

म सं सं. ठाणे
विषय . *शु. प्रवक्त*
सं क्र 384



१४

राहु-केतु आणि ग्रहणें

लेखक

त्र्यंबक गोविंद ढवळे,
बी. ए.

ब. वि. शा. ०
शि. शा. ०
उ. श. शा. ०

REFBK-0011419

मूल्य एक रुपया

१९६०

२५/११/६४
३६२०५

५/११/६४
सं २११
३४४



पुणे विद्यापीठ



बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमाला

बहिःशाल शिक्षण मंडळ

१४

राहु-केतु आणि ग्रहण



REFBK-0011419

के. बी. ए.
पुणे

मे १९६०]

[मूल्य : एक रुपया

पुणे विद्यापीठ मुद्रणालयांत छापले.

मुद्रक :
श्री रं. श्री. सरदेशपांडे,
उपकार्यवाह,
पुणे विद्यापीठ,
गणेशखिड, पुणे ७.

प्रकाशक
श्री व. ह. गोळे,
कार्यवाह,
पुणे विद्यापीठ,
गणेशखिड, पुणे ७

संपादक :

डॉ. अ. वि. नाईक, एम् ए , पीएच डी
सचिव, बहिःशाल शिक्षण मंडळ, पुणे विद्यापीठ.

या ग्रथासबधीचे सर्व हक्क पुणे विद्यापीठ बहिःशाल शिक्षण मंडळाने
स्वाधीन ठेविले आहेत.

प्रथमावृत्ति

मे १०६०

संपादकीय निवेदन

पूर्वीच्या मुंबई राज्यसरकारने १९४८ साली 'पुणे विद्यापीठ कायदा' संमत करून पुणे विद्यापीठ स्थापन केले. पुणे विद्यापीठाने, पुणे विद्यापीठ कायद्यातील २६ व्या कलमान्वये, १९५० साली बहिःशाल शिक्षण मंडळ स्थापन केले. सामान्य जनतेला उपयुक्त असणाऱ्या व आकलन होणाऱ्या विषयावर पुस्तके लिहून घेण्याची व ती प्रसिद्ध करण्याची व्यवस्था करणे हा मंडळाच्या विविध उद्देशांपैकी एक उद्देश आहे. तदनुसार 'राहु-केतु आणि ग्रहणे' हे पुस्तक (कै.) श्री. व्यंकट गोविंद ढवळे, बी. ए. याचकडून मंडळाने लिहून घेतले व ते आता बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमालेतील १४ वे पुष्प म्हणून प्रसिद्ध करण्यांत येत आहे.

या पुस्तकाच्या मुद्रणाचे काम सुरू केल्यानंतर श्री. ढवळे हे आकस्मिकपणे निधन पावले. कै. ढवळे हे एक निष्णात बहिःशाल व्याख्याते आणि ज्योतिर्विद होते. त्यांचे 'पंचांगातील ज्योतिःशास्त्र' हे पुस्तक याच ग्रंथमालेत ८ वे पुष्प म्हणून प्रकाशित झालेले आहेच. प्रस्तुत पुस्तकाचे "पारिभाषिक सज्ञा व व्याख्या" हे तिसरे परिशिष्ट आणि पुस्तकाची विषय-सूची पुस्तक मुद्रित होत असतानाच तयार करण्याचे कै. ढवळे यानी योजिले होते परंतु त्याच्या निधनामुळे ते काम त्याचेकडून व्हावयाचे राहून गेले. ते नंतर पुण्यातील ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेचे एक सदस्य आणि भारतीय हवामान खात्यातील अधिकारी श्री. मो. ना. गोखले, बी. एस्सी. यांचेकडून मंडळाने करून घेतले. कै. ढवळे याना त्यांचे हे पुस्तक प्रकाशित झालेले पाहण्यास मिळाले नाही ही दुर्दैवाची आणि दुःखाची घटना आहे.

या पुस्तकाच्या प्रकाशनाच्या कामात प्रा. गो. रा. पराजपे, प्रा. मो. ल. चद्रात्रेय आणि वर उल्लेख केलेले श्री. मो. ना. गोखले यांचे बहुमोल साहाय्य झाले आहे. त्याबद्दल मंडळ या सर्वांचे ऋणी असून त्यांचे आभार येथे मानणे उचित आहे.

बहिःशाल शिक्षण मंडळ कार्यालय,
रानडे इन्स्टिट्यूट बिल्डिंग,
डेक्कन जिमखाना, पुणे ४
२७ मे १९६०.

अ. वि. नाईक,
संपादक,
बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमाला

अनुक्रमणिका

१. पुराणातले राहु-केतु	...	...	...	१
२. वे ग्यान, सुटे गिराण !	...	...	...	११
३. ग्रहणाची प्राथमिक भूमिका	...	...	...	२२
४. छायेचा महिमा	...	...	...	२८
५. चंद्रग्रहणे	...	...	...	३४
६. सूर्यग्रहण	...	...	...	४३
७. सूर्यग्रहण : देखावा आणि परिणाम	...	...	...	५४
८. ग्रहणाचा विवेक आणि कुलनिष्ठा	...	...	...	५८
९. सूर्याचा किरीट	...	...	...	६६
१०. सूर्यावरील उद्रेक	...	...	...	७४
११. आइन्स्टाइनच्या सिद्धान्ताची कसोटी	...	...	...	८१
१२. सूर्यसन्निध ग्रह	...	...	...	८९
१३. ग्रहणेच ग्रहणे !	...	...	...	९५
१४. ज्ञानाची नवी क्षितिजे	...	...	...	१०४

परिशिष्टे

१. चालू शतकातील आगामी खग्रास सूर्यग्रहणे	१०७
२. ग्रहणविषयक काही अंक	१०९
३. पारिभाषिक संज्ञा व व्याख्या	११०

आधार व वाचनीय ग्रंथ

१. आधार ग्रंथ	११७
२. मराठी वाचनीय ग्रंथ	११८
विषय-सूचि	११९



राहु-केतु आणि ग्रहणें

: १ :

पुराणांतले राहु-केतु

विषय-प्रवेश

राहु आणि केतु याच्यामुळे चंद्रसूर्यांना ग्रहणें लागतात, असें आपण पुष्कळदा ऐकलें - वाचलेलें असतें हे राहु-केतु खरोखरी आहेत तरी कोण ? तसेंच चंद्रसूर्यांना ग्रहणें लागतात म्हणजे काय होतें ? तीं केवळ त्यांनाच तेवढीं लागतात, की इतरांनाहि लागतात ? हीं ग्रहणे लागतात कशीं आणि सुटतात कशीं ? ग्रहण लागताना एकदा त्या चंद्राच्या किंवा सूर्याच्या नावाने आघोळ केली, ग्रहण सुटपर्यंत देव्हान्यातले झाडून सारे देव तांम्हनातल्या महासागरात बुडवून ठेवले, आणि ग्रहण सुटले रे सुटलें, की मग देवाचीहि सुटका करून आपण त्या राहुकेतूच्या नावाने फारतर एखाद्या नदींत, तळावात किंवा विहिरींत एखादी झकरी बुडी मारली, म्हणजे मग दुसऱ्या ग्रहणापर्यंत आपण या सूर्यचंद्राचें काही देणेंघणें लागतों की नाही, हे फार मोठे मनोरंजक प्रश्न आहेत. त्याचा विचार केव्हातरी केला पाहिजे, मन लावून केला पाहिजे.

खरोखरी ग्रहणें हा निसर्गातला एक मोठा भव्य आविष्कार आहे. त्यातल्या खग्रास सूर्यग्रहणाच्या भव्यतेला दुसरी तोड नाही ही खग्रास सूर्यग्रहणें बहुधा पृथ्वीवरून जेवढीं मनोहर दिसतात तेवढीं तीं दुसऱ्या कोणत्याहि ग्रहावरून दिसत नसावीत. या सर्वच ग्रहणांविषयी प्रत्येक नृशिक्षित व अशिक्षित माणसाला उत्सुकता असते, म्हणून त्याच्या स्वरूपाची येथे थोडक्यात ओळख करून द्यावयाचें योजिलें आहे.

ग्रहण म्हणजे काय ?

चंद्र आणि सूर्य या आपल्याला नेहमी दिसणाऱ्या, आकाशातल्या दोन दृश्यशीत आणि महत्त्वाच्या ज्योति' आहेत. दिवसा सूर्याच्या उजेडात, आणि रात्री चंद्राच्या शीतल प्रकाशात, आपलीं पुष्कळशी कामे उरकता येतात. आकाशातल्या त्याच्या रथळावरून वेळ समजते. यातला सूर्य हा कधीकधी दिवसाच्या ऐन ढवळ्या वेळीं, थोडा वेळ, संपूर्णपणे किंवा अशतः, काळवडलेला दिसतो, तेव्हा त्याला ग्रहण लागलें असें आपण म्हणतो. चंद्रहि खरोखरी ज्या दिवशीं सरगरीत वाटोळा दिसावयाचा, त्या दिवशीं कधीकधी संपूर्णपणे किंवा अशतः काळवडतो आणि मग थोड्या वेळाने पुन्हा पहिल्यासारखा पूर्ण प्रकाशाने तळपू लागतो. असा तो काळवडतो तेव्हा त्यालाहि ग्रहण लागलें असें आपण म्हणतो.

चंद्र आणि सूर्य या दोन्ही ज्योतींचें महत्त्व फार प्राचीन काळच्या माणसाला देखील पटलेले होतें. साहजिकच त्यांना पूर्वीचे लोक देवता मानीत असत.

चंद्राची लोकप्रियता

इराणच्या पश्चिमेला आणि अरवस्तानच्या उत्तरेला एक लहानसा टापू आहे. त्याला पूर्वी खालिडिया म्हणत असत. येथील लोक ख्रिस्तपूर्व काळात ज्योति शास्त्राच्या ज्ञानावहल विशेष प्रसिद्ध होते. ते चंद्राची उपासना करीत असत. अलीकडच्या काळात येथील जमीन जागोजाग उकरली गेली, तेव्हा तेथे चंद्राची काही देवळें सापडली आहेत. मुसलमानांच्या कालमापनात चंद्रालाच विशेष महत्त्व आहे. भारतातील

१ 'ज्योति' म्हणजे अवकाशातला पदार्थ, मग तो स्वयंप्रकाशित असो, वा परंप्रकाशित असो सूर्य, चंद्र, ग्रह, उल्का, धूमकेतु, तारे या सर्व ज्योति आहेत.

आजच्या सर्व प्रातीय भाषांच्या वाङ्मयात देखील माणसाने चंद्राशी जेवढी लगट केलेली आढळते, तेवढी ती सूर्याशी केलेली नाही.

चंद्राविषयी प्राचीन कथा

ऋग्वेदातील एका वचनावरून असे दिसते की, अत्रिऋषीच्या एका डोक्यापासून चंद्राचा जन्म झाला, असे प्राचीनकाळां मानीत असत. तथापि, बहुतेक सर्व पुराणावरून असे आढळते की देवानी आणि दानवानी अमृत मिळविण्यासाठी समुद्र घुसळून काढला, तेव्हा त्यातून बाहेर आलेल्या रत्नात चंद्रहि होता. त्याच्याशी दक्षप्रजापतीने आपल्या २७ मुलींची लग्ने लावून दिली. या मुली म्हणजेच आकाशातली आपली २७ नक्षत्रे. या एकेका पत्नीच्या घरी चंद्र एकेक रात्र राहतो, पण त्यातहि तो रोहिणीला अधिक चाहतो; म्हणून दक्षाने त्याला 'तू क्षयी होशील' असा शाप दिला. पण मग मुलींच्याच विनवणीवरून हा क्षय फक्त प्रत्येक महिन्यातल्या कृष्णपक्षापुरताच मर्यादित झाला. शुक्ल पक्षात चंद्र कलेकलेने वाढत जाऊन पौर्णिमेला पूर्णांग होतो, म्हणजे गरगरात वाटोळा होतो. तो या शापातून मिळालेल्या अर्धवट सुटीमुळेच होय.

चंद्राला क्षय लागून तो कृष्णपक्षात झिजत जातो खरा, पण तो अमावास्येच्या दिवशी मृत्युमुखी पडत नाही कोणी म्हणतात की, चंद्रावर अमृताचे कित्येक राजण भरलेले असतात. ते सगळे पौर्णिमेच्या दिवशी तुडुब भरलेले असतात. त्यानंतर मग पौर्णिमेपासून अमावास्येपर्यंतच्या काळात, देव चंद्रावरच्या अमृताचे, म्हणजे सोभरसाचे, प्राशन करीत राहतात, त्यामुळे बहुधा दररोज चंद्रावरचा एकेक भला मोठा राजण रिकामा होत असावा. म्हणूनच चंद्र एकेका कलेने झिजत गेलेला दिसतो. त्याची शेवटची एक कला, म्हणजे सोळावी कला, अमावास्येच्या दिवशी पृथ्वीवरच्या नद्या-सलाघात आणि समुद्रात, तसेच सर्व वनस्पतीत दडून

राहते. तीच शुक्रप्रतिपदेला पुन्हा आकाशात चढून वाढू लागते. या चंद्राच्या दुसऱ्या बाजूला, म्हणजे जी बाजू आपल्याला कधीच दिसत नाही तिच्यावर, आपले पितर राहतात. कारण, परलोकीं प्रयाण करणाऱ्या आत्म्यांचा पहिला मुकाम चंद्रावर होतो व तेथूनच ते पुढे स्वर्गादि लोकात जातात, अशी एक समजूत पूर्वी होती. आता यापुढच्या काळात तर चंद्रावर जाण्यासाठी इहलोकात मरण पावण्याचीहि आवश्यकता उरणार नाही. पृथ्वीभोवती फिरणाऱ्या अमेरिकन किंवा रशियन कृत्रिम चंद्रावर काही क्षण विसावा घेऊन, मग तेथून पुढे अतराळातल्या प्रवासाचा निधावयाच्या योजनाहि आता तयार झाल्या आहेत.

चंद्रदेवता

ग्विस्तोत्तर काळांत चंद्र या देवतेला मूर्ति, वाहन, चिन्हे वगैरे प्राप्त झालीं, आणि नवग्रहातील एक देवता म्हणून गंध, फुलें, अक्षता वाहून तिची पूजाअर्चा सुरू झाली. ती अद्याप आपल्या देशात सुरू आहेच.

सवितृ-देवता

असाच काहीसा प्रकार सूर्याच्या बाबतींतहि आढळतो. मात्र चंद्राच्या बाबतींत जेवढी सलग्गी माणसाने केलेली आहे, तेवढी ती सूर्याच्या बाबतीत केलेली दिसत नाही. आफ्रिका, अमेरिकेतल्या कित्येक रानटी लोकांत अशा कथा आढळतात की, सूर्य हा प्रथम पुष्कळच कामचुकार होता. तो कधी जलद धावे, तर कधी रेंगाळत चाले. कधी तो पृथ्वीच्या अगदी निवट येई, तर कधी तिच्यापासून पुष्कळच दूर निघून जाई. कधी कधी अजिबात तोंड कालें करी ! अखेरीला त्याला शिक्षा म्हणून देवानी त्याला एका चरकाला जुपलें. तेव्हा कोठे स्वारी अमळ मार्गावर आली; पण मग मात्र तो स्वतः जसा योग्य मार्गाने जाऊ लागला, तसाच पृथ्वीवरच्या

माणसानीहि सन्मार्गाने जावें म्हणून आग्रह धरू लागला. कधी कधी. पृथ्वीवर फारच पाप माजले म्हणजे मग, आकाशातल्या हा सटाचरणी पुरुष फारच शोकविव्हल होई, आणि तोंड झाकून घेऊन अदृश्य होई. साहजिकच मग पृथ्वीवरचे झाडून सारे पापी लोक त्याची प्रार्थना करीत त्याच्यापुढे नाक घाशीत, त्याच्यापुढे कोंबड्या-बकऱ्याचा बळी देत, तेव्हा कोठे या राजेसाहेबाची कळी खुले ।

प्राचीन इजिप्शियन लोकानी दगडात खोदलेले एक सूर्यपूजेचे चित्र सापडले आहे. सूर्याला ते 'रा' म्हणत या 'रा'पामून मिघालेले सहस्रावधि किरण हे जणू त्याचे हातच मानले जात. त्यांना माणसाच्या हातासारखीच बोट असत. या 'रा'चे पुजारी मोठे व्यावहारिक ज्योतिर्वेत्ते होते सूर्याप्रमाणेच ते 'सोथिस'चे (म्हणजे व्याधाच्या तान्याचे) अवलोकन करीत. हा 'सोथिस' जेव्हा सूर्योदयापूर्वी पहिले दर्शन देई, तेव्हा नाईल नदीला पूर येत असे त्यामुळे या प्रकारच्या अवलोकनाचा उपयोग शेतीभातीच्या कार्या होई.

सूर्याचा प्रखरपणा

सूर्य ही आपल्या प्राचीन वाङ्मयात तेजाओजाची देवता मानलेली आहे. हल्लीसुद्धा त्रिकालसध्येच्या वेळी गायत्रीमंत्राचे पठन होतें तेव्हा त्या मंत्राच्याद्वारा आपण अशी प्रार्थनाच करीत असतो की, या तेजामुळे आपल्या बुद्धीला चालना मिळत राहावी हे तेज कोणाहि माणसाला सहन होण्याजोगें नसतं. प्राचीनकाळचा सूर्य तर म्हणे याहूनहि प्रखर होता. म्हणूनच दक्षप्रजापतीने त्याला सहाणेवर घासून त्याचे काही कंगोरे कापून काढले, तेव्हा कोठे त्याचे लग्न लायेशी होऊ शकलें. महाभारतातील कर्णाला सूर्याने आपली कवचकुडले देऊन अजिंक्य बनविले होते, ही कथा प्रसिद्धच आहे.

सूर्य हा ज्योतिःशास्त्राचा मूळपुरुष

पौराणिक काळात सूर्य ही पूजेअर्चेची देवता बनली होती, आणि चंद्राप्रमाणेच त्यालाहि नवग्रहात एक स्थान मिळालें होतें. स्वर्गिक आणि चक्र हीं या सूर्याचीं चिन्हे होतीं, आणि फुललेले कमळ हें त्याचें दुसरे एक चिन्ह म्हणून मानलें जाई. तें बहुधा त्याच्या किरीटाच्या आकृतीचें द्योतक होतें. खुद्द ज्योतिःशास्त्र हें सूर्यानेच वेळोवेळीं सांगितलेलें शास्त्र आहे, अशी आपल्या जुन्या ज्योतिर्वेत्त्याची श्रद्धा होती. या शास्त्रावरचा आपल्याकडचा सुप्रसिद्ध सिद्धान्त ग्रंथ जो 'सूर्यसिद्धान्त', त्याच्या प्रारंभीच मुद्दाम सांगितलेलें आहे की, चालू युगात, म्हणजे 'कलि'युगात, सूर्याने 'मय' नावाच्या असुराच्या रूपाने अवतार घेतला होता त्याने जें शास्त्र सांगितले तेंच या ग्रंथात आलेले आहे

राहुची चोरी

सूर्य आणि चंद्र या दोन्ही देवता म्हणजे सान्या जगाचे नेत्रच. अशा या महत्त्वाच्या देवतानामुद्धा दुदैवाचा फेरा चुकत नाही मग तुमची आमची काय कथा ? हें मनावर विंविण्णासाठीं संस्कृतातल्या कित्येक सुभाषितांनून राहूने ग्रासलेल्या चंद्रमूर्याचा उल्लेख आढळतो पुराणांतूनहि असा उल्लेख वारवार आढळतो. हा पुराणातला राहु म्हणजे सिंहिका नावाच्या एका राक्षसीला विप्रचित्ति नावाच्या ब्राह्मणापासून झालेला मुलगा. त्याचे शरीर म्हणे सापाचें होतें समुद्रमथनानंतर देवाच्या हातीं जें अमृत लागलें, त्याचें प्राशन करण्यासाठीं देवाच्या पक्ति समुद्रकांठीं बसल्या असताना, अमृताच्या लोभाने, राहु वेष पालून पक्तींतल्या एका पाटावर जाऊन बसला. इतरांप्रमाणेच तोहि आपल्या पुढ्यातले अमृताचें भाडें उचलून तोंडाला लावू लागला. तांच त्याच्या पक्तींत असलेले विश्वचक्षु जे सूर्य आणि चंद्र, त्या दोघाच्याहि लक्षात राहूची ही लबाडी

आली, आणि ती त्यांनी विष्णूच्या नजरेला आणली. “मरणान्याचे संपत्ते, पण तुम्हा कोटावळ्याच्या रे पोटात का दुग्वते? असे म्हणून रागाने काळ्यानिकाच्या झालेल्या राहूने चंद्रसूर्याकडे झेप घेतली. पण वाटेतच



आकृति १ पौराणिक राहु आणि केतु

विष्णूच्या सुदर्शनचक्राने त्याचा शिरच्छेद केला. मध्यतरी नोंडाला लावलेल्या भाड्यातले किती अमृत त्याच्या घशावाली उतरले असेल, कोण जाणे ! पण पणिगाम मात्र असा झाला की, अमृताच्या सपर्कात आल्यामुळे राहूचे डोके आणि कवध (डोक्याखेरीज उरलेले धड) हीं दोन्हीहि अमर झालीं, आणि मूड, सूड' म्हणत ती चंद्रसूर्याकडे धावत गेलीं, तीं तशीं

अद्यापहि आकाशात धावत राहिली आहेत ! ती तशीं यावच्छद्रदिव्याकरौ (म्हणजे चंद्रसूर्य असतील तोपर्यंत) राहणार आहेत असें आपल्या पुराणाचें म्हणणें आहे. यातलें शिर तो राहु आणि कवध हा केतु.

पुराणे आणि ग्रहणे

अधूनमधून असें घडतें की, वर उल्लेखिलेल्या मुडक्याच्या आवाक्यात किंबहुना थेट त्याच्या दाढवणात, चंद्र किंवा सूर्य येतो. ' वरा सापडलास ' असे म्हणून हे मुडक त्याला गिळतें. पण घशाखाली राहावयाला पोटाच नसल्यामुळे चंद्रसूर्य निसटून जातात. कधी कधी कवधाच्या तडाख्यात चंद्र किंवा सूर्य सापडतो. चवताळलेलें कवध त्याला खाऊ की गिळू अशा आवेशाने आपल्या लाबलचक हातानी पकडते. भीतीने चंद्रसूर्य तांबडे-पिवळे होतात, कधी काळेठिकर पडतात पण त्यांना खावयाला तोंड आहे कोठे ? त्यामुळे हताशपणें त्यांना चंद्रसूर्याला सोडून द्यावें लागते. दाताचण्याची गाठ काही केल्या पडतच नाही ! अशा तऱ्हेने चंद्रसूर्यांना ग्रहणें लागतात आणि मुट्यात, असा एकदरींत आपल्या पुराणातील कथांचा आशय आहे

राहूचे ग्रहत्व

पुराणानंतरच्या काळात सर्वच ग्रहाची पूजा होऊ लागली त्यात राहुकेतूनाहि स्थान मिळालें. हे दोघेहि 'ग्रह' म्हणूनच मानले जाऊ लागले. पण इतर ग्रहात व राहुकेतूत मूलतःच फरक मानला गेला. सर्वच 'ग्रह' माणसाना पीडा देतात. पण राहुकेतु मात्र सूर्यचंद्र या दोन 'ग्रहाना'हि पीडा देतात, तशी पीडा बाकीचे ग्रह देत नाहीत बाकीच्या ग्रहाना धातुमय शरीरें प्राप्त झाली आहेत. पण राहु मात्र नावाप्रमाणेच 'रहाने' म्हणजे वेगाने धावणारा, काळाकभिन्न, केवळ अधकारमय, सर्पदेही, सर्पधर्मा राक्षस मानला गेला आहे. तो नेहमी जेष्ठाच्या राज्यात - पाताळात - राहतो, आणि चंद्रसूर्यांना आसावयापुरताच बाहेर पडतो, अशी जुनी समजूत होती,

इतर देशांच्या समजुती

जगातील बहुतेक सर्व देशांच्या प्राचीन वाङ्मयात राहूच्याच



आकृति २ काळ्याकुन्हाडींनी सूर्याची सुटका

धर्तीवरचा, अक्राळविक्राळ जवड्याचा, एखादा महाराक्षस कल्पिण्यांत आलेला आहे तोच अधूनमधून चंद्रसूर्यांना गिळावयाला येतो, अशी कल्पना आढळते. या राक्षसाला भिवविण्यासाठी कोणीकोणी खूप मोठा आरडाओरडा करीत, जमिनीवर काळ्या आपटीत, किंवा आकाशात त्याच्या अनुरोधाने बाण, भाले वगैरे फेकीत असत, या हल्ल्याला भिऊनच

बहुधा तो राक्षस पळून जाई. ही ग्रहणांची मीमासा बहुतेक सर्व देशांतल्या प्राचीन लोकांत आढळते. या सर्व देशांतल्या सर्वसामान्य लोकामध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असताना, त्या त्या देशांतल्या काही थोड्या विचारी लोकांना ग्रहणांचे खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसे समजत गेले, हे आपल्या ऋग्वेदातील काही ऋचावरून ध्यानात येण्याजोगे आहे.

ऋग्वेदाच्या काळीं, आणि तत्पूर्वीहि, आपल्याकडे सुर आणि असुर यांचे अनेक झगडे होत असत. त्यात कधी कधी, थोडा वेळ, असुरांचा विजय होत असे. पण अंतिम विजय, अर्थातच सुरांचाच होई. वैदिक वाङ्मयातला इद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे. या दोघाप्रमाणेच सुरांच्या बाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या बाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यात कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अवकारमय आचरणाने सूर्याला झाकून टाकी. त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ वने.

हे असे का घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणांचें ज्ञान मिळविलें. तें त्याने 'तुरीय' नावाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविले असावे, असें म्हणतात. हे 'तुरीय' यंत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनातहि आढळते.

नैसर्गिक घटनाचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणीत राहिल्याने होत नाही. त्यासाठी डोळे उघडून, नीट लक्ष देऊन, पाहत राहावे लागते. साध्या दृष्टीला दिसत नसेल त्या वेळीं तिच्या मदतीला अधिक प्रभावी साधनें घनवाचीं लागतात. त्याच्यातून दिसणाऱ्या गोष्टींचें सुमृत्तीकरण करावे लागते, आणि त्याच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवीत राहावे लागते. या पद्धतीची सुरुवात अग्नीने फार प्राचीन काळी केली असावीसे दिसते,

अत्रिऋषींचे ज्ञान

वैदिक काळात प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणाचे वेध घेऊन ग्रहणाचे ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणात आला आहे. पण हे ज्ञान त्याने मिळविले, म्हणजे ग्रहणाविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हे सांगणे कठीण आहे. पृथ्वीच्या छायेत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागते, आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागते, ही नंतरच्या काळांत प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असे म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपश्चात वैदिक काळात अशी कल्पना प्रचलित असलेली दिसते की, सूर्य हा पृथ्वीभोवती फेरी घालीत असतो त्याच्यापेक्षा दूरच्या अंतरावरून चंद्र फेरी घालीत असतो. अशा रीतीने, चंद्र हा सूर्यापेक्षा दूर मानल्यानंतर तो सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान यावा हे अर्थातच अशक्य होते. यामुळेच पौराणिक काळात राहु या राक्षसाबद्दलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणे कठीण बनले.

आपलं ख्रिस्तोत्तर ज्ञान

हा पौराणिक काल ओलाडून आपण ख्रिस्तोत्तर पाचव्या-सहाव्या शतकात येऊन पोहोचतो तो आपल्याला असे आढळते की, वराहमिहिर, आर्यभट्ट इत्यादि ज्योतिर्वेद्यांना चंद्र हा पृथ्वीला सूर्यापेक्षा पुष्कळच जवळ असल्याचे ज्ञान झाले होते. राहु नावाचा कोणीतरी एखादा असुर असून तो चंद्रसूर्यांना गिळतो म्हणून चंद्रसूर्यांना ग्रहण लागते हे खरे नव्हे, असे वराहमिहिराने आपल्या 'बृहत्संहिता' नावाच्या ग्रथात स्पष्ट म्हटले

बहुधा तो रक्षस पळून जाई. ही ग्रहणाची सीमासा बहुतेक सर्व देशांतल्या प्राचीन लोकांत आढळते या सर्व देशांतल्या सर्वसामान्य लोकामध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असताना, त्या त्या देशांतल्या काही थोड्या विचारी लोकाना ग्रहणाचें खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसे समजत गेलें, हें आपल्या ऋग्वेदांतील काही ऋचावरून ध्यानात येण्याजोगें आहे.

ऋग्वेदाच्या काळीं, आणि तत्पूर्वीहि, आपल्याकडे सुर आणि असुर यांचे अनेक झगडे होत असत. त्यांत कधी कधी, थोडा वेळ, असुरांचा विजय होत असे. पण अंतिम विजय, अर्थातच सुरांचाच होई. वैदिक बाळायातला इंद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे. या दोघाप्रमाणेच सुरांच्या बाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या बाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यांत कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अधकारमय आवरणाने सूर्याला झाकून टाकी. त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ बने.

हें असें का घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणाचें ज्ञान मिळविलें. ते त्याने 'तुरीय' नावाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविलें असावें, असें म्हणतात. हें 'तुरीय' यत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनातहि आढळतें.

नैसर्गिक घटनाचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणित राहिल्याने होत नाही. त्यासाठी डोळे उघडून, नीट लक्ष देऊन, पाहत राहावें लागतें. साध्या दृष्टीला दिसत नसेल त्या वेळीं तिच्या मदतीला अधिक प्रभावी साधनें बनवावीं लागतात. त्याच्यांतून दिसणाऱ्या गोष्टींचें सुमूत्रीकरण करावें लागतें, आणि त्याच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवीत राहावें लागतें. या पद्धतीची सुरुवात अत्रीने फार प्राचीन काळा केली असावीसे दिसते.

अत्रिऋषींच ज्ञान

वैदिक काळात प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणाचे वेध घेऊन ग्रहणाचें ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणात आला आहे. पण हें ज्ञान त्याने मिळविलें, म्हणजे ग्रहणाविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हें सांगणें कठीण आहे पृथ्वीच्या छायेत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागतें, आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागते, ही नंतरच्या काळात प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असे म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपक्षां वैदिक काळात अशी कल्पना प्रचलित असलेली दिसते की, सूर्य हा पृथ्वीभोवती फेरी घालीत असतो त्याच्यापेक्षा दूरच्या अंतरावरून चंद्र फेरी वालीत असतो. अशा रीतीने, चंद्र हा सूर्यापेक्षा दूर मानल्यानंतर तो सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान यावा हें अर्थातच अशक्य होतें. यामुळेच पौराणिक काळात राहु या राक्षसाचदलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणे कठीण बनले.

आपलें ख्रिस्तोत्तर ज्ञान

हा पौराणिक काल ओलाडून आपण ख्रिस्तोत्तर पाचव्या-सहाव्या शतकात येऊन पोहोचलों तों आपल्याला असें आढळतें की, वराहमिहिर, आर्यभट्ट इत्यादि ज्योतिर्वेत्त्यांना चंद्र हा पृथ्वीला सूर्यापेक्षा पुष्कळच जवळ असल्याचें ज्ञान झालें होतें. राहु नावाचा कोणीतरी एखादा असुर असून तो चंद्रसूर्यांना गिळतो म्हणून चंद्रसूर्यांना ग्रहण लागतें हें खरें नव्हे, असें वराहमिहिराने आपल्या 'बृहत्संहिता' नांवाच्या ग्रथात स्पष्ट म्हटलें

बहुधा तो राक्षस पळून जाई. ही ग्रहणाची मीमासा बहुतेक सर्व देशातल्या प्राचीन लोकांत आढळते या सर्व देशातल्या सर्वसामान्य लोकामध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असताना, त्या त्या देशातल्या काही थोड्या विचारी लोकांना ग्रहणाचें खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसे समजत गेलें, हें आपल्या ऋग्वेदांतील काही ऋचावरून ध्यानात येण्याजोगें आहे.

ऋग्वेदाच्या काळीं, आणि तत्पूर्वीहि, आपल्याकडे सुर आणि असुर यांचे अनेक झगडे होत असत. त्यात कधी कधी, थोडा वेळ, असुरांचा विजय होत असे. पण अंतिम विजय, अर्थातच सुरांचाच होई. वैदिक राज्यातला इंद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे या दोघाप्रमाणेच सुरांच्या बाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या बाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यात कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अधिकारमय आवरणाने सूर्याला झाकून टाकी त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ वने.

हें असें का घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणाचें ज्ञान मिळविलें तें त्याने 'तुरीय' नावाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविलें असावे, असें म्हणतात हें 'तुरीय' यत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनातहि आढळतें.

नैसर्गिक घटनाचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणीत राहिल्याने होत नाही त्यासाठी डोळे उघडून, नीट लक्ष देऊन, पाहत राहावे लागते. साध्या दृष्टीला दिसत नसेल त्या वेळीं तिच्या मदतीला अधिक प्रभावी साधनें बनवावीं लागतात. त्याच्यातून दिसणाऱ्या गोष्टींचें समुच्चीकरण करावे लागते, आणि त्याच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवीत राहावे लागते. या पद्धतीची सुरुवात अग्नीने फार प्राचीन काळीं केली असावीसें दिसते.

अत्रिऋषींचे ज्ञान

वैदिक काळात प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणाचे वेध घेऊन ग्रहणाचे ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणात आला आहे. पण हे ज्ञान त्याने मिळविले, म्हणजे ग्रहणाविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हे सांगणे कठीण आहे. पृथ्वीच्या छायेत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागते, आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागते, ही नंतरच्या काळात प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असे म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपक्षां वैदिक काळात अशी कल्पना प्रचलित असलेली दिसते की, सूर्य हा पृथ्वीभोवती फेरी घालीत असतो त्याच्यापेक्षा दूरच्या अंतरावरून चंद्र फेरी घालीत असतो. अशा रीतीने, चंद्र हा सूर्यापेक्षा दूर मानल्यानंतर तो सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान यात्रा हे अर्थातच अशक्य होतं. यामुळेच पौराणिक काळात राहु या राक्षसान्नहलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणे कठीण बनले.

आपलें ख्रिस्तोत्तर ज्ञान

हा पौराणिक काल ओलाडून आपण ख्रिस्तोत्तर पाचव्या-सहाव्या शतकात येऊन पोहोचतो तो आपल्याला असे आढळतं की, वराहमिहिर, आर्यभट्ट इत्यादि ज्योतिर्वेत्त्यांना चंद्र हा पृथ्वीला सूर्यापेक्षा पुष्कळच जवळ असल्याचें ज्ञान झाले होते. राहु नावाचा कोणीतरी एखादा असुर असून तो चंद्रसूर्यांना गिळतो म्हणून चंद्रसूर्यांना ग्रहण लागते हे खरे नव्हे, असे वराहमिहिराने आपल्या 'बृहत्संहिता' नावाच्या ग्रथात स्पष्ट म्हटले

आहे. तसेंच, सूर्याला चंद्राने झाकावें हें केवळ अमावास्येलाच घडू शकतें, आणि पृथ्वीच्या अधकारमय छायेत चंद्र जेव्हा पौर्णिमेच्या सुमाराला प्रवेश करू शकतो तेव्हा कमीअधिक प्रमाणात चंद्रग्रहण लागतें, असें आर्यभट्ट हा आपल्या 'आर्यभटीय' नावाच्या ग्रथात सागतो. हे दोघेहिजण आपापल्या ग्रथात सागतात की, आकाशातल्या ज्या विवक्षित स्थळीं चंद्र आला असताना सूर्याला ग्रहण लागतें, किंवा पृथ्वीच्या छायेत हें स्थळ येऊन तेथेच चंद्र आला असता चंद्राला ग्रहण लागतें, त्या स्थळाचेंच नांव 'राहु'.

ग्रहणांची नोंद

ग्रहणाच्याविषयीचें हें ज्ञान आपल्या देशात कसकसे आणि कोण कोणत्या पायन्यानी मिळत गेले याचा इतिहास मिळत नाही. वैदिक काळात चंद्रसूर्याच्या गतीविषयीचें ज्ञान स्थूल स्वरूपाचें होतें तथापि त्या काळाच्या मानाने त्याचें स्वरूप निश्चित शास्त्रीय होतें. त्यानंतरच्या पौराणिक काळात, म्हणजे ख्रिस्तपूर्व ५०० ते ख्रिस्तोत्तर ४-५ जे, या सुमारे १,००० वर्षांत, केवळ कथाचाच सुळसुळाट झाला. ज्योतिर्विषयक निश्चित ज्ञानात फारशी वाढ झालेली, निदान पुराणातील माहितीवरून तरी, दिसत नाही. बराहमिहिराच्या काळचे ज्ञान हे एकदम पुष्कळच प्रगतावस्थेला गेलेलें दिसतें. मध्यतरींचा इतिहास उपलब्ध नाही.^१ तथापि, इतर देशातला जो इतिहास मिळतो तो अवश्य पाहण्याजोगा आहे.

चीनमधील सूर्यग्रहणें

जीं जीं ग्रहणें आपण पाहिलीं, तीं तीं केव्हा पाहिलीं, हें टिपून ठेवण्याचा परिपाठ चीनमध्ये फार प्राचीन काळापासून आहे. शूचिंग

^१ म्हणूनच हें ज्ञान आम्ही पाश्चात्यांकडून - बहुधा रोमनांकडून ऐनजिनती उचलेले असावे असें म्हणावयाला पाश्चात्यांना अवसर मिळतो,

नावाचा एक फार प्राचीन चिनी ग्रथ उपलब्ध आहे. त्यात ख्रिस्तपूर्व २४ व्या शतकापासून ख्रिस्तपूर्व ६२५ वर्षांपर्यंतच्या चिनी सम्राटांच्या आज्ञांचे आणि घोषणांचे सकलन केलेले आढळते. त्यातील एक आज्ञा अशी आहे की, ज्योतिर्वेत्त्याने वर्तविलेल्या वेळेच्या आधी जर ग्रहण लागले, तर त्या ज्योतिष्याला लगेचच जिवें मारावा; आणि जर ते वर्तविलेल्या वेळेच्या नंतर लागले, तर बिलकूल दयामाया न करता त्याला कटस्नान घालावे !

चुकीसाठी फाशीची शिक्षा

साई घराण्यातला राजा ४ था चुंगकआंग याच्या कारकीर्दीत ता. २२ ऑक्टोबर ख्रिस्तपूर्व २१३७ या दिवशी घडलेल्या सूर्यग्रहणाचा उल्लेख या चिनी ग्रथात आहे. तो वरील राजाज्ञेच्या दृष्टीने ध्यानात घेण्याजोगा आहे. या राजाच्या पदरीं 'ही' आणि 'हो' या नावाचे दोन ज्योतिषी होते. त्यांना हे ग्रहण अगावू वर्तविता आले नाही. इतकेच नव्हे, तर आकाशातल्या महाराक्षसाकडून सूर्य गिळला जात असता हे राजज्योतिषी दारू पिऊन तर झालेले होते ! यामुळे, बाणांच्या वर्षावाने या राक्षसाला पिटाळून लावण्याचे राजाचें जे पवित्र कर्तव्य, त्याचें पालन सुळीच घडू शकले नाही, म्हणून या ज्योतिष्यांचीं मुडकीं उडवलीं गेलीं. ज्योतिर्विद्येसाठी शिक्षा झाल्याचें हे इतिहासातलें पहिलेंच उदाहरण आहे. प्रख्यात चिनी तत्त्ववेत्ता कन्फ्यूशस याने आपल्या एका ग्रथात तारीखवारीने ३६ सूर्यग्रहणाचा उल्लेख केलेला आढळतो, हेहि या प्रसंगाने ध्यानात घेण्याजोगे आहे.^१

खाल्डियन वेध

असेच सूर्यग्रहणाचे निश्चित वेध घेतलेला दुसरा एक देश प्रसिद्ध आहे तो तैथिस आणि युफ्रेटिस या दोन नद्यांच्या दरम्यानचा

१. आपल्या 'शुद्धसूत्रात' काही ग्रहणाचा उल्लेख साकेतिक भाषेत केलेला आहे असं म्हणतात

‘ खाल्डिया नावाचा प्राचीन देश. या देशातल्या लोकानी भाजलेल्या विटाच्या भितींवर लिहून ठेवलेला मजकूर विपुल प्रमाणात मिळाला आहे. त्यात ख्रिस्तपूर्व सुमारे ३,००० वर्षांपासूनचे अनेक वटनाचे उल्लेख आढळतात त्यातच सूर्यग्रहणेंहि येतात ^१ या लोकाना ख्रिस्तपूर्व आठव्या शतकातच सूर्यग्रहणाच्या चाचर्तीत एक नियम आढळला होता, तो असा की, सुमारे १८ वर्षे आणि १०-११ दिवसांनी त्याच त्याच प्रकारचीं सूर्यग्रहणें पुनःपुन्हा लागत असतात. त्याला ते ‘सारसचक्र’ म्हणत. ख्रिस्तपूर्व ७६३ या वर्षी निश्चित सूर्यग्रहण लागले होते. त्यानंतरच्या अनेक ग्रहणाचे उल्लेख खाल्डियनानी केलेले सापडले आहेत.

इजिप्त - ग्रीस

खाल्डियनांच्या बरोबरीने क्विवा काही थोडेसे त्याच्यानंतरच्या काळात इजिप्शियनानी आणि ग्रीकांनीहि ग्रहणाचे केलेले उल्लेख आढळतात इजिप्शियनांच्या थडग्यावर आणि मनोऱ्यांवर (पिरॅमिड्सवर)

१ ‘ विश्वाची निर्मिति ’ (द क्रिएशन ऑफ द युनिव्हर्स) या ग्रथाचा लेखक जॉर्ज गॅमॉव हा आपल्या या ग्रथात म्हणतो की, **वॅविलोनियन (खाल्डियन)** आणि **इजिप्शियन्स** यानी ख्रि पू २,००० पासून नमूद केलेल्या ग्रहणाच्या तारखा गणितागत तारखाशी ततोतत जुळतात मात्र वेळ जुळत नाही उदाहरणार्थ, त्यांनी नमूद केलेल्या काही सूर्यग्रहणाच्या वेळा कित्येक तासानी सूर्योदयापूर्वीच्या किंवा सूर्यास्तानंतरच्या असाव्यात असे गणिताने ठरते म्हणजे उपर्युक्त टापूत ही ग्रहणे दिसणे अशक्य ठरते मात्र, भरतीओहोटीमुळे पृथ्वीवरचा दिवस प्रत्येक वर्षशतागणिक ० ००१ सेकदाने वाढतो हे मान्य केल्यास ४० शतका-**पूर्वीचा** दिवस ० ०४ सेकदानी लहान ठरतो, आणि या ४० शतकांमधला दिवस आजच्या दिवसापेक्षा सरासरीने ० ०२ सेकदानी लहान मानता येतो या हिशेबाने ४० शतकातील (१४ लक्ष दिवसातील) वेळेची एकूण तफावत २८,००० से (सुमारे ८ तास) भरते, आणि मग ही ग्रहणे दिसणें अगदी शक्य होते, असे ठरते.

ग्रहणाचे उल्लेख कोरलेले आढळतात. ग्रीकांनीहि ख्रिस्तपूर्व (२८ मे ख्रि पू. ५८५) ६ व्या शतकातल्या एका ग्रहणाचा उल्लेख केलेला उपलब्ध आहे.

ख्रिस्तोत्तर ग्रहणे

ख्रिस्तोत्तर २ व्या शतकात टॉलेमी नावाचा एक ज्योतिर्वेत्ता अलेक्झांड्रिया येथे होऊन गेला. त्याने आपल्या अल्माजेस्त नावाच्या ग्रथात ख्रिस्तपूर्व ७२१ पासून ख्रिस्तोत्तर १३६ सालापर्यंतच्या १९ चंद्र-ग्रहणाचा उल्लेख केलेला आहे.

ख्रिस्तोत्तर काळात आपल्या देशातल्या अनेक राजानी वेळोवेळीं दानें दिल्याचे उल्लेख निरनिराळ्या ताम्रपत्रांनून आढळतात हीं दानें, पुष्कळदा ग्रहणाच्या निमित्ताने दिलेलीं असत. मात्र अशीं ग्रहणे प्रत्यक्ष घडलेलीं पाहून दानें दिलीं जात, असें नव्हे, गणिताने आलेलीं ग्रहणेहि चालत, असें सुवेळ आणि दीक्षित यांच्या 'इंडियन कॅलेंडर्स' या इंग्रजी ग्रथाच्या शेवटी जोडलेल्या 'भारतीय सूर्यग्रहणे' या परिशिष्टात जॅकोबीचें मत दिलें आहे. तथापि अशा ग्रहणाच्या निश्चित तारखाचें सकलून अद्याप कोठे झाल्याचें पाहण्यात नाही. अरबी अलीकडच्या इतिहास-काळात ३० मार्च १६८० रोजीं खग्रास सूर्यग्रहणाचा मार्ग त्रावणकोर-कोचीनवरून गेलेला होता. ३ मे १७३४ रोजीं खग्रास सूर्यग्रहण झालें होते. त्याचा मार्ग अंदाजे मुंबईजवळून पूर्वेकडे गेलेला होता. अलीकडच्या काळातल्या इतरहि अनेक ग्रहणाच्या तारखा उपलब्ध आहेत. पण त्यांचीं प्रत्यक्ष - दृष्ट (म्हणजे प्रत्यक्ष पाहून लिहिलेलीं) वर्णनें आढळत नाहीत. पाश्चात्य देशातूनहि शास्त्रीय दृष्टीने पाहून लिहिलेलीं ग्रहणांचीं वर्णनें फक्त १९ व्या शतकाच्या मध्यापासूनचींच आढळतात

असें घडण्याचें मुख्य कारण हें की, सतराव्या शतकात युरोपात गॅलिलिओ नावाचा जो प्रख्यात ज्योतिर्वेत्ता होऊन गेला त्याच्या काळापर्यंत ज्योतिःशास्त्र हें सर्वस्वी स्वस्थ (आकाशातल्या) ज्योतींच्या, गती-

विषयीचेंच शास्त्र होतें. इ. स. १६०९-१० सालीं गॅलिलिओने दुर्बीण बनवली आणि ती सूर्य, चंद्र, शुक्र इत्यादिकांवर रोखली. तेव्हापामून ज्योतिःशास्त्राचें स्वरूप अगदी पालटलें. गॅलिलिओच्या वेधावरून असें आढळलें की, सूर्याच्या विंबावर डाग असून हे डाग विंबावरील एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणाकडे सरकत असलेले दिसतात. त्यावरून असें म्हणता येऊ लागलें की, सूर्य स्वतःभोवती सुमारे २५ दिवसांत एक गिरकी पुरी करीत असावा. शुक्रालाहि आपल्या चंद्राप्रमाणेच कला आहेत, त्याअर्थी शुक्र हा कोणाभोवती तरी - म्हणजे सूर्याभोवतीच - फिरत असावा, पृथ्वी-भोवती मंगळबुधादि ग्रह फेऱ्या घालण्याऐवजी पृथ्वीच चंद्रानिशी सूर्याभोवती फेऱ्या घालीत असावी, आणि चाक्रीचे ग्रहहि तसेच फेऱ्या घालीत असावेत.

वर्णादर्श

१८ व्या शतकाच्या आरभीं फ्राऊन-होफर नावाच्या जर्मन शास्त्रज्ञाने सूर्यापासून येणाऱ्या प्रकाशकिरणाची पिस्कारणी करून त्यातल्या वर्णावलीच्या^१ रेषाची मोजमापे प्रसिद्ध केलीं. त्यानंतर मग अशा तऱ्हेच्या वर्णावलीच्या अभ्यासावरून, तो तो किरण ज्या तप्तपदार्थापासून किंवा तेजस्वी ज्योतीपासून येतो तेथील द्रव्याचें तपमान आणि भारमान (दाब) यांविषयी अनुमान बाधता येऊ लागलें. तेथील मौलिक द्रव्यद्रव्यातराचा अंदाज बाधता येऊ लागला. यामुळे सूर्यावरील परिस्थितीचा आणि भगोळातील^२ ताऱ्याताऱ्यावरच्या परिस्थितीचा अभ्यास करण्याची लालसा शास्त्रज्ञामध्ये निर्माण झाली.

१. सूर्यप्रकाश हा तावडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा किंमिजी व जाभळा अशा, आपल्या डोळ्यांना जाणवणाऱ्या, वर्णांचा बनलेला दिसतो. या प्रत्येकाच्या पोट-छटा असतात, त्या सर्व छटांनी युक्त अशी जी सर्व वर्णांची पक्ति, तिला वर्णावलि म्हणतात.

२. भ = तारा आकाशाला चिकटल्यागत दिसणाऱ्या सर्व ताऱ्यांचा मिळून बनलेला भला मोठा गोल तो 'भगोल',

कॅमेरा

याच शतकात फोटोग्राफीची कला निर्माण झाली, तिचाहि उपयोग ग्रहणाच्या कार्मीं चागला होऊ लागला.

वेलीची माळ

या काळात वेली नावाचा हुडीब्राजारातला एक दलाल होऊन गेला. त्याने १८३६ सालचें ककणाकृति^१ सूर्यग्रहण दुर्बिणींतून प्रथम पाहिलें. तेव्हा त्याला आढळून आले की, सूर्यबिंबाचा बहुतेक भाग व्यापून टाकण्याचें कार्य चंद्राकडून चालू असताना, एका विवक्षित क्षणीं सूर्याची पांढरी कोर इतकी लहान उरली होती की, तिच्या दोन्ही शिंगाचा कोन, चंद्रबिंबाच्या मध्यबिंदूशी, सुमारे ४०° चाच झालेला असावा. या क्षणीं, चंद्राच्या आधाडीवर लहानमोठ्या स्फटिकमण्याच्या माळेसारखी दिसणारी, तेजस्वी ठिपक्याची एक रेषा उमटली होती. चंद्रबिंबाच्या खडबडीत पृष्ठभागावर पडून इतस्ततः पिस्कारलेला तो सूर्यप्रकाशच असतो. असाच प्रकार ग्रहण संपण्याच्या क्षणींहि होतो. या आविष्काराला वेलीची माळ असें नाव मिळालेलें आहे.

ग्रहणांची भव्यता

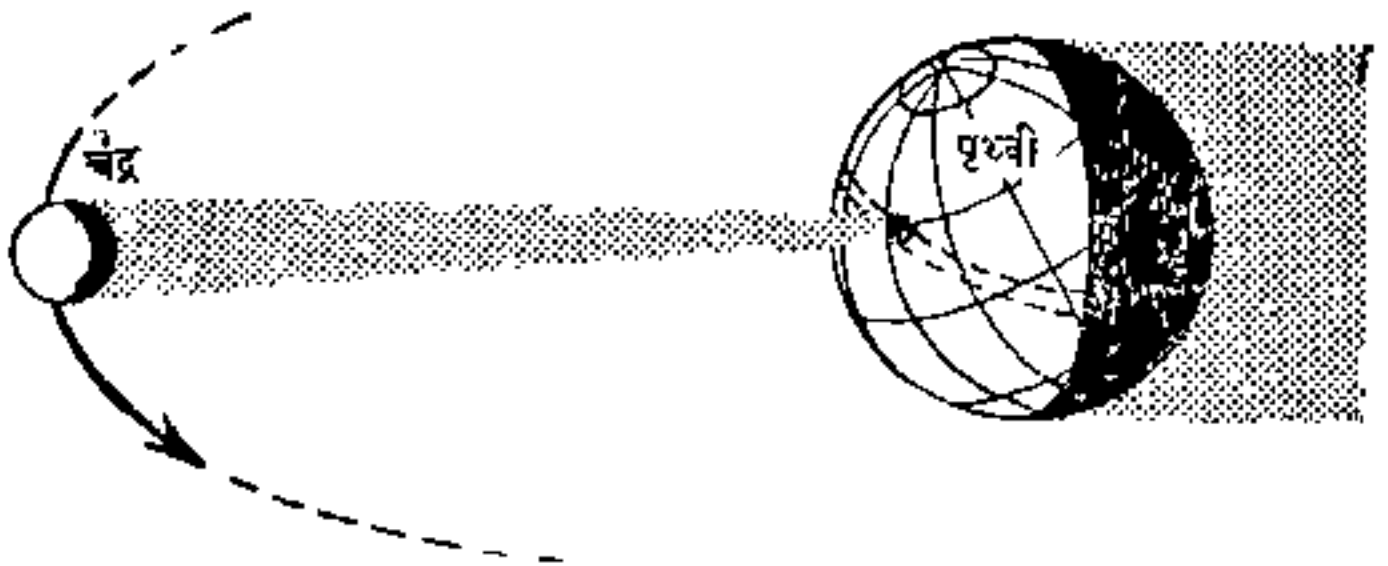
या आविष्काराचें वर्णन वेलीने कित्येक लेखातून फारच आकर्षक पद्धतीने केलें. त्यामुळे सर्वसामान्य माणसाचें लक्षहि सूर्यग्रहणाकडे विशेष खेचलें गेलें. १८३६ नंतरच्या ५-६ वर्षांच्या काळात युरोपांतल्या अनेक देशांतून या ग्रहणाविषयी सामान्य माणसाचीसुद्धा उत्सुकता चागलीच वाढली. एखादी लहानशी खिशातली दुर्बीण किंवा निदान

१ ककणाच्या (बांगडीच्या) आकृतीचें, मधला भाग काळा, ताटलीवजा दिसणारा, आणि त्याच्याभोवती एक पांढरी, तेजस्वी बागडी असें दिसणारे

एखादी वाजळलेली काच जवळ असली, म्हणजे खग्रास सूर्यग्रहणातले भव्य आविष्कार कोणालाहि पाहता येतात. त्यामुळे युरोपांतील एखाद्या ग्वेड्यातून किंवा परगण्यातून, ग्रहण दिसणार आहे असे समजलें रे समजलें की, हजारोच्या संख्यानी लोक तिकडे धावू लागले १८४६ सालीं सूर्याभोवतालचे पादरें शुभ्र किरीट आणि त्यातूनच बाहेर आलेले ताम्रपर्णी उद्रेक पाहिल्यावर इटलींतल्या मिलान शहरातले सहस्रावधि लोक 'ज्योतिर्वेत्ते चिरायु होवोत' असें ओरडतच घोषरीं परतले.

खग्रास सूर्यग्रहणाची अपूर्वाई

चंद्राला ग्रहण लागतें तेव्हा तें जवळजवळ निम्न्या पृथ्वीवरील लोकाना एकाच वेळीं पाहता येतें. खग्रास सूर्यग्रहणाचें तसे नाही. तें फक्त १६० मैल रुंदीच्या आणि कित्येकशे मैल लांबीच्या पट्ट्यावरूनच काय तें दिसतें.



आकृति ३ पृथ्वीवर पडणारी चंद्राची छाया

या पट्ट्यावरूनहि तें एकदम एकाच वेळीं सर्वत्र दिसत नाही. पश्चिमेकडच्या लोकाना तें प्रथम खग्रास दिसतें आणि मग तें झपाट्याने पूर्वेकडे सरकते म्हणजे पूर्वेकडील लोकाना दिसू लागतें. हा पट्टा माणसानी गजबजलेल्या गावावरून क्वचितच जातो सामान्यतः तो दऱ्याग्वोन्यातून, निर्जेन अरण्यातून, समुद्रावरून किंवा वाळवंटावरून जातो. तेथेसुद्धा ग्रहण

सरासरी ४ मिनिटें आणि जास्तींत जास्त, क्वचित्, सुमारे ७ मिनिटें दिसतें. आणि एवढा काळहि आकाश नेहमी निरभ्र असतेंच असें नाही अशाहि स्थितींत गेल्या १०० वर्षांतले युरोपातले नाना देशांचे ज्योतिर्वेत्ते आपापल्या मोठमोठ्या दुर्बिणी, वर्णलेखी साधनें, कॅमेरे, सिनेकॅमेरे, वगैरे सामग्री घेऊन अक्षरशः रानोमाळ भटकले आहेत, आणि खग्रस्त सूर्याचें क्षणमात्र दर्शन घडावें म्हणून त्यानी जिवचें रान केलेले आहे.

निसर्गाच्या प्रयोगशाळा

याचें एक कारण असें आहे की, सूर्य हा विश्वातल्या अज्जावधि ताऱ्याचा एक प्रतिनिधि आहे. त्याच्याहून अधिक ज्वळचा प्रतिनिधि आपल्याला उपलब्ध नाही जें पिंडात असेल तेच ब्रह्मांडातहि असावें, हे जर खरें असेल, तर सूर्यावर घडणाऱ्या घडामोडींचरून इतर ताऱ्याच्या पुढभागावरील आणि अंतरगातील घडामोडींचा अंदाज बाधता येईल. या सर्व ताऱ्याच्या रूपाने निसर्गाने जणू मोठमोठ्या प्रयोगशाळाच आपल्याभोवती सर्वतो दूरपर्यंत खोललेल्या आहेत. त्याच्यावर जें तपमान व भारमान आढळत तें आपल्या पृथ्वीवरील प्रयोगशाळांतून निमोण करता येतेंच असें नाही. अशा स्थितींत निरनिराळ्या तपमानात आणि भारमानात ठेवलेल्या पदार्थमात्राचें स्थित्यंतर कसकसें घडत असेल याचा अभ्यास करावयाला प्रत्यक्ष निसर्गराजाने खोललेल्या या प्रयोगशाळाचाच आसरा घेणें भाग पडतें. त्याच्या ज्वळपास आपण अद्यापि जाऊं शकत नाहीं येथूनच त्याच्यावरील घडामोडी पाहाव्या लागतात. त्या नीट हेरण्यासाठी सूक्ष्मातिसूक्ष्म, सवादी साधनें बनवावीं लागतात. त्याच्यामधून सूर्याकडे पाहिलें म्हणजे तेथील परिस्थितीचा अंदाज बाधता येतो. सूर्यावरील निरनिराळ्या घडामोडींपैकी, सूर्याच्या वातावरणातल्या ज्या घडामोडी आहेत, त्या नीट पाहावयाच्या झाल्या तर अद्यापहि खग्रास सूर्यग्रहणाचीच संधि साधावी लागते. म्हणून तिच्यासाठी हे ज्योतिर्वेत्ते रानोमाळ भटकत असतात.

ज्ञानभक्ति

या ज्ञानाच्या ओढीमुळे एका ज्योतिर्वेत्त्याने प्रवासापायी पाण्यासारखा पैसा खर्च करून लगोपाठ सुमारे २७-२८ सूर्यग्रहणें पाहिल्याचे उदाहरण उपलब्ध आहे. मिचेल नावाच्या सुप्रसिद्ध ज्योतिर्वेत्त्याने १०-११ ग्रहणाच्या सफरीत प्रामुख्याने भाग घेतला होता दुसऱ्या एकाने ६ ग्रहणें पाहण्यासाठी ७५,००० मैलाचा प्रवास केला तेव्हा कोठे एक ख्यास ग्रहण त्याला मनाजोगें चागलें दिसू शकलें। ही सर्व मडळी ज्ञानासाठी किती अडचणींच्या परिस्थितींतून जातात हेहि पाहण्याजोगें आहे अगदी अलीकडच्या काळात, १९३० सालीं, निरनिराळ्या देशाचे ज्योतिर्वेत्ते आंतरराष्ट्रीय तारिकारेषेवर 'निऊवाफू नावाच्या बेटावर जमले होते. तेथे, बेटाचा व्यास अवघा ५ मैल असून त्यात ३ मैल व्यासाचा खाण्या पाण्याचा तलाव होता. तेथे व्यावयाला पावसाचे पाणीच काय ते मिळे बोटिंतून उतरून बेटापर्यंत जायला २-३ मैल पोहून जावें लागे. १९३७ साली ज्योतिर्वेत्ते लोक कॅटन नावाच्या एका लहानशा बेटावर गेले होते तेथे फक्त उदीरघुशी आणि खेकडे यांचंच साम्राज्य होतें. माणसाने बहुधा तेथे पूर्वी कधी पाऊल ठेवलेलें नव्हतें. पण ही मडळी केवळ कुडचाभर ज्ञानासाठी तहानेजून नाना देशातून तेथे जमलेली होती ।

भारतांत ग्रहणप्रसंगीं

उलटपक्षीं, आपण या देशातले लोक चंद्रसूर्याच्या ग्रहणाच्या प्रसंगीं, निरनिराळ्या तीर्थांच्या ठिकाणीं जाऊन तेथील नद्यातलावाच्या पाण्यात बुड्या मारतां. त्या निमित्ताने आपल्या खातीं जमा होणाऱ्या पुण्याईचा

१ ही रेषा पृथ्वीवर, स्थूलमानाने, १८०° रेखाशावर मानलेली आहे जहाजें जेव्हा ही रेषा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे, किंवा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे, ओलाडून जातात तेव्हा त्यांना आपली वार-तारीख ही ग्रीनिचच्या वार-तारखेशी मिळतीजुळती करून घ्यावी लागते.

हिशेव आपल्या मरणोत्तर व्हावयाचा असतो. आपल्या सूर्यदेवतेला – आणि इतर देवतानाहि – सतुष्ट करून आपली आत्मिक उन्नति साधण्यासाठी अनेकानी थडीवान्याला न जुमानतां, एका पायावर उभे राहून, मूर्थाकडे एकटक दृष्टि लावून, दीर्घकाल तपश्चर्या केल्याची उदाहरणे आपण पुराणाटिकातून वाचतो. अशा प्रसंगी सतुष्ट झालेली देवता जो वर देते तो या उपासकाला पचनी पाडून घेता येतोच असें नाही. पुष्कळदा ही उपासना आततायीपणाने घडते. त्यामुळे आपण देत असलेला वर म्हणजे माकडाच्या हातीं दिलेले कोलीत आहे हें जाणून त्याच्या निराकरणाची सोयहि ही उपास्यदेवता अगारुच करून ठेवीत असलेली आढळते

भगवद्गीता सांगायी वसलेल्या श्रीकृष्णाने एरव्ही आदर्शभूत असलेल्या अर्जुनाला मुद्दाम दिव्यदृष्टि देऊन विश्वरूप दर्शन घडविले, पण ते त्याला पेलले नाही. त्याने पुन्हा आपली सामान्यदृष्टीच मागून घेतली. ही आपल्याकडचीं पूर्वीचीं उदाहरणे पाहून झाल्यावर अलीकडील पाश्चात्य ज्ञानोपासकांची वर उल्लेखिलेलीं चित्रेहि एकवार नजरेखालून घालण्याजोगीं आहेत. हीहि मडळी घोर तपश्चर्या करतात. तिचें फळ त्याच्या मुलाबाळाना मिळत असल्याचें त्यांना 'याचि देहीं, याचि डोळां' पाहावयाला मिळतें. तीहि विश्वरूप-दर्शनासाठी आसुसलेली दिसतात. पण या कामीं एकदा अर्गी आलेली दृष्टि ते गमावीत नाहींत ती त्यांनी प्रयत्नपूर्वक मिळविलेली असते. तिला ते अधिकाधिक रावून, घामूनपुमून, अधिकाधिक तळतळ बनवितात. तिच्या द्वारा अधिकाधिक ज्ञान मिळवितात.

सूर्यग्रहणाच्या बाबतींतहि असाच प्रकार घडलेला आहे.

चंद्रसूर्यांना ग्रहणें का व कशीं लागतात याविषयीच्या कल्पना माणसाने बसविल्या त्या सर्वस्वी त्याच्या अवलोकनावरच आधारलेल्या होत्या. फार प्राचीन काळचा माणूस रानावनातून हिडे आणि प्राण्याच्या शिकारीवरच आपली उपजीविका करी. साहजिकच त्याला पहिली कल्पना सुचली ती अशी की, कोणी तरी भला मोठा अक्राळविक्राळ राक्षसच लुसलुशीत आणि आकर्षक चंद्राचा व गरमागरम सूर्याचा लचका तोडीत असला पाहिजे. केवळ आरड्याओरड्याला भिऊन काही हिंस्र श्वापदे पळून जातात तसाच हा राक्षस देखील सूर्यग्रहणाच्या वेळी तोंडचा घास तसाच शकून पळून जाई. काही श्वापदे लोचट असतात, त्यांना काळ्याकुन्हाडींनी चेचावे लागे. चंद्राच्या पाठीं लागणारा राक्षस घाच जातीचा असे.

राहूवदल शंका

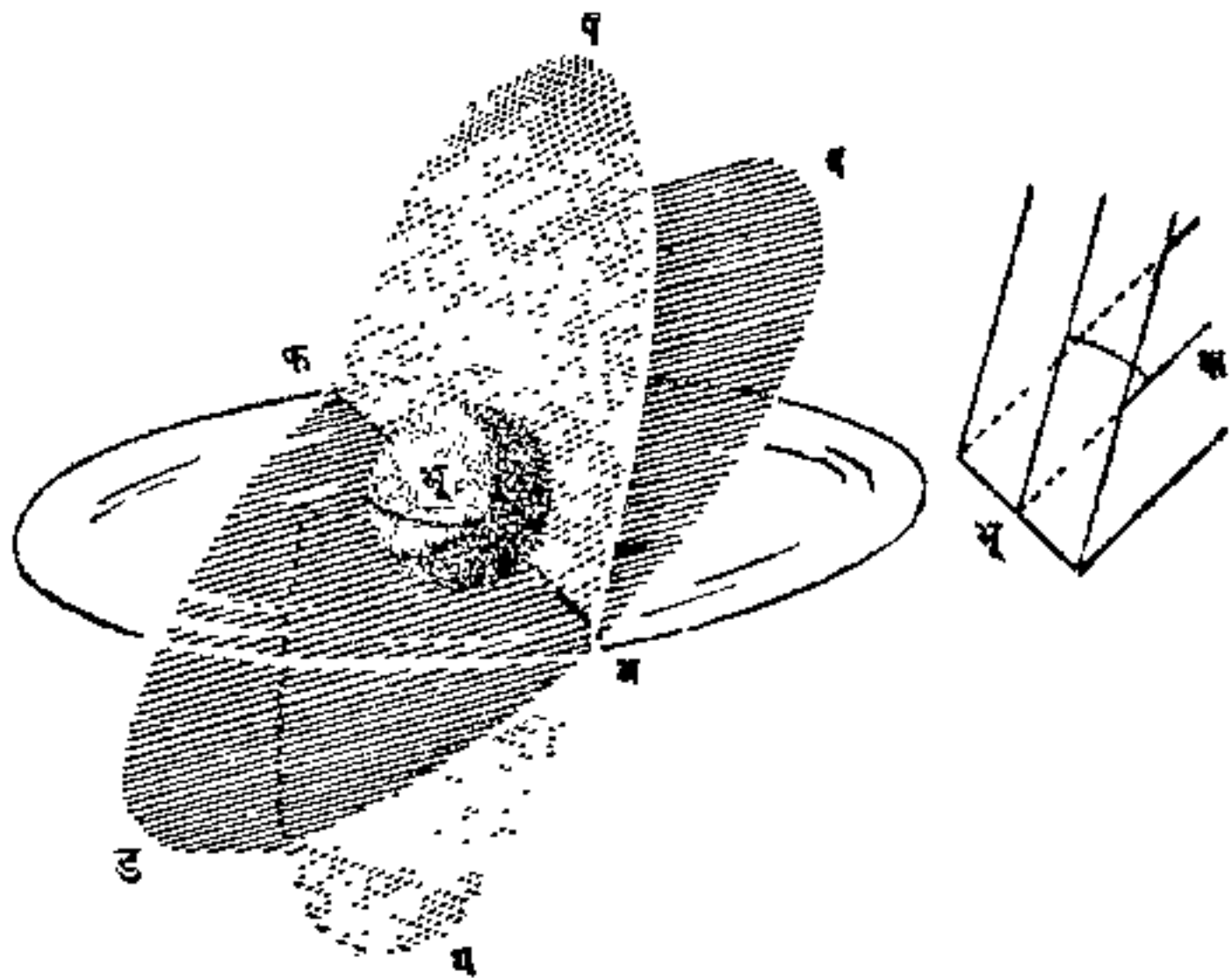
पण मग, एकदा खावयाला चंद्रावलेला हा राक्षस पुन्हा दुसऱ्या तिसऱ्या दिवशीं का येत नाही ? लचका तोडलेले चंद्रसूर्य पुन्हा लगोलग पहिल्यासारखेच गरगरीत वाटोळे कसे होतात ? चंद्राच्या बाबतींत तो पौर्णिमेचा आणि सूर्याच्या बाबतींत अमावास्येचाच मुहूर्त का साधतो ? तें देखील दर पुनवेआवसेला का येत नाही ?

अशा नाना शंका मनात येत होत्या, त्याच वेळीं हा प्राचीन माणूस चंद्रसूर्यांचें सूक्ष्म अवलोकन करीत होता. त्याने पाहिलें की नक्षत्राच्या मेळाव्यातून सूर्य नेहमी काही एका ठराविक ताऱ्याच्या जवळूनच जात अहतो. तसेंच तो सुमारे ३६५ दिवसानी पुन्हा पूर्वस्थळीं - म्हणजे

प्रथम आपण चारकाव्याने पाहावयाला सुखात केली त्या वेळीं जेशून निघाला त्या नक्षत्रतान्याजवळ - आलेला आढळतो,^१

आयनिकवृत्त ' चंद्र कक्षा

आकृति ४ मध्ये 'भू' येथे पृथ्वी दाखविली असून 'अवक्रड' हा



आकृति ४ : आयनिकवृत्त, चंद्रमार्ग आणि त्याच्यामधील कोन

वर्षभरात सूर्य ज्या तान्याच्याजवळ वस्ती करीत करीत नक्षत्रचक्रातून जात

१ या सूर्याच्या मार्गाला आपण आयनिकवृत्त म्हणतो आणि ३६५ $\frac{१}{४}$ दिवसांच्या या अवधीला वर्ष (नाक्षत्र वर्ष) म्हणतो वास्तविक आपली पृथ्वीच या आयनिक मार्गाने सूर्याभोवती वर्षभरांत एक फेरी घालीत असते अयन = जाणे, संचार करणे, आयनिक पातळी = संचाराची पातळी.

असलेला दिसतो त्यांना जोडून बनलेला आयनिक-मार्ग आहे. याच पद्धतीने चंद्र दररोज ज्या ज्या तान्याजवळ वस्ती करित करित नक्षत्राच्या मेळाव्यातून जात असलेला दिसतो ते तारे एका रेषेने जोडले म्हणजे चंद्राचा मार्ग तयार होतो त्याला चंद्राची 'कक्षा' असें म्हणतात आकृति ४ मध्ये 'अपफय' ही चंद्राची कक्षा आहे. हे दोन्ही मार्ग एकमेकांशी सुमारे $५\frac{१}{४}^{\circ}$ नी कललेले दिसतात.^१ चंद्राची एक नक्षत्रफेरी सुमारे २७ $\frac{३}{४}$ दिवसात पुरी होते.

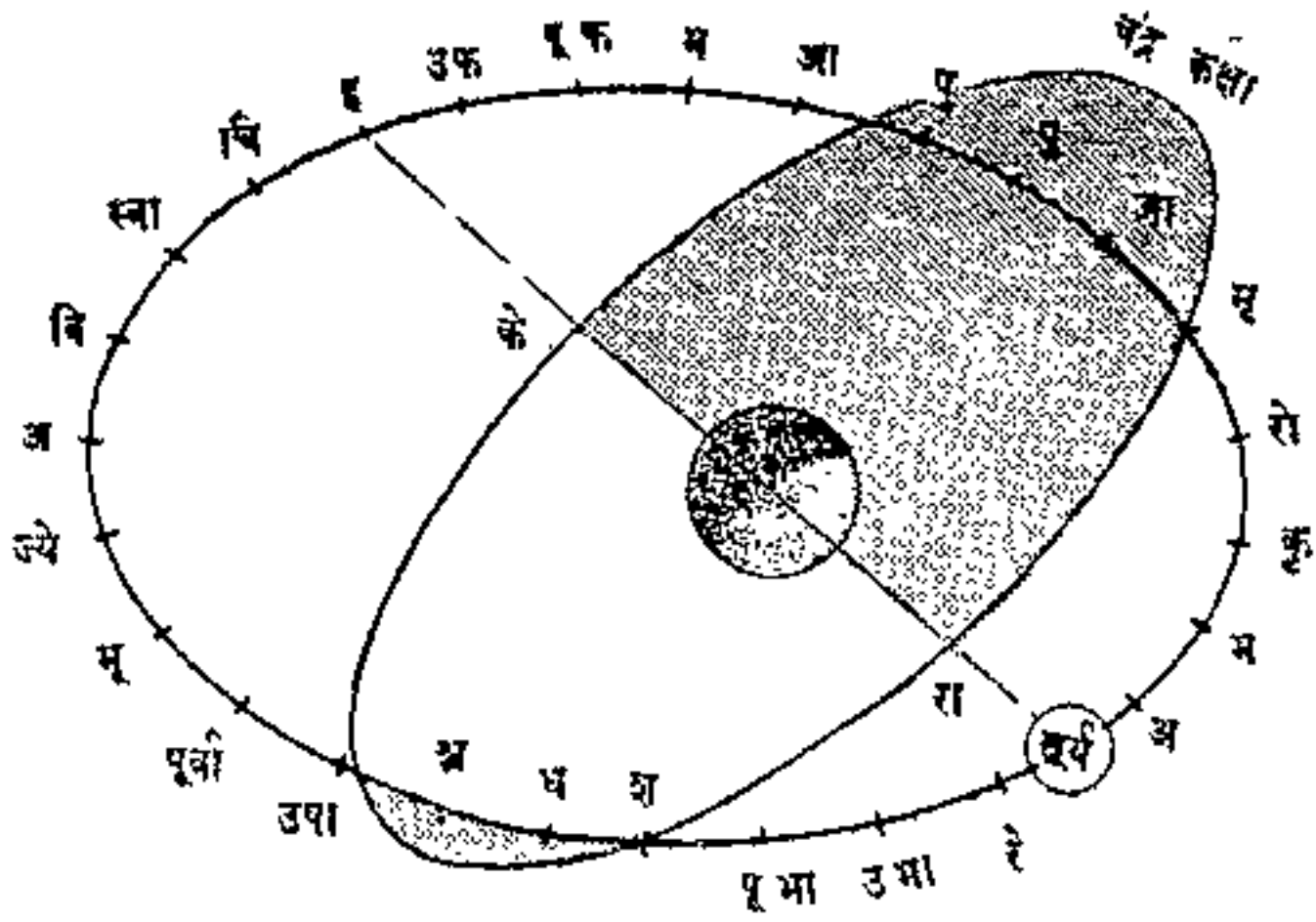
आकृति ४ मध्ये जे चंद्रसूर्याचे मार्ग दाखविले आहेत त्याच्याच जवळपास, त्याच्या दुतर्फा, आपली अश्विनी, भरणी, कृत्तिका इत्यादि २७ नक्षत्रें पसरलेली दिसतात.

नवे राहु-केतु

जे सूर्यमार्ग आकृति ४ मध्ये उभ्या तिरप्या पातळींत दाखविला आहे, तोच समजुतीच्या सोईसाठी आकृति ५ मध्ये आडवा दाखविला असून, त्याच्या पातळींतच पण दूर अंतरावर अश्विनी, भरणी इत्यादि नक्षत्रें दाखविली आहेत. तसेंच, एका विवक्षित दिवशीं पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याला सूर्य हा रेवती नक्षत्राच्या अर्नां आणि अश्विनीच्या आरभी दिसत असल्याचें सूचित केले आहे. चंद्राची कक्षा तिरप्या, कलत्या, पातळींत दाखविली आहे. ती आयनिक मार्गाला 'के रा' या रेषेत छेदते. तिच्यामुळे चंद्रकक्षेचे

१ दोन पातळ्या एकमेकींना छेदतात तेव्हा त्याच्या छेदरेषेवरील एखाद्या बिंदूतून तिच्यावर काढलेल्या लंबरेषा — की ज्या अनुक्रमें या दोन पातळ्यातच असतील — मधला जो कोन, तो या दोन पातळ्यांमधील कोन असतो आकृति ४ मध्ये उजव्या बाजूला हा कोन 'भू' येथे दाखविला आहे तो म्हणजे डावीकडील प भू क हाच कोन होय.

दोन भाग झालेले आहेत, एक आयनिकवृत्ताच्या उत्तरेकडचा (आकृति ५ मधील सर्वस्वी काळपट दिसणारा) अर्धा भाग, आणि दुसरा दक्षिणेकडचा अर्धा भाग. या आयनिक मार्गावरून चंद्र आपले मासिक परिभ्रमण



आकृति ५ आयनिकवृत्त, नक्षत्रं आणि चंद्रकक्षा

करीत असताना तो आयनिक पातळीच्या दक्षिणेकडून तिच्या उत्तरेकडे येतो तेव्हा त्याला 'रा' या बिंदूतून जावं लागते. या बिंदूलाच हल्ली राहु असे म्हणतात. तसेच तो आयनिक पातळीच्या ज्या बिंदूतून तिच्या दक्षिणेला जातो त्या 'के' बिंदूला केतु म्हणतात. 'केरा' या शेषेचे नाव 'पातरेषा'.

खालिडयनांचा अनुभव

आता समजा, चंद्रसूर्याचे वेध घेत राहणाऱ्या खालिडयन ज्योतिर्वेत्त्यानी एका वर्षी असे पाहिले की, अश्विनी नक्षत्राच्या आरभी सूर्य होता, तेव्हा त्याला ग्रहण लागले होते. या ग्रहणाच्या एकदोन दिवस

आधी—म्हणजे हल्लीच्या भाषेत कृष्ण त्रयोदशीला—चंद्राची कोर सूर्योदया-पूर्वी पूर्वदितिजाव उगवून सूर्यप्रकाशात लोपली होती, तेव्हा ती उत्तरा-भाद्रपदेजवळ होती. ग्रहणानंतर दोनतीन दिवसांनी सायकाळी चंद्रकोर कृत्तिकेत, पश्चिम आकाशात आढळली. अर्थातच मध्यनरीच्या काळात चंद्र हा अश्विनी भरणींतून पुढे सरकला असला पाहिजे, आणि ग्रहणाच्या दिवशी तो सूर्याच्या जवळपास असला पाहिजे.

यानंतर सुमारे ३० दिवसांनी सूर्य कृत्तिकेत गेला तेव्हाहि चंद्र असाच सूर्याच्या पाठीमागून (म्हणजे पश्चिमेकडून) येऊन त्याच्या पुढे झटकला होता, पण या वेळी ग्रहण घडलें नव्हतें.

पहिल्या वर्षाच्या आरभी 'केरा' या पातरेपेचा रोख अश्विनीकडे असला, तर त्या वर्षाच्या अखेरीअखेरीला तो उत्तरा-भाद्रपदेकडे झुकतो. तेथे सुमारे ३४६ दिवसांनी सूर्य येतो. पण वेध घेणाऱ्यांना आढळलें की, या वेळी ग्रहण घडलेलें नव्हतें.

अनुभवांवरून निष्कर्ष

असे निरनिराळे तालेपडताळे लिहून ठेवल्यावर निष्कर्ष निघाले ते असे :—(१) चंद्रग्रहण फक्त पौर्णिमेलाच लागतें, पण तें प्रत्येक पौर्णिमेला लागतेंच असें नाही. (२) सूर्यग्रहण हें अमावास्येला लागतें, पण प्रत्येक अमावास्येला तें घडत नाही. (३) ग्रहण लागतें त्या वेळी चंद्र आणि सूर्य हे दोघेहि 'राके' या पातरेपेच्या जवळपास असतात, मात्र ज्या ज्या वेळी ते या पातरेपेजवळ असतात, त्या त्या प्रत्येक वेळी ग्रहण लागतेंच असे नाही. कारण, खरोखरी चंद्राला प्रत्येक मासात एकदा राहूला आणि एकदा केतूला ओलाडावेच लागतें. पण या प्रत्येक ओलाडणीला ग्रहण घडत नाही. तसेच सूर्य एकदा राहूमध्ये दिसला म्हणजे त्यानंतर १७३ दिवसांनी तो केतूत, आणि पुन्हा १७३ दिवसांनी राहूत, आलेला असतो,

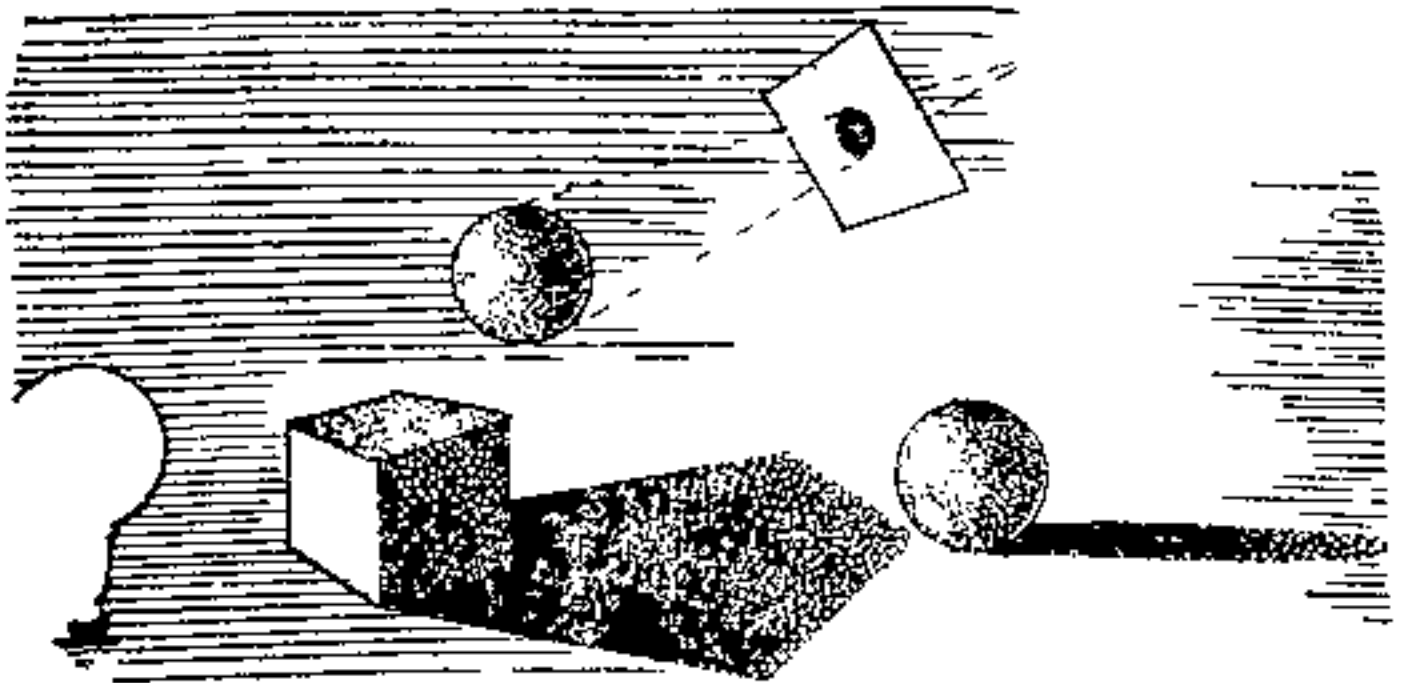
पण था प्रत्येक वेळीं त्याला ग्रहण लागतेंच असें नाही, मग हीं ग्रहणे लागतात तरी कशी आणि केव्हा ?

हे कोडे सोडविण्याच्या कामी ज्याने कोणी, फार प्राचीन काळीं, सूर्यावरून जाणाऱ्या ढगाची सावली जमिनीवरून जात असलेली पाहिली असेल, आणि त्यावरून, ग्रहणाचा सबंध अशाच प्रकारच्या एखाद्या सावलीशीं प्रथम जोडला असेल, त्याला एक मोठें रहस्य अचानक उलगडल्याचा परमानंद झाला असेल !



पदार्थांची सावली

रात्री दिव्याच्या प्रकाशात, किंवा दिवसा सूर्याच्या प्रकाशात, जो जो अपारदर्शी^१ पदार्थ उभा असतो तो समोरून, किंवा बाजूनी, उजळ दिसतो.



आकृति ६ पदार्थांची सावली

कारण, तेथे पडलेला प्रकाश हा तेथून परावर्तन^२ पावून, किंवा बाक पावून, आपल्या डोळ्यात शिरत असतो. पण त्या त्या पदार्थांच्या पिछाडीला^३ एक प्रकारचा आडोसा निर्माण झालेला असतो. तेथे हा प्रकाश जाऊ शकत नाही. या सर्व आडोशालाच आपण त्या पदार्थांची 'सावली' म्हणतो.

१. अपारदर्शी = ज्याच्यामधून प्रकाश आरपार जाऊ शकत नाही, दुसरी बाजू पाहू शकत नाही (गाठ शकत नाही) असा पदार्थ.

२. परा + आवृत् = माघारी परत येणे.

३. ज्या बाजूवर प्रकाश समोरून येतो, ती त्या पदार्थांची आघाडी. ज्या बाजूला प्रकाश जाऊ शकत नाही, ती त्याची पिछाडी

(आकृति ६ पाहा). सकाळीं सूर्य उगवतो तेव्हा त्याचीं किरणें, डोंगरावर, झाडावर, गृहादिकावर पडतात. हीं डोंगर-घरें-झाडें सूर्यकिरणाच्या वाटेत आड आल्यामुळे या किरणाचा पुढे जाण्याचा मार्ग खुटतो. डोंगराच्या, घराच्या, झाडाच्या—किंबहुना उगवत्या सूर्यकिरणाच्या वाटेत जो जो अपारदर्शक पदार्थ आडवा येतो त्याच्या—पिछाडीला, पश्चिमेकडे, त्याची सावली दूरवर पसरलेली दिसते. सूर्य जसजसा पश्चिमेकडे कळतो, तसतशी पदार्थांची सावली पूर्वेकडे वळते.

सूर्यकुलातल्या सावल्या

सूर्यकुलामध्ये सूर्य हा एकटाच तेजाचा स्वयसिद्ध दाता आहे. ग्रह-उपग्रह हे तसे स्वतंत्र दाते नाहीत. त्यांना सूर्याकडून मोठ्या रकमेने तेज मिळतें. त्यात प्रकाश आणि उष्णता यांचाहि समावेश होतो. त्यातलें आपल्या चरितार्थापुरतें थोडेंसें तेज ते ठेवून घेतात, आणि बाकीचे सर्व तेज माघारी लोटतात.

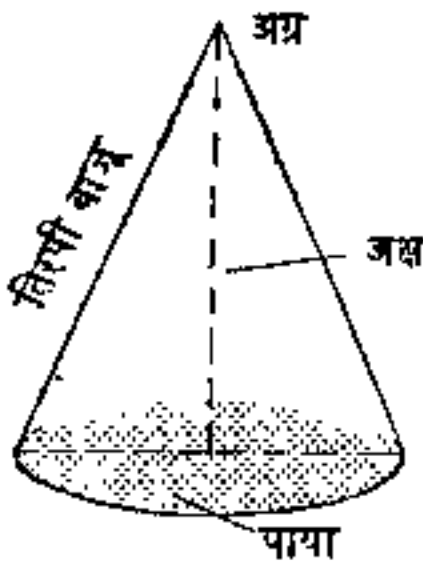
आपल्या नेहमीच्या व्यवहारात आपण एखाद्या मोठ्या माणसाला थैली जमा करून दिली, म्हणजे तो बहुधा त्या रकमेत स्वतःच्या पदरची 'कुलाची पाकळी' घालून ती सर्व रकम 'धर्मादाय' किंवा 'कर्मादाय' करतो. ग्रह आणि उपग्रह यांच्याजवळ स्वतःचें असें म्हणण्याजोगें तेज नसतें. त्यामुळे ते माघारी लोटलेल्या तेजात भर अशी कसलीच घालू शकत नाहीत.

हा सूर्याचा प्रकाश सूर्यापासून निघतो तो त्याच्या दशदिशांना व्यापून, सर्वत्र, सतत, सचार करीत राहिलेला आढळतो. सूर्याभोवती फेऱ्या घालीत राहिलेले नवग्रह, त्या सर्वांचे मिळून ३१ उपग्रह (यात आपला चंद्रहि

१ सूर्य व त्याच्या भोवती फेऱ्या घालणारे ग्रह, त्यांच्या भोवताली किरणारे उपग्रह, तसेच काही धूमकेतू, उल्का वगैरे ज्या ज्योति सूर्याच्या आकर्षणक्षेत्रात नेहमी वावरत असतात, त्या सर्वांना मिळून 'सूर्यकुल' असे नाव आहे.

येतो), दीड हजारहून अधिक लघुग्रह, शेकडो धूमकेतु आणि अगणित उल्का, या सर्वांचा मिळून बनलेला जो सूर्याचा परिवार, तो या प्रकाशात सतत डुबत असतो. या प्रत्येकाच्या पिछाडीला त्याची त्याची सावली निर्माण झालेली असते. कोणाची लहान, कोणाची मोठी. जो आकाराने लहान, त्याची सावलीहि लहान, जो आकाराने मोठा, त्याची सावलीहि तशीच मोठी.

ग्रह आणि उपग्रह हे जवळजवळ गोलाकृति^१ आहेत. आकाराने



आकृति ७ शंकु व त्याचीं अंगे

ते सूर्यापेक्षा पुष्कळच लहान आहेत. त्याच्या छाया शकवाकृति^२ असतात. ज्या ग्रह-उपग्रहाची ही छाया असावयाची, त्याच्यापामूनच या छायाशकूच्या बुंध्याला किंवा पायथ्याला मुरुवात होतं, आणि त्याच्या एका म्हणजे समोरच्या बाजूला सूर्य असला, तर तद्विपरीत म्हणजे पिछाडीकडच्या बाजूला छायेचं निमुळतें टोक, अशा थाटात ती दूरवरपर्यंत पसरलेली असते.

१ आकृति = शरीराची वाटण किंवा ठेवण (Shape)
आकार = शरीराचा व्याप किंवा विस्तार (Size)

२ शंकु + आकृति एक वाटोळे वर्तुळ काढावयाचे, तें वर्तुळ ज्या पातळीत असेल तिच्याहून निराळ्या पातळीतला, उचीवरचा, एक बिंदु घ्यावयाचा हा बिंदु आणि त्या वर्तुळाच्या परिघावरचा प्रत्येक बिंदु, यांना जोडणाऱ्या सरळरेषा काढल्या म्हणजे जी बिंदूषकाच्या टोपीसारखी आकृति बनते तिचे नांव शंकु. आपण जेव्हा शिस्पेन्सिल तासून तिच्या शिसेरी टोकाला निमुळनेपणा आणतो, तेव्हा तिचा तासलेला भाग शकवाकृतीच करतो या वर्तुळाचा मध्यबिंदु आणि शकूच्या निमुळत्या टोकाचा बिंदु (अग्र) यांना जोडणारी जी रेषा ती त्या शकूचा 'अक्ष'.

सहचारिणी छाया

दुपारीं आपण नाहेर, अगणात उभे असतो, तेव्हा खाली जमिनीवर, आपली सावली दिसते. आपण चालू लागलो म्हणजे तीहि आपल्याबरोबर चालते. म्हणूनच आपण, “सावलीसारखे एखाद्याच्या मागे मागे असणे”, हा वाक्प्रचार वापरतो. आकाशातून ढग संचार करतात किंवा धार इकडून तिकडे जाते तेव्हा त्याची जमिनीवर पडलेली सावली त्याच्याबरोबरीनेच धावत असलेली दिसते. पृथ्वी आणि इतर ग्रह जे सूर्याभोवती फिरण्या वालीत राहिलेले असतात त्यांच्या सूर्यसन्मुख (सूर्याला सामोरे असलेल्या) निम्त्या भागावर सूर्यप्रकाश पडलेला असतो; आणि पिछाडीच्या अंधांच्या बाजूला त्यांच्या सावलीचा हा शकु असतो. ही त्यांची सावली कशावर तरी पडल्याखेरीज तिचें अस्तित्व आपल्याला उमगत नाही. पृथ्वीची सावली चंद्रावर पडते तेव्हा ती आपल्याला उमगत. चंद्राची छायाहि बहुधा पृथ्वीवर पडते, तेव्हाच ती आपल्या ध्यानात येते.

छायेचें दर्शन

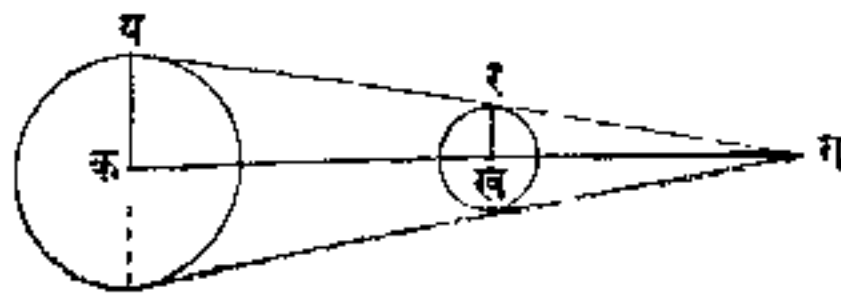
आपल्या नेहमीच्या शहरी जीवनात कधी कधी आपल्या अनुभवाला येतें की, आपण, एखाद्या सध्याकाली, रस्त्याच्या एखाद्या वळणावर उभे असतो, तेव्हा वळणाच्या दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या मोटारीचें अस्तित्व आपल्या ध्यानात सहजासहजी येत नाही. कारण ती मोटार प्रत्यक्ष दिसत नसते पण वळणाच्या दुसऱ्या बाजूने प्रकाशाचे एकदोन झोत जेव्हा क्षणार्धात दिशापालट करीत असलेले, वळलेले दिसतात, तेव्हा आपण दिव्याच्या आणि त्याच्या मालकिणीच्या—म्हणजे मोगरीच्या—अस्तित्वाचें अनुमान बाधतो

वळणाच्या आडून जसा हा प्रकाशाचा झोत दिसावा, तसेंच पृथ्वीच्या छायेच्या बाबतीतहि कधी कधी घडते. म्हणजे असें की, पश्चिमे

कडे सूर्य मावळला आहे पण रात्रीच्या अधाराचा पगडा अद्याप बसावयाचा आहे, अशा सधिकाळात कधी कधी अनुकूल प्रसंगी, पूर्व क्षितिजाकडून सरसर वर चढत असलेली छायाशकूची कडा उमगू शकते. मात्र ती पाहणाराचे डोळे अधाराला चांगले सरईत असावे लागतात.

पृथ्वीछाया : चंद्रछाया

सूर्याभोवती पृथ्वी आपली वार्षिक फेरी घालते या तिच्या फेरीचा मार्ग खरोखरी रिंगणासारखा थंड वाटेल नाही, अमळ लांबोडका आहे.



आकृति ८ : छायेचें मोजमाप

तो जर वर्तुळाकृति असता तर तिचे सूर्यापासूनचें अंतर नेहमी एकच एक म्हणजे सुमारे ९३० कोटि मैलाचें राहिलें असतें, आणि मग तिचा छायाशकूहि नेहमी एकाच लांबीचा राहिला असता. पण तिचा हा मार्ग काहीसा लांबोडका असल्यामुळे, ती कधी सूर्याला ९.३० कोटि मैलापेक्षा थोडी जवळ असते, तर कधी थोडी दूरहि असते. तथापि इतर ग्रहाच्या मानाने पृथ्वीमार्गाचा (यालाच 'कक्षा' असें म्हणतात, म्हणून पृथ्वीच्या कक्षेचा) हा लांबोडकेपणा इतका लहान आहे की, पृथ्वीची कक्षा वाटोळी वाटते असें म्हणले तरी चालत. सूर्याचा व्यास (सुमारे ८,६३,४०० मैल), पृथ्वीचा व्यास (सुमारे ७९१५ मैल) आणि त्या दोहोंमधलें अंतर सरासरी ९३० कोटि मैल) माहित असलें म्हणजे भूमितीच्या साहाय्याने

छायेची लांबी काढता येते.^१ ती पृथ्वीच्या बाबतीत सरासरी ८,५९,००० मैल भरते, म्हणजे तिच्या छायाशकूचें टोक, तिच्या मध्यविंदूपासून ८,५९,००० मैल अंतरावर असतें. अशीच चंद्राची सरासरी छाया सुमारे २,३२,००० मैल लांबीची असते.



१ सू, पृ आणि च म्हणजे, अनुक्रमें सूर्य, पृथ्वी आणि चंद्र यांचे व्यास, तसेंच छा. ला = छायेची लांबी, अ = सूर्यापासूनचें पृथ्वीचे अंतर, आ = सूर्यापासूनचे चंद्राचें अंतर, असे मानल्यास \triangle गयक आणि \triangle गरख हे समकोन त्रिकोण घेऊन भूमितीने सहज दाखविता येतें की,

$$\text{पृथ्वीची छा. ला} = \frac{\text{पृ}}{\text{सू-पृ}} \text{ अ} = \frac{\text{अ}}{१०८५}$$

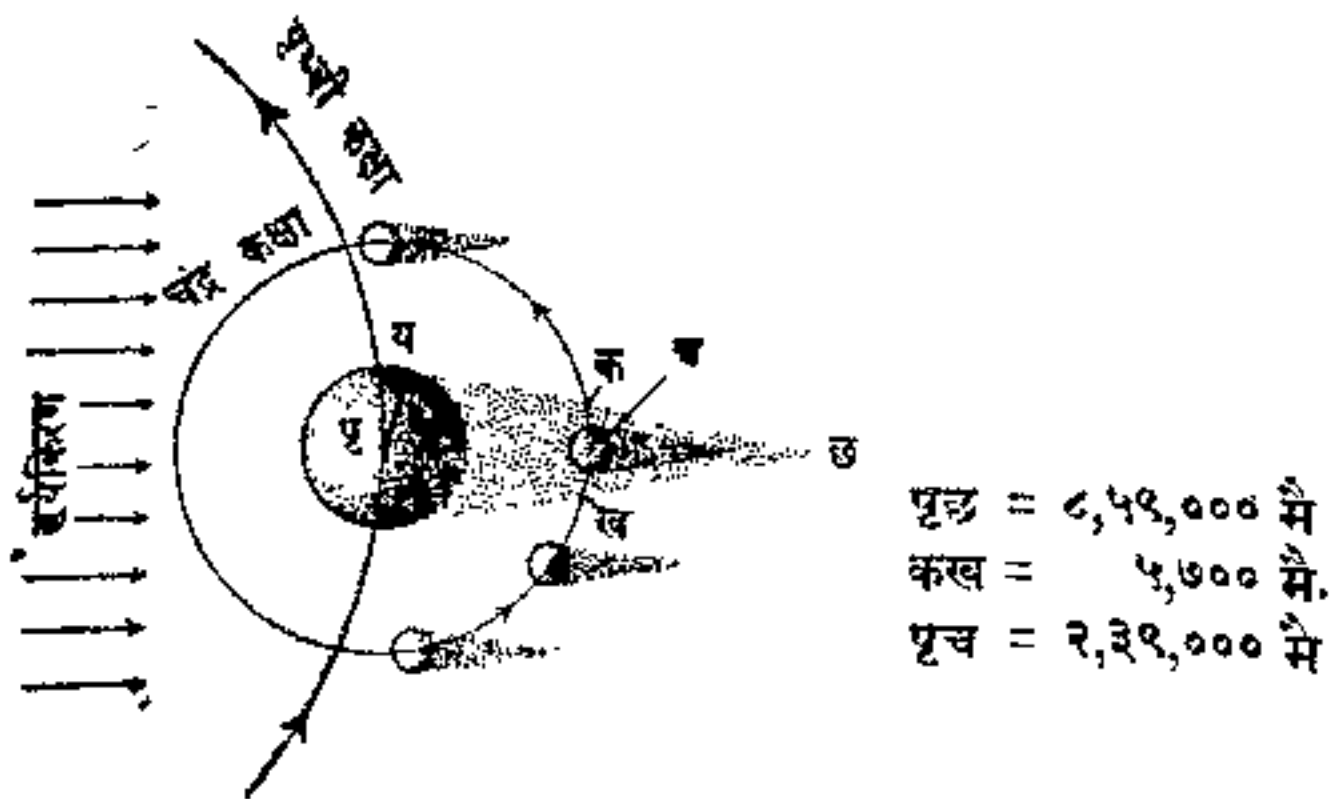
चंद्राची छाया काढावयाची असते तेव्हा ख हा चंद्राचा आणि क हा सूर्याचा मध्यविंदु मानावा त्यावरून दाखविता येतें की,

$$\text{चंद्राची छा ला} = \frac{\text{च}}{\text{सू-च}} \text{ आ} = \frac{\text{आ}}{४००}$$

या सूत्रावरून मिळणारे अ आणि आ चे आंकडे हे वरील सूक्ष्मतर आकड्याहून किंचित् भिन्न येतात.

ग्रहण म्हणजे काय ?

संस्कृत वाङ्मयात चक्रवाक आणि चक्रवाकी यांच्या विरहाचें उदाहरण प्रसिद्ध आहे. एरव्ही एकत्रित, जोडीजोडीने असणाऱ्या या नर आणि मादीच्या दरम्यान झाडाच्या पानासारखा जरी लहानसा पडदा आला आणि त्यामुळे एकजण दुसऱ्याला क्षणभरहि दिसेनासा झाला, तरी तीं विरहाने व्याकूल होतात, नि आर्तपणें ओरडत राहतात, असा एक कविसंकेत आहे. 'ग्रहणें' हा असाच, पण ज्योतींच्या सृष्टीतला विरहाचा एक प्रकार आहे.



आकृति ९ चंद्रग्रहण

सूर्य आणि चंद्र यांच्या दरम्यान जेव्हा पृथ्वी येते, तेव्हा सूर्याचा प्रकाश चंद्रावर पडत नाही. अशा वेळीं चंद्राचा काही भाग किंवा त्याचें संपूर्ण बिंबच दिसेनासे होतें, यालाच चंद्रग्रहण—चंद्राला लागलेलें

ग्रहणं—म्हणतात. सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या दरम्यान चंद्र आल्याने पृथ्वीच्या काही भागावर पूर्वीसारखा सूर्यप्रकाश पडत नाही, त्या वेळीं 'सूर्यग्रहण' घडते, म्हणजेच सूर्याला ग्रहण लागते. चंद्रग्रहणें पौर्णिमेला होतात, तर सूर्यग्रहणें अमावास्याेला घडतात. कारण या दोन दिवशींच त्या त्या प्रकारच्या ग्रहणाला अनुकूल अशा जागीं चंद्र आणि पृथ्वी हीं आलेलीं असतात.

ग्रहणें केव्हा लागतात ?

ग्रहण कसे व केव्हा लागते हे समजण्यासाठी एक गोष्ट पक्की ध्यानात ठेवली पाहिजे. ती अशी की, पृथ्वी नेहमी एकाच एका पातळींत राहून वर्षभराच्या अवधींतली आपली सूर्याभोवतीची फेरी घालीत असते; या सर्व फेरींत तिच्या छायाशकूचा अक्ष नेहमी याच पातळींत असतो. हा अक्ष सूर्याकडच्या बाजूला वाढविला तर तो सूर्याच्या मध्यबिंदूतून जातो. आणि त्या शकूचें निमुळते टोक नेहमी सूर्याच्या विरुद्ध दिशेला असतें, म्हणजे पृथ्वीच्या एका अगाला सूर्य तर धेटे तिच्या दुसऱ्या अगाला तिची छाया, अशी स्थिति नेहमी असते. ही जी पृथ्वीच्या फेरीची पातळी, तिला आयनिक पातळी म्हणतात हे आपण मागे, 'ग्रहणाची प्राथमिक भूमिका' या प्रकरणात पाहिलेंच आहे. खरोखरी, पृथ्वीच या पातळींत राहून सूर्याभोवती फेरी घालीत असते. परंतु धावत्या आगगाडींत बसलेल्या प्रवाशाला जशीं बाहेरचीं घरे, झाडे, स्टेशनें मागेमागे पळत असलेलीं दिसतात, तसेंच पृथ्वीवरून पाहणाऱ्या आपणां सर्वांना नक्षत्रचक्रातून आपला सूर्यच पूर्वेपूर्वेकडे जात जात आपल्या पृथ्वीभोवती फेरी घालीत असल्या-सारखा दिसतो व नक्षत्रचक्र हळूहळू पश्चिमेकडे चळत असावेसे भासतें.

१ 'ग्रहण' म्हणजे कोणी तरी, कोणाला तरी, घेणे, त्याच्यावर आपली छाप पाडणे, त्याचें तेज फिवके पाडणे किंवा ते द्रष्ट्याकडे पोचत नाहीसे करणे.

सूर्य, पृथ्वी आणि तिच्या छायाशकूचे निमुळते टोक ही तिथेहि या एकाच आयनिक पातळीत नेहमी असतात. पण चंद्र मात्र नेहमी याच पातळीत असतो असे नाही. आकृति ५ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्याची प्रवासाची पातळी निराली असते. ती या आयनिक पातळीला 'केरा' या रेषेत तिरपी छेदून जाते. चंद्र जेव्हा या आयनिक पातळीत, किंवा तिच्या जवळपास येतो तेव्हाच पृथ्वीची सावली त्याच्यावर किंवा त्याची पृथ्वीवर पडू शकते आणि ग्रहण लागत, मग तें त्याला स्वतःला लागो, किंवा सूर्याला लागो. हा जो चंद्राचा मार्ग म्हणून म्हटला, त्याचा निम्मा भाग आपल्या आयनिक पातळीच्या उत्तरेला असतो, आणि उरलेला निम्मा भाग दक्षिणेला असतो. साहजिकच पौर्णिमेपासून पौर्णिमा, किंवा अमावास्येपासून अमावास्या, असा जो आपल्या नेहमीच्या व्यवहारातला मास, तो क्षणभर विचारातून बाजूला ठेवला आणि सलग तीस (खरोखरी २९ $\frac{1}{2}$) दिवसांचा एक मास म्हटला, तर एक पध्दवडाभर चंद्र आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेला असतो आणि एक पध्दवडाभर तो दक्षिणेला असतो. महिन्याभरातून दोनदा तो आयनिक पातळीला छेदून जातो. अशा छेदनाच्या वेळी जर अमावास्या किंवा पौर्णिमा असली तर सूर्यग्रहण किंवा चंद्रग्रहण घडते.

१ कोणत्याहि ज्योतीचे, आयनिक वृत्ताला धरून मोजलेले, वसत सपातापासूनचे जे अशात्मक अंतर त्याला भोग म्हणतात आयनिक वृत्ताच्या उत्तरे-दक्षिणेकडचे जे अंतर त्याचे नाव 'शर' सामान्यतः अमावास्येला चंद्रसूर्याचा भोग एकच असतो सूर्य आयनिक वृत्तातच असतो, त्याचा शर 'शून्य', पण चंद्राला थोडा तरी शर असतो पौर्णिमेला दोघाच्या भोगाशात १८०° चे अंतर असते चंद्राला शर असतो, सूर्याला नसतो खग्रास सूर्यग्रहणाच्या मध्याला मात्र भोगसाम्य व कातिसाम्य (म्हणजे शून्य काति) येते असेच कातिसाम्य खग्रास चंद्रग्रहणातहि येते आ. १०-११ पाहा.

क्र. १ वरून लक्षात येईल की. पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने प्रत्येक अमावास्येला चंद्र जरी तिच्या सूर्याकडच्या अगाला असला, (त्याच्या झगझगाटात लोपून गेलेला असला) तरी तो श्रेष्ठ आयनिक पातळीतच असतो असे नाही, तो त्या पातळीच्या अमळ वरच्या अगाला, म्हणजे उत्तरेला, किंवा खालच्या अगाला, म्हणजे दक्षिणेला, असू शकतो. क्र. १ मध्ये तो उत्तरेला आहे, तेथून तो आपल्या वाकदार मार्गाने जात जात केतूच्या किंवा राहूच्या जवळ येईल तेव्हा अनुक्रमेण शुक्लाष्टमी किंवा कृष्णाष्टमी असेल. त्या वेळीं पृथ्वीची सावली 'सूपृ' या दिशेंत असल्यामुळे ती त्याच्यावर के किंवा रा येथे पडू शकणार नाही. बरे, खुद्द अमावास्येचा विचार केला, तरी पृथ्वीची सावली 'सूपृ' या दिशेंत असेल, तर चंद्राची छाया 'सूच' या दिशेंत, वरच्या अगाला तोंड केलेली असेल. अर्थातच येथे कोठेही ग्रहण घडणार नाही.

क्र. २ मधला चंद्रहि सूर्याच्याच दिशेला आहे. येथेहि अमावास्येचा आहे. तेथे 'राके' ही जी पातरेषा आहे, तिच्यापासून चंद्र जवळ आहे तो तिच्यापासून किती जवळ असला म्हणजे त्याची सावली पृथ्वीवर पडेल, आणि सूर्याला ग्रहण लागलेलें दिसेल, या बाबतींत काही मर्यादा आहेत. त्याचा विचार आपण पुढे करू. तूर्त येथे ध्यानात घेण्याजोगा भाग आहे तो हा की, अमावास्येचा चंद्र (सूर्याच्या झगझगाटात लोपलेला चंद्र) जर या मर्यादेत आलेला असला तर येथे सूर्यग्रहण होऊ शकतें.

क्र. ३ मध्ये 'सूपृ' ही रेखा आणि 'राके' ही पातरेषा एकरूप झालेल्या आहेत. पृथ्वीच्या दृष्टीने पाहिलें असता येथे सूर्याच्याच दिशेला चंद्र आहे. तो केतूमध्ये, म्हणजे आयनिक पातळीतच आहे. म्हणजे अमावास्येचा चंद्र केतूत आहे. ही सूर्यग्रहणाची स्थिति आहे, म्हणजे येथे सूर्यग्रहण निश्चित आहे.

क्र. ४ मध्ये पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य तर दुसऱ्या बाजूला चंद्र अर्धा रिथति आहे. पण पृथ्वीच्या छायेपासून चंद्र पुष्कळच उत्तरेला आहे तसाच तो 'रा के' या पातरेपेपासूनहि दूर उत्तरेला आहे. येथे ग्रहण शक्य नाही.

वरील विवेचनावरून सहज ध्यानांत येईल की, क्र. ५ व ६ याहि पौर्णिमेच्याच अवस्था असून पहिलीमध्ये चंद्रग्रहण संभवनीय आहे, तर दुसरीत तें निश्चितच घडणारें आहे.

राहूमधून उत्तरेकडे किंवा केतूमधून दक्षिणेकडे एकदा का चंद्र निसटला, म्हणजे मग मात्र, त्याचा मार्ग पृथ्वीच्या मार्गाशी कललेला असल्यामुळे आठवडाभरात चंद्र आयनिक पातळीच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला २१,००० मैलावर जातो. वरील आकृतींत तो क्र. १ व ४ मध्ये पृथ्वीच्या उत्तरेला २१,००० मैल दूर आहे. अर्थातच क्र. १ मध्ये त्याची छाया पृथ्वीवर पडू शकणार नाही, पृथ्वीच्या उत्तर ध्रुवाच्याहि पलीकडे, अतराळात, ती २१,००० मैलावर असेल; आणि क्र. ४ मध्ये पृथ्वीची छाया चंद्रावर पडणार नाही, कारण ती चंद्राच्या दक्षिणेला २१,००० मैलांवर असेल.

चंद्र आयनिक पातळींत असता तर

चंद्र जर नेहमीच, आकृति १० मध्ये दाखविलेल्या कलत्या मार्गाने पृथ्वीभोवती फेऱ्या न घालता, आयनिक पातळींतच राहून तिच्या भोवती घिरत्या घालीत राहिला असता, तर मात्र, वरील आकृतींत क्र. ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, दर अमावास्येला सूर्यग्रहण घडलें असतें व क्र. ६ तल्याप्रमाणे दर पौर्णिमेला चंद्रग्रहण दिसलें असतें.

चंद्रग्रहणाचा अवधि

पृथ्वीची छाया सरासरी ८,५९,००० मैल लांबीची असते हें मागील

प्रकरणात आपण पाहिलेच आहे. चंद्राचे अंतर पृथ्वीपासून सरासरी २,३९,००० मैल असते. एवढ्या अंतरावर पृथ्वीच्या छायाशकृची जाडी ५,७०० मैल भरते^१ खुद्द चंद्राचा व्यास २,१६२ मैलाचा असतो आणि तासाभरात चंद्र आपल्या कक्षेच्या मार्गाने २,१०० मैल चालून जातो. म्हणजे तासाभरांत तो आपल्या व्यासाइतके अंतर काढतो.^२ याचाच अर्थ असा की, चंद्रबिंबाने पृथ्वीच्या छायाशकृला बाहेरून स्पर्श केल्यापासून ते बिंब पूर्णपणे छायेंत शिरावयाला सुमारे एक तास लागतो. त्यानंतर ५,७०० मैल अंतर चालून जाऊन छायाशकृच्या दुसऱ्या बाजूला अतः-स्पर्श (आंतून स्पर्श) करावयाला सुमारे पावणेदोन तास आणि त्यानंतर पूर्णपणे छायाशकृतून बाहेर पडावयाला एक तास, असे एकदर सुमारे चार तासपर्यंत चंद्रग्रहण घडू शकते.

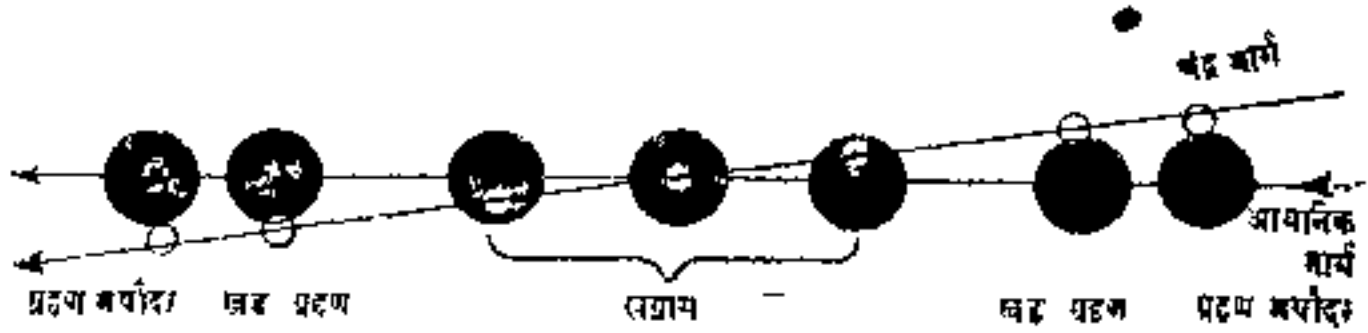
खंड ग्रहणे

जर सांगितल्याप्रमाणे चंद्र जेव्हा छायाशकृत पूर्णपणे बुडून जातो तेव्हा त्या अवस्थेला 'स्वग्रस' चंद्रग्रहण म्हणतात. त्याच्या पूर्वी आणि नंतर चंद्राचा फक्त काही भागच छायेमुळे काळा झालेला दिसतो. तसेच कधी कधी चंद्राची फक्त एकच बाजू छायाशकृच्या एका अगाने थोडीशी आत शिरते. पण संपूर्ण चंद्रबिंब आत न शिरता दुसऱ्या अगाने चंद्रबिंब

१ हें मागील प्रकरणांतील सूत्रावरून काढता येते

२ कर्कटकाच्या साह्याने चंद्राचा व्यास मोजला तर तो सुमारे $\frac{1}{3}$ ° भरतो, म्हणजे चंद्राची एक कडा आणि तिच्याच समोरची दुसरी कडा, याच्यामुळे आपल्या डोळ्याशी होणारा कोन $\frac{1}{3}$ ° चा असतो अमावास्येच्या क्षणापासून पौर्णिमेच्या क्षणापर्यंत सुमारे १५ दिवसांच्या अवधीत चंद्र 180° तून चालून गेलेला असतो एवढे कोनात्मक अंतर काढावयाला १५ दिवस (३६० तास) या हिशेबानेहि चंद्राच्या स्वतःच्या व्यासाएवढे $\frac{1}{3}$ ° अंतर काढावयाला एक तासच लागतो.

छायेतून बाहेर निघून जाते, अशा ग्रहणाना 'खड ग्रहण' म्हणतात. खग्रास ग्रहणाच्या वेळी चंद्र जरी संपूर्णपणे पृथ्वीच्या छायेत बुडालेला असला, तरी



आकृति ११ चंद्रग्रहण-प्रकार

येथे आयनिक वृत्तांतून बाणाच्या रोखाने चाललेल्या छायाशंकूचे सात निरनिराळ्या वेळचे छेद दिले आहेत. चंद्र येथे आयनिकवृत्ताच्या उत्तरेकडून दक्षिणेकडे, केतूतून जात आहे.

देखील तो अजिबात दिसेनासा होत नाही. त्याचे बिंब तांबडसर दिसते. त्या अर्थी त्यावर कोठून तरी मदसा प्रकाश पडत असावा, असे अनुमान करता येते. हा जो प्रकाश येतो तो पृथ्वीच्या वातावरणांतून चाक पावून येणारा सूर्यप्रकाशच असावा, असे म्हणता येते.

ग्रहणदर्शनाचं क्षेत्र

पृथ्वीच्या छायाशंकूचा तळवा हा पृथ्वीच्या अर्ध्या गोलाला लपेटून तेथूनच, वर सांगितल्याप्रमाणे, लांबवरपर्यंत पसरलेला असतो. या अर्ध्या भागावर रात्र असते. त्या सर्व अंधान्या भागावरून पौर्णिमेचा चंद्र दिसू शकतो. अर्थातच तेथून चंद्रग्रहणहि दिसते. हे ग्रहण सुमारे ४ तासपर्यंत घडू शकते. तेवढ्या अवधीत पृथ्वी स्वतःभोवती सुमारे ६०° तून वळलेली असते. म्हणजे, खरोखरी, पृथ्वीच्या निम्न्याहून अधिक भागाला चंद्रग्रहण दिसू शकते.

चंद्रावरून पृथ्वीदर्शन

'चंद्राला' ग्रहण लागले असे जेव्हा आपण म्हणतो त्या वेळी एखादा

द्रष्टा (पाहणारा माणूस) जर चंद्रावर गेल्या आणि तेथून पृथ्वीकडे पाहू लागला तर त्या वेळी त्याला तेथून निराळा देखावा दिसेल.

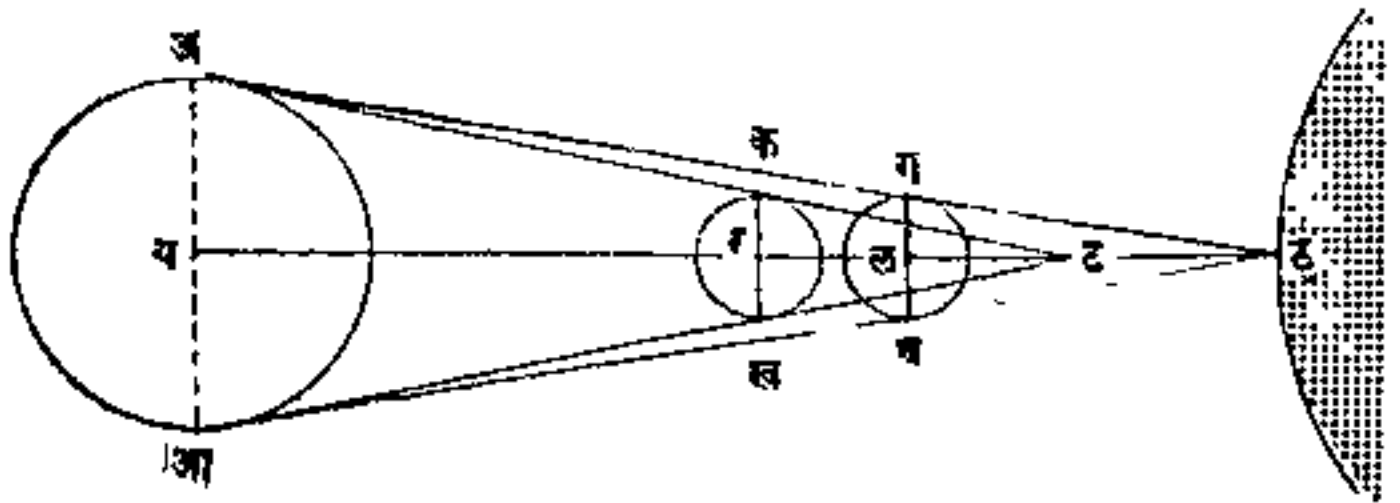
पृथ्वीवर जसा आपल्याला दररोज चंद्र उगवलेला व मावळलेला दिसतो तशी चंद्र-द्रष्ट्याला पृथ्वी ' उगवलेली व मावळलेली ' दिसणार नाही. कारण, आपली पृथ्वी स्वतःभोवती दररोज एक गिरकी घेते, त्यामुळे येथे, म्हणजे पृथ्वीच्या पाठीवर, ग्रहादिकांचे उगवणे-मावळणे संभवते. चंद्र स्वतःभोवती अशी (दैनिक) गिरकी घेत नाही. त्याची एकच बाजू नेहमी पृथ्वीला सामोरी असते. त्यामुळे चंद्रावरून पाहणाराला ती स्थानपरत्वे तेथील आकाशात क्षितिजापासून निरभिराळ्या उचीवर पण नेहमी त्याच जागी स्थिर दिसेल. म्हणजे चंद्रावरच्या काही गावी ती नेहमी क्षितिजाजवळ, तर कोठे ती नेहमी माथ्यावर स्थिर दिसेल. तिच्या पार्श्वभूमीवरून सूर्य आणि ग्रहनक्षत्रे सरकत असलेली दिसतील. पृथ्वीवर जेव्हा पौर्णिमा असते तेव्हा चंद्रावर अमावास्या, आणि येथे जेव्हा अमावास्या तेव्हा चंद्रावर पौर्णिमा असेल. चंद्रावरून पाहणाऱ्याला पृथ्वीवरून जेवढे मोठे चंद्रचिंत्र दिसते त्याच्या १४ पट मोठे पृथ्वीचिंत्र दिसत असेल, आणि येथील पूर्णचंद्राचे चादणे जेवढ्या झगझगाटाचे, त्याच्या ९० पट झगझगाट चंद्रावर असेल. अमावास्येचा चंद्र सूर्याच्या झगझगाटात लोपल्यामुळे पृथ्वीवरून आपल्याला दिसत नाही. पण चंद्रावर वातावरण नाही. त्यामुळे तेथे पृथ्वीवरच्यासारखा प्रकाश पिस्कारणार नाही. याचा परिणाम असा होईल की, सूर्याच्या उत्तरदक्षिणेला कोठेतरी रेवामात्र कला असलेला पृथ्वीचा मद काळा गोल चंद्र अमावास्येला किंवा शुक्र प्रतिपदेला दिसेल.

सूर्याला ग्रहण

चंद्र जेव्हा पृथ्वी आणि सूर्य यांच्या दरम्यान येतो तेव्हा पृथ्वीच्या काही भागावर थेट सूर्यप्रकाश येऊ शकत नाही, म्हणजेच चंद्राची सावली पृथ्वीवर पडते. त्या वेळी पृथ्वीवरून पाहणाराला संपूर्ण सूर्यचिन्न किंवा त्याचा काही भाग काळवडलेला दिसतो. तेव्हा सूर्याला ग्रहण लागले असे आपण म्हणतो.

चंद्रच्छायेची लांबी

सूर्याभोवती फेरी घालण्याचा पृथ्वीचा मार्ग जवळजवळ वाटोळा आहे. तितका वाटोळा मार्ग चंद्राचा पृथ्वीभोवती 'फेरी' घालण्याचा असत नाही.



आकृति १२ : चंद्रच्छायेची लांबी

तो लांबोडका असतो, म्हणजे, चंद्र कधी सरासरी अंतरापेक्षा पृथ्वीला अमळ जवळ असतो, तर कधी तो थोडा दूर असतो. त्यामुळे, अंतराच्या मानाने त्याचा छायाशंकु कधी आखडतो, तर कधी लांब होतो. ही गोष्ट आकृति १२ वरून ध्यानात येईल. येथे डावीकडील वर्तुळ हा सूर्य असून उजवीकडे काळपट पृथ्वीचा भाग आहे. 'कख' येथून चंद्र 'गघ' येथे गेल्यामुळे झालेला छायाशंकुचा फरक येथे दाखविला आहे. थोड्या विचाराती

साध्या भूमितीवरून ध्यानात येईल की, येथे 'अआ' (सूर्याचा व्यास) आणि 'कख' (चंद्राचा व्यास) हीं नेहमी तींच तींच राहणार असल्यामुळे चंद्र जितका सूर्यापासून दूर जाईल (म्हणजे, 'यर' ऐवजी 'यल' अनरावर जाईल) त्या मानाने त्याची सावली 'रट' ऐवजी 'लठ' इतकी लांब जाईल. म्हणजे प्रस्तुत उदाहरणात ती पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला येऊन ठेपेल.

अंतर आणि छाया : तुलना

मात्र पृथ्वीची छाया आणि चंद्राची छाया यांच्या लांबीच्या बाबतीत एक फरक असतो; तो ध्यानात घेण्याजोगा आहे. पृथ्वीची छाया ही सरासरीने ८,५९,००० मैल लांबीची असते, हें मागे सांगितलेंच आहे. त्या मानाने चंद्र हा पृथ्वीला जवळात जवळ आला तरी तो २,२१,६०० मैलावर, आणि दूरांत दूर जातो तेव्हा २,५३,००० मैलावर असतो, म्हणजे पृथ्वीपासून चंद्र जितका दूर आहे, त्याच्या साडेतीन ते चार पट अंतरापर्यंत पृथ्वीचा छायाशंकु लांबवर गेलेला असतो. साहजिकच पौर्णिमेचा चंद्र हा पृथ्वीच्या छायाशंकूच्या दक्षिणे-उत्तरेकडून गेला तरच तो त्या शंकूला टाळू शकतो. आकृति ११ मधील 'छ' बिंदूच्या पलीकडे तो निश्चितच जाऊ शकत नाही, आणि न्या मार्गाने तो पृथ्वीच्या छायाशंकूला टाळू शकत नाही.

चंद्राच्या छायेच्या बाबतीत निराळी परिस्थिति असते हें खालील कोष्टकावरून ध्यानात येईल.

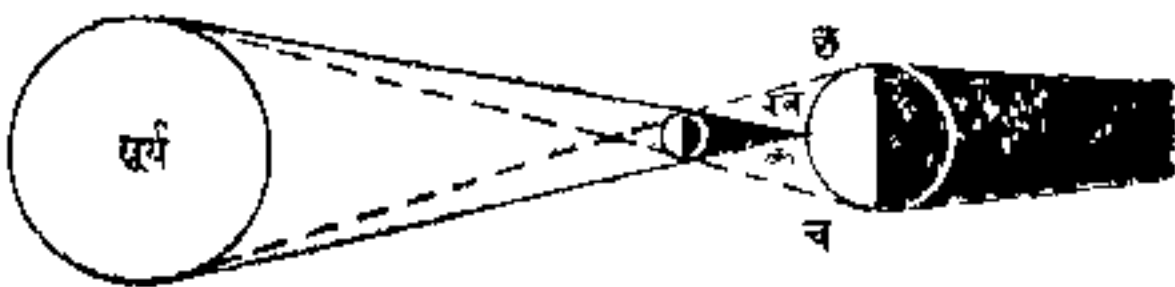
चंद्राचे अंतर पृथ्वीमध्यापर्यंत	चंद्राचे अंतर पृथ्वीपृष्ठापर्यंत मागील रकाना, उणे ४००० मै	छाया लांबी, चंद्रमध्यापासून मैल
किमान २,२१,६००	२,१७,६००	२,३५,७००
सरासरी २,३८,८००	२,३४,८००	सरासरी २,३१,७००
कमाल २,५३,०००	२,४९,०००	२,२८,१००

आकृति १३ मध्ये अनुक्रमेण सूर्य, मधोमध चंद्र आणि उजवीकडे पृथ्वी, दाखविली आहे. सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला, पृथ्वीकडच्या अगाला, चंद्राची सावली पडली आहे. ती पृथ्वीपर्यंत आलेली दाखविली आहे. तथापि वरील कोष्टकावरून ध्यानात येईल की, ही चंद्राची छाया पृथ्वीपर्यंत नेहमीच येऊन पोहोचते असें नाही. कसे तें पाहा.

कोष्टकामध्ये पहिल्या रकान्यात आकडे दिले आहेत ते चंद्राच्या मध्यबिंदूपासून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंतचे आहेत. दुसऱ्या रकान्यातले आकडे चंद्राच्या मध्यबिंदूपासून पृथ्वीचा पृष्ठभाग किती अंतरावर आहे हें दाखवितात. त्यावरून आणि तिसऱ्या रकान्यातील छायालांबीवरून असें दिसतें की, चंद्रापासून जेव्हा पृथ्वीचा पृष्ठभाग सुमारे २,१८,००० मैलावर असतो तेव्हा चंद्राची छाया खरोखरी चंद्रापासून सुमारे २,३६,००० मैलापर्यंत जाऊ शकली असती, पण वाटेंत जेव्हा पृथ्वी आड येते तेव्हा ती छाया तितकी दूरवरपर्यंत जाऊ शकत नाही. पृथ्वीमुळे ती आडवली जाते.

उरलेल्या टोन ओळींवरून ध्यानात येईल की, चंद्र जेव्हा पृथ्वीपासून सरासरी अंतरावर किंवा त्याहून दूर असतो, तेव्हा त्याची छाया पृथ्वीपर्यंत येऊन पोहोचत नाही.

आकृति १३ मध्ये चंद्राची छाया पृथ्वीपर्यंत येऊन पोचलेली आणि त्या छायेचा छेद पृथ्वीकडून 'कख' येथे घडलेला दाखविला आहे. अशा



आकृति १३ चंद्राची छाया, उपच्छाया

स्थितीत 'कख' येथे चंद्राची वाटोळी किंवा लांबोडकी, काळी, ठिपकेवजा सावली पडते. तीच आकृति ३ मध्येहि दाखविली आहे. तिची रुंदी

सरसरी १०० मैल आणि जास्तीत जास्त १६७ मैल भरते. ही छाया चंद्राच्या बरोबरच जणू त्याच्या हातात हात घालूनच, तारीं सुमारे २१०० मैलाच्या वेगाने पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून धावत जाते. जसजसा चंद्र, नक्षत्रचक्रान्तल्या आपल्या मार्गाने पश्चिमेकडून पूर्वेकडे सरकत जातो तसतसा जमिनीवरचा हा सुमारे १०० मैल रुंदीचा पट्टा अधिकाधिक गडद होत जातो. त्याची लांबी हजारो मैलाची असते. एवढ्या यंपूंतल्या लोकाना काही थोडा वेळ सूर्याचें दर्शन घडत नाही, म्हणजे येथे खग्रास सूर्यग्रहण घडते.^१

हें ग्रहण बघणारा माणूस जर पृथ्वीच्या त्रिपुववृत्तावर असला, तर तो स्वतःच सुळी चंद्राच्या छायेच्या दिशेलाच, म्हणजे पश्चिमेकडून पूर्वेकडे, पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागाबरोबर, तारीं सुमारे १०४० मैलाच्या वेगाने जात असतो.^२ कारण, पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती दैनिक परिवलन घेते तेव्हा तिच्या त्रिपुववृत्तावरचा प्रत्येक बिंदु तारीं १०४० मैल वेगाने जात असतो. त्यामुळे या माणसाच्या दृष्टीने चंद्राच्या छायेचा वेग तारीं $२१०० - १०४० = १०६०$ मैलच ठरतो.^३

१ हें खग्रास ग्रहण प्रत्यक्ष कसे दिसतें त्याचा विचार पुढे 'सूर्यग्रहण : देखावा आणि परिणाम' या प्रकरणांत केला आहे

२ हे वेग अक्षांशपरत्वे पुढीलप्रमाणे कमी होत जातात

अक्षांश	पृथ्वी-परिवलन-वेग
३०°	तारीं ९०० मैल
४५°	„ ७३५ „
६०°	„ ५२० „

३. हा वेग ३०° वर १२०० मैल.

४५° „ १३६५ „

६०° „ १५८० „

त्या त्या ठिकाणच्या मध्याहीला जेव्हा खग्रास सूर्यग्रहण दिसतें, तेव्हाचा हा वेग आहे

खग्रास सूर्यग्रहण हें कोणत्याहि ठिकाणी सरासरी ३-४ मिनिटें आणि जास्तीत जास्त ७ $\frac{1}{2}$ मिनिटेंपर्यंत टिकतें, मात्र सूर्योदयाच्या किंवा सूर्यास्ताच्या वेळीं लागणारीं ग्रहणें अगदी थोडा वेळ टिकतात, कारण त्या वेळीं ग्रहण वधणारा माणूस हा छायेच्या बरोबर, ती ज्या दिशेला जात असते त्या दिशेला, जात नसतो. अशा वेळीं छाया तारीं ४००० ते ५००० मैलाच्या वेगाने जात असते.

छाया-परिच्छाया

हा जो चंद्राच्या छायेचा काळा पट्टा म्हणून सांगितला, त्याच्या दुतर्फा दोन फिकट छाया असतात. (आकृति १३ मध्ये कच आणि खछ हे ते दोन फिकट छायेचे टापू आहेत.) त्यांना परिच्छाया म्हणतात. परिच्छायेच्या टापूत असणाऱ्या माणसाला खंडग्रहण दिसतें, म्हणजे सूर्याचा फक्त काही भागच तेवढा काळवडलेला (चंद्राने झाकलेला) दिसतो.

क्रिकेटच्या बॅटचे दोन भाग आपल्या डोळ्यात चटकन् भरतात. ही बॅट म्हणजे, एका बाजूने सपाट पण दुसऱ्या बाजूने फुगीर असलेली एक घोटीव फळी असते आणि तिच्यात पाचरवजा बसवलेला एक दाडा असतो. पृथ्वीच्या, चंद्राच्या, किंवाहुना कोणत्याहि ग्रह-उपग्रहाच्या छाया-परिच्छायेचाहि असाच बनाव दिसतो. परिच्छाया ही या फुगीर फळीसारखी, किंवा अधिक समर्पकपणें बोलावयाचें झाल्यास, तालीमवाज लोक वापरतात तसल्या करेलासारखी, मात्र त्याच्या दांड्याखेरीजच्या भागासारखी — वाटोळी, लांबोडकी असते (आकृति १३ पाहा). तिच्यामध्ये एका बाजूने, म्हणजे ज्याची छाया पडावयाची त्याच्या बाजूने, दाट काळ्या छायेची जणू पाचरच आत खोलवरपर्यंत शिरलेली असते. ही परिच्छाया पृथ्वीच्या पाठीवर जेथे सरळ ओळव्याच्या दिशेने पडते, तेथे ती वर्तुळाकृति असते, तिचा व्यास सुमारे ४,४०० मैल असतो; म्हणजे सामान्यतः

सूर्यग्रहण घडते तेव्हा पृथ्वीवर सुमारे १०० मैल रुंदीचा एक काळा ठिपका (आ. १३ मध्ये 'कख') आणि त्याच्या दुतर्फा सुमारे २,२०० मैल रुंदीचा एकेक असे दोन परिच्छायेचे फिकट, काळसर पट्टे (आ. १३ मध्ये 'कच' आणि 'खछ') असा हा एकदरीत देखावा असतो. सूर्योदयाच्या आणि सूर्यास्ताच्या वेळीं ग्रहण दिसतें तेव्हा हा पट्टा छाया-मध्यापासून ३००० मैल रुंदीचा भरतो. पृथ्वीचा जो निम्मा पृष्ठभाग या वेळीं सूर्याला सामोरा असतो, तो बहुतेक सर्व भाग या वेळीं परिच्छायेने व्यापलेला असतो. साहजिकच वर जो गडद सावलीचा भाग म्हणून सांगितला त्यातल्या जेवढ्या लोकाना खग्रास सूर्यग्रहण दिसतें, त्याच्यापेक्षा कितीतरी पटींनी अधिक संख्येच्या लोकाना खडग्रहण पाहता येतें.

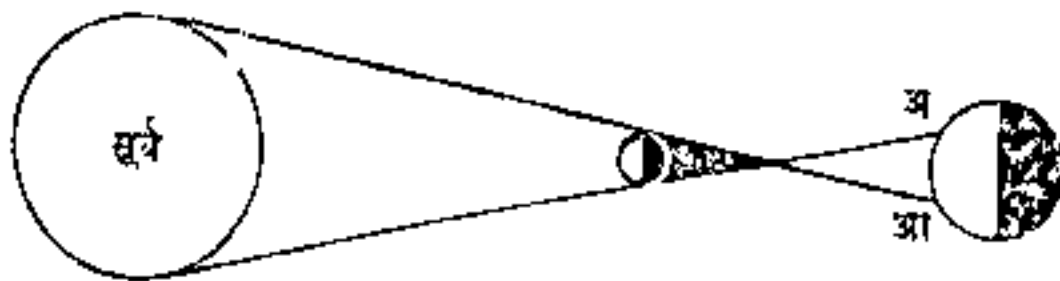
वरील विवेचनावरून ध्यानात येईल की, सर्व सूर्यग्रहणें हीं सुरुवातीला लहानशीं खडग्रहणेंच असतात. कारण, चंद्राची सावली ही परिच्छायेने वेढलेली असते. यातलीं काही खडग्रहणें हीं कधीच पुरतीं ग्रहणें, म्हणजे खग्रास ग्रहणें, होत नाहीत. याचें एक कारण असें की, पृथ्वी आणि सूर्य यांच्या मध्यबिंदूना जोडणारी जी रेखा, तिला प्रत्यक्ष ओलाडून न जातां चंद्र कधी कधी तिच्या आजूबाजूच्या काही अंतरावरूनच निघून जातो. अशा वेळीं पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने तो जरी सूर्याच्या जवळून जात असला तरीसुद्धा त्या वेळीं तो सूर्याची फक्त एकच बाजू किंवा कडा झाकू शकतो. दुसरें कारण असें की, तो या रेषेवरून जरी थेट गेला तरीसुद्धा पृथ्वी-पासून तो जेव्हा फार दूर असतो, त्या वेळीं सध्द सूर्य झाकला जात नाही.

कधी कधी, एखाद्या थड्ठेच्या प्रसर्गी, एक स्नेही दुसऱ्या एखाद्या स्नेह्याच्या मागे लपू पाहतो. ज्याच्यामागे लपावयाचें तो माणूस जर अगापिंडाने चागला ऐसपैस व उच्चनिच असला आणि मागे लपणारा हा त्याच्या मानाने लहानखोर असला. तर पुढून पाहणाराला तो मागचा माणूस दिसू शकत नाही, पण याच्या उलट प्रकार असला — म्हणजे झाकणारा

लहानखोर आणि त्याच्या मागे लपू पाहणारा जर चागला जाडजूड असला — तर मग या लपणाराचें विंग बाहेर पडतें. त्याच्या डोक्याचा भाग, कोटाच्या हातोप्याच्या कडा, वगैरे थोडासा तरी भाग दिसल्यामुळे तो उमगू शकतो.

कंकणाकृति ग्रहण

असाच प्रकार काही खडग्रहणाच्या बाबतींत घडतो. पृष्ठ ४४ वरील कोष्टकावरून आपण पाहिलें आहे की, चंद्र जेव्हा पृथ्वीपासून त्याच्या सरासरी अंतरावर असतो किंवा त्याहूनहि दूर असतो, तेव्हा त्याच्या छाया-शकूचें टोक पृथ्वीपर्यंत येऊन पोचत नाही. या टोकाच्या थेट खाली जो पृथ्वीचा भाग येतो तेथे चंद्राची 'ऋणच्छाया'^१ पडते असें म्हणता येतें. आकृति १४ मध्ये 'अ आ' या टापूत चंद्राची ऋणच्छाया पडलेली आहे. हाहि टापू मूळच्या छायेच्या टापूसारखाच वाडोळा भरतो. त्याचा जास्तींत जास्त व्यास २३० मैलाचा असतो. एवढ्या टापूतल्या कोणत्याहि माणसाने सूर्याकडे पाहिलें तर त्याला सूर्यविंबाचा मधला भागच तेवढा काळवडलेला — चंद्राने झाकलेला — दिसतो, आणि त्याच्या भोवताली पाढरी, तेजस्वी,



आकृति १४ कंकणाकृति सूर्यग्रहण

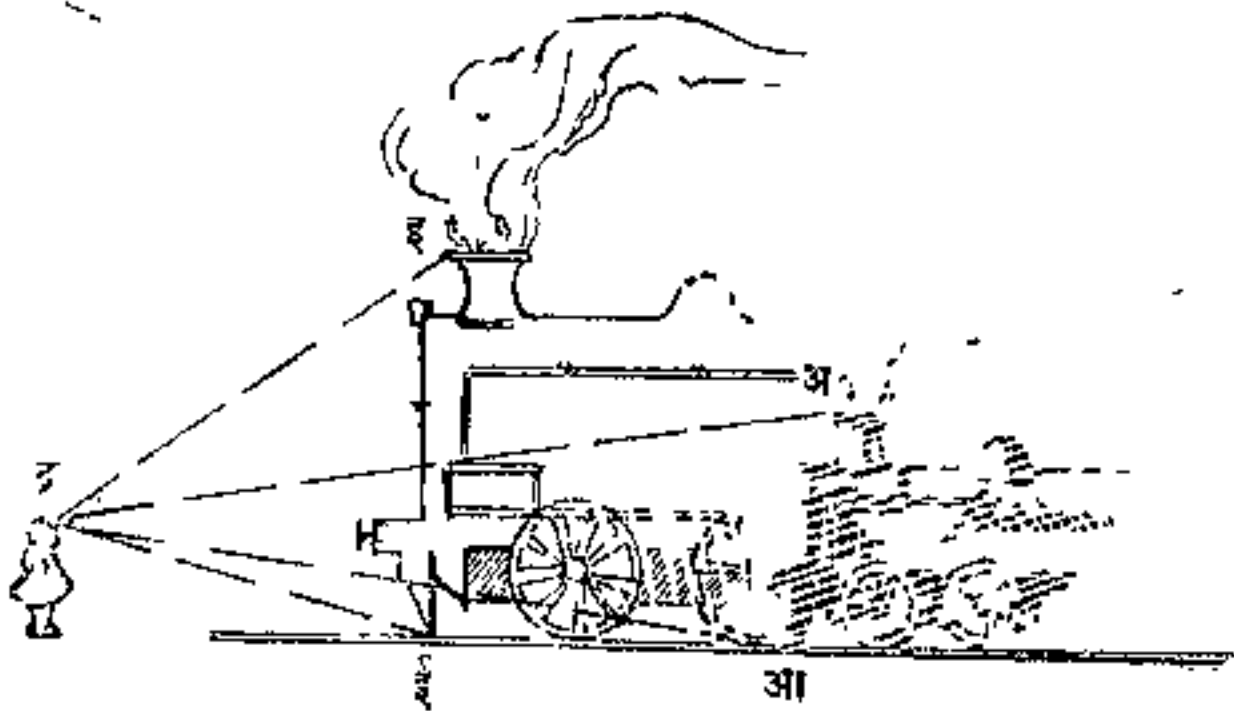
झगझगीत, बागडीवजा, सूर्यविंबाची कडा ग्रहणरहित दिसते. अशा खडग्रहणाला कंकणाकृति ग्रहण म्हणतात.

१ 'ऋणच्छाया' म्हणजे खरा छायाशकु वाढविला असतां पृथ्वीवर येऊन तिला मिडणारा छायाशकूचा भाग

दृश्य आकार

नेहमीचाच सूर्य आणि नेहमीचाच चंद्र, असें असताना चंद्र कधी सूर्याला संपूर्णपणे झाकू शकतो तर कधी तो या कार्मीं अपुरा पडतो असें का घडावें ? याचें उत्तर ध्यानात घेण्याजोगें आहे.

आगगाडीच्या प्रॅट्‌फॉर्मवर आपण उभे असताना दुरून एखादी आगगाडी आपल्याकडे येत असलेली दिसते तेव्हा तिचें इंजिन प्रथम कितीतरी लहान दिसतें. तेंच जसजसें जवळ येऊ लागतें तसतसें ते मोठें दिसत दिसत अखेरीला तें आपल्या पुढ्यात येऊन ठेपतें, तेव्हा त्याने केवढातरी ऐसपैसपणा व अकराळविकराळपणा धारण केलेला असतो. म्हणजे पदार्थ जरी एकच असला तरी त्याच्या डोक्यापासून पायथ्यापर्यंतचा आणि त्याचा डावा, उजवा देखील आवाका हा आपल्यापासूनच्या (म्हणजे पाहणाऱ्यापासूनच्या) त्याच्या अंतरावर अवलंबून असतो. हेंच थोडें शास्त्रीय भाषेत सागावयाचें झालें तर असें म्हणता येतें की, आकृति १५



आकृति १५ . दूरचा पदार्थ लहान; तोच जवळ आला म्हणजे मोठा दिसतो मध्ये 'अ आ' या इंजिनामुळें 'द्र' येथील माणसाच्या डोक्याशीं \angle अ द्र आ हा जो कोन होतो त्यापेक्षा तेवढ्याच उंचीच्या, पण अधिक जवळ असलेल्या

सूर्यग्रहण

'इ ई' या इजिनामुळे होणारा कोन इ द्र ई हा मोठा भरला, तो पदार्थ आपल्या डोळ्यांना अधिक मोठा दिसतो. चंद्र, सूर्य, तारे, वगैरे सारख्या ज्योतींचे आकारमान हे अशा रीतीने कोनाच्या भाषेत सांगण्याचा प्रघात आहे.

चंद्रसूर्यांचे कोनीय व्यास

यावरून सहजच ध्यानात येईल की, चंद्राचा व्यास आज आपण मोजला त्याच्यापेक्षा आणखी तीन महिन्यांनी जर तो लहान भरला, तर एवढ्या अवधीत चंद्र आपल्यापासून दूर गेला असला पाहिजे. तो जर अधिक भरला तर चंद्र अधिक जवळ आला असला पाहिजे. चंद्रसूर्यांचे हे व्यास पुढीलप्रमाणे भरतात.

	लघुतम	मध्यम (सरासरी)	महत्तम
सूर्य	३१' ३२"	३१' ५९"	३१' ३६"
चंद्र	२९' २६"	३१' ०५" २	३३' ३२"
चंद्रकक्षाकल	४° ५७'	५° ८' ४३"	५° १९'

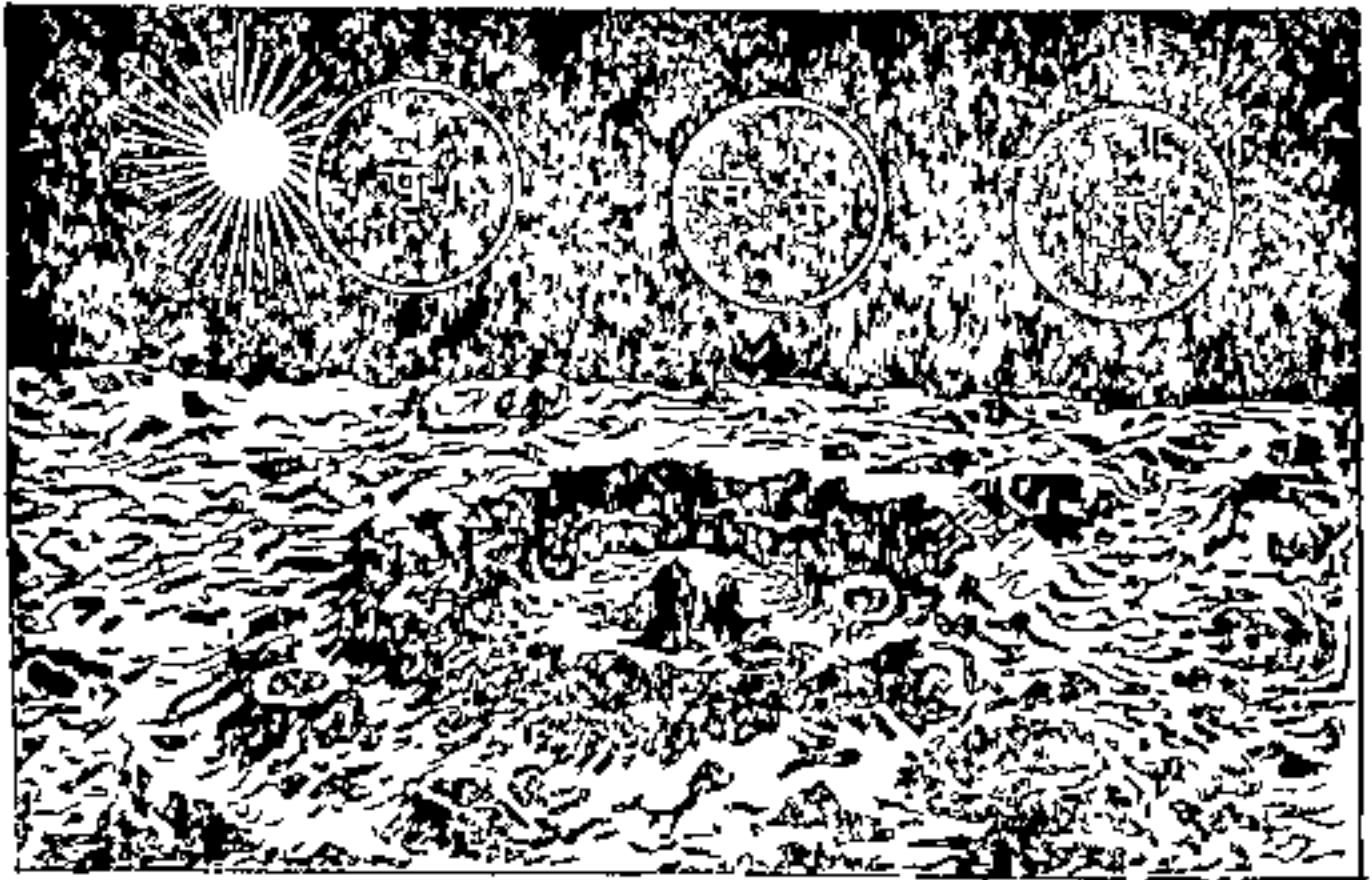
यावरून ध्यानांत येईल की, चंद्र आणि सूर्य हे दोघेहि पृथ्वीपासून जेव्हा दूरदूर जातात म्हणजे कर्कटकाने मोजलेले त्याचे दृश्य व्यास अनुक्रमे ३१' ३२" आणि २९' २६" असतात तेव्हा जर सूर्यग्रहण घडले तर तें खग्रास असू शकणार नाही. ककणाकृति असेल, त्या वेळीं सूर्याची सुमारे १' रुदीची वांगडीवजा कडा प्रकाशितच राहिल. ते दोघेहि जेव्हा सरासरी अंतरावर असतील तेव्हाहि सुमारे १/२' रुदीची कडा प्रकाशितच दिसेल. मात्र दोघेहि जेव्हा पृथ्वीला जवळात जवळ येतील तेव्हा चंद्राची सुमारे १/२' जाडीची वरछापच सूर्यावर असेल, म्हणजे त्या वेळीं सूर्याबिंब पूर्णपणे झाकलेलें असेल.

तात्पर्य, खग्रास सूर्यग्रहण ही एक चंद्राच्या हातून घडणारी तारेवरची कसरत आहे. ती नेहमीच पाहावयाला मिळते असें नाही.

इतर ग्रहांवरून सूर्यग्रहणें

इतर काही ग्रहांवर माणसें असलीं किंवा येथून काही माणसें तेथे गेलीं, तरी त्यांना कोठेहि येथल्यासारखे खत्रास सूर्यग्रहण पाहतां येणार नाही. कारण तेथून दिसणारे चंद्रसूर्याचे दृश्य आकार निराळे असतील.

चंद्रावरून सूर्यग्रहण दिसावयाचें तें आपल्या येथल्या घड्याळानुसार सुमारे ४ तास दिसेल. त्या वेळीं प्रथम पृथ्वीच्या विंबाला सूर्य तिच्या



आकृति १६ चंद्रावरून दिसणारें सूर्यग्रहण

मागून, पूर्वेकडून, स्पर्श करील आणि तासाभरात (म्हणजे पृथ्वीवरच्या तासाभराने) तो पूर्णपणें तिच्यामागे जाऊन लपेल. त्या वेळीं पृथ्वीच्या चहूबाजूंनी पिकल्या टॉमॅटोच्या रसाचा लोंढा यावा, तसा ताम्रवर्णी प्रकाशाचा लोंढा चंद्राच्या भूभांवर येईल, आणि चंद्रावरील डोंगर आणि दऱ्या हीं सुमारे पावणेदोन तासपर्यंत तांबारलेलीं दिसतील. मग क्षणार्धांत सूर्यविंबाची एक कडा पृथ्वीच्या पश्चिमागाकडून बाहेर डोकावेल आणि

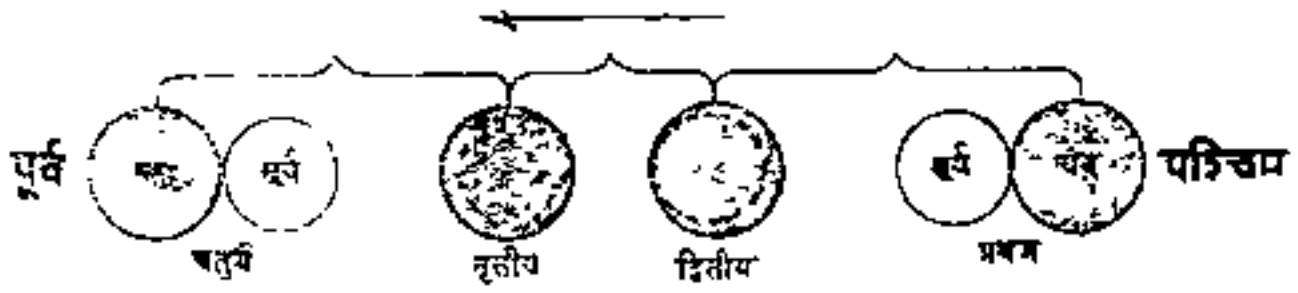
चंद्रावर पहिल्या पीतवर्णी किरण पडेल. तासाभराने संपूर्ण सूर्य आपल्या दिमाखाने तळपू लागेल, मात्र पृथ्वीवरून दिसणारे खग्रास सूर्यग्रहणाचे वैभव हे चंद्राच्या वाट्याला येणार नाही, ती खास पृथ्वीवरील माणसासाठी राखून ठेवलेली एक देणगी आहे असे म्हणण्यात बहुधा कोणतीही अतिशयोक्ति घडणार नाही.

चंद्र थोडा लहान असता तर —

रात्रीच्या ताऱ्याच्या वेधप्रसंगी चंद्रामुळे अनेक अडथळे निर्माण होतात. अशा प्रसंगी, हा चंद्र आकाशातून अजीवात नाहीसाच झाला असता, तर किती बरे झाले असते असे एखादा ज्योतिर्वेत्ता क्षणिक वैतागाने म्हणतो. पण तो वैताग केवळ तेवढ्यापुरताच असतो. चंद्र अजीवात नाहीसा होण्याची गोष्ट तर राहू याच, पण पूर्वी सूर्याला सहाणेवर घालून कोणा ऋषीने त्याला घासून काढल्याची कल्पना आपल्या वैदिक वाङ्मयात आहे. त्या धर्तीवर हल्ली चंद्राचा व्यास सुमारे २,१६२ मैल आहे तो अवघ्या १४०-४५ मैलानी छाटून टाकला असता तर मग खग्रास सूर्यग्रहण घडले नसते, आणि मग केवढ्या तरी भव्य आविष्काराला आपण मुकले असतो ! चंद्र जेव्हा पृथ्वीला अगदी जवळत जवळ येतो आणि सूर्य दूरांत दूर असतो तेव्हा चंद्रबिंबाची सूर्यबिंबावर अवघ्या १' त्रिज्येने वरछाप पडते. तो दूरात दूर आणि सूर्य जवळत जवळ असतो तेव्हा तो सूर्यबिंब झाकायला अवघ्या २' ३५" त्रिज्येने असमर्थ ठरतो, म्हणजे खिडकीच्या केवढ्याशा लहानश्या उघडझापीने आपल्याला हा केवढा तरी भव्य साक्षात्कार घडतो.

ग्रहणातील स्पर्श

खग्रास सूर्यग्रहण हे 'चतुःस्पर्शी (चार स्पर्शांचे)' मानले जाते. पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जाणारे चंद्रविंब जेव्हा सूर्यविंबाला प्रथमच भिडते



आकृति १७ सूर्यग्रहणातले चार स्पर्श

(आकृति १७ पाहा) तेव्हा तो 'प्रथम स्पर्श' मानतात. संबंध चंद्रविंब हे जेव्हा सूर्याला सपूर्णपणे व्यापून सूर्याच्या पूर्वेकडेला बाहेरून स्पर्श करते तेव्हा तो 'द्वितीय स्पर्श' होतो. (आकृति १७, अवस्था २, उजवीकडून) त्यानंतर चंद्रविंब पूर्वेकडे जात असता खग्रास ग्रहण आता सुरू लागणार अशा प्रसंगी त्याचा जो स्पर्श सूर्याच्या पश्चिम बाजूने होतो तो 'तृतीय स्पर्श'. मग खडग्रहणहि संपून चंद्र आता पूर्णपणे सूर्यविंबाला सोडून जाणार अशा क्षणाचा जो स्पर्श तो 'चतुर्थ स्पर्श'.

ग्रहणापूर्वी

खग्रास सूर्यग्रहण लागण्यापूर्वी सुमारे तासभरपर्यंत (म्हणजे आकृति १७ मध्ये उजवीकडून १ ते २ या अवस्थेपर्यंत) प्राण्यांचे सर्व व्यवहार नियमितपणे चाललेले असतात. किड्याची किरकिर चालू असते. पक्षी मजेने गात असतात, जनावरे शांतपणे चरत असतात. फारच थोड्या वेळाने

निसर्गामध्ये होऊ घातलेल्या बदलाची जाणीव त्यांना नसते. गाई-म्हशीं-सारख्या चतुष्पादांना फक्त एकच जाणीव असते की, गुराखी येईल आणि दावे बाधून आपल्याला घेऊन जाईल. पण आपापले नित्याचे व्यवहार करीत राहिलेल्या या सर्वांना, अस्वस्थ करणारी एक संवेदनाच जणू हळूहळू त्यांच्यावरून जाते. गाई, घोडे वगैरे चरणारे प्राणी अधूनमधून थांबू लागतात. पक्ष्यांच्या गाण्याचा आवाज थोडा कमी कमी होतो. आणि दिवसा आकाशात खूप उंच उडणारे पक्षी हळूहळू खाली येऊं लागतात.

खग्रास ग्रहणाच्या आधी सुमारे १५ मिनिटे पाकोळ्या इकडे तिकडे उडू लागतात. थोड्या वेळाने त्या नाहीशा होतात आणि नंतर बराच वेळपर्यंत त्या दिसत नाहीत. मुग्या आपल्या बारळाभोवती गोळा होतात, पण त्या आत शिरत नाहीत. कावळे जोरजोरात ओरडू लागतात. शातपणे दाणे टिपणाऱ्या कोंबड्या सध्याकाळ झाली असे वाटून ओरडू लागतात. कुत्री अतिशय केविलवाण्या आवाजात ओरडू लागतात. सर्व वातावरणातून विभनस्कतेची एक लहर जाते.

ग्रहण खग्रास होण्यापूर्वी पाचच मिनिटे आधी छायाप्रकाशाची एक भलीमोठी विस्तीर्ण सावलीच—एखादी काळ्यापादऱ्या डिझाइन्सची चांदर फडफडावी तशी—सर्व आलोक्यवरून जलद धावत निघून जाते, आणि मग जेव्हा प्रत्यक्ष चंद्राची सावली येते तेव्हा ती एखाद्या काळ्याकभिन्न भिंती-सारखी वाटते. मूर्तिमंत निळाकाळा यमराजच जणू आपल्या विस्तीर्ण साम्राज्यातून जागोजाग खास अध्याऱ्या शाततेच्या चौक्या पहारे बसवीत बसवीत निघून जातो.

मग निळें आकाश हळूहळू मद जाभळ्या रगाचे बनतें आणि क्षणा दोन क्षणात शिशासारखे काळें दिसू लागतें. शुक्र आणि मगळाच्या चांदण्या त्या वेळीं आकाशात असल्या तर त्या दिसू लागतात. इतकेंच

नव्हे, तर एरव्हीं क्वचितच दिसणारा बुधहि दिसू लागतो. काळोख जसजसा वाढू लागतो तसतसा प्राण्यांच्या वृत्तींतहि फरक पडू लागतो. गाढवें अस्वस्थ होऊन इकडे तिकडे पळू लागतात. पण गाई-म्हशी मात्र स्वस्थपणें रवथ करीत राहतात. बकऱ्या गवतात वमून राहतात. चिमण्या सध्याकाळ झालीसैं वाटून चिंचिवाट करू लागतात. कोंबड्या-बदकासारखे पाळीव पक्षी ग्रहण लागण्यापूर्वी अस्वस्थपणें ओरडत असतात, आणि ग्रहण लागल्यावर ते झाडावर किंवा खुराड्यात जाऊन बसतात.

खग्रासाच्या काळांत

पूर्ण ग्रसनाचें कार्य पुरें होतें न होतें तोंच काळ्या चंद्रगोलाभोवताली खरोखरीं सूर्याचाच असलेला एक तेजस्वी मुकुट प्रगट होतो. त्याची शोभा अवर्णनीय असते, तिला पृथ्वीवर तुलनाच सापडत नाही. वर्णाने तो मुकुट पाढरा शुभ्र, रुपेरी असतो. त्याच्यातून क्वचित्, लाखों मैल दूरवरपर्यंत झळाळी पसरलेले, मोरपिसाच्या सारखे भासणारे तेजस्वी कोंभ फुटलेले दिसतात. त्यातूनच अधूनमधून गुलाबी रगाच्या ज्वाळा लवळवत असतात. या सर्व आविष्कारालाच सूर्याचा 'किरीट' असें म्हणतात. एकीकडे हें त्याचें सुंदर पण भयावह रौद्ररूप प्रकट होत असता त्याच वेळीं पृथ्वीवरच्या हवेंतून थडी दाटून येते. ती शरीराला आणि मनालाहि जाणवते. ऋतुमानानुसार आणि स्थलकालानुसार तपमान क्वचित् १०° - १५° फॅ. नी खाली येतें आणि हवेंत बाष्प असेल त्यामानाने ढग बनतात किंवा दव पडतें.

खुद्द खग्रास ग्रहणामध्ये पक्षी गाणें बंद करतात. लहान लहान पक्षी, घाबरून इतस्ततः फिरू लागतात. कांही लहान पक्षी इतके घाबरतात की, इकडे तिकडे न उडता, आपल्या नख्यानी भिंतींना किंवा झाडाना चिकटून राहतात. नेहमी रात्रीं बाहेर येणारीं बटवाघळें या वेळीं

बाहेर येतात, रातकिडे ओरडू लागतात सामान्यतः पश्यांवर जेवढा ग्रहणाचा परिणाम होतो तेवढा इतर म्हणजे चतुष्पाद प्राण्यांवर झालेला दिसत नाही. पण याहि प्राण्यांच्या नेहमीच्या व्यवहारामध्ये थोडा तरी खड पडतो.

‘गळ’ नावाचे समुद्रावर उडत असलेले पक्षी ग्रहणापूर्वी नदीवर उडत असलेले दिसतात. ग्रहण लागत असता ते नाहीसे होतात. पण ग्रहण संपल्यावर ते परत येतात. कबुतरें आपले दाणे टिपण्याचें काम थांबवतात आणि एखाद्या शत्रूच्या शकेने भयभीत होऊन, माना वर करून आकाशाकडे पाहू लागतात. ग्रहण सून पुन्हा सूर्य उगवल्यावर आपलें खाण्याचें काम तीं पुन्हा सुरू करतात. मोर मोठ्याने ओरडत जमिनीवर इतस्ततः पळू लागतात. जणू काही त्यांना वाघसिंहासारख्या वन्य पशूंची भीति वाटते. अंधार जसजसा वाढू लागतो तसतसे ते आपल्या खुराड्याची वाट शोधू लागतात.

रानटी जमतींतल्या एका छीने एकदा खग्रास ग्रहण लागल्याबरोबर मूठभर माती घेऊन ती आपल्या तोंडात घातली. एका स्कोच माणसाला, सध्याकालीं व्हिस्की व पाणी एकत्र मिसळून पिण्याची संवय होती. खग्रास ग्रहण लागत असता त्याच्या मनोविकारानी इतकी उचल खाली की, रात्र पडायला लागली असें वाटून तो आपलें नेहमीचें पेय घ्यायला गेला.

खग्रास सपताच ग्रहण सुटून सूर्याचा पहिला किरण पृथ्वीवर येतो तेव्हा सर्व चराचर सृष्टि सुटकेचा निश्वास टाकते आणि मग हळूहळू सर्व व्यवहार पूर्ववत् सुरू होतात.

चंद्र, सूर्य, पृथ्वी, राहु आणि केतु यांच्या परस्परसापेक्ष जागा गणिताने काढता येतात. हल्ली भारत सरकारच्या वतीने दरवर्षी एक नाविक पंचाग प्रसिद्ध होत असते. त्यात चंद्रसूर्यांच्या दररोजच्या ठराविक वेळच्या, आकाशातल्या जागा दिलेल्या असतात. त्यावरून, थोड्याशा आकडेमोडीने त्यांची कोणत्याहि वेळची स्थाने काढता येतात आणि कोणत्याहि वर्षी ग्रहण केव्हा होईल याचा अंदाज काढता येतो. या रीतीनेच आपल्या घरोघरच्या पंचागातून ग्रहणाची माहिती दिलेली असते. हजारो वर्षांपूर्वीच्या आणि हजारो वर्षांनंतरच्या केव्हाच्याहि, राहुकेतूच्या आणि सर्व ग्रहांच्या जागा गणिताने काढता येतात. त्यावरून पुढची आणि मागची ग्रहणे नक्की ठरवता येतात.

टी. ऑपलझार या नावाच्या एका ऑस्ट्रियन ज्योतिर्वेत्त्याने गेल्या शतकात एक पुस्तक लिहून प्रसिद्ध केले आहे. त्यात त्याने ख्रि. पू. १२०७ ते ख्रिस्तोत्तर २१६२ या वर्षांतली ८००० सूर्यग्रहणे आणि ५२०० चंद्रग्रहणे दिली आहेत. खग्रास सूर्यग्रहणाचे त्याने अदाजे मार्गहि दिले आहेत. यासाठी त्याला चंद्र, सूर्य आणि पृथ्वी यांची स्थाने नीट ठरवावी लागली. तीं ठरविताना अर्थातच बारकाव्याचे गणित करावे लागले.

ग्रहणांचे सापेक्ष प्रमाण

कांही ठराविक काळांत लागणारीं सूर्यग्रहणे आणि तेवढ्याच काळात लागणारीं चंद्रग्रहणे याची संख्या तपासून पाहिली तर सूर्यग्रहणाची संख्या अधिक भरते. हे असे का घडते, ते सहज ध्यानात येण्याजोगे आहे. कसे ते पाहा. हल्लीच्या आपल्या क्रिकेटच्या खेळात एकेका बाजूला तीन तीनच दाड्या रोवलेल्या असतात. तिनाच्या ऐवजी जर पाच पाच

दाड्या रोवल्या आणि बाकीची परिस्थिति म्हणजे चेंडूचा आकार, बॅटचा आकार, चेंडू फेकणाऱ्या आणि आडवणाऱ्या व्यक्ति इ. गोष्टी पूर्वी-सारख्याच ठेवल्या, तर दाडी पडण्याचा संभव ५.३ या प्रमाणात अधिक वाढेल हे उघडच आहे.

ग्रहणाच्या बाबतीत असेच घडते. चंद्राला ग्रहण लागावयाचें असते तेव्हा दोन गोष्टी घडाव्या लागतात (१) त्या वेळीं पौर्णिमा असावी लागते आणि (२) राहूच्या आसपास चंद्र असल्यास केतूजवळ सूर्य किंवा केतूजवळ चंद्र असल्यास राहूजवळ सूर्य असावा लागतो. असाच प्रकार सूर्यग्रहणाचाहि असतो. म्हणजे (१) त्या वेळीं अमावास्या असावी लागते आणि (२) चंद्र-सूर्य हे दोघेहि राहूच्या किंवा केतूच्या जवळ असावे लागतात

ग्रहणमर्यादा

पण नुसते ते केवळ जवळ असावेत असें म्हटल्याने नीटसा बोध होत नाही. ते 'किती' जवळ असावेत हेहि सांगितलें पाहिजे. तेवढ्या मर्यादेच्या आत ते असले म्हणजे हटकून ग्रहणें लागतात. त्या मर्यादाच्या बाहेर ते असले म्हणजे ग्रहणें लागत नाहीत.

या मर्यादा पुढीलप्रमाणे आहेत.

सूर्यग्रहण

पातरेपेपासून सूर्याचें अंतर

१५°२१' च्या आंत

..ग्रहण निश्चित.

पातरेपेपासून सूर्याचें अंतर

१५°२१' ते १८°३१' च्या

दरम्यान.

.. ग्रहण संभवनीय. (इतर काही परिस्थिति तपासून पाहिली पाहिजे).

पातरेपेपासून सूर्य १८°३०' हून दूर.

...ग्रहण अशक्य.

चंद्रग्रहण

पातरेषेपासून सूर्य ९°३०' च्या आंत.	.ग्रहण निश्चित.
पातरेषेपासून सूर्य ९°३०' ते १२°१५' च्या दरम्यान.	.ग्रहण संभवनीय (इतर गोष्टी तपासणें इष्ट)
पातरेषेपासून सूर्य १२°१५' हून दूर.	..ग्रहण अशक्य.

वरील तक्त्यावरून ध्यानात येईल की, किती अतराच्या आत नृत्य असला तर ग्रहण लागेल या बाबतीतली सूर्यग्रहणाची मर्यादा ही चंद्रग्रहणांच्या मर्यादेपेक्षा सुमारे दीडपटीने मोठी आहे. साहजिकच ठराविक वेळात लागणारीं सूर्यग्रहणें हीं तितक्याच अवधीत लागणाऱ्या चंद्रग्रहणांपेक्षा सख्येच्या बाबतीत दीडपटीने अधिक भरतात.^१

सूर्यग्रहणें : किमान संख्या

पृथ्वीच्या एका बाजूला राहु असला तर थेट विरुद्ध बाजूला केतु असतो. वर ज्या ग्रहणाच्या मर्यादा म्हणून सांगितल्या, त्या राहुकेतूच्या

१ 'महाभारत' हें हल्लीच्या स्वरूपांत ख्रिस्ती शकारभाच्या सुमाराला लिहिलें गेलें, असे म्हणतात त्यातील भीष्मपर्व अध्याय ३ मधील पुढील श्लोक प्रसिद्ध आहे—

चतुर्दशीं पचदशीं भूतपूर्वां तु षोडशीम् ।

इमा तु नाभिजानेऽहममावास्या त्रयोदशीम् ॥

यावरून असें दिसतें की, महाभारताच्या युद्धारभीं कार्तिकी पौर्णिमेला चंद्रग्रहण घडले, अमावास्येला सूर्यग्रहण घडले आणि त्यानंतर पुन्हा एक महिन्याने सूर्यग्रहण घडले हें अशक्य आहे असे कं श वा दीक्षित (ज्योति शास्त्राचा इतिहास, पृ ११४-११५, द्वितीय आवृत्ति) म्हणतात

परंतु राहुच्या (किंवा केतूच्या) अलीकडे १५°२१' ते पलीकडे १५°२१' (म्हणजे एकूण ३०°४२') हा सूर्यग्रहणाच्या निश्चितीचा पट्टा आहे चंद्राची मासिक चाल ३०°३७' आहे त्यावरून लागोपाठ दोन अमावास्याना दोन सूर्यग्रहणें अशक्य नाहीत, हें उघड आहे.

दुतर्फा लागू असतात. म्हणजे अमावास्येच्या वेळीं राहूच्या अलीकडे $१५^{\circ}२१'$ ते पलीकडे $१५^{\circ}२१'$ या टापूच्या दरम्यान (एकूण $३०^{\circ}४२'$ च्या दरम्यान) कोठेहि सूर्य असला आणि त्याच वेळीं अमावास्येचा चंद्र तेथे आला तर सूर्यग्रहण घडते. समजा, या टापूत सूर्याने पाऊल टाकलें न टाकलें तोंच एक सूर्यग्रहण घडले. त्यानंतर $२९\frac{१}{२}$ दिवसांनी दुसरी अमावास्या घडेल. तेवढ्या अवधीत सूर्य सुमारे $२९\frac{१}{२}$ ते ३०° अंश चालून जाईल, पण अद्यापिहि त्याने हा ग्रहणपट्टा पूर्णपणें ओलाडला नसेल. शिवाय $१८\frac{१}{२}$ अंश अलीकडे व $१८\frac{१}{२}$ अंश पलीकडे हाहि ग्रहणसंभवाचा टापू आहेच. म्हणजे इतर गोष्टी अनुकूल असल्या तर केवळ $१५^{\circ}२१'$ च्या अंतरातच ग्रहण लागते असें नाही, तर राहूपासून $१८\frac{१}{२}^{\circ}$ पर्यंत चंद्र-सूर्य असले तरी ग्रहण लागण्याचा संभव आहे; म्हणजे या अवधीत दोन सूर्यग्रहणें लागणें अगदी शक्य आहे, मात्र सूर्याचें पाऊलच या टापूत उशिरा पडलें तर मग एक सूर्यग्रहण तरी अटळच आहे.

हें झालें एका पाताविषयी, म्हणजे राहूविषयी, बोलणें. त्यानंतर सहा महिन्यांनी सूर्य केतूत जाईल. तेथेहि हीच मर्यादा लागू असते. यावरून उघड आहे की, वर्षाकाठीं जास्तीत जास्त चार व कमीत कमी दोन सूर्यग्रहणें घडू शकतात.

किमान चंद्रग्रहणे

पण चंद्राच्या वाचतींत मात्र हीच ग्रहणमर्यादा $९^{\circ}३०'$ ते $१२^{\circ}१५'$ ही असते. एवढ्या भागातून सूर्याला जायला दररोज १° च्या चालीने, जास्तीत जास्त २६ दिवसच लागतात. या अवधीत पौर्णिमा येईलच असें नाही. त्यामुळे या टापूच्या जवळपास चंद्र येऊनहि त्याला ग्रहण लागेलच असें नाही. म्हणूनच कधी कधी सवध वर्षांत एकहि चंद्रग्रहण लागत नाही.

आपले नेहमीचें वर्ष ३६५ $\frac{१}{३}$ दिवसाचें असतें. एवढ्या अवधींत एकदा वसतसपातापासून निघालेला सूर्य पुन्हा वसंतसंपातान येऊन ठेपतो आणि मग दुसऱ्या वर्षाला सुरुवात होते. याच पद्धतीने एकदा राहूपासून (किंवा केतूपासून) निघालेल्या सूर्याला पुन्हा राहूपर्यंत (किंवा केतूपर्यंत) येऊन ठेपण्याला ३४६६ दिवस लागतात. या अवधीला पातनिष्ठ (राहुकेतु याच्या पाताशीं जखडलेलें) किंवा ग्राहणिक (ग्रहणाशीं संबध असणारें) वर्ष म्हणतात. सांपातिक वर्षापेक्षा ग्राहणिक वर्ष लहान भरतें. याचें कारण असें की, चंद्राची पातरेषा ही नेहमी आयनिक वृत्तात राहूनच, वर्षभरात सुमारे १९° नी पश्चिमेकडे सरकते, म्हणजे ती जणू सूर्याला भेटावयासाठी सामोरी जाते. सुमारे १९ वर्षांनी ती पुन्हा पहिल्या दिशेला येते.

वर्षातील ग्रहणसंख्या

एक वर्ष (३६५ $\frac{१}{३}$ दिवस) संपावयाच्या आधीच सूर्य पुन्हा पहिल्या पाताजवळ आलेला असल्यामुळे एका वर्षभरांत कधी कधी ५ सूर्यग्रहणें घडूं शकतात. त्यातलीं २ सूर्यग्रहणें जर वर्षाच्या सुरुवातीला व दोन मध्यतरीं लागलीं, तर उरलेलें एक ग्रहण वर्षाअखेरीला लागतें. अशींच वर्षांतून ३ चंद्रग्रहणें लागू शकतात. कोणत्याहि एका वर्षांतली सर्व ग्रहणाची संख्या जास्तीत जास्त ७ असू शकते. त्यापैकी ५ सूर्यग्रहणें असल्यास २ चंद्रग्रहणें किंवा ४ सूर्यग्रहणें असल्यास ३ चंद्रग्रहणें असतात. वर्षभरातल्या ग्रहणाचा सर्वांत कमी आकडा म्हणजे दोन. अशा वेळा हीं दोन्ही सूर्यग्रहणेंच असतात.

ग्रहणकुळें

चंद्राचें असो अगर सूर्याचें असो, प्रत्येक ग्रहण हें कोणत्या तरी कुळातलें असतें. प्रत्येक कुळातलीं ग्रहणें हीं एकामागोमाग एक अर्शा

६५८५ $\frac{३}{४}$ दिवसानी घडत असतात. या अवधीलाच सारस (सॅरॉस) चक्र म्हणतात. कोणत्याहि कुळातलें कोणतेंहि ग्रहण हें तत्पूर्वीच्या ग्रहणासारखेंच, इतकें तंतोतंत असतें की, त्यामुळे त्या सर्व ग्रहणाना मिळून एका कुळातलीं ग्रहणें असें म्हणावयाचें. अशीं एकदर चंद्रग्रहणाचीं २८ आणि सूर्यग्रहणाचीं ४२ कुळें असतात. आपल्या पिढ्या जर २५-२५ वर्षांच्या मानल्या तर ग्रहणाची पिढी ६५८५ $\frac{३}{४}$ दिवसाची असते असें म्हणता येईल.

ग्रहणांचा प्रवास उत्तर-दक्षिण

कोणत्याहि कुळातले पहिलें ग्रहण जें लागते ते अगदी ल्हानसे खडग्रहण असतें. तें पृथ्वीच्या दक्षिण ध्रुवाकडच्या प्रदेशावर किंवा उत्तर ध्रुवाकडच्या प्रदेशावर प्रथम लागलेलें दिसतें. त्यानंतर ६५८५ $\frac{३}{४}$ दिवसानी जें ग्रहण लागतें त्याचा 'ग्रास' अमळ वाढतो. असे होता होता एक ग्रहण खग्रास होतें. त्या वेळीं चंद्र हा राहुकेतूपासून ११ $^{\circ}$ च्या आत असतो मग कित्येक ग्रहणें खग्रासच होतात. सूर्यग्रहणांच्या बाबतींत त्यातलीं कांही ककणाकृति असतात. मग हळूहळू ग्रहणातला ग्रास कमी कमी होतो. मध्यतरीच्या कालात ते हळूहळू दक्षिणेकडून उत्तरेकडे किंवा उत्तरेकडून दक्षिणेकडे सरकत असतें. अखेरीला ज्या ध्रुव प्रदेशातून ग्रहण प्रथम दिसावयाला सुरुवात झाली होती तदितर ध्रुवप्रदेशाकडे तें जातें, आणि तेथूनहि पलीकडे अंतराळात जाऊन अतर्धान पावते. मध्यतरी दुसरीं कित्येक ग्रहणकुळें निर्माण होऊन आपापली वाट चालू लागलेलीच असतात. एखाद्या तलावाकाठीं उचावर उभारलेल्या तक्त्यावरून एका-पाठोपाठ दुसरा, त्याच्या पाठोपाठ तिसरा अशा अनेकांनी तलावात पोहोण्यासाठी म्हणून उड्या ठोकाव्यात, तशी एक ग्रहणावली दक्षिण ध्रुवाकडून उत्तर ध्रुवाकडे येऊन अंतराळात उडी घेते, तिच्यामागून दुसरी

येऊन उडी घेते. अशा जणू ग्रहणरूपी तरंगाच्या आवलीच एका बाजूने येऊन दुसरीकडे जातात. अशाच आवली उत्तरेकडून दक्षिणेकडेहि जात असतात. या प्रत्येक आवलीचा एक विशेष वर सांगितला आहे तो हि-ध्यानात घेण्याजोगा आहे. शुक्ल पक्षातल्या चंद्राची कला जशी हळूहळू वाढता वाढता पौर्णिमेला चंद्राचें पूर्ण चिंब होतें आणि मग एकेका कलेने क्षीण होता होता जसा चंद्र अमावास्येला सूर्याच्या झगझगाटात बुडी घेतो, तसाच काहीसा प्रकार ग्रहणाच्या बाबतींतहि आहे. फरक इतकाच की, चंद्राची कला पादुरकी असते ती पधरवडाभर वाढत किंवा क्षीण होत जाते. त्याऐवजी येथे काळी 'ग्रास-कला' प्रथम वाढत आणि मग क्षीण होत जाते.

कुळांतील सभासद

एका 'चांद्रकुळात' ४४-४५ ग्रहणें होतात. त्या कुळाचें आयुष्य ८६५ वर्षांचें असतें. सूर्यग्रहणकुळात ७०-७१ ग्रहणें घडतात आणि हें कुळ १२६० वर्षें टिकते. त्यामुळे सुमारे १८ वर्षांत अदाजे १८ ग्रहणें घडतात

ग्रहणप्रवास पश्चिमेकडे

हीं ग्रहणें केवळ उत्तरेउत्तरेकडेच किंवा दक्षिणेदक्षिणेकडेच जात राहतात असें नाही, तर तीं त्याच वेळीं थोडीं पश्चिमेकडेहि सरकत असतात. उत्तरेकडची सरक किंवा दक्षिणेकडची सरक ही प्रत्येकी १८० मैलाची असते. पण भागच्या ग्रहणानंतर पुढचें ग्रहण जें लागावयाचें तें दर खेपेला पूर्णांकी दिवस (६५८५) गेल्यानंतर ३ दिवसाने लागावयाचें असतें. तेवढ्या ३ दिवसाच्या अवधींत, पृथ्वी स्वतःभोवती ३ गिरकी घेते; म्हणजे १२०° पश्चिमेकडून पूर्वेकडे वळलेली असते. त्यामुळे प्रत्येक नव्या ग्रहणाचा मार्ग १२०° नी पश्चिमेकडे वळतो. प्रत्येक ग्रहण

हे नेहमी निम्न्या पृथ्वीवरच्या लोकाना दिसावयाचे, त्यामुळे एकाच कुळातलीं २ लागोपाठ ग्रहणे दिसू शकतात. तसेच सूर्याचा खग्रास मार्गहि सुमारे $\frac{1}{3}$ पृथ्वीवर पसरलेला असल्यामुळे लागोपाठ २ सूर्यग्रहणे निदान 'खड' अवस्थेतलीं तरी त्याच्या मार्गावरच्या कांही लोकाना दिसू शकतात. दर ५४ (=१८×३) वर्षांनी त्याच त्याच रेखांशावर पण पूर्वीच्या स्थळांच्या ३६० (=१२०×३) मैल दक्षिणेला किंवा उत्तरेला नवे ग्रहण लागते. चंद्र, सूर्य आणि पृथ्वी हीं १८ वर्षे आणि $१०\frac{2}{3}$ दिवसांनी त्याच त्याच परस्पर-सापेक्ष अवस्थेला येतात, म्हणूनच या अवधीने हीं ग्रहणे अशीं घडत असतात.

दर १८ वर्षांचा जसा ग्रहणाचा एक अवधि आहे, तद्वतच २९ वर्षे, ८७ वर्षे व ५२१ वर्षे हेहि पुनरावर्ती ग्रहणाचे अवधि आहेत.



किरीट

सूर्याला खग्रास ग्रहण लागतें त्या वेळीं दिसणारे जे ठळक आविष्कार आहेत त्यांतला किरीट हा एक आविष्कार आहे. साधुसंतांच्या चित्रामध्ये, त्याच्या डोक्यामागे, जें एक तेजाचें वलय किंवा चक्र दाखवितात, तशासारखाच काहीसा हा सूर्याचा 'किरीट' दिसतो. ग्रहण जेव्हा खग्रास होतें तेव्हा चंद्रबिंब हें सूर्यबिंबाला संपूर्णपणें झाकून टाकते. कधी कधी अशा ग्रहणातून चंद्र जेव्हा पृथ्वीला अधिकांत अधिक जवळ असतो त्या वेळीं चंद्राचा दृश्य व्यास हा सूर्यव्यासाच्या १०८ एवढा असू शकतो. म्हणजे सूर्याला झाकून टाकून शिवाय त्याच्या वातावरणाचा किंचिन्मात्र $\frac{1}{100}$ त्रिज्येएवढा अधिक भागहि चंद्राने झाकलेला असतो. त्यामुळे एखाद्या काळ्याकभिन्न भुग्याने पंख पसरून बसावें त्याप्रमाणे, किंवा एखादें उमललेलें सूर्यकमल समोरून पाहावें तसा, हा देखावा दिसतो. चंद्रबिंबाच्या कडेलागतचा जो भाग त्याचा रंग मुलायम पाढरा दिसतो. तेथून जसजसें पाकळीच्या निमुळत्या टोकाकडे, म्हणजे चंद्रसूर्यापासून दूरदूर जावें तसतसा तो फिकट पाढरा दिसतो, मात्र त्याचें एकसारखें स्पंदन चालू असावें असें दिसतें—म्हणजे आकाराने 'आणि सख्येने जशा या पाकळ्या कमीजास्त होत असलेल्या आढळतात, तशीच त्याची तेजस्विताहि कमी जास्त होत असलेली आढळते. एखादी, बिनआवाजाची, फुरफुरत्या ज्योतीची, चहाची तेलशेगडीच (स्टोव्ह) जणू !

विस्तार आणि प्रकाश

हा जो पाकळीदार तेजस्वी भाग, त्यालाच 'किरीट' म्हणतात.

१८७४ च्या खग्रास ग्रहणात या पाकळ्या सूर्यमध्यापासून 3° पर्यंत, तर १८७८ च्या ग्रहणात त्या 6° पर्यंत पसरलेल्या होत्या.^१ त्याचा विस्तार कधी निम्म्या सूर्यबिंबाएवढा, तर कधी तो १५ सूर्यबिंबांएवढाहि असतो. किरीटाचा एकूण प्रकाश हा सूर्याच्या संबंध तेजोबिंबाच्या एक-दशलक्षांशा-एवढा अल्पमात्र असतो. त्यामुळे या प्रकाशात पृथ्वीवरील कोणत्याहि पदार्थाच्या सावल्या जमिनीवर पडत नाहीत. खग्रास सूर्यबिंबापासून जसजसे दूर जावे, तसतसे किरीटाच्या प्रकाशाची जी तीव्रता कमी कमी होत जावयाची ती ग्रहणाग्रहणात देखील निरनिराळ्या इयत्तेची असते. एका ग्रहणातली तीव्रता आणि दुसऱ्या ग्रहणातली तीव्रता या दोहोंत ३० ते ४० टक्क्याची तफावत असू शकते.

प्रखरतेचें मोजमाप

ह्या प्रकाशाची प्रखरता मोजावयाची पद्धत तत्त्वतः अशी की, एक 'प्रमाणभूत' मॅग्नॅटिक पेटवून ती एक मीटर अंतरावर ठेवावयाची आणि तिचा निकाश (फोटो) घ्यावयाचा, म्हणजे मग त्यात जें चित्र उमटते त्यातल्या ज्योतीच्या तीव्रतेशी खग्रासाच्या वेळचा सूर्याभोवतालचा टापू ताडून पाहावयाचा. अशा रीतीने जें प्रखरतेचें मोजमाप मिळतें तें निरनिराळ्या द्रष्ट्यांनी निरनिराळें दिलेलें आहे, तथापि वर जें सूर्यबिंबाच्या एक-दशलक्षांश म्हणून, मान सांगितलें तें स्थूल कल्पना घेण्यास पुरेसें आहे.

किरीटाचें स्थान

आपल्याकडे नवग्रहाचीं जीं देवळें बांधतात त्यात सूर्याच्या मूर्तीच्या प्रत्येक हातात एकेक कमळ असतें. तें बहुधा या किरीटाचेंच द्योतक चिन्ह म्हणून असावें. खग्रास सूर्यग्रहणामध्ये हा किरीट साध्या डोळ्यांनी

१ एक सूर्यबिंब आपल्या डोळ्याशीं $\frac{1}{2}^{\circ}$ चा कोन करतें.

देखील चांगला स्पष्ट दिसतो. त्याचा तळभाग आणि त्यातून डोकावणारे तुरे हे रक्तवर्णी असतात. हाच रंग आपल्या सूर्यमूर्तीचा रंग म्हणून मानला आहे. तथापि शास्त्रीय दृष्टीने पाहिल्यास १९ व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत किरीटाकडे फारसे कोणाचें लक्ष गेलें होतें असें दिसत नाही. त्याच्या वाचतीतलें जुन्या ज्योतिर्वेत्त्याचें मत पक्कें झालेलें नव्हतें. कोणी म्हणत की किरीट आणि उद्रेक हे दोन्ही आविष्कार पृथ्वीच्या वातावरणातच घडत असावेत. १८६० सालीं सेखी आणि दलारू या शास्त्रज्ञानी खग्रास सूर्यग्रहणात अनेक फोटो घेऊन असें दाखवून दिलें की, ग्रहणाच्या वेळीं या दोन्ही आविष्कारांच्या अगांवरून चंद्रबिंब जात असलेलें निश्चित दिसतें. किरीट आणि उद्रेक हे चंद्रबिंबाबरोबर हातमेळीने सरकत असलेले दिसत नाहीत. त्या अर्थी चंद्राचा आणि त्यांचा काही संबध नसावा. ते केवळ सूर्याच्याच वातावरणातले आविष्कार असावेत.

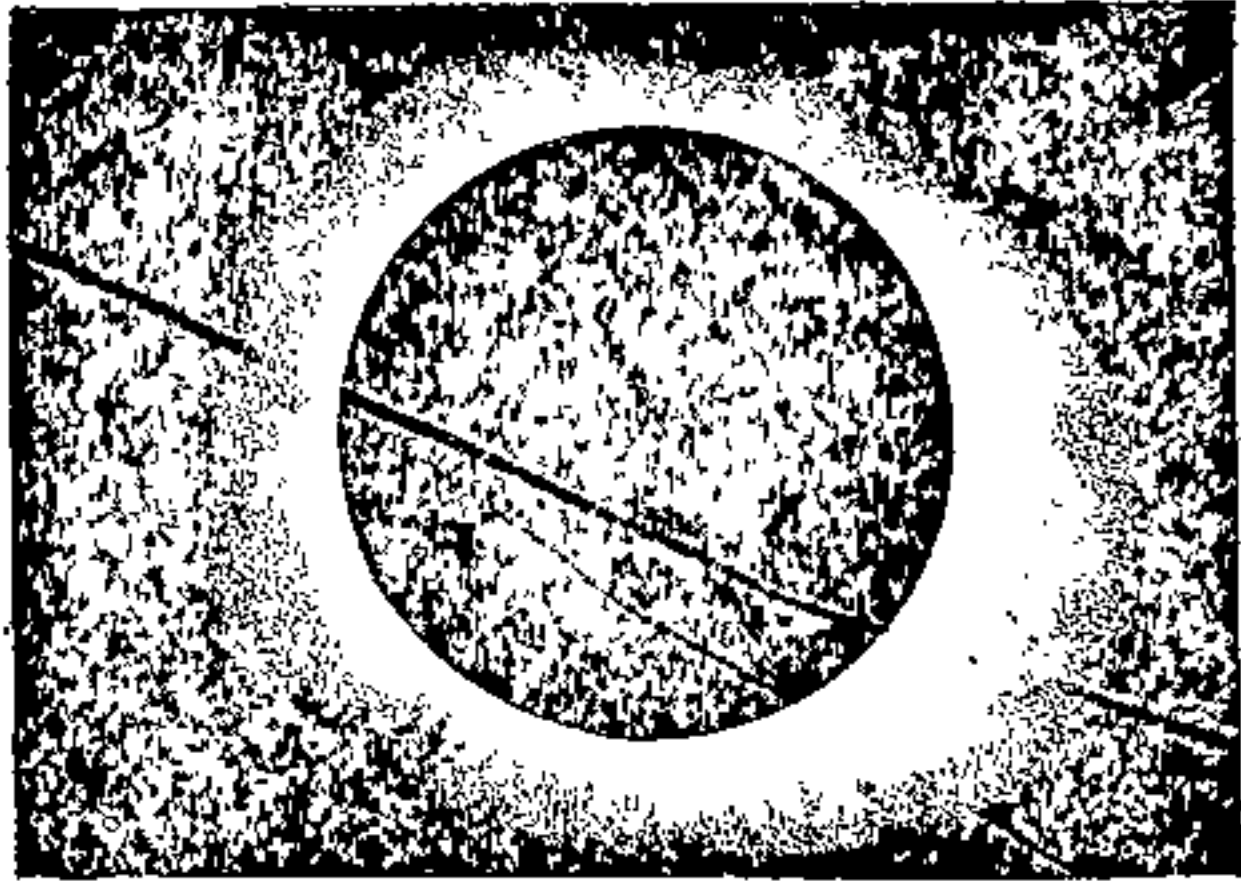
किरीटलेखी

१९३२ सालीं पिरिनीज पर्वतावरील विक दु मिदि वेधशाळेचा ज्योतिर्वेत्ता लायर याने 'किरीटलेखी' (कॉरोनोग्राफ) या नांवाचें एक साधन बनविलें आहे. त्याच्या साहाय्याने आता ग्रहणाखेरीज इतर वेळीं देखील किरीटाचे चांगले निकाश (फोटो) घेता येऊ लागले आहेत. त्यामुळे किरीटांचा अभ्यास करणें आता अधिक सुगम झालें आहे.

किरीटांचे प्रकार

किरीटांचे एकंदर तीन प्रकार मानतात : (१) वैषुव किरीट, (२) ध्रुवीय किरीट, आणि (३) उभयान्वयी किरीट.

वैषुव किरीट—या किरीटामध्ये सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या दिशेने मोठ्या पाकळ्या किंवा पताका उभारलेल्या दिसतात. तसेच सूर्याच्या



आकृति १८ सूर्यकिरीट

उत्तर ध्रुवाच्या दुतर्फा तीसतीस अंश आणि दक्षिण ध्रुवाच्या दुतर्फा तीसतीस अंश एवढ्या टापूत लहान लहान तुरे किंवा झुबके तयार झालेले दिसतात. दि. २८-५-१९०० चे सूर्यग्रहण हा या प्रकारच्या किरीटाचा नमुना आहे.

ध्रुवीय किरीट—यामध्ये ध्रुवाभोवतालच्या तुऱ्याचा लोप झालेला असतो आणि पताकांचा विस्तार सर्व बाजूनी सारखाच असतो. अशा आकृतींना 'डेलिया'च्या फुलाची उपमा देण्याचा प्रघात आहे. दि. २९-६-१९२७ च्या खग्रास ग्रहणातला किरीट या प्रकारचा होता.

उभयान्वयी किरीट—यामध्ये पताकांचा किंवा पाकळ्यांचा विस्तार अमळ अधिक असतो. पण त्या थेट ध्रुवापर्यंत पोचत नाहीत. ध्रुवांकडचे

तुरे फारसे उठावदार दिसत नाहीत. कधी कधी ते फक्त एकाच ध्रुवावर असतात. दि २२-१-१८९८ च्या ग्रहणात हा प्रकार आढळला होता.

सूर्यबिंबाच्या दक्षिण गोलार्धात आणि उत्तर गोलार्धात कधी कधी डाग निर्माण होतात. ते उत्तर आणि दक्षिण अक्षांश ३५° च्या जवळपास



आकृति १९ सूर्यावरील डाग

निर्माण होतात, मग त्याची संख्या वाढत जाते आणि डाग हळूहळू विषुववृत्ताकडे सरकत जाऊन सुमारे ५ अक्षांशावर नाहीसे होतात. दर ११ वर्षांनी एकदा त्यांची संख्या महत्तम होते. त्यानंतर ५-६ वर्षांनी ती पुन्हा लघुतम, मग ५-६ वर्षांनी महत्तम असा त्याचा क्रम चालू असतो. हे डाग जेव्हा आकाराने मोठे असतात किंवा सूर्यबिंबाच्या विस्तृत क्षेत्रावर असतात तेव्हा ते साध्या डोळ्यांनीहि दिसू शकतात. मात्र ते काजळलेल्या काचेनून पाहावे लागतात. वैषुव किरीट हे सामान्यतः या डागाच्या

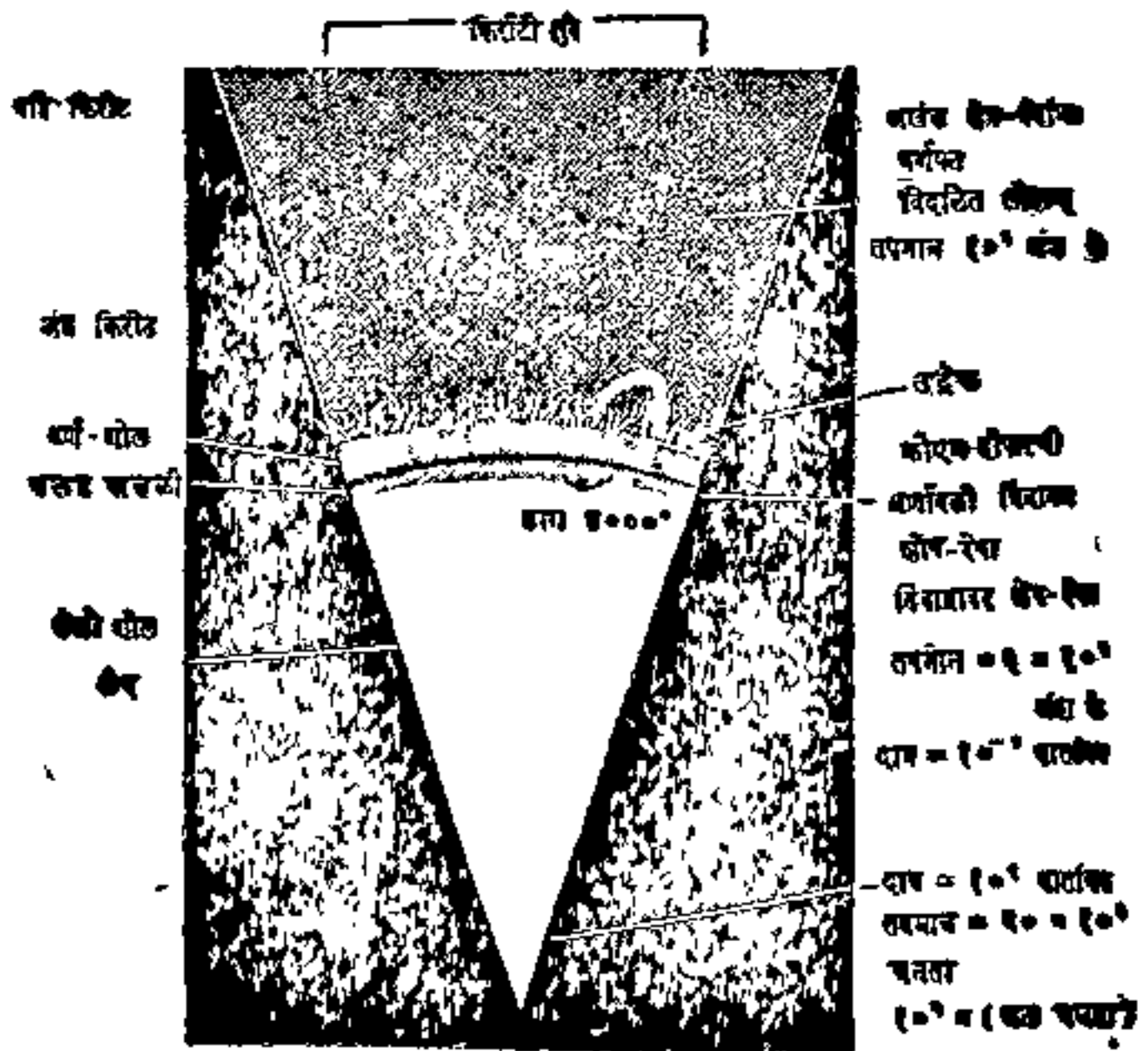
किमानतेपूर्वी एखाद-दुसरें वर्ष आधी, प्रकर्षाने दिसतात. तर ध्रुवीय किरीट हे डागाच्या महत्तेपूर्वी १-२ वर्षे दिसतात. आठवड्या-आठवड्यानी पाहात गेल्यास असें दिसते की, किरीटांच्या या पाकळ्यात निरनिराळापणा दिसत असतो. सापाने गिळलेल्या बेडूक जसजसा त्याच्या घशानून खाली जाया आणि त्याच्याबरोबरच सापाच्या बाह्य शरीराची फुगावटहि बदलत जावी, तसाच प्रकार या डाग-किरीटांच्या बाबतींत आढळतो. बिंबावरचे डाग आणि उद्रेक हे जसजसे सूर्यबिंबावर दक्षिणेकडे किंवा उत्तरेकडे सरकत जातात तसतशी किरीटाची फुगावटहि बदलत जाते. कधी कधी किरीटाची एखादी पाकळी पृथ्वीलादेखील स्पर्श करून जाते. अशा वेळीं पृथ्वीवरच्या उच्च वातावरणात मोठमोठाले उद्योत (ऑरोरा) दिसतात. कधी कर्बुकीय वादळेंहि निर्माण होतात.

अंतःकिरीट व बहिःकिरीट

वर जे किरीटाचे तीन प्रकार सांगितले तें त्याच्या निरनिराळ्या वेळच्या आकारावरून झाले. याखेरीज सूर्यबिंबापासूनच्या अंतराच्या दृष्टीने किरीटाचा तळवा आणि माथा असे दोन भाग पडतात, त्यांनाच अनुक्रमें अतःकिरीट आणि बहिःकिरीट असें म्हणतात. त्याची काहीशी कल्पना आकृति (२०) वरून येईल. येथे सूर्याच्या बिंबापासून मध्यापर्यंत एक उभा छेद घेतला असून त्यावर डाग, उद्रेक, अंतःकिरीट बहिःकिरीट, इत्यादिकांचीं स्थानें दाखविलीं आहेत. अतःकिरीटाची मर्यादा ही सूर्यबिंबापासून सुमारे १०'-१५' ची म्हणजे अर्ध्या सूर्यबिंबाएवढी असते.

आकृतीमध्ये जो अतःकिरीटाच्या पायथ्याशी असणारा ' गवताळ भाग दाखविला आहे त्याच्याकडे जर आपण वरून पाहिलें, म्हणजे जमिनीवर उगवलेल्या गवताकडे विमानातून पाहावें तसें सूर्यबिंबाकडे समोरून पाहिलें—तर तेथे तेजाळ गवताचें रान उगवल्याचा भास होतो. सूर्याच्या

अंगावरची ही जी तेजस्वी लव, तिच्यामधून कधी कधी लहान लहान पुट-कुळ्या उमटतात, त्याचीं गळवें बनतात. त्यामुळे सूर्याच्या कातडीला तिडिस



आकृति २० सूर्याचा उभा छेद (प्रमाणबद्ध नव्हे)

[एक वातावरण = पृथ्वीवरील वातावरणाचा दाब, $10^3 = 1000$
केल्विनतपमान = से - 273° .]

लागते. मग तीं गळवें फुटतात तेव्हा त्यांच्यातून तेजाच्या चिळकांड्या उडतात. त्यातलीच एक चिळकांडी 'उद्रेक' या नावाने येथे दाखविली आहे. या गळताळ 'गळवाचा' आणि किरीटाचा काही तरी संबध असावा असें दिसते.

किरीटाचा कांही प्रकाश हा लहानलहान वस्तुकणावरून परावर्तन पावलेला सूर्यप्रकाशाच असतो, असें वर्णादर्शांतून केलेल्या अभ्यासावरून दिसते. ग्रहाग्रहाच्या मधल्या अंतराळांतून अत्यंत सूक्ष्म असा धूरधुरळा पसरलेला आहे तो अत्यंत विरळ आहे. असाच धुरळा सूर्याभोवतालच्या वातावरणातहि असावा. त्यावरून हा प्रकाश पिस्कारला जात असावा आणि परावर्तनहि पावत असावा. पृथ्वीवरच्या-प्रयोगशाळेंत केलेल्या कांही प्रयोगावरून आणि गणिती अनुमानांवरून असें दिसते की कॅल्शियम, निकेल व आर्गन यांचे अणु १० ते १५ वेळा विदलित केले असता त्यांना जी स्थिति लाभेल त्या स्थितींतले हे अणु सूर्याच्या बहिःकिरीटात असावेत. एवढें विदलन घडण्याला तपमानहि प्रचंडच हवें, बहिःकिरीटाचें तपमान सुमारे १० लक्ष सें. असावें असें म्हणतात. बहिःकिरीटाच्या द्वारा कांही द्रव्य सूर्याला सोडून निघून जात असावें असें वर्णादर्शावरून दिसते.

किरीट कशाचा बनला असावा या बाबतींत आणखी कांही मते मांडलीं गेलीं आहेत, तीं सर्व विचारात घेतां किरीट हें एक अद्याप पूर्णपणें न उलगडलेलें कोंडेंच आहे असें म्हटलें पाहिजे.

एवंच, सूर्याचा किरीट ही प्रचंड तपमानाची व अल्पभारमानाची अशी माणसाला उपलब्ध असलेली एक नैसर्गिक प्रयोगशाळाच आहे. तिच्यातले प्रयोग तो स्वतःला पाहिजे तसें बनवूं शकत नाही. तथापि तेथे इतके विविध प्रयोग एकाच वेळीं चालू असतात की, ते नीट पाहावयाला जागरूक प्रेक्षकहि पुरे पडू शकणार नाहीत !

उद्रेक म्हणजे काय ?

खग्रास सूर्यग्रहणाच्या प्रसंगांच प्रथम दृष्टीला पडलेला दुसरा एक आविष्कार आहे, त्याला ' उद्रेक ' म्हणतात. हे उद्रेक म्हणजे सूर्याच्या



आकृति २१ सूर्यावरील उद्रेक

किरीटामधूनच बाहेर फुटलेले, जणू सूर्याच्या डोक्यावर तुरे खोवल्यासारखे दिसणारे, तेजाचे फवारे असतात. कधी कधी ते सूर्यावरील एखाद्या प्रचंड पर्वतासारखे दिसतात. त्याचा रंग तांबडा, गुलाबी, शेंदरी,

अत्रोलीसारखा किंवा यातल्या एकादोघाच्या मिश्रणासारखा दिसतो. सूर्यग्रहणाखेरीज एरव्हीदेखील आता उद्रेक पाहण्याची सोय झाली आहे.

किरीटाच्या तळव्याजवळ आणि बिंबाच्या कडेवर (आकृति २० पाहा) उद्रेक आणि डाग निर्माण होतात तेथे अविरतपणे तेजाची उल्लाढाल चालू असते.

स्थूलमानाने असे म्हणता येते की, उद्रेक हे सूर्याच्या वातावरणातले एक प्रकारचे 'दग'च असतात. अलीकडे त्याची सिनेमा-फिल्म घेऊन त्याचा अभ्यास झालेला आहे. पृथ्वीवरील दग हे हिमकणांचे किंवा जलबिंदूचे असतात, ते सर्व तरंगायामातल्या सूर्यप्रकाश पिस्कारून टाकतात. त्यातले जलकण वा हिमकण हे आकाराने मोठे असतात. उलटपक्षी सूर्यावरचे उद्रेक हे कढत व विरल वायूचे असतात. त्यांचे तपमान १०-२० हजार अंश (सें.) असते, ते अनेकवार विदलन पावलेल्या अणूंचे असतात. आभाळातून उचावरून खाली जमिनीवर पाऊस पडावा तसे उद्रेकातले तेजोवस्तु^१ सूर्याच्या पृष्ठभागाकडे धाव घेत असलेले दिसते. सूर्याच्या पृष्ठभागावरून आलेला प्रकाश ते प्राशन करतात आणि काही विवक्षित तरंगायामाचा प्रकाशच काढत तो ते स्वतः बाहेर फेकतात. हल्ली मोठमोठ्या दुकानात असणाऱ्या प्रकाश-नलिकांप्रमाणे किंवा मोठ्या शहरातील रस्त्यावर जागोजाग लावलेल्या ' मर्क्युरी ' दिव्यांप्रमाणे त्यांचा प्रकाश बहुधा एकवर्णी असतो. ते बहुधा हैड्रोजनचे आणि हेलियमचे असावेत असे दिसते.

१ तरंग + आयाम सर्व प्रकारचे तरंग त्याच्या लांबीच्या (आयामाच्या) भाषेत उल्लेखिले जातात.

२. येथे 'वस्तु' (वस्तु, व्याप्नोति) हा शब्द Matter या अर्थी असून तो नपुसकलिंगी आहे

१ कलंकनिष्ठ उद्रेक

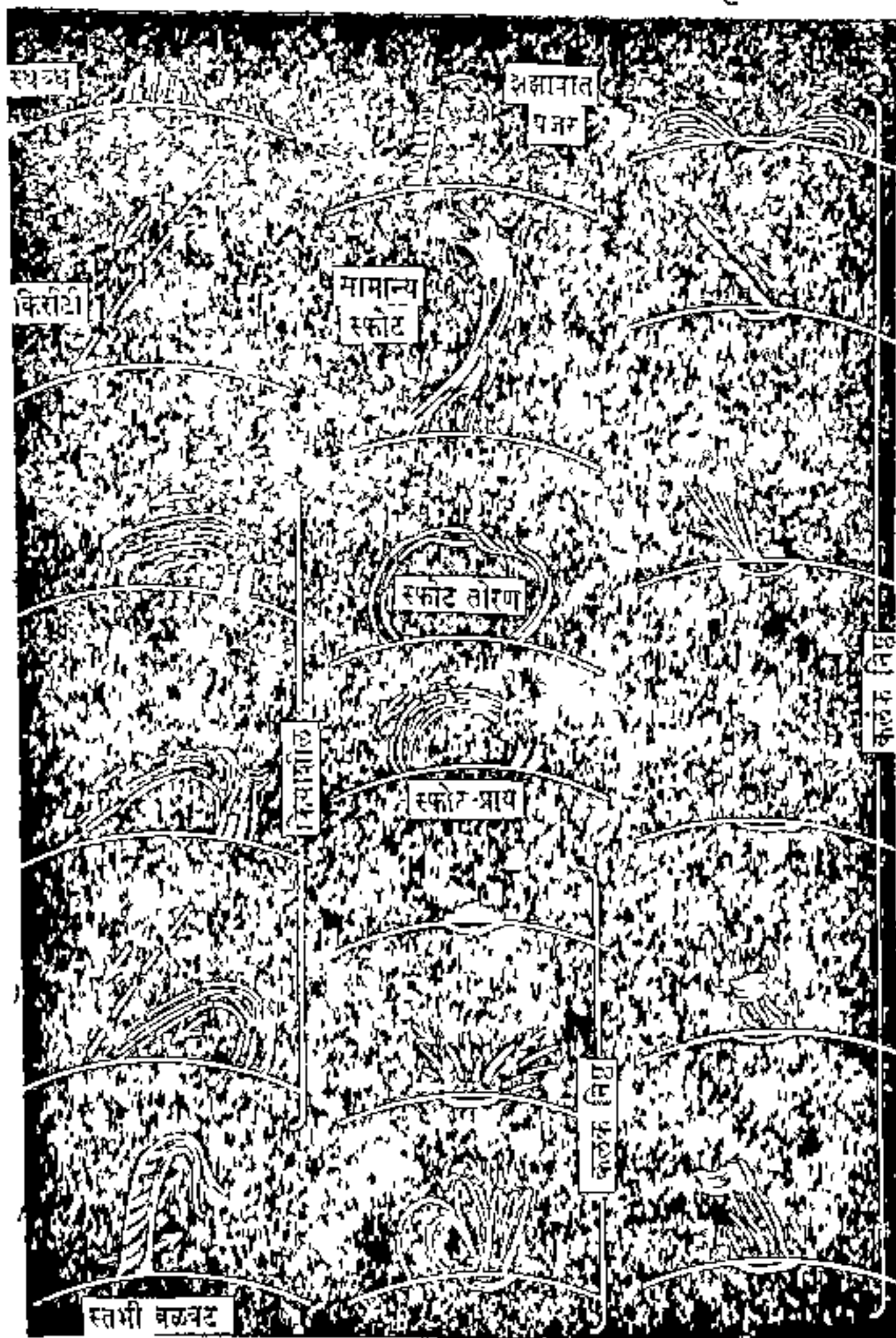
उद्रेकाची संख्या आणि सूर्यबिंबावरील त्यांचें स्थान यांच्या दृष्टीने त्याचा संबध सूर्यावरील डागाच्या एकादशवर्षीथ पर्ययकालाशीं जोडता येतो. डाग जेव्हा संख्येने कमीत कमी असतात त्याच्यानंतर एकदोन वर्षांनी उद्रेक हे सूर्याच्या उत्तर गोलार्धात सुमारे 30° अक्षाशावर जन्माला येतात. डाग जसजसे सूर्याच्या विषुववृत्ताकडे सरकत जातात तसतसे हे उद्रेकहि डागाच्या मागोमाग 10° चें अंतर ठेवून, सरकत जातात. त्याची संख्या आणि त्याचे आकार हे या टांपुंतल्या डागाच्या विस्तारावर अवलंबून असतात

दुसरे काही उद्रेक असे आढळतात की, ते डागाच्या किमानतेच्या सुमाराला सूर्यबिंबाच्या 45° अक्षाशावर सुरू होतात, आणि हळूहळू उत्तरेकडे 65° अक्षाशाकडे निघून जातात; तेथे ते डागाच्या महत्तेच्या सुमाराला जाऊन पोकतात.

या दोन्ही प्रकाराचा संबध सूर्यावरील डागांशीं असतो, म्हणून त्यांना आपण कलंकनिष्ठ उद्रेक म्हणू. ते जसे सूर्याच्या उत्तर गोलार्धात होतात तसेच ते दक्षिण गोलार्धातहि आढळतात. ते कधी कधी किरीटाबाहेर आलेल्या पताकासारखे दिसतात. कांहींचीं वेटोळीं असतात. कांहीं कमानीसारखे असतात. काही डागाच्या जवळपास तेजोवस्तूचे मोठे उचुग तरंग उचबळून येतात. ते बिंबाच्या कडेपासून १० कि. मी. उचीपर्यंत उठतात, आणि मग हळूहळू खचत जातात.

उद्रेकांचे इतर प्रकार

पेटिट नांवाच्या अभ्यासकाने शेकडो उद्रेकाचा अभ्यास करून त्याची वर्गवारी केली आहे (आकृति २२ पाहा). तिच्यावरून उद्रेकाचे चार प्रकार मानतां येतात. त्यातला एक प्रकार कलंकनिष्ठ उद्रेकांचा आहे तो वर सांगितलाच आहे.



किरीट प्रकार

आकृति २२ उद्रेक प्रकार

२. स्तब्ध उद्रेक

हे सूर्यविंवावर जेथे निर्माण होतात तेथे पुष्कळ काळपर्यंत रेंगाळत राहण्याकडे त्याचा कळ असतो. सूर्य स्वतःच्या अक्षाभोंवती सुमारे २५ दिवसांतून एक गिरकी पुरी करतो. अशा ५-६ गिरक्या पुऱ्या होईपर्यंत कित्येक स्तब्ध उद्रेक टिकून राहतात, मग ते फुटतात किंवा कधी कधी सूर्यविंवाला सोडून वेगाने दूर निघून जातात. १९४६ सालचा एक तलुवजा उद्रेक सुमारे ५ महिनेपर्यंत टिकून राहिला होता. विंवावर पसरत पसरत त्याची लांबी सुमारे ११ $\frac{१}{२}$ लक्ष मैलांपर्यंत, जाडी सरासरी ६००० मैल व उंची कित्येक ठिकाणी ६० हजार मैल होती. कधी कधी एखाद्या माळरानावर नागमोडी आडव्या तिडव्या मार्गाने पसरत गेलेल्या वृक्षराजीसारखे हे उद्रेक दिसतात.

काही डागांच्या दुतर्फा कधी कधी मद मद उद्रेकाचे वाफारे निघतात. त्यातूनच कालांतराने तेथे स्तब्ध उद्रेक बनतात

३. क्रियाशील उद्रेक

हे उच्च, वडापिंपळाच्या झाडासारखे उभे असलेले दिसतात. गिरण्यांच्या धुराड्यातून धूर निघावा त्याप्रमाणे यांच्या शिरोभागांतून तेजोद्रव्य निघत असते. तें थोडा वेळ आडव्या दिशेने जाते. मग ते एकदम मूर मारून पोहावयासाठी पाण्यात उडी घेणाऱ्या भाणसाप्रमाणे सूर्यविंवावरच्या एखाद्या विवक्षित स्थळाकडे धाव घेते. जणू तेथे एखादे आकर्षणक्षेत्रच निर्माण होऊन तेंच या उद्रेकाची शेंडी धरून त्याला आपल्याकडे खेचीत असते. जपजाप्य करावयाला बसलेल्या एखाद्या देवभक्ताने माळेचा एकेक मणी सरकवावा त्याप्रमाणे या उद्रेकाच्या एकेका रेषामार्गावरून (तेजोमार्गावरून) भपकान्यामागोमाग भपकारे उठतात, वर वर जातात आणि तिरप्या मार्गाने खाली घरगळत गेलेले दिसतात.

कधी कधी एखादा क्रियाशील उद्रेक इतका क्रियावान् बनतो की, तो समूळ उच वर उडी घेतो, आणि आपल्या आकर्षणकेंद्राकडे धाव घेतो.

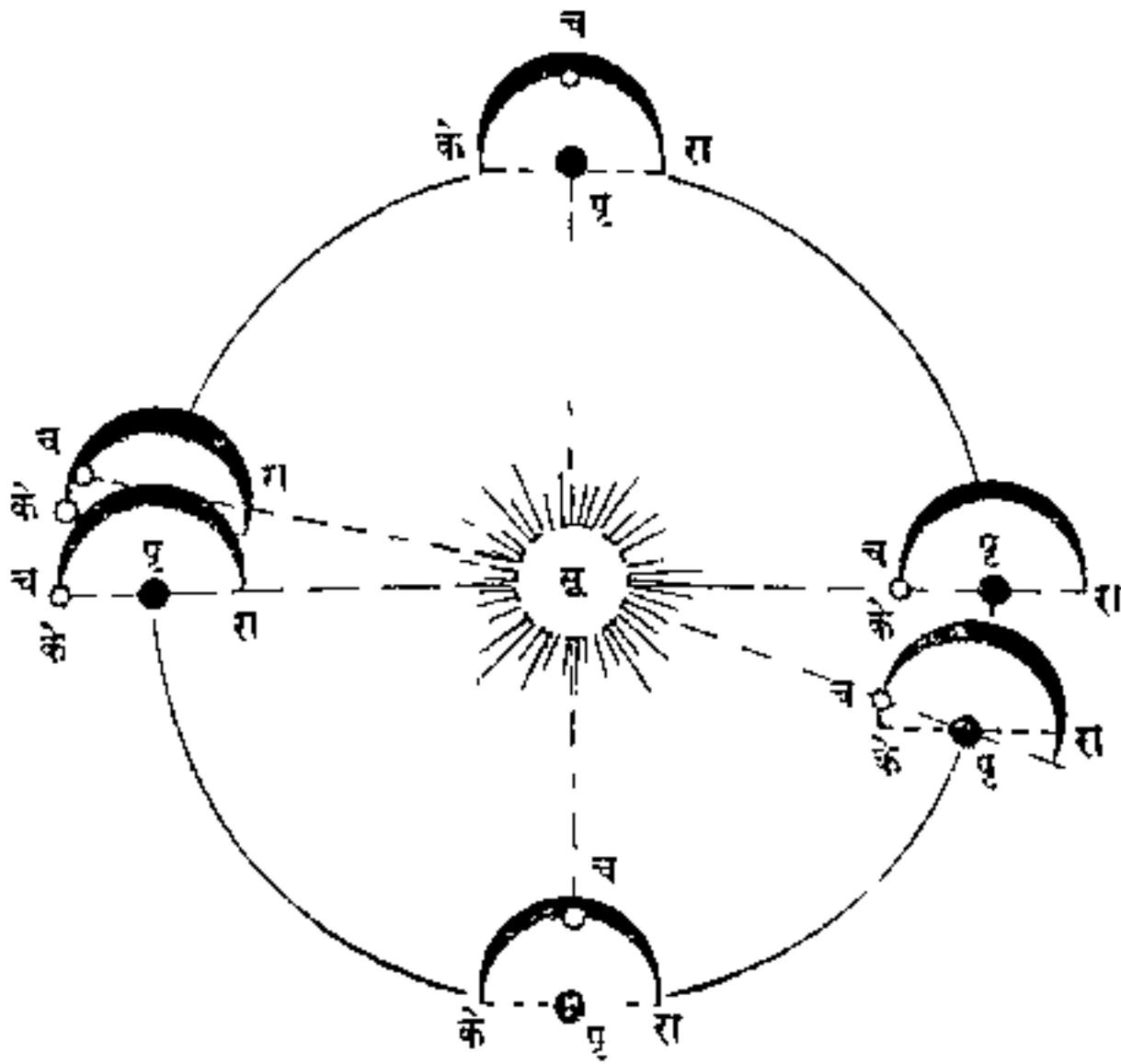
पुष्कळदा हे क्रियाशील उद्रेक विस्तृत कमानीसारखे दिसतात. अशा कमानी १८९३, १९२५ व १९२६ च्या खगोल ग्रहणात दिसल्या होत्या. एकाच वेळीं अशा तीन-तीन, चार-चार कमानी एकमेकांशीं जोडून असू शकतात. त्यातली मोठी कमान सूर्यबिंबापासून ५-६" पर्यंत उच जाऊ शकते. त्यामध्ये तेजोवस्तूचा ऊर्ध्व दिशेचा १ सेकंदाचा वेग १.७ कि. मी. आणि आडवा वेग ०.७ कि. मी. असतो, अशा कमानीमध्ये देखील वर सांगितलेली भक्कान्याची क्रिया चालू असते ?

४ स्फोटशील उद्रेक

एखाद्या कोपिष्ठ ब्राह्मणाने गळ्यातले जानवे तोडून डोक्यात राख घालून एकदम गृहत्याग करावा, त्याप्रमाणे काही क्रियाशील उद्रेकांमध्ये सूर्यावरील तेजोद्रव्य हे तडकाफडकी सूर्याला सोडून देऊन अतराळात धाव घेते. त्या वेळचा त्याचा वेग सेकंदाला ५० कि. मी. पासून ७२० कि. मी. पर्यंत असतो. हे झपाटदार, झझावाती उद्रेक म्हणजे गिरगिरत उठणाऱ्या वायूचे उभे स्तंभच असतात. त्यातले द्रव्य सूर्यबिंबापासून ८-१० लाख मैलांपर्यंत उडून प्रग तेथे ते विरून जाते किंवा माघारी सूर्यावर येते. सूर्यावरचे हे तेजोद्रव्य नेहमी तेथील गुरुत्वाकर्षण आणि तेजाचा दाब यांच्या कैचींत सापडलेले असते. त्याचा वेग जेव्हा सुमारे सेकंदागणिक ६२० कि. मी. होतो तेव्हा गुरुत्वाकर्षणाची पकड ढिली होते आणि ते सूर्याला सोडून जाते. त्यापेक्षा कमी वेगाचे द्रव्य पुन्हा माघारी सूर्यावर जाऊन पडते. कधी कधी हे द्रव्य उलटेंसुलटें भिरभिरत चाललेले दिसते.

ग्रहणांची फोड

या जस्तारी भाषेचें कारण आकृति १० वरून स्पष्ट होईल. येथे सूर्याभोवती फेरी घालण्याचा पृथ्वीचा मार्ग एका मोठ्या वर्तुळाने दाखविला



आकृति १० ग्रहण-विवेक

असून त्या मार्गावरून पृथ्वी जात असतांनाच्या तीन तीन महिन्यातल्या चंद्राच्या सहा अवस्था दाखविल्या आहेत. चंद्राची पातळी पृथ्वीच्या मार्गाशी थोडी ($5\frac{1}{4}$ अंशानी) कललेली आहे, ती येथे लहान अर्धवर्तुळाने दाखविली आहे. यातली तळाकडची आकृति ही क्रमाक १ ची असून उजवीकडून, वरून, डावीकडे अनुक्रमे क्र २, ३, ४, ५ व ६ आहेत त्यातल्या १ २ व ३ या अवस्था तीन अमावास्याच्या आहेत, आणि ४, ५ व ६ या पौर्णिमांच्या अवस्था आहेत.

दोन-तीन इची दुर्विणींतून सूर्यबिंबाकडे पाहिलें तर तेथे जसे डाग दिसतात, तशाच अनुकूल परिस्थितींत ल्हान ल्हान दिवट्याहि दिसतात. पृथ्वीवर बाँब उडाला म्हणजे जसे हवेंत जोरदार तरंग निर्माण होऊन ते हवेंत सर्वत्र पसरतात, तसेंच सूर्यावर देखील या दिवट्यांच्या स्थळीं म्हणजे जेथून उद्रेक निर्माण होतात त्या स्थळीं, आघाततरंग निर्माण होत असावेत. त्यामुळे उद्रेकांमध्ये उत्तरोत्तर चढतें तपमान निर्माण होत असावें असें एक आधुनिक मत आहे. तथापि या बाबतींत मतैक्य नाही.

एकंदरींत विचार केल्या तर सूर्यावर हे उद्रेक निर्माण व्हावयाला कारणीभूत होणारी निश्चित शक्ति कोणती, ते एवढ्या उंचीपर्यंत जातात कसे, तेथे ते टिकतात कसे, त्यातल्या कित्येकांचे दग बनतात कसे, काही-जणांचेच तेवढें द्रव्य माधारीं वळून का येतें, तें विवक्षित स्थळींच कां येतें, पावसासारखें तें सर्वत्र विसरून का पडत नाही या मुद्द्यावर काही फुटकळ मतें कोणीं मांडलीं असलीं तरी सर्वांना मुखूत्रपणें एकत्र गुफणारी विचाराची साखळी अद्याप तयार व्हावयाची आहे. हे मुद्दे अद्यापहि गूढ आहेत.



कोणत्या घटनेचा उपयोग कोणत्या कामीं करून घ्यावा हे केवळ माणसाच्या अगच्या योजनाचातुर्यावरच अवलंबून असते. सुप्रसिद्ध गणिती आइन्स्टाइन याने मांडिलेल्या सापेक्षतासिद्धान्ताचा अंशतः पडताळा घेण्याच्या कामीं खग्रास सूर्यग्रहणाचा उपयोग झालेला आहे; ही एक ऐतिहासिक घटना आहे. हा उपयोग कसा होऊ शकला हे पाहण्याजोगे आहे.

सापेक्षता

आइन्स्टाइनने १९०५ सालीं आपला 'मर्यादित सापेक्षता सिद्धान्त' मांडिला. त्याचें म्हणणें थोडक्यात असें की, जगात कोठेहि नितान्त, किंवा 'स्वयसिद्ध' गति आहे असें प्रयोगाने दाखवून देणें हे निसर्गतःच अशक्य आहे. याचा अर्थ असा की, आपल्या अनुभवाला येणारी सर्व गति ही 'सापेक्ष' आहे. दुसऱ्या कशाशी तरी तुलना करावी तेव्हाच कोठे ती आपल्या प्रत्ययाला येते. पृथ्वी, चंद्र, सूर्य, तारे, त्यांचे भागविभाग, त्यांच्यावरील द्रव्यसंचय इत्यादि पसान्यापैकी कोणतीतरी एक जोडी जेव्हा घ्यावी आणि या जोडीतला एकजण 'स्थित' आहे असें जेव्हा मानावें तेव्हाच काय तो दुसरा 'चल' आहे हे बहुधा प्रयोगाने दाखविता येतें. एरव्ही या दोहोंतला नक्की 'स्थित' कोण आणि नक्की 'चल' कोण हे सांगणें अशक्य आहे.

स्थल-काल

सामान्य व्यवहारात आपण 'स्थल (किंवा अवकाश) आणि काल ' हीं भिन्न भिन्न आणि स्वयसिद्ध म्हणजे स्वतंत्रपणें आपापल्या पायांवर

उभीं राहू शकणारीं मानितों. पण अमळ विचार केला तर ध्यानात येतें की, कालाचे मोजमाप करावयाला जेव्हा आपण सुरुवात करतो तेव्हा, अखेरपक्षी आपण स्थळास्थळातलें अंतर मापावयासाठी वापरावयाची जी 'फूटपट्टी', तिच्याशींच येऊन ठेपतो. सावलीवरून वेळ ठरवावयाची असते तेव्हा आपल्याला सावलीची लांबी मोजीत राहावें लागतें. घटिका-पात्रावरून वेळ ठरवताना त्या पात्रात किती घनफूट पाणी शिरले हें पाहावें लागतें. घड्याळावरून वेळ मोजताना काट्याकाट्यातलें कोनात्मक अंतर पाहावें लागतें.

सत्य म्हणजे काय ?

आपलें सर्वच ज्ञान हें मुळीं आपापल्या अनुभवावर किंवा आपल्या भोवताली घडत राहणाऱ्या 'घटना'वर अवलंबून असतें. आपला एकेक 'अनुभव' म्हणजे आपापल्या मेंदूवर उमटलेला एकेक ठसा असतो. यातले काही ठसे अगदी थोड्या अवधीत उमटतात तर काहींना दीर्घावधि लागतो. काही ठसे खोल उमटतात; दुसरे कित्येक पुसट असतात. येथे आपण अगदी नकळतच असें गृहीत धरतो की, स्थळास्थळाचें ज्ञान हें काळाखेरीज घडत नाही. आपला प्रत्येक अनुभव हा या स्थलकालांच्या जाणिवेतूनच उद्भवलेला असतो. माझें ज्ञान हें माझ्या अनुभवांवर आधारलेलें असतें. तुमचें ज्ञान हें तुमच्या अनुभवांवर असतें. हे जे आपण सर्वजण अनुभव घेणारे, ते एके ठिकाणीं म्हणजे केवळ पृथ्वीवरच असतो. इतरत्र कोठे, चंद्रमंगळावर कोणी असल्यास त्याची आपल्याला माहिती नाही. त्याच्या अनुभवाचें ज्ञान आपल्याला नाही. म्हणून आपल्या सर्वांच्या, म्हणजे पृथ्वीवर असणाऱ्या अनुभोक्त्याच्या (अनुभव घेणाऱ्याच्या) ज्ञानाचा जो महत्तम साधारण विभाजक (म. सा. वि.) त्यालाच आपण शास्त्राच्या भाषेत 'सत्य' असें म्हणतो. आपापलें वैयक्तिक अवलोकन किंवा 'वेध' हे जेव्हा या 'म. सा. वि.' च्या जवळपास येतात,

तेव्हा ते 'सत्य' आहेत, 'खरे' आहेत, असे आपण म्हणतो. त्याच्यापासून ते वैयक्तिक वेध जितके अधिकाधिक दूर तितके ते अधिक चुकीचे.

सापेक्ष सत्य

आइन्स्टाइनचें म्हणणें असें की, प्रत्येक द्रष्ट्याचें—म्हणजे पाहणाऱ्याचे किंवा अनुभव घेणाऱ्याचें—'सत्य' आणि त्या द्रष्ट्याने घेतलेलीं मोजमापें, हीं केवळ त्या त्या द्रष्ट्याच्या भोवतालच्या परिस्थितीतच काय ती 'सत्य' असतात. या दृष्टीने विचार केल्यास पृथ्वीवरील माणसाने ठरविलेलें 'सत्य' आणि शुक्र, मंगळ, चित्रा नक्षत्राचा तारा, विशाखा इत्यादि ग्रहनक्षत्रावरील माणसानी ठरविलेलीं 'सत्यें' हीं निरनिराळीं असू शकतील. निसर्गांतला आपला स्थलकाल हा नेहमी चतुर्मितियुक्त (चार मापानी युक्त) असतो. डावा-उजवा, मागे-पुढे, वर-खाली, आधी-नंतर, या शब्दांच्या जोड्या आपण वापरतो त्यावरूनच ध्यानात येईल की, आपण सर्वजण चतुर्मित स्थलकालाशीं चांगलेच परिचित असतो. यातलीं जीं पहिलीं तीन मानें त्यानाच आपण लावी, रुंदी आणि उंची याचें बनलेलें 'त्रिमितियुक्त' मान म्हणतो. अमुक एखादा पदार्थ कोठे आहे हें जेव्हा आपल्याला सांगावयाचें असतें, तेव्हा आपण या निर्मितीचा उपयोग करतो, आणि 'माझ्यापासून अमुक इतक्या अंतरावर अमक्या दिशेला, डाव्या-उजव्या बाजूला अमुक इतक्या उंचीवर तो आहे' असें आपण म्हणतो. तोच पदार्थ चतुर्मितीयुक्त विश्वांत कोठे आहे हें जेव्हा सांगावयाचें असतें तेव्हा प्रत्येक क्षणाला, तो ज्या निरनिराळ्या ठिकाणीं, निरनिराळ्या अवस्थान असेल त्याचा निर्देश करावा लागतो.

प्रत्येक क्षणाला, प्रत्येक स्थळागणिक फेरबदल होत असलेल्या एखाद्या भागांत जेव्हा द्रष्टा उभा असतो, तेव्हा त्याला त्याच्या स्वतःच्या भोवतालचा विश्वविभाग तेवढाच काय तो महत्त्वाचा वाटतो. त्या

विभागाच्या अनुरोधानेच तो बोलतो.^१ अशा या विश्वात, पृथ्वीसारख्या एका ठिकाणा उभें राहून ऐझॅक न्यूटनला जें काही दिसलें त्यावरून त्याने सक्कली (गुरुत्वाकर्षणा) चा सिद्धान्त माडला. पण त्या सिद्धान्ताने सुचविलेलें जें आकर्षणाचें कार्य, तें कसें घडतें ? तें प्रकाशाच्या वेगाने घडतें की क्षणमात्रात अनंत वेगाने घडतें ? हें त्याने सांगितलें नाही. प्रकाशाच्या बाबतींतहि न्यूटनने असें मांडिलें की, तो 'कण' रूपाने धावतो. त्यानंतर हायगेन्स वगैरेंनी दाखवून दिलें की, तो तरंगरूपाने जात असला पाहिजे. मॅक्सवेलने दाखवून दिलें की, विद्युत्कर्षुकीय क्षोभ (चुचकीय वादळें) देखील प्रकाशाच्या वेगाने जातात. इतकेंच काय, पण त्या दोघाची जातकुळी एकच आहे. क्ष-किरण, फोटोग्राफिक प्रकाश, दृष्टिगम्य प्रकाश, उष्णता, रेडिओतरंग हे एकाच जातीचे आविष्कार आहेत. ते सर्व तरंगरूप आहेत. त्या प्रत्येकाच्या तरंगाचे आयाम (लाटाची लांबी) निरनिराळे आहेत एवढेंच. बाजाच्या पेटींतल्या सुराचीं जशीं निरनिराळीं सप्तके असतात, तसाच काहीसा प्रकार क्ष-किरण, प्रकाश, उष्णता, इत्यादिकाचा असतो.

१ आइन्स्टाइनने जे विश्व कल्पिलें आहे तें केवळ अशा एकेकट्या द्रष्ट्याचें विश्व नव्हे. त्याचा सापेक्षतावाद हा सर्व द्रष्ट्याच्या अनुरोधाने पाहतो आणि सागतो की, "निसर्गांत स्थलकाल भिन्न मानणें कठीण आहे. निसर्गांतल्या कोणत्याहि पदार्थाला आकृति नाही सरळपणा आणि वाकडेपणा यात फरक नाही तथे दोन रेपामधला कोन मोजता येत नाही." आइन्स्टाइनचें हें जें विश्व आहे तें आपल्या नेहमीच्या अनुभवातलें विश्व नव्हे तें केवळ कल्पनेच्या क्षेत्रांतलें आहे नेहमीच्या व्यवहारांत ज्याला आपण काल म्हणतो तें याचें चौथें अंग नव्हे, काल $\times \sqrt{-१}$ हें तें चौथें अंग आहे त्यामुळे हें काल्पनिक विश्व गणिताच्या भाषेंतच केवळ सागता येतें.

संक्रष्टीचें स्वरूप

आता तर असेंहि आढळून आलें आहे की, प्रकाशालासुद्धा वस्तुमान आहे. त्यालाहि दाब आहे. तो प्रयोगशाळेंत मोजता येतो. सूर्याच्या किरीटमध्ये, धूमकेतूच्या शेपटींत, तसेंच काही मोठ्या विस्तारलेल्या तान्यावरहि या दाबाचें अस्तित्व जाणवतें. हें सर्व ध्यानात घेऊन, सर्व विश्वाला लागू पडणारें असें एक 'वस्तुतेज'समीकरण आइन्स्टाइनने माडलें.^१ हें समीकरण आणि आइन्स्टाइनचा सापेक्षता सिद्धान्त, या दोहोंवरून मानता येण्याजोगें एक गृहीत कृत्य आहे. तें असें की, गुरुत्वाकर्षणाचें क्षेत्र हा केवळ 'आभास' आहे.

पडत्या माणसाचा संदेश

खुद्द न्यूटनला जसा गुरुत्वाकर्षणाचा साक्षात्कार घडण्याला झाडा-वरून खाली पडणारें एक फळ कारणीभूत झालें असें म्हणतात, तद्वतच आइन्स्टाइनलाहि या 'आभासा'चा साक्षात्कार घडण्याला उच इमारतीवरून खाली जमिनीवर आपटल्यावरहि जिवंत राहिलेला एक माणूस कारणीभूत झाला, असा प्रवाद आहे. 'खाली पडताना तुला काय वाटलें ?' असा प्रश्न विचारून तदनुरोधाने आइन्स्टाइनने त्याच्याशीं कांही चर्चा केली. तेव्हा त्याला असे आढळलें की, खाली पडण्याची क्रिया चालू असताना या माणसाला विशेष अशी कोणतीच भावना झाली नव्हती. अशा 'अनिर्बद्ध' स्थितींतल्या या गतिमान् माणसाला झेलून धरण्यासाठी वाटेंत जर पृथ्वी आड आली नसती तर त्याने जो मार्ग स्वीकारला असता त्याला

१ हें समीकरण असे

ते = व प्र^२

ते = तेज (अर्गज् मध्ये)

व = वस्तुमान (ग्राम्समध्ये)

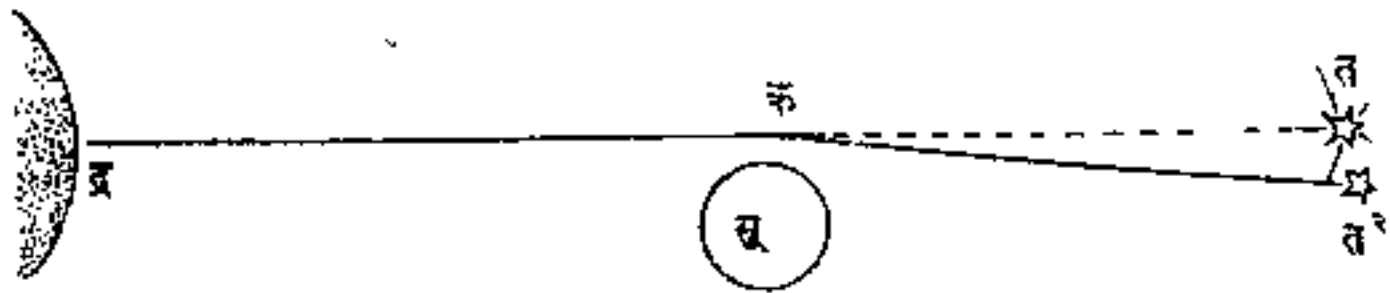
प्र = प्रकाशाचा वेग, 3×10^{10} सेंटिमीटर, प्रत्येक सेकंदास

आइन्स्टाइनने 'जिओडेसिक' मार्ग असें नाव दिलें. कोणत्याहि वस्तुकणाची जी विश्वरेषा म्हणजे चतुर्मित विश्वातल्या त्याच्या क्षणोक्षणीच्या सर्व स्थितींना जोडणारी जी रेषा, तिच्या सान्निध्यात दुसरा एखादा पदार्थ येईपर्यंत ही रेषा अविचलितच राहते. ती जेव्हा अशा पदार्थाच्या सान्निध्यात येते, तेव्हा ती थोडी त्याच्याकडे वाकते. असें जेव्हा घडते तेव्हाच आपण म्हणतो की, या दुसऱ्या पदार्थाच्या आकर्षणक्षेत्रात किंवा आकर्षणाच्या कक्षेत पहिला पदार्थ आला. ही विचारसरणी मान्य केली म्हणजे मग सकृष्टि (गुरुत्वाकर्षण) हें इतर कोणत्याहि प्रकारच्या 'प्रेरणांहुन' किंवा 'खेची'हुन कोणत्याहि प्रकारें भिन्न आहे असें मानण्याची गरज राहात नाही. अशा रीतीने, आइन्स्टाइनच्या मतानुसार सकृष्टि (गुरुत्वाकर्षण) म्हणजे केवळ भूमितीच्या दृष्टीने घडणारी, अनिर्वध पदार्थाची एक प्रकारची विकृतिच असते. साहजिकच मग, प्रकाशकिरण जेव्हा एखाद्या मोठ्या पदार्थाजवळून जाईल तेव्हा तो किरण त्या पदार्थाजवळ अमळ वाकेऊ. इतर पदार्थांप्रमाणेच प्रकाशालाहि वस्तुमान आहे असे मानलें म्हणजे मग न्यूटनच्या नियमानुसार जें या मोठ्या पदार्थाचें आकर्षण या प्रकाशावर घडावयाचें, त्या आकर्षणाच्या खेचीइतकाच हा वाक येईल याला आपण सकृष्टीचा (गुरुत्वाकर्षणाचा) वाक म्हणूं.

प्रकाशाची ढळणूक

वर जें आपण चतुर्मितियुक्त विश्व म्हणून सांगितलें, त्याचा धर्म म्हणूनहि हा किरण वाकेल. हा त्याचा वाक आणि गुरुत्वाकर्षणाचा वाक हे निरनिराळे आहेत. आइन्स्टाइनचें म्हणणें असें की, कोणत्याहि पदार्थाचा वेग जोपर्यंत लहान असतो तोपर्यंत, न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाने एरव्ही जो हा पदार्थ आपल्या मार्गाने जावयाचा त्या मार्गापासून तो किती ढळला हें काढतां येतें. पण त्याचा वेग जेव्हा प्रकाशाच्या वेगाएवढा असतो

तेव्हाची त्याची दळणूक (च्यवन) ही न्यूटनच्या नियमानुसार येणाऱ्या दळणुकीच्या दुप्पट असते. उदाहरणार्थ, कोणत्याहि तान्याचा किरण जेव्हा सूर्याला घसरून जातो तेव्हा या किरणाचे 'च्यवन' हे १ ७५" असावयाला पाहिजे. तें तसे प्रत्यक्ष मोजमापांनी सिद्ध करता आले तर आइन्स्टाइनच्या विचारसरणींतला एवढा हा धागा सिद्ध झाला असे म्हणता येईल.



आकृति २३ : सूर्याजवळ घडणारा तारका-प्रकाशाचा वाक

'द्र' येथील द्रष्ट्याला त^१ येथील तारा त^२ येथे दिसतो. सूर्य तेथे नसता तर तारा द्र त^१ या दिशेला दिसला असता.

आता, तान्याचा किरण म्हणून जो म्हटला, तो झाला तरी सूर्याजवळून आपल्याकडे येत असताना त्याचा अलगपणा कसा ओळखून काढावयाचा? सूर्य उगवताच त्याच्या प्रकाशाच्या झगझगाटात सवध आकाशांतले तारे लोपून जातात. पूर्वेकडे सूर्य उगवला की पश्चिमेकडेचे तारे देखील दिसनासे होतात. तर मग सूर्याला खेटून येणारा तारका-प्रकाश कसा दिसावा आणि त्याची दळणूक तरी कशी मोजावी?

'सापेक्षते'चा पाठपुरावा

यासाठी खग्रास सूर्यग्रहणाची पर्वणी साधतां येते; तशी ती अनेकदा साधली गेलीहि.

मे महिन्याच्या २९ तारखेला सूर्य वृषभ राशींतल्या कांही ठळक तान्याच्या जवळ आलेला दिसतो. वरीलसारख्या वेधासाठी ठळक ठळक तारे निवडणेंच विशेष तोडचें असतें. म्हणून २९ मे १९१९ च्या

खग्रास सूर्यग्रहणाचे आणि सूर्याभोवतालच्या तान्याचे अनेक फोटो घेण्यात आले. तसेच ते, सूर्य तेथे नव्हता त्या वेळचे, म्हणजे नुसत्या तेथल्या तान्याचेहि घेतले गेले. त्यावरून असें दिग्मून आले की, ग्रहणाच्या वेळचीं जवळपासच्या तान्याचीं स्थानें आणि इतर वेळचीं स्थानें यांच्यामध्ये जी सूक्ष्म तफावत दिसत होती ती सापेक्षतावादाला अपेक्षित असणाऱ्या च्यवत्ताच्या जवळपासच येत होती. यानंतरच्या काही ग्रहणातूनहि या गोष्टीचा पडताळा घेण्यात आला. तथापि अद्यापहि कित्येक ज्योतिर्वेत्त्यांचें या पडताळ्यांमुळे समाधान झालेले नाही. त्याचें म्हणणें असें की, व्यक्तिदोष आणि साधनदोष याच्यामुळे कोणत्याहि वेधात येणारी जी चूक, तिच्याहून ही दळणूक फारशी भिन्न नाही. यासाठी आजच्याहून अधिक सूक्ष्मग्राही वेधसाधनें हवींत.

आइन्स्टाइनच्या विचाराची कसोटी आणखी एका रीतीने ज्योतिःशास्त्रात घेतली गेली आहे. ती बुधाच्या कक्षेला अनुलक्षून आहे. तिचा विचार पुढील प्रकरणांत करू.



सूर्यकुल

सूर्यकुलात एकदर नऊ प्रमुख ग्रह आहेत. त्यांतले बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरु आणि शनि हे सहा ग्रह फार प्राचीन काळापासून आपल्या परिचयाचे आहेत. मात्र त्या काळीं पृथ्वीला ग्रह न मानतां सूर्य हाच पृथ्वीभोवती फेऱ्या घालणारा एक ग्रह म्हणून मानिला जाई. युरेनस्, नेपच्यून आणि प्लूटो ही त्रयी गेल्या पावणेदोनशे वर्षांत सापडलेली आहे. ती साध्या डोळ्यांनी दिसत नाही.^१

बुधाचें वैशिष्ट्य

या सर्व ग्रहांपैकी बुधाचें काहीएक वैशिष्ट्य आहे. सर्व ग्रहात तो सूर्याला अधिक जवळ (सुमारे ३ कोटि ६० लक्ष मैलावर) आहे. त्याचा कक्षागत वेग, म्हणजे आपल्या मार्गाने जात राहण्याचा वेग, सर्वांत अधिक आहे. त्याचें वस्तुमान सर्वांत कमी — पृथ्वीच्या $\frac{४}{५००}$ — आहे. प्लूटो आणि ईरॉस (हा एक लघुग्रह आहे) हे दोन वगळले, तर त्याचा सूर्याभोवतीचा मार्ग — यालाच 'कक्षा' म्हणतात — हा सर्वांत लांबोडका आहे. तसेंच या दोघाना वगळल्यास त्याच्या या मार्गाचा पृथ्वीच्या मार्गाशीं असलेला कलही सर्वांत अधिक आहे. या दोन्ही गुणामुळे, म्हणजे कक्षेचा लांबोडकेपणा आणि कल यामुळे, दीर्घकालपर्यंत त्याने ज्योतिर्वेत्त्याचें सूक्ष्म लक्ष आपल्याकडे वेधून घेतलेले आहे.

१ त्यातला एकटा युरेनस् हा अनुकूल परिस्थितीत साध्या डोळ्यांनी दिसू शकतो उरलेल्या दोघांना दुबिणी लागतात

बुधार्ची कोष्टके

इतर ग्रहांच्या गर्तीची जशी कोष्टके आता उपलब्ध आहेत, तशीच तीं बुधार्चीहि आहेत. हीं बुधार्चीं कोष्टके प्रथम १६२७ साली जर्मन ज्योतिर्वेत्ता केप्लर याने बनविलीं. त्यानंतर तीं लव्हेरियर याने अधिक सूक्ष्म बनविलीं. तीं बनविताना त्याने १८०१ ते १८४२ पर्यंतचे पॅरिस वेधशालेंतून घेतलेले बुधाचे वेध उपयोगांत आणले. अर्थातच हे वेध केवळ पॅरिसच्या मध्यमडळावरून^१ बुध जात असतानाच्या वेळचे होते. १८३१ नंतरच्या काळात जेव्हा सूर्यबिंबाला ओलाइन बुध गेला तेव्हाचेहि वेध त्याने विचारात घेतले. या सर्वांवरून निष्कर्ष निघाला तो असा की, बुधकक्षेचा महाक्ष (आकृति २४ मध्ये 'अ आ') हा गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमानुसार जेवढा प्रतिवर्षी पुढे पुढे झुकत जायवाचा — म्हणजे अ आ कडून अ, आ, कडे वळावयाचा — त्यापेक्षा तो प्रत्यक्ष १०० वर्षांत ३८" नी म्हणजे प्रतिवर्षी ० ३८" नी अधिक पुढे झुकतो. हें झालें प्रत्यक्ष वेधाना अनुलक्षून बोलणें.

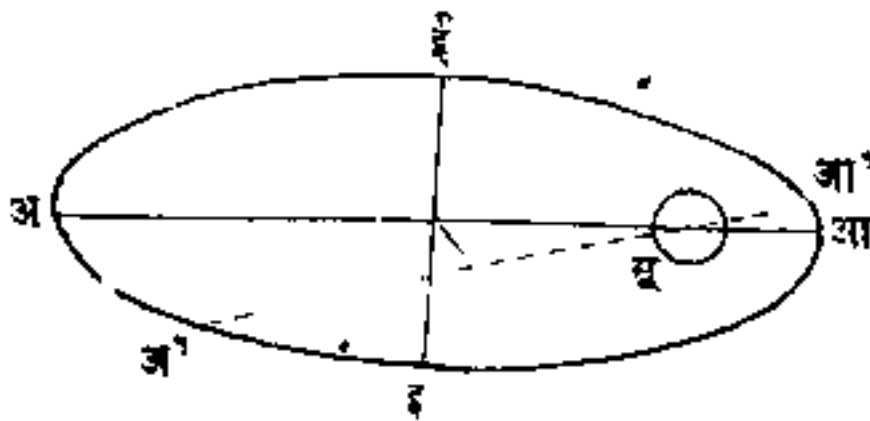
अक्षाचा झुकाव

केप्लरने आणि न्यूटनने मिळून जे ग्रहांच्या गतिविषयींचे नियम बांधले त्याचा इत्यर्थ असा आहे की, प्रत्येक ग्रह सूर्याभोवती जी फेरी घालतो तिचा मार्ग विवृत्ताकृति, म्हणजे अमळ लांबोडक्या वर्तुळाचा असतो या विवृत्ताचे जे दोन अक्ष — आकृति २४ मध्ये 'अ आ' हा महाक्ष आणि ईई हा लघुअक्ष — त्यांच्या दिशा खरोखरी नेहमी कायम, स्थिर असल्या पाहिजेत. पण या पद्धतीने जेव्हा एकेका ग्रहाचा मार्ग विचारात घेतला

१ उत्तर ध्रुवतारा, ख-स्वस्तिकबिंदु (पाहणाऱ्याच्या थेट डाक्यावरचा बिंदु) आणि दक्षिण ध्रुव याच्यामधून जाणार, उभें, दक्षिणोत्तर वृत्त

जातो तेव्हा जणू काय सूर्य आणि तो ग्रह एवढेच काय ते अस्तित्वात आहेत असें मानून त्यांच्या परस्पर आकर्षणाचाच तेवढा विचार होतो. खरें पाहिलें तर इतर ग्रह देखील, दूरदूर अंतरावरून का होईना पण सूर्याभोवती फेऱ्या घालीत असतातच. त्यांच्यावर जसें सूर्याचें आकर्षण प्रभावी असतें, तसेंच त्याचें एकमेकांचे आकर्षण एकमेकांवरहि असतेंच. याचा सकलित परिणाम घडून प्रत्येक ग्रहकक्षेचा 'अ आ' हा महाक्ष अमळ पुढे अ'आ' कडे झुकतो. अर्थातच लघु अक्षहि तितकाच पुढे झुकतो.

लव्हेरियरनंतर सुमारे २५-३० वर्षांनी सायमन न्यूकम या अमेरिकन ज्योतिर्वेत्त्याने या प्रश्नांत अधिक लक्ष घातलें. त्याने एकट्या



आकृति २४ विवृत्ताचीं अंशें

अआ, महाक्ष, इ ई लघु अक्ष, सू येथे एक केंद्र, आ उपसूर्यबिंदु, अ अपसूर्यबिंदु

बुधाचे सुमारे ५५०० वेध गोळा केले. याखेरीज शुक्र, पृथ्वी, मंगळ यांचे सुमारे ५४,५०० वेध विचारांत घेतले. त्यांवरून असें आढळलें की, वर जो न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणनियमानुसार येणारा महाक्षाचा 'झुकाव' म्हणजे तो गणिताने जेवढा येतो त्यापेक्षा प्रत्यक्षांतला झुकाव,

१ यालाच बुधाच्या उपसूर्य बिंदूची (म्हणजे आकृति २४ मध्ये 'आ' हा जो सूर्याला विशेष जवळचा बिंदु आहे त्याची) गति, असेंहि म्हणण्याचा प्रघात आहे.

दर शभर वर्षांगणिक $४१६'' \pm १४''$ नी अधिक भरतो. यानंतर अमेरिकन बॉटिकल अल्मानाक कचेरीचा प्रमुख कीलेमेन्स याने १७६५ ते १९३७ पर्यंतचे बुधाचे सुमारे १०४०० वेध, तो मध्यमडळातून जात असतानाचे, विचारात घेतले. तसेंच १७९९ ते १९४० पर्यंतचीं बुधाचीं १७ अधिक्रमणें^१ विचारात घेतलीं, आणि बुधाच्या गतीचा सूक्ष्म विचार केला. या सर्वांच्या विचाराचा इत्यर्थ असा की, बुधाचा उपसूर्यबिंदु हा केवळ इतर ग्रहांच्या आकर्षणाने जेवढा पुढे झुकावयाला हवा, त्यापेक्षा तो सुमारे $४२५६''$ अधिक पुढे झुकतो.

नेपच्यून आणि प्लूटो या दोन नव्या ग्रहांचा जो शोध अलीकडे लागलेला आहे तो या, वर दिलेल्या, विचाराच्या पद्धतीतूनच आलेला आहे, म्हणजे असें की, सूर्य आणि एखादा ग्रह यांच्यापुस्ताच विचार केला तर गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमानुसार तो तो ग्रह त्या त्या वेळीं जेथे खरोखरी असावयास हवा होता, त्यापेक्षा प्रत्यक्षांत तो अमळ मार्गेपुढे आढळू लागला. तेव्हा साहजिकच विचार सुचला की, नवा एखादा, आपल्याला माहित नसणारा, ग्रह कोठेतरी असावा, की ज्याच्या आकर्षणाचा परिणाम आपल्या या ग्रहावर होत राहिल्यामुळेच तो ग्रह मार्गे मार्गे रेंगाळत असावा किंवा पुढे पुढे जात असावा.

नवीन अंतर्ग्रह

साहजिकच बुधाच्या वावतीतहि विचार सुचला तो असा की, सूर्य आणि बुध यांच्या दरम्यान असा एखाददुसरा ग्रह असावा की ज्याच्या आकर्षणामुळे बुधकक्षेचा उपसूर्यबिंदु हा वर दर्शविल्याप्रमाणे पुढे पुढे झुकत असावा. या विचाराला सुमारे १०० वर्षांपूर्वी पुष्टि मिळावयाला

१ बुध आणि शुक्र हे जेव्हा सूर्यबिंबावरून, त्याला ओलांडून गेलेले दिसतात तेव्हा त्यांनी सूर्याचीं 'अधिक्रमण' केलें, असे म्हणतात

कारण घडलें. ते असें की, १८५९ सालीं लेस्करवॉल्ट नावाचा एक इसम दुर्विर्णांतून सूर्याचे वेध घेत होता, तेव्हा त्याला सूर्यविंबावरून कांहीतरी एखादा काळा ठिपका, जात असलेल्या दिसलासा वाटला. त्यावरून शंका निर्माण झाली की, न जणो, हा एखादा ग्रहहि असेल, की जो पूर्वी कधी आपल्याला माहीतहि नसेल ! असा एखादा ग्रह जर खरोखरीच अस्तित्वात असेल तर तो कदाचित् सूर्याच्या झगझगाटात नेहमीच लोपून राहणें शक्य आहे.

अंतर्ग्रहाची शांधाशोध

त्याचा तपास लावावयाला खग्रास सूर्यग्रहणाचा कालच विशेष अनुकूल. म्हणून मग त्या दृष्टीने खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळीं वेध घ्यावयाला सुरुवात झाली.

असें एक खग्रास सूर्यग्रहण २९ जुलै १८७८ ला घडलें होतें. ते अमेरिका आणि कानडा या देशांतून दिसत होतें. त्याचा खग्रासाचा अवधि फक्त ३२ मिनिटाचा होता. या ग्रहणाच्या प्रसंगी अनेक महत्त्वाचे वेध घेतले गेले, त्यांतलाच एक महत्त्वाचा भाग असा की, या प्रसंगी वॉटसन आणि स्विफ्ट या नावाच्या दोघा अमेरिकन ज्योतिर्वेत्त्याना तांच्यासारख्याच भासणाऱ्या दोन नव्या ज्योति दिसल्या. म्हणून मग नक्षत्रपथांतल्या ज्या भागात एव्हाना सूर्य होता त्या भागातल्या तांच्याचे नकाशे तपासून पाहिले, तेव्हा असें आढळून आलें की, या ज्योति आगतुक होत्या. अर्थात्च हे सूर्य आणि बुध यांच्या दरम्यानचे ग्रह असावेत असें अनुमान निघालें.

वॉटसन आणि स्विफ्ट हे दोघेहि ज्योतिर्वेत्ते वेध घेण्याच्या कामात निपुण असल्याचा लौकिक होता. त्यामुळे साहजिकच इतरांच्या मनांत या ग्रहाविषयी कुतूहल निर्माण झालें. याचा परिणाम असा

झाला की, यानंतर सुमारे २५ वर्षांपर्यंतच्या प्रत्येक ग्रहणात या ग्रहाची कसून शोधाशोध झाली. पण एकदा जें दर्शन दिलेंसं वाटले, त्यानंतर त्यानी कोणालाहि पुन्हा दर्शन दिलें नाही. १७ मे १८८२ चें खग्रास सूर्यग्रहण ईजिप्तमधून पाहिलें गेलें होतें. त्या वेळीं एक धूमकेतु सूर्याजवळून जात असलेला दिसला. तत्पूर्वी तो सूर्याच्या रोखाने जात असलेला कोणीहि पाहिला नव्हता. सूर्य आणि बुध याच्या दरम्यान खरोखरीच एखादा ग्रह असता तर तो एव्हाना, हल्ली उपलब्ध असलेल्या प्रभावी दुर्विणीतून, दिसला असता. पण तसें अद्यापि घडलेलें नाही.

पुन्हा एकदा आइन्स्टाइन

मग या बुधकक्षेच्या उपसूर्यचिंदूची जी चळणूक वर सांगितली तिची सगति कशी लाव्यावयाची ?

या कार्मीं आइन्स्टाइनच्या सापेक्षतासिद्धान्ताचा आसरा घेतला जातो. या विचारसरणीनुसार ग्रहाची जी सूर्याभोवती फेरी होते ती सर्वस्वी विवृत्ताकृति मार्गाने होत नमून एखाद्या स्कूचे आटे जसे 'वलित' असतात तशी वळवटी मार्गाने होते. त्यामुळे या वळवटीचा महाक्षहि फिरत राहतो. या नियमानुसार या चिंदूची जी अधिक गति येते ती शतकागणिक $४३.०३'' \pm ०.०३''$ भरते. अशा रीतीने ही सगति लावता आल्यावर आता सूर्याच्या जवळपास आणखी काही ग्रह असू शकतील असे मानण्याची तात्त्विक गरज तूर्त उरलेली दिसत नाही. मात्र ही जशी बुधाच्या उपसूर्य-चिंदूला गति आहे, तशीच ती शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरु याच्या चावतींतहि आहे. तीहि गणिताने काढता येते. त्यांतली निदान पृथ्वीच्या उपसूर्य-चिंदूची तरी गति सापेक्षतागतीहून थोडी निराली येते.

पृथ्वीमुळे चंद्राला आणि चंद्रामुळे सूर्याला जीं ग्रहणें लागतात त्याचा आणि त्याच्यापासून मिळणाऱ्या ज्ञानाचा विचार आपण येथवरच्या प्रकरणातून केला. अशींच ग्रहणें आकाशातल्या इतर ज्योतीच्या बाबतींतहि घडत असलेलीं आढळतात, तीं आता थोडक्यात पाहू.

पिधान

आपल्यापासून आपला चंद्र जितका दूर आहे त्याहून तारे कितीतरी पटींनी अधिक दूर आहेत. त्यातले कित्येक थेट चंद्राच्या मार्गावर आहेत. त्यामुळे कधी कधी चंद्र त्यांना खेडून, थेट त्याच्या अंगावरूनच जातोसा दिसतो. अशा रीतीने चंद्रामुळे या ताऱ्यांना ग्रहणेंच लागत असतात. चंद्राच्या कुशींत लपलेला एखादा तारा सुमारे १/२ तास अदृश्य राहतो आणि मग ताऱ्याच्या मेळाव्यातून पूर्वेपूर्वेकडे जात राहिलेल्या चंद्राच्या मागून बाहेर पडून पुन्हा पहिल्यासारखा दिसू लागतो. या तऱ्हेच्या तारकाग्रहणांना 'पिधान' असे म्हणतात. चंद्राप्रमाणेच मगळशुक्रादि ग्रहहि ताऱ्याचें 'पिधान' करू शकतात. तसेंच ते ग्रह क्वचित् प्रसंगी एकमेकांचेहि पिधानहि करू शकतात.

अधिकमण

बुध आणि शुक्र हे पृथ्वीच्या दृष्टीने अन्तर्ग्रह आहेत, म्हणजे आपल्यापेक्षा ते सूर्याला जवळचे आहेत. एखाद्या दिव्याच्या काचेवरून एखादी माशी सरकत जावी, त्याप्रमाणे, कधी कधी, सूर्यत्रिंशकडे दुर्बिणींतून पाहिलें असता त्याच्या अंगावरून एक लहान काळा ठिपका हळू हळू सरकत

असलेला दिसतो. संबंध मूर्यविवाचा जो व्यास, त्याच्या १/१५० व्यासाचा हा ठिपका असतो. तो खरोखरी बुध असतो, आणि हे एक प्रकारे बुधाने सूर्याला लावलेले ग्रहणच असते. तथापि त्याला 'ग्रहण' असे नांव देण्याचा प्रघात नाही, त्याला बुधाचें 'अधिक्रमण' म्हणतात. असे एक 'अधिक्रमण' ७-११-१९६० ला घडावयाचें आहे. अशा प्रकारचीं बुधाचीं अनेक 'अधिक्रमणें' पाहिल्यावर आणि मोजमापें घेतल्यावर बुधाचें सूर्यापासूनचे अंतर मोजता आलेले आहे. तें कमीत कमी २८६ कोटि, जास्तीत जास्त ४३४ कोटि आणि सरासरी ३६० कोटि मैल भरलें आहे.

दिवसाची वाढ

याखेरीज दुसऱ्या एका गोष्टीचें ज्ञान या ग्रहणामुळे झालेले आहे, तें म्हणजे पृथ्वीला स्वतःच्या अक्षाभोवती फेरी घालावयाला लागणाऱ्या अवधीचें, म्हणजे दिवसमानाचें, ज्ञान. काळाचें मापन आपल्याला नेहमी करावें लागतें. आपण स्वीकारलेले काळाचें अगदी मौलिक, प्रमाणभूत माप म्हणजे दिवस. दैनंदिन व्यवहारासाठी आपण काळाचा किंवा वेळेचा उल्लेख करतां, किंवा चंद्रमूर्याचीं ग्रहणें, ताऱ्याच्या गति इत्यादींविषयी बोलतां, तेव्हा, दिवस हे एक अविकारी, ठाम, न बदलणारें मान आहे असें गृहीत धरतां. याचाच अर्थ असा की, पृथ्वी स्वतःभोवती फेरी घालते ती सतत सध, एकाच एका वेगाने असते असें आपण गृहीत धरलेले असतें. आता, ज्या अनेक गोष्टींमुळे या गृहीत कृत्याला बाध आलेला आहे, त्यांत बुधाचें अधिक्रमण हे एक आहे. त्या सर्वांमुळे आता असें आढळले आहे की, मुमारे १ लाख वर्षांत आपला दिवस हा सेकंदाभराने मोठा होतो.

शुक्राचे वातावरण

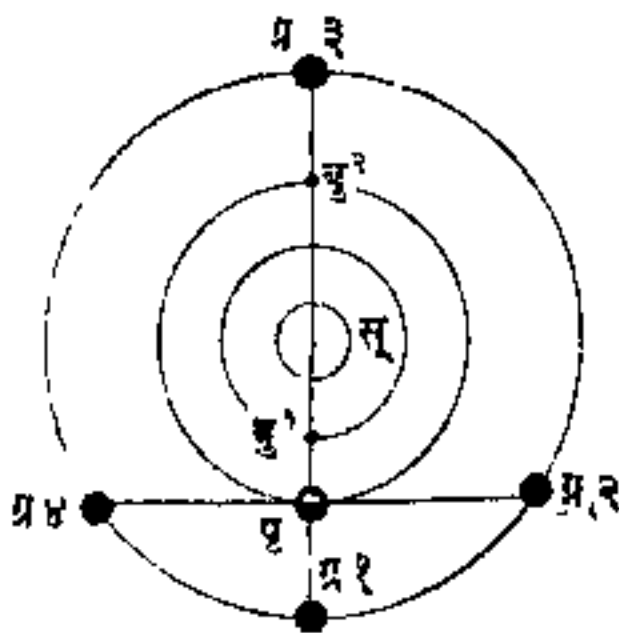
बुधाप्रमाणेच शुक्राचे देखील अधिक्रमण सूर्यावर होते. शुक्राभोवती आपल्या पृथ्वीसारखेंच वातावरण असल्यामुळे शुक्र जेव्हा सूर्याच्या एका

वाजूकडून त्याच्या अंगाखाद्यावर चढतो तेव्हा शुक्राभोवती एक झगझगीत पाठरें कडें दिसतें. शुक्रावर वातावरण असावें हें अनुमान प्रथम या कड्यावरूनच सुचलें. त्यानंतर शुक्राचे फोटो घेतले गेले, तेव्हा या कल्पनेला बळकटी आली.

बुध-शुक्रांना ग्रहणें

बुध आणि शुक्र हे इसापनीतीतल्या सिंहाच्या अगावरून खेळणाऱ्या उदराच्या पिछ्छाप्रमाणे, सूर्याच्या अगावरून जातात, तसेच ते सूर्याच्या मार्गे जुळून त्याच्या झगझगाटात लोपूनहि जातात. या दोन्ही वेळीं त्याचा 'अस्त' झाला असें आपण म्हणतो. हे त्यांचे अस्त आपल्या पंचागात दिलेले असतात. अधिक्रमण हें जसें एक सूर्यग्रहण, तद्वतच या ठिकाणीं सूर्यामुळे त्यांना एक प्रकारचें 'ग्रहण'च लागते; पण याला आपण ग्रहण म्हणत नाहीं. 'बुधशुक्राची सूर्याशीं बहिर्युति' असें म्हणतो.

सूर्यापासून पृथ्वी जेवढी दूर आहे त्याहून मंगळ, गुरु, शनि वगैरे ग्रह अधिक दूर आहेत. त्यामुळे ते सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या दरम्यान



बु^१ येथे बुधाचें अधिक्रमण
 बु^२ येथे बुधाचा अस्त, बहिर्युति
 ग्र^३ येथे बहिर्ग्रहाचें निभांतर
 ग्र^१ येथे बहिर्ग्रहाचें षड्भांतर
 ग्र^२, ग्र^४ येथे बहिर्ग्रहाचें त्रिभांतर

आकृति २५ : अंतर्ग्रह-बहिर्ग्रहाच्या युति

कधीच येऊ शकत नाहींत. अर्थातच आपल्या दृष्टीने त्यांचीं ग्रहणें किंवा

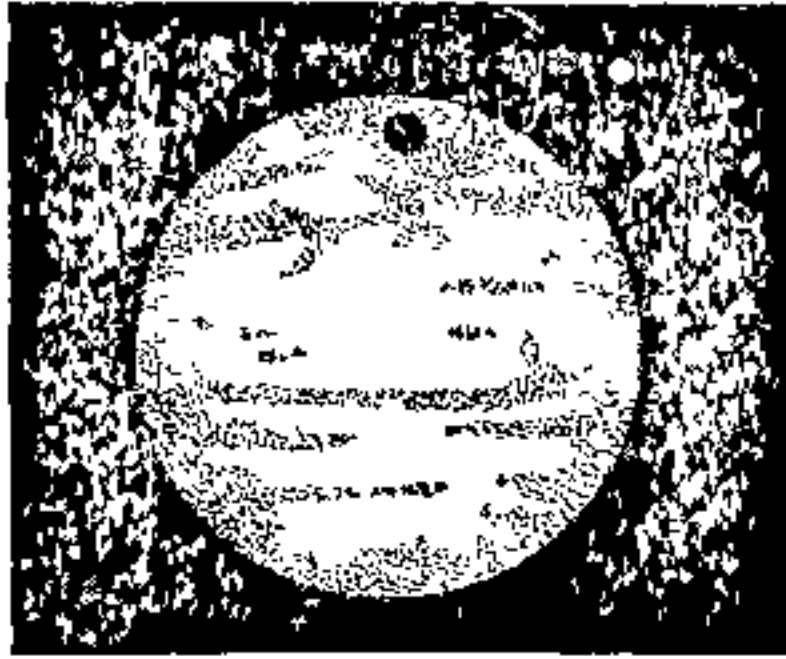
अधिक्रमणें सूर्यविंवासघात कधीच घडू शकत नाहीत. फक्त ते सूर्याच्या मार्गे जाऊन त्याच्याशी 'योग' पावू शकतात. या घटनेला 'निभांतर'^१ म्हणतात. त्याला प्रत्यक्ष अवलोकनाच्या दृष्टीने महत्त्व नाही. चंद्राची जी अमा वास्येची स्थिति, तीच येथे ग्रहाच्या वावर्तीत आलेली असते. अशीच प्रत्येक ग्रहाची एक पृथ्वीसापेक्ष पौर्णिमेची स्थिति येते. तिला 'षड्मातर' म्हणतात. त्या वेळीं ग्रह हा पृथ्वीला जवळ आलेला असल्यामुळे त्याच्या पृष्ठभागाचे व वातावरणादिकाचे वेध चागले घेता येतात. अर्थातच येथे पृथ्वीची सावली त्या त्या ग्रहापर्यंत पोचून ग्रहण लागण्याचा प्रश्नच येत नाही. कारण त्याच्या अंतराच्या मानाने ही सावली अगदीच तोकडी पडते. पृथ्वी आड आल्यामुळे सूर्याला लागणारीं ग्रहणें मात्र क्वचित् प्रसर्गीं त्या त्या ग्रहावरून दिसू शकतील तीं बहुधा अधिक्रमणाच्या स्वरूपाचींच असतील

ग्रहोपग्रहांचीं ग्रहणें

पृथ्वीला जसा एक चंद्र आहे तसेच इतर ग्रहानाहि काही उपग्रह आहेत. यापैकी बुध आणि शुक्र यांना एकहि उपग्रह नाही. मंगळ २, गुरु १२, शनि ९, युरेनस ५ आणि नेपच्यून २ अशी एकदर, उपग्रहाची संख्या आहे. प्लूटोचा एकहि उपग्रह अद्यापि आढळलेला नाही. किंबहुना प्लूटो हाच एके काळीं नेपच्यूनचा एक उपग्रह असावा अशी कल्पना आहे. या सर्व ग्रहावरून सूर्यग्रहणें आणि उपग्रहाना ग्रहणें लागत असलीं पाहिजेत. या सर्व ग्रहणाचें तत्त्व आपल्या पृथ्वीवरून दिसणाऱ्या ग्रहणाचेंच आहे. निराळेपणा आहे तो फक्त संख्येचाच म्हणजे ग्रहणाच्या वर्दळीचाच. या प्रत्येक ग्रहाला त्याची त्याची म्हणून

१. भ = रास = ३०° नि + भ + अंतर = शून्य आहे अशात्मक अंतर ज्याचे (सूर्यापासून).

एकेक आयनिक पातळी आहे. तिला त्या त्या ग्रहाच्या उपग्रहाची पातळी छेदते, तेथे एकेक ' राहु ' आणि ' केतु ' निर्माण झालेला असतो म्हणजे



आकृति २६ गुरुच्या उपग्रहाची गुरुवर छाया

जितके उपग्रह, तितकेच प्रत्येकाचे राहु आणि तितकेच केतु. प्रत्येक ग्रहोपग्रहाच्या गति निरनिराळ्या, अर्थातच त्या प्रमाणांत ग्रहणाची संख्या वाढलेली असणार, हे उघड आहे. सागली, कोल्हापूर वगैरेसारख्या आगगाडीच्या उपशाखांच्या शेवटच्या ठिकाणांवर दिवसातून काही थोड्या वेळा गाड्या येतात व तेथून माघारी जातात. कल्याणसारख्या जकशनवर नागपूर-मेल, एक्सप्रेस, पॅसेंजर, पुणे-रायचूर गाड्या, कलकत्ता-मेल, काशी एक्सप्रेस, पंजाब-मेल, अमृतसर-एक्सप्रेस अशांसारख्या चारी दिशानी येणाऱ्या जाणाऱ्या गाड्यांची वर्दळ सतत चालू असते. गुरुला १२ आणि शनीला ९ उपग्रह असल्यामुळे तेथे अशीच ग्रहणाची वर्दळ नेहमी चालू असली पाहिजे.

गुरुवरील ग्रहणें

यातल्या गुरुच्या ग्रहणाना ज्योतिःशास्त्राच्या इतिहासात एक विशेष महत्त्व आलेले आहे. आपला चंद्र जसा पृथ्वीच्या छायेत शिरतो आणि

त्याला ग्रहण लागते, तसेच गुरूचे उपग्रहहि वारवार गुरूच्या छायेत शिरतात त्या वेळीं ते काही काळ दिसेनासे होतात. उलटपक्षीं या उपग्रहाची देखील छाया कधी कधी गुरूवर पडते (आकृति २६ पाहा.) पण ती इतकी आटोपशीर असते की, तिच्यामुळे गुरूला ग्रहण लागलें असें आपण म्हणत नाही. तरी देखील गुरूवर पडलेल्या या छायेत जर एखादा माणूस उभा राहिला तर त्याला किंचित्काल सूर्य अजिबात दिसणार नाही. म्हणजे आपल्या 'गुरु'बधूच्या दृष्टीने हें खग्रास सूर्यग्रहणच झालें. खग्रासाप्रमाणेच त्याला खडग्रहणहि दिसू शकेल.

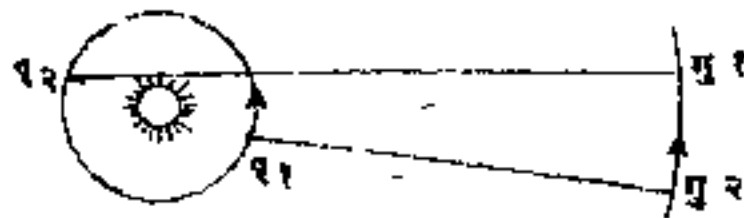
प्रकाशाचा वेग

गुरूच्या १२ उपग्रहांपैकी ४ विशेष ठळक आहेत. ते १६०९-१० मध्ये मेयर आणि गॅलिलिओ या दोघानी प्रथम पाहिले, पण ते गॅलिलिओच्या नावानेच विशेष प्रसिद्ध आहेत. १६७५ सालीं रोमर या नावाच्या एका तरुण डॅनिश शास्त्रज्ञाने गुरूच्या उपग्रहाना लागणाऱ्या ग्रहणाचा अभ्यास केला आणि या अभ्यासाचा निष्कर्ष म्हणून त्याने जाहीर केलें की, एका ठिकाणाहून निघालेला प्रकाश दुसऱ्या ठिकाणीं पोचण्याला अवधि लागतो. तो मोजतां येतो. त्यावरून प्रकाशाचा वेग काढता येतो.

त्याने असें पाहिलें की, गुरूच्या उपग्रहाना जीं ग्रहणें लागावयाचीं त्याची वेळ गणिताने अगोदर काढता येते. आता समजा, आकृति २७ मध्ये पृ, येथें पृथ्वी असताना गुरूच्या ४ उपग्रहाना एकामागोमाग एक ग्रहणें लागलीं, त्याच्या दरम्यानचा अवधि मोजला, तर मग गुरूभोवती फेरी घालण्याचा या प्रत्येकाचा अवधि निश्चित असल्यास त्या प्रत्येकाच्या दोन दोन ग्रहणामधला अवधि कायम राहावयाला हवा! पण पृथ्वी जेव्हा ६ महिन्यांनी पृ, येथे येते तेव्हा हेच अवधि निराळे येतात. गणिताने

ग्रहणेंच ग्रहणें !

आलेल्या वेळेपेक्षा हीं ग्रहणें सुमारे २० मिनिटांनी उशिरा लागलेलीं दिसतात. त्यावरून त्याने असें रास्त अनुमान काढलें की, पृ_१ येथे पृथ्वी असताना



आकृति २७ गुरुग्रहणांवरून प्रकाशाचा वेग

गुरुवरून तिच्यापर्यंत प्रकाश यात्रयास जो अवधि लागतो, त्यापेक्षा सहा महिन्यांनी हाच प्रकाश यात्रयाला अधिक अवधि लागतो, त्या अर्थी या दोन अवधींतली जी तफावत येते ती केवळ, ६ महिन्यांच्या अवधींत पृथ्वी गुरुपासून दूर अंतरावर गेल्यामुळे येत असावी. याचाच अर्थ असा की, वर जीं २० मिनिटें अधिक लागलीं असें म्हटलें, तीं प्रकाशाला पृ_१, पृ_२ हें अंतर कायवें लागल्यामुळेच असावीं. हें अंतर पृथ्वी-सूर्य अंतराच्या दुप्पट म्हणजे ९३० कोटि $\times २ = १८,६०,००,०००$ मैल इतकें झाले. रोमरच्या काळानंतर उत्तरोत्तर अधिकाधिक सूक्ष्म वेध घेतले गेले. त्यावरून आता असें सिद्ध झालें आहे की, एवढें अंतर काटावयाला प्रकाशाला १००० सेकंद लागतात. म्हणजे सेकंदागणिक १,८६,००० मैल हा प्रकाशाचा वेग झाला. इतरहि अनेक प्रयोगांनी या वेगाची निश्चिति केली गेली आहे.

तान्यातान्यांचीं ग्रहणें

सूर्यकुलातल्या ग्रहाना आणि उपग्रहाना जशीं ग्रहणें लागतात तशींच तीं काही तान्यानाहि लागतात मात्र तीं लहानशा दुर्बिणींतूनहि दिसू शकत नाहीत. इतकेंच काय, पण साध्या डोळ्यांनीहि खग्रास सूर्यग्रहण स्पष्ट दिसतें तशीं हीं ग्रहणें चांगल्या प्रभावी दुर्बिणींतूनहि प्रत्यक्ष दिसत

त्याला ग्रहण लागते, तसेच गुरूचे उपग्रहहि वारवार गुरूच्या छायेत शिरतात त्या वेळीं ते काही काळ दिसेनासे होतात. उलटपक्षीं या उपग्रहाची देखील छाया कधी कधी गुरूवर पडते (आकृति २६ पाहा.) पण ती इतकी आटोपशीर असते की, तिच्यामुळे गुरूला ग्रहण लागलें असें आपण म्हणत नाही. तरी देखील गुरूवर पडलेल्या या छायेत जर एखादा माणूस उभा राहिला तर त्याला किंचित्काल सूर्य अजिबात दिसणार नाही. म्हणजे आपल्या 'गुरू'बंधूच्या दृष्टीने हें खग्रास सूर्यग्रहणच झालें. खग्रासाप्रमाणेच त्याला खडग्रहणहि दिसू शकेल

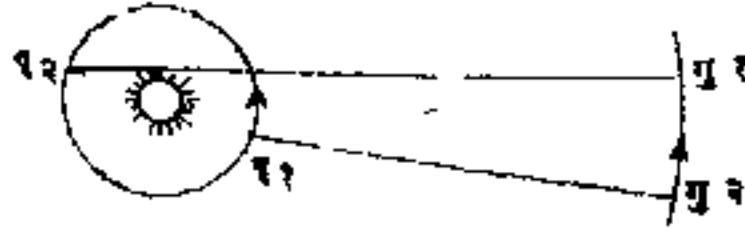
प्रकाशाचा वेग

गुरूच्या १२ उपग्रहांपैकी ४ विशेष ठळक आहेत. ते १६०९-१० मध्ये मेयर आणि गॅलिलिओ या दोघानी प्रथम पाहिले, पण ते गॅलिलिओच्या नावानेच विशेष प्रसिद्ध आहेत. १६७५ साली रोमर या नावाच्या एका तरुण डॅनिश शास्त्रज्ञाने गुरूच्या उपग्रहांना लागणाऱ्या ग्रहणाचा अभ्यास केला आणि या अभ्यासाचा निष्कर्ष म्हणून त्याने जाहीर केले की, एका ठिकाणाहून निघालेला प्रकाश दुसऱ्या ठिकाणीं पोचण्याला अवधि लागतो. तो मोजतां येतो. त्यावरून प्रकाशाचा वेग काढतां येतो.

त्याने असें पाहिलें की, गुरूच्या उपग्रहांना जीं ग्रहणें लागावयाचीं त्याची वेळ गणिताने अगोदर काढता येते. आता समजा, आकृति २७ मध्ये पृ३ येथें पृथ्वी असतांना गुरूच्या ४ उपग्रहांना एकामागोमाग एक ग्रहणें लागलीं, त्याच्या दरम्यानचा अवधि मोजला, तर मग गुरूभोवती फेरी घालण्याचा या प्रत्येकाचा अवधि निश्चित असल्यास त्या प्रत्येकाच्या दोन दोन ग्रहणामधला अवधि कायम राहावयाला हवा! पण पृथ्वी जेव्हा ६ महिन्यांनी पृ३ येथे येते तेव्हा हेच अवधि निराळे येतात. गणिताने

ग्रहणेंच ग्रहणें !

आलेल्या वेळेपेक्षा हीं ग्रहणें सुमारे २० मिनिटांनीं उरिष लागलेलीं दिसतात. त्यावरून त्याने असें रास्त अनुमान काढलें की, पृ, येथे पृथ्वी असताना



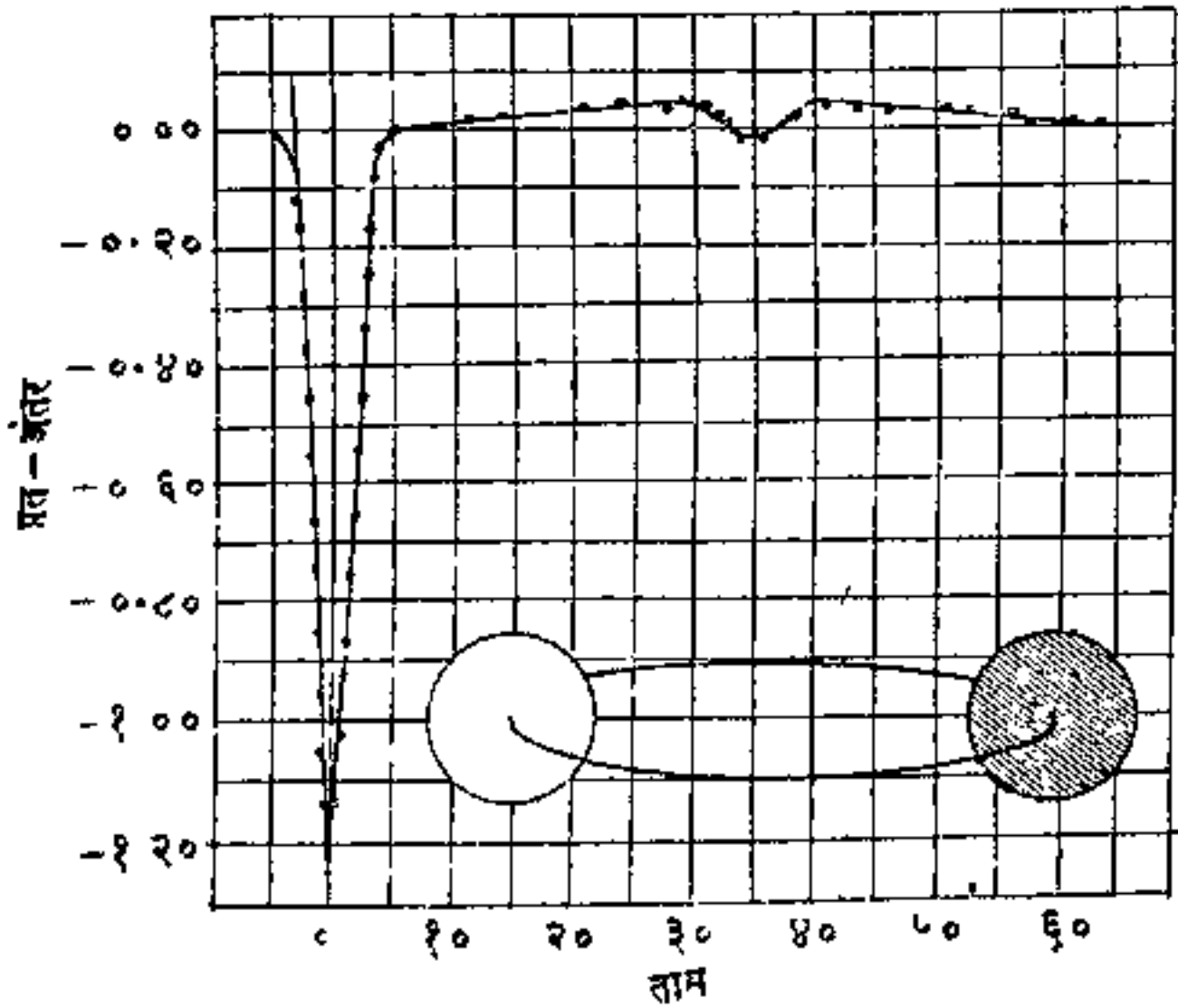
आकृति २७ गुरुग्रहणांवरून प्रकाशाचा वेग

गुरुवरून तिच्यापर्यंत प्रकाश यात्रयास जो अवधि लागतो, त्यापेक्षा सहा महिन्यांनी हाच प्रकाश यात्रयाला अधिक अवधि लागतो; त्या अर्थी या दोन अवधींतली जी तफावत येते ती केवळ, ६ महिन्यांच्या अवधींत पृथ्वी गुरुपासून दूर अंतरावर गेल्यामुळे येत असावी. याचाच अर्थ असा की, वर जीं २० मिनिटें अधिक लागलीं असें म्हटलें, तीं प्रकाशाला पृ, पृ_२ हें अंतर काटावें लागल्यामुळेच असावीं. हें अंतर पृथ्वी-सूर्य अंतराच्या दुप्पट म्हणजे ९.३० कोटि $\times २ = १८,६०,००,०००$ मैल इतकें झालें. रोमरच्या काळानंतर उत्तरोत्तर अधिकाधिक सूक्ष्म वेध घेतले गेले. त्यावरून आता असें सिद्ध झालें आहे की, एवढें अंतर काटावयाला प्रकाशाला १००० सेकंद लागतात. म्हणजे सेकंदागणिक १,८६,००० मैल हा प्रकाशाचा वेग झाला. इतरहि अनेक प्रयोगांनी या वेगाची निश्चिति केली गेली आहे.

तान्यातान्यांचीं ग्रहणें

सूर्यकुलातल्या ग्रहाना आणि उपग्रहाना जशीं ग्रहणें लागतात तशींच तीं कांही तान्यानाहि लागतात मात्र तीं लहानशा दुर्बिणींनूनहि दिसू शकत नाहीत. इतकेंच काय, पण साध्या डोळ्यांनीहि खग्रास सूर्यग्रहण स्पष्ट दिसतें तशीं हीं ग्रहणें चागल्या प्रभावी दुर्बिणींनूनहि प्रत्यक्ष दिसत

नाहीत. आकाशांतल्या अगणित तान्यांपैकी काही तारे दोहोदोहोंच्या, तिना-चाराच्याहि गटाने राहणारे आहेत. या प्रत्येक गटाचा संयुक्त प्रकाश आपल्याकडे येतो. पण वर्णादर्श नावाचें जें एक साधन आहे त्याच्या साहाय्याने त्या गटातल्या प्रत्येक सभासदाचा प्रकाश अलग अलग करता येतो. यातल्या काही जोड्यांच्या बाबतींत असें आढळतें की, त्यांच्याकडून जो प्रकाश आपल्याकडे येतो त्यात काही ठराविक काळाने पुष्कळच घट येते आणि मग थोड्या वेळाने हा प्रकाश पुन्हा पहिल्यासारखा येतो. चंद्रसूर्याच्या ग्रहणात असेंच घडत असतें हा



आकृति २८ . अलगोलचीं ग्रहणें (Discovery of Universe, p 170)

आपला अनुभव आहेच, त्यावरून सहजच अनुमान निघते की, या जोड तान्यांपैकी एखादा जोडीदार, बराचसा कमी तेजस्वी असावा आणि तो

जेव्हा पृथ्वीच्या आणि दुसऱ्या तान्याच्या दरम्यान येऊन राहात असेल तेव्हाच त्याच्याकडून येणाऱ्या प्रकाशात घट पडत असावी, मगई येत असावी. वर्णादर्शातील अवलोकनावरून या अनुमानाला बळकटी येते. या वर्गातला एक ठळक तारा आपल्याला साध्या डोळ्यांनी पाहता येतो त्याचे नाव 'अलगोल' असे आहे. हे नाव अरबी असून त्याचा अर्थ राक्षस असा आहे. एखाद्या राक्षसाने एकच डोळा मिचकवावा तसा हा तारा दिसतो. तो ययाति नावाच्या नक्षत्रसंस्थानात आहे. कृत्तिका, रोहिणी, मृग वगैरेंचा टाणू जेव्हा आकाशात दिसतो, तेव्हा हाहि तारा कृत्तिकेच्या किंचित् वायव्येला (उत्तर-पश्चिमेला) दिसतो. दर २ दिवस २० तास आणि ४९ मिनिटांनी जणू या राक्षसी डोळ्यावर झापड येते. सुमारे १० तासपर्यंत तो मिटलेला राहतो व मग पुन्हा उघडतो. अलगोलच्या तान्याची दृश्य प्रत कसकशी कमी होत जाते आणि मग तो पुन्हा पूर्ववत् झगझगीत दिसतो हे आकृति २८ मध्ये दाखविले आहे. येथे पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने एका तान्याने दुसऱ्या तान्याला ग्रहणच 'लावलेले' असते ! असे हे 'ग्रहणाचे' नाना प्रकार आकाशात पाहावयाला मिळतात



शास्त्रीय दृष्टीने खग्रास सूर्यग्रहणाचा अभ्यास करावयाला लागल्या-
पासून माणसाच्या ज्ञानाचा पल्ला कसा वाढला, आणि त्यातून आता गेल्या
५०-६० वर्षांच्या अवधीत नवे प्रश्न कसे निर्माण झाले याचा आढावा
येथे, समारोपादाखल, थोडक्यात घेणे उपयुक्त होईल.

१ अणुविज्ञानवाढ

सुमारे १२५ वर्षांपूर्वी खग्रास ग्रहणाच्या अवलोकनाला प्रथम सुरुवात
झाली. तेव्हापासून प्रभावी दुर्बिणी, वर्णादर्श आणि कॅमेरा याचा उपयोग
केल्यामुळे सूर्याच्या बहिरंगाविषयी, विशेषतः त्याच्या वातावरणाविषयी
अधिकाधिक माहिती मिळत गेली. वास्तवशास्त्राच्या दृष्टीने सूर्यावरील
घडामोडींचा विचार करावयाला लागल्यावर पृथ्वीवरील पदार्थमात्राच्या
अणूंच्या अंतरगातली जी रचना आढळते तिच्या भाषेत या घडामोडींकडे
पाहिले जाऊ लागले. असे करताना सर्वांत साधा जो हैड्रोजनचा अणु,
त्याच्या वर्णावलीची सगळी दाखवून देण्याची जबाबदारी शास्त्रज्ञावर आली.
ती मेघनाद सहा, डॉ. चंद्रशेखर इत्यादिकांनी उचलली आणि
सूर्यावरील वातावरणासंबंधाने कांही कल्पना मांडल्या. त्यामुळे, वर्णपटात
उमटणाऱ्या एकवर्ण रेषेतल्या तेजाची तीव्रता ठरवावी लागली. हे सर्व कार्य
सूर्यग्रहणातल्या वेधाच्या प्रसंगानेच घडले, आणि त्यातून अणुविज्ञानाची
शाखा फोफावली.

२ नैसर्गिक प्रयोगशाळा

अणूंच्या अंतरगातल्या रचनेचा अभ्यास करावयासाठी जेथे भरपूर
तपमान आणि कमी दाब निर्माण करतां, येईल अशा कोठड्या बनवाव्या

लागतात. ताच्याभोवतालच्या टापूत असें क्षेत्र नेहमीच उपलब्ध असतें. सूर्य हाहि एक ताराच असून त्याच्या रूपाने आपल्याला आयती एक नैसर्गिक प्रयोगशाळाच मिळालेली आहे.

३. पृथ्वीच्या वातावरणातील घडामोडी

सूर्यावरील प्रभावी डाग, उद्रेक वगैरेच्या प्रसर्गी तेथून पृथ्वीकडे जें तेज येतें, त्याच्यामुळे पृथ्वीच्या वातावरणातील बाहेरच्या थरामधल्या अणूंचें विदलन होतें; म्हणजे जबरदस्त तडाख्यानी ते फोडले जातात. त्या निमित्ताने आपल्या वातावरणात अनेक घडामोडी होतात. त्याचा अभ्यास करावयाला खग्रास सूर्यग्रहणें विशेष उपयोगी पडलीं. कारण चंद्र जसजस सूर्याबिनाला झाकीत जातो आणि पृथ्वीकडे येणारें सूर्याचें तेज घटवीत जातो, तसतसे पृथ्वीच्या वातावरणात कोणते परिणाम घडतात हें पाहतां येऊ लागलें. या कार्मी रेडियोच्या खडखडाटाचा उपयोग झाला.

४. पृथ्वीची आकृति

स्थूलमानाने आपली पृथ्वी गोलाकृति आहे असें आपण म्हणतो. अनेक कारणानी अशी शका आलेली आहे की, पृथ्वीचें विषुववृत्तदेखील एका बाजूला अमळ फुगीर आहे. तिच्या निवारणासाठी सूर्यग्रहणाच्या वेळचे जे चतुःस्पर्शाचे क्षण त्या वेळीं निरनिराळ्या ठिकाणाहून ग्रहणांची फिल्म घेऊन त्या त्या वेधस्थळाचे भूकेन्द्रीय अक्षाशरेखाश गणिताने काढले गेले आहेत.

५. चंद्राचा पृष्ठभाग

याच तऱ्हेच्या वेधानी चंद्राच्या पृष्ठभागाचा सखल उतार अजमावला गेला आहे.

६. रेडिओ ज्योतिष्यक

आपण नेहमी जे रेडिओ वापरतो, त्याच्यामध्ये खडखडाट निर्माण करणारे काही तरंग सूर्याच्या किरीटामधून आणि डागामधून येतात. या रेडिओ-तरंगाचा अभ्यास आणि त्यावरून निघणारी अनुमाने हा आता ज्योति.शास्त्राचा स्वतंत्र अभ्यास-विभागच झाला आहे.

७ पृथ्वीबाहेरून अभ्यास

आतापर्यंत सूर्याचे वेध घेतले जात ते जमिनीवरून असत. त्यामुळे जे तेज आपल्याला अभ्यासावयाला मिळें तें वातावरणात थोडेंफार शोषलें गेलेलें असे. हा वातावरणाचा परिणाम टाळावयाचा झाला तर वातावरणाच्या बाहेर गेलें पाहिजे. ९ जुलै १९४५ च्या ग्रहणात २६,००० आणि ३३,००० फूट उंचीवरून विमानांतून सूर्याचे निकाश (फोटो) घेतले गेले. आता रशियन स्पुटनिक निर्माण झालें आहे. तें पृथ्वीपासून दूर जाऊन तिजभोवती घिरट्या घालीत राहते. त्यात हीं अभ्यासाचीं साधने ठेवून सूर्यविषयक अधिक माहिती मिळविण्याची सोय आता झालेली आहे

तात्पर्य, सूर्यविषयक ज्ञानाचा झरा प्रथम निर्माण झाला तेव्हा तो एका लहानशा खाचेंतून निर्माण झाला होता. तो जिवंत पाण्याचा झरा टरलेला आहे. काही काळ आपण त्यांतलें पाणी केवळ कुडच्याकुडच्याने काढीत होतो. आता तें पोहण्यानी काढलें जाऊ लागलें आहे. भोवतालच्या काही क्षेत्रात त्याचें शिंपण घडलें, तेव्हा तेथली पिकें चागलीं तराळून आलेलीं आढळलीं. कष्ट करणाऱ्याला येथे अन्नपाण्याला तोटा नाही अशी तूर्त तरी या क्षेत्रातली स्थिति आहे.

परिशिष्ट १

चालू शतकांतील आगामी खग्रास सूर्यग्रहणे

तारीख	कुल क्र	पात	मि	ग्रहणप्रात
२-१०-१९५९	८	रा	३०	कॅनरीज, मध्य आफ्रिका
१५-२-१९६१	९	के	२६	फ्रान्स, इटली, ऑस्ट्रिया, सैबेरिया
५-२-१९६२	१०	के	४१	न्यू गिनी
२०-७-१९६३	११	रा	१५	अलास्का, कानडा, मेन
३०-५-१९६५	१	रा	५३	पासिफिक महासागर
१२-११-१९६६	२	के	१९	बोलिव्हिया, अर्जेन्टिना, ब्राझिल
२२-९-१९६८	३	के	०५	आक्टिक महासागर, सैबेरिया
७-३-१९७०	४	रा	३३	मेक्सिको, फ्लोरिडा, जॉर्जिया
१०-७-१९७२	५	के	२७	ईशान्य आशिया, ईशान्य अमेरिका, अटलांटिक महासागर
३०-६-१९७३	६	के	७२	दक्षिण अमेरिका, आफ्रिका, अटलांटिक महासागर
२०-६-१९७४	१२	के	५३	नैर्ऋत्य ऑस्ट्रेलिया, हिंदी महासागर
२३-१०-१९७६	७	रा	४९	आफ्रिका, ऑस्ट्रेलिया, हिंदी व पासिफिक महासागर
१२-१०-१९७७	८	रा	२८	वेनेझुएला, पासिफिक महासागर
२६-२-१९७९	९	के	२७	अमेरिका, कानडा
१६-२-१९८०	१०	के	४३	आफ्रिका, अटलांटिक व पासिफिक महासागर, भारतवर्ष
३१-७-१९८१	११	रा	२२	पासिफिक महासागर, आशिया
११-६-१९८३	१	रा	५४	जावा, अटलांटिक महासागर

तारीख	कुल क्र	खग्रास अवधि पात मि	ग्रहणप्रात
२२-११-१९८४	२	के २ १	पासिफिक महासागर, पॅटॅगोनिया
१२-११-१९८५	१४	के ० २	अन्टार्क्टिका
३-१०-१९८६	३	के ० २	उत्तर अटलांटिक महासागर
२९- ३-१९८७	१३	रा ० ३	अटलांटिक महासागर, वैपुविक आफ्रिका
१८- ३-१९८८	४	रा ४ ०	हिंदी व पासिफिक महासागर, सुमात्रा
२२- ७-१९९०	५	के २ ६	फिनलंड, उत्तर अटलांटिक महासागर
११- ७-१९९१	६	के ७ १	पासिफिक महासागर, हवाई बेटे, मध्य अमेरिका
३०- ६-१९९२	१२	के ५ ४	दक्षिण अटलांटिक महासागर
३-११-१९९४	७	रा ४ ६	पासिफिक महासागर, दक्षिण अमेरिका
२४-१०-१९९५	८	रा २ ४	पासिफिक व हिंदी महासागर
९- ३-१९९७	९	के २ ८	ईशान्य आशिया, आर्क्टिक महासागर
२६- २-१९९८	१०	के ४ ४	पासिफिक व अटलांटिक महासागर, मध्य अमेरिका
११- ८-१९९९	११	रा २ ६	मध्य व दक्षिण यूरप

परिशिष्ट २

ग्रहणविषयक काही अंक

सावदासिक मास	२९ ५३०५८८ दि
नाक्षत्र	२७ ३२१६६१ दि
नैदिष्ठिक	२७ ५५४५५० दि.
ग्राहणिक	२७ २१२२२० दि
सापातिक वर्ष	३६५ २४२१९९ दि
ग्राहणिक वर्ष	३४६ ६२००३१ दि
१९ ग्राहणिक वर्षे	= ६५८५ ७८०६ दि
२२३ मास	= ६५८५ ३२११ दि
२४२ पातमास	= ६५८५ ३५७२ दि
३८५ नैदिष्ठिक मास	= ६५८५ ५३७४ दि

चंद्रच्छाया, चंद्रमध्यापासून पृथ्वीमध्यापर्यंत,	किमान	२,२८,१२० मैल
	सरासरी	२,३१,६५० ,,
	कमाल	२,३५,७००

चंद्राचें अंतर, पृथ्वीमध्य ते चंद्रमध्य २,३८,८४० मैल

चंद्राचें अंतर, चंद्रमध्य ते पृथ्वीपृष्ठ २,३४,९०० मैल

चंद्राचे अंतर, कमीत कमी (च. म ते पृ मध्य) २,२१,६००,
पृथ्वीपृष्ठापासून २,१७,६५० मैल.

चंद्राचें अंतर कमाल (च. म ते पृ. म) २,५३,०००.

चंद्रच्छाया कमाल असते तेव्हा छायेचें टोक, पृथ्वीपृष्ठापासून
१८००० मैल दूर.

भूपृष्ठाजवळ छायाशकूची रुंदी १६७ मैल, सरासरी रुंदी १०० मैल

चंद्र कमाल अंतर २,५३,०००, तेव्हा भूपृष्ठापासून २,४९,०००,
चंद्रच्छाया किमान २,२८,१२०

त्या वेळी शकवगाचें अंतर भूपृष्ठापासून २०,८८० मैल, यावेळी
ककणाकृति ग्रहण.

ऋणच्छाया शकु व्यास कमाल २३० मैल

परिशिष्ट ३

पारिभाषिक संज्ञा व व्याख्या

अधिक्रमण = (Transit) बुध आणि शुक्र हे पृथ्वीचे अन्तर्ग्रह ज्या वेळीं सूर्यविवावरून जाताना दिसतात तेव्हा तो ग्रह सूर्याचे अधिक्रमण करतो असे म्हणतात.

अमावास्या = ३० वी. तिथि. सूर्य व चंद्र यामध्ये ३४८ अशाचा फरक पडला कीं अमावास्या लागते व ३६० अशाचा फरक पडला म्हणजे अमावास्या संपते

आन्तर्राष्ट्रीय तारिका रेषा = (International date-line) पासिफिक (प्रशान्त) महासागरात निश्चित केलेली एक काल्पनिक रेषा. या रेषेच्या पश्चिमेला नवीन तारिकेची (नारखेची) सुरुवात होते ही रेषा बव्हंशी १८०° रेखावृत्ताशी जुळते

आयनिक पातळी = (Plane of the ecliptic) पृथ्वीची सूर्या-भोंवतीची भ्रमणपातळी. याच पातळीत सूर्य नक्षत्रचक्रातून जात असलेला दिसतो (आयनिक वृत्त पहा)

आयनिक वृत्त = (Ecliptic) सूर्याचा नक्षत्रचक्रातून जाण्याचा अन्वक्षीय मार्ग वास्तविक आपली पृथ्वीच या आयनिक मार्गाने सूर्या-भोंवती वर्षभरात एक फेरी घालीत असते अयन = जाणे, संचार करणे

ऋणच्छाया = सूर्यासारख्या विस्तृत आकाराच्या प्रकाशमान पदार्थांमुळे चंद्रासारख्या लहान पदार्थाची जी प्रमुख छाया पडते ती शकवाकृति असते हा खरा छायाशकु वाढविला म्हणजे त्याचा प्रतियोगी असा जो काल्पनिक शकु तयार होतो त्याला ' ऋणच्छाया ' असे म्हणतात

कला = (Phases) कोणत्याही गोलाचा अर्धा भागच सूर्यप्रकाशामुळे प्रकाशित होत असतो पृथ्वीभोवती चंद्र भ्रमण करीत असताना त्याचा

सर्व प्रकाशित भाग आपणास दिसतोच असें नाही. अमावास्येपासून चंद्रबिंबाचा दृश्य प्रकाशित भाग सारखा वाढत जातो व पौर्णिमेस चंद्र पूर्ण प्रकाशित दिसतो. या दिवसांत चंद्राची कला वाढत जाणे असें म्हणतात हा अवधि म्हणजेच शुक्ल पक्ष अथवा शुद्ध पक्ष. पौर्णिमेनंतर चंद्राचा दृश्य प्रकाशित भाग कमी होत जातो व चंद्राच्या कला कमी होत जाताना या अवधीस कृष्ण पक्ष असे म्हणतात. थोडक्यात कला म्हणजे चंद्रबिंबाचा प्रकाशित भाग असें म्हणता येईल. दूरदर्शकाने पाहिल्यास शुक्रालाहि कला असल्याचे दिसून येते.

कक्षा = (Orbit) ग्रहाचा सूर्याभोवती अथवा एखाद्या उपग्रहाचा ग्रहाभोवती भ्रमणाचा मार्ग हा मार्ग विवृत्ताकृति असतो.

केतू = (Descending lunar node) चंद्र आयनिक पातळीच्या दक्षिणेला ज्या पातळीपासून जाऊ लागतो तो बिन्दु (राहू पहा).

केल्व्हिन तपमान (Kelvin absolute scale of temperature) (केवल तपमान). ही एक तपमान मोजण्याची पद्धति आहे. चलत् रेणु कल्पनेप्रमाणे एकाद्या पदार्थाचे तपमान, त्या पदार्थाच्या रेणूच्या सरासरी वेगाच्या वर्गविर अवलंबून असते. ज्या वेळी रेणूची हालचाल मुळीच नसेल त्या वेळी तपमान शून्य अग केल्व्हिन आहे असे म्हणतात व तेथून शतकमी (centigrade) विभागांनी हे तपमान मोजतात. शतकमी शून्य अशाचें हे तपमान २७३ अंश असतें. म्हणजेच—

केल्व्हिन तपमान = शतकमी तपमान + २७३ अंश

कोनीय व्यास = (Angular diameter) आकाशस्थ ज्योतीच्या व्यासाची दोन्ही टोके द्रष्ट्याच्या नेत्राला जोडणाऱ्या दोन रेषा काढल्या तर त्या दोन रेषामधील जो कोन त्याला कोनीय व्यास म्हणतात.

छाया = (Shadow) प्रकाशमान पदार्थ विन्दुवत् असला तर त्याच्यापुढे धरलेल्या अपारदर्शक पदार्थाची एकच प्रकारची सावली पडते परंतु प्रकाशमान पदार्थ विस्तृत असेल तर सावलीमध्ये दोन छटा दिसतात. एक मध्यवर्ती दाट छाया (Umbra) जेथे प्रकाशमान पदार्थविरुद्ध

कोणत्याहि बिन्दूपासून प्रकाश पोचू शकत नाही व ह्या छायेभोवती असलेली अधुक **उपच्छाया** वा **परिच्छाया** (Penumbra) परिच्छायेच्या जागी प्रकाशमान पदार्थाच्या काही भागावरून निघणारा प्रकाशच पोचत असतो.

ज्योति = (Celestial Body) अवकाशात दिसणारा पदार्थ, मग तो स्वयंप्रकाशित असो वा परंप्रकाशित असो. सूर्य, चंद्र, ग्रह, तारे, उल्का, धूमकेतू हे सर्व ज्योति आहेत.

ग्रहण = (Eclipse)

सूर्यग्रहण = (Solar eclipse) चंद्र आड आल्यामुळे सूर्यदर्शन अशत. वा पूर्णपणे न होऊ शकणे

खंडग्रहण = (Partial eclipse)

खग्रास ग्रहण = (Total eclipse)

कंकणाकृति ग्रहण = (Annular eclipse) चंद्राने सूर्यविम्ब बरोबर मधोमध झाकल्यामुळे कंकणाकृति सूर्य उघडा राहून झालेले ग्रहण

चंद्रग्रहण = (Lunar eclipse) चंद्र हा परावर्तित प्रकाशामुळे आपणास दिसतो. पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करित असताना तिचा छायाशकूहि तिच्या बरोबरच जात असतो. चंद्र या छायाशकूमध्ये अशत, अथवा पूर्णपणे शिरल्यामुळे तो अशत अथवा पूर्णपणे न दिसू शकणे यांस अनुक्रमे खंडग्रास अथवा खग्रास चंद्रग्रहण म्हणतात

ग्राहणिक वर्ष = एकदा राहूपासून (किंवा केतूपासून) निघालेल्या सूर्याला पुन राहूपर्यंत (किंवा केतूपर्यंत) येऊन ठेपण्यास ३४६ ६ दिवस लागतात या अवधीला **ग्राहणिक वर्ष** किंवा **पातनिष्ठ** (राहुकेतु याच्या पाताशीं जखडलेले) वर्ष म्हणतात

तिथि = राशिचक्रात सूर्याची प्रतिदिनी गति ५९ कला ८ विकला आहे तशीच चंद्राची मध्यम गति ७९० कला ३५ विकला आहे सूर्य आणि चंद्र आपल्या भ्रमणमार्गांत एकत्र आलेले दिसल्यानंतर पुढे एका

दिवसाने त्या दोघामध्ये सुमारे ७३१ कला २७ विकला एवढे अंतर पडते यापैकी १२ अंश (७२० कला) अंतर ज्यावेळी पूर्ण होईल त्यावेळी त्या तिथी पूर्ण झाला. सूर्यचंद्रामध्ये २४ अंशांचे अंतर पडले म्हणजे दोन तिथी पूर्ण होतात अर्थात् हे अंतर आधुनिक वृत्तावर मोजावयाचे.

दिन = (Day-light period) सूर्याचा क्षितिजाच्यावर असण्याचा कालावधि.

दिन दिनेशस्य हि दर्शने सति ।

दिन-रात्रि हे द्वद्वा आहे

दिवस = (Day) दिन व रात्रि मिळून होणारा कालावधि

सौर दिवस = (Solar day) सूर्य एकदा मध्यमडलावर आल्यापासून तो पुनः मध्यमडलावर येईपर्यंतचा जो काल तो सौर दिवस

नाक्षत्र दिवस = (Sidereal day) कोणताही तारा (सूर्येतर) एकदा मध्यमडलावर आल्यापासून तो पुनः मध्यमडलावर येईतो लागणारा काल

नक्षत्र = नक्षत्र हा शब्द निरनिराळ्या अर्थानी वापरला जातो

(१) " न क्षरति तन्नक्षत्रम् " म्हणजे जे दळत नाही ते नक्षत्र कोणतीही तारा थाडलट ग्रहांचे आहे ग्रह तारकासमूहात सारखे सरकलेले दिसतात

(२) आकाशातील ठळक-ठळक तारे घेऊन त्याच्या आकृती गुफण्यात आल्या आहेत त्यांना तारकासंस्थाने (Constellations) म्हणतात. सूर्य-चंद्राच्या मार्गावर अशी १२ संस्थाने आहेत याचे २७ विभाग पाडण्यात आले आहेत कारण चंद्राला कोणत्याही एका ताऱ्यापासून निघून पुन्हा त्याच ताऱ्याजवळ येण्यास सुमारे २७ $\frac{1}{3}$ दिवस लागतात या २७ विभागांना नक्षत्रे

(Lunar mansions) म्हणतात. अश्विनी, भरणी, कृत्तिका...इत्यादि सत्तावीस नक्षत्राखेरीज पूर्वी अभिजित् या नावाचेहि एक नक्षत्र उत्तराषाढा आणि श्रवण यांच्या दरम्यान मानीत असत

- (३) सूर्य-चंद्राच्या मार्गाचे २७ सम भाग केले म्हणजे प्रत्येक भागास विभागात्मक नक्षत्र म्हणण्याचीहि प्रथा आहे
- (४) वरीलप्रमाणेच—परंतु संपूर्ण भ-गोलाच्या—२७ पाकळ्या पाडतां येतात. या प्रत्येक पाकळीस क्षेत्रात्मक नक्षत्र म्हणावे

नाक्षत्र वर्ष = (Sidereal Year) सूर्य एका नक्षत्रात आल्यापासून पुन त्याच नक्षत्री येईपर्यंतचा काळ नाक्षत्र वर्ष ३५५ २५३७४ दिवसांचे असते

पिधान = चंद्राने एखादी तारका झाकून टाकणे

पौर्णिमा = (Full Moon) १५ वी तिथि सूर्य-चंद्र यामध्ये १६८ अशाचे अन्तर पडले म्हणजे पौर्णिमा लागते व ते अन्तर १८० अशाचे झाले म्हणजे पौर्णिमा संपली असे म्हणतात

प्रकाशतरंग = (Light waves) तरन् गच्छति तरंग. । आधुनिक परिकल्पनेप्रमाणे प्रकाश तरंगमय आहे या तरंगाना वैकर्बुकीय तरंग म्हणजेच वैजिक कर्बुकीय तरंग (Electromagnetic waves) म्हणतात या तरंगाचा वेग प्रतिसेकदास सुमारे १ लक्ष ८६ हजार मैल असतो. प्रकाशतरंगांची वर्णविलि फार विस्तृत आहे एका टोकाला सवह परिक्षेपणांत (Radio broad-casting) वापरतात ते शेकडो मीटर तरगायामाचे (Wave length) तरंग आहेत तर दुसऱ्या टोकाला गामा-प्रारणाचे (gamma rays) अतिसूक्ष्म तरगायाम असलेले तरंग आहेत यामध्ये क्ष-प्रारण, अतीन्द्र प्रारण, दृश्य प्रकाश, उपाकरण प्रकाश असे क्रमाक्रमाने वाढणारे तरगायाम आहेत.

भगोल = (Celestial Sphere) द्रष्ट्याला केंद्रस्थानी कल्पून अनंत त्रिज्येचा काल्पनिक वाढलेला गोल आकाशातील सर्व नक्षत्रे जणू काही या गोलाच्या आतील पृष्ठभागावर वसविल्यासारखी दिसतात

भोग = (Celestial Longitude) आयनिक वृत्तावर (ecliptic) मोजलेले अशात्मक अंतर वसतसपात-विंदूपासून मोजले तर त्यास सायन भोग म्हणतात एका सांकेतिक स्थिर विंदूपासून मोजले तर निरयण भोग-मान मिळते भोग व शर ही एक भगोलावरील निबधनांची जोडी आहे

रात्र = (Night) सूर्यास्तापासून सूर्योदयापर्यंतचा काल
रात्रिस्तमो हन्तुरदर्शने सति ।

राहू = (Ascending lunar node) चंद्राची भ्रमणपातळी आयनिक पातळीशी $5\frac{1}{2}^{\circ}$ अशांनी कललेली आहे त्यामुळे चंद्रमार्ग आयनिक पातळीला दोन विंदूमध्ये छेदून जातो या विंदूना पान असे म्हणतात चंद्रमार्ग आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेच्या बाजूस ज्या पातातून जातो तो 'राहू' व दक्षिणेच्या बाजूस ज्या पातातून जातो तो 'केतू' (Descending lunar node).

वर्णादर्श = (Spectroscope) वर्णविलि दाखविण्याचे साधन
[वर्णविलि पहा]

वर्णावलि = (Spectrum) कोणताही प्रकाश काचेच्या लोलकातून जाऊ दिल्यास, त्या प्रकाशातील घटकवर्ण पृथक्-पृथक् केले जातात या सर्व वर्णांची पक्ति, तिला वर्णावलि म्हणतात सूर्यप्रकाशाची दृश्य वर्णावलि, तांबडा (अरुण), नारिंगी, पिवळा, हिरवा, अस्मानी, निळा, जाभळा या वर्णांची बनलेली असते ताम्रवर्णाच्या पलीकडे वर्णावलि अदृश्य असते, तेथे उपाखण infra red प्रकाश असतो तसेच जावदापलीकडेही वर्णावलि अदृश्य होते, तेथे अतिनील (ultra violet) प्रकाश असतो

वेधकाल = सूर्य वा चंद्रग्रहणापूर्वी वातावरण किती काळ पर्यंत दूषित होते याची सामान्य कल्पना वेधकालावरून येते खगोलशास्त्र-दृष्ट्या वेधकालास कांहींच महत्त्व नाही रूढ कल्पनेप्रमाणे सूर्यग्रहणापूर्वी

व खग्रास चंद्रग्रहणापूर्वी १२ तास वेधकाल सुरू होतो असें मानतात चंद्रग्रहण खण्डग्रामच असेल तर मात्र ग्रहणापूर्वी केवळ ९ तासच वेधकाल मानला जातो

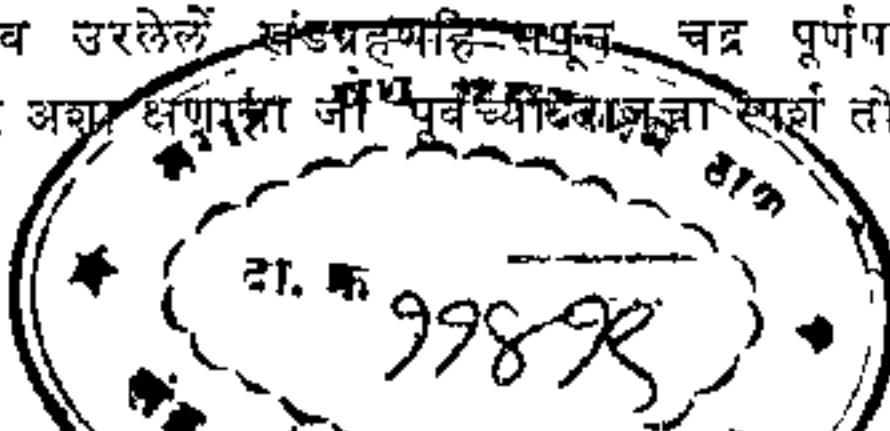
शर = (Celestial Latitude) आयनिक वृत्तापासून उत्तरेकडे वा दक्षिणेकडे मोजलेले अशात्मक अंतर [भोग पहा]

शंकु = (Cone) एखाद्या सरळ रेषेचे एक टोक स्थिर ठेऊन दुसरें टोक बदिस्त वक्ररेषेवरून (Closed curve) फिरविले तर जी आकृति बनते तिचे नाव शंकु विदुषकाची टोकदार टोपी ही शंकूच्या आकृतीचीच असते

सारसचक्र = (Saros) ग्रहणाचें ६५८५ $\frac{१}{३}$ दिवसाचें, म्हणजे १८ वर्षे व ११ ३ (अथवा १० ३) दिवसांचे एक चक्र असते. याला सारसचक्र म्हणतात एकदा सूर्यग्रहण किंवा चंद्रग्रहण झालें की ६५८५ $\frac{१}{३}$ दिवसांनी पुन तसलेंच ग्रहण येतें या कालावधीत ४ लीप वर्षे आलीं तर सारसचक्र १८ वर्षे व ११ ३ दिवसांचें होतें, ५ लीप वर्षे आली तर १८ वर्षे व १० ३ दिवसांचें होते.

सूर्यकुल = (Solar System) सूर्य व त्याच्या भोवताली फिरणारे ग्रह, ग्रहाचे उपग्रह, तसेच कांही धूमकेतु, लघुग्रह या सर्वांना मिळून 'सूर्यकुल' असे नाव आहे

स्पर्श = (Contact of limb) सूर्यग्रहणामध्ये चंद्रबिंब ज्यावेळीं सूर्यबिंबाला प्रथम पश्चिमेकडून भिडतें त्याला प्रथम स्पर्श म्हणतात. त्यानंतर चंद्रबिंब जेव्हा सूर्याला संपूर्णपणें व्यापून सूर्याच्या पूर्वेकडेला वाहेरून स्पर्श करतें तेव्हा तो द्वितीय स्पर्श होतो खग्रास ग्रहण सुरू लागणार त्यावेळी जो स्पर्श सूर्याच्या पश्चिम बाजूनें होतो त्याला तृतीय स्पर्श व उरलेलें खंडग्रहणहि संपून चंद्र पूर्णपणें सूर्यबिंबाला सोडून जाणार अशा क्षणाच्या जी पूर्वेच्या बाजूला स्पर्श होतो चतुर्थ स्पर्श



आधार ग्रंथ

1. **Elements of Astronomy**—E. A. Fath. McGraw Hill and Co, New York and London, 1934 (3rd Edn)
 2. **Astronomy**—W T Skilling and R. S Richardson Chapman and Hall Ltd, 37 Essex St, London W C 2
 3. **Hindu Astronomy**—G R. Kaye. Memoir 18 of the Archaeological Survey of India Govt of India Pub, Cal, 1924.
 4. **The Stars and the Mind**—Martin Davidson Watts and Co, 5-6 Johnson Court, Fleet Street, E. C. 4, London, 1948.
 5. **Eclipses of the Sun and the Moon**—Dyson and Wooley. Oxford University Press, 1937
 6. **Eclipses of the Sun**—S. A Mitchell Columbia University Press, New York, 5th Edn, 1951
 7. **The Sun and its Influence**—M A. Ellison, Routledge and Kegan Paul Ltd, Broadway House, 68-74 Centre Lane, London, 1955
-

मराठी वाचनीय ग्रथ

१. ज्योतिर्विलास : श. बा. दीक्षित. प्रकाशक—रा. श. दीक्षित, टिळक-वाडी, २५३/५ सदाशिव, पुणे २. १९४८ (६ वी आवृत्ति).
 २. चंद्रप्रभा : ज्योतिर्विद्या परिसंस्था, पुणे. प्रकाशक—ज्यो. वि. परिसंस्था, ४१० कसबा, पुणे २. १९५६.
 ३. सूर्यकुल : संपादक—मो. ल. चद्रात्रेय, ज्य. गो. ढवळे, ज्यो. वि. परिसंस्था, पुणे. प्रकाशक पा. रा. ढमढेरे, ३२२/३ सदाशिव, पुणे २. १९५२.
 ४. ज्योतिर्वैभव : लेखक—ज्य. गो. ढवळे. प्रकाशक—देशमुख आणि मडळी, पुणे २. १९५६.
 ५. सर्वानंदलाघव : लेखक—गो. स. आपटे. प्रकाशक—गो. स. आपटे, उज्जयिनी, १९२६.
 ६. सूर्य व सूर्यशक्तीचे उपयोग : लेखक—ना. वा. कोगेकर, प्रकाशक—पुणे विद्यापीठ—ब्रहिःशाल शिक्षण ग्रथमाला, १०. १९५८.
-

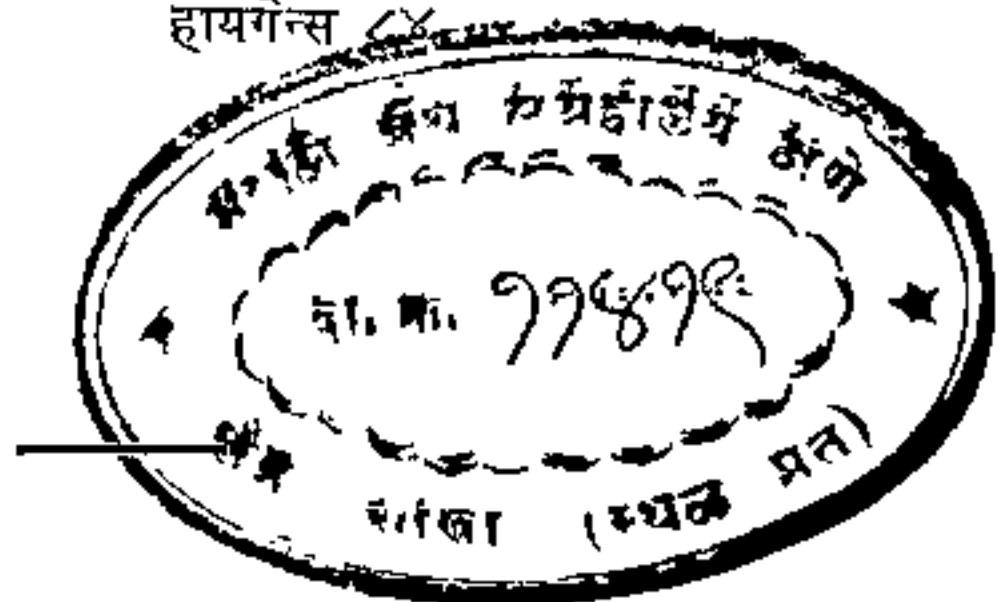
विषय-सूचि

अत्रि ३, १०, ११	कक्षा १११
अणुविज्ञान १०४	किरीट ५६, ६६
अधिक्रमण २२, ९५, ९६, ११०	—, अत ७१
अपारदर्शी २८	—, उभयान्वयी ६८, ६९
अभावास्या ११०	—, ध्रुवीय ६८, ६९
अलगोल १०२, १०३	—, बहि ७१
अल्माजेस्त १५	—, लेखी ६८
अवकाश ८१	—, वैषुव ६८, ६९
अस्त ९७	किलेमेन्स ९२
आइन्स्टाइन ८१, ८४, ८५, ८६, ९४	केतू १, ८, २५, ३८, ५९, ६३, ९९, १११
आन्तर्राष्ट्रीय तारिका रेखा २०, ११०	केप्लर ९०
आयनिक पातळी ३५, ११०	केल्व्हिन तपमान १११
— वृत्त २३, ११०	कोनीय व्यास ५१, १११
आर्यभट्ट ११, १२	ग्रह ८
उद्योत (ऑरोरा) ७१	ग्रहण ३५, ९७
उद्रेक ७१, ७४, ७७	कुळे ६२
— कलक निष्ठ ७६	चतु स्पर्शी ५४
— क्रियाशील ७८	प्रवास ६३
— स्तब्ध ७८	मर्यादा ५९
— स्फोटशील ७९	ग्रहणे १, २, ९५, ९६, ११२
उपग्रह २९	अलगोलची १०२
ऋणच्छाया ११०	खण्ड ४०
ऋग्वेद १०	ग्रहोपग्रहांची ९८
कर्षुकीय वादळें ७१	तान्यातान्यांची १०१
कला ३, ११०	

गॅलिलिओ १५, १६, १००
 गुरुत्वाकर्षण (सकृष्टि) ८६
 गोलाकृति ३०
 च्यवन ८७
 चंद्र ४, ३९
 उपच्छाया ४५
 कक्षा २३
 ग्रहण ३५, ४१
 च्छाया ३२, ४३, ४५
 चंद्रशेखर १०४
 च्चुगक आग १३
 च्यवन ८७
 छाया १११
 जॅकोबी १५
 ज्योति २, ११२
 टॉलेमी १५
 डाग, सूर्यावरील ७०
 तरगायाम ७५
 तिथि ११२
 तुरीय १०
 त्रिभातर ९७
 दक्ष प्रजापति ३, ५
 दिन ११३
 दिवस ११३
 दीक्षित १५
 नक्षत्रे २४, ११३
 नाक्षत्रवर्ष २३
 निभांतर ९७

नेपच्यून ९२
 न्यूकम ९१
 न्यूटन ८४, ८६, ८७, ९०
 परावृत् २८
 पृथ्वी छाया ३२
 परिच्छाया ४७
 प्रकाशाचा वेग १००
 पिधान ९५, ११४
 पीणिमा ११४
 प्रकाशतरंग ११४
 प्लूटो ९२
 पराऊन होफर १३
 बहिर्युति ९७
 वृहत्सहिता ११
 भगोल १६, ११५
 भारतीय सूर्यग्रहणें १५
 भोग ३६, ११५
 मध्यमंडळ ९०
 मय ६
 मॅन्स्वेल ८४
 मिचेल २०
 मेघनाद साहा १०४
 मेयर १००
 ययाति १०३
 रात्र ११५
 राहु १, ६, ८, १०, १२, २२, २५,
 ३९, ५९, ६३, ९९, ११५
 रोमर १००

रोहिणी ३	स्पर्श ५४
लव्हेरियर ९०, ९१	स्वर्भानु १०
लेस्कर बॉल्ट ९३	स्विफ्ट ९३
वर्णादर्श १६, ११५	सापेक्षता, सिद्धान्त ८१, ८७
वर्णावलि १६, ११५	सारमवक्र १४, ६३, ११६
वर्ष, ग्राहणिक ६२	सावली २८
—नाक्षत्र २३	सुवेल १५
—पातनिष्ठ ६२	सूर्य ५, ६, १०
वराह मिहिर ११, १२	—किरीट ५६, ६६, ६९
वस्तु ७५	—कुल २९, ८९, ११६
वॉटसन ९३	—कुलातील ग्रह ८९
वेधकाल ११५	सूर्यग्रहण ५२, ५४, ५९
शर ३६, ११६	ककणाकृति १७, ४९
शकू ३०, ११६	खग्रास १८, ५५, ९३, ९४
शूचिग १२	सख्या ६०
षड्भान्तर ९७	सोथिस् ५
सवितृ ४	स्पर्श ११६
संकृष्टि ८६	स्विफ्ट ९३
स्थल-काल ८१	हायगेन्स ८४



REFBANK-0011419

REFBK-0011419