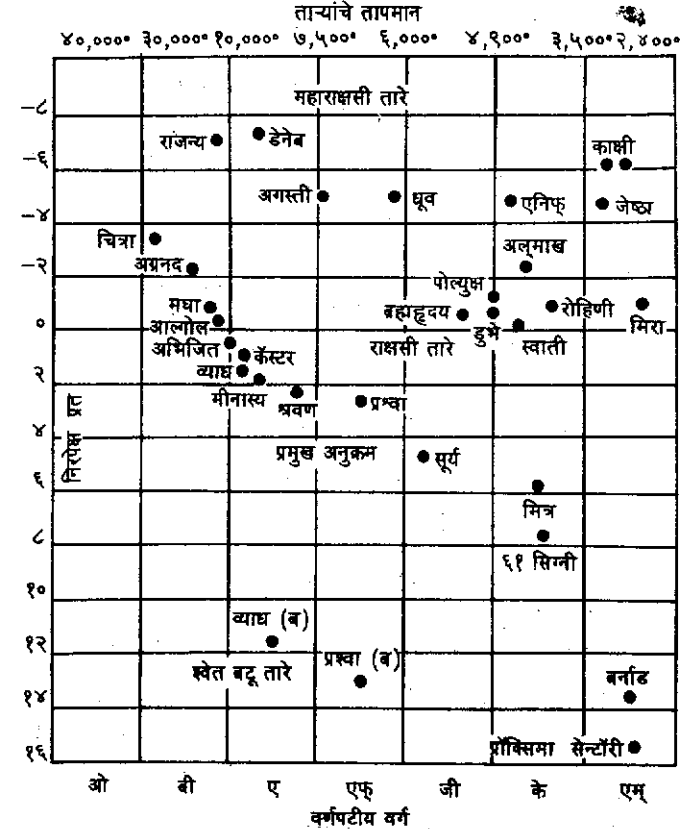
ताऱ्यांची नावे विकण्याचा एक बिनभांडवली धंदा सध्या तेजीत आहे. या धंद्यातील व्यक्ती आणि संस्था लोकांकडे ताऱ्यांचे सुंदर नकाशे पाठवून देतात. त्यामधून तुमच्या नावासाठी एखादा तारा तुम्ही निवडू शकता. स्वतःचे नाव ताऱ्याच्या स्वरूपात अजरामर होईल या हव्यासापायी कित्येक व्यक्ती भरमसाट शुल्क देऊन आपल्या नावाचा तारा विकत घेतात. 'हलवायाच्या घरावर तुळशीपत्र' अशातलाच हा प्रकार आहे. स्वित्झर्लंडमधील जिनीव्हा येथील बँकेच्या सुरक्षागृहात तुमचे नाव असलेला ताऱ्याचा कॅटलॉग सुरक्षित ठेवण्यात येईल अशी हमी या धंद्यातील लोक घेतात. परंतु अशा प्रकारे ताऱ्यांना दिलेली नावे जगातील कोणतीही सुप्रतिष्ठित वैज्ञानिक संस्था मान्य करित नाही.

काही वेळा प्लॅनेटेरिअम्स आणि म्युझियम्स पैसा उभा करण्यासाठी ताऱ्यांच्या नावांची विक्री करतात. परंतु ताऱ्याला दिलेले तुमचे नाव अधिकृत नसून देणगी मिळविण्यासाठी केलेली ती एक गंमत आहे, असे त्या संस्था ग्राहकांना आवर्जून बजावतात. याचा स्पष्ट अर्थ असा, की आपल्या स्वतःसाठी किंवा आपल्या आवडत्या व्यक्तीसाठी ताऱ्याचे नाव विकत घेण्याच्या फंदात न पडलेले बरे!



७६ : 'एच आर डायग्रॅम' म्हणजे काय?

'एच आर डायग्रॅम' हे 'हर्ट्झस्प्रिंग रसेल डायग्रॅम' याचे लघुरूपांतर आहे. हर्ट्झस्प्रिंग व रसेल ही शास्त्रज्ञांची नावे आहेत. त्यांनी अनुक्रमे १९१२ व १९१४ साली ही विशेष आकृती काढली. एच आर डायग्रॅम म्हणजे ताऱ्यांची निरपेक्ष प्रत व त्यांचे तापमान यांचा आलेख. या आलेखात २५०० ते ५०,००० अंश पृष्ठभागाचे तापमान असलेल्या सर्व ताऱ्यांचा समावेश करता येतो. या आलेखावर नुसती नजर टाकली तरी असे आढळते की, बहुतांश तारे, आलेखाच्यावर असलेल्या डाव्या कोपऱ्यापासून उजव्या बाजूच्या तळाशी असलेल्या कोपऱ्यापर्यंत एका विशिष्ट पट्ट्यात येतात. या सर्व ताऱ्यांना 'मेन सिक्वेन्स स्टार्स' असे नाव आहे. त्याचे 'मुख्य अनुक्रम तारे' असे मराठीत भाषांतर करता येईल. आपला सूर्य याच विशिष्ट पट्ट्यात आहे. एच आर डायग्रॅम वरून ताऱ्यांच्या उत्क्रांतीबद्दल अनेक निष्कर्ष काढता येतात.



मेन सिक्वेन्स ताऱ्यांशिवाय काही थोडे तारे आलेखाच्या डाव्या तळाकडील भागात आढळतात. ते सर्व श्वेत बटू तारे आहेत. तसेच मेन सिक्वेन्स ताऱ्यांच्या मध्यात जरा वर उजवीकडील तारे राक्षसी, तर त्याच्याही वर उजव्या कोपऱ्यात महाराक्षसी ताऱ्यांचे स्थान आहे.

ताऱ्याच्या जन्मानंतर जसजशी वर्षे उलटतात तसतसे एच आर आलेखातील ताऱ्याचे स्थान बदलत जाते. ताऱ्याच्या अंतर्भागातील अणुइंधनाचे ज्वलन चालू असेपर्यंत तो तारा बराचसा स्थिर आणि मेन सिक्वेन्सच्या पट्ट्यात असतो, पण अणुइंधन संपले की त्या ताऱ्याचे रूपांतर राक्षसी ताऱ्यात होते आणि त्याचे स्थान मेन सिक्वेन्स पट्ट्याच्या वर उजव्या बाजूला सरकते. काही कालावधी नंतर त्या राक्षसी ताऱ्याचा स्फोट होतो आणि त्याचे श्वेत बटूमध्ये रूपांतर होते आणि त्याचे स्थान आलेखाच्या डाव्या कोपऱ्याकडे सरकते.

एच आर आलेखावरून ताऱ्यासंबंधीची जवळ जवळ सर्व माहिती प्राप्त होऊ शकते. वेध घेऊन ताऱ्याची प्रत आपल्याला समजू शकते. ताऱ्याची प्रत माहीत असेल तर, त्याचे तापमान (पृष्ठभागाचे) काय आहे? हे साध्या सूत्राच्या साहाय्याने ठरविता येते. आणि तो तारा एच आर आलेखात एका विशिष्ट बिंदूने दर्शविता येतो. ताऱ्याचे आलेखातील स्थान निश्चित झाले की त्याची निरपेक्ष प्रत सहजपणे ज्ञात होते. निरपेक्ष प्रतीवरून ताऱ्याचे अंतर किती असेल याचा अंदाज करता येतो. ताऱ्याची निरपेक्ष प्रत आणि दीप्ती त्याच्या तापमानाच्या प्रमाणात बदलतात. तसेच दीप्ती आणि वस्तुमान यांचे गुणोत्तरावरून ताऱ्याचे किती आयुष्य शिल्लक आहे, याचाही अंदाज करता येतो. अशा प्रकारे ताऱ्यांचा अभ्यास करण्यासाठी एच आर आलेख अत्यंत महत्त्वाचा आहे.

७७ : ताऱ्याची प्रत कशी ठरवितात?

अमावास्येच्या आकाशात असंख्य तारे चमचमताना आपण पाहतो. त्यातील काही अंधूक असतात तर काही ठळक! ख्रिस्तपूर्व दुसऱ्या शतकात हिप्पार्कसने प्रथम ताऱ्यांच्या तेजाप्रमाणे त्यांची प्रत लावण्याचा प्रयत्न केला होता. अगदी ठळक दिसणाऱ्या ताऱ्यांना त्याने पहिली प्रत दिली व नुसत्या डोळ्यांनी दिसणाऱ्या अंधूक ताऱ्यांना त्याने सहाव्या प्रतीत टाकले. परंतु हिप्पार्कसच्या या वर्गवारीला तसा काही नियम नव्हता. त्यानंतर १८५६ साली नॉर्मन पॉगसन नावाच्या खगोलशास्त्रज्ञाने ताऱ्यांची प्रत निश्चित करण्यासाठी शास्त्रीय पद्धत अमलात आणली.

या पद्धतीत पहिल्या प्रतीच्या ताऱ्याकडून सहाव्या प्रतीच्या ताऱ्यापेक्षा शंभर पट प्रकाश पृथ्वीकडे येतो असे मानण्यात येते. याचा अर्थ असा की, ताऱ्यांच्या प्रतीत पाचवा फरक असेल तर त्यांच्यापासून मिळणाऱ्या प्रकाशाचे गुणोत्तर शंभराला एक

असे पडते. त्यामुळे ताऱ्यांच्या एका प्रतीच्या फरकासाठी शंभराचा एक पंचमांश घात एवढे प्रकाशाचे गुणोत्तर घ्यावे असे पॉगसन याने सुचविले. ही किंमत 2.512 इतकी येते ($100^{1/4} = 2.512$) म्हणजेच पाचव्या प्रतीचा तारा सहाव्या प्रतीच्या ताऱ्यापेक्षा 2.512 पट प्रकाश जास्त देतो. त्याचप्रमाणे चौथ्या प्रतीचा तारा पाचव्या प्रतीच्या ताऱ्यापेक्षा 2.512 पट प्रकाश जास्त देतो. अशा प्रकारे पहिल्या प्रतीच्या ताऱ्याकडून सहाव्या प्रतीच्या ताऱ्यापेक्षा $2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 = 100$, पट प्रकाश जास्त मिळायला हवा.

ताऱ्यांची प्रत मोजण्याच्या या प्रकारात, ताऱ्याची प्रत जितकी कमी तेवढे त्याचे तेज जास्त! ही प्रतवारी शून्यापाशी थांबत नाही तर त्याच्या पलीकडील ऋण किमती सुद्धा घेऊ शकते. ऋण प्रतीचे तारे अधिकाधिक तेजस्वी असतात. उदाहरणार्थ, सूर्याची प्रत आहे -26.4 , तर पौर्णिमेच्या चंद्राची प्रत आहे -12.4 . सकाळी किंवा सायंकाळी दिसणाऱ्या शुक्राची जास्तीजास्त प्रत -4 असू शकते. आकाशातील व्याध हा सर्वांत ठळक तारा -1.4 प्रतीचा आहे.

७८ : ताऱ्याची निरपेक्ष प्रत म्हणजे काय?

आकाशातील तारा अंधूक दिसण्याची दोन कारणे असू शकतात, एक तर ताऱ्याकडून फारच कमी प्रकाश प्रक्षेपित होत असावा किंवा तो फार दूर अंतरावर असला पाहिजे. अर्थातच सूर्यापेक्षा जास्त प्रकाश उत्सर्जित करणारे तारे आपल्यापेक्षा अति लांब अंतरावर असल्यामुळे अंधूक दिसतील. त्यामुळे नुसत्या प्रतीवरून ताऱ्याचे खरेखुरे तेज समजणार नाही. ते ठरविण्यासाठी दुसरी काहीतरी कसोटी शोधायला हवी तरच ताऱ्यांच्या तेजस्वितेची योग्य तुलना होऊ शकेल.

सूर्य आज आपल्यापासून एक ज्योतिषीय एकक अंतरावर आहे, तो तेथून हलविला आणि 20 लक्ष ज्योतिषीय एकक अंतरावर नेऊन ठेवला तर काय होईल? अर्थातच त्याच्यापासून आपल्याला मिळणारा प्रकाश कमी होईल व तो अंधूक दिसेल. या अंतरावरून सूर्यापासून ($1/20$ लक्ष)^३ पट कमी प्रकाश आपल्याला मिळेल. हीच किंमत आपल्याला ($1/2.512$)^{३१.५} अशीही मांडता येईल. म्हणजेच सूर्याचे तेज 31.5 प्रतींनी कमी होईल. सध्या सूर्य -26.4 प्रतीचा तारा आहे. त्यामुळे ही प्रत 31.5 प्रतींनी कमी झाली की तो पाच प्रतींच्या ताऱ्यासारखा दिसेल.

20 लक्ष ज्योतिषीय एकक हे अंतर कुठून आले असा एक प्रश्न निर्माण होईल. हे अंतर जवळ जवळ 10 पार्सेक किंवा 32.6 प्रकाशवर्षांच्या बरोबर आहे. ताऱ्याची निरपेक्ष प्रत ठरविण्यासाठी याच अंतराला प्रमाण मानण्यात येते.

कोणताही तारा 10 पार्सेक अंतरावर नेला तर किती प्रतीचा दिसेल त्या प्रतीला

ताऱ्याची निरपेक्ष प्रत असे नाव आहे.

ताऱ्यांकडून उत्सर्जित होणाऱ्या प्रकाशाची तुलना करण्यासाठी निरपेक्ष प्रतीचा उपयोग होतो. आकाशात व्याध ह्या सर्वात तेजस्वी ताऱ्याची प्रत -१.५ आहे, परंतु त्याची निरपेक्ष प्रत +१.४ होते. या उलट ज्येष्ठा हा तारा एक प्रतीचा दिसतो, पण त्याची निरपेक्ष प्रत -४.७ आहे म्हणजेच ज्येष्ठा या ताऱ्याकडून व्याधापेक्षा कितीतरी पट प्रकाश उत्सर्जित होत असला पाहिजे.

■

७९ : विश्वामध्ये कोणत्या प्रकारच्या ताऱ्यांचे प्रमाण सर्वात जास्त आहे?

ताऱ्यांचे जे काही विविध प्रकार आहेत, त्या सर्वांचे विश्वातील प्रमाण समान नाही. विश्वामध्ये रक्तवर्णी बटू ताऱ्यांचे प्रमाण सर्वात जास्त आहे. सूर्याच्या जवळपास असलेल्या ६१ ताऱ्यांपैकी ४९ रक्तवर्णी बटू तारे आहेत. परंतु रक्तवर्णी बटू तारे इतके मुबलक असूनही त्यांपैकी एकही नुसत्या डोळ्यांनी आपल्याला दिसत नाही. त्याचे कारण, रक्तवर्णी बटू तारे तेजोहीन असतात. त्यांच्या पृष्ठभागाचे तापमान ३००० अंश सेल्सिअसचे आसपास असते. याउलट सूर्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान ६००० अंश सेल्सिअस आहे. ताऱ्यांच्या तापमानाप्रमाणे केलेल्या वर्गवारीत रक्तवर्णी बटू ताऱ्यांना 'एम' वर्गातील तारे असे संबोधण्यात येते.

रक्तवर्णी बटू तारे आकारमान आणि वस्तुमान या दोन्ही दृष्टींनी लहान असतात. सर्वसाधारणपणे त्यांचे वस्तुमान सूर्याच्या एकदशांशपेक्षा जास्त, पण निम्यापेक्षा कमी असते. तेजोमेघाला ताऱ्याचे स्वरूप प्राप्त होण्यासाठी अंतर्भागात अणुइंधनाच्या ज्वलनाला प्रारंभ व्हावा लागतो, त्यासाठी कोट्यावधी अंश सेल्सिअस तापमानाची आवश्यकता असते. रक्तवर्णी बटू ताऱ्याच्या अंतर्भागातील तापमान अणुइंधनाच्या ज्वलनाची क्रिया जेमतेम चालू ठेवू शकते. अर्थातच तुलनेने रक्तवर्णी बटू ताऱ्यांचे जीवनमानही अगदी कमी असते. रक्तवर्णी बटू ताऱ्याभोवती ग्रहमाला असेल तर तेथील ग्रहांवर कधीही लख्ख प्रकाश पडणार नाही. सदोदित काळोख अशीच तेथील परिस्थिती राहिल.

सूर्याला सर्वात जवळ असलेला तारा 'आल्फा सेंटॉरी' किंवा 'मित्र' आहे असे मानण्यात येते पण वस्तुतः ते एक ताऱ्यांचे त्रिकूट आहे. त्यांपैकी 'प्रॉक्सिमा सेंटॉरी' हा सूर्याला सर्वात जवळ असलेला तारा आहे. 'प्रॉक्सिमा सेंटॉरी' हा रक्तवर्णी बटू तारा आहे. सूर्याच्या सर्वात जवळ असूनही तो आपल्याला दिसत नाही. रक्तवर्णी बटू ताऱ्यासारखा एखादा तारा आपल्याला सूर्य म्हणून लाभला असता तर पृथ्वीवर जीवसृष्टी निर्माण होण्याची शक्यताच नव्हती.

■

८० : 'ब्राउन ड्वार्फ' या कशा प्रकारच्या खगोलीय वस्तू आहेत?

आकाशात किती प्रकारचे तारे असावेत याला काही मर्यादा नाही. राक्षसी, महाराक्षसी, श्वेत खुजे, अति तप्त, रूपविकारी, द्वैती, अतिवृद्ध, अति तरुण, नव, अतिनव, न्यूट्रॉन असे अनेक प्रकारचे तारे आकाशात आढळतात. परंतु 'तारा' या पदवीला न पोहोचलेल्या आणि गुरुपेक्षा कित्येक पट मोठ्या अशाही अनेक वस्तू आकाशात आहेत. या वस्तूंना तारा ही संज्ञा देता येत नाही. तसेच त्यांना ग्रह या वर्गातही ढकलता येत नाही, अशा खगोलीय वस्तूंना 'ब्राऊन ड्वार्फ' अशी संज्ञा देण्यात येते.

'पुरेसे वस्तुमान असल्यामुळे आपल्या केंद्रात आण्विक प्रक्रियेने ऊर्जा निर्माण करणारी खगोलीय वस्तू', अशी ताऱ्याची व्याख्या केली जाते. समजा, वर्तमान काळी तशा प्रक्रियेने ऊर्जा उत्पन्न होत नसली, तरी त्या वस्तूसाठी तारा हीच संज्ञा वापरली जाते. म्हणूनच रक्तवर्णी राक्षसी, श्वेत खुजे, न्यूट्रॉन यांची ताऱ्यांमध्येच गणना होते. आण्विक ऊर्जा निर्माण करण्याइतपत वस्तुमान एकत्र आले आहे की नाही यालाच अधिक महत्त्व आहे.

अंतर्भागात आण्विक ऊर्जा निर्माण होण्यासाठी कोणत्याही खगोलीय वस्तूचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या किमान आठ शतांश (०.०८) असावे लागते. हे किमान वस्तुमान गुरुच्या ७० पट आहे. 'रॉस ६१४' नावाच्या एका खुजाचे वस्तुमान जवळजवळ तेवढेच आहे. या विशिष्ट मर्यादेच्या आत परंतु सूर्याच्या तीन शतांश (०.३) पेक्षा जास्त वस्तुमान असलेल्या खगोलीय वस्तूंना 'ब्राउन ड्वार्फ' या नावाने ओळखण्यात येते. ब्राउन ड्वार्फ सामान्य ग्रहांपेक्षा फारच मोठे असल्यामुळे ते ग्रह नाहीत आणि मध्यम प्रतीच्या ताऱ्यांपेक्षा फारच लहान असल्यामुळे ते तारे नाहीत. ग्रह आणि तारे यांच्यामधील वस्तू म्हणजे ब्राउन ड्वार्फ!

ब्राउन ड्वार्फ गुरुपेक्षा कित्येक पटींनी मोठे असले, तरी त्यांचा व्यास १ लक्ष ५० हजार किलोमीटरच्या आसपास असतो. गुरुचा व्यास १ लक्ष ४२ हजार किलोमीटर आहे ब्राऊन ड्वार्फच्या अंतर्भागात गुरुप्रमाणेच 'मेटॅलिक हायड्रोजनचे' अस्तित्त्व असले पाहिजे. ब्राउन ड्वार्फची घनता गुरुपेक्षा जास्त असल्यामुळे त्यांच्या अंतर्भागात गुरुत्वाकर्षणामुळे ऊष्णता निर्माण होते. त्यामुळे त्यांच्या पृष्ठभागाचे तापमान सातशे-साडेसातशे अंश सेल्सिअस असू शकते. गुरुच्या पृष्ठभागाचे तापमान शून्याच्या खाली १७५ अंश सेल्सिअस आहे.

ताऱ्याप्रमाणेच तेजोमेघाचे आकुंचन होऊन ब्राऊन ड्वार्फ निर्माण होत असावेत. परंतु प्रारंभीच्या तेजोमेघाचे वस्तुमान लहान असल्यामुळे आकुंचनानंतर अंतर्भागातील तापमान आण्विक प्रक्रिया सुरू करण्याइतपत उच्च होत नसावे. कदाचित् अत्यल्प काळासाठी आण्विक ऊर्जा मुक्त होत असावी, पण लवकरच ही प्रक्रिया संपुष्टात येत असली पाहिजे. प्रारंभी थोडेसे तापमान वाढून पुढे कोट्यवधी वर्षे ब्राऊन ड्वार्फचे तापमान कमी-कमी होत असावे.

ब्राउन ड्वार्फचे तापमान फारच कमी असल्यामुळे त्यांचा शोध घेणे हे कष्टाचे काम आहे. परंतु आपल्या आकाशगंगेत कोट्यवधींच्या संख्येत ब्राउन ड्वार्फ असण्याची शक्यता आहे. आकाशगंगेतील बरेचसे वस्तुमान सापडत नाही. त्यांपैकी काही वस्तुमान ब्राउन ड्वार्फच्या स्वरूपात असू शकेल.

■ ■

८१ : सूर्याची वैशिष्ट्ये काय आहेत?

सूर्य हा आपल्या आकाशगंगेतील एक सामान्य दर्जाचा तारा आहे. आकाशात आढळणाऱ्या राक्षसी किंवा बटू ताऱ्यांत त्याची गणना होत नाही. सूर्याचा जन्म होऊन पाच अब्ज वर्षे लोटली, अजून पाच अब्ज वर्षे त्याला मरण नाही. असे दीर्घ आयुष्य असलेल्या ताऱ्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या ग्रहांपैकी, पृथ्वीसारख्या एखाद्या ग्रहावर जीवसृष्टी निर्माण होऊ शकते. सूर्याचा गाभा ७० हजार किलोमीटर त्रिज्येचा असावा असा एक अंदाज आहे. तेथील तापमान १.५ कोटी सेल्सिअसच्या दरम्यान असावे. इतक्या उच्च तापमानातच हायड्रोजनच्या अणुकेंद्र संमीलनाची क्रिया शक्य होते. या अणुइंधनाच्या ज्वलनातूनच हिलीअमची निर्मिती होत असते. सूर्याच्या अंतर्भागात दर सेकंदाला सुमारे ६३ कोटी टन हायड्रोजनचे ज्वलन होते. किंवा प्रतिसेकंदाला ४६ लक्ष टन वस्तूचा नाश होत असतो. इतके असूनही पाच अब्ज वर्षांनंतर सूर्यामध्ये ९४.३ टक्के हायड्रोजन आणि ५.६ टक्के हिलीअम असे प्रमाण शिल्लक आहे. या प्रमाणावरून सूर्य हा हायड्रोजनचा एक अतिशय तप्त आणि विशाल गोल आहे असे म्हणायला हरकत नाही.

सूर्य स्वतःभोवती २४ दिवस आणि १६ तासांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. परंतु तो वायूचा प्रचंड गोल असल्यामुळे त्याच्या परिभ्रमणाचा वेग सर्वत्र सारखा नाही. विषुववृत्तावरील वेग सर्वांत जास्त असून, तो उत्तर आणि दक्षिण दिशेत कमी कमी होत जातो. सूर्याच्या स्वांगभ्रमणाचा अक्षही लंबरूप नसून सुमारे ७ अंशांतून कललेला आहे. पृथ्वीच्या तुलनेत सूर्याचा आकार इतका अवाढव्य आहे की त्याच्या व्यासावर पृथ्वीसारखे १०९ ग्रह एकापुढे एक असे ठेवता येतील, तरीही थोडी जागा शिल्लक राहिल. अर्थातच सूर्याचे वस्तुमानही प्रचंड असणार हे उघड आहे, पृथ्वीसारख्या ३ लक्ष ३३ हजार ४ शें ग्रहांबरोबर त्याचे वस्तुमान तोलावे लागेल.

सूर्याच्या वातावरणाचे तीन विभाग करण्यात येतात, त्यांची नावे फोटोस्फिअर, क्रोमोस्फिअर आणि कोरोना अशी आहेत. सूर्यप्रकाश, ही फोटोस्फिअरची आपल्याला मिळालेली देणगी आहे. या विभागाचे सरासरी तापमान ६००० अंश सेल्सिअस असून त्याची रुंदी सुमारे ५००० किलोमीटर आहे. फोटोस्फिअरच्या बाहेर क्रोमोस्फिअर हा विभाग आहे. ग्रहणाच्या वेळी अगदी अल्प वेळ दिसणारा तांबडा प्रकाश या भागात

निर्माण होतो. क्रोमोस्फिअरचे तापमान ४५०० अंशांपासून वाढत वाढत, ५ लक्ष अंश सेल्सिअसपर्यंत पोहोचते. सुमारे १० हजार किलोमीटर रुंदी असलेल्या क्रोमोस्फिअरच्या तापमानात इतका विलक्षण फरक पडतो. सूर्याच्या वातावरणाच्या सर्वांत बाहेरच्या भागाला कोरोना किंवा किरिट असे नाव आहे. सूर्याचे हे किरिट नुसत्या डोळ्यांनी दिसत नाही, पण खग्रास सूर्यग्रहणाचे काळात त्याचे अस्तित्व प्रकर्षाने लक्षात येते. कोरोना सूर्यबिंबापासून लक्षावधी किलोमीटर दूरपर्यंत पसरलेला असतो आणि त्याचेच पुढे सौरवातामध्ये रूपांतर होते.

■ ■

८२ : सूर्यावरील ऊर्जा निर्मितीचे प्रमाण काय आहे?

आज ना उद्या सूर्याचा अंत होणार ही काळ्या दगडावरील रेष आहे, पण तो अजून किती वर्षे जगेल आणि पृथ्वीला प्रकाश पुरवित राहिल याची जिज्ञासा असणे स्वाभाविक आहे. सापेक्षतेच्या सिद्धान्ताचा महत्त्वाचा निष्कर्ष असा आहे की, वस्तूचे ऊर्जेत रूपांतर होऊ शकते. आइन्स्टाइन यांच्या सुप्रसिद्ध सूत्रप्रमाणे, वस्तुमान गुणिले प्रकाशाच्या गतीचा वर्ग, म्हणजे त्या वस्तूपासून निर्माण होणारी ऊर्जा! या एकाच सूत्रावरून सूर्याच्या वयाचा अंदाज करता येणे शक्य आहे. आज ज्या गतीने सूर्य ऊर्जेचे प्रक्षेपण करतो, त्यावरून असे लक्षात येते की, सूर्यावर प्रति सेकंदाला ४६ लक्ष टन वस्तूचे ऊर्जेत रूपांतर होत असले पाहिजे. अर्थातच प्रति सेकंदाला सूर्य तेवढेच वस्तुमान गमावतो. अणुकेंद्र संमीलनाची प्रक्रिया हाच सूर्याच्या तेजाचा प्रमुख स्रोत आहे.

कार्बन-१२ या मूलद्रव्याच्या संदर्भात अन्य मूलद्रव्यांचे वस्तुमान मोजण्याची प्रथा आहे. या पद्धतीनुसार एका प्रोटॉनचे वस्तुमान आहे १.००७२७५ आणि न्यूट्रॉनचे वस्तुमान आहे १.००८६६४. हिलीअमचे अणुकेंद्र निर्माण होण्यासाठी दोन प्रोटॉन व दोन न्यूट्रॉन कण एकत्र यावे लागतात, आणि या चार कणांचे एकत्र वस्तुमान आहे ४.०३१८७८; पण हिलीअमच्या अणुकेंद्राचे वस्तुमान ४.००१४० असते. म्हणजेच या दोन वस्तुमानांत ०.२९३ एककाचा फरक पडतो. एवढ्याच वस्तुमानाचा नाश होऊन त्याचे ऊर्जेत रूपांतर होते. हे वस्तुमान संपूर्ण वस्तुमानाच्या केवळ ०.७३ टक्के आहे.

सध्या सूर्य ज्या गतीने ऊर्जेचे प्रक्षेपण करतो ती गती टिकविण्यासाठी प्रति सेकंदाला ४६ लक्ष टन वस्तूचे ऊर्जेत रूपांतर व्हायला हवे. प्रत्येक हिलीअम अणुकेंद्राच्या निर्मितीसाठी ०.७३ टक्के वस्तुमानाचा नाश व्हावा लागतो. त्यामुळे ४६ लक्ष टन वस्तूचे ऊर्जेत रूपांतर होण्यासाठी प्रति सेकंदाला ६३ कोटी टन हायड्रोजनचे ज्वलन होऊन त्याचे हिलीअममध्ये रूपांतर व्हावे लागेल. हे वस्तुमान फार प्रचंड आहे असे आपल्याला वाटेले; पण सूर्याच्या वस्तुमानाच्या तुलनेत ते अगदी नगण्य आहे.

सूर्याचे वस्तुमान 2×10^{33} ग्रॅम किंवा 2×10^{30} मेट्रिक टन आहे. प्रति सेकंदाला सुमारे 6×10^6 टन हायड्रोजनचे हिलीअममध्ये रूपांतर होते. म्हणजेच प्रत्येक वर्षी सूर्यावरील 2×10^{16} टन हायड्रोजन जळतो. याच हिशोबाने एक सहस्र वर्षांत 2×10^{19} टन हायड्रोजन जळेल; 10 लक्ष वर्षांत 2×10^{22} टन; आणि 10 अब्ज वर्षे हायड्रोजनचे ज्वलन होऊनही 2×10^{26} टन इंधन वापरले जाईल. हे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या एक दशांश आहे. याचा अर्थ असा की, सुमारे 10 अब्ज वर्षांनी हायड्रोजन व हिलीअम यांच्या प्रमाणात लक्षणीय फरक पडेल आणि त्यानंतर मात्र सूर्याच्या स्वरूपात झपाट्याने बदल होऊन त्याची रक्तरंगी राक्षसी जीवनाकडे वाटचाल सुरू होईल.

■ ■

८३ : सूर्याच्या आयुर्मानाचा अंदाज कशा प्रकारे करतात?

सूर्याचे आयुर्मान 10 अब्ज वर्षे असावे असा अंदाज करण्यात आला आहे. त्यापैकी सुमारे 5 अब्ज वर्षांचे आयुष्य सूर्याने व्यतीत केले आहे. अजून सुमारे 5 अब्ज वर्षांनी सूर्य मृत्युपंथाला लागेल.

सूर्यावरून प्रती सेकंदाला 4×10^{23} अर्ग एवढी प्रचंड ऊर्जा अवकाशात उत्सर्जित होत असते. यालाच सूर्याची दीप्ती (ल्युमिनॉसिटी) असे नाव आहे. निराळ्या शब्दांत सांगायचे झाल्यास सूर्य प्रति सेकंदाला 4×10^{23} अर्ग ऊर्जा गमावतो. यावरून प्रतिवर्षी सूर्यावरून किती ऊर्जा उत्सर्जित होते याचे गणित करता येईल.

$$\begin{aligned} \text{प्रतिवर्षी सूर्यावरून उत्सर्जित होणारी ऊर्जा} &= 4 \times 10^{23} \times 365.25 \times 24 \times 3600 \\ &= 1.26 \times 10^{28} \text{ अर्ग} \end{aligned}$$

सूर्यावरून उत्सर्जित होणारी ही ऊर्जा त्याच्या अंतर्भागात आण्विक प्रक्रियेने निर्माण होत असते. अंतर्भागात असलेल्या सुमारे 1.5 कोटी अंश केल्व्हिन तापमानात हायड्रोजनचे सतत हिलीअममध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेत हायड्रोजन अणुकेंद्राच्या म्हणजेच प्रोटॉनच्या 0.0007 वस्तुमानाचा नाश होतो. आइन्स्टाइन यांच्या सूत्रानुसार या नष्ट होणाऱ्या वस्तूचेच ऊर्जेत रूपांतर होते. परंतु सूर्याच्या एकंदर वस्तुमानाच्या केवळ एक दशांश एवढेच वस्तुमान या आण्विक प्रक्रियेसाठी उपलब्ध आहे. कारण अंतर्भागाच्या बाहेर तापमान झपाट्याने उतरत असल्यामुळे बाह्यभागात आण्विक प्रक्रिया शक्य होत नाही.

सूर्याचे एकंदर वस्तुमान 2×10^{33} ग्रॅम आहे. या वस्तुमानाच्या दहा टक्के म्हणजे 0.2×10^{33} ग्रॅम. हिलीअममध्ये रूपांतर होऊ शकणाऱ्या सर्व हायड्रोजन अणुकेंद्रांचे हे वस्तुमान आहे. त्यापैकी फक्त 0.0007 वस्तुमानाचा नाश होतो. यावरून सूर्याजवळ

उपलब्ध असलेल्या एकंदर ऊर्जेचा अंदाज करता येईल. आइन्स्टाइन यांच्या सूत्रानुसार सूर्याजवळ एकंदर उपलब्ध असलेली ऊर्जा

$$\begin{aligned} &= 0.0007 \times 2 \times 10^{33} \text{ ग्रॅम} \times (3 \times 10^{10} \text{ सेमी/से.})^2 \\ &= 1.26 \times 10^{41} \text{ अर्ग} \end{aligned}$$

यातील 1.26×10^{28} अर्ग एवढी ऊर्जा सूर्य दर वर्षी गमावतो यावरून सूर्याचे आयुर्मान $= 1.26 \times 10^{41} / 1.26 \times 10^{28} = 10^{13}$ वर्षे $= 10$ अब्ज वर्षे म्हणजेच सूर्याचे आयुर्मान 10 अब्ज वर्षे असावे.

■ ■

८४ : सौरवात म्हणजे काय?

सूर्याच्या तप्त पृष्ठभागावरून मुख्यतः प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन हे विद्युत्भारित कण अवकाशात सर्व दिशांना सतत प्रक्षेपित होत असतात. या कणांची गती प्रति सेकंदाला 350 ते 400 किलोमीटर म्हणजे प्रति तासाला 12 लक्ष 60 हजार ते 24 लक्ष 60 हजार किलोमीटर इतकी विलक्षण असते. या विद्युत्भारित कणांच्या गतिमान प्रवाहालाच सौरवात असे नाव आहे. सूर्यापासून सर्व दिशांना जाणारा गतिमान कणांचा हा प्रवाह, सुमारे 100 ज्योतिषीय एकक अंतर कापल्यावर कणांची गती फार कमी झाल्यामुळे अवकाशात लुप्त होतो. त्या ठिकाणी अवकाशात असलेले वायुकण सौरवातामधील इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन यांना शोषून टाकतात.

सौरवाताचा प्रमुख दृश्य परिणाम म्हणजे धूमकेतूची लांबच लांब शेपटी. सौरवातामुळे धूमकेतूच्या पृष्ठभागावर असलेले धनरूप पदार्थ वितळून त्यांचे वायूच्या रेणूंमध्ये रूपांतर होते. सौरवात या रेणूंना आपल्याबरोबर खेचून नेतो. त्यामुळेच धूमकेतूची लांबलचक शेपटी सूर्याच्या विरुद्ध दिशेत आपल्याला पहायला मिळते. वस्तुतः ती धूमकेतूवरील अनेक लहान-मोठ्या विरळ रेणूंचीच बनलेली असते. अर्थातच कालांतराने हे रेणू अवकाशात निघून जातात. अशा रीतीने सूर्याला वारंवार भेट देणाऱ्या धूमकेतूंचे वस्तुमान हळूहळू कमी होत जाते आणि काही काळाने तो धूमकेतूही नष्ट होतो.

सौरवाताचा दुसरा परिणाम उत्तर व दक्षिण ध्रुव प्रदेशात पहायला सापडतो. नाट्यगृहातील प्रखर प्रकाशात ज्याप्रमाणे मखमलीचा पडदा झळझळताना दिसतो, तसाच परंतु अंतराळात तरंगणारा एक विशाल पडदा आकाशात जणूकाही झळझळत आहे असा आपल्याला भास होतो. पृथ्वीच्या चुंबकीय उत्तर, दक्षिण ध्रुवांच्या दिशेत सौरवात भर वेगाने पृथ्वीच्या वातावरणात प्रवेश करतो आणि वातावरणातील रेणूंवर आघात करून त्यांचे विद्युत्भारित कणांत रूपांतर करतो, त्यामुळेच आकाशात एखादा विशाल मखमलीचा पडदा झळझळतो आहे असे दृश्य आपल्याला दिसते. वस्तुतः तो

विद्युत्भारित रेणूंनी प्रक्षेपित केलेला प्रकाश असतो. या विलक्षण प्रकारालाच अरोरा असे नाव आहे.

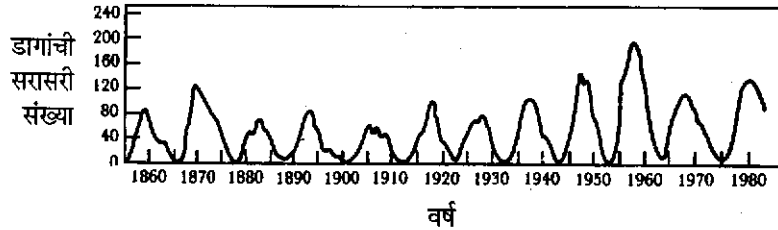
■ ■

८५ : सौर डागांचे एकादशवर्षीय चक्र काय आहे?

सूर्याच्या पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान सुमारे ६००० अंश सेल्सिअस आहे, पण काही ठिकाणी तापमान तुलनेने कमी म्हणजे साधारण ४००० अंश सेल्सिअस असते. ज्या क्षेत्रातील तापमान सभोवार असलेल्या तापमानापेक्षा कमी असते, ती क्षेत्रे पृथ्वीवरून पाहताना काळपट दिसतात. सौर डाग ते हेच.

सौरडागांचे आयुष्य काही तासांपासून काही महिन्यांपर्यंत असू शकते. त्यानंतर ते नष्ट होतात. बहुतांश डाग एका दिवसाच्या आत नाहीसे होतात. एका बाजूला डाग नष्ट होत असले तरी दुसऱ्या बाजूला नवनवीन डागांची उत्पत्ती होत असते. सर्वसाधारण काळ्या डागाचा व्यास १५०० किलोमीटर असतो, पण काही काळे डाग पृथ्वीच्या व्यासापेक्षाही मोठे असतात. क्वचित केव्हातरी काही काळ्या डागांचा व्यास ५००० किलोमीटर पर्यंत पोहोचलेला आहे. बहुतेक वेळा डागांचे गट असल्याचे आढळून येते. एका गटात दोनपासून वीसपर्यंत डाग असू शकतात. निर्माण झालेले डाग सूर्याच्या स्वांगभ्रमणामुळे त्याच्या बिंबावर सरकत सरकत दिसेनासे होतात.

सौर डागांचे सर्वांत महत्त्वाचे वैशिष्ट्य आहे त्यांचे 'एकादशवर्षीय चक्र'.



साधारण ११.१ वर्षांनी सौरडागांची संख्या जास्तीजास्त होते. अशा वेळी सूर्यबिंबावर एकाच वेळी १०० च्या वर काळे डाग आढळतात. हे सर्व डाग सूर्याच्या ५ अंश ते ४० अंश उत्तर आणि दक्षिण अक्षांशांपर्यंत पसरलेले असतात. या मर्यादांच्या पलीकडे साधारणपणे सौर डाग उत्पन्न होत नाहीत. एकादशवर्षीय चक्र अचूकपणे पाळले जातेच असे नाही. डागांची उच्चतम संख्या आठ ते सतरा वर्षांच्या अंतरात बदल्याचे आढळले आहे.

सौर डागांची संख्या उच्चतम असताना पृथ्वीवर काही दृश्य बदल होतात. चुंबकीय

वादळ हे त्याचे प्रमुख लक्षण आहे. रेडियो आणि दूरदर्शनावर त्याचा चांगलाच परिणाम होतो. एकादशवर्षीय चक्राच्या अंतर्गत एक बावीस वर्षांचे चक्र आहे. सुमारे ११ वर्षांनंतर सौर डागांची संख्या कमी होऊ लागली की सूर्याचे चुंबकत्वही विरुद्ध दिशेत बदलते. पुन्हा ११ वर्षांनी सौर डागांची संख्या उच्चतम होते. अशा प्रकारे प्रत्यक्षात सौर डागांचे चक्र सुमारे २२ वर्षांचे असते.

■ ■

८६ : 'सोलर न्यूट्रिनो प्रॉब्लेम' काय आहे?

सूर्याच्या पृष्ठभागावरून उत्सर्जित होणाऱ्या फोटॉन कणांद्वारे आपल्याला त्याच्या स्वरूपाची थोडीफार माहिती झाली आहे. पण सूर्याच्या अंतर्भागाबद्दल आपण बरेचसे अनभिज्ञ आहोत. याचे कारण असे, की अंतर्भागात निर्माण होणारे बहुतांश फोटॉन तेथेच शोषले जातात. त्यातून जे शिल्लक राहतात त्यांना अंतर्भागातून पृष्ठभागापर्यंत पोहोचायला सुमारे एक कोटी वर्षे लागतात.

सूर्याच्या अंतर्भागाचा अभ्यास करण्यासाठी न्यूट्रिनो कणांचा उपयोग होऊ शकतो. अंतर्भागात निर्माण होणारे हे असंख्य कण कोणताही अडथळा न येता प्रकाशाच्या वेगाने सूर्याच्या पृष्ठभागापर्यंत सहजतेने येऊन पोहोचतात व तेथून केवळ ८.५ मिनिटांत ते पृथ्वीपर्यंत मजल मारतात. सैद्धान्तिक दृष्ट्या सूर्याच्या अंतर्भागात प्रति सेकंदाला एका विशिष्ट संख्येत न्यूट्रिनो कण निर्माण व्हायला हवेत. तसेच पृथ्वीवर ते एका विशिष्ट संख्येत येऊन पोहोचायला हवेत. पृथ्वीवर मोजमापे करून न्यूट्रिनो कणांची ही संख्या ताडून पाहता येईल. प्रयोगाने मिळणारी ही संख्या योग्य असेल, तर सूर्याच्या अंतर्भागाच्या स्वरूपाचा सिद्धान्तही बरोबर ठरेल.

सूर्याच्या अंतर्भागातील प्रक्रियेतून दोन प्रकारचे न्यूट्रिनो कण निर्माण होतात. एका प्रक्रियेतील न्यूट्रिनो कणांची ऊर्जा तुलनेने कमी असते, तर दुसऱ्या प्रक्रियेतील न्यूट्रिनो कण अत्यंत ऊर्जाशील असतात. ह्याच न्यूट्रिनो कणांची पृथ्वीवर नोंद घेणे शक्य आहे. त्यासाठी क्लोरीन-३७ हा क्लोरिनचा समस्थानीय वापरला जातो. या समस्थानीयावर न्यूट्रिनो कणांचा आघात होऊन त्यामधून ऑर्गॉन-३७ हा किरणोत्सर्गी वायू निर्माण होतो. या वायूचा न्हास संवेदकांच्या साहाय्याने नोंदविता येतो.

पृथ्वीच्या वातावरणातील अत्यंत ऊर्जाशील मूलकण व वैश्विक किरण यांच्यामुळेही क्लोरीनमध्ये ऑर्गॉन-३७ हा वायू निर्माण होऊ शकतो. हा परिणाम टाळण्यासाठी क्लोरीनने भरलेली टाकी जमिनीत खोलवर बसविली जाते. अमेरिकेतील साउथ ड्याकोटा संस्थानात अशी एक टाकी भूपृष्ठाखाली १.५ किलोमीटर अंतरावर एका सोन्याच्या खाणीत बसविली आहे. इतक्या खोलीवर सभोवारच्या प्रस्तरांमधील किरणोत्सर्गी द्रव्ये क्लोरीनवर परिणाम करू शकतात, त्यामुळे क्लोरीनची टाकी एका मोठ्या पाण्याच्या

टाकीत ठेवण्यात आली आहे.

‘सोलर न्यूट्रिनो युनिट्स’ या एककात सूर्यावरून येणाऱ्या न्यूट्रिनो कणांचे मोजमाप केले जाते. सूर्याच्या रचनेचा आज जो मान्यताप्राप्त सिद्धान्त आहे, त्यानुसार ६ सोलर न्यूट्रिनो युनिट्स एवढे न्यूट्रिनो कण पृथ्वीपर्यंत पोहोचायला हवेत. प्रत्यक्षात केवळ एक ते दोन सोलर न्यूट्रिनो युनिट्स एवढेच कण पृथ्वीवर पोहोचतात. अर्थात सिद्धान्त आणि प्रत्यक्ष मोजमाप यांमध्ये बरीच तफावत आहे. ‘सोलर न्यूट्रिनो प्रॉब्लेम’ ते हाच!

सोलर न्यूट्रिनो प्रश्नाची सोडवणूक करण्यासाठी अनेकानेक पर्याय सुचविण्यात आले, ते असे,

- ❑ सूर्याच्या रचनेचा आज जो सर्वमान्य सिद्धान्त आहे त्यामध्ये काही महत्त्वाच्या त्रुटी असाव्यात.
- ❑ सूर्याच्या ऊर्जा निर्मितीचे चक्र असावे. काही काळ सरासरीपेक्षा जास्त, तर काही काळ कमी ऊर्जा सूर्याच्या अंतर्भागात निर्माण होत असावी.
- ❑ न्यूट्रिनो कणांच्या गुणधर्माची आपल्याला नीटशी माहिती झालेली नाही. इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनो, टॉ न्यूट्रिनो व म्युऑन न्यूट्रिनो असे न्यूट्रिनो कणांचे तीन प्रकार आहेत. ते आपले स्वरूप बदलू शकतात. आपला प्रयोग इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनोवर बेतलेला आहे. सूर्यावरून पृथ्वीवर येत असताना त्यांपैकी काही आपले स्वरूप बदलत असतील तर त्यांची नोंद प्रयोगात होणार नाही.
- ❑ सूर्याच्या अंतर्भागात एक लहान आकाराचे कृष्णविवर असावे.

■ ■

८७ : ‘गॉन्ग’ प्रकल्प काय आहे?

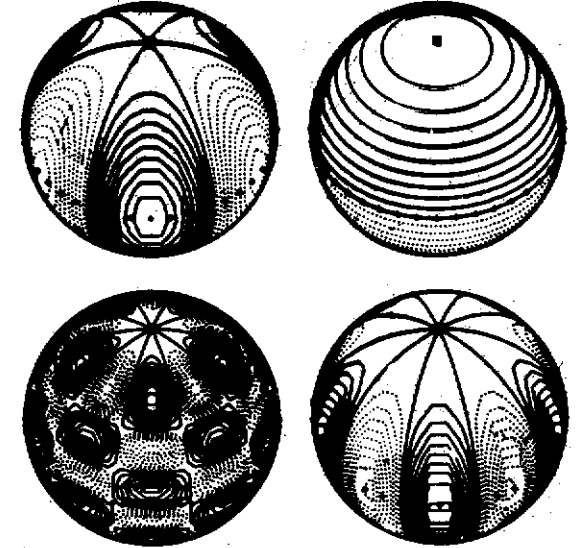
पूर्ण गोलाकार आणि पांढराशुभ्र भासणारा सूर्य परिपूर्णतेचा आदर्श नमुना आहे, असा प्राचीन ग्रीक संस्कृतीचा समज होता. परंतु वस्तुस्थिती मात्र अगदीच वेगळी आहे. एक तर सूर्य परिपूर्ण गोलाकृती नाही. त्याचे परिवलन सर्वत्र सारखे नाही. दर अकरा वर्षांनी त्याच्या मुखमंडलावर काळ्या डागांची एकच गर्दी उडते. याचा अर्थ सूर्य परिपूर्णतेच्या संकल्पनेपासून फारच दूर आहे. विसाव्या शतकात सूर्याच्या परिपूर्णतेच्या कल्पनेला आणखी एक तडा गेला. सूर्याच्या पृष्ठभागाला अनेक ठिकाणी चक्क भूकंपासारखेच धक्के बसतात. म्हणजेच विविध ठिकाणी सूर्याचा पृष्ठभाग वरखाली उसळत असतो. पृथ्वीवरील भूकंपशास्त्राला सिस्मॉलॉजी असे नाव आहे. त्याच धर्तीवर सूर्यावरील भूकंपशास्त्राला शास्त्रज्ञांनी ‘हिलियोसिस्मॉलॉजी’ असे नाव दिले आहे.

पृथ्वीवरील भूकंपांच्या साहाय्याने तिच्या अंतर्भागाचा अभ्यास करता येतो. त्याचप्रमाणे सूर्यावरील भूकंप त्याच्या अंतर्भागाची माहिती करून देतील असा शास्त्रज्ञांना विश्वास वाटतो. याचे कारण असे, की पृथ्वी किंवा सूर्यावरील भूकंपलहरी अंतर्भागातील विविध

स्तरांमधून प्रवास करून पृष्ठभागाशी पुन्हा पुन्हा परावर्तित होत असतात. सूर्यामधील भूकंपलहरींच्या साहाय्याने त्यांच्या अंतर्भागाची रचना शोधून काढणे शक्य आहे. परंतु त्यासाठी सूर्यावर उमटणाऱ्या थरथराटांचे २४ तास निरीक्षण करणे आवश्यक आहे. यासाठी शास्त्रज्ञांनी जगभर ठिकठिकाणी सूर्यावरील थरथराटाची नोंद घेणारी एक व्यवस्था निर्माण केली आहे, ती ‘गॉन्ग’ या नावाने ओळखली जाते.

‘दी ग्लोबल ऑस्सिलेशन नेटवर्क ग्रुप’ असे या प्रकल्पाचे मूळ नाव असून ‘गॉन्ग’ हे त्या शब्दाचे लघुरूपांतर आहे. १९९५ साली ‘गॉन्ग’ प्रणाली पूर्ण कार्यान्वित झाली. जगातील एकंदर सहा निरीक्षण स्थळे या व्यवस्थेच्या अंतर्गत परस्परांशी जोडलेली आहेत. कॅलिफोर्निया, हवाई, ऑस्ट्रेलिया, भारत, कॅनरी आयलंड्स, आणि चिली अशी ही सहा स्थाने आहेत. त्यांपैकी किमान दोन निरीक्षण स्थाने सतत सूर्याशी संपर्क ठेवून असतात.

सूर्याच्या पृष्ठावरील विशिष्ट स्थान केवळ ५ मिनिटांत ७० किलोमीटर अंतरामधून वर खाली सरकू शकते. त्यामुळे त्या स्थानावरून उत्सर्जित होणाऱ्या प्रकाशकिरणांच्या तरंगलांबीत थोडासा फरक निर्माण होतो. त्याचा परिणाम म्हणून प्रकाशकिरणांच्या रंगामध्ये सूक्ष्म बदल होतो. विशिष्ट स्थान वर उचलले गेले, तर त्या स्थानाच्या स्थिरस्थितीच्या संदर्भात उत्सर्जित होणारा प्रकाशकिरण निळ्या रंगाकडे सरकतो व ते खाली गेले, की प्रकाशाचा रंग तांबड्या रंगाकडे सरकतो.



सूर्याची स्पंदने

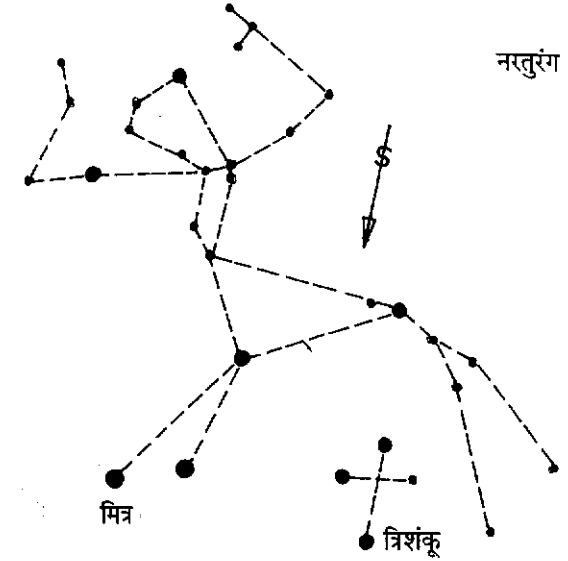
सूर्यावरील भूकंप लहरी अंतर्भागात जसजशा परावर्तित होत जातात, तसतशी नवनवीन स्थाने वर खाली होतात. याचा अर्थ सूर्याच्या अंतर्भागाचा अभ्यास करण्यासाठी वरखाली होणाऱ्या अनेक स्थानांवर एकाच वेळी लक्ष ठेवणे आवश्यक आहे. गॉन्ग प्रकल्पाच्या अंतर्गत सूर्याच्या पृष्ठभागावरील एक कोटी स्थानांवर एकाच वेळी लक्ष ठेवता येते.

सूर्याचे परिवलन सर्वत्र सारखे नाही. त्याच्या विषुववृत्तावरील प्रदेश २४ दिवसांत एक परिवलन पूर्ण करतो, तर ध्रुव प्रदेशात एका परिवलनासाठी सुमारे ३० दिवस लागतात. ही गोष्ट फार पूर्वीपासून माहीत आहे. परंतु सूर्याचा दक्षिण गोलार्ध उत्तर गोलार्धाच्या तुलनेत अधिक जलद गतीने परिवलन करतो ही गोष्ट गॉन्ग प्रकल्पामुळे प्रथमच स्पष्ट झाली. याशिवाय सूर्याच्या विषुववृत्तापासून ध्रुवांपर्यंत जाणारे प्रवाह गॉन्ग प्रकल्पाने शोधून काढले. या प्रवाहांचा वेग सेकंदाला २० ते ३० मीटर या मर्यादित असतो. या प्रवाहांना 'मेरीडिओनल फ्लो' असे नाव आहे. सूर्याच्या चुंबकत्वाशी या प्रवाहांचा संबंध असावा असा तर्क आहे.

सूर्यावरील काळे डाग त्याच्या पृष्ठभागापेक्षा जास्त वेगाने का गतिमान असतात? त्यांची संख्या दर ११ वर्षांनी उच्चतम का होते? सूर्यावरून उसळणाऱ्या न्यूट्रिनो कणांपैकी अपेक्षेपेक्षा केवळ एक तृतीयांश पृथ्वीपर्यंत का येऊन पोहोचतात? सूर्याच्या अंतर्भागाची रचना नेमकी कशी आहे? अशा अनेक प्रश्नांची उत्तरे गॉन्ग प्रकल्पाद्वारे मिळू शकतील असा शास्त्रज्ञांचा आशावाद आहे.

८८ : सूर्याला सर्वांत जवळ असलेला तारा कोणता?

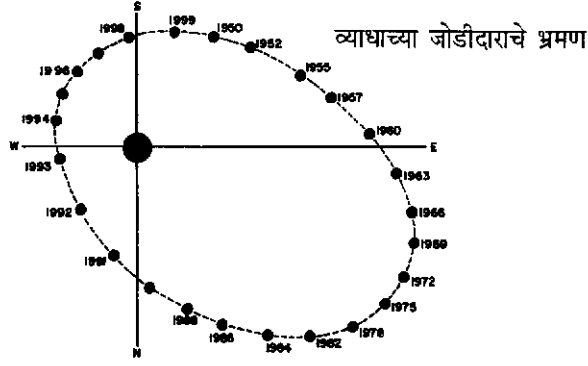
आपल्या सूर्याला सर्वांत जवळ असलेल्या ताऱ्याचे इंग्रजी नाव आहे, आल्फा सेंटॉरी! मराठीत तो 'मित्र' या नावाने ओळखला जातो. दक्षिणेकडील नरतुरंग या तारकासमूहात या ताऱ्याचे स्थान आहे. मित्र हा -०.२७ प्रतीचा तारा असून तो आपल्या आकाशातील तिसऱ्या क्रमांकाचा तेजस्वी तारा आहे. ४.३४ प्रकाशवर्षे अंतरावर असलेला मित्र एकटा नाही, त्याला एक जोडीदार आहे. म्हणजेच मित्र हा द्वैती तारा आहे. हे दोन तारे परस्परांभोवती ८० वर्षांत एक भ्रमण पूर्ण करतात. या द्वैती ताऱ्यांमधील एक तारा स्थिर आहे असे मानले तर दुसरा, त्याच्या भोवती अति दीर्घवर्तुळाकार मार्गावर भ्रमण करतो. त्यामुळे या दोन ताऱ्यांमधील कमीत कमी अंतर ११ ज्योतिषीय एकक, तर जास्तीजास्त अंतर ३५ ज्योतिषीय एकक असते. मित्रावरून सूर्याकडे पाहिले तर, शर्मिष्ठा व ययाती यांच्या सीमारेषेवर आणि ययातीच्या ईशान्येला तो स्थानापन्न झाल्याचे आढळेल. तेथून वृश्चिक राशीतील ज्येष्ठा ताऱ्याइतका सूर्य तेजस्वी दिसेल.



मित्र ताऱ्यापेक्षाही सूर्याला ०.१ प्रकाशवर्षांनी जवळ असलेला आणखी एक अंधूक तारा नरतुरंग तारकासमूहात आहे. नुसत्या डोळ्यांनी तो दिसत नाही. आल्फा सेंटॉरीपेक्षा तो सूर्याला थोडा अधिक जवळ असल्यामुळे त्याला प्रॉक्सिमा सेंटॉरी असे म्हणतात. प्रॉक्सिमा सेंटॉरी रक्तवर्णी खुजा तारा असून त्याचा व्यास फक्त ६४,००० किलोमीटर आहे. म्हणजे सूर्याच्या तुलनेत तो अगदीच क्षुल्लक आहे असे म्हणावे लागेल, कारण सूर्याच्या व्यासावर प्रॉक्सिमा सेंटॉरीसारखे जवळ जवळ २२ तारे एकासमोर एक असे मांडता येतील. प्रॉक्सिमा आणि अल्फा सेंटॉरी यांचेमधील अंतर ०.१६६ प्रकाशवर्षे असावे. गमतीची गोष्ट अशी, की प्रॉक्सिमा सेंटॉरी, आल्फा सेंटॉरी या द्वैती ताऱ्याभोवती सुमारे दहा लक्ष वर्षांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. म्हणजे आल्फा सेंटॉरी किंवा मित्र हे ताऱ्यांचे एक त्रिकूट आहे असे म्हणायला हरकत नाही.

८९ : व्याध या ताऱ्याचे वैशिष्ट्य काय आहे?

व्याधाचे पाश्चात्य नाव आहे 'सायरस' किंवा 'डॉग स्टार' हिवाळ्यातील सर्व रात्री हा तारा ठळकपणे आकाशात दिसतो. आकाशात डोळ्यांनी दिसणाऱ्या सर्व ताऱ्यांमध्ये व्याध सर्वांत जास्त तेजस्वी आहे. व्याधाची प्रत -१.५ असल्यामुळे तो तेजाचे बाबतीत शुक्र, गुरू वगैरे ग्रहांशी स्पर्धा करतो. सूर्याला जवळ असलेल्या ताऱ्यांमध्ये त्याचा



पाचवा क्रमांक लागतो. व्याध आपल्यापासून फक्त ८.७ प्रकाशवर्षे दूर आहे. सूर्याच्या तुलनेत व्याध हा तारा चांगलाच मोठा आहे. त्याचा व्यास सुमारे २५ लक्ष ५ हजार किलोमीटर असून त्याचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या २.३५ पट मोठे आहे. सूर्याच्या ऐवजी आपल्या आकाशात व्याध हा तारा सूर्याएवढ्याच अंतरावर असता, तर त्याचे बिंब सूर्यापेक्षा १.८ पट मोठे दिसले असते. व्याधाच्या पृष्ठभागाचे तापमान १०,००० अंश सेल्सिअस असल्यामुळेच तो तेजस्वी दिसतो.

व्याध एकटाच नसून त्याला एक जोडीदार असल्याचे १८६२ साली सिद्ध झाले. म्हणजेच व्याध हा द्वैती तारा आहे. व्याधाचा जोडीदार सरासरी २४ ज्योतिषीय एकक अंतरावरून व्याधाचे भोवती सुमारे ५० वर्षांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. विशेष म्हणजे हा जोडीदार श्वेतबटू तारा आहे. श्वेतबटूची घनता विलक्षण असते. अर्थातच व्याधाचा हा जोडीदार त्याला अपवाद नाही. या जोडीदारावरील एक घन सेंटमीटरचे वस्तुमान १२५ किलोग्रॅम भरेल. व्याधाच्या जोडीदाराचे वस्तुमान मात्र जवळ जवळ आपल्या सूर्याएवढेच असले तरी त्याचा व्यास फक्त ३१,००० किलोमीटरच्या जवळपास आहे. म्हणजे सूर्याचा आकार त्याच्यापेक्षा सुमारे ४५ पट मोठा आहे. व्याधाच्या जोडीदाराचे तापमान सुमारे ८००० अंश सेल्सिअस असल्यामुळे व्याधाच्या प्रखर प्रकाशात तो दिसत नाही. नुसत्या डोळ्यांनी व्याधाच्या जोडीदाराचे दर्शन होणे केवळ दुरापास्तच आहे.

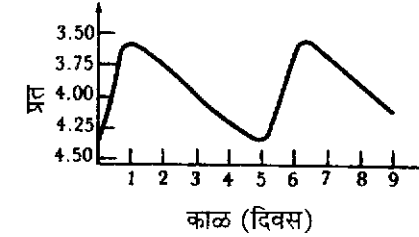
१० : रूपविकारी तारे आपले तेज का बदलतात?

आकाशात जे सहस्रावधी तारे चमचमताना दिसतात त्यांपैकी कित्येक ताऱ्यांचे तेज स्थिर राहत नाही. त्यांचे तेज हळूहळू वाढत जाते. एका विशिष्ट क्षणी ते जास्तीतजास्त होऊन, पुन्हा कमी कमी होत नीचतम होते, आणि त्यानंतर ते पुन्हा वाढू लागते. अशा

प्रकारे त्यांच्या तेजात आणि पर्यायाने त्यांच्या प्रतीमध्ये सातत्याने चक्रीय बदल होत राहतो. या विशिष्ट ताऱ्यांना रूपविकारी तारे असे नाव आहे. रूपविकारी ताऱ्यांच्या तेजाच्या अस्थिरतेची तीन प्रमुख कारणे आहेत. १. तारा कंपायमान झाल्यामुळे २. ताऱ्याचा स्फोट झाल्यामुळे ३. दोन ताऱ्यांनी परस्परांना ग्रहण लावल्यामुळे ताऱ्यांचे तेज बदलते.

कंपायमान तारे : या ताऱ्यांना सेफाइड चल तारे असे नाव आहे. ते सेफेउस किंवा वृषपर्वा या नक्षत्रात प्रथम आढळून आले. आपल्या हृदयाचे जसे आकुंचन आणि प्रसरण होते, तद्वत सेफाइड चल ताऱ्यांचा व्यास आकुंचन-प्रसरण पावतो. तारा आकुंचन पावला की त्याचे तापमान वाढते आणि म्हणून तो जास्त तेजस्वी दिसतो. या उलट ताऱ्याचे प्रसरण झाले, की त्याचे तापमान आणि म्हणून तेज कमी होते.

द्वैती तारे : कित्येक तारे द्वैती असतात आणि परस्परांभोवती भ्रमण करतात. त्यातील एक तारा बहुधा दुसऱ्यापेक्षा आकाराने मोठा असतो. आपल्या दृष्टीच्या रेषेत लहान तारा मोठ्या ताऱ्याच्या समोर आला की, मोठ्या ताऱ्याला ग्रहण लागते आणि त्याचे तेज कमी झाल्यासारखे भासते. लहान तारा मोठ्या ताऱ्याच्या मागे गेला की लहान ताऱ्याला ग्रहण लागते आणि तो दिसेनासा होतो, पण त्यामुळे मोठ्या ताऱ्याचे तेज जास्त दिसते.

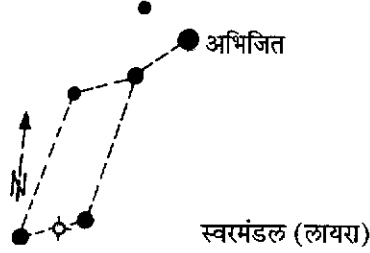


स्फोटक तारे : काही तारे अचानक तेजस्वी दिसतात. अशा ताऱ्यांना नोव्हा किंवा नवतारे असे नाव आहे. नोव्हा तारे द्वैती असतात. त्यातील एक तारा पांढराखुजा, तर दुसरा राक्षसी असतो. राक्षसी ताऱ्यामध्ये अचानक स्फोट होऊन, त्यामध्ये निर्माण झालेला तप्त वायू, पांढरा खुजा तारा खेचून घेतो. या अति तप्त वायूमुळेच राक्षसी ताऱ्याचे तेज अचानक वाढते.

११. 'आर आर लायरे' हे तारे काय प्रकारचे आहेत?

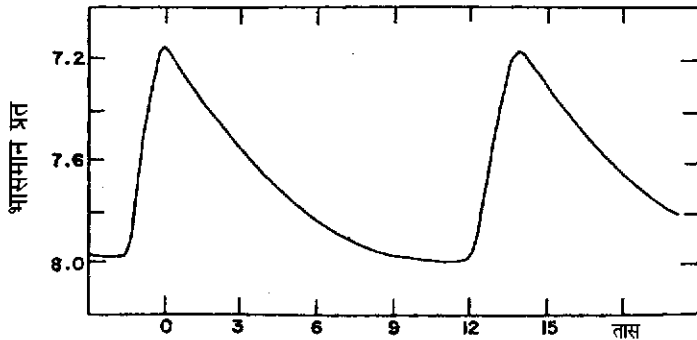
स्वरमंडल (लायरा) या तारकासमूहातील अभिजित (व्हेगा) हा तारा सर्वांच्या चांगलाच परिचयाचा आहे. त्याच तारकासमूहात 'आरआर' या नावाने ओळखला

- RR विषुवकाल : १९ तास २५ मिनिटे, क्रांती : +४२° ५० मिनिटे



जाणारा एक वैशिष्ट्यपूर्ण तारा आहे. १३.६ तासांमध्ये त्याच्या भासमान प्रतीच्या बदलाचे एक आवर्तन पूर्ण होते. अर्थात आर आर लायरा हा रूपविकारी तारा आहे. आपल्या आकाशगंगेत आर आर लायरासारखेच ५००० च्या वर तारे सापडले आहेत. या सर्व ताऱ्यांना आर आर लायरे असे सामान्य नाव देण्यात आले आहे. विशेष गोष्ट अशी, की हे सर्व तारे विविध ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स (गोलकृती तारकागुच्छ) मध्येच आढळतात. या तारकागुच्छांचे अंतर निश्चित करण्यासाठी त्यांच्यामधील आर आर लायरा सदृश ताऱ्यांचा अतिशय उपयोग होतो. प्रत्येक गोलकृती तारकागुच्छात आर आर लायरा प्रकारचे तारे असतातच. काही गुच्छांत त्यांची संख्या शतकांमध्ये मोजावी लागते. त्यामुळे या ताऱ्यांना 'क्लस्टर व्हेरीएबल्स' असेही नाव दिले जाते.

सर्व आर आर लायरे ताऱ्यांच्या भासमान प्रतीचा आवर्तन काल एक दिवसापेक्षा कमी असतो. त्यांपैकी कित्येक ताऱ्यांचा आवर्तन काल ७ तास ते १७ तास या मर्यादित आढळतो. त्यांच्या भासमान प्रतीमधील बदल दोनपेक्षा जास्त होत नाही.



मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १२२

विशिष्ट तारकागुच्छात असणाऱ्या सर्व आर आर लायरे ताऱ्यांची सरासरी भासमान प्रत बहुधा सारखीच असते. कारण त्या सर्वांचे आपल्यापासून असलेले अंतर समान असते. जवळजवळ सर्व आर आर लायरे ताऱ्यांची निरपेक्ष प्रत शून्याचा आसपास असते. सूर्याची निरपेक्ष प्रत +५ च्या जवळपास असल्यामुळे आर आर लायरे ताऱ्यांची दीप्ती (ल्युमिनॉसिटी) सूर्याच्या तुलनेत १०० पट असली पाहिजे.

सर्व आर आर लायरे ताऱ्यांची भासमान प्रत व काळ यांचा आलेख सारखाच असतो. विशेषतः या आलेखांवरूनच या प्रकारच्या ताऱ्यांची ओळख पटते. स्वरमंडलातील आर आर लायरा ताऱ्यांचा आलेख सोबतच्या आकृतीत दर्शविला आहे. ताऱ्यांच्या भासमान प्रतीवरून त्याची निरपेक्ष प्रत ठरविता येते. भासमान व निरपेक्ष प्रत माहित झाली, की त्या ताऱ्याचे अंतर निश्चित करता येते. पर्यायाने ज्या ग्लोब्यूलर क्लस्टर आर आर लायरे तारे असतील त्यांचेही अंतर निश्चित होते.

कित्येक ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स सूर्यापासून इतके दूर आहेत, की वरील पद्धतीने त्यांची अंतरे अचूकपणे निश्चित होत नाहीत. त्यासाठी या तारकागुच्छांच्या रेखीय (रेडियल) व स्पर्शीय (टॅन्जिशियल) गतींचाही विचार करावा लागतो. तरीही आर आर लायरे हे तारे ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सचे अंतर निश्चित करण्यासाठी अत्यंत उपयोगी ठरतात.

१२ : 'नव तारा' कुणाला म्हणतात?

'नोव्हा स्टेल' या ग्रीक शब्दाचे मराठी भाषांतर आहे 'नव तारा'. काही वेळा एखादा अंधूक तारा किंवा नुसत्या डोळ्यांनी न दिसणारा तारा विलक्षण तेजस्वी दिसू लागतो. ताऱ्याचे तेज सहस्रावधी किंवा क्वचित लक्षावधी पट वाढते. विशेष म्हणजे ही घटना काही दिवसांत घडून जाते आणि तो तारा पुन्हा अंधूक होतो किंवा दिसेनासा होतो. खरे म्हणजे अशा ताऱ्यांचे 'नव तारा' हे नाव बरोबर नाही. कारण त्या विशिष्ट ताऱ्यांचा जन्म नव्याने होत नाही. तो आधीपासूनच अस्तित्वात असतो. आपल्या आकाशगंगेत वर्षाकाठी सरासरी दहा नव तारे दिसू शकतात.

इतर स्फोटक ताऱ्यांपेक्षा नव तारा अलगपणे ओळखता यावा यासाठी त्याला पुढे दिलेल्या काही कसोट्या लावल्या जातात.

१. ताऱ्याचे तेज काही दिवसांत ४००० पटीपेक्षा जास्त झाले पाहिजे.
२. काही आठवड्यांत, महिन्यांत किंवा वर्षांत त्याचे तेज पुन्हा लुप्त झाले पाहिजे.
३. त्याच्या वर्णपटात बदल व्हायला हवा. अति उच्च तापमानाच्या वायूंनी प्रक्षेपित केलेल्या लहरी त्यात दिसायला हव्यात.

४. त्याच्यामधून १०० ते ५००० किलोमीटर / सेकंद गतीने वायूंचे उत्सर्जन व्हायला हवे.

बहुतांश वेळा नव तारा द्वैती ताऱ्यांच्या प्रणालीत आढळतो. दोन ताऱ्यांपैकी एक तारा श्वेतबटू, तर दुसरा बहुधा राक्षसी असतो. राक्षसी ताऱ्याकडून श्वेत बटू ताऱ्यावर वायुकणांचा ओघ सुरू असतो, आणि त्याचे थर श्वेत बटू ताऱ्याच्या पृष्ठभागावर जमू लागतात. काळाप्रमाणे थरांचे वजन वाढत असतानाच त्यांच्या तापमानातही वाढ होते, आणि एका विशिष्ट क्षणी श्वेत बटूच्या पृष्ठभागावर जमा झालेल्या या थरांमध्येच अणुइंधनाच्या ज्वलनाचा प्रारंभ होतो. कालांतराने या थरांचा स्फोट होऊन वायुकण दशदिशांना उत्सर्जित होतात. या स्फोटाच्या काळातच पृथ्वीवरून आपल्याला त्या ताऱ्याचे तेज अचानक, विलक्षण प्रमाणात वाढल्याचे दिसते.

■ ■

१३ : अतिनव ताऱ्याचा उद्भव कसा होतो?

ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्याच्या कित्येक पट असू शकते. सूर्याच्या ६० ते १०० पट वस्तुमानाचे अनेक तारे आपल्या आकाशगंगेत विद्यमान आहेत. अशा भारी वस्तुमानाच्या ताऱ्यांचा अंत एका विशिष्ट तऱ्हेने होतो. ताऱ्याच्या अंतर्भागात प्रथम हायड्रोजनचे अणू एकत्र येऊन हिलीअम हे मूलद्रव्य निर्माण होते. या प्रक्रियेत ताऱ्याच्या गाभ्यामधील हायड्रोजनचे प्रमाण हळूहळू कमी होऊन हिलीअमचे प्रमाण वाढत जाते. अंतर्भागातील हायड्रोजनचे इंधन संपत आले की, गाभा आणखी आकुंचित होतो, त्याचे तापमान वाढते. उर्वरित हायड्रोजन बाह्य दिशेला ढकलला जातो आणि गाभ्यामध्ये हिलीयमचे ज्वलन सुरू होते.

हिलीअमच्या ज्वलनातून प्रथम कार्बन आणि ऑक्सिजन यांची निर्मिती होते. कालांतराने अंतर्भागातील हिलीअमचा पुरवठाही संपुष्टात येऊ लागतो, गाभा आणखी आकुंचित होतो, त्याचे तापमान आणखी वाढते आणि उर्वरित हिलीअम बाह्य दिशेला ढकलला जाऊन गाभ्यामध्ये कार्बन आणि ऑक्सिजन यांचे ज्वलन सुरू होते. अशा प्रकारे गाभ्यामध्ये अधिकाधिक जड मूलद्रव्ये निर्माण होतात व त्यांचे क्रमाने गाभ्यामध्ये ज्वलन होते. त्याच वेळी हलकी मूलद्रव्ये बाह्यदिशेकडे ढकलली जातात. कांद्याला ज्याप्रमाणे विविध कवचांचे स्तर असतात त्याचप्रमाणे ताऱ्यालाही मूलद्रव्यांचे स्तर निर्माण होतात आणि जड मूलद्रव्ये गाभ्यापाशी आणि हलकी मूलद्रव्ये क्रमाने एकमेकांच्या बाहेर अशी अवस्था ताऱ्याला प्राप्त होते.

सरतेशेवटी सिलीकॉन या मूलद्रव्याचे लोखंडात रूपांतर झाले की ज्वलनाची ही प्रक्रिया थांबते. कारण लोखंडाचे ज्वलन होऊन त्यातून अधिक जड मूलद्रव्ये उत्पन्न होण्यासाठी लागणारे अफाट तापमान गाभ्यामध्ये निर्माण होऊ शकत नाही. त्यामुळे

गुरुत्वाकर्षणाच्या भाराखाली ताऱ्याचा गाभा अधिकाधिक आकुंचित होत जातो आणि गाभ्याचे न्यूट्रॉन ताऱ्यात रूपांतर होते. अतिशय अल्पकाळात गाभ्याचे न्यूट्रॉन ताऱ्यात रूपांतर होत असल्यामुळे प्रधाती तरंगाची एक जबरदस्त लाट ताऱ्याच्या बाह्यभागाला हादरा देते. त्याचा जोर इतका विलक्षण असतो, की ताऱ्याच्या बाह्य भागाचा विस्फोट होतो. यालाच सुपरनोव्हा किंवा अतिनव तारा अशी संज्ञा आहे.

इसवी सन १००६, १०५४, ११८१, १५७२, १६०४ या वर्षी उद्भवलेल्या अतिनव ताऱ्यांची नोंद झालेली आहे. १५७२ आणि १६०४ साली झालेले अतिनव ताऱ्यांचे स्फोट टायखो ब्राहे आणि योहान्नेस केपलर या सुप्रसिद्ध खगोलशास्त्रज्ञांनी प्रत्यक्ष पाहिलेले आहेत. १०५४ साली उद्भवलेल्या विस्फोटक ताऱ्याला 'क्रॅब नेब्युला' असे देण्यात आले असून तो वृषभ राशीतील बैलाच्या खालच्या शिंगाचे टोकापाशी आहे.

■ ■

१४ : श्वेतबटू ताऱ्याचा जन्म कसा होतो?

श्वेतबटू ताऱ्यालाच इंग्रजीमध्ये 'व्हाइट ड्वार्फ' असे नाव आहे. अणुइंधनाच्या ज्वलनामुळे ताऱ्याच्या अंतर्भागात उष्णता निर्माण होते. ताऱ्याचे अणुइंधन म्हणजे मुख्यतः हायड्रोजन हे मूलद्रव्य. परंतु कोणत्याही ताऱ्यामध्ये हायड्रोजनचा साठा मर्यादित असतो आणि काही काळाने तो संपुष्टात येतो. ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्याच्या १.४ पटीपेक्षा कमी असेल तर अणुइंधन संपल्यानंतर अशा ताऱ्याचे श्वेतबटूमध्ये रूपांतर होते. श्वेतबटू निर्माण होण्यासाठी ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्याच्या १.४ पटीपेक्षा जास्त नसणे, यालाच 'चंद्रशेखर मर्यादा' असे म्हणतात.

ताऱ्याच्या अंतर्भागातील अणुइंधन संपत चालले की, ताऱ्याच्या केंद्राकडून बाह्य दिशेत कार्य करणारा दाब कमी कमी होत जातो. ताऱ्यावरील गुरुत्वाकर्षणाची पकड प्रबल होत जाते आणि तारा आकुंचित होऊ लागतो. त्याची घनता विलक्षण प्रमाणात वाढते. सरते शेवटी ही आकुंचनाची प्रक्रिया थांबते आणि तारा स्थिरावतो. म्हणजेच पुन्हा एकदा ताऱ्याच्या केंद्राकडून बाह्य दिशेकडे कार्य करणारा दाब, गुरुत्वाकर्षणामुळे निर्माण होणाऱ्या दाबाला तौलून धरू शकतो. ताऱ्याच्या या अवस्थेलाच 'व्हाइट ड्वार्फ' किंवा श्वेतबटू असे नाव आहे.

श्वेतबटू तारा समतोलवस्थेत कशा प्रकारे स्थिरावतो ते पाहण्यासारखे आहे. अणूमधील कोणतेही दोन इलेक्ट्रॉन एका वेळी समान स्थितीत राहू शकत नाहीत असा एक नियम आहे. त्यांच्या स्थितीत काहीतरी वेगळेपणा असावाच लागतो. परंतु वस्तू आकुंचित होऊ लागली की हा नियम पाळणे अधिकाधिक अवघड होत जाते. तरीही आकुंचनाला विरोध करून कोणतीही वस्तू हा नियम पाळण्याचा प्रयत्न करते. या

विरोधामुळे निर्माण होणाऱ्या दाबाला वस्तूचा अपभ्रष्ट दाब (डीजनरेट प्रेशर) अशी संज्ञा आहे. वस्तूने आकुंचनाची विशिष्ट मर्यादा गाठली की, हाच दाब गुरुत्वाकर्षणाला तोलून धरतो. श्वेतबटू ताऱ्यामधील एका घनमीटर वस्तूचे वजन सुमारे २ लक्ष मेट्रिक टन इतके विलक्षण असू शकते. मात्र श्वेतबटू हळूहळू थंड होत जातो आणि त्याचे तेजही कमी होते. आकाशात दिसणारा व्याध हा एक तारा नसून तो द्वैती आहे. त्यातील एक तारा श्वेतबटू आहे.

१५ : न्यूट्रॉन ताऱ्याचे वैशिष्ट्य काय आहे?

ताऱ्याचे वस्तुमान सूर्यपेक्षा १.४ पटीने जास्त पण तीन पटीपेक्षा कमी असेल तर त्याचा शेवट निराळ्या पद्धतीने होतो. अणुइंधन संपुष्टात आल्यावर न्यूट्रॉन ताऱ्यामध्ये त्याचे रूपांतर होते. या विशिष्ट ताऱ्यामध्ये न्यूट्रॉन कणांशिवाय दुसरे कोणतेही मूलभूत कण शिल्लक राहत नाहीत, हे त्याच्या नावावरून सहज लक्षात येईल.

प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणुकेंद्रात प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉन कणांचा संच असतो आणि प्रोटॉन कणांच्या संख्येइतकेच इलेक्ट्रॉन त्या अणुकेंद्राभोवती भ्रमण करीत असतात, त्यामुळेच अणूचा एकंदर विद्युत्भार शून्य असतो. परंतु अणुइंधन संपल्यावर ताऱ्याचे आकुंचन सुरू झाले की अशी एक स्थिती येऊन ठेपते की, अणुकेंद्राभोवती भ्रमण करणारे इलेक्ट्रॉन गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रचंड दाबामुळे अणुकेंद्रात फेकले जातात. तेथील प्रोटॉन कणांबरोबर त्यांचा संयोग होतो आणि त्यांचे न्यूट्रॉन कणांत रूपांतर होते. या प्रक्रियेत प्रोटॉन आणि इलेक्ट्रॉन यांचे स्वतंत्र अस्तित्व शिल्लक राहत नाही. अतिप्रचंड दाबाखालील वस्तू केवळ न्यूट्रॉन कणांचीच बनलेली असते. म्हणूनच अशा ताऱ्याला न्यूट्रॉन तारा असे सार्थ नाव देण्यात आले आहे.

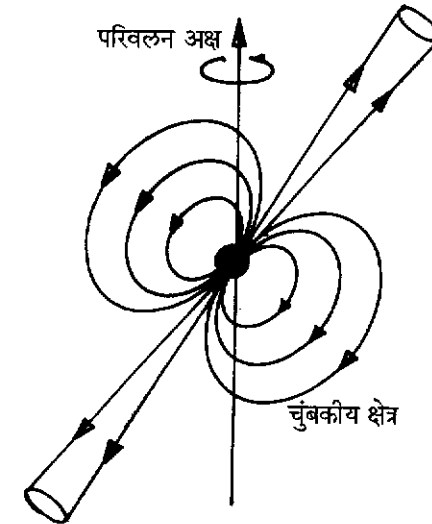
न्यूट्रॉन ताऱ्याची घनता श्वेतबटू ताऱ्यापेक्षाही किमान १०० पट जास्त असते. १०^{१४} ते १०^{१५} ग्रॅम प्रति घनसेंटीमीटर इतकी विलक्षण घनता असलेले हे तारे असतात. न्यूट्रॉन ताऱ्याचा आकार मात्र अतिशय लहान असतो. ८ ते १६ किलोमीटर ही न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या व्यासाची मर्यादा आहे.

१६ : 'पल्सार' हा काय प्रकार आहे?

१९६७ सालची गोष्ट! जोसेलिन बेल नावाची एक संशोधक विद्यार्थिनी, केंब्रिज विद्यापीठात अवकाशातून येणाऱ्या रेडिओ लहरींचा वेध घेत होती. तिचे मार्गदर्शक होते

डॉक्टर अँथनी हेवीश! वेध घेत असताना एक आश्चर्यकारक गोष्ट तिच्या लक्षात आली. घनिष्ठा नक्षत्राच्या उत्तरेला असलेल्या जंबुक नावाच्या नक्षत्रसमूहातून, अतिशय जलद, नियमित आणि तीव्र रेडिओ लहरी येत होत्या. त्यांचा आवर्तन काल इतका अचूक होता की, बरोबर १.३३७२८ सेकंदांनी एक स्पंदन पृथ्वीच्या दिशेत येत होते. ही स्पंदने म्हणजे कुठल्यातरी अज्ञात प्रगत समाजाकडून येणारे संदेश असावेत असे अनेकांना त्या वेळी वाटले. रेडिओ लहरींच्या स्पंदनाच्या त्या स्रोताला त्यांनी गमतीने 'लिटिल ग्रीन मॅन' असे नावही ठेवून दिले. परंतु लवकरच अवकाशातील निरनिराळ्या दिशांकडून अशाच प्रकारची नियमित स्पंदने पृथ्वीच्या दिशेत येत असल्याचे लक्षात आले. काही वर्षांतच स्पंदनांच्या शेकडो स्रोतांचा शोध लागला. रेडिओ लहरींच्या या स्रोतांना 'पल्सेटिंग रेडिओ सोर्स' किंवा 'पल्सार' असे नाव बहाल करण्यात आले. पल्सार म्हणजे कंपायमान तारा!

नियमित कालानंतर प्रकाशाचा झोत बाहेर फेकणारा दीपस्तंभ तुम्ही पाहिला असेलच. त्यामध्ये प्रकाशकिरण बाहेर पडण्यासाठी एकच फट असते, आणि आतील दिव्यासकट सर्व रचना चक्राकार भ्रमण करीत असते. पल्सारमधून रेडिओ लहरींचा झोत अगदी असाच उत्सर्जित होतो. स्पंदने प्रक्षेपित करणारा तारा स्वतः भोवती अतिशय वेगाने भ्रमण करीत असतो आणि त्याच्यावरील विशिष्ट बिंदूमधून रेडिओ लहरी प्रक्षेपित होत असतात. वृषभ राशीतील वृषभाच्या एका शिंगाच्या टोकाजवळ क्रॅब नेब्युला नावाचा एक तेजोमेघ आहे. त्यामध्ये एक पल्सार दडलेला आहे. तो एका सेकंदात रेडिओ लहरींची तीस स्पंदने उत्सर्जित करतो. म्हणजेच तो केवळ ०.३३ सेकंदात स्वतःभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करीत असला पाहिजे.



पल्सार ही ताऱ्यांच्या तुलनेत अगदी लहान आकाराची वस्तू असणार हे उघड आहे. नाहीतर ती इतक्या प्रचंड वेगाने भ्रमण करूच शकणार नाही. समजा, सूर्याच्या स्वांगभ्रमणाचा सध्याचा वेग वाढून तो १००० सेकंदांत स्वतः भोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करू लागला तर त्याचे अस्तित्वच शिल्लक राहणार नाही. तीव्र स्वरूपाच्या केंद्रांतसारी बलांकडून सूर्यामधील द्रव्याची वाताहात होऊन जाईल. अर्थातच पल्सार आकाराने लहान असला तरी त्यामधील वस्तू कल्पनेच्या बाहेर कठीण असणार. अशा प्रकारची एकच वस्तू संभवते आणि ती म्हणजे न्यूट्रॉन तारा!

सरासरी २० किलोमीटर व्यास असलेल्या न्यूट्रॉन ताऱ्याची घनता प्रति ग्रॅम १०००,०००,०००,०००,००० (१०^{१४}) घनसेंटीमीटर इतकी अफाट असू शकते. त्यावरील चुंबकीय क्षेत्र असेच तीव्र असते. न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या पृष्ठभागावरील न्यूट्रॉन कण, इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करून, प्रोटॉन कणांत रूपांतरित होऊ शकतात. ह्या प्रक्रियेतून बाहेर पडणारे इलेक्ट्रॉन कण मात्र पृष्ठभागावरील एका विशिष्ट क्षेत्रामधूनच अवकाशात निसटतात. न्यूट्रॉन तारा प्रचंड गतीने परिभ्रमण करित असल्यामुळे, हे निसटलेले इलेक्ट्रॉन कण एका विशिष्ट दिशेतच बॅटरीच्या झोतासारखे अवकाशात फेकले जातात. बागेतील हिरवळीवर पाण्याचा शिडकावा करण्यासाठी भूमीला समांतर आणि चक्राकार फिरणारी कारंजी जसा पाण्याच्या थेंबांचा झोत भिरकावतात, तशातलाच हा प्रकार आहे. इलेक्ट्रॉन कणांच्या त्वरणांमुळे विद्युत्चुंबकीय लहरी निर्माण होतात. तीव्र गतीने भ्रमण करणाऱ्या पल्सारकडून एका विशिष्ट कालावधीनंतर येणाऱ्या या लहरी, स्पंदनांच्या स्वरूपात पृथ्वीवरून आपल्याला पहायला मिळतात. थोडक्यात सांगायचे झाल्यास पल्सार म्हणजे अतिशय तीव्र गतीने स्वांगपरिभ्रमण करणारा न्यूट्रॉन तारा!

१७ : क्वेसार म्हणजे काय?

जी खगोलीय वस्तू ताऱ्यासारखीच दिसते, पण एखाद्या दीर्घिकेपेक्षाही जास्त ऊर्जा अवकाशात प्रक्षेपित करते, त्या वस्तूला क्वेसार असे नाव देण्यात आले आहे. 'क्वॅसी स्टेलर ऑब्जेक्ट' या इंग्रजी शब्दांचे क्वेसार हे लघुरूपांतर आहे. 'अर्थ तारकीय वस्तू' असे त्याचे मराठीत भाषांतर करता येईल. क्वेसारचे नेमके स्वरूप काय आहे याबद्दल अजूनही निश्चित काही सांगता येत नाही.

१९६३ साली पहिल्या क्वेसारचा शोध लागला. त्यानंतर आता जवळ जवळ ७०० क्वेसार ज्ञात झाले आहेत. क्वेसार आपल्यापासून प्रचंड वेगाने दूर जात असावेत. त्यामुळेच त्यांच्या वर्णपटात रक्तरंगाचे खूपच विचलन झाल्याचे आढळते. अर्थातच ते आपल्यापासून कित्येक अब्ज प्रकाशवर्षे अंतरावर असले पाहिजेत. इतक्या दूर अंतरावर असूनही क्वेसार तेजस्वी दिसतात. इतके तेज त्यांच्याजवळ आले कुठून?

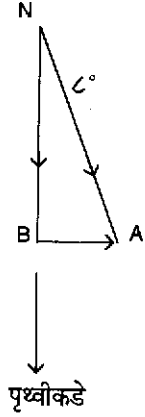
हाच खरा प्रश्न आहे. वस्तुतः ताऱ्यांचे तेज त्यांच्या अंतरांच्या व्यस्त प्रमाणात बदलते. त्यामुळे क्वेसार हे तारे नाहीत हे सिद्ध होते. काही क्वेसार इतके तेजःपुंज आहेत की त्यांचे तेज अतिशय दीप्तिमान दीर्घिकेपेक्षाही शतपटींनी जास्त असू शकते. काही क्वेसार आपले तेज झपाट्याने बदलतात. एका महिन्याचे काळात त्यांची दीप्ती निमपट किंवा दुप्पट होते. याचा अर्थ असा की, क्वेसार फार मोठ्या आकाराचे नसावेत. त्यांचा व्यास एक प्रकाशवर्षापेक्षा जास्त असण्याची शक्यता नाही.

अतिदूर अंतरावर असलेल्या दीर्घिकांची अतिशय कार्यप्रवण केंद्रे, असे कदाचित क्वेसारचे स्वरूप असेल, किंवा अतितप्त वायूने वेढलेले एखादे अतिबलाढ्य वस्तुमानाचे कृष्णविवर, असेही क्वेसारचे स्वरूप असू शकेल. अशा कृष्णविवराचे वस्तुमान सूर्यापेक्षा कित्येक अब्जपट जास्त असण्याची शक्यता आहे. असे अतिशक्तिशाली कृष्णविवर जवळपासच्या ताऱ्यांना विदीर्ण करू शकते. तारे भग्न झाल्यावर हे कृष्णविवर त्यांच्यामधील वस्तू आपल्याकडे खेचून, शोषून टाकीत असले पाहिजे. ह्या सिद्धान्तांचा खरेखोटेपणा सिद्ध करणे कठीण आहे, पण एक प्रकाशवर्षे व्यासाची वस्तू अति प्रचंड ऊर्जा कशी प्रक्षेपित करित असेल हा प्रश्न शिल्लक राहतोच. ■■

१८ : 'सुपरल्युमिनल मोशन' म्हणजे काय?

निर्वात प्रदेशातील प्रकाशाचा वेग नेहमी सारखाच असतो, हे सापेक्षता सिद्धान्ताचे एक अत्यंत महत्त्वाचे गृहीतक आहे. प्रकाशाचा वेग प्रति सेकंदाला सुमारे ३ लक्ष किलोमीटर असतो. समजा, एखाद्या गतिमान वस्तूवर प्रकाशस्रोत ठेवला तरी वस्तूच्या गतीमुळे प्रकाशाचा वेग वाढत नाही की कमी होत नाही. क्वेझार्सचे संशोधन करित असताना सापेक्षतेच्या या महत्त्वाच्या गृहीतकाला तडा जाणार की काय, असा संशय निर्माण झाला होता. कारण विशिष्ट क्वेझार्सचा काही भाग प्रकाशाच्या वेगापेक्षा कित्येकपट गतिमान असल्याचे संशोधकांना आढळले. परंतु प्रकाशापेक्षा जास्त वेग हा निव्वळ आभास असल्याचे सिद्ध झाले. या प्रकाशापेक्षा जास्त असलेल्या आभासी गतिमानतेला 'सुपरल्युमिनल मोशन' असे नाव आहे.

३ सी २७३ हे नामांकन असलेला क्वेसार सुपरल्युमिनल मोशनचे उत्तम उदाहरण आहे. या विशिष्ट क्वेसारमधून सुमारे ३२० प्रकाशवर्षे लांबीचा एक फवारा उत्सर्जित होत असतो. या फवाराच्या जेट असे नाव आहे. ३ सी २७३ मधून दोन रेडियो लहरी उत्सर्जित होतात. एक त्याच्या केंद्रामधून व दुसरी जेटच्या टोकावरून. १९७७ ते १९८० या काळात ३ सी २७३ क्वेसारच्या केलेल्या निरीक्षणांवरून असे सिद्ध होते, की दुसरा रेडियो स्रोत केंद्रापासून प्रकाशाच्या वेगापेक्षा ६ पट गतीने दूर जात आहे. एका साध्या आकृतीच्या साहाय्याने सुपरल्युमिनल मोशनचे स्पष्टीकरण करता येईल.



समजा, N हे क्वेसारचे केंद्र आहे. समजा, C अंशांचा कोन करून एक जेट जवळजवळ प्रकाशाच्या वेगाने त्यामधून उसळत आहे. असे गृहीत धरू, की जेटचा प्रकाश १०१ वर्षांनी A या बिंदूपाशी पोहोचला आणि आपल्या दृष्टिरेषेत क्वेसारच्या केंद्रापासून निघालेला प्रकाश १०० वर्षांनी B या बिंदूपर्यंत येऊन पोहोचला. आपल्या दृष्टिरेषेशी जेटचा कोन C अंशांचा असेल, तर B पासून A पर्यंतचे अंतर १४ प्रकाशवर्षे होईल. आपल्या उदाहरणात B या बिंदूपासून निघणारा प्रकाश A या बिंदूमधून निघणाऱ्या प्रकाशापेक्षा एक वर्षांनी पुढे आहे.

काही वर्षे उलटल्यानंतर B या बिंदूपासून निघालेला प्रकाश आपल्यापर्यंत येऊन पोहोचेल आणि त्यानंतर एकच वर्षांनी A बिंदूपासून निघालेला प्रकाश आपल्यापर्यंत येईल. परंतु या एका वर्षात जेटच्या प्रकाशाचा स्रोत B पासून A पर्यंत १४ प्रकाशवर्षांनी विचलित झालेला असेल. याचा अर्थ दुय्यम स्रोताची गती प्रकाशाच्या चौदा पट जास्त आहे असे आपल्याला भासेल. प्रत्यक्षात हा दुय्यम स्रोत प्रकाशापेक्षा जास्त वेगाने गतिमान झालेला नाही. आपल्या दृष्टिरेषेच्या संदर्भात क्वेसारमधून उसळलेल्या जेटचा कोन जेवढा कमी तेवढी सुपरल्युमिनल मोशन अधिक. वरील उदाहरणात जेटचा कोन २ अंशांचा असता तर दुय्यम स्रोताची गती प्रकाशापेक्षा ५७ पट जास्त असल्याचे भासले असते.

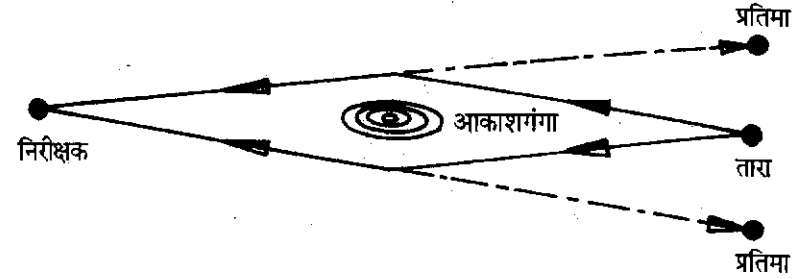
■ ■

१९ : गुरुत्वीय भिंग कसे निर्माण होते?

प्रचंड वस्तुमानाच्या जवळून जाताना प्रकाशाच्या किरणाचा मार्ग विचलित होतो, असे आइन्स्टाइन यांच्या सापेक्षतेच्या व्यापक सिद्धान्तावरून सिद्ध होते. वस्तूचे गुरुत्वाकर्षण प्रकाशाच्या किरणाला आपल्याकडे आकर्षित करते आणि त्यामुळेच किरणाचा मार्ग विचलित होतो. या वैशिष्ट्यपूर्ण परिणामामुळेच अवकाशात गुरुत्वीय भिंगे निर्माण होतात.

प्रकाशाचे किरण बहिर्वक्र भिंगामधून जाताना विचलित होतात व एका विशिष्ट बिंदूत एकत्र येतात, हे आपल्याला माहीत आहेच. हा प्रकार किरण समांतर असताना पहायला मिळतो. या विशिष्ट बिंदूलाच भिंगांची नाभी असे नाव आहे. समजा, एखादी वस्तू नाभीच्या आत भिंगाजवळ असेल तर तिची भ्रामक आणि मोठी प्रतिमा आपल्याला

त्या वस्तूच्या बाजूलाच दिसते. नेमका अशाच प्रकारचा परिणाम अत्युच्च गुरुत्वाकर्षणामुळे निर्माण होतो. त्यामुळेच या परिणामाला गुरुत्वीय भिंग असे नाव मिळाले आहे.



पृथ्वीवरून अवकाशात पाहताना आपल्या दृष्टिरेषेत एखादी प्रचंड दीर्घिका असेल तर तिच्या पलीकडील ताऱ्यांवरून आपल्या दिशेत येणारे प्रकाशाचे किरण त्या दीर्घिकेच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे वक्र होतील. हे किरण तसेच मागे वाढविले तर आपल्याला दीर्घिकेच्या पलीकडे असलेल्या ताऱ्यांच्या प्रतिमा आकाशात दिसू लागतील. दीर्घिकेच्या ऐवजी एखाद्या प्रचंड ताऱ्यामुळे किंवा कृष्णविवरामुळेही असाच परिणाम निर्माण होऊ शकतो.

अवकाशातील एका द्वैती क्वेसारची नोंद झाली आहे. त्याला क्वेसार (०९५७ + ५६१) असे नाव आहे. या विशिष्ट क्वेसारच्या दोन प्रतिमा आकाशात दिसतात. बहुधा त्या एकाच क्वेसारच्या दोन प्रतिमा असाव्यात व त्या गुरुत्वीय भिंगामुळेच निर्माण झाल्या असाव्यात, अशी दाट शक्यता आहे.

■ ■

१०० : कृष्णविवर म्हणजे काय?

ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्याच्या १.४ पटीपेक्षा कमी असेल तर ताऱ्यामधील इंधन संपल्यावर त्याचे श्वेत बटू ताऱ्यात रूपांतर होते. ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्याच्या १.४ पटीपेक्षा जास्त पण ३ पटीपेक्षा कमी असेल तर इंधन संपल्यावर त्याचे न्यूट्रॉन ताऱ्यात रूपांतर होते, पण समजा, ताऱ्याचे मूळ वस्तुमान सूर्यापेक्षा कित्येक पट जास्त असेल तर मात्र इंधन संपल्यानंतर ताऱ्याचे अंतिम स्वरूप दोन मार्गांनी निश्चित होते. एक तर ताऱ्याचा प्रचंड विस्फोट होऊन त्याचे बाहेरील कवच अवकाशात उडून जाते आणि ताऱ्याचा अंत होतो. मागे राहतो तो प्रचंड वेगाने भ्रमण करणारा पल्सार. अशा विस्फोटक ताऱ्यालाच सुपरनोव्हा असे नाव आहे.

भारी वस्तुमानाच्या ताऱ्याचे अंतिम स्वरूप निश्चित करणारा दुसरा मार्ग म्हणजे

आइन्स्टाइन यांचा सापेक्षता सिद्धान्त. भारी वस्तुमानाचा तारा इंधन संपत चालले की, गुरुत्वाकर्षणाच्या बलामुळे सतत आकुंचित होत जातो. जसजसा गुरुत्वाकर्षणाचा बाहेरून केंद्राकडे असणारा दाब, केंद्राकडून बाहेरच्या दिशेत असणाऱ्या आण्विक इंधनापेक्षा प्रबल होत जातो तसतसे गुरुत्वाकर्षण भारी वस्तुमानाच्या ताऱ्याला अक्षरक्षः चिरडून टाकते. भारी वजनाच्या ताऱ्याचे आकुंचन होत असतानाच त्याचे गुरुत्वाकर्षणही क्षणाक्षणाला वाढत असते. सरतेशेवटी गुरुत्वाकर्षणाचे बल इतके प्रबळ होते की, ताऱ्याच्या पृष्ठभागावरून अवकाशात निसटू पाहणाऱ्या प्रकाशकिरणांनाही ते पुन्हा ताऱ्याच्या पृष्ठभागाच्या दिशेत मागे खेचते. ताऱ्यावरून प्रकाशकिरण बाहेर पडू शकत नाहीत. अर्थातच आपल्या दृष्टीने तारा अदृश्य होतो. ताऱ्याच्या या अवस्थेलाच कृष्णविषर असे सार्थ नाव आहे.

१०१ : कृष्णविवराचा शोध कसा घेतात?

अफाट अवकाशात कृष्णविवराचा शोध घेणे ही एक अतिशय अवघड गोष्ट आहे. कृष्णविवरामधून प्रकाशाचे किरण प्रक्षेपित होत नसल्यामुळे आपल्या दृष्टीने ते अदृश्य असते. कृष्णविवराच्या विलक्षण गुरुत्वाकर्षणाने निर्माण केलेल्या परिणामांवरूनच त्याच्या अस्तित्वाचा अंदाज करता येतो. कृष्णविवर गुरुत्वीय भिंगाचा परिणाम निर्माण करू शकते, पण अवकाशातील इतर तारे व दीर्घिका हाच परिणाम निर्माण करू शकत असल्यामुळे ही पद्धत तितकीशी विश्वसनीय नाही. द्वैती ताऱ्यांपैकी एक कृष्णविवर असेल तर अशा कृष्णविवराचा शोध घेणे तुलनेने सोपे आहे.

एखाद्या महाराक्षसी ताऱ्याभोवती कृष्णविवर भ्रमण करीत असेल तर कृष्णविवराच्या अत्युच्च गुरुत्वाकर्षणामुळे ताऱ्यावरील वस्तुकण कृष्णविवर आपल्याकडे खेचून घेते. प्रथमतः हे वस्तुकण कृष्णविवराभोवती फेर धरून भ्रमण करू लागतात व त्यांचे एक प्रचंड कडे निर्माण होते, त्याला 'अॅक्रिएशन डिस्क' असे नाव आहे. परंतु काही काळातच कृष्णविवर त्यांना गिळंकृत करून टाकते. ही क्रिया सतत लक्षावधी वर्षे चालू राहते. त्यामुळे ताऱ्याचे वस्तुमान कमी कमी होत जाते, तर कृष्णविवराचे वस्तुमान वाढत जाते.

कृष्णविवराने ताऱ्यावरून खेचलेले वस्तुकण विद्युत्भारित असतात. परस्परांमधील घर्षणामुळे त्यांचे तापमान दशलक्ष सेल्सिअसच्या घरात पोहोचते. तसेच कृष्णविवराच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यांचे त्वरण होत असते. या दोहोंचा परिणाम म्हणून त्यांचेमधून क्ष किरण अवकाशात प्रक्षेपित होतात, हे प्रखर क्ष.किरण एका विशिष्ट दिशेत पृथ्वीकडे येत असतील तर त्या दिशेला कृष्णविवराची संभाव्यता आहे, असे अनुमान करायला हकरत नाही. सिग्नस एक्स-१ हा हंस नक्षत्रातील तारा प्रखर क्ष किरणांचा स्रोत

असल्याचे आढळून आले आहे. तो आपल्यापासून सुमारे ८००० प्रकाशवर्षे दूर आहे. या द्वैती ताऱ्यापैकी एक कृष्णविवर असावे असा अंदाज आहे.

१०२ : 'श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या' म्हणजे काय?

श्वार्ज्चाइल्ड हे एका जर्मन शास्त्रज्ञाचे नाव आहे. आइन्स्टाइन यांचा सापेक्षतेचा व्यापक सिद्धान्त १९१५ साली प्रसिद्ध झाल्यानंतर लगेच श्वार्ज्चाइल्ड यांनी कृष्णविवरासंबंधी एक महत्त्वाचा शोध लावला. कृष्णविवर निर्माण झाल्यानंतर त्याच्या केंद्रापासून एका विशिष्ट अंतरापर्यंतच त्याची प्रकाशाच्या किरणांवर सत्ता चालते. म्हणजेच या अंतराच्या आतून निघालेला प्रकाशकिरण कृष्णविवर आपल्या प्रचंड गुरुत्वाकर्षणाने मागे खेचून घेते. परंतु प्रकाशाचा किरण या विशिष्ट अंतराच्या बाहेरून प्रक्षेपित केला तर मात्र तो कृष्णविवराच्या पकडीतून सुटू शकतो. कोणत्याही पदार्थाची संपूर्ण माहिती मिळवायची असेल तर, त्याचेपासून निघालेले प्रकाशाचे किरण आपल्या पर्यंत पोहोचले पाहिजेत. त्यामुळे श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्येची आपल्याकडे इतर कृष्णविवरांच्या व्याख्या करता येईल 'कृष्णविवराच्या केंद्रापासून ज्या अंतरापर्यंत आपल्याला प्रत्यक्ष कृष्णविवराची कोणतीही माहिती मिळत नाही त्या अंतराला श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या असे नाव आहे.'

एका साध्या सूत्राने ही त्रिज्या सहजपणे निश्चित करता येते. ते सूत्र असे :

$$\text{श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या} = \frac{(2 \times \text{गुरुत्वाकर्षणाचा स्थिरांक} \times \text{वस्तुमान})}{\text{प्रकाशाच्या वेगाचा वर्ग}}$$

सूर्याची त्रिज्या सुमारे ७ लक्ष किलोमीटर आहे, पण त्याचे आकुंचन होऊन समजा त्याचे कृष्णविवरात रूपांतर झाले तर त्याची श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या फक्त ३ किलोमीटर असेल. श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या म्हणजे कृष्णविवराची हद्द असे म्हणायला हरकत नाही. या हद्दीच्या आत जी जी गोष्ट घडेल ती आपल्याला दिसणार नाही.

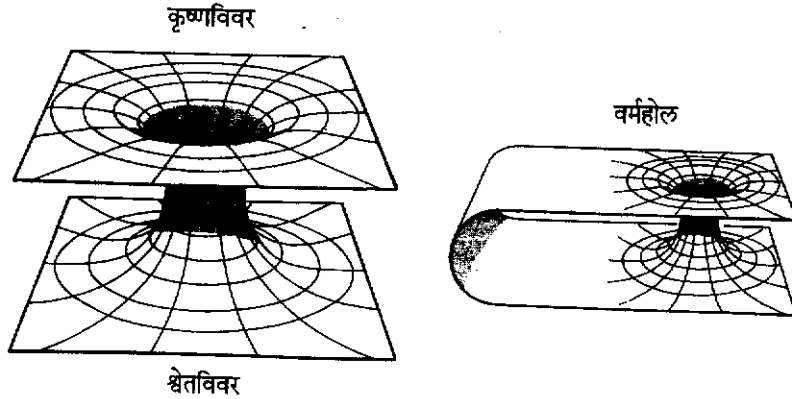
एक लक्ष तारे असणारे एखादे ग्लोब्युलर क्लस्टर कोलमडून त्याचे कृष्णविवरात रूपांतर झाले तर त्याची श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या ३ लक्ष कि. मी. असू शकेल. एखाद्या दीर्घिकेसाठी त्याची किंमत एक खर्व (१०००००००००००००) किलोमीटर इतकी प्रचंड असेल आणि पृथ्वीसारख्या एका लहान ग्रहाची श्वार्ज्चाइल्ड त्रिज्या १ सेंटीमीटर पेक्षा मोठी असणार नाही.

१०३ : श्वेतविवर व वर्महोल या संकल्पना काय आहेत?

कॉर्ल सॅगन या खगोलशास्त्रज्ञाची 'कॉन्टॅक्ट' नावाची वैज्ञानिक कादंबरी सुप्रसिद्ध आहे. एके दिवशी अभिजित या ताऱ्याच्या परिसरात असलेल्या प्रगत जीवसृष्टीकडून संदेश येऊ लागतात. विशिष्ट प्रकारचे अवकाशयान बांधण्याचा आराखडा त्या संदेशात दिलेला असतो. त्या अवकाशयानाच्या साहाय्याने २६ प्रकाशवर्षे अंतरावरील अभिजित ताऱ्यापर्यंतचा प्रवास अत्यंत अल्पकाळात करता येणे शक्य होणार असते. वर्तमान तंत्रज्ञानाच्या साहाय्याने बांधलेल्या अवकाशयानाला त्याच प्रवासासाठी लक्षावधी वर्षे लागली असती. संदेशाद्वारे आलेल्या आराखड्यावरहुकूम एक अवकाशयान बांधण्यात येते व कादंबरीची नायिका अत्यल्प वेळात त्या यानातून प्रवास करून अभिजितपर्यंत पोहोचते, तेथे तिला मृत झालेला पिता भेटतो. अशी एकंदर कादंबरीची कथा आहे.

कॉन्टॅक्ट कादंबरीतील नायिकेने २६ प्रकाशवर्षांचा प्रवास अत्यंत अल्प काळात कसा केला असेल? या प्रश्नाचे उत्तर आहे 'एका वर्महोलमधून'! वर्महोल ही काय भानगड आहे? या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी पुन्हा एकदा कृष्णविवराकडे वळायला पाहिजे.

व्यापक सापेक्षता सूत्रांचा एक महत्त्वाचा गुणधर्म असा, की ती कालदृष्ट्या समानता (टाइम सिमेट्रिक) दर्शवितात. म्हणजे असे, की कालगती नेहमी 'पुरोगामी' असते असे मानले, की आपल्याला एक उत्तर मिळते आणि कालगती 'प्रतिगामी' आहे असे मानले तर दुसरे उत्तर मिळते. कृष्णविवर हे ज्या गुरुत्वीय सूत्राचे उत्तर आहे त्याला हा नियम लावला, की आपल्याला 'श्वेत विवर' (व्हाइट होल) नावाचा एक अभिनव खगोलीय प्रकार मिळतो. कृष्णविवरामधून कोणतीही वस्तू बाहेर निसटू शकत नसेल, तर श्वेत विवरात कोणतीही वस्तू शिरू शकत नाही. कृष्णविवर आसपासच्या सर्व वस्तूंचा स्वाहाकार करित असेल तर श्वेतविवर सर्व वस्तू बाहेर फेकून देते.



कृष्णविवर परिवलनशील (रोटेटिंग) असेल, तर त्याचे गुणधर्म आणखीनच विलक्षण असतात. महत्त्वाची गोष्ट अशी, की अशा कृष्णविवरांचे वस्तुमान एका बिंदूत केंद्रीभूत झालेले नसून ते कड्याच्या स्वरूपात केंद्रीभूत झालेले असते व या कड्यामधून कोणतीही तोशीस न लागता प्रवास करता येतो, पण प्रवास कशातून करायचा तर 'वर्महोल'मधून. कारण कृष्णविवराची एक बाजू एका सेतूमार्फत श्वेतविवराला जोडलेली असते. या सेतूचे नाव आहे 'आइन्स्टाइन-रोझेनबर्ग ब्रिज'. कृष्णविवर व श्वेतविवर यांना जोडणारा सेतू म्हणजेच 'वर्महोल'!

कृष्णविवराशी संलग्न असलेले श्वेतविवर विश्वात दूरवर कुठेतरी असू शकेल. कदाचित ते दुसऱ्याच कुठल्यातरी विश्वातही असू शकेल. त्या दोहोंना जोडणारा वर्महोल हा सेतू म्हणजे अत्यंत गतिमान मार्ग आहे. प्रकाशापेक्षा जास्त वेगाने या मार्गितून प्रवास करता येतो. 'कॉन्टॅक्ट' कादंबरीच्या नायिकेने याच मार्गातून अभिजितपर्यंतचा आपला प्रवास केला होता.

श्वेतविवर आणि वर्महोल या शुद्ध गणिती संकल्पना आहेत. या खगोलीय चमत्कृती अस्तित्वात नसण्याचीच अधिक शक्यता आहे. समजा, वर्महोल असलेच, तर ते स्थिर (स्टेबल) असणार नाही. शिवाय कृष्णविवरामधून वर्महोलमध्ये अत्यंत वेगाने घुसणारे प्रारण (रेडिएशन) प्रवाशाला होरपळून टाकील.

१०४ : हबलचा नियम काय आहे?

गतिमान वस्तूने प्रक्षेपित केलेल्या ध्वनीच्या स्वरमानात फरक पडतो हे आपल्याला माहीत आहे. यालाच डॉप्लरचा परिणाम असे नाव आहे. गतिमान वस्तू आपल्या दिशेत येत असेल तर स्वरमान वाढल्यासारखा व दूर जात असेल तर स्वरमान कमी झाल्याचा आपल्याला भास होतो. ध्वनीचे स्वरमान कंपनसंख्येवर अवलंबून असते. म्हणजेच गतिमान वस्तू जवळ येत असताना कंपनसंख्या वाढल्याचा व दूर जात असताना ती कमी झाल्याचा आपल्याला भास होतो. डॉप्लरचा हा नियम प्रकाशासाठी सुद्धा सत्य आहे.

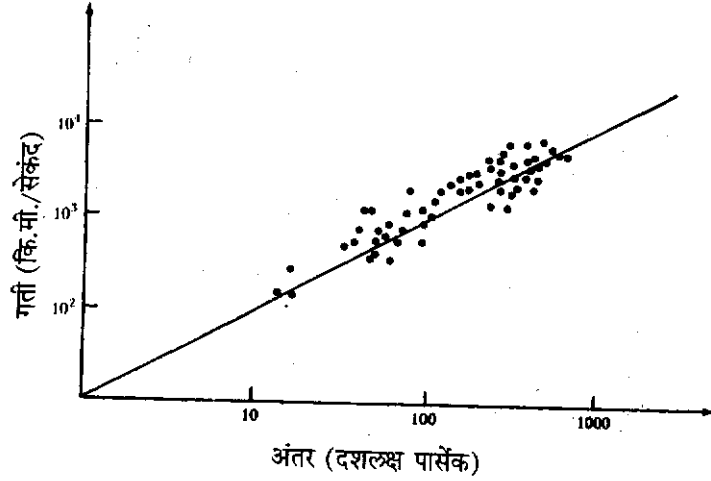
आकाशामध्ये ताऱ्यांच्या शिवाय असंख्य दीर्घिकाही आहेत. त्या पाहण्यासाठी शक्तिमान दूरदर्शकाची आवश्यकता असते. त्या दिसतात याचाच अर्थ त्यांच्यावरून निघालेला प्रकाश पृथ्वीपर्यंत येऊन पोहोचतो. प्रकाशाच्या वर्णपटात प्रत्येक मूलद्रव्याच्या विशिष्ट रेषा असतात. या रेषा तांबड्या रंगाच्या बाजूला विचलित झाल्या, तर येणाऱ्या प्रकाशाची कंपनसंख्या कमी झाली असे म्हणावे लागेल. म्हणजेच ती दीर्घिका आपल्यापासून दूर जात आहे, असा त्याचा अर्थ होईल. आणि वर्णपटातील रेषा निळ्या रंगाकडे विचलित झाल्या तर कंपनसंख्या वाढली असे ठरेल. अर्थातच ती दीर्घिका आपल्या

दिशेत येत आहे, असा त्याचा अर्थ होईल. याचे कारण असे की, वर्णपटातील जांभळ्या रंगापासून तांबड्या रंगापर्यंत कंपनसंख्या क्रमाक्रमाने कमी होत जाते.

१९२२ साली एडविन हबल नावाचा खगोलशास्त्रज्ञ आपल्या १०० इंच व्यासाच्या दूरदर्शकातून दीर्घिकांचे निरीक्षण करित होता. तेव्हा एक आश्चर्यकारक गोष्ट त्याच्या लक्षात आली. बहुतांश दीर्घिकांच्या वर्णपटातील रेषा तांबड्या वर्णाकडे विचलित झालेल्या होत्या. त्यावरून बहुतांश दीर्घिका आपल्यापासून दूर दूर जात असल्या पाहिजेत असा त्याने निष्कर्ष काढला. १९३१ साली गणिती सूत्राच्या स्वरूपात त्याने हा निष्कर्ष प्रसिद्ध केला.

'दीर्घिकांची गती त्यांच्या अंतरांच्या प्रमाणात वाढते', हाच तो निष्कर्ष. यालाच हबलचा नियम असे म्हणतात. गणिती सूत्राचा उपयोग करून तो पुढीलप्रमाणे लिहिता येईल.

$$\text{दीर्घिकेची गती} = \text{हबलचा स्थिरांक} \times \text{अंतर}$$



आपल्या विश्वाचा विस्तार होत आहे, ही गोष्ट हबलच्या नियमाने सिद्ध होते. म्हणजेच कित्येक अब्ज वर्षांपूर्वी विश्वातील सर्व वस्तू एकत्र होत्या, असा महत्त्वाचा निष्कर्ष, हबलच्या नियमावरून आपल्याला काढता येतो. एका विशिष्ट क्षणी 'महास्फोट' झाला आणि आपले विश्व अस्तित्वात आले, या सुप्रसिद्ध सिद्धान्ताला हबलच्या नियमाने दृढता आली आहे. हबलच्या नियमावरून आपल्या विश्वाच्या वयाचा अंदाजही आपण करू शकतो. त्यासाठी हबलचा नियम थोडा बदलून आपण पुढीलप्रमाणे लिहू.

$$\frac{\text{अंतर}}{\text{दीर्घिकेची गती}} = \frac{1}{\text{हबलचा स्थिरांक}}$$

गती = अंतर/काळ या सूत्रावरून

अंतर/दीर्घिकेची गती म्हणजे काळ असा अर्थ निघतो. त्यामुळे हबलचा नियम आपल्याला जरा निराळ्या तऱ्हेने लिहिता येईल.

$$\text{काळ} = \frac{1}{\text{हबलचा स्थिरांक}}$$

ह्या सूत्रातील काळ, म्हणजेच आपल्या विश्वाचे वय! अर्थातच

$$\text{विश्वाचे वय} = \frac{1}{\text{हबलचा स्थिरांक}}$$

हबलच्या स्थिरांकाच्या किमतीबद्दल दुमत आहे.

समजा, हबलच्या स्थिरांकाची किंमत, प्रति दशलक्ष पार्सेक अंतराला ५० किलोमीटर / सेकंद आहे असे मानले, तर विश्वाचे वय सुमारे २० अब्ज वर्षे आहे असे सिद्ध होते. एकदा हबलच्या स्थिरांकाची किंमत निश्चित करता आली तर विश्वाच्या वयाचा अचूक अंदाज करता येईल. विश्वाचे वय सुमारे १२ ते २० अब्ज वर्षांच्या दरम्यान असावे असा सध्याचा अंदाज आहे.

१०५ : तेजोमेघ कशाला म्हणतात?

एका जागी स्थिर असलेली, पसरलेली आणि दूरदर्शकातून धुकट पण तेजस्वी दिसणारी खगोलीय वस्तू म्हणजे तेजोमेघ असा या शब्दाचा मूळ अर्थ होता, पण त्या काळातील दूरदर्शकांच्या मर्यादांमुळे आकाशातील अनेक वस्तू तेजोमेघासारख्याच दिसत. उदाहरणार्थ, ताऱ्यांचे संच, किंवा मॅगेलानचे मेघ हे तेजोमेघ आहेत अशी त्या वेळी कल्पना होती. परंतु दूरदर्शकात झालेल्या अनेक सुधारणांबरोबरच पूर्वीच्या कल्पना बदलल्या. पूर्वी ज्यांना तेजोमेघ म्हणत असत अशा अनेक खगोलीय वस्तूंची आता तेजोमेघांत गणना केली जात नाही. धूलिकण आणि वायू यांचा समावेश असलेले आणि अंतर्गत ताऱ्यांमुळे प्रकाशित झालेले वायूंचे प्रचंड ढग म्हणजे तेजोमेघ, असा अर्थ आता निश्चित करण्यात आला आहे. तेजोमेघांचे विविध प्रकार आहेत, ते असे :

प्रसर तेजोमेघ : इंजनीमध्ये त्यांना 'डिफ्यूज नेब्युला' असे नाव आहे. हे तेजोमेघ निव्वळ वायूंचे किंवा वायू आणि धूलिकण यांचे बनलेले असतात. त्यांचा विस्तार प्रचंड असतो. तसेच हे तेजोमेघ म्हणजे ताऱ्यांच्या निर्मितीची केंद्रेच आहेत. मृगातील प्रचंड तेजोमेघ हे या प्रकाराचे उत्तम उदाहरण आहे.

विकारी तेजोमेघ : 'व्हेरिअबल नेब्युला' असे त्यांचे इंग्रजी नाव आहे. सामान्यतः हे तेजोमेघ विकारी ताऱ्यांशी संलग्न असतात. त्यांचे तेज बदलत राहते. ताऱ्यांच्या जन्माची प्रक्रिया चालू असलेले हे तेजोमेघ असावेत असा समज आहे. वृषभ राशीत असे काही तेजोमेघ आढळतात.

ग्रह सदृश तेजोमेघ : या तेजोमेघांना इंग्रजीमध्ये 'प्लॅनेटरी नेब्युला' असे नाव आहे. दूरदर्शकातून ते छोट्या हिरव्या तबकडी सारखे दिसतात. त्यांच्या अंतर्भागात ताऱ्यांचे अस्तित्व असते. यांचे नाव ग्रहसदृश तेजोमेघ असले तरी ग्रहांचा त्यांच्याशी काहीही संबंध नाही. स्वरमंडल या नक्षत्रातील 'एम५७' हा तेजोमेघ अशा प्रकारचा आहे.

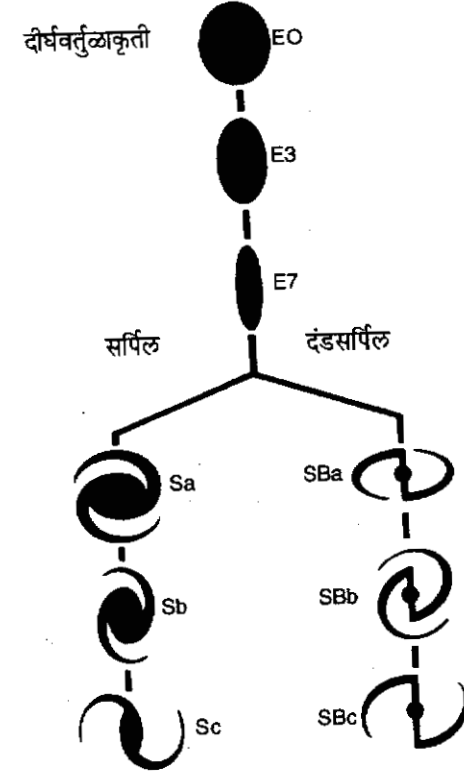
अतिनव ताऱ्यांचे अवशेष : ताऱ्यांचे आयुष्य संपले की त्याचा स्फोट होऊन त्याचे बाह्य कवच अवकाशात उडून जाते. सुरुवातीला जरी त्यामध्ये ताऱ्यापासून प्रक्षेपित झालेली वस्तू असली तरी हळूहळू त्यामधील कणांची गती कमी होत जाते आणि सरतेशेवटी ते सभोवतालच्या वायू आणि धूलिकणांत मिसळून जातात आणि त्याचाच एक विशाल तेजोमेघ तयार होतो. वृषभातील क्रॅब नेब्युला, हंस नक्षत्रातील नेटवर्क नेब्युला, हे तेजोमेघ अशा प्रकाराने निर्माण झालेले आहेत.

१०६ : दीर्घिकांचे किती प्रकार आहेत?

दीर्घिका हा इंग्रजीमधील गॅलॅक्सी या शब्दासाठी योजलेला प्रतिशब्द आहे. दीर्घिका म्हणजे ताऱ्यांची संहती किंवा प्रणाली. आपली आकाशगंगा ही एक विशाल दीर्घिकाच आहे. विश्वामध्ये अशा अब्जावधी दीर्घिका असतील आणि विशेष म्हणजे त्या परस्परांपासून दूर जात आहेत. अगदी खालच्या स्तरावर उपग्रह, त्यानंतर ग्रह, ग्रह ज्यांच्याभोवती भ्रमण करतात ते तारे, ताऱ्यांचे विशाल समुच्चय म्हणजे दीर्घिका; अनेक दीर्घिकांचे स्थानिक संघ, अशा अनेक स्थानिक संघांचे अति विशाल समुदाय, अशी आपल्या विश्वाची चढती श्रेणी आहे.

दीर्घिकांचे मुख्यतः तीन प्रकार आहेत १. सर्पिल दीर्घिका २. दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिका ३. अनियमित दीर्घिका. विश्वातील दोन तृतीयांशापेक्षा जास्त दीर्घिका सर्पिल आहेत. सर्पिल दीर्घिकांचा व्यास २०,००० ते १,००,००० प्रकाशवर्षांच्या दरम्यान असतो, आणि त्यांचे वस्तुमान सूर्याच्या $१०^९$ ते $१०^{१२}$ या मर्यादेच्या आतबाहेर असते. सर्पिल दीर्घिकांच्या भुजांमध्ये मुख्यतः युवा ताऱ्यांचा समावेश असतो. खुले तारकागुच्छ, ग्लोब्युलर क्लस्टर्स, धूलिकण, तेजोमेघ, हायड्रोजन वायूचे मेघ, ही सर्पिल दीर्घिकांची आणखी काही वैशिष्ट्ये आहेत.

दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिकांमध्ये पूर्ण गोलाकृती दीर्घिकांपासून अती दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिकांपर्यंत सर्वांचा समावेश होतो. अशा प्रकारच्या दीर्घिकांमध्ये मुख्यतः वृद्ध



ताऱ्यांचे अस्तित्व असते. दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिका सर्पिल दीर्घिकांपेक्षाही विशाल असू शकतात. त्यांचे वस्तुमान सूर्याच्या $१०^{१२}$ पेक्षा जास्त असलेले आढळते. परंतु दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिकांमध्ये लहान आकाराच्या खुजा दीर्घिकांचाच जास्त भरणा आहे.

अनियमित दीर्घिकांना कोणताही विशिष्ट आकार नसतो. त्यांची संख्याही पुष्कळच कमी असते. आकाशगंगेच्या जवळ असलेले लघू आणि विशाल मॅगेलानिक तेजोमेघ वस्तुतः अनियमित दीर्घिकाच आहेत. या दीर्घिकांमध्ये युवा व वृद्ध दोन्ही प्रकारचे तारे असतात. या शिवाय विशाल राक्षसी तारे, रूपविकारी तारे, वायूचे तेजोमेघ, यांचाही अनियमित दीर्घिकांमध्ये समावेश होतो.

१०७ : दीर्घिकांचे अंतर निश्चित करण्याच्या काय पद्धती आहेत?

आपल्या विश्वात अब्जावधी दीर्घिका आहेत, आणि त्या परस्परांपासून अब्जावधी प्रकाशवर्षे दूर आहेत. असे असताना दीर्घिकांची अंतरे कशी निश्चित केली असतील? असा प्रश्न उपस्थित होणे अपरिहार्य आहे. वस्तुतः आपल्याला आकाशगंगेतील ताऱ्यांची अंतरे नीट ठरविता येत नाहीत, तर अमुक दीर्घिका १० अब्ज प्रकाशवर्षे दूर आहे. अशा विधानावर विश्वास कसा ठेवायचा? खगोलशास्त्रज्ञ अनुमानधपक्याने किंवा अंदाजपंचे दीर्घिकांची अंतरे निश्चित करीत नाहीत. पायरी पायरीने दीर्घिकांची अंतरे ठरविली जातात.

अंतर ठरविण्यासाठी खगोलीय ज्योतीची भासमान व निरपेक्ष प्रत अत्यंत महत्त्वाची ठरते. कारण या दोन प्रतींचा अंतराशी निकटचा संबंध आहे. या तीन गोष्टींना जोडणारे सूत्र असे आहे.

भासमान प्रत - निरपेक्ष प्रत = २.५ लॉग (१० पार्सेक/अंतर)

प्रत्यक्ष निरीक्षणाच्या साहाय्याने भासमान प्रत ठरविता येते. दीप्तीच्या (ल्युमिनॉसिटी) साहाय्याने निरपेक्ष प्रत निश्चित होते आणि या दोहोंवरून खगोलीय ज्योतीचे अंतर वरील सूत्राच्या साहाय्याने ठरविता येते. अनेकदा आपल्याच आकाशगंगेतील ज्ञात तेजस्वी ताऱ्यांचा, रूपविकारी ताऱ्यांचा, तारकागुच्छांचा उपयोग करून दूर अंतरावरील तशाच खगोलीय ज्योतींचे अंतर ठरविता येते. दीर्घिकांचे अंतर निश्चित करण्यासाठी ज्या विविध पद्धतींचा विशेषत्वाने उपयोग केला जातो त्या अशा :

सेफाइड व्हेरिएबल्स : या रूपविकारी ताऱ्यांचा आवर्तन काल व दीप्ती (ल्युमिनॉसिटी) यांचा एक निश्चित आलेख असतो. त्यावरून अशा प्रकारच्या ताऱ्यांची निरपेक्ष प्रत ठरविता येते. आपल्या आकाशगंगेप्रमाणेच दूर अंतरावरील दीर्घिकांमध्ये असेच तारे असतात. त्याची आपल्या आकाशगंगेत असलेल्या ताऱ्यांशी तुलना करून त्या दीर्घिकांची अंतरे निश्चित करता येतात.

अति तेजस्वी तारे : अत्यंत तेजस्वी तारे अति लांब अंतरांपर्यंत दिसू शकतात. ज्या दीर्घिकांची अंतरे माहीत आहेत अशा दीर्घिकांमधील तेजस्वी ताऱ्यांचा संदर्भ ज्योती (स्टॅंडर्ड कॅन्डल) म्हणून उपयोग करता येतो. प्रचंड वस्तुमानाच्या युवा महाराक्षसी ताऱ्यांची निरपेक्ष प्रत - १० पर्यंत असू शकते. अर्थात असे तेजस्वी तारे सूर्यपेक्षा दशलक्षपट दीप्ती असणारे असतात.

नव तारे (नोव्हे) : या ताऱ्यांच्या प्रकाशाचा एक विशिष्ट आलेख असतो, त्यावरून अशा ताऱ्यांच्या दीप्तीचा अंदाज येतो. जवळपास असलेल्या दीर्घिकांमधील असे नव तारे ओळखून त्यांची ज्ञात नवताऱ्यांशी तुलना केली जाते.

ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स : आपल्या आकाशगंगेतील अनेक ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सची अंतरे आपल्याला माहीत आहेत. ग्लोब्यूलर क्लस्टरमधील सर्व ताऱ्यांची निरपेक्ष प्रत समान असते. इतर दीर्घिकांमध्ये असलेल्या ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सची आपल्या

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १४०

आकाशगंगेतील ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सची तुलना करून त्या दीर्घिकांची अंतरे निश्चित करता येतात.

सुपरनोव्हे (अतिनव तारे) : या ताऱ्यांची दीप्ती सूर्यपेक्षा १० अब्ज पट असू शकते. अतिनवताऱ्यांचाही संदर्भ ज्योती म्हणून उपयोग करता येतो. अति लांब असलेल्या दीर्घिकांमधील अतिनव तारे त्यांच्या उच्च दीप्तीमुळेच प्रत्यक्ष पाहता येतात.

२१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची रेडियो लहर : दीर्घिकांच्या परिवलनामुळे ही लहर त्यांच्या निरनिराळ्या भागांतून आपल्याकडे येते व डॉप्लर परिणामामुळे ती रेषेच्या स्वरूपात न राहता पसरते. अशा पसरट रेषेला 'ब्रॉड बॅन्ड' असे नाव आहे. बॅन्डच्या रूंदीवरून दीर्घिकेची उच्चतम परिवलन गती काढता येते. ही गती दीर्घिकेच्या वस्तुमानावर अवलंबून आहे, आणि वस्तुमानावर दीप्ती अवलंबून आहे. दीप्ती मिळाली, की निरपेक्ष प्रत ठरविणे सोपे जाते.

दीर्घिकेचा एकंदर प्रकाश : दीर्घिका हीच तारा आहे असे समजून तिच्या एकंदर प्रकाशाची भासमान प्रत निरीक्षणावरून ठरविता येते. परंतु दीर्घिकांच्या दीप्ती निरनिराळ्या असतात. परंतु काही विशिष्ट दीर्घिकांच्या दीप्तीमध्ये फारसा बदल होत नाही. अशा दीर्घिकांच्या अंतरांचा अंदाज बांधता येतो.

वरील निरनिराळ्या पद्धतींद्वारे दीर्घिकांच्या अंतरांचा किती मर्यादेपर्यंत अंदाज करता येतो हे पुढील कोष्टकात दिले आहे.

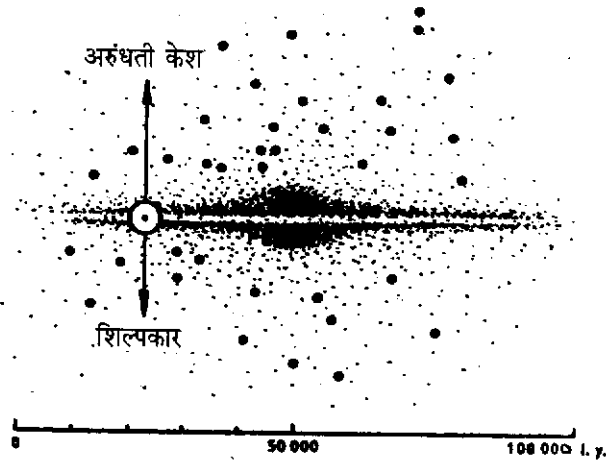
पद्धत	अचूकता	कोणत्या प्रकारच्या दीर्घिकांसाठी उपयुक्त	अंतर मर्यादा (दशलक्ष पार्सेक)
सेफाइड्स	उत्तम	सर्पिल, अनियमित	०-४
तेजस्वी तारे	मध्यम	सर्पिल, अनियमित	०-२०
नव तारे	उत्तम	खुली सर्पिल, अनियमित	०-२०
ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स	मध्यम	सर्व प्रकार	०-२०
अतिनव तारे	मध्यम	सर्व प्रकार	०-२००
२१ सें.मी. लहर	उत्तम	सर्पिल अनियमित	०-२५
दीर्घिकेचा प्रकाश	न्यूनतम	सर्पिल, अनियमित	०-१००
क्लस्टरमधील अत्यंत तेजस्वी रेखीय गती	उत्तम	क्लस्टरमधील दीर्घवर्तुळकृती सर्व प्रकार	२०-५०००
			१००-१०००

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १४१

१०८ : आपल्या आकाशगंगेचा आकार कसा आणि केवढा आहे?

आपल्या आकाशगंगेकडे समोरून पाहिले तर ताऱ्यांचे एक अति विशाल चक्र अति मंद गतीने केंद्राभोवती भ्रमण करीत आहे असे आपल्याला दिसेल. या चक्राचा तुंबा भरीव व काहीसा दीर्घवर्तुळाकृती असल्याचा आपल्याला भास होईल. त्यामध्ये ताऱ्यांची एकच गर्दी उसळली आहे असे आपल्याला आढळेल. तुंब्यापासून निघालेल्या सर्पिल आकाराच्या बाहुंनी त्याला वळसे घातले आहेत असे आपल्या लक्षात येईल. बाजूने पाहिले तर बैलगाडीच्या चाकासारखी मध्ये फुगीर व सर्व बाजूंनी जाडी कमी होत गेलेली आकाशगंगा आपल्याला पहायला मिळेल.

आकाशगंगेचा व्यास किमान १ लक्ष प्रकाशवर्षे असावा, आणि त्यात सुमारे २०० अब्ज तारे असावेत. आपला सूर्य हा त्यांपैकी एक अगदी सामान्य दर्जाचा तारा आहे. केंद्रापासून तो सुमारे ३०,००० प्रकाशवर्षे अंतरावर आहे. आकाशगंगेच्या मध्यवर्ती फुगवट्याचा व्यास १५ ते २० हजार प्रकाशवर्षे आहे व केंद्रापाशी आकाशगंगेची रुंदी सुमारे १०,००० प्रकाशवर्षे असावी. या केंद्रभागात ताऱ्यांची संख्या प्रचंड आहे.



केंद्रीय फुगवटा व मध्यवर्ती तबकडी यांचे सभोवती एक प्रभामंडल आहे. या प्रभामंडलाचा व्यास ६५,००० प्रकाशवर्षे असावा आणि त्यामधील वस्तुमान एक खर्व ४० अब्ज (१,४०,०००,०००,०००) सूर्याइतके असावे असा अंदाज आहे.

प्रभामंडलाच्याही बाहेर कोरोना नावाचे आवरण आहे. त्यामधील वस्तुमान १ ते २ निखर्व (२०००,०००,०००,०००) सूर्याइतके प्रचंड असले पाहिजे. आकाशगंगेच्या केंद्रापासून कोरोनाचा विस्तार किमान २ लक्ष प्रकाशवर्षे अंतरापर्यंत किंवा कदाचित ३.५ लक्ष प्रकाशवर्षांपर्यंत पसरलेला असेल. छोटा आणि मोठा मॅगेलानिक मेघ, सात

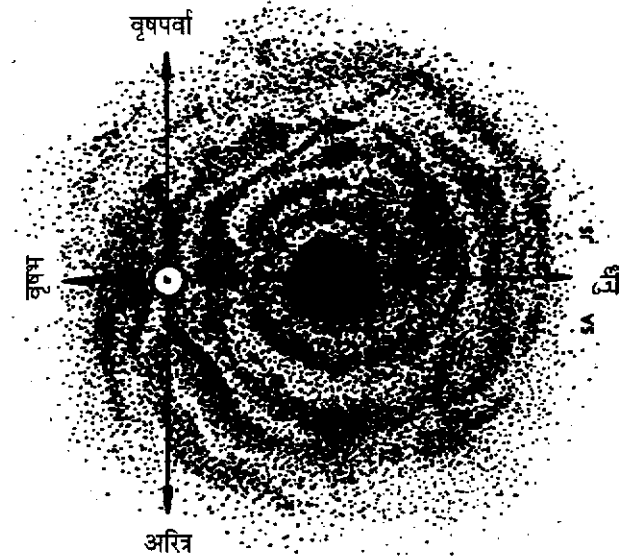
मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १४२

खुज्या दीर्घिका, किमान ११ तारकागुच्छ या सर्व गोष्टी कोरोनाचेच घटक आहेत. आपली आकाशगंगा ही अशी अतिविशाल आहे.

■ ■

१०९ : आकाशगंगेत सूर्याचे स्थान कुठे आहे?

आपली आकाशगंगा बैलगाडीच्या चाकासारखी केंद्रापाशी फुगीर आहे तर परिघाच्या दिशेत तिची रुंदी कमी होत गेली आहे. आपला सूर्य आकाशगंगेच्या सरासरी पातळीत असून तो केंद्रापासून सुमारे १० पार्सेक अंतरावर, म्हणजेच ३२,६०० प्रकाशवर्षे दूर आहे. ह्या अंतरावरून सूर्य प्रति सेकंदाला २५० किलोमीटर या गतीने आकाशगंगेच्या केंद्राभोवती सुमारे २५ कोटी वर्षांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. सूर्याचा जन्म झाल्यापासून त्याने आजपर्यंत अशा २० प्रदक्षिणा पूर्ण केल्या आहेत.



आकाशगंगेचा आकार सर्पिल असून तिचे तीन सर्पिल बाहू आपल्याला निश्चितपणे माहीत झालेले आहेत. मृगबाहू (ओरायन आर्म) मध्यभागी असून त्याच्या बाहेर, केंद्राच्या विरुद्ध दिशेत सुमारे २००० पार्सेक अंतरावर ययातीबाहू (पेर्सस आर्म) आणि केंद्राच्या दिशेत, सुमारे २००० पार्सेक अंतरावर धनु बाहूचे (सॅजिटारिअस आर्म) अस्तित्व आहे. अगदी अलीकडे नौकातलबाहूचा (कॅरिना आर्म) शोध लागला आहे,

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १४३

पण तो बहुधा मृग बाहूचाच विस्तार असावा. आपली सूर्यमालिका मृगबाहूचा घटक असून, तिचे स्थान या बाहूच्या आतील कडेजवळ आहे.

सूर्यावरून आकाशगंगेच्या केंद्राकडे पाहिले तर आपल्याला धनु या राशीतील असंख्य तारे दिसतात. निराळ्या शब्दांत सांगायचे झाल्यास आपल्या आकाशगंगेचे केंद्र धनु राशीच्या दिशेत आहे. केंद्राच्या विरुद्ध दिशेत वृषभराशीतील तारे पहायला मिळतात. केंद्राच्या दिशेत, म्हणजेच धनु राशीकडे तोंड करून उभे राहिल्यास आकाशगंगेच्या पातळीत डाव्या हाताच्या दिशेकडे वृषभर्वा आणि उजव्या हाताच्या दिशेकडे अरित्र नक्षत्रातील तारे दिसतात. तसेच ऊर्ध्व दिशेत अरुंधतीकेश आणि अधः दिशेत शिल्पकार नक्षत्रातील ताऱ्यांचे आपल्याला दर्शन होते.

■ ■

११० : काही तारकासमूहांना तारकागुच्छ का म्हणतात?

आकाशगंगेतील ताऱ्यांचे प्रमाण सर्वत्र सारखे नाही. केंद्रापाशी ताऱ्यांची संख्या फारच उच्च आहे, तर सर्पिल बाहूमधील ताऱ्यांचे प्रमाण तुलनेने कमी आहे. दोन सर्पिल बाहूमधील क्षेत्रात ताऱ्यांचे प्रमाण फारच विरळ आहे. या शिवाय अशी काही स्थाने आहेत, की ज्या ठिकाणी कित्येक तारे अगदी लहान क्षेत्रात एकवटलेले दिसतात. आजूबाजूच्या क्षेत्रापेक्षा तेथील ताऱ्यांचे प्रमाण फारच उच्च असते. अशा लहान क्षेत्रात एकवटलेल्या ताऱ्यांच्या समूहांना तारकागुच्छ (स्टार क्लस्टर्स) असे नाव आहे. विशिष्ट तारकागुच्छातील सर्व तारे सामान्यतः आपल्यापासून समान अंतरावर असतात. बहुधा ते एकाच वेळी निर्माण झाले असावेत.

ज्या तारकागुच्छांना विशिष्ट असा आकार नसतो, अशा तारकासमूहांना ओपन क्लस्टर्स (खुले तारकागुच्छ) किंवा गॅलॅक्टिक क्लस्टर्स असे नाव आहे. कृत्तिका



तारकागुच्छ

(फ्लायडेस) हे अशा तारकागुच्छांचे उत्तम उदाहरण आहे. नुसत्या डोळ्यांना कृत्तिकेच्या सहा तारका दिसत असल्या तरी दुर्बिणीमधून या गुच्छात शतावधी तारे दिसतात. रोहिणी नक्षत्राजवळ 'हायडेस' नावाचा असाच एक खुला तारकागुच्छ आहे. त्यामध्ये २०० पेक्षा जास्त तारे आहेत.

खुल्या तारकागुच्छातील तारे स्वतंत्रपणे दिसू शकतात. अशा गुच्छाबरोबर आंतरतारकीय वायू व धूलिकण संलग्न झालेले असतात. आजपर्यंत एक हजारपेक्षा जास्त खुल्या तारकागुच्छांचा पत्ता लागलेला आहे. त्यातील बहुतांश आकाशगंगेच्या सर्पिल बाहूमध्येच आहेत. या तारकागुच्छांमधील ताऱ्यांचे वयोमान १० कोटी ते एक अब्ज वर्षांच्या मर्यादित आहे. याचा अर्थ हे तारे तुलनेने अलीकडेच निर्माण झाले आहेत. या ताऱ्यांमध्ये ९० टक्के हायड्रोजन ९ टक्के हिलीयम आणि १ टक्का जड धातू असे प्रमाण आहे. खुल्या गुच्छातील या ताऱ्यांना 'पॉप्युलेशन-१' प्रकारचे तारे असे नाव आहे. खुल्या तारकागुच्छांचा व्यास ३२ प्रकाशवर्षापेक्षा जास्त नसतो.

तारकागुच्छांच्या दुसऱ्या प्रकाराला 'ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स' (गोलकृती तारकागुच्छ) असे नाव आहे. अशा एका तारकागुच्छात अगदी लहान क्षेत्रफळात सहस्रावधी तारे एकवटलेले असतात. अर्थात अशा गुच्छामधील तारे स्वतंत्रपणे पाहता येत नाहीत. हवर्क्युलसमधील (शौरी) एम-१३ हा तारकागुच्छ ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सचे उत्तम उदाहरण आहे. ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स आकाशगंगेच्या मुख्य तबकडीच्या वर किंवा खाली आढळतात. त्यामुळे आकाशगंगेची रचना निश्चित करण्यासाठी त्यांचा चांगलाच उपयोग झाला.

ग्लोब्यूलर क्लस्टर्सचा व्यास १०० प्रकाशवर्षांपर्यंत असू शकतो. ते सूर्यापासून अति दूर अंतरावरही आहेत. त्यांपैकी काहींचे अंतर ६० हजार प्रकाशवर्षापेक्षा जास्त आहे. आजपर्यंत १३५ पेक्षा जास्त ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स ज्ञात झाले आहेत. त्यामधील ताऱ्यांचे वयोमान १२ ते २० अब्ज वर्षे आहे. याचा अर्थ विश्वनिर्मितीनंतर जेव्हा दीर्घिका निर्माण झाल्या, त्याच वेळी ग्लोब्यूलर क्लस्टर्समधील तारे निर्माण झाले असावेत. त्यामुळेच या ताऱ्यांमध्ये जड धातू आढळत नाहीत. कारण अगदी प्रारंभीच्या काळात हायड्रोजन व हिलीयम हीच मूलद्रव्ये अस्तित्वात होती. ग्लोब्यूलर क्लस्टर्समधील जड धातू विरहित व वृद्ध ताऱ्यांना 'पॉप्युलेशन-२' प्रकारचे तारे असे म्हणतात. एकेका ग्लोब्यूलर क्लस्टर्समध्ये अशा प्रकारचे १० हजार ते १० लक्ष तारे असू शकतात.

ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स आकाशगंगेभोवती भ्रमण करतात, पण त्यांचा भ्रमणमार्ग तिरकस असतो. काही क्लस्टर्स परिवलन करतानाही आढळतात. क्लस्टर्समधील तारे परस्परांच्या नजीक असल्यामुळे ते एकमेकांच्या गतींवर परिणाम करतात. काहींची गती कमी होते, तर काहींची वाढते. एखादा तारा गुच्छाच्या बाहेरही फेकला जातो. अशा प्रकारे गुच्छातील ताऱ्यांची संख्या हळूहळू कमी होत जाते.

कित्येक ग्लोब्यूलर क्लस्टर्स क्ष किरण उत्सर्जित करतात, तर काही क्लस्टर्समधून क्ष किरणांचे उद्रेक होतात. कदाचित अतिशय प्रचंड वस्तुमानाची कृष्णविवरे काही

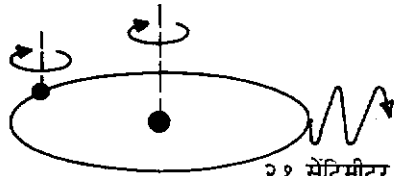
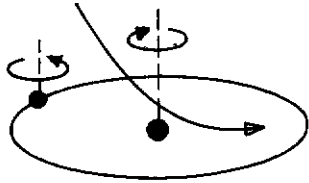
ग्लोब्यूलर क्लस्टरच्या केंद्रभागी असू शकतील. एनजीसी ६६१४ या ग्लोब्यूलर क्लस्टरच्या केंद्रभागी सूर्याच्या १०० पट वस्तुमानाचे कृष्णविवर असण्याची शक्यता आहे.

■ ■

१११ : २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची रेडियो लहर कशी निर्माण होते?

आपल्या आकाशगंगेचा अवाढव्य आकार, त्यामधील अब्जावधी तारे, हजारो तेजोमेघ आणि तारकागुच्छ या सर्वांचा अभ्यास करण्यासाठी उत्तम दर्जाच्या साधनांची आवश्यकता असते. पृथ्वीवरील मोठमोठ्या दुर्बिणी त्यासाठी उपयोगी आहेतच, पण अति दूर अंतरावरील निरीक्षणांसाठी त्या निरुपयोगी ठरतात. अशा परिस्थितीत संपूर्ण आकाशगंगेचे निरीक्षण करण्याचा मार्ग कोणता, असा प्रश्न उपस्थित होणे स्वाभाविक आहे. सुदैवाने निसर्गानेच या प्रश्नाचे उत्तर दिले आहे. हे नैसर्गिक साधन आहे, २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची विद्युत्चुंबकीय लहर! केवळ आपल्या आकाशगंगेचेच नव्हे, तर अब्जावधी प्रकाशवर्षे दूर असलेल्या दीर्घिकांचेही याच साधनाने निरीक्षण करता येते.

हायड्रोजन वायू दृश्य किरणांबरोबरच अदृश्य विद्युत्चुंबकीय लहरीही उत्सर्जित करतो. त्यामधील काही लहरी अतिनील (अल्ट्राव्हायोलेट) विभागात, काही अवरक्त (इन्फ्रारेड) विभागात, तर काही रेडियो लहरींच्या विभागात असतात. हायड्रोजन वायूने उत्सर्जित केलेली २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची लहर रेडिओ विभागात मोडते. अर्थात आकाशातून येणारी ही लहर ग्रहण करण्यासाठी रेडिओ दुर्बिणीची आवश्यकता असते. २१ सेंटीमीटर तरंगलांबी याचा अर्थ १ अब्ज ४२ कोटी कंपनसंख्या! ही वैशिष्ट्यपूर्ण लहर आकाशगंगेतील सर्व अडथळे लीलया ओलांडून पृथ्वीपर्यंत येऊन पोहोचते.



२१ सेंटीमीटर तरंगलांबी

हायड्रोजन वायूच्या न्यूनतम ऊर्जा पातळीमध्ये (लोएस्ट एनर्जी लेव्हल) दोन उपपातळ्या (सबलेव्हल्स) आहेत. या दोन उपपातळ्यांमध्ये अति सूक्ष्म ऊर्जा फरक (एनर्जी डिफरन्स) असतो. हायड्रोजन वायूमधून २१ सेंटीमीटर तरंग लांबीची लहर उत्सर्जित होण्यास हाच फरक कारणीभूत आहे.

हायड्रोजन अणूमध्ये एक इलेक्ट्रॉन, एका प्रोटॉनभोवती भ्रमण करीत असतो. त्याच वेळी प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन स्वतःभोवती परिवलन करीत असतात. इलेक्ट्रॉन कण प्रोटॉनच्या दिशेत किंवा विरुद्ध दिशेत परिवलन करू शकतो. दोघांच्या परिवलनाची दिशा विरुद्ध असताना हायड्रोजन अणूची ऊर्जा त्यांच्या परिवलनाची दिशा सारखीच असताना असणाऱ्या ऊर्जेपेक्षाही थोडी कमी असते. त्याचा परिणाम न्यूनतम ऊर्जा पातळीत दोन उपपातळ्या निर्माण होण्यात होतो.

हायड्रोजन अणू अवकाशात भरकटत असताना कधी कधी बाह्य ऊर्जेमुळे त्यामधील एकाच दिशेत परिवलन करणारे इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन विरुद्ध दिशेत परिवलन करू लागतात. परंतु हायड्रोजन अणू फार काळ या अवस्थेत राहू शकत नाही. आपल्याजवळील अतिरिक्त ऊर्जा २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीच्या रेडिओ लहरींच्या स्वरूपात मुक्त करून तो पुन्हा पूर्वस्थितीत जातो. काही वेळा हायड्रोजन वायू २१ सेंटीमीटर तरंगलांबीची लहर शोषून घेतो अशा वेळी त्याच्या वर्णपटात अवशोषण रेषा (अॅबसॉर्प्शन लाइन्स) आढळतात.

२१ सेंटीमीटर तरंगलांबीच्या विद्युत्चुंबकीय लहरींच्या साहाय्याने आपल्या आकाशगंगेचा नकाशा तयार करण्यात खगोलशास्त्रज्ञांना यश आले आहे. अति दूर अंतरावरील दीर्घिकांची अंतरे निश्चित करण्यासाठीही या रेडिओ लहरींचा उपयोग करता येतो.

■ ■

११२ : मॅगेलानचे मेघ काय आहेत?

पहिल्याप्रथम पृथ्वीप्रदक्षिणा करण्याचा मान फर्डिनंड मॅगेलान या दर्यावर्दी गृहस्थाकडे जातो. आपल्या प्रवासात दक्षिण गोलार्धात असताना त्याने तेथील आकाशात दिसणाऱ्या दोन ठळक तेजोमेघांची नोंद केली. त्यांनाच पुढे 'मॅगेलानचे मेघ' असे नाव देण्यात आले. मॅगेलानच्या दोन मेघांपैकी एक मोठा व दुसरा छोटा आहे. वस्तुतः हे मेघ म्हणजे अनियमित आकाराच्या दोन दीर्घिका आहेत, पण त्या स्वतंत्र नसून आपल्या आकाशगंगेशी संलग्न आहेत. त्यांना आपल्या आकाशगंगेच्या उपदीर्घिका म्हणायला हरकत नाही. दोन्ही मेघ अगदी मंद गतीने परस्परांभोवती आणि त्याच वेळी आकाशगंगेभोवती भ्रमण करीत असतात.

मॅगेलानचा लघुमेघ आकाशात ३.५ अंश व्यासाच्या धुकट वर्तुळासारखा दिसतो.

लघुमेघाचा प्रत्यक्ष व्यास ३०,००० प्रकाशवर्षे असून, केंद्रवर्ती तेजस्वी गाभा १०,००० प्रकाशवर्षे व्यासाचा असावा. लघुमेघाचे वस्तुमान सूर्याच्या ४० कोटीपट मोठे असावे. तो प्रतिसेकंदाला १६० किलोमीटर गतीने आपल्यापासून दूर जाताना भासतो.

मॅगेलानचा विशाल मेघ दक्षिण आकाशात ७ अंश व्यासाच्या वर्तुळाएवढा दिसतो. या मेघाचा व्यास ५०,००० प्रकाशवर्षे असून केंद्रावर्ती तेजस्वी गाभा २०,००० प्रकाशवर्षे व्यासाचा आहे. विशाल मेघाचे वस्तुमान सूर्याच्या २५ अब्जपट मोठे असावे. आपल्या आकाशगंगेच्या एक दशांश इतके हे वस्तुमान झाले. विशाल मेघ सूर्यमालेपासून प्रति सेकंदाला २७० किलोमीटर वेगाने दूर सरकत असल्याचा आपल्याला भास होतो. विशाल मेघात असंख्य तारे, तारका गुच्छ, तेजोमेघ यांची रेलचेल आहे, पण विशेषतः त्यामध्ये अतिराक्षसी ताऱ्यांचेही अस्तित्व आहे. त्यांच्यासारखे विशाल आकाराचे तारे आपल्या आकाशगंगेतही आढळत नाहीत. 'ट्रान्तुला' हा ज्ञात विश्वातील सर्वात मोठा तेजोमेघ, विशाल मेघाचाच एक घटक आहे. त्याचा व्यास ८०० प्रकाशवर्षे असून, वस्तुमान सूर्याच्या ५ लक्ष पट मोठे आहे.

■

११३ : विश्वकिरणांचे उगमस्थान कोणते आहे?

अति उच्च ऊर्जा असलेल्या विद्युत्भारित कणांचा प्रवाह म्हणजे विश्वकिरण. इंग्रजीमध्ये ते 'कॉस्मिक रेज' या शब्दाने ओळखले जातात. पृथ्वीच्या वातावरणावर रात्रंदिवस या विश्वकिरणांचा भडिमार होत असतो. विश्वकिरणांमध्ये बहुतांश गतिमान प्रोटॉन व आल्फाकण यांचाच समावेश होतो. गतिमान प्रोटॉन ९० टक्के आणि आल्फा कण १० टक्के असे प्रमाण असते. इलेक्ट्रॉन कणांचे प्रमाण अत्यल्प असते. या गतिमान कणांनी वातावरणात झेप घेतली की ते दुय्यम कणांचे वर्षाव निर्माण करतात. या प्रकाराला 'कॉस्मिक रे शॉवर्स' असे नाव आहे.

विश्वकिरणांचे उगमस्थान कोणते? हा खगोलशास्त्रातील एक गूढ प्रश्न आहे. विश्वकिरण हे त्यांचे नावही कदाचित अयोग्य असू शकेल कारण सान्या विश्वात त्यांचे अस्तित्व असण्याची शक्यता फार कमी आहे. पृथ्वीच्या वातावरणावर आढळणारे विश्वकिरण बहुधा आपल्या आकाशगंगेपुरतेच मर्यादित असावेत. आकाशगंगेतील अनेक वस्तूंमध्ये विश्वकिरण निर्माण करण्याची क्षमता आहे. नव आणि अतिनव तारे (नोव्हा व सुपरनोव्हा) यांच्या सारख्या विस्फोटक वस्तू, सूर्यासारखे सामान्य दर्जाचे तारे आणि आंतर तारकीय मेघ, ही विश्वकिरणांची किमान तीन उत्पत्तिस्थाने असावीत.

विश्वकिरण उत्पत्तिस्थानापासून निघाले की सरळ रेषेत पृथ्वीपर्यंत येत नाहीत. आकाशगंगेच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे त्यांचा मार्ग सातत्याने बदलत जातो. परंतु ते आकाशगंगेच्या बाहेर मात्र जाऊ शकत नाहीत. या शिवाय अनेक वेळा त्यांना वायूच्या

मेघातूनही वाट काढावी लागते. एखादा गतिमान प्रोटॉन, पृथ्वीवर विश्वकिरण म्हणून दाखल होईपर्यंत, सुमारे ३२,६०,००० प्रकाशवर्षे, अंतरातून मार्गाक्रमण करतो. एवढे अवाढव्य अंतर कापण्यासाठी त्या प्रोटॉनला ३० लक्ष वर्षे लागतात. उत्पत्तिस्थानापासून निघालेला प्रोटॉन सरळ पृथ्वीकडे आला असता तर त्याला केवळ काही सहस्र वर्षे लागली असती. आकाशगंगेच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे विश्वकिरणांचा मार्ग, मध्यवर्ती तबकडी पुरताच मर्यादित न राहता काही वेळा त्याला प्रभामंडळातूनही प्रवास करावा लागतो, अशा वेळी पृथ्वीपर्यंत पोहोचण्यासाठी त्याला १ कोटी वर्षांपेक्षाही जास्त काळ लागतो.

आकाशगंगेच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे उत्पत्तिस्थानापासून निघालेले विश्वकिरण दशदिशांना पांगतात. त्यामुळेच ते पृथ्वीवरही एका विशिष्ट दिशेने येत नाहीत. ते सर्व दिशांनी पृथ्वीच्या वातावरणावर आघात करतात. विश्वकिरणांचे नेमके उगमस्थान न सापडण्याचे हेच प्रमुख कारण आहे. अवकाशातील सर्व दीर्घिकांना चुंबकीय क्षेत्र आहे. तसेच विश्वकिरण प्रत्येक दीर्घिकेमध्ये अस्तित्वात असले पाहिजेत. गतिमान विद्युत्भारित कण व चुंबकीय क्षेत्र परस्परांवर परिणाम करतात. चुंबकीय क्षेत्रामुळे विद्युत्भारित कणांचा मार्ग बदलतो, तर गतिमान विद्युत्भारित कणांच्या चुंबकीय क्षेत्रातील अस्तित्वामुळे विद्युत्चुंबकीय लहरी निर्माण होतात. त्यामुळेच आकाशगंगेप्रमाणेच सर्व दीर्घिका रेडिओ लहरी उत्सर्जित करतात.

■

११४ : आकाशगंगेला सर्वात जवळ असलेली सर्पिल दीर्घिका कोणती?

तसे पाहिले तर, दक्षिण आकाशातील मॅगेलानचा विशाल व लघुमेघ आपल्या आकाशगंगेला सर्वात जवळ असलेल्या दीर्घिका आहेत. या दोन दीर्घिका अनियमित आकाराच्या असून त्या स्वतंत्र नाहीत. ग्रहांना ज्याप्रमाणे उपग्रह असतात त्याप्रमाणे आपल्या आकाशगंगेच्या त्या उपदीर्घिका आहेत. हे दोन्ही मेघ अगदी मंद गतीने परस्परांभोवती आणि त्याच वेळी आपल्या आकाशगंगेभोवती भ्रमण करतात. त्यामुळे आपल्या आकाशगंगेपासून २२ लक्ष प्रकाशवर्षे दूर असलेली देवयानी ही सर्पिल दीर्घिका, आपल्याला सर्वात जवळ आहे. या दीर्घिकेचे ग्रीक नाव आहे, अँड्रोमेडा!

देवयानी दीर्घिका आपल्या आकाशगंगेची सख्खी थोरली बहीण आहे असे म्हणायला हरकत नाही. पृथ्वीसापेक्ष विचार केला तर देवयानी अवकाशामध्ये तिरकस पातळीत स्थिरावल्या सारखी भासते. खरे पाहिले तर आकाशगंगा आणि देवयानी या दोन दीर्घिका स्वतंत्र नाहीत, सर्पिल दीर्घिकांचे ते एक युग्म आहे. या दोन दीर्घिका एकाच बिंदूभोवती पण परस्परांच्या विरुद्ध दिशेत भ्रमण करतात. देवयानी व आकाशगंगा यांमध्ये फारच साम्य आहे. दोन्ही दीर्घिका सर्पिल असून प्रत्येकीची मध्यवर्ती तबकडी अतिविशाल



आहे. प्रत्येक दीर्घिकेचे धूलिकण व्याप्त बाहू, नवीन जन्माला येणाऱ्या ताऱ्यांच्या तेजामुळे उजळून निघाले आहेत. दोघांनाही दोन लहान आकाराच्या उपदीर्घिका आहेत. दोन्ही दीर्घिकांना प्रभामंडल असून त्यामध्ये वृद्ध खुजे तारे आणि शेकडो तारकागुच्छ आहेत.

आकाशगंगा व देवयानी एकाच गुरुत्वमध्याभोवती भ्रमण करित असल्यामुळे त्या परस्परांच्या नजीक येत असल्याचा भास होतो. प्रति सेकंदाला ७५ किलोमीटर या गतीने देवयानी आकाशगंगेच्या दिशेने सरकत आहे. देवयानीचा व्यास सुमारे एक लक्ष ८० हजार प्रकाशवर्षे असावा. देवयानीमध्ये सुमारे ३०० अब्ज तारे असावेत आणि त्या सर्वांचे मिळून वस्तुमान सूर्यापेक्षा ४०० अब्ज पट मोठे असले पाहिजे असा अंदाज आहे. देवयानी स्वतःच्या अक्षाभोवती सुमारे २० कोटी वर्षांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करते. सर्वच दृष्टींनी देवयानी दीर्घिका आकाशगंगेच्या तुलनेत अतिविशाल आहे यात शंकाच नाही.

११५ : दीर्घिकांचा स्थानिक संघ म्हणजे काय?

विश्वाचा आकार केवढा? या प्रश्नाचे उत्तर अफाट, अनंत असेच बहुधा द्यावे लागेल. कारण विश्वाचा प्रमुख घटक असणाऱ्या दीर्घिकांचे मुळी परस्परांपासून लक्ष लक्ष प्रकाशवर्षे दूर असतात. इतके असूनही दीर्घिकांचे लहान लहान संघ किंवा समूह असतात असे आढळते. समूहामधील दीर्घिकांचे संख्येवर कोणतेच बंधन नाही. काही समूहातील दीर्घिका दशकात, तर काही समूहातील दीर्घिकांची संख्या सहस्रांमध्ये मोजावी लागते. आपली आकाशगंगा अशाच एका संघाची सभासद आहे, त्याला

स्थानीय संघ (लोकल ग्रुप) असे नाव आहे. या संघात लहानमोठ्या सुमारे २४ दीर्घिकांचा अंतर्भाव होतो. अधूनमधून एखाद्या नव्या सभासदाचाही शोध लागतो.

देवयानी व आपली आकाशगंगा ह्या दोन दीर्घिका स्थानीय संघाचे प्रमुख घटक आहेत. त्या दोघांचे एकत्रित वस्तुमान स्थानीय संघातील एकंदर वस्तुमानाच्या ९५ टक्के आहे. अर्थातच स्थानीय संघाचे वस्तुकेंद्र देवयानी आणि आकाशगंगा यांच्या केंद्रांना जोडणाऱ्या रेषेवर आहे. स्थानीय संघामध्ये विशाल आकाराच्या दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिका आढळत नाहीत. त्यामध्ये ३ सर्पिल आकाराच्या, ४ अनियमित आणि राहिलेल्या खुजा दीर्घवर्तुळाकृती दीर्घिकांचा समावेश होतो. स्थानीय संघातील दीर्घिकांचे एकूण वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या ३ ते ६ हजार अब्ज पट असावे असा एक अंदाज आहे.

लहान आणि विशाल मॅगेलनिक मेघ, लिओ १ व लिओ २, एम ३३, एम ३२, एनजीसी ६८२२, १८५, १४७, २०५, कालेय, सप्तर्षी, शिल्पकार वगैरे नक्षत्र समूहातील काही दीर्घिका, हे स्थानीय संघाचे काही अन्य महत्त्वाचे घटक आहेत.

११६ : ऑल्बर्स पॅरॅडॉक्स म्हणजे काय?

रात्रीचे आकाश कृष्णवर्णी असते, पण असे का? असा प्रश्न बहुधा आपल्यासमोर क्वचित उभा राहिला असेल. अवकाशात आपल्याला असंख्य तारे दिसतात. ते तप्त आणि म्हणूनच प्रकाशमान आहेत. उष्णतेच्या नियमांप्रमाणे ऊष्णता नेहमी तप्त पदार्थाकडून थंड पदार्थाकडे वाहते आणि सरतेशेवटी सर्वत्र समान तापमान निर्माण होते. प्रश्न असा आहे की, हा नियम आकाशासाठी का लावता येऊ नये. या प्रश्नाचा सविस्तर विचार हेन्रिच ऑल्बर या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने १८२३ साली केला. ऑल्बर्स पॅरॅडॉक्स किंवा ऑल्बरचा विरोधाभास तीन गोष्टींवर आधारित आहे. विश्व अफाट आणि अनंत आहे, ते सूर्यासारख्याच असंख्य ताऱ्यांनी व्यापलेले आहे आणि विश्व चिरंतन व चिरस्थायी आहे. त्यामुळे ज्या ज्या दिशेकडे आपण पाहू त्या त्या दिशेला तारे असायला हवेत. अर्थातच दोन ताऱ्यांमध्ये काळा प्रदेश दिसता कामा नये. समजा, आपण आपल्या दृष्टिरेषेत अवकाशामध्ये एखादी रेषा काढली, तर अनंत अवकाशातील अनंत ताऱ्यांपैकी कोणत्या तरी एका ताऱ्यावर ती स्थिरावे. प्रकाशकिरण सरळ रेषेत प्रवास करित असल्यामुळे त्या ताऱ्यावरून निघालेला प्रकाश आपल्यापर्यंत येऊन पोहोचला पाहिजे. म्हणजेच अवकाशातील प्रत्येक दिशेकडून प्रकाशकिरण आपल्याकडे यायला हवेत आणि रात्रीचे आकाश प्रकाशाने उजळून गेले पाहिजे.

हाच युक्तिवाद आणखी निराळ्या पद्धतीने करता येईल. एका विशाल गोलाच्या मध्यावर पृथ्वी आहे अशी कल्पना करा. या गोलाच्या बाहेर दुसरा आणखी एक जरा

जास्त त्रिज्येचा गोल आहे समजा. या दोन गोलांच्या पृष्ठभागांमध्ये असलेला प्रत्येक तारा पृथ्वीवरील प्रकाशात भर घालतो. दुसऱ्या गोलाच्या बाहेर आणखी एक तिसरा गोल आहे असे मानले, तर दुसऱ्या व तिसऱ्या गोलांच्या पृष्ठभागांमध्ये ताऱ्यांची संख्या आणखीनच जास्त असणार हे उघड आहे. तेही तारे पृथ्वीवरील रात्रीच्या प्रकाशात भर घालतील. अनंत आकाराच्या विश्वात असे अनंत गोल निर्माण करता येतील आणि प्रत्येक दोन गोलांमधील वाढत्या संख्येतील तारे पृथ्वीवरील रात्रीच्या प्रकाशात भर घालतील. आणि पृथ्वीवर रात्र अस्तित्वात राहणार नाही. रात्रीचे सारे आकाश प्रकाशाने झळाळून जाईल. वस्तुस्थिती मात्र अगदी निराळी असते. रात्रीचे आकाश पूर्णतः काळे दिसते.

ऑल्बर्सच्या विरोधाभासाचे उत्तर तसे फार सोपे आहे, पण केवळ अलीकडील संशोधनामुळेच त्याचा खुलासा करता येतो. रात्रीच्या वेळी अवकाश कृष्णवर्णी असण्याची प्रमुख कारणे दोन आहेत. एक, विश्वाचे प्रसरण चालू आहे आणि दुसरे, तारे आणि दीर्घिका आपल्यापासून इतक्या दूर अंतरावर आहेत की त्यावरून निघालेला प्रकाशकिरण आपल्या येथे येऊन पोहोचण्यापर्यंत त्यामधील सर्व ऊर्जा जवळ जवळ संपुष्टात आलेली असते. अर्थातच सर्व तारे मिळूनही आपले आकाश रात्रीच्या वेळी प्रकाशमान करू शकत नाहीत.

■ ■

११७ : गुरुत्वाकर्षण लहर म्हणजे काय?

व्यापक सापेक्षतेच्या सिद्धान्ताने गुरुत्वाकर्षणाच्या संकल्पनेत आमूलाग्र बदल केला. वस्तूच्या उपस्थितीमुळे अवकाश व काल यांना वक्रता प्राप्त होते. ही वक्रताच गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाचे कारण आहे, असे आइन्स्टाइन यांचा हा सिद्धान्त सांगतो. जितके वस्तुमान जास्त तितकी अवकाश व काल यांना येणारी वक्रता जास्त. अर्थातच कृष्णविवराजवळ अवकाश व काल जास्तीत जास्त वक्र असतात. संध पाण्यात दगड टाकला की ज्याप्रमाणे लहरी उत्पन्न होतात त्याचप्रमाणे अवकाश व काल यांच्या वक्रतेमध्ये विक्षेप निर्माण झाला की गुरुत्वाकर्षण लहरी उत्पन्न होतात. चंद्राचे पृथ्वीभोवती किंवा पृथ्वीचे सूर्याभोवती होणारे भ्रमण गुरुत्वाकर्षण लहरी उत्पन्न करू शकते, कारण या भ्रमणांमुळे चंद्र व पृथ्वी, तसेच पृथ्वी व सूर्य यांच्यामधील अवकाश व कालात विक्षेप निर्माण होतो.

गुरुत्वाकर्षण लहरींचा शोध हे एक अत्यंत दुरापास्त काम आहे. कारण या लहरींमध्ये अतिशय कमी ऊर्जा असते. गुरुत्वाकर्षण हे मूलतःच अतिसूक्ष्म बल आहे. उदाहरणार्थ, दोन इलेक्ट्रॉन मधील विद्युत्चुंबकीय बल, त्यांचेमधील गुरुत्वाकर्षण बलापेक्षा 10^{42} पट जास्त असते. अर्थातच अतिसूक्ष्म असणाऱ्या गुरुत्वाकर्षण

बलापासून अति तरल गुरुत्वाकर्षण लहरीच केवळ उत्पन्न होऊ शकतात. त्यामुळेच गुरुत्वाकर्षण लहरी कोणत्याही पदार्थांमधून प्रकाशाच्या वेगाने सहजरित्या आरपार निघून जाऊ शकतात. गुरुत्वाकर्षण लहरींचा शोध न लागण्याचे हे सुद्धा एक महत्त्वाचे कारण आहे. ज्या साधनाच्या साहाय्याने गुरुत्वाकर्षण लहरींचा शोध घ्यायचा त्याच साधनाला कोणताही धक्का न लावता गुरुत्वाकर्षण लहरी निघून जाणार असेल तर शोध कशाचा घेणार ?

गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रात अचानक बदल झाला तर गुरुत्वाकर्षण लहरींचा सामर्थ्यशाली स्पंद निर्माण होऊ शकतो. नव आणि अतिनव ताऱ्यांच्या स्फोटामुळे गुरुत्वाकर्षण लहरीचे स्पंद दशदिशांना पसरतात. कृष्णविवराच्या सभोवतालचा अवकाश व काल अतिशय वक्र असतो. कृष्णविवराच्या भ्रमणामुळे त्यामध्ये विक्षेप निर्माण होतो. अर्थातच कृष्णविवराच्या दिशेने गुरुत्वाकर्षण लहरी येण्याची दाट शक्यता आहे.

प्रकाशाचा किरण म्हणजे विद्युत्चुंबकीय लहर. या लहरीशी संबंधित असणाऱ्या कणाला फोटॉन असे नाव आहे. तसेच गुरुत्वाकर्षण लहरीशी संबंधित असणाऱ्या कणांना ग्रॅव्हिटॉन. असे नाव देण्यात आले आहे. गुरुत्वाकर्षणाचा संदेशवहन करणारे कण म्हणजे ग्रॅव्हिटॉन. समुद्रांना भरती आणण्याचा संदेश हेच कण चंद्रावरून समुद्रांना पोहोचवितात. सूर्य आणि ग्रह यांच्यामध्ये होणाऱ्या ग्रॅव्हिटॉनच्या देवघेवीमुळेच सर्व ग्रह सूर्याभोवती भ्रमण करीत आहेत. इतकेच काय, ग्रॅव्हिटॉनमुळेच आपण सर्वजण पृथ्वीशी बांधले गेले आहोत.

■ ■

११८ : विश्वाचा महास्फोट सिद्धान्त काय आहे?

एका महाप्रचंड विस्फोटाने विश्वाचा प्रारंभ झाला असा खगोलशास्त्रज्ञांचा दावा आहे. यालाच 'विश्वाचा महास्फोट सिद्धान्त' किंवा 'बिग बॅंग थिअरी' असे म्हणतात. साधारण १५ ते २० अब्ज वर्षांपूर्वी हा स्फोट झाला असावा, असे शास्त्रज्ञांचे मत आहे. विश्वाचा जन्म झाल्यानंतरच अवकाश, काल आणि वस्तू यांची निर्मिती झाली. त्याच्या आधी या तीनही गोष्टी अस्तित्वात नव्हत्या. स्फोटानंतर अवकाशाचा विस्तार चालू झाला आणि त्या बरोबरच विश्वाचे तापमान कमी होऊ लागले. स्फोटानंतर एक शतांश सेकंदाने विश्वाचे तापमान १०० अब्ज झाले, तीन मिनिटांनी ते एक अब्ज अंश सेल्सिअस पर्यंत उतरले, साधारण ७ लक्ष वर्षांनी तापमान आणखी कमी होऊन ते ३००० अंश सेल्सिअसपर्यंत पोहोचले आणि आता विश्वाचे तापमान शून्याच्या खाली २७० अंश सेल्सिअसला येऊन ठेपले आहे.

एक शतांश सेकंदानंतर विश्वामध्ये वस्तू आणि प्रारण यांचेच फक्त मिश्रण होते. त्यातील फोटॉन कणांच्या टक्करीमधून इलेक्ट्रॉन व पॉझिट्रॉन कण निर्माण झाले. त्याच

वेळी प्रोटॉनचे न्यूट्रॉन कणात व न्यूट्रॉनचे प्रोटॉन कणात रूपांतर होत होते. स्फोटानंतर १४ सेकंदांनी तापमान ३ अब्ज अंशांपर्यंत खाली आले आणि इलेक्ट्रॉन व पॉझिट्रॉन यांची टक्कर होऊन ते एकमेकाला नष्ट करू लागले.

महास्फोटानंतर ३ मिनिटे आणि ४६ सेकंद उलटल्यावर तापमान ९० कोटी अंशांवर आले, आणि प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉन परस्परांशी संलग्न होऊ लागले, त्यातून ड्युटेरिअमची निर्मिती चालू झाली. परंतु न्यूट्रॉन हे कण स्थिर नसल्यामुळे त्यांचे प्रोटॉन कणांत रूपांतर होत राहिले. हिलिअम निर्मितीची प्रक्रिया चालू झाली त्या वेळी प्रत्येकी १४ प्रोटॉन मागे २ न्यूट्रॉन असे प्रमाण होते. हिलिअम निर्मितीसाठी फक्त २ प्रोटॉन आणि २ न्यूट्रॉन कण लागतात. अर्थातच प्रत्येक हिलीअम मूलद्रव्याच्या निर्मितीनंतर १२ प्रोटॉन कण शिल्लक राहतात. हिलीअम बरोबरच प्रोटॉन कणांद्वारे हायड्रोजनचीही निर्मिती चालू होती. वस्तुमानाच्या भाषेत बोलायचे झाल्यास हिलीअम निर्मितीच्या काळात २५ टक्के हिलीअम व ७५ टक्के हायड्रोजन असे प्रमाण होते. आजही विश्वामध्ये साधारण हेच प्रमाण आढळते.

महास्फोटानंतर ७ लक्ष वर्षांनी तापमान ३०० अंश सेल्सिअस पर्यंत खाली आले, आणि हायड्रोजन व हिलीअम स्थिर झाले. मुक्त इलेक्ट्रॉन कण शिल्लक राहिले नाहीत आणि विश्व पारदर्शक होऊन वस्तू व प्रारण यांच्यामधील परस्पर प्रक्रिया संपुष्टात आली. स्फोटानंतर सुमारे एक अब्ज वर्षांनी तारे आणि त्यांच्या संहती म्हणजे दीर्घिका निर्माण होऊ लागल्या. तेव्हापासून सर्व दीर्घिका परस्परांपासून दूर सरकत आहेत, कारण अवकाशाचा विस्तार अजून चालूच आहे.

११९ : वैश्विक पार्श्वप्रारणाचे अस्तित्व का आहे?

‘महास्फोटातून विश्व जन्माला आले’ या सिद्धान्ताला भरभक्कम पाठिंबा देणाऱ्या दोन गोष्टी आहेत. एक, परस्परांपासून दूरदूर जाणाऱ्या दीर्घिका आणि दुसरी ‘वैश्विक पार्श्वप्रारण’. हा शब्द ‘कॉस्मिक बॅकग्राउंड रेडिएशन’ या इंग्रजी शब्दाचे भाषांतर आहे. १९६५ साली पेनझिअंस आणि विल्सन या शास्त्रज्ञांना वैश्विक पार्श्वप्रारणाचा प्रथम शोध लागला. कोणतीही तप्त वस्तू प्रारण उत्सर्जित करते. वरील दोन शास्त्रज्ञांनी त्यांना मिळणाऱ्या लहरींच्या लांबीवरून तापमान निश्चित केले, ते सुमारे ३ अंश केल्व्हिन असल्याचे सिद्ध झाले. (केल्व्हिन मधील तापमान - २७३ = सेल्सिअस मधील तापमान). विल्सन आणि पेनझिअंस यांना, त्यांच्या अँटेनाद्वारे मिळणारे प्रारण, सर्व दिशांनी सारख्याच प्रमाणात येत होते. तसेच दिवस रात्री या वेळातही त्यामध्ये बदल होत नव्हता. त्यामुळे हे विशिष्ट प्रारण अवकाशातून येत असले पाहिजे, असा त्यांनी निष्कर्ष काढला. याचाच अर्थ असा की विश्वाचे सरासरी तापमान सुमारे ३ अंश

केल्व्हिन किंवा - २७० अंश सेल्सिअस असले पाहिजे.

महास्फोट सिद्धान्तावरून पार्श्वप्रारणाचा खुलासा करता येतो. महास्फोटानंतर एक सेकंदाने विश्वाचे तापमान सुमारे १० अब्ज केल्व्हिन होते. कालांतराने विश्वाचे जसजसे प्रसरण होऊ लागले तसतसे तापमान कमी कमी होत गेले. आणि विश्वाच्या जन्मानंतर म्हणजे १५ ते २० अब्ज वर्षांनी ते ३ अंश केल्व्हिन पर्यंत येऊन पोहोचले आहे. पार्श्वप्रारण असे सिद्ध करते की, विश्वाच्या जन्मानंतर सुमारे १० लक्षवर्षे विश्वाची घनता समान होती. त्यानंतरच त्यामध्ये असमानता निर्माण होऊन तारे आणि दीर्घिका निर्माण झाल्या. पार्श्वप्रारणाच्या तीव्रतेमध्ये अगदी सूक्ष्म फरक असल्याचे आता सिद्ध झाले आहे. एका विशिष्ट दिशेत त्याची तीव्रता थोडी जास्त असते. आपण दीर्घिकेच्या ज्या कन्या या महासंघात राहतो, त्याच्या गतीचा तो परिणाम असावा.

१२० : ‘डार्क मॅटर’ ही संकल्पना काय आहे?

विश्व कोणत्या प्रकारच्या मूलकणांनी बनलेले आहे? कोणत्या प्रकारची वस्तू सर्वसामान्य आहे? आणि विश्वात ती कशा प्रकारे विखुरलेली आहे? हे विश्वशास्त्रातील काही महत्त्वाचे प्रश्न आहेत. परंतु या प्रश्नांनाही छेद देणारी एक गोष्ट शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आली आणि ती म्हणजे विश्वातील बहुतांश वस्तू अदृश्य स्वरूपात आहे. या अदृश्य वस्तूलाच ‘डार्क मॅटर’ असे नाव देण्यात आले आहे. विश्वातील सुमारे ९० टक्के वस्तूचा पत्ताच लागत नाही, असा शास्त्रज्ञांचा दावा आहे. आज अस्तित्वात असलेली ‘हायटेक’ साधने आणि मोठमोठ्या दुर्बिणी यांच्या साहाय्याने विश्वातील या तथाकथित अदृश्य वस्तूचा शोधपत्ताही लागत नाही, म्हणूनच ती अज्ञात राहिली आहे.

दीर्घिकांचाच विचार करायचा झाला, तर त्यांचे केवळ १० टक्के वस्तुमान तारे, ग्रह, तेजोमेघ वगैरे दृश्य स्वरूपात आढळते. राहिलेले सुमारे ९० टक्के अदृश्य वस्तुमान बहुधा त्यांच्या सभोवती विखुरलेले असावे. ताऱ्यांच्या दीर्घिकेतील गतींवरून हा निष्कर्ष काढण्यात आला. तारा जेवढा दीर्घिकेच्या केंद्रापासून दूर तेवढा त्याचा वेग कमी असायला हवा. परंतु दीर्घिकांच्या बाह्य भागातील तारे त्यांच्या अपेक्षित गतीपेक्षा अधिक वेगवान असल्याचे आढळते. दीर्घिकांचे वस्तुमान केवळ त्यांच्या केंद्रात एकवटलेले नाही, ही गोष्ट यावरून सिद्ध होते. दीर्घिकांचे बहुतांश वस्तुमान त्यांच्या मुख्य तबकडीच्या भोवती दूर अंतरापर्यंत विखुरलेले असावे.

विश्वामधील दीर्घिका एकेकट्या नसून त्यांचेही संघ आहेत. या दीर्घिकांच्या संघांना ‘क्लस्टर’ असे नाव आहे. एकेका क्लस्टरमध्ये शेकडो, हजारो दीर्घिका असू शकतात. अरुंधती केश (कोमा क्लस्टर) हा असाच एक दीर्घिकांचा मोठा संघ आहे. १९३३ साली फ्रिट्झ डिवकी यांनी या दीर्घिकांच्या समूहाचे वस्तुमान व त्यांची गती यांचा

काळजीपूर्वक अभ्यास केला. त्या वेळी एक चमत्कारिक गोष्ट त्यांच्या ध्यानात आली. समूहाच्या एकंदर वस्तुमानाच्या संदर्भात तेथील दीर्घिकांची गती फारच जास्त होती. समूहाचे अस्तित्व टिकून राहण्यासाठी दीर्घिकांची गती कमी असायला हवी होती. अर्थात प्रत्यक्षात दिसणाऱ्या वस्तुमानापेक्षा समूहाचे वस्तुमान कित्येक पट जास्त असले पाहिजे, हे अतिरिक्त वस्तुमान अदृश्य स्वरूपात असावे असा डिवकी यांनी त्या वेळी निष्कर्ष काढला होता. सर्व दीर्घिकांच्या समूहांची परिस्थिती बहुतांश कोमा क्लस्टर प्रमाणेच आहे.

विश्वाचा विस्तार होत आहे, हे आता निर्विवाद सिद्ध झाले आहे. त्यामुळे विश्वाचे अंतिम भवितव्य काय असेल, हा एक महत्त्वाचा प्रश्न निर्माण झाला आहे. विश्व असेच अनंत कालपर्यंत विस्तारत राहील, की त्याचे प्रसरण कधी काळी थांबेल? व त्याचे आकुंचन सुरू होईल? विश्वामध्ये एकंदर किती वस्तुमान आहे यावर प्रस्तुत प्रश्नाचे उत्तर अवलंबून आहे. विश्वामध्ये पुरेसे वस्तुमान असेल तरच गुरुत्वाकर्षणामुळे त्याचा विस्तार थांबू शकेल. अर्थातच विश्वाचे भवितव्य पूर्णतः 'डार्क मॅटरच्या' अस्तित्वावर अवलंबून राहील.

महत्त्वाचा प्रश्न असा, की डार्क मॅटरचे नेमके स्वरूप काय असेल? या संबंधात अनेक प्रकारचे तर्ककुतर्क करण्यात आले आहेत ते असे,

१. निरीक्षणाद्वारे न सापडलेले वस्तुमान
 - कृष्णवर्णी दीर्घिका (डार्क गॅलॅक्सीज)
 - ब्राउन ड्वार्फ तारे
 - धूलिकण, प्रस्तर या स्वरूपातील ग्रहीय वस्तू
 - असंख्य कृष्णविवरे

२. न्यूट्रिनो कण

न्यूट्रिनो कणांना वस्तुमान नसावे असा समज होता. परंतु त्यांना अगदी सूक्ष्म वस्तुमान असावे असे सिद्ध झाले आहे. असे असेल, तर डार्क मॅटरचा प्रश्न बऱ्याच प्रमाणात सुटेल. कारण विश्व निर्मितीच्या वेळी असंख्य न्यूट्रिनो कण निर्माण झाले होते. ताऱ्यांच्या अंतर्भागातही असंख्य न्यूट्रिनो कण नित्यनियमाने निर्माण होत असतात. अर्थात न्यूट्रॉन, प्रोटॉन वगैरे कणांच्या तुलनेत न्यूट्रिनो कणांची संख्या अब्जावधी पट जास्त आहे. अर्थातच विश्वातील त्या कणांचे एकंदर वस्तुमान ९० टक्क्यांनी त्रुटी भरून काढू शकेल.

३. भौतिकशास्त्राला अज्ञात असणारे मुलखावेगळे मूलकण आज ज्ञात असलेल्या मूलकणांपेक्षा अगदी वेगळे गुणधर्म असलेले अँकिझॉन्स नावाचे मूलकण अस्तित्वात असावेत असा शास्त्रज्ञांचा तर्क आहे. विश्वनिर्मितीच्या वेळीच या कणांचीही उत्पत्ती झाली असेल, परंतु त्याही वेळी त्यांचा वेग प्रकाशापेक्षा खूपच कमी असावा असे त्यांना वाटते. या संबंधात 'मासिक् अँस्ट्रोफिजिकल

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १५६

कॉम्पॅक्ट हॅलो ऑब्जेक्टस (एम-ए-सी-एच-ओ) आणि 'विकली इंटरऑक्टिंग मासिक् पार्टिकल (डब्ल्यू-आय-एम-पी-एस) या अज्ञात मूलकणांवर शास्त्रज्ञांनी आपले लक्ष केंद्रित केले आहे.

१२१ : वैश्विक स्थिरांकाचे अस्तित्व आहे काय?

१९१६ साली आइन्स्टाइन यांचा व्यापक सापेक्षता सिद्धान्त प्रसिद्ध झाला. या सिद्धान्तामधून निष्पन्न होणाऱ्या सूत्रांवरून असे सूचित होत होते, की विश्वाचे एक तर प्रसरण होत जाईल किंवा आकुंचन होत जाईल. परंतु त्या काळातील समजुतीप्रमाणे आइन्स्टाइन यांचा स्थिर (स्टॅटिक) विश्वाच्या संकल्पनेवर विश्वास होता. १९१७ साली त्यांनी स्थितिशील विश्वाच्या रचनेची संकल्पना मांडली. त्यासाठी त्यांना आपल्या सूत्रांमध्ये एक स्थिरांक प्रविष्ट करावा लागला. त्यांचा हा विशिष्ट निष्कर्ष मिळविण्यासाठी मुद्दाम प्रविष्ट केलेला स्थिरांक 'कॉस्मॉलॉजिकल कॉन्स्टंट' किंवा वैश्विक स्थिरांक या नावाने ओळखला जातो.

आइन्स्टाइन प्रणीत विश्व स्थिर होते. त्यामध्ये कोणताही बदल अपेक्षित नव्हता. ते प्रसरण किंवा आकुंचन पावू शकत नव्हते. त्यांचा वैश्विक स्थिरांक अपकर्षक बलाचा (रिपल्सिव्ह फोर्स) निदर्शक होता. गुरुत्वाकर्षणाला विरोध हे त्याचे कार्य होते. गुरुत्वाकर्षणाचे आकर्षक बल व वैश्विक स्थिरांकाचे अपकर्षक बल यांचा समतोल साधून विश्वाला स्थिरता आणणे शक्य होते. फक्त त्यासाठी वैश्विक स्थिरांकाची योग्य किंमत निवडणे आवश्यक होते. आइन्स्टाइन यांनी आपला विश्वरचना सिद्धान्त मांडल्यावर दहा वर्षांतच एडविन हबल यांनी विश्वाचे प्रसरण होत आहे, असे निर्विवाद सिद्ध केले. तेव्हा व्यापक सापेक्षता सूत्रात वैश्विक स्थिरांक प्रविष्ट करण्यात आपण फार मोठी चूक केली, असे आइन्स्टाइन यांनी उद्गार काढले.

१९९० च्या सुमाराला खगोलशास्त्रज्ञांच्या असे लक्षात आले, की वृद्ध ताऱ्यांचे वय आणि विश्वाचे वय यांचा ताळमेळ बसत नाही. १५ अब्ज वर्षापूर्वी महास्फोटाद्वारे विश्वाचा जन्म झाला असे गृहीत धरले तर काही वृद्ध ताऱ्यांचे वय त्याहीपेक्षा जास्त असल्याचे दिसून येत होते. अर्थात तार्किक दृष्ट्या ही गोष्ट अशक्य होती. कोणत्याही ताऱ्याचे वय विश्वाच्या वयापेक्षा लहान असणे आवश्यक होते. या विरोधाभासातून सुटका करून घेण्यासाठी कित्येक वर्षे अडगळीत पडलेल्या वैश्विक स्थिरांकाला आइन्स्टाइन यांच्या सूत्रात स्थान देणे खगोलशास्त्रज्ञांना भाग पडले. एक तर विश्वनिर्मितीच्या महास्फोट सिद्धान्ताचा त्याग करायचा किंवा वैश्विक स्थिरांकाची पुनः प्रतिष्ठापना करायची, असे दोन पर्याय त्यांचे समोर होते. महास्फोट सिद्धान्ताचे अनेक पुरावे साक्षात समोर दिसत असल्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञांनी दुसरा पर्याय स्वीकारला आणि खुद्द

मला उत्तर हवंय! - खगोलशास्त्र / १५७

आइन्स्टाइन यांनी झिडकारलेला वैश्विक स्थिरांक त्यांच्या सूत्रात पुन्हा स्थानापन्न झाला.

वैश्विक स्थिरांकाचे अस्तित्व गृहीत धरले व त्याची किंमत एकपेक्षा थोडी कमी आहे असे मानले, तर भूतकाळात विश्वप्रसरणाचा वेग आजच्या वेगापेक्षा कमी असल्याचे सिद्ध होईल. विश्वाचे वय अधिक असल्याचे ठरेल. अधिक किंमत असलेला वैश्विक स्थिरांक हबल काळापेक्षा विश्वाचे वय दुप्पट करील. अर्थात कोणत्याही वृद्ध ताऱ्यापेक्षा विश्वाचे वय जास्त होऊन, वृद्ध तारे आणि विश्व यांच्यामधील वयांच्या विरोधाभासाचे निरसन होईल. उदाहरणार्थ, हबल स्थिरांक प्रति मेगापार्सेकला ७५ किलोमीटर/सेकंद, विश्वातील वस्तूची घनता १, आणि वैश्विक स्थिरांक ०.८५ अशा किमती गृहीत धरल्या तर विश्वाचे वय १५ अब्ज वर्षे येते.

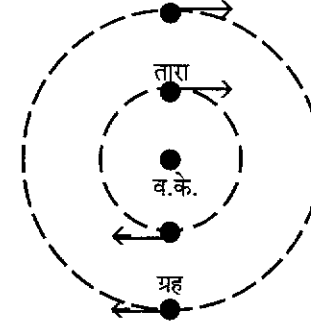
अब्जावधी प्रकाशवर्षे अंतरापर्यंत केलेल्या निरीक्षणांचा निष्कर्ष वैश्विक स्थिरांकाची किंमत शून्याच्या जवळपास असल्याचे दर्शवितात. सैद्धान्तिक किंमत आहे, एकपेक्षा थोडी कमी. अर्थात सैद्धान्तिक किंमत आणि प्रत्यक्ष निरीक्षणांनी मिळणारी किंमत यांच्यात प्रचंड तफावत आहे. त्यामुळेच वैश्विक स्थिरांकाच्या अस्तित्वाबद्दल अजूनही काही निश्चित सांगता येत नाही.

■ ■

१२२ : परग्रहांचा शोध कसा लावतात?

१९९५ पासून खगोलशास्त्रातील एका नव्या युगाला प्रारंभ झाला. त्या वर्षी मायर आणि क्वेलोझ या दोन खगोलशास्त्रज्ञांनी महाश्व तारकासमूहातील (पेगॅसस) ५१ क्रमांकाच्या ताऱ्याभोवती गुरुच्या अर्ध्या वस्तुमानाचा ग्रह भ्रमण करीत असल्याचे सिद्ध केले. त्यानंतर पुढील पाच वर्षांत म्हणजे इसवी सन २००० सालापर्यंत पन्नासच्या वर परग्रह सापडले. मार्सी व बटलर या दोन खगोलशास्त्रज्ञांनी परग्रहांच्या संशोधनात चांगलीच आघाडी मारली. बहुतांश परग्रह या शास्त्रज्ञ द्वयीनेच शोधून काढले. एकामागोमाग एक अनेक परग्रह सापडत गेल्यामुळे अवकाशात प्रगत जीवसृष्टीच्या अस्तित्वाची शक्यता निर्माण झाली. मात्र इसवी सन २००० पर्यंत पृथ्वीसदृश एकही परग्रह सापडलेला नाही.

अत्यंत दूर अंतरावरील ताऱ्याभोवती भ्रमण करणारा गुरुच्या आकाराचा मोठा ग्रहही सरळ पाहता येणे जवळजवळ अशक्य असते. याचे कारण असे, की अतिदूर अंतरावरून पाहताना तो ग्रह ताऱ्याच्या प्रकाशात लुप्त झालेला असतो. सुमारे ४.५ प्रकाशवर्षे अंतरावर असलेल्या मित्र (आल्फा सेंटॉरी) या ताऱ्यावरून सूर्य आणि गुरु या द्वयीकडे पाहिले तर सूर्यापासून गुरु केवळ ४ कोनीय सेकंदांवर (आर्क सेकंद) असणार आहे. त्याहीपेक्षा दहापट अंतरावरून पाहताना गुरुचे सूर्यापासून असलेले अंतर ०.४ कोनीय सेकंद होईल. अर्थात इतक्या दूर अंतरावरून पाहताना गुरु नेहमीच



सूर्याच्या प्रकाशात लुप्त झालेला असेल. सूर्याचा काही प्रकाश गुरुवरून परावर्तित होतो, परंतु याही परिस्थितीत गुरुचे तेज सूर्याच्या एक अब्जांश इतके कमी असते. याचा अर्थ दुर्बिणीतूनही परग्रहाचे सरळ दर्शन होणे अशक्य आहे.

गुरुसारखे मोठे ग्रह बऱ्याच प्रमाणात अवरक्त किरण उत्सर्जित करतात. सूर्यावरूनही अवरक्त किरण उत्सर्जित होत असतात. परंतु तुलनेने त्यांचे प्रमाण कमी असते. अवरक्त किरणांच्या संदर्भात सूर्य आणि गुरु यांचेमध्ये

१० प्रतीचा फरक आहे. याचा अर्थ गुरुपेक्षा सूर्य केवळ १० हजार पट अवरक्त किरण उत्सर्जित करतो. अत्यंत शक्तिशाली 'इन्फ्रारेड टेलिस्कोप' हाताशी असेल, तर तारा आणि त्याच्याभोवती भ्रमण करणारा गुरुसारखा मोठा ग्रह शोधून काढणे सहज शक्य आहे.

गुरु हा सूर्यमालेतील चांगलाच बलशाली ग्रह आहे. सूर्यालाही हलविण्याची ताकद त्याचेमध्ये आहे. याचे कारण असे, सूर्य आणि गुरु या प्रणालीचे वस्तुमान केंद्र (सेन्टर ऑफ मास) सूर्याच्या पृष्ठभागाच्या बाहेर सुमारे ४८ हजार किलोमीटर अंतरावर आहे. त्यामुळेच सूर्याभोवती भ्रमण करीत असताना गुरु प्रत्येक वेळी सूर्याला आपल्याकडे खेचतो. अति दूर अंतरावरून सूर्याकडे पाहिले, तर अवकाशातील त्याचा मार्ग नागमोडी असल्याचे आढळेल. यालाच 'वॉबलिंग' असे नाव आहे. परग्रह शोधून काढण्याचा हा एक उत्कृष्ट मार्ग आहे. आपल्यापासून दूर अंतरावर असलेल्या एखाद्या ताऱ्याची अवकाशातील चाल नागमोडी असेल तर त्याच्याभोवती गुरुसारखा एखादा बलाढ्य ग्रह भ्रमण करीत असल्याची बरीच शक्यता असते.

तारा आणि ग्रह यांचे वस्तुमान केंद्र ताऱ्याच्या केंद्राशी जुळत नसेल, तर तारा आणि ग्रह त्या समान वस्तुमान केंद्रभोवती भ्रमण करतात. अशा वेळी तारा एका लहान वर्तुळाकार मार्गाने तर ग्रह मोठ्या वर्तुळाकार मार्गाने रिगण घालताना दिसतात. अशा परिस्थितीत 'डॉप्लर तत्त्वाच्या' साहाय्याने ग्रहाच्या अस्तित्वाचा पत्ता लावता येतो.

ताऱ्याची गती आपल्या दिशेत असताना त्याच्या वर्णपटातील रेषा किंचित निळ्या रंगाकडे सरकतील तर त्याची गती आपल्या विरुद्ध दिशेत असताना त्या तांबड्या रंगाकडे सरकतील. मित्र ताऱ्यावरून पाहताना गुरुच्या भ्रमणकक्षेचा व्यास १० कोनीय सेकंद, तर सूर्याच्या भ्रमणकक्षेचा व्यास ०.०१ कोनीय सेकंद असेल.

सूर्यबिंबावरून ज्या प्रमाणे बुध आणि शुक्र यांचे अधिक्रमण होते, त्याचप्रमाणे दूर अंतरावरील ताऱ्याच्या बिंबावरून त्याच्या भोवती भ्रमण करणाऱ्या ग्रहाचे अधिक्रमण पृथ्वीवरून दिसू शकते. परग्रहाच्या अस्तित्वाचे हे १०० टक्के प्रमाण आहे. १९९९

साली एच.डी. २०१४५८ या ताऱ्याच्या बिंबावरून त्याच्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या ग्रहाचे अधिक्रमण खगोलशास्त्रज्ञांनी प्रत्यक्ष पाहिले.

१२३ : उडत्या तबकड्यांचे अस्तित्व खरे आहे काय?

इंग्रजीमध्ये उडत्या तबकड्या 'युएफओ' या नावाने प्रसिद्ध आहेत. अनुआयडेंटिफाइड फ्लाइंग ऑब्जेक्ट्स या शब्दाचे ते लघुरूपांतर आहे. पूर्वी त्यांनाच फ्लाइंग सॉसर्स असे म्हणत असत. त्यावरून आपल्याकडे उडत्या तबकड्या हा शब्द रूढ झाला. दुसऱ्या महायुद्धानंतर एका विशिष्ट काळात 'उडत्या तबकड्या आपण पाहिल्या' असे छातीठोकपणे सांगणाऱ्या लोकांचे अमाप पीक होते. अजूनही अधूनमधून वृत्तपत्रात उडत्या तबकड्यांची बातमी येत असते. परंतु उडत्या तबकड्या हा निव्वळ भ्रमाचा एक प्रकार आहे. आकाशातून संथपणे जाणारे विमान, तेजस्वी तारा, शुक्रासारखा टपोरा ग्रह, उल्का, हवामान खात्याने आकाशात सोडलेली बलून्स, कृत्रिम उपग्रह, मोठे पक्षी किंवा विशिष्ट वातावरण आणि हवेतील विद्युत यामुळे आकाशात निर्माण होणाऱ्या प्रतिमा, हे मुख्यतः उडत्या तबकड्यांच्या आभासाचे आधार आहेत. चिरूटासारख्या दंडगोलाकृती, बशीच्या आकाराप्रमाणे गोलाकृती, रात्रीच्या अंधारात चमकणाऱ्या, अशा विविध आकाराच्या उडत्या तबकड्यांची नोंद झालेली दिसते. क्वचित केव्हातरी रडारच्या पडद्यावरही त्या दिसल्याचे सांगितले जाते.

उडत्या तबकड्या प्रत्यक्षात जमिनीवर उतरल्या, त्यामध्ये असलेल्या परग्रहावरील विचित्र आकाराच्या प्राण्यांचे दर्शन झाले, उडत्या तबकड्यांमधून आलेल्या परग्रहावरील प्राण्यांनी माणसांना पळविले, त्यांच्यावर विविध प्रकार प्रयोग केले, उडत्या तबकड्यांमुळे काही आकस्मिक घटना घडल्या, अशा प्रकारच्या अनेक वदंता सर्वच देशांत प्रचलित आहेत, पण त्या बहुतांश फसवणूक, थडा किंवा दृष्टिभ्रम या स्वरूपाच्याच असतात. व्यवस्थित संशोधन केले तर उडत्या तबकड्यांच्या सर्व प्रकारांचे, वर्तमान ज्ञानाच्या आधारावर वैज्ञानिक विश्लेषण करता येईल असे बहुतेक शास्त्रज्ञांना वाटते, पण उडत्या तबकड्या ही वास्तव परिस्थिती आहे व परग्रहांवरून खरोखरच त्या आपल्याला भेट देण्यासाठी येतात असे काही शास्त्रज्ञांचे मत आहे.

या अफाट विश्वात केवळ पृथ्वी या ग्रहावरच बुद्धिमान मानवाचे अस्तित्व आहे असे मानून चालणार नाही. आपल्या आकाशगंगेत तसेच इतर दीर्घिकांमध्ये प्रगत संस्कृतीचे अस्तित्व असलेच पाहिजे, प्रश्न आहे तो अंतर आणि काल यांचा. सध्याच्या तंत्रज्ञानाचा उपयोग करून अगदी जवळ असणाऱ्या मित्र या ताऱ्यापाशी पोहोचण्यासाठीच, आपल्याला सुमारे ३० हजार वर्षे लागतील. मित्र हा तारा आपल्यापासून फक्त ४.३ प्रकाशवर्षे दूर आहे. भविष्यात कदाचित रेडियो लहरींद्वारे विश्वातील इतर प्रगत

संस्कृती बरोबर आपल्याला कदाचित संपर्क साधता येईल, पण प्रत्यक्ष त्यांच्यापर्यंत जाऊन पोहोचणे किंवा त्यांनी पृथ्वीपर्यंत येऊन आपल्याशी संपर्क साधणे ही गोष्ट अंतराच्या व या प्रवासाला लागणाऱ्या काळाच्या दृष्टीने अशक्य वाटते. अर्थातच उडत्या तबकड्या हा केवळ भ्रम आहे, असेच सध्या मानून चालले पाहिजे.

१२४ : सेती प्रकल्प काय आहे?

'सर्च फॉर एक्टूरेस्ट्रल इन्टेलिजन्स' या शब्दाचे लघुरूपांतर आहे सेती. आपल्या पृथ्वीशिवाय या अफाट विश्वात दुसऱ्या कुठे प्रगत बुद्धिमान जीवन अस्तित्वात आहे काय? याचा शोध म्हणजे सेती प्रकल्प. संपर्क तंत्र आत्मसात केलेल्या संस्कृतीचे जीवनमान कमी असेल तर आपल्या आकाशगंगेत पृथ्वीशिवाय दुसऱ्या कुठेही बुद्धिमान जीवन अस्तित्वात असण्याची शक्यता नाही, असे ड्रेक - सॅगनसूत्र सूचित करते. याचा अर्थ ज्या प्रगत संस्कृतीबरोबर आपण संपर्क साधण्याचा प्रयत्न करित आहोत ती अतिपुरातन व आपल्यापेक्षा प्रगत असली पाहिजे.

आकाशगंगेतील प्रगत संस्कृती शोधण्याचा एक मार्ग म्हणजे आंतरतारकीय प्रवास. परंतु अगदी नजीक असलेली प्रगत संस्कृतीसुद्धा आपल्यापासून कदाचित शेकडो किंवा हजारो प्रकाशवर्षे दूर असू शकेल. त्या संस्कृतीपर्यंत पोहोचायचे म्हणजे शतकावधी किंवा सहस्रावधी वर्षे प्रवास करावा लागेल. आंतरतारकीय प्रवासात कालाची गती कमी होते ही गोष्ट सत्य असली तर, समजा ४०० वर्षांचा जाण्यायेण्याचा प्रवास ८० वर्षांत संपवायचा असेल तर अवकाशयानाचा वेग प्रकाशाच्या किमान ९८ टक्के असावा लागेल. इतक्या गतीने प्रवास करावयाचा झाल्यास किती प्रचंड ऊर्जा लागेल याचा अंदाजही करता येणार नाही. शिवाय माणसाची वयोमर्यादा, त्याला प्रवासासाठी लागणारी शिधासामुग्री, सध्याचे तंत्रज्ञान या सर्वांचा विचार केला तर सध्यातरी आंतरतारकीय प्रवास शक्य दिसत नाही. समजा, परग्रहावरील एखादे अवकाशयान प्रत्यक्ष पृथ्वीवर आले तर त्या संस्कृतीशी आपला साक्षात संबंध येईल, पण अशी शक्यताही फार दूरची वाटते. उडत्या तबकड्यांबद्दल अनेक गोष्टी आपल्या कानावर येत असल्या तरी अशा प्रकारची अवकाशयाने पृथ्वीला भेट देण्यासाठी येतात असे निःसंदिग्धपणे सिद्ध झालेले नाही.

प्रगत संस्कृतीशी संपर्क साधण्याचा दुसरा प्रकार म्हणजे रेडिओ लहरींच्याद्वारे त्यांना संदेश पाठविणे किंवा त्यांच्याकडून आलेले संदेश ग्रहण करून त्यांचे विश्लेषण करणे. रेडियो लहरी प्रकाशाच्या गतीनेच प्रवास करित असल्या, तरीही अशा प्रकारच्या संदेशांची देवाणघेवाण करण्यासाठीही शेकडो वर्षांचा काळ लागेल. परंतु तसा प्रयत्न करणे आवश्यक आहे. प्युअर्टो रिको येथील अॅरिकीबो वेधशाळेमार्फत हा प्रयत्न चालू

आहे. तेथील ३०० मीटर रुंदीचा विशाल व शक्तिशाली रेडिओ दूरदर्शक पुढेमागे परग्रहावरून येणारा संदेश कदाचित ग्रहण करील. आपणही या रेडिओ दूरदर्शकामार्फत अवकाशामध्ये संदेश पाठवीत आहोत.

रेडिओ लहरीपैकी मायक्रोवेव्हचा उपयोग करून प्रगत संस्कृतीशी संपर्क साधणे शक्य होईल किंवा एखादी प्रगत संस्कृती याच लहरीचा उपयोग करून आपल्याशी संपर्क साधण्याचा प्रयत्न करील. कारण आंतर तारकीय प्रवासात, वायू आणि धूलिकण मायक्रोवेव्हना फार कमी प्रमाणात शोषू शकतात. सेती प्रकल्पाचा प्रारंभ १९८० च्या सुमाराला झाला असला तरी अजून त्याला यश आलेले नाही. प्रगत संस्कृतीकडून येणाऱ्या संदेशांची वाट पाहणे व त्यांची अचूक नोंद घेण्याचा प्रयत्न करणे, याशिवाय सध्यातरी आपण फार काही करू शकत नाही.

■ ■

१२५ : आपल्या विश्वाचे भवितव्य काय आहे?

सध्यातरी या प्रश्नाचे उत्तर नक्की सांगता येणार नाही. अनंतकालपर्यंत विश्वाचे प्रसरण होत राहिल की कालांतराने त्याच्या आकुंचनाला प्रारंभ होईल? आणि आकुंचन होणार असेल, तर काही अब्ज वर्षांनी विश्वातील सर्व वस्तू, काल आणि अवकाश एकत्र येऊन महास्फोटाच्या पूर्वीची स्थिती विश्वाला प्राप्त होईल? आजतरी या प्रश्नांची नीटशी उत्तरे देता येत नाहीत. तरीही विश्वाच्या भवितव्याचा थोडा अंदाज करायला हरकत नाही.

विश्वाचे भवितव्य गुरुत्वाकर्षणावर अवलंबून आहे. विश्वातील ज्ञात-अज्ञात सर्व वस्तूंचे गुरुत्वाकर्षण विश्वाचे प्रसरण थांबविण्यास समर्थ आहे काय? हाच खरा प्रश्न आहे. त्यासाठी सद्यःस्थितीत विश्वाची एक विशिष्ट घनता असावी लागेल, पण सध्याची मोजमापे विश्वाची घनता, या विशिष्ट घनतेच्या एक शतांश आहे असे दर्शवितात. अर्थात या अफाट विश्वाचे वस्तुमान नेमके किती आहे याचा अजून अंदाज करता आलेला नाही, पण ही मोजमापे विश्वाचे आकुंचन होईल असे दर्शवित नाहीत.

विश्वाचा जन्म झाल्यावर पहिल्या काही मिनिटांत किती प्रमाणात ड्युटेरिअम या हायड्रोजनच्या प्रकाराची निर्मिती झाली, यावरही विश्वाचे भवितव्य अवलंबून आहे. प्रारंभीच विश्वाची घनता जास्त असेल तर फारच थोड्या काळात ड्युटेरिअमचे हिलीअम या मूलद्रव्यात रूपांतर होईल, आणि प्रारंभीची घनता कमी असेल तर त्या वेळी निर्माण झालेले ड्युटेरिअमचे अणू अजूनही विश्वात सापडतील. सध्या विश्वातील ड्युटेरिअम आणि हायड्रोजन यांचे गुणोत्तर ०.०००१ ते ०.००००१ या मर्यादित आहे, पण त्यावरून सध्याची विश्वाची घनता $१०^{-३१}$ ग्रॅम/घन सें. मी. आहे असा

निष्कर्ष निघतो. या अंदाजाप्रमाणेही विश्व खुले आहे त्याचे आकुंचन होणार नाही, या मताला पुष्टी मिळते.

आपल्यापासून अतिशय दूर असलेल्या दीर्घिकांची गती मोजून कदाचित आपल्याला या प्रश्नाचे उत्तर मिळेल. दीर्घिकांचे परस्परांमधील गुरुत्वाकर्षण अंततोगत्वा विश्वाचे प्रसरण थांबवील असा एक सिद्धान्त आहे. दीर्घिकांची गती अंतराच्या प्रमाणात वाढते असा हबलचा नियम आहे. त्यामुळे दीर्घिकांची गती आणि त्यांचे अंतर यांचा आलेख सरळ रेषा आहे. कदाचित अति दूर असलेल्या दीर्घिकांसाठी हा नियम लागू पडणार नाही. कदाचित त्यांची गती कमी कमी होत असणे शक्य आहे. असे झाल्यास विश्वाचे आकुंचन होईल, आणि पुन्हा एकदा महास्फोटाच्या पूर्वीची स्थिती निर्माण होऊन नव्या विश्वाचा जन्म होईल.

■ ■

पारिभाषिक शब्दकोश

Absolute magnitude	: निरपेक्ष प्रत
Albedo	: परावर्तन गुणोत्तर
Andromeda galaxy	: देवयानी दीर्घिका
Aphelion	: अपसूर्यबिंदू
Arc second	: कोनीय सेकंद
Astroid	: लघुग्रह
Astronomical unit	: ज्योतीषीय एकक
Astrophysics	: खगोलभौतिकी
Big Bang Theory	: महास्फोट सिद्धान्त
Black hole	: कृष्णविवर
Blue shift	: नीलसूती
Celestial equator	: वैषुविक वृत्त
Centrifugal force	: केंद्रोत्सारी बल
Centripetal force	: केंद्रगामी बल
Comet	: धूमकेतू
Constant	: स्थिरांक
Cosmic background radiation	: वैश्विक पार्श्वपारण
Cosmic rays	: विश्वकिरण
Cosmology	: विश्वशास्त्र
Declination	: क्रांती
Degenerate pressure	: अपभ्रष्ट दाब
Eccentricity	: केंद्रच्युती
Ecliptic	: आयनिक वृत्त
Electromagnetic waves	: विद्युत्चुंबकीय लहरी
Ellipse	: दीर्घवर्तुळ
Elongation	: ईनांतर
Equation of time	: कालसूत्र
Escape Velocity	: मुक्तिवेग
Eyepiece	: नेत्रिका
Fission	: विभाजन
Fusion	: संमीलन
Galaxy	: दीर्घिका
Geocentric	: भूस्थिर
Gravitation	: गुरुत्वाकर्षण
Gravitational Waves	: गुरुत्वाकर्षक लहरी

Halo	: तेजोवलय
Hour angle	: विक्षेप
Hour circle	: होरावृत्त
Infrared	: अतिरक्त, अवरक्त
Inferior conjunction	: अंतर्द्युती
Light year	: प्रकाशवर्ष
Local group	: स्थानीय संघ
Local time	: स्थानिक वेळ
Longitude	: रेखांश
Magnitude	: प्रत
Major axis	: बृहदअक्ष
Meridian	: मध्यमंडल, याम्योत्तरवृत्त
Minor axis	: लघुअक्ष
Molecule	: रेणू
Nadir	: अधःबिंदू
Nebula	: तेजोमेघ
Nova	: नवतारा
Nuclear fuel	: अणुइंधन
Nucleus	: अणुकेंद्र
Occlatation	: पिधान
Opposition	: प्रतियुती
Parabola	: अन्वस्त
Paradox	: विरोधाभास
Perihelion	: उपसूर्यबिंदू
Phase	: कला
Precision motion	: परांचन गती
Proper motion	: निजगती
Radial velocity	: अरीयगती
Red Shift	: ताप्रसूती
Refraction	: अपवर्तन
Resonance	: संस्पंदन
Retrograde	: वक्री, अपसव्य
Right ascension	: विषुवांश
Scattering	: विकिरण
Sidereal time	: नाक्षत्रकाल
Solar wind	: सौरवात
Spectrum	: वर्णपट

Spiral	:	सर्पिल
Standard time	:	प्रमाणवेळ
Summer Solstice	:	विष्टंभ
Superior conjunction	:	बहिर्युती
Supernova	:	अतिनव तारा
Synodic time	:	युतिकाल
Telescope	:	दूरदर्शक
Ultraviolet	:	जंबूपार
Unit	:	एकक
Variable star	:	रूपविकारी तारा
Vernal equinox	:	वसंतसंपात बिंदू
White dwarf	:	श्वेतबटू तारा
Winter Solstice	:	अवष्टंभ
Zenith	:	ऊर्ध्वबिंदू

