

म.ग्रं.सं. ठाणे

विषय : शु.युवाका

सं. क्र. : 384



१४

# राहु-केतु आणि ग्रहणें

लेखक

त्र्यंबक गोविंद ढवळे,  
बी. ए.



REFBK-0011419

REFBK-0011419

मूल्य एक रुपया

१९६०

7141  
36264

5/99/62  
सं 211  
387



पुणे विद्यापीठ

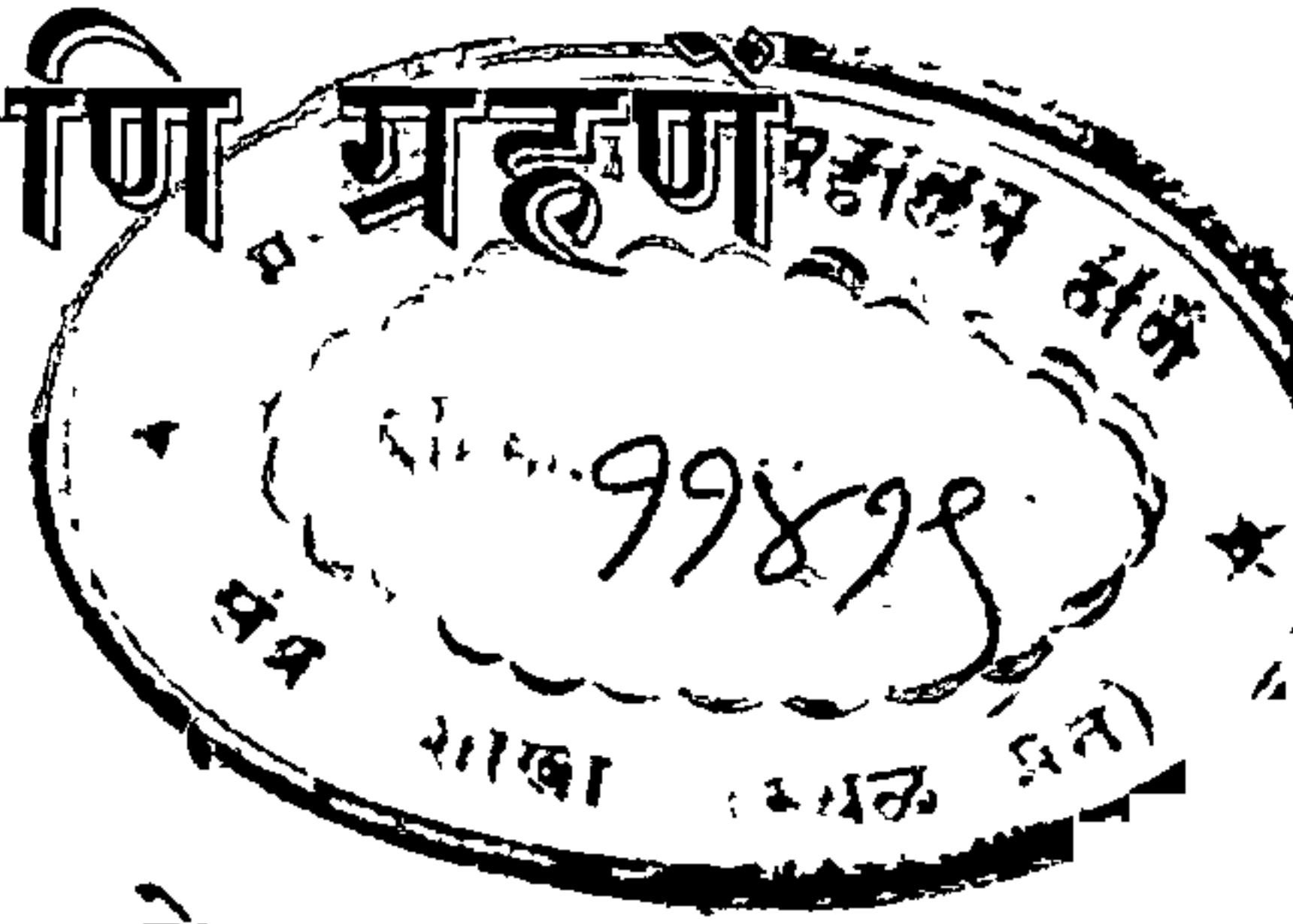


# बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमाला

बहिःशाल शिक्षण मंडळ

## १४

# राहु-केतु आणि ग्रहण



REFBK-0011419

REFBK-0011419

के. बी. ए.  
पुणे.

मे १९६० ]

[ मूल्य : एक रुपया

पुणे विद्यापीठ मुद्रणालयांत छापलें.

मुद्रक :

श्री. रं. श्री. सरदेशपांडे,  
उपकार्यवाह,  
पुणे विद्यापीठ,  
गणेशखिंड, पुणे ७.

प्रकाशक :

श्री. व. ह. गोळे,  
कार्यवाह,  
पुणे विद्यापीठ,  
गणेशखिंड, पुणे ७.

संपादक :

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

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

प्रथमावृत्ति

मे १९६०

## संपादकीय निवेदन

पूर्वीच्या मुंबई राज्यसरकारने १९४८ साली 'पुणे विद्यापीठ कायदा' संमत करून पुणे विद्यापीठ स्थापन केले. पुणे विद्यापीठाने, पुणे विद्यापीठ कायदांतील २६ व्या कलमान्वये, १९५० साली बहिःशाल शिक्षण मंडळ स्थापन केले. सामान्य जनतेला उपयुक्त असणाऱ्या व आकलन होणाऱ्या विषयांवर 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. त्र्यंबक गोविंद ढवळे, बी. ए. यांचेकडून 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 संज्ञा व व्याख्या" हे तिसरे परिशिष्ट आणि पुस्तकाची विषय-सूचि पुस्तक मुद्रित होत असतांनाच तयार करण्याचे कै. ढवळे यांनी योजिले होते. परंतु त्यांच्या निधनामुळे ते काम त्यांचेकडून 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 यांना त्यांचे हे पुस्तक प्रकाशित झालेले पाहण्यास मिळाले नाही ही दुर्दैवाची आणि दुःखाची घटना आहे.

या पुस्तकाच्या प्रकाशनाच्या कामांत प्रा. गो. रा. परांजपे, प्रा. मो. ल. चंद्रात्रेय 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

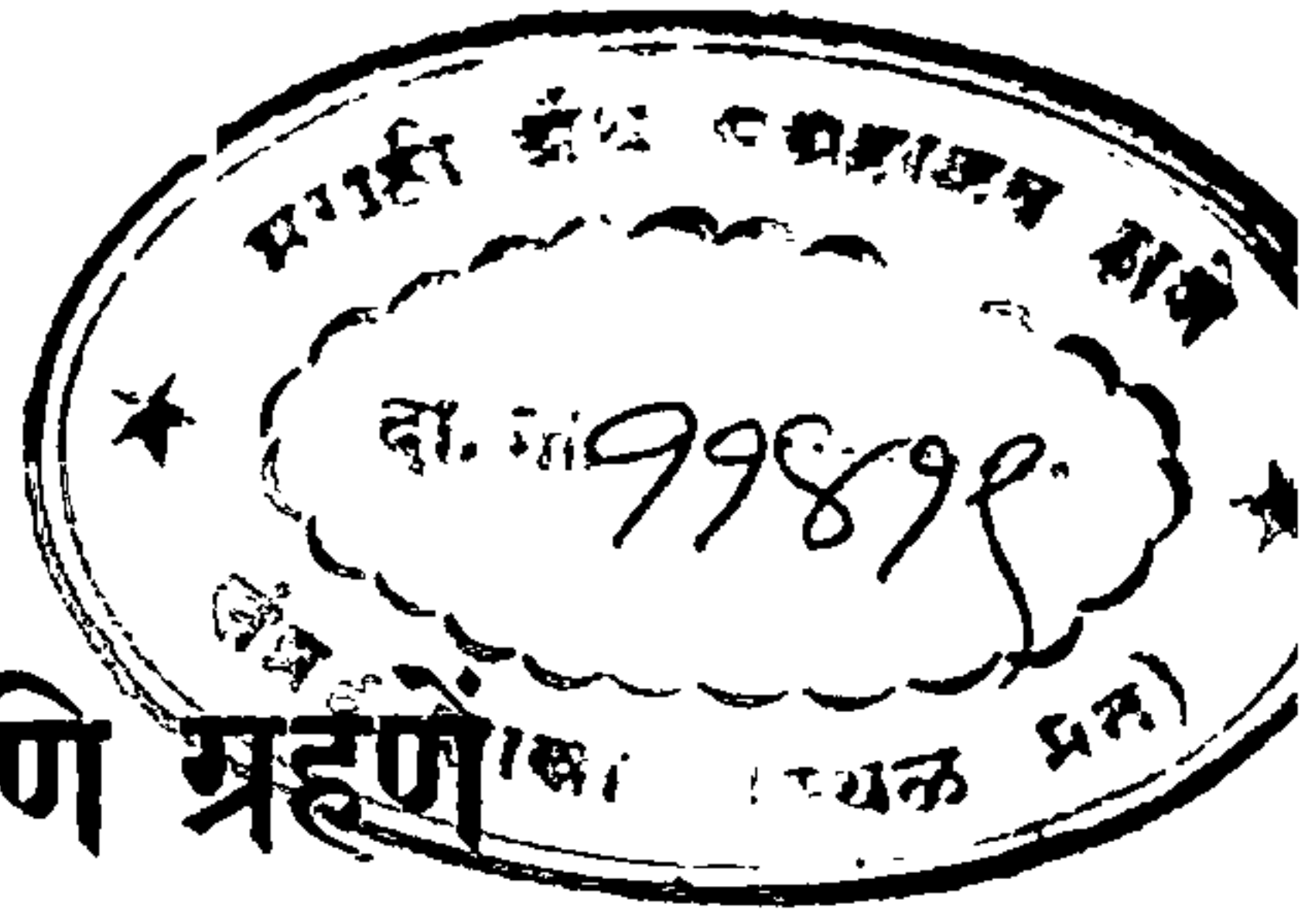
१. पुराणांतले राहु-केतु	...	...	...	१
२. घे ग्यान, सुटे गिराण !	...	...	...	११
३. ग्रहणांची प्राथमिक भूमिका	...	...	...	२२
४. छायेचा महिमा	...	...	...	२८
५. चंद्रग्रहणे	...	...	...	३४
६. सूर्यग्रहण	...	...	...	४३
७. सूर्यग्रहण : देखावा आणि परिणाम	...	...	...	५४
८. ग्रहणांचा विवेक आणि कुलनिष्ठा	...	...	...	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 शतकांतील आगामी खग्रास सूर्यग्रहणे	...	...	१०७
२. ग्रहणविषयक कांही 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 यांच्यामुळे 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 ग्रहणें लागतात कशीं आणि सुटतात कशीं ? ग्रहण लागतांना एकदा त्या चंद्राच्या किंवा सूर्याच्या नांवाने आंधोल केली, ग्रहण सुटपर्यंत देव्हान्यांतले झाडून सारे देव ताम्हनांतल्या महासागरांत बुडवून ठेवले, आणि ग्रहण सुटलें रे सुटलें, की मग देवांचीहि सुटका करून आपण त्या राहुकेतूंच्या नांवाने फारतर एखाद्या नदींत, तलावांत किंवा विहिरींत एखादी झकशी बुडी मारली, म्हणजे मग दुसऱ्या ग्रहणापर्यंत आपण या सूर्यचंद्रांचें कांही देणेंघेणें लागतों की नाही, हे फार मोठे मनोरंजक प्रश्न आहेत. त्यांचा विचार केव्हातरी केला पाहिजे; मन लावून केला पाहिजे.

खरोखरी ग्रहणें हा निसर्गातला एक मोठा भव्य आविष्कार आहे. त्यांतल्या खग्रास सूर्यग्रहणांच्या भव्यतेला दुसरी तोड नाही. हीं खग्रास सूर्यग्रहणें बहुधा पृथ्वीवरून जेवढीं मनोहर दिसतात तेवढीं तीं दुसऱ्या कोणत्याहि ग्रहावरून दिसत नसावीत. या सर्वच ग्रहणांविषयी प्रत्येक सुशिक्षित व अशिक्षित माणसाला उत्सुकता असते; म्हणून त्यांच्या स्वरूपाची येथे थोडक्यांत ओळख करून द्यावयाचें योजिलें आहे.

### ग्रहण म्हणजे काय ?

चंद्र आणि सूर्य या आपल्याला नेहमी दिसणाऱ्या, आकाशांतल्या दोन ठसठशीत आणि महत्त्वाच्या ज्योतिः<sup>१</sup> आहेत. दिवसा सूर्याच्या उजेडांत, आणि रात्री चंद्राच्या शीतल प्रकाशांत, आपलीं पुष्कळशीं कामें उरकतां येतात. आकाशांतल्या त्यांच्या स्थळांवरून वेळ समजते. यांतला सूर्य हा कधीकधी दिवसाच्या ऐन ढवळ्या वेळीं, थोडा वेळ, संपूर्णपणें किंवा अंशतः, काळवंडलेला दिसतो; तेव्हा त्याला ग्रहण लागलें असें आपण म्हणतो. चंद्रहि खरोखरी ज्या दिवशीं गरगरीत वाटोळा दिसावयाचा, त्या दिवशीं कधीकधी संपूर्णपणें किंवा अंशतः काळवंडतो आणि मग थोड्या वेळाने पुन्हा पहिल्यासारखा पूर्ण प्रकाशाने तळपू लागतो. असा तो काळवंडतो तेव्हा त्यालाहि ग्रहण लागलें असें आपण म्हणतो.

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

### चंद्राची लोकप्रियता

इराणच्या पश्चिमेला आणि अरबस्तानच्या उत्तरेला एक लहानसा टापू आहे. त्याला पूर्वी खालिडिया म्हणत असत. येथील लोक ख्रिस्तपूर्व काळांत ज्योतिःशास्त्राच्या ज्ञानाबद्दल विशेष प्रसिद्ध होते. ते चंद्राची उपासना करीत असत. अलीकडच्या काळांत येथील जमीन जागोजाग उकरली गेली, तेव्हा तेथे चंद्राचीं कांही देवळें सापडलीं आहेत. मुसलमानांच्या कालमापनांत चंद्रालाच विशेष महत्त्व आहे. भारतांतील

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

आजच्या सर्व प्रांतीय भाषांच्या वाङ्मयांत देखील माणसाने चंद्राशीं जेवढी लगट केलेली आढळते, तेवढी ती सूर्याशीं केलेली नाही.

### चंद्राविषयी प्राचीन कथा

ऋग्वेदांतील एका वचनावरून असें दिसतें की, अत्रिकृष्णीच्या एका डोळ्यापासून चंद्राचा जन्म झाला, असें प्राचीनकाळीं मानीत असत. तथापि, बहुतेक सर्व पुराणांवरून असें आढळतें की, देवांनी आणि दानवांनी अमृत मिळविण्यासाठी समुद्र घुसळून काढला, तेव्हा त्यांतून बाहेर आलेल्या रत्नांत चंद्रहि होता. त्याच्याशीं दक्षप्रजापतीने आपल्या २७ मुलींचीं लग्नें लावून दिलीं. या मुली म्हणजेच आकाशांतलीं आपलीं २७ नक्षत्रे. या एकेका पत्नीच्या घरीं चंद्र एकेक रात्र राहतो, पण त्यांतहि तो रोहिणीला अधिक चाहतो; म्हणून दक्षाने त्याला 'तूं क्षयी होशील' असा शाप दिला. पण मग मुलींच्याच विनवणीवरून हा क्षय फक्त प्रत्येक महिन्यांतल्या कृष्णपक्षापुरताच मर्यादित झाला. शुक्ल पक्षांत चंद्र कलेकलेने वाढत जाऊन पौर्णिमेला पूर्णांग होतो, म्हणजे गरगरीत वाढोळा होतो. तो या शापांतून मिळालेल्या अर्धवट सुटीमुळेच होय.

चंद्राला क्षय लागून तो कृष्णपक्षांत झिजत जातो खरा, पण तो अमावास्येच्या दिवशीं मृत्युमुखीं पडत नाही. कोणी म्हणतात की, चंद्रावर अमृताचे कित्येक रांजण भरलेले असतात. ते सगळे पौर्णिमेच्या दिवशीं तुडुंब भरलेले असतात. त्यानंतर मग पौर्णिमेपासून अमावास्येपर्यंतच्या काळांत, देव चंद्रावरच्या अमृताचें, म्हणजे सोभरसाचें, प्राशन करीत राहतात; त्यामुळे बहुधा दररोज चंद्रावरचा एकेक भला मोठा रांजण रिकामा होत असावा. म्हणूनच चंद्र एकेका कलेने झिजत गेलेला दिसतो. त्याची शेवटची एक कला, म्हणजे सोळावी कला, अमावास्येच्या दिवशीं पृथ्वीवरच्या नद्या-तलावांत आणि समुद्रांत, तसेंच सर्व वनस्पतींत दडून

राहते. तीच शुक्लप्रतिपदेला पुन्हा आकाशांत चढून वाढूं 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 लोकांत जातात, अशी एक समजूत पूर्वी होती. आता यापुढच्या काळांत तर चंद्रावर जाण्यासाठी इहलोकांत मरण पावण्याचीहि आवश्यकता उरणार नाही. पृथ्वीभोवती फिरणाऱ्या अमेरिकन किंवा रशियन कृत्रिम चंद्रावर कांही क्षण विसावा वेऊन, मग तेथून पुढे अंतराळांतल्या प्रवासाला निघावयाच्या योजनाहि आता तयार झाल्या आहेत.

### चंद्रदेवता

ख्रिस्तोत्तर काळांत चंद्र या देवतेला मूर्ति, वाहन, चिन्हें वगैरे प्राप्त झालीं, आणि नवग्रहांतील एक देवता म्हणून गंध, फुलें, अक्षता वाहून तिची पूजाअर्चा सुरू झाली. ती अद्याप आपल्या देशांत सुरू आहेच.

### सवितृ-देवता

असाच कांहीसा प्रकार सूर्याच्या बाबतींतहि आढळतो. मात्र चंद्राच्या बाबतींत जेवढी सलगी माणसाने केलेली आहे, तेवढी ती सूर्याच्या बाबतींत केलेली दिसत नाही. आफ्रिका, अमेरिकेंतल्या कित्येक रानटी लोकांत अशा कथा आढळतात की, सूर्य हा प्रथम पुष्कळच कामचुकार होता. तो कधी जल्द धावे, तर कधी रेंगाळत चाले. कधी तो पृथ्वीच्या अगदी निकट येई, तर कधी तिच्यापासून पुष्कळच दूर निघून जाई. कधी कधी अजिबात तोंड काळें करी ! अखेरीला त्याला शिक्षा म्हणून देवांनी त्याला एका चरकाला जुंपलें. तेव्हा कोठे स्वारी अमळ मार्गावर आली; पण मग मात्र तो स्वतः जसा योग्य मार्गाने जाऊं लागला, तसाच पृथ्वीवरच्या



माणसांनीहि सन्मार्गाने जावें म्हणून आग्रह धरूं लागला. कधी कधी, पृथ्वीवर फारच पाप माजलें म्हणजे मग, आकाशांतल्या हा सदाचरणी 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-चकऱ्यांचा बळी देत ; तेव्हा कोठे या राजेसाहेबांची कळी खुले !

प्राचीन इजिप्शियन लोकांनी दगडांत खोदलेलें एक सूर्यपूजेचें चित्र सापडलें आहे. सूर्याला ते 'रा' म्हणत. या 'रा'पासून निघालेले सहस्रावधि किरण हे जणू त्याचे हातच मानले जात. त्यांना माणसाच्या हातांसारखींच बोटें असत. या 'रा'चे पुजारी मोठे व्यावहारिक ज्योतिर्वेत्ते होते. सूर्याप्रमाणेच ते 'सोथिस'चें (म्हणजे व्याधाच्या तान्याचें) अवलोकन करीत. हा 'सोथिस' जेव्हा सूर्योदयापूर्वी पहिलें दर्शन देई, तेव्हा नाईल नदीला पूर येत असे. त्यामुळे या प्रकारच्या अवलोकनांचा उपयोग शेतीभातीच्या कार्यां होई.

### सूर्याचा प्रखरपणा

सूर्य ही आपल्या प्राचीन वाङ्मयांत तेजाओजाची देवता मानलेली आहे. हल्लीसुद्धा त्रिकालसंध्येच्या वेळीं गायत्रीमंत्राचें पठन होतें तेव्हा त्या मंत्राच्याद्वारा आपण अशी प्रार्थनाच करीत असतो की, या तेजामुळे आपल्या बुद्धीला चालना मिळत राहावी. हें तेज कोणाहि माणसाला सहन होण्याजोगें नसतें. प्राचीनकालचा सूर्य तर म्हणो याहूनहि प्रखर होता. म्हणूनच दक्षप्रजापतीने त्याला सहाणेवर घासून त्याचे कांही कंगोरे कापून काढले, तेव्हा कोठे त्याचें लग्न छायेशीं होऊं शकलें. महाभारतातील कर्णाला सूर्याने आपलीं कवचकुंडलें देऊन अजिंक्य बनविलें होतें, ही कथा प्रसिद्धच आहे.



## सूर्य हा ज्योतिःशास्त्राचा मूळपुरुष

पौराणिक काळांत सूर्य ही पूजेअर्चेची देवता बनली होती, आणि चंद्राप्रमाणेच त्यालाहि नवग्रहांत एक स्थान मिळालें होतें. स्वस्तिक आणि चक्र हीं या सूर्याचीं चिन्हे होतीं, आणि फुललेलें कमळ हें त्याचें दुसरें एक चिन्ह म्हणून मानलें जाई. तें बहुधा त्याच्या किरीटाच्या आकृतीचें द्योतक होतें. खुद्द ज्योतिःशास्त्र हें सूर्यानेच वेळोवेळीं सांगितलेलें शास्त्र आहे, अशी आपल्या जुन्या ज्योतिर्वेत्त्यांची श्रद्धा होती. या शास्त्रावरचा आपल्याकडचा सुप्रसिद्ध सिद्धान्त ग्रंथ जो 'सूर्यसिद्धान्त', त्याच्या प्रारंभीच मुद्दाम सांगितलेलें आहे की, चालू युगांत, म्हणजे 'कलि'युगांत, सूर्याने 'मय' नांवाच्या असुराच्या रूपाने अवतार घेतला होता. त्याने जें शास्त्र सांगितलें तेंच या ग्रंथांत आलेलें आहे.

## राहुची चोरी

सूर्य आणि चंद्र या दोन्ही देवता म्हणजे साऱ्या जगाचे नेत्रच. अशा या महत्त्वाच्या देवतांनासुद्धा दुर्दैवाचा फेरा चुकत नाही, मग तुमची आमची काय कथा ? हें मनावर विंविण्णासाठी संस्कृतांतल्या कित्येक सुभाषितांतून राहूने ग्रासलेल्या चंद्रसूर्यांचा उल्लेख आढळतो. पुराणांतूनहि असा उल्लेख वारंवार आढळतो. हा पुराणांतला राहु म्हणजे सिंहिका नांवाच्या एका राक्षसीला विप्रचित्ति नांवाच्या ब्राह्मणापासून झालेला मुलगा. त्याचें शरीर म्हणे सापाचें होतें. समुद्रमंथनानंतर देवांच्या हातीं जें अमृत लागलें, त्याचें प्राशन करण्यासाठी देवांच्या पंक्ति समुद्रकांठीं बसल्या असतांना, अमृताच्या लोभाने, राहु वेष पालवून पंक्तींतल्या एका पायावर जाऊन बसला. इतरांप्रमाणेच तोहि आपल्या पुढ्यांतलें अमृताचें भांडें उचलून तोंडाला लावूं लागला. तोंच त्याच्या पंक्तींत असलेले विश्वचक्षु जे सूर्य आणि चंद्र, त्या दोघांच्याहि लक्षांत राहुची ही लबाडी

## पुराणांतले राहु-केतु

७

आली, आणि ती त्यांनी विष्णूच्या नजरेला आणली. “सर्गाच्याचें संपत्ते, पण तुम्हां कोटावळ्यांच्या रे पोटांत कां दुग्त्रतें?” असें म्हणून रागाने काळयानिळ्या झालेल्या राहूने चंद्रसूर्याकडे झेप घेतली. पण वारेंतच



आकृति १ : पौराणिक राहु आणि केतु

विष्णूच्या सुदर्शनचक्राने त्याचा शिरच्छेद केला. मध्यंतरी तोंडाला लावलेल्या भांड्यांतलें किती अमृत त्याच्या घशावाली उतरलें असेल, कोण जाणे ! पण परिणाम मात्र असा झाला की, अमृताच्या संपर्कांत आल्यामुळे राहूचें डोकें आणि कबंध ( डोक्याखेरीज उरलेलें धड ) हीं दोन्हीहि अमर झालीं, आणि ‘सूड, सूड’ म्हणत तीं चंद्रसूर्याकडे धावत गेलीं, तीं तशीं

अद्यापहि आकाशांत धावत राहिलीं आहेत ! तीं तशीं यावच्छंद्रदिवाकरौ ( म्हणजे चंद्रसूर्य असतील तोपर्यंत ) राहणार आहेत असें आपल्या पुराणांचें म्हणणें आहे. यांतलें शिर तो राहु आणि कबंध हा केतु.

### पुराणें आणि ग्रहणें

अधूनमधून असें घडतें की, वर उल्लेखिलेल्या मुंडक्याच्या आवाक्यांत किंचहुना थेट त्याच्या दाढवणांत, चंद्र किंवा सूर्य येतो. ' वरा सापडलास ' असें म्हणून हें मुंडकें त्याला गिळतें. पण वशाखाली राहावयाला पोटच नसल्यामुळे चंद्रसूर्य निसटून जातात. कधी कधी कबंधाच्या तडाख्यांत चंद्र किंवा सूर्य सापडतो. चवताळलेलें कबंध त्याला खाऊं की गिळूं अशा आवेशाने आपल्या लांबलचक हातांनी पकडतें. भीतीने चंद्रसूर्य तांबडे-पिवळे होतात, कधी काळेठिकर पडतात. पण त्यांना खावयाला तोंड आहे कोठे ? त्यामुळे हताशपणें त्यांना चंद्रसूर्याला सोडून द्यावें लागतें. दाताचण्यांची गाट कांही केल्या पडतच नाही ! अशा तऱ्हेने चंद्रसूर्यांना ग्रहणें लागतात आणि सुटतात, असा एकंदरीत आपल्या पुराणांतील कथांचा आशय आहे.

### राहूचें ग्रहत्व

पुराणांतरच्या काळांत सर्वच ग्रहांची पूजा होऊं लागली. त्यांत राहुकेतूंनाहि स्थान मिळालें. हे दोघेहि 'ग्रह' म्हणूनच मानले जाऊं लागले. पण इतर ग्रहांत व राहुकेतूंत मूलतःच फरक मानला गेला. सर्वच 'ग्रह' माणसांना पीडा देतात. पण राहुकेतु मात्र सूर्यचंद्र या दोन 'ग्रहांना'हि पीडा देतात, तशी पीडा बाकीचे ग्रह देत नाहीत. बाकीच्या ग्रहांना धातुमय शरीरें प्राप्त झालीं आहेत. पण राहु मात्र नांवाप्रमाणेच 'रंहाने' म्हणजे वेगाने धावणारा, काळाकभिन्न, केवळ अंधकारमय, सर्पदेही, सर्पधर्मी राक्षस मानला गेला आहे. तो नेहमी शेषाच्या राज्यांत - पाताळांत - राहतो, आणि चंद्रसूर्यांना आसावयापुरताच बाहेर पडतो, अशी जुनी समजूत होती,



इतर देशांच्या समजुती

जगातील बहुतेक सर्व देशांच्या प्राचीन वाङ्मयांत राहूच्याच



आकृति २ : काठ्याकुन्हाडींनी सूर्याची सुटका

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

बहुधा तो राक्षस पळून जाई. ही ग्रहणांची मीमांसा बहुतेक सर्व देशांतल्या प्राचीन लोकांत आढळते. या सर्व देशांतल्या सर्वसामान्य लोकांमध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असतांना, त्या त्या देशांतल्या कांही थोड्या विचारी लोकांना ग्रहणाचें खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसें समजत गेलें, हें आपल्या ऋग्वेदांतील कांही ऋचांवरून ध्यानांत 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 वाङ्मयांतला इंद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे. या दोघांप्रमाणेच सुरांच्या बाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या बाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यांत कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अंधकारमय आवरणाने सूर्याला झाकून टाकी. त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ वने.

हें असें कां घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणांचें ज्ञान मिळविलें. तें त्याने 'तुरीय' नांवाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविलें असावें, असें म्हणतात. हें 'तुरीय' यंत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनांतहि आढळतें.

नैसर्गिक घटनांचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणीत 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. त्यांच्यांतून दिसणाऱ्या गोष्टींचें सुमूत्रीकरण करावें लागतें, आणि त्यांच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवित राहावें लागतें. या पद्धतीची सुरुवात अत्रीने फार प्राचीन काळीं केली असावीसं दिसतें.

### अत्रिऋषींचें ज्ञान

वैदिक काळांत प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणांचे वेध घेऊन ग्रहणांचें ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणांत आला आहे. पण हें ज्ञान त्याने मिळविलें, म्हणजे ग्रहणांविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हें सांगणें कठीण आहे. पृथ्वीच्या छायेंत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागतें; आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागतें, ही नंतरच्या काळांत प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असें म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपक्षां वैदिक काळांत 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 हें अर्थातच अशक्य होतें. यामुळेच पौराणिक काळांत राहु या राक्षसाबद्दलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणें कठीण बनलें.

### आपलें ख्रिस्तोत्तर ज्ञान

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



बहुधा तो राक्षस पळून जाई. ही ग्रहणांची मीमांसा बहुतेक सर्व देशांतल्या प्राचीन लोकांत आढळते. या सर्व देशांतल्या सर्वसामान्य लोकांमध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असतांना, त्या त्या देशांतल्या कांही थोड्या विचारी लोकांना ग्रहणाचें खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसें समजत गेलें, हें आपल्या ऋग्वेदांतील कांही ऋचांवरून ध्यानांत 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 वाङ्मयांतला इंद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे. या दोघांप्रमाणेच सुरांच्या बाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या बाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यांत कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अंधकारमय आवरणाने सूर्याला झाकून टाकी. त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ बने.

हें असें कां घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणांचें ज्ञान मिळविलें. तें त्याने 'तुरीय' नांवाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविलें असावें, असें म्हणतात. हें 'तुरीय' यंत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनांतहि आढळतें.

नैसर्गिक घटनांचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणीत 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. त्यांच्यांतून दिसणाऱ्या गोष्टींचें सुमूत्रीकरण करावें लागतें, आणि त्यांच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवित राहावें लागतें. या पद्धतीची सुरुवात अत्रीने फार प्राचीन काळीं केली असावीसें दिसतें.

### अत्रिऋषींचें ज्ञान

वैदिक काळांत प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणांचे वेध घेऊन ग्रहणांचें ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणांत आला आहे. पण हें ज्ञान त्याने मिळविलें, म्हणजे ग्रहणांविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हें सांगणें कठीण आहे. पृथ्वीच्या छायेंत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागतें; आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागतें, ही नंतरच्या काळांत प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असें म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपक्षां वैदिक काळांत 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 हें अर्थातच अशक्य होतें. यामुळेच पौराणिक काळांत राहु या राक्षसाबद्दलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणें कठीण बनलें.

### आपलें ख्रिस्तोत्तर ज्ञान

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

बहुधा तो राक्षस पळून जाई. ही ग्रहणांची मीमांसा बहुतेक सर्व देशांतल्या प्राचीन लोकांत आढळते. या सर्व देशांतल्या सर्वसामान्य लोकांमध्ये वरीलसारख्या कल्पना प्रचलित असतांना, त्या त्या देशांतल्या कांही थोड्या विचारी लोकांना ग्रहणाचें खरेंखुरें स्वरूप हळूहळू कसें समजत गेलें, हें आपल्या ऋग्वेदांतील कांही ऋचांवरून ध्यानांत येण्याजोगें आहे.

ऋग्वेदाच्या काळीं, आणि तत्पूर्वींहि, 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 वाङ्मयांतला इंद्राचा आणि वृत्राचा झगडा सुप्रसिद्धच आहे. या दोघांप्रमाणेच सुरांच्या वाजूचा भानु (सूर्य) आणि असुरांच्या वाजूचा स्वर्भानु (राहु) यांचाहि झगडा होई. त्यांत कधी कधी स्वर्भानु हा आपल्या अंधकारमय आवरणाने सूर्याला झाकून टाकी. त्यामुळे सर्व चराचर सृष्टि क्षणमात्र मूढ बने.

हें असें कां घडतें यावर 'अत्रि' ऋषीने खूप विचार करून ग्रहणांचें ज्ञान मिळविलें. तें त्याने 'तुरीय' नांवाच्या साधनाने एकसारखे सूर्याचे वेध घेत राहून मिळविलें असावें, असें म्हणतात. हें 'तुरीय' यंत्र आपल्या अलीकडच्या वेधसाधनांतहि आढळतें.

नैसर्गिक घटनांचा उलगडा हा केवळ डोळे मिटून, तर्काचीं जाळीं विणीत 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. त्यांच्यांतून दिसणाऱ्या गोष्टींचें सुमूत्रीकरण करावें लागतें, आणि त्यांच्या साहाय्याने अधिक ज्ञान मिळवित राहावें लागतें. या पद्धतीची सुरुवात अत्रीने फार प्राचीन काळीं केली असावीसैं दिसतें.

### अत्रिऋषीचें ज्ञान

वैदिक काळांत प्रथम अत्रिऋषीने सूर्यग्रहणांचे वेध घेऊन ग्रहणांचें ज्ञान मिळविल्याचा उल्लेख मागील प्रकरणांत आला आहे. पण हें ज्ञान त्याने मिळविलें, म्हणजे ग्रहणांविषयी त्याची नक्की काय कल्पना झालेली होती, हें सांगणें कठीण आहे. पृथ्वीच्या छायेंत चंद्र शिरतो, तेव्हा चंद्रग्रहण लागतें; आणि सूर्य-पृथ्वीच्या दरम्यान चंद्र येतो, तेव्हा सूर्यग्रहण लागतें, ही नंतरच्या काळांत प्रस्थापित झालेली कल्पना अत्रीला सुचली असेलच असें म्हणण्याइतके स्पष्ट उल्लेख मिळत नाहीत. उलटपक्षां वैदिक काळांत 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 हें अर्थातच अशक्य होतें. यामुळेच पौराणिक काळांत राहु या राक्षसाबद्दलची जी कल्पना प्रसृत झाली ती खोडून काढणें कठीण बनलें.

### आपलें खिस्तोत्तर ज्ञान

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

आहे. तसेंच, सूर्याला चंद्राने झाकावें हें केवळ अमावास्येलाच घडूं शकतें; आणि पृथ्वीच्या अंधकारमय छायेत चंद्र जेव्हा पौर्णिमेच्या सुमाराला प्रवेश करूं शकतो तेव्हा कमीअधिक प्रमाणांत चंद्रग्रहण लागतें, असें आर्यभट्ट हा आपल्या 'आर्यभटीय' नांवाच्या ग्रंथांत सांगतो. हे दोघेहिजण आपापल्या ग्रंथांत सांगतात की, आकाशांतल्या ज्या विवक्षित स्थळां चंद्र आला असतांना सूर्याला ग्रहण लागतें, किंवा पृथ्वीच्या छायेत हें स्थळ येऊन तेथेच चंद्र आला असतां चंद्राला ग्रहण लागतें, त्या स्थळांचेंच नांव 'राहु'.

### ग्रहणांची नोंद

ग्रहणांच्याविषयीचें हें ज्ञान आपल्या देशांत कसकसें आणि कोण-कोणत्या पायऱ्यांनी मिळत गेलें याचा इतिहास मिळत नाही. वैदिक काळांत चंद्रसूर्याच्या गतीविषयीचें ज्ञान स्थूल स्वरूपाचें होतें; तथापि त्या काळाच्या मानाने त्याचें स्वरूप निश्चित शास्त्रीय होतें. त्यानंतरच्या पौराणिक काळांत, म्हणजे ख्रिस्तपूर्व ५०० ते ख्रिस्तोत्तर ४-५ शे, या सुमारे १,००० वर्षांत, केवळ कथांचाच सुळसुळाट झाला. ज्योतिर्विषयक निश्चित ज्ञानांत फारशी वाढ झालेली, निदान पुराणांतील माहितीवरून तरी, दिसत नाही. वराहमिहिराच्या काळचें ज्ञान हें एकदम पुष्कळच प्रगतावस्थेला गेलेलें दिसतें. मध्यंतरींचा इतिहास उपलब्ध नाही.<sup>१</sup> तथापि, इतर देशांतला 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 ऐनजिनसी उचलेलें असावें असें म्हणावयाला पाश्चात्यांना अवसर मिळतो.



नांवाचा एक फार प्राचीन चिनी ग्रंथ उपलब्ध आहे. त्यांत ख्रिस्तपूर्व २४ व्या शतकापासून ख्रिस्तपूर्व ६२५ वर्षांपर्यंतच्या चिनी सम्राटांच्या आज्ञांचें आणि बोपणांचें संकलन केलेलें आढळतें. त्यांतील एक आज्ञा अशी आहे की, ज्योतिर्वेत्त्याने वर्तविलेल्या वेळेच्या आधी जर ग्रहण लागलें, तर त्या ज्योतिष्याला लगोलग जिवें मारावा ; आणि जर तें वर्तविलेल्या वेळेच्या नंतर लागलें, तर बिलकूल दयामाया न करतां त्याला कंटस्नान घालावें !

### चुकीसाठी फाशीची शिक्षा

साई घराण्यांतला राजा ४ था चुंगकआंग याच्या कारकीर्दीत ता. २२ ऑक्टोबर ख्रिस्तपूर्व २१३७ या दिवशीं घडलेल्या सूर्यग्रहणाचा उल्लेख या चिनी ग्रंथांत आहे. तो वरील राजाज्ञेच्या दृष्टीने ध्यानांत घेण्याजोगा आहे. या राजाच्या पदरीं 'ही' आणि 'हो' या नांवांचे दोन ज्योतिषी होते. त्यांना हें ग्रहण अगावू वर्तवितां आलें नाहीं. इतकेंच नव्हे, तर आकाशांतल्या महाराक्षसांकडून सूर्य गिळला जात असतां हे राजज्योतिषी दारू पिऊन तर्र झालेले होते ! यामुळे, बाणांच्या वर्षावाने या राक्षसाला पिटाळून लावण्याचें राजाचें जें पवित्र कर्तव्य, त्याचें पालन मुळीच घडूं शकलें नाहीं, म्हणून या ज्योतिष्यांचीं मुंडकीं उडवलीं गेलीं. ज्योतिर्विद्येसाठी शिक्षा झाल्याचें हें इतिहासांतलें पहिलेंच उदाहरण आहे. प्रख्यात चिनी तत्त्ववेत्ता कन्फ्यूशस याने आपल्या एका ग्रंथांत तारीखवारीने ३६ सूर्यग्रहणांचा उल्लेख केलेला आढळतो, हेंहि या प्रसंगाने ध्यानांत घेण्याजोगें आहे.<sup>१</sup>

### खाल्डियन वेध

असेच सूर्यग्रहणांचे निश्चित वेध घेतलेला दुसरा एक देश प्रसिद्ध आहे. तो तैग्रिस आणि युफ्रेटिस या दोन नद्यांच्या दरम्यानचा

१. आपल्या 'शुल्बसूत्रांत' कांही ग्रहणांचा उल्लेख सांकेतिक भाषेंत केलेला आहे असें म्हणतात.



‘ खाल्डिया ’ नांवाचा प्राचीन देश. या देशांतल्या लोकांनी भाजलेल्या वियांच्या भिंतींवर लिहून ठेवलेला मजकूर विपुल प्रमाणांत मिळाला आहे. त्यांत ख्रिस्तपूर्व सुमारे ३,००० वर्षांपासूनचे अनेक घटनांचे उल्लेख आढळतात. त्यांतच सूर्यग्रहणेंहि येतात.’ या लोकांना ख्रिस्तपूर्व आठव्या शतकांतच सूर्यग्रहणांच्या बाबतींत 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 लागलें होतें. त्यानंतरच्या अनेक ग्रहणांचे उल्लेख खाल्डियनांनी केलेले सापडले आहेत.

### इजिप्त - ग्रीस

खाल्डियनांच्या बरोबरीने किंवा कांही थोडेसे त्यांच्यानंतरच्या काळांत इजिप्शियनांनी आणि ग्रीकांनीहि ग्रहणांचे केलेले उल्लेख आढळतात. इजिप्शियनांच्या थडग्यांवर आणि मनोऱ्यांवर ( पिरॅमिड्सवर )

१. ‘ विश्वाची निर्मिति ’ ( द क्रिएशन ऑफ द युनिव्हर्स ) या ग्रंथाचा लेखक **जॉर्ज गॅमॉव** हा आपल्या या ग्रंथांत म्हणतो की, **वॅविलोनियन (खाल्डियन)** आणि **इजिप्शियन्स** यांनी ख्रि. पू. २,००० पासून नमूद केलेल्या ग्रहणाच्या तारखा गणितागत तारखांशी तंतोतंत जुळतात. मात्र वेळ जुळत नाही. उदाहरणार्थ, त्यांनी नमूद केलेल्या कांही सूर्यग्रहणांच्या वेळा कित्येक तासांनी सूर्योदयापूर्वीच्या किंवा सूर्यास्तानंतरच्या असाव्यात असें गणिताने ठरतें. म्हणजे उपर्युक्त टापूत हीं ग्रहणें दिसणें अशक्य ठरतें. मात्र, भरतीओहोटीमुळे पृथ्वीवरचा दिवस प्रत्येक वर्षशतागणिक ०.००१ सेकंदाने वाढतो हें मान्य केल्यास ४० शतका-पूर्वीचा दिवस ०.०४ सेकंदांनी लहान ठरतो, आणि या ४० शतकांमधला दिवस आजच्या दिवसापेक्षा सरासरीने ०.०२ सेकंदांनी लहान मानतां येतो. या हिशेबाने ४० शतकांतील ( १४ लक्ष दिवसांतील ) वेळेची एकूण तफावत २८,००० से. ( सुमारे ८ तास ) भरते; आणि मग हीं ग्रहणें दिसणें अगदी शक्य होतें, असें ठरतें.

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

### ख्रिस्तोत्तर ग्रहणे

ख्रिस्तोत्तर २ व्या शतकांत टॉलेमी नांवाचा एक ज्योतिर्वेत्ता अलेक्झांड्रिया येथे होऊन गेला. त्याने आपल्या अल्माजेस्त नांवाच्या ग्रंथांत ख्रिस्तपूर्व ७२१ पासून ख्रिस्तोत्तर १३६ सालापर्यंतच्या १९ चंद्र-ग्रहणांचा उल्लेख केलेला आहे.

ख्रिस्तोत्तर काळांत आपल्या देशांतल्या अनेक राजांनी वेळोवेळीं दाने दिल्याचे उल्लेख निरनिराळ्या ताम्रपटांतून आढळतात. हीं दाने, पुष्कळदा ग्रहणांच्या निमित्ताने दिलेलीं असत. मात्र अशीं ग्रहणे प्रत्यक्ष घडलेलीं पाहून दाने दिलीं जात, असें नव्हे; गणिताने आलेलीं ग्रहणेहि चालत, असें सुवेळ आणि दीक्षित यांच्या 'इंडियन कॅलेंडर्स' या इंग्रजी ग्रंथाच्या शेवटीं जोडलेल्या 'भारतीय सूर्यग्रहणे' या परिशिष्टांत जॅकोबीचें मत दिलेले आहे. तथापि अशा ग्रहणांच्या निश्चित तारखांचें संकलन अद्याप कोठे झाल्याचें पाहण्यांत नाही. अगदी अलीकडच्या इतिहास-काळांत ३० मार्च १६८० रोजीं खग्रास सूर्यग्रहणाचा मार्ग त्रावणकोर-कोचीनवरून गेलेला होता. ३ मे १७३४ रोजीं खग्रास सूर्यग्रहण झालेले होते. त्याचा मार्ग अंदाजे मुंबईजवळून पूर्वेकडे गेलेला होता. अलीकडच्या काळांतल्या इतरहि अनेक ग्रहणांच्या तारखा उपलब्ध आहेत. पण त्यांचीं प्रत्यक्ष - दृष्ट ( म्हणजे प्रत्यक्ष पाहून लिहिलेलीं ) वर्णनें आढळत नाहीत. पाश्चात्य देशांतूनहि शास्त्रीय दृष्टीने पाहून लिहिलेलीं ग्रहणांचीं वर्णनें फक्त १९ व्या शतकाच्या मध्यापासूनचींच आढळतात.

असें घडण्याचें मुख्य कारण हें की, सतराव्या शतकांत युरोपांत गॅलिलिओ नांवाचा जो प्रख्यात ज्योतिर्वेत्ता होऊन गेला त्याच्या काळापर्यंत ज्योतिःशास्त्र हें सर्वस्वीं खरथ ( आकाशांतल्या ) ज्योतींच्या, गती-

विपरीचेंच शास्त्र होतें. इ. स. १६०९-१० सालीं गॅलिलिओने दुर्बीण बनवली आणि ती सूर्य, चंद्र, शुक्र इत्यादिकांवर रोखली. तेव्हापामून ज्योतिःशास्त्राचें स्वरूप अगदी पालटलें. गॅलिलिओच्या वेधांवरून असें आढळलें की, सूर्याच्या विंबावर डाग असून हे डाग विंबावरील एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणाकडे सरकत असलेले दिसतात. त्यावरून असें म्हणतां येऊं 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 बाकीचे ग्रहहि तसेच फेऱ्या घालीत असावेत.

### वर्णादर्श

१८ व्या शतकाच्या आरंभीं फ्राऊन-होफर नांवाच्या जर्मन शास्त्रज्ञाने सूर्यापासून येणाऱ्या प्रकाशकिरणांची पिरस्कारणी करून त्यांतल्या वर्णावलीच्या<sup>१</sup> रेषांचीं मोजमापें प्रसिद्ध केलीं. त्यानंतर मग अशा तऱ्हेच्या वर्णावलींच्या अभ्यासावरून, तो तो किरण ज्या तप्तपदार्थापासून किंवा तेजस्वी ज्योतीपासून येतो तेथील द्रव्यांचें तपमान आणि भारमान (दाब) यांविषयी अनुमान बांधतां येऊं लागलें. तेथील मौलिक द्रव्यद्रव्यांतरांचा अंदाज बांधतां येऊं लागला. यामुळे सूर्यावरील परिस्थितीचा आणि भगोलांतील<sup>२</sup> ताऱ्याताऱ्यांवरच्या परिस्थितीचा अभ्यास करण्याची लालसा शास्त्रज्ञांमध्ये निर्माण झाली.

१. सूर्यप्रकाश हा तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा किरमिजी व जांभळा अशा, आपल्या डोळ्यांना जाणवणाऱ्या, वर्णांचा बनलेला दिसतो. या प्रत्येकाच्या पोट-छटा असतात, त्या सर्व छटांनी युक्त अशी जी सर्व वर्णांची पंक्ति, तिला वर्णवलि म्हणतात.

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

कॅमेरा

याच शतकांत फोटोग्राफीची कला निर्माण झाली. तिचाहि उपयोग ग्रहणांच्या कार्मीं चांगला होऊं लागला.

बेलीची माळ

या काळांत बेली नांवाचा हुंडीबाजारांतला एक दलाल होऊन गेला. त्याने १८३६ सालचें कंकणाकृति<sup>१</sup> सूर्यग्रहण दुर्बिणींतून प्रथम पाहिलें. तेव्हा त्याला आढळून आलें की, सूर्यबिंबाचा बहुतेक भाग व्यापून टाकण्याचें कार्य चंद्राकडून चालू असतांना, एका विवक्षित क्षणीं सूर्याची पांढरी कोर इतकी लहान उरली होती की, तिच्या दोन्ही शिंगांचा कोन, चंद्रबिंबाच्या मध्यबिंदूशीं, सुमारें ४०° चाच झालेला असावा. या क्षणीं, चंद्राच्या आघाडीवर लहानमोठ्या स्फटिकमण्यांच्या माळेसारखी दिसणारी, तेजस्वी ठिपक्यांची एक रेषा उमटली होती. चंद्रबिंबाच्या खडबडीत पृष्ठभागावर पडून इतस्ततः पिस्कारलेला तो सूर्यप्रकाशच असतो. असाच प्रकार ग्रहण संपण्याच्या क्षणींहि होतो. या आविष्काराला बेलीची माळ असें नांव मिळालेलें आहे.

ग्रहणांची भव्यता

या आविष्काराचें वर्णन बेलीने कित्येक लेखांतून फारच आकर्षक पद्धतीने केलें. त्यामुळे सर्वसामान्य माणसांचें लक्षहि सूर्यग्रहणांकडे विशेषे खेचलें गेलें. १८३६ नंतरच्या ५-६ वर्षांच्या काळांत युरोपांतल्या अनेक देशांतून या ग्रहणांविषयी सामान्य माणसाचीसुद्धा उत्सुकता चांगलीच वाढली. एखादी लहानशी खिशांतली दुर्बिण किंवा निदान

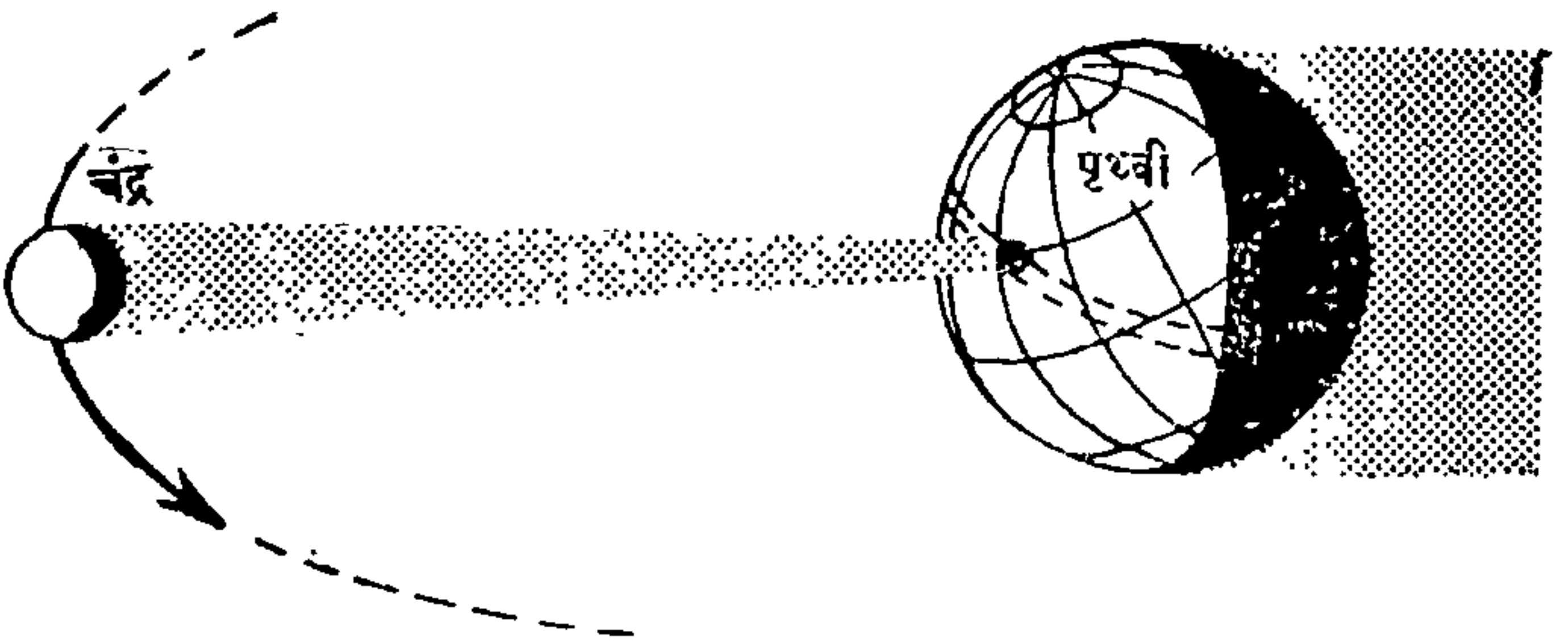
१. कंकणाच्या ( बांगडीच्या ) आकृतीचें, मधला भाग काळा, ताटलीवजा दिसणारा, आणि त्याच्याभोवती एक पांढरी, तेजस्वी बांगडी असें दिसणारें.



एखादी काजळलेली काच जवळ असली, म्हणजे खग्रास सूर्यग्रहणांतले भव्य आविष्कार कोणालाहि पाहतां येतात. त्यामुळे युरोपांतील एखाद्या खेड्यांतून किंवा परगण्यांतून, ग्रहण दिसणार आहे असें समजलें रे समजलें की, हजारांच्या संख्यांनी लोक तिकडे धावूं लागले. १८४६ सालीं सूर्याभोवतालचें पांढरें शुभ्र किरीट आणि त्यांतूनच बाहेर आलेले ताम्रपर्णी उद्रेक पाहिल्यावर इटालींतल्या मिलान शहरांतले सहस्रावधि लोक 'ज्योतिर्वेत्ते चिरायु होवोत' असें ओरडतच बरोघरीं परतले.

### खग्रास सूर्यग्रहणाची अपूर्वाई

चंद्राला ग्रहण लागतें तेव्हा तें जवळजवळ निम्म्या पृथ्वीवरील लोकांना एकाच वेळीं पाहतां येतें. खग्रास सूर्यग्रहणाचें तसें 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 लोकांना तें प्रथम खग्रास दिसतें आणि मग तें झपाट्याने पूर्वेकडे सरकतें; म्हणजे पूर्वेकडील लोकांना दिसूं लागतें. हा पट्टा माणसांनी गजबजलेल्या गावांवरून क्वचितच जातो. सामान्यतः तो दऱ्याखोऱ्यांतून, निर्जन अरण्यांतून, समुद्रांवरून किंवा वाळवंटांवरून 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 युरोपांतले नाना देशांचे ज्योतिर्वेत्ते आपापल्या मोठमोठ्या दुर्विणी, वर्णलेखी साधनें, कॅमेरे, सिनेकॅमेरे, वगैरे सामग्री घेऊन अक्षरशः रानोमाळ भटकले आहेत, आणि खग्रस्त सूर्याचें क्षणमात्र दर्शन घडावें म्हणून त्यांनी जिवाचें रान केलेलें आहे.

### निसर्गाच्या प्रयोगशाळा

याचें एक कारण असें आहे की, सूर्य हा विश्वांतल्या अब्जावधि ताऱ्यांचा एक प्रतिनिधि आहे. त्याच्याहून अधिक जवळचा प्रतिनिधि आपल्याला उपलब्ध नाही. जें पिंडांत असेल तेंच ब्रह्मांडांतहि असावें, हें जर खरें असेल, तर सूर्यावर घडणाऱ्या घडामोडींवरून इतर ताऱ्यांच्या पृष्ठभागावरील आणि अंतरंगातील घडामोडींचा अंदाज बांधतां येईल. या सर्व ताऱ्यांच्या रूपाने निसर्गाने जणू मोठमोठ्या प्रयोगशाळाच आपल्याभोवती सर्वतो दूरपर्यंत खोललेल्या आहेत. त्यांच्यावर जें तपमान व भारमान आढळतें तें आपल्या पृथ्वीवरील प्रयोगशाळांतून निर्माण करतां येतेंच असें नाही. अशा स्थितींत निरनिराळ्या तपमानांत आणि भारमानांत ठेवलेल्या पदार्थमात्राचें स्थित्यंतर कसकसे घडत असेल याचा अभ्यास करावयाला प्रत्यक्ष निसर्गराजाने खोललेल्या या प्रयोगशाळांचाच आसरा घेणें भाग पडतें. त्यांच्या जवळपास आपण अद्यापि जाऊं शकत नाहीं. येथूनच त्यांच्यावरील घडामोडी पाहाव्या लागतात. त्या नीट हेरण्यासाठी सूक्ष्मातिसूक्ष्म, संवादी साधनें बनवावीं लागतात. त्यांच्यामधून सूर्याकडे पाहिलें म्हणजे तेथील परिस्थितीचा अंदाज बांधतां येतो. सूर्यावरील निरनिराळ्या घडामोडींपैकी, सूर्याच्या वातावरणांतल्या 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 ज्योतिर्वेत्याने प्रवासापायी पाण्यासारखा पैसा खर्च करून लागोपाठ सुमारे २७-२८ सूर्यग्रहणें पाहिल्याचें उदाहरण उपलब्ध आहे. मिचेल नांवाच्या सुप्रसिद्ध ज्योतिर्वेत्याने १०-११ ग्रहणांच्या सफरींत प्रामुख्याने भाग घेतला होता. दुसऱ्या एकाने ६ ग्रहणें पाहण्यासाठी ७५,००० मैलांचा प्रवास केला तेव्हा कोठे एक खग्रास ग्रहण त्याला मनाजोगें चांगलें दिसू शकलें ! ही सर्व मंडळी ज्ञानासाठी किती अडचणींच्या परिस्थितींतून जातात हेंहि पाहण्याजोगें आहे. अगदी अलीकडच्या काळांत, १९३० सालीं, निरनिराळ्या देशांचे ज्योतिर्वेत्ते आंतरराष्ट्रीय तारिकारेपेवर<sup>१</sup> निऊवाफू नांवाच्या बेटावर जमले होते. तेथे, बेटाचा व्यास अवघा ५ मैल असून त्यांत ३ मैल व्यासाचा खान्या पाण्याचा तलाव होता. तेथे प्यावयाला पावसाचें पाणीच काय तें मिळें. बोटींतून उतरून बेटापर्यंत जायला २-३ मैल पोहून जावें लागे. १९३७ सालीं ज्योतिर्वेत्ते लोक कॅटन नांवाच्या एका ल्हानशा बेटावर गेले होते. तेथे फक्त उंदीरघुशी आणि खेकडे यांचेंच साम्राज्य होतें. माणसाने बहुधा तेथे पूर्वी कधी पाऊल ठेवलेलें नव्हतें. पण ही मंडळी केवळ कुडचाभर ज्ञानासाठी तहानेजून नाना देशांतून तेथे जमलेली होती !

### भारतांत ग्रहणप्रसंगीं

उलटपक्षीं, आपण या देशांतले लोक चंद्रसूर्याच्या ग्रहणांच्या प्रसंगीं, निरनिराळ्या तीर्थांच्या ठिकाणीं जाऊन तेथील नद्यातलावांच्या पाण्यांत बुड्या मारतां. त्या निमित्ताने आपल्या खातीं जमा होणाऱ्या पुण्याईचा

१. ही रेखा पृथ्वीवर, स्थूलमानाने, १८०° रेखांशावर मानलेली आहे. जहाजें जेव्हा ही रेखा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे, किंवा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे, ओलांडून जातात तेव्हा त्यांना आपली वार-तारीख ही ग्रीनिचच्या धार-तारखेशीं मिळतीजुळती करून घ्यावी लागते.

हिशेव आपल्या मरणोत्तर व्हावयाचा असतो. आपल्या सूर्यदेवतेला – आणि इतर देवतांनाहि – संतुष्ट करून आपली आत्मिक उन्नति साधण्यासाठी अनेकांनी थंडीवाऱ्याला न जुमानतां, एका पायावर उभें राहून, सूर्याकडे एकटक दृष्टि लावून, दीर्घकाल तपश्चर्या केल्याचीं उदाहरणें आपण पुराणादिकांतून वाचतां. अशा प्रसंगीं संतुष्ट झालेली देवता जो वर देते तो या उपासकाला पचनीं पाडून घेतां येतोच असें नाही. पुष्कळदा ही उपासना आततायीपणाने घडते. त्यामुळे आपण देत असलेला वर म्हणजे माकडाच्या हातीं दिलेलें कोलीत आहे हें जाणून त्याच्या निराकरणाची सोयहि ही उपास्यदेवता अगाऊच करून ठेवीत असलेली आढळते.

भगवद्गीता सांगायला बसलेल्याला श्रीकृष्णाने एरव्ही आदर्शभूत असलेल्या अर्जुनाला मुद्दाम दिव्यदृष्टि देऊन विश्वरूप दर्शन घडविलें ; पण तें त्याला पेललें नाही. त्याने पुन्हा आपली सामान्यदृष्टीच मागून घेतली. हीं आपल्याकडचीं पूर्वीचीं उदाहरणें पाहून झाल्यावर अलीकडील पाश्चात्य ज्ञानोपासकांचीं वर उल्लेखिलेलीं चित्रेंहि एकवार नजरेखालून घालण्याजोगीं आहेत. हीहि मंडळी घोर तपश्चर्या करतात. तिचें फळ त्यांच्या मुळां-बाळांना मिळत असल्याचें त्यांना 'याचि देहीं, याचि डोळां' पाहावयाला मिळतें. तीहि विश्वरूप-दर्शनासाठी आसुसलेली दिसतात. पण या कामीं एकदा अंगीं आलेली दृष्टि ते गमावीत नाहीत. ती त्यांनी प्रयत्नपूर्वक मिळविलेली असते. तिला ते अधिकाधिक राबवून, घासूनपुसून, अधिकाधिक तल्लख बनवितात. तिच्या द्वारा अधिकाधिक ज्ञान मिळवितात.

सूर्यग्रहणांच्या बाबतींतहि असाच प्रकार घडलेला आहे.

चंद्रसूर्यांना ग्रहणं कां व कशीं लागतात याविषयीच्या कल्पना माणसाने बसविल्या त्या सर्वस्वीं त्याच्या अवलोकनावरच आधारलेल्या होत्या. फार प्राचीन काळाचा माणूस रानावनांतून हिंडे आणि प्राण्यांच्या 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 कांही हिंस्र श्वापदे पळून जातात तसाच हा राक्षस देखील सूर्यग्रहणाच्या वेळीं तोंडचा घास तसाच टाकून पळून जाई. कांही श्वापदे लोचट असतात, त्यांना काळ्याकुऱ्हाडींनी चेचावे लागे. चंद्राच्या पाठीं लागणारा राक्षस याच जातीचा असे.

### राहूबदल शंका

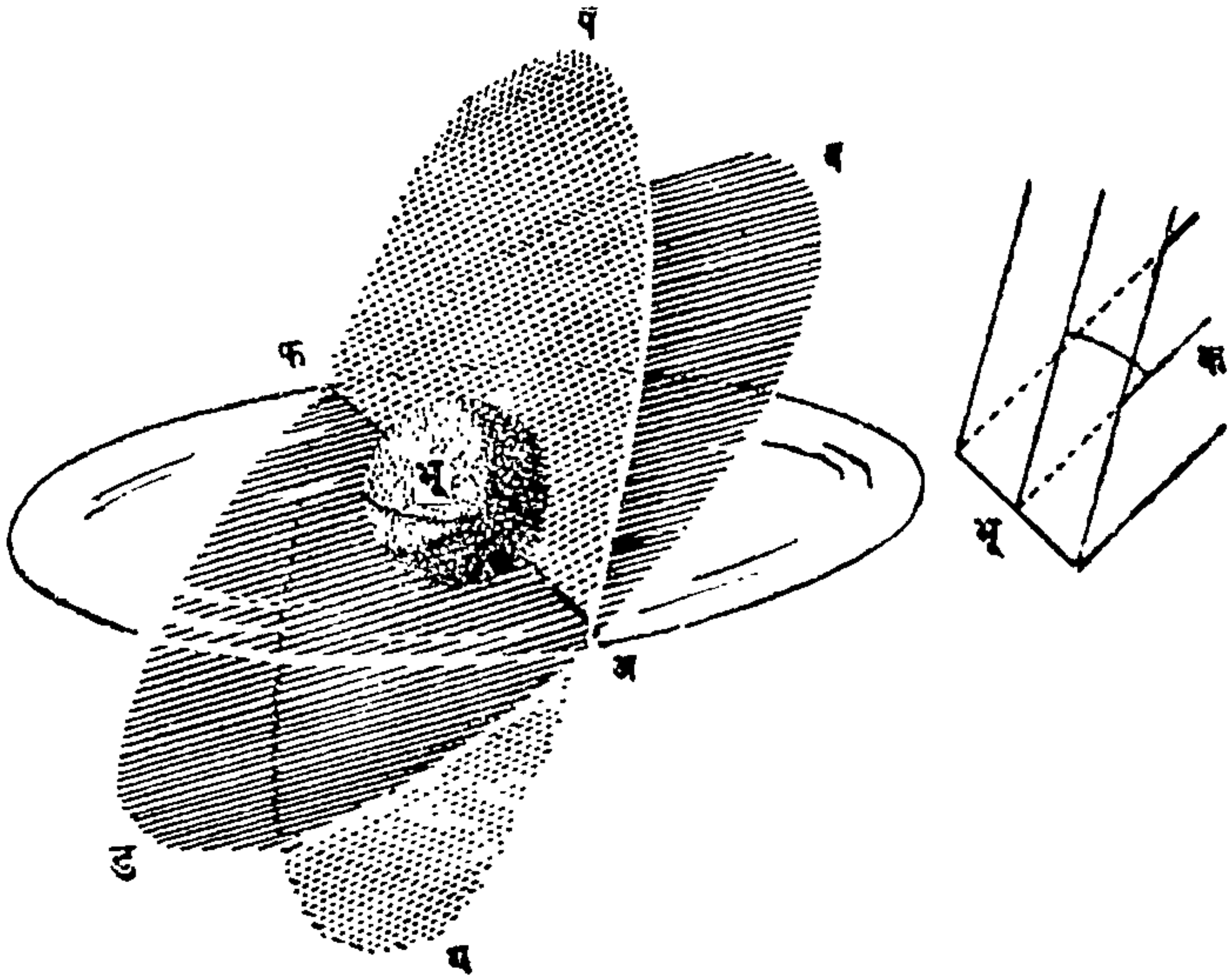
पण मग, एकदा खावयाला चटावलेला हा राक्षस पुन्हा दुसऱ्या तिसऱ्या दिवशीं कां येत नाही ? लचका तोडलेले चंद्रसूर्य पुन्हा लगोलग पहिल्यासारखेच गरगरीत वाटोळे कसे होतात ? चंद्राच्या बाबतींत तो पौर्णिमेचा आणि सूर्याच्या बाबतींत अमावास्येचाच मुहूर्त कां साधतो ? तें देखील दर पुनवेआवसेला कां येत नाही ?

अशा नाना शंका मनांत येत होत्या, त्याच वेळीं हा प्राचीन माणूस चंद्रसूर्यांचें सूक्ष्म अवलोकन करीत होता. त्याने पाहिलें की नक्षत्रांच्या मैळाव्यांतून सूर्य नेहमी कांही एका ठराविक ताऱ्यांच्या जवळूनच जात असतो. तसेंच तो सुमारे ३६५ $\frac{१}{४}$  दिवसांनी पुन्हा पूर्वस्थळीं - म्हणजे

प्रथम आपण चारकाव्याने पाहावयाला सुरवात केली त्या वेळीं जेशून निघाला त्या नक्षत्रताऱ्याजवळ - आलेला आढळतो.<sup>१</sup>

**आयनिकवृत्त : चंद्र कक्षा**

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



आकृति ४ : आयनिकवृत्त, चंद्रमार्ग आणि त्यांच्यामधील कोन

वर्षभरांत सूर्य ज्या ताऱ्यांच्याजवळ वस्ती करीत करीत नक्षत्रचक्रांतून 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, मंचार करणे; आयनिक पातळी = मंचाराची पातळी.

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

आकृति ४ मध्ये जे चंद्रसूर्याचे मार्ग दाखविले आहेत त्यांच्याच जवळपास, त्यांच्या दुतर्फा, आपलीं अश्विनी, भरणी, कृत्तिका इत्यादि २७ नक्षत्रें पसरलेलीं दिसतात.

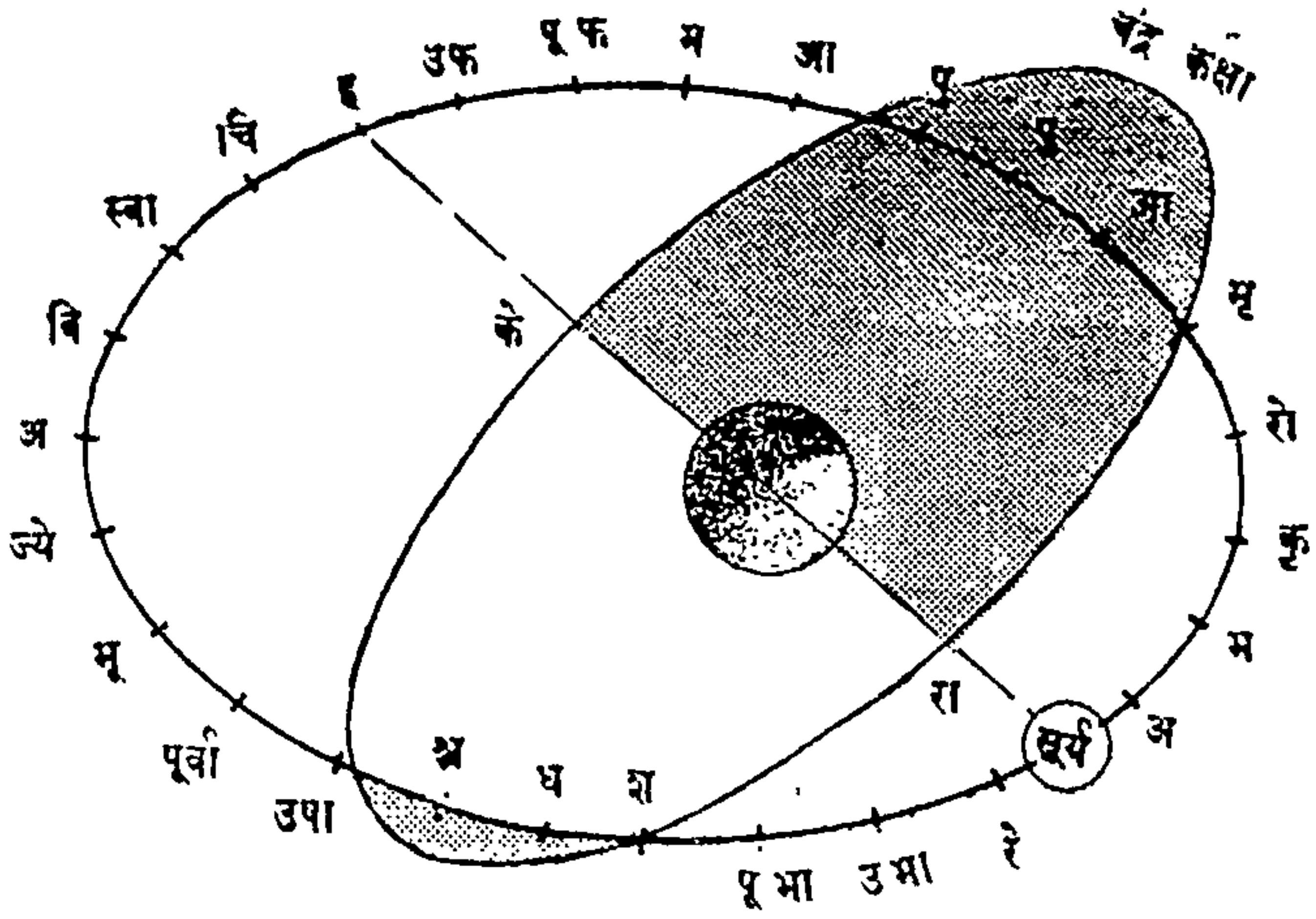
### नवे राहु-केतु

जो 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 दाखविलीं आहेत. तसेंच, एका विवक्षित दिवशीं पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याला सूर्य हा रेवती नक्षत्राच्या अंतीं आणि अश्विनीच्या आरंभीं दिसत असल्याचें सूचित केलें आहे. चंद्राची कक्षा तिरप्या, कलत्या, पातळींत दाखविली आहे. ती आयनिक मार्गाला 'के रा' या रेपेंत छेदते. तिच्यामुळे चंद्रकक्षेचे

१. दोन पातळ्या एकमेकींना छेदतात तेव्हा त्यांच्या छेदरेपेवरील एखाद्या बिंदूतून तिच्यावर काढलेल्या लंबरेपा — की ज्या. अनुक्रमें या दोन पातळ्यांतच असतील — मधला जो कोन, तो या दोन पातळ्यांमधील कोन असतो. आकृति ४ मध्ये उजव्या वाजूला 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 आपल्या मार्गावरून चंद्र आपले मासिक परिभ्रमण



आकृति ५ : आयनिकवृत्त, नक्षत्रे आणि चंद्रकक्षा

करीत असतांना तो आयनिक पातळीच्या दक्षिणेकडून तिच्या उत्तरेकडे येतो तेव्हा त्याला 'रा' या बिंदूतून जावं लागतं. या बिंदूलाच हल्ली राहु असे म्हणतात. तसेच तो आयनिक पातळीच्या ज्या बिंदूतून तिच्या दक्षिणेला जातो त्या 'के' बिंदूला केतु म्हणतात. 'केरा' या रेषेचें नांव 'पातरेषा'.

### खालिडयनांचा अनुभव

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

आधी—म्हणजे हल्लीच्या भाषेत कृष्ण त्रयोदशीला—चंद्राची कोर सूर्योदया-पूर्वी पूर्वश्रित्तिजावर उगवून सूर्यप्रकाशांत लोपली होती, तेव्हा ती उत्तरा-भाद्रपदेजवळ होती. ग्रहणानंतर दोनतीन दिवसांनी सायंकाळीं चंद्रकोर कृत्तिकेंत, पश्चिम आकाशांत आढळली. अर्थातच मध्यंतरीच्या काळांत चंद्र हा अश्विनी-भरणींतून पुढे सरकला असला पाहिजे, आणि ग्रहणाच्या दिवशीं तो सूर्याच्या जवळपास असला पाहिजे.

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

पहिल्या वर्षाच्या आरंभीं '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 वेळीं ग्रहण घडलेलें नव्हतें.

### अनुभवांवरून निष्कर्ष

असे निरनिराळे तालेपडताले 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 वेळीं चंद्र आणि सूर्य हे दोघेहि 'राके' या पातरेपेच्या जवळपास असतात; मात्र ज्या ज्या वेळीं ते या पातरेपेजवळ असतात, त्या त्या प्रत्येक वेळीं ग्रहण लागतेंच असें नाही. कारण, खरोखरी चंद्राला प्रत्येक मासांत एकदा राहूला आणि एकदा केतूला ओलांडावेंच लागतें. पण या प्रत्येक ओलांडणीला ग्रहण घडत नाही. तसेंच सूर्य एकदा राहूमध्ये दिसला म्हणजे त्यानंतर १७३ दिवसांनी तो केतूंत, आणि पुन्हा १७३ दिवसांनी राहूंत, आलेला असतो;

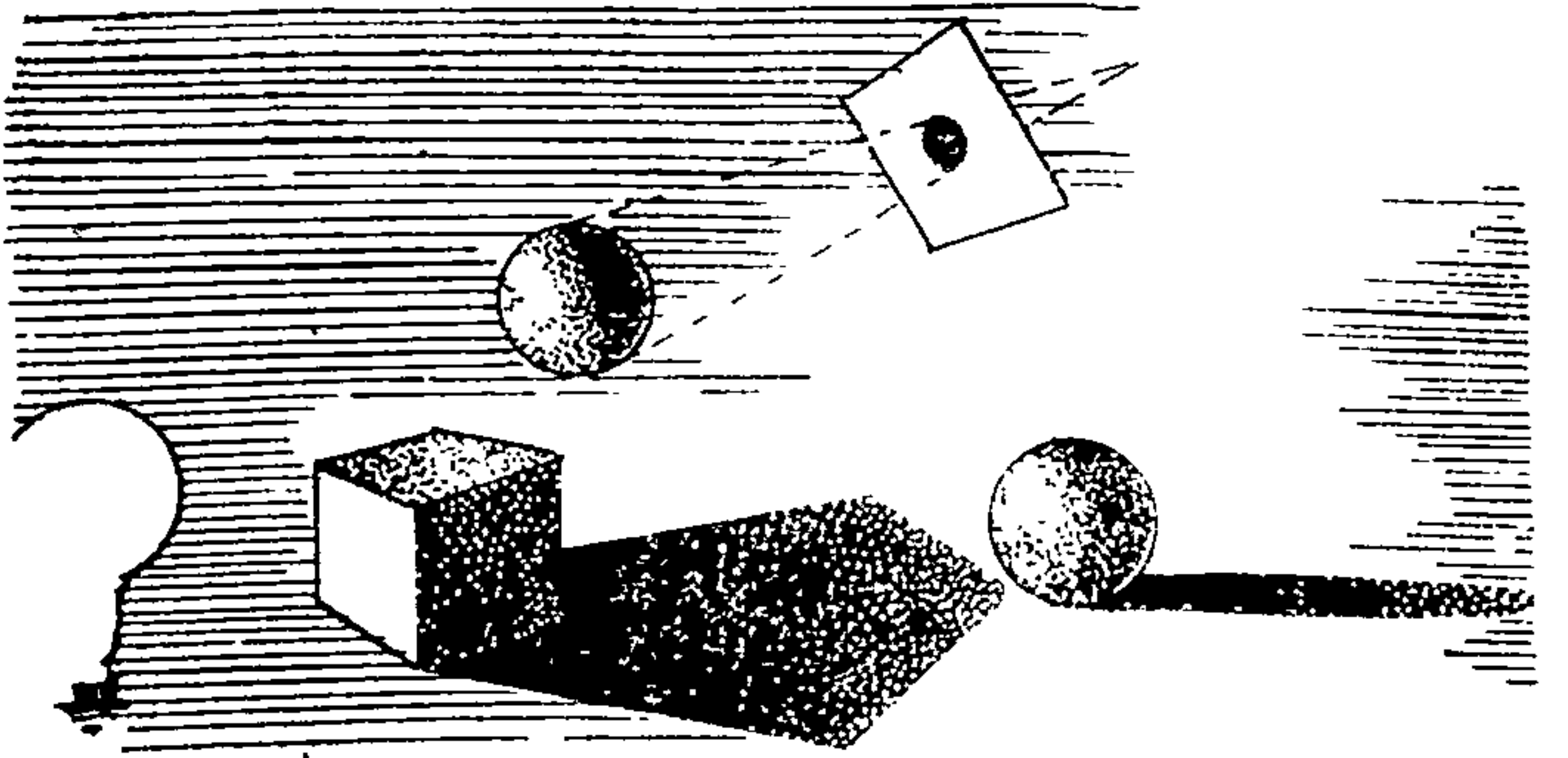
पण या प्रत्येक वेळीं त्याला ग्रहण लागतेंच असें नाहीं, मग हीं ग्रहणें लागतात तरी कशीं आणि केव्हां ?

हें कोडें सोडविण्याच्या कामीं ज्याने कोणी, फार प्राचीन काळीं, सूर्यावरून जाणाऱ्या ढगाची सावली जमिनीवरून जात असलेली पाहिली असेल, आणि त्यावरून, ग्रहणांचा संबंध अशाच प्रकारच्या एखाद्या सावलीशीं प्रथम जोडला असेल, त्याला एक मोठें रहस्य अचानक उलगडल्याचा परमानंद झाला असेल !



## पदार्थाची सावली

रात्री दिव्याच्या प्रकाशांत, किंवा दिवसा सूर्याच्या प्रकाशांत, जो जो अपारदर्शी<sup>१</sup> पदार्थ उभा असतो तो समोरून, किंवा बाजूनी, उजळ दिसतो.



आकृति ६ : पदार्थाची सावली

कारण, तेथे पडलेला प्रकाश हा तेथून परावर्तन<sup>२</sup> पावून, किंवा बाक पावून, आपल्या डोळ्यांत शिरत असतो. पण त्या त्या पदार्थाच्या पिछाडीला<sup>३</sup> एक प्रकारचा आडोसा निर्माण झालेला असतो. तेथे हा प्रकाश जाऊ शकत नाही. या सर्व आडोशालाच आपण त्या पदार्थाची 'सावली' म्हणतो.

१. अपारदर्शी = ज्याच्यामधून प्रकाश आरपार जाऊ शकत नाही, दुसरी बाजू पाहू शकत नाही ( गाठू शकत नाही ) असा पदार्थ.
२. परा + आवृत् = माघारीं परत येणे.
३. ज्या बाजूवर प्रकाश समोरून येतो, ती त्या पदार्थाची आघाडी. ज्या बाजूला प्रकाश जाऊ शकत नाही, ती त्याची पिछाडी.

( आकृति ६ पाहा ). सकाळीं सूर्य उगवतो तेव्हा त्याचीं किरणें, डोंगरांवर, झाडांवर, गृहादिकांवर पडतात. हीं डोंगर-घरें-झाडें सूर्यकिरणांच्या वाटेंत आड आल्यामुळे या किरणांचा पुढे जाण्याचा मार्ग खुंटतो. डोंगरांच्या, घरांच्या, झाडांच्या—किंबहुना उगवत्या सूर्यकिरणांच्या वाटेंत जो जो अपारदर्शक पदार्थ आडवा येतो त्याच्या—पिछाडीला, पश्चिमेकडे, त्याची सावली दूरवर पसरलेली दिसते. सूर्य जसजसा पश्चिमेकडे कळतो, तसतशी पदार्थांची सावली पूर्वेकडे वळते.

### सूर्यकुलांतल्या सावल्या

सूर्यकुलामध्ये सूर्य हा एकटाच तेजाचा स्वयंसिद्ध दाता आहे. ग्रह-उपग्रह हे तसे स्वतंत्र दाते नाहीत. त्यांना सूर्याकडून मोठ्या रकमेने तेज मिळते. त्यांत प्रकाश आणि उष्णता यांचाहि समावेश होतो. त्यांतलें आपल्या चरितार्थापुरतें थोडेंसें तेज ते ठेवून घेतात, आणि बाकीचें सर्व तेज माघारीं लोटतात.

आपल्या नेहमीच्या व्यवहारांत आपण एखाद्या मोठ्या माणसाला थैली जमा करून दिली, म्हणजे तो बहुधा त्या रकमेत स्वतःच्या पदरची 'फुलाची पाकळी' घालून ती सर्व रक्कम 'धर्मादाय' किंवा 'कर्मादाय' करतो. ग्रह आणि उपग्रह यांच्याजवळ स्वतःचें असें म्हणण्याजोगें तेज नसतें. त्यामुळे ते माघारीं लोटलेल्या तेजांत भर अशी कसलीच घालूं शकत नाहीत.

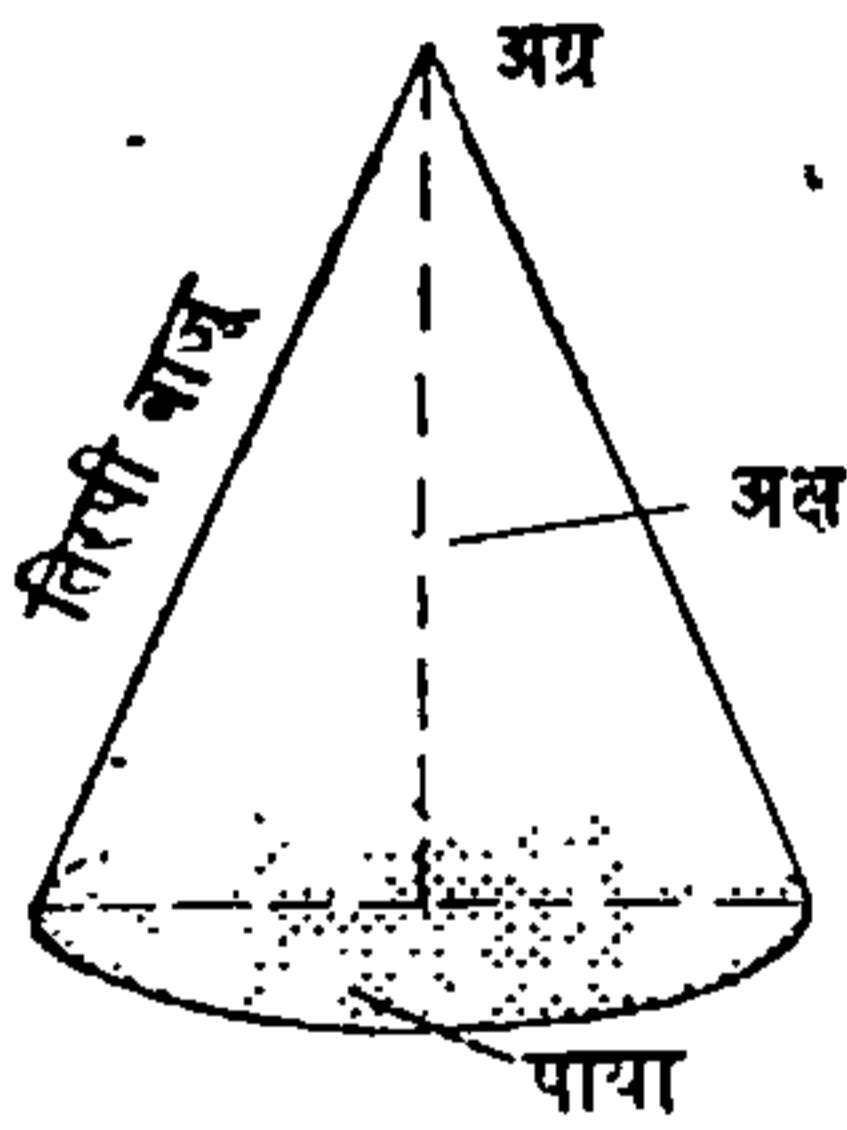
हा सूर्याचा प्रकाश सूर्यापासून निघतो तो त्याच्या दशदिशांना व्यापून, सर्वत्र, सतत, संचार करीत राहिलेला आढळतो. सूर्याभोवती फेऱ्या घालीत राहिलेले नवग्रह, त्या सर्वांचे मिळून ३१ उपग्रह ( यांत आपला चंद्रहि

१. सूर्य व त्याच्या भोवती फेऱ्या घालणारे ग्रह, त्यांच्या भोवताली फिरणारे उपग्रह, तसेंच कांही धूमकेतु, उल्का वगैरे ज्या ज्योति सूर्याच्या आकर्षणक्षेत्रांत नेहमी वावरत असतात, त्या सर्वांना मिळून 'सूर्यकुल' असें नांव आहे.



येतो), दीड हजाराहून अधिक लघुग्रह, शेकडो धूमकेतु आणि अगणित उल्का, या सर्वांचा मिळून बनलेला जो सूर्याचा परिवार, तो या प्रकाशांत सतत डुंबत 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<sup>१</sup> आहेत. आकाराने



आकृति ७ : शंकु व त्याचीं अंगें

ते सूर्यापेक्षा पुष्कळच लहान आहेत. त्यांच्या छाया शंकुवाकृति<sup>२</sup> असतात. ज्या ग्रह-उपग्रहाची ही छाया असावयाची, त्याच्यापासूनच या छायाशंकूच्या बुंध्याला किंवा पायथ्याला मुरुवात होते, आणि त्याच्या एका म्हणजे समोरच्या बाजूला सूर्य असला, तर तद्विरुद्ध म्हणजे पिछाडीकडच्या बाजूला छायेचें निमुळतें टोक, अशा थाटांत ती दूरवरपर्यंत पसरलेली असते.

१. आकृति = शरीराची धाटण किंवा ठेवण (Shape).

आकार = शरीराचा व्याप किंवा विस्तार (Size).

२. शंकु + आकृति. एक वाटोळें वर्तुळ काढावयाचें, तें वर्तुळ ज्या पातळींत असेल तिच्याहून निराळ्या पातळींतला, उंचीवरचा, एक बिंदु घ्यावयाचा. हा बिंदु आणि त्या वर्तुळाच्या परिघावरचा प्रत्येक बिंदु, यांना जोडणाऱ्या सरळरेषा काढल्या म्हणजे जी विदूषकाच्या टोपीसारखी आकृति बनते तिचें नांव शंकु. आपण जेव्हा शिस्पेन्सिल तासून तिच्या शिसेरी टोकाला निमुळतेपणा आणतो, तेव्हा तिचा तासलेला भाग शंकुवाकृतीच करतो. या वर्तुळाचा मध्यबिंदु आणि शंकूच्या निमुळत्या टोकाचा बिंदु (अग्र) यांना जोडणारी जी रेषा ती त्या शंकूचा 'अक्ष'.

सहचारिणी छाया

दुपारीं आपण बाहेर, अंगणांत उभे असतो, तेव्हा खाली जमिनीवर, आपली सावली दिसते. आपण चालू लागलो म्हणजे तीहि आपल्याबरोबर चालते. म्हणूनच आपण, “सावलीसारखें एखाद्याच्या मागे मागे असणें”, हा वाक्यप्रचार वापरतो. आकाशांतून दृग संचार करतात किंवा धार इकडून तिकडे जाते तेव्हा त्यांची जमिनीवर पडलेली सावली त्यांच्याबरोबरीनेच धावत असलेली दिसते. पृथ्वी आणि इतर ग्रह जे सूर्याभोवती फिरण्या घालीत राहिलेले असतात त्यांच्या सूर्यसन्मुख (सूर्याला सामोरे असलेल्या) निम्त्या भागावर सूर्यप्रकाश पडलेला असतो; आणि पिछाडीच्या अंधान्या बाजूला त्यांच्या सावलीचा हा शंकु असतो. ही त्यांची सावली कशावर तरी पडल्याखेरीज तिचें अस्तित्व आपल्याला उमगत नाही. पृथ्वीची सावली चंद्रावर पडते तेव्हा ती आपल्याला उमगते. चंद्राची छायाहि बहुधा पृथ्वीवर पडते, तेव्हाच ती आपल्या ध्यानांत येते.

छायेचें दर्शन

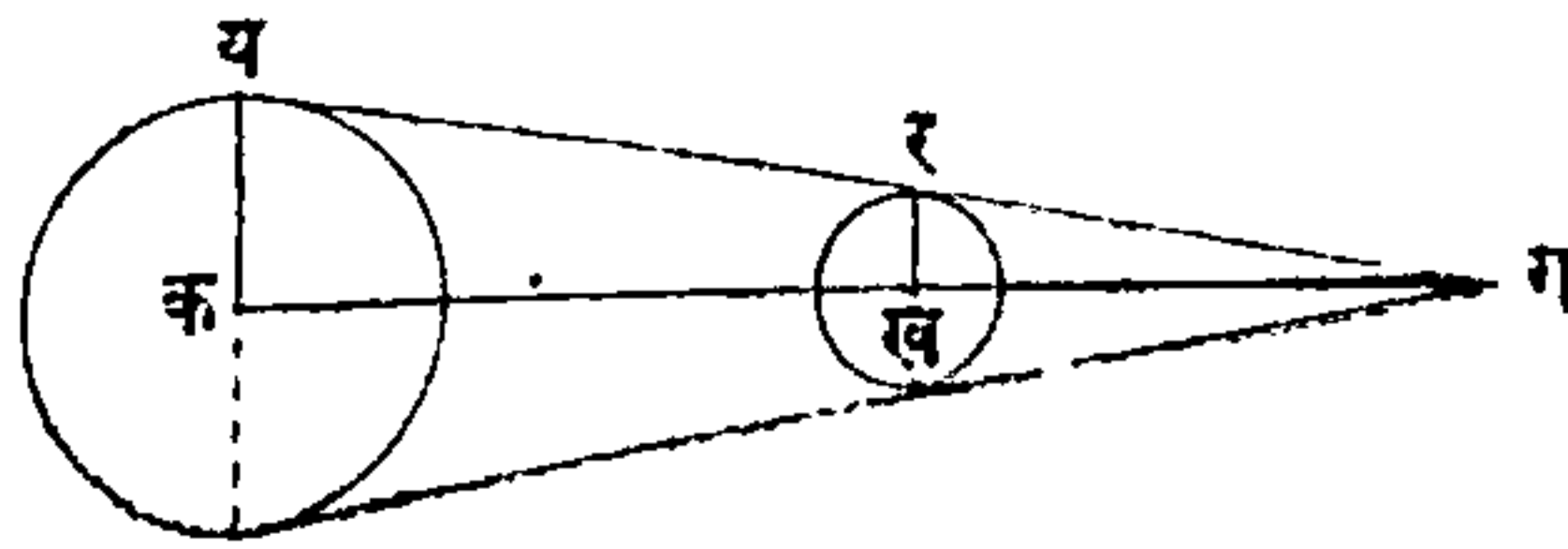
आपल्या नेहमीच्या शहरी जीवनांत कधी कधी आपल्या अनुभवाला येतें की, आपण, एखाद्या संध्याकाळीं, रस्त्याच्या एखाद्या वळणावर उभे असतो; तेव्हा वळणाच्या दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या मोटारीचें अस्तित्व आपल्या ध्यानांत सहजासहजी येत नाही. कारण ती मोटार प्रत्यक्ष दिसत नसते. पण वळणाच्या दुसऱ्या बाजूने प्रकाशाचे एकदोन झोत जेव्हा क्षणार्धांत दिशापालट करीत असलेले, वळलेले दिसतात, तेव्हा आपण दिव्यांच्या आणि त्यांच्या मालकिणीच्या—म्हणजे मोटारीच्या—अस्तित्वाचें अनुमान बांधतो.

वळणाच्या आडून जसा हा प्रकाशाचा झोत दिसावा, तसेंच पृथ्वीच्या छायेच्या बाबतींतहि कधी कधी घडतें, म्हणजे असें की, पश्चिमे

कडे सूर्य मावळला आहे पण रात्रीच्या अंधाराचा पगडा अद्याप बसावयाचा आहे, अशा संधिकाळांत कधी कधी अनुकूल प्रसंगी, पूर्व क्षितिजाकडून सरसर वर चढत असलेली छायाशंकूची कडा उमगू शकते. मात्र ती पाहणाराचे डोळे अंधाराला चांगले सराईत असावे लागतात.

### पृथ्वीछाया : चंद्रछाया

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



### आकृति ८ : छायेचें मोजमाप

तो जर वर्तुळाकृति असता तर तिचें सूर्यापासूनचें अंतर नेहमी एकच एक म्हणजे सुमारे ९.३० कोटि मैलांचें राहिलें असतें, आणि मग तिचा छायाशंकूहि नेहमी एकाच लांबीचा राहिला असता. पण तिचा हा मार्ग कांहीमा लांबोडका असल्यामुळे, ती कधी सूर्याला ९.३० कोटि मैलांपेक्षा थोडी जवळ असते, तर कधी थोडी दूरहि असते. तथापि इतर ग्रहांच्या मानाने पृथ्वीमार्गाचा (यालाच 'कक्षा' असें म्हणतात, म्हणून पृथ्वीच्या कक्षचा) हा लांबोडकेपणा इतका लहान आहे की, पृथ्वीची कक्षा वाटोळी आहे असें म्हणून तरी चालतें. 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 काढतां येते.<sup>१</sup> ती पृथ्वीच्या बाबतींत सरासरी ८,५९,००० मैल भरते; म्हणजे तिच्या छायाशंकूचें टोक, तिच्या मध्यबिंदूपासून ८,५९,००० मैल अंतरावर असतें. अशीच चंद्राची सरासरी छाया सुमारे २,३२,००० मैल लांबीची असते.



१. सू., पृ. आणि चं. म्हणजे, अनुक्रमें सूर्य, पृथ्वी आणि चंद्र यांचे व्यास; तसेंच छा. ला. = छायेची लांबी; अ = सूर्यापासूनचें पृथ्वीचें अंतर; आ = सूर्यापासूनचें चंद्राचें अंतर; असें मानल्यास  $\triangle$  गयक आणि  $\triangle$  गरख हे समकोन त्रिकोण घेऊन भूमितीने सहज दाखवितां येतें की,

$$\text{पृथ्वीची छा. ला.} = \frac{\text{पृ.}}{\text{सू-पृ}} \text{ अ} = \frac{\text{अ}}{१०८.५}$$

चंद्राची छाया काढावयाची असते तेव्हा ख हा चंद्राचा आणि क हा सूर्याचा मध्यबिंदु मानावा. त्यावरून दाखवितां येतें की,

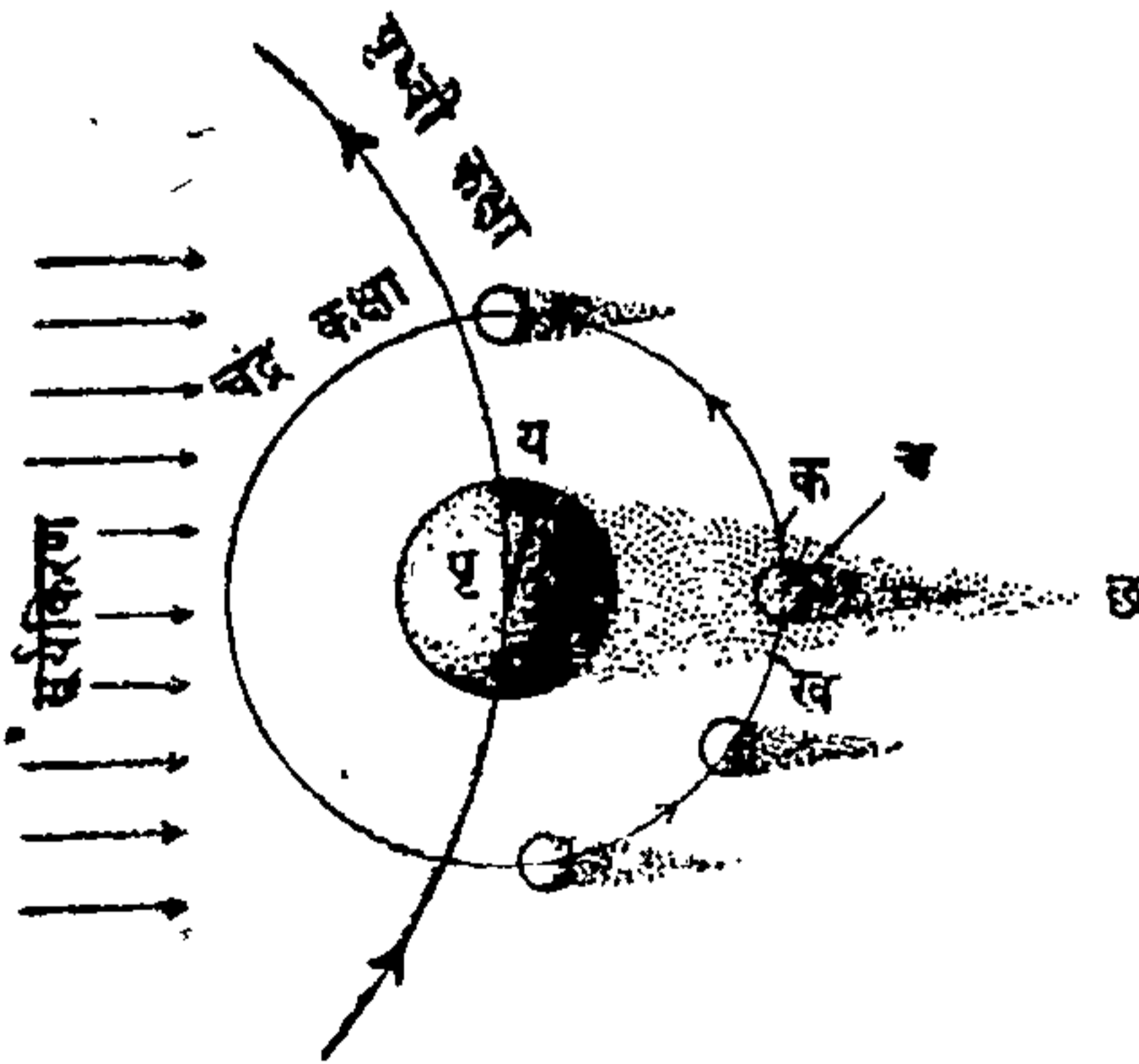
$$\text{चंद्राची छा. ला.} = \frac{\text{च}}{\text{सू-च}} \text{ आ} = \frac{\text{आ}}{४००}$$

या सूत्रांवरून मिळणारे अ आणि आ चे आंकडे हे वरील सूक्ष्मतर आंकड्यांहून किंचित् भिन्न येतात.



ग्रहण म्हणजे काय ?

संस्कृत वाङ्मयांत 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 सृष्टींतला विरहाचा एक प्रकार आहे.



पृष्ठ = ८,५९,००० मै.  
 कख = ५,७०० मै.  
 पृच = २,३९,००० मै.

आकृति ९ : चंद्रग्रहण

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

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

### ग्रहणें केव्हा लागतात ?

ग्रहण कसें व केव्हा लागतें हें समजण्यासाठी एक गोष्ट पक्की ध्यानांत ठेवली पाहिजे. ती अशी की, पृथ्वी नेहमी एकाच एका पातळींत राहून वर्षभराच्या अवधींतली आपली सूर्याभोवतीची फेरी घालीत असते; या सर्व फेरींत तिच्या छायाशंकूचा अक्ष नेहमी याच पातळींत असतो. हा अक्ष सूर्याकडच्या बाजूला वाढविला तर तो सूर्याच्या मध्यबिंदूंतून जातो. आणि त्या शंकूचें निमुळतें टोक नेहमी सूर्याच्या विरुद्ध दिशेला असतें; म्हणजे पृथ्वीच्या एका अंगाला सूर्य तर थेट तिच्या दुसऱ्या अंगाला तिची छाया, अशी स्थिति नेहमी असते. ही जी पृथ्वीच्या फेरीची पातळी, तिला आयनिक पातळी म्हणतात हें आपण मागे, 'ग्रहणांची प्राथमिक भूमिका' या प्रकरणांत 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 नक्षत्रचक्रांतून आपला सूर्यच पूर्वेपूर्वेकडे जात जात आपल्या पृथ्वीभोवती फेरी घालीत असल्या-सारखा दिसतो व नक्षत्रचक्र हळूहळू पश्चिमेकडे चलत असावेसें भासतें.

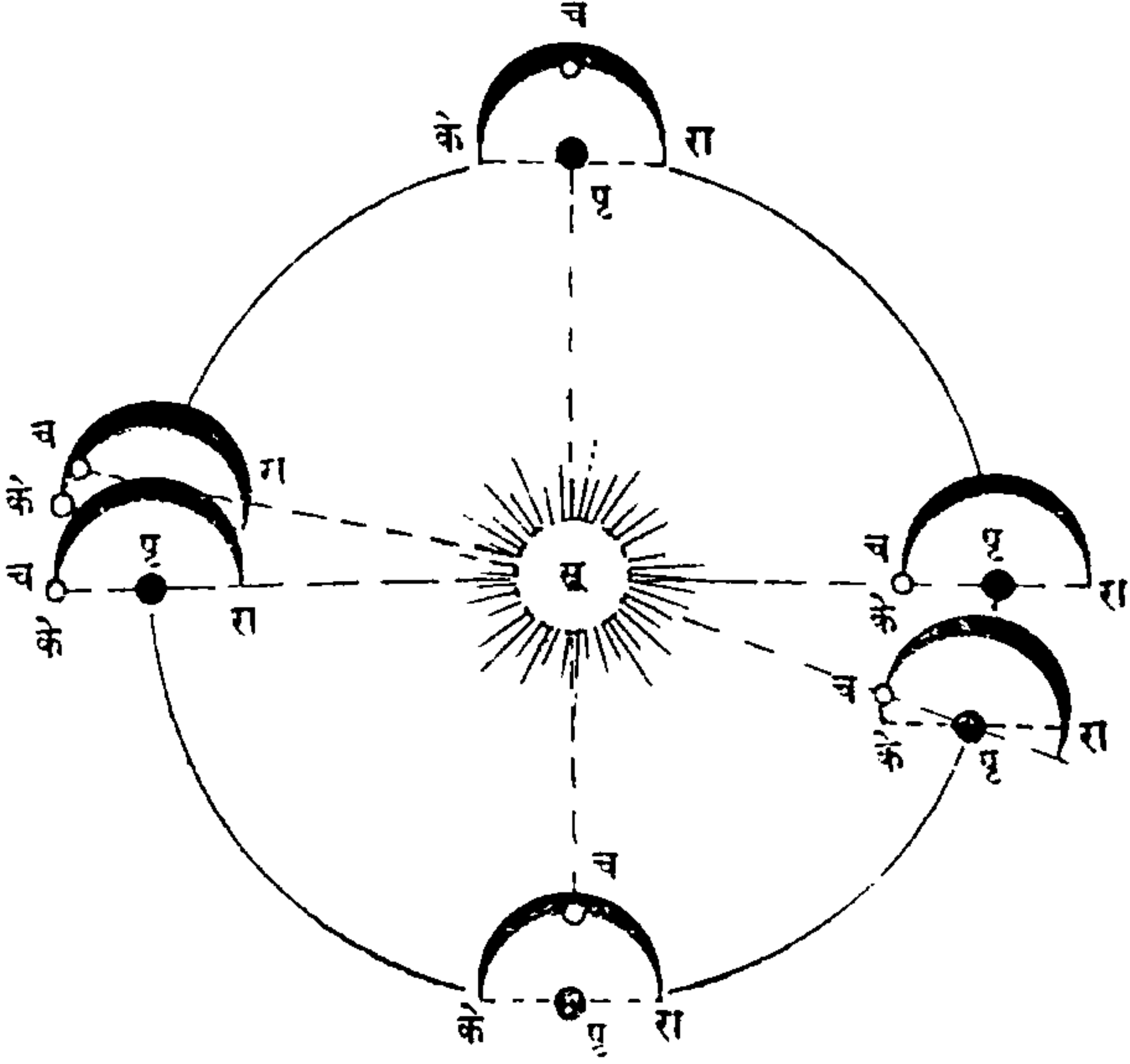
१. 'ग्रहण' म्हणजे कोणी तरी, कोणाला तरी, घेणें, त्याच्यावर आपली छाप पाडणें, त्याचें तेज फिककें पाडणें किंवा तें द्रष्ट्याकडे पोचत नाहीसें करणें.

सूर्य, पृथ्वी आणि तिच्या छायाशंकूचें निमुळतें टोक हीं तिघेंहि या एकाच आयनिक पातळींत नेहमी असतात. पण चंद्र मात्र नेहमी याच पातळींत असतो असें नाही. आकृति ५ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्याची प्रवासाची पातळी निराळी असते. ती या आयनिक पातळीला 'केरा' या रेषेंत तिरपी छेदून जाते. चंद्र जेव्हा या आयनिक पातळींत, किंवा तिच्या जवळपास येतो तेव्हाच पृथ्वीची सावली त्याच्यावर किंवा त्याची पृथ्वीवर पडूं शकते आणि ग्रहण लागतें; 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 व्यवहारांतला मास, तो क्षणभर विचारांतून बाजूला ठेवला आणि सलग तीस (खरोखरो  $२९\frac{१}{२}$ ) दिवसांचा एक मास म्हटला, तर एक पंधरवडाभर चंद्र आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेला असतो आणि एक पंधरवडाभर तो दक्षिणेला असतो. महिन्याभरांतून दोनदा तो आयनिक पातळीला छेदून जातो. अशा छेदनाच्या वेळीं जर अमावास्या किंवा पौर्णिमा असली तर सूर्यग्रहण किंवा चंद्रग्रहण घडतें.

१. कोणत्याहि ज्योतीचें, आयनिक वृत्ताला धरून मोजलेलें, वसंत संपातापासूनचें जें अंशात्मक अंतर त्याला भोग म्हणतात. आयनिक वृत्ताच्या उत्तरे-दक्षिणेकडचें जें अंतर त्याचें नांव 'शर'. सामान्यतः अमावास्येला चंद्रसूर्याचा भोग एकच असतो. सूर्य आयनिक वृत्तांतच असतो, त्याचा शर 'शून्य'; पण चंद्राला थोडा तरी शर असतो. पौर्णिमेला दोघांच्या भोगांशांत  $१८०^{\circ}$  चें अंतर असतें. चंद्राला शर असतो; सूर्याला नसतो. खग्रास सूर्यग्रहणाच्या मध्याला मात्र भोगसाम्य व क्रांतिसाम्य (म्हणजे शून्य क्रांति) येतें. असेंच क्रांतिसाम्य खग्रास चंद्रग्रहणांतहि येतें. आ. १०-११ पाहा.

ग्रहणांची फोड

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



आकृति १० : ग्रहण-विवेक

असून त्या मार्गावरून पृथ्वी जात असतांनाच्या तीन तीन महिन्यांतल्या चंद्राच्या सहा अवस्था दाखविल्या आहेत. चंद्राची पातळी पृथ्वीच्या मार्गाशी थोडी ( $५\frac{१}{४}$  अंशांनी) कललेली आहे, ती येथे लहान अर्धवर्तुळाने दाखविली आहे. यांतली तळाकडची आकृति ही क्रमांक १ ची असून उजवीकडून, वरून, डावीकडे अनुक्रमे क्र. २, ३, ४, ५ व ६ आहेत. त्यांतल्या १, २ व ३ या अवस्था तीन अमावास्यांच्या आहेत; आणि ४, ५ व ६ या पौर्णिमांच्या अवस्था आहेत.



क्र. १ वरून लक्षांत येईल की, पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने प्रत्येक अमावास्येला चंद्र जरी तिच्या सूर्याकडच्या अंगाला असला, (त्याच्या झगझगाटांत लोपून गेलेला असला,) तरी तो श्रेष्ठ आयनिक पातळींतच असतो असें नाही, तो त्या पातळीच्या अमळ वरच्या अंगाला, म्हणजे उत्तरेला, किंवा खालच्या अंगाला, म्हणजे दक्षिणेला, असू शकतो. क्र. १ मध्ये तो उत्तरेला आहे, तेथून तो आपल्या चाकदार मार्गाने जात जात केतूच्या किंवा राहूच्या जवळ येईल तेव्हा अनुक्रमेण शुक्राष्टमी 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 अंगाला तोंड केलेली असेल. अर्थातच येथे कोठेहि 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 कांही मर्यादा आहेत. त्यांचा विचार आपण पुढे करूं. तूर्त येथे ध्यानांत घेण्याजोगा भाग आहे तो हा की, अमावास्येचा चंद्र (सूर्याच्या झगझगाटांत लोपलेला चंद्र) जर या मर्यादेत आलेला असला तर येथे सूर्यग्रहण होऊं शकतें.

क्र. ३ मध्ये 'सूपृ' ही रेषा आणि 'राके' ही पातरेषा एकरूप झालेल्या आहेत. पृथ्वीच्या दृष्टीने पाहिलें असतां येथे सूर्याच्याच दिशेला चंद्र आहे. तो केतूमध्ये, म्हणजे आयनिक पातळींतच आहे. म्हणजे अमावास्येचा चंद्र केतूंत आहे. ही सूर्यग्रहणाची स्थिति आहे; म्हणजे येथे सूर्यग्रहण निश्चित आहे.

क्र. ४ मध्ये पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य तर दुसऱ्या बाजूला चंद्र अशी स्थिति आहे. पण पृथ्वीच्या छायेपासून चंद्र पुष्कळच उत्तरेला आहे तसाच तो 'राके' या पातरेपासूनहि 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 आठवडाभरांत चंद्र आयनिक पातळीच्या उत्तरेला किंवा दक्षिणेला २१,००० मैलांवर जातो. वरील आकृतींत तो क्र. १ व ४ मध्ये पृथ्वीच्या उत्तरेला २१,००० मैल दूर आहे. अर्थातच क्र. १ मध्ये त्याची छाया पृथ्वीवर पडूं शकणार नाही, पृथ्वीच्या उत्तर ध्रुवाच्याहि पलीकडे, अंतराळांत, ती २१,००० मैलांवर 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 घालतां, आयनिक पातळींतच राहून तिच्या भोवती घिरट्या 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

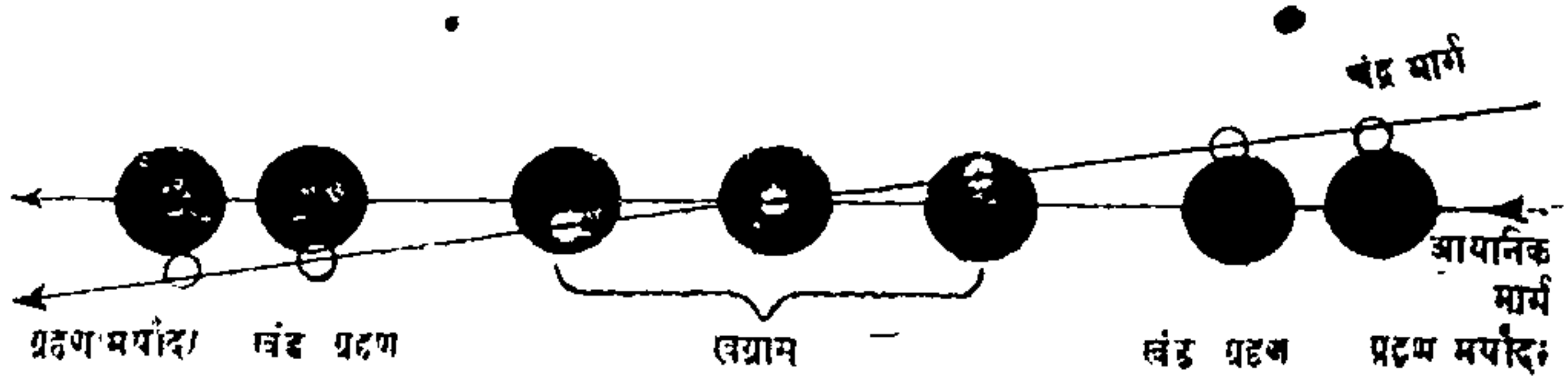
प्रकरणांत आपण पाहिलेंच आहे. चंद्राचें अंतर पृथ्वीपासून सरासरी २,३९,००० मैल असतें. एवढ्या अंतरावर पृथ्वीच्या छायाशंकूची जाडी ५,७०० मैल भरते.<sup>१</sup> खुद्द चंद्राचा व्यास २,१६२ मैलांचा असतो आणि तासाभरांत चंद्र आपल्या कक्षेच्या मार्गाने २,१०० मैल चालून जातो. म्हणजे तासाभरांत तो आपल्या व्यासाइतकें अंतर काटतो.<sup>२</sup> याचाच अर्थ असा की, चंद्रबिंबाने पृथ्वीच्या छायाशंकूला बाहेरून स्पर्श केल्यापासून तें बिंब पूर्णपणें छायेंत शिरावयाला सुमारे एक तास लागतो. त्यानंतर ५,७०० मैल अंतर चालून जाऊन छायाशंकूच्या दुसऱ्या बाजूला अंतः-स्पर्श ( आंतून स्पर्श ) करावयाला सुमारे पावणेदोन तास आणि त्यानंतर पूर्णपणें छायाशंकूतून बाहेर पडावयाला एक तास, असें एकंदर सुमारे चार तासपर्यंत चंद्रग्रहण घडूं शकतें.

### खंड ग्रहणे

वर सांगितल्याप्रमाणे चंद्र जेव्हा छायाशंकूत पूर्णपणें बुडून जातो तेव्हा त्या अवस्थेला ' खग्रस ' चंद्रग्रहण म्हणतात. त्याच्या पूर्वी आणि नंतर चंद्राचा फक्त कांही भागच छायेमुळे काळा झालेला दिसतो. तसेंच कधी कधी चंद्राची फक्त एकच बाजू छायाशंकूच्या एका अंगाने थोडीशी आंत शिरते. पण संपूर्ण चंद्रबिंब आंत न शिरतां दुसऱ्या अंगाने चंद्रबिंब

१. हें मागील प्रकरणांतील सूत्रांवरून काढतां येतें.
२. कर्कटकाच्या साह्याने चंद्राचा व्यास मोजला तर तो सुमारे  $3^\circ$  भरतो, म्हणजे चंद्राची एक कडा आणि तिच्याच समोरची दुसरी कडा, यांच्यामुळे आपल्या डोळ्याशीं होणारा कोन  $3^\circ$  चा असतो. अमावास्येच्या क्षणापासून पौर्णिमेच्या क्षणापर्यंत सुमारे १५ दिवसांच्या अवधींत चंद्र  $180^\circ$  तून चालून गेलेला असतो. एवढें कोनात्मक अंतर काटावयाला १५ दिवस ( ३६० तास ) या हिशेवानेहि चंद्राला स्वतःच्या व्यासाएवढें  $3^\circ$  अंतर काटावयाला एक तासच लागतो.

छायेंतून बाहेर निघून जाते, अशा ग्रहणांना 'खंड ग्रहण' म्हणतात. खग्रास ग्रहणाच्या वेळीं 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, केतूंतून जात आहे.

देखील तो अजिबात दिसेनासा होत नाही. त्याचें चिंत्न तांबडसर दिसतें. त्या अर्थी त्यावर कोठून तरी मंदसा प्रकाश पडत असावा, असें अनुमान करतां येतें. हा जो प्रकाश येतो तो पृथ्वीच्या वातावरणांतून बाक पावून येणारा सूर्यप्रकाशच असावा, असें म्हणतां येतें.

### ग्रहणदर्शनाचें 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 दिसतें. हें ग्रहण सुमारे ४ तासपर्यंत घडू शकतें. तेवढ्या अवधींत पृथ्वी स्वतःभोवती सुमारे ६०° तून वळलेली असते. म्हणजे, खरोखरी, पृथ्वीच्या निम्न्याहून अधिक भागाला चंद्रग्रहण दिसू शकतें.

### चंद्रावरून पृथ्वीदर्शन

'चंद्राला' ग्रहण लागलें असें जेव्हा आपण म्हणतो त्या वेळीं एखादा



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

पृथ्वीवर जसा आपल्याला दररोज चंद्र उगवलेला व मावळलेला दिसतो तशी चांद्र-द्रष्ट्याला पृथ्वी ' उगवलेली व मावळलेली ' दिसणार नाही. कारण, आपली पृथ्वी स्वतःभोवती दररोज एक गिरकी घेते, त्यामुळे येथे, म्हणजे पृथ्वीच्या पाठीवर, ग्रहादिकांचें उगवणें-मावळणें संभवतें. चंद्र स्वतःभोवती अशी ( दैनिक ) गिरकी घेत नाही. त्याची एकच बाजू नेहमी पृथ्वीला सामोरी असते. त्यामुळे चंद्रावरून पाहणाराला ती स्थानपरत्वे तेथील आकाशांत क्षितिजापासून निरनिराळ्या उंचीवर पण नेहमी त्याच जागीं स्थिर दिसेल. म्हणजे चंद्रावरच्या कांही गावीं ती नेहमी क्षितिजाजवळ, तर कोठे ती नेहमी माथ्यावर स्थिर दिसेल. तिच्या पार्श्वभूमीवरून सूर्य आणि ग्रहनक्षत्रें सरकत असलेलीं दिसतील. पृथ्वीवर जेव्हा पौर्णिमा असते तेव्हा चंद्रावर अमावास्या, आणि येथे जेव्हा अमावास्या तेव्हा चंद्रावर पौर्णिमा असेल. चंद्रावरून पाहणाऱ्याला पृथ्वीवरून जेवढें मोठें चंद्रचिंब दिसतें त्याच्या १४ पट मोठें पृथ्वीचिंब दिसत असेल; आणि येथील पूर्णचंद्राचें चांदणें जेवढ्या झगझगाटाचें, त्याच्या ९० पट झगझगाट चंद्रावर असेल. अमावास्येचा चंद्र सूर्याच्या झगझगाटांत लोपल्यामुळे पृथ्वीवरून आपल्याला दिसत नाही. पण चंद्रावर वातावरण नाही. त्यामुळे तेथे पृथ्वीवरच्यासारखा प्रकाश पिस्कारणार नाही. याचा परिणाम असा होईल की, सूर्याच्या उत्तरदक्षिणेला कोठेतरी रेखामात्र कला असलेला पृथ्वीचा मंद काळा गोल चंद्र अमावास्येला किंवा शुक्र प्रतिपदेला दिसेल.

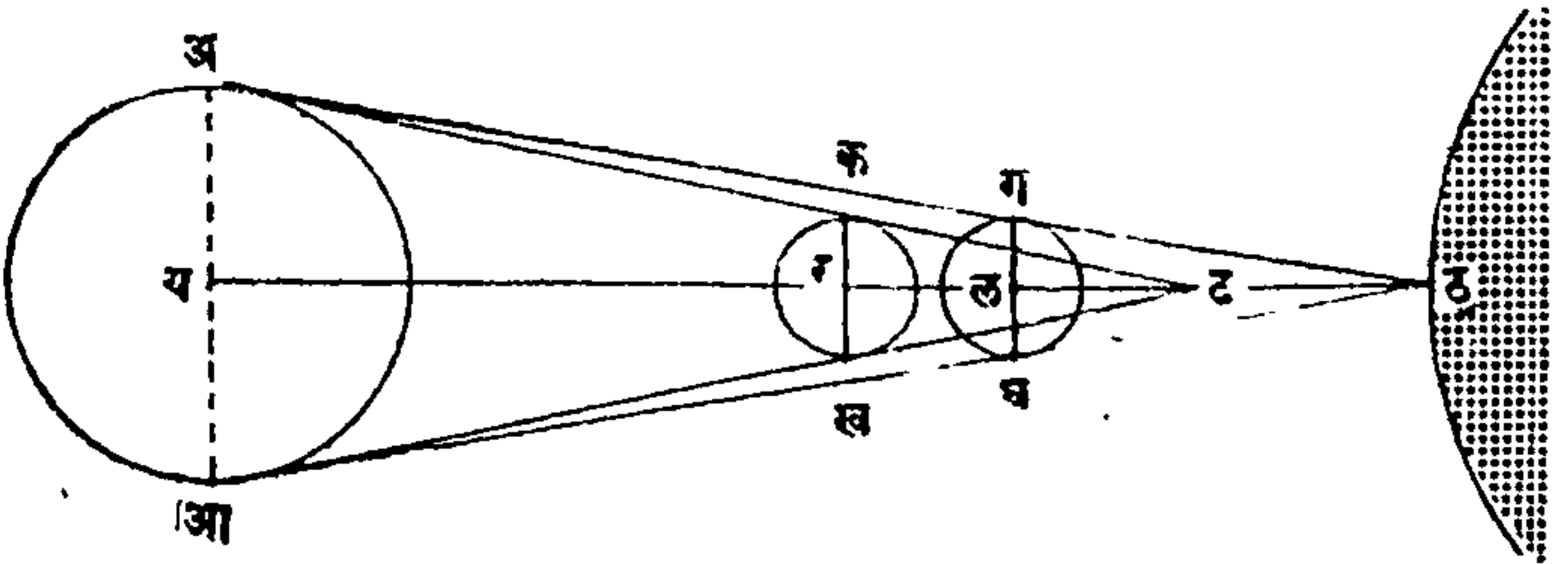


### सूर्याला ग्रहण

चंद्र जेव्हा पृथ्वी आणि सूर्य यांच्या दरम्यान येतो तेव्हा पृथ्वीच्या कांही भागावर थेट सूर्यप्रकाश येऊं शकत नाही, म्हणजेच चंद्राची सावली पृथ्वीवर पडते. त्या वेळीं पृथ्वीवरून पाहणाराला संपूर्ण सूर्यचिंब किंवा त्याचा कांही भाग काळवंडलेला दिसतो. तेव्हा सूर्याला ग्रहण लागलें असें 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 ध्यानांत येईल. येथे डावीकडील वर्तुळ हा सूर्य असून उजवीकडे काळपट पृथ्वीचा भाग आहे. 'कख' येथून चंद्र 'गघ' येथे गेल्यामुळे झालेला छायाशंकूचा फरक येथे दाखविला आहे. थोड्या विचारांतीं

साध्या भूमितीवरून ध्यानांत 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' अंतरावर जाईल ) त्या मानाने त्याची सावली 'रट' ऐवजी 'लठ' इतकी लांब जाईल. म्हणजे प्रस्तुत उदाहरणांत ती पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला येऊन ठेपेल.

### अंतर आणि छाया : तुलना

मात्र पृथ्वीची छाया आणि चंद्राची छाया यांच्या लांबीच्या बाबतींत एक फरक असतो; तो ध्यानांत घेण्याजोगा आहे. पृथ्वीची छाया ही सरासरीने ८,५९,००० मैल लांबीची असते, हें मागे सांगितलेंच आहे. त्या मानाने चंद्र हा पृथ्वीला जवळांत जवळ आला तरी तो २,२१,६०० मैलांवर, आणि दूरांत दूर जातो तेव्हा २,५३,००० मैलांवर 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 जाऊं शकत नाही, आणि त्या मार्गाने तो पृथ्वीच्या छायाशंकूला टाळू शकत नाही.

चंद्राच्या छायेच्या बाबतींत निराळी परिस्थिति असते हें खालील कोष्टकावरून ध्यानांत येईल.

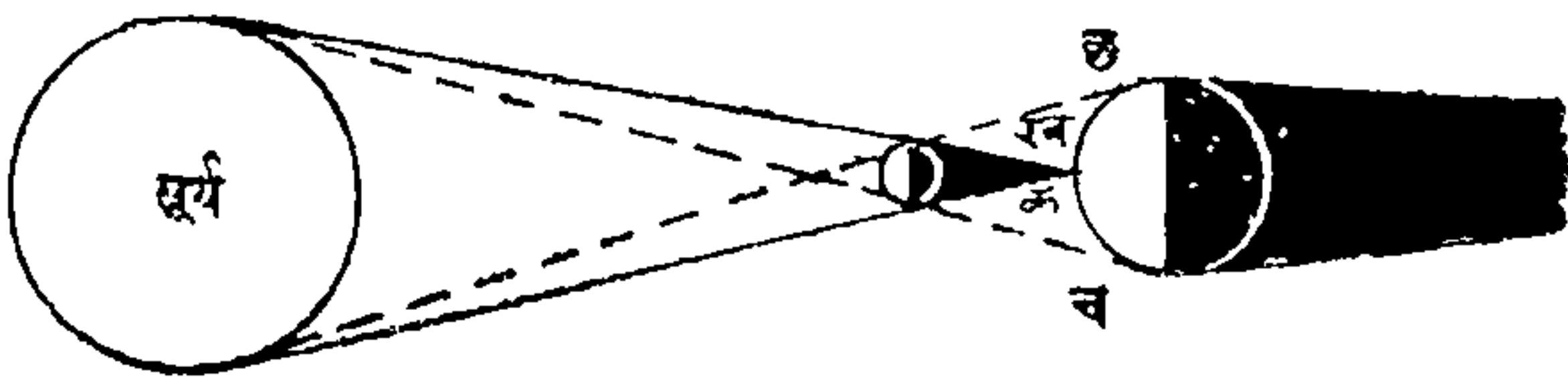
चंद्राचें अंतर पृथ्वीमध्यापर्यंत	चंद्राचें अंतर पृथ्वीपृष्ठापर्यंत मागील रकाना, उणे ४००० मै.	छाया लांबी, चंद्रमध्यापासून मैल
किमान २,२१,६००	२,१७,६००	२,३५,७००
सरासरी २,३८,८००	२,३४,८००	सरासरी २,३१,७००
कमाल २,५३,०००	२,४९,०००	२,२८,१००

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

कोष्टकामध्ये पहिल्या रकान्यांत आंकडे दिले आहेत ते चंद्राच्या मध्यबिंदूपासून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंतचे आहेत. दुसऱ्या रकान्यांतले आंकडे चंद्राच्या मध्यबिंदूपासून पृथ्वीचा पृष्ठभाग किती अंतरावर आहे हें दाखवितात. त्यावरून आणि तिसऱ्या रकान्यांतील छायालांबीवरून असें दिसतें की, चंद्रापासून जेव्हा पृथ्वीचा पृष्ठभाग सुमारे २,१८,००० मैलांवर असतो तेव्हा चंद्राची छाया खरोखरी चंद्रापासून सुमारे २,३६,००० मैलांपर्यंत जाऊं शकली असती; पण वाटेंत जेव्हा पृथ्वी आड येते तेव्हा ती छाया तितकी दूरवरपर्यंत जाऊं शकत नाही. पृथ्वीमुळे ती आडवली जाते.

उरलेल्या दोन ओळींवरून ध्यानांत 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

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

सरसरी १०० मैल आणि जास्तींत जास्त १६७ मैल भरते. ही छाया चंद्राच्या बरोबरच जणू त्याच्या हातांत हात घालूनच, ताशीं सुमारे २१०० मैलांच्या वेगाने पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून धावत जाते. जसजसा चंद्र, नक्षत्रचक्रांतल्या आपल्या मार्गाने पश्चिमेकडून पूर्वेकडे सरकत जातो तसतसा जमिनीवरचा हा सुमारे १०० मैल रुंदीचा पट्टा अधिकाधिक गडद होत जातो. त्याची लांबी हजारो मैलांची असते. एवढ्या टापूंतल्या लोकांना कांही थोडा वेळ सूर्याचें दर्शन घडत नाही, म्हणजे येथे खग्रास सूर्यग्रहण धडतें.<sup>१</sup>

ह ग्रहण बघणारा माणूस जर पृथ्वीच्या विषुववृत्तावर असला, तर तो स्वतःच मुळी चंद्राच्या छायेच्या दिशेलाच, म्हणजे पश्चिमेकडून पूर्वेकडे, पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागाबरोबर, ताशीं सुमारे १०४० मैलांच्या वेगाने जात असतो.<sup>२</sup> कारण, पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती दैनिक परिवलन घेते तेव्हा तिच्या विषुववृत्तावरचा प्रत्येक बिंदु ताशीं १०४० मैल वेगाने जात असतो. त्यामुळे या माणसाच्या दृष्टीने चंद्राच्या छायेचा वेग ताशीं  $२१०० - १०४० = १०६०$  मैलच ठरतो.<sup>३</sup>

१. हें खग्रास ग्रहण प्रत्यक्ष कसें 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°	ताशीं ९०० मैल.
४५°	,, ७३५ ,,
६०°	,, ५२० ,,

३. हा वेग ३०° वर १२०० मैल.

४५° ,, १३६५ ,,

६०° ,, १५८० ,,

त्या त्या ठिकाणच्या मध्याह्नीला 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 बघणारा माणूस हा छायेच्या बरोबर, ती ज्या दिशेला जात असते त्या दिशेला, जात नसतो. अशा वेळीं छाया तारीं ४००० ते ५००० मैलांच्या 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 टापूंत असणाऱ्या माणसाला खंडग्रहण दिसतें, म्हणजे सूर्याचा फक्त कांही भागच तेवढा काळवंडलेला (चंद्राने झाकलेला) दिसतो.

क्रिकेटच्या बॅटचे दोन भाग आपल्या डोळ्यांत चटकन् भरतात. ही बॅट म्हणजे, एका बाजूने सपाट पण दुसऱ्या बाजूने फुगीर असलेली एक घोटीव फळी असते आणि तिच्यांत पाचरवजा बसवलेला एक दांडा 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 आंत खोलवरपर्यंत शिरलेली असते. ही परिच्छाया पृथ्वीच्या पाठीवर जेथे सरळ ओळंब्याच्या दिशेने पडते, तेथे ती वर्तुळाकृति असते, तिचा व्यास सुमारें ४,४०० मैल असतो; म्हणजे सामान्यतः



सूर्यग्रहण घडतें 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 एकंदरीत 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 त्यांतल्या जेवढ्या लोकांना खग्रास सूर्यग्रहण दिसतें, त्यांच्यापेक्षा कितीतरी पटींनी अधिक संख्येच्या लोकांना खंडग्रहण पाहतां येतें.

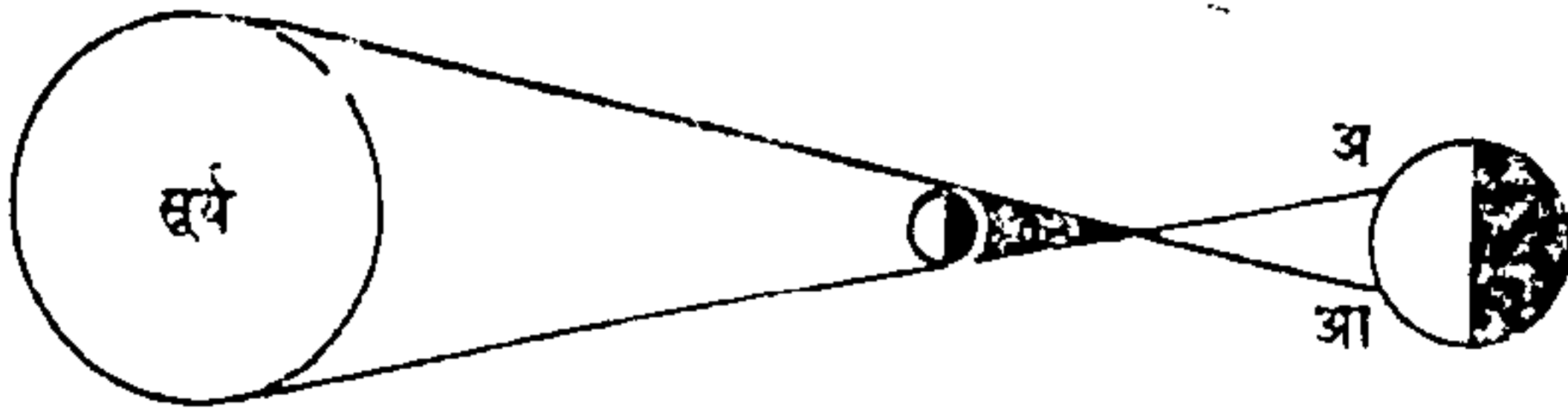
वरील विवेचनावरून ध्यानांत येईल की, सर्व सूर्यग्रहणें हीं सुरुवातीला लहानशीं खंडग्रहणेंच असतात. कारण, चंद्राची सावली ही परिच्छायेने वेढलेली असते. यांतलीं कांही खंडग्रहणें हीं कधीच पुरतीं ग्रहणें, म्हणजे खग्रास ग्रहणें, होत नाहीत. याचें एक कारण असें की, पृथ्वी आणि सूर्य यांच्या मध्यबिंदूना जोडणारी जी रेषा, तिला प्रत्यक्ष ओलांडून न जातां चंद्र कधी कधी तिच्या आजूबाजूच्या कांही अंतरावरूनच निघून जातो. अशा वेळीं पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने तो जरी सूर्याच्या जवळून जात असला तरीसुद्धा त्या वेळीं तो सूर्याची फक्त एकच चाजू किंवा कडा झाकू शकतो. दुसरें कारण असें की, तो या रेषेवरून जरी थेट गेला तरीसुद्धा पृथ्वीपासून तो जेव्हा फार दूर असतो, त्या वेळीं संबंध सूर्य झाकला जात नाही.

कधी कधी, एखाद्या थड्याच्या प्रसंगीं, एक स्नेही दुसऱ्या एखाद्या स्नेह्याच्या मागे लपू पाहतो. ज्याच्यामागे लपावयाचें तो माणूस जर अंगापिंडाने चांगला ऐसपैस व उंचनिच 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 चांगला जाडजूड असला — तर मग या लपणाराचें बिंग बाहेर पडतें. त्याच्या डोक्याचा भाग, कोटाच्या हातोप्याच्या कडा, वगैरे थोडासा तरी भाग दिसल्यामुळे तो उमगूं शकतो.

### कंकणाकृति ग्रहण

असाच प्रकार कांही खंडग्रहणांच्या बाबतींत घडतो. पृष्ठ ४४ वरील कोष्टकावरून आपण पाहिलें आहे की, चंद्र जेव्हा पृथ्वीपासून त्याच्या सरासरी अंतरावर असतो किंवा त्याहूनहि दूर असतो, तेव्हा त्याच्या छाया-शंकूचें टोक पृथ्वीपर्यंत येऊन पोचत नाही. या टोकाच्या थेट खाली जो पृथ्वीचा भाग येतो तेथे चंद्राची 'ऋणच्छाया' पडते असें म्हणता येतें: आकृति १४ मध्ये 'अ आ' या टापूंत चंद्राची ऋणच्छाया पडलेली आहे. हाहि टापू मूळच्या छायेच्या टापूसारखाच वाटोळा भरतो. त्याचा जास्तींत जास्त व्यास २३० मैलांचा असतो. एवढ्या टापूंतल्या कोणत्याहि माणसाने सूर्याकडे पाहिलें तर त्याला सूर्यबिंबाचा मधला भागच तेवढा काळवंडलेला — चंद्राने झाकलेला — दिसतो, आणि त्याच्या भोवताली पांढरी, तेजस्वी,



आकृति १४ : कंकणाकृति सूर्यग्रहण

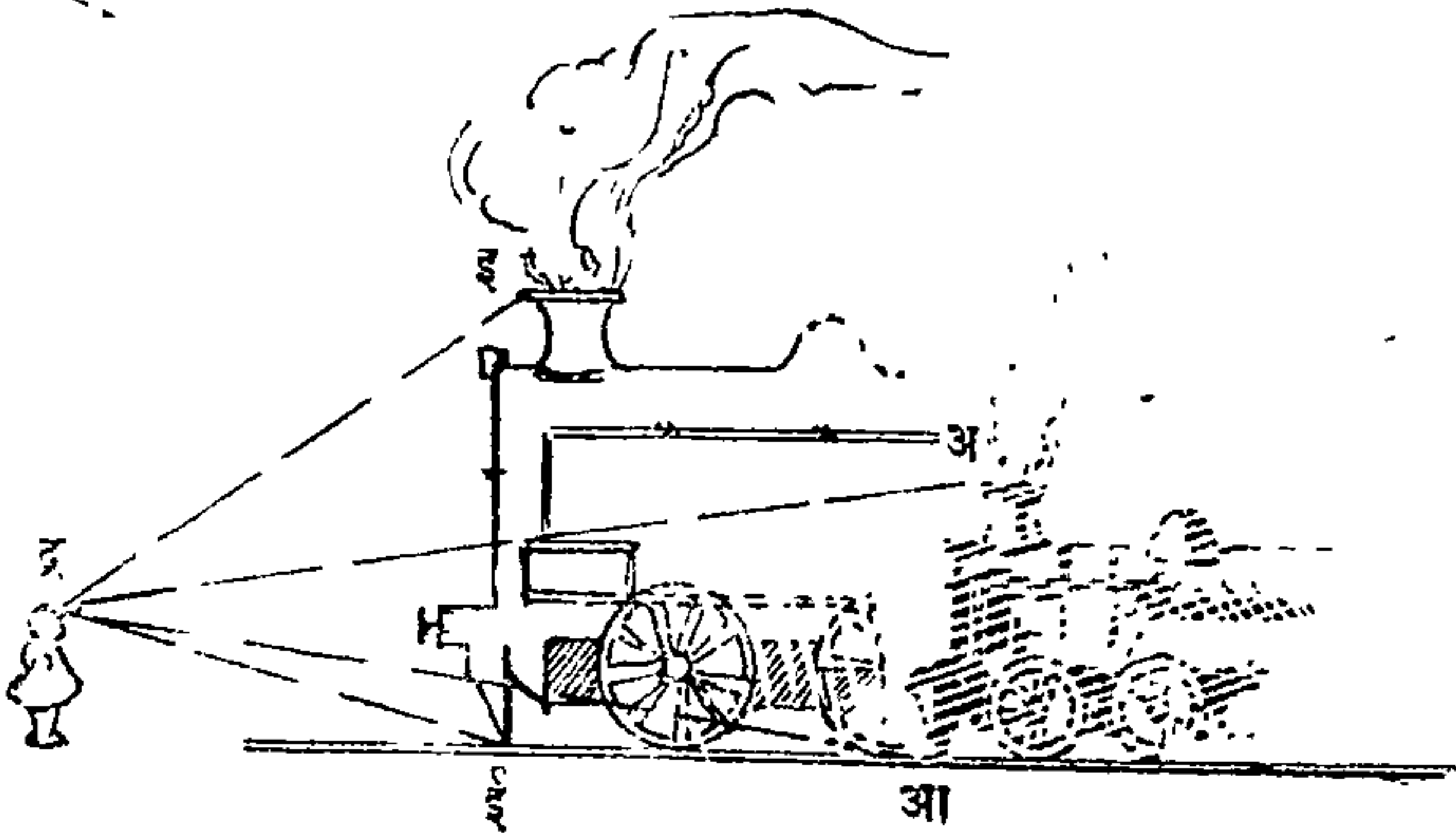
झगझगीत, बांगडीवजा, सूर्यबिंबाची कडा ग्रहणरहित दिसते. अशा खंडग्रहणाला कंकणाकृति ग्रहण म्हणतात.

१ 'ऋणच्छाया' म्हणजे खरा छायाशंकु वाढविला असतां पृथ्वीवर येऊन तिला भिडणारा छायाशंकूचा भाग.

## दृश्य आकार

नेहमीचाच सूर्य आणि नेहमीचाच चंद्र, असें असतांना चंद्र कधी सूर्याला संपूर्णपणें झाकूं शकतो तर कधी तो या कार्मीं अपुरा पडतो असें कां घडावें ? याचें उत्तर ध्यानांत घेण्याजोगें आहे.

आगगाडीच्या प्रॅटफॉर्मवर आपण उभे असतांना दुरून एखादी आगगाडी आपल्याकडे येत असलेली दिसते तेव्हा तिचें इंजिन प्रथम कितीतरी ल्हान दिसतें. तेंच जसजसें जवळ येऊं लागतें तसतसें तें मोठें दिसत दिसत अखेरीस तें आपल्या पुढ्यांत येऊन ठेपतें, तेव्हा त्याने केवढांतरी ऐसपैसपणा व अकराळविकराळपणा धारण केलेला असतो. म्हणजे पदार्थ जरी एकच असला तरी त्याच्या डोक्यापासून पायथ्यापर्यंतचा आणि त्याचा डावा, उजवा देखील आवांका हा आपल्यापासूनच्या ( म्हणजे पाहणाऱ्यापासूनच्या ) त्याच्या अंतरावर अवलंबून असतो. हेंच थोडें शास्त्रीय भाषेत सांगावयाचें झालें तर असें म्हणतां येतें की, आकृति १५



आकृति १५ : दूरचा पदार्थ ल्हान; तोच जवळ आला म्हणजे मोठा दिसतो. मध्ये 'अआ' या इंजिनामुळे 'द्र' येथील माणसाच्या डोक्याशीं  $\sphericalangle$  अ द्र आ हा जो कोन होतो त्यापेक्षा तेवढ्याच उंचीच्या, पण अधिक जवळ असलेल्या

## सूर्यग्रहण

‘इ ई’ या इंजिनामुळे होणारा कोन इ ड्र ई हा मोठा भरला. तो पदार्थ आपल्या डोळ्यांना अधिक मोठा दिसतो. चंद्र, सूर्य, तारे, वगैरेसारख्या ज्योतींचे आकारमान हे अशा रीतीने कोनाच्या भाषेत सांगण्याचा प्रघात आहे.

### चंद्रसूर्यांचे कोनीय व्यास

यावरून सहजच ध्यानांत 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"	३२' 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 त्यांचे दृश्य व्यास अनुक्रमे ३१' ३२" आणि २९' २६" असतात तेव्हा जर सूर्यग्रहण घडलें तर तें खग्रास असू शकणार नाही. कंकणाकृति असेल. त्या वेळीं सूर्याची सुमारे १' रुंदीची चांगडीवजा कडा प्रकाशितच राहिल. ते दोघेहि जेव्हा सरासरी अंतरावर असतील तेव्हाहि सुमारे ३/४' रुंदीची कडा प्रकाशितच दिसेल. मात्र दोघेहि जेव्हा पृथ्वीला जवळांत जवळ येतील तेव्हा चंद्राची सुमारे ३/४' जाडीची वरछापच सूर्यावर असेल, म्हणजे त्या वेळीं सूर्याबिच पूर्णपणे झाकलेलें असेल.

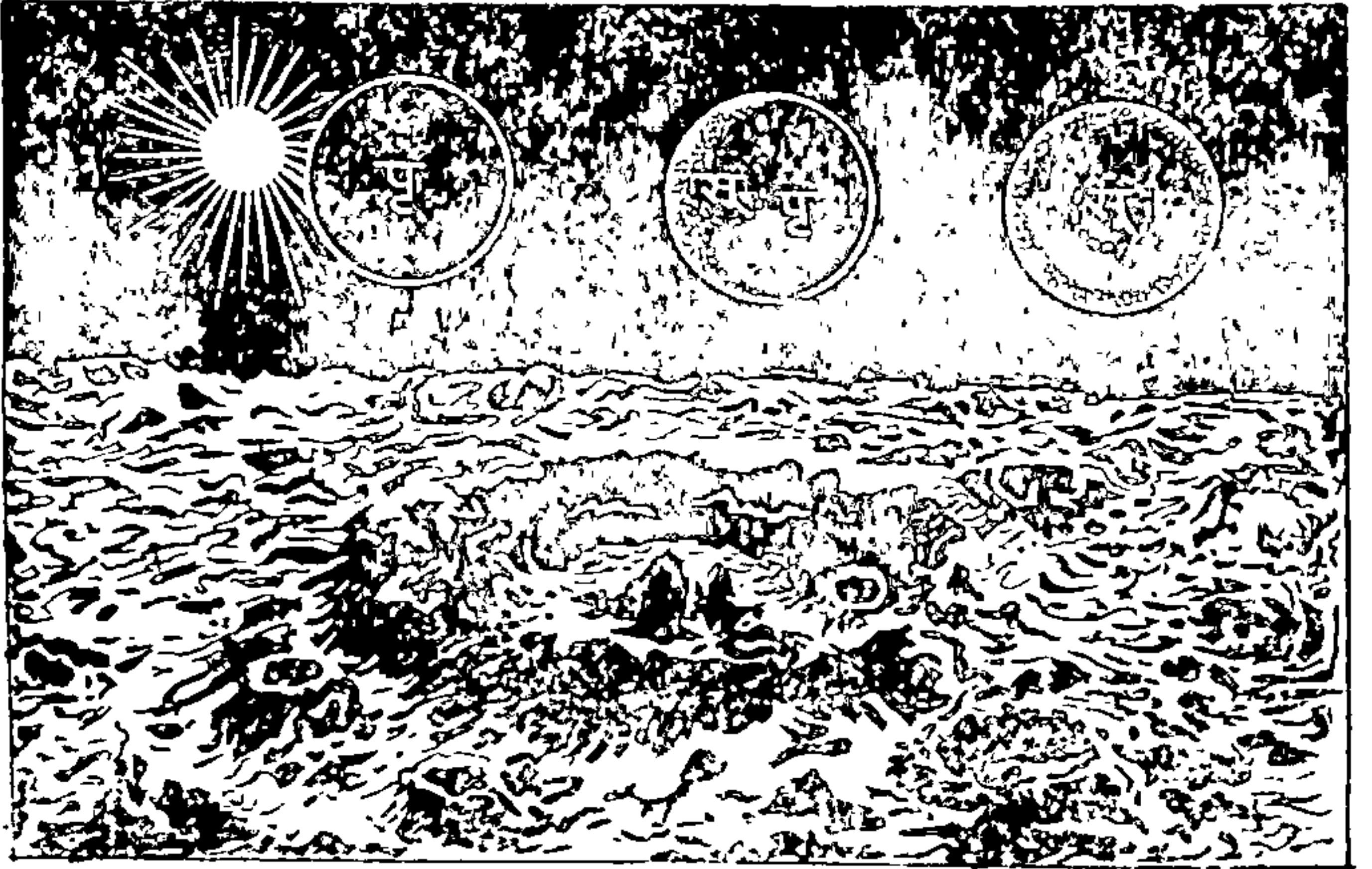
तात्पर्य, खग्रास सूर्यग्रहण ही एक चंद्राच्या हातून घडणारी तारेवरची कसरत आहे. ती नेहमीच पाहावयाला मिळते असें नाही.



### इतर ग्रहांवरून सूर्यग्रहणं

इतर कांही ग्रहांवर माणसें असलीं किंवा येथून कांही माणसें तेथे गेलीं, तरी त्यांना कोठेहि येथल्यासारखे खग्रास 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 तासाभरांत (म्हणजे पृथ्वीवरच्या तासाभराने) तो पूर्णपणें तिच्यामागे जाऊन लपेल. त्या वेळीं पृथ्वीच्या चहूबाजूंनी पिकल्या टॉमॅटोच्या रसाचा लोंढा यावा, तसा ताम्रवर्णी प्रकाशाचा लोंढा चंद्राच्या भूमीवर येईल, आणि चंद्रावरील डोंगर आणि दऱ्या हीं सुमारे पावणेदोन तासपर्यंत तांबारलेलीं दिसतील. मग क्षणाधीत सूर्यविंबाची एक कडा पृथ्वीच्या पश्चिमांगाकडून बाहेर डोकावेल आणि



चंद्रावर पहिल्या पीतवर्णी किरण पडेल. तासाभराने संपूर्ण सूर्य आपल्या दिमाखाने तळपू लागेल. मात्र पृथ्वीवरून दिसणारें खग्रास सूर्यग्रहणाचें वैभव हें चंद्राच्या वांट्याला येणार नाही. ती खास पृथ्वीवरील माणसासाठी राखून ठेवलेली एक देणगी आहे असें म्हणण्यांत बहुधा कोणतीहि अतिशयोक्ति घडणार नाही.

**चंद्र थोडा लहान असता तर —**

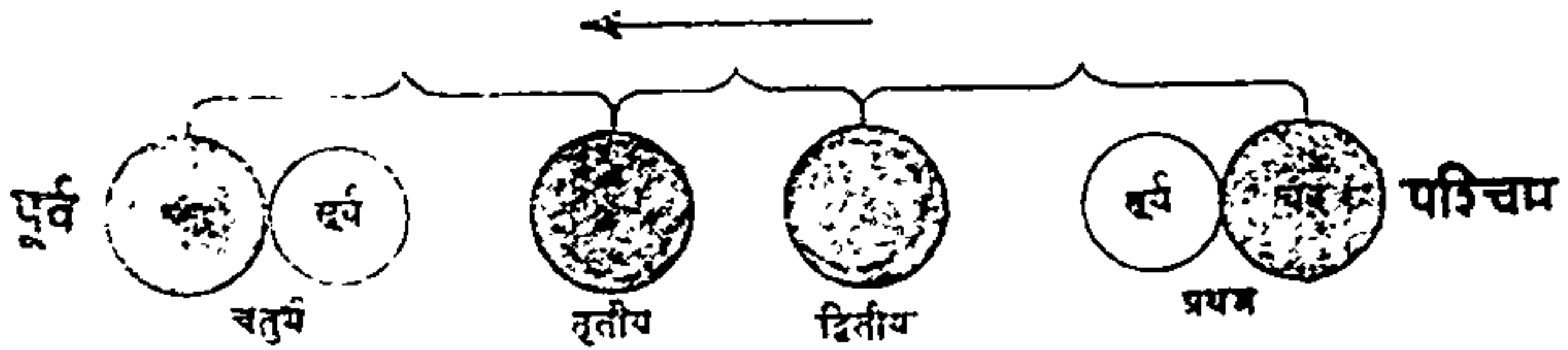
रात्रीच्या ताऱ्यांच्या वेधप्रसंगी चंद्रामुळे अनेक अडथळे निर्माण होतात. अशा प्रसंगी, हा चंद्र आकाशातून अजीवात नाहीसाच झाला असता, तर किती बरें झालें असतें असें एखादा ज्योतिर्वेत्ता क्षणिक वैतागाने म्हणतो. पण तो वैताग केवळ तेवढ्यापुरताच असतो. चंद्र अजीवात नाहीसा होण्याची गोष्ट तर राहूं द्याच, पण पूर्वी सूर्याला सहाणेवर घालून कोणा ऋषीने त्याला घासून काढल्याची कल्पना आपल्या वैदिक वाङ्मयांत आहे. त्या धर्तीवर हल्ली चंद्राचा व्यास सुमारे २,१६२ मैल आहे तो अवघ्या १४०-४५ मैलांनी छोटून टाकला असता तर मग खग्रास सूर्यग्रहण घडलें नसतें, आणि मग केवढ्या तरी भव्य आविष्काराला आपण मुकलों असतो ! चंद्र जेव्हा पृथ्वीला अगदी जवळांत जवळ येतो आणि सूर्य दूरांत दूर असतो तेव्हा चंद्रबिंबाची सूर्यबिंबावर अवघ्या १' त्रिज्येने वरछाप पडते. तो दूरांत दूर आणि सूर्य जवळांत जवळ असतो तेव्हा तो सूर्यबिंब झाकायला अवघ्या २' ३५" त्रिज्येने असमर्थ ठरतो; म्हणजे खिडकीच्या केवढ्याशा लहानश्या उघडझापीने आपल्याला हा केवढा तरी भव्य साक्षात्कार घडतो.

: ७ :

## सूर्यग्रहण : देखावा आणि परिणाम

### ग्रहणांतील स्पर्श

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



आकृति १७ : सूर्यग्रहणांतले चार स्पर्श

( आकृति १७ पाहा ) तेव्हा तो 'प्रथम स्पर्श' मानतात. संबंध चंद्रबिंब हे जेव्हा सूर्याला संपूर्णपणे व्यापून सूर्याच्या पूर्वेकडेल्या बाहेरून स्पर्श करते तेव्हा तो 'द्वितीय स्पर्श' होतो. ( आकृति १७, अवस्था २, उजवीकडून ) त्यानंतर चंद्रबिंब पूर्वेकडे जात असतां खग्रास ग्रहण आता सुटू लागणार अशा प्रसंगी त्याचा जो स्पर्श सूर्याच्या पश्चिम बाजूने होतो तो 'तृतीय स्पर्श'. मग खंडग्रहणहि संपून चंद्र आता पूर्णपणे सूर्यबिंबाला सोडून जाणार अशा क्षणाचा जो स्पर्श तो 'चतुर्थ स्पर्श'.

### ग्रहणापूर्वी

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

निसर्गामध्ये होऊं घातलेल्या बदलाची जाणीव त्यांना नसते. गाई-म्हशीं-सारख्या चतुष्पादांना फक्त एकच जाणीव असते की, गुराखी येईल आणि दावे बांधून 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 आकाशांत खूप उंच उडणारे पक्षी हळूहळू खाली येऊं लागतात.

खग्रास ग्रहणाच्या आधी सुमारे १५ मिनिटें पाकोळ्या इकडे तिकडे उडू लागतात. थोड्या वेळाने त्या नाहीशा होतात आणि नंतर बराच वेळपर्यंत त्या दिसत नाहीत. मुंग्या आपल्या वारुळाभोवती गोळा होतात, पण त्या आंत शिरत नाहीत. कावळे जोरजोरांत ओरडू लागतात. शांतपणे दाणे टिपणाऱ्या कोंबड्या संध्याकाळ झाली असे वाटून ओरडू लागतात. कुत्रीं अतिशय केविलवाण्या आवाजांत ओरडू लागतात. सर्व वातावरणांतून विमनस्कतेची एक लहर जाते.

ग्रहण खग्रास होण्यापूर्वी पांचच मिनिटें आधी छायाप्रकाशाची एक भलीमोठी विस्तीर्ण सावलीच—एखादी काळ्यापांढऱ्या डिझाइन्सची चांदर फडफडावी तशी—सर्व आलोकावरून जल्द धावत निघून जाते; आणि मग जेव्हा प्रत्यक्ष चंद्राची सावली येते तेव्हा ती एखाद्या काळ्याकभिन्न भिंती-सारखी वाटते. मूर्तिमंत निळाकाळा यमराजच जणू आपल्या विस्तीर्ण साम्राज्यांतून जागोजाग खास अंधान्या शांततेच्या चौक्या पहारे बसवीत बसवीत निघून जातो.

मग निळें आकाश हळूहळू मंद जांभळ्या रंगाचें बनतें आणि क्षणा दोन क्षणांत शिशासारखें काळें दिसू लागतें. शुक्र आणि मंगळाच्या चांदण्या त्या वेळीं आकाशांत असल्या तर त्या दिसू लागतात. इतकेंच

नव्हे, तर एरव्ही क्वचितच दिसणारा बुधहि दिसूं लागतो. काळोख जसजसा वाढूं लागतो तसतसा प्राण्यांच्या वृत्तींतहि फरक पडूं लागतो. गाढवें अस्वस्थ होऊन इकडे तिकडे पळूं लागतात. पण गाई-म्हशी मात्र स्वस्थपणें रवंथ करीत राहतात. बकऱ्या गवतांत बसून राहतात. चिमण्या संध्याकाळ झालीसैं वाटून चिंचिंवाट करूं लागतात. कोंबड्या-बदकांसारखे पाळीव पक्षी ग्रहण लागण्यापूर्वीं अस्वस्थपणें ओरडत असतात, आणि ग्रहण लागल्यावर ते झाडावर किंवा खुराड्यांत 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 पांढरा शुभ्र, रुपेरी असतो. त्याच्यांतून क्वचित्, लाखों मैल दूरवरपर्यंत झळाळी पसरलेले, मोरपिसांच्या सारखे भासणारे तेजस्वी कोंभ फुटलेले दिसतात. त्यांतूनच अधूनमधून गुलाबी रंगाच्या ज्वाळा लवलवत असतात. या सर्व आविष्कारालाच सूर्याचा 'किरीट' असें म्हणतात. एकीकडे हें त्याचें सुंदर पण भयावह रौद्ररूप प्रकट होत असतां त्याच वेळीं पृथ्वीवरच्या हवेंतून थंडी दाटून येते. ती शरीराला आणि मनालाहि जाणवते. ऋतुमानानुसार आणि स्थलकालानुसार तपमान क्वचित्  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  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 फिरूं लागतात. कांही लहान पक्षी इतके घाबरतात की, इकडे तिकडे न उडतां, आपल्या नख्यांनी भिंतींना किंवा झाडांना चिकटून राहतात. नेहमी रात्रीं बाहेर येणारीं बटवाघळें या वेळीं



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

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

रानटी जमातींतल्या एका स्त्रीने एकदा खग्रास ग्रहण लागल्याबरोबर मूठभर माती घेऊन ती आपल्या तोंडांत घातली. एका स्कॉच् माणसाला, संध्याकाळीं व्हिस्की व पाणी एकत्र मिसळून पिण्याची संवय होती. खग्रास ग्रहण लागत असतां त्याच्या मनोविकारांनी इतकी उचल खाली की, रात्र पडायला लागली असें वाटून तो आपलें नेहमीचें पेय घ्यायला गेला.

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



: ८ :

## ग्रहणांचा विवेक आणि कुलनिष्ठा

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

टी. ऑपलझार या नांवाच्या एका ऑस्ट्रियन ज्योतिर्वेत्त्याने गेल्या शतकांत एक पुस्तक लिहून प्रसिद्ध केले आहे. त्यांत त्याने ख्रि. पू. १२०७ ते ख्रिस्तोत्तर २१६२ या वर्षांतलीं ८००० सूर्यग्रहणे आणि ५२०० चंद्रग्रहणे दिली आहेत. खग्रास सूर्यग्रहणांचे त्याने अंदाजे मार्गहि दिले आहेत. यासाठी त्याला चंद्र, सूर्य आणि पृथ्वी यांची स्थाने नीट ठरवावी लागली. तीं ठरवितांना अर्थातच बारकाव्याचें गणित करावें लागलें.

### ग्रहणांचें सापेक्ष प्रमाण

कांही ठराविक काळांत लागणारीं सूर्यग्रहणे आणि तेवढ्याच काळांत लागणारीं चंद्रग्रहणे यांची संख्या तपासून पाहिली तर सूर्यग्रहणांची संख्या अधिक भरते. हें असें कां घडतें, तें सहज ध्यानांत येण्याजोगें आहे. कसें तें पाहा. हल्लीच्या आपल्या क्रिकेटच्या खेळांत एकेका बाजूला तीन तीनच दांड्या रोवलेल्या असतात. तिनांच्या ऐवजी जर पांच पांच

दांड्या रोवल्या आणि बाकीची परिस्थिति म्हणजे चेंडूचा आकार, बॅटचा आकार, चेंडू फेकणाऱ्या आणि आडवणाऱ्या व्यक्ति इ. गोष्टी पूर्वी-सारख्याच ठेवल्या, तर दांडी पडण्याचा संभव ५ : ३ या प्रमाणांत अधिक वाढेल हें उघडच आहे.

ग्रहणांच्या बाबतींत असेंच घडतें. चंद्राला ग्रहण लागावयाचें असतें 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 सूर्यग्रहणांचाहि 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 आंत ते असले म्हणजे हटकून ग्रहणें लागतात. त्या मर्यादांच्या 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

...ग्रहण संभवनीय. ( इतर कांही

परिस्थिति तपासून पाहिली

पाहिजे ).

दरम्यान.

पातरेपेपासून सूर्य १८°३०' हून दूर.

...ग्रहण अशक्य.

## चंद्रग्रहण

- पातरेषेपासून सूर्य  $९^{\circ}३०'$  च्या आंत. ...ग्रहण निश्चित.  
 पातरेषेपासून सूर्य  $९^{\circ}३०'$  ते  $१२^{\circ}१५'$  च्या दरम्यान. ...ग्रहण संभवनीय ( इतर गोष्टी तपासणें इष्ट )  
 पातरेषेपासून सूर्य  $१२^{\circ}१५'$  हून दूर. ...ग्रहण अशक्य.

वरील तक्त्यावरून ध्यानांत येईल की, किती अंतराच्या आंत सूर्य असला तर ग्रहण लागेल या बाबतींतली सूर्यग्रहणांची मर्यादा ही चंद्रग्रहणांच्या मर्यादेपेक्षा सुमारे दीडपटीने मोठी आहे. साहजिकच ठराविक वेळांत लागणारीं सूर्यग्रहणें हीं तितक्याच अवधींत लागणाऱ्या चंद्रग्रहणांपेक्षा संख्येच्या बाबतींत दीडपटीने अधिक भरतात.<sup>१</sup>

## सूर्यग्रहणें : किमान संख्या

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

१. 'महाभारत' हें हल्लीच्या स्वरूपांत ख्रिस्ती शकारंभाच्या सुमाराला लिहिलें गेलें, असें म्हणतात. त्यांतील भीष्मपर्व अध्याय ३ मधील पुढील श्लोक प्रसिद्ध आहे—

चतुर्दशीं पंचदशीं भूतपूर्वां तु षोडशीम् ↓  
 इमां तु नाभिजानेऽहममावास्यां त्रयोदशीम् ॥

यावरून असें दिसतें की, महाभारताच्या युद्धारंभीं कार्तिकी पौर्णिमेला चंद्रग्रहण घडलें, अमावास्येला सूर्यग्रहण घडलें आणि त्यानंतर पुन्हा एक महिन्याने सूर्यग्रहण घडलें. हें अशक्य आहे असें क. शं. वा. दीक्षित (ज्योतिःशास्त्राचा इतिहास, पृ. ११४-११५, द्वितीय आवृत्ति) म्हणतात.

परंतु राहुच्या ( किंवा केतूच्या ) अलीकडे  $१५^{\circ}२१'$  ते पलीकडे  $१५^{\circ}२१'$  (म्हणजे एकूण  $३०^{\circ}४२'$ ) हा सूर्यग्रहणांच्या निश्चितीचा पट्टा आहे. चंद्राची मासिक चाल  $३०^{\circ}३७'$  आहे. त्यावरून लागोपाठ दोन अमावास्यांना दोन सूर्यग्रहणें अशक्य नाहीत, हें उघड आहे.

दुतर्फी 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 टापूंत सूर्याने पाऊल टाकलें न टाकलें तोंच एक सूर्यग्रहण घडलें. त्यानंतर  $२९\frac{१}{२}$  दिवसांनी दुसरी अमावास्या घडेल. तेवढ्या अवधींत सूर्य सुमारे  $२९\frac{१}{२}$  ते  $३०^{\circ}$  अंश चालून जाईल; पण अद्यापिहि त्याने हा ग्रहणपट्टा पूर्णपणें ओलांडला नसेल. शिवाय  $१८\frac{३}{४}$  अंश अलीकडे व  $१८\frac{३}{४}$  अंश पलीकडे हाहि ग्रहणसंभवाचा टापू आहेच. म्हणजे इतर गोष्टी अनुकूल असल्या तर केवळ  $१५^{\circ}२१'$  च्या अंतरांतच ग्रहण लागते असें नाही, तर राहूपासून  $१८\frac{३}{४}^{\circ}$  पर्यंत चंद्र-सूर्य असले तरी ग्रहण लागण्याचा संभव आहे; म्हणजे या अवधींत दोन सूर्यग्रहणें लागणें अगदी शक्य आहे, मात्र सूर्याचें पाऊलच या टापूंत उशिरा पडलें तर मग एक सूर्यग्रहण तरी अटळच आहे.

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

### किमान चंद्रग्रहणें

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



आपले नेहमीचें वर्ष ३६५ $\frac{३}{४}$  दिवसांचें असतें. एवढ्या अवधींत एकदा वसंतसंपातापासून निघालेला सूर्य पुन्हा वसंतसंपातांत येऊन ठेपतो आणि मग दुसऱ्या वर्षाला सुरुवात होते. याच पद्धतीने एकदा राहूपासून ( किंवा केतूपासून ) निघालेल्या सूर्याला पुन्हा राहूपर्यंत ( किंवा केतूपर्यंत ) येऊन ठेपण्याला ३४६.६ दिवस लागतात. या अवधीला पातनिष्ठ ( राहुकेतु यांच्या पातांशीं जखडलेले ) किंवा ग्राहणिक ( ग्रहणांशीं संबंध असणारें ) वर्ष म्हणतात. सांपातिक वर्षापेक्षा ग्राहणिक वर्ष लहान भरतें. याचें कारण असें की, चंद्राची पातरेषा ही नेहमी आयनिक वृत्तांत राहूनच, वर्षभरांत 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 $\frac{३}{४}$  दिवस ) संपावयाच्या आधीच सूर्य पुन्हा पहिल्या पाताजवळ आलेला असल्यामुळे एका वर्षभरांत कधी कधी ५ सूर्यग्रहणें घडूं शकतात. त्यांतलीं २ सूर्यग्रहणें जर वर्षाच्या सुरुवातीला व दोन मध्यंतरीं लागलीं, तर उरलेलें एक ग्रहण वर्षाअखेरीला लागतें. अशींच वर्षांतून ३ चंद्रग्रहणें लागू शकतात. कोणत्याहि एका वर्षांतली सर्व ग्रहणांची संख्या जास्तीत जास्त ७ असू शकते. त्यांपैकी ५ सूर्यग्रहणें असल्यास २ चंद्रग्रहणें किंवा ४ सूर्यग्रहणें असल्यास ३ चंद्रग्रहणें असतात. वर्षभरांतल्या ग्रहणांचा सर्वांत कमी आंकडा म्हणजे दोन. अशा वेळीं हीं दोन्ही सूर्यग्रहणेंच असतात.

### ग्रहणकुळें

चंद्राचें असो अगर सूर्याचें असो, प्रत्येक ग्रहण हें कोणत्या तरी कुळांतलें असतें. प्रत्येक कुळांतलीं ग्रहणें हीं एकामागोमाग एक अशीं



६५८५ $\frac{३}{३}$  दिवसांनी घडत असतात. या अवधीलाच सारस ( सॅरॉस ) चक्र म्हणतात. कोणत्याहि कुळांतलें कोणतेंहि ग्रहण हें तत्पूर्वीच्या ग्रहणासारखेंच, इतकें तंतोतंत असतें की, त्यामुळे त्या सर्व ग्रहणांना मिळून एका कुळांतलीं ग्रहणें असें म्हणावयाचें. अशीं एकंदर चंद्रग्रहणांचीं २८ आणि सूर्यग्रहणांचीं ४२ कुळें असतात. आपल्या पिढ्या जर २५-२५ वर्षांच्या मानल्या तर ग्रहणांची पिढी ६५८५ $\frac{३}{३}$  दिवसांची असते असें म्हणता येईल.

### ग्रहणांचा प्रवास उत्तर-दक्षिण

कोणत्याहि कुळांतलें पहिलें ग्रहण जें लागतें तें अगदी लहानसं खंडग्रहण असतें. तें पृथ्वीच्या दक्षिण ध्रुवाकडच्या प्रदेशावर किंवा उत्तर ध्रुवाकडच्या प्रदेशावर प्रथम लागलेलें दिसतें. त्यानंतर ६५८५ $\frac{३}{३}$  दिवसांनी जें ग्रहण लागतें त्याचा 'ग्रास' अमळ वाढतो. असें होतां होतां एक ग्रहण खग्रास होतें. त्या वेळीं चंद्र हा राहुकेतूपासून ११° च्या आंत असतो. मग कित्येक ग्रहणें खग्रासच होतात. सूर्यग्रहणांच्या बाबतींत त्यांतलीं कांही कंकणाकृति असतात. मग हळूहळू ग्रहणांतला ग्रास कमी कमी होतो. मध्यंतरीच्या कालांत तें हळूहळू दक्षिणेकडून उत्तरेकडे किंवा उत्तरेकडून दक्षिणेकडे सरकत असतें. अखेरीला ज्या ध्रुव प्रदेशांतून ग्रहण प्रथम दिसावयाला सुरुवात झाली होती तदितर ध्रुवप्रदेशाकडे तें जातें; आणि तेथूनहि पलीकडे अंतराळांत जाऊन अंतर्धान पावतें. मध्यंतरीं दुसरीं कित्येक ग्रहणकुळें निर्माण होऊन आपापली वाट चालू लागलेलीच असतात. एखाद्या तलावाकाठीं उंचावर उभारलेल्या तक्त्यावरून एका-पाठोपाठ दुसरा, त्याच्या पाठोपाठ तिसरा अशा अनेकांनी तलावांत पोहोण्यासाठीं म्हणून उड्या ठोकाव्यात, तशी एक ग्रहणावली दक्षिण ध्रुवाकडून उत्तर ध्रुवाकडे येऊन अंतराळांत उडी घेते. तिच्यामागून दुसरी

येऊन उडी घेते. अशा जणू ग्रहणरूपी तरंगांच्या आवलीच एका बाजूने येऊन दुसरीकडे जातात. अशाच आवली उत्तरेकडून दक्षिणेकडेहि जात असतात. या प्रत्येक आवलीचा एक विशेष वर सांगितला आहे तो हि-  
ध्यानांत घेण्याजोगा आहे. शुक्ल पक्षांतल्या चंद्राची कला जशी हळूहळू वाढतां वाढतां पौर्णिमेला चंद्राचें पूर्ण बिंब होतें आणि मग एकेका कलेने क्षीण होतां होतां जसा चंद्र अमावास्येला सूर्याच्या झगझगाटांत बुडी घेतो, तसाच कांहीसा प्रकार ग्रहणांच्या बाबतींतहि आहे. फरक इतकाच की, चंद्राची कला पांढुरकी असते ती पंधरवडाभर वाढत किंवा क्षीण होत जाते. त्याऐवजी येथे काळी 'ग्रास-कला' प्रथम वाढत आणि मग क्षीण होत जाते.

### कुळांतील सभासद

एका 'चांद्रकुळांत' ४४-४५ ग्रहणें होतात. त्या कुळाचें आयुष्य ८६५ वर्षांचें असतें. सूर्यग्रहणकुळांत ७०-७१ ग्रहणें घडतात आणि हें कुळ १२६० वर्षें टिकतें. त्यामुळे सुमारे १८ वर्षांत अंदाजे 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 मैलांची असते. पण मागच्या ग्रहणानंतर पुढचें ग्रहण जें लागावयाचें तें दर खेपेला पूर्णांकी दिवस (६५८५) गेल्यानंतर ३ दिवसाने लागावयाचें असतें. तेवढ्या ३ दिवसाच्या अवधींत, पृथ्वी स्वतःभोवती ३ गिरकी वंते; म्हणजे १२०° पश्चिमेकडून पूर्वेकडे वळलेली असते. त्यामुळे प्रत्येक नव्या ग्रहणाचा मार्ग १२०° नी पश्चिमेकडे वळतो. प्रत्येक ग्रहण

हे नेहमी निम्म्या पृथ्वीवरच्या लोकांना दिसावयाचें, त्यामुळे एकाच कुळांतलीं २ लागोपाठ ग्रहणें दिसूं शकतात. तसेच सूर्याचा खग्रास मार्गहि सुमारें  $\frac{2}{3}$  पृथ्वीवर पसरलेला असल्यामुळे लागोपाठ २ सूर्यग्रहणें निदान 'खंड' अवस्थेंतलीं तरी त्यांच्या मार्गावरच्या कांही लोकांना दिसूं शकतात. दर ५४ ( $= १८ \times ३$ ) वर्षांनी त्याच त्याच रेखांशावर पण पूर्वीच्या स्थळांच्या ३६० ( $= १२० \times ३$ ) मैल दक्षिणेला किंवा उत्तरेला नवें ग्रहण लागतें. चंद्र, सूर्य आणि पृथ्वी हीं १८ वर्षे आणि  $१०\frac{2}{3}$  दिवसांनी त्याच त्याच परस्पर-सापेक्ष अवस्थेला येतात, म्हणूनच या अवधीने हीं ग्रहणें अशीं घडत असतात.

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



## किरीट

सूर्याला खग्रास ग्रहण लागतें त्या वेळीं दिसणारे जे ठळक आविष्कार आहेत त्यांतला किरीट हा एक आविष्कार आहे. साधुसंतांच्या चित्रांमध्ये, त्यांच्या डोक्यामागे, जें एक तेजाचें वलय किंवा चक्र दाखवितात, तशासारखाच कांहीसा हा सूर्याचा 'किरीट' दिसतो. ग्रहण जेव्हा खग्रास होतें तेव्हा चंद्रबिंब हें सूर्यबिंबाला संपूर्णपणें झाकून टाकतें. कधी कधी अशा ग्रहणांतून चंद्र जेव्हा पृथ्वीला अधिकांत अधिक जवळ असतो त्या वेळीं चंद्राचा दृश्य व्यास हा सूर्यव्यासाच्या १.०८ एवढा असू शकतो. म्हणजे सूर्याला झाकून टाकून शिवाय त्याच्या वातावरणाचा किंचिन्मात्र  $\frac{१}{१००}$  त्रिज्येएवढा अधिक भागहि चंद्राने झाकलेला असतो. त्यामुळे एखाद्या काळ्याकभिन्न भुंग्याने पंख पसरून बसावें त्याप्रमाणे, किंवा एखादें उमललेलें सूर्यकमल समोरून पाहावें तसा, हा देखावा दिसतो. चंद्रबिंबाच्या कडेलगतचा जो भाग त्याचा रंग मुलायम पांढरा दिसतो. तेथून जसजसें पाकळीच्या निमुळत्या टोकाकडे, म्हणजे चंद्रसूर्यापासून दूरदूर जावें तसतसा तो फिकट पांढरा दिसतो; मात्र त्याचें एकसारखें स्पंदन चालू असावें असें दिसतें—म्हणजे आकाराने आणि संख्येने जशा या पाकळ्या कमीजास्त होत असलेल्या आढळतात, तशीच त्यांची 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 ग्रहणांत या पाकळ्या सूर्यमध्यापासून  $3^{\circ}$  पर्यंत, तर १८७८ च्या ग्रहणांत त्या  $6^{\circ}$  पर्यंत पसरलेल्या होत्या.<sup>१</sup> त्यांचा विस्तार कधी निम्म्या सूर्यबिंबाएवढा, तर कधी तो १५ सूर्यबिंबांएवढाहि असतो. किरीटाचा एकूण प्रकाश हा सूर्याच्या सबंध तेजोबिंबाच्या एक-दशलक्षांशा-एवढा अल्पमात्र असतो. त्यामुळे या प्रकाशांत पृथ्वीवरील कोणत्याहि पदार्थाच्या सावल्या जमिनीवर पडत नाहीत. खग्रास सूर्यबिंबापासून जसजसे दूर जावे, तसतसे किरीटाच्या प्रकाशाची जी तीव्रता कमी कमी होत जावयाची ती ग्रहणाग्रहणांत देखील निरनिराळ्या इयत्तेची असते. एका ग्रहणांतली तीव्रता आणि दुसऱ्या ग्रहणांतली तीव्रता या दोहोंत ३० ते ४० टक्क्यांची तफावत असू शकते.

### प्रखरतेचें मोजमाप

ह्या प्रकाशाची प्रखरता मोजावयाची पद्धत तत्त्वतः अशी की, एक 'प्रमाणभूत' मॅग्नेसीयम पेडवून ती एक मीटर अंतरावर ठेवावयाची आणि तिचा निकाश (फोटो) घ्यावयाचा, म्हणजे मग त्यांत जें चित्र उमटतें त्यांतल्या ज्योतीच्या तीव्रतेशीं 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 नवग्रहांचीं जीं देवळें बांधतात त्यांत सूर्याच्या मूर्तीच्या प्रत्येक हातांत एकेक कमळ असतें. तें बहुधा या किरीटाचेंच द्योतक चिन्ह म्हणून असावें. खग्रास सूर्यग्रहणामध्ये हा किरीट साध्या डोळ्यांनी

१. एक सूर्यबिंब आपल्या डोळ्यांशीं  $3^{\circ}$  चा कोन करतें.



देखील चांगला स्पष्ट दिसतो. त्याचा तळभाग आणि त्यांतून डोकावणारे तुरे हे रक्तवर्णी असतात. हाच रंग आपल्या सूर्यमूर्तीचा रंग म्हणून मानला आहे. तथापि शास्त्रीय दृष्टीने पाहिल्यास १९ व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत किरीटाकडे फारसे कोणाचे लक्ष गेले होते असे दिसत नाही. त्याच्या वावर्तीतले जुन्या ज्योतिर्वेत्त्यांचे मत पक्के झालेले नव्हते. कोणी म्हणत की किरीट आणि उद्रेक हे दोन्ही आविष्कार पृथ्वीच्या वातावरणांतच घडत असावेत. १८६० सालीं सेखी आणि दलारू या शास्त्रज्ञांनी खग्रास सूर्यग्रहणांत अनेक फोटो घेऊन असे दाखवून दिले की, ग्रहणाच्या वेळीं या दोन्ही आविष्कारांच्या अंगांवरून चंद्रबिंब जात असलेले निश्चित दिसते. किरीट आणि उद्रेक हे चंद्रबिंबाबरोबर हातमेळीने सरकत असलेले दिसत नाहीत. त्या अर्थी चंद्राचा आणि त्यांचा कांही संबंध नसावा. ते केवळ सूर्याच्याच वातावरणांतले आविष्कार असावेत.

### किरीटलेखी

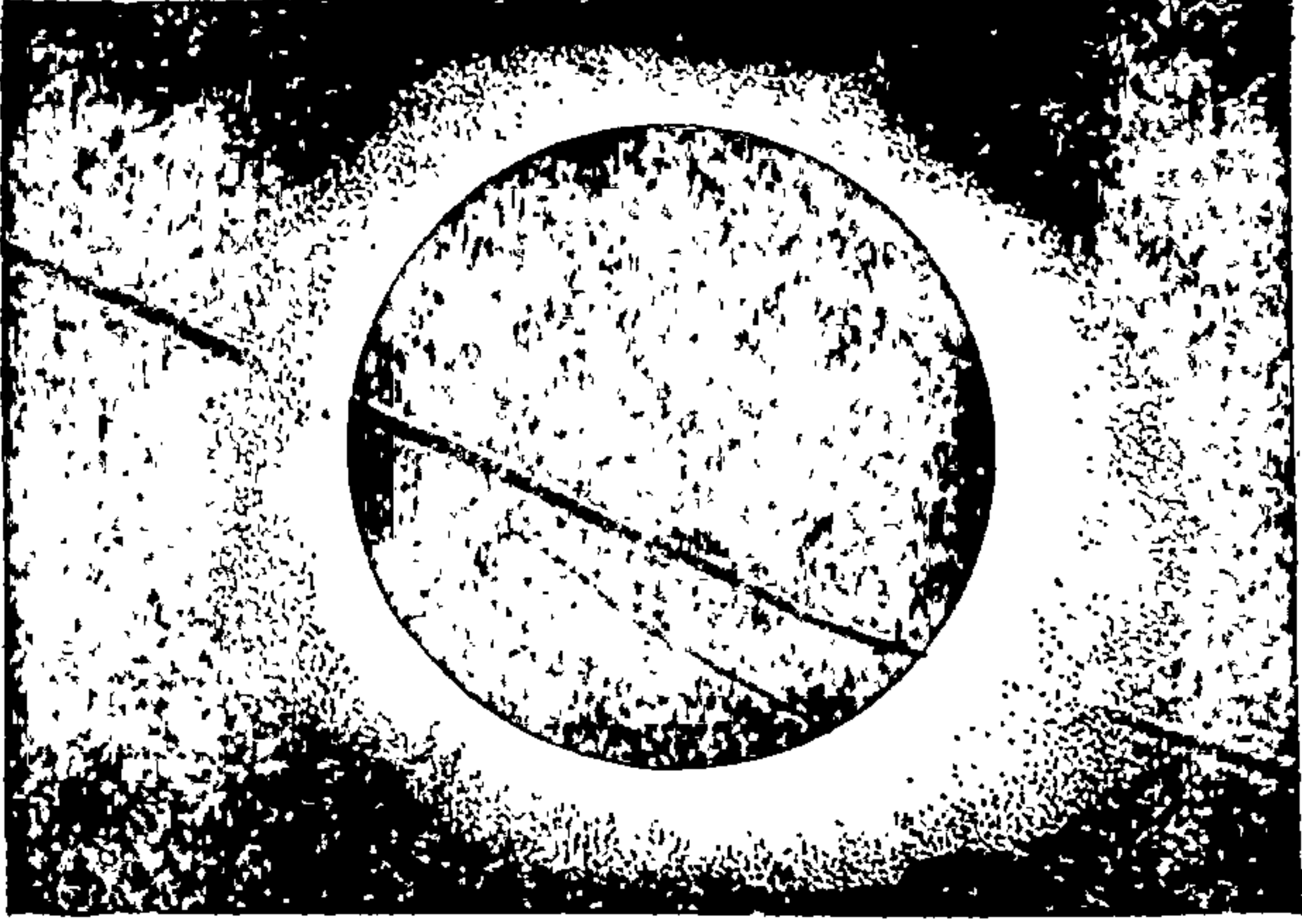
१९३२ सालीं पिरिनीज पर्वतावरील पिक दु मिदि वेधशाळेचा ज्योतिर्वेत्ता लायर याने 'किरीटलेखी' (कॉरोनोग्राफ) या नांवाचे एक साधन बनविले आहे. त्याच्या साहाय्याने आता ग्रहणांखेरीज इतर वेळीं देखील किरीटांचे चांगले निकाश (फोटो) घेता येऊ लागले आहेत. त्यामुळे किरीटांचा अभ्यास करणे आता अधिक सुगम झाले आहे.

### किरीटांचे प्रकार

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

१. याचे विवेचन पुढील प्रकरणांत पाहा.

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



आकृति १८ : सूर्यकिरीट

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

ध्रुवीय किरीट—यामध्ये ध्रुवांभोवतालच्या तुऱ्यांचा लोप झालेला असतो आणि पताकांचा विस्तार सर्व बाजूंनी सारखाच असतो. अशा आकृतींना 'डेलिया'च्या फुलांची उपमा देण्याचा प्रघात आहे. दि. २९-६-१९२७ च्या खग्रास ग्रहणांतला किरीट या प्रकारचा होता.

उभयान्वयी किरीट—यांमध्ये 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 ग्रहणांत हा प्रकार आढळला होता.

सूर्यबिंबाच्या दक्षिण गोलार्धांत आणि उत्तर गोलार्धांत कधी कधी डाग निर्माण होतात. ते उत्तर आणि दक्षिण अक्षांश  $३५^{\circ}$  च्या जवळपास



आकृति १९ : सूर्यावरील डाग

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



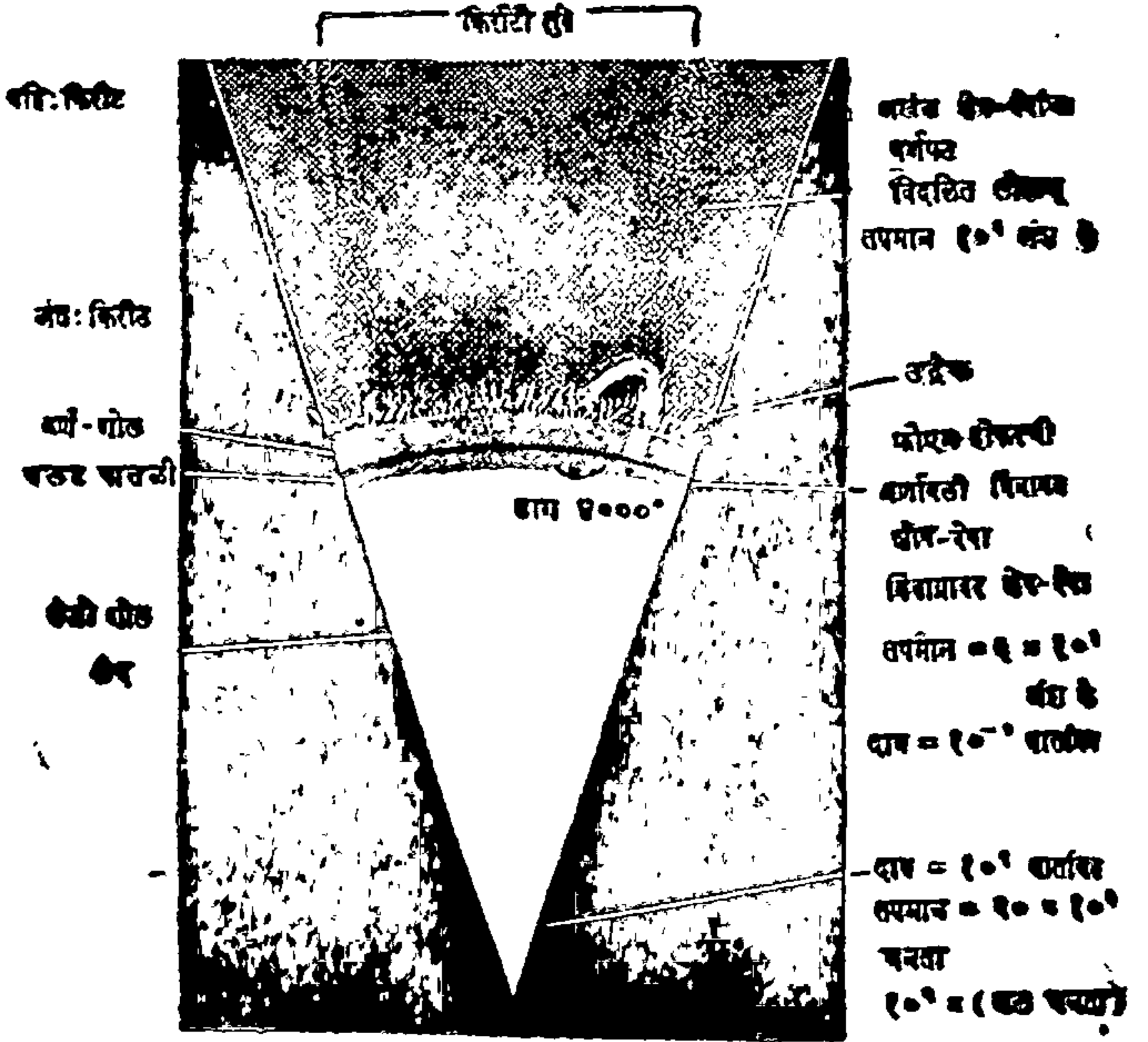
किमानतेपूर्वी एखाद-दुसरें वर्ष आधी, प्रकर्षाने दिसतात. तर ध्रुवीय किरीट हे डागांच्या महत्तेपूर्वी १-२ वर्षे दिसतात. आठवड्या-आठवड्यांनी पाहात गेल्यास असें दिसतें की, किरीटांच्या या पाकळ्यांत निरनिराळेपणा दिसत असतो. सापाने गिळलेला वेडूक जसजसा त्याच्या घशांतून खाली जावा आणि त्याच्याबरोबरच सापाच्या बाह्य शरीराची फुगावटहि बदलत जावी, तसाच प्रकार या डाग-किरीटांच्या बाबतींत आढळतो. बिंबावरचे डाग आणि उद्रेक हे जसजसे सूर्यबिंबावर दक्षिणेकडे किंवा उत्तरेकडे सरकत जातात तसतशी किरीटांची फुगावटहि बदलत जाते. कधी कधी किरीटाची एखादी पाकळी पृथ्वीलादेखील स्पर्श करून जाते. अशा वेळीं पृथ्वीवरच्या उच्च वातावरणांत मोठमोठाले उद्योत (ऑरोरा) दिसतात. कधी कर्पुकीय वादळेंहि निर्माण होतात.

### अंतःकिरीट व बहिःकिरीट

वर जे किरीटांचे तीन प्रकार सांगितले ते त्यांच्या निरनिराळ्या वेळच्या आकारांवरून झाले. याखेरीज सूर्यबिंबापासूनच्या अंतराच्या दृष्टीने किरीटांचा तळवा आणि माथा असे दोन भाग पडतात, त्यांनाच अनुक्रमें अंतःकिरीट आणि बहिःकिरीट असें म्हणतात. त्याची कांहीशी कल्पना आकृति ( २० ) वरून येईल. येथे सूर्याच्या बिंबापासून मध्यापर्यंत एक उभा छेद घेतला असून त्यावर डाग, उद्रेक, अंतःकिरीट बहिःकिरीट, इत्यादिकांचीं स्थाने दाखविलीं आहेत. अंतःकिरीटाची मर्यादा ही सूर्यबिंबापासून सुमारे १०'-१५' ची म्हणजे अर्ध्या सूर्यबिंबाएवढी असते.

आकृतीमध्ये जो अंतःकिरीटाच्या पायथ्याशीं असणारा 'गवताळ' भाग दाखविला आहे त्याच्याकडे जर आपण वरून पाहिलें, म्हणजे जमिनीवर उगवलेल्या गवताकडे विमानांतून 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, त्यांचीं गळवें बनतात. त्यामुळे सूर्याच्या कातडीला तिडिस



आकृति २० : सूर्याचा उभा छेद (प्रमाणबद्ध नव्हे)

[ एक वातांबर = पृथ्वीवरील वातावरणाचा दाब,  $१०^३ = १००$   
केल्विनतपमान = सें. - २७३°.]

लागते. मग तीं गळवें फुटतात तेव्हा त्यांच्यातून तेजाच्या चिळकांड्या उडतात. त्यांतलीच एक चिळकांडी 'उद्रेक' या नांवाने येथे दाखविली आहे. या गवताळ 'गळवांचा' आणि किरीटांचा कांही तरी संबंध असावा असें दिसतें.



किरीटाचा कांही प्रकाश हा लहानलहान वस्तुकणांवरून परावर्तन पावलेला सूर्यप्रकाशाच असतो, असें वर्णादर्शांतून केलेल्या अभ्यासावरून दिसते. ग्रहाग्रहांच्या मधल्या अंतराळांतून अत्यंत सूक्ष्म असा धूरधुरळा पसरलेला आहे तो अत्यंत विरळ आहे. असाच धुरळा सूर्याभोवतालच्या वातावरणांतहि असावा. त्यावरून हा प्रकाश पिस्कारला जात असावा आणि परावर्तनहि पावत असावा. पृथ्वीवरच्या प्रयोगशाळेंत केलेल्या कांही प्रयोगांवरून आणि गणिती अनुमानांवरून असें दिसते की कॅल्शियम्, निकेल व आर्गन यांचे अणु १० ते १५ वेळां विदलित केले असता त्यांना जी स्थिति लाभेल त्या स्थितींतले हे अणु सूर्याच्या बहिःकिरीटांत 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 विचारांत घेतां किरीट हें एक अद्याप पूर्णपणें न उलगडलेलें कोडेंच आहे असें म्हटलें पाहिजे.

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

उद्रेक म्हणजे काय ?

खग्रास सूर्यग्रहणांच्या 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. त्यांचा रंग तांबडा, गुलाबी, शेंदरी,

अवोलीसारखा किंवा यांतल्या एकादोघांच्या मिश्रणासारखा दिसतो. सूर्यग्रहणांखेरीज एरव्हीदेखील आता उद्रेक पाहण्याची सोय झाली आहे.

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

स्थूलमानाने असे म्हणतां येतें की, उद्रेक हे सूर्याच्या वातावरणांतले एक प्रकारचे 'दग'च असतात. अलीकडे त्यांची सिनेमा-फिल्म घेऊन त्यांचा अभ्यास झालेला आहे. पृथ्वीवरील दग हे हिमकणांचे किंवा जलबिंदूंचे असतात, ते सर्व तरंगायामांतला<sup>१</sup> सूर्यप्रकाश पिस्कारून टाकतात. त्यांतले जलकण वा हिमकण हे आकाराने मोठे असतात. उलटपक्षी सूर्यावरचे उद्रेक हे कढत व विरल वायूंचे असतात. त्यांचें तपमान १०-२० हजार अंश ( सें. ) असतें. ते अनेकवार विदलन पावलेल्या अणूंचे असतात. आभाळांतून उंचावरून खाली जमिनीवर पाऊस पडावा तसें उद्रेकांतलें तेजोवस्तु<sup>२</sup> सूर्याच्या पृष्ठभागाकडे धाव घेत असलेलें दिसतें. सूर्याच्या पृष्ठभागावरून आलेला प्रकाश ते प्राशन करतात आणि कांही विवक्षित तरंगायामांचा प्रकाशच काय तो ते स्वतः बाहेर फेकतात. हल्ली मोठमोठ्या दुकानांत असणाऱ्या प्रकाश-नलिकांप्रमाणे किंवा मोठ्या शहरांतील रस्त्यांवर जागोजाग लावलेल्या 'मर्क्युरी' दिव्याप्रमाणे त्यांचा प्रकाश बहुधा एकवर्णी असतो. ते बहुधा हैड्रोजनचे आणि हेलियमचे असावेत असें दिसतें.

१. तरंग + आयाम. सर्व प्रकारचे तरंग त्यांच्या लांबीच्या (आयामाच्या) भाषेंत उल्लेखिले जातात.

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

### १. कलंकनिष्ठ उद्रेक

उद्रेकांची संख्या आणि सूर्यबिंबावरील त्यांचें स्थान यांच्या दृष्टीने त्यांचा संबंध सूर्यावरील डागांच्या एकादशवर्षीय पर्ययकालाशीं जोडतां येतो. डाग जेव्हा संख्येने कमीत कमी असतात त्याच्यानंतर एकदोन वर्षांनी उद्रेक हे सूर्याच्या उत्तर गोलार्धात सुमारे  $30^\circ$  अक्षांशावर जन्माला येतात. डाग जसजसे सूर्याच्या विषुववृत्ताकडे सरकत जातात तसतसे हे उद्रेकहि डागांच्या मागोमाग  $10^\circ$  चें अंतर ठेवून, सरकत जातात. त्यांची संख्या आणि त्यांचे आकार हे या टापूंतल्या डागांच्या विस्तारावर अवलंबून असतात.

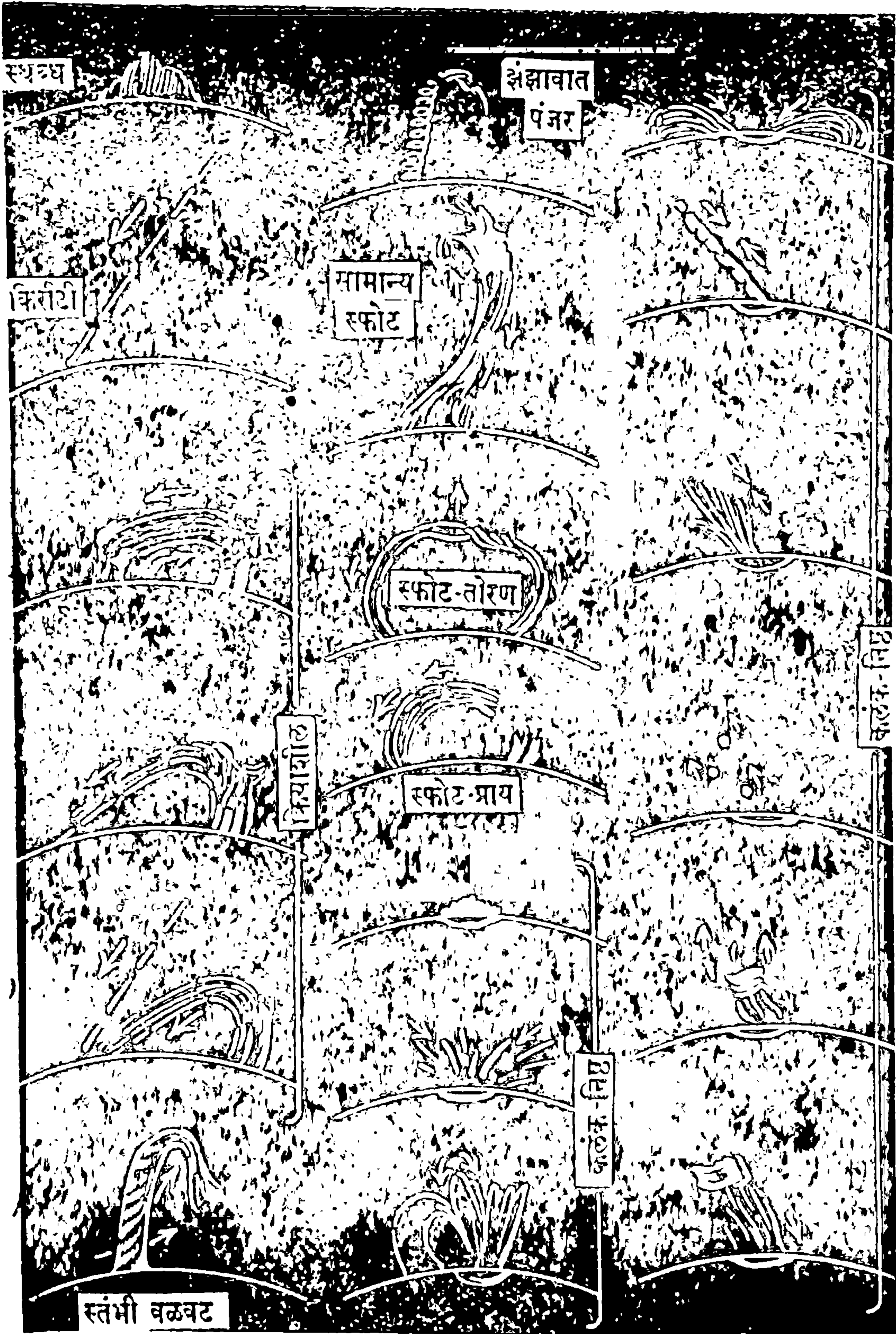
दुसरे कांही उद्रेक असे आढळतात की, ते डागांच्या किमानतेच्या सुमाराला सूर्यबिंबाच्या  $45^\circ$  अक्षांशावर सुरू होतात, आणि हळूहळू उत्तरेकडे  $65^\circ$  अक्षांशाकडे निघून जातात; तेथे ते डागांच्या महत्तेच्या सुमाराला जाऊन पोचतात.

या दोन्ही प्रकारांचा संबंध सूर्यावरील डागांशीं असतो, म्हणून त्यांना आपण कलंकनिष्ठ उद्रेक म्हणूं. ते जसे सूर्याच्या उत्तर गोलार्धात होतात तसेच ते दक्षिण गोलार्धातहि आढळतात. ते कधी कधी किरीटाबाहेर आलेल्या पताकांसारखे दिसतात. कांहींचीं वेटोळीं असतात. कांही कमानीसारखे असतात. कांही डागांच्या जवळपास तेजोवस्तूचे मोठे उत्तुंग तरंग उचंबळून येतात. ते बिंबाच्या कडेपासून १० कि. मी. उंचीपर्यंत उठतात, आणि मग हळूहळू खचत जातात.

### उद्रेकांचे इतर प्रकार

पेटिट नांवाच्या अभ्यासकाने शेकडो उद्रेकांचा अभ्यास करून त्यांची वर्गवारी केली आहे (आकृति २२ पाहा). तिच्यावरून उद्रेकांचे चार प्रकार मानतां येतात. त्यांतला 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 त्यांचा कल असतो. सूर्य स्वतःच्या अक्षाभोवती 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 तंतुवजा 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.

कांही डागांच्या दुतर्फा कधी कधी मंद मंद उद्रेकांचे वाफारे निघतात. त्यांतूनच कालांतराने तेथे स्तब्ध उद्रेक बनतात.

## ३. क्रियाशील उद्रेक

हे उंच, वडापिंपळाच्या झाडासारखे उभे असलेले दिसतात. गिरण्यांच्या धुराड्यांतून धूर निघावा त्याप्रमाणे यांच्या शिरोभागांतून तेजोद्रव्य निघत असते. तें थोडा वेळ आडव्या दिशेने जाते. मग तें एकदम सूर मारून पोहावयासाठी पाण्यांत उडी घेणाऱ्या माणसाप्रमाणे सूर्यविंवावरच्या एखाद्या विवक्षित स्थळाकडे धाव घेतें. 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 रेखामार्गावरून (तेजोमार्गावरून) भपकान्यामागोमाग भपकारे उठतात, वर वर जातात आणि तिरप्या मार्गाने खाली घरंगळत गेलेले दिसतात.

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

पुष्कळदा हे क्रियाशील उद्रेक विस्तृत कमानीसारखे दिसतात. अशा कमानी १८९३, १९२५ व १९२६ च्या खगोल ग्रहणांत दिसल्या होत्या. एकाच वेळीं अशा तीन-तीन, चार-चार कमानी एकमेकांशेजारीं असू शकतात. त्यांतली मोठी कमान सूर्यबिंबापासून ५'-६" पर्यंत उंच 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 भपकान्याची क्रिया चालू असते.<sup>१</sup>

#### ४. स्फोटशील उद्रेक

एखाद्या कोपिष्ठ ब्राह्मणाने गळ्यांतलें जानवें तोडून डोक्यांत राख घालून एकदम गृहत्याग करावा, त्याप्रमाणे कांही क्रियाशील उद्रेकांमध्ये सूर्यावरील तेजोद्रव्य हें तडकाफडकी सूर्याला सोडून देऊन अंतराळांत धाव घेतें. त्या वेळचा त्याचा वेग सेकंदाला ५० कि. मी. पासून ७२० कि. मी. पर्यंत असतो. हे झपाटदार, झंझावाती उद्रेक म्हणजे गिरगिरत उठणाऱ्या वायूंचे उभे स्तंभच असतात. त्यांतलें द्रव्य सूर्यबिंबापासून ८-१० लाख मैलांपर्यंत उडून मग तेथे तें विरून जातें किंवा माघारीं सूर्यावर येतें. सूर्यावरचें हें तेजोद्रव्य नेहमी तेथील गुरुत्वाकर्षण आणि तेजाचा दाब यांच्या कैचींत सापडलेलें असतें. त्याचा वेग जेव्हा सुमारे सेकंदागणिक ६२० कि. मी. होतो तेव्हा गुरुत्वाकर्षणाची पकड ढिली होते आणि तें सूर्याला सोडून जातें. त्यापेक्षा कमी वेगाचें द्रव्य पुन्हा माघारीं सूर्यावर जाऊन पडतें. कधी कधी हें द्रव्य उलटेंसुलटें भिरभिरत चाललेलें दिसतें.

१. १ कि. मी. = ०.६ मैल.

दोन-तीन इंची दुर्बिणींतून सूर्यबिंबाकडे पाहिलें तर तेथे जसे डाग दिसतात, तशाच अनुकूल परिस्थितींत लहान लहान दिवड्याहि दिसतात. पृथ्वीवर बाँब उडाला म्हणजे जसे हवेंत जोरदार तरंग निर्माण होऊन ते हवेंत सर्वत्र पसरतात, तसेच सूर्यावर देखील या दिवड्यांच्या 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.

एकंदरीत विचार केला तर सूर्यावर हे उद्रेक निर्माण व्हावयाला कारणीभूत होणारी निश्चित शक्ति कोणती, ते एवढ्या उंचीपर्यंत जातात कसे, तेथे ते टिकतात कसे, त्यांतल्या कित्येकांचे ढग बनतात कसे, कांही-जणांचेच तेवढें द्रव्य माघारी वळून कां येतें, तें विवक्षित स्थळींच कां येतें, पावसासारखें तें सर्वत्र विखरून कां पडत नाही या मुद्द्यांवर कांही फुटकळ मते कोणी मांडलीं असलीं तरी सर्वांना सुसूत्रपणें एकत्र गुफणारी विचारांची साखळी अद्याप तयार व्हावयाची आहे. हे मुद्दे अद्यापहि गूढ आहेत.



कोणत्या घटनेचा उपयोग कोणत्या कामीं करून घ्यावां हें केवळ माणसाच्या अंगच्या योजनाचातुर्यावरच अवलंबून असतें. सुप्रसिद्ध गणिती आइन्स्टाइन याने मांडिलेल्या सापेक्षतासिद्धान्ताचा अंशतः पडताळा घेण्याच्या कामीं खग्रास सूर्यग्रहणांचा उपयोग झालेला आहे; ही एक ऐतिहासिक घटना आहे. हा उपयोग कसा होऊं शकला हें पाहण्याजोगें आहे.

### सापेक्षता

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

### स्थल-काल

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

उभीं राहूं शकणारीं मानितों. पण अमळ विचार केला तर ध्यानांत येतें की, कालाचें मोजमाप करावयाला जेव्हा आपण सुरुवात करतो तेव्हा, अखेरपक्षी आपण स्थळास्थळांतलें अंतर मापावयासाठी वापरावयाची जी 'फूटपट्टी', तिच्याशींच येऊन ठेपतो. सावलीवरून वेळ ठरवावयाची असते तेव्हा आपल्याला सावलीची लांबी मोजीत राहावें लागतें. घटिका-पात्रावरून वेळ ठरवतांना त्या पात्रांत किती घनफूट पाणी शिरलें हें पाहावें लागतें. घड्याळावरून वेळ मोजतांना कांठ्याकांठ्यांतलें कोनात्मक अंतर पाहावें लागतें.

### सत्य म्हणजे काय ?

आपलें सर्वच ज्ञान हें मुळीं आपापल्या अनुभवावर किंवा आपल्या भोवताली घडत राहणाऱ्या 'घटनां'वर अवलंबून असतें. आपला एकेक 'अनुभव' म्हणजे आपापल्या मेंदूवर उमटलेला एकेक ठसा असतो. यांतले कांही ठसे अगदी थोड्या अवधींत उमटतात तर कांहींना दीर्घावधि लागतो. कांही 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 स्थळकालांच्या जाणिवेंतूनच 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 असतां. इतरत्र कोठे, चंद्रमंगळावर कोणी असल्यास त्यांची आपल्याला माहिती नाही. त्यांच्या अनुभवांचें ज्ञान आपल्याला नाही. म्हणून आपल्या सर्वांच्या, म्हणजे पृथ्वीवर असणाऱ्या अनुभोक्त्यांच्या (अनुभव घेणाऱ्यांच्या) ज्ञानाचा जो महत्तम साधारण विभाजक (म. सा. वि.) त्यालाच आपण शास्त्राच्या भाषेंत 'सत्य' असें म्हणतो. आपापलें वैयक्तिक अवलोकन किंवा 'वेध' हे जेव्हा या 'म. सा. वि.' च्या जवळपास येतात,

तेव्हा ते 'सत्य' आहेत, 'खरे' आहेत, असें आपण म्हणतो. त्याच्या-पासून ते वैयक्तिक वेध जितके अधिकाधिक दूर तितके ते अधिक चुकीचे.

### सापेक्ष सत्य

आइन्स्टाइनचें म्हणणें असें की, प्रत्येक द्रष्ट्याचें—म्हणजे पाहणाऱ्याचें किंवा अनुभव घेणाऱ्याचें—'सत्य' आणि त्या द्रष्ट्याने घेतलेलीं मोजमापें, हीं केवळ त्या त्या द्रष्ट्याच्या भोवतालच्या परिस्थितींतच काय तीं 'सत्य' असतात. या दृष्टीने विचार केल्यास पृथ्वीवरील माणसाने ठरविलेलें 'सत्य' आणि शुक्र, मंगळ, चित्रा नक्षत्राचा तारा, विशाखा इत्यादि ग्रहनक्षत्रां-वरील माणसांनी ठरविलेलीं 'सत्यें' हीं निरनिराळीं असूं शकतील. निसर्गांतला आपला स्थलकाल हा नेहमी चतुर्मितियुक्त (चार मापांनी युक्त) असतो. डावा-उजवा, मागे-पुढे, वर-खाली, आधी-नंतर, या शब्दांच्या जोड्या आपण वापरतो त्यांवरूनच ध्यानांत येईल की, आपण सर्वजण चतुर्मित स्थलकालाशीं चांगलेच परिचित असतो. यांतलीं जीं पहिलीं तीन मानें त्यांनाच आपण लांबी, रुंदी आणि उंची यांचें 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 अवस्थांत असेल त्यांचा 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.<sup>१</sup> अशा या विश्वांत, पृथ्वीसारख्या एका ठिकाणी उभे राहून ऐझॅक न्यूटनला जे कांही दिसले त्यावरून त्याने संकृष्टी (गुरुत्वाकर्षण) चा सिद्धान्त मांडला. पण त्या सिद्धान्ताने सुचविलेले जे आकर्षणाचे कार्य, ते कसे घडते? ते प्रकाशाच्या वेगाने घडते की क्षणमात्रांत अनंत वेगाने घडते? हे त्याने सांगितले नाही. प्रकाशाच्या बाबतींतहि न्यूटनने असे मांडिले की, तो 'कण' रूपाने धावतो. त्यानंतर हायगेन्स वगैरेनी दाखवून दिले की, तो तरंगरूपाने जात असला पाहिजे. मॅक्सवेलने दाखवून दिले की, विद्युत्कर्षुकीय क्षोभ (चुंबकीय वादळे) देखील प्रकाशाच्या वेगाने जातात. इतकेच काय, पण त्या दोघांची जातकुळी एकच आहे. क्ष-किरण, फोटोग्राफिक प्रकाश, दृष्टिगम्य प्रकाश, उष्णता, रेडिओतरंग हे एकाच जातीचे आविष्कार आहेत. ते सर्व तरंगरूप आहेत. त्या प्रत्येकाच्या तरंगांचे आयाम (लाटांची लांबी) निरनिराळे आहेत एवढेच. बाजाच्या पेटींतल्या सुरांचीं जशीं निरनिराळीं सप्तके असतात, तसाच कांहीसा प्रकार क्ष-किरण, प्रकाश, उष्णता, इत्यादिकांचा असतो.

१. आइन्स्टाइनने जे विश्व कल्पिले आहे ते केवळ अशा एकेकट्या द्रष्ट्याचे विश्व नव्हे. त्याचा सापेक्षतावाद हा सर्व द्रष्ट्यांच्या अनुरोधाने पाहतो आणि सांगतो की, "निसर्गात स्थलकाल भिन्न मानणे कठीण आहे. निसर्गातल्या कोणत्याहि पदार्थाला आकृति नाही. सरळपणा आणि वाकडेपणा यांत फरक नाही. तेथे दोन रेषांमधला कोन मोजतां येत नाही." आइन्स्टाइनचे हे जे विश्व आहे ते आपल्या नेहमीच्या अनुभवांतले विश्व नव्हे. ते केवळ कल्पनेच्या क्षेत्रांतले आहे. नेहमीच्या व्यवहारांत ज्याला आपण काल म्हणतो ते याचे चौथे अंग नव्हे, काल  $\times \sqrt{-1}$  हे ते चौथे अंग आहे. त्यामुळे हे काल्पनिक विश्व गणिताच्या भाषेतच केवळ सांगतां येते.



संक्रष्टीचें स्वरूप

आता तर असेंहि आढळून आलें आहे की, प्रकाशासुद्धा वस्तुमान आहे. त्यालाहि दाब आहे. तो प्रयोगशाळेंत मोजतां येतो. सूर्याच्या किरीटामध्ये, धूमकेतूच्या शेपटींत, तसेंच कांही मोठ्या विस्तारलेल्या तान्यांवरहि या दाबाचें अस्तित्व जाणवतें. हें सर्व ध्यानांत घेऊन, सर्व विश्वाला लागू पडणारें असें एक 'वस्तुतेज'समीकरण आइन्स्टाइनने मांडलें.<sup>१</sup> हें समीकरण आणि आइन्स्टाइनचा सापेक्षता सिद्धान्त, या दोहोंवरून मानतां 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 उंच इमारतीवरून खाली जमिनीवर आपटल्यावरहि जिवंत राहिलेला एक माणूस कारणीभूत झाला, असा प्रवाद आहे. 'खाली पडतांना तुला काय वाटलें ?' असा प्रश्न विचारून तदनुरोधाने आइन्स्टाइनने त्याच्याशीं कांही चर्चा केली. तेव्हा त्याला असें आढळलें की, खाली पडण्याची क्रिया चालू असतांना 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 असें :

ते = व . प्र<sup>२</sup>

ते = तेज ( अर्गज् मध्ये )

व = वस्तुमान ( ग्राम्समध्ये )

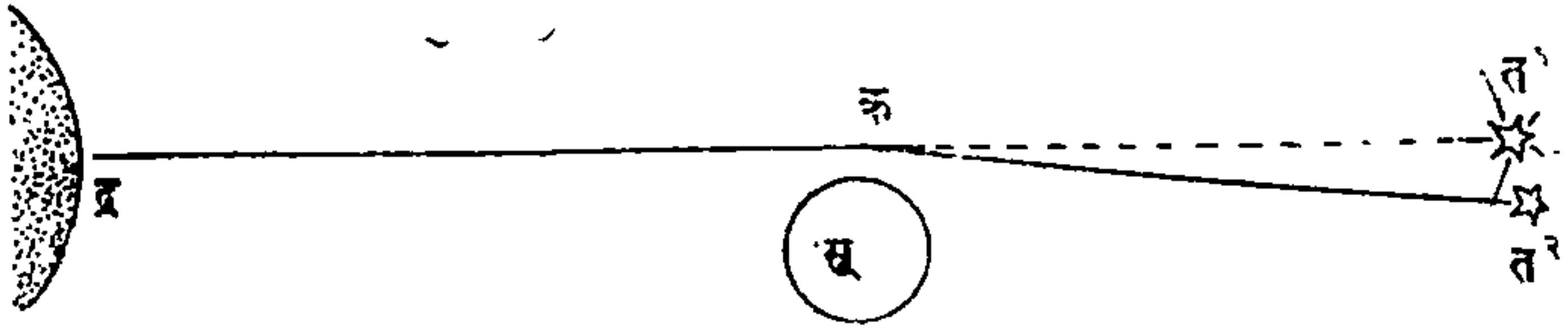
प्र = प्रकाशाचा वेग;  $3 \times 10^{10}$  सेंटिमीटर, प्रत्येक सेकंदास.

आइन्स्टाइनने 'जिओडेसिक' मार्ग असें नांव दिलें. कोणत्याहि वस्तुकणाची जी विश्वरेषा म्हणजे चतुर्मित विश्वांतल्या त्याच्या क्षणोक्षणीच्या सर्व स्थितींना जोडणारी जी रेषा, तिच्या सान्निध्यांत दुसरा एखादा पदार्थ येईपर्यंत ही रेषा अविचलितच राहते. ती जेव्हा अशा पदार्थाच्या सान्निध्यांत येते, तेव्हा ती थोडी त्याच्याकडे वाकते. असें जेव्हा घडतें तेव्हाच आपण म्हणतो की, या दुसऱ्या पदार्थाच्या आकर्षणक्षेत्रांत किंवा आकर्षणाच्या कक्षेत पहिला पदार्थ आला. ही विचारसरणी मान्य केली म्हणजे मग संकृष्टि (गुरुत्वाकर्षण) हें इतर कोणत्याहि प्रकारच्या 'प्रेरणांहून' किंवा 'खेची'हून कोणत्याहि प्रकारें भिन्न आहे असें मानण्याची गरज राहात नाही. अशा रीतीने, आइन्स्टाइनच्या मतानुसार संकृष्टि (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 वाकेल. इतर पदार्थांप्रमाणेच प्रकाशालाहि वस्तुमान आहे असें मानलें म्हणजे मग न्यूटनच्या नियमानुसार जें या मोठ्या पदार्थाचें आकर्षण या प्रकाशावर घडावयाचें, त्या आकर्षणाच्या खेचीइतकाच हा वाक येईल. याला आपण संकृष्टीचा (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, कोणत्याही ताऱ्याचा किरण जेव्हा सूर्याला घसटून जातो तेव्हा या किरणाचे 'च्यवन' हे १.७५" असावयाला पाहिजे. तें तसें प्रत्यक्ष मोजमापांनी सिद्ध करतां आलें तर आइन्स्टाइनच्या विचारसरणींतला एवढा हा धागा सिद्ध झाला असें म्हणतां येईल.



आकृति २३ : सूर्याजवळ घडणारा तारका-प्रकाशाचा वांक

'द्र' येथील द्रष्ट्याला त<sup>१</sup> येथील तारा त<sup>२</sup> येथे दिसतो. सूर्य तेथे नसता तर तारा द्र त<sup>१</sup> या दिशेला दिसला असता.

आता, ताऱ्याचा किरण म्हणून जो म्हटला, तो झाला तरी सूर्याजवळून आपल्याकडे येत असतांना त्याचा अलगपणा कसा ओळखून काढावयाचा? सूर्य उभवतांच त्याच्या प्रकाशाच्या झगझगाटांत सबंध आकाशांतले तारे लोपून जातात. पूर्वेकडे सूर्य उगवला की पश्चिमेकडेचे तारे देखील दिसेनासे 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 ताऱ्यांच्या जवळ आलेला दिसतो. वरीलसारख्या वेधांसाठी ठळक ठळक तारे निवडणेंच विशेष सोईचें असतें. म्हणून २९ मे १९१९ च्या

खग्रास सूर्यग्रहणाचे आणि सूर्याभोवतालच्या ताऱ्यांचे अनेक फोटो घेण्यांत आले. तसेच ते, सूर्य तेथे नव्हता त्या वेळचे, म्हणजे नुसत्या तेथल्या ताऱ्यांचेहि घेतले गेले. त्यावरून असें दिसून आलें की, ग्रहणाच्या वेळचीं जवळपासच्या ताऱ्यांचीं स्थानें आणि इतर वेळचीं स्थानें यांच्यामध्ये जी सूक्ष्म तफावत दिसत होती ती सापेक्षतावादाला अपेक्षित असणाऱ्या च्यवनाच्या जवळपासच येत होती. यानंतरच्या कांही ग्रहणांतूनहि या गोष्टीचा पडताळा घेण्यांत आला. तथापि अद्यापहि कित्येक ज्योतिर्वेद्यांचें या पडताळ्यांमुळे समाधान झालेलें नाही. त्यांचें म्हणणें असें की, व्यक्तिदोष आणि साधनदोष यांच्यामुळे कोणत्याहि वेधांत येणारी जी चूक, तिच्याहून ही दळणूक फारशी भिन्न नाही. यासाठी आजच्याहून अधिक सूक्ष्मग्राही वेधसाधनें हवींत.

आइन्स्टाइनच्या विचारांची कसोटी आणखी एका रीतीने ज्योतिःशास्त्रांत घेतली गेली आहे. ती बुधाच्या कक्षेला अनुलक्षून आहे. तिचा विचार पुढील प्रकरणांत करूं.





## सूर्यकुल

सूर्यकुलांत एकंदर 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.<sup>१</sup>

## बुधाचें वैशिष्ट्य

या सर्व ग्रहांपैकी बुधाचें कांहीएक वैशिष्ट्य आहे. सर्व ग्रहांत तो सूर्याला अधिक जवळ (सुमारे ३ कोटि ६० लक्ष मैलांवर) आहे. त्याचा कक्षागत वेग, म्हणजे आपल्या मार्गाने जात राहण्याचा वेग, सर्वांत अधिक आहे. त्याचें वस्तुमान सर्वांत कमी — पृथ्वीच्या  $\frac{४}{१००}$  — आहे. प्लूटो आणि ईरॉस (हा एक लघुग्रह आहे) हे दोन वगळले, तर त्याचा सूर्याभोवतीचा मार्ग — यालाच 'कक्षा' म्हणतात — हा सर्वांत लांबोडका आहे. तसेंच या दोघांना वगळल्यास त्याच्या या मार्गाचा पृथ्वीच्या मार्गाशी असलेला कलही सर्वांत अधिक आहे. या दोन्ही गुणांमुळे, म्हणजे कक्षेचा लांबोडकेपणा आणि कल यांमुळे, दीर्घकालपर्यंत त्याने ज्योतिर्वेत्त्यांचें सूक्ष्म लक्ष आपल्याकडे वेधून घेतलेलें आहे.

१. त्यांतला एकटा युरेनस् हा अनुकूल परिस्थितींत साध्या डोळ्यांनी दिसू शकतो. उरलेल्या दोघांना दुर्बिणी लागतात.

### बुधाचीं कोष्टकें

इतर ग्रहांच्या गतींचीं जशीं कोष्टकें आता उपलब्ध आहेत, तशींच तीं बुधाचींहि आहेत. हीं बुधाचीं कोष्टकें प्रथम १६२७ सालीं जर्मन ज्योतिर्वेत्ता केप्लर याने बनविलीं. त्यानंतर तीं लव्हेरियर याने अधिक सूक्ष्म बनविलीं. तीं बनवितांना त्याने १८०१ ते १८४२ पर्यंतचे पॅरिस वेधशाळेंतून घेतलेले बुधाचे वेध उपयोगांत आणले. अर्थातच हे वेध केवळ पॅरिसच्या मध्यमंडळावरून<sup>१</sup> बुध जात असतांनाच्या वेळचे होते. १८३१ नंतरच्या काळांत जेव्हा सूर्यबिंबाला ओलांडून बुध गेला तेव्हाचेहि वेध त्याने विचारांत घेतले. या सर्वांवरून निष्कर्ष निघाला तो असा की, बुधकक्षेचा महाक्ष (आकृति २४ मध्ये 'अ आ') हा गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमानुसार जेवढा प्रतिवर्षी पुढे पुढे झुकत जावयाचा — 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 वेधांना अनुलक्षून बोलणें.

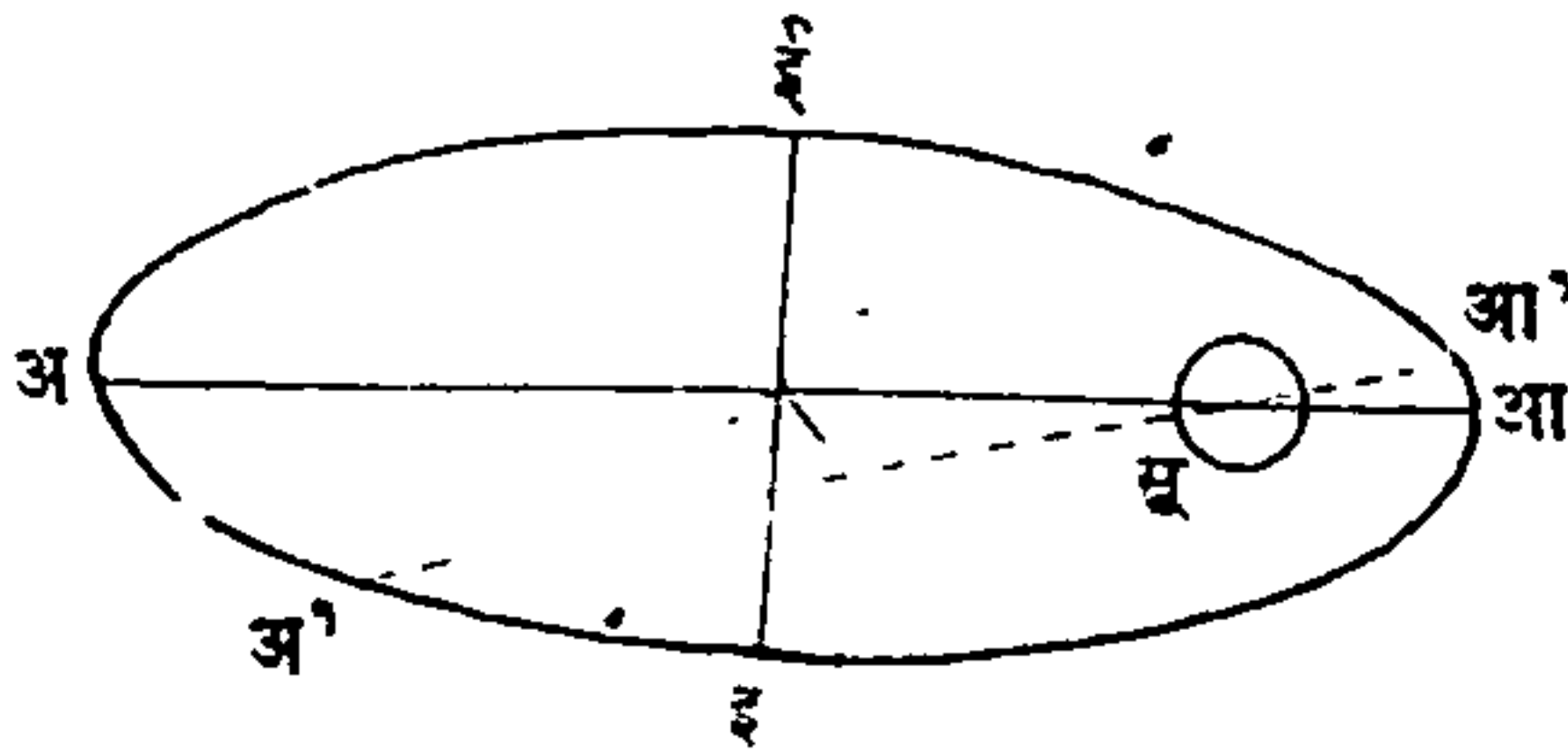
### अक्षाचा झुकाव

केप्लरने आणि न्यूटनने मिळून जे ग्रहांच्या गतिविषयींचे नियम बांधले त्यांचा 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 विचारांत घेतला

१. उत्तर ध्रुवतारा, ख-स्वस्तिकबिंदु ( पाहणाऱ्याच्या थेट डोक्यावरचा बिंदु ) आणि दक्षिण ध्रुव यांच्यामधून जाणारें, उभें, दक्षिणोत्तर वृत्त.

जातो तेव्हा जणू काय सूर्य आणि तो ग्रह एवढेच काय ते अस्तित्वांत 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 त्यांचें एकमेकांचें आकर्षण एकमेकांवरहि असतेंच. याचा संकलित 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 अंगें

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 ज्वलचा बिंदु आहे त्याची) गति, असेंहि म्हणण्याचा प्रघात आहे.

दर शंभर वर्षांगणिक  $४१.६'' \pm १.४''$  नी अधिक भरतो. यानंतर अमेरिकन नॉटिकल अल्मानाक कचेरीचा प्रमुख कीलेमेन्स याने १७६५ ते १९३७ पर्यंतचे बुधाचे सुमारे १०४०० वेध, तो मध्यमंडळांतून जात असतांनाचे, विचारांत घेतले. तसेंच १७९९ ते १९४० पर्यंतचीं बुधाचीं १७ अधिक्रमणें विचारांत 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  $४२.५६''$  अधिक पुढे झुकतो.

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

### नवीन अंतर्ग्रह

साहजिकच बुधाच्या वावतींतहि 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 सूर्याची 'अधिक्रमण' केलें, असें म्हणतात.



कारण घडलें. तें असें की, १८५९ सालीं लेस्करवॉल्ट नांवाचा एक इसम दुर्विणीतून सूर्याचे वेध घेत होता, तेव्हा त्याला सूर्यविंबावरून कांहीतरी एखादा काळा ठिपका, जात असलेला दिसलासा वाटला. त्यावरून शंका निर्माण झाली की, न जाणो, हा एखादा ग्रहहि असेल, की जो पूर्वी कधी आपल्याला माहीतहि नसेल ! असा एखादा ग्रह जर खरोखरीच अस्तित्वांत असेल तर तो कदाचित् सूर्याच्या झगझगाटांत नेहमीच लोपून राहणें शक्य आहे.

### अंतर्ग्रहाची शोधाशोध

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

असें एक खग्रास सूर्यग्रहण २९ जुलै १८७८ ला घडलें होतें. तें अमेरिका आणि कानडा या देशांतून दिसत होतें. त्याचा खग्रासाचा अवधि फक्त ३.२ मिनिटांचा होता. या ग्रहणाच्या प्रसंगी अनेक महत्त्वाचे वेध घेतले गेले, त्यांतलाच एक महत्त्वाचा भाग असा की, या प्रसंगी वॉटसन आणि स्विफ्ट या नांवाच्या दोघा अमेरिकन ज्योतिर्वेत्त्यांना ताऱ्यांसारख्याच भासणाऱ्या दोन नव्या ज्योति दिसल्या. म्हणून मग नक्षत्रपथांतल्या ज्या भागांत एव्हाना सूर्य होता त्या भागांतल्या ताऱ्यांचे नकाशे तपासून पाहिले; तेव्हा असें आढळून आलें की, या ज्योति आगंतुक होत्या. अर्थात्च हे सूर्य आणि बुध यांच्या दरम्यानचे ग्रह असावेत असें अनुमान निघालें.

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

झाला की, यानंतर सुमारे २५ वर्षांपर्यंतच्या प्रत्येक ग्रहणांत या ग्रहांची कसून शोधाशोध झाली. पण एकदा जें दर्शन दिलेंसं वाटलें, त्यानंतर त्यांनी 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 यांच्या 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 उपसूर्यबिंदूची जी चळणूक वर सांगितली तिची संगति कशी लावावयाची ?

या कार्मीं आइन्स्टाइनच्या सापेक्षतासिद्धान्ताचा आसरा घेतला जातो. या विचारसरणीनुसार ग्रहांची जी सूर्याभोवती फेरी होते ती सर्वस्वी विवृत्ताकृति मार्गाने होत नसून एखाद्या स्क्रूचे आटे जसे 'वलित' असतात तशी वळवटी मार्गाने होते. त्यामुळे या वळवटीचा महाक्षिप्र फिरत राहतो. या नियमानुसार या बिंदूची जी अधिक गति येते ती शतकागणिक  $४३.०३'' \pm ०.०३''$  भरते. अशा रीतीने ही संगति लावतां आल्यावर आता सूर्याच्या जवळपास आणखी कांही ग्रह असूं शकतील असें मानण्याची तात्त्विक गरज तूर्त उरलेली दिसत नाही. मात्र ही जशी बुधाच्या उपसूर्य-बिंदूला गति आहे, तशीच ती शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरु यांच्या बाबतींतहि आहे. तीहि गणिताने काढतां येते. त्यांतली निदान पृथ्वीच्या उपसूर्य-बिंदूची तरी गति सापेक्षतागतीहून थोडी निराळी येते.

पृथ्वीमुळे चंद्राला आणि चंद्रामुळे सूर्याला जीं ग्रहणें लागतात त्यांचा आणि त्यांच्यापासून मिळणाऱ्या ज्ञानाचा विचार आपण येथवरच्या प्रकरणांतून केला. अशींच ग्रहणें आकाशांतल्या इतर ज्योतींच्या बाबतींतहि घडत असलेलीं आढळतात, तीं आता थोडक्यांत पाहूं.

### पिधान

आपल्यापासून आपला चंद्र जितका दूर आहे त्याहून तारे कितीतरी पटींनी अधिक दूर आहेत. त्यांतले कित्येक थेट चंद्राच्या मार्गावर आहेत. त्यामुळे कधी कधी चंद्र त्यांना खेटून, थेट त्यांच्या अंगावरूनच जातोसा दिसतो. अशा रीतीने चंद्रामुळे या ताऱ्यांना ग्रहणेंच लागत असतात. चंद्राच्या कुशींत लपलेला एखादा तारा सुमारे १/२ तास अदृश्य राहतो आणि मग ताऱ्यांच्या मेळाव्यांतून पूर्वेपूर्वेकडे जात राहिलेल्या चंद्राच्या मागून बाहेर पडून पुन्हा पहिल्यासारखा दिसू लागतो. या तऱ्हेच्या तारकाग्रहणांना 'पिधान' असे म्हणतात. चंद्राप्रमाणेच मंगळशुक्रादि ग्रहहि ताऱ्यांचें 'पिधान' करूं शकतात. तसेंच ते ग्रह क्वचित् प्रसंगीं एकमेकांचेंहि पिधानहि करूं शकतात.

### अधिक्रमण

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

असलेला दिसतो. संबंध सूर्यचिंत्नाचा जो व्यास, त्याच्या १/१५० व्यासाचा हा ठिपका असतो. तो खरोखरी बुध असतो, आणि हें एक प्रकारें बुधाने सूर्याला लावलेलें ग्रहणच असतें. तथापि त्याला 'ग्रहण' असें नांव देण्याचा प्रघात नाही, त्याला बुधाचें 'अधिक्रमण' म्हणतात. असें एक 'अधिक्रमण' ७-११-१९६० ला घडावयाचें आहे. अशा प्रकारचीं बुधाचीं अनेक 'अधिक्रमणें' पाहिल्यावर आणि मोजमापें घेतल्यावर बुधाचें सूर्यापासूनचें अंतर मोजतां आलेलें आहे. तें कमींत कमी २.८६ कोटि, जास्तींत जास्त ४.३४ कोटि आणि सरासरी ३.६५ कोटि मैल भरलें आहे.

### दिवसाची वाढ

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

### शुक्राचें वातावरण

बुधाप्रमाणेच शुक्राचें देखील अधिक्रमण सूर्यावर होतें. शुक्राभोवती आपल्या पृथ्वीसारखेंच वातावरण असल्यामुळे शुक्र जेव्हा सूर्याच्या एका

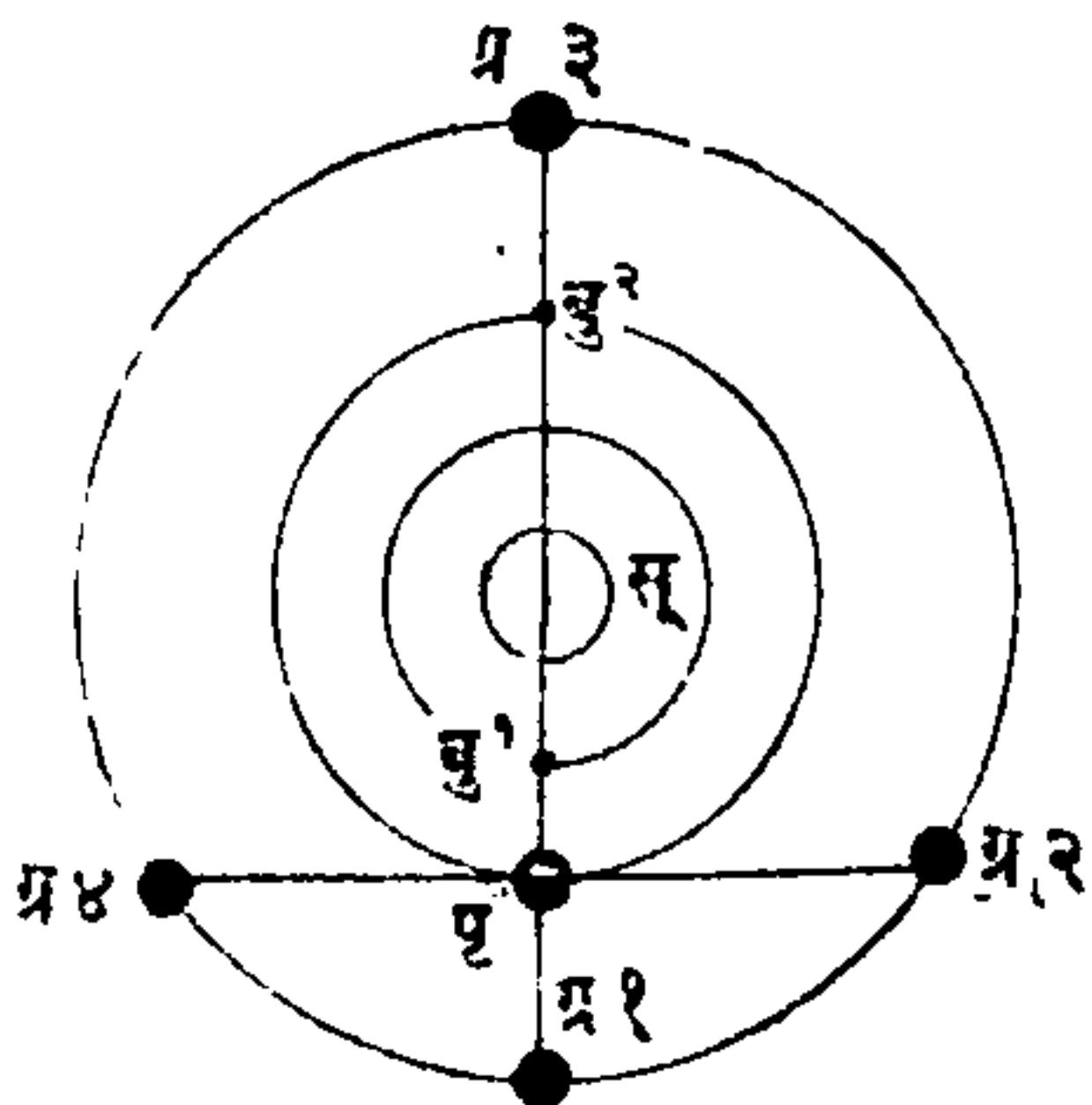


बाजूकडून त्याच्या अंगाखांद्यावर चढतो तेव्हा शुक्राभोवती एक झगझगीत पांढरें कडें दिसतें. शुक्रावर वातावरण असावें हें अनुमान प्रथम या कड्यावरूनच सुचलें. त्यानंतर शुक्राचे फोटो घेतले गेले, तेव्हा या कल्पनेला बळकटी आली.

### बुध-शुक्रांना ग्रहणें

बुध आणि शुक्र हे इसापनीतींतल्या सिंहाच्या अंगावरून खेळणाऱ्या उंदराच्या पिछ्छाप्रमाणे, सूर्याच्या अंगावरून जातात, तसेच ते सूर्याच्या मार्गे ज्युऊन त्याच्या झगझगाटांत लोपूनहि जातात. या दोन्ही वेळीं त्यांचा 'अस्त' झाला असें आपण म्हणतो. हे त्यांचे अस्त आपल्या पंचांगांत दिलेले असतात. अधिक्रमण हें जसें एक सूर्यग्रहण, तद्वतच या ठिकाणीं सूर्यामुळे त्यांना एक प्रकारचें 'ग्रहण'च लागतें; पण याला आपण ग्रहण म्हणत नाहीं. 'बुधशुक्रांची 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<sup>१</sup> येथे बुधाचें अधिक्रमण  
 बु<sup>२</sup> येथे बुधाचा अस्त, बहिर्युति  
 ग्र<sup>३</sup> येथे बहिर्ग्रहाचें निभांतर  
 ग्र<sup>१</sup> येथे बहिर्ग्रहाचें षड्भांतर  
 ग्र<sup>२</sup>, ग्र<sup>४</sup> येथे बहिर्ग्रहाचें त्रिभांतर

आकृति २५ : अंतर्ग्रह-बहिर्ग्रहांच्या युति

कधीच येऊं शकत नाहींत. अर्थातच आपल्या दृष्टीने त्यांचीं ग्रहणें किंवा

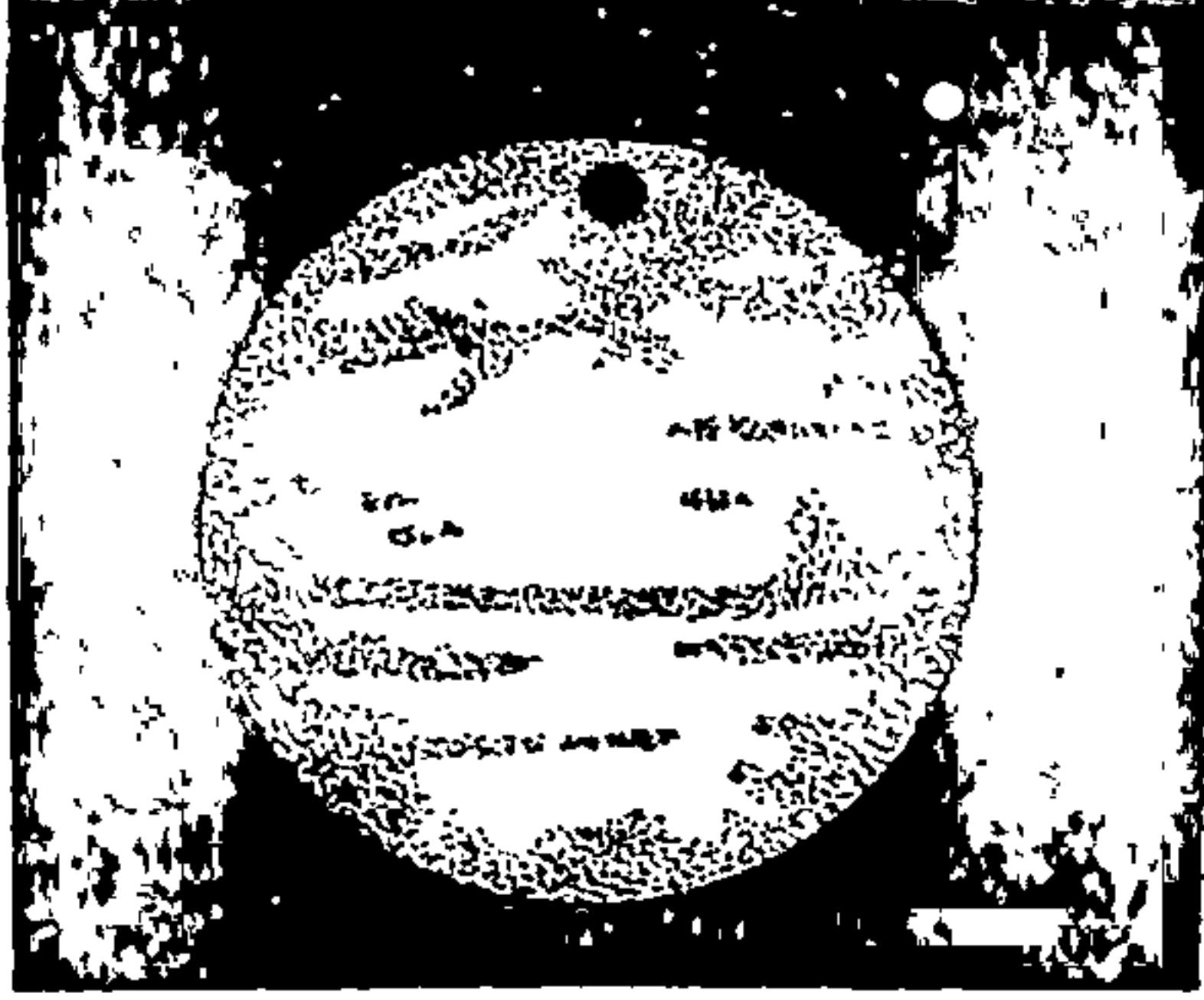
अधिक्रमणें सूर्यविंबासंबंधांत कधीच घडूं शकत नाहीत. फक्त ते सूर्याच्या मागे जाऊन त्याच्याशीं 'योग' पावूं शकतात. या घटनेला 'निभांतर'<sup>१</sup> म्हणतात. त्याला प्रत्यक्ष अवलोकनाच्या दृष्टीने महत्त्व नाही. चंद्राची जी अमा-वास्येची स्थिति, तीच येथे ग्रहाच्या बाबतींत आलेली असते. अशीच प्रत्येक ग्रहाची एक पृथ्वीसापेक्ष पौर्णिमेची स्थिति येते. तिला 'षड्भांतर' म्हणतात. त्या वेळीं ग्रह हा पृथ्वीला जवळ आलेला असल्यामुळे त्याच्या पृष्ठभागाचे व वातावरणादिकांचे वेध चांगले घेतां येतात. अर्थातच येथे पृथ्वीची सावली त्या त्या ग्रहापर्यंत पोचून ग्रहण लागण्याचा प्रश्नच येत नाही. कारण त्यांच्या अंतराच्या मानाने ही सावली अगदीच तोकडी पडते. पृथ्वी आड आल्यामुळे सूर्याला लागणारीं ग्रहणें मात्र क्वचित् प्रसंगीं त्या त्या ग्रहावरून दिसूं शकतील. तीं बहुधा अधिक्रमणाच्या स्वरूपाचींच असतील.

### ग्रहोपग्रहांचीं ग्रहणें

पृथ्वीला जसा एक चंद्र आहे तसेच इतर ग्रहांनाहि कांही उपग्रह आहेत. यांपैकी बुध आणि शुक्र यांना एकहि उपग्रह नाही. मंगळ २, गुरु १२, शनि ९, युरेनस ५ आणि नेपच्यून २ अशी एकंदर, उपग्रहांची संख्या आहे. प्लूटोचा एकहि उपग्रह अद्यापि आढळलेला नाही. किंबहुना प्लूटो हाच एके काळीं नेपच्यूनचा एक उपग्रह असावा अशी कल्पना आहे. या सर्व ग्रहांवरून सूर्यग्रहणें आणि उपग्रहांना ग्रहणें लागत असलीं पाहिजेत. या सर्व ग्रहणांचें तत्त्व आपल्या पृथ्वीवरून दिसणाऱ्या ग्रहणांचेंच आहे. निराळेपणा आहे तो फक्त संख्येचाच म्हणजे ग्रहणांच्या वर्दळीचाच, या प्रत्येक ग्रहाला त्याची त्याची म्हणून

१. भ = रास = ३०°. नि + भ + अंतर = शून्य आहे अंशात्मक अंतर ज्याचें (सूर्यापासून).

एकेक आयनिक पातळी आहे. तिला त्या त्या ग्रहाच्या उपग्रहांची 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 ग्रहोपग्रहांच्या गति निरनिराळ्या, अर्थातच त्या प्रमाणांत ग्रहणांची संख्या वाढलेली असणार, हें उघड आहे. सांगली, कोल्हापूर वगैरेसारख्या आगगाडीच्या उपशाखांच्या शेवटच्या ठिकाणांवर दिवसांतून कांही थोड्या वेळां गाड्या येतात व तेथून माघारी जातात. कल्याणसारख्या जंक्शनवर नागपूर-मेल, एक्स्प्रेस, पॅसेंजर, पुणे-रायचूर गाड्या, कलकत्ता-मेल, काशी-एक्स्प्रेस, पंजाब-मेल, अमृतसर-एक्स्प्रेस अशांसारख्या चारी दिशांनी येणाऱ्या जाणाऱ्या गाड्यांची वर्दळ सतत चालू असते. गुरूला १२ आणि शनीला ९ उपग्रह असल्यामुळे तेथे अशीच ग्रहणांची वर्दळ नेहमी चालू असली पाहिजे.

### गुरुवरील ग्रहणें

यांतल्या गुरुच्या ग्रहणांना ज्योतिःशास्त्राच्या इतिहासांत एक विशेष महत्त्व आलेलें आहे. आपला चंद्र जसा पृथ्वीव्या छायेत शिरतो आणि

त्याला ग्रहण लागतें; तसेच गुरुचे उपग्रहहि वारंवार गुरुच्या छायेत शिरतात त्या वेळीं ते कांही काळ दिसेनासे होतात. उलटपक्षीं या उपग्रहांची देखील छाया कधी कधी गुरुवर पडते (आकृति २६ पाहा.) पण ती इतकी आटोपशीर असते की, तिच्यामुळे गुरुला ग्रहण लागलें असें आपण म्हणत नाही. तरी देखील गुरुवर पडलेल्या या छायेत जर एखादा माणूस उभा राहिला तर त्याला किंचित्काल सूर्य अजिबात दिसणार नाही. म्हणजे आपल्या 'गुरु'बंधूच्या दृष्टीने हें खग्रास सूर्यग्रहणच झालें. खग्रासाप्रमाणेच त्याला खंडग्रहणहि दिसूं शकेल.

### प्रकाशाचा वेग

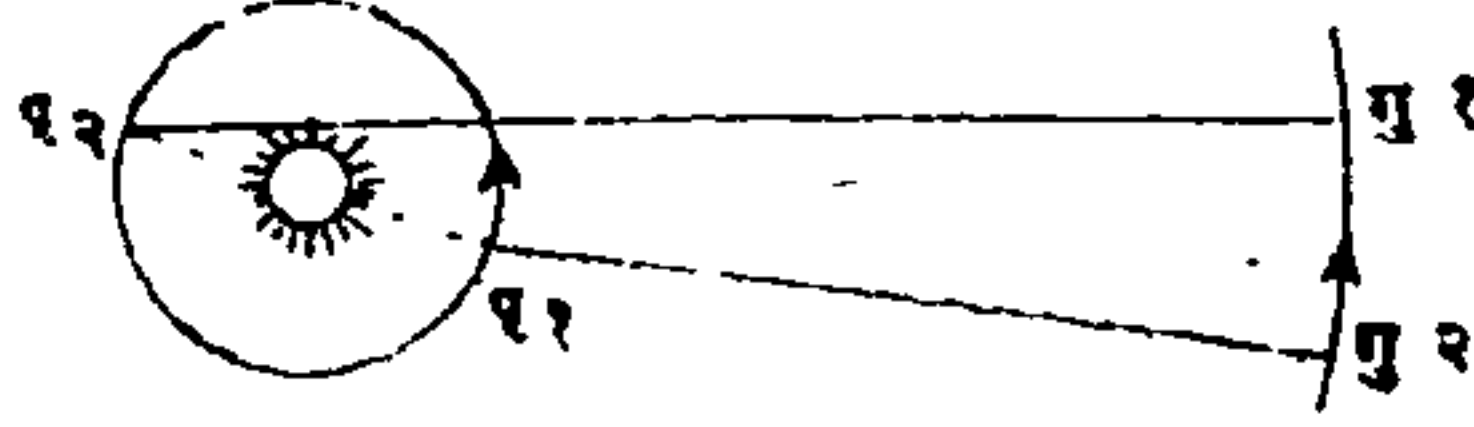
गुरुच्या १२ उपग्रहांपैकी ४ विशेष ठळक आहेत. ते १६०९-१० मध्ये मेयर आणि गॅलिलिओ या दोघांनी प्रथम पाहिले; पण ते गॅलिलिओच्या नांवानेच विशेष प्रसिद्ध आहेत. १६७५ सालीं रोमर या नांवाच्या एका तरुण डॅनिश शास्त्रज्ञाने गुरुच्या उपग्रहांना लागणाऱ्या ग्रहणांचा अभ्यास केला आणि या अभ्यासाचा निष्कर्ष म्हणून त्याने जाहीर केलें की, एका ठिकाणाहून निघालेला प्रकाश दुसऱ्या ठिकाणीं पोचण्याला अवधि लागतो. तो मोजतां येतो. त्यावरून प्रकाशाचा वेग काढतां येतो.

त्याने असें पाहिलें की, गुरुच्या उपग्रहांना जीं ग्रहणें लागावयाचीं त्यांची वेळ गणिताने अगोदर काढतां येते. आता समजा, आकृति २७ मध्ये पृ<sub>१</sub> येथें पृथ्वी असतांना गुरुच्या ४ उपग्रहांना एकामागोमाग एक ग्रहणें लागलीं, त्यांच्या दरम्यानचा अवधि मोजला, तर मग गुरुभोवती फेरी घालण्याचा या प्रत्येकाचा अवधि निश्चित असल्यास त्या प्रत्येकाच्या दोन दोन ग्रहणांमधला अवधि कायम राहावयाला हवा! पण पृथ्वी जेव्हा ६ महिन्यांनी पृ<sub>२</sub> येथे येते तेव्हा हेच अवधि निराळे येतात. गणिताने



## ग्रहणेंच ग्रहणें !

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



### आकृति २७ : गुरुग्रहणांवरून प्रकाशाचा वेग

गुरुवरून तिच्यापर्यंत प्रकाश यात्रयास जो अवधि लागतो, त्यापेक्षा सहा महिन्यांनी हाच प्रकाश यावयाला 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, पृ२ हे अंतर काटावे लागल्यामुळेच असावीं. हे 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 निश्चित केली गेली आहे.

### तान्यातान्यांचीं ग्रहणें

सूर्यकुलांतल्या ग्रहांना आणि उपग्रहांना जशीं ग्रहणें लागतात तशींच तीं कांही तान्यांनाहि 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 लागतें; तसेच गुरूचे उपग्रहहि वारंवार गुरूच्या छायेत शिरतात त्या वेळीं ते कांही काळ दिसेनासे होतात. उलटपक्षीं या उपग्रहांची 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'बंधूच्या दृष्टीने हें खग्रास सूर्यग्रहणच झालें. खग्रासाप्रमाणेच त्याला खंडग्रहणहि दिसू शकेल.

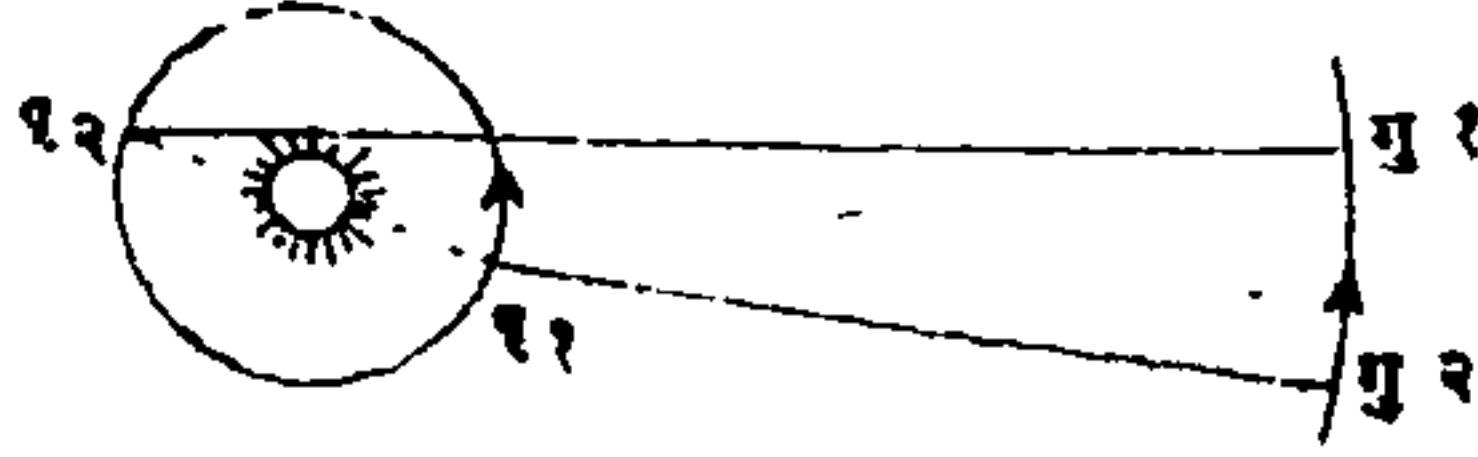
### प्रकाशाचा वेग

गुरूच्या १२ उपग्रहांपैकी ४ विशेष ठळक आहेत. ते १६०९-१० मध्ये मेयर आणि गॅलिलिओ या दोघांनी प्रथम पाहिले; पण ते गॅलिलिओच्या नांवानेच विशेष प्रसिद्ध आहेत. १६७५ सालीं रोमर या नांवाच्या एका तरुण डॅनिश शास्त्रज्ञाने गुरूच्या उपग्रहांना लागणाऱ्या ग्रहणांचा 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 काढतां येतो.

त्याने असें पाहिलें की, गुरूच्या उपग्रहांना जीं ग्रहणें लागावयाचीं त्यांची वेळ गणिताने अगोदर काढतां येते. आता समजा, आकृति २७ मध्ये पृ<sub>१</sub> येथें पृथ्वी असतांना गुरूच्या ४ उपग्रहांना एकामागोमाग एक ग्रहणें लागलीं, त्यांच्या दरम्यानचा अवधि मोजला, तर मग गुरूभोवती फेरी घालण्याचा या प्रत्येकाचा अवधि निश्चित असल्यास त्या प्रत्येकाच्या दोन दोन ग्रहणांमधला अवधि कायम राहावयाला हवा! पण पृथ्वी जेव्हा ६ महिन्यांनी पृ<sub>२</sub> येथे येते तेव्हा हेच अवधि निराळे येतात. गणिताने

## ग्रहणच ग्रहणें !

आलेल्या वेळेपेक्षा हीं ग्रहणें सुमारे २०-मिनिटांनीं अधिक लागलेलीं दिसतात. त्यावरून त्याने असें रास्त अनुमान काढलें की, पृ<sub>१</sub> येथे पृथ्वी असतांना



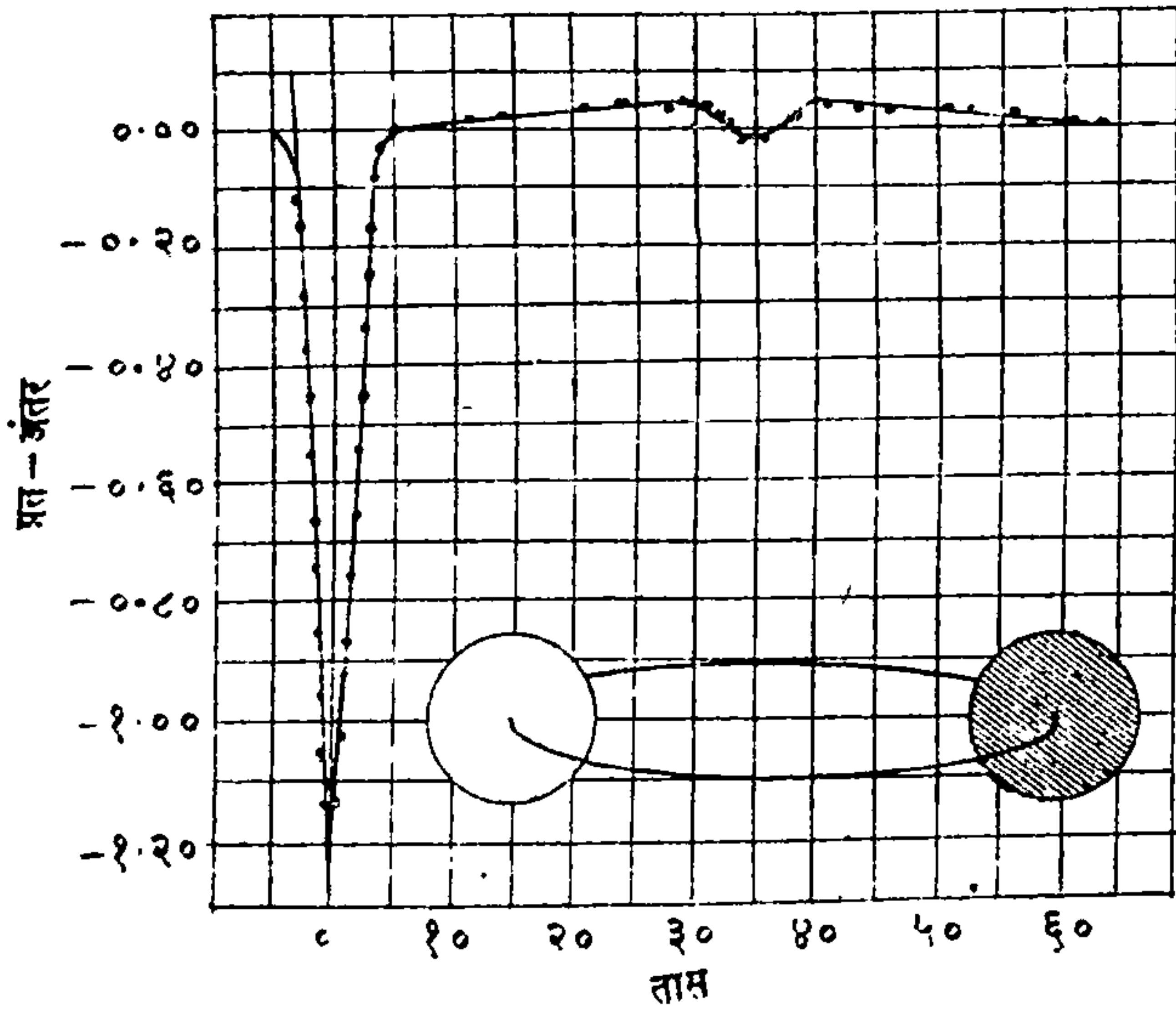
### आकृति २७ : गुरुग्रहणांवरून प्रकाशाचा वेग

गुरुवरून तिच्यापर्यंत प्रकाश यावयास जो अवधि लागतो, त्यापेक्षा सहा महिन्यांनी हाच प्रकाश यावयाला अधिक अवधि लागतो; त्या अर्थी या दोन अवधींतली जी तफावत येते ती केवळ, ६ महिन्यांच्या अवधींत पृथ्वी गुरूपासून दूर अंतरावर गेल्यामुळे येत असावी. याचाच अर्थ असा की, वर जीं २० मिनिटें अधिक लागलीं असें म्हटलें, तीं प्रकाशाला पृ<sub>१</sub>, पृ<sub>२</sub> 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 निश्चित केली गेली आहे.

### तान्यातान्यांचीं ग्रहणें

सूर्यकुलांतल्या ग्रहांना आणि उपग्रहांना जशीं ग्रहणें लागतात तशींच तीं कांही तान्यांनाहि 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

नाहीत. आकाशांतल्या अगणित तान्यांपैकी कांही तारे दोहोदोहोंच्या, तिना-चाराच्याहि गटाने राहणारे आहेत. या प्रत्येक गटाचा संयुक्त प्रकाश आपल्याकडे येतो. पण वर्णादर्श नांवाचें जें एक साधन आहे त्याच्या साहाय्याने त्या गटांतल्या प्रत्येक सभासदाचा प्रकाश अलग अलग करता येतो. यांतल्या कांही जोड्यांच्या बाबतींत असें आढळतें की, त्यांच्याकडून जो प्रकाश आपल्याकडे येतो त्यांत कांही ठराविक काळाने पुष्कळच घट येते आणि मग थोड्या वेळानें हा प्रकाश पुन्हा पहिल्यासारखा येतो. चंद्रसूर्याच्या ग्रहणांत असेंच घडत असतें हा



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

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



जेव्हा पृथ्वीच्या आणि दुसऱ्या तान्याच्या दरम्यान येऊन राहात असेल तेव्हाच त्यांच्याकडून येणाऱ्या प्रकाशांत घट पडत असावी, मंदाई येत असावी. वर्णादर्शातील अवलोकनांवरून या अनुमानाला बळकटी येते. या वर्गांतला एक ठळक तारा आपल्याला साध्या डोळ्यांनी पाहतां येतो त्याचें नांव 'अलगोल' असें आहे. हें नांव अरबी असून त्याचा अर्थ राक्षस असा आहे. एखाद्या राक्षसाने एकच डोळा मिचकवावा तसा हा तारा दिसतो. तो ययाति नांवाच्या नक्षत्रसंस्थानांत आहे. कृत्तिका, रोहिणी, मृग वगैरेंचा टापू जेव्हा आकाशांत 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 हें आकृति २८ मध्ये दाखविलें आहे. येथे पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याच्या दृष्टीने एका तान्याने दुसऱ्या तान्याला ग्रहणच 'लावलेलें' असतें ! असे हे 'ग्रहणाचे' नाना प्रकार आकाशांत पाहावयाला मिळतात.



शास्त्रीय दृष्टीने खग्रास सूर्यग्रहणांचा अभ्यास करावयाला लागल्या-पासून माणसाच्या ज्ञानाचा पल्ला कसा वाढला, आणि त्यांतून आता गेल्या ५०-६० वर्षांच्या अवधीत नवे प्रश्न कसे निर्माण झाले याचा आढावा येथे, समारोपादाखल, थोडक्यांत घेणें उपयुक्त होईल. "

### १. अणुविज्ञानवाढ

सुमारे १२५ वर्षांपूर्वी खग्रास ग्रहणांच्या अवलोकनाला प्रथम सुरुवात झाली. तेव्हापासून प्रभावी दुर्बिणी, वर्णादर्श आणि कॅमेरा यांचा उपयोग केल्यामुळे सूर्याच्या बहिरंगाविषयी, विशेषतः त्याच्या वातावरणाविषयी अधिकाधिक माहिती मिळत गेली. वास्तवशास्त्राच्या दृष्टीने सूर्यावरील घडामोडींचा विचार करावयाला लागल्यावर पृथ्वीवरील पदार्थमात्राच्या अणूंच्या अंतरंगांतली जी रचना आढळते तिच्या भाषेत या घडामोडींकडे पाहिलें जाऊं लागलें. असें करतांना सर्वांत साधा जो हैडोजनचा अणु, त्याच्या वर्णावलीची संगति दाखवून देण्याची जबाबदारी शास्त्रज्ञांवर आली. ती मेघनाद सहा, डॉ. चंद्रशेखर इत्यादिकांनी उचलली आणि सूर्यावरील वातावरणासंबंधाने कांही कल्पना मांडल्या. त्यामुळे, वर्णपटांत उमटणाऱ्या एकवर्ण रेषेंतल्या तेजाची तीव्रता ठरवावी लागली. हें सर्व कार्य सूर्यग्रहणांतल्या वेधांच्या प्रसंगानेच घडलें, आणि त्यांतून अणुविज्ञानाची शाखा फोफावली.

### २. नैसर्गिक प्रयोगशाळा

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

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

### ३. पृथ्वीच्या वातावरणांतील घडामोडी

सूर्यावरील प्रभावी डाग, उद्रेक वगैरेंच्या प्रसंगीं तेथून पृथ्वीकडे जें तेज येतें, त्याच्यामुळे पृथ्वीच्या वातावरणांतील बाहेरच्या थरांमधल्या अणूंचें विदलन होतें; म्हणजे जबरदस्त तडाख्यांनी ते फोडले जातात. त्या निमित्ताने आपल्या वातावरणांत अनेक घडामोडी होतात. त्यांचा अभ्यास करावयाला खग्रास सूर्यग्रहणें विशेष उपयोगी पडलीं. कारण चंद्र जसजस सूर्यबिंबाला झाकीत जातो आणि पृथ्वीकडे येणारें सूर्याचें तेज घटवीत जातो, तसतसे पृथ्वीच्या वातावरणांत कोणते परिणाम घडतात हें पाहतां येऊं लागलें. या कार्मीं रेडियोच्या खडखडाटाचा उपयोग झाला.

### ४. पृथ्वीची आकृति

स्थूलमानाने आपली पृथ्वी गोलाकृति आहे असें आपण म्हणतो. अनेक कारणांनी अशी शंका आलेली आहे की, पृथ्वीचें विषुववृत्तदेखील एका वाजूला अमळ फुगीर आहे. तिच्या निवारणासाठी सूर्यग्रहणाच्या वेळचे जे चतुःस्पर्शाचे क्षण त्या वेळीं निरनिराळ्या ठिकाणांहून ग्रहणांची फिल्म घेऊन त्या त्या वेधस्थळाचे भूकेन्द्रीय अक्षांशरेखांश गणिताने काढले गेले आहेत.

### ५. चंद्राचा पृष्ठभाग

याच तऱ्हेच्या वेधांनी चंद्राच्या पृष्ठभागाचा सखल उतार अजमावला गेला आहे.

### ६. रेडिओ ज्योतिष्यक

आपण नेहमी जे रेडिओ वापरतो, त्यांच्यामध्ये खडखडाट निर्माण करणारे कांही तरंग सूर्याच्या किरीटामधून आणि डागांमधून येतात. या रेडिओ-तरंगांचा अभ्यास आणि त्यावरून निघणारी अनुमाने हा आता ज्योतिःशास्त्राचा स्वतंत्र अभ्यास-विभागच झाला आहे.

### ७. पृथ्वीबाहेरून अभ्यास

आतापर्यंत सूर्याचे वेध घेतले जात ते जमिनीवरून असत. त्यामुळे जे तेज आपल्याला अभ्यासावयाला मिळें तें वातावरणांत थोडेंफार शोषलें गेलेलें असे. हा वातावरणाचा परिणाम टाळावयाचा झाला तर वातावरणाच्या बाहेर गेलें पाहिजे. ९ जुलै १९४५ च्या ग्रहणांत 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 राहतें. त्यांत हीं अभ्यासार्चीं साधनें 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 ठरलेला आहे. कांही काळ आपण त्यांतलें पाणी केवळ कुडच्याकुडच्याने काढीत होतो. आता तें पोहऱ्यांनी काढलें जाऊं लागलें आहे. भोवतालच्या कांही क्षेत्रांत त्याचें शिंपण घडलें, तेव्हा तेथलीं पिकें चांगलीं तरारून आलेलीं आढळलीं. कष्ट करणाऱ्याला येथे अन्नपाण्याला तोय नाही अशी तूर्त तरी या क्षेत्रांतली स्थिति आहे.



## परिशिष्ट १

### चालू शतकांतील आगामी खग्रास सूर्यग्रहणे

तारीख	कुल क्र.	पात	खग्रास अवधि मि.	ग्रहणप्रांत
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	आर्क्टिक 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	नैऋत्य ऑस्ट्रेलिया, हिंदी महासागर
२३-१०-१९७६	७	रा	४९	आफ्रिका, ऑस्ट्रेलिया, हिंदी व पासिफिक महासागर
१२-१०-१९७७	८	रा	२८	बेनेझुएला, 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.	पात	खग्रास अवधि मि.	ग्रहणप्रांत
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 बेटें, 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 कांही अंक

सांवासिक मास	२९.५३०५८८ दि.
नाक्षत्र ,,	२७.३२१६६१ दि.
नैदिष्ठिक ,,	२७.५५४५५० दि.
ग्राहणिक ,,	२७.२१२२२० दि.
सांपातिक 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.

चंद्राचें अंतर, कमींत कमी (चं. म. ते पृ. मध्य) २,२१,६००,  
पृथ्वीपृष्ठापासून २,१७,६५० मैल.

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

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

भूपृष्ठाजवळ छायाशंकूची रुंदी १६७ मैल, सरासरी रुंदी १०० मैल.

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

त्या वेळीं शंक्वांगाचें अंतर भूपृष्ठापासून २०,८८० मैल, यावेळीं  
कंकणाकृति ग्रहण.

ऋणच्छाया शंकु व्यास कमाल २३० मैल.

## परिशिष्ट ३

### पारिभाषिक संज्ञा व व्याख्या

**अधिक्रमण = (Transit)** बुध आणि शुक्र हे पृथ्वीचे अन्तर्ग्रह ज्या वेळीं सूर्यबिंबावरून जातांना दिसतात तेव्हा तो ग्रह सूर्याचे अधिक्रमण करतो असें म्हणतात.

**अमावास्या = ३० वी तिथि.** सूर्य व चंद्र यांमध्ये ३४८ अंशांचा फरक पडला कीं अमावास्या लागते व ३६० अंशांचा फरक पडला म्हणजे अमावास्या संपते.

**आन्तर्राष्ट्रीय तारिका रेषा = (International date-line)** पासिफिक (प्रशान्त) महासागरांत निश्चित केलेली एक काल्पनिक रेषा. या रेषेच्या पश्चिमेला नवीन तारिकेची (तारखेची) सुरुवात होते. ही रेषा बव्हंशीं १८०° रेखावृत्ताशीं जुळते.

**आयनिक पातळी = (Plane of the ecliptic)** पृथ्वीची सूर्याभोंवतीची भ्रमणपातळी. याच पातळींत सूर्य नक्षत्रचक्रांतून जात असलेला दिसतो. (आयनिक वृत्त पहा.)

**आयनिक वृत्त = (Ecliptic)** सूर्याचा नक्षत्रचक्रांतून जाण्याचा अन्वक्षीय मार्ग. वास्तविक आपली पृथ्वीच या आयनिक मार्गाने सूर्याभोंवती वर्षभरांत एक फेरी घालीत असते. अयन = जाणे, संचार करणे.

**ऋणच्छाया =** सूर्यासारख्या विस्तृत आकाराच्या प्रकाशमान पदार्थांमुळे चंद्रासारख्या लहान पदार्थाची जी प्रमुख छाया पडते ती शंक्वाकृति असते. हा खरा छायाशंकु वाढविला म्हणजे त्याचा प्रतियोगी असा जो काल्पनिक शंकु तयार होतो त्याला 'ऋणच्छाया' असें म्हणतात.

**कला = (Phases)** कोणत्याहि गोलाचा अर्धा भागच सूर्यप्रकाशामुळे प्रकाशित होत असतो. पृथ्वीभोंवती चंद्र भ्रमण करीत असतांना त्याचा



सर्व प्रकाशित भाग आपणास दिसतोच असें नाहीं. अमावास्येपासून चंद्रबिंबाचा दृश्य प्रकाशित भाग सारखा वाढत जातो व पौर्णिमेस चंद्र पूर्ण प्रकाशित दिसतो. या दिवसांत चंद्राची कला वाढत जाते असें म्हणतात. हा अवधि म्हणजेच शुक्ल पक्ष अथवा शुद्ध पक्ष. पौर्णिमेनंतर चंद्राचा दृश्य प्रकाशित भाग कमी होत जातो व चंद्राच्या कला कमी होत जातात. या अवधीस कृष्ण पक्ष असें म्हणतात. थोडक्यांत कला म्हणजे चंद्रबिंबाचा प्रकाशित भाग असें म्हणता येईल. दूरादर्शातून पाहिल्यास शुक्रालाहि कला असल्याचें दिसून येते.

**कक्षा = (Orbit)** ग्रहाचा सूर्याभोंवती अथवा एखाद्या उपग्रहाचा ग्रहाभोंवती 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 कल्पनेप्रमाणें एकाद्या पदार्थाचें तपमान, त्या पदार्थाच्या रेणूच्या सरासरी वेगाच्या वर्गविरुद्ध अवलंबून असते. ज्या वेळीं रेणूंची हालचाल मुळीच नसेल त्या वेळीं तपमान शून्य अंश केल्व्हिन आहे असें म्हणतात व तेथून शतकमी (centigrade) विभागांनी हें तपमान मोजतात. शतकमी शून्य अंशाचें हें 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 रेषांमधील जो कोन त्याला कोनीय व्यास म्हणतात.

**छाया = (Shadow)** प्रकाशमान पदार्थ बिन्दुवत् असला तर त्याच्यापुढें धरलेल्या अपारदर्शक पदार्थाची एकच प्रकारची सावली पडते. परंतु प्रकाशमान पदार्थ विस्तृत असेल तर सावलीमध्ये दोन छटा दिसतात. एक मध्यवर्ती दाट छाया (Umbra) जेथें प्रकाशमान पदार्थावरील

कोणत्याही विन्दूपासून प्रकाश पोचूच शकत नाही व ह्या छायेभोंवती असलेली अंधुक उपच्छाया वा परिच्छाया (Penumbra). परिच्छायेच्या जागी प्रकाशमान पदार्थाच्या कांही भागावरून निघणारा प्रकाशच पोचत असतो.

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

**ग्रहण = (Eclipse)**

**सूर्यग्रहण = (Solar eclipse)** चंद्र आड आल्यामुळे सूर्यदर्शन अंशतः वा पूर्णपणे न होऊं शकणें.

**खंडग्रहण = (Partial eclipse)**

**खग्रास ग्रहण = (Total eclipse)**

**कंकणाकृति ग्रहण = (Annular eclipse)** चंद्रानें सूर्यविम्ब वरोवर मधोमध झाकल्यामुळे कंकणाकृति सूर्य उघडा राहून झालेले ग्रहण.

**चंद्रग्रहण = (Lunar eclipse)** चंद्र हा परावर्तित प्रकाशामुळे आपणास दिसतो. पृथ्वी सूर्याभोंवती भ्रमण करीत असताना तिचा छायाशंकूहि तिच्या वरोवरच जात असतो. चंद्र या छायाशंकूमध्ये अंशतः अथवा पूर्णपणे शिरल्यामुळे तो अंशतः अथवा पूर्णपणे न दिसू शकणें यांस अनुक्रमें खंडग्रास अथवा खग्रास चंद्रग्रहण म्हणतात.

**ग्राहणिक वर्ष =** एकदा राहूपासून (किंवा केतूपासून) निघालेल्या सूर्याला पुनः राहूपर्यंत (किंवा केतूपर्यंत) येऊन ठेपण्यास ३४६.६ दिवस लागतात. या अवधीला ग्राहणिक वर्ष किंवा पातनिष्ठ (राहुकेतु यांच्या पातांशीं जखडलेले) वर्ष म्हणतात.

**तिथि =** राशिचक्रांत सूर्याची प्रतिदिनीं गति ५९ कला ८ विकला आहे. तशीच चंद्राची मध्यम गति ७९० कला ३५ विकला आहे. सूर्य आणि चंद्र आपल्या भ्रमणमार्गांत एकत्र आलेले दिसल्यानंतर पुढें एका

दिवसाने त्या दोघांमध्ये सुमारे ७३१ कला २७ विकला एवढे अंतर पडते. यापैकी १२ अंश (७२० कला) अंतर ज्यावेळीं पूर्ण होईल त्यावेळीं एक तिथि पूर्ण झाली. सूर्यचंद्रांमध्ये २४ अंशांचे अंतर पडले म्हणजे दोन तिथी पूर्ण होतात. अर्थात् हे अंतर आयनिक वृत्तावर मोजावयाचे.

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

दिनं दिनेशस्य हि दर्शने सति ।

दिन-रात्रि हे द्वंद्व आहे.

**दिवस = (Day)** दिन व रात्रि मिळून होणारा कालावधि.

**सौर दिवस = (Solar day)** सूर्य एकदा मध्यमंडलावर आल्यापासून तो पुनः मध्यमंडलावर येईपर्यंतचा जो काल तो सौर दिवस.

**नाक्षत्र दिवस = (Sidereal day)** कोणताहि तारा (सूर्येतर) एकदा मध्यमंडलावर आल्यापासून तो पुनः मध्यमंडलावर येईतो लागणारा काल.

**नक्षत्र =** नक्षत्र हा शब्द निरनिराळ्या अर्थानी वापरला जातो.

(१) “ न क्षरति तन्नक्षत्रम् ” म्हणजे जे दळत नाही ते नक्षत्र. कोणतीहि तारा. याउलट ग्रहांचे आहे. ग्रह तारकासमूहांत सारखे सरकलेले दिसतात.

(२) आकाशातील ठळक-ठळक तारे घेऊन त्यांच्या आकृती गुंफण्यात आल्या आहेत. त्यांना तारकासंस्थाने (Constellations) म्हणतात. सूर्य-चंद्राच्या मार्गावर अशीं १२ संस्थाने आहेत. यांचे २७ विभाग पाडण्यात आले आहेत कारण चंद्राला कोणत्याहि एका ताऱ्यापासून निघून पुन्हां त्याच ताऱ्याजवळ येण्यास सुमारे २७ $\frac{1}{3}$  दिवस लागतात. या २७ विभागांना नक्षत्रे

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

(३) सूर्य-चंद्रांच्या मार्गाचे २७ सम भाग केले म्हणजे प्रत्येक भागास विभागात्मक नक्षत्र म्हणण्याचीहि प्रथा आहे.

(४) वरीलप्रमाणेंच—परंतु संपूर्ण भ-गोलाच्या—२७ पाकळ्या पाडतां येतात. या प्रत्येक पाकळीस क्षेत्रात्मक नक्षत्र म्हणावें.

**नाक्षत्र वर्ष** = (Sidereal Year) सूर्य एका नक्षत्रांत आल्यापासून पुनः त्याच नक्षत्रीं येईपर्यंतचा काळ. नाक्षत्र वर्ष ३५५.२५३७४ दिवसांचें असतें.

**पिधान** = चंद्राने एखादी तारका झाकून टाकणें.

**पौर्णिमा** = (Full Moon) १५ वी तिथि. सूर्य-चंद्र यांमध्ये १६८ अंशांचें अन्तर पडलें म्हणजे पौर्णिमा लागते व तें अन्तर १८० अंशांचें झालें म्हणजे पौर्णिमा संपली असें म्हणतात.

**प्रकाशतरंग** = (Light waves) तरन् गच्छति तरंगः । आधुनिक परिकल्पनेप्रमाणें प्रकाश तरंगमय आहे. या तरंगांना वैकर्षुकीय तरंग म्हणजेच वैजिक कर्षुकीय तरंग (Electromagnetic waves) म्हणतात. या तरंगांचा वेग प्रतिसेकंदास सुमारे १ लक्ष ८६ हजार मैल असतो. प्रकाशतरंगांची वर्णावलि फार विस्तृत आहे. एका टोकाला संवह परिक्षेपणांत (Radio broad-casting) वापरतात ते शेकडो मीटर तरंगायामाचे (Wave length) तरंग आहेत तर दुसऱ्या टोकाला गामा-प्रारणाचे (gamma rays) अतिसूक्ष्म तरंगायाम असलेले तरंग आहेत. यांमध्ये क्ष-प्रारण, अतीन्द्र प्रारण, दृश्य प्रकाश, उपाखण प्रकाश असे क्रमाक्रमानें वाढणारे तरंगायाम आहेत.



**भगोल** = (Celestial Sphere) द्रष्ट्याला केंद्रस्थानीं कल्पून अनंत त्रिज्येचा काल्पनिक काढलेला गोल. आकाशातील सर्व नक्षत्रे जणू कांहीं या गोलाच्या आंतील पृष्ठभागावर बसविल्यासारखी दिसतात.

**भोग** = (Celestial Longitude) आयनिक वृत्तावर (ecliptic) मोजलेलें अंशात्मक अंतर. वसंतसंपात-बिंदूपासून मोजलें तर त्यास सायन भोग म्हणतात. एका सांकेतिक स्थिर बिंदूपासून मोजलें तर निरयण भोग-मान मिळते. भोग व शर ही एक. भगोलावरील निबंधनांची जोडी आहे.

**रात्र** = (Night) सूर्यास्तापासून सूर्योदयापर्यंतचा काल.

रात्रिस्तमो हन्तुरदर्शने सति ।

**राहू** = (Ascending lunar node) चंद्राची भ्रमणपातळी आयनिक पातळीशीं  $५\frac{१}{४}$  अंशांनीं कललेली आहे. त्यामुळे चंद्रमार्ग आयनिक पातळीला दोन बिंदूंमध्ये छेदून जातो. या बिंदूंना पात असें म्हणतात. चंद्रमार्ग आयनिक वृत्ताच्या उत्तरेच्या बाजूस ज्या पातांतून जातो तो 'राहू' व दक्षिणेच्या बाजूस ज्या पातांतून जातो तो 'केतू' (Descending lunar node).

**वर्णादर्श** = (Spectroscope) वर्णावलि दाखविण्याचें साधन [ वर्णावलि पहा ].

**वर्णावलि** = (Spectrum) कोणताहि प्रकाश काचेच्या लोलकांतून जाऊं दिल्यास, त्या प्रकाशातील घटकवर्ण पृथक्-पृथक् केले जातात. या सर्व वर्णांची पंक्ति, तिला वर्णावलि म्हणतात. सूर्यप्रकाशाची दृश्य वर्णावलि. तांबडा (अरुण), नारिंगी, पिवळा, हिरवा, अस्मानी, निळा, जांभळा या वर्णांची बनलेली असते. ताम्रवर्णाच्या पलीकडे वर्णावलि अदृश्य असते, तेथें उपाखण infra red प्रकाश असतो. तसेच जांभवापलीकडेहि वर्णावलि अदृश्य होते; तेथे अतिनील (ultra violet) प्रकाश असतो.

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

व खग्रास चंद्रग्रहणापूर्वी १२ तास वेधकाल सुरुं होतो असें मानतात. चंद्रग्रहण खण्डग्रासच असेल तर मात्र ग्रहणापूर्वी केवळ ९ तासच वेधकाल मानला जातो.

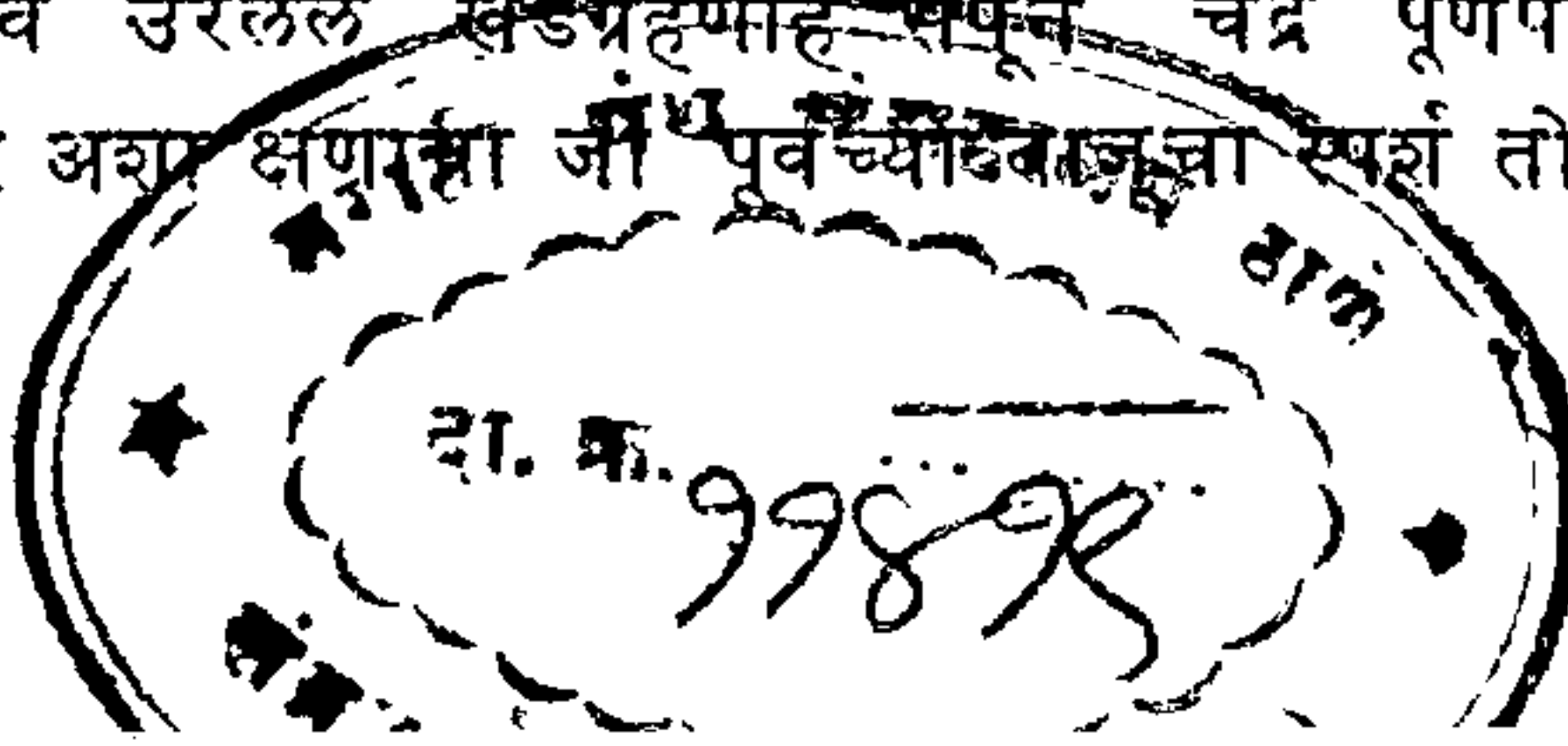
**शर** = (Celestial Latitude) आयनिक वृत्तापासून उत्तरेकडे वा दक्षिणेकडे मोजलेले अंशात्मक अंतर. [ भोग पहा. ]

**शंकु** = (Cone) एखाद्या सरळ रेषेचे एक टोक स्थिर ठेऊन दुसरें टोक वंदिस्त वक्ररेषेवरून (Closed curve) फिरविलें तर जी आकृति बनते तिचे नांव शंकु. विदूषकाची टोकदार टोपी ही शंकूच्या आकृतीचीच असते.

**सारसचक्र** = (Saros) ग्रहणांचें  $65\frac{1}{3}$  दिवसांचें, म्हणजे १८ वर्षे व ११.३ (अथवा १०.३) दिवसांचें एक चक्र असतें. याला सारसचक्र म्हणतात. एकदां सूर्यग्रहण किंवा चंद्रग्रहण झालें कीं  $65\frac{1}{3}$  दिवसांनी पुनः तसलेंच ग्रहण येतें. या कालावधींत ४ लीप वर्षे आलीं तर सारसचक्र १८ वर्षे व ११.३ दिवसांचें होतें; ५ लीप वर्षे आलीं तर १८ वर्षे व १०.३ दिवसांचें होतें.

**सूर्यकुल** = (Solar System) सूर्य व त्याच्या भोंवताली फिरणारे ग्रह, ग्रहांचे उपग्रह, तसेच कांही धूमकेतु, लघुग्रह या सर्वांना मिळून 'सूर्यकुल' असें नांव आहे.

**स्पर्श** = (Contact of limb) सूर्यग्रहणामध्ये चंद्रविंब ज्यावेळीं सूर्यविंबाला प्रथम पश्चिमेकडून भिडतें त्याला प्रथम स्पर्श म्हणतात. त्यानंतर चंद्रविंब जेव्हा सूर्याला संपूर्णपणें व्यापून सूर्याच्या पूर्वेकडेला वाहेरून स्पर्श करतें तेव्हा तो द्वितीय स्पर्श होतो. खग्रास ग्रहण सुटूं लागणार त्यावेळीं जो स्पर्श सूर्याच्या पश्चिम वाजूनें होतो त्याला तृतीय स्पर्श व उरलेले खंडग्रहणहि संपून चंद्र पूर्णपणें सूर्यविंबाला सोडून जाणार अशा क्षणाला जी पूर्वेकडेला स्पर्श तो 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 ग्रंथ

१. ज्योतिर्विलास : शं. बा. दीक्षित. प्रकाशक—रा. शं. 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. चंद्रात्रेय, त्र्यं. गो. ढवळे, ज्यो. वि. परिसंस्था, पुणे. प्रकाशक पां. रा. ढमढेरे, ३२२/३ सदाशिव, पुणे २. १९५२.
  ४. ज्योतिर्वैभव : लेखक—त्र्यं. गो. ढवळे. प्रकाशक—देशमुख आणि मंडळी, 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—बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमाला, १०. १९५८.
-



## विषय-सूचि

अत्रि ३, १०, ११	कक्षा १११
अणुविज्ञान १०४	किरीट ५६, ६६
अधिक्रमण ९२, ९५, ९६, ११०	—, अंतः ७१
अपारदर्शी २८	—, उभयान्वयी ६८, ६९
अमावास्या ११०	—, ध्रुवीय ६८, ६९
अलगोल १०२, १०३	—, बहिः 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,
आन्तर्राष्ट्रीय तारिका रेषा २०, ११०	९९, १११
आयनिक पातळी ३५, ११०	केप्लर ९०
— वृत्त २३, ११०	केल्विन तपमान १११
आर्यभट्ट ११, १२	कोनीय व्यास ५१, १११
उद्योत (ऑरोरा) ७१	ग्रह ८
उद्रेक ७१, ७४, ७७	ग्रहण ३५, ९७
— कलंक निष्ठ ७६	कुळें ६२
— क्रियाशील ७८	चतुःस्पर्शी ५४
— स्तब्ध ७८	प्रवास ६३
— स्फोटशील ७९	मर्यादा ५९
उपग्रह २९	ग्रहणें १, २, ९५, ९६, ११२
ऋणच्छाया ११०	अलगोलची १०२
ऋग्वेद १०	खण्ड ४०
कर्षुकीय वादळें ७१	ग्रहोपग्रहांची ९८
कला ३, ११०	तान्यातान्यांची १०१

गॅलिलिओ १५, १६, १००  
 गुरुत्वाकर्षण (संकृष्ट) ८६  
 गोलाकृति ३०  
 च्यवन ८७  
 चंद्र ४, ३९  
     उपच्छाया ४५  
     कक्षा २३  
     ग्रहण ३५, ४१  
     च्छाया ३२, ४३, ४५  
 चंद्रशेखर १०४  
 चुंगक आंग १३  
 च्यवन ८७  
 छाया १११  
 जॅकोबी १५  
 ज्योति २, ११२  
 टॉलेमी १५  
 डाग, सूर्यावरील ७०  
 तरंगायाम ७५  
 तिथि ११२  
 तुरीय १०  
 त्रिभांतर ९७  
 दक्ष प्रजापति ३, ५  
 दिन ११३  
 दिवस ११३  
 दीक्षित १५  
 नक्षत्रें 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  
 पौर्णिमा ११४  
 प्रकाशतरंग ११४  
 प्लूटो ९२  
 पराऊन होफर १६  
 बहिर्युति ९७  
 वृहत्संहिता ११  
 भगोल १६, ११५  
 भारतीय सूर्यग्रहणें १५  
 भोग ३६, ११५  
 मध्यमंडळ ९०  
 मय ६  
 मॅक्स्वेल 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





**REFBK-0011419**