LIBRARY OF USEFUL KNOWLEDGE.

MATHEMATICAL GEOGARPHY.

TO WHICH IS ADDED,

AN ESSAY ON THE SYSTEM OF BHASKERACHARYA.

TRANSLATED INTO THE MURATHEE LANGUAGE,

BY

BALL GUNGADHUR SHASTREE.

Honorary Native Secretary to the Native Education Society—Author of the "Little Grammar"—"Neeti Kutha"—and translator of "Catichism on General Knowledge, &c. &c."

Lithographed by R. Prera.

1836.

To

THE RIGHT HONORABLE THE PRESIDENT,
THE HONORABLE THE VICE PRESIDENTS,
AND
THE MEMBERS OF THE
BOMBAY NATIVE EDUCATION SOCIETY,

THIS WORK,
PUBLISHED UNDER THEIR PATRONAGE,
IS MOST RESPECTFULLY INSCRIBED,
BY THE TRANSLATOR.

भूगोल शास्त्र

गणित भाग

मुंबइची शिक्षा मंडळी यांच्या आश्रयानें
मराठींत भाषांतर करुन
बाळगंगाधर शास्त्री जांभेकर
याणीं
त्या मंडळीस नजर केला असे

मुकाम मुंबई

सन १८३६

भूगोलशास्त्र गणितभाग.

प्रकरण.१

या प्रकरणांत-भूगोलशास्त्र-भूगोलशास्त्र गणित भाग-आणि पृथ्वीची गोलाकृति-हे विषय सांगितले आहेत.

पृथ्वी विश्वामध्यें भिन्न स्वतंत्र पदार्थ आहे, आणि अंतरिक्ष-चरांशीं तिचा संबंध आहे यादोनही रूपांनीं पृथ्वीचें ज्ञान भूगोलशास्त्रापासून होतें. पृथ्वीची आकृति, रचना, आणि परिमाण-तिच्या अवयवांचे गुण, आणि परस्परांशीं संबंध, तिच्या पृष्ठभागाचें स्वरूप, तीवर उत्पन्न होणारे पदार्थ, तीवर राहाणारे प्राणी, आणि ती अंतरिक्ष चर आहे ह्मणोन जे नियम तिजवर घडतात, किंवा कांहीं तरी तिशीं संबध ठेवितात-हे सर्व विषय साधारण भूगोलशास्त्र

या

या व्यापक शब्दांत येतात. भूगोलशास्त्रांतील विषयांचें हें लक्षण केलें, याच्या आधारावर कित्येकांनीं ग्रंथ केले आहेत; परंतु यांमध्यें अनेक प्रकारचे विषय आहेत, त्यांस बहुधा सृष्टिविज्ञान शास्त्राचे भिन्न भिन्न विभाग कल्पून त्यांचें वर्णन करण्याचा संप्रदाय आहे. याकरितां या लक्षणाचे व्यापकतेमुळें जी अव्यवस्था होईल ती नहोण्यासाठीं, भूगोलशास्त्राची जी मर्यादा कल्पित असतात, तीस अनुसरून त्या शास्त्राचें लक्षण केलें असतां सुलभ पडेल. आणि हें अवश्य केलेंच पाहिजे; कारण कीं शास्त्राच्या अवयवांचा युक्तीनें आणि स्पष्ट लक्षणसहित अनुक्रम योजिला असतां शास्त्राची वृद्धि होती; आणि प्रत्येक भाग समजायास सुलभ होऊन वाढतो, आणि रूपास येतो. यास दृष्टांत. जसें शिल्प शास्त्रांतील कामाचे विभाग केले असतां, काम सोपें पडून चांगलें होतें.

म्हणोन भूगोलशास्त्र याचा वास्तविक आणि व्याप्य अर्थ पाहिला असतां त्या शास्त्राचे विषय हे आहेत. पृथ्वीची आकृति, परिमाण, आणि तीवरील स्थळांची स्थिति, यांचें ज्ञान- तिच्या पृष्ठभागाचें स्वाभाविक आणि राजकीय स्वरूप, आणि विभाग, यांचें ज्ञान- आणि तीपासून उत्पन्न होणारे अनेक पदार्थ आणि तिजवर राहाणारे प्राणी, यांचें ज्ञान. हे विषय तीन भागांमध्यें आणितां येतील. ते तीन भाग हे, गणित भाग, पार्थिव भाग, आणि राजकीय भाग.

भूगोलवर्णनाच्या गणित भागांमध्यें गणित शास्त्रां-

तील

तील सिद्धांत पृथ्वीचे आकृतीवरील कसे लावावे हा विचार सांगितला आहे. हा भाग प्रथम सांगतों; कारण कीं भूगोलवर्णनाच्या दुसऱ्या भागांचा वास्तविकपणा आणि पूर्णता याच्या आधारावर आहे.

पृथ्वीची आकृति कशी आहे याचा प्रथम विचार केला पाहिजे, हें उघड आहे; कारण कीं भूगोलविद्येचे गणित भागांतील सिद्धांत, कितिएक मूळ प्रमाणाच्या आधारानें सिद्ध होतात; आणि पृथ्वीच्या आकृतीविषयीं सपाट वर्तुळ, वर्तुळस्तंभाकार, किंवा गोलाकार, यांतून जीजी कल्पना करावी, तदनुसार त्या प्रमाणांत अंतर पडतें.

पृथ्वीवरील आणि आकाशांतील अनेक पदार्थांच्या अवलोकनापासून[#] निःसंशय सिद्धांत होतो, कीं पृथ्वी गोलाकार म्हणजे वाटोळा पदार्थ आहे. हा अतिउपयोगी सिद्धांत समजल्यावरून, गणित शास्त्रांतील गोलाचे गुण म्हणजे धर्म यांच्या आश्रयानें बहुत मोठ्या उपयोगी कृति सुलभ होतात. त्यांतून पृथ्वीवरील स्थळांची स्थिति कोणत्या प्रकारची आहे याचा निश्चय करणें हें मोठें काम आहे. या कामाकरितां व आणिखी दुसऱ्या कित्येक कामाकरितां पृथ्वी बरोबर गोल आहे असें कल्पितात; आणि ही कल्पना जरी केवळ वास्तविक नाहीं, तथापि वास्तविक सिद्धांतास ती इतकी अनुकूळ आहे कीं, तिच्या आधारावर जे विचार सिद्ध होतात, त्यांत कांहीं लक्ष्यांत ये-

ण्या-

या अवलोकनांच्या विस्तारें करून विचार या ग्रंथांत पुढें जवळच सांगीतला आहे.

ण्या जोगें अंतर पडत नाहीं. आतां पृथ्वीची आकृति आणि बरोबर गोल यांमध्यें किती अंतर आहे, याचा विचार पुढें सांगण्यांत येईल.

सृष्टीनंतर कोणत्या समयीं पृथ्वीचे गोलाकृतीचें ज्ञान झालें, याचा शोध आतां लागणें अशक्य आहे. असा तर्क होतो कीं, मनुष्य ज्या पृथ्वीवर राहतात, तिचे आकृतीकडे त्यांचें लक्ष्य प्रथम लवकरच लागलें असेल; परंतु तें लागल्यानें सिद्ध पदार्थविज्ञान शास्त्राच्या इतर भागांप्रमाणेंच फळ झालें. तें असे कीं, प्रत्येक पदार्थाच्या अवलोकनापासून मनुष्यांच्या मनांत पृथ्वीचे आकृतीविषयीं अति असंभाव्य कल्पना येऊं लागल्या. पृथ्वीची बाह्यतः सपाट आकृति दिसती, तीवर विश्वास ठेवून, आणि तिची आकृति सूचविणारीं दुसरीं प्रमाणें आहेत त्यांकडे लक्ष्य नदेतां, त्यांणीं कल्पना केली होती कीं, पृथ्वी एक मोठें विस्तृत मैदान आहे, आणि ती सर्व बाजूंकडे आकाशास लागली आहे. शेंकडो वर्षें पर्यंत लोकांचा असा समज होता. इजिप्त व खालडिया या देशाच्या लोकांत हें अज्ञान नव्हतें. असा तर्क होतो, कीं त्या देशाच्या विद्वान् लोकांस पृथ्वीचे वास्तविक आकृतीचें ज्ञान अंतरिक्षचरांशीं विशेष परिचय झाल्यापासून प्राप्त झालें असेल. हें ज्ञान त्यांस होण्यांस मूळ कोणतेंही असो, परंतु हें खरें कीं, पृथ्वीची वास्तविक आकृति त्यांस ठाऊक होती; कारण कीं ज्या गणितांवरून ते चंद्रग्रहणें सांगत असत, तीं गणितें त्या आकृतीच्या आधारा-
वर

वर ते करीत असत. या इजिप्त व खालडिया देशाच्या लोकांत भूगोल विद्या व ज्योतिष विद्या प्रथम उत्पन्न झाली; आणि त्यांपासून ग्रीक लोकांतील विद्वानांस जसे सिद्धपदार्थविज्ञान शास्त्रांतील वास्तविक सिद्धांत प्राप्त झाले, तसें पृथ्वीचे आकृतीचें वास्तविक ज्ञानही प्राप्त झालें. परंतु ग्रीक लोकांची अभिरुचि सृष्टिज्ञानापेक्षां भाषाज्ञानाकडे फार होती, ह्मणोन जसें इजिप्त देशाशीं त्यांचें जाणें येणें कमी होत चाललें, तशी त्यांमध्यें जुनी विद्या क्षीण होत चालली. मग पूर्वी जे वास्तविक सिद्धांत ठाऊक होते, ते नाहींसे होऊन ग्रीक लोक पृथ्वीचे आकृतीविषयीं स्वकपोलकल्पित असंभाव्य युक्ति योजूं लागले. ग्रीक लोकांतील मोठा प्रसिद्ध विद्वान् आरिसटाटल याणेंही इतरांप्रमाणें वास्तविक गोष्टींचा पुरा विचार सोडून, मनास येईल तशी कल्पना केली; ह्मणोन त्याणें लिहिलें आहे कीं, पृथ्वी वाटोळी उभट तंबूरा प्रमाणें आहे. त्या ग्रीक लोकांचें चातुर्य विलक्षण होतें, ह्मणोन आपल्या बुद्धीस प्रतिबंध करून खऱ्या गोष्टीचाच शोध करावा हें त्यांस आवडत नसे; आणि त्या ग्रीक लोकांचे ग्रंथ फार मान्य होते, या कारणामुळें त्यांचे खोटे सिद्धांत बहुत दिवसपर्यंत लोकांच्या मनांत स्थिर राहिले; आणि शोध करण्याची बुद्धि विशेष न झाल्यामुळें आनुभविक विद्या जिला ह्मणतात, तीस प्रतिबंध झाला.

युरोप खंडांत सुमारें सन ८०० पासून सन १३०० पावेतों अज्ञानाची फार प्रवृत्ति झाली होती, त्यासमयीं लोकां-
चा

चा समज असा होता कीं, पृथ्वी सपाट आहे, आणि ती चारही दिशांकडे आकाशास लागली आहे. रोमन काथोलिक धर्माच्या अधिकाऱ्यांनीं, आपला हा धर्मसंबंधी सिद्धांत अशा बुद्धीनें या मताचा स्वीकार केला; आणि त्यास या रीतीनें धर्माचा आधार सांपडून जे कोणी विरुद्ध बोलतील त्यांस पाखंडी ह्मणूं लागले. परंतु हा चमत्कार कीं, वेनीस व जिनोआ, या देशाचे लोक फार दिवसांपासून समुद्रांत बहुत दूर जात येत असत, असें असतां समुद्रांतून पदार्थांचे आकार जे दृष्टीस येतात, त्यांपासून त्यांचें अज्ञान गेलें नाहीं; जे आकार पृथ्वी सपाट आहे या कल्पनेस केवळ विरुद्ध आहेत, आणि ज्यांपासून पृथ्वीचा आकार गोल आहे हें अतिस्पष्ट रूपानें सिद्ध होतें. या फार चांगल्या सोई असतांही, सन १४००पासून १६००पर्यंत जे जाहाजें चालविणारे झाले, त्यांस पृथ्वीचे वास्तविक आकृतीविषयीं यापेक्षां अधिक ज्ञान नव्हतें. ही गतगोष्ट ह्मणोन बखरेंत लिहिली आहे कीं, अमेरिका खंडाचे पश्चिमेस पासिफिक महासागरांत मोलक्कास नामें बेट आहे, तेथे पोर्टुगीस लोक येऊन पोंचले होते, ते तसेच पूर्वीकडे जाहाज पुढें चालवित असतां त्यांस मागेलन याचे मंडळीची गांठ पडून विस्मय झाला; कारण कीं मागेलनश्चिम दिशेकडेस जाऊन त्याठिकाणीं पोंचला होता. परंतु ही त्याकाळच्या नाविक लोकांची साधारण निंदा झाली, हीमध्यें कलंबस याचीही गणना करणें हें

ठीक

ठीक नव्हे; कारण वास्तविक पाहिलें असतां पृथ्वी वर्तुळाकार आहे ही गोष्ट सिद्ध करण्यापासून जी कीर्ति, ती त्यासच योग्य होय. त्याकाळींच्या लोकांचें मत मोडून दुसरें स्थापण्याजोगे त्यामध्यें उत्तम गुण होते, हें सत्य आहे. त्यास माहितगारी बहुत आणि वास्तविक होती, मोठे उद्योग अंगीकारण्याविषयीं धीर, तो सिद्धीस नेण्याविषयीं परम उत्सुक, आणि युक्तीविषयीं मोठा कुशल असा तो होता. आणि मोठी अंधपरंपरा मोडणाऱ्या पुरुषाचे सर्व गुण त्यामध्यें होते. पृथ्वी गोल आहे असा त्याचा निश्चय होता. यामुळें त्यास योग्य कल्पना सुचली कीं, केवळ पश्चिमेसच गलबत हांकारून गेलें असतां, ईसट इंडीस ह्मणजे हिंदुस्थान देश व त्याचे जवळचीं बेटें एथे केप गुडहोप याच्या मार्गापेक्षां लवकर पोंचतां येईल. त्याचा हा उद्योग सिद्धीस गेला नाहीं, याचें कारण कीं, प्राचीन भूगोल शास्त्रज्ञांच्या अशुद्धावर त्याणें भरंवसा ठेविला. टालमी याणें केलेला पृथ्वीचा नकाशा त्यावेळेस व्यवहारांत घेत असत, आणि त्यामध्यें ईसट् इंडीस देश वास्तविक ज्या ठिकाणी आहे, त्यापेक्षां फार पूर्वेस लिहिला आहे. फेरो यानावांच्या बेटावरून मुख्य मध्यान्ह रेखा मोजित असत, त्या बेटापासून हिंदुस्थानाच्या पश्चिम कांठ पूर्वेस १६५ रेखांशांवर लिहिला आहे, परंतु त्याचे वास्तविक रेखांश सुमारें ९६ आहेत. ह्मणजे त्याणें लिहिलेल्या आणि वास्तविक रेखांशांत ६९ अंशांचें अंतर आहे. याकरितां कलंबस

याणें

याणें प्रमाणावरून जी गोष्ट सिद्ध केली ती वास्तविक होती;
आणि त्याचा समुद्रांत जाण्याचा मुख्य उद्देश यद्यपि सिद्धी-
स गेला नाहीं, तथापि त्याणें एका नव्या मोठ्या देशाचा शोध
लाविला; आणि शेवटीं पृथ्वीच्या गोलाकृतीविषयींचें आप-
लें मत त्याणें स्थिर केलें. पृथ्वीचा गोलाकार अनुभवावरू-
प्रथम ज्याणें सिद्ध केला, त्या नाविकाचें नाव मागेलन. आली-
कडील लोकांत कलंबस याणें जें मत प्रसिद्ध केलें होतें, त्या-
स अनुसरून, मोलक्का बेटास पश्चिमे कडून जाऊन पोंच-
ण्याच्या बेतानें तो मागेलन जाहाज समुद्रांत चालू करू-
न निघाला. परंतु फिलिपिन बेटांतील लोकांनीं तेथे त्यास मा-
रिलें, त्यामुळें पृथ्वी सभोंवती प्रदक्षिणा त्याच्यानें सिद्धीस गे-
ली नाहीं. पुढें सर फ्रान्सिस ड्रेक या नांवाचा एक इंग्रेज ए-
के खेपेनें भूगोळा सभोंवता जाऊन परत आला; तो मुख्य-
त्वें स्वार्थ साधायाकरितां गेला होता. त्याच्या जाण्यापासू-
न बहुत लूट झाली, आणि रक्त पडलें. तो गेल्यानंतर ती-
न वर्षांनीं सन १५८० मध्यें परत आला. असे लोक पृथ्वी सभों-
वते जाऊन परत आल्यावर लवकरच शोध करण्याची बु-
द्धि उत्पन्न झाली, आणि त्या शोधापासून निश्चय होण्याजो-
गीं प्रमाणें बहुत सांपडलीं; जीं पूर्वीं प्रतिदिवसीं किंवा नेह-
मीं घडत असतां दृष्टीस आलीं नव्हतीं; किंवा त्यांकडे को-
णी लक्ष्य देत नसत. हीं प्रमाणें पृथ्वीवरील पदार्थांचीं किंवा
अंतरिक्षचरांचीं जीं स्वरूपें दिसतात, त्यांच्या आधारावर आ-
हेत. तीं हीं खालीं लिहितों याप्रकारचीं आहेत.

जर

जर कोणी एक पुरुष मोठ्या सपाट विस्तृत मैदानावर
चालत असला, आणि दृष्टीस प्रतिबंध कराया जोगा मैदाना-
मध्यें उंचसकलपणा नसला, तर त्याच्या अनुभवास येईल
कीं, पदार्थांचे बूड ह्मणजे खालचे भाग प्रथम दिसेनात असे
होतात, आणि मग तो जसजसा पुढें जातो, तसतसे वरचे अ-
वयव अदृश्य होतात. याच प्रकारानें जाहाज समुद्रांत जात
असतां प्रथम बूड दिसेना असा होतो, आणि मग शिडें आ-
णि दोऱ्या दिसेनात अशा होतात- आतां या पदार्थांचे अवय-
व ज्या अनुक्रमानें अदृश्य होत जातात, त्या अनुक्रमास ही
उपपत्ति सांगून उपयोग नाहीं, कीं पदार्थ आणि पाहाणारा या
दोघांमध्यें अंतर अधिक अधिक वाढत जातें, ह्मणोन पदार्थ
प्रथम अस्पष्ट दिसों लागतो, आणि शेवटीं अदृश्य होतो. ही
उपपत्ति योग्य नव्हे, कांकीं, ज्या पदार्थांचा मोठेपणा शेंड्यापा-
सून बुडापर्यंत सारिखा आहे, त्यांच्या सर्व भागांविषयीं ही यु-
क्ति सारिखी लागेल, आणि त्यांचा उंच भागच नेहेमी फारवेळ
कां दिसतो, याविषयीं तीपासून कांहीं चरितार्थ होणार नाहीं.
आणि ज्या पदार्थांचा बूडच सर्वांहून मोठा आहे (जसें जाहा-
जाचें आहे) तशा पदार्थांमध्यें ती युक्ति असमर्पक इतकेंच
नाहीं, परंतु अनुभवास केवळ विरुद्ध होईल. कारण, सर्वांस
प्रत्यक्ष ~~ठोकक~~ आहे, कीं जेथे दूरपणामुळें पदार्थ प्रथम अ-
स्पष्ट दिसतो, आणि शेवटीं अदृश्य होतो, तेथे त्या पदार्थाचे
मोठे आणि वजनदार अवयव सर्वांहून फारवेळ दिसतात
याकरितां अशा अनुक्रमानें पदार्थ अदृश्य होत जातात,

याविषयीं

याविषयीं कल्पना एवढीच योग्य आहे कीं, पृथ्वी नेहेमी उत्तरोत्तर उतरट होत चालली आहे- ह्मणजे तिचें पृष्ठ वर्तुळाकार आहे. आणि सर्व पृथ्वीवर, पदार्थापासून पाहाणारा किंवा पाहाणाऱ्यापासून पदार्थ कोणतेही दिशेस जात असला तथापि असेंच दिसतें, यावरून सिद्ध होतें कीं, तिचे सर्व भाग सर्व ठिकाणीं बरोबर वर्तुळ आहेत- ह्मणजे पृथ्वी गोलाकार आहे हें सिद्ध होतें.

मागेलन, ड्रेक, आन्सन, कूक, आणि वान्कूवर हे पृथ्वी सभोंवते समुद्रांतून जाऊन आले, यावरूनही हीच गोष्ट सिद्ध होती; कारण हे पुरुष केवळ पश्चिमेस किंवा केवळ पूर्वेस गलबतें हांकारून प्रथम निघालेल्या स्थळीं परत आले. यारीतीनें असें झालें, कीं ते ज्या रेषेवरून गेले, ती रेषा एका फेरानें आपल्या प्रारंभाच्या ठिकांणीं परत येती. याकरितां, ते ज्या पृथ्वीच्या पृष्ठावर जाहाजें हांकारून गेले, ती गोल किंवा गोलासारिखी आहे असें सिद्ध होतें. यास दुसरें प्रमाण असें मिळालें कीं, कापूटन कूक साहेब पृथ्वीच्या दक्षिण ध्रुवाकडे गलबत हांकारून गेला, त्यावरून कळूं आलें कीं, त्या ध्रुवाच्या जवळ जवळ जातां पृथ्वीचा परिघ चापट होत चालिला.

वर लिहिल्या प्रमाणापेक्षां स्वस्थ पदार्थांच्या अवलोकनांपासून जीं प्रमाणें अनुभवास येतात, त्यांपासून अधिक दृढ निश्चय होतो. पृथ्वीच्या पृष्ठावर उत्तरेपासून दक्षिणेस जाऊं लागलें असतां आकाशांत ध्रुवनामें एक नक्ष-

त्र

त्र आहे, त्याचें स्थळ उत्तरोत्तर पाहाणाऱ्याचे दृष्टिमर्यादेमध्यें अधिक खालीं दिसतें असें कळूं येतें. जर पाहाणारा दक्षिणे कडून उत्तरे कडेस जात असला, तर दृष्टिमर्यादेपासून तें नक्षत्र उत्तरोत्तर अधिक उंच दिसों लागतें- या दोनही प्रसंगीं त्यानक्षत्राच्या स्थळामध्यें जें अंतर पडतें, तें पाहाणारा जितका भूमीचा प्रदेश चालून जातो त्याच्या प्रमाणानें असतें. यास दुसरी कोणती उपपत्ति सांगतां येणार नाहीं, परंतु इतकीच कीं, पृथ्वी गोळाकार आहे, आणि ज्या वृत्तांत ह्मणजे कमानींत तें नक्षत्र चालतें असें दिसतें, त्याच प्रमाणें पृथ्वीचे सपाटीवर वर्तुळाकार जागा आहे.

दुसरें निश्चय अतिदृढ करणारें प्रमाण चंद्रग्रहणापासून अनुभवास येतें. असें कळलें आहे कीं, सूर्य आणि चंद्र यांमध्यें पृथ्वी आली; आणि ज्या सूर्याच्या प्रकाशापासून चंद्र बिंब प्रकाशित होतें, त्या प्रकाशास प्रतिबंध झाला, ह्मणजे चंद्रास ग्रहण लागतें. ह्मणोन पृथ्वीचे छायेचा चंद्रावर जो आकार तोच ग्रहणकालीं चंद्रबिंबाचा काळा भाग होय त्यावांचून दुसरें कांहीं नाहीं. आतां ग्रहणाचे वेळेस पृथ्वीची स्थिति कोणत्याही प्रकारची असली, तथापि चंद्र बिंबावर तिची छाया सर्वदा वर्तुळाकार किंवा वर्तुळ खंडाकार असती. याकरितां पृथ्वी निश्चयें गोल आहे- कारण कीं दुसरे कोणते आकृतीचा पदार्थ दुसऱ्या प्रकाशदायक पदार्थाच्या समीप कसाही ठेविला असतां तिसऱ्या प-

दार्थावर

दार्थावर त्याची छाया सर्वदा वर्तुळ पडेल असें घडणार नाहीं. पृथ्वी वर्तुळ स्तंभाकार आहे असें जर कल्पिलें, तर जेव्हां तिच्या दोन बाजूंतून कोणती एक सरळ चंद्रासमोर येईल, तेव्हां मात्र तिची छाया चंद्रावर वाटोळी पडेल; जरती चंद्रासमोर उभ्या आंगाकडून आली, तर तिची छाया चंद्रावर लांबट पडेल; आणि जसजसी चंद्र ग्रहण समयीं ती तिर्कस असेल, तसतशी तिची छाया थोडी बहुत दीर्घ वर्तुळाकार पडेल.

पृथ्वी वर्तुळाकार आहे, अशी कल्पना केली असतां वर लिहिलेले सर्व गोष्टींस मिळती. आणि या सिद्धांताशीं विरुद्ध जा दुसऱ्या कल्पना लोकांनीं काढिल्या आहेत, त्या यावर सांगितल्या प्रमाणांतून कोणत्या तरी एकाशीं विरुद्ध दिसून येतात, व त्यांस कोणत्याही सबळ अनुभवाचा आधार नाहीं. परंतु आमच्या मतावर. पाहिलें असतां कांहीं विरुद्ध युक्ति येत नाहीं, ह्मणोन हा सिद्धांत निर्विवाद, असें सिद्ध होतें.

प्रकरण २

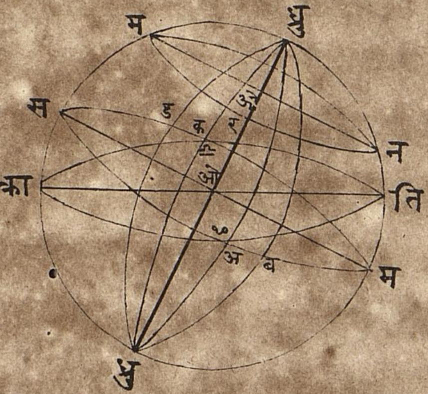
या प्रकरणांत गोलावरचीं वृत्तें-नेत्रगोचर दृष्टिमर्यादेचें मान-मध्यान्हरेषा काढण्याची रीति-स्थितिवृत्तें-समवृत्त-अक्षांश-मुख्य मध्यान्हरेषा-देशांतर-हे विषय सांगितले आहेत.

पृथ्वीवरील स्थळांचे स्थितीचा बरोबर निश्चय करण्याविषयीं ज्या रीती आहेत, त्यांस पृथ्वी गोलाकार आहे, या वर सिद्ध केलेले कल्पनेचा आधार आहे. आणि त्या रीतींस दुसरे एके कल्पनेचा आधार आहे. ती ही कीं, पृथ्वी आकाश गोलाच्या मध्य बिंदूवर आहे.

भूगोल विद्येंतील कार्यें होण्याकरितां, आणि त्या शास्त्रांतील सिद्धांत सिद्ध करण्याकरितां, किंवा अनुभवास आणून देण्याकरितां, पृथ्वीचे सपाटीवर कित्येक रेषा काढल्या आहेत असें कल्पावें लागतें. आतां आकाशही पोकळ गोळ आहे, आणि त्याचा व पृथ्वीचा मध्यबिंदु एकच आहे असें दृष्टीस येतें; ह्मणोन पृथ्वीवर कल्पिल्या प्रमाणें त्याच रेषा खगोलाचे आंतले सपाटीवरही कल्पिल्या आहेत. यारीतीनें भूगोल विद्या ज्योतिषाशीं मिश्रित झाली आहे; आणि तिला ज्योतिषापासून मोठमोठ्या युक्ति प्राप्त झाल्या आहेत. याप्रकारें पृथ्वीवर ज्या रेषा कल्पिलेल्या आहेत, त्या पृथ्वीचे आकृतीचा भूगोल या नावाचा जो गोल करितात, त्यावर काढल्या असतात.

पृथ्वी प्रतिदिवसीं आपल्या आंसासभोंवती पश्चिमेक-
डून पूर्वेकडे फिरत असती. यामुळें सर्व अंतरिक्ष गोल पृथ्वी
सभोंवते पूर्वेपासून पश्चिमेकडेस गमन करितात, असें उल-
टें दृष्टीस येतें. भूगोलाचे दोन दक्षिणोत्तर शेवटांपासून एक
रेषा कल्पित आहे, तिचें नाव आंस, किंवा कणा आणि तिचे दोन शे
वटांस ध्रुव असें नांव ठेविलें आहे. त्यांतून जें अग्र उत्तर ध्रुव-
तारेच्या समोर आहे त्यास उत्तरध्रुव, आणि जें पृथ्वीचें अग्र द-
क्षिण ध्रुवासमोर आहे, त्यास दक्षिण ध्रुव असें ह्मटलें आहे.

आकृति १



मनांत आणावें कीं, प्र-
थम आकृतींत ध्रु स ध्रु म
ध्रु हा भूगोलाचे आकाराचा
एक गोल आहे, ओ हा त्याचा
मध्य, ध्रु ओ ध्रु हा आंस, ध्रु
हें उत्तराग्र, आणि ध्रु हें दक्षि
णाग्र आहे. आतां कल्पना क
रावी कीं, एक वृत्त दोनही ध्रु
वांपासून सारख्या अंतरानें भूपृष्ठावर असून पृथ्वीचे दोन भा-
ग करीत आहे. या वृत्तास समवृत्त ह्मणावें हें स म या अक्षरांनीं
दाखविलें आहे- हें वर्तुळ आणि दुसरीं जीं वर्तुळें पृथ्वीच्या पृ-
ष्ठाचा मध्यभाग छेदितात त्यांस महद्वृत्तें ह्मणतात. जीं सर्व व-
र्तुळें ध्रु ध्रु या पृथ्वीच्या दोनही अग्रांस छेदून जातात, त्या स-
र्वांचा व्यास पृथ्वीचा आंस आहे. अशीं जीं ध्रु अ ध्रु क ध्रु आ-
णि ध्रु ड ध्रु ब ध्रु यांप्रमाणें वर्तुळें आहेत, त्यांस मध्यान्हवृत्तें ह्मण-
तात;

तात; कारण कीं यांशीं समांतर जीं आकाशांत वृत्तें आहेत त्या
वृत्तांवर ज्या काळीं सूर्याचा मध्य येतो, त्याकाळीं त्या वृत्तांखा-
लीं जीं स्थळें असतात त्यास्थळीं मध्यान्ह ह्मणजे दिवसाचें
अर्ध होतें. सर्व मध्यान्हवृत्तें समवृत्तास ज्याठिकाणीं छेदितात,
त्याठिकाणीं काटकोन ह्मणजे ९० अंशाचा कोन होतो; ह्मणोन स-
मवृत्तेंकरून सर्व मध्यान्ह वृत्तांचे चार विभाग होतात, जसे ध्रु अ
ध्रु क ध्रु याचे झाले आहेत; आणि ध्रु अ, अ ध्रु, ध्रु क, आणि क
ध्रु हे वर्तुळखंड परस्पर बरोबर आहेत. यांस प्रत्येकीं वर्तुळपाद
ह्मणजे वर्तुळाच्या चतुर्थांश ह्मणतात. मध्यान्ह वृत्तांस रेखावृत्तें अ-
सेंही नाव आहे, कारण कीं या वृत्तांखालच्या स्थळांचे रेखांश स-
मान असतात आणि यांसच याम्योत्तर वृत्तें ह्मणतात, कारण
हीं दक्षिणेपासून उत्तरेस जातात. क्रांतिवृत्त ह्मणजे, वास्तविक
पाहिलें असतां एका वर्षामध्यें सूर्य ज्या मार्गानें आकाशांत भ्र-
मण करितो, तो मार्ग दाखविणारें आकाशांत वृत्त आहे, तथापि
तें भूगोळावर काढीत असतात. तें समवृत्ताशीं तिर्कस आहे आ-
णि त्यास छेदून कितीएक अंशांचा कोन करितें. तें या आकृतीं-
त का ♈ ति ♎ या खुणेनें दाखविलेलें आहे. जें वृत्त गोलपृ-
ष्ठाच्या मध्यावरून जातें त्यास महद्वृत्त ह्मणतात, आणि जें गो-
लपृष्ठाच्या मध्यावरून जात नाहीं त्यास लघुवृत्त ह्मणतात. म
रनस [illegible]कारचीं जीं वर्तुळें समवृत्ताशीं समांतर असतात,
त्यांस अक्षवृत्तें ह्मणतात- सर्व मध्यान्हवृत्तें समवृत्तास छेदून
काटकोन करितात; ह्मणोन तीं अक्षवृत्तांसही छेदून काटको-
न करितात; कारण कीं अक्षवृत्तें समवृत्तास समांतर असता-
त-

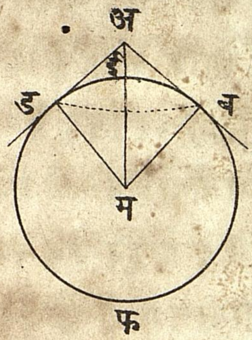
त-सर्व मोठ्या किंवा लहान वर्तुळांचे विभाग ३६० कल्पिले आहेत, त्यांस अंश असें ह्मणतात; प्रत्येक अंशाचे ६० भाग कल्पून त्यांतून एकएकास कळा ह्मणतात; आणि प्रत्येक कळेचा ६० विकळा कल्पितात. या विभागांचीं बोधक कित्येक चिन्हें आहेत, तीं हीं कीं १५ अंश लिहिणें झाल्यास १५° लिहितात, ३२ कळा ३२′ अशा लिहितात, आणि ५ विकळा ५″ अशा लिहितात. ह्मणोन १५° ३२′ ५″ असें लिहिलें असलें, तर १५ अंश ३२ कळा आणि ५ विकळा असें समजावें. महद्वृत्त आणि लघुवृत्त यांच्या अंशांचें मान भिन्न हें उघड आहे. त्या दोन मानांत अंतर किती आहे, हें पुढें सांगण्यांत येईल.

पृथ्वीवरील कोणत्या एका स्थळाचें खस्वस्तिक किंवा शिरोबिंदु असी संज्ञा आली असतां समजावें कीं, त्या ठिकाणापासून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंत जी रेषा काढिली तिचे समोर खगोलामध्यें जो बिंदु ह्मणजे आमच्या मस्तकासमोर आकाशांत जो बिंदु, तो खस्वस्तिक होय. असाच आकाशाचे खालच्या अर्धामध्यें जो बिंदु त्यास अधोबिंदु ह्मटलें आहे. सर्व मध्यान्हवृत्तांतून जें कोणीएका स्थळाच्या शिरोबिंदूस किंवा स्थळासच छेदून पार जातें, तें त्यास्थळाचें मध्यान्हवृत्त होय. कोणीएका स्थळाची दृष्टिमर्यादा, ह्मणजे त्यास्थळापासून पृथ्वीवर चहूंकडे जितकें लांब पर्यंत मनुष्यास दिसतें, त्याचें मर्यादावृत्त जाणावें. यास क्षितिज ह्मणतात. पृथ्वी संबंधि दृष्टिमर्यादा विवक्षित असतां तिला नेत्रगोचर किंवा आरोपित दृष्टिमर्यादा ह्मणतात; आकाशासंबंधि बोलायाचें असतां तिला वास्तविक किंवा शा-

स्त्रीय

स्त्रीय अशी संज्ञा आहे. आरोपित दृष्टिमर्यादेचें बरोबर सूक्ष्मज्ञान समुद्रावर होतें, कारण तेथे ती स्पष्ट आणि प्रतिबंधरहित असती. या नेत्रगोचर दृष्टिमर्यादेची लांबी किती आहे, हें कळण्यास इतकें अवश्य आहे कीं पृथ्वीचे सपाटीपासून पाहाणाराचा डोळा किती उंच आहे हें समजलें पाहिजे, आणि पृथ्वीची त्रिज्या ह्मणजे अर्ध व्यासही कळला पाहिजे.

आकृति २.



कारण जर मनांत आणलें कीं, दुसरे आकृतींत बईडफ हें एक महद्वृत्त आहे, म हा पृथ्वीचा मध्य आहे, अई ही पृथ्वीपासून डोळ्याची उंची, ईफ हा पृथ्वीचा अर्धव्यास, आणि अब ही रेषा पृथ्वीचे सपाटीस ब या ठिकाणीं स्पर्श करील अशी अ पासून काढिली आहे, तर ईब ही रेषा एके दिशेस दृष्टिमर्यादेची लांबी दाखवील. जर ब आणि म हे बिंदु मिळविले, तर बम ही रेषा अब रेषेवर लंब होईल. अई आणि ईम या दोन रेषा मिळून अब रेषा होती तिची व पृथ्वीचा अर्धव्यास बम या दोहोंची लांबी कळली असतां अफब हा कोन गणित शास्त्रांतील एके सोपे रीतीनें कळून येतो. आणि हा कोन ईब या वर्तुळखंडानें मापिला जातो, याकरितां तो सैनजला ह्मणजे तेंच दृष्टिमर्यादेचें अंतर जाणावें. अब ह्मणजे अ याठिकाणीं पाहाणाराचा नेत्र आहे त्याठिकाणाहून ब पर्यंत सरळ अंतर किती आहे, हें ही याच जातीचे एके मतानें कळतें. आतां अई यारेषेची लांबी ८ फुट असेल आ-

णि

णि पृथ्वीचा अर्धव्यास २०८८८ १५१ फुट आहे असें मानिलें, तर म हा कोन, ह्मणजे बई हा वर्तुळ खंड, ३' किंवा १८२२८ फुट ह्मणजे ३ मैल आणि ७९६ यार्ड इतका होईल. डब हा वर्तुळ खंड बई याच्या दुप्पट हें स्पष्टच आहे; कारण पाहाणारास एके बाजूस जितकें दिसतें तितकेंच दुसरे बाजूस दिसतें. याकरितां डब हा वर्तुळ खंड ६ मैल १५९२ यार्ड इतका होईल. परंतु व्यवहारांत हें केवळ बरोबर येत नाहीं, कारण वातावरणाचे आणि अभ्रांचे किरण परावर्तन शक्तीमुळें, आरोपित दृष्टिमर्यादा वर सिद्ध केल्यापेक्षां कांहीं लांब असती. वास्तविक दृष्टिमर्यादावृत्त सर्व स्थळीं ९०°, ह्मणजे कोणत्याही स्थळाच्या शिरोबिंदूपासून एक वर्तुळ पाद अंतरावर असतें. कोणतें एक अंतरिक्षचर जेव्हां प्रथम कोणी एका स्थळाचे दृष्टिमर्यादेवर येतें, तेव्हां त्याचा उदय झाला असें ह्मणतात; आणि तें जेव्हां दृष्टिमर्यादेचे खालीं जातें, तेव्हां त्याचा अस्त झाला असें ह्मणतात. जेव्हां अंतरिक्षचर कोणी एका स्थळाचे मध्यान्ह रेषेवर येतें, तेव्हां तें मध्यान्हीं आलें ह्मणजे त्याकाळीं त्याचें परम उन्नत आहे, असें ह्मणावें.

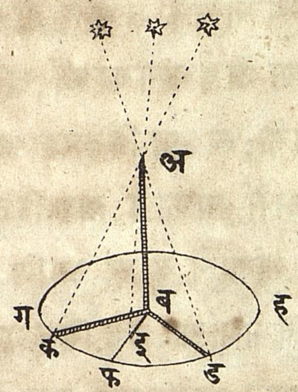
दृष्टिमर्यादेची उत्तर ती होय, जी खगोळाच्या उत्तरायास ह्मणजे उत्तरध्रुवास अति संन्निध आहे; तीपासून १८०° वर जो बिंदु त्यास दक्षिण ह्मणावें- सर्व स्थळांच्या मध्यान्हरेषा दक्षिण आणि उत्तर या बिंदूस छेदून जातात- उत्तरेपासून किंवा दक्षिणेपासून ९०° वर जो बिंदु आहे, आणि ज्या बिंदूकडेस सूर्योदय होतो असें दिसतें त्यास पूर्व ह्म-

णावें;

णावें; त्यापासून १८०° वर पश्चिम आहे. यारीतीनें दिशांचा निश्चय होतो.

अंतरिक्षस्थ ग्रहनक्षत्रें इत्यादिक जेव्हां कोणा एका स्थळाचे मध्यान्ह रेषेवर असतात, तेव्हां त्यांचें उन्नत मापिल्यानें भूगोलशास्त्र संबंधी अनेक कार्यें होतात; यास्तव पाहाणारा ज्या ठिकाणीं आहे, त्याठिकाणची मध्यान्हरेषा कोणती, याचा निश्चय केल्यापासून मोठा उपयोग आहे. परंतु याविषयीं जें साधन करावें लागतें, तें शास्त्रमार्गानें फार सूक्ष्म आहे; याकरितां एक सोपी युक्ति सांगतों. जर फार सूक्ष्म मानाचें प्रयोजन नसलें तर तीपासून चरितार्थ होईल. जून महिन्याचे २१वे तारखेस किंवा डिसेंबर महिन्याचे २३वे तारखेस, सूर्य मध्यान्हीं येण्याचे पूर्वीं एक दोन तास ह्मणजे दिवसास दाहा अका वाजतां, दृष्टिमर्यादेशीं लंब मार्गानें एक काठी जमीनींत उभी करावी. जशी ३रे आकृतींत अब ही दाखविली आहे. त्यावेळीं काठीची बड ही छाया पडेल; तिचा शेवट क एथें कांहीं खूण करावी. नंतर काठीचें मूळ ब हा मध्य कल्पून बक या त्रिज्येनें भूमीवर वर्तुळ करावें; असें आकृतींत गह हें केलें आहे- नंतर सूर्य जसा आपले परम उन्नतास येत जाईल तसतसी काठीची छाया आंखूड होत जाईल,

आकृति ३



ईल, आणि भूमीवर जें वर्तुळ केलें आहे त्याचे परिघाचे आंत पडेल. जेव्हां सूर्य उन्नतीचे सीमेवर ह्मणजे मध्यान्हीं येईल, तेव्हां काठीची छाया अतिलहान होऊन बई या आकृतीची पडेल. नंतर सूर्य हळू हळू उतरूं लागेल, तस तसी छाया अधिक लांब होत जाईल. शेवटीं शेवटीं ती वर्तुळाच्या परिघास क याठिकाणीं जाऊन पोंचेल. दोन प्रहरांचे पूर्वी काठीची छाया बड इतकी असतां आकाशांत सूर्याची जी उंची होती तितकीच आतांही आहे असें समजावें. आतां असें घडत असतें कीं, वर लिहिलेल्या दिवसीं दोन प्रहरांहून एक दोन तासां पूर्वी जितकी सूर्याची उन्नति असती, तितकीच दोन प्रहरांनंतर तितक्या समयास असती, आणि सूर्याचें गमन दोनप्रहरांच्या पूर्वी व नंतर समान काळांत मध्यान्ह रेषेपासून समान होतें, याकरितां त्या समकाळांचे बेरिजेच्या अर्धभागकाळीं, सूर्य सर्व आकाशाच्या मध्य बिंदूवर असतो; तो त्या बिंदूवर असतां बरोबर मध्यान्ह समय झाला असें जाणावें. याकरितां कड या जमिनीवर केलेल्या वर्तुळ खंडाचे कफ आणि कड असे दोन विभाग केले; आणि त्या विभागांचा छेद बिंदु फ, आणि काठीचें मूळ, ब यांस स्पर्श करणारी अशी एक बफ रेघ केली, तर ती मध्यान्हीं छाया कोणते आकृतीची पडली होती हें दाखवील, आणि तीच मध्यान्ह रेषा होईल.

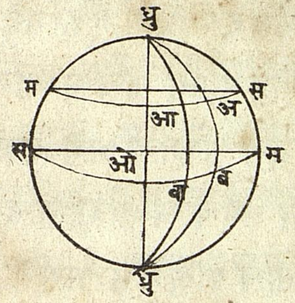
भूगोलशास्त्राचे गणित भागांतील एक मुख्य कार्य हें आहे कीं, पृथ्वीवरील कोणते एके जागेची स्थिति कळावी.

स्थिति

स्थिति या शब्दाचा अर्थ हा आहे कीं, सांगितले जागेचें कोणा एका स्थिर पदार्थापासून अंतर. या स्थिर पदार्थापासून सांगितली जागा किती दूर आहे हें कळल्यावरून, आणि त्या दोघांचें अंतर कोणते दिशेस मोजावयाचें आहे, हें कळल्यावरून पदार्थाचे स्थितीचा निर्णय होतो.

भूगोळावरील कोणते जागेची स्थिति कळायासाठीं प्रथम दोन वर्तुळें मनांत आणिलीं पाहिजेत, तीं अशीं कीं त्यांचीं एष्ठें परस्परांवर लंब असावीं. त्यांतून प्रत्येकापासून सांगितले जागेचें जें अतिसंन्निध अंतर त्यांचें नाव स्थिति; ह्मणोन या दोन वर्तुळांस स्थितिवृत्तें असें ह्मणतात.

आकृति ५



जर (आ० ५) ध्रुस ध्रुम या गोळांत आ या बिंदूची स्थिति कळावी अशी इच्छा आहे, तर त्याचा निश्चय होण्याकरितां स बा ब म हें एक, आणि ध्रु अ ब ध्रु हें एक अशीं दोन महद्वृत्तें सांगितलीं पाहिजेत, अशीं कीं त्यांचीं एष्ठें परस्परांवर लंब असावीं. नंतर ध्रु आ बा ध्रु हें एक महद्वृत्त अ बिंदूला छेदून स बा ब म यावर लंब होई असें करावें; आणि म आ अ स हें दुसरें एक लघुवृत्त स बा ब म याशीं समांतर करावें; ह्मणजे त्याच्या छेदन बिंदूपासून सांगितल्या दोन वर्तुळांपर्यंत जीं अंतरें आहेत त्यांवरून आ या बिंदूचे स्थितीचा पूर्ण निर्णय होईल. या वरचे आकृतींत आ बा हा वर्तुळखंड स बा ब म या वर्तुळापासून आ या स्थळाचें अंतर होय; आणि आ अ किं-

या

वा त्याशीं समांतर बाब हा वर्तुळ खंड, ध्रु अ ब ध्रु या वृत्तापासून आ या बिंदूंचें अंतर होय. ही युक्ति भूगोलशास्त्रसंबंधि कार्यावर लाविते वेळेस, हें उघड आहे कीं, प्रथम स बा ब म आणि ध्रु अ ब ध्रु या दोन महद्वृत्तांचे जाग्याचा निश्चय केला पाहिजे; आणि हें झाल्यावर मग त्यांतून एक एकापासून आ बा आ अ, हीं दोन अंतरें कळण्याची कांहीं युक्ति योजिली पाहिजे.

सर्व देशांतील ज्योतिषी आणि भूगोलशास्त्रज्ञ यांणीं, एक मतानें समवृत्त स बा ब म या वर्तुळाच्या स्थानीं कल्पिलें आहे. समवृत्त ह्मणजे पृथ्वीच्या दक्षिणोत्तर अग्रांपासून समान अंतरावर असून पृथ्वीचे दोन विभाग करणारें, पृथ्वीचे आंसावर लंबरूप असें एक महद्वृत्त आहे, असें त्याचें लक्षण पूर्वीं सांगीतलें. आ याचे मध्यान्ह रेषेवर मोजलेलें अंतर अ ब, यास आ याचे अक्षांश असें ह्मणतात. जें स्थळ समवृत्ताचे उत्तरेस असतें त्याचे अक्षांशांस उत्तर अक्षांश ह्मणतात; आणि जें समवृत्ताचे दक्षिणेस असतें, त्याचे अक्षांशांस दक्षिण अक्षांश ह्मणतात. ज्योतिष्यांनीं समवृत्त स्थिति वृत्तांतून एक असें कां कल्पिलें, याचें कारण उघड आहे. तें असें कीं, ग्रहांची नेत्रगोचर दैनंदिनगति आकाशामध्यें समवृत्तांत किंवा त्याशीं समांतर अशा वृत्तांत होती. परंतु मुख्य मध्यान्हवृत्त, ह्मणजे समवृत्तावर लंब जें दुसरें स्थितिवृत्त पाहिजे, आणि जें पूर्वींचें आकृतीवर ध्रु अ ब ध्रु या चिन्हांनीं जाणविलें आहे, तें अमुक ठिकाणीं कल्पावें, याविषयीं नियम करार्थास ज्योतिष्यांस ग्रहांचे गतींत, किंवा पृथ्वीचे कोणत्या एक स्थळावर कांहीं विशेष आढळला

नाहीं,

नाहीं, त्यापासून इतकें झालें कीं, अनेक देशाचे अनेक ज्योतिष्यांनीं आ अ किंवा बा ब हा वर्तुळखंड ज्यापासून मोजायाचा, तें मुख्य मध्यान्हवृत्त भिन्न भिन्न स्थळांपासून कल्पिलें.

युरोप खंडांतील प्राचीन भूगोलशास्त्रज्ञ फार्च्युनेट ऐल या नावाच्या बेटाचे रेखावृत्तावर मुख्य मध्यान्हवृत्ताची कल्पना करीत असतात- आलीकडील ज्योतिष्यांतून बहुत तीच रेषा, किंवा कानारीस बेटाचे पश्चिमेकडील फेरो यानावाचें बेट आहे तेथून गणितात. परंतु बहुत देशांत सांप्रदाय असा फार करून पडला आहे कीं, मध्यान्हवृत्त आपले राजधानीचे किंवा नक्षत्र वेधशाळेचे मध्यान्हवृत्तापासून गणितात या देशचे ज्योतिषी लंकेपासून रेखा मोजितात इंग्लिश लोक लंडन शहराचे किंवा ग्रीनिच एथील अवलोकन शाळेचे रेखेस मुख्य मध्यान्ह रेषा मानितात. फ्रेंच लोक आपली राजधानी पारिस शहर यापासून मोजितात- आ अ किंवा बा ब या अंतरास रेखांश ह्मणतात. कोणी एक स्थळ मुख्य मध्यान्ह वृत्तापासून पूर्वेस असल्यास त्यास्थळाच्या रेखांशांस पूर्व रेखांश ह्मणतात; पश्चिमेस असल्यास पश्चिम रेखांश ह्मणतात- इग्लिशनकाशे करणारे फारकरून ग्रीनिच यापासून रेखांश धरीत नाहींत, लंडन शहरापासून धरितात. परंतु सेंटपाल याचें देऊळ बिंदु मानिला, तर लंडन ५ ४७″ अंतरावर ग्रीनिच एथील अवलोकन शाळेपासून पश्चिमेकडेस आहे, याकरितां लंडनशहरापासूने रेखांश लिहिले असतात त्यापासून ग्रीनिच एथील अवलोकन शाळासंबंधि रेखांश आणणे

झाल्यास,

झाल्यास, पश्चिमेकडेस ५. ४७ मिळवाव्या, आणि पूर्वेस असल्यास तितक्याच वजा कराव्या, ह्मणजे ग्रीनिच एथील अवलोकनशाळेपासून रेखांश किती हें कळेल-मुंबई लंडन शहरापासून ७४ रेखांशांवर आहे.

प्रकरण ३

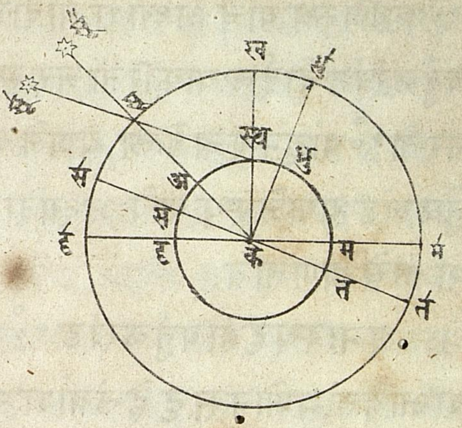
या प्रकरणांत, कोणत्या एका स्थळाच्या अक्षांशांचें गणित करण्याच्या ज्या रीति आहेत, त्यांचें साधारण निरूपण केलें आहे.

ज्या दोन स्थिति वृत्तांपासून कोणे एके जागेचे स्थितीचा निश्चय करायाचा आहे, तीं दोन स्थितिवृत्तें कोणतीं, हें पूर्वीचे प्रकरणांत सांगीतलें. आतां या दोन स्थितिवृत्तांपासून जीं अंतरें, ह्मणजे ज्यांस स्थळांचे अक्षांश आणि रेखांश ह्मणतात, यांचा निश्चय कसा करावा हें सांगीतलें पाहिजे. यास आधारभूत मूळ कल्पनाही आहे कीं, पृथ्वी हा एक गोळ आकाशाचे प्रोकळ गोळामध्यें त्याचे मध्यबिंदूवर राहिला आहे; आणि पृथ्वीवर जितकीं वृत्तें कल्पिलीं आहेत तितकींच त्या प्रमाणें आकाशांत आहेत.

आतां स्थळांचे अक्षांशांचा विचार आरंभीं सांगतों.

असें मानावें कीं या पांचवे आकृतींत स हें एक स्थळ आहे; स्थ ध्रु म त द स हें स्थ यास्थळाचें मध्यान्हवृत्त ध्रु या पृथ्वीच्या अयास छेदून काटकोन करीत आहे; कागदाची सपाटी ही

आकृति ५



ही मध्यान्हवृत्ताची सपाटी आहे, क हा पृथ्वीचा मध्यबिंदु आहे; क ध्रु ही तिची त्रिज्या, जीवर स त हें समवृत्त काटकोन करीत आहे, आणि ह म ही स यास्थळाची दृष्टिमर्यादा आहे. तेव्हां स स्थ हा वर्तुळखंड, किंवा स्थ याचे मध्यान्हरेषेवर मोजलेलें समवृत्तापासून स्थ याचें जें कोणांतर, ते स्थ यास्थळाचे अक्षांश होत. आतां क ध्रु ह्मणजे पृथ्वीच्या अयाचें आणि समवृत्ताचें अंतर ९०° ह्मणजे एक वर्तुळपाद आहे; आणि तसेंच, स्थ यास्थळाची वास्तविक दृष्टिमर्यादा जेथे पृथ्वीच्या पृष्ठास मिळते, तो म हा बिंदु आणि स्थ हें स्थळ यादोघांचें ही अंतर, स्थ म हें ९०° ह्मणजे एक वर्तुळपाद आहे. यावरून कळतें कीं स ध्रु आणि स्थ म हे परस्पर बरोबर आहेत. आतां स ध्रु आणि स्थ म यादोहों मध्येंही स्थ ध्रु हा वर्तुळखंड साधारण आहे, ह्मणोन जर तो दोघांतूनही वजा केला, तर बाकीचे वर्तुळखंड स स्थ आणि ध्रु म हे बरोबर होतील-आणि स्थ स ही स्थ यास्थळाची अक्षांश आहे, यावरून सिद्ध होतें कीं, ध्रु म अथवा पृथ्वीच्या अयाची दृष्टिमर्यादेपासून जी उंची ते स्थ यास्थळाचे अक्षांश होत.

दुसरें-स्थ ध्रु हें पृथ्वीच्या अयापासून स्थ याचें अंतर आहे; आणि स्थ स ही स्थ याची अक्षांश आहे, याकरितां

९०° आणि स्थ याचे अक्षांश यादोहोंचें जें अंतर तो स्थध्रु हा वर्तुळखंड होईल. याकरितां जर स्थध्रु हा वर्तुळखंड समजला, तर तो ९०° यांतून वजा केला, ह्मणजे बाकी राहील तो सस्थ हा वर्तुळखंड ह्मणजे स्थ याचे अक्षांश होतील. स्थध्रु यास लंबांश असें ह्मणतात.

पुनः स्थद हा वर्तुळखंड ९०° आहे, आणि सस्थ हे अक्षांश आहेत, ह्मणोन सद हे लंबांश आहेत सद ही समवृत्ताची दृष्टिमर्यादेपासून उंची आहे. याकरितां जर सद या वर्तुळ खंडाचें मान कळलें, तर तें ९०° यांतून वजा केलें, ह्मणजे बाकी अक्षांश राहातील.

यावरून असें कळून येतें कीं, जर सस्थ, ध्रुम, स्थध्रु, सद, या चार वर्तुळखंडांतून कोणत्या एकाचें मान समजलें, तर स्थ याचे अक्षांश समजतील. आतां हे वर्तुळ खंड कळण्याचें साधन हें आहे कीं, यांच्या बरोबरीचे आकाशांतील वर्तुळ खंड मोजावे. खध्रुमतदस हें एक आकाशांत वर्तुळ आहे, तें स्थ यास छेदून जाणाऱ्या मध्यान्हवृत्ताशीं सरूप आहे. आणि ख, ध्रु', म', त', द', स' हे आकाशांतील बिंदु स्थ, ध्रु, म, त, द, स यांच्या समसूत्रीं आहेत. पूर्वी सस्थ, ध्रुम, स्थध्रु, सद या वर्तुळ खंडांचा विचार केला. आतां खस' ध्रु'म' खध्रु', स'द', हे त्यांशीं सरूप आकाशांत वर्तुळखंड आहेत यांचा विचार केला पाहिजे; कारण कीं, यांतून कोणत्या एका वर्तुळखंडाचे अंश कळले असतां अक्षांश त्वरित समजतील. यारीतीनें भूगोलशास्त्रांतील कृत्यें सिद्ध होण्यास ज्योतिषशास्त्राचा उपयोग लागतो. आतां ज्या या वर्तुळ खंडांची लांबी पृ-

थ्वीवरील वर्तुळखंडांच्या लांबीपेक्षां अधिक आहे ह्मणोन, पृथ्वीवरील स्थळांच्या अक्षांशांचें गणित आकाशांतील तत्सरूप वर्तुळ खंडांवरून करण्याची जी वर युक्ति सांगीतली, ती विषयीं कोणास शंका वाटेल तर वाटूं नये; कारण कीं अक्षांशांचे गणित करिते वेळेस सांगीतली जागा, आणि समवृत्त यांमध्येंजो मध्यान्हरेषेचा खंड आहे त्याच्या मोजणीचें आणि व्यावहारिक लांबीचें फारसें प्रयोजन नाहीं; परंतु त्या खंडामध्यें जे अंश आणि अंशांचे अवयव असतात, त्यांचें फार प्रयोजन आहे ह्मणजे ह्या मध्यान्हरेषेचा खंड सर्वरेषेच्या कोणत्या अंशा बरोबर आहे, हें मुख्य कळलें पाहिजे. आणि वर्तुळखंड हे कोनाचीं मापें आहेत, ह्मणोन ख.स', आणि सस्थ, हे दोन वर्तुळखंड के या बिंदूजवळच्या एकाच कोनाचीं मापें आहेत; आणि त्यांचा मोठेपणा जरी वेगवेगळा आहे, तथापि ते ज्या वर्तुळांचे भाग आहेत, त्यांच्या परिघांशीं सारिखें प्रमाण ठेवितात. ह्मणजे खस' यांत सर्व परिघाचे जितके अंश आहेत तितकेच स्थस यांत आहेत. याकरितां सस्थ या मध्यान्हरेषाखंडाशीं सरूप आकाशांतील गोलखंड खस यांत परिघाच्या ३६० भागांतून जितके भाग आहेत, ते स्थ या स्थळाचे अक्षांश होत. याप्रमाणें अक्षांचें मान वर्तुळ परिघांश आणि त्यांचे विभाग यांच्या रूपानें कळल्यानंतर, त्याचें व्यावहारिक अंतर ह्मणजे स्थ हें स्थळ समवृत्तापासून मध्यान्हरेषेवर मोजलें असतां किती दूर आहे, हें कळण्याचें जर प्रयोजन आहे, तर तें समजण्याची

रीती

रीती पुढें सांगतों. स्थ या ठिकाणच्या पाहाणारानें त्याच स्थळाच्या मध्यान्हरेषेवर बरोबर उत्तरेस किंवा दक्षिणेस, जंवपर्यंत ध्रुव नक्षत्र त्याच्या दृष्टिमर्यादेंत एक अंश चढेल किंवा उतरेल,* तंवपर्यंत जावें. आतां तें नक्षत्र केवळ स्थिर असतां पाहाणाराचे दृष्टिमर्यादेमध्यें एक अंश वर चढलें, किंवा खालीं उतरलें, यास कारण हें कीं, पाहाणारा पृथ्वीच्या उत्तराग्रापासून बराबर मध्यान्हरेषेवर मापिलेला एक अंश दूर गेला किंवा त्याचे जवळ आला. हें स्थळ वास्तविक मोजलें, तर एका अंशाचें व्यावहारिक मान मैल किंवा कोश या रूपानें कळूं येईल; आणि ही संख्या स्थ या स्थळाचे अक्षांश आणि त्यांचे अवयव गणितावरून आले असतील त्यांणीं गुणिली, ह्मणजे स्थ या स्थळाचें समवृत्तापासून वास्तविक व्यावहारिक अंतर किती आहे हें समजेल. या रीतीनें अंश मोजला असतां त्याची लांबी सुमारें ६९ मैल आहे असें ध्यानांत येतें. सर्व पृथ्वीच्या परिघाचे अंश ३६० आहेत, ह्मणोन ६९ यांस ३६० नीं गुणिलें असतां २४८४० मैल भूपरिघाचें स्थूळ मान उत्पन्न होतें.

आकाशांतील खस, ध्रुम, खध्रु, सद, हे वर्तुळखंड पृथ्वीचे सपाटीवरील स्थ या ठिकाणचे पाहाणारानें कसे मोजावे हें आतां सांगितलें पाहिजे- वर्तुळखंड मोजण्याचें एक यंत्र आहे, त्याच्या साधनानें कोणत्या एका अंतरिक्षचराच्या अवलोकनापासून हें करावें. तें अंतरिक्षचर मध्यान्हीं असतां किंवा

* ध्रुव नक्षत्र किती वर चढलें किंवा किती खालीं उतरलें हें यंत्र साधनानें अवलोकनावरून कळतें, त्याचा मार्ग पुढें जवळच सांगण्यांत येईल.

किंवा नसतांही वेध करितां येतो, आणि त्यापासून कोणांतर कितीं अंश आहे हें कळतें. तें असें. जर (आ० ९) सू हा सूर्य मध्यान्हीं असेल, तर त्याचें नत ह्मणजे शिरोबिंदूपासून त्याचें कोणांतर ख स सू किंवा दृष्टिमर्यादेपासून त्याचें उन्नत द स सू हीं दोनहीं मोजितां येतात, ह्मणजे नत किंवा उन्नत किती अंश आहे हें कळतें.

परंतु स्थ या ठिकाणीं हीं अवलोकनें करायाचीं आहेत, ह्मणोन ख स्थ सू हा मात्र एक कोन अवलोकनावरून समजेल; परंतु हा कोन ख स सू या वर्तुळखंडाचें वास्तविक मापन व्हे, कारण स्थ हा खगोळाचा मध्यबिंदु नव्हे-परंतु ख क सू हा कोन या वर्तुळखंडाचें मान आहे; कारण, पूर्वी कल्पना अशी केली आहे कीं मध्यान्हरेषा आणि तत्सरूप आकाशांतील वृत्त या दोघांचाही क हा एकच मध्यबिंदु आहे. भूमितीमध्यें हें प्रसिद्ध आहे कीं, ख स्थ सू हा कोन ख क सू आणि स्थ सू क या दोन कोनांचे बेरिजे बराबर आहे. ह्मणजे स्थ या ठिकाणीं कोणी पुरुष सू या अंतरिक्षचराकडे पाहात असतां, त्यास तें समवृत्तावरचे पाहाणारापेक्षां खस्वस्तिकापासून अधिक खालीं दिसेल. स्थ या ठिकाणचे पाहाणारास तें सू या ठिकाणीं दिसेल; परंतु त्याचवेळीं समवृत्तावरचे पाहाणारास सू॑ या ठिकाणीं दिसेल. या रीतीनें, सू हें अंतरिक्षचर पृथ्वीचे सपाटीवरून आणि तिचे मध्यावरून पाहिलें असतां वेगवेगळे स्थळीं दृष्टीस येतें; या स्थळांचें अंतर सू स्थ सू॑ हा कोण आहे. हा कोण पृथ्वीचे त्रिज्येच्या शेवटापासून सू या ठिकाणीं

ठिकाणीं केलेले दोन रेघांनीं झाला आहे. या कोणास अंतरिक्षचराचा अंतर कोण ह्मणतात, आणि या कोणामुळें त्या अंतरिक्षचराचें खस्वस्तिकापासून अंतर अधिक उणें होतें. हें उघड आहे कीं, अंतर कोणाच्या योगानें शिरोबिंदूपासून अंतर जसें **स्थसूक** या कोणाच्या प्रमाणानें वाढतें, तसीच अंतर कोणाच्या योगानें सू याचें **दृसू** हें उन्नत ह्मणजे दृष्टिमर्यादेपासून अंतर तितक्याच प्रमाणानें कमी होतें. याकरितां अंतर कोणापासून साधारण कार्य हें घडतें कीं पदार्थ खालीं दिसतो- आतां ज्या अंतरिक्षचरावर अवलोकन केलें आहे, तें जर इतक्या अंतरावर आहे कीं, तें पृथ्वी पृष्ठावरच्या आणि मध्यावरच्या पाहाणारास एकेच स्थितींत दिसतें; तर **सूसूसूँ**, किंवा तेवढाच **स्थसूक** हा अंतरकोण मनुष्यास नेत्रगोचर होणार नाहीं. असें स्थिरतारांविषयीं घडतें. परंतु सूर्य, चंद्र, आणि ग्रह, हे इतके दूर नाहींत, यामुळें ते पृथ्वीचे सपाटीवर भिन्न भिन्न स्थळांवरून पाहिले असतां, किंवा पृथ्वीचे सपाटीवरून आणि मध्यावरून पाहिले असतां, त्यांचे दृश्य स्थितींत अंतर पडतें. या कारणामुळें हें अवश्य आहे कीं, कोणत्या एका स्थळाच्या खस्वस्तिकापासून किंवा दृष्टिमर्यादेपासून अंतरिक्षचराचें जें अंतर मापिलें, तें अंतर पृथ्वीच्या मध्यापासून तें अंतरिक्षचर पाहिलें असतां किती होईल हें कळायाकरितां, आणि **खसू**, **दृसू**, वर्तुळखंड बरोबर कळायाकरितां त्या मापिल्या अंतरास या अंतर कोणाचा संस्कार अवश्य केला पाहिजे. हा संस्कार करण्याकरितां अं-

तर

तर कोणाचें गणित करून इंग्रेजी पंचांगांत लिहिलें असतें.

प्रकरण ४

या प्रकरणांत- अक्षांशांचें गणित करण्याच्या रीति सांगीतल्या आहेत.

भूमीवरील स्थळांचे अक्षांश काढण्याकरितां, ज्या रीतींची प्रवृत्ति आहे, त्या या खालीं लिहिलेल्या आहेत.

प्रथम- ज्या स्थळाचे अक्षांश मोजायाचे आहेत त्या स्थळाचे दृष्टिमर्यादे खालीं जीं नक्षत्रें जात नाहींत, आणि ज्यांस ध्रुवसन्निध नक्षत्रें ह्मणतात, त्यांचे उन्नतीपासून.

दुसरी- त्या स्थळाचे दृष्टिमर्यादेपासून एका वर्षामध्यें सूर्याची लंबोन्नति ज्या काळीं फार मोठी आणि फार लघु असती, त्या काळीं ती मोजल्यापासून.

तिसरी- कोणतें नक्षत्र किंवा दुसरा खस्थ पदार्थ मध्यान्हवृत्तावर असतो, त्याकाळीं त्याचे उन्नतांश किंवा नतांश मोजल्यापासून.

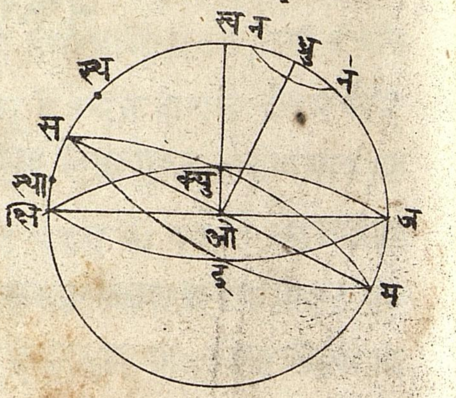
चवथी- जीं नक्षत्रें स्थळाच्या खस्वस्तिका सन्निध मध्यान्हवृत्तावरून जातात, त्यांचे नतांश मोजल्यापासून.

पांचवी- जेव्हां कोणी एक नक्षत्र मध्यान्ह वृत्तासन्निध असतें, त्याकाळीं त्याचे लंबोन्नतीचीं अनेक मानें मापून, तीं ग-

णितावरून मध्यान्ह रेषेस मिळविल्यावरून.

या पांच रीतींतून पहिली ध्रुवसंन्निध नक्षत्रांचे लंबोन्नतीवरून अक्षांश कळण्याची रीति प्रथम सांगतों.

आकृति ६



मनांत आणावें कीं ६ वे आकृतींत ख ध्रु ज म क्षि हें एकपोकळ खगोळामध्यें वृत्त आहे; तें असें कीं ज्या स्थळाच्या अक्षांशांचे गणित करायाचें आहे, त्याचे मध्यान्हरेषेशीं ते सरूप आहे. आणखी कल्पना करावी कीं, ओ हा पृथ्वीचा मध्य आहे, क्षिज ही वास्तविक दृष्टिमर्यादा आहे, सम हें समवृत्त आकाशापर्यंत वाढविलें आहे. ध्रु हा पृथ्वीचा उत्तरध्रुव आहे, आणि न हें ध्रुवसंन्निध नक्षत्र आहे, कीं ज्याचा वेध करणें आहे. न आणि न' या दोहोंचे पार विषुववृत्ताशीं समांतर वर्तुळ केलें आहे; पृथ्वीचे अर्ध दिवसाचे प्रदक्षिणेनें प्रतिदिवसीं आकाशांत त्यानक्षत्रास जें गमन दिसतें, त्या गमनाच्या मार्गे तें वर्तुळ दाखवितें. आतां ६ वी आकृती पाहिल्यानेंच लक्ष्यांत येईल कीं, हें नक्षत्र मध्यान्हरेषेवर ध्रु याच्यावरल्या आंगास जेव्हां येईल तेव्हां त्याचें उन्नत परम होईल, व त्याच्या खालचे आंगास जाऊन मध्यान्हरेषेवर येईल तेव्हां फार थोडें होईल. जर ध्रु याचें वरचें आंग न आणि खालचें आंग न' असें मानिलें, तर ज न ही त्या नक्षत्राची परम लंबोन्नति होईल. आणि ज न' ही लघुतम लंबोन्नति होईल. आतां ज न' हे दोनही

वर्तुळ

वर्तुळखंड मोजायाचे भागकळा काढलेलीं असीं काटकोण किंवा वर्तुळ यंत्रें आहेत, त्यांतून कोणत्या एकानें पाहून ते वर्तुळखंड मोजतां येतात, आणि त्यांतील अंश आणि अंशांचे विभाग कळतात. तसेंच नक्षत्राचें गमन न यापासून न' यापर्यंत ज्या वर्तुळांस घडलें असें दृष्टीस आलें, तें वर्तुळ समवृत्ताशीं समांतर आहे; कारण कीं जी पृथ्वीची गति यानक्षत्राचे आरोपित गतीस कारण होय, ती पृथ्वीच्या आंसावर लंब आहे, ह्मणोन नक्षत्राच्या आरोपित गमन मार्गावरही लंब आहे, आणि ती गति समवृत्ताशीं समांतर आहे. आणि समवृत्त ध्रु याभूमीच्या अग्रापासून ९०° या समान अंतरावर आहे, ह्मणोन न न' हें अर्धवर्तुळ ही ध्रु या पृथ्वीच्या अग्रापासून समान अंतरावर आहे- याकरितां ध्रु न' हा वर्तुळखंड ध्रु न याचे बरोबर आहे-

आतां ज न हा वर्तुळखंड अवलोकनावरून कळला आहे, तो ध्रु ज + ध्रु न याचे बरोबर आहे; आणि ज न' हाही वर्तुळखंड अवलोकनापासून कळला आहे, तो ध्रु ज - ध्रु न' अथवा ध्रु ज - ध्रु न याचे बरोबर आहे- या दोन रेषा एकत्र मिळविल्या असतां ज न + ज न' ही बेरीज २ ध्रु ज यांचे बरोबर आहे. यास्तव, ध्रु ज ह्मणजे दृष्टिमर्यादेपासून ध्रुवाची उंची, (जी ख स याच्या अक्षांशांचे बरोबर आहे ह्मणोन पूर्वी सांगितलें ती) ज न + ज न' याचा ½ याचे बरोबर, ह्मणजे ध्रुवसन्निध नक्षत्राची परम लंबोन्नति आणि लघु लंबोन्नति यांचे बेरिजेचे अर्धा बरोबर आहे. आतां या दोन

ही

ही लंबोन्नति वेधावरून कळल्या आहेत, ह्मणोन त्यास्थळाचे अक्षांश कळले असें झालें- यारीतीनें अक्षांश गणित करण्यामध्यें, वेधावरून समजलेले लंबोन्नतीस अंतरकोणाकरितां कांहीं संस्कार करण्याचें प्रयोजन नाहीं, कारण कीं ज्या खस्थाचें अवलोकन करणें तें स्थिरनक्षत्र आहे- त्याचा अंतरकोण पाहाण्यांत येत नाहीं. परंतु त्या लंबोन्नतीस दुसरा संस्कार करावा लागतो; कारण कीं या पृथ्वी सभोंवती जें वातावरण आणि मेघ आहेत, त्यांचें कार्य खस्थ पदार्थांचे दृश्यस्थळांवर अंतर कोणाच्या विपरीत घडतें. तें असें कीं अंतर कोणामुळें पदार्थ आकाशामध्यें खालीं दिसतात, परंतु जे प्रकाशाचे किरण वातावरणास भेदून येतात ते परावर्तन पावून खालीं नमतात, त्यामुळें ज्या पदार्थापासून किरण येतो, तो पदार्थ आकाशामध्यें आपले वास्तविक स्थितीपेक्षां अधिक उंच दिसतो- या किरण वक्रीभवनें करून पदार्थ किती उंच होतात, हें त्यापदार्थाची उंची जशी अधिक उणी असेल तदनुसार भिन्न आहे; आणि ते पदार्थ किती उंच होतात, ती उंची लंबोन्नतीकरितां जे कोष्ठक केले असतात, त्यांमध्यें लिहिली असती; आणि उघड आहे कीं अवलोकनापासून पाहिलेले दृश्य लंबोन्नतीपासून ती वजा केली पाहिजे.

रीति दुसरी. स्थळाचे दृष्टिमर्यादेपासून एकावर्षामध्यें सूर्याची लंबोन्नति ज्याकाळीं फार मोठी आणि फार लघु असती, त्याकाळीं ती मोजल्यापासून अक्षांश आणण्याची. यारीती-

चें

चें निरूपण करितों.

ज्या मार्गामध्यें सूर्याची आरोपित वार्षिक गति आकाशांत घडती, आणि ज्या मार्गास क्रांतिवृत्त ह्मणतात, तो मार्ग एका स्थळीं समवृत्तापासून सुमारें २३° २८ उत्तरेचे बाजूस आहे, आणि त्याचे बरोबर समोरच्या बिंदूवर तो समवृत्तापासून तितकेच अंश आणि तितक्याच कळा दक्षिणेचे बाजूस आहे. हे क्रांतिवृत्ताचे दोन बिंदु समवृत्तापासून सर्वांपेक्षां अतिदूर आहेत; आणि क्रांतिवृत्त आणि विषुववृत्त हीं ज्या दोन बिंदूवर परस्परांस छेदितात, आणि ज्यांस विषुव ह्मणतात, त्यांपासून बरोबर ९०° अंतरावर आहेत. या दोहोंतून पहिल्या बिंदूवर सूर्य जून महिन्याचे २२वे तारिखेस असतो; आणि दुसऱ्या बिंदूवर डिसेंबर महिन्याचे २२वे तारिखेस असतो. यांकरितां पृथ्वीचें उत्तराग्र आणि अक्षांश २३° २८ या दोहोंमध्यें राहाणारे जे पुरुष आहेत त्या सर्वांस जून महिन्याचे २२ वे तारिखेस सूर्य ज्याकाळीं मध्यान्हरेषेवर येईल, त्याकाळीं तो त्यांचे दृष्टिमर्यादेपासून अतिउंच दिसेल, ह्मणजे वर्षामध्यें इतर सर्व दिवसांपेक्षां त्यादिवसीं लंबोन्नति अति मोठी होईल; आणि याच प्रकारें डिसेंबर महिन्याचे २२वे तारिखेस तो मध्यान्ह रेषेवर असतां, त्याची लंबोन्नति अति लघु होईल. मनांत आणावें कीं, ६वे आकृतींत स्थ हें त्याचें प्रथम सांगितलेलें स्थल आहे, आणि स्थ हें दुसरें आहे. आतां स्थ आणि स्थ हे स या विषुवृत्तावरील बिंदूपासून २३° २८ यासमान अंतरावर आहेत, यास्तव स स्थ आणि स स्थ हे

बरोबर

बरोबर आहेत. या दोनही स्थळीं सूर्य बिंबकेंद्राचे लंबोन्नतीचीं मानें यंत्रानें वेधकरून मोजावीं लागतात; आणि त्यांस अंतरकोण आणि वक्रीभवनकोण यांमुळें शुद्ध केल्यावर त्यांपासून **क्षिस्थ** आणि **क्षिस्थं** हीं वर्षांतील सूर्याचे लंबोन्नतीचें अति मोठें व अति लघु अशीं दोन मानें सांपडतात. आतां **क्षिस**=**क्षिस्थ**-**सस्थ**, आणि **क्षिस**=**क्षिस्थं**+**सस्थं** किंवा **क्षिस्थं**+**सस्थ** याकरितां २**क्षिस**=**क्षिस्थ**+**क्षिस्थं** या बरोबर; आणि **क्षिस** ह्मणजे दृष्टिमर्यादेपासून समवृत्ताची उंची अथवा स्थळाचे लंबांश, ते, वर्षांतील सूर्याची अति मोठी आणि अति लघु लंबोन्नती या दोन मानाचे बेरिजेच्या अर्धा बरोबर आहेत. परंतु सूर्य ज्याकाळीं पाहाणाराचे मध्यान्हरेषेवर येतो, त्याकाळीं तो परमक्रांति बिंदुवर ह्मणजे समवृत्तापासून अति दूर बिंदूवरच बरोबर असतो असें व्यवहारांत क्वचित् घडतें- असें बहुधा होतें कीं, तो त्या बिंदूवरून चालून पुढें गेला असतो, किंवा त्या बिंदूवर आलाच नसतो, यामुळें वेधानें पाहिलेले लंबोन्नतींस कांहीं संस्कार करून बरोबर आणाव्या लागतात- तसें सूर्याचें केंद्र बरोबर पाहातां येत नाहीं, ह्मणोन वरच्या किंवा खालच्या परिधिभागाची उन्नति मोजून त्यांत त्रिज्या मिळवून किंवा वजा करून केंद्राचें उन्नत आणावें.

तिसरी रीति. कोणतें नक्षत्र किंवा ग्रह मध्यान्हरेषेवर असतो, त्याकाळीं त्याचें उन्नत, किंवा नत ह्मणजे शिरबिंदूपासून अंतर मोजल्यानें अक्षांश काढण्याची.

ही

ही अक्षांश काढण्याची रीति बहुधा साधारण भूगोल शास्त्रांतील कामांत घेत असतात- तिची कृति फार सरळ आहे, कारण तिला एकवेळ मात्र आकाशामध्यें वेध करावा लागतो, आणि त्या वेधापासून फळ लागलेंच प्राप्त होतें. हीच रीति समुद्रांत ही अक्षांश काढण्याविषयीं कांहीं फेरफार करून उपयोगी पडती, परंतु त्याविषयीं कांहीं विचार पुढें सांगायाचा आहे, याकरितां जमिनीवरून पाहाणारास जी रीति उपयोगी ती मात्र आतां सांगतों.

मनांत आणा कीं, ६ वे आकृतींत कोणीएक नक्षत्र किंवा दुसरें खस्थ **स्थ** याठिकाणीं विषुववृत्ताचे वरचेबाजूस आहे, आणि **स्थं** याठिकाणीं विषुववृत्ताचे खालीं आहे. आतां हें खस्थ ज्याकाळीं मध्यान्हरेषेवर असेल, त्याकाळीं अवलोकन करून कोण मापिला पाहिजे- कल्पना करा कीं, **खस्थक्षि** हा आकाशांत मध्यान्हवृत्ताचा एक खंड आहे, आणि **सम** हें समवृत्त आहे. आतां जर उन्नतांश वेधानें मापिले तर **क्षिस्थ**, किंवा **क्षिस्थं** हा वर्तुळखंड अवलोकनावरून समजतो; जर नतांश घेतले तर **खस्थ** अथवा **खस्थं** हे वर्तुळखंड कळतात. ज्या खस्थाचा वेध केला, तें जर सूर्य किंवा चंद्र असेल, तर त्यास अंतरकोण आणि किरणवक्रीभवन यांचा संस्कार करून बरोबर आणिलें पाहिजे- जर तें खस्थ स्थिर तारा असली, तर त्यास किरण वक्रीभवन संस्कार मात्र केला पाहिजे- आतां **सक्षि** ही विषुववृत्ताची दृष्टिमर्यादेपासून उंची स्थळाचे लंबांशां बरोबर आहे ह्मणो-

न

न पूर्वीं सिद्ध केलें आहे, आणि **सस्थ** हे विषुववृत्ताचे नतांश अक्षांश होत, याकरितां या दोहोंतून कोणत्या तरी एकाचें मान कळलें पाहिजे. ह्मणोन स्पष्ट आहे कीं जर वेध केलेल्या खस्थाचें विषुववृत्तापासून अंतर ह्मणजे **सस्थ** अथवा **सस्थं** हें कळेल, तर वेधापासून समजलेले लंबोन्नतींतून **सस्थ** वजा केल्यानें किंवा **सस्थं** मिळविल्यानें लंबांश कळतील; आणि जर तें खस्थ विषुववृत्ताचे वरचे बाजूस आहे तर लंबोन्नतींत **सस्थ** मिळवावा, आणि खालीं आहे तर **सस्थं** वजा करावा ह्मणजे अक्षांश निघतील. आतां **सस्थ** अथवा **सस्थं** हें मध्यान्हरेषेवर मापिलेलें विषुववृत्तापासून खस्थाचें अंतर आहे, यास त्या खस्थाची क्रांति ह्मणतात; जर खस्थ उत्तर ध्रुव आणि विषुववृत्त यांच्यामध्यें असलें, तर उत्तरक्रांति ह्मणतात; जर विषुववृत्ताच्या पलीकडे असलें तर दक्षिण क्रांति ह्मणतात; ही क्रांति वेध करणारानें गणितावरून आणावी. किंवा ती ज्योतिषाच्या कोष्ठकांतून घ्यावी. नाटिकल आल्मनाक ह्मणोन विलायतेमध्यें सरकार आज्ञेवरून प्रतिवर्षास एक गणितोपयोगी ग्रंथ छापित असतात. या ग्रंथामध्यें सूर्य आणि चंद्र यांची वर्षांतील प्रतिदिवसींची क्रांति लिहिली असती. या रीतींचें जें वर निरूपण केलें, त्यापासून ही एक खालीं लिहिलेली साधारण रीति उत्पन्न होती. जर कोणी खस्थाची क्रांति आणि अक्षांश हे दोनही सरूप ह्मणजे दोनही उत्तर किंवा दोनही दक्षिण असतील, तर ती क्रांति वेधावरून समजलेल्या नतांशांस

संस्कार

संस्कार करून मिळवावी, ह्मणजे ती बेरीज अक्षांश होतील; किंवा तीच क्रांति वेधावरून समजलेले उन्नतांश शुद्ध करून त्यांतून वजा करावी ह्मणजे ती वजाबाकी लंबांश होतील. जर त्या खस्थ पदार्थाची क्रांति व अक्षांश हीं दोनही विरूप असलीं, तर ती क्रांति नतांशापासून वजा केल्यानें, आणि उन्नतांशांस मिळविल्यानें अक्षांश आणि लंबांश हे कळतील.

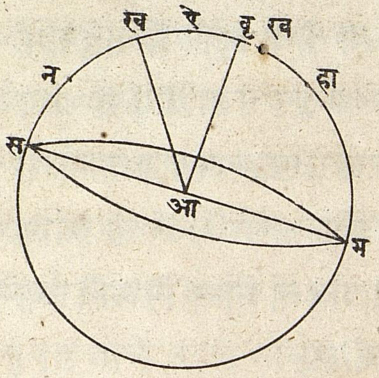
चवथी रीति. जीं नक्षत्रें पाहाणाराचे शिरोबिंदू सन्निध मध्यान्हरेषेवरून जातात, त्यांचे नतांश मोजल्यापासून अक्षांश काढण्याची.

या रीतीपासून दोन स्थळांच्या अक्षांशांची वजाबाकी कळती, ह्मणजे पूर्वी एका स्थळाचे अक्षांश कळले असतां त्यावरून दुसऱ्याचे कळतात. दोनही स्थळें एकाच मध्यान्हरेषेवर असावीं हें अवश्य नाहीं; परंतु नक्षत्र मात्र दोनही स्थळांच्या शिरोबिंदूजवळून जाणारें असें असलें पाहिजे. वेध बहुत करून दोनही ठिकाणीं एकाच दिवसीं करीत असतात, जर वेगवेगळ्या दिवसीं केले तर अनेक संस्कार करावे लागतात; परंतु हें जसें चुकेल तसें करावें हें बरें.

या रीतींत ज्या यंत्रेंकरून काम करितात, त्याचें इंग्रेजी भाषेंत झेनिथसेक्टर असें नाव आहे. त्याणें अति लहान नति ही फार बराबर मापितां येतात. कल्पना करावी कीं ७वे आकृतींत **खखं** हे दोन कोणत्या दोन स्थळांचे शिरबिंदु आहेत, **सम** हें विषुववृत्त आहे, आणि दुसरें मनां-

त

आकृती ७



त आणावें कीं ज्या स्थळाचा शिरबिंदु ख आहे, त्याचे अक्षांश, ह्मणजे खस हा वर्तुळ खंड कळला आहे, आणि ज्या स्थळाचा शिरबिंदु खं आहे, त्याचे अक्षांश ह्मणजे खंस हे कळायाचे आहेत. जेव्हां न हें नक्षत्र दोनही स्थळांचे मध्यान्हरेषेवर येतें, तेव्हां त्याची नति वेधावरून कळली पाहिजे. या वेधावरून खन आणि खंन हीं कळतात. जर या काढलेल्या आकृती प्रमाणें न हें नक्षत्र दोनही शिरबिंदूंचे दक्षिणेस असलें, वर किंवा दोघांचेही उत्तरेस असलें, तर खंन − खन ह्मणजे अवलोकनावरून कळलेल्या दोघांच्या नतांशांचे अंतर खखं हेंही कळेल. जर न हें खस्थ एका शिरोबिंदूचे उत्तरेस आणि दुसरे शिरोबिंदूचे दक्षिणेस असलें, तर खन + खंन ह्मणजे दोन नतींची बेरीज खखं याचे बरोबर होईल. आतां आकृती पाहिल्यावरून कळतें कीं, खखं हें दोन स्थळांच्या अक्षांशांचे अंतर आहे; याकरितां त्या दोन स्थळांतून एकाचे अक्षांश खस हे ठाऊक आहेत. ह्मणोन दुसऱ्या स्थळाचे अक्षांश खंस = खस + खखं आहे असें कळून येतें. इंग्लंड देश त्रिकोण मितीनें मापिला, त्यासमयीं ही रीति कामांत घेतली होती, हीपासून अक्षांशांचें फार सूक्ष्म मान कळतें.

पांचवी रीति - जेव्हां कोणी नक्षत्र वेध करणाराचे म-

ध्या-

ध्यान्हरेषेवर असतें, तेव्हां वारंवार अनुक्रमें करून लंबोन्नतीचीं भिन्न भिन्न मानें पाहिल्यापासून अक्षांश कळण्याची. वर सांगितल्या प्रमाणें मापिलेलीं अनेक लंबोन्नतींचीं जीं मानें असतात, त्यांच्या आधारानें गणित करून त्यावरून त्या नक्षत्राचे वास्तविक मध्यान्हरेषेवरील उन्नतांशांचें फार सूक्ष्म मान कळतें. त्या गणिताची फार खटपट आहे, ह्मणोन एथे लिहितां येत नाहीं. याप्रकारें करून नक्षत्राची लंबोन्नति कळल्यावर तिसरे रीतीनें स्थळाचे अक्षांश कळतात. या रीतीपासून अक्षांश विकळेच्याअवयवांपर्यंत कळतात; आणि ही रीति फ्रेंच यांणीं आलीकडे मध्यान्हरेषेचा वर्तुळखंड मोजतेवेळेस कामांत घेतली होती.

समुद्रामध्यें वर सांगितले रीतींतून तिसरी वांचून कोणती उपयोगी पडत नाहीं; कारण पहिल्ये आणि चवथे रीतींत ज्या यंत्रें करून वेध करायाचे तीं यंत्रें फार सूक्ष्म रीतीनें स्थळ साधून ठेविलीं पाहिजेत, तें समुद्रांत गलबताचे विषम गतीमुळें घडत नाहीं, आणि चवथी रीति सगळ्या ठिकांणीं लागतही नाहीं; आतां समुद्रांत फळ त्वरित कळलें पाहिजे, ह्मणून दुसरी रीति केवळ निरुपयोगी हें तर उघड आहे; पांचवीचे गणिताची फार खटपट आहे ह्मणोन जाहाजांत ती कामास येत नाहीं. समुद्रामध्यें हाड्लीस* सेक्स्टंट या नावाचें यंत्र कामांत घेतात. त्याणें कोणतेही कोन मोजतां येतात; आणि तें लावण्याची कांहीं खटपट नाहीं, पाहाणा-

रानें

* ह्मणजे हाड्ली याणें केलेलें.

रानें हातीं धरल्यानें काम होतें. समुद्रामध्यें दृष्टिमर्यादा स्पष्ट कळती, ह्मणोन खस्थ पदार्थांची लंबोन्नति मापितात-जेव्हां सूर्य किंवा दुसरें खस्थ मध्यान्हरेषेजवळ येऊं लागतें, त्याकाळीं हीं मापें घेण्यास प्रारंभ करितात, आणि त्याचे लंबोन्नतीचें मोठें मान होऊन ती कमी होऊं लागली असें लक्ष्यांत येई तंवपर्यंत चालवितात. तें खस्थ आपले अति लंबोन्नतीचे समयीं पाहाणाराचे मध्यान्हरेषेवर असतें. यास्तव तिसरे रीतींत आहे त्याप्रमाणें तें खस्थ जर विषुववृत्ताचे खालीं ह्मणजे दक्षिणेस आहे आणि अक्षांशही दक्षिणच आहेत तर त्याचें आणि विषुववृत्ताचें अंतर लंबोन्नतींत मिळविल्यानें, आणि जर वर ह्मणजे उत्तरेस आहे आणि अक्षांशही उत्तर आहेत तर वजा केल्यानें लंबांश उत्पन्न होतात. सूर्य किंवा चंद्र यांशीं बहुधा मापें घेतात; प्रतिदिवशींच्या क्रांति नाटिकल आल्मानाक् यांत प्रतिवर्षी छापीत असत-वेधानें कळलेल्या उन्नतांशांस अंतर कोन आणि किरण वक्रीभवन यांचा संस्कार केला पाहिजे. याखेरीज पाहाणारा समुद्रापेक्षां उंच असतो, ह्मणून दृष्टिमर्यादा खालीं जाऊन खस्थाच्या लंबोन्नति वास्तविक आहेत, त्यापेक्षां अधिक दिसतात, ह्मणोन दुसरा एक संस्कार करण्याचें प्रयोजन पडतें.

परंतु असें बहुधा घडतें कीं जेव्हा सूर्य किंवा चंद्र मध्यान्हीं येतो, तेव्हां अभ्रामुळें अवलोकनांत येत नाहीं. अशेवेळेस तो मध्यान्हीं नसतांही भिन्न काळीं दोन वेळ त्या-

ची

ची लंबोन्नती मापिल्यानें, आणि अवलोकनांच्या मध्यें किती काळ जातो तो मोजिल्यानें अक्षांश कळतात-खधु (आ०६) ह्मणजे लंबांश हे तीन वर्तुळ त्रिकोणानीं निघतात-परंतु हा केवळ गणित शास्त्राचा विषय, ह्मणोन एथे सांगण्याचें प्रयोजन नाहीं.

प्रकरण ५.

या प्रकरणांत रेखांश, काळमानाची रीति, नाक्षत्रमान-दृश्यसौरमान-मध्यमसौरमान-काळाचें समीकरण-इतके विषय सांगितले आहेत.

पूर्वीच्या प्रकरणांत सांगितले रीतींतून कोणत्ये एके रीतीनें स्थळाचे अक्षांश समजल्या नंतर, त्या स्थळाच्या रेखांशांचा विचार केला पाहिजे. ह्मणजे जीस मुख्य मध्यान्हरेखा* ह्मणतात, तीपासून किती दूरचे समांतर रेषेवर तें स्थळ आहे याचा विचार केला पाहिजे. विलायतेमध्यें ग्रीनिच शहरांत वेधशाळा आहे, त्याची जी मध्यान्हरेखा तिला बहुधा मुख्य मध्यान्हरेखा मानितात. स्थळाचे रेखांश समजण्या करितां अनेक युक्ति लोकांनीं काढिल्या आहेत. कसें ही पाहिलें असतां हा विषय फार मोठा आहे; कारण

याचा

*या देशचे ज्योतिषकार लंकेची रेखा मुख्य गणितात, आणि तीपासून पूर्व पश्चिम जें अंतर असेल त्यास देशांतर ह्मणतात. ही रेषा मोंगलाचे मुलुखांत जोगाईचे अंब्याजवळ परळीगांव आहे तीजवरून जाती असें मानितात. तीपासून पंढरपुरीं १६ योजनें ह्मणजे ६४ कोश पश्चिम अंतर मानून गणित करितात, आणि मुंबईत ३७ योजनें ह्मणजे १४८ कोश मानितात.

याचा उपयोग व्यापारांत आणि शास्त्रांत फार आहे. परंतु अक्षांश जसे बरोबर कळतात तसे रेखांश कळावे याकरितां इतके वर्षांपासून विलायतेंत लोकानीं श्रम केले, व सरकारानें ही त्यांस मदत केली, ती आजून पर्यंत सफळ झाली नाहीं.

रेखांश समजण्याच्या सर्व रीतींस काळमानाचा आधार आहे, यास्तव रेखांशांचें स्पष्ट ज्ञान होण्याकरितां काळाचें मान कसें सांपडतें हा विचार कांहीं विस्तारें करून सांगीतला पाहिजे.

वास्तविक पाहिलें असतां काळ स्वभावें करून अवयव शून्य आणि निर्विभाज्य आहे; परंतु काळांत ज्या क्रिया घडतात, त्या एकमेकींशीं मिळवून पाहिल्या असतां, त्यांचे समाप्तीस अधिक उणा काळ लागतो, त्याच्या योगानें काळाचें मान समजण्यांत येतें या धर्माविषयीं काळ आणि अवकाश हे समान आहेत; अवकाश स्वभावें करून अविभाज्य आहे; त्या अवकाशाचे स्वरूपांत विभाग दाखविणारीं चिन्हें अथवा धर्म नाहींत. परंतु अवकाशामध्यें जे पदार्थ राहतात त्यांच्या योगानें अवकाशाचे विभाग आहेत अशी आह्मी कल्पना करितों. अचकाशाचे किभाग मानण्याविषयीं पदार्थ जें काम करितात, तेंच काम काळाविषयीं क्रिया करितात, ह्मणजे काळाचें मान समजण्याविषयीं क्रियांपासून आह्मास साधन मिळतें. त्या क्रियांच्या स्थिति ह्मणजे राहाण्याचे

अव-

अवधि परस्परांशीं न्यूनाधिक पाहिल्यानें काळ मापितां येतो; परंतु हें कृत्य बरोबर करितां येण्यास कांहीं एक समान काळांत सर्वदा होणारी कांहीं तरीं नियमित क्रिया पाहिजे; कीं जीशीं न्यूनाधिक पाहून इतर सर्व क्रियांचे स्थितींचें मान व्हावें. यावांचून असें होईल कीं दुसरे कोणत्ये क्रियेस किती काळ लागला याचा बरोबर निश्चय होणार नाहीं; त्याविषयीं संशय राहील. याविषयीं ही पुनः काळामध्यें आणि अवकाशामध्यें सादृश आहे. तें असें कीं, अवकाशाच्या मापामध्यें कांहीं तरी नियमित प्रमाण लागतें. तें ठरविण्याकडे मुळापासून लोकांचें लक्ष्य आहे, असें प्राचीन इतिहासांत ही आढळतें. विलायतेंत प्रथम हेन्रीनामें राजा झाला, त्याणें आज्ञा केली कीं लांबीचें मान बरोबर आपले भुजा इतकें असावें. तें त्याप्रमाणें आजून तेथें चालत आहे. त्यास यार्ड असें ह्मणतात. परंतु पुढें हें यार्डनांवाचें माप ज्या मूळच्या मापाशीं मिळवून पाहून बरोबर करितां यावें, तें मूळचें प्रमाण त्या राजाबरोबर गेलें. याकरितां उघड आहे कीं, मापाचें नियमित प्रमाण योजण्याकरितां असा कांहीं पदार्थ पाहिजे कीं, ज्यास क्षय किंवा रूपांतर नाहीं-याकरितां विलायतेंतील सरकारानें शास्त्र्यास अनुसरून वजनांविषयीं व मापांविषयीं आलीकडे हुकुम केला आहे, त्यांत लंडन शहरामध्यें मध्यम मानाचे सेकंद ज्याणें वाजतात, तो आंदोलक यार्डाचें निश्चित प्रमाण ठरविलें आहे. या सृष्टीमध्यें काळाचें नियमित

मित प्रमाण ठरविण्या करितां अनेक घटना अथवा क्रिया शोधूं लागल्या वरून लक्ष्यांत आलें आहे कीं, या कृत्यास जे धर्म पाहिजेत, ते सर्व पृथ्वीचे आपले आंसा सभोंवते गतीमध्यें आहेत, या क्रियेची स्थिति व्यभिचारा वांचून सर्वदा समान आहे, आणि या सृष्टीमध्यें अशा क्रिया मनुष्यांस ज्या कळल्या आहेत, त्यांतली ही एक आहे. यास्तव पृथ्वीस आपले आंसा सभोंवती एक प्रदक्षिणेस जो काळ लागतो, तो बरोबर आणि पूर्ण प्रमाण होयकीं ज्यावरून दुसऱ्या क्रियांमध्यें काळ किती गेला याचा निर्णय होईल. त्याप्रदक्षिणेस जो अवकाश लागतो त्याचाह्मणजे त्याप्रदक्षिणेचा प्रारंभ आणि समाप्ति यांचा निश्चय स्थिरतारांवरून होतो-स्थिरतारांस प्रतिदिवसीं जें गमन दिसतें, तें पृथ्वीच्या दैनंदिनगती मुळें भासतें; ह्मणोन जर कोणी एक स्थिर तारा कोणत्या एका स्थळाच्या मध्यान्हरेषेवर असली, तर पृथ्वीची गति पश्चिमेपासून पूर्वेकडे आहे यामुळें स्थिरतारा पश्चिमेकडेस जाती असें भासतें, आणि जेव्हां ३६०° गमन करून ती तारा त्याच मध्यान्हरेषेवर पुनः येती, तेव्हां पृथ्वीची एक संपूर्ण प्रदक्षिणा झाली असें समजावें. ही प्रदक्षिणा होण्यांत जो काळ जातो, तो काळाचें, नियमित मूळ प्रमाण होय. या काळास नाक्षत्र दिवस ह्मणतात, कारण आकाशामध्यें एकाच जागेंत नक्षत्राचे पुनः पुनः येण्यावरून पृथ्वीचे प्रदक्षिणेचा काळाचा निश्चय होतो, यावरून या दिवसाचें मान कळतें. हें

प्रमाण

प्रमाण एकवेळ ठरविल्यावर मग इच्छेस येतील तसे त्याचे विभाग कल्पितां येतील-या रीतीनें मोजलेले काळाचें अवयवांस नाक्षत्र मान ह्मणतात. जोतिष शास्त्रांतील गणितोपयोगी कित्येक घड्याळें या मानाचा काळ दाखवितात.

परंतु प्रपंचांतील साधारण उद्योगांमध्यें सोईचा नियम सांपडण्या करितां अवश्य पडलें कीं सूर्य संबंधी कांहीं दुसरें प्रमाण मिळावें. आतां स्थिर तारांविषयीं जसें सांगितलें, तसेंच पृथ्वीचे आंसा सभोंवते गतीमुळें सूर्यही प्रतिदिवसीं पूर्वेपासून पश्चिमे कडेस जातो असें दिसतें. जेव्हां सूर्य कोणी एका स्थळाचे मध्यान्हरेषेवर असतो, त्याकाळीं तेथे दृश्य मानानें मध्यान्ह होतो, किंवा व्यवहार सांप्रदायाप्रमाणें ह्मटलें असतां दोन प्रहर होतात. या घटिके नंतर सूर्य मध्यान्हरेषा सोडून पश्चिमे कडेस जातो असें दृष्टीस येतें. या रीतीनें तो दृष्टिमर्यादेच्या खालीं पश्चिमे कडेस जाता जातां शेवटीं पुनः आपले उदय बिंदूवर येतो; आणि आपला दैनंदिन मार्ग क्रमून पुनः त्याच मध्यान्हरेषेवर येतो, जीवर तो पूर्व दिवशीं दृश्य मानानें दोन प्रहरचे समयीं दिसला होता. कोणत्ये स्थळाचे मध्यान्हरेषेवर सूर्य दोनवेळ पुनः पुनः येतो, त्या येण्यामध्यें जो काळ जातो त्यास सौर दिवस ह्मणावें. सौर दिवस नाक्षत्र दिवसापेक्षां अधिक लांब असतो; कारण जर कोणत्या एका दिवसीं सूर्य आणि एक

नक्षत्र

नक्षत्र हीं कोणी एकास्थळाचे मध्यान्हरेषेवर बरोबर आलीं, तर तें नक्षत्र दुसरे दिवशीं त्यामध्यान्हरेषेवर सूर्य येण्याचे पूर्वी कांहीं पळें येईल. या प्रकारें करून सूर्य आणि स्थिर नक्षत्र यांस मध्यान्हरेषेवरून जाऊन तीजवर परत येण्यास जो काळ लागतो त्यांत अंतर पडतें, त्याचें कारण कीं सूर्य प्रतिवर्षी आपले कक्षेंत पश्चिमे कडून पूर्वेकडेस जातो, आणि ही गति त्यास प्रति दिवसीं मध्यान्हरेषेवर आणणारे गतीशीं विरुद्ध आहे; यामुळें केवळ पूर्वे कडून पश्चिमे कडे जीस गमन आहे. अशी जी स्थिर तारा, ती मध्यान्हरेषेवर सूर्या पूर्वी येती; सूर्याची पश्चिमे कडून पूर्व दिशेस मध्यान्ह रेषेबाहेर जी वार्षिक गति, तिचा प्रतिदिवसीं विभाग सुमारें ५९′ ८″, ह्मणजे सुमारें एक अंश इतका होतो. हा सुमारें ९ पळां बरोबर आहे.

एकुणसाठ कळा आठ विकळा ही सूर्याची प्रतिदिवसींची मध्यम गति असें ह्मणण्याचें कारण हें कीं कोणे समयीं त्याची गति ५९′ ८″ पेक्षां अधिक असती, कोणे समयीं कमी असती यावरून सिद्ध होतें कीं सूर्य कोणी एका स्थळाची मध्यान्ह रेषा सोडून तीवर पुनः येई पर्यंत मध्यें जो काळ जातो, त्याची लांबी न्यूनाधिक असती. यास्तव दृश्य सौर दिवस, ह्मणजे सूर्य एके मध्यान्हरेषवर दोन वेळ येतो. त्याचे मध्यें जो काळ जातो, तें काळाचें नियमित प्रमाण केल्पून स्वीकारितां येत नाहीं, कारण कीं तें मान

अधिक

अधिक उणें होतें. असें आहे ह्मणून एक कल्पित सौरदिवस मानिला आहे, त्यास मध्यम सौर दिवस ह्मणतात, त्याची लांबी वर्षांतील सर्व दृश्य दिवसांची बेरीज करून त्या बेरिजेच्या विभागावरून कल्पिली आहे, आणि त्या त्या काळींचे मध्यम सौर दिवसांचें आणि दृश्य सौर दिवसांचें जें अंतर असतें, त्यास काळाचें समीकरण ह्मणतात.

जेव्हां काळ दृश्य सौर दिवसावरून मापितात, तेव्हां त्यास काळाचें दृश्य मान ह्मणतात; जेव्हां मध्यम सौर दिवसावरून मोजतात तेव्हां काळाचें मध्यम मान ह्मणतात. व्यवहारांत दिवस* यंत्र करितात, त्यावरून काळाचे दृश्य मानानें तास कळतात. काळमापक ह्मणोन यंत्रें असतात, तीं, व लाहान आणि मोठीं आपाप वाजणारीं घडयाळें काळाचे मध्यम मानाचें तास दाखवायास केलेलीं असतात. दृश्य सौर दिवस आणि मध्यम सौर दिवस या दोहोंचे ही २४ तास कल्पितात आणि ज्योतिषाचीं कृत्यांसाठीं ते दोन ही मध्यान्हापासून मध्यान्ह पर्यंत गणितात. मध्यम मानाचे दिवसाची लांबी सर्वदा समान असती; आणि तो दिवस नाक्षत्र दिवसापेक्षां मोठा आहे खरा; परंतु त्याच्या मानाचा अधिकपणा ह्मणजे ५९′ ८″ अंतरांतून पृथ्वीचे आंसावरील गतीने जो काळ ह्मणजे ९ ५/६ पळें लागतो तो सर्वदा समान असतो.

यावरून मध्यम मानाच्या दिवसांचा आणि सेकंद यां-

त्या

* हें यंत्र सूर्याचे छाये वरून दिवसाचे तास कळायासाठीं करित असतात.

ज्या समानपणा आणि सारिखी लांबी यांस वास्तविक आधार पृथ्वीचे आपले आंसा सभोंवते गतीचा आहे. ती गति सर्वदा समान आणि बरोबर आहे; आणि मध्यम मानाचे सेकंद ज्या आंदोलकानें वाजतात त्या आंदोलका पासून सांपडलेल्या काळमानाचा या पृथ्वीचे गतीवरून निश्चय होतो, आणि तीवरून तें शुद्ध करितां येतें. पूर्वी सांगीतलें कीं लंडन शहराचे मध्यान्ह रेषेवर मध्यम मानाचे सेकंद वाजविणाऱ्या आंदोलकाच्या प्रमाणावरून सर्व मापें आणि वजनें करण्याविषयीं आली कडे विलायतेंत सरकारानें आज्ञा केली आहे; यावरून चमत्कार हा वाटतो कीं, जसा काळाच्या मानास पृथ्वीचे दैनंदिन गतीचा आधार आहे, तसाच विलायतेमध्यें लांबीचे, मोजायाचे, व वजनाचे मापांसही तोच आधार झाला आहे.

प्रथम एप्रिल महिन्याचे १५वे तारिखेस किंवा त्या संधीस दुसऱ्यानें सप्तंबर महिन्याचे १ले तारिखेस किंवा त्या संधीस तिसऱ्यानें जून महिन्याचे १५ते तारिखेस किंवा त्या संधीस आणि चवथ्यानें डिसेंबर महिन्याचे २४वे तारिखेस किंवा त्या संधीस या चार दिवसींच मात्र वर्षामध्यें काळाचें मध्यम मान आणि दृश्य मान हीं मिळतात. ह्मणजे असें. या चार दिवसीं जेव्हां सूर्य कोणी एका स्थळाचे मध्यान्ह रेषेवर असतो, आणि जेव्हां त्या स्थळीं छाया दिनयंत्रावर बाराच्या तासाचे अंकावर पडती, तेव्हांच त्या स्थळीं बरोबर लाविलेलें आणि काळाचें मध्यममान दाखविणारें काळमापक यंत्र किंवा

किंवा घड्याळ यांत बारा वाजतात. या चार दिवसां वांचून असें कधीं होत नाहीं. वर्षामध्यें या दिवसां खेरीज नेहेमी काळाचें दृश्य मान आणि मध्यममान यांत अंतर असतें. या अंतरास कारण असें आहे कीं पृथ्वीचें गमन आपले कक्षेंत सर्वदा समान असत नाहीं. आणि ती कक्षा विषुव वृत्ताशीं तिर्कस आहे. हें अंतर प्रतिदिवसीं किती असतें याचें गणित सहज करितां येतें; त्यास काळाचें समीकरण ह्मणतात. कारण कीं तें दृश्य मानाच्या सौर दिवसांतून वजा केलें असतां किंवा मिळविलें असतां मध्यम सौर दिवसांचें मान निघेल हें काळाचें समीकरण प्रतिदिवसीं किती, तें नाटिकल आल्मानक पुस्तकांत छापिलें असतें; आणि मध्यम सौर दिवस कळण्यासाठीं तें मिळविलें पाहिजे किंवा वजा केलें पाहिजे हें ही लिहिलेलें असतें. सन १८३६चें पंचांग इंग्रेजी रीतीचें मुंबईत छापिलें आहे, त्यांत हें समीकरण मध्यमदृश्य काळांतर या कोष्टकांत प्रतितारिखे समोर लिहिलें आहे.

प्रकरण ६

या प्रकरणांत रेखांश काढायाच्या रीति सांगीतल्या आहेत.

दिवसाचा काळ मोजण्याची मूळ कल्पना वर सांगीतली, तीचे आधारावर रेखांश काढण्याच्या रीति आहेत.

हेत.

दृश्य मानाचे दिवसाचे २४ तासांनीं सूर्य पूर्व दिवसीं सोडलेले मध्यान्हरेषेवर पुनः येतो; यावरून समजावें कीं तितक्या काळांत त्याचें ३६०° वर गमन झालें. आतां तें गमन सर्व काळ समान आहे. असें मानून हे ३६०° अंश २४ तासांनीं विभागिले असतां, दृश्य मानाचे एके तासांत तें गमन १५° रेखांशांच्या मानानें पडतें. ह्मणोन ग्रीनिच एथील मध्यान्ह वृत्तावर जेव्हां सूर्य येतो, ह्मणजे जेव्हां तेथे दृश्य मानानें बारा वाजतात, त्या नंतर दृश्य मानाच्या एका तासानें सूर्य ग्रीनिच याचे पश्चिमेस १५° रेखांशावर जातो, दोन तासांत ३०° पश्चिमेस जातो, ६ तासांत ९०° आणि १२ तासांत १८०° पश्चिमेस जातो, आणि अनुक्रमानें त्या त्या वेळेस ग्रीनिच शहराचे पश्चिमेस १५°, ३०°, ९०°, १८०°, अंतरावरच्या स्थळांच्या मध्यान्हरेषेवर सूर्य येतो, ह्मणजे त्या त्या ठिकाणीं दृश्य मानानें मध्यान्ह होतो, ह्मणजे १२ वाजतात. या चार ठिकाणीं जेव्हां मध्यान्ह होतो, तेव्हां अनुक्रमानें ग्रीनिच एथें दोन प्रहरांनंतर १, २, ६, आणि रात्रीचे १२ वाजतात.

१८०° पश्चिम रेखांशां पुढें पूर्व रेखांशांचा प्रारंभ होतो. या दोहोंत भेद इतकाच कीं, ग्रीनिच याच्या पश्चिमेस जीं स्थळें आहेत, त्यांचा मध्यान्ह मागून होतो, आणि त्यांचा काळ ग्रीनिच एथल्या पेक्षां कमी असतो; आणि पूर्वेस जीं स्थळें आहेत, तेथें मध्यान्ह पूर्वी होतो, आणि

त्यांचा

त्यांचा काळ अधिक असतो. याकरितां ग्रीनिच याचे पूर्वेस किंवा पश्चिमेस कोणत्या स्थळीं जेव्हां दृश्य मानानें मध्यान्ह होतो, तेव्हां ग्रीनिच एथे दृश्य मानानें दिवस किती आहे, हें कळलें असतां त्यास्थळाचे रेखांश लागलेच कळतील. तें असें कीं त्या दोन ठिकाणीं जे तास वाजले असतील, त्यांची वजाबाकी करून जें अंतर राहील त्यापासून प्रति दृश्य मानाचे तासास १५° चें प्रमाण घ्यावें, आणि तासांचे अवयवांस १५° चे अवयव घ्यावे. अशा मानानें जे अंश येतील ते रेखांश आणावे.

वर स्पष्टपणीं सांगितलें आहे कीं, दृश्य मानाच्या दिवसांत फेर असतो, यामुळें दोन ठिकाणच्या दृश्य काळांतरावरून रेखांश आणायास नीट पडत नाहीं. ह्मणोन मध्यम मानाच्या काळाचें अंतर घेतलें पाहिजे तें कसें घ्यावें हें सांगतों. पूर्वी लिहिलें कीं एका वर्षामध्यें चार वेळ काळाचें समीकरण कांहीं नसतें; ह्मणजे एका वर्षामध्यें चार दिवसीं क्षणमात्र मध्यममानाचा तास आणि दृश्य मानाचा तास हे बरोबर मिळतात. याचें स्पष्टीकरण. पंचांगावरून कळतें कीं सन १८२७ मध्यें डिसेंबर महिन्याचे २४ वे तारिखेस दृश्य मानाच्यामध्यान्ह समयीं मध्यम मानाच्या काळापुढें दृश्यमानाचा काळ २० मिन्युट ३ सेकंद इतका होता; ह्मणजे असें कीं, सूर्यावरून जेव्हां १२ वाजले होते, तेव्हां घड्याळांत १२ वाजायास २० मिन्युट ३ सेकंद कमी होते. यास्तव त्यावेळेस ग्रीनिच एथील मध्यम मान कळाया करितां अकली-

Oriental MSS. Library ... P.O. Madras

कने-

कना वरून समजलेल्या दृश्य मानांत २०´ ३″ सेकंद वजा केले
पाहिजेत. परंतु त्याच महिन्याचे २५ वे दिवसीं ह्मणजे दुसरे
दिवसीं मध्यान्ह समयीं दृश्यमान मध्यम मानापेक्षां ९´ ८″
सेकंद मागें राहील, या करितां काळाचें मध्यम मान समज-
ण्यासाठीं हें समीकरण दृश्यमानास मिळविलें पाहिजे. त्या
दिवसीं सूर्यावरून मध्यान्ह होईल, त्यासमयीं घड्याळ्यां-
त १२ तासांवर ९´ ८″ सेकंद अधिक झाले असतील. आतां ग्री-
निच याच्यामध्यान्ह रेषेवरून सूर्याचें जाणें दोन वेळ झा-
लें, त्याकाळामध्यें असें झालें कीं पूर्वी समीकरण ऋण ह्म-
णजे वजा करायाचें होतें तें मिळवायाचें झालें; यावरून क-
ळतें कीं तितक्या वेळामध्यें कोणते एके क्षणीं तें समीकर-
ण शून्य झालें असेल, आतां जाक्षणीं काळाचें समीकर-
ण ० असतें, त्यावेळीं ग्रीनिच एथे आणि पृथ्वीवर दुसऱ्या स-
र्व ठिकाणीं दृश्य मान आणि मध्यम मान हीं बरोबर हो-
तात. या करितां त्याक्षणीं ग्रीनिच आणि दुसरें कोणतेंही
स्थळ यांचे मध्यम मानांची वजाबाकी करून मध्यम मा-
नाचे प्रति तासास १५° अंश याप्रमाणें गणित केलें असतां
त्यावरून सर्व ठिकाणचे रेखांश निघतील. आतां हें उघड
आहे कीं, कोणते एके क्षणीं मध्यम मानाच्या काळाविषयीं
जें सिद्ध झालें, तें सर्वदा तसेंच सत्य होय; कारण काळाच्या
मध्यममानांत कधीं अंतर पडत नाहीं. यास्तव कोणते वेळे-
स ग्रीनिच आणि दुसरें कोणतें स्थळ, यांचे मध्यम काळ-
मानांचें अंतर केलें असतां त्यावरून त्या स्थळाचे रेखांश

समजतील

समजतील; तें असें कीं वर्षामध्यें कोणत्या एका दिवसीं ग्री-
निच एथील मध्यम काळमान, आणि त्याच वेळेस ज्या स्थ-
ळाचे रेखांश पाहिजेत त्यास्थळाचें मध्यम काळमान कळ-
ल्यावर त्यांचें अंतर करावें; आणि मध्यम मानाचे प्रति-
तासास १५° या प्रमाणानें त्या अंतरापासून त्रैराशिकानें
गणित करावें ह्मणजे त्यास्थळाचे रेखांश उत्पन्न होतील.
जर त्यास्थळीं ग्रीनिच यापेक्षां काळ पुढें गेला असला.
तर ते पूर्व रेखांश जाणावे, जर मागें असला तर पश्चिम
रेखांश जाणावे.

सारांश, रेखांश कळायास दोन गोष्टी समजल्या पाहि-
जेत. त्यांत ही प्रथम. ज्या स्थळाचे रेखांश समजले पाहिजे-
त, त्यास्थळीं मध्यम काळमानानें किती तास झाले आहे-
त हें कळलें पाहिजे. दुसरी त्यावेळेस ग्रीनिच एथें मध्यम
काळमानानें किती तास वाजले असतील हें कळलें पाहि-
जे. कोणत्या एका स्थळीं मध्यम मानाचे तास बरोबर कळ-
ण्याची युक्ति ही आहे कीं दृश्यकाळ अवलोकनापासून स-
मजल्यावर, पळांचें समीकरण त्यांत वजा करावें किंवा मि-
ळवावें. हें समीकरण नाटिकल आल्मनाक यांत लिहिलें
असतें, किंवा त्यांत जें लिहिलें असतें त्यावरून गणितानें
कळतें. दृश्य काळमानाचे तास सूर्याची लंबोन्नति मापि-
ल्यानें कळतात; किंवा दिनयंत्रानें कळतात. नंतर ग्रीनिच
एथील मध्यम काळा बरोबर लावलेलें काळमापक यंत्र ह्म-
णजे घड्याळ असल्यास तेथील काळही त्यापासून कळे-

ते.

ल. या दोहीं वरून पूर्वोक्त रीतीनें रेखांश कळतील. परंतु या कामा करितां ग्रीनिच एथील मध्यम काळ चूक पडल्या वांचून समजला पाहिजे. या करितां नेहमी बरोबर चालणारें असें जर घड्याळ करितां येईल, तर त्याच्या साधनानें स्थळांचे रेखांश जेव्हां पाहिजेत तेव्हां समजतील.

परंतु अशीं घड्याळें करण्यास अद्यापि कोणाची शक्ति झाली नाहीं, आणि पुढेंही होणें कठीण, कारण घड्याळामध्यें किती सूक्ष्म जरी अंतर असलें तरी तें उत्तरोत्तर वाढत जातें, आणि पृथ्वीचे गतीशीं तपासून पाहिल्यानें तें लक्ष्यांत आल्यावांचून राहत नाहीं.

समुद्रामध्यें दुसऱ्या रीतींवरून रेखांशांचें गणित करण्याची सोय नसती, ह्मणोन काळमापकावरून गणित करितात. परंतु तें यंत्र किती जरीं चांगलें केलें, तथापि त्यांत चुक्या पडतात, आणि त्या चुक्या अशा कीं, लक्ष्यांत येतनाहींत, हें समजून सावधगिरी ठेवावी, आणि जेथें दुसऱ्या रीतींवरून गणित करण्याची सोय नाहींच, अशा संकट समयीं मात्र त्यांवर भरंवसा ठेवावा.

यास्तव आतां या दुसऱ्या रीतींचा विचार केला पाहिजे.

खस्थ पदार्थांमध्यें वारंवार कित्येक योग घडतात, त्यांपासून रेखांश जवळ जवळ समजतात. ते योग हे, १ चंद्राचीं ग्रहणें, २ बृहस्पतीच्या उपग्रहांचीं ह्मणजे चंद्रांचीं ग्रहणें, ३ चंद्र स्थिर तारांवरून गेल्यामुळें त्यांचीं जीं आच्छादनें होतात तीं, ४ सूर्याचीं ग्रहणें, ५ ज्या स्थळाचे रेखांश पाहिजेत,

पाहिजे, त्याचे मध्यान्हरेषेवरून चंद्राचें गमन, ६ तेंच चंद्राचें गमन, त्याचे मागून किंवा पुढून जाणाऱ्या आणि त्याचे इतकीच ज्यांची क्रांति अशा एक किंवा अनेक तारांचे गमनाशीं न्यूनाधिक पाहिल्यानें, ७ किती एक नियमित स्थिरतारांचें चंद्रापासून अंतर. या सातां खेरीज आणखी ही एक रीति आहे. ती क्वचित् उपयोगी पडती, परंतु सर्वत्र लागत नाहीं. ती ही कीं, कोणी एका स्थळीं बंदुकीची दारू उडवून आवाज करावा, किंवा या जातीचें दुसरें कांहीं मनुष्य कृत चिन्ह एका ठिकाणीं करावें व ज्या स्थळाचे रेखांश पाहिजेत तेथून पाहावें.

यांतून चंद्राचीं ग्रहणें, बृहस्पतीच्या चंद्रांचीं ग्रहणें, आणि स्थिरतारांपासून किंवा सूर्यापासून चंद्राचें अंतर हीं जेथे जेथे दृष्टीस पडायाचीं असतात, त्या सर्व ठिकाणीं तीं एकाच क्षणीं दिसतात. ह्मणोन तीं दिसतात अशा दोन ठिकाणीं दृश्य काळाचें किंवा मध्यम काळाचें जें अंतर असतें, त्यास कारण त्यांच्या रेखांशांचें अंतर होय. आतां चंद्राचीं ग्रहणें आणि बृहस्पतीच्या चंद्रांचीं ग्रहणें, ग्रीनिच एथें कोणते वेळेस होणार ती वेळ पूर्वी गणित करून नाटिकल आल्मनाक यांत लिहून ठेविली असती; आणि ज्या ठिकाणचे रेखांश पाहिजेत, त्या ठिकाणीं ही तीं ग्रहणें होतात, तेव्हां तेथील वेळही समजती. नंतर या दोन काळांची वजाबाकी करून पूर्वी सांगितल्या प्रमाणें त्रैराशिक केलें असतां रेखांश निघतात. एकादीं दोन स्थळें प-

रसरांपासून फार दूर नसलीं, तर त्यांच्या रेखांशांचें अंतर पृथ्वीवर बंदुकीचे दारूचा आवाज किंवा दुसरी या जातीची कांहीं खूण केल्यापासून फार सूक्ष्म मानानें कळतें. तें असें कीं त्या दोन ही स्थळीं मध्यम काळ कळण्यासाठीं पूर्वी दोन वेग वेगळीं काळ मापक यंत्रें लाविलीं असतात, त्यांवरून तो कळतो, एका ठिकाणीं दारूचा आवाज किंवा दुसरी कांहीं खूण करितात, ती त्याच क्षणीं दुसऱ्या ठिकाणीं दिसती; तेव्हां त्याक्षणी काळाचीं जीं मानें असतील, त्यांची वजाबाकी केल्यावरून रेखांशांचें अंतर निघतें. सांप्रत युरोप खंडांतील कित्येक देशांत अक्ष वृत्तांचा खंड मोजण्यासाठीं जे उद्योग चालले आहेत, त्यांमध्यें ही रीति उपयोगांत आणि त्यामुळें इजकडे लोकांचें लक्ष्य आलीकडे फार लागलें आहे. प्रथम या अक्षवृत्त खंडाच्या दोन अग्रांमधील स्थळाचे लहान बहुत तुकडे करितात, असे कीं एका शेवटावर जो पाहाणारा असेल त्यास दुसरें शेवट दिसत असावें. मुख्य वर्तुळ खंडाच्या प्रति विभाग बिंदूच्या ठिकाणीं जागा नेमितात, आणि त्या बिंदूवर वर लिहिलेल्या खुणा करून पाहातात. या खुणा एका ठिकाणीं जेव्हां करितात तेव्हांच त्या दुसऱ्या स्थळींदिसतात, ह्मणोन त्या काळांची वजाबाकी वरून रेखांशांचें अंतर सांपडतें; आणि या सर्व अंतरांची बेरीज केली ह्मणजे मुख्य वर्तुळ खंडाच्या दोन शेवटांच्या रेखांशांचें अंतर कळतें. या युक्तीमध्यें बंदुकीची दारूच उडवून आवाज करण्या

चें

चें प्रयोजन नाहीं; बाण उडविला, किंवा अकस्मात् दिवा लाविला किंवा विजविला, अथवा दुसरी कांहीं क्षणमात्र राहाणारी खूण केली असतांही काम होतें. युरोप खंडांतील कांहीं बाहेरच्या देशांत हेलीओस्टाट या नावाचा एक सूर्य किरण अवलोकनाच्या स्थळीं आकर्षण करणारा कांहीं पदार्थ लावून अकस्मात् त्या पदार्थाचे आणि पाहाणाराचे मध्यें पडदा लावून तो दिसेना असा करितात.

तिसरी रीति, चंद्राच्या गमना मुळें स्थिर तारांचें आच्छादन होतें, त्यापासून रेखांश काढण्याची, आणि चवथी सूर्य ग्रहणापासून काढायाची. या दोनही रीति, हे योग ग्रीनिच एथे कोणत्या वेळेस* घडतात, आणि तेच योग ज्या स्थळाचें देशांतर पाहिजे त्या स्थळीं कोणत्या वेळेस दृष्टीस येतात, त्या दोन वेळांच्या अंतराचे आधारावर आहेत. परंतु त्यांत विशेष इतका कीं हे आच्छादनादि योग सर्वस्थळीं साधारण काळाच्या एकाच क्षणी दिसत नाहींत, ह्मणोन त्यांच्या दिसण्याचे काळांमध्यें जें अवश्य अंतर, त्याचें गणित केलें पाहिजे. तें असें कीं, ग्रीनिच एथें सकाळीं ६ वाजतां कोणी एका स्थिर तारेचें चंद्रें करून आच्छादन झालें, आणि तेंच ग्रीनिच याचे पश्चिमेस कोणे स्थळीं मध्यरात्रीस दृष्टीस पडलें, ह्मणजे असें कीं, त्याच्या घडण्याचे वेळामध्यें साहा तासांचें अंतर पडलें; तर या

वरून

* हे वेळ पूर्वी कोष्ठकावरून गणित करून लिहून ठेविले असतात, असें पूर्वी सांगितलेंच आहे.

वरून असें समजूं नये कीं, हें सर्व अंतर रेखांशांमुळेंच प-
डलें असेल, आणि तें स्थळ ९° पश्चिम रेखांशांवर असे-
ल, कारण, तें नक्षत्राचें आच्छादन दोनही ठिकाणीं साधा-
रण काळाच्या एकाच क्षणीं होत नाहीं; ग्रीनिच एथें आ-
च्छादन होण्याच्या पूर्वी ती स्थिर तारा कांहीं वेळ पर्यंत
त्यास्थळीं दिसेना अशी झाली असती. या काळ भेदास
अंतर कोण कारण असतो. ह्मणून तो गणितावरून कळ-
तो; आणि तो कोष्ठकावरून समजलेल्या ग्रीनिच एथील
वेळास मिळविला पाहिजे; त्या बेरिजे वरून ग्रीनिच ए-
थें जो काळ होईल, त्याचें आणि इष्टस्थळीं आच्छादन
समयीं जो काळ गेला असेल, त्याचें अंतर केलें असतां
ग्रीनिच व तें स्थळ या दोहोंमध्यें एकाच क्षणीं काळाचें
जें अंतर असेल, तें कळेल. मग त्या अंतरापासून रेखांश
समजण्यांत येतील. हे आच्छादनादि योग भिन्न भिन्न स्थ-
ळीं भिन्न काळीं होतात, याचें कारण चंद्राचा अंतर को-
ण आहे.

पांचवी रीति. मध्यान्हरेषेवरून चंद्राच्या गमनाचे
साधना पासून आहे.

जर कोणी एका दिवसीं ग्रीनिच याचे मध्यान्हरेषेव-
र सूर्य आणि चंद्र बरोबर असतील, तर दुसरे दिवसीं
सूर्य ज्याकाळीं मध्यान्हरेषेवर येईल, त्याकाळीं चंद्रया-
चे पूर्वेस बहुत अंतरावर जाईल. या करितां सूर्य त्या-
मध्यान्हरेषेवरून गेल्यानंतर चंद्र तिजवर येण्याचे पू-

र्वी कांहीं वेळ जाईल. सूर्य आणि चंद्र हे एक वेळ बरोबर
आल्यानंतर चंद्राचें सूर्यापासून पूर्वेकडेस अधिक अधि-
क अंतर होत जातें, यास कारण हें कीं चंद्र पृथ्वी सभोंवता
आपले कक्षेंत विशेष त्वरेनें भ्रमण करितो. सूर्य आणि चं-
द्र ग्रीनिच याचे मध्यान्हरेषेवर येतात, त्यांमध्यें जो काळ
जातो, त्यास चंद्राचें विलंबन ह्मणतात. आतां चंद्र आपले
कक्षेंत चाललाच असतो, ह्मणोन सूर्यामध्यें आणि त्याम-
ध्यें अंतर उत्तरोत्तर थोडें थोडें वाढत जातें; ह्मणोन ग्रीनि-
च याचे मध्यान्हरेषेवर चंद्राचें विलंबन जर कांहीं अ-
मुक असलें, तर ग्रीनिच एथून पश्चिमे कडील सर्व स्थळीं
तें विलंबन अधिक असेल. तें अधिक होण्याचें प्रमाण अ-
सें कीं, चंद्र ग्रीनिच याचे मध्यान्हरेषेपासून कोणत्या एका
स्थळाचे मध्यान्हरेषेवर येई पर्यंत मध्यें जो काळ जातो,
तितकें तें विलंबन अधिक असतें. ह्मणोन दोन मध्यान्ह
रेषांवरील चंद्राचे विलंबन काळ कळल्यानें, आणि दोहों-
तून एके मध्यान्हरेषेवर किती वेळांत तितकें विलंबन झा-
लें, तो वेळ कळल्यानें, दुसरे ठिकाणचें विलंबन किती का-
ळांत घडलें तो काळ त्रैराशिकाचे रीतीवरून कळेल. म-
नांत आणावें कीं, एके दिवसीं सूर्य आणि चंद्र ग्रीनिच या-
चे मध्यान्हरेषेवर बरोबर होते; आणि दुसरे दिवसीं ह्म-
णजे २४ तासा नंतर चंद्र ५२ मिनुटानी सूर्याच्या मागू-
न मध्यान्हरेषेवर आला, ह्मणजे त्याचें विलंबन ५२ मिं-
न्युटें झालें, आणि ग्रीनिच याचे पश्चिमेस कोणा एका स्थ-

ळीं चंद्रविलंबन ५७ ह्मणजे ग्रीनिच यापेक्षां ५ मिन्युटें विशेष दृष्टीस आलें आहे. यावरून हें प्रमाण सांपडेल. जर ५२ : ५७ :: तर २४ तासांस : २४ तास आणि ५ मिन्युटें अधिक विलंबन होण्यास जो अधिक समय लागला तो या दोहोंची बेरीज. हा अधिक समय रेखांशांची वजाबाकी दाखवितो; आणि २४ तास ३६०° रेखांशा बरोबर आहेत. याकरितां जर ५२ कळांस : ५७ कळा :: तर ३६०° : ३६०° + रेखांशांची वजाबाकी, असें प्रमाण उत्पन्न होतें. आतां याप्रसंगीं जी ग्रीनिच याची मध्यान्हरेषा कामांत घेतली, तिचे रेखांश ० आहेत, ह्मणोन ५२ काळाच्या : ५७ काळाच्या ३६०° : ३६०° + रेखांश हें त्रैराशिक उत्पन्न होतें. ह्मणजे त्यास्थळाचे रेखांश ३६०× $\frac{५}{५२}$ कळाच्या कळा, याचे बरोबर आहेत; यावरून दर तासास १५° याप्रमाणें अंश घेतले असतां रेखांश उत्पन्न होतील. यावरून ही साधारण रीति उत्पन्न होती कीं, ३६०° यांस ग्रीनिच आणि इष्ट स्थळ या दोहों ठिकाणच्या विलंबनाचे वजाबाकीनें गुणून, त्या गुणाकारास पाहाण्याचे पूर्वी २४ तासांत ग्रीनिच एथें जें विलंबन झालें असेल, त्याणें भागिलें असतां जो भागाकार येईल, ते स्थळाचे रेखांश होतील. ज्या स्थळाचे रेखांश पाहिजेत, त्यास्थळीं विलंबन किती अधिक आहे, हें वेधावरून कळतें. त्याचे पूर्वी २४ तासांत ग्रीनिच एथें विलंबन किती झालें, हें नाटिकल आल्मनाक यावरून कळतें.

ही रीति जशी सूर्यावर लागती तशी स्थिर तारांवर

ही

ही लागती, परंतु स्थिर तारांचा विशेष इतकाच कीं, सूर्याचे आरोपित वार्षिक गतीमुळें त्यास पूर्वेस गमन आहे, तें त्यांस नाहीं; ह्मणोन त्यांपासून चंद्राचा अतिक्रम सूर्यापेक्षां अधिक मोठा असतो. या रीतीचा आधार घेऊन निकोलै यानावाचा एक जर्मनी देशांत ज्योतिषी होता त्याणें ती सुरूपतेस आणिली. ती अशी कीं ज्या स्थिर तारा विषुववृत्तापासून चंद्रा इतक्याच दूर ह्मणजे त्या इतक्याच क्रांतीवर आहेत, आणि ज्या चंद्रा नंतर किंवा पूर्वी थोडक्या वेळाच्या अंतरानें मध्यान्हरेषेवरून जातात, त्या स्थिर तारांशीं चंद्राचा अतिक्रम काळ पाहून गणित करावें, असें त्याणें केलें. असें केल्यानें ही रीति फार सोईची झाली, व इतर रीतीं प्रमाणें इजमध्यें कांहीं लांब गणित करावें लागत नाहीं, व तश्याचुका ही पडत नाहींत. आणि चंद्र प्रतिदिवसीं रात्रीं पाहायास सांपडतो, ही एक इजमध्यें इतर रीती पेक्षां अधिक सोईची गोष्ट आहे. या रीतीचे गुण आलीकडील बहुत विद्वानांहीं घेतले आहेत; आणि इचेवरून केलेलें गणित बहुत तपास केला असतां ही बरोबर मिळतें असें त्याणीं ह्मटलें आहे.

या रीतींतून काळमापकाचे रीती वांचून दुसरी कोणती रीति समुद्रांत उपयोगी पडत नाहीं. कारण कीं तेथें बृहस्पतीच्या उपग्रहांचीं ग्रहणें चांगले रीतीनें पाहातां येत नाहीं; तीं पाहाण्यास दुर्बिणीमध्यें बहुत मो

ठें

ऊें सामर्थ्य पाहिजे, आणि गलबत वारा व समुद्राच्या लाटा यांमुळें फार हालतें, यासाठीं तेथें उपाय चालत नाहीं. कोणी एक अर्विन नामें साहेब होता त्याणें या कामासाठीं एक खुरची केली होती, परंतु तीपासून कांहीं उपयोग झाला नाहीं. गलबतावर चांगले रीतीनें दुर्बिणींतून पाहातां येण्यास कांहीं युक्ति निघणें परम अशक्य दिसतें.

परंतु जेव्हां चंद्र दिसत असतो, तेव्हां समुद्रामध्यें पुढें सांगीतले रीतीवरून देशांतर कळतें. चंद्र जेव्हां दिसत असेल, तेव्हां त्याचें सूर्यापासून किंवा नाटिकल आल्मनाक यांत लिहिलेले ग्रह व स्थिरतारा यांतून कोणते एकीपासून अंतर मापावें तें अंतर, हाड्ली साहेबानें केलेलें सेक्स्टंट या नांवचें यंत्र आहे, त्याणें मापिता येतें. सूर्यापासून आणि स्थिर तारांपासून चंद्राची स्थिति प्रतिक्षणीं बदलत असती; ह्मणजे सूर्यापासून किंवा कोणते एके तारेपासून चंद्राचें अंतर पूर्व क्षणीं जें असतें, त्यापेक्षां उत्तर क्षणीं वेगळें होतें, आणि त्याचे पुढले क्षणीं पुनः वेगळें होतें. परंतु कोणी एका क्षणीं अमुक अंतर जितकें असायाचें तितकेंच सर्वत्र असतें; तो क्षणमात्र भिन्न भिन्न स्थळीं तेथील काळमाना प्रमाणें वेगळे प्रकारानें मोजला जातो. हें काळाचें अंतर रेखांशाच्या अंतरामुळें पडतें, ह्मणोन काळाचे अंतरापासून अंश आणिले. असतां रेखांश होतील. सूर्यापासून व मु-

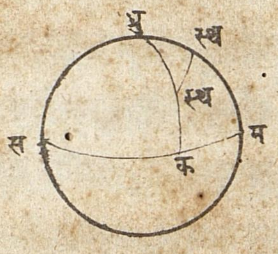
ख्य नऊ स्थिरतारापासून चंद्राचें अंतर ग्रीनिच एथील काळमानाच्या प्रति तीन तासांत किती होतीतें नाटिकल आल्मनाक यांत लिहिलेलें असतें. या अंतराचें गणित करण्यांत अंतर कोण व किरण वक्रीभवन कोण यांचा संस्कार केलेला असतो, ह्मणोन तें आल्मनाक यांतील अंतर पृथ्वीच्या मध्य बिंदूवरून जें दिसतें, तें होय असें समजावें. ज्या स्थळाचे रेखांश पाहिजेत, तेथें मापिलेलें अंतर हीं सूर्य आणि चंद्र यांचे अंतर कोण व किरण वक्रीभवन कोण यांहीं करून तसेंच शुद्ध करून पृथ्वीच्या मध्यावर जें दिसतें त्याचे बरोबरीस मिळवावें. ज्या ठिकाणीं व ज्या क्षणीं वेध केला त्या ठिकाणचें तेव्हांचें काळमान, तेव्हांची सूर्याची किंवा नक्षत्राची लंबोन्नति मापिल्यानें कळतें. या काळाची, आणि त्याच वेधानें चंद्राचें अंतर जें आलें असेल त्या अंतराच्या बरोबरीच्या त्यावेळच्या ग्रीनिच एथील काळ कोष्ठकांत लिहिला असतो, त्याची वजाबाकी करून तीवरून अंश आणिले असतां तें जाहाजाचें देशांतर होईल. देशांतर काढण्याचे यारीतीस चांद्र रीति ह्मणतात, आणि हीपासून बहुधा देशांतर २० मैलांचे आंत कळतें. आणि केव्हां केव्हां त्याचेपेक्षां सूक्ष्म कळतें. डाक्तर मास्केलीन नामें विलायतेंतील सरकाराचा आश्रित मोठा ज्योतिषी होता, त्याणें सन १७८१ मध्यें सेंट हेलिना बेटास जातेवेळेस यारीतीवरून प्रथम गणितें केलें, व त्याणेंच श्रम करून ती प्रवृत्तींत आणिली.

या रीतीनें कोणी एका स्थळाचे अक्षांश आणि देशांतर कळल्यावर, त्या स्थळाचे भूगोला वरील स्थितीचा निश्चय होईल.

प्रकरण ७

या प्रकरणांत, कोणत्याही दोन स्थळांचें अति संनिध अंतर कळण्याची रीति आणि रेखांशांची न्यूनता हे विषय सांगीतले आहेत.

आकृति ८



दोन स्थळांचे अक्षांश आणि रेखांश कळल्यावर त्यांचें अति संनिध अंतर भूगोलाचे सपाटीवर मोजलें असतां किती, हें समजण्यांत येईल. मनांत आणा कीं ८वे आकृतींत स्थ आणि स्थ हीं दोन स्थळें पृथ्वीचे सपाटीवर आहेत, सकम हें विषुववृत्त आहे. धु पृथ्वीचा ध्रुव आहे, कस्थ हे स्थ याचे अक्षांश आहेत, स्थम हे स्थ याचे आहेत. आतां दोनही स्थळांचे रेखांश कळले अशी कल्पना केली आहे, ह्मणोन त्यांचें अंतर कम हें ही ठाऊक आहे. याकरितां त्या दोन स्थळांस छेदून स्थ स्थ हा महद्वृत्ताचा खंड पार जातो, ह्मणोन त्यांचें अतिसंनिध अंतर तो खंड होय. तो वृत्त

वृत्त खंड स्थ स्थ धु त्रिकोणाची एक बाजू आहे, ह्मणोन त्याचें मान वर्तुळ त्रिकोणमितीपासून कळतें. परंतु पृथ्वीची आकृती दाखवाया करितां जो भूगोल करीत असतात तो व एक कंपास ह्मणजे कर्काटक याच्या साधनानें कृत्य रीतीवरून स्थ स्थ हा वर्तुळ खंड स्थूळ मानानें कळेल सांगीतल्या दोन स्थळांवर दोन टोकें ठेविलीं असतां कंपासामध्यें जें अंतर येईल. ते त्या स्थळांचे मधील वर्तुळ खंडाचें प्रमाण जाणावें. नंतर त्या वर्तुळ खंडामध्यें अंश किती आहेत, हें कळण्यासाठीं तो तितकाच उघडलेला कंपास भूगोलावर अंशांचीं चिन्हें ज्या वर्तुळावर केलीं असतील. असें विषुववृत्त, क्रांतिवृत्त, इत्यादिकांतून कोणत्या एकावर ठेवावा. या प्रकारें अंश जे येतील त्यांपासून प्रति अंशास ६९.०४४ या प्रमाणे मेल केले, ह्मणजे सांगीतल्या स्थळांचें अति संनिध अंतर होईल. या रीतीनें पारिस शहर व बुनास ऐरिस यांत ९९° २४′ ३५″ ह्मणजे सुमारे ९९.४१° इतकें अंतर आहे. यास ६९.०४४ यांणीं गुणून, या दोहोंमध्यें ६८६३.६६४०४ मेल, ह्मणजे सुमारें ६८६३ मेल ५ फर्लांग इतकें अंतर उत्पन्न होतें.

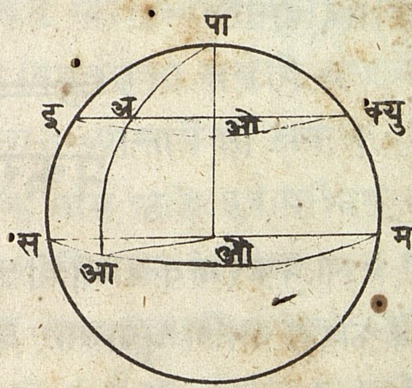
पूर्वीं स्वीकारिलें आहे कीं, पृथ्वीवरील दोन स्थळांतील अतिलघु अंतर, त्या दोहोंमध्यें महद्वृत्ताचा जो खंड असतो तो होय. हें थोडया सुगम गोष्टींवरून प्रत्ययास आणून देतां येईल. महद्वृत्ताची सपाटी, गोळ्या

च्या मध्यांतून पार जाती; लघुवृत्ताची जात नाहीं. ह्मणोन महद्वृत्ताची त्रिज्या लघुवृत्तापेक्षां मोठी असती. याकरितां महद्वृत्ताचा वर्तुळपणा ह्मणजे वांकडेपणा लघुवृत्तापेक्षां कमी असतो. आतां दोन बिंदूमध्यें अतिलघु अंतर त्यांस जोडणारी सरळ रेघ दाखविती. असा सिद्धांत आहे, याकरितां दोन बिंदूंस जोडणाऱ्या दोन वांकड्या रेघा असल्यास, त्यांतून जी फार सरळ रेषे प्रमाणें ह्मणजे थोडी वांकडी असती, ती त्या बिंदूंचें अति लघु अंतर होय; यास्तव पृथ्वीवरील दोन स्थळांमध्यें महद्वृत्ताचा जो खंड असतो, तें त्यांचें अति लघु अंतर होय.

पृथ्वी केवळ गोळाकार आहे, अशीच जर कल्पना केली, तर उघड आहे कीं, एक अक्षांश ह्मणजे मध्यान्हरेषा या महद्वृत्ताचा ३६० वा विभाग होय. ह्मणोन त्या अंशाची लांबी सर्वच समान आहे. परंतु रेखांशांचें असें नाहीं; विषुववृत्तावरच्या ठिकाणां वांचून ते अंश लघुवृत्ताचे खंड होत, आणि विषुववृत्ततर महद्वृत्त आहे, ह्मणोन त्यावर मोजलेल्या अंशापेक्षां इतर ठिकाणचे अंश लहान असतात. विषुववृत्तापासून जसें जसें स्थळाचें अंतर वाढतें ह्मणजे जसे अक्षांश अधिक होतात, तसा रेखांशांचा मोठेपणा कमी होतो. ज्यां वर्तुळांवर रेखांश मापितात, आणि ज्यांस अक्षसमवृत्तें ह्मणतात, त्यांच्या त्रिज्या विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे उत्तरोत्तर लहान होत

त जातात: याकरितां या अक्षसमांतर वृत्तांचे परिघही लहान होतात. या परिघांचेही ३६० अंश कल्पिले असतात, ह्मणोन त्यांस एक अंशाचे लांबीनें गुणून जो गुणाकार होतो, त्या गुणाकारा बरोबर ते परिघ असतात. आतां सर्व वर्तुळांच्या अंशांची संख्या सर्वदा समान असती, ह्मणोन अंशांची लांबी परिघा प्रमाणें उणी होत जाती, आणि विषुववृत्तापासून पृथ्वीच्या ध्रुवा पर्यंत कमी होती. या अंतराचें बरोबर मान ह्मणजे नियम या पुढील रीतीवरून कळेल. मनांत आण कीं १ वे आकृतींत आंस हा वर्तुळखंड सम या विषुववृत्तावरील रेखांश दाखवितो; आणि त्या विषुववृत्ताशीं सरूप अक्ष समांतर रेषा इ अ क्यु. या रेषेवर आ अ या अक्षांशा जवळ मापिलेला रेखांश दाखविणारा वर्तुळ खंड इ अ आहे

आकृति १



अशी कल्पना करावी. तेव्हां एका अंशाची लांबी परिघाचे लांबी प्रमाणें भिन्न भिन्न असती, आणि परिघाची लांबी त्रिज्येचे लांबीच्या प्रमाणानें असती. यावरून हें त्रैराशिक उत्पन्न होतें. जशी आस याची लांबी, आ अ या अक्षाचे स्थळींचे इ अ या वर्तुळ खंडाचे लांबीस आहे; तशी आऔ ही पृथ्वीची त्रिज्या अओ या त्रिज्येस आहे, आ-

णि अओ ही विषुवद्वृत्ताशीं समांतर असे इ अ क्यु या वर्तुळाची त्रिज्या आहे. सरळ रेघ त्रिकोण मितीमध्यें अओ या त्रिज्येस आ अ या वर्तुळ खंडाची ह्मणजे अक्षांशांची कोभुजज्या किंवा कोटिज्या ह्मणतात. या वरून हें प्रमाण सिद्ध होतें. विषुवद्वृत्तावरच्या रेखांशाची लांबी, दुसऱ्या कोणत्या स्थळाच्या रेखांशाचे लांबीस होत्ये; तसी पृथ्वीची त्रिज्या अक्षांशाचे कोभुजज्येस ह्मणजे कोटिज्येस आहे. आतां विषुवद्वृत्तावरच्या अंशाची लांबी आणि पृथ्वीची त्रिज्या हीं सर्व काळ ही समान आहेत, ह्मणोन रेखांशांची लांबी अक्षांशाचे कोभुजज्येचा प्रमाणानें असती, असें सिद्ध होतें.

प्रकरण ८

या प्रकरणांत पृथ्वीची चपटी गोलाकृति. या आकृतीचीं कारणें आणि ध्रुवोत्सार प्रेरणा हे विषय सांगीतले आहेत.

पृथ्वीची आकृति ज्यांवरून कळती, अशीं आकाशांत जीं प्रमाणें आहेत, तीं पूर्वींच सांगीतलीं. त्यांवरून साधारण रीतीनें सिद्ध होतें, कीं पृथ्वी गोळाकार आहे; परंतु तीं प्रमाणें संशयित आणि अनिश्चायक आहेत, ह्मणोन पृथ्वीची बरोबर अमुकच आकृति आहे, या प्रश्नाचा निर्णय करायास तीं असमर्थ होत. याचा निश्चय क-

राया

राया करितां फार सूक्ष्म आणि श्रमसाध्य अनुभव घेणें अवश्य पडतें, आणि त्या अनुभवां वरून ज्या गोष्टी उघड झाल्या आहेत, त्यांचे आधारावर मोठीं अवघड गणितें करून त्यांचें साहाय्य लागतें. युरोप खंडांतील बहुत मोठे मोठे विद्वानांनीं फार दिवसांपासून या विषयाकडे लक्ष्य दिलें आहे; आणि यद्यपि पृथ्वीचे आकृतीचा शोध जितक्या सूक्ष्म पणानें लागावा, तितक्या सूक्ष्मपणानें लागला असें आजूनही ह्मणतां येत नाहीं; तथापि आतां हा सिद्धांत निर्विवाद पणें ठरला आहे कीं, पृथ्वी केवळ पूर्ण गोल नाहीं, परंतु चपटे गोलाकृतीची* आहे, ती अशी कीं, विषुवद्वृत्ताकडे मोठी, आणि दोनही अयांकडे चपटी आहे. ह्मणोन विषुवद्वृत्ता संबंधि ह्मणजे पूर्वपश्चिम व्यास ध्रुवांतरगत व्यासापेक्षां ह्मणजे दक्षिणोत्तर व्यासापेक्षां अधिक लांब आहे. पूर्व पश्चिम व्यास दक्षिणोत्तर व्यासापेक्षां जितका अधिक लांब आहे, तितकी पृथ्वीची आकृति गोलाहून विलक्षण आहे. या व्यासांचे अंतरास पृथ्वीची दीर्घता अथवा संकुचितपणा ह्मणतात.

पृथ्वीची चपटी गोलाकृती प्रथम कशी कळली, तिला कोणतीं प्रमाणें आहेत, आणि तिची दीर्घता अमुकच आहे, याचा निश्चय करण्यासाठीं केवढे श्रमा-

नें

---

* कोणी एक लांबट गोलाकार पदार्थास त्याचे धाकटे आंसा सभोंवतें फिरविलें असतां जी आकृती उत्पन्न होती ती होय.

नें उद्योग केले आहेत, याविषयींचें वर्त्तमान फार चमत्का-
रीक आहे. पृथ्वीची आकृति चपटे गोळाप्रमाणें आहे, ही
कल्पना प्रथम कोणी काढिली, त्या पुरुषाचें नांव विदित
नाहीं; परंतु बहुधा असें वाटतें कीं प्रथम कल्पना मात्र
निघाली असेल; आणि पुढें प्रमाणें सांपडून ती कल्पना वा-
स्तवीक असें सिद्ध झालें असेल. ह्मणोन तो प्रथमचा क-
ल्पना करणारा कोण असेल तो असो; परंतु जसा सर्व वि-
श्वांतील आकर्षण शक्तीचे कल्पनेशीं न्यूटन याचे नां-
वाचा अत्यंत संबंध आहे, तसा या पृथ्वीचे चपटे गोला-
कृतीचे कल्पनेशीं ही आहे. यादोनही कल्पना पूर्वींच्या
विद्वानांच्या मनांत होत्या. तथापि त्या केवळ कल्पनामा-
त्र होत्या, त्या प्रमाणाच्या बळानें सिद्ध करून सिद्धांत न्यू-
टन याणें स्थापिला. पृथ्वीचे आकृती विषयीं स्वीकारिले-
ले सिद्धांतांचे आणि कल्पनांचे आधारावर त्याणें स्था-
पिलें कीं, पृथ्वी चपटे गोलाचे आकृतीची आहे असें अ-
वश्य ह्मटलेंच पाहिजे; आणि विषुववृत्ता संबंधि व्या-
सामध्यें आणि दक्षिणोत्तर व्यासामध्यें अंतर अमुक-
च आहे, असा त्याणें निश्चय केला.

पृथ्वी ज्या परमाणूंची केलेली आहे, ते परमाणु स्थि-
र दशेंत राहाण्यास जी त्यांची आकृती झाली पाहिजे,
ती पृथ्वीची वास्तविक आकृति होय. या करितां पृथ्वी-
चे आकृतीस त्या परमाणूंवर ज्या प्रेरणा घडतात त्यां-
च्या सर्वस्वीं आधार आहे. या प्रेरणांमध्यें मुख्य प्रेरणा
ही

ही आहे कीं, जी या परमाणूंमध्यें परस्परांवर आकर्षणरू-
प घडत असती. या मुख्य प्रेरणेशीं जीचा व्यापार विरुद्ध
मार्गानें किंवा त्या परमाणूंवर विषम बळानें घडतो, ती प्र-
तिबंधक प्रेरणा होय. जर ही प्रतिबंधक प्रेरणा नसती,
आणि पृथ्वीचे अवयवीभूत परमांणूंचें परस्पर आकर्ष-
ण मात्र घडत असतें, तर सर्व पृथ्वीचा आकार जो झाला
असता, तोही प्रतिबंधक प्रेरणा होऊं देत नाहीं, आणि त्या-
स रूपांतरास पाववितो.

पृथ्वीचे वास्तविक आकृतीचा विचार करितेवेळेस
पद्धति अशी आहे कीं, प्रथम मुख्य साधारण धर्म भिन्न क-
ल्पून त्यांचा विचार करावा, आणि त्याचे आधारावर कां-
हीं एक सिद्ध करावें, नंतर वस्तु स्थिती जशी असेल, त्या-
प्रमाणें विशेष धर्म पाहून त्यांत न्यून अधिक करावें. या-
प्रकारें करून शिल्पशास्त्रांत बहुत मोठ्या मोठ्या गोष्टी
सिद्ध कराव्या लागतात.

या रीतीचे आधारावर पृथ्वीचे आकृतीचे विचारा-
मध्यें तीन कल्पना करीत असतात. पहिली ही कीं, ज्या प-
रमाणुंस परस्परांमध्यें सहज गमन घडत असतें अशा
परमांणूंची पृथ्वी केलेली आहे. दुसरी कल्पना ही कीं, त्या
परमाणूंचें दार्ढ्य ह्मणजे त्यांच्या मध्यें जो प्रकृत्यंश आहे,
तो सर्वत्र समान आहे. तिसरी ही कीं पृथ्वी स्थिर आहे.
आतां या तीनही गोष्टी जर पृथ्वीमध्यें असत्या, तर ति-
चे अवयवीभूत जे परमाणु, आणि ज्यांचें परस्परांवर आ-
कर्षण

कर्षण घडतें,त्यापरमाणूंमध्यें स्थिर दशा उत्पन्न करणारी अशी आकृति एक गोलाकृति होय,गोलाकृतींमध्यें मात्र ते परमाणु स्थिर दशेंत राहतील,दुसरे कोणते आकृतींत राहाणार नाहींत.हें स्पष्ट मनांत येण्या करितां पाण्याचे किंवा पाऱ्याचे थाटोळे लाहान बिंदू किंवा गोळ्या असतात,त्यांचें उदाहरण सांगतों.ते बिंदू किंवा गोळ्या केवळ गुळगुळीत आणि कोरडे सपाटीवर असतां त्यांचे अवयवीभूत परमाणु परस्परांचे समान आकर्षणें करून गोलाकृति पावतात.आतां या बिंदूंचें रूप केवळ गोलाकार होत नाहीं,परंतु शेंड्या कडे चपटें होतें;याचें कारण असें आहे कीं,गुरुत्वाकर्षकत्वाचा व्यापार वरचे परमाणूंवर समान प्रतिबंधावांचून घडतो,यामुळें ते खालचे परमाणूंस चेपितात.यास्तव केवळ त्यांचे परस्पर आकर्षणें करून जें कार्य घडायास शक्य आहे,त्यांत अंतर पडतें,परंतु या व्यावहारिक अनुभवावरून हा पुढील सिद्धांत स्पष्ट ध्यानांत येईल;कीं,समान दार्ढ्याचे प्रवाही परमाणूंवर कोणती बाहेरली प्रेरणा घडत नसल्यास ते केवळ गोळाकृतीमध्यें राहतील,आणि स्थिर दशा पावतील.

आतां हा सिद्धांत पृथ्वीवर लावितां येण्यास पृथ्वीचाठायीं तीन गोष्टी पाहिजेत.त्या तीन गोष्टी ह्या आहेत,१ पृथ्वी प्रवाही पदार्थ आहे,२ तीचें दार्ढ्य सर्वत्र समान आहे.३ ती स्थिर दशेंत आहे.या तीन ही गोष्टी पृथ्वी-

चा

चाठायीं नाहींत,ह्मणोन तिचे गोलाकृतींत आणि स्थिर दशेंत कोणतें अंतर पडतें,याचा विचार केला पाहिजे.

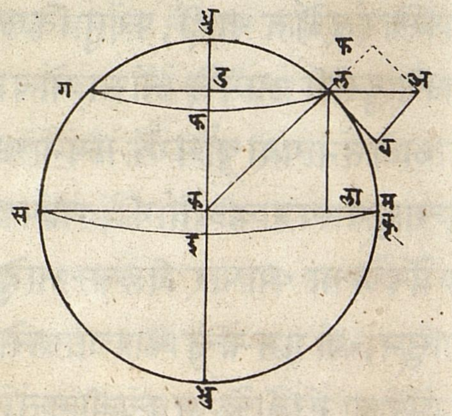
प्रथमतः या गोष्टीचा विचार केला पाहिजे कीं,पृथ्वी स्थिर दशेंत नाहीं;परंतु तिला एक आपले कक्षेंत,आणि दुसरी आपले आंसा भोंवती,अशा दोन गति आहेत.अचेतन पदार्थामध्यें गमन आहे असें ह्मटलें ह्मणजे त्यापासून स्पष्ट कळतें कीं,त्या पदार्थावर कोणते तरी बाह्य प्रेरणेचा व्यापार घडत आहे.यास्तव पृथ्वीचे गमनापासून,त्या गमनास कारण असे एके प्रेरणेचें ज्ञान होतें.ती प्रेरणा पृथ्वीचे अवयवीभूत परमाणूंचे परस्पर आकर्षणाहून वेगळी आहे.परंतु स्थिर दशेचा भंग व्हायास या प्रेरणेचा व्यापार बाहेरूनच घडून उपयोग नाहीं,परंतु तो विषमतेनें घडला पाहिजे,हें स्पष्ट दिसून येतें.यास्तव आपले कक्षेंतील पृथ्वीचे गमनापासून या प्रकारचें कांहीं कार्य घडायाचें नाहीं;कारण,त्या गमनाचा व्यापार सर्व परमाणूंवर सारिखा घडतो,ह्मणोन तो त्या परमाणूंचे परस्पर संबंधावर कोणतें कार्य उत्पन्न करण्यास समर्थ नाहीं.आतां आपले आंसा सभोंवती जी पृथ्वीची गति आहे,ती विषयीं विचार केवळ वेगळा आहे,हें गमन आंसाशीं लंब रूपानें होतें;ह्मणोन पृथ्वी ज्या परमाणूंची केलेली आहे,ते परमाणू वर्तुलामध्यें भ्रमण करितात,त्या वर्तुळांच्या सपाट्या विषुववृत्तांत मिळालेल्या,अथवा त्याशीं समांतर आहेत,कारण,त्या सर्व आंसावर लंब

रूप

रूप आहेत.

हें स्पष्ट कळण्या करितां मनांत आणावें कीं, १० वे आकृतींत म . हा विषुववृत्ता कडील परमाणू सइम या विषुववृत्त रूप वर्तुळांत भ्रमण करीत आहे; आणि ल हा विषुववृत्त आणि ध्रुव यांचे मधील परमाणु लफग या वर्तुळांत भ्रमण करीत आहे, जें वर्तुळ विषुववृत्ताशीं समांतर आहे. आतां हे अनेक परमाणू ज्या वर्तुळांत भ्रमण करितात, त्या वर्तुळांत त्यांचें भ्रमण एकेच वेळेंत ह्मणजे पृथ्वीचे आंसा सभोंवते एके संपूर्ण प्रदक्षिणेंत अथवा नाक्षत्र दिवसांत होतें; याजवरून उघड आहे कीं, या वर्तुळ गमनापासून पृथ्वीचे भिन्न भिन्न भागांवर भिन्न भिन्न प्रमाणानें कार्य घडतें. केवळ ध्रुवांचे खालीं या गमनापासून कांहीं विकार न होतां पूर्ण स्थिर दशा आहे. परंतु ध्रुवांपासून विषुववृत्ताकडे येत असतां या वर्तुळभ्रमणाचा प्रारंभ होतो, आणि त्याचा वेग उत्तरोत्तर अधिक अधिक होत जातो, कारण, तितक्याच वेळांत परमाणूंचें भ्रमण अधिक मोठ्या वर्तुळांत घडतें. असें तें भ्रमण वाढत जातां जातां शेवटीं विषुववृत्तावर त्या भ्रमणाचा वेग परम वृद्धि पावतो. या वर्तुळ

आकृति १०



भ्रम-

भ्रमणाचा व्यापार ज्या परमाणूंवर घडतो, त्यांस गमन मध्यापासून उडून जाण्याविषयीं उन्मुखता प्राप्त होती; यास त्या गमनापासून परमाणूंवर ध्रुवोत्सार प्रेरणा उत्पन्न झाली असें ह्मणत असतात. पृथ्वीच्या परमाणूंचें परस्पराकर्षण, अथवा त्यांचे गुरुत्व प्रेरणेचा व्यापार पृथ्वीच्या* मध्याकडे घडत असतो; ह्मणोन यास ध्रुवाकृष्टि प्रेरणा असें ह्मणतात, आतां ही ध्रुवोत्सार प्रेरणा आणि ध्रुवाकृष्टि प्रेरणा या दोहोंचे मिळून व्यापार पृथ्वीवर घडतात, परंतु ते भिन्न भिन्न दिशेस घडतात; आणि ध्रुवोत्सार प्रेरणेचा व्यापार विषमतेनें घडतो, यास्तव केवळ ध्रुवाकृष्टि प्रेरणेच्या व्यापारापासून पृथ्वीच्या परमाणूंचा जो आकार होऊन स्थिर दशा उत्पन्न व्हावी, त्या आकारांत कांहीं फेरफार होतो. कारण हें उघड आहे कीं, या वर्तुळ भ्रमणापासून जी ध्रुवोत्सार प्रेरणा उत्पन्न होती, ती ध्रुवाकृष्टि प्रेरणेंत न्यूनत्व उत्पन्न करिती; याकरितां ध्रुवोत्सार प्रेरणेचा व्यापार ज्या परमाणूंवर होतो, ते परमाणू स्थळ सोडून भूमध्यापासून दूर जातील, आणि ज्या परमाणूंवर त्या प्रेरणेचा व्यापार घडत नाहीं, ते त्यांच्या स्थळीं येतील. ज्यांवर त्या प्रेरणेचा व्यापार अधिक घडतो, त्यांच्या स्थळीं, ज्यांवर न्यून व्यापा-

* वस्तुतः हें केवळ सत्य नव्हे. गुरुत्वाची दिशा सपाटीशीं लंब असती. आतां पृथ्वी केवळ गोळाकार नाहीं, ह्मणोन गुरुत्व मध्यभू केंद्रांतून जात नाहीं, परंतु भूकेंद्राजवळून जाती. परंतु या ग्रंथांत अशा सूक्ष्म विचाराचें प्रयोजन नाहीं.

र घडतो, ते परमाणू येतील; आणि ज्यांवर अधिक व्यापा-
र घडतो, ते भूमध्यापासून अधिक दूर जातील. ह्मणोन
त्या परमाणूंमध्यें स्थिर दशा राहाण्या करितां अवश्य
आहे कीं, ज्यांमध्यें प्रत्येकीं गुरुत्वाकर्षकत्व फार आहे,
त्या परमाणूंची संख्या कमी पाहिजे; आणि त्याच प्रमा-
णानें ज्या परमाणूंमध्यें गुरुत्वाकर्षकत्व न्यून आहे, त्या
परमाणूंची संख्या अधिक पाहिजे.

पृथ्वीचे आंसासभोंवते गतीपासून जी ध्रुवोत्सार प्रे-
रणा उत्पन्न होती, ती विषुववृत्तापाशीं अति अधिक, आ-
णि दक्षिणोत्तर ध्रुवांजवळ अति न्यून आहे, याचीं कार-
णें दोन आहेत. पृथ्वीची आंसावरील गति सर्व स्थळीं आं-
साशीं लंबरूपानें घडत असती, याकरितां विषुववृत्ता-
खालचे परमाणू विषुववृत्तांत भ्रमण करितात. विषुव-
वृत्त आणि दोनही ध्रुव यांमध्यें जे परमाणू आहेत, ते वि-
षुववृत्ताशीं समांतर वर्तुळांत भ्रमण करितात, याकरि-
तां विषुववृत्तांत भ्रमण करणाऱ्या परमाणूंवर सर्वांहून
अधिक वेग आणि सर्वांहून अधिक ध्रुवोत्सार प्रेरणाही
असतात. विषुववृत्ताचे जवळ जे परमाणु आहेत त्यां-
चा वेग आणि ध्रुवोत्सार प्रेरणा हीं दूरचे परमाणूंपेक्षां
अधिक असतात. दुसरें, या गमनापासून जी ध्रुवोत्सा-
र प्रेरणा उत्पन्न होती, तिची दिशा त्या परमाणूचे वर्तुळ
भ्रमण मार्गाचे त्रिज्येशीं नेहमी लंब असती. परंतु गुरु-
त्वाकर्षकत्वाचा किंवा ध्रुवाकृष्टि प्रेरणेचा व्यापार व-

र्तुळा-

र्तुळाच्या पृष्ठाशीं नेहेमी लंब आहे आणि ध्रुवोत्सार प्रे-
रणेशीं केवळ विरुद्ध दिशेस घडणें, तो विषुववृत्तावर
मात्र घडतो. उदाहरण. **ल** या स्थळीं जर **लअ** ही तेथी-
ल ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या दिशेची व परिमाणाची दाखवि-
णारी रेषा कल्पिली. तर ती प्रेरणा **लफ** आणि **अफ** या
दोन दिशां कडून होईल. आणि या दोहोंतून **लफ** ही
मात्र गुरुत्वाकर्षकत्व प्रेरणेशीं केवळ समोरासमोर
आहे. दुसरी गुरुत्वाकर्षकत्वाचे दिशेवर लंब रूप आ-
णि सपाटीशीं समांतर रेषा मात्र आहे, ह्मणोन ती गुरु-
त्वाकर्षकत्व न्यून करणार नाहीं, यावरून सिद्ध होतें
कीं विषुववृत्ताकडील देशांमध्यें गुरुत्वाकर्षकत्व आ-
णि ध्रुवोत्सार प्रेरणा या दोहोंचे व्यापार पृथ्वीचे सपा-
टीवर लंबमार्गानें घडतात; ह्मणोन त्या परस्परांस के-
वळ विरुद्ध होतात, आणि भ्रमण जनित सर्व ध्रुवोत्सा-
र प्रेरणेपासून गुरुत्वाकर्षकत्व न्यून करणें हें कार्य घ-
डतें. परंतु जसें **ल** हे ठिकाण आहे, तसे जे पृथ्वीचे प्रदे-
श विषुववृत्तापासून दूर आहेत, तेथें ध्रुवोत्सार प्रेर-
णेचा न्यूनत्व दशा पावलेला एक अंश मात्र गुरुत्वाक-
र्षकत्वास प्रतिबंध करितो, जसा **ल** याठिकाणीं **लफ**
हा दाखविलेला आहे. ध्रुवोत्सार प्रेरणेचा बाकी जो
अंश जसा **फअ** किंवा याच्या बरोबर **लब** एथें राह-
तो, त्याचा व्यापार स्पर्श रेषेचे दिशेंत घडतो, ह्मणोन
त्याणें करून कार्य विषुववृत्ताकडे घडतें.

यास्तव

यास्तव पृथ्वीच्या अवयवीभूत परमाणूंमध्यें स्थिरदशा राहाण्या करितां, विषुववृत्ता कडील देशांमध्यें परमाणु बहुत एकत्र मिळतात. या प्रकारें करून त्यांची संख्या अधिक होऊन गुरुत्वाकर्षकत्व न्यून असतां त्यांचें पूर्ण कार्य होतें. आणि हे परमाणु भूमध्याकडे विशेष एकत्र होण्यास भूमध्य आणि ध्रुव यांचे मधील ध्रुवोत्सार प्रेरणेंचा एक भाग ही उपयोगी पडतो. ज्या भागाचा पृथ्वीचे सपाटीवर स्पर्श रेषेचे दिशेंत व्यापार घडतो, तो प्रेरणेचा विभाग ज्या परमाणूंवर घडतो त्यांस विषुववृत्ताकडे लोटून देतो. या कारणामुळें दोन ही ध्रुवांपेक्षां भूमध्य भाग उंच आहे: आणि भूमध्य भाग व ध्रुव यांचेमध्य भागींचे प्रदेश ही विषुववृत्तापासून आप आपल्या अंतरा प्रमाणें उंच आहेत. आंसावर पृथ्वी भ्रमण करिती या गोष्टीपासून तिच्या स्थिर दशेचे आकृतींत इतकें अंतर पडलें आहे.

परंतु या सिद्ध झालेल्या गोष्टीस आणखी ही संस्कार केला पाहिजे; कारण कीं पृथ्वी केवळ प्रवाही पदार्थ नव्हे, आणि तिचें दार्ढ्य ही सर्वत्र समान नाहीं. पृथ्वीचा कांहीं अंश अप्रवाही आहे, म्हणोन त्या अंशाचे अवयवीभूत जे परमाणू त्यांचें परस्परांमध्यें गमन सहज घडत नाहीं. त्यांच्या अंगीं स्नेहाकर्षकत्व धर्म आहे, या स्नेहाकर्षकत्वापासून पृथ्वीच्या भ्रमणामुळें उत्पन्न होणारी जी ध्रुवोत्सार प्रेरणा तिच्या कांहीं अंशास प्रतिबंध होऊन

तिचा

तिचा नाश होतो. यास्तव, पृथ्वी केवळ प्रवाही पदार्थ जर असती, तर तिची दीर्घ गोलाकृति जितकी झाली असती, तितकी वस्तुतः होत नाहीं. परंतु या स्नेहाकर्षकत्वापासून ध्रुवोत्सार प्रेरणेस संपूर्ण प्रतिबंध होऊन तिचा सर्वथा नाश होतो, असें घडत नाहीं. ध्रुवोत्सार प्रेरणेनें भूमध्याकडील अप्रवाही भाग ही उंच झाले आहेत. जर असें नसतें, तर भूमध्याकडे गुरुत्व मूलक ध्रुवाकृष्टि प्रेरणेचे न्यूनतेमुळें स्थिर दशेचा जो भंग होत असतो, तो दूर कराया करितां समुद्राचीं उदकें सर्व विषुववृत्ताकडे आलीं असतीं; कारण कीं इतर अंशां प्रमाणें उदकामध्यें स्नेहाकर्षकत्व नसतें. असें होऊन भूमध्य देश उदकें करून परिपूर्ण झाले असते. या प्रसंगीं ही गोष्ट लिहिणें योग्य आहे कीं, समुद्रांमध्यें दोन उदकांचे महाप्रवाह सर्व काळ दोनही ध्रुवांपासून विषुववृत्ताकडे येतात असें दृष्टीस येतें, त्यांस हें कारण संभवतें कीं, ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या एका अंशाचा जो व्यापार पृथ्वीचे सपाटीवर स्पर्श रेषेचे दिशेंत घडतो, आणि ज्याचा रोंख विषुववृत्ताकडे असतो तो त्या उदकांवर घडतो म्हणोन तीं विषुववृत्ताकडे येतात. समुद्राच्या उदकांत स्नेहाकर्षकत्व नाहीं, म्हणोन तीं या प्रेरणेनें गमन पावतील असें संभवतें, कारण कीं त्या प्रेरणेस गुरुत्वाकर्षकत्व प्रतिबंधकारक नसतें. त्याच ओघांचें गमन पश्चिमेकडेस असतें, याचें कारण असें आहे

कीं

कीं, ज्या पृथ्वीच्या प्रदेशांस वर्तुळ भ्रमण अधिक आहे, त्या प्रदेशांकडे ते जातात.

आतां पृथ्वीचें दार्ढ्य समान नाहीं, मध्यांकडे वृद्धि पावलें आहे, या गोष्टीपासून पृथ्वीचे चपटेपणांत न्यूनता येती; असें क्लेरो या नावाच्या एका प्रसिद्ध गणितशास्त्रज्ञानें सिद्ध केलें आहे, ह्मणोन समान दार्ढ्य कल्पिलें असतां मध्य प्रदेशांची जी उंची सिद्ध होती, तीपेक्षां त्या प्रदेशांची उंची वस्तुतः कांहीं कमी आहे.

पृथ्वीचे आकृती विषयीं न्यूटन याणें जो शोध केला त्यापासून हें निष्पन्न झालें, कीं, विषुववृत्ताकडील व्यास ध्रुवाकडील व्यासाशीं प्रमाणांत आहे, जसें २३०:२२९ या प्रमाणावरून पृथ्वीची दीर्घता १/२३० या अपूर्णांका बरोबर आहे, ह्मणजे दक्षिणोत्तर व्यास पूर्व पश्चिम व्यासापेक्षां सर्व व्यासाचे १/२३० अंशानें न्यून आहे; आणि भूमध्याकडील प्रदेश ध्रुवाकडील प्रदेशांपेक्षां सुमारें १७ मैल उंच आहेत.

पृथ्वीचे सपाटीवरील कोणत्येही बिंदूवर ध्रुवोत्सार प्रेरणा किती आहे याचें प्रमाण फार सुलभ गणितमार्गानें कळतें.

मनांत आणा कीं १०वे आकृतींत **क** हा पृथ्वीचा मध्यबिंदू ध्रु ध्रु हा दक्षिणोत्तर व्यास सम्हे विषुववृत्त, **ल** हा परमाणु कोणत्ये तरी **लम** किंवा **ळ** या अक्षांशावर ध्रुवोत्सार प्रेरणा पावला आहे. आतां **ल** यापासून

न

न दक्षिणोत्तर व्यासावर लंब अशी **लड** ही रेषा केली असतां, ती **लड** ही रेषा या अक्षांशावरील भ्रमण वर्तुळाची त्रिज्या होईल. आणि त्याच प्रकारें करून **कम** ही विषुववृत्तरूप भ्रमण वर्तुळाची त्रिज्या होईल. ही त्रिज्या पृथ्वीची त्रिज्या होय.

आतां ध्रुवोत्सार प्रेरणा सर्वत्र वेगाचे प्रमाणानुसार न्यूनाधिक होती, कारण ती प्रेरणा उत्पन्न होण्यास गमनाचा वेग कारण होय. पृथ्वीच्यां भिन्न भिन्न भागांचे भ्रमणाचा वेग तर भ्रमण वर्तुळांच्या प्रमाणानुसार ह्मणजे त्या वर्तुळांचे त्रिज्यानुसार न्यूनाधिक होतो. ह्मणोन **ल** या कोणत्येही ठिकाणची ध्रुवोत्सार प्रेरणा **लड** या रेषेच्या प्रमाणानें न्यूनाधिक होती, जी **लड** ही रेषा अक्षांशाची कोटि ह्मणजे पूरक **ध्रुल** याची भुजज्या होय. यावरून, सिद्ध होतें कीं संपूर्ण ध्रुवोत्सार प्रेरणा अक्षांशाचे कोटिज्येचा* प्रमाणानुसार न्यूनाधिक असती.

कल्पना करा कीं, **ल** या स्थळींचे सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणेचें मान **लअ** हें होय. आतां या प्रेरणेचा व्यापार **लफ**, **अफ** या दोन दिशांस गुरुत्वाशीं लंब मार्गानें आणि समांतर मार्गानें होतो असें मनांत आणावें. आतां ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या **लफ** अंशानें मात्र गुरुत्वाकर्षकत्वास साक्षात् प्रतिबंध घडतो. **ल** यापासून **ळला** ही

रेषा

---

* अक्षांशांचे कोटीची जी भुजज्या ती अक्षांशाची कोटिज्या होय.

रेषा **कम** यावर लंब करा, ह्मणजे **अलफ** आणि **लकला** हे सरूप त्रिकोण होतील ह्मणोन लफ : लअ :: कला : कल हें प्रमाण उत्पन्न होतें. यावरून **लफ** ह्मणजे गुरुत्वास प्रतिबंध करणारी ध्रुवोत्सार प्रेरणा, $\text{लअ} \times \frac{\text{कला}}{\text{कल}} = \text{लअ} \times$ कोटिज्या **ळ** = ल एथील सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणा × कोटिज्या **ळ** याच्या बरोबर आहे. आतां सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणा अक्षांश कोटिज्याचे प्रमाणानुसार न्यूनाधिक होती, असें वर दाखविलें, या करितां **ल**. या कडील सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणेस : विषुववृत्तावरील सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणा :: कोटिज्या **ळ** : १ होईल, कारण कीं विषुववृत्तावर अक्षांश = ० आहे, आणि ० चीकोटिज्या = त्रिज्या आहे; परंतु विषुववृत्तावरील ध्रुवोत्सार प्रेरणा, तेथील गुरुत्वाकर्षकत्वाचे $\frac{१}{२८९}$ अंश बरोबर आहे: अथवा विषुववृत्तावरील गुरुत्वाकर्षकत्व दाखविणारें चिन्ह गु कल्पिलें असतां $\frac{\text{गु}}{२८९}$ या बरोबर आहे-या करितां **ल** एथील सर्व ध्रुवोत्सार प्रेरणा = $\frac{\text{गु}}{२८९}$ कोटिज्या **ळ** होईल. ही किंमत **ल** एथील गुरुत्व प्रतिबंधक ध्रुवोत्सार प्रेरणेस **फ** असें चिन्ह कल्पून तिची समीकरणांत लिहिली असतां, फ = $\frac{\text{गु}}{२८९}$ कोटिज्या **ळ** होईल. **अफ = लब** हा प्रेरणेच्या दुसऱ्या भागाचा व्यापार सपाटीवर स्पर्शरेषेच्या मार्गानें घडतो, त्या भागाची किमत काढणें आतां फार सोपें आहे. तें असें कीं **लब** = लअ × भुजज्या **ळ** = $\frac{\text{गु}}{२८९}$ कोटिज्या **ळ**. भुज. **ळ** = $\frac{\text{गु}}{५७८}$ भु · २ **ळ**. ही किमत उत्पन्न होती.

प्रकरण

प्रकरण ९

या प्रकरणांत, बृहस्पति, शनि, मंगळ, यांची चपटी गोलाकृति- आंदोलकापासून घेतलेले अनुभव हे विषय सांगीतले आहेत.

पूर्वीच्या प्रकरणांत पृथ्वीची दीर्घ गोलाकृति कां झाली आहे, याचीं कारणें सांगीतलीं. आतां वेधावरून आणि अनुभवावरून या सिद्धांतास जीं प्रमाणें मिळालीं आहेत, त्यांचें निरूपण करितों.

असें आहे कीं, ज्याकारणापासून जीं कार्यें एकत्र घडतात, त्या कारणास तसा योग असतां त्यांपासून सर्वत्र तशींच कार्यें उत्पन्न होतात. यावरून असा वास्तविक तर्क झाला कीं, ज्या युक्तींवरून पृथ्वीची दीर्घता सिद्ध होती, त्या युक्ति जर वास्तविक आहेत, तर सूर्य मोळेंतील दुसरे ग्रह ही असेच आपापले ध्रुवांकडे चपटे आणि मध्याकडे फुगलेले असतील. कारण कीं त्यांच्या अवयवीभूत अंशांमध्यें परस्पराकर्षण, समतोलन, आणि आंसासभोंवतें भ्रमण* हे धर्म पृथ्वी प्रमाणेंच आहेत. सूर्यमालेच्या साधारण धर्मा विषयीं ग्रहांचें परस्पर सारूप्य

दृष्टीस

---

* या साधारण निरूपणांमध्यें जार्जियम सेडस, वेस्ता, जुनो, सिरीस आणि पालास या ग्रहांची गणना केली नाहीं. जार्जियम सेडस हा अति दूर आहे. आणि बाकीचे चार फार लहान आहेत, ह्मणोन अवलोकन करितां येत नाहीं, आणि ते आंसा सभोंवते फिरतात किंवा नाहीं, याचा निर्णय होत नाहीं.

दृष्टीस येतें यामुळें ही कल्पना संभवेल असें वाटूं लागलें.
सूर्य मालेमध्यें ग्रहांचें परस्पर सारूप्य अनेक प्रकारचें
आहे; त्यांत एक हें आहे, कीं सूर्या सभोंवतें भ्रमण करणा-
रे सर्व ग्रहांचा कक्षा ह्मणजे गमन मार्ग दीर्घ वर्तुळाकृती-
चे आहेत; त्यांचा प्रदक्षिणाचे काळांचे वर्ग प्रमाणांत आ-
हेत, जसे सूर्यापासून त्यांचें अंतरांचें मध्य प्रमाणांचें घन;
आणि जा प्रेरणे करून ते सूर्याकडे गुरुत्वा कर्षण पावता-
त, त्या प्रेरणा त्या अंतरांचे वर्गाशीं विपरीत प्रमाणांत आ-
हेत. पृथ्वीमध्यें जशी चपटी गोलाकृति दृष्टीस येती, तशी
ग्रहांची ही असेल, ही कल्पना प्रथम बृहस्पती विषयीं अ-
नुभवास येऊन सिद्ध झाली. हा ग्रह बृहस्पती आपले आं-
सासभोंवतें भ्रमण प्रतिदिवशीं ९ तास ५६ मिन्युटें इतके
काळांत करितो. यास्तव त्यावर पृथ्वी पेक्षां बहुत मोठी
ध्रुवोत्सार प्रेरणा असती, आणि त्याचें दार्ढ्य पृथ्वी पेक्षां-
कमी आहे. यावरून बृहस्पतीची आकृति पृथ्वीपेक्षां अ-
धिक चपटी ह्मणजे ध्रुवांकडे अधिक संकुचित असावी
असा तर्क झाला. पुढें ज्योतिष शास्त्र मार्गानें त्याचे दो-
नही व्यास मापिल्यावरून ही गोष्ट अनुभवास आली.
बृहस्पतीचा विषुववृत्तामधील व्यास ध्रुवांतील व्यासा-
शीं या प्रमाणात आहे, जसें १४, १३; आणि ध्रुवांतील व्यासापे-
क्षां ६२३० मैल अधिक लांब आहे. शनि, आणि मंगळ यां-
च्याही अशाच चपट्या गोलाकृति दृष्टीस येतात. दुस-
ऱ्या ग्रहांवर ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या कार्याचा निश्चय कर-
णें

णें या ग्रहांप्रमाणें सुलभ नाहीं, ह्मणोन त्यांविषयीं सिद्धांत
आजपर्यंत झाला नाहीं. आतां चंद्राविषयीं तर, तो आंसा-
सभोंवतें भ्रमण २९½ दिवसांत करितो; ह्मणोन ध्रुवोत्सा-
र प्रेरणे पासून दृष्टीस येण्या जोगें त्याच्या व्यासांत अं-
तर पडायास, त्याची गति फार मंद ह्मणोन तीपासून ति-
तकी ध्रुवोत्सार प्रेरणा उत्पन्न होत नाहीं.

चंद्राचे अंतर कोणावरून पृथ्वीचे चपटे गोलाकृ-
तीचें दुसरें प्रमाण सांपडतें. जर पृथ्वी पूर्ण गोलाकार
असेल, तर हे अंतर कोण पृथ्वीचे सपाटीवर सर्व ठि-
काणीं समान होतील. जर दीर्घ गोलाकार असली, तर
लाहान मोठे होतील; आणि वस्तुतः असेंच घडत अस-
तें. ह्मणोन जो चंद्र आपले ग्रहणावरून पृथ्वी वर्तुळ आ-
हे असें दाखवितो, त्याचेच अंतर कोणावरून कळतें,
कीं ती केवळ गोलाकार नाहीं.

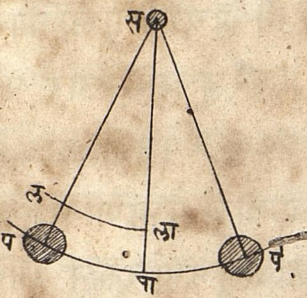
परंतु ध्रुवोत्सार प्रेरणा वास्तविक घडत असती, आ-
णि पृथ्वी चपटे गोलाकृतीची आहे, आणि त्या चपटे गो-
लाकृतीचें प्रमाण अमुक आहे, हें आंदोलकापासून घेत-
लेले अनुभवांवरून आणि भिन्न भिन्न अक्षांशावरील रे-
खांशांचीं मापें घेतल्यावरून आणि यांची परस्परांशीं ब-
रोबरी केल्यावरून निर्विवाद स्पष्ट सिद्ध होतें.

आतां आंदोलकाच्या अनुभवा वरून जीं प्रमाणें मि-
ळतात, त्यांचें निरूपण कित्येक सुबोध युक्तींस अनुस-
रून करितों.

पृथ्वीच्या

पृथ्वीच्या भ्रमणें करून उत्पन्न होणारी ध्रुवोत्सार प्रेरणा विषुववृत्ताकडे अति मोठी आणि उत्तरोत्तर ध्रुवांकडे कमी आहे, असें पूर्वी दाखविलें. ही ध्रुवोत्सार प्रेरणा संपूर्ण किंवा अंशें करून गुरुत्वाचे विरुद्ध दिशेनें घडत असती; आणि ती विषुववृत्ता जवळ फार मोठी असती, ह्मणोन ती आपले फार मोठे अंशानें गुरुत्वाकर्षकत्वाचाठायीं न्यूनता उत्पन्न करिती. यास्तव पदार्थांचें वजन विषुववृत्तावर कमी असतें. आणि ध्रुवांकडे जाता जातां उत्तरोत्तर त्यांचें वजन वाढत जातें, शेवटीं ध्रुवांकडे सर्वांहून अधिक असतें. मोठ्या घड्याळांतील आंदोलकाचीं गमनें, ह्मणजे त्यांचे मागें पुढें जाणें, यास गुरुत्वाकर्षकत्वाचा व्यापार कारण होय. ह्मणोन **सप** आणि **सप**' (आ० ११) हे दोन आंदोलक बरोबर लांबीचे, एके धातूचे आणि समान दार्ढ्याचे करून स या एके बिंदू पासून टांगले आहेत, आणि दोघांच्या गमनाची ऊर्ध्वं रेषा **सप** ही आहे, आणि ते दोनही आंदोलक **पा** या ठिकाणापासून समान अंतरावरून सोडून दिले आहेत असें जर मनांत आणिलें, तर उघड आहे कीं, **पाप** आणि **पाप**' या समान अंतरांतून ते दोनही आंदोलक बरोबर समान काळांत गमन करितील; कारण ज्या गुरुत्वा

आकृति ११



क-

कर्षणामुळें त्यांस गमन होण्यास आकर्षण दोनही ठिकाणीं समान आहे. परंतु या दोन आंदोलकांतून एक (**सप**) विषुववृत्तावर टांगला, आणि दुसरा (**सप**') विषुववृत्ताचे आणि ध्रुवाचे मध्यें (कल्पना करावी पारिस शहरांत) तितक्याच उंची वरून टांगिला, तर **सप** यास **पा** या ठिकाणीं येण्यास जो काळ लागेल त्यापेक्षां **सप** यास तितक्याच अंतरावर पोंचण्यास काळ अधिक लागेल. कारण त्या दोनही आंदोलकांमध्यें गति ज्यापासून उत्पन्न होती असें जें गुरुत्वाकर्षकत्व तें पारिस शहरापेक्षां विषुववृत्तावर कमी. परंतु विषुववृत्तावरील आंदोलक जर कांहीं नियमित प्रमाणानें कमी केला, तर त्याचीं आंदोलनें पारिस एथील आंदोलकाचे आंदोलनांशीं समकालांत घडतील. कारण, तसें केलें असतां त्या आंदोलकास लहान वर्तुळाच्या तत्सजातीय खंडांत ह्मणजे पूर्वींपेक्षां थोड्या अंतरांत गमन करावें लागतें, आणि तितकें गमन समान काळांत घडविण्यास तितकी न्यून तर प्रेरणा समर्थ होती. भिन्न भिन्न अक्षांशावर आंदोलकाचे आंदोलनाविषयीं ध्रुवोत्सार प्रेरणे पासून असे घडत असतें. या गोष्टीचा शोध प्रथम रिहटर या नांवाच्या एका फ्रेंच ज्योतिष्यानें लाविला. त्यास सन १६७२ मध्यें कायेन्न या बेटांत कांहीं ज्योतिष संबंधि अवलोकनें करायास पाठविलें होतें. तें बेट विषुववृत्तापासून ५° उत्तरांशांचे सुमारें आहे. या शोधाचें विस्तारें करून वर्त्तमान

न्यूटन

न्यूटन साहेबानें आपल्या ग्रंथांत लिहिलें आहे. तें असें कीं आगस्त महिन्यामध्यें तो रिहटर स्थिर तारांचे मध्यान्हरेषेवरून अतिक्रमणें पाहात असतां, त्याचें दृष्टीस आलें कीं, आपलें मोठें घड्याळ सूर्याचे मध्यम गतीवरून जितकें चालावें, त्यापेक्षां २′ ८″ इतकें प्रतिदिवसीं कमी जातें. नंतर त्याणें सेकंद यांचे मानानें आंदोलन पावे, असा एक नुसता आंदोलक टांगला. ते सेकंद एका फार चांगल्या घड्याळावरून तो मोजीत असे. नंतर त्याणें त्या आंदोलकाची लांबी मोजली. असें त्याणें नियमानें दाहा महिनें पर्यंत पुनः पुनः प्रतिआठवड्यास केलें. पुढें फ्रान्स देशास परत आल्या नंतर त्या आंदोलकाची आणि पारिस शहरांत सेकंद वाजविणारे आंदोलकाची लांबी बरोबर करून पाहिली; तेव्हां कळलें कीं तो आंदोलक पारिस एथील आंदोलकाहून २ १/४ लैन* इतका कमी होता. या दोन आंदोलकांचे लांबीतील अंतराच्या कारणाचा विचार करते वेळेस न्यूटन याणें लिहिलें आहे कीं, हवेचे उष्णतेमुळें आंदोलक वाढवावा लागल्यास पराकाष्ठा १/६ लैन इतका लागेल तेव्हां बाकीचें जें अंतर १ १/१२ लैन, कीं जितका तेथील आंदोलक पारिस शहरचे आंदोलकापेक्षें आखुड होता, त्या अंतरास कारण हेंच कीं, विषुववृत्तावरचे आणि त्या ठिकाणाजवळचे पदार्थांत गुरुत्व क-

मी

* लैन ह्मणजे इंग्लिश इंचाचा सुमारें १२ वा भाग जाणावा.

मी आहे. पूर्वीं न्यूटन याणें जो सिद्धांत कल्पने वरून बसविला होता, तो त्याणें या अनुभवावरून दृढ केला. तो हा कीं पृथ्वीचा विषुववृत्तांतर्गत व्यास, ध्रुवांतर्गत व्यासापेक्षां सर्व व्यासाचे २२९ वे अंशानें मोटा आहे.

त्या वेळेपासून भिन्न भिन्न अक्षांशांवर सेकंदांचे ठोके वाजविणारे आंदोलकांचे लांबी विषयीं सर्व देशाचे विद्वान लोकांहीं बहुत चित्त देऊन शोध केले आहेत. परंतु आली कडील अनुभवांवरून कळूं येतें कीं पृथ्वीची दीर्घता १/२२९ इतकी मोठी नाहीं. १/३०० या अपूर्णांका बरोबर पृथ्वीचे दीर्घतेचें प्रमाण आहे, असें फार अर्वाचीन शोधांवरून सिद्ध झालें आहे.

प्रकरण १०

या प्रकरणांत, पृथ्वीचे सपाटीवर अंशांची लांबी, आणि त्यांची मोजणी हे विषय सांगीतले आहेत.

पृथ्वी चपटे गोलाकृतीची आहे, याविषयीं आणखी एक प्रमाण सांगायाचें राहिलें आहे. तें हें कीं मध्यान्हवृत्त खंडाच्या अंशांची लांबी भिन्न भिन्न अक्षांशांवर अधिक उणी असती.

मध्यान्ह वृत्ताचा एक अंश ह्मणजे त्याचा तो खंड होय, जाच्या एका शेवटापासून दुसऱ्या शेवटापर्यंत गेलें असतां, कोणत्या एका नक्षत्राची लंबोन्नति आकाशांतील

तील

तील कल्पित मध्यान्ह रेषेच्या ३६० या अंशानें अधिक उणी होती. कोणंत्या नक्षत्राचे लंबोन्नतींत हा फेर पडाया करितां पृथ्वीवरील मध्यान्ह वृत्ताच्या भिन्न भिन्न भागांवर चाललें पाहिजे, आणि ते अंश जर परस्पर बरोबर नसले, तर उघड आहे कीं, पृथ्वीवरील मध्यान्हरेषेचा वांकडेपणा सर्वत्र सारिखा नसेल, ह्मणजे ती रेषा वर्तुळ नसेल. आतां असे शोध केल्यावरून कळूं आलें आहे कीं, ध्रुव नक्षत्र आकाशांतील वर्तुळाचा एक अंश उंच होण्यास विषुववृत्ता जवळच्या चालणारास थोडा प्रदेश चालावा लागतो, आणि तो तेथून पृथ्वीच्या ध्रुवांकडे जाऊं लागला असतां उत्तरोत्तर अधिक अधिक चालावा लागतो. यावरून कळतें कीं, पृथ्वीवरील मध्यान्ह रेषेचे अंश ह्मणजे अक्षांश विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे उत्तरोत्तर मोठे होत जातात; यास्तव मध्यान्ह रेषेचा वांकडेपणा विषुववृत्ताकडे जितका आहे, त्याहून ध्रुवांकडे थोडा आहे, ह्मणोन ती मध्यान्हरेषा जीवर काढलेली आहे. ती पृथ्वी गोल नाहीं, परंतु ध्रुवांकडे चपटी झाली आहे.

आतां यावरून लागलाच सिद्धांत करून ये कीं, पृथ्वी केवळ चपटे गोलाकृतीची आहे. पृथ्वी विषयीं प्रथम कल्पना अशी कराची लागती, कीं तिची आकृती कोणतें एक [illegible] गोल आपल्या धाकट्या आंसावर फिरून जी आकृति होती ती प्रमाणें आहे. आतां ही कल्प-

ना अनुभवास कशी मिळती, आणि पृथ्वीचे सपाटीवरील अंश मोजून बरोबर करून पाहून ही कल्पना सिद्ध करण्या विषयीं किती श्रम व सावधगिरी झाली आहे, हें पुढें सांगतों.

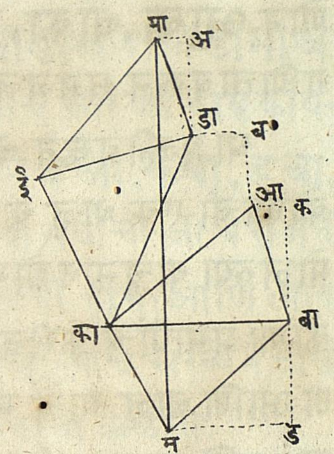
मध्यान्ह वृत्ताचे अंश बरोबर व्यावहारिक रीतीनें मोजायास लागलें असतां बहुत अडचणी पडतात. ज्या देशांत मोजणी करायाची, तो देश नदी, वृक्ष, पर्वत, इत्यादिकें करून व्याप्त असतो, ह्मणोन मोजतां येत नाहीं; आणि त्याविषयीं श्रम केला असतांही अजमासावरून बहुत उणें अधिक करावें लागतें; ह्मणोन अशा मोजणी पासून जें फळ येतें त्यावर भरंवसा बसत नाहीं. परंतु कांहीं स्थूल मानाची मोजणी प्रथम जी झाली, ती अशीच रीतीनें झाली. तिचें वर्तमान असें आहे कीं नार्वुड या नावाचा एक पुरुष होता, त्याणें सन १६२९ त लंडन व यार्क या शहरांचे मध्यें जो मध्यान्हवृत्ताचा अंश आहे तो मोजला. प्रथम या दोन शहरांच्या अक्षांशांचें अंतर गणितावरून सिद्ध केलें; त्यापासून मोजायाचा जो वर्तुळ खंड, त्याचे अंश कळले. नंतर त्या दोन शहरांचें अंतर खरोखर मोजलें, नंतर त्या अंतरांतून वाटेचे फेर व घेर, आणि चढणी व उतरणी हीं वजा केलीं. या पद्धतीचे मोजणी वरून एका अंशाची लांबी १२२३९९ इंग्लिश यार्ड इतकी कळूं आली; आणि जरी या मोजणीचे रीतींत बहुत चुका पडत असतात, तथापि हें लांबीचें मान वास्तविक माना

हून फार दूर नाहीं. आलीकडील गणितांवरून कळलें आहे कीं, या अंक्षांशाची लांबी १२७६६० यार्ड आहे. याजातीची दुसरी मोजणी मेसन व डिक्सन या दोन साहेबानीं मात्र केली. त्याणीं पेन्सिल्वेनि या प्रांतांत ३७९३९९:३१३ यार्ड इतके लांबीचा एक मध्यान्हवृत्ताचा अंश मोजिला. यापेक्षां अंशाची लांबी अचुक काढण्याची फार बरोबर रीति दुसरी एक आहे, तींत त्रिकोणमितीचें गणित आणि खरोखर मोजणी हीं दोनही लागतात. सांप्रत सर्व भूमापन कृत्यें यारीतीनें होत असतात. ती रीति अशी आहे कीं एके मध्यान्हरेषेखालीं किंवा तशे सुमारानें जीं दोन ठिकाणें असतील तीं शोधून काढतात; नंतर त्यांचे अक्षांशांचें अंतर बहुत सूक्ष्ममानानें गणितावरून आणितात. म्हणजे त्यावरून वर्तुळ खंडाचे अंश किती मोजायाचे, त्यांची संख्या कळती. पुढें त्या मध्यान्हरेषेपासून कांहीं थोड्या अंतरावर कितीएक मैल लांब पायाची रेषा मोठ्या प्रयत्नानें मोजितात. यारीतींत खरोखर मोजावें लागतें असें इतकेंच. आतां या पायाचे रेषेचीं दोन शेवटें मध्यान्हरेषेशीं त्रिकोण कल्पून जोडिलीं आहेत असें मानावें लागतें. या त्रिकोणाच्या बाजू मोजाव्या लागत नाहींत, परंतु पाया आणि कोन मापायाच्या यंत्रावरून समजलेले कोन यांच्या आधारावरून त्रिकोणमितीचें गणित केल्यापासून त्या बाजू कळतात. ही मध्यान्हरेषेची लांबी स-

म

मजण्याची रीति पुढें लिहिल्ये आकृतीकडे लक्ष्य दिल्यावरून कळेल.

आकृति १२



या १२वे आकृतींत **माम** हा वर्तुळ खंड आहे असें मनांत आणा. आतां **मा** आणि **म** या दोन अयांच्या अक्षांशांचें जें अंतर आहे तें कळल्या नंतर सर्व वर्तुळ खंडाची लांबी त्या अंतरानें मापिली असतां **मा** आणि **म** यांचे अक्षांशाची लांबी होईल.

या कामा करितां एक सपाट जागा शोधून त्यावर **आबा** ही पायाची रेषा मोजाची. यारेषेचीं अग्रें **माम** या दोन वर्तुळ खंडाच्या शेवटांस त्रिकोणाचे परंपरें करून जोडावीं- हें करण्या करितां सोईचीं ठिकाणें ठरवावीं लागतात; तीं अशीं कीं प्रत्येक त्रिकोणाचे तीन कोनावरील तीन स्थळें परस्परांस दिसत असावीं. कल्पना करा कीं **का**, **डा**, **ई**, हीं तीन ठिकाणें निश्चित केलीं आहेत; आणि हीं तीन ठिकाणें परस्परांशीं आणि **माम** या बिंदूंशीं कल्पित रेषांनीं जोडलीं आहेत, कीं ज्यांपासून **आबाका**, **बाकाम**, **आकाडा**, **काडाई**, **डाईमा**, हे अनेक त्रिकोण उत्पन्न होतात- मंतर **आ** एथून पाहिलें असतां **का** आणि **बा** हीं स्थळें पर

स्परां-

स्परांपासून दिसतात, तो कोण ह्मणजे **आ बा का** याचि-
कोणाचा **का आ बा** हा कोण कळतो. या त्रिकोणाचे दु-
सरे ही कोण या पद्धतीनेंच अवलोकनावरून कळता-
त, आणि **आ बा** ही पायाची रेषा मोजलीच असती. ह्म-
णोन **आ बा, बा का,** या दुसऱ्या बाजू त्रिकोण मितीचे
गणितावरून समजतात.

या युक्तीवरून **बा का म, आ का डा,** या दोन त्रि-
कोणाची एक बाजू कळती; आणि दुसरी कोणती बाजू
मोजल्या वांचून उद्योग पुढें चालतो. असें पहिल्या त्रि-
कोणा प्रमाणेंच करीत गेल्यापासून सर्व त्रिकोणाचे को-
ण आणि बाजू यांचें मान कळतें. इतकें झाल्यावर **मा
डा** आणि **बा म** या रेषांचा मध्यान्ह रेषेशीं तिर्कसपणा
कळला पाहिजे, तो ज्योतिषाचे साधनावरून कळतो. या
उद्योगापासून याप्रमाणें साधनें सिद्ध झाल्यावर सर्व वर्तु-
ळ खंड **मा म,** याची लांबी या पुढील रीतीवरून कळती,
मा आणि **डा** या दोन बिंदूपासून **मा अ** आणि **डा अ**
अशा दोन रेषा परस्परांवर लंब होऊन **अ** या ठिकाणीं
मिळतील अशा काढाव्या. **डा अ** ही मध्यान्हरेषेशीं
समांतर असावी. अशाच मध्यान्हरेषेवर लंब आणि
समांतर **डाब, आ ब, आ क, बा क, म ड, बा ड,** याही
रेषा काढाव्या. आतां उघड आहे कीं **मा म** याची लांबी
अडा, बआ. कबा. बाड, यांचे बेरिजे बरोबर आहे
आणि या रेघाची लांबी खालीं लिहिलेले रीतीवरून
कळती,

कळती, **मा ड** याचा मध्यान्हरेषेशीं जो कोन होतो, तो ज्यो-
तिषशास्त्र, मार्गानें अवलोकनापासून कळलाच आहे. या
कोनापासून **डा मा अ** या काटकोन त्रिकोणांतील **डा मा
अ** हा कोन कळतो, आणि **मा डा** ही बाजूही कळली आ-
हे. याकरितां **डा अ** ही बाजू (जी **मा डा** भुजज्या **डा मा अ**
या बरोबर आहे ती) त्रिकोण मितीचे सारणी कोष्टकांव-
रून एकदाच कळती. याच पद्धतीनें **ब आ, क बा, ड बा,**
या बाजू गणितावरून कळतात, त्या सर्वांची जी बेरीज ती
मा म या मध्यान्हरेषेचे खंडाची लांबी होय; आणि त्या व
र्तुळ खंडांत जितके अंश असतात, त्यांचे संख्येनें ती लां-
बी भागली असतां एके अंशाची लांबी कळती.

पिकर्ड या नावाचे एके पुरुषानें प्रथम या रीतीनें म-
ध्यान्हवृत्ताचा खंड मोजिला. तें कृत्य त्याणें सन १६७०
त केलें. त्याणें पारिस शहरापासून उत्तरे कडे मध्यान्हवृ-
त्त खंड मोजिला. त्या मोजणीवरून कळूं आलें कीं ४९½
अक्षांशावर एके अंशाची लांबी १२ १६२७ यार्ड आहे.
या लांबींत आणि वास्तविक बरोबर लांबींत ३९ यार्ड
मात्र अंतर आहे, परंतु असें ह्मणतात कीं, ही इतकी
सूक्ष्मता देववशात् सांपडली.

त्या वेळेपासून मध्यान्हवृत्ताचे खंड बहुत देशांत
मोजले गेले आहेत. ते वृत्त खंड विषुववृत्त आणि उत्त-
र ध्रुव यांचे मधील देशांत, तसेंच विषुववृत्तावर आणि
ध्रुवाजवळ ही मोजण्यांत आले आहेत. फार चांगल्या
आणि

आणि सूक्ष्म मानानें केलेले पांच मोजण्यांवरून भिन्न भिन्नस्थळींचीं अक्षांशांचीं मानें कळलीं आहेत, तीं खालीं लिहितों.

अक्षांश.	अंश टाईस※. यामानानें.	अंश फाथम+. यामानानें.	देश.
१ ० ० ०	५६७४९	६०४८०.२	पिरु
२ ११ ० ०	५६७५५	६०४८६.६	हिंदुस्थान.
३ ४५ ० ०	५७०११	६०७५९.४	फ्रान्स.
४ ५२ ० २	५७०७४	६०८२६.६	इंग्लंड
५ ६६ २० १०	५७१९२	६०९५२.४	लापूलंड

सांप्रत भूमापन कृत्यें किती सूक्ष्म मानानें होत असतात, आणि त्या कामाविषयीं कसीं कसीं साधनें कामांत घेत असतात, हें पुढें लिहिलेले वृत्तांतावरून कळेल. इंग्लंड देशांतील वर लिहिलेले कोष्टकांतील मान जा मोजणीवरून कळलें, त्या मोजणीचे वेळेस पायाची रेषा सुमारें पांच मैल लांबीची हन्स्लो ही थ याठिकाणीं केली होती, आणि ती बहुत कुशलतेनें केलेले पोलादाचे सांखळीनें मोजली होती. तोच पाया तीन वर्षीपूर्वी जनरल राय याणें कांचेचे काठ्यांनीं मोजला होता, आणि त्या पांच मैल लांबींत २$\frac{3}{4}$ इंच मात्र अंतर पडलें. फ्रेंच यांचा प्राया प्लाटिना या नावाचे धातूचा काठ्यांनीं मोजिला होता; आणि लापूलंड देशामध्यें लोखंडाचे काठ्यांनीं मोजिला होता. आणि हवेचे फारफेर झाल्यामुळें, काम चाललें असतां काठ्यांची लांबी न्यूनाधिक होत असती, तेंही हिसा

※ एक फ्रेंच टाईस ह्मणजे सुमारें २$\frac{1}{8}$ इंग्लिश यार्ड इतका आणावा.

\+ एक फाथम ह्मणजे साहा फुट किंवा दोन यार्ड.

साबांत घेतलें होतें- लापूलंड देशांत पूर्वी एक मोजणी झाली होती ती मध्यें थंडीमुळें धातु फार संकुचित होतात, ह्मणोन फ्रेंच ज्योतिषी यांणी लांकडाचा काठ्या कामांत घेतल्या. हें त्या मोजणींत अवश्य होतें, कारण कीं ती केवळ अति हिंवाळ्याचे समयीं आरंभिली होती, आणि फार सपाट स्थळ सांपडावें, ह्मणोन नदीचें पाणीं गोठलें असतां त्या नदीचे सपाटीवर हा मोजणीचा उद्योग केला होता. दुसरें, या भूमापन कृत्याचा खरेपणा सिद्ध करण्या करितां शेवटीं आणखी एक रेषा मोजून पाहणें अवश्य पडतें, ज्या रेषेस ताळ्याचा पाया ह्मणतात. पूर्वी सांगीतलें आहे कीं त्रिकोण परंपरेच्या सर्व बाजू (आ बा ही पायाची रेषा पहिले त्रिकोणाची बाजू आहे ती वांचून सर्व बाजू) मोजाव्या लागत नाहींत. परंतु गणितावरून कळतात. ह्मणोन या भूमापनांतील सर्व परंपरा वास्तविक आहेत, किंवा नाहींत हें पाहाण्या करितां, कोणत्या तरी त्रिकोणाचे एके बाजूची लांबी गणितावरून त्या रेषेची जी लांबी येईल, तीशीं मिळवून बरोबर आहे किंवा नाहीं हें पाहावें लागतें. या रीतीनें मोजलेली जी बाजू तिला ताळ्याचा पाया ह्मणतात, आणि ती मुळचे पायापासून जितकी दूरची साधेल तितकी दूरची मोजून पाहातात. फ्रेंच यांचे मोजणींत हा ताळ्याचा पाया मुळचे पायापासून सुमारें ५०० मैल दूर आणि ७ मैल लांबीचा होता. असें असतांही त्याची गणितावरून कळलेली लांबी, आणि

णि मोजलेली लांबी या दोहोंत १२ इंचांपेक्षां अधिक अंतर पडलें नाहीं.

अंशांचे लांबीचे कोष्ठक वर लिहिले, ते पाहिल्या वरून कळतें कीं विषुववृत्तापासून धुवापर्यंत उत्तरोत्तर अंशांची लांबी वाढत जाती; ह्मणोन वांकडेपणा कमी होत जातो; या करितां पृथ्वी पूर्णगोल नाहीं, परंतु धुवांकडे चपटी आहे, आणि. तिचा धुवांतर्गत व्यास विषुवांतर्गत व्यासापेक्षां कमी आहे. आतां आली कडील अनेक मोजण्यांची बरोबरी करून पाहिली असतां त्यांपासून या व्यासाचे अंतराची किंमत यद्यपि एक सारिखी निघत नाहीं, तथापि त्या सर्वांपासून या गोष्टीचा निश्चय होतो कीं धुवांतर्गत व्यास विषुवांतर्गत व्यासापेक्षां कमी आहे; आणि अंशांची लांबी धुवांकडे अधिक अधिक वाढत जाती. यावरून सिद्ध होतें कीं पृथ्वी चपटे गोलाकृतीची आहे.

भिन्न भिन्न अक्षांशांवर फार चांगले सूक्ष्म रीतीनें मोजलेल्या मध्यान्हवृत्त खंडाचे लांबीची मानें परस्पर बरोबर करून त्यांपासून पृथ्वीचे संकुचितपणाची, ह्मणजे दोन व्यासांचे अंतराची किंमत किती निघती, याविषयीं विद्यामंडळीचे शेवटचे पुस्तकांत प्रोफेसर एरी यानें एक कागद छापिला आहे. त्यावरून कळतें कीं त्या व्यासांचे अंतराची किंमत १/२९८·६ आहे; ह्मणजे धुवांतर्गत व्यास विषुवांतर्गत व्यासापेक्षां सर्व व्यासाचे २९८·६व्या अंशानें

अंशानें कमी आहे.

युरोपखंडांत सांप्रत पृथ्वीचे दीर्घतेचा अपूर्णांक आणि पृथ्वीची संकुचितता यांचा फार सूक्ष्मतेनें निश्चय करण्याकरितां उद्योग चालले आहेत. ४५ अंशांचे समांतर रेषेवरील १५° अथवा १६° अंश लांबीचा खंडाची मोजणी झाली आहे. या खंडाचे एक शेवटचा प्रारंभ फ्रान्स देशाचे पश्चिमेस गारोन नदीचे कांहीं उत्तरेस मारेंन्स एथें आहे; आणि तो खंड फ्रान्स, पेदमों, व इटली देशाचे उत्तर भागांतून पार जाऊन आस्त्रियन राज्यांत फयूम याठिकाणीं आद्रियातिक समुद्राचे पूर्व कांठावर त्याचा दुसरा शेवट पोंचला आहे. या मोजणीपासून गणितानें सिद्ध केलेली पृथ्वीची दीर्घता १/२९२·८ आहे. पूर्वीं सांगितलेंच आहे कीं, आंदोलकाचे अनुभवावरून ही दीर्घता १/२९८ इतकी येती. याप्रकारें केवळ भिन्न प्रकारच्या कृत्यांपासून फळें जवळ जवळ येतात, ही एक दोघांच्या ही साधारण खरेपणाविषयीं मोठी साधक युक्ति आहे.

परंतु आलीकडे हिंदुस्थान देशांत कंपनी सरकारचे आज्ञेनें त्रिकोणमितीचा रीतीवरून मोजणी झाली आहे, तीवरून जें अनुभवास आलें तें फ्रेंच मोजणीचे अनुभवाशीं व आणखी बहुत विद्वानांनीं जें सिद्ध केलें आहे तें सर्व बरोबर करून पाहातां पृथ्वीची दीर्घता ३०० ३०१ याप्रमाणें आहे. ह्मणजे तिची किंमत १/३०० या अपूर्णांकाचा बरोबर असें सिद्ध झालें आहे.

मध्यान्हरेषेचे अंशांचें मध्य प्रमाण, ह्मणजे जो अंश विषुववृत्तावरील अंशापेक्षां जितका मोठा, तितकाच ध्रुवावरील अंशापेक्षां लहान आहे त्याचें मान, ४५° अक्षांशांवर सांपडतें. हा अंश विषुववृत्त व ध्रुव यांचे अक्षांशांचें मध्यप्रमाण आहे. त्याची लांबी फ्रेंच मोजणी प्रमाणें ६०७५९·४ फाथम ह्मणजे १२१५१८·८ यार्ड आहे. दीर्घ मध्यान्हवृत्ताचा परिघ, हें अंशांचें मध्यम मान ३६० यांणीं गुणूनं जो गुणाकार होतो, तितका आहे. तो २४८५५·८४ मैल आहे. विषुववृत्ताचा परिघ २४८९६·१६ मैल आहे. हा दीर्घ मध्यान्हवृत्तापेक्षां ४१ मैलांत कांहीं कमी इतका अधिक लांब आहे.

सन १७९२त फ्रेंच यांणीं जी मोजणी केली, ती लांबीचें कांहीं एक नियमित प्रमाण सांपडावें या लक्ष्यानें आरंभिली होती. त्या मोजणीपासून मध्यान्हवृत्ताचे चतुर्थांशाची लांबी ५१३०७४० टाईज किंवा १०९३६५७८ इंग्लिश यार्ड सिद्ध करून, या सृष्टींतील शाश्वत परिणाम शून्य प्रमाणाचा जो कोटयंश, तें लांबीचें प्रथम मेत्र यानावाचें मान होय असा फ्रेंच सरकारानें हुकुम केला. हा कोटयंश १·०९३६५७८ यार्ड ह्मणजे सुमारें ३९·३७ इंच होतो.

अंशाची बरोबर लांबी कळण्यापासून पृथ्वीचे वास्तविक आकृतीचें ज्ञानाविषयींच उपयोग आहे, असें नाहीं. या एवढ्याच गोष्टीवर सार्वत्रिक गुरुत्वाची कल्पना स्थापली जावी, किंवा मोडावी असें कोणे समयीं झालें होतें

तें. हा आकर्षणरूप धर्म सृष्टींत अनेक प्रकारचीं कार्यें उत्पन्न करितो, यापासून फार विरूप शास्त्रांत ही परस्परा कांक्षा दृष्टीस येती, आणि यापासून ही त्यांस बहुत उपयोग घडतो, ह्मणोन याचा विचाराचा उपयोग पृथ्वीचे आकृतीचे विचारापेक्षां कमी नाहीं.

या सार्वत्रिक गुरुत्वरूप धर्माचें स्वरूप हें आहे कीं ज्या प्रेरणे करून कोणी जड पदार्थ पृथ्वीकडे येतो, त्याच प्रेरणे करून चंद्र आपले कक्षेंत राहिला आहे, आणि सरळ रेषेपासून पृथ्वीकडे वक्रीभवन पावतो. आतां हीं दोन कार्यें उत्पन्न करणारी प्रेरणा एकच होय, हें सिद्ध करायास इतकें मात्र अनुभवास आणून देण्याचें प्रयोजन होतें, कीं, सरळ रेषेपासून चंद्राचें वक्रीभवनरूप कार्य कोण्या एका समय विशेषांत जितकें घडतें, त्याचे प्रमाणानें (प्रेरणेचा न्यूनाधिक होण्याचा नियम, आणि चंद्राचें अंतर हीं दोन हिसाबांत घेऊन) कोणी एक पृथ्वीवर पडणारे पदार्थावर तितक्याच वेळांत गुरुत्वाकर्षकत्वाचें कार्य घडतें. यावरून उघड दिसतें कीं या गोष्टीचें निर्णयास चंद्राचे अंतराचा आधार होता. हें अंतर पृथ्वीचे त्रिज्येचे सुमारें ६० पट असें गणितावरून येई, ह्मणून पृथ्वीचे त्रिज्येची लांबी किती आहे, हा निश्चय करणें प्राप्त झालें. हें होण्यास व्यासाचें आणि परिघाचें वर्तुळामध्यें जें परस्पर प्रमाण असतें, तें मात्र साधन होतें; आणि परिघाची लांबी एके अंशाचे लांबी-

हून

हून ३६०पट अधीक असती, ह्मणून हा सर्व विचार शेवटीं पृथ्वीवरील एक अंश बरोबर मोजण्याच्या कृत्यावर येऊन राहिला. सन १६६६मध्यें जेव्हां न्यूटन याणें प्रथम याविषयाचा विचार आरंभिला, त्यावेळेस नार्वुड याची मोजणी मात्र झाली होती. त्या मोजणीपासून ठरलेली अंशाची लांबी वास्तविक लांबीपेक्षां १००० यार्ड अधिक होती. ही चुंक कृत्याचे प्रति परंपरेंत वाटत जाईल; आणि न्यूटन याणें हें मान किंवा अंशास ६० मैल, हें त्याही पेक्षां अशुद्ध मान कामांत घेतलें असेल, ह्मणोन पडणारे दगडाची आणि भ्रमण करणारे चंद्राची स्थिति हीं दोन ही एके उपपत्तीवरून सिद्ध करणें त्याचानें झालें नाहीं, हें आश्चर्य नव्हे. त्याकाळीं हें अज्ञान प्रवृत्तींत होतें. यापासून फळ असें झालें कीं, न्यूटन याणें बहुत वर्षे पर्यंत आपली सार्वत्रिक गुरुत्वाची कल्पना एकी कडे ठेविली. परंतु सन १६७० त मध्यान्हवृत्त खंडाची पिकर्ड याणें मोजणी केली; तीवरून ४९° १/२ अक्षांशावरील अंशाची लांबी, दैववशात् आतांचे वास्तवीक मानाहून ३५ यार्ड अंतरानें सांपडली. या नव्या मापानें न्यूटन यास आपले इष्ट कल्पनेवर पुनः आणिलें. नंतर त्याणें निश्चयें सिद्ध केलें कीं गुरुत्वाकर्षकत्व, व ज्या आकर्षणें करून चंद्र आपले कक्षेंत राहिला आहे, हीं दोन समान सरूप होत. अशी गोष्ट सांगतात, कीं गणिताचे शेवटीं जेव्हां न्यूटन याच्या लक्ष्यांत आलें कीं, आपला उद्योग सिद्धीस जातो, तेव्हां त्यास ब-

हुतच उल्हास झाला. तो इतका कीं, त्यास तें गणित संपवाया करितां आपल्या एका मित्रास सहाय होण्याविषयीं प्रार्थना करावी लागली. या प्रकारें करून एका अंशाचे वास्तवीक लांबी वरून सार्वत्रिक गुरुत्वाची ही महान् कल्पना शेवटीं सिद्ध झाली.

समाप्त.

भास्कराचार्यांच्या मताचा विचार.

भास्कराचार्यांच्या मतांत असें आहे कीं, पृथ्वी स्थिर, विश्वाचा मध्यभागीं आहे. तिच्या आसमंतात् सूर्य चंद्र इत्यादि ग्रह प्रवह वायूच्या योगानें पूर्वेपासून पश्चिमे कडे जात असतात. तो प्रवह वायु पृथ्वीचा पृष्ठापासून १२ योजनें आहे. या शिवाय सूर्य चंद्र इत्यादि ग्रह प्रतिवर्षी राशिचक्रामध्यें गमन पावतात जसे धातुमय गोळे धातुमय मार्गात फिरतात. या दोन गोष्टींपासून ऋतुभेद आणि रात्रिमान व दिनमान यांत जें अंतर पडतें यांस उपपत्ति लिहिली आहे.

पृथ्वीपासून सूर्याचें अंतर ६८९३७७ योजनें व चंद्राचें ५१९६६ योजनें लिहिलें आहे. पृथ्वीचा परिधि ४९६७ आ-

णि व्यास १५८१ योजनें असें लिहिलें आहे. तशीच पृथ्वीवरील कित्येक स्थळें सांगीतलीं आहेत. लंकाही भूमध्यावर निरक्ष देश ह्मणजे तेथे अक्षांश कांहीं नाहींत, जेथून दोनही ध्रुव दिसतात आणि जी उज्जनीशीं समरेखांशावर आहे. यमकोटि ह्मणोन नगर पूर्वेस एका वर्तुळ पादावर ह्मणजे ९० अंशांवर आहे, रोमकपत्तन (ह्मणजे रूमशहर) हें पश्चिमेस एका वृत्त पादावर आहे; तेथून पश्चिमेस एका वृत्त पादावर सिद्ध पुर आहे, आणि हीं सर्व विषुववृत्तावर आहेत असें वर्णिलें आहे. तसाच मेरु हा उत्तर ध्रुवाकडेस आहे, व वडवानल दक्षिण ध्रुवाकडेस आहे, व विषुववृत्ताचे उत्तरेस उत्तरगोलामध्यें जंबुद्वीप नवखंडासहित क्षार समुद्रानें वेष्टित आहे, आणि दक्षिणे कडेस उत्तरोत्तर द्विगुण अशीं शाक इत्यादि साहा द्वीपें क्षीर समुद्रादिकें करून वेष्टित आहेत असें लिहिलें आहे.

असें हें मत भास्कराचार्यांनीं सिद्धांत शिरोमणींत लिहिलें, आणि हें खरें असें बहुत दिवसांपासून लोक मानीत आले आहेत, यास्तव सांप्रत काळाचा अनुभवास हें मत किती अनुसरून आहे याचा विचार केला पाहिजे.

वास्तविक असें आहे कीं जर कोणी उज्जनीपासून निघून विषुववृत्त पर्यंत शुद्ध दक्षिणेस गेला, तर विषुववृत्तावरून दोन ही ध्रुव दृष्टीस पडतील, परंतु दोनही ध्रुव लंकेंतून दिसणार नाहींत, ते जेथून दिसतील तें स्थळ समुद्रामध्यें जमिनीपासून बहुत दूर, तेथून भूमि दिसत

नाहीं. तर यावरून भास्कराचार्य याणीं लंकेविषयीं जें लिहिलें तें सत्य नव्हे असें वाटतें, कारण पृथ्वीचा स्थितींत कांहीं फेर पडला ह्मणावा, तर अकबर बादशाहा याचा राज्यांत शिरोमणि लिहून सुमारें २५० वर्षें झालीं होतीं, तेव्हांपासून तशी ही गोष्ट घडली नाहीं. तथापि इतकें खरें कीं उज्जनीचा केवळ दक्षिणेस जो विषुववृत्ताचा अंश आहे, त्याच्या अतिसन्निध सीलोन नामक बेट आहे. त्यास पुराणांत सिंहल असें ह्मणलें आहे, त्यासच कोणी लंकाही ह्मणतात. परंतु तें विषुववृत्तावर नाहीं, त्यापासून उत्तरेस ६पासून १० अंशांत आहे. तसेंच तें उज्जनीपासून केवळ दक्षिणेस नाहीं, परंतु ४पासून ६ अंश पर्यंत आग्नेय कोणास आहे. या सरळ खऱ्या गोष्टी आहेत, याविषयीं कोणास संशय असला तर आपण स्वतः जावें किंवा जे तेथें गेले आहेत त्यांस विचारावें ह्मणजे खातरी होईल.

तसेंच लंकेपासून पूर्वेस विषुववृत्तावर ९० अंश जर गेलें, तर तेथें यमकोटि नगर आढळत नाहीं. नगर कोठें, परंतु सर्व चहूंकडे जलमय व कोठे भूमि नाहीं, असा प्रदेश तेथें आहे. त्या पासिफिक समुद्रांत मध्यें मध्यें कोठें लाहान द्वीपें मात्र आहेत; तेथें आरण्यक पशुतुल्य लोक राहातात.

जर रोमकपत्तन या शब्दें करून अर्वाचीन रूम शहर (जास मुसलमान इस्तंबोल ह्मणतात तें) भास्करा

चार्यास

चार्यांस विवक्षित असलें, तर तें शहर विषुववृत्तावर नाहीं, त्यापासून ४१ अंश उत्तरेस आहे, आणि उज्जनीपासून ९० अंशांवर असावें तें ४७ अंश मात्र पश्चिमेस आहे. जर रोमकपत्तन ह्मणजे इतली देशांतील प्राचीन रूमशहर ह्मणावें, तर तेंही विषुववृत्तापासून ४२ अंश उत्तरेस आणि ६३½ अंश उज्जनीच्या पश्चिमेस आहे. रोमकपत्तनाचें ठिकाण जें भास्कराचार्य याणीं लिहिलें तें, आफ्रिका व अमरिका या दोहोंच्या मध्ये आटलांटिक महासागरांत येतें. तसेंच सिद्धपुराचें ठिकाण लिहिलें तें अमरिका देशाच्या पश्चिमेस पासिफिक महासागरांत येतें यावरून, या चारही नगरांविषयीं भास्कराचार्य याणीं जें लिहिलें तें सत्य वाटत नाहीं. याविषयीं युक्ति सांगून वाद करण्याचें प्रयोजन नाहीं, कारण या वस्तुस्थितीच्या गोष्टी आहेत, याविषयीं कोणास संशय असल्यास जाऊन पाहावें, ह्मणजे असेंच आहे असें अनुभवास येईल.

पृथ्वीच्या दक्षिणार्द्धांत मुख्य देश दक्षिण अमरिका, न्यूहालंड, आणि आफ्रिका खंडाचा एक तृतीयांश इतके आहेत; उत्तरार्धांत युरोप, एशिया हीं दोन खंडें, आफ्रिका खंडाचे अजमासें दोन तृतीयांश, आणि उत्तर अमरिका इतके देश आहेत. याशिवाय समुद्रांत मध्यें मध्यें बेटें आहेत; हीं एकंदर पृथ्वीच्या एक चतुर्थांश इतकीं सुमारें आहेत. यांशिवाय बाकी पृथ्वीचे तीन चतुर्थांश राहिले तेथे सर्वत्र पाणी आहे, आणि तें अवघ्या ठि

काणीं मुंबईच्या बंदरांतील पाण्या प्रमाणें खारट आहे. पृथ्वीवर कोठें दुग्ध समुद्र, दधिसमुद्र, घृतसमुद्र, इक्षुरसमुद्र, मधुसमुद्र किंवा शुद्धोदक समुद्र यांतून एकही आढळत नाहीं, कित्येक स्थळीं गोड पाण्याचीं मोठ मोठीं (चाळीस पन्नास कोश लांबीचीं) सरोवरें आहेत, ज्यांच्या सभोंवताली चारही बाजूनी भूमी, व अशींच कितेक क्षार पाण्याचींही आहेत, परंतु जेथें जावें तेथें समुद्राचें उदक खारें आढळतें, शाक शाल्मल इत्यादिक दक्षिणार्धांतील साहाद्वीपेंही कोठें आतां दृष्टीस पडत नाहींत. दक्षिण समुद्राजवळ १२ योजनें पर्यंत वडवानळ आहे असें जें लिहिलें आहे त्याचा कधीं प्रत्यय येणार नाहीं, कारण अतिशय थंडीमुळें तेथें पाणी गोठतें त्यामुळें दक्षिण ध्रुवापासून सुमारें २० अंशांच्या आंत गमन होणें परम अशक्य आहे. जेव्हां हा हिमसमुद्र वादळाच्या योगानें खवळतो, त्यावेळेस त्यामध्यें मोठे बर्फांचे पर्वत इकडून तिकडे वाऱ्यानें किंवा समुद्राच्या ओटीनें तरतात, त्यांजवळ गलबत गेलें असतां त्यास फार भय आहे. दक्षिणेस ९० अंशांच्या पलीकडे किंवा उत्तरेस ७० अंशांच्या पलीकडे जीं गलबतें जाण्यास यत्न करितात त्यांस हें भय आहे, ह्मणोन ते हिमपर्वत ध्रुवाजवळ जाण्यास अपरिहार्य विघ्न आहेत असें जाणावें.

उत्तर ध्रुवाकडे थंडी दक्षिणे प्रमाणें अतिशय नाहीं, तथापि ती इतकी आहे कीं उत्तर ध्रुवापांसून ७ अं

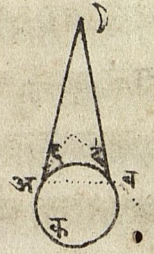
शांचा आंत ह्मणजे सुमारें २५० कोशांचा आंत आजपर्यंत कोण्हास जातां आलें नाहीं. तिकडे कांहीं दुसरें दिसत नाहीं, अगम्य बर्फाचे समुद्र मात्र दिसतात, तेव्हां मेरु पर्वत भास्कराचार्यांनीं लिहिला तो कोठून दिसेल, व आहे असें कशावरून ?

जंबूद्वीपामध्यें नव खंडें आणि देश संस्था लिहिली ती प्रत्यक्षास केवळ विरुद्ध आहे. मुंबईमध्यें काबुल, कंदहार, इराण, तुर्कस्थान, तातरी, रशिया, चीन, इत्यादि सर्व देशचे लोक आहेत त्यांतून कोणी तशी देश संस्था पाहिली नाहीं. आणि भास्कराचार्यांनीं सर्व देश संस्था लिहून हें सर्व पुराणाश्रित ह्मणोन लिहिलें, यावरून याविषयीं त्यांची ही अश्रद्धा भासती.

भास्कराचार्य यांणीं पृथ्वीचा परिधि ४९६७ योजनें आणि व्यास १५८१ योजनें लिहिला आहे, ते प्रति योजनास. ३२००० हात या मानानें १५८९४४००० आणि ५०५९२००० इतके हात होतात. जर एक हात १½ फुट ह्मणजे १८ इंच असें ह्मटलें, तर एक योजन ९ मैल १६० यार्ड होईल, आणि जर हात १९⅘ इंच यां बरोबर धरला तर योजन बरोबर दाहा मैल होईल. या आलीकडील मानानें पृथ्वीचा परिधि भास्कराचार्यांचा मतांत ४९६७० मैल होईल. आणि व्यास १५८१० मैल होईल. हीं मानें सत्य आहेत किंवा असत्य आहेत याचा विचार केला असतां ध्यानांत येईल. तो विचार असा.

जर कोणी पुरुष भास्कराचार्यांनीं लिहिल्या प्रमाणें अक्षरेषेवर केवळ उत्तरेस किंवा केवळ दक्षिणेस एक अंश गेला, तर त्याणें समजावें कीं आपण ज्या ठिकाणापासून निघालों तें ठिकाण आणि ज्या ठिकाणीं आलों तें ठिकाण या दोहोंचा मध्यें जें अंतर तें सर्व पृथ्वी परिधीचा ३६० वा अंश होय. ह्मणोन सर्व पृथ्वीचा परिधि त्या अंतराचा ३६० पट आहे असें जाणावें. या रीतीचे उद्योग बहुत वेळा युक्तिपूर्वक बहुत ठिकाणीं केल्यावरून पृथ्वीचा परिधि २४८५७ मैल सिद्ध झाला आहे. तेव्हां सिद्धांतांत जें परिधीचें मान लिहिलें तें वास्तविक मानाचा दुप्पट आहे, अतएव तें सत्य नव्हे असें उघड होतें. पृथ्वीचा मानाचें वास्तविक ज्ञान झाल्यावर पुढें त्यापासून सूर्य, चंद्र, ग्रह यांचीं अंतरें व परिधि हीं समजतात. तीं अंतरें कळण्यांत पृथ्वीचा मानाचा उपयोग असा आहे.

मनांत आणावें कीं अ ब या दोन अवलोकन शाळा परस्परांपासून दक्षिणोत्तर आहेत.



अ द, अ या अवलोकन शाळेची दृष्टि मर्यादा आहे आणि ब द ही ब याची आहे, दोनही अवलोकन शाळांचे अक्षांश समजले असतात, तेव्हां अ ब हा वर्तुळ खंड आणि अ ब ही सरळरेषा कळती. तसेंच द अ ब, आणि द अ ब, हे कोनही समजतात, कारण त्यांचें माप अ ब या

वर्तुळ खंडाचे अर्धे अंश आहेत. आतां दोनही अवलोकन शाळांत दोघां पुरुषांनीं चंद्र मध्यान्हीं येतो त्या काळीं त्याची लंबोन्नति सूक्ष्मतेनें पाहावी. अ याठिकाणची लंबोन्नति ड अद ही होईल. आणि ब याठिकाणीं ड बर्द होईल. या दोहोंस द अब आणि र्द अब हे कोन मिळवावे, ह्मणजे अ ड ब या त्रिकोणांतील अ आणि ब हे दोन कोन कळतात. आणखी अब ही रेषा पूर्वीच कळली असती, तेव्हां या तीन साधनावरून ड अ, आणि ड ब या दोन बाजू ह्मणजे प्रति अवलोकन शाळेपासून चंद्राचें अंतर कळतें. मग पृथ्वीचे केंद्रापासून चंद्र किति अंतरानें आहे हें सहजच कळेल.

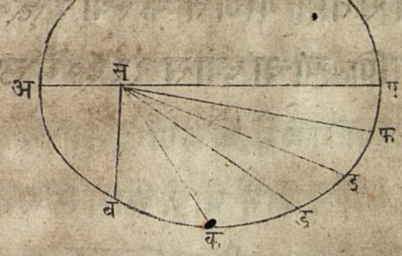
या रीतीनें गणित केल्यावरून चंद्राचें अंतर २३७००० मेल, आणि त्याचा व्यास २१६० मेल असें कळून आलें आहे. भास्कराचार्यांनीं हें अंतर ५१५६६ योजनें लिहिलें, याच प्रकारें करून सूर्याचें अंतर ९५३६०००० मेल निघतें, तें भास्कराचार्यांनीं ६८९३७७ योजनें लिहिलें आहे.

स्थिर तारांचें अंतर आजून बरोबर समजण्यांत आलें नाहीं, परंतु इतकें कळलें आहे कीं त्यांतून जी फार जवळची सूर्यापेक्षां चार लक्षपट दूर आहे. ग्रहांचीं पृथ्वीपासून आणि सूर्यापासून अंतरें किती हें गणितावरून समजलें आहे; आणि प्रतिग्रह सूर्या सभोंवता केवळ वर्तुळ कक्षेंत नफिरतां किंचित् दीर्घवर्तुळाकार कक्षेंत फिरला असतां जितकें अंतर असावें तितकेंच अंतर आ-

हे

हे. ती कक्षा अशी दीर्घ वर्तुळाकार कीं जिच्या एके स्थिर बिंदूंत सूर्य आहे. ग्रहांचीं सूर्यापासून जीं मध्यम अंतरें आणि त्यांचें सूर्या सभोंवतें एक वेळ भ्रमण होण्यास जो काळ लागतो, या दोहोंत कांहीं परस्पर नियम आहे. तो नियम हा कीं भ्रमण काळाचा वर्ग अंतराचा घनाशीं प्रमाणांत आहे.

या आकृतींत स हा सूर्य आहे आणि अब कडईफ ही कोणी ग्रहाची कक्षा आहे असें मनांत आणावें. स, यापासून कक्षेंतील ब क, इत्यादि बिंदू पर्यंत रेषा काढल्या आहेत. या रेषा आणि कक्षेचे खंड यांमध्यें जें क्षेत्रफळ असतें, तें परस्पर बरोबर होईल अशा जर या रेषा काढल्या ह्मणजे जर असब हें क्षेत्रफळ = बसक = कसड इत्यादि असलें, तर अ पासून ब पर्यंत जाण्यास जो काळ



यास लागेल तितकाच काळ ब पासून क पर्यंत जाण्यास लागेल. याचा अर्थ. सूर्यापासून ग्रहापर्यंत जी रेषा रेदिय सेवक्तर, (त्रिज्येसारिखी ज्या) या रेषेनें जें क्षेत्रफळ होतें तें काळप्रमाणानुसार वाढतें. हे नियम अवलोकनावरून केप्लर यानावाचा विद्वान ज्योतिष्यानें सिद्ध केले, त्यास २०० वर्षे झालीं. ह्मणोन ते नियम त्याचा नावानें प्रसिद्ध आहेत.

पृथ्वी

पृथ्वी मध्यभागीं आहे व तिचा सभोंवताले सूर्य, चंद्र ग्रह इत्यादि फिरतात असें जर मानिलें, तर वरील नियम कांहीं सांपडणार नाहींत, आणि सर्वच बेत आणि नियम हे पाहाण्यांत येतात तसे कांहीं येणार नाहींत, अनियम आणि अव्यवस्थाहीं दिसूं लागतील.

सूर्य, चंद्र, ग्रह तारा हे सर्व प्रतिदिवसीं पूर्वेपासून पश्चिमेकडेस जातात असा भास होतो, यास कारणें दोन प्रकारचीं सांगत असतात. भास्कराचार्य आणि त्यांचा मतास अनुसरणारे लोक असें ह्मणतात कीं सूर्यादिक वास्तविकच प्रवह वायूचा गतीमुळें पूर्वेपासून पश्चिमेकडेस जातात. दुसरे लोक असें ह्मणतात कीं पृथ्वी प्रतिदिवसीं पश्चिमेकडून पूर्वेकडेस जाती. या दोहोंतून कोणती उपपत्ति स्वीकारिली तरी स्थूळ मानानें तारादिकांचीं गमनें, ग्रहणें इत्यादिकांचा निर्वाह होईल; परंतु सूक्ष्म दृष्टीनें पाहूं लागलें असतां या दोहोंतून कोणती उपपत्ति खरी याविषयीं संशय राहणार नाहीं. भास्करमताप्रमाणें ग्रह आणि सूर्य हे सर्व पृथ्वी सभोंवताले प्रतिदिवसीं एकवेळ फिरतात. सूर्याचें पृथ्वीपासून अंतर तर सुमारें एक कोटि योजनें आहे, आणि त्याचा व्यास पृथ्वी आणि चंद्र यांचामध्यें जें अंतर आहे त्यापेक्षां पावणेचारपट अधिक आहे. असा हा सूर्यरूप मोठा गोल पृथ्वी सभोंवता प्रतिदिवसीं तीन कोटि योजनें फिरतो अशी कल्पना करण्याचें प्रयोजन नाहीं. कारण पृथ्वी प्र-

ति दिवसीं आपल्या आंसावर फिरती असें जरी मानिलें तरी तशींच सर्व कार्यें घडून येतात, तेव्हां असें गौरव व्यर्थ कां मानावें?

परंतु असी कल्पना केली असतां सूर्य चंद्र ग्रह हे मात्र पृथ्वी सभोंवताले फिरतात इतकें मानिल्यानें निर्वाह होत नाहीं; परंतु स्थिर ताराही पृथ्वी सभोंवत्या फिरतात असें मानावें लागतें. त्यांतून कोणेकीचें अंतर चार लक्ष कोटि योजनावर आहे, कित्येकींचें अधिकही असेल; तर मग त्या पृथ्वी सभोंवत्या फिरत असल्यास त्यांस बारा लक्ष कोटि योजनांपेक्षां प्रति दिवसीं अधिक भ्रमण करावें लागेल. इतक्या वेगानें भ्रमण करीत असतां त्यांचा परस्पर दिशा व अंतरें हीं सर्वकाळ बरोबर राहतील हें अगदीं संभवत नाहीं. ह्मणोन यावरून समजावें कीं पृथ्वी फिरती हें मत, सूर्यादिक पूर्वेपासून पश्चिमेस फिरतात या मतापेक्षां सयुक्तिक आहे, ह्मणोन हें वास्तविक असेल.

आतां याजवर दोष इतकाच आहे कीं जर पृथ्वी फिरती तर आह्मास तिचें फिरणें दिसत कां नाहीं, त्यापेक्षां हें आह्मास खरें वाटत नाहीं. यास उत्तर, कोणी ग्रहस्थ स्थिर पाण्यावर नावेंत बसून जात असतां त्यास नाव चालती असें दिसत नाहीं; परंतु तो पुरुष कांठावरचीं झाडें घरें माणसें यांजकडे जर पाहूं लागला तर तीं फिरतात, आपण बसलेली नाव चालत नाहीं असें त्यापु

रुषास वाटतें. दुसरें जर एक तोफेचा गोळा दोरीनें अंतराळीं टांगून तो हळू हळू फिरवूं लागलें तर माशी किंवा मुंगी जी त्यावर असेल तिला तो गोळा स्थिर आहे, आणि सभोंवताले पदार्थ फिरतात असा भ्रम होईल.

ही गोष्ट जशी आहे त्या प्रमाणेंच पृथ्वीवरील राहाणारे जे आह्मी त्या आमची गोष्ट आहे. पृथ्वी आणि तिजवरील पदार्थ हे आह्मा सहवर्तमान आमचा इतक्याच वेगानें गमन पावतात, ह्मणोन ते आणि आह्मी एकमेकापासून एकच दिशेमध्यें समान अंतरावर राहातों आणि विपरीत भास होतो. आणखी पृथ्वी आंसा सभोंवती भ्रमण पावती हें आर्य सिद्धांतांत ही लिहिलें आहे.

या वरचा युक्ति पृथ्वी फिरती या सिद्धांतास साधक झाल्या; आतां कित्येक दुसऱ्या युक्ति आहेत, त्यांवरून हा सिद्धांत निश्चय स्वीकारिलाच पाहिजे, असें प्राप्त होतें. हा विषयचें तसा ह्मणोन त्या युक्ति समजायास सोप्या नाहींत, ह्मणोन त्यांचा सत्यपणा कमी असें समजूं नये. त्या सिद्ध होण्यास फार सूक्ष्म आणि अवघड वेध करावे लागतात.

पहिलें प्रत्यक्ष प्रमाण.—पृथ्वी विषुववृत्ता कडेस फुगट आणि ध्रुवा कडे चपटी आहे. ही गोष्ट अनुभवावरू सिद्ध झाली आहे. याचा विस्तार ८ व्या प्रकरणीं पाहावा. हें पृथ्वीचा आकृतींत जें अंतर पडलें हें पृथ्वी आं-

साचर

साचर फिरती या कारणामुळें पडलें आहे. ह्मणोन हें पृथ्वीचा आकारांतील अंतर तिचा गतीविषयीं प्रमाण आहे. यास दुसरें कोणतें कारण लागू पडत नाहीं.

दुसरें प्रमाण; जड पदार्थ खालीं पडतो यापासून आहे. जर पृथ्वी स्थिर असली, तर सर्व पदार्थ ज्या स्थळापासून खालीं पडतात त्याचा खालचा बिंदूवरच बरोबर पडावे. पृथ्वी फिरती असें मानिलें तर असें घडूं नये. जर पृथ्वी फिरती तर तिचा पृष्ठभागावरील प्रति बिंदु अधिक उणा फिरेल. जसें जसें जसें स्थळ गमनाचा आंसापासून दूर किंवा जवळ असेल तसेंतसें तें अधिक किंवा कमी फिरेल. जो कोणी पदार्थ पृथ्वी कडेस पडतो, तो गमनाचा प्रारंभीं भूमध्यापासून जितका दूर असतो त्यापेक्षां भूमीस लागतो तेव्हां जवळ येतो. ह्मणोन जर पृथ्वी फिरत आहे तर तो पदार्थ जेथे पडतो त्या स्थळापेक्षां ज्या स्थळावरून पडतो तें स्थळ अधिक त्वरेनें गमन पावतें. ह्मणोन कोणी पदार्थ प्रथम पडूं लागतो त्या बिंदूचा खालींच केवळ त्याणें पडूं नये. परंतु कांहींसें पूर्वेस पडावें. फार सूक्ष्म अनुभवावरून ही गोष्ट प्रत्ययास आली आहे. कांहीं एक वजन दोरी बांधून फार उंचावरून टांगून बरोबर त्याचा खालचा बिंदूवर खूण करावी. मग ज्या बिंदूवरून जें वजन टांगलें असेल तेथून चेंडू खालीं टाकला तर पूर्वीचा खुणेपासून कांहीं पूर्वेस पडतो असा प्रत्यय आला आहे. याचें कारण. वरचा बिंदू खालच्या बिंदूपेक्षां अधिक ज-

गा

गा भ्रमण करितो. याचांचून दुसरें कांहीं कारण नाहीं. हीं पृथ्वीचा चक्रभ्रमास प्रत्यक्ष प्रमाणें आहेत, आणि हें भ्रमण आहे ह्मणोन ग्रह व तारा पश्चिमेस जातात असें दिसतें.

पृथ्वी प्रतिदिवसीं चाकासारिखी भ्रमण करिती, ह्मणोन सर्व आकाशांतील तारा साधारण पश्चिमेकडेस जातात असा भास होतो. याखेरीज सूर्याचीही एक गति आहे तीणें करून तो तारांमध्यें प्रतिवर्षांत एक वेळ फिरतो.

जर कोणी स्थिर तारा आकाशांत उदय पावती ती बिंदू बरोबर पाहिला, तर दुसरे दिवसींही त्याच बिंदूवर ती तारा उदय पावली असें दृष्टीस येईल; आणि उदय झाल्यावर जर त्या तारेचा गमन मार्ग पाहूं लागलें तर ती तारा मध्य होई पर्यंत वर जाती, नंतर खालीं जाती. जर अनुक्रमानें प्रति दिवसीं पाहूं लागलें तर मध्यकाळींची लंबोन्नति सर्व दिवसीं समान असती. तसेंच एक तारेच्या दोन उदयांतील काळाचें मान पाहिलें, तर प्रति दिवसीं तितकाच काळ त्यांचा उदयांत आईल. तसेंच कोणत्याहि दोन स्थिर तारांचें दृश्यमान अंतरही सर्वदा समान आहे असें दिसतें. त्या सर्व तारा कोणी एका पोकळ खगोळास घट्ट लागल्या आहेत, व तो खगोळ प्रतिदिवसीं पृथ्वीच्या आसमंतात् भ्रमण करितो असा भास होतो. परंतु वर सिद्ध केलें आहे कीं हें भ्रमण पृथ्वी मध्यें आहे, आणि तारा स्थिर दशेंत आहेत.

सूर्य

सूर्य आकाशांत ज्या बिंदूवर उदय पावतो तो बिंदू जर आज पाहिला आणि उद्यां पाहिला तर त्या बिंदूवर उद्यां सूर्योदय होत नाहीं. परंतु त्यापासून कांहीं उत्तरेस किंवा दक्षिणेस होतो. जर आपण मकर विषुवापासून सूर्योदय प्रतिदिवसीं पाहूं लागलों तर तीन महिनेपर्यंत प्रतिदिवसीं सूर्य अधिकाधिक उत्तरेस उदय पावतो असें दृष्टीस पडतें, नंतर कांहीं दिवस पर्यंत तो स्थिर होतो, पुढें तो साहा महिनें पर्यंत उत्तरोत्तर दक्षिणेकडेस जाऊन पुनः उत्तरेकडेस येऊं लागतो. फिरून असा क्रम सर्वदा चालतो. जर कोणी दिवसीं सूर्योदयाचा कांहीं पूर्वी एकादी तेजस्वी स्थिर तारा पाहिली आणि तीन दुसरे दिवसीं त्यावेळेस पाहिली तर ती प्रथम दिवसापेक्षां आकाशांत सुमारें एक अंशावर दृष्टीस पडेल. आणि प्रति दिवसीं तिचें आणि सूर्याचें अंतर अधिक अधिक होतां शेवटीं ३६५ दिवसां नंतर, प्रारंभीं सूर्य आणि ती तारा हीं जशीं होतीं तशीं पुनः दृष्टीस येतील. तेव्हां ३६५ दिवसांमध्यें नक्षत्र मंडळांत सूर्याची प्रदक्षिणा झाली असें घडलें. असें कितीएक वर्षे पर्यंत पाहिलें तर अशा चार प्रदक्षिणा बराबर १४६१ दिवसांत होतात असें पाहाण्यांत येतें. तसाच सूर्य सर्वदा त्याच नक्षत्रांतून एका मार्गानें गमन करितो. तो मार्ग आकाशांत एक महद्वृत्त आहे. या मार्गास क्रांतिवृत्त ह्मणत असतात.

तारा

तारा प्रतिदिवसीं आकाशामध्यें आपल्या एकेच स्थळीं उदय पावतात, आणि सूर्य भिन्न भिन्न ठिकाणीं उगवतो, यावरून स्पष्ट आहे कीं सूर्याचा मार्ग ह्मणजे क्रांतिवृत्त तारांचा प्रतिदिवशींचा मार्गाशीं वांकडा आहे, यास असें ह्मणतात कीं क्रांतिवृत्त विषुववृत्ताशीं २३° २७′ ४०″चा कोन करितें. ह्मणजे परम क्रांति २३ अंश २४ कळा ४० विकळा आहे. पूर्वी हा कोन अधिक होता. तो प्रतिवर्षी अर्धविकळा कमी होतो.*

याच रीतीनें जर चंद्राचा दृश्यमान मार्गाचें अवलोकन केलें, तर तो विषुववृत्ताशीं तिर्कस आहे. त्या मार्गाचा क्रांतिवृत्ताशीं वक्रपणा ५ अंश ९ कळा आहे. यास शर ह्मणतात.

अशाच सर्व ग्रहांचा कक्षा ह्मणजे मार्ग विषुववृत्ताशीं वक्र आहेत, आणि ज्यांचा मार्गाचा वक्रपणा समान असे दोन ग्रह कोणतेही नाहींत.

भास्कराचार्यीस जर ध्रुवाकृष्टि प्रेरणा आणि ध्रुवोत्सार प्रेरणा यांची माहीत असती, आणि त्या प्रेरणांपासून ग्रह आपापल्या कक्षांत राहिले आहेत हें ठाऊक असतें,

तर

* हा कोन ह्मणजे परमक्रांति भास्कराचार्य व इतर ज्योतिषी यांणी २४ अंश लिहिली आहे. आतां, पूर्वी वेध करून हें त्याप्रमाणें बरोबर लिहिलें आहे असें जर मानिलें, तर ज्या वेळीं हें प्रथम पाहून सिद्ध केलें त्यास ४००० वर्षांवर झालीं नसतील.

तर त्याणी प्रवाह वायूची कल्पना लिहिली नसती, ती कल्पना संभवत नाहीं व तीस प्रमाणही नाहीं. चंद्र पृथ्वीस भोंवता फिरतो. आणि त्यासहवर्तमान पृथ्वी आकाशांत सूर्यासभोंवती फिरती, याविषयीं जर कोणास संशय असेल तर त्याणें बृहस्पतीकडे पाहावें. ह्मणजे त्यासभोंवतें चार चंद्र त्याचा दृष्टीस पडतील, त्यांतून एक ४२½ तासांत, दुसरा ८५ तासांत तिसरा १७२ तासांत आणि चवथा ४०२ तासांत, याप्रमाणें बृहस्पतीचा आसमंतात् भ्रमण करितात. त्यांचीं परस्पर अंतरें मोजून तींव त्यांचे प्रदक्षिणांचे काळ यांचें परस्पर प्रमाण पाहिलें तर ते काळ आणि तीं अंतरे हीं केप्लर याचा नियमाप्रमाणें परस्परांशीं प्रमाणांत आहेत. ह्मणजे काळांचे वर्ग अंतरांचा घनांशीं प्रमाणांत आहेत. या नियमाप्रमाणेंच सूर्याचा आसमंतात् भ्रमण करणाऱ्या सर्व ग्रहांचीं अंतरें आणि प्रदक्षिणांचे काळ आहेत. या अशा गतींस प्रवाह वायूचा कल्पनेवरून कांहीं नियम सांपडणार नाहीं. परंतु हा सिद्धांत निश्चय जाणावा कीं या सृष्टींत सर्व भ्रमण करणाऱ्या पदार्थांचा नियम एकच आहे, आणि त्याणें सर्व पदार्थमात्र यथास्थानीं सुंदर राहिले आहेत. ह्मणोन जसे बृहस्पतीचे चंद्र बृहस्पतीसभोंवते फिरतात, तसा हा आमचा चंद्र पृथ्वी सभोंवता फिरतो; आणि त्यासहवर्तमान ती पृथ्वी व इतर ग्रह सर्व सूर्याचा आसमंतात् फिरत आहेत.

शुद्धिपत्र.

पान	ओळ.	अशुद्ध	शुद्ध.
१०	५ खालून	चापट.	लहान
१७	११ वरून	ईफ	ईम
,,	६ खालून	अफब	अमब
,,	१	मतानें	पद्धतीनें
१८	८ वरून	परावर्तन	वक्रीभवन
२३	४	फाट्युनेंट	फार्ट्युनेट
३२	१४ वरून	न	नं
,,	१ खालून	जनं	जन आणि जनं
३४	१ वरून	स्थळाळाचे	स्थळाचे
,,	६ आकृतींत	स्था	स्थं
,,	११	परावर्तन	वक्रीभवन
४०	७ आकृती	ट्रख	रखं
५०	८ खालून	१५ ते	१५ वे
६६	८ आकृतींत	स्थ	स्थं
,,	६ खालून	स्थ	स्थं
६७	८	९९०४१°	९९·४१°
८०	४ वरून	न्यूनअसतां.	न्यूनअसल्यामुळें
८९	१	होण्यास	होतें नें.
,,	६	सप	सपं
१११	६ खालून.	[illegible]	बदं
१११	१ [illegible]	दं[illegible]	[illegible]बल
११२	५ [illegible]	[illegible]	[illegible]