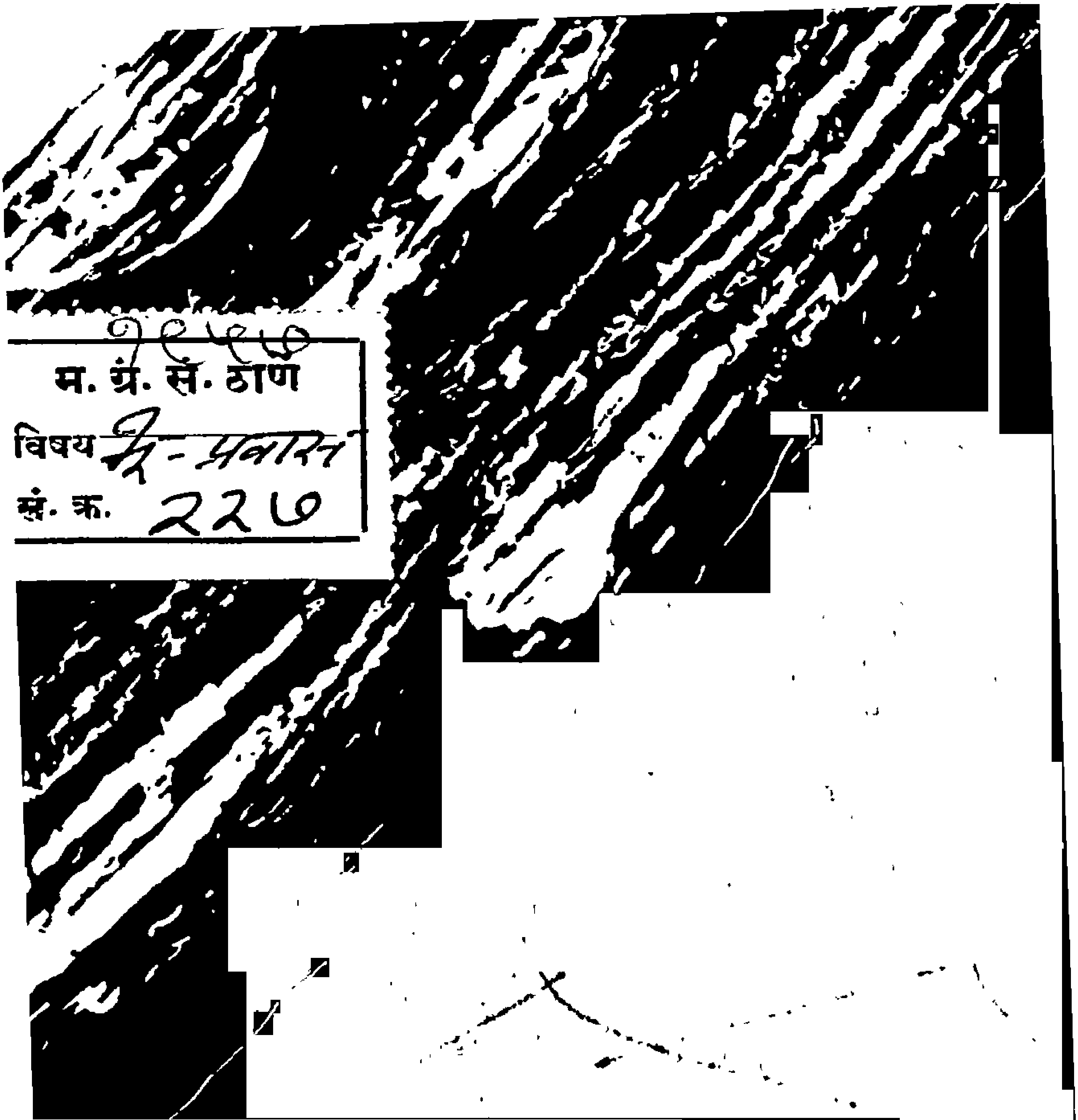


म. ग्रं. सं. ठाणे
विषय वि - प्रकाश
सं. क्र. 220

पृथ्वीची आणि ग्रहांची जन्मकथा

EFBK-0009744

लेखक
बोरिस ल्येविन

दगाको ... 220L8 ... 4417
अनुक्रम ... ... वि. ... ...
क्रमांक ... 2210 ...

पृथ्वीची आणि ग्रहांची जन्मकथा

मराठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे. स्थळप्रत.
अनुक्रम 22८६८ वि: ३.७ए।.२७
क्रमांक ......2210 ... नों: दि: ६.१.७.६८

लेखक

बोरिस ल्येविन

REFBK-0009744
REFBK-0009744

मराठी ग्रंथ संग्रहालय ठाणे
दा. क्र. ६८५४८

लोक-साहित्य

८७ शिवाजी पार्क, मुंबई २८

पहिली मराठी आवृत्ति : नोव्हेंबर १९५७

[फ्स्ये. ओ. म्येझ्दुनारोद्नाया क्नीगा, मॉस्को, यांच्या परवानगीनें प्रकाशित]

अनुवादक : **स. ह. मोडक**

किंमत सव्वा रुपया

प्रकाशक : शकुंतला मोडक, लोक-साहित्य, ८७ शिवाजी पार्क, मुंबई २८
मुद्रणस्थळ : विमा मुद्रक आणि प्रकाशक लि. सातारा यांचा विमा छापखाना
मुद्रक : शि. गो. भावे, मॅनेजिंग डायरेक्टर

अनुक्रमणिका

		पृष्ठ
प्रस्तावना		५
१.	सूर्यमालेची रचना	८
२.	ग्रहांच्या उत्पत्तिशास्त्राचा विकास	२०
३.	ग्रहांच्या उत्पत्तीची आकादमीशियन श्मिद्त यांची उपपत्ति	३७
४.	सूर्याभोंवतालच्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाचा उद्गम	५६
५.	ग्रहांची रासायनिक रचना	६२
६.	लघुग्रह, उल्कापाषाण आणि धूमकेतू	८०
७.	पृथ्वीची अंतर्गत घडण	९०
८.	पृथ्वीचें वय	१०५
निष्कर्ष		११२
पारिभाषिक संज्ञांची सूचि		११५

आभार : श्री. के. ना. कोल्टकर यांनीं या अनुवादाचें हस्तलिखित इंग्रजीशीं ताडून पाहून यांतला गणितशास्त्रीय विभाग सुधारून दिला व परिभाषानिश्चितीला मदत केली. याबद्दल अनुवादक त्यांचा आभारी आहे.

मराठा ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे. स्थळप्रत.
अनुक्रम
क्रमांक

प्रस्तावना

विश्व-उत्पत्ति-शास्त्र म्हणजे आकाशस्थ पदार्थांचा उद्गम व विकास यांचें विवरण करणारी ज्ञानाची शाखा. हें शास्त्र निसर्ग-विज्ञानाच्या दृष्टीनें अत्यंत महत्त्वाचें आहे.

पृथ्वी हा एक आकाशस्थ गोल आहे. तिच्या पृष्ठभागावर आपण राहतों. ही पृथ्वी जन्माला कशी आली व हिचा विकास कसा झाला हें माणसाला अतिप्राचीन काळापासूनच सतत माहीत करून घ्यायला हवें आहे. या प्रश्नाला फार मोठें व्यावहारिक महत्त्व आहे. भू-भौतिक शास्त्र, भू-रसायनशास्त्र आणि भूस्तरशास्त्र या शास्त्रांचा हा एक मूलभूत प्रश्न आहे. पृथ्वीचा उद्गम कसा झाला हें कळल्याखेरीज आपल्याला तिचा विकास कसा झाला हेंहि समजूं शकणार नाहीं, आणि, याचा परिणाम म्हणून, तिची अंतर्गत रचना व तींत घडून येत असलेल्या प्रक्रिया यांचीहि विनचूक कल्पना आपल्याला येणार नाहीं. विनचूक भौतिकवादी जागतिक दृष्टिकोन तयार करण्यासाठीं विश्व-उत्पत्ति-शास्त्र अत्यंत महत्त्वाचें आहे.

पृथ्वी हा एक स्वतंत्र आकाशस्थ गोल नाहीं. सूर्यमालेंतल्या ग्रहांपैकीं हा एक ग्रह आहे. ग्रहमालेच्या रचनेंतील अनेक लक्षणांवरून असें दिसून येतें कीं एकजिनसी भौतिक माध्यमाच्या विकासक्रमांत हे ग्रह एकाच वेळी उद्भवले. पृथ्वी आणि इतर ग्रह यांच्या उद्गमाच्या प्रश्नाची सोडवणूक करतांना हीं लक्षणें मार्गदर्शक धागा म्हणून उपयोगी पडतात.

नुसत्या पृथ्वीच्याच नव्हे तर सबंध ग्रहमालेच्या उद्गमाची तपासणी करताना संशोधक सत्य घटनांच्या फारच विस्तृत प्रमाणांतील साधनसामुग्रीचा परामर्श घेतो; यामुळें स्वाभाविकपणेंच त्याच्या कार्यांत गुंतागुंती निर्माण होतात. परंतु केवळ अशाच रीतीनें त्याला पृथ्वी व इतर ग्रह यांच्या विकासाची प्रत्यक्ष प्रक्रिया सिद्ध करतां येईल.

पृथ्वी, ग्रह, लघुग्रह, धूमकेतु व उल्का यांच्या रचनेसंबंधांतील, आणि एकंदर ग्रहमालेच्या रचनेसंबंधांतील उपलब्ध असलेली भरगच्च प्रत्यक्ष माहिती संशोधकानें प्रथम पद्धतशीर रीतीनें मांडली पाहिजे. त्यानें मुख्य मुख्य सत्य घटना निवडून काढल्या पाहिजेत आणि त्यांचें विश्लेषण केलें पाहिजे. पृथ्वी व सूर्यमालेंतील इतर ग्रह आतां ज्या पदार्थांचे बनलेले आहेत त्या पदार्थांची मूळ अवस्था स्थूल रूपरेषेच्या स्वरूपांत या विश्लेषणावरून निश्चित केली पाहिजे. या मूळ अवस्थे-वरून त्याला त्या पदार्थांच्या विकासाच्या प्रक्रियेचें विश्लेषण करतां येईल आणि या विश्लेषणाच्या निष्कर्षांची तुलना सूर्यमालेच्या अद्याप न तपासलेल्या गुणधर्मांशीं करून त्याला या पदार्थांची पूर्वींची अवस्था व त्याचा नंतरचा विकास अधिक रेखीव स्वरूपांत मांडतां येईल.

अशा प्रकारें, उत्तरोत्तर वाढत असलेल्या प्रत्यक्ष माहितीचें संशोधन करणें; सध्यांच्या गुणधर्मांचें व त्यांच्या उगमाविषयींच्या अंदाजांचें विश्लेषण आणि या पदार्थांच्या कल्पित मूळ अवस्थेच्या विकासाच्या प्रक्रियांचें विश्लेषण हीं दोन्हीं विश्लेषणें पुन्हां पुन्हां एकामागून एक अशीं करीत राहणें; चुकीच्या गृहीत गोष्टी टाकून देणें व बिनचूक गृहीत गोष्टींचें स्पष्टीकरण करणें; — याच मार्गानें पृथ्वी आणि इतर ग्रह यांच्या उद्गमाच्या व विकासाच्या बिनचूक सिद्धां-ताच्या दिशेनें संशोधकाला प्रगति करतां येईल.

संशोधकानें प्रत्यक्ष माहितीचें परीक्षण फार चिकित्सक दृष्टीनें

केलें पाहिजे. प्रत्यक्ष निरीक्षण व मोजमाप करून पृथ्वी व सूर्य-मालेंतील इतर ग्रह यांच्या रचनेविषयींचा फारच मर्यादित असा पुरावा गोळा झालेला आहे. निरीक्षणानें मिळविलेल्या माहितीचा अर्थ लावला; तीवरून सर्वसाधारण निष्कर्ष काढले; याच्या जोडीला निर्विवाद शास्त्रीय सिद्धांत व प्रमेयें लागू केलीं; पूरक उपन्यासांची मदत घेतली; संशोधनाचे विषय अशा या पदार्थांच्या निर्मितीच्या प्रक्रिया कशा घडल्या यासंबंधींचे अंदाज तात्पुरते लागू केले; — अशा रीतीनें पुष्कळसा पुरावा गोळा झालेला आहे. कित्येक दशकें लोटल्यानंतर या माहितीच्या सोपाधिक स्वरूपाचा विसर पडला आणि तीच गृहीत कृत्य म्हणून मानली जाऊं लागली. उदाहरणार्थ, कांहीं वर्षांपूर्वी पृथ्वीला लोखंडाचा गाभा आहे ही कल्पना निर्विवाद समजत असत. आणि असें असूनहि हा केवळ एक उपन्यास होता; मुळांत पृथ्वी उकळत्या धातुरसाच्या अवस्थेंत असण्याबाबतच्या कल्पनांशीं या उपन्यासाचा निकट संबंध होता.

ग्रहांच्या उत्पत्तिशास्त्रांतील संशोधनकार्यांत गुंतलेल्यानें पृथ्वी, ग्रह आणि इतर पदार्थ यांच्या संबंधांतील सगळ्या माहितीचा उलगडा करून दाखवावा अशी अपेक्षा करणें चुकीचें ठरेल. या माहितीमध्यें अमुक अमुक पदार्थ, किंबहुना त्याचा कांहीं भाग, याच्या विकासाच्या वैशिष्ट्यांशीं संबंध असलेली माहितीहि असते. उपपत्तीच्या आधारें आवश्यक सत्य माहितीचा उलगडा करतांना कृत्रिम उपन्यासांचा आधार घेतां कामा नये, किंवा अजून विज्ञानानें ज्यांचा शोध लावलेला नाहीं अशा निसर्गनियमांचा निर्देश करतां कामा नये. मुख्य मुख्य माहितीशीं विसंगत असलेल्या गोष्टींवरून हें दिसून येतें कीं ज्या अलग अलग सत्य घटनांनीं संशोधकाचें लक्ष वेधलें त्यांच्यापुरताच त्यानें आपला विचार मर्यादित केला, आणि तो चुकीच्या मार्गाला

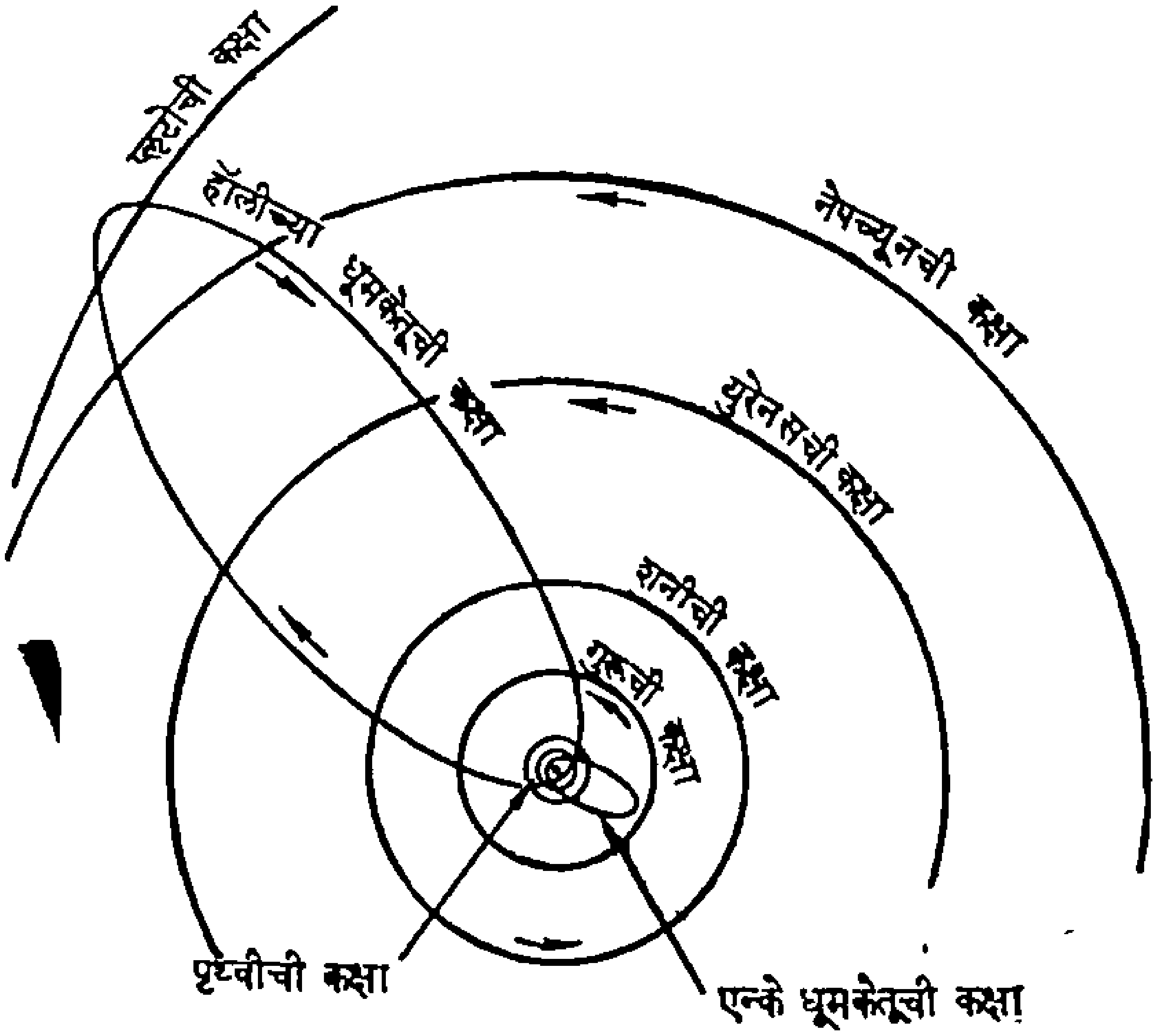
लागला. परिणाम असा झाला कीं विकासाच्या प्रत्यक्ष प्रक्रियेचा उलगडा करण्याऐवजीं त्यानें एक प्रक्रिया दिग्दर्शित केली; ही प्रक्रिया सर्वसाधारणपणें शक्य कोटींतली असली तरी विसंगतींचें गमक लागू केल्यास ती विशिष्ट प्रकरणीं विचारांत घेतांच येत नाहीं.

सूर्यमालेच्या मूलभूत रचनात्मक लक्षणांचा उलगडा एकाच अलग मुद्याला धरून करणें, पृथ्वी आणि इतर आकाशस्थ गोल यांच्या रचनेचा व विकासाचा उलगडा करणें, हें ग्रह-उत्पत्ति-शास्त्राच्या अभ्यासांत गुंतलेल्या शास्त्रज्ञांचें ध्येय आहे. सोवियेत विज्ञान या उद्दिष्टाच्या दिशेनें यशस्वी प्रगति करीत आहे. अलीकडील कांहीं वर्षांमध्यें सोवियेत युनियनच्या विज्ञान अकादमीचे सदस्य ओत्तो श्मिद्त आणि त्यांचे सहकारी शास्त्रज्ञ यांच्या प्रयत्नांच्या योगानें पृथ्वी व ग्रह यांच्या उद्गमासंबंधांतील सिद्धांताचा पाया रचण्याचें काम झालेलें आहे. हा सिद्धांत, आणि याच्याशीं निकट संबंध असलेले पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचे व विकासाचे प्रश्न, हा प्रस्तुत पुस्तकाचा विषय आहे.

१. सूर्यमालेची रचना

एक मध्यवर्ती पदार्थ म्हणजे सूर्य, आणि त्याच्या भोंवतीं फिरणारे अनेक ग्रह, या सर्वांची मिळून सूर्यमाला होते. सूर्याशीं तुलना करतां हे ग्रह फारच लहान आहेत, परंतु भूलोकावरील मापांच्या प्रमाणांत यांतले कांहीं ग्रह फारच मोठे आहेत. या ग्रहांपैकीं मोठ्यांत मोठ्या पदार्थांमध्यें पृथ्वीसह नऊ प्रमुख ग्रहांची गणना होते. यांच्या जोडीला हजारों लघुग्रह व धूमकेतु, आणि सूक्ष्म पदार्थांचे व कणांचे प्रचंड थवेच्या थवे आहेत. हे कण सूर्यमालेंत फिरतां फिरतां कधीं कधीं त्यांची पृथ्वीशीं टक्कर होते. पृथ्वीच्या वातावरणांत प्रचंड वेगानें

घुसतांना ते उल्कांच्या स्वरूपांत लखलखतात. कधीं कधीं मोठ्या उल्का पूर्णपणें हवेंत विरून जात नाहींत, आणि त्यांचे कांहीं भाग उल्कापाषाणांच्या रूपानें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर आदळतात.



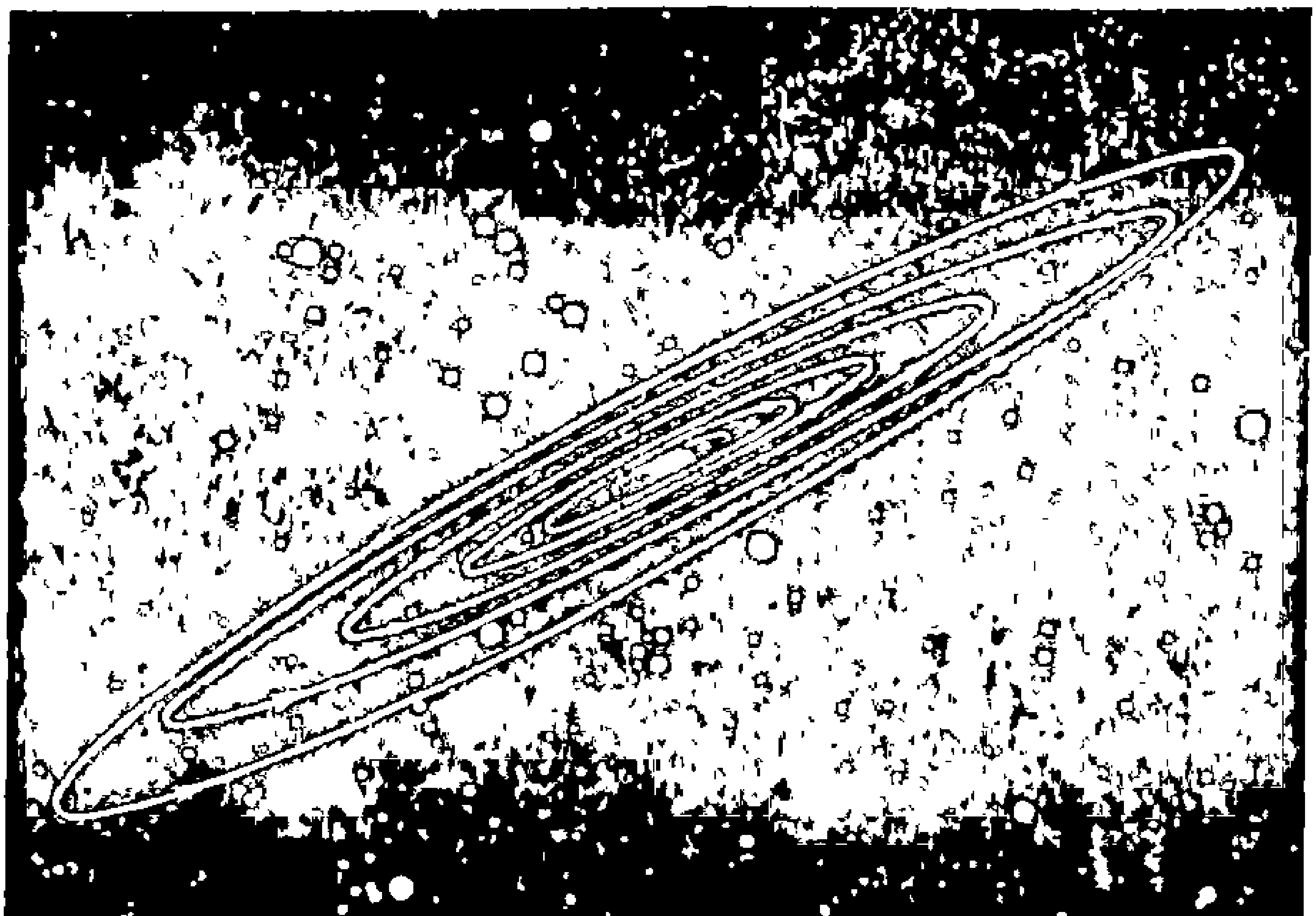
आकृति १. सूर्यमालेचा आराखडा. बुध व शुक्र यांच्या कक्षा यांत दाखविलेल्या नाहींत.

सूर्याभोंवतालीं ग्रहांचें जें भ्रमण चाललेलें आहे त्यांत नियमित-पणाचीं अनेक लक्षणें आढळतात.

पहिलें लक्षण असें कीं ग्रहांच्या कक्षा जवळजवळ वर्तुलाकार, किंचित लांबट अशीं दीर्घवर्तुळें असतात. (आकृति १) या संदर्भांत हें सांगितलें पाहिजे कीं तारामंडळ घ्या अगर आपली सूर्यमाला घ्या, या दोहोंमध्येंहि खूप लांबट कक्षांमधून पदार्थांचें भ्रमण होत असल्याचीं अनेक उदाहरणें आहेत (उदाहरणार्थ धूमकेतु).

दुसरें लक्षण असें कीं सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या ग्रहांच्या कक्षा एकमेकांशीं फारच लहान कोन करतात, आणि म्हणून ग्रहमाला ही रचनेच्या दृष्टीनें जवळ जवळ एकाच पातळींत आहे.

तिसरें लक्षण असें कीं सर्व ग्रह निरपवाद रीतीनें, मोठे असोत वा लहान असोत, सूर्याभोंवतीं एकाच दिशेनें फिरतात. उत्तर ध्रुवावर उंच ठिकाणीं जाऊन सूर्यमालेचें दृश्य बघितल्यास असें दिसून येतें कीं (एकटा युरेनस * सोडून) ग्रह घड्याळाच्या कांट्यांच्या उलट दिशेनें



आकृति २. अवकाशांतील सूर्यमाला.

---

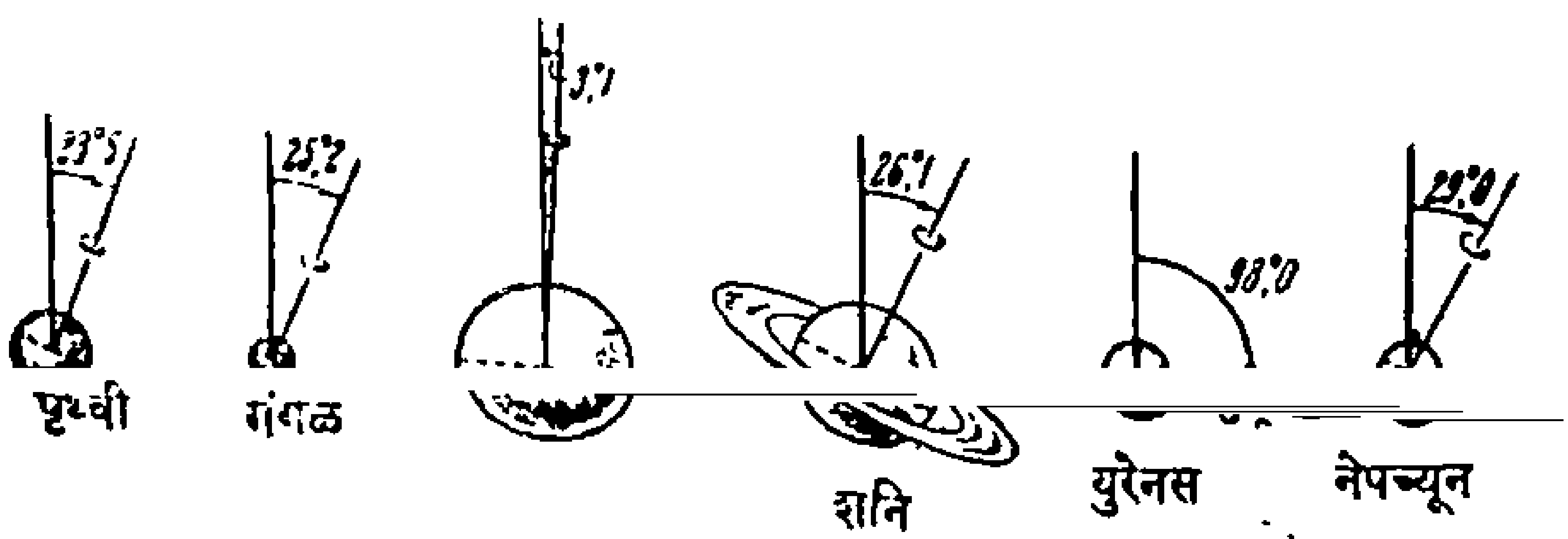
* युरेनस जणूं काय "कुशीवर झोपलेल्या अवस्थेंत" स्वतःभोंवतीं फिरतो. त्याचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा आंस हा त्याच्या सूर्याभोंवतीं फिरण्याच्या कक्षेच्या पातळीशीं अवघ्या ८ च अंशांचा कोन करतो. म्हणजे युरेनसचा उत्तरध्रुव कक्षेच्या पातळीशीं काटकोन करणाऱ्या रेषेपासून ९८ अंशांनीं दूर कललेला आहे (आकृति ३). हा कल ९० अंशापेक्षां अधिक असल्यामुळें युरेनसची गति औपचारिक दृष्ट्या वक्र (इतर ग्रहांच्या उलट) समजली जाते.

सूर्याभोंवतीं फिरतात. खुद्द ग्रह आणि सूर्य देखील, स्वतःभोंवतीं याच दिशेनें म्हणजे घड्याळाच्या कांट्यांच्या उलट दिशेनें फिरतात. त्याचप्रमाणें ग्रहांचे बहुतेक सगळे उपग्रह आपल्या मुख्य ग्रहांभोंवतीं घड्याळाच्या कांट्यांच्या उलट दिशेनेंच फिरतात.

नियमितपणाचीं हीं लक्षणें हें दर्शवितात कीं ग्रहमाला ही निरनिराळा उद्गम असलेल्या अनेक पदार्थांची यदृच्छया एकत्र जमलेली खिचडी नसून नियमित उद्गम असलेलें एकच कुटुंब आहे.

ग्रहांचे भौतिक गुणधर्म आणि सूर्यमालेंतील त्यांचें स्थान या दोहोंतील परस्परसंबंधावरून देखील हीच गोष्ट सिद्ध होते.

सूर्याच्या सगळ्यांत जवळचे चार ग्रह — बुध, शुक्र, पृथ्वी आणि मंगळ — हे तुलनात्मक दृष्ट्या लहान आहेत (यांतला पृथ्वी हा सगळ्यांत मोठा ग्रह), पण त्यांची घनता जरा अधिक आहे, म्हणजे पाण्याच्या घनतेच्या चारपट अगर पांचपट आहे. सूर्यापासून दूर असलेले ग्रह -- गुरु, शनि, युरेनस आणि नेपच्यून -- हे पृथ्वीआदि ग्रहांशीं तुलना करतां किती तरी अधिक अवजड व किती तरी अधिक मोठे असले तरी त्यांची सरासरी घनता कमी आहे, जवळ जवळ पाण्याच्या घनतेइतकीच आहे (शनीची तर याहूनहि कमी आहे).



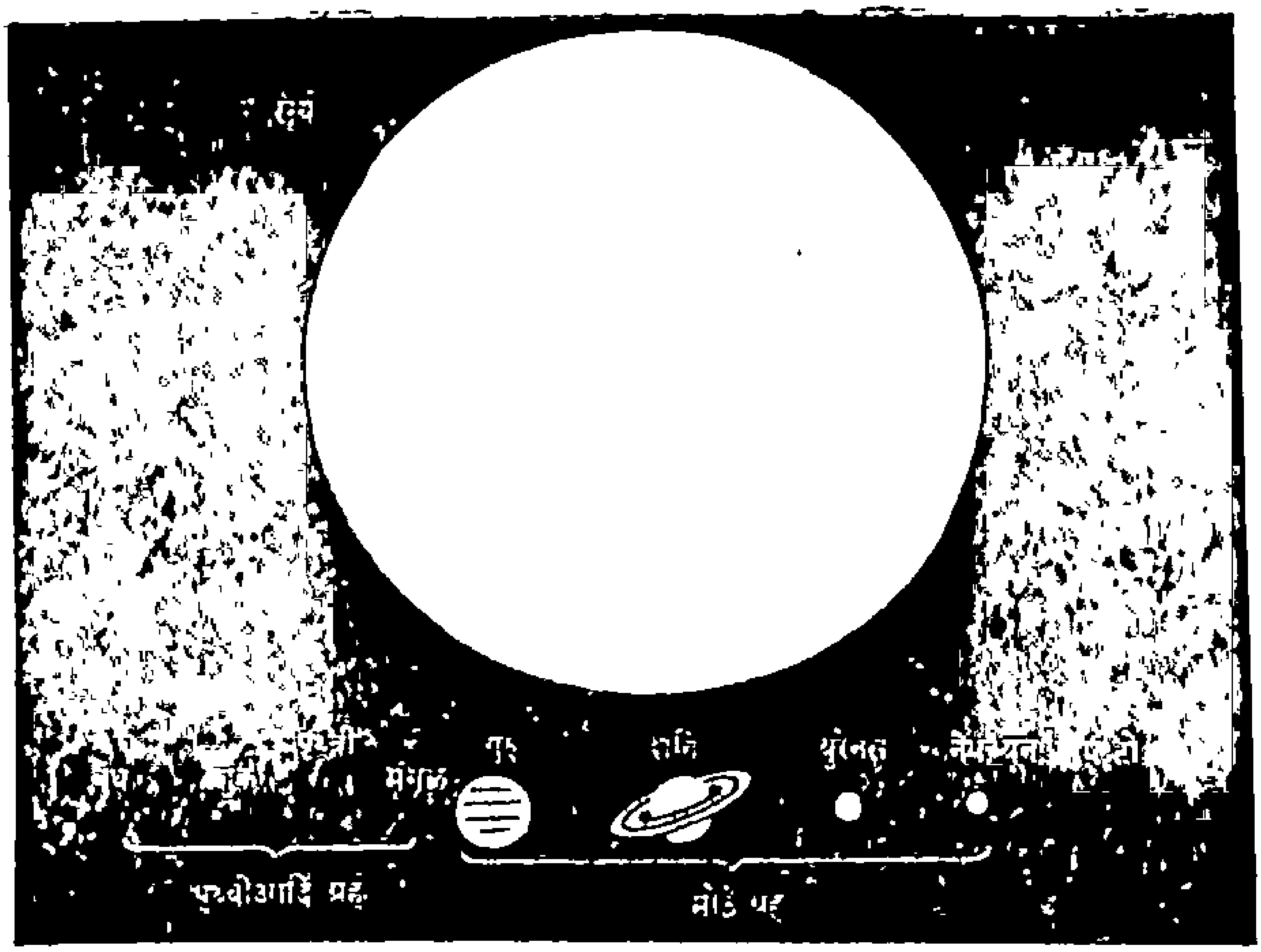
आकृति ३. ग्रहाचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा आंस व ग्रहाच्या सूर्याभोंवतीं फिरण्याच्या कक्षेची पातळी यांजमधील कोन.

ग्रंथ ... ठाणे. स्थळप्रत.
अनुक्रमांक 22648 दि: ...
क्रमांक ... नों. दि: ...

मोठ्या ग्रहांच्या अंतर्भागांतील जड पदार्थ पृथ्वीआदि ग्रहांच्या-तल्यापेक्षां अधिक घट्ट आहे. असें असलें तरीहि या ग्रहांची घनता पृथ्वीआदि ग्रहांच्यापेक्षां कमीच आहे. म्हणून यावरून असें अनुमान निघतें कीं या मोठ्या ग्रहांचें मूल द्रव्य वेगळें आहे, तें अधिक हलकें आहे.

या मोठ्या ग्रहांच्या पलीकडे आणखी एक लहान ग्रह आहे. हा प्लूटो. याचा शोध १९३० सालीं लागला. प्लूटो फारच दूर असल्यामुळें त्याचा आकार आणि वस्तुमान यांसंबंधीं आपल्याला अत्यंत स्थूल अशीच कल्पना आहे.

ग्रह आणि त्यांच्या कक्षा यांसंबंधांतील मुख्य माहिती कोष्टक नंबर १ मध्यें दिलेली आहे.



आकृति ४. सूर्य व ग्रह यांचे तुलनात्मक आकार.

ग्रह आणि त्यांच्या कक्षा यांजविषयींची मुख्य माहिती.

ग्रहाचें नांव	सुर्यापासून सरासरी अंतर (आंकडे खगोल शास्त्रीय परिमाणांचे)	कक्षेची उत्केन्द्रता	कक्षेचा मुख्य पातळीशीं कोन (आंकडे अंशांचे)	ग्रहाचें वस्तुमान: सुर्याचें वस्तुमान = १, ⊙ = १	ग्रहाचें वस्तुमान: पृथ्वीचें वस्तुमान = १, ⊕	ग्रहाची त्रिज्या (पृथ्वीची त्रिज्या = १)	घनता (ग्रॅममध्ये)	स्वत:च्या आसांभोंवतीं फिरण्याचा काळ: दिवस	तास	मिनिटे	सेकंदे	उप-ग्रहांची संख्या
बुध	०.३९	०.२०६	६.३	$\frac{१}{६१२००००}$	०.५५४५	०.३८	५.५	८८				०
शुक्र	०.७२	०.००७	२.२	$\frac{१}{४०८६००}$	०.८१६	०.९६	५.१	२०	(!)			०
पृथ्वी	१.००	०.०१७	१.६	$\frac{१}{३३३४२०}$	१.०००	१.०००	५.५१६	०	२३	५६	०४	१
मंगळ	१.५२	०.०९३	१.७	$\frac{१}{३११००००}$	०.१०७	०.५३	३.९	०	२४	३७	२३	२
गुरु	५.२०	०.०४८	०.३	$\frac{१}{१०४७४}$	३१८.३५	१०.९५	१.३४		९ ते ९	५० ते ५६		१२
शनि	९.५४	०.०५६	०.९	$\frac{१}{३४९९}$	९५.३३	९.१४	०.७०		१० ते १०	१४ ते ३८		९
युरेनस	१९.१९	०.०४७	१.०	$\frac{१}{२२८७०}$	१४.५८	३.९०	१.४		१०	४२		५
नेपच्यून	३०.०७	०.००९	०.८	$\frac{१}{१९३१०}$	१७.२६	३.५०	२.२		१५.८	४८		२
प्लूटो	३९.५२	०.२४७	१५.७	?	?	?	?		?	?		०

* खगोलशास्त्रीय परिमाण म्हणजे पृथ्वीपासून सूर्यापर्यंतचें सरासरी अंतर = १४ कोटी ९५ लक्ष किलोमीटर

हें कोष्टक व त्याचबरोबर आकृति नंबर १ यांचें निरीक्षण केल्यास हें दिसून येतें कीं सूर्यापासूनचें अंतर जसजसें वाढत जातें तसतसें क्रमानें येणाऱ्या दोन कक्षांमधील अंतरहि वाढत जातें. हा देखील ग्रहांच्या गतीसंबंधांतील नियमितपणाचाच एक भाग आहे.

बहुतेक ग्रहांच्या कक्षांची उत्केन्द्रता, म्हणजे कक्षेच्या अक्षांचा छेदबिंदु आणि नाभि यांमधील अंतर आणि मोठ्या अक्षाचा अर्धा भाग यांचें गुणोत्तर, हें ०.१ पेक्षां कमीच आहे; सूर्यमालेच्या दोन्ही टोंकांकडेला असलेले बुध व प्लूटो या दोन ग्रहांच्या बाबतींतच तेवढें हें गुणोत्तर लक्षांत येण्याइतकें अधिक असलेलें दिसतें.

कोष्टकामध्यें एकंदर ग्रहमालेच्या मुख्य पातळीशीं ग्रहांच्या कक्षांनीं केलेले कोन दिलेले आहेत. नेहमींच्या प्रघाताप्रमाणें पृथ्वीच्या कक्षेच्या क्रांतिवृत्ताच्या पातळीला अनुलक्षून हे कोन दिलेले नाहींत. ही मुख्य पातळी सर्वत्र पसरलेल्या जड पदार्थाच्या ढगाच्या मध्यवर्ती (विषुववृत्ताच्या) पातळीचें स्थान दर्शविते. या ढगांतूनच ग्रहमाला निर्माण झाली हें पुढें आपल्याला दिसून येणार आहे. कक्षांचा हा कोन बहुतेक ग्रहांच्या बाबतींत अल्पच असून अगदीं टोंकांकडले दोन्ही म्हणजे बुध आणि प्लूटो, यांच्या बाबतींत मात्र तो सगळ्यांत अधिक आहे.

पूर्वीं सांगितलेंच आहे कीं आकार व वस्तुमान या दोन्ही बाबतींत सगळे ग्रह सूर्यापेक्षां फारच लहान आहेत (आकृति ४ व कोष्टक १ पाहा). एकंदर ग्रहांचें सगळें मिळून वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या केवळ $\frac{१}{७४५}$ आहे. अशा प्रकारें सूर्यमालेंतील सगळ्या ज्ञात पदार्थांच्या एकंदर वस्तुमानापैकीं ९९.८७ टक्के वस्तुमान सूर्यामध्यें केन्द्रित झालेलें आहे. सगळ्या पदार्थांचें वस्तुमान असें आपण म्हणतों याचें कारण असें कीं लघु ग्रह व धूमकेतू यांच्यापैकीं प्रत्येकाचें वस्तुमान फारच अत्यल्प असल्यामुळें

तें सगळें एकत्र केलें तरी पृथ्वीच्या वस्तुमानापेक्षां पुष्कळच कमी भरतें.

पृथ्वीआदि ग्रह आणि मोठे ग्रह यांच्यांमधील फरक नुसता आकारांत व घनतेंत दिसून येतो इतकेंच नव्हे, तर आपल्या आंसांभोंवतीं फिरण्याचा त्यांचा वेग व त्यांना असलेले उपग्रह यांच्या बाबतींतहि हा फरक दिसून येतो.

बुध व शुक्र या ग्रहांची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची मंद गति 'ते सूर्याला अगदीं जवळ पडतात या कारणाशीं बहुधा निगडित असावी. या ग्रहांच्या गतीचा विचार बाजूला ठेवला तरी सुद्धां आपल्याला हें दिसून येतें कीं गुरु व शनि यांसारखे प्रचंड ग्रह पृथ्वी व मंगळ या तुलनात्मक दृष्ट्या लहान ग्रहांच्या दुप्पट वेगानें स्वतःभोंवतीं फिरतात. तसेंच पृथ्वीआदि ग्रहांच्या गटाला उपग्रह मुळींच नाहीं. किंवा असले तर एकदोनच आहेत. याच्या उलट गुरूला बारा उपग्रह आहेत. आणि शनीला तर नऊ मोठ्या उपग्रहांच्या जोडीला किती तरी बारीक बारीक उपग्रह आहेत आणि साध्या नजरेनें पाहिलें तर त्यांचें एक भक्कम कडेंच शनीभोंवतीं बनलेलें दिसतें.

ग्रहांची गति व रचना त्यांच्या उद्गमावरून ठरलेली आहे. त्यांच्या उद्गमाचें बिनचूक आकलन करून घेण्यासाठीं आपण त्यांच्या गतींचें व रचनेचें विश्लेषण केलें पाहिजे आणि, एकाच दृष्टिकोनांतून, ग्रहांग्रहांमधील साम्यभेदांचा आणि त्याचबरोबर ग्रह व सूर्यमालेंतील इतर गोल यांजमधील साम्यभेदांचा उलगडा केला पाहिजे.

* * *

ज्या जड पदार्थापासून सूर्यमालेचे घटक तयार झाले, त्याचा उद्गम कसा झाला याचा विचार करतांना वेगवेगळ्या पदार्थांमधील अंशात्मक चलनमानाची विभागणी फार महत्त्वाची ठरते.

पदार्थांचें वस्तुमान व त्याचा वेग यांच्या गुणाकाराला यंत्रशास्त्रांत चलनमान म्हणतात. (चलनमान = वस्तुमान×वेग). एखादा पदार्थ कशाभोंवतीं तरी फिरत असला म्हणजे त्याच्या त्या फिरण्याचें एक महत्त्वाचें लक्षण असतें. हें लक्षण म्हणजे अंशात्मक चलनमान. पदार्थाचें वस्तुमान, त्याचा वेग, आणि त्याच्या कक्षेची त्रिज्या, या तिहींचा गुणाकार म्हणजे हें अंशात्मक चलनमान होय. (अंशात्मक चलनमान = वस्तुमान×वेग×त्रिज्या). ही कक्षा जर रेखीव वर्तुळ नसेल तर त्रिज्येच्या चलनाभिज्येशीं काटकोन करणारा वेगाचा घटक हिशेबांत धरतात. स्वतःच्या आंसाभोंवतीं फिरणाऱ्या पदार्थांच्या बाबतींत त्याचा वेग व आंसापासूनचें अंतर त्याच्या वेगवेगळ्या भागांमध्यें एकच असत नाहीं. या बाबतींत आपण या पदार्थाचे मनोमन लहान लहान विभाग करून प्रत्येक विभागाच्या अंशात्मक चलनमानाचा हिशेब करायचा असतो आणि मग या सर्व अंशात्मक चलनमानांची बेरीज जमेस घ्यायची असते.

सूर्यमाला आदिकरून ज्या माला बाह्य प्रभावांपासून अलग राहिलेल्या असतात व केवळ अंतर्गत शक्तींच्या जोरावरच ज्यांचा विकास होत असतो, अशा मालांना अंशात्मक चलनमानाच्या प्रकृतिनित्यत्वाचा नियम लागू पडतो. म्हणजे यांच्या बाबतींत एकंदर अंशात्मक चलनमान कायमच राहतें. मालेच्या अलग अलग घटकांमध्यें त्याची वांटणी तेवढी करतां येते. एखाद्या मालेचें एकंदर अंशात्मक चलनमान व त्या मालेच्या एकंदर यांत्रिक शक्तीचा (जडगतिशक्ति व संभाव्यशक्ति मिळून झालेला) सांठा यांमधील मूलभूत फरकाचें कारण हेंच होय. अलग अलग मालांच्या यांत्रिक शक्तीमध्यें देखील बदल होऊं शकतो. उदाहरणार्थ, घर्षणामुळें या शक्तीचें परिवर्तन उष्णतारूपी शक्तींत होऊं शकतें.

ग्रहमालेच्या एकंदर अस्तित्वाच्या कालामध्यें तिच्यावर बाह्य शक्तींचा आघात कधींहि झालेला नाहीं. असा आघात झाला असता तर तिच्या अंशात्मक चलनमानाच्या सांठ्यांत भर पडली असती. याचा अर्थ असा कीं ज्या जड पदार्थापासून ग्रहांचा उद्गम झाला त्याच्यापासूनच त्यांनीं हें अंशात्मक चलनमान संपादन केलें, आणि त्यांची घडण होत असतांनाच तें त्यांना प्राप्त झालें. ग्रहांच्या गती व सूर्यापासूनच्या अंतरावर अवलंबून असणारे त्यांचे भौतिक गुणधर्म हेंच सिद्ध करतात कीं, हे भौतिक गुणधर्म सूर्यानें "आयते तयार असलेले" घेतलेले नाहींत. हे गुणधर्म जवळ जवळ त्याच सुमारास त्याच्या नजीकच तयार झाले, आणि त्याच्या भोंवतालीं अगोदरच फिरत असलेल्या जड पदार्थापासूनच निर्माण झाले. ही गोष्ट आपण यापूर्वींच लक्ष्यांत घेतलेली आहे.

ग्रहांचें अंशात्मक चलनमान सूर्याभोंवतीं फिरण्याच्या त्यांच्या कक्षेंतील गतीशीं संबंधित असतें. त्याचा आतां आपण विचार करूं.

सूर्यापासून अंतर जितकें अधिक, तितकी ग्रहाची त्याच्या कक्षेंतील गति कमी वेगाची, हें सर्वांना ठाऊक आहेच; पण वेगांतील ही घट $\frac{१}{\sqrt{\text{त्रिज्या}}}$ या प्रमाणांत होते. म्हणजे अंतरामध्यें (त्रिज्येमध्यें) ज्या प्रमाणांत वाढ होते, त्याच्यापेक्षां जास्त प्रमाणांत वेग घटतो. याचा परिणाम असा होतो कीं वस्तुमानाच्या दर परिमाणाचें अंशात्मक चलनमान (विशिष्ट अंशात्मक चलनमान) हें कक्षेच्या त्रिज्येच्या वर्गमूळाच्या प्रमाणांत वाढतें. ($\text{त्रिज्या} : \sqrt{\text{त्रिज्या}} = \sqrt{\text{त्रिज्या}}$). लंबवर्तुळाकार कक्षेंतील गतीचा विचार करतांना मोठ्या अक्षाचा अर्धा भाग 'अ' असल्यास, आणि उत्केन्द्रता 'उ' असल्यास, विशिष्ट अंशात्मक चलनमान हें $\sqrt{\text{अ}(१-\text{उ}^२)}$ च्या मूल्याच्या सम प्रमाणांत असतें.

कोष्टक २ मध्यें पृथ्वीचें संपूर्ण व विशिष्ट अंशात्मक चलनमान हें 'एक' मानून इतर ग्रहांचें संपूर्ण व विशिष्ट अंशात्मक चलनमान दिलें आहे.

कोष्टक २

ग्रहांचें संपूर्ण व विशिष्ट अंशात्मक चलनमान

ग्रहाचें नांव	संपूर्ण अंशात्मक चलनमान	विशिष्ट अंशात्मक चलनमान
बुध	०·०३	०·६१
शुक्र	०·६९	०·८५
पृथ्वी	१·०	१·००
मंगळ	०·१३	१·२३
गुरु	७२५	२·२८
शनि	२९४	३·०८
युरेनस	६४	४·३८
नेपच्यून	९५	५·४८
प्लूटो (अंदाजें)	१	६·०९
	११८१	

आपल्याला सूर्याच्या अंतर्गत थरांचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा वेग ठाऊक नाहीं. म्हणून आपल्याला त्याचें संपूर्ण अंशात्मक चलनमान किती याचा नक्की हिशेब काढतां येत नाहीं. आपण मान्य केलेल्या परिमाणांच्या हिशेबीं तें २० पेक्षां अधिक नाहीं.

सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्या अंशात्मक चलनमानांची तुलना केल्यावर आपल्याला हें दिसून येतें कीं एकंदर वस्तुमानाचा

"मोठ्यांत मोठा हिस्सा" जरी सूर्यामध्यें अंतर्भूत असला, तरी त्याच्या स्वतःच्या आंसाभोंवतीं फिरण्यानें निर्माण झालेलें अंशात्मक चलनमान हें सगळ्या सूर्यमालेच्या एकंदर अंशात्मक चलनमानाच्या दोन टक्क्यांहून अधिक भरत नाहीं; बाकीचें ९८·२९ टक्के अंशात्मक चलनमान इतर ग्रहांच्या कक्षांच्या गतीमध्यें केंद्रित झालेलें आहे.

ग्रहांचें एकूण अंशात्मक चलनमान व सूर्याचें विशिष्ट अंशात्मक चलनमान यांच्यांतला फरक तर याहून अधिक मोठा आहे. ग्रहांचें वस्तुमान हिशोबांत घेऊन त्यांच्या सरासरी अंशात्मक चलनमानाचा विचार केल्यास तें २·६३ येतें. पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या प्रमाणांत सूर्याचें जें वस्तुमान भरतें, त्यानें सूर्याच्या संपूर्ण अंशात्मक चलनमानाला भागल्यास सूर्याच्या सरासरी विशिष्ट अंशात्मक चलनमानाचा हिशेब करतां येतो; तो जास्तींत जास्त असा:

$$\frac{२०}{३,३३०००} = \frac{१}{१६६००}$$

म्हणजे सूर्याचें सरासरी विशिष्ट अंशात्मक चलनमान हें इतर ग्रहांच्या सरासरी विशिष्ट अंशात्मक चलनमानाचा फार फार तर ४५००० वा हिस्सा ठरतें.

गेल्या शतकाच्या सातव्या दशकांत (१८६० ते १८७०) लाप्लासच्या उपन्यासाचें जेव्हां चिकित्सक दृष्टीनें विश्लेषण चालू झालें, तेव्हां सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्या दरम्यान अंशात्मक चलनमानाची विभागणी कशी झालेली आहे या गोष्टीकडे शास्त्रज्ञांचें लक्ष वेधलें गेलें. हा उपन्यास व याच्या जागीं आलेले विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रासंबंधांतील इतर बहुतेक उपन्यास यांच्या मार्गांत ही विभागणी म्हणजे एक धोंडच होऊन बसली.

२. ग्रहांच्या उत्पत्तिशास्त्राचा विकास

विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राचा उगम शास्त्र या नात्यानें इसवी सनाच्या अठराव्या शतकांत झाला. निसर्गविज्ञानाच्या प्रगतीच्या दृष्टीनें अठराव्या शतकाचा मध्यकाल महत्त्वाचा ठरतो. त्या काळीं निसर्ग अविकारी आहे, तो आहे तसाच कायम असणार, हीं जुनीं मतें मागें पडूं लागलीं, आणि निसर्गाची सतत उत्क्रांति होत असते, त्याचा सतत विकास होत असतो, हीं नवीं मतें त्यांच्या जागीं येऊं लागलीं. प्रख्यात रशियन वैज्ञानिक मिखाइल लोमोनोसोव यांनीं त्या काळीं लिहिलें: " तूं हें पक्कें लक्षांत ठेवलें पाहिजेस कीं तुला या पृथ्वीवर व साऱ्या जगभर ज्या सदेह वस्तू दिसतात त्या आतां आढळतात तशा त्यांच्या मूळ आरंभाच्या वेळीं नव्हत्या; त्यांच्यामध्यें मोठमोठे अंतर्गत फेरफार झालेले आहेत."

चुकीच्या व खुरटलेल्या जागतिक दृष्टिकोनाला ज्या शास्त्रांनीं पहिल्या प्रथम धक्का दिला त्यांमध्यें खगोलशास्त्राची गणना होते. अठराव्या शतकाच्या अगदीं अखेरीला खगोलशास्त्रांत विकासाच्या विचाराचा शिरकाव झाला. त्याचें श्रेय लाप्लासकडे जातें. त्यानें १७९६ सालीं अशी उपपत्ति बसविली कीं प्रचंड वायुरूप तेजोमेघांपासून सूर्याची आणि ग्रहांची उत्पत्ति झाली.

मागाहून असें कळलें कीं याच्याहि चाळीस वर्षे अगोदर, १७५५ सालीं, जर्मन तत्त्वज्ञ कँट यानें एक लहानशी पुस्तिका प्रसिद्ध केली होती व तींत त्यानें छातीठोकपणें असें जाहीर केले होतें: " मला जड पदार्थ द्या म्हणजे जग कसें बनवायचें हें मी तुम्हांला

दाखवीन." या पुस्तिकेंत कँटनें जगाच्या उत्क्रान्तीचा प्रश्न व सर्व आकाशस्थ पदार्थांच्या उद्गमाला पोषक असे नियम यांचें विश्लेषण केलें आणि चोहोंकडे पसरलेल्या जड पदार्थापासून सूर्यमाला तयार होण्यासंबंधांतील उपन्यासाचें विवरण करून सांगितलें.

कँटची ही पुस्तिका निनांवी प्रसिद्ध झाली. तत्कालीन शास्त्रज्ञांनीं तिच्यावर कसलीहि टीका केली नाहीं. फक्त एकोणिसाव्या शतकांतच ती शास्त्रज्ञांचें लक्ष वेधून घेऊं लागली. कँट व लाप्लास यांनीं मांडलेले उपन्यास अत्यंत महत्त्वाचे आहेत; विश्वव्यापी जड पदार्थाचा विकास ईश्वरी हस्तक्षेपाशिवाय अंगभूत गुणधर्मांच्या आधारें होण्याची कल्पना त्यांनीं गृहीत धरली.

* * *

पृथ्वी आणि इतर ग्रह यांचा उद्गम आणि विकास यांच्यासंबंधीं खात्री करून घेण्याचा प्रयत्न करतांना कँट व लाप्लास यांनीं सूर्यमालेच्या रचनेंतील नियमित गोष्टींपासूनच संशोधनाला सुरुवात केली.

ग्रहगतीच्या नियमांकडे लक्ष वेधणारा पहिला शास्त्रज्ञ म्हणजे न्यूटन. यंत्रशास्त्राचे मूलभूत नियम आणि सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या ग्रहांच्या गतीचें नियमन करणारा सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धान्त शोधून काढल्यानंतर न्यूटन अशा निष्कर्षाप्रत येऊन पोंचला कीं ग्रहमाला ही यदृच्छया एकत्रित झालेली आकाशस्थ पदार्थांची खिचडी नव्हे. परंतु जड पदार्थाच्या विकासाचा परिणाम म्हणून सूर्यमाला तयार झाली असा यांतून निष्कर्ष काढण्याऐवजीं, न्यूटन हा भाविक आस्तिक असल्यामुळें, त्यानें यांत परमेश्वरी निर्मितीचें लक्षण पाहिलें.

सृष्टिविज्ञानाचीं गणितशास्त्रीय मूलतत्त्वें (फिलॉसॉफिए नॅचरॅलिस प्रिन्सिपिया मॅथेमॅटिका) या आपल्या प्रख्यात ग्रंथामध्यें

त्यानें लिहिलें: " सहा प्राथमिक ग्रह * सूर्याभोंवतीं वर्तुलाकार फिरतात, या वर्तुलांचें केंद्र सूर्य हेंच असतें. या फिरण्याच्या गतीची दिशा एकच असते आणि पातळीहि जवळजवळ तीच असते. पृथ्वी, गुरु, आणि शनि यांच्या भोंवतीं दहा चंद्र वर्तुलाकार फिरत असतात; या वर्तुलांचीं केंद्रें ते ते ग्रहच असतात; त्यांच्या फिरण्याच्या गतीची दिशा तीच असते; आणि त्या त्या ग्रहांच्या कक्षांची पातळी हीच जवळ जवळ त्यांची पातळी असते; परंतु केवळ यांत्रिक कारणांनीं इतक्या अनेक नियमित गति निर्माण होऊं शकतात अशी कल्पना करतां येत नाहीं. कारण आकाशाच्या सर्व भागांमध्यें फारच उत्केन्द्रकक्ष असलेले धूमकेतू फिरत असतात; तशा प्रकारच्या गतीमुळें ते ग्रहांच्या कक्षांमधून सहज आणि खूप वेगानें जाऊं शकतात; आणि त्यांच्या दूरस्थ बिंदूच्या ** ठिकाणीं त्यांचा वेग सगळ्यांत कमी असतो, तिथें ते जास्तींत जास्त वेळ खोळंबलेले असतात, एकमेकांपासून जास्तींत जास्त अंतरावर असतात आणि म्हणून परस्परांच्या आकर्षणाचा परिणाम त्यांच्यावर कमींत कमी होतो. सूर्य, ग्रह आणि धूमकेतू यांची अशी ही सुंदर व्यवस्था सर्वज्ञ व सर्वशक्तिमान परमेश्वराच्या आदेशानुसार व त्याच्याच अधिराज्याखालीं होऊं शकते."

१७४५ सालीं फ्रेंच निसर्गवेत्ता बफ्फन यानें असें सुचविलें कीं एखादा प्रचंड धूमकेतु*** सूर्यावर आदळला असला पाहिजे

* न्यूटनच्या काळीं युरेनस, नेपच्यून व प्लूटो हे अजून अज्ञात होते आणि फक्त १० उपग्रह, म्हणजे पृथ्वीचा एक, गुरूचे चार, आणि शनीचे पांच, यांचाच तेवढा शोध लागलेला होता.

** दूरस्थबिंदु [ॲफेलिऑन]: ग्रहाच्या अगर धूमकेतूच्या कक्षेंतील सूर्यापासून जास्तींत जास्त दूर असलेला बिंदु.

*** त्या काळीं धूमकेतू हे फार मोठे आकाशस्थ पदार्थ समजले जात असत. वस्तुतः त्यांचा गाभा फारच लहान असतो आणि त्यांची प्रचंड तेजःपुंज डोकीं व शेपटें हीं अत्यंत विरळ अशा वायूंचीं बनलेलीं असतात.

आणि त्यामुळें सूर्याच्या जड पदार्थांतून कांहीं तुकडे उडाले असले पाहिजेत आणि या तुकड्यांतूनच पृथ्वी आणि इतर ग्रह यांचा उद्गम झाला असला पाहिजे. बफ्फननें परमेश्वरी "निर्माणक्रियेच्या" जागीं नैसर्गिक सृष्टचमत्काराची स्थापना केली, आणि यांतच त्याच्या उपन्यासाच्या पुरोगामित्त्वाचें वैशिष्ट्य सांठविलेलें आहे. परंतु सूर्यमालेच्या उद्गमासंबंधांतील त्याचा उलगडा मूलतःच चुकीचा होता. लाप्लासनें दाखवून दिल्याप्रमाणें हे तुकडे दीर्घ लंबवर्तुळाकार कक्षांमधून भ्रमण करूं लागायला हवे होते आणि परत सूर्याकडे यायला हवे होते. या तुकड्यांच्या परस्परांतील आकर्षणामुळें जरी त्यांच्या कक्षा बदलल्या असत्या, आणि त्यामुळें त्यांना सूर्याकडे परत येतांना अटकाव झाला असता, तरी पण हे तुकडे लांबट कक्षांमधून भ्रमण करीत राहिले असते, ग्रहांच्या सध्यांच्या वर्तुलाकार कक्षांप्रमाणें त्यांच्या कक्षा राहिल्या नसत्या. बफ्फनच्या उपन्यासानें ग्रहांच्या गतीचा नियमितपणा हिशेबांतच घेतला नाहीं; वस्तुतः या नियमितपणानें शास्त्रज्ञांचें लक्ष अगोदरच वेधून घेतलेलें होतें. म्हणून त्याचा उपन्यास कालमानाच्या दृष्टीनें ताजा नव्हता.

१७९६ सालीं प्रख्यात फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञ व गणितशास्त्रज्ञ लाप्लास यानें "विश्वरचनेचा उलगडा" हें सुबोध पुस्तक प्रसिद्ध केलें. या पुस्तकाच्या शेवटीं दिलेल्या टिपणांमध्यें त्यानें बहुतांशीं कँटच्या उपन्यासाशीं जुळणारा असा सूर्यमालेच्या उगमासंबंधींचा उपन्यास सादर केला. या लाप्लासियन उपन्यासाला झपाट्यानें मान्यता मिळाली आणि १५० वर्षें याला मोठी लोकप्रियता लाभली. याचें कारण असें कीं आम्हीं याच्या अगोदर सांगितलेला ग्रहांच्या कक्षेंतील गतीच्या वैशिष्ट्यांचा उलगडा त्यांत अत्यंत सोप्या व ठसठशीत रीतीनें केलेला होता.

लाप्लासच्या मतें ग्रहमालेचा उद्गम अतिप्राचीन सूर्याभोंवतालीं असलेल्या उष्ण विरळ वातावरणांतून झाला; हें वातावरण सध्यांच्या सूर्यमालेच्या मर्यादेच्याहि खूप पलीकडे दूरपर्यंत पसरलेलें आहे. त्याच्या मतें हें सूर्याभोंवतालचें तेजोमेघांसारखें वायुमय वातावरण एखाद्या घन पदार्थाप्रमाणें त्याच्या भोंवतीं भ्रमण करीत होतें; याचा बाह्य भाग आंतल्या भागापेक्षां जास्त वेगानें भ्रमण करीत होता. क्रमाक्रमानें तें थंड झालें व संकोचलें. संकोचामुळें, अंशात्मक चलनमानाच्या प्रकृति-नित्यत्वाच्या नियमानुसार, हें वातावरण जास्त वेगानें फिरूं लागलें असलें पाहिजे. शेवटीं विषुववृत्तीय केंद्रोत्सारी शक्ति व आकर्षणाची शक्ति या दोहोंचीं बरोबरी झाली. विषुववृत्तीय तेजोमेघात्मक कड्यांतील जड पदार्थ फुटून निघाला आणि ज्या बिंदूवर हा कटका पडला त्याच बिंदूवर हा पदार्थ राहिला, आणि बाकीचा वायु संकोचण्याची क्रिया तशीच चालू राहिली.

एकदां ही प्रक्रिया सुरू झाल्यावर ती तशीच चालू राहिली, आणि याचा परिणाम असा झाला कीं वायूचा प्रचंड सपाट थर, शनीभोंवतालच्या कड्याप्रमाणें, तेजोमेघाच्या विषुववृत्तात्मक पातळीवर राहिला. या प्रचंड चक्रामध्यें फटी दिसूं लागल्या. त्या क्रमाक्रमानें रुंदावल्या, त्यांतलें वायुमय द्रव्य दाट होऊन त्याचीं अलग अलग अरुंद वलयें तयार झालीं. हीं वलयें अगदीं एकजिनसी नव्हतीं; याचा परिणाम असा झाला कीं त्यांतलें द्रव्य थिजून त्यांचे उष्ण वायुमय गोळे तयार झाले, आणि ते थंड झाल्यावर त्यांचे ग्रह झाले. अशा प्रकारें तयार झालेले ग्रह वर्तुलाकार कक्षेंतून भ्रमण करणार, आणि सगळे एकाच दिशेनें भ्रमण करणार, आणि मूळ तेजोमेघाच्या फिरण्याची जी दिशा असेल त्याच दिशेनें सगळे भ्रमण करणार, आणि त्या सर्वांच्या कक्षा एकाच पातळींत असणार, आणि ही पातळी

म्हणजे अतिप्राचीन तेजोमेघाच्या विषुववृत्ताची पातळी असणार.

लाप्लास हा खगोलशास्त्रज्ञ व गणिती असला तरी त्यानें आपला उपन्यास निव्वळ वर्णनाच्या स्वरूपांत मांडला. हें करतांना त्यानें ग्रहांच्या गतीच्या नियमितपणाच्या विश्लेषणापासून सुरुवात केली. हर्शलच्या निरीक्षणांचा उपयोग केला. तेजस्वी मध्यवर्ती गाभ्याच्या दिशेनें कमी अधिक प्रमाणांत थिजत चाललेले तेजोमेघ हर्शलच्या निरीक्षणांत आलेले होते. त्या वेळीं या तेजोमेघांना नवीन उद्गम होत असलेले तारे म्हणत असत. लाप्लास असें धरून चालला कीं हे तेजोमेघ आपल्या अतिप्राचीन तेजोमेघांसारखेच आहेत.

गेल्या शतकाच्या मध्याच्या सुमारास फ्रेंच गणितशास्त्रज्ञ रोचे यानें केलेल्या गणितांवरून असें दिसून आलें कीं लाप्लासचा तेजोमेघ अधिकाधिक झपाट्यानें गरगरां फिरतां फिरतां केंद्रोत्सारी शक्तीच्या प्रभावानें सपाट व्हायला पाहिजे होता आणि शेवटीं त्याला मसुरीच्या दाण्याचा आकार यायला पाहिजे होता. या "मसुरीच्या" टोंकावरूनच जड पदार्थ फुटून निघायला पाहिजे होता.

ग्रह हा जड पदार्थ जर एखाद्या प्रचंड वायुमय चक्रामध्यें विभागला गेलेला आहे अशी आपण कल्पना केली तर त्याची घनता इतकी अल्प असणार कीं या वायूचें दाट गोळ्यांच्या स्वरूपांत आकुंचन होण्याची क्रिया अनाकलनीय ठरेल. ही आपत्ति टाळण्यासाठीं रोचेनें एक संभवनीय मधली प्रक्रिया सूचित केली. या प्रक्रियेनुसार "मसुरीच्या" टोंकावरून गोळा फुटून न निघतां अरुंद चक्रें फुटून निघालीं. लाप्लासच्या उपन्यासानुसार सूर्यमालेच्या उद्गमाच्या ज्या आकृति तयार झाल्या त्या सगळ्या रोचेनें केलेल्या या दुरुस्त्यांसह चित्रांकित झालेल्या आहेत (आकृति ५ पहा).

लाप्लासचें मत असें होतें कीं जोरदार अंतर्गत घर्षणामुळें

वायुमय चक्राचें भ्रमण घन पदार्थाप्रमाणेंच झालें पाहिजे. याचा अर्थ असा कीं या चक्रांतील सगळे कण सारख्याच अंशात्मक वेगानें फिरत

आकृति ५. ग्रह तयार होण्यासंबंधांतील लाप्लासचा उपन्यास.

असले पाहिजेत. याचा गर्भितार्थ असा होता कीं चक्राची बाहेरची कडा आंतल्या टोंकापेक्षां जास्त वेगानें फिरत असली पाहिजे (आकृति ६, डावी बाजू पहा), आणि म्हणून चक्राच्या जड द्रव्याचा संकोच एकाच वायुमय गोळ्यामध्यें — म्हणजे भावी ग्रहाच्या स्वरूपांत — झाल्यावर हा गोळा मूळचें जड द्रव्य ज्या दिशेनें सूर्याभोंवतीं फिरत होतें त्याच दिशेनें आपल्या आंसाभोंवतीं फिरत राहणार (सरळ गति). गोळा थंड होत होत जसजसा संकोचत गेला असेल तसतशी त्याची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची गति वाढत गेली असणार आणि कांहीं बाबतींत या भावी ग्रहापासून चक्रें फुटून निघून त्यांचे उपग्रह तयार झाले असणार.

१७९६ सालीं लाप्लासनें आपला हा उपन्यास प्रसिद्ध केला, त्या वेळीं सरळ गतीनें फिरणारे उपग्रहच तेवढे माहीत झालेले होते. पण १७९७ सालीं असा शोध लागला कीं युरेनसचे उपग्रह त्याच्या कक्षेशीं जवळ जवळ काटकोनांत असलेल्या पातळीवरून त्याच्या भोंवतीं फिरतात. १८४७ सालीं नेपच्यूनचा एक उपग्रह वक्रगतीनें फिरत

आकृति ६. लाप्लासच्या उपन्यासानुसार ग्रहांच्या स्वतःभोंवतालच्या भ्रमणाचा उद्गम. डावीकडे: सरळ भ्रमणाचा उद्गम. उजवीकडे: वक्र भ्रमणाचा उद्गम.

असल्याचें आढळून आलें, आणि गेल्या अर्धशतकांत गुरु आणि शनि या दोहोंनाहि वक्रगतीनें फिरणारे उपग्रह असल्याचें आढळून आलें. १८७७ सालीं मंगळाला दोन उपग्रह असल्याचें आढळून आलें. त्यांची गति सरळ आहे, पण मंगळाचा सगळ्यांत जवळचा उपग्रह जो फोबोस, तो, मंगळ स्वतःच्या आंसाभोंवतीं ज्या वेगानें फिरतो त्याच्या तिप्पट वेगानें मंगळाभोंवतीं फिरतो. ही प्रत्यक्ष माहिती लाप्लासच्या उपन्यासाशीं विसंगत ठरली.

कांहीं खगोलशास्त्रज्ञांच्या हें लक्ष्यांत आलें कीं लाप्लासनें कल्पिलेलीं चक्रें जरी अरुंद असलीं तरी तीं इतकीं विरल असणार कीं त्यांच्या जवळ जवळ हिशेबांत न धरण्याजोग्या अंतर्गत घर्षणा-मुळें त्यांना घन पदार्थ म्हणून फिरत राहणें भाग पाडलें जात नसणार; त्यांचें फिरणें सूर्याभोंवतीं ग्रह फिरतात तसेंच असणार; म्हणजे सूर्या-पासून ते जितके अधिक दूर असतील तितका त्यांचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा वेग कमी असणार. म्हणजे चक्रांपासून तयार झालेल्या गोळ्यांची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची गति वक्र असणार (आकृति ६, उजवी बाजू). अशा प्रकारें उपग्रहांच्या वक्रगतीऐवजीं त्यांची सरळ गति, आणि ग्रहांची स्वतःभोवतीं फिरण्याची सरळ गति या दोन्ही गती लाप्लासच्या उपन्यासाशीं विसंगत ठरल्या.

ही विसंगति दूर करण्यासाठीं सादर करण्यांत आलेल्या अत्यंत कृत्रिम योजनांनीं कुणाचेंहि समाधान झालें नाहीं. मागाहून आपल्याला हें दिसून येणार आहे कीं सर्वत्र पसरलेल्या जड पदार्थांपासून ग्रह तयार होत असतांना ते सरळ गतीनेंच स्वतःभोंवतीं फिरत असले पाहिजेत असा नियमच आहे; परंतु हें साध्य होण्यासाठीं त्यांच्या यांत्रिक शक्तीच्या कांहीं भागाचें अपरिहार्यपणें उष्णतेच्या शक्तींत झालेलें परिवर्तन जमेस धरावें लागतें. लाप्लासला अजून शक्तीच्या

प्रकृतिनित्यत्वाच्या नियमाचें ज्ञानच झालेलें नव्हतें, आणि त्याच्यां अनुयायांनीं मात्र या ना त्या कारणानें आपल्या संशोधनांत या नियमाकडे दुर्लक्षच केलें.

लाप्लासच्या काळीं वायूंचा गतिसिद्धांत (kinetic theory of gases) अजून अज्ञातच होता. त्याचप्रमाणें वेगवेगळ्या भौतिक अवस्थांमध्यें वायूच्या अणूंचें वर्तन कसें घडतें हेंहि त्या वेळीं अज्ञातच होतें. मागाहून आंकडेमोड केल्यानंतर हें दिसून आलें कीं विरल वायुमय चक्रें थिजून त्यांचे ग्रह होणें अशक्य होतें, किंबहुना हीं चक्रें आकाशांत विरूनच गेलीं असतीं. लाप्लासनें मानलेली वायुमय तबकडी तयार झाली त्या वेळीं तिचें उष्णतामान खूप असलें तरीसुद्धां आधुनिक विज्ञानानुसार ती मागाहून भराभर थंड होऊन आणि थिजून तिच्यांत धुळीचे जड कण तयार व्हायला पाहिजे होते. हा वायु-धूळ-मिश्रित जड पदार्थ उत्क्रांत होण्याची प्रक्रिया ही लाप्लासच्या अटकळींहून मूलतः वेगळी आहे. लाप्लासचा उपन्यास खोटा ठरविणाऱ्या मुख्य युक्तिवादांपैकीं एक युक्तिवाद सूर्याच्या स्वतः-भोंवतीं फिरण्याच्या अति मंद गतीवर आधारलेला आहे. अतिप्राचीन तेजोमेघापासून चक्रें फुटून अलग होण्यासाठीं या तेजोमेघाचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा वेग खूपच असायला पाहिजे होता. या वेगावरून आपल्याला सूर्याचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा वेग हिशेबानें काढतां येतो. या संदर्भांत सूर्य हा या तेजोमेघाचा गाभाच धरावा लागतो. त्या वेळीं सूर्याचा स्वतःभोंवतीं फिरण्याचा वेग, सध्याच्या निरीक्षणावरून आपल्याला आढळतो त्याच्या शेंकडोंपटींनीं अधिक असायला पाहिजे. याच्या उलट, आपण जर अशी कल्पना केली कीं सूर्यानें आपलें आकारमान सगळ्या ग्रहमालेला व्यापण्याइतकें वाढविलें, तर मग सूर्याची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची गति इतकी मंद होईल कीं

त्याच्यांतून चक्रें फुटून निघण्याचा मुळीं प्रश्नच उद्भवणार नाहीं. सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्या दरम्यान अंशात्मक चलनमानाची जी विभागणी झालेली आहे तिचा उलगडा करण्याच्या बाबतींत लाप्लासचा उपन्यास असमर्थ ठरला.

सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञ व्ही. ए. क्रात आणि व्ही. जी. फेसेन्को यांनीं अलीकडेच असें दाखवून दिलें कीं सूर्याच्या पृष्ठभागावरून जे परमाणूंचे झोत फेंकले जातात ते सध्यां अगदीं अल्प प्रमाणांत फेंकले जात असले तरी सूर्य निर्माण झाल्याबरोबर असे परमाणूंचे झोत फेंकले जाण्याचें प्रमाण फार मोठें असलें पाहिजे, आणि तसें असेल तर यामुळें सूर्याची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची गति मंदावली असली पाहिजे. परंतु सूर्याची सध्यांची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची गति मंद कां आहे याचा उलगडा अशा रीतीने करतां येत असला तरी यामुळें वर सांगितलेले युक्तिवाद कांहीं खोडले जात नाहींत.

कँट आणि लाप्लास यांचे उपन्यास त्यांच्या काळांतील विज्ञानाच्या मानानें फार पुढारलेले होते. ते मागाहून मिळालेल्या ज्ञानानें खोटे ठरविले. त्यांची डागडुजी करण्याचे प्रयत्न निरर्थक ठरले, आणि विसाव्या शतकांत खगोलशास्त्रज्ञांनीं आपलें लक्ष इतर उपन्यासांकडे वळविलें. तसें करतांना त्यांनीं कँट आणि लाप्लास यांच्या उपपत्तींतील चांगल्या गोष्टींकडे देखील दुर्लक्ष केलें. वस्तुतः ग्रहमाला ही स्वतःभोंवतीं फिरणाऱ्या एकजिनसी व विस्तृत तेजोमेघांतून उद्भवली ही त्यांची कल्पना पुढील संशोधनाला आधार म्हणून चांगली होती.

विश्व-उत्पत्तीसंबंधीं जे अनेक उपन्यास १९ व्या व २० व्या शतकांत पुढें आले ते सूर्यमालेंतील पदार्थासंबंधांत त्या काळांत ज्ञात असलेल्या सगळ्या माहितीवर आधारलेले नव्हते, त्यांनीं विश्व-उत्पत्ति-

शास्त्राच्या दृष्टीनें भौतिक शास्त्रांच्या नियमांचें महत्त्व किती आहे या गोष्टीकडे दुर्लक्षच केलेलें होतें, आणि म्हणूनच ते सदोष असल्याचें लवकरच आढळून आलें. त्यांच्यापैकीं कांहीं तर कुचकामाचेच होते, आणि इतर कांहींच्या ठिकाणीं थोडे फार गुण असले तरी अनेक चुकीच्या किंबहुना हास्यास्पद कल्पनांचें भरताड त्यांमध्यें भरलेलें होतें.

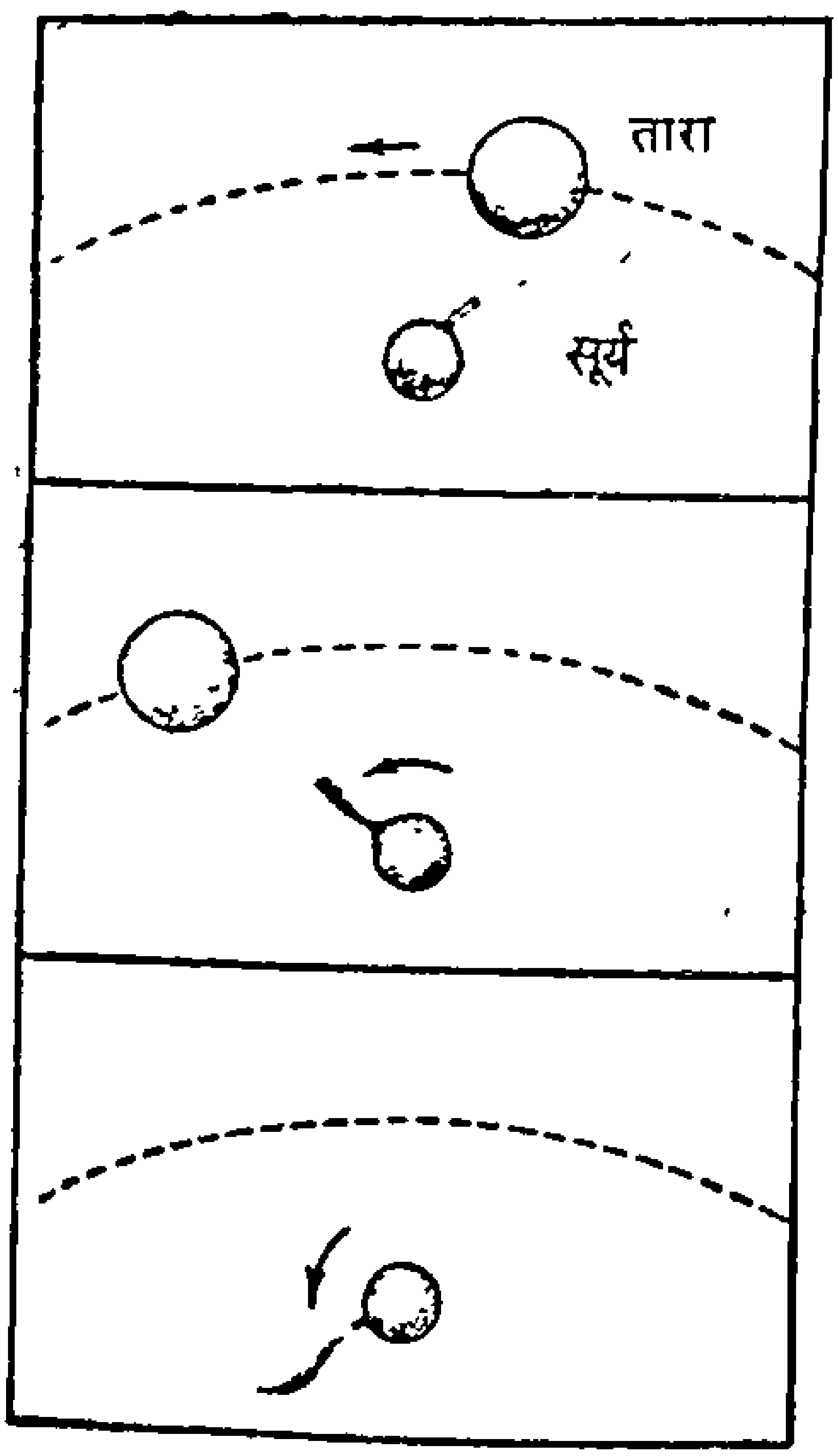
१९व्या शतकाच्या अखेरीस लिगोन्देस या बेल्जियन शास्त्रज्ञानें सूर्यमालेच्या उद्गमाचा उल्कावादी उपन्यास पुढें आणला. कणांच्या थव्यामध्यें जसा परस्परांचा एकजीव होत असला पाहिजे तसेच ताठरपणामुळें त्यांचे परस्परांवर आघातहि होत असले पाहिजेत ही गोष्ट लिगोन्देसनें बरोबर दाखवून दिली. याच्या परिणामीं या कणांची स्वतःभोंवतीं फिरणारी एक अत्यंत चपटी तबकडी तयार झाली आणि तिच्यापासून ग्रह निर्माण झाले, असा लिगोन्देसच्या उपन्यासाचा आशय होता.

जवळजवळ याच सुमारास मोल्टन आणि चेंबरलिन या दोघां अमेरिकन शास्त्रज्ञांचा आणखी एक उपन्यास पुढें आला. त्यांचाहि समज असा झाला कीं सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या अतिसूक्ष्म घन कणांपासून पृथ्वी आणि इतर ग्रह निर्माण झाले असले पाहिजेत. या कणांना त्यांनीं "प्लॅनेटेसिमल" (सूक्ष्मातिसूक्ष्म ग्रह) असें नांव दिलें. सूर्यापासून प्रचंड तेजःशृंगांच्या रूपानें एक द्रव्य बाहेर फेंकलें गेलें असलें पाहिजे आणि हें द्रव्य थंड होऊन त्यांतून हे कण अस्तित्वांत आले असले पाहिजेत, असें मत त्यांनीं मांडलें.

मोल्टन आणि चेंबरलिन यांनीं कणांच्या परस्परांवरील आघातांचें ताठर स्वरूप दृष्टीआड केलें आणि म्हणून त्यांना या कणांचें ग्रहरूपी गोळ्यांमध्यें रूपांतर कां झालें याचा खुलासा करतां आला नाहीं. त्यांचा उपन्यास लवकरच कां धुडकावला गेला याच्या मुख्य

कारणांपैकीं हें एक कारण होतें. पण वस्तुतः त्यांची चूक ही होती कीं, कणांच्या थव्याच्या निर्मितीच्या प्रक्रियेसंबंधीं त्यांनीं चुकीची कल्पना करून घेतली. आज ग्रहांना जें अंशात्मक चलनमान आहे तेवढें अंशात्मक चलनमान असलेले कण सूर्यापासून फेंकल्या गेलेल्या जड पदार्थापासून निर्माण होणेंच शक्य नव्हतें. तथापि त्याचबरोबर " प्लॅनेटेसिमल " उपन्यासानें ग्रहांच्या निर्मितीच्या प्रक्रियेच्या अनेक लक्षणांचें चित्रण बिनचूकपणें केलें.

विसाव्या शतकाच्या पूर्वार्धामध्यें जे उपन्यास पुढें आले त्यांपैकीं ब्रिटिश खगोलशास्त्रज्ञ जीन्स यांच्या उपन्यासाला या शतकाच्या तिसऱ्या व चवथ्या दशकांत बरीच लोकप्रियता लाभली.



आकृति ७. ग्रह तयार होण्या-संबंधांतील जीनचा उपन्यास.

सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्या दरम्यानची अंशात्मक चलनमानाची विभागणी हा जो कूट प्रश्न त्यांच्या समोर होता तो सोडविण्याचा प्रयत्न म्हणून त्यांनीं असें सुचविलें कीं, एक महा प्रचंड तारा भर वेगांत सूर्याजवळून गेला असला पाहिजे (आकृति ७), आणि त्याच्या आकर्षणामुळें जें जडद्रव्य सूर्यापासून खेंचून घेतलें गेलें त्या जडद्रव्यांतून ग्रहांची निर्मिति झाली असली पाहिजे. सकृद्दर्शनीं या ताऱ्यानें स्वतः खेंचून घेतलेलें जडद्रव्य सूर्यापासून पुरेशा दूर अंतरावर नेलें असलें पाहिजे आणि मग या जड द्रव्याला

सूर्याच्याच गतीच्या दिशेनें सूर्याभोंवतीं भ्रमण करायला भाग पाडलें असलें पाहिजे.

तारे एकमेकांपासून इतके दूर दूर असतात कीं त्यांच्यापैकीं दोहोंच्या दरम्यान झटापट होणें हा अत्यंत दुर्मिळ असा सृष्ट-चमत्कार म्हटला पाहिजे. म्हणून जीन्ससाहेबांनीं आपल्या उपन्यासांत असें प्रतिपादन चालविलें कीं ग्रहमाला ही विश्वांतील असामान्य अशीच रचना आहे. आकादमीशियन श्मिद्त यांच्या शब्दांत सांगायचें म्हणजे "........ खगोलशास्त्रज्ञाच्या दृष्टीनें जीन्स यांच्या उपन्यासांत ग्रह-रचनाप्रक्रिया ही अत्यंत क्वचित घडणारी प्रक्रिया आहे हें जें वैगुण्य होतें तेंच धर्मापासून फुटून निघायला तयार नसलेल्या सामान्य माणसाच्या दृष्टीनें या उपन्यासाचा मुख्य गुण ठरलें. जीन्स यांचा उपन्यास ही सगळ्यांत ग्राह्य अशी तडजोड ठरली. जीन्स यांच्या योजनेंतील ग्रहरचनेची दुर्मिळता हिची गणना तिच्या परीनें अध्यात्मवादामध्यें करतां येत नाहीं — कारण तसें पाहिलें तर निसर्गामध्यें दुर्मिळ असे सृष्ट-चमत्कार असतातच — परंतु या योजनेनें विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राचा दरवाजा अध्यात्मवादाला खुला करून दिला."

तथापि, सुमारें १० अगर १५ वर्षांपूर्वीं या उपन्यासाचा शास्त्रीय फोलपणा स्पष्ट झाला. अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञ रसेल यांनीं असें दाखवून दिलें कीं सूर्यमालेच्या अफाट विस्ताराचा खुलासा जीन्स यांच्या उपन्यासाला करतां येत नाही. सूर्यापासून जड पदार्थ खेंचून काढायचा म्हणजे त्या ताऱ्याला सूर्याच्या फारच जवळून जाणें भाग होतें, आणि अशा प्रकारें सूर्यापासून फुटून निघालेला जड पदार्थाचा तुकडा व त्याच्यापासून जन्माला आलेले ग्रह सूर्याच्या अगदीं नजीक, सूर्याच्या व्यासाच्या फक्त कांहींपट अंतरावरून, सूर्याभोंवतीं फिरत राहायला पाहिजे होते. प्रत्यक्षतः, सूर्याच्या व्यासाच्या

मराठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे. स्थळप्रत.
अनुक्रम 22418 वि: [illegible]
क्रमांक 2220 नों. दि. [illegible]

हजारोंपट अंतर सूर्य व ग्रह यांच्या दरम्यान आहे. उदाहरणार्थ, गुरु व सूर्य यांच्या मधील अंतर सूर्याच्या व्यासाच्या ५०० पट आहे; नेपच्यून व सूर्य यांच्यामधील अंतर सूर्याच्या व्यासाच्या ३२०० पट आहे. एन. एन. पारीस्कि यांनीं गणितशास्त्राच्या आधारें आंकडेमोड करून असें सिद्ध केलें कीं जीन्स यांचा उपन्यास सूर्य व ग्रह यांच्या दरम्यान असलेल्या प्रचंड अंतराचा उलगडा करूं शकत नाहीं.

मूलतः एकंदर सूर्यमालेमध्यें अंशात्मक चलनमानाची विभागणी कशी झालेली आहे याच प्रश्नाकडे आपल्याला पुन्हां वळावें लागतें. परंतु लाप्लासच्या उपन्यासाच्या बाबतींत "सूर्य स्वतःभोंवतीं इतका सावकाश कां फिरतो? त्याचें अंशात्मक चलनमान येवढें अत्यल्प कां?" हे प्रश्न जसे उपस्थित करतां येतात, तसा जीन्स यांच्या उपन्यासाच्या बाबतींत "ग्रहांचें प्रचंड अंशात्मक चलनमान आलेंच कुठून?" हा प्रश्न उपस्थित करतां येईल.

सूर्यापासून फुटून निघालेलें जडद्रव्य थिजून त्यापासून ग्रह कसे तयार झाले याचा हिशेब करण्याचा प्रयत्न जीन्स यांनीं कधीं केलाच नाहीं. पण जेव्हां हा हिशेब केला तेव्हां असें उघडकीस आलें कीं हा जो जड पदार्थ सूर्यापासून फुटून निघायचा तो सूर्याच्या तुलनात्मक दृष्टया आंत खोलांत असलेल्या थरांतून उफाळून बाहेर यायला पाहिजे होता; कारण तिथें सूर्याच्या पृष्ठभागापेक्षां उष्णतामान खूपच अधिक असणार. या प्रवाहाचें उष्णतामान सुमारें दहा लक्ष डिग्रीपर्यंत भरलें असतें; आणि तसें असतें तर प्रवाह फुटून त्याचे अलग अलग सुस्थिर असे गोळे होऊन त्यांचे ग्रह झालेच नसते; त्याऐवजीं हा प्रवाह आकाशांत विखरून विरून गेला असता.

* * *

भांडवलदारी देशांमधील विश्व-उत्पत्तिशास्त्राच्या विकासाला तिथें रूढ असलेल्या अध्यात्मवादी जागतिक दृष्टिकोनाचा अडथळा होतो. कांहीं पाश्चात्य खगोलशास्त्रज्ञ तर प्रत्यक्षच धर्माकडे धांव घेतात. उदाहरणार्थ, ऑक्सफर्ड युनिव्हर्सिटी प्रेसनें १९५१ सालीं प्रसिद्ध केलेल्या " पृथ्वीचा उद्गम " या आपल्या पुस्तकांत ब्रिटिश प्रोफेसर स्मार्ट लिहितात: "........... आमच्यापैकीं अनेकांना, जशी वैज्ञानिकांना तशीच अवैज्ञानिकांना, सृष्टिनिर्मात्या परमेश्वरावरील श्रद्धा ही पूर्वीं जितकी अवश्यक होती तितकीच आतां आवश्यक आहे. "

तथापि, निसर्गविज्ञानाचा अभ्यास वैज्ञानिकांना भौतिकवादी मार्गानें जायला भाग पाडतो. आणि म्हणूनच आपल्याला भांडवल-शाहीच्या जगामध्यें असे वैज्ञानिक आढळतात कीं जे आकाशस्थ गोलांच्या उद्गमाचा व विकासाचा अभ्यास बिनचूक दृष्टिकोनांतून करतात अणि त्यापासुन बहुमोल निष्कर्ष काढतात.

सोवियेत युनियनमधील विश्व-उत्पत्ति-शास्त्र हें लोमोनोसोव, ब्रेदिखिन, मेन्देलेयेव अणि इतर अनेक शास्त्रज्ञांच्या ग्रंथामध्यें आढळून येणाऱ्या रशियन विज्ञानाच्या खंबीर भौतिकवादी परंपरेवर आधारलेलें आहे. सोवियेत वैज्ञानिक हे गत्यात्मक भौतिकवादाच्या तत्त्वज्ञानावर वाढत्या प्रमाणांत प्रभुत्व मिळवीत असून संशोधनकार्यामध्यें तें जास्त फायदेशीर होईल अशा रीतीनें लागू करीत आहेत.

आकाशस्थ गोलांच्या विकासाच्या अंगोपांगांकडे ते विशेष लक्ष पुरवितात. या क्षेत्रामध्यें अफाट माहितीची साधनसामुग्री त्यांनीं जमा केलेली आहे आणि ही माहिती विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राला आपला पाया म्हणून घेतां येते. त्याच वेळीं भूगर्भ-शास्त्रज्ञ, भूभौतिक-शास्त्रज्ञ आणि भूरसायन-शास्त्रज्ञ यांनीं पृथ्वीच्या रचनेविषयीं व विकासा-विषयीं खूपच माहिती एकत्रित केलेली आहे, आणि ही माहिती

देखील पृथ्वीच्या उद्गमाच्या संशोधनाला आधार म्हणून उपयोगी पडते.

पाश्चात्य वैज्ञानिकांनीं १९ व्या व २० व्या शतकांत विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राचे जे उपन्यास मांडले त्यांची चिकित्सक दृष्टीनें तपासणी सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञांनीं चालू शतकाच्या तिसऱ्या व चवथ्या दशकांत बऱ्याच प्रमाणांत केली.

चालू शतकाच्या तिसऱ्या दशकाच्या सुरुवातीपासूनच आकादमीशियन फेसेन्कोव यांनीं विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राच्या संशोधनाला स्वतःला वाहून घेतलें आहे. विशेषतः वातावरणाची उत्पत्ति, ग्रहांग्रहांच्या दरम्यान असलेला जड पदार्थ, राशिचक्रप्रकाश, ग्रह आणि उल्कापाषाण यांचा अभ्यास ते करीत आहेत.

१९४३ सालीं प्रख्यात सोवियेत वैज्ञानिक आणि ध्रुवप्रदेशाचे संशोधक आकादमीशियन श्मिदृत यांनीं पृथ्वी आणि इतर ग्रह यांच्या उद्गमाविषयीं एक उपपत्ति विस्तारानें मांडायला सुरुवात केली. श्मिदृत आणि त्यांना साहाय्य करणारें वैज्ञानिकांचें मंडळ यांनीं केलेल्या कामगिरीला फळ येऊन या क्षेत्रांत एका भौतिकवादी उपपत्तीचा पाया घालण्यांत आला आहे आणि या उपपत्तींतील मुख्य मुद्यांना पोषक असा भरपूर पुरावा गोळा झालेला आहे. या उपपत्तीनुसार पृथ्वीचा व ग्रहांचा उद्गम गरम वायूंच्या गोळ्यांतून झालेला नसून तो असंख्य थंड घन कणांच्या एकत्रीकरणांतून झालेला आहे.

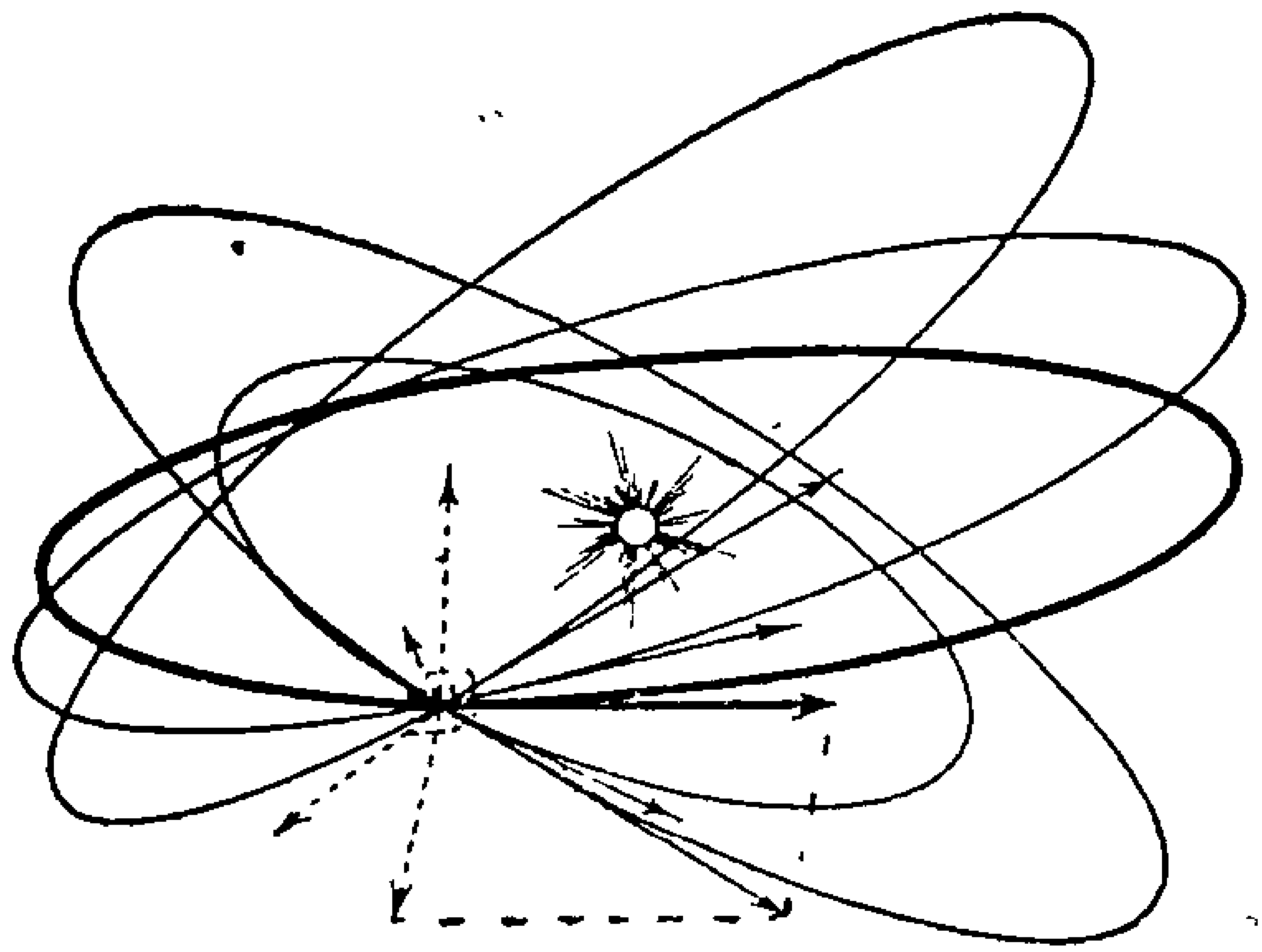
एका काळीं सूर्याभोंवतीं वायु-धूळ-मिश्रित ढगाचें आवरण होतें; हें आवरण त्याच्या भोंवतीं फिरत होतें; हें आवरण या कणांचेंच बनलेलें होतें. या कणांना वस्तुमान होतें; हें वस्तुमान सध्यांच्या ग्रहांच्या एकंदर वस्तुमानापेक्षां किंचित अधिक होतें.

३. ग्रहांच्या उत्पत्तीची आकादमीशियन श्मिद्त यांची उपपत्ति

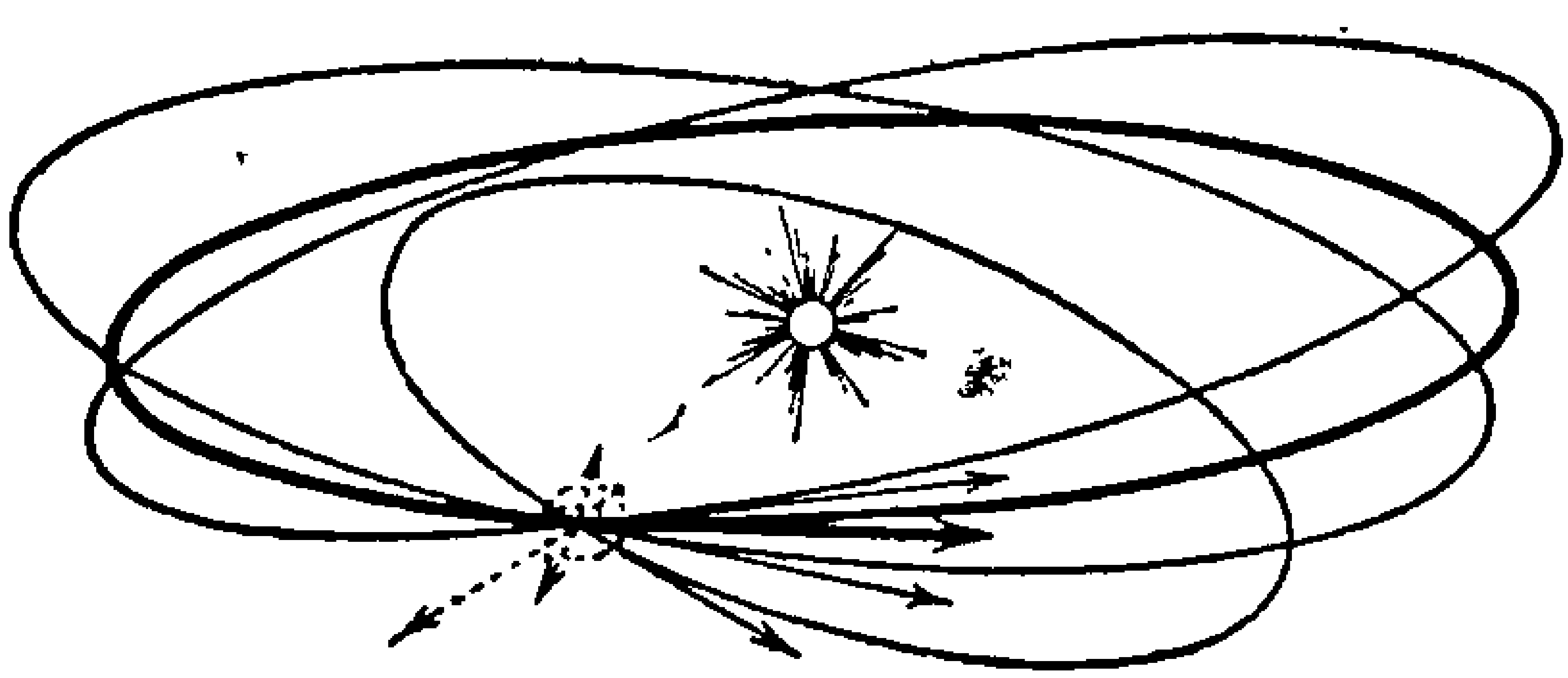
जड पदार्थांची मूळ ग्रहाच्या स्वरूपांतली अवस्था काय होती याचा शोध ग्रहांच्या गतीचा नियमितपणा आणि ग्रहांची रासायनिक रचना या दोहोंचें विश्लेषण करून लावतां येतो.

सूर्याभोंवतीं ग्रह वर्तुळाकार मार्गांनीं फिरत आहेत आणि ते जवळ जवळ एकाच पातळींत आहेत, यावरून असें अनुमान निघतें कीं विखुरलेल्या जड पदार्थांपासूनच ग्रह निर्माण झालेले आहेत. कँट आणि लाप्लास यांनीं असें गृहीत धरलें कीं ग्रहनिर्मितीचें माध्यम म्हणजे घन धूळ किंवा वायुमय पदार्थ असावा. परंतु श्मिद्त यांनीं सुचविल्याप्रमाणें हें माध्यम म्हणजे सूर्याभोंवतीं वेगवेगळ्या कक्षांमधून फिरणाऱ्या असंख्य घन पदार्थांचा बनलेला थवाहि असूं शकेल. हे घन पदार्थ थवा म्हणून एकत्र होण्याची प्रक्रिया कांहींहि असली तरी अलग अलग पदार्थांच्या गतीच्या वैशिष्ट्यांची सरासरी काढायला हवी होती. अलग अलग पदार्थांच्या गतीची चालू दिशा, म्हणजेच या थव्याच्या सर्वसाधारण भ्रमणाची दिशा, ही अशीच राहिली पाहिजे होती कीं जिच्यामुळें सर्व ग्रह सूर्याभोंवतीं एकाच दिशेनें फिरत राहावेत. वेगवेगळ्या दिशांनीं ताणलेल्या कक्षांमधून भ्रमण करणाऱ्या अलग अलग पदार्थांच्या गतीची सरासरी काढली तर तिला जवळ जवळ वर्तुलाकार कक्षेंतून भ्रमण करणाऱ्या ग्रहाच्या गतीचें रूप यावें. थव्याच्या मध्यवर्ती पातळीशीं वेगवेगळे कोन करून कललेल्या कक्षांमधून कणांच्या गती चौलू असल्या पाहिजेत. अनेक जड पदार्थांचें

एकत्रीकरण ग्रहाच्या रूपानें झालें असलें पाहिजे. आणि मध्यवर्ती निकट अशा पातळींतूनच* हा ग्रह कणांच्या गतींच्या सरासरी वेगानें फिरत असायला पाहिजे.



अ



ब

आकृति ८. कणांची अस्ताव्यस्त हालचाल कमी कमी होत जाते तसतसा कणांचा थवा सपाट होत जातो. बारीक बाण अलग अलग कणांची गति दर्शवितात, जाड बाण सर्वसामान्य चक्राकार हालचाल दर्शवितात, आणि तुटका बाण कणांच्या गतींचा घटक दाखवितो.

---

* थवा भ्रमण करीत असल्यामुळें तो तबकडीसारखा होता. थव्याच्या (ढगाच्या) ज्या मध्यवर्ती पातळींतून सूर्यमाला उद्भवली तीच मध्यवर्ती पातळी कोष्टक १ मध्यें व पान १४ वर उल्लेखलेली आहे.

आपल्याला हें दिसून येतें, कीं ग्रहांच्या गतीच्या नियमितपणावरून ग्रह हे विखुरलेल्या जड पदार्थापासून निर्माण झाले असें अनुमान निघतें, पण त्यावरून या पदार्थांच्या गुणधर्मांचें अचूक ज्ञान आपल्याला मिळत नाहीं. ग्रहांच्या रचनेसंबंधींच्या माहितीचें विश्लेषण करून ज्ञान मिळवितां येतें. अशा प्रकारचें विश्लेषण केल्यानंतर असें आढळून आलें कीं ग्रहरचनेच्या प्रक्रियेमध्यें बाष्पीभवन व दृढीकरण या क्रियांनीं मूलभूत स्वरूपाची भूमिका पार पाडली. म्हणून ज्या विखुरलेल्या जड पदार्थापासून ग्रह निर्माण झाले तो वायु-धूळ-मिश्रित ढग होता.

या ढगाचा विकास आणि त्याचें ग्रहांच्या रूपामध्यें परिवर्तन कसें झालें याचे अनेक तपशील अद्याप नीट अभ्यासून झालेले नाहींत. असें असूनहि श्मिद्त आणि इतर सोवियेत वैज्ञानिक (गुरेविच, लेबेदिन्स्की, ल्येविन, साफ्रोनोव आणि खिल्मी) यांनीं ढगाच्या विकासाच्या मुख्य प्रेरक घटकांचा उलगडा करून सांगितलेला आहे, आणि विखुरलेल्या जड पदार्थापासून ग्रहांची निर्मिती दर्शविणाऱ्या उपपत्तीनें सूर्यमालेच्या मुख्य मुख्य रचनात्मक लक्षणांचा उलगडा केलेला आहे.

ढगाच्या विकासाचे मुख्य प्रेरक घटक म्हणजे (१) गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीची क्रिया आणि (२) यांत्रिक शक्तीचें उष्णतेमध्यें परिवर्तन, हे होते.

सूर्याच्या संदर्भांत जर कणांच्या गतीचा विचार केला तर आपल्याला असें आढळून येतें कीं आकारमान, लांबट होण्याचें प्रमाण आणि ढगाच्या मध्यवर्ती पातळीशीं केलेला कोन या बाबतींत वेगवेगळ्या असलेल्या कक्षांतून हे कण भ्रमण करीत होते.

परंतु कणांच्या या गतीचा निराळ्या दृष्टीनेंहि विचार करतां

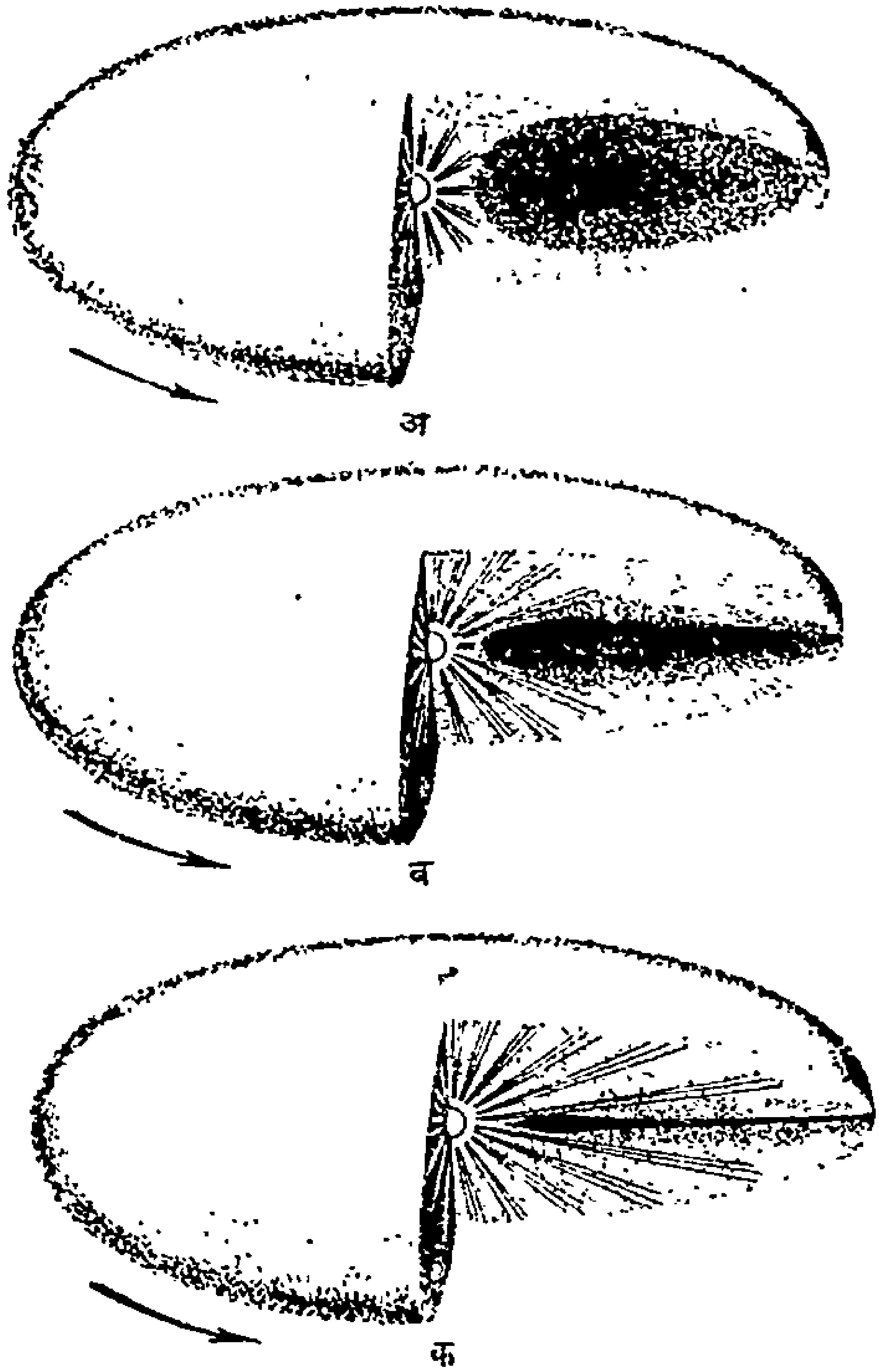
येतो; या गतीचे दोन विभाग कल्पितां येतात: (१) त्यांचें सूर्याभोंवतीं सर्वसाधारण भ्रमण आणि (२) अलग अलग कणांचें इतस्ततः भ्रमण.

विशिष्ट प्रकारच्या कणांच्या इतस्ततः भ्रमणाचा सरासरी वेग जितका अधिक असेल, तितके त्यांचे अधिक दाट थर तयार होतात. सूर्याभोंवतालच्या मर्यादित कक्षांमधून कण स्वच्छंदपणें भ्रमण करीत असले म्हणजे काय होतें हें आकृति ८ वरून स्पष्ट होतें. कणांचे प्रचंड समूह वारंवार एकमेकांवर आदळून आपला मार्ग जेव्हां बदलतात, म्हणजे एका कक्षेमधून दुसऱ्या कक्षेंत शिरतात, तेव्हां देखील याच गोष्टीची सत्यता पटते. एकामागून एक झालेल्या दोन आघातांच्या दरम्यान असलेल्या अवकाशांत जरी कण आपल्या कक्षेंतून फार थोडे अंतर कापत असला तरी इतस्ततः गतीचे वेग व थराचा दाटपणा यांच्यामधील परस्पर संबंधाचें स्वरूप तसेंच राहतें; मग असे आघात होवोत वा न होवोत.

वायु-धुळ-मिश्रित ढगांतील धुळीच्या कणांचें वस्तुमान अधिक मोठें असल्यामुळें त्याच्यापेक्षां अधिक हलक्या अशा वायूच्या अणूंच्या इतस्ततः वेगांपेक्षां धुळीच्या कणांचे इतस्ततः वेग कमी असले पाहिजेत. म्हणून धुळीचे कण तबकडीचा आकार आलेल्या ढगाच्या मध्यवर्ती विषुववृत्तीय पातळीकडे हटले असले पाहिजेत, आणि त्यांची एक सपाट फिरती तबकडी तयार झाली असली पाहिजे (आकृति ९).

धुळीची तबकडी पुरेशी दाट झाल्याबरोबर लगेच दोन प्रक्रिया सुरू झाल्या असल्या पाहिजेत; पहिली प्रक्रिया म्हणजे लहान लहान कण एकत्र येऊन मोठ्या मोठ्या कणांचे आकार वाढणें; आणि दुसरी म्हणजे धुळीचे अनेक गोळे तयार होणें. या दोन प्रक्रियांपैकीं कोणती प्रक्रिया अधिक प्रभावी झाली हें तबकडीच्या दृढीकरणाच्या वेगावर

अवलंबून होतें. दृढीकरण जर मध्यम वेगानें चालू असेल तर लहान लहान कणांचा मोठ्या मोठ्या कणांशीं मिलाफ झाल्यावर शेकडों मैल व्यासाचे पदार्थ तयार झाले असले पाहिजेत. तथापि दृढीकरण जर खूप वेगानें चालू असेल तर कणांच्या आकारांतली वाढ फारशी लक्षांत येण्याजोगी होत नसली पाहिजे. या बाबतींतला मुख्य घटक



आकृति ९. अतिप्राचीन वायु-धूळ-मिश्रित ढगांतील घटक धुळीच्या सपाट होण्याच्या प्रक्रियेचे तीन एकामागून एक येणारे टप्पे.

म्हणजे कणांमधील अंतर कमी होणें आणि त्यांचें परस्परांमधील आकर्षण वाढणें हा होय. तबकडी इतकी सपाट झाली कीं तिच्यामध्यें अनेक गोळे तयार होऊं लागले. हे गोळे नष्ट करूं पाहणाऱ्या सूर्याच्या आकर्षण शक्तीचा प्रतिकार करण्याचें सामर्थ्य या गोळ्यांना आलें. गोळ्याचा जो भाग सूर्याच्या अधिक जवळ असेल तो आपल्याकडे अधिक जोरांत आकर्षून घेण्याची विघातक शक्ति सूर्याच्या अंगीं असतेच आणि अशा प्रकारें गोळा ताणून फोडायचा प्रयत्न ही शक्ति करीत असते. तथापि गोळ्याच्या कणांच्या परस्परांतील आकर्षणामुळें या शक्तीचा प्रतिकार होत राहतो.

हे गोळे ढगाच्या भ्रमणाच्या दिशेनें सूर्याभोंवतीं भ्रमण करीत राहिले. सूर्याभोंवतीं असलेल्या ढगामध्यें हे गोळे त्यांच्या उद्गमाच्या वेळीं अलग अलग कणांचे थवे होते, आणि त्यांचें जागोजाग दृढीकरण झालेलें होतें. धुळीच्या कणांचे एकमेकांवर आघात अशा प्रत्येक थव्यामध्यें घडून आले; त्यांच्याच जोडीला यांत्रिक शक्तीचें परिवर्तन उष्णतेमध्यें झालें.

वायूचे परमाणु (जर तापलेल्या अवस्थेंत नसतील तर) एकमेकांवर आघात करूं लागल्यास असे आघात स्थितिस्थापक असतात, म्हणजे हे परमाणु आपल्या पूर्वींच्या वेगांनीं एकमेकांपासून दूर जातात. अणूंचे एकमेकांवरील आघात हे जवळ जवळ स्थितिस्थापक असतात, कारण त्यांच्या जडगतिशक्तीचा केवळ अल्पसाच अंश अधोरक्त किरणांच्या रूपानें बाहेर फेंकला जातो. परंतु वायूंतून जर सूर्याचे किरण आरपार गेले तर ही शक्ति देखील भरून निघूं शकते. किरणोत्सर्ग आत्मसात करतांना वायु त्यांतला कांहीं भाग परत बाहेर फेंकून देईल आणि कांहीं भागाचें परिवर्तन आपल्या अणूंच्या जडगतिशक्तीमध्यें करून घेईल.

धन कणांचे एकमेकांवरील आघात स्थितिस्थापक नसतात; आणि त्यांचे परस्परवेग कमी होत जातात. आघात झाले म्हणजे कणांचें तपमान वाढतें आणि धुळीच्या कणांच्या जडगतिशक्तीचा बराच मोठा भाग उष्णतेच्या शक्तींत परिवर्तित होतो आणि मग ही शक्ति आकाशांत उत्सारित होऊन या रचनेंतून तिचा लोप होतो.

अशा प्रकारें धुळीच्या गोळ्यांतील कणांचे एकमेकांवर आघात होतां होतां त्यांचे सापेक्ष वेग कमी कमी होऊं लागले. आणि त्यामुळें गोळ्याचें आकुंचन झालें आणि या गोळ्याचें दहा दहा ते शंभर शंभर मैल मैल व्यास असलेल्या घन पदार्थांत परिवर्तन झालें.

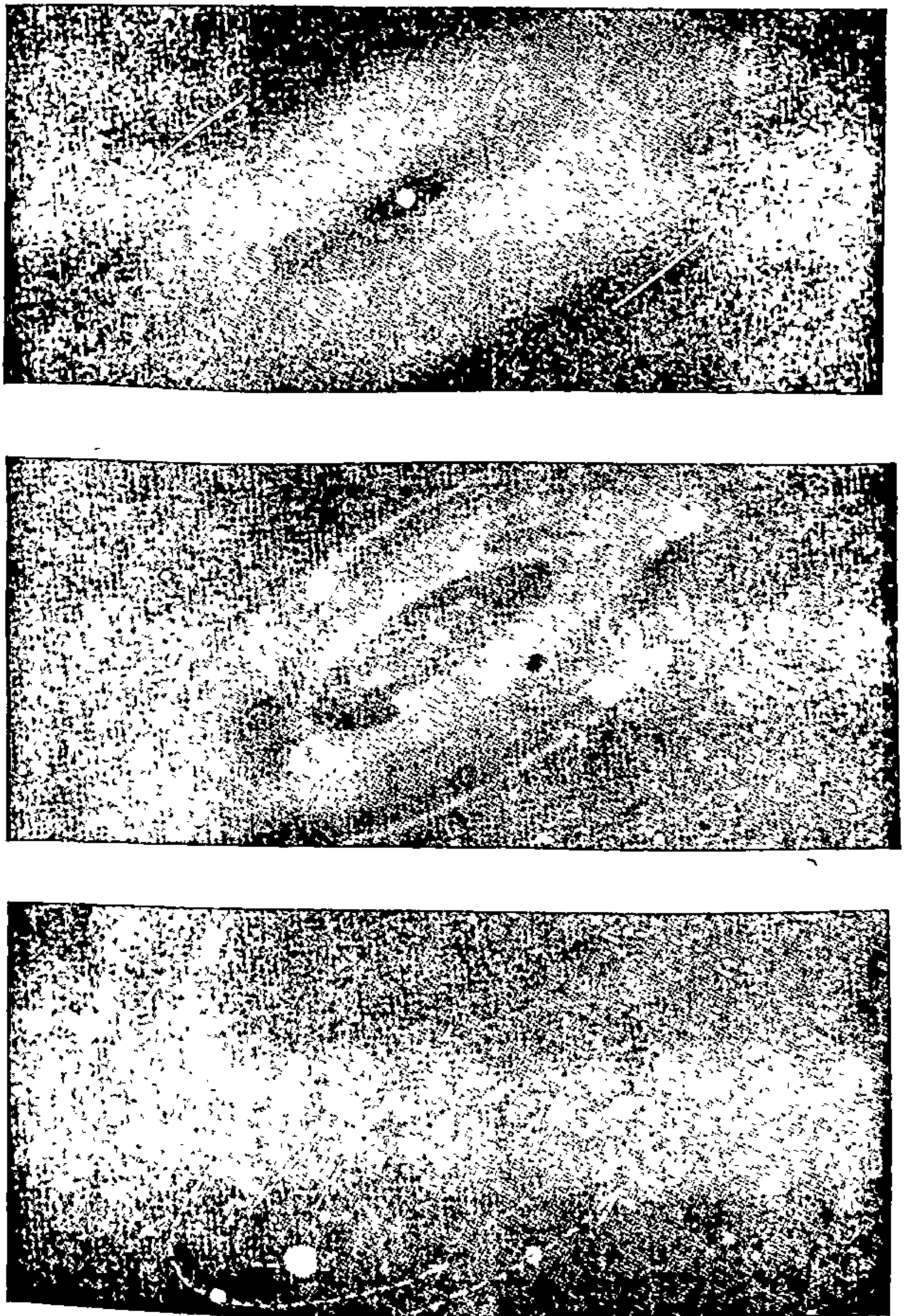
कसें कां होईना, धुळीच्या तबकडीमध्यें तुलनात्मक दृष्ट्या खूप मोठे असे पदार्थ प्रचंड संख्येनें तयार झाले. या पदार्थांचे एकमेकांवर आघात झाल्यावर ते पूर्णपणें अगर अंशतः फुटूं लागले, परंतु हे तुकडे व अजून गोळ्याचें रूप न पावलेला अतिप्राचीन धूलिमय पदार्थ यांचें एकत्रीकरण होऊन त्यांतून नवे थवे तयार झाले, आणि त्यांचें आकुंचन होऊन त्यांतून नवे जड पदार्थ तयार झाले. सूर्याभोंवतीं फिरतां फिरतां या पदार्थांनीं भोंवतालचा विखुरलेला जड पदार्थ आपल्यांत सामील करून घेतला आणि त्यांचा आकार भराभर वाढत गेला (आकृति १०). आघातांमध्यें सांपडून ज्यांचा नाश व्हायचा टळला त्या पदार्थांचे आकार वाढत गेले आणि ज्या पदार्थांचा अंशतः नाश झाला अगर जे पदार्थ मागाहून अस्तित्वांत आले ते या वाढीच्या प्रक्रियेंत मागें रेंगाळत राहिले. याचा परिणाम असा झाला कीं वेगवेगळें आकारमान व वस्तुमान असलेले असंख्य पदार्थ, लहान कणांच्या एकत्रीकरणामुळें वाढत राहून, ढगामध्यें उत्पन्न झाले. वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या विकासाचा हा पहिला टप्पा असला पाहिजे असें दिसतें.

विकासाच्या या टप्प्यामधील पदार्थांचें वर्णन सूर्यमालेंतील ग्रहांचे व इतर पदार्थांचे "गर्भपिंड" असें करतां येईल. त्यांच्यांतले जे अधिक मोठे होते, आणि इतरांपेक्षां अधिक वेगानें वाढ होईल अशा रीतीनें जे भ्रमण करीत होते, ते कालांतरानें मोठे ग्रह झाले.

या "गर्भपिंडांचें" वस्तुमान जसजसें वाढत गेलें तसतसे हे "गर्भपिंड" एकमेकांवर आणि विखुरलेल्या जड पदार्थावर आपल्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव वाढत्या प्रमाणांत पाडूं लागले. ढगाच्या विकासाच्या पहिल्या टप्प्यामध्यें धुळीचे कण एकत्र येऊन त्यांची तबकडी तयार झाली. "गर्भपिंड" निर्माण झाल्यानंतर ते जसजसे वाढत गेले तसतसा त्यांच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाचा जोर वाढत गेला, आणि एका विशिष्ट क्षणानंतर याच्यामुळें कणांची — म्हणजे अतिप्राचीन धुळीच्या कणांची व फूटतूट झालेल्या पदार्थांच्या तुकड्यांची — अस्ताव्यस्त गति पराकोटीला पोंचली, आणि त्यामुळें धुळीची तबकडी आणखी अधिक जाड झाली. "गर्भपिंडांच्या" एकमेकांवरील क्रिया प्रतिक्रियांमुळें त्यांच्या मुळांतल्या जवळ जवळ वर्तुळाकार परंतु तबकडीच्या पातळीकडे किंचित कललेल्या कक्षां-मध्येंच लांबट व खूपच कललेल्या अशा कक्षा वाढत्या संख्येनें उद्भवल्या. या प्रक्रियेमुळें लहान लहान "गर्भपिंडांच्या" कक्षा अधिक प्रमाणांत बदलल्या आणि मोठमोठ्यांच्या कमी प्रमाणांत बदलल्या.

कांहीं कणांना व पदार्थांना इतक्या कमालीच्या लांबट कक्षा मिळाल्या कीं त्यामुळें ते सूर्याच्या जळजळीत पृष्ठभागाच्या फारच जवळ आले आणि त्यांचें बाष्पीभवन होऊन ते सूर्याच्या वातावरणांत वाफेच्या ढगांच्या स्वरूपांत सामील झाले. त्यांनीं वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या सर्वसाधारण भ्रमणामध्यें भाग घेतला, यामुळें ते सूर्यामध्यें सामील झाल्यानंतर त्यांना सूर्याला त्याच दिशेनें मंद गतीनें भ्रमण

करायला भाग पाडतां आलें; मात्र असें करतां येण्याइतकी त्यांची पुरेशी मोठी संख्या होती हें गृहीत धरणें भाग पडतें.



आकृति १०. धुळीच्या तबकडींतून ग्रहमालेची रचना.

सुरुवातीला "गर्भपिंडांची" वाढ त्यांच्या पृष्ठभागावर प्रत्यक्ष आघात करणाऱ्या कणांना त्यांनीं खाऊन टाकल्यामुळें होत गेली. परंतु अधिक मोठ्या "गर्भपिंडांच्या" आकर्षणामुळें त्यांच्या आसपास विखुरलेल्या जड पदार्थांचें स्थानिक दृढीकरण सुरू झालें. या दृढीकृत भागांतील कणांचें एकमेकांवर विनस्थितिस्थापक आघात होऊन त्यांचा वेग कमी झाला; यामुळें "गर्भपिंडांच्या" आकर्षणावर मात करून दूर सटकून जाण्याइतकें सामर्थ्य त्यांच्यामध्यें बऱ्याच वेळां राहिलें नाहीं. अशा रीतीनें "गर्भपिंडांनीं" कण पकडले, म्हणजेच त्यांना आपले उपग्रह केलें. मागाहून या कणांपैकीं बहुतेक "गर्भपिंडांवर" आदळले, आणि अशा रीतीनें, "गर्भपिंडांचा" विकास विशिष्ट टप्प्यापर्यंत झाल्यावर त्यांची वाढ होण्याचा हा आणखी एक मार्ग निघाला. प्रचंड "गर्भपिंडाच्या" बाबतींत (उदाहरणार्थ, मोठे ग्रह) कण प्रत्यक्ष आदळून झालेल्या वाढीपेक्षां एकत्रीकरणामुळें झालेल्या वाढीचें प्रमाण बहुधा अधिक असलें पाहिजे.

वाढीच्या या टप्प्यावर येऊन पोंचल्यानंतर भावी ग्रहाला कणांच्या थव्याचा वेढा पडला. तथापि हा अतिप्राचीन धुळीच्या तबकडीमधील दृढीकरणांशीं साम्य असलेला विखुरलेला थवा नव्हता. हा थवा दाट होता आणि त्याच्या अंतर्भागांत एक प्रचंड "गर्भपिंड" होता. थव्यांतले कण या "गर्भपिंडाच्या" पृष्ठभागावर क्रमाक्रमानें पडत राहिले, आणि त्यांची भरपाई होण्याइतके नवे कण आपल्याकडे खेंचून घेण्याइतकी पुरेशी घनता थव्यांतील विखुरलेल्या घन पदार्थांमध्यें जोंपर्यंत शिल्लक होती तोंपर्यंत या थव्याचें अस्तित्व टिकून होतें. वाढता "गर्भपिंड" भोंवतालचा जड पदार्थ आपल्यामध्यें सामावून घेऊं लागला. त्या गुरुत्वाकर्षणाच्या क्रियेमुळें धुळीच्या तबकडीची जाडी वाढूं लागली. तसतशी जड पदार्थांची घनता कमी होत गेली

आणि ग्रहाभोंवतालचा कणांचा थर नाहींसा होत गेला आणि तो खुद्द ग्रहाशींच एकजीव झाला. एकत्रीकरणामुळें होत असलेली ग्रहाची वाढ थांबली, आणि जड पदार्थ ग्रहावर प्रत्यक्ष आदळून ग्रहाची वाढ होण्याची क्रियाच तेवढी शिल्लक राहिली. आपल्या काळामध्यें ही प्रक्रिया जवळजवळ पूर्णपणें बंद झाली आहे.

ग्रह हे घन द्रव्यापासून उद्भवले असें सांगणारे उपन्यास सामान्यतः उल्कापाषाणी उपन्यास या नांवानें प्रसिद्ध आहेत; मग त्यांमध्यें नुसते उल्कापाषाण, किंवा सूक्ष्म धुळीचे कण किंवा दोन्हीहि अभिप्रेत असोत. म्हणून आकादमीशियन श्मिदूत यांच्या उपपत्तीला कधीं कधीं उल्कापाषाणी उपपत्ति असें म्हटलें जातें. पण सूर्याभोंवतालच्या थर्व्यांतील (ढगांतील) अतिप्राचीन कणांची रचना व आकारमान हीं सध्यां पृथ्वीवर आदळणाऱ्या उल्कापाषाणांच्या* सारखींच होतीं असा याचा अर्थ नव्हे. ज्या धुळीच्या ढगानें ग्रहांना जन्म दिला त्याच ढगांतून उल्कापाषाणहि उद्भवले, परंतु तसा त्यांचा उद्भव होण्यापूर्वीं त्यांना विकासाचा फार दूरचा व गुंतागुंतीचा मार्ग आक्रमावा लागला; आणि या मार्गाचा पत्ता त्यांची अंतर्गत रचना व त्यांची रासायनिक घडण यांची तपासणी करून लावतां येतो.

परंतु अतिप्राचीन कणांच्या ऐवजीं आपण पृथ्वीच्या बहुतांश वस्तुमानाचे घटक असलेले कण व पदार्थ जर विचारांत घेतले तर त्यांना उल्कापाषाणमय द्रव्य असें नांव बिनदिक्कत देतां येतें. जो "गर्भपिंड" वाढतां वाढतां पृथ्वीचें रूप पावला, त्याचा उद्गम आणि उत्क्रांति होण्याची क्रिया इतर असंख्य पदार्थांच्या बरोबरच झाली; हे पदार्थ विघटित झाले आणि तुटून निघालेले भाग व अतिप्राचीन कण

* या उपपत्तीच्या विवरणामध्यें सध्यां पृथ्वीवर आदळणारे उल्कापाषाण आणि अतिप्राचीन कण हे एकच आहेत असें मत आढळतें तें चुकीचें आहे.

यांच्या संयोगानें त्यांचें पुन्हां एकत्रीकरण झालें. ज्यांच्यावर एकत्रीकरण व विघटन या क्रिया झाल्या नाहींत अशा अतिप्राचीन कणांची संख्या भराभर कमी होत गेली, आणि लवकरच पृथ्वीच्या " गर्भपिंडाभोंवतीं " घोटाळणारे अतिप्राचीन कण फारसे राहिले नाहींत. त्यांच्या जागीं या कणापासून तयार झालेले तुटके भागच शिल्लक राहिले. यावरून हें उघड दिसून येतें कीं आपला ग्रह जी पृथ्वी, तिला सध्यांचा आकार प्राप्त होण्यापर्यंत तिची जी वाढ झाली ती मुख्यत्वेंकरून अतिप्राचीन कणांमुळें झालेली नसून अशा पदार्थांमुळें व तुटक्या भागांमुळेंच झालेली आहे, म्हणजेच सध्यांच्या उल्कापाषाणांसारख्या पदार्थांमुळेंच झालेली आहे.

सूर्याभोंवतालच्या ढगाच्या उत्क्रांतीच्या पहिल्या टप्प्यामध्यें या ढगांतून असंख्य ग्रहांचे " गर्भपिंड " निर्माण झाले असले पाहिजेत. पदार्थांच्या वाढीच्या प्रक्रियेमध्यें जे पदार्थ इतर पदार्थांना मागें टाकून पुढें गेले आणि अशा प्रकारें ग्रहरूप पावले त्यांच्या सूर्याभोंवतालच्या कक्षांच्या तुलनात्मक अंतरांचें विश्लेषण आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं केलें.

ज्यांचें विशिष्ट अंशात्मक चलनमान खुद्द " गर्भपिंडाच्या " विशिष्ट चलनमानापेक्षां किंचित कमी अगर अधिक होतें अशा कणांना भावी ग्रहांनीं आकर्षून घेतलें. अशा आकर्षित झालेल्या बहुतेक कणांचें विशिष्ट अंशात्मक चलनमान कमी असल्यामुळें "गर्भपिंडाचें" अंशात्मक चलनमान कमी झालें आणि याचा परिणाम म्हणजे कक्षेची त्रिज्या लहान झाली. याच्या उलट जेव्हां प्रकार होत होता, तेव्हां कक्षेची त्रिज्या क्रमाक्रमानें वाढत गेली.

दोन " गर्भपिंड " तुलनात्मक दृष्ट्या जवळजवळच्या कक्षांमधून भ्रमण करीत असतील तर या कक्षा क्रमाक्रमानें एकमेकींपासून

दूर व्हायला पाहिजेत. सूर्याच्या अधिक जवळ असलेला पदार्थ त्याच्याहून आणखी अधिक लहान कक्षा असलेल्या कणांना आत्मसात करूनच मुख्यतः वाढत गेला; याच्या उलट ज्या कणांच्या कक्षा अधिक मोठ्या होत्या ते कण सूर्यापासून अधिक दूर असलेल्या " गर्भपिंडांनीं " वाटेंत अडवून आत्मसात करून टाकले. उलटपक्षीं जे " गर्भपिंड " सूर्यापासून जास्त दूर होते, त्यांना आणखी लहान कक्षा असलेले व आणखी कमी विशिष्ट अंशात्मक चलनमान असलेले असे कण आणखी कमी संख्येनें आत्मसात करायला मिळाले. शेवटीं, पहिल्या " गर्भपिंडाची " कक्षा सूर्याच्या जवळ सरकली, आणि दुसऱ्या " गर्भपिंडाची " कक्षा सूर्यापासून दूर सरकली. सगळेच " गर्भपिंड " जर आपल्या गतींतून आपल्या " भक्ष्य प्रदेशाच्या " मध्यबिंदूकडे सरकले असते तर कक्षांच्या त्रिज्यांमध्यें बदल होण्याची ही प्रवृत्ति बंद पडली असती. परंतु जवळजवळच्या ग्रहांच्या वाढीचे वेग वेगवेगळे असल्यामुळें हा अंतिम टप्पा गांठला जाणें अशक्य झालें असलें पाहिजे.

आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं हें दाखवून दिलें आहे कीं वायु-धूळ-मिश्रित ढगामधील पदार्थाची वांटणी जर सम प्रमाणांत झालेली आहे असें गृहीत धरलें, तर आपण एका ग्रहाची तुलना सूर्यापासून अधिक दूर असलेल्या त्याच्या शेजारच्या ग्रहाशीं केल्यास विशिष्ट अंशात्मक चलनमानाची वाढ सारख्याच प्रमाणांत झाली असती. ग्रहाचें विशिष्ट अंशात्मक चलनमान त्याच्या कक्षेच्या त्रिज्येच्या वर्गमूळाच्या प्रमाणांत असते. म्हणून ग्रहांच्या कक्षांच्या त्रिज्यांचें वर्गमूळ स्थूलमानानें गणितश्रेणीनें वाढत जाणार. (याचें सूत्र असें: $\sqrt{Rn} = a + b \times n$).

ग्रहांची विभागणी पृथ्वी आदि ग्रह आणि मोठे ग्रह अशी जी

केलेली आहे तीमध्यें वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या अंतर्गत व बाह्य प्रदेशांच्या गुणधर्मांमधील फरक प्रतिबिंबित झालेला आहे. म्हणून, सूर्यापासून ग्रहांच्या अंतरांचा जो नियमितपणा आहे तो जवळचे ग्रह व दूरचे ग्रह यांच्या बाबतींत वेगवेगळा धरला पाहिजे.

वरील सूत्र दूरच्या ग्रहांना किती बरोबर लागू पडतें हें कोष्टक ३ मध्यें दाखविलें आहे.

कोष्टक ३

	गुरु	शनि	युरेनस	नेपच्यून	प्लूटो
$\sqrt{R}$ सूत्रानुसार	२·२८	३·२८	४·२८	५·२८	६·२८
$\sqrt{R}$ प्रत्यक्ष	२·२८	३·०९	४·३८	५·४८	६·२९

पृथ्वीआदि ग्रहांच्या बाबतींतील फलितें कोष्टक ४ मध्यें दिलेलीं आहेत.

कोष्टक ४

	बुध	शुक्र	पृथ्वी	मंगळ
$\sqrt{R}$ सूत्रानुसार	०·६२	०·८२	१·०२	१·२२
$\sqrt{R}$ प्रत्यक्ष	०·६२	०·८५	१·००	१·२३

या कोष्टकामध्यें, $\sqrt{R}$ सूत्रानुसार हा आंकडा दूरच्या ग्रहांच्या बाबतींत दर ग्रहागणिक १ नें वाढत जातो, आणि पृथ्वीआदि ग्रहांच्या बाबतींत ०.२० नें वाढत जातो. परंतु या दोन्ही गटांतील ग्रहांच्या

एकमेकांमधील अंतराचा नियमितपणा √R च्या गणितश्रेणीशीं बराचसा जुळणारा आहे.

स्वतःच्या आंसांभोंवतीं ग्रह कां फिरतात याचा उलगडा करणें हें ग्रह-उत्पत्ति-शास्त्राच्या बाबतींत नेहमींच एक कोडें होऊन बसलें आहे. आकादमीशियन श्मिद्त यांना असें आढळून आलें कीं ढगाच्या कणांच्या शक्तीचें परिवर्तन होण्याची क्रिया ही ग्रहांचें स्वतःभोवतीं जें परिभ्रमण होतें त्याच्या उद्गमाच्या बाबतींत फार महत्त्वाची आहे.

कणांच्या एकत्रीकरणामुळें त्यांचें ग्रहांत होणारें रूपांतर दोन नियमांमुळें घडून येतें. अंशात्मक चलनमानाच्या प्रकृतिनित्यत्वाचा नियम आणि शक्तीच्या प्रकृतिनित्यत्वाचा नियम हे ते दोन नियम होत. ज्या कणांपासून ग्रह तयार झाला त्या कणांचें अंशात्मक चलनमान पूर्ण स्वरूपांत त्या ग्रहाच्या कक्षेच्या अंशात्मक चलनमानामध्यें आणि स्वतःभोंवतीं फिरण्याच्या गतीमध्यें जसेंच्या तसें परिवर्तित झालें असलें पाहिजे.

शक्तीचा मात्र असा प्रकार नाहीं. कणांची सगळीच्या सगळी यांत्रिक शक्ति जशीच्या तशी ग्रहामध्यें सामील झाली नाहीं. कारण त्यांचे एकमेकांवर आघात होतांना तिच्या कांहीं भागाचें परिवर्तन उष्णतेमध्यें होऊन ती आकाशांत विरून गेली. ग्रहांचें स्वतःभोंवतीं जें भ्रमण चालतें त्याच्या उद्गमाचा जो अगदीं आरंभीं शोध चाललेला होता त्यामध्यें यांत्रिक शक्तीच्या सांठ्यांतील ही घट विचारांतच घेतलेली नव्हती. वस्तुतः ही घट फारच महत्वाची आहे. गणित शास्त्राच्या आधारें विश्लेषण करून आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं हें दाखवून दिलें कीं कणांच्या यांत्रिक शक्तीच्या मूळ सांठ्याचा बराचसा मोठा हिस्सा जर उष्णतेंत परिवर्तन पावला, तर ग्रहाला स्वतः-भोंवतीं फिरतांना सरळ गति प्राप्त होईल.

कांहीं ग्रहांचें विषुववृत्त, विशेषतः युरेनसचें, हें कक्षेच्या पातळीकडे फार मोठ्या प्रमाणांत कललेलें आहे. पण मंगळ, गुरु, शनि आणि युरेनस यांच्या उपग्रहांची गति, किंवा निदान यांच्या मुख्य मुख्य उपग्रहांची गति, ही कक्षेच्या पातळींत नसून ग्रहाच्या विषुववृत्ताच्या पातळींत आहे. यावरून असें दिसून येतें कीं वाढलेल्या "गर्भपिंडांनीं" पकडलेले कणांचे थवेच्या थवे ज्या वेळीं त्यांच्याभोवतीं फिरत होते त्या वेळीं एकाच प्रक्रियेनें ग्रह आणि त्यांचे उपग्रह यांचा जन्म झाला.

या थव्यांमध्यें ग्रह तयार होण्याच्या प्रक्रियेची पुनरावृत्ति झाली, मात्र ती पहिल्यापेक्षां अल्प प्रमाणावर झाली. कणांचे एकमेकांवर बिनस्थितिस्थापक आघात होऊन या थव्यांचें परिवर्तन फिरत्या तबकड्यांमध्यें झालें आणि मग त्यांतून उपग्रह तयार झाले. या उपग्रहांना ग्रहाच्या विषुववृत्ताच्या पातळींत सरळ गति प्राप्त झाली असून त्यांच्या कक्षा ग्रहांच्या कक्षांप्रमाणेंच जवळजवळ वर्तुलाकार आहेत. आणखी एक गोष्ट अशी आहे कीं सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्या दरम्यानचें अंतर ज्या नियमितपणानें वाढत जातें तोच नियमितपणा गुरु, शनि व युरेनस आणि त्यांचे उपग्रह यांच्यामधील अंतरांच्या बाबतींत आढळून येतो. धुळीच्या कणांचें एकत्रीकरण तबकडीच्या स्वरूपांत होऊन तिच्यांतल्या जड पदार्थांची घनता वाढेपर्यंत सूर्याच्या आकर्षक शक्तीनें कणांच्या दृढीकरणाला अडथळा केला या गोष्टीचा निर्देश आम्हीं यापूर्वींच केलेला आहे. तशाच प्रकारच्या आकर्षक शक्तीचा प्रभाव ग्रहांनीं आपल्या सभोंवतीं निर्माण झालेल्या उपग्रहांवर पाडला. उपग्रह जेवढे मध्यवर्ती पदार्थाच्या अधिक जवळ असतील तेवढी आकर्षक शक्ति अधिक वेगानें वाढते. याचा परिणाम असा होतो कीं मध्यवर्ती पदार्थाच्या अगदीं नजीकच्या भागांत कणांचे

थवे अस्तित्वांत राहूंच शकत नाहींत. आणि म्हणून ते निर्माणहि होऊं शकत नाहींत.

थवा जितका अधिक दाट असेल तितकी त्याच्या कणांच्या दरम्यानची परस्पर गुरुत्वाकर्षणशक्ति अधिक मोठी असते, आणि तो विस्कळित न होतां मध्यवर्ती पदार्थाच्या अधिक जवळ जाऊं शकतो. थव्याची घनता व मध्यवर्ती पदार्थाची घनता सारखीच असल्यास आणि असा थवा मध्यवर्ती पदार्थाच्या त्रिज्येच्या अडीच पट अंतराच्या आंत असल्यास आकर्षक शक्तींच्या प्रभावामुळें हा थवा विसकटून जातो. या अंतराला रोचे मर्यादा असें म्हणतात.

ज्यांचे कण अणुशक्तीनें सांधले न जातां केवळ गुरुत्वाकर्ष-णाच्या शक्तीमुळेंच एकत्र आलेले असतात, अशा थव्यांच्या व अलग पदार्थांच्या बाबतींत रोचे मर्यादा लागूं पडते. ज्या घन पदार्थांचीं मापें कांहीं शेंकडे मैलांपेक्षां अधिक नसतील त्यांना रोचे मर्यादेंत अनि-र्बंधपणें प्रवेश करतां येतो. परंतु त्याचबरोबर विरळ कण असलेले थवे रोचे मर्यादेपेक्षां अधिक अंतरावर असूनहि आकर्षण शक्तीमुळें त्यांचा विस्कट होऊं शकतो.

शनीभोंवतालचीं कडीं रोचे मर्यादेंत असल्यामुळें त्यांच्या उद्गमाचा संबंध शनीच्या आकर्षण शक्तीशीं आहे यांत शंका नाहीं. शनीभोंवतालच्या चपट्या झालेल्या थव्याचा कांहीं भाग बहुधा रोचे मर्यादेंत घुसला. याचा परिणाम असा झाला कीं थव्याचा हा भाग उपग्रह होण्याजोग्या एकजीव गोळ्याचें रूप धारण करूं शकला नाहीं, आणि असंख्य अलग अलग कण एकत्र झाल्यामुळें त्याला मिळालेलें चपट्या कड्याचें रूप तसेंच राहिलें. परंतु याला आणखीहि एक कारण असण्याचा संभव आहे. अब्जावधि वर्षांपूर्वीं नवीनच तयार झालेला परंतु अजून ठिसूळ असलेला असा उपग्रह,

शनीचें वस्तुमान* सतत वाढत असल्यामुळें, रोचे मर्यादेंत कदाचित ओढला गेला असावा आणि इथें तो फुटून त्याचेंच हें कडें तयार झालें असावें.

कण ग्रहापासून जितके अधिक दूर असतील तितका त्यांच्या यांत्रिक शक्तीचा उष्णतेंत परिवर्तन झालेला अंश अधिक लहान असतो, आणि यामुळें वक्रगतीचे उपग्रह तयार होण्यास अनुकूल परिस्थिति निर्माण होते. गुरु आणि शनि यांचे वक्रगतीचे उपग्रह त्यांच्यापासून खरोखरीच खूप दूर आहेत. त्याचप्रमाणें नेपच्यूनचा वक्रगतीचा उपग्रह देखील त्याच्यापासून असाच खूप दूर आहे. परंतु १९५० सालीं नेपच्यूनला आणखी एक उपग्रह असल्याचा शोध लागला, आणि हा उपग्रह नेपच्यूनपासून आणखी अधिक दूर असून देखील याची गति मात्र सरळ आहे. तथापि या उपग्रहाची खूप लांबट कक्षा आहे. आणि ती विषुववृत्ताच्या कक्षेनजीक नसून ग्रहाच्या कक्षेनजीक आहे. यावरून हें सूचित होतें कीं हा उपग्रह नेपच्यूननेंच पकडून आणलेला आहे.

बहुधा हा उपग्रह मुळांत नेपच्यूनभोंवतीं फिरत नसून सूर्याभोंवतीं फिरत असावा आणि त्याला नेपच्यूनच्या नजीक जातां येत असावें. असाच केव्हां तरी तो नेपच्यूनजवळ आला असतांना कुठल्यातरी कारणानें त्याची गति इतकी मंदावली कीं नेपच्यूनच्या आकर्षणावर मात करायला व पुन्हां दूर निघून जायला त्याची गतिविशिष्ट शक्ति अपुरी पडली आणि तो नेपच्यूनच्या भोंवतीं भ्रमण करूं लागला.

---

* मध्यवर्ती ग्रहाचें वस्तुमान जसजसें वाढत जातें, तसतशी त्याच्या भोंवतालीं फिरणाऱ्या उपग्रहाच्या कक्षेची त्रिज्या कमी होत जाते, आणि वस्तुमान जर कमी होत गेलें तर त्रिज्या वाढत जाते.

आतां ही गोष्ट खरी कीं हा केवळ शास्त्रज्ञांनीं केलेला तर्क आहे आणि या उपग्रहाच्या उद्गमासंबंधांत आणखी अधिक संशोधन करायला हवें आहे.

*   *   *

आकादमीशियन श्मिद्त यांची उपपत्ति भौतिकवादी विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राच्या मुख्य प्रवृत्तीला अनुसरूनच पुढें आली. या प्रवृत्तीचे जनक कँट व लाप्लास हे होत. विखुरलेल्या जड पदार्थांच्या विस्तारित ढगापासून सूर्यमाला तयार झाली असावी अशी अटकळ कँट व लाप्लास यांनींच बांधली. परंतु सूर्यमालेंतील पदार्थांच्या गतीच्या बाबतींत देखील श्मिद्त यांची उपपत्ति तत्त्वतःच वेगळी आहे. या पदार्थांची रचना व त्यांचें अंतःस्वरूप यांची तपासणी तर कँट आणि लाप्लास यांनीं मुळीं केलेलीच नव्हती. गतीच्या बाबतींतला श्मिद्त यांच्या उपपत्तीचा वेगळेपणा म्हणजे हा आहे कीं यांत्रिक शक्तीचें उष्णतेंत परिवर्तन होण्याच्या प्रक्रियेचें संशोधन या उपपत्तीनें केलेलें आहे. या प्रक्रियेवर अतिप्राचीन ढगाच्या विकासाची दिशा अवलंबून आहे हें आपण याच्या अगोदर सांगितलेंच आहे.

धुळीच्या फिरत्या ढगाच्या विकासाची रूपरेखा कँटनें बिनचूकपणें मांडली ही विशेषच गोष्ट म्हटली पाहिजे. पण त्याला या रूपरेखेच्या पुष्ट्यर्थ पुरावा देतां आला नाहीं. १८ व्या शतकाच्या मध्याच्या सुमारास झालेल्या विज्ञानाच्या प्रगतीचा विचार केला तर कँटला हा पुरावा कां देतां आला नाहीं हें अगदीं सहज समजूं शकतें. १९ व्या व २० व्या शतकांत हा पुरावा देण्याचे प्रयत्न पुन्हां पुन्हां झाले, पण ते सगळे फसले. कारण एक तर संशोधन केवळ यांत्रिक दृष्टीनें केलें आणि दुसरें असें कीं यांत्रिक शक्तीचें इतर रूपांमध्यें परिवर्तन होण्याच्या प्रक्रियेकडे दुर्लक्ष झालें. या प्रक्रियेच्या निर्णायक भूमिकेविषयीं फ्रेडरिक

मराठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे. स्थलप...
अनुक्रम 221028... दि: ...

एन्गल्सनें गेल्या शतकाच्या आठव्या दशकांत जें लिहिलें तें या संदर्भांत उल्लेखनीय ठरतें.

"........सूर्यमालेची जीवनप्रक्रिया आकर्षण व प्रतिसारण या क्रिया आलटून पालटून होण्याच्या स्वरूपांत व्यक्त होते; या क्रिये-मध्यें आकर्षणाला क्रमाक्रमानें वरचढपणा प्राप्त होतो, कारण प्रतिसारण उष्णतेच्या रूपानें हवेंत विरून जातें आणि अशा रीतीनें या उष्णतेला ही सूर्यमाला अधिकाधिक प्रमाणांत मुकते."*

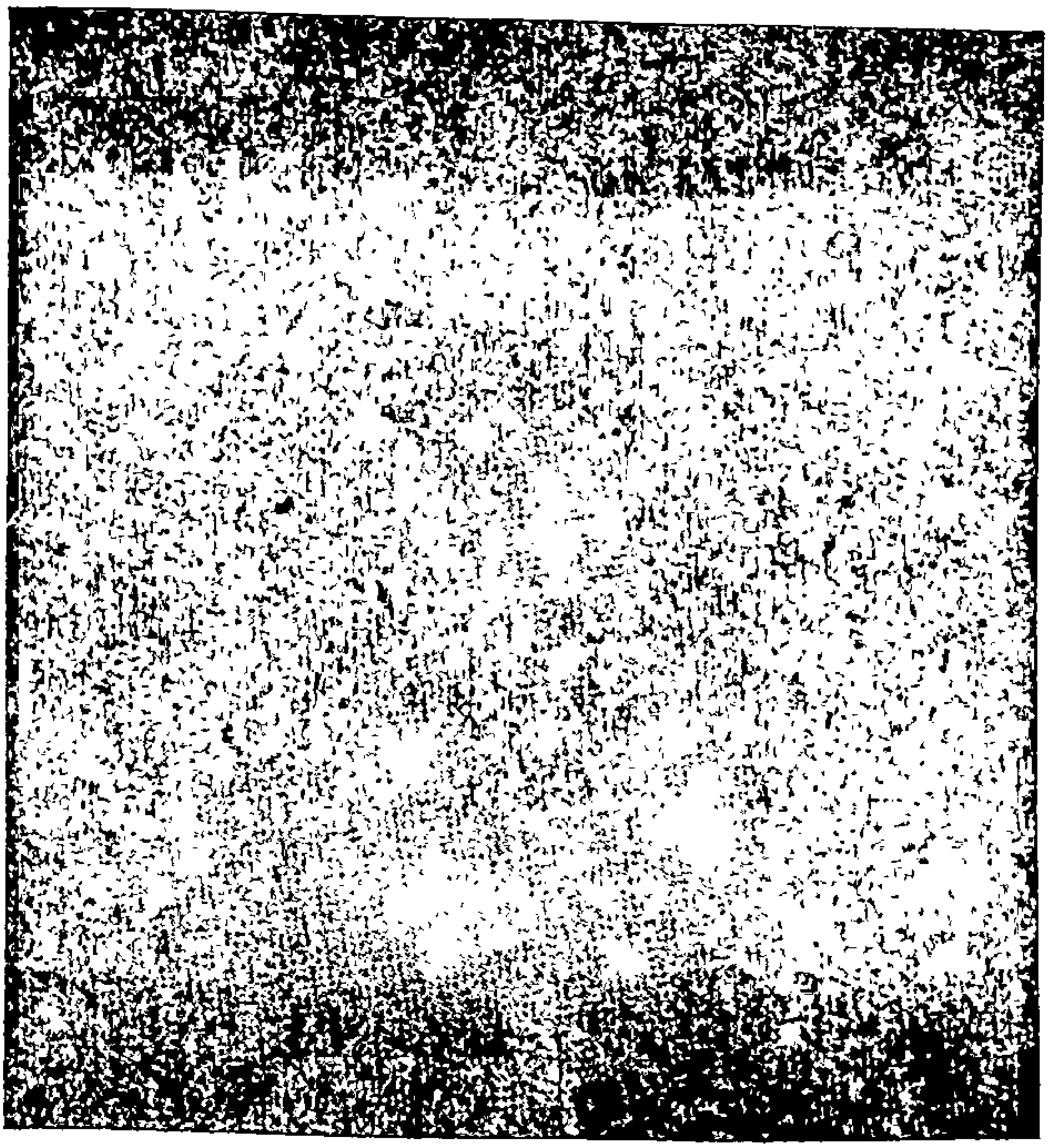
श्मिदूत यांच्या उपपत्तीमध्यें यांत्रिक शक्तीच्या उष्णतेंतील परिवर्तनाकडे योग्य तें लक्ष पुरविलेलें आहे, आणि म्हणूनच अति-प्राचीन ढगाचा विकास व या ढगाचें मोठ्या घन पदार्थांच्या लहानशा गटामध्यें रूपांतर, आणि ग्रहांच्या गतींचे मूलभूत नियम, या गोष्टींचा उलगडा करण्याच्या बाबतींत ही उपपत्ति यशस्वी झालेली आहे.

४. सूर्याभोंवतालच्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाचा उद्गम

सूर्याभोंवतालच्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाचा उद्गम कसा झाला हा प्रश्न या ढगाच्या पुढील विकासाच्या प्रश्नाच्या मानानें कमालीचा अधिक कठीण आहे. हा ढग अस्तित्वांत येण्याची प्रक्रिया ग्रहमाला तयार होण्याच्याहि फार पूर्वींच्या काळाशीं संलग्न आहे. ग्रह, लघुग्रह, उल्कापाषाण, धूमकेतु, उल्का-कण इत्यादींमध्यें ढगाचें परिवर्तन झाल्या-नंतर त्याच्या स्वतःच्या उद्गमाचा मागमूस कांहीं अंशीं पुसटून गेलेला आहे. . या कारणामुळें प्रकार असा झालेला आहे कीं सूर्यमालेची रचना

* फ्रेडरिक एन्गल्सः 'निसर्गाचें गतिशास्त्र' (डायलेक्टिक्स ऑफ नेचर), इंग्लिश आवृत्ति, १९४६, पृष्ठ ४०-४१.

व तिच्या घटकद्रव्यांची घडण यांचें विश्लेषण केल्यानंतर, एका काळीं सूर्याभोंवतालीं असलेल्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगांतून ग्रहांचा उद्गम झाला ही गोष्ट सिद्ध झाली खरी, पण या विश्लेषणांतून खुद्द या ढगाच्या उद्गमासंबंधांत अजून तरी फारच अल्प माहिती उपलब्ध झालेली आहे.



आकृति ११. आकाशगंगेच्या पार्श्वभूमीवर उठून दिसणारे मलिन (धुळीचे) व उजळ (धुळीचे व वायूचे) तेजोमेघ.

सूर्य आणि इतर तारे यांच्या उद्गमाचा प्रश्न अजून सुटलेला नाहीं; या प्रश्नाशींच या ढगाच्या उद्गमाचा प्रश्न निकटपणें निगडित

झालेला आहे. सध्यांच्या काळांत आम्बार्त्सुम्यान, गुरेविच, लेबेदिन्स्की, फेसेन्कोव आणि इतर सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञ आणि त्याचबरोबर परदेशांतले इतर अनेक खगोलशास्त्रज्ञ ताऱ्यांच्या उत्पत्तिशास्त्रांत यशस्वीपणें भर घालीत आहेत, परंतु ज्या जड पदार्थापासून तारे निर्माण झाले त्याची मूळ स्थिति काय होती अगर त्याच्यापासून तारे तयार होण्याची प्रक्रिया काय होती या बाबतींतील समान दृष्टिकोन ताऱ्यांच्या उत्पत्तिशास्त्राला या क्षणीं लाभलेला नाहीं. या परिस्थितीमुळें सूर्याभोंवतीं असलेल्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या उद्गमासंबंधांत खगोलशास्त्रज्ञांमध्यें अजूनहि मतभेद आहेतच.

आपल्या सूर्यासकट असलेला ताऱ्यांचा संघात जी आकाशगंगा, तींत ताऱ्यांमधील अवकाश ही पोकळी नसते; या अवकाशामध्यें कमीअधिक विरळ असा, वायुरूप व धुळीच्या अवस्थेंत असलेला, विखुरलेला जड पदार्थ भरलेला असतो. ताऱ्यांच्या पृष्ठभागावरून वायूचे परमाणु फेंकले जातात, आणि त्यांच्यापासून कांहीं अंतरावर ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील थंड भागांमध्यें, हे परमाणु अंशतः अणूंच्या स्वरूपांत एकजीव होतात, आणि त्यांच्यापैकीं कांहींचें धुळीच्या कणांच्या स्वरूपांत दृढीकरण होतें.

आकाशगंगेमध्यें एका बाजूला ताऱ्यांकडून व इतर आकाशस्थ गोलांकडून जड पदार्थ फेंकला जाण्याची प्रक्रिया चालू असते, तर दुसऱ्या बाजूला विखुरलेल्या जड पदार्थापासून आकाशस्थ गोल निर्माण होण्याची प्रक्रिया चालू असते. मोठमोठे पदार्थ व विखुरलेला जड पदार्थ यांचे परस्परांवर जे गुंतागुंतीचे व बहुविध परिणाम होतात त्यांची तपासणी करण्याची आवश्यकता खगोलशास्त्रांतील कामगिऱ्यांनीं विश्व-उत्पति-शास्त्रापुढें वाढून ठेवलेली आहे. आम्बार्त्सुम्यान, वोरोन्त्सोव-वेलियामिनोव, पारेन्गो, शेन, आणि इतर सोवियेत

खगोलशास्त्रज्ञांनीं ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील वायु-धूळ-मिश्रित ढगांच्या रचनेसंबंधांत खूप माहिती मिळविलेली आहे.

आकाशगंगेंतून भ्रमण करतांना आपल्या सूर्यासकट सगळे तारे ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील वायु-धूळ-मिश्रित अशा अनेक प्रचंड ढगांतून आरपार जात असतात. अनुकूल परिस्थिति असल्यास या ताऱ्यांना या ढगांच्या घटक द्रव्यापैकीं कांहीं भाग पकडून घेतां येतो असें आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं दाखवून दिलें आहे. हें घडण्यासाठीं एक गोष्ट आवश्यक असते ती ही कीं ढगाचा कांहीं भाग ताऱ्याकडून पकडला जात असतांना जवळपासच्या इतर कोणत्याहि ताऱ्याच्या आकर्षणानें त्या उभयतांची सापेक्ष गति खूप जोरांत कमी केली पाहिजे. असें झाल्यास ढगाच्या घटक द्रव्याचा कांहीं भाग पहिल्या ताऱ्याभोंवतीं भ्रमण करूं लागतो. इतर सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञांनीं असें दाखवून दिलें आहे कीं ढगाचा कांहीं भाग पकडण्याची ही कामगिरी गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीमुळें होण्याचा संभव असतो इतकेंच नव्हे तर सूर्याच्या जवळपासच्या धुळीच्या कणांचे एकमेकांवर आघात होत असतांना त्यांचा वेग कमी होण्यामुळेंहि ही कामगिरी होण्याचा संभव असतो (आगेक्यान), किरणविसर्जनाच्या दडपणाच्या क्रियेमुळेंहि ही कामगिरी होते (राद्झियेव्स्की), आणि इतर कारणांमुळेंहि ही कामगिरी होण्याचा संभव असतो.

कित्येक वर्षांपूर्वीं, आपल्या उपपत्तीच्या विवरणाला आरंभ करतांना, श्मिद्त यांनीं सुचविलें कीं आकाशगंगेंत सूर्य फिरत असतांना व तिच्या भ्रमणांत तो भाग घेत असतांना त्याची जर वायु-धूळ-मिश्रित तेजोमेघाशीं चुकून गांठ पडली असली तर अशा तेजोमेघाचा कांहीं भाग सूर्यानें पकडला असणें शक्य आहे. परंतु गणितानें असें दाखवून दिलें कीं या परिस्थितींत (आणि सूर्याच्या जवळपासची सध्यांची

परिस्थिति व ही परिस्थिति सारखीच आहे), सूर्याकडून अशा तेजोमेघाचा कांहीं भाग पकडला जाण्याचा संभव फारच अल्प आहे. कारण सूर्याचा वेग ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील ढगांच्या वेगाच्या मानानें अतिशयच मोठा म्हणजे सरासरीनें दर सेकंदास सुमारें १२ मैल इतका आहे. सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञांनीं असा सिद्धान्त प्रस्थापित केलेला आहे कीं तारे एकेकटे जन्माला न येतां झुबक्यांझुबक्यांनीं जन्माला येतात. एक उपन्यास असा आहे कीं ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगांतून तारे निर्माण होतात. अशा झुबक्यांतील नवीन निर्माण झालेल्या ताऱ्यांचा वेग एकमेकांच्या वेगांशीं तुलना केल्यास आणि ज्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या अवशेषांतून ते जन्माला आले त्या अवशेषाच्याहि वेगाशीं तुलना केल्यास हा वेग तुलनात्मक दृष्ट्या कमीच असणार. या मार्गानें जर सूर्य जन्माला आला असेल तर त्याच्या अगदीं आरंभींच्या विकासाच्या टप्प्यामध्यें त्याच्याकडून वायु-धूळ-मिश्रित कणांचा ढग पकडला जाण्याचा संभव आतांच्या मानानें लाखोंपटींनीं अधिक होता.

सध्यांच्या काळीं श्मिद्त यांचें मत असें आहे कीं सूर्याच्या अस्तित्वाच्या कोणत्या तरी टप्प्यामध्यें ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील जड पदार्थ सूर्यानें पकडल्यामुळें सूर्याभोंवतालचा ढग जन्माला आला. सूर्य आणि इतर ग्रह यांच्यामध्यें वस्तुमान व अंशात्मक चलनमान यांची जी विशिष्ट तऱ्हेची वांटणी झालेली आहे, तिचा उलगडा या पकडण्याच्या उपपत्तीवरून होतो; अशा प्रकारचा उलगडा करण्यांत याच्या अगोदरच्या विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रासंबंधांतील कोणत्याहि उपन्यासाला यश लाभलेलें नाहीं. पकडण्याची क्रिया झाली असेल तर ढगाचें अंशात्मक चलनमान आणि म्हणून ग्रहांचेंहि अंशात्मक चलनमान, याचा संबंध सूर्याच्या चलनमानाशीं

प्रत्यक्षपणें जोडतां येत नाहीं. तारे व ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील वायु-धूळ-मिश्रित ढग यांचें जें भ्रमण आकाशगंगेच्या केन्द्राभोंवतीं चालतें, त्या भ्रमणासंबंधांतील अंशात्मक चलनमानावरून हें ढगाचें अंशात्मक चलनमान काढलेलें आहे; याचा अर्थ असा कीं एकंदर आकाशगंगेच्या अंशात्मक चलनमानाचा जो एकंदर सांठा आहे त्यांतून तें काढलेलें आहे.

इतर खगोलशास्त्रज्ञांच्या मतें हा अतिप्राचीन ढग सूर्याच्या बरोबरच अस्तित्वांत आला. उदाहरणार्थ, आकादमीशियन फेसेन्कोव्ह यांचें मत असें आहे कीं ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या वायु-धूळ-मिश्रित पदार्थांचें दृढीकरण होऊन त्यांतून सूर्याच्या उद्गमाची प्रक्रिया चालू असतांना सूर्यापासून अलग झालेल्या विखुरलेल्या पदार्थांतून ग्रह तयार झाले. ते लिहितात: "तारा होण्यापूर्वी, म्हणजेच अतिशय मोठ्या प्रमाणांत आकुंचित होत राहण्यापूर्वीं सूर्याच्या अंगचा घन पदार्थ अंदाजें विषुववृत्ताच्या पातळींत बऱ्याच मोठ्या प्रमाणावर कमी झाला असला पाहिजे आणि त्याचें भ्रमण अतिशय वेगानें होत असल्यामुळें तो एकाच पदार्थाच्या रूपानें एकत्र येऊं शकला नसला पाहिजे."* सूर्य कसा निर्माण झाला या प्रक्रियेचा अभ्यासच आतांपर्यंत पुरेशा प्रमाणांत झालेला नाहीं, म्हणून या उपन्यासाचा अधिक तपशील देतां येत नाहीं.

सूर्याचें विषुववृत्त आतां सूर्यमालेच्या मध्यवर्ती पातळीशीं एकरूप होत नसून त्याचा या पातळीशीं ६ अंशांचा कोन झालेला आहे. मूळचा ढग जर सूर्यानें पकडलेला असेल तर या ढगाची मध्यवर्ती पातळी ही सूर्याच्या पूर्वीच्या भ्रमणाच्या दिशेशीं निगडित झालेली नाहीं आणि सूर्याचें सध्यांचें भ्रमण हें त्याचें पूर्वीचें भ्रमण व त्याच्यावर आदळलेले

* व्ही. जी. फेसेन्कोव: 'आधुनिक माहितीच्या आधारें आकाशस्थ गोलांच्या उद्गमाचा व विकासाचा विचार.'

पदार्थ व कण यांपासून प्राप्त झालेलें भ्रमण या दोन्ही भ्रमणांची बेरीज आहे. या बाबतींत सूर्याचें सध्यांचें विषुववृत्त हें ढगाच्या मध्यवर्ती पातळीशीं जुळतें असलेंच पाहिजे असें नाहीं; विषुववृत्त हें मध्यवर्ती पातळीच्या नजीक आहे यावरून हें दिसून येतें कीं पूर्वीच्या भ्रमणापेक्षा आदळलेल्या जड पदार्थांच्या भ्रमणाचा प्रभाव जास्त दिसून येतो. सूर्य आणि मूळचा ढग यांची निर्मिति एकाच वेळीं झाली असें जर आपण मान्य केलें तर सूर्याचें विषुववृत्त ढगाच्या मध्यवर्ती पातळीकडे कां कललें याचा खास उलगडा करणें आवश्यक ठरतें.

आणि अशा प्रकारें सूर्याभोंवतालच्या वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या उद्गमासंबंधांत दोन उपन्यास आपल्याला उपलब्ध आहेत; भोंवतालच्या आकाशांतून वायु-धूळ-मिश्रित द्रव्य सूर्यानें आपल्या आकर्षणाच्या जोरावर पकडल्यामुळें त्यांतून हा ढग निर्माण झाला, आणि वायु-धूळ-मिश्रित पदार्थांच्या दृढीकरणाच्या प्रक्रियेंतून हा ढग अलगपणें अस्तित्वांत आला व त्याच्याचबरोबर खुद्द सूर्यहि अस्तित्वांत आला.

सूर्य आणि मूळचा ढग हे एकाच वेळीं निर्माण झाले या उपन्यासाचे पुरस्कर्ते नेहमीं असा दावा करतात कीं अशा ढगाचें वस्तुमान हें सूर्याच्या सध्यांच्या वस्तुमानापेक्षां फारसें कमी असणार नाहीं, म्हणजे ग्रहांच्या एकंदर वस्तुमानापेक्षां खूपच अधिक असेल. अशा प्रकारच्या प्रचंड वायु-धूळ-मिश्रित ढगाचा विकास हा श्मिद्त यांच्या उपपत्तींत सांगितलेल्या रीतीहून वेगळ्या रीतीनें होतो. श्मिद्त यांच्या उपपत्तीमध्यें ढगाचें वस्तुमान ग्रहांच्या एकंदर वस्तुमानापेक्षां किंचित अधिक धरलेलें आहे हें वर सांगितलेंच आहे. याशिवाय या उपपत्तीच्या अनुरोधानें ग्रहांच्या रासायनिक रचनेचा उलगडा करतांना आपल्यापुढें गंभीर स्वरूपाच्या अडचणी उभ्या राहतील त्या वेगळ्याच. (" ग्रहांची रासायनिक रचना " हें पुढचें प्रकरण पहा.)

उलटपक्षीं अतिप्राचीन ढगाचें वस्तुमान अधिक नव्हतें हें मत जर आपण मान्य केलें तर मग त्याच्या उद्गमासंबंधांतील उपपत्ती कांहींहि असल्या तरी त्याच्या पुढील विकासाच्या विश्लेपणावरून, ग्रहांच्या उद्गमाच्या विकासावरून, सूर्यमालेच्या रचनेचा उलगडा होतो आणि पृथ्वीच्या रचनेची व विकासाची बिनचूक कल्पना येण्यासाठीं बरीचशी मौल्यवान माहिती उपलब्ध होते. याशिवाय या विश्लेषणाची मदत सूर्याच्या व खुद्द अतिप्राचीन ढगाच्या उद्गमाचा अभ्यास करतांना होते.

सूर्याभोंवतालच्या ग्रहमालेचें दीर्घकालीन अस्तित्व हें या संबंध कालखंडामध्यें सूर्याचा विकास कसा झाला या संबंधांतील उपन्यासांची व्याप्ति विशेषतः मर्यादित करतें. उदाहरणार्थ, हल्लींच्या पांच ते दहा पट वस्तुमान असलेल्या अतिशय तेजस्वी ताऱ्यांच्या स्वरूपांत सूर्य अस्तित्वांत आला आणि त्याच्या निर्मितीची प्रक्रिया चालू असतांना ग्रहमालेचा उद्गम झाला, ही उपपत्ति ग्रहमालेच्या दीर्घकालीन अस्तित्वानें खोडून काढली आहे हें प्रस्तुत पुस्तकाच्या लेखकानें नुकतेंच दाखवून दिलें.

५. ग्रहांची रासायनिक रचना

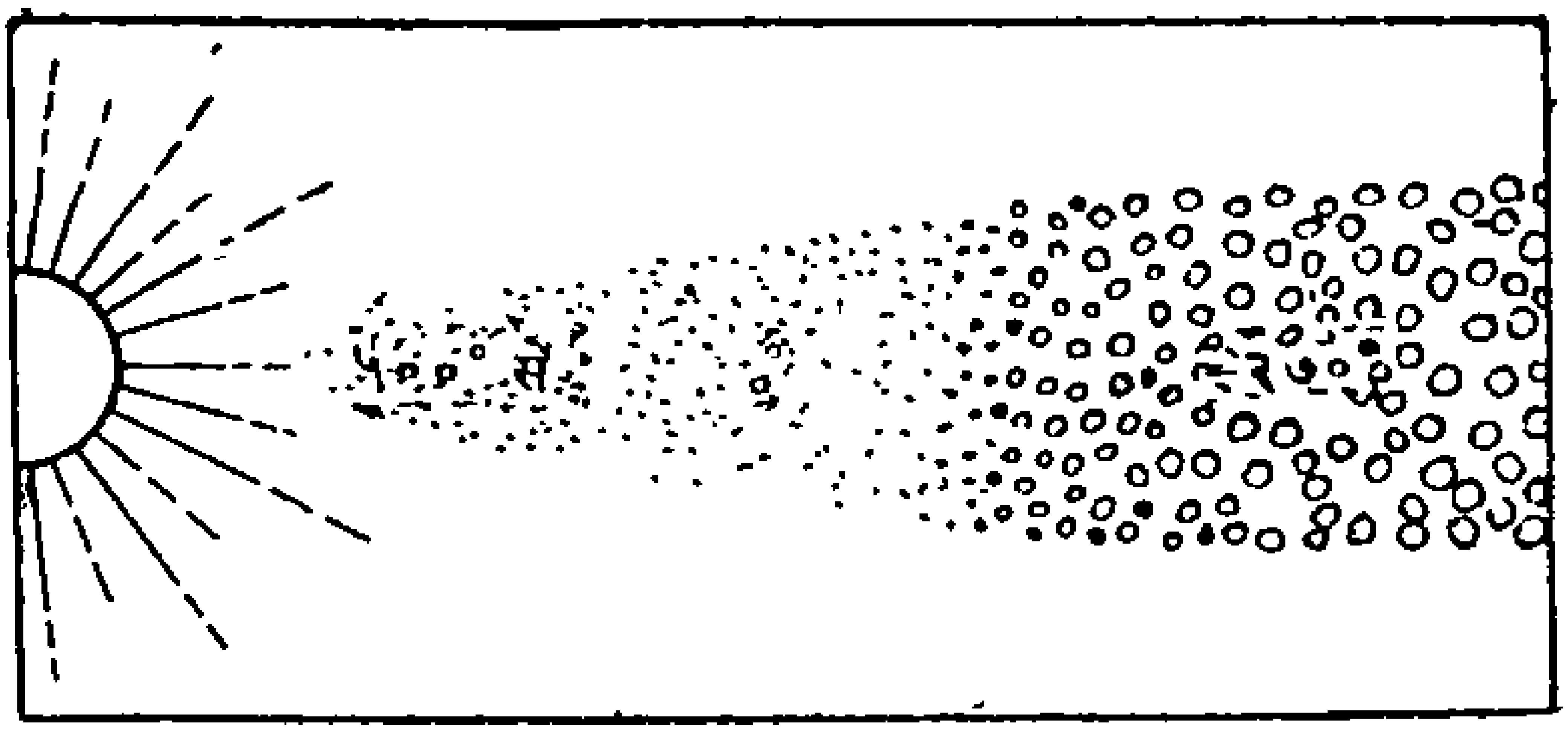
ग्रहांचा जड पदार्थ सूर्यापासून निघून अलग झालेला आहे या मताच्या पुष्ट्यर्थ सूर्याचे वरचे थर व पृथ्वी यांच्या रासायनिक रचनेंतील सारखेपणाचा हवाला नेहमींच दिला जातो. परंतु अलिकडच्या काळांत अनेक तारे व तेजोमेघ यांच्या परिमाणात्मक

रासायनिक रचनेसंबंधीं बरीच माहिती गोळा झालेली आहे. तीवरून असें आढळून आलें आहे कीं तारे, तेजोमेघ आणि ताऱ्यांच्या दरम्यानच्या अवकाशांतील जड पदार्थ यांची देखील रासायनिक रचना सारखीच असते, आणि त्यांच्यांतील रासायनिक मूल द्रव्यांच्या परमाणूंचें तुलनात्मक प्रमाण जवळ जवळ सारखेंच असतें. विश्वाच्या भौतिक एकत्वाच्या अनेक दाखल्यांपैकीं हा एक दाखला होय. म्हणून सूर्याभोंवतालचा ढग, मग तो सूर्यानें बाहेरून आणलेला असो किंवा त्याच्यापासून फुटून अलग झालेला असो, त्याची रासायनिक रचना सारखीच असली पाहिजे.

विश्वांतील सगळ्यांत जास्त भरपूर असें रासायनिक मूलद्रव्य म्हणजे हायड्रोजन H (एकंदर परमाणूंपैकीं ९० टक्के). त्याच्या खालोखाल हेलियम He (९ टक्के) या गतिहीन वायूचा नंबर लागतो; हा वायु रासायनिक संयोगांमध्यें सामील होत नाहीं. यानंतर ऑक्सिजन O, नायट्रोजन N, आणि कार्बन, C, या मूलद्रव्यांचा नंबर तिसरा, चवथा व पांचवा लागतो (या सर्वांचा मिळून हिस्सा सुमारें 0·3 टक्के भरतो). सिलिकॉन आणि धातू हीं मूलद्रव्यें अत्यंत दुर्मिळ आहेत. जिथें भौतिक परिस्थिति अनुकूल असेल तिथें परमाणूंचे संयोग होऊन त्यांचे अणु, हायड्रोजनचे अणु, H_2, तयार होतात; ऑक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बन, अशा ज्या मूलद्रव्यांचे परमाणु मोठ्या प्रमाणांत अस्तित्वांत आहेत त्यांचा हायड्रोजनशीं संयोग होऊन त्यांच्यापासून पाणी H_2O, अमोनिया, NH_3, आणि मेथेन, CH_4, यांचे अणु तयार होतात, तसेच कार्बन डायॉक्साइड, CO_2, याचे अणु तयार होतात. अशा प्रकारें अनेक वायुपरिणामी द्रव्यें तयार होतात आणि तीं अगदीं कमी उष्णतामानाच्या परिस्थितींतच घन स्वरूपांत अस्तित्वांत असतात. सिलिकॉन व धातू या मूलद्रव्यांच्या परमाणूंचें प्रमाण

फारच थोडें असल्यामुळें खडकरूप द्रव्यांचे* फार थोडे अणु तयार होतात.

सूर्याभोंवतालच्या मूळच्या ढगाचें रूपांतर अलग अलग ग्रहांमध्यें होतांना ज्या भौतिक व रासायनिक प्रक्रिया होत होत्या त्यांच्या अभ्यासावरून ग्रहांची घटना व रासायनिक रचना यांजमधील फरकांचा उलगडा करतां येतो. पृथ्वीआदि ग्रह व मोठे ग्रह अशा ग्रहांच्या विभागणीचा उलगडा पुढीलप्रमाणें करतां येतो. अतिप्राचीन ढगानें जेव्हां चपट्या तबकडीचें रूप घेतलें तेव्हां तो अत्यंत अपारदर्शक झाला. सूर्याचीं किरणें या तबकडीच्या सूर्यापासून दूर असलेल्या भागांमध्यें शिरकाव करीतनाशीं झालीं; याचा परिणाम असा झाला कीं तिथल्या कणांचें उष्णतामान –२७०°C (उणें २०० अंश सेंटिग्रेड, म्हणजे ॲब्सोल्यूट शून्याच्या ३ अंश वर) इतकें खालीं आलें; परंतु या तबकडीच्या सूर्याजवळच्या भागाला सूर्याच्या किरणांची उष्णता मिळत राहिली.

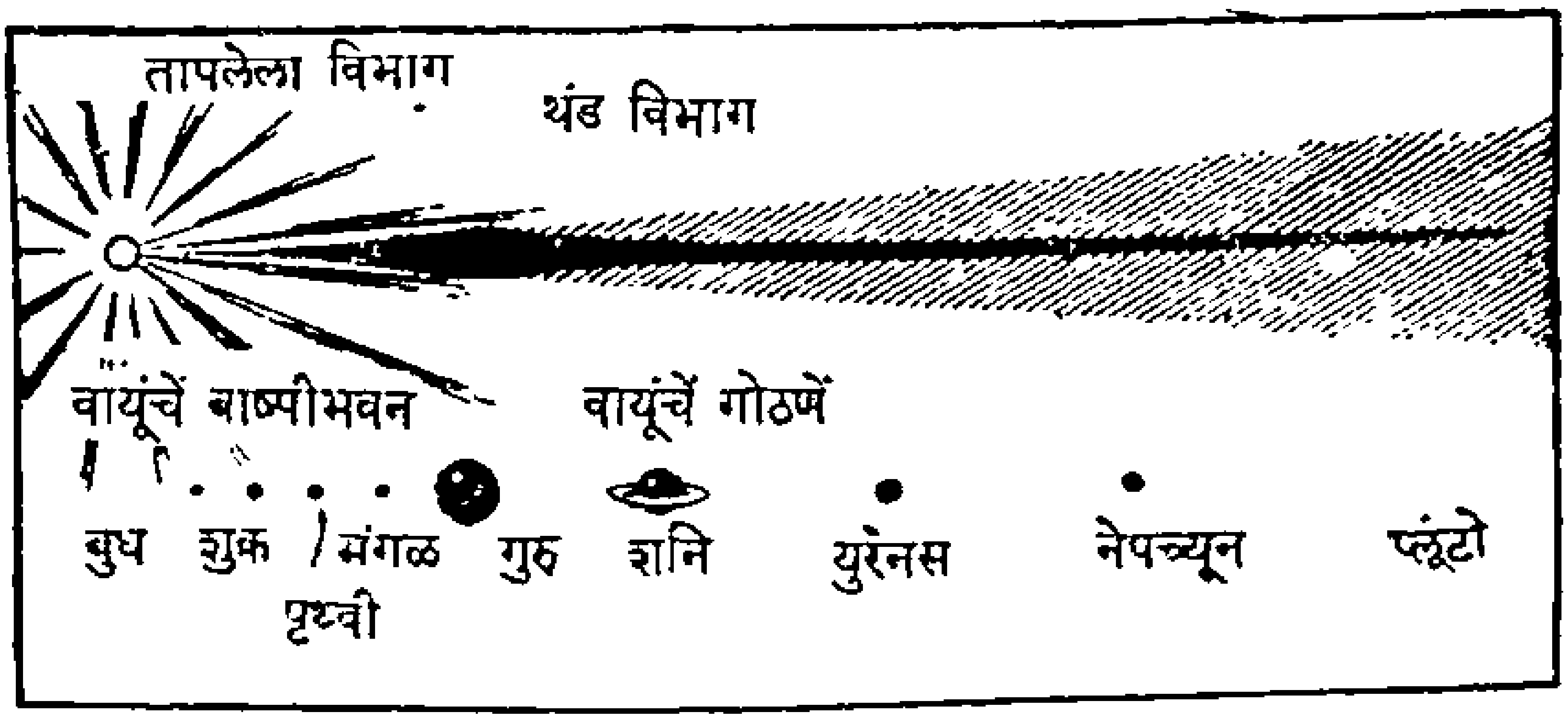


आकृति १२. धुळीच्या तबकडीच्या आंतल्या व बाहेरल्या विभागांत कणांच्या आकारांत व रचनेंत होणारा फेरफार.

---

* खडकरूप द्रव्यें मुख्यत्वें सिलिकॉन व धातू यांच्या ऑक्साइड्सचीं बनलेलीं असतात (SiO_2, FeO, Fe_2O_3, MgO, Al_2O^3, वगैरे).

म्हणून, न वितळणारे खडक व धातुआदि द्रव्यें हींच तेवढीं सूर्याजवळच्या भागांत अस्तित्वांत राहूं शकलीं. त्याच वेळीं, सूर्यापासून फार दूर, तबकडीच्या बाहेरच्या थंड विभागांत, सूर्याभोंवतालच्या ढगांतील वायूंचें एकत्रीकरण व गोठणें या प्रक्रियेनें कणांचे आकार वाढले (आकृति १२). हे वायु म्हणजे हायड्रोजन, मेथेन, आमोनिया,



आकृति १२. ढगांतील उष्णतामानाची वांटणी आणि ग्रहांची दोन गटांमध्यें विभागणी.

वाफ, कार्बन डायॉक्साइड आणि इतर संबंधित अणु होते. हीं द्रव्यें असलेले कण जेव्हां तबकडीच्या सूर्याजवळच्या भागांत घुसले तेव्हां त्यांचें भराभर बाष्पीभवन झालें.* याचा परिणाम असा झाला कीं सूर्याच्या जवळपास पृथ्वीआदि तुलनात्मक दृष्ट्या लहान ग्रह खडक-रूप द्रव्यांपासून आकाराला आले, आणि सूर्यापासून फार दूरच्या अंतरावर, हलक्या द्रव्यांपासून तयार झालेले दूरचे ग्रह आकाराला आले (आकृति १२). स्पेक्टोग्राफिकल निरीक्षणांवरून हें दिसून येतें कीं दूरच्या ग्रहांच्या वातावरणांमध्यें खरोखरीच पुष्कळशा प्रमाणांत

* विश्वाच्या अवकाशामध्यें, जिथें दाब जवळ जवळ मुळींच नसतो, तिथें द्रव्यें द्रव अवस्थेंत अस्तित्वांत राहूं शकत नाहींत. म्हणून कणांचें उष्णतामान जेव्हां वाढलें, तेव्हां या द्रव्यांचा एकजीव न होतां त्यांची वाफ झाली, म्हणजे त्यांचें घन रूप जाऊन त्यांना वायूचें रूप प्राप्त झालें.

मेथेन व आमोनिया हीं मूलद्रव्यें आहेत. प्लूटो या ग्रहाची जागा ग्रहमालेच्या अगदीं दूरच्या टोंकाकडे असल्याकारणानें या ग्रहाचीं मापें अल्प आहेत यांत शंका नाहीं; परंतु रासायनिक रचनेच्या दृष्टीनें या ग्रहाची गणना मोठ्या ग्रहांच्या गटांतच करायला हवी.

आपल्याला हें दिसून येतें कीं ग्रहांच्या दोन गटांच्या रासायनिक रचनेंतील व वस्तुमानांतील फरक हा मूलद्रव्यांच्या व त्यांच्या संयोगांच्या रासायनिक गुणधर्मांमुळें झालेला आहे; विशिष्ट उष्णतामान झाल्या-नंतर या मूलद्रव्यांचें व संयोगांचें दृढीकरण होऊन त्यांचे घन कण बनण्याच्या प्रक्रियेमुळें हा फरक झालेला आहे. याच गुणधर्मांवरून पृथ्वीच्या रासायनिक रचनेच्या वैशिष्ट्यांचा उलगडा होतो. हीं वैशिष्ट्यें म्हणजे पूर्वी गूढ रहस्यें वाटत होतीं. उदाहरणार्थ, पृथ्वीमध्यें नायट्रोजन-पेक्षां ऑक्सिजन १००००पटींनीं अधिक आहे (म्हणजे नुसतें पृथ्वीचें वातावरणच नव्हे, तर एकंदर पृथ्वी). त्याच वेळीं, सूर्य व सर्वसाधारण विश्व यांच्यामध्यें नायट्रोजनच्या केवळ तिप्पट ते पांचपटच अधिक ऑक्सिजन आहे. याचा खुलासा असा कीं रासायनिक दृष्ट्या ऑक्सिजन हा फारच क्रियाशील असून नायट्रोजन हा निष्क्रिय आहे. ऑक्साइड्स म्हणजे ऑक्सिजनचे संयोग हे ज्यांच्यापासून पृथ्वी तयार झाली त्या खडकरूप घन परमाणूंचे मुख्य घटक होत; याच्या उलट रासायनिक दृष्ट्या निष्क्रिय नायट्रोजनचे संयोग त्यांच्यामध्यें अत्यंत अल्प प्रमाणांत सांपडतात.* बहुतेक सगळाच नायट्रोजन सूर्या-भोंवतालच्या ढगांतच राहिला.

* खडकांमध्यें नायट्रोजन फारच अल्प प्रमाणांत असला तरी, हवा म्हणजे जवळजवळ ८० टक्के नायट्रोजन होय. असें असूनहि पृथ्वीच्या नाय-ट्रोजनचा बहुतेक मोठा भाग पृथ्वीच्या अंतर्भागांत केन्द्रित झालेला आहे. याचें कारण असें आहे, कीं वातावरण हा पृथ्वीच्या एकंदर वस्तुमानाचा अवघा एक दशलक्षांश हिस्सा आहे.

पृथ्वीमध्यें निऑन, क्रिप्टॉन व ख्सेनॉन या गतिहीन वायूंची तर याहून अधिक मोठी चणचण आहे.* हे वायु सर्वसाधारणपणें रासायनिक संयोगांमध्यें सामील होत नाहींत.

पृथ्वीमध्यें तारे व तेजोमेघ यांच्या मानानें निऑन वायु करोडो पटींनीं कमी आहे, क्रिप्टॉन वायु लाखों लाख पटींनीं कमी आहे आणि ख्सेनॉन वायु हजारों हजार पटींनीं कमी आहे.

विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रांतील आरंभींच्या उपन्यासामध्यें सूर्यापासून उष्ण वायूचे फवारे उडाले व त्यांपासून ग्रह तयार झाले असे कांहीं उपन्यास आहेत. या उपन्यासांनुसार ग्रहांच्या दोन गटांतील विभागणीचा उलगडा पुढीलप्रमाणें केलेला आहे. सूर्याच्या घन पदार्थांत बहुतांश हिस्सा हैड्रोजन व हेलियम या मूलद्रव्यांचा आहे, आणि मुळामध्यें सर्व ग्रहांच्या रचनेंत जड रासायनिक मूलद्रव्यांच्या जोडीला या हलक्या वायूंनीं मोठ्या प्रमाणांत शिरकाव करून घेतला. परंतु प्रचंड मोठ्या ग्रहांना, त्यांच्या पृष्ठभागावर गुरुत्वाकर्षणाची फार मोठी शक्ति असल्यामुळें, या वायूंचे परमाणु व अणु संभाळून ठेवतां आले; आणि पृथ्वीआदि लहान लहान ग्रहांची गुरुत्वाकर्षणाची शक्ति त्या मानानें पुष्कळच कमी असल्यामुळें या लहान ग्रहांना हे वायू संभाळतां आले नाहींत आणि ते निघून गेले.

---

* हेलियम व आर्गोन यांचा निर्देश आम्ही करीत नाहीं, कारण रेडियो-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांच्या ऱ्हासाच्या द्वारां हे वायु पृथ्वीवर भरपूर प्रमाणांत तयार होतात. परंतु अगदीं ताज्या माहितीवरून असें आढळून येतें कीं रेडिओ-ॲक्टिव्ह ब्रेकअपचा दुय्यम परिणाम म्हणून निऑन, क्रिप्टॉन व ख्सेनॉन हे वायु अगदीं अल्प प्रमाणांत तयार होतात. यावरून हें दिसून येतें कीं सगळेच गतिहीन वायु पृथ्वीचे मूळचे घटक नव्हते; ते पृथ्वीवरील घन पदार्थांच्या विकासक्रमांत मागाहून अस्तित्वांत आले.

हे उपन्यास मांडणारांचें म्हणणें असें होतें, कीं जेव्हां ग्रह उष्ण अवस्थेंतच होते, आणि त्यामुळें वायूंच्या फिरण्याचा वेग फार जोरदार होता, तेव्हां हायड्रोजन व हेलियम या अधिक हलक्या वायूंचे (आणि म्हणून अधिक चपळ असलेल्या वायूंचे) परमाणु पृथ्वी आदि ग्रहांवरून जवळ जवळ पुरतेपणींच उडून जाण्यांत यशस्वी झाले, त्यांच्यापेक्षां कांहींशा अधिक जड अशा मूलद्रव्यांचे परमाणु फक्त अंशतः उडून जाण्यांत यशस्वी झाले, आणि मध्यम व जड मूलद्रव्यांचे परमाणु मात्र पुरतेपणीं पृथ्वीआदि ग्रहांवरच राहिले. हे ग्रह थंड झाल्यावर खडकरूप द्रव्यें (या ग्रहांच्या वस्तुमानाचा बहुतांश भाग खडकरूप द्रव्यांचाच आहे) निर्माण झालीं. याच्या उलट मोठे ग्रह थंड झाल्यावर हायड्रोजनच्या कांहीं भागाचा इतर रासायनिक मूलद्रव्यांवर प्रभाव पडून मेथेन व आमोनिया यांच्या सारखे हायड्रोजनचें प्राबल्य असलेले रासायनिक संयोग निर्माण झाले.

ग्रहांचें वस्तुमान, व हलक्या वायूंच्या विखरण्याला प्रतिबंध करणारी गुरुत्वाकर्षण शक्ति, हीं वेगवेगळीं आहेत. आणि यांतच ग्रहांच्या रासायनिक रचनेंतील वेगवेगळेपणाचें कारण दिसून आलें. अलीकडील कांहीं वर्षांमध्यें या मताच्या मार्गांत दोन दुर्लंघ्य अडथळे आले आहेत. पहिला अडथळा म्हणजे शनीचा उपग्रह टायटन याजवर वातावरण असल्याचा शोध, आणि दुसरा अडथळा म्हणजे विखरण्याच्या प्रक्रियेचें तात्त्विक संशोधन.

१९४४ सालीं अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञ कुइपर यांनीं असा शोध लावला कीं टायटनवर वातावरणाचा प्रचंड थर आहे आणि त्यामध्यें मेथेन वायु आहे व त्याच्या जोडीला, सकृद्दर्शनीं, आमोनियाहि आहे. टायटन आकारानें फार लहान आहे—त्याचें वस्तुमान पृथ्वीच्या

वस्तुमानाचा चाळिसावा हिस्सा भरेल. त्याची गुरुत्वाकर्षणशक्ति अगदींच अल्प आहे, आणि, उष्ण अवस्थेंत तर राहोच पण थंड अवस्थेंत देखील हा उपग्रह आपल्या वातावरणांत हायड्रोजन राखून ठेवण्यास असमर्थ आहे. आणखी विशेष गोष्ट म्हणजे मेथेन वायु हायड्रोजनपेक्षां आठपट अधिक जड असूनहि, आणि हा उपग्रह सूर्यापासून फार दूर असल्यामुळें याचें उष्णतामान फार कमी (म्हणजे सुमारें –१५०°सें.) असूनहि, सध्यां टायटनच्या वातावरणामध्यें मेथेन फार अल्प प्रमाणांत आहे. टायटनच्या पृष्ठभागाचें उष्णतामान १०० ते १५० अंशांनीं वाढून जर ० सें. अंशावर आलें तर मेथेन वायु भर्रकन त्याच्या वातावरणांतून नाहींसा होईल.

टायटनवर मेथेन-आमोनिया-युक्त वातावरण असल्याचा शोध लागल्यामुळें हें दिसून आलें कीं प्रचंड ग्रहांवर अशा प्रकारचीं वातावरणें अस्तित्वांत आहेत या गोष्टीचा त्यांच्या मोठ्या वस्तुमानाशीं कांहीं एक संबंध नाहीं, आणि सूर्यमालेंत असे कांहीं पदार्थ आहेत, कीं जे कधींहि उष्ण अवस्थेंत नव्हते.

खूप उष्णतामान असल्यास वायुमय पदार्थांतून हलक्या वायूंचें विखरण पुरेशा भरपूर वेगानें चाललें असलें पाहिजे, आणि ग्रहांच्या दोन गटांच्या वेगवेगळ्या रचनेचें कारण हेंच असावें, हें मत कित्येक वर्षें टिकून राहिलें. १९५० सालीं श्क्लोव्स्की यांनीं हें सिद्ध केलें कीं ग्रहाच्या घन पदार्थाच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या परिस्थितींत वातावरणाचें विखरण होणें, या संबंधांतील वायु-विखरणाचीं जीं सूत्रें आहेत, तीं वायुमय वस्तुमानांच्या बाबतींत चुकीनें लागू करून त्यांच्या आधारावर हे अगोदरचे निष्कर्ष काढलेले आहेत. वायुमय वस्तुमान हें स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणात्मक शक्तीनें एकत्र राहिलेलें असतें; याच्या बाबतींत एक तर सगळेंच्या सगळें वस्तुमान विखरून जाईल आणि ॲटॉमिक

वजनाप्रमाणें त्यांतल्या वायूंची वर्गवारी होणारच नाहीं, किंवा विखरण्याची क्रिया इतकी सावकाश चालली असती कीं हलकीं मूलद्रव्यें विखरून जाणें व जड मूलद्रव्यें शिल्लक राहणें या गोष्टी घडण्यासाठीं सूर्य-मालेच्या वयाच्या शेंकडोंपटींनीं अधिक वर्षें लागलीं असतीं.

सूर्याच्या रचनेचें आपल्याला जें ज्ञान आहे त्याच्या आधारें पृथ्वीचें द्रव्य सूर्याच्या द्रव्यासारखें करण्यासाठीं हायड्रोजन, हेलियम व इतर हलकीं मूलद्रव्यें किती किती प्रमाणांत पृथ्वीच्या द्रव्यांत भरीला घालावीं लागतील याचें गणित करतां येतें. ही भर पृथ्वीचें जें वस्तुमान आज आहे* त्याच्या कित्येक डझन पटींइतक्या प्रमाणांत घालावी लागेल, म्हणजे हा वायुमय गोळा युरेनस आणि नेपच्यून यांच्यापेक्षांहि मोठा करावा लागेल. परंतु या मोठ्या ग्रहांनीं हलके वायु आपल्यांतून घालविलेले नाहींत—त्यांनीं ते प्रचंड प्रमाणांत राखून ठेवलेले आहेत.

ग्रहांचें वस्तुमान व रासायनिक रचना यांतील फरक हा वायूंच्या विखरण्याशीं निगडित आहे या कल्पनेवर वरील प्रकारचे अत्यंत गंभीर स्वरूपाचे आक्षेप आलेले असले तरी देखील ही कल्पना अजूनहि आधुनिक विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राच्या उपपत्तींमध्यें रूढ आहे. अतिप्राचीन ढगाचें वस्तुमान फार मोठें होतें असें जर गृहीत धरलें तर त्यावरून असा निष्कर्ष काढावा लागतो कीं या ढगाचे वायु-धूळ-युक्त मोठमोठे दृढीकृत तुकडे झाले असले पाहिजेत आणि ते सध्याच्या ग्रहांच्यापेक्षां किती तरी अधिक मोठ्या आकाराचे असले पाहिजे. अमेरिकन खगोल-शास्त्रज्ञ कुइपर यांनीं १९५० सालीं सूर्यमालेच्या उद्गमाचें संशोधन सुरू केलें. यांचें म्हणणें असें आहे कीं ज्या दृढीकरणांतून गुरु

* अगदीं ताज्या माहितीप्रमाणें हायड्रोजन व हेलियम यांचें प्रमाण सूर्याच्या द्रव्यामध्यें (वस्तुमानाच्या हिशेबानें) ९८ टक्के आहे, आणि इतर मूलद्रव्यांचें प्रमाण अवघे २ टक्के आहे.

जन्माला आला तो "आद्यगुरु" आतांच्या गुरूच्या तिप्पट मोठा होता आणि "आद्यपृथ्वी" आज़च्या पृथ्वीच्या १२० पट मोठी होती. आकादमीशियन फेसेन्को हे या मताशीं सहमत आहेत. या प्रचंड वायु-धूळ-मिश्रित "आद्यग्रहांचे" आकार लहान करून त्यांना ग्रहांचें रूप देण्यासाठीं जड पदार्थांचा बराच मोठा भाग अवकाशांत विखरून जायला पाहिजे; याचा उलगडा कुइपर यांच्या मतें आद्यग्रह आकुंचित होत असतां उष्ण होण्या या क्रियेच्या योगानें होऊं शकतो. खुद्द कुइपर यांनींच टायटनवरील वातावरणाचा शोध लावलेला असला तरी वर सांगितलेल्या आक्षेपांकडे त्यांनीं पहिल्यांदा दुर्लक्ष केलें.

अलीकडील काळांत ग्रहांच्या लहान लहान उपग्रहांच्या व लघु-ग्रहांच्या उद्गमाचा उलगडा करतांना ज्या अडचणी आल्या, त्यांमुळें कुइपर यांना आपलीं मतें कांहींशीं बदलणें भाग पडलें आहे आणि तीं श्मिद्त यांच्या उपपत्तीमध्यें प्रदर्शित केलेल्या मतांच्या अधिकच जवळ आणणें त्यांना भाग पडलें आहे.

पृथ्वीच्या घटकांपैकीं ऑक्सिजन व नायट्रोजन यांच्या प्रमाणांतील वर सांगितलेला अफाट फरक, आणि गतिहीन वायूंची पृथ्वीमधील प्रचंड चणचण, यांवरून हें दिसून येतें कीं पृथ्वीच्या रासायनिक रचनेंत वायूंच्या विखरणाऐवजीं अगदीं वेगळ्याच कारणांना महत्व आहे. ऑक्सिजन व नायट्रोजन यांचीं अ‍ॅटॉमिक वजनें जवळजवळ सारखींच आहेत, आणि म्हणून हे दोन्ही वायु जवळजवळ सारख्याच वेगानें विखरले पाहिजेत. नायट्रोजनची कमतरता जर विखरणामुळें झाली असें म्हटलें तर ऑक्सिजन फारच थोडा शिल्लक राहणार. क्रिप्टॉन आणि ख्सेनॉन या वायूंचे परमाणु पाणी, ऑक्सिजन व नायट्रोजन यांच्या अणूंपेक्षां पुष्कळच अधिक जड आहेत. जड विखरण्याची क्रिया शक्य असती तड क्रिप्टॉन व ख्सेनॉन यांच्यापेक्षां किती-

तरी अगोदर हे हलके वायु निखरून गेले असते. आणि असें असूनहि पृथ्वीवर हेंच वायु मोठ्या प्रमाणांत आहेत आणि याच्या उलट क्रिप्टॉन व स्सेनॉन यांची कमतरता तर प्रचंडच आहे. पृथ्वीच्या रचनेचीं हीं वैशिष्ट्यें हें दर्शवितात कीं पृथ्वी जी निर्माण झाली ती घन धुळीच्या कणांपासून निर्माण झाली; ती अशा द्रव्यांपासून निर्माण झाली कीं जीं पृथ्वीच्या आंतल्या परिसरांतील उष्णतामानामध्यें वायुमय अवस्थेंत न राहतां घन अवस्थेंत राहिलीं. इतर ग्रह व त्यांचे उपग्रह यांची विशिष्ट लक्षणें देखील ते निर्माण झाले त्या वेळच्या उष्णतामानांवर अवलंबून होतीं हें आपल्याला दाखवून देतां येतें.

पृथ्वीआदि ग्रहांची घनता कमींत कमी मंगळाची म्हणजे दर घन सेंटिमीटरला ३·९ ग्रॅम व जास्तींत जास्त पृथ्वीची म्हणजे दर घन सेंटिमीटरला ५·५ ग्रॅम यांच्या दरम्यान आहे (कोष्टक १ पाहा). ढगाच्या आंतल्या परिसरांतील द्रव्यापासून तयार झालेल्या चंद्राची घनता दर घन सेंटिमीटरला ३·३ ग्रॅम आहे. या ग्रहांची मांडणी जर आपण त्यांच्या वस्तुमानाच्या अनुक्रमानुसार केली तर आपणांला हें दिसून येतें कीं चंद्र, मंगळ, शुक्र व पृथ्वी यांची सरासरी घनता नियमितपणें वाढत जाते (३·३, ३·९, ५·१ आणि ५·५२); अपवाद फक्त बुधाचा; याचें वस्तुमान मंगळाच्या निम्में आहे आणि पृथ्वी याच्यापेक्षां आकारानें १८ पटींनीं मोठी आहे, तरी याची घनता जवळजवळ पृथ्वीच्या इतकीच आहे.

पृथ्वीच्या आंतल्या गाभ्याच्या स्वरूपाविषयीं (पान ९९-१०० पाहा) सध्यां ज्या कल्पना आहेत त्यांच्यावर आधारलेल्या हिशेबांवरून हें दिसून येतें कीं चंद्र, मंगळ, शुक्र आणि पृथ्वी यांची रासायनिक रचना एकच आहे आणि यांच्या सरासरी घनतेंतला कमजास्तपणा हा अंतर्गत दाबांतील फरकामुळें झालेला आहे. पदार्थ जेवढा अधिक मोठा

तेवढें त्याचें गुरुत्वाकर्षण अधिक मोठें आणि त्या मानानें त्याच्या बाह्य थरांचें आंतल्या थरांवर दडपण अधिक मोठें; यामुळें आंतल्या थरांतील द्रव्यांवर वाढतें दडपण येऊन त्यांची घनता वाढते. बुधाविषयीं सांगायचें म्हणजे त्याचें द्रव्य अधिक जड आहे. हा सूर्याच्या सगळ्यांत अधिक जवळचा ग्रह आहे आणि या कारणास्तव हा खूप तापलेल्या घन कणांपासून तयार झाला. याच्यामध्यें वितळायला अत्यंत कठीण अशीं द्रव्येंच तेवढीं शिल्लक राहिलीं. द्रव्यें जितकीं वितळायला अधिक कठीण तितकीं तीं साधारणपणें अधिक जड असतात.

एक विशेष उल्लेखनीय गोष्ट अशी कीं पृथ्वीच्या बिनदडपलेल्या अवस्थेंतील द्रव्यापेक्षांहि अधिक जड अशा खडकाळ घन पदार्थांपासून तयार झालेले ग्रहादि पदार्थ दूरच्या ग्रहांच्या परिसरांत देखील सांपडतात. असे दोन उपग्रह आयो व युरोपा हें आहेत.

गुरूचे चार मुख्य उपग्रह गॅलिलिओनें शोधून काढले. त्यांची घनता मूलतः वेगवेगळी आहे* (कोष्टक ५). घनतेंतील वेगळेपणाचा या उपग्रहांच्या वस्तुमानांतील वेगळेपणाशीं कसलाहि संबंध नाहीं. आणि कांहीं झालें तरी हे उपग्रह इतके लहान आहेत कीं त्यांच्या अंतर्गत दडपणामुळें त्यांच्या द्रव्याच्या घनतेवर मूलतः परिणाम कांहीं एक होणार नाही. घनतेंतल्या या वेगळेपणाचा संबंध या उपग्रहांच्या गुरूपासूनच्या अंतरांशीं आहे--उपग्रह जितका ग्रहाच्या अधिक जवळ, तितकी त्याची घनता अधिक. गुरूच्या सगळ्यांत जवळचे दोन उपग्रह आयो आणि युरोपा यांची घनता चंद्राच्या घनतेहून अधिक आहे. परंतु चंद्र व पृथ्वी यांचें द्रव्य एकच आहे, तर या उपग्रहांचें द्रव्य अधिक जड आहे, मात्र तें बुधाच्या द्रव्याइतकें जड नाहीं. गुरूचे दूरचे उपग्रह जे गनीमीड व कॅलिस्टो त्यांची अल्प घनता हें दर्शविते कीं त्यांच्या

* गुरूच्या इतर आठ उपग्रहांची घनता अज्ञात आहे.

वस्तुमानाचा निम्म्याहून कमी भाग खडकाळ द्रव्यांचा बनलेला आहे. बाकीचा भाग हलका असला पाहिजे, म्हणजे उदाहरणार्थ, तो घन कार्बन डायॉक्साइडसारखा असला पाहिजे.

कोष्टक ५

गुरूच्या मुख्य उपग्रहांची घनता

उपग्रहाचें नांव नांव	गुरूपासून अंतर (गुरूची त्रिज्या =१)	पृथ्वीच्या तुलनेनें वस्तुमान	दर घन सेंटिमीटरगणीक घनता ग्रॅम्समध्यें
आयो	५·९	०·०१२१	४·०३
युरोपा	९·४	०·००७९	३·७८
गनीमीड	१५·०	०·०२६०	२·३५
कॅलिस्टो	२६·४	०·०१६२	२·०६
चंद्र	—	०·०१२३	३·३३

गुरूच्या उपग्रहांची घनता व रचना यांबाबतच्या या माहितीवरून हें दिसून येतें कीं गुरूचा पृष्ठभाग हे उपग्रह उद्भवले त्या वेळीं उष्ण होता. आपण हें पाहिलेंच आहे कीं सूर्याच्या किरणोत्सर्गामुळें मूळच्या तबकडीच्या आकाराच्या तेजोमेघाच्या आंतल्या व बाह्य भागांचें उष्णतामान वेगवेगळें होतें, आणि यामुळें ग्रहांची विभागणी दोन गटांमध्यें झाली. गुरूच्या किरणोत्सर्गानें अशाच प्रकारचा परिणाम घडून आला. गुरूच्या भोंवतालीं असलेल्या कणांच्या थव्याच्या आंतल्या भागांतली उष्णता बाह्य भागांतल्यापेक्षां अधिक होती. याचा परिणाम असा झाला कीं कणांच्या रासायनिक रचनेमध्यें भागा भागानुसार फरक झाला आणि या फरकाच्या परिणामीं उपग्रहांच्या रचनेमध्यें फरक पडला. आणखी विशेष सांगण्याजोगी गोष्ट म्हणजे

वायुपरिणामी व खडकाळ अशा दोन्ही द्रव्यांचे बनलेले दूरचे ग्रह हे जसे पृथ्वीआदि खडकाळ ग्रहांपेक्षां खूपच मोठे असल्याचें सिद्ध झालें, तसाच प्रकार गुरूच्या उपग्रहांच्या बाबतींत झालेला आहे— अधिक दूर असलेल्या दोघां उपग्रहांचें वस्तुमान अधिक जवळच्या दोघां उपग्रहांच्या वस्तुमानापेक्षां अधिक आहे.

सध्यां गुरूचा दृश्य पृष्ठभाग, म्हणजे त्याच्या वातावरणांत तरंगत असलेल्या ढगांचा पृष्ठभाग, थंडगार आहे. गुरूचा अंतर्भाग कदाचित उष्ण असेल, परंतु अंतर्भागांतून पृष्ठभागावर उसळून येणाऱ्या उष्णतेचें प्रमाण इतकें अत्यल्प आहे कीं त्याची मोजदादच करतां येत नाहीं. गुरूचे उपग्रह उद्भवले त्या वेळीं गुरूवर जें मोठें उष्णतामान होतें त्याचा संबंध त्याच्या प्रचंड वस्तुमानाशीं आहे. गुरूचें वस्तुमान आतांच्या मानानें निम्में होतें त्या वेळीं देखील त्याच्यावर आदळणाऱ्या कणांवर व पदार्थांवर गुरु आपल्या आकर्षणाचा जोरदार प्रभाव पाडत असे. ते त्याच्या वरच्या थरांमध्यें प्रचंड वेगानें घुसत असत आणि त्यांच्या जडगतीचें परिवर्तन उष्णतेंत झाल्यामुळें उष्णता बरीचशी वाढत असे. गुरूच्या जवळच्या उपग्रहांची मोठी घनता आणि ते जसजसे दूर असतील तसतशी त्यांच्या घनतेंत आलेली घट, हा या उष्णतेचाच नंतर घडलेला परिणाम आहे आणि हा परिणाम आजतागायतपर्यंत तसाच राहिलेला आहे.

प्रचंड ग्रहांच्या घनतेंतहि फरक आहे (कोष्टक १ पहा). त्यांची घनता व वस्तुमान यांची तुलना केल्यास आपल्याला गणित केल्याशिवायच हें दिसू शकते कीं त्यांच्या घनतेंतील वेगळेपणा हा त्यांच्या वेगवेगळया रासायनिक रचनेंतून निर्माण झालेला आहे. गुरु आणि शनि हे युरेनस आणि नेपच्यूनपेक्षां आकारानें अधिक प्रचंड आहेत, म्हणून त्यांचा अंतर्गत दाब युरेनस व नेप्च्यून यांच्यांतल्या-

पेक्षां अधिक आहे. त्याच वेळीं गुरु आणि शनि यांची घनता युरेनस आणि नेपच्यून यांच्या घनतेपेक्षां कमी आहे; म्हणून ते अधिक हलक्या द्रव्यापासून तयार झालेले आहेत हें सिद्ध होतें.

युरेनस आणि नेच्यूचून यांचें वस्तुमान जवळजवळ सारखेंच आहे, परंतु नेच्यूचूनची घनता युरेनसच्यापेक्षां लक्ष्यांत येण्याइतकी अधिक आहे. म्हणून यावरून असा निष्कर्ष निघतो कीं नेपच्यूनचें द्रव्य युरेनसच्या पेक्षां अधिक जड आहे. गुरु आणि शनि यांची तुलना केल्यास आपल्याला हें दिसून येतें कीं शनीच्या कमी घनतेचा उलगडा त्याच्या कमी वस्तुमानावरून व कमी अंतर्गत दाबावरून करतां येतो, म्हणजे खास हिशेब केल्याशिवाय आपल्याला या दोन्ही ग्रहांची रचना सारखीच आहे का वेगवेगळी आहे हें कळूं शकत नाहीं.

वेगवेगळीं द्रव्यें मोठ्या दाबाखालीं वेगवेगळ्या रीतीनें संकोच पावतात हें आपल्याला माहीतच आहे. कोणत्याहि द्रव्याचा गोळा तयार झाला तर त्याचा आकार केवढा मोठा होईल हें आपल्याला हिशेबानें काढतां येतें. गुरूच्या वस्तुमानाच्या बरोबरीच्या द्रव्यापर्यंत ही गोष्ट हिशेबानें काढतां येते. हायड्रोजनखेरीज बाकीचीं सगळीं द्रव्यें गुरूच्यापेक्षां आकारानें लहान गोळेच निर्माण करतील. हायड्रोजन हें निसर्गांतलें सगळ्यांत हलकें द्रव्य; हेंच तेवढें गुरूच्यापेक्षां कांहींसा मोठा गोळा निर्माण करील. याचा अर्थ असा कीं हायड्रोजनमध्यें अधिक जड रासायनिक मूल द्रव्यें भरीला घालून त्यांच्या मिश्रणापासून गुरु तयार झालेला आहे.

वातावरणाच्या दाबाच्या फक्त १००,००० ते २००,००० पटच दाबाचा वेगवेगळ्या द्रव्यांवर काय परिणाम होतो याचें संशोधन प्रयोगशाळेमध्यें केलें आहे. परंतु गुरूच्या व इतर ग्रहांच्या केंद्रस्थानीं

अनुक्रमांक ... दि.

वातावरणाच्या अनेक कोटि पट दाब आहेत, आणि म्हणून मोठ्या ग्रहांची अंतर्गत घडण व रासायनिक रचना यांचा अभ्यास करतांना हायड्रोजन व इतर द्रव्यें किती प्रमाणांत दबलीं जातील हें गणितानें औपपत्तिक रीत्याच ठरवावें लागेल. वातावरणाच्या अब्जावधिपट दड-पणाखालीं परमाणूंचीं इलेक्ट्रॉनिक टरफलें पूर्णपणें "चिरडलीं" जातात. अशा परिस्थितींतलीं द्रव्यें किती प्रमाणांत दबलीं जातील याचें गणितहि पुरेशा बिनचूक हिशेबानें काढतां येतें. परंतु वातावर-णाच्या कांहीं लाख पट दाबाखालीं परमाणूंचीं टरफलें नुसतींच वेडीं-वाकडीं होतात, तीं नष्ट होत नाहींत, आणि यामुळें अशा परिस्थि-तींत दाबाचा औपपत्तिक हिशेब करणें अत्यंत कठीण व बेभरंवशीक होऊन बसतें.

गणितांवरून हें दिसून येतें कीं गुरूमध्यें हायड्रोजनचें प्रमाण ५० टक्क्यांपेक्षां कमी नाहीं; तें बहुधा ८५ टक्के असावें. शनीविषयीं म्हणाल तर अशाच प्रकारच्या गणितांवरून हें दिसून आलें कीं त्याच्यामध्यें किंचित कमी (म्हणजे ७५ टक्क्यांपर्यंत) हायड्रोजन आहे आणि त्याच्या जोडीला अधिक जड अशा द्रव्यांपैकीं कांहीं द्रव्यें त्याच्यामध्यें अधिक प्रमाणांत आहेत. असें असूनहि त्याचें लहान वस्तुमान आणि त्याचा कमी अंतर्गत दाब यामुळें शनीची घनता गुरूच्या घनतेपेक्षां कमी आहे. युरेनस व नेपच्यून यांचा जर आपण विचार केला तर यांच्यातलें हायड्रोजनचें प्रमाण कमी कमी होत जातें आणि अधिक जड द्रव्यांचें प्रमाण वाढत जातें.

युरेनस व नेपच्यून यांच्या रासायनिक रचनेंतील फरक जर वगळला तर आपली अशी समजूत होते कीं हायड्रोजनचें प्रमाण ग्रहाच्या वस्तुमानानुसार वाढत जातें. परंतु हा फरक जर आपण विचारांत घेतला तर आपल्याला हें उघड दिसून येईल, कीं याचें कारण

मुख्यतः ग्रहाचें वस्तुमान हें नसून ग्रहाचें सूर्यापासूनचें अंतर हेंच आहे.

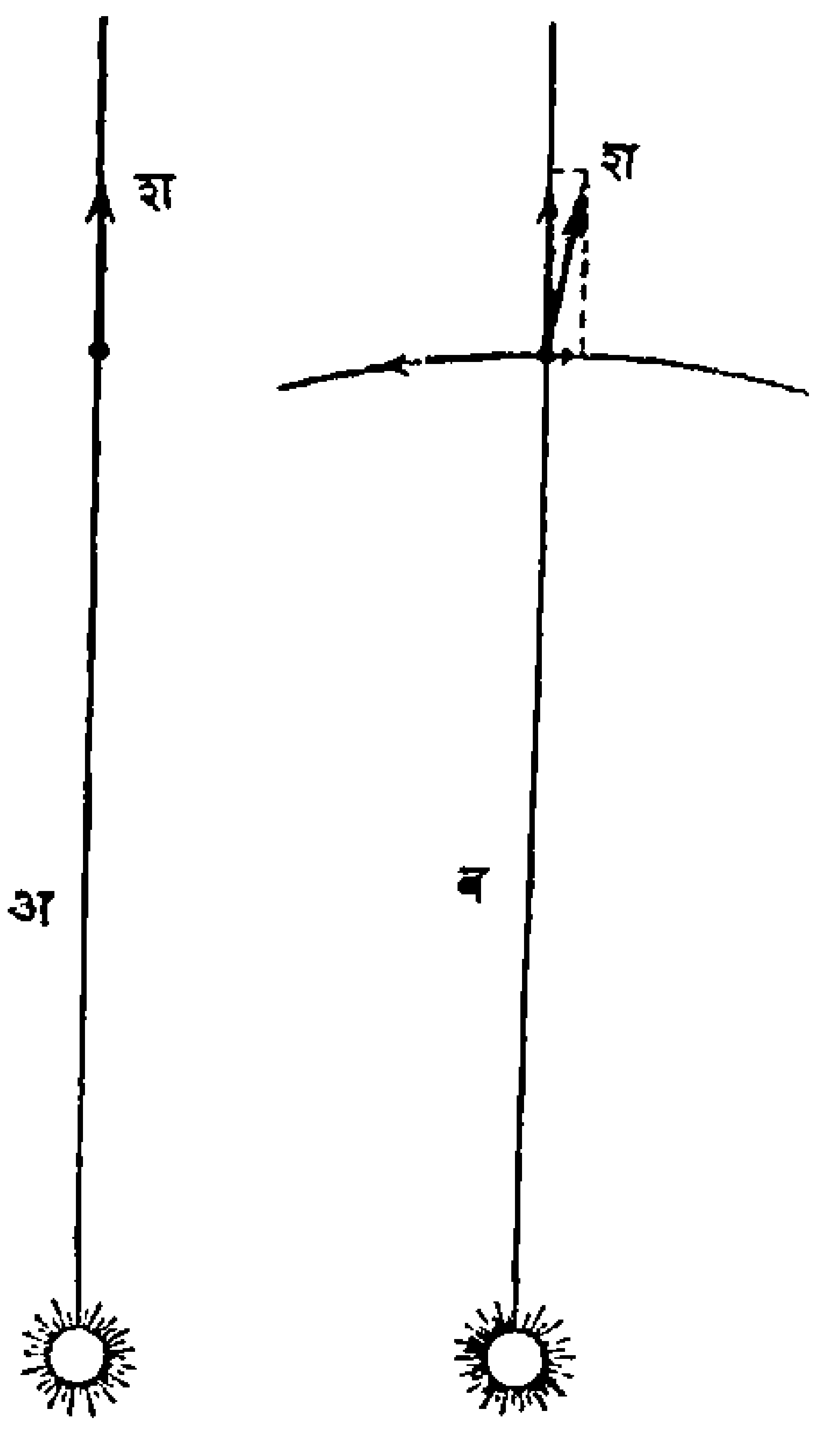
ग्रह जितका सूर्यापासून अधिक दूर असेल तितका वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या (तबकडीच्या) पट्ट्याचा परिघ अधिक मोठा, आणि त्या पट्ट्याची रुंदी अधिक. (ग्रहाचें मूळ द्रव्य या तबकडीच्या पट्ट्याच्या कडेकडेनेंच मुळांतच विभागून राहिलेलें होतें). (आपल्याला हें आठवत असेलच कीं जवळजवळच्या ग्रहांच्या कक्षांमधील अंतर त्या कक्षा जसजशा सूर्यापासून अधिकाधिक दूर असतील तसतसें अधिकाधिक होत जातें). गुरूच्या परिसरापासून ते नेपच्यूनच्या परिसरापर्यंत ढगाच्या विकासाच्या वेगाबरोबर व ग्रहांच्या उद्भवाच्या वेगाबरोबर द्रव्याची घनता एकसारखी कमी कमी होत गेली.

कणांचें उष्णतामान –२७०°C च्या खालीं जाईल तेव्हांच हायड्रोजनचें दृढीकरण होऊं शकतें; म्हणजे वायु-धूळ-मिश्रित ढगाच्या आंतल्या बाजूनें मोठ्या ग्रहांच्या परिसरापासून सूर्याचीं किरणें पूर्णपणें अडवून ठेवलीं असतील तेव्हांच हें दृढीकरण होऊं शकतें. ढगांतील धुळीचें दृढीकरण होऊन मागाहून पृथ्वी आदि ग्रहांचे अनेक "गर्भपिंड" जेव्हां आकाराला आले तेव्हां ढगाचा अंतर्भाग अधिकाधिक पारदर्शक झाला.

सूर्याच्या किरणांनीं सूर्यापासून खूप दूर असलेल्या भागांत जेव्हां शिरकाव केला तेव्हां धुळीच्या कणांतून आणि ग्रहांच्या "गर्भपिंडांच्या" लहान लहान तुकड्यांतून हायड्रोजन पूर्णपणें विरून गेला, आणि तुलनात्मक दृष्ट्या मोठ्या "गर्भपिंडांच्या" पृष्ठभागावरून अंशतः विरून गेला. या परिस्थितींत दूरवर असलेल्या प्रचंड ग्रहांची (जवळच्या ग्रहांच्या रचनेशीं तुलना करतां) कांहींशी नंतरची रचना चालू असतांना गुरु ते नेपच्यूनपर्यंत हायड्रोजनचें प्रमाण क्रमाक्रमानें कमी कमी होत गेलें.

६, लघुग्रह, उल्कापाषाण आणि धूमकेतू

धुळीच्या ढगाच्या वेगवेगळ्या रासायनिक रचनांच्या अंतर्गत व बाह्य परिसरांतून ग्रहांचे दोन गट तयार झाले. या दोन गटांशीं जुळणारे असे सूर्यमालेंतील अधिक लहान पदार्थांचे आणखी दोन गट आहेत. " आकादमीशियन श्मिदूत यांची ग्रहरचनेची उपपत्ति " या प्रकरणांत आपण पाहिलेंच आहे कीं धुळीच्या ढगाच्या विकासांतील आरंभींच्या टप्प्याचें एक लक्षण म्हणजे अनेक ग्रहरूपी " गर्भपिंडांची " निर्मिती व विस्कट, आणि त्यांच्या तुकड्यांच्या एकत्रीकरणापासून नव्या पदार्थांची निर्मिती, हें होतें. लघुग्रह, उल्कापाषाण आणि धूमकेतू हे या पदार्थांचे अवशेष होत. परंतु लघुग्रह व उल्कापाषाण यांचा जर ढगाच्या अंतर्गत परिसराशीं संबंध असेल, म्हणजे सूर्याच्या उष्णतेनें तापणाऱ्या परिसराशीं संबंध असेल आणि म्हणून हे पदार्थ खडकरूप द्रव्याचे असतील, तर धूमकेतू प्रचंड ग्रहांच्या परिसरांत आकाराला येतात, आणि त्यांचा गाभा मुख्यतः गोठलेल्या वायूंचा बनलेला असतो. मंगळ आणि गुरु याच्या कक्षांमधील रुंद भागांत पृथ्वीआदि ग्रह व मोटे ग्रह यांच्या दरम्यानच्या सीमारेषेवर लघुग्रहांचा एक सबंधच्या सबंध



आकृति १४. निश्चल कणावर (अ) आणि चल कणावर (ब) सूर्यकिरणाचा किरणोत्सारी दाब. दुसऱ्या बाबतींत कणाच्या गतीला विरोध करण्याचा घटक शक्तीमध्यें (श) असतो.

पट्टा पसरलेला आहे. यांतले कांहीं लांबट कक्षेंतून प्रवास करीत करीत पृथ्वीआदि ग्रहांच्या परिसरामध्यें शिरकाव करतात; उदाहरणार्थ अमूर व ॲडॉनिस हे लघुग्रह; इतर कांहीं दूरच्या ग्रहांच्या परिसरांत शिरकाव करतात; उदाहरणार्थ, हिल्डागो हा लघुग्रह; परंतु बहुतेक सगळे लघुग्रह या भागाच्या मर्यादेपलीकडे कधींहि जात नाहींत (आकृति १६). लघुग्रहाचा व्यास शेंकडों मैलहि असूं शकतो त्याचप्रमाणें तो एक मैलापेक्षांहि कमी असूं शकतो. आणि त्यांच्यांतले अधिक लहान आकाराचे लघुग्रह हे उल्कामय पदार्थ या नांवानें ओळखल्या जाणाऱ्या पदार्थांच्या अधिकाधिक निकट येतात.

लघुग्रह काय आणि उल्का काय, त्यांचा आकार जितका अधिक लहान, तितकी त्यांची संख्या अधिक मोठी. उल्का आकारानें फार लहान असल्यामुळें ग्रहांच्या दरम्यानच्या अवकाशांत त्या दिसूं शकत नाहींत; त्या पृथ्वीवर येऊन आदळल्या म्हणजेच तेवढ्या आपल्याला दिसतात; म्हणजे त्या पृथ्वीच्या वातावरणांत घुसतात आणि तापून विरतां विरतां अग्निबाणाप्रमाणें उजेड निर्माण करतात. मोठ्या आकाराच्या सावकाश फिरणाऱ्या उल्कांचे अवशेष पृथ्वीच्या वातावरणांत दर सेकंदास ९ ते १२ मैल या तुलनात्मक दृष्ट्या मंद वेगानें शिरकाव करतात. या अवशेषांचे व्यास डझन डझन सेंटिमीटर लांबीचे व कित्येक मीटर लांबीचेहि असतात. हे अवशेष कधीं कधीं उल्का पाषाणांच्या रूपानें पृथ्वीवर येऊन पोंचतात. अशा रीतीनें त्यांची विशिष्ट घडण व रासायनिक रचना आपल्याला अभ्यासायला मिळते. अनेक उल्कापाषाणांची जी खंडमय रचना असते तीवरून त्यांच्या द्रव्यावर विस्फट होणें व गोळा होणें या प्रक्रिया पुन्हां पुन्हां झालेल्या आहेत, हें उठावदारपणें दिसून येतें (आकृति १५).

असें सुचविण्यांत आलें आहे कीं एका काळीं मंगळ व गुरु

यांच्या कक्षांच्या दरम्यान एक मोठा ग्रह फिरत होता आणि त्याच्या स्फोटांतून लघुग्रह व उल्कापाषाण उद्भवले; परंतु या स्फोटाचा भौतिक उलगडा कांहीं करून दाखविलेला नाहीं. आणखी असें कीं हा उपन्यास लघुग्रहांच्या कक्षांचें वैचित्र्य आणि उल्कांचीं रचनात्मक वैशिष्ट्यें यांचा खुलासा करीत नाहीं.

श्मिद्त यांच्या उपपत्तीनुसार लघुग्रह आणि उल्का यांचें द्रव्य एकाच पदार्थांत कधींच सामावलेलें नसतें. धुळीच्या ढगानें लघुग्रहांच्या आकाराच्या अनेक पदार्थांना (ग्रहांच्या "गर्भपिंडांना") जन्म दिला आणि त्यांचे एकमेकांवर आघात होऊन जो विस्कट झाला, त्यांतून लहान लहान पदार्थ निर्माण झाले.

ढगाच्या विकासाच्या प्राथमिक टप्प्यांमध्यें फुटक्या "गर्भ-

आकृति १५. खंडमय रचनेचा उल्कापाषाण.

पिंडांच्या" तुकड्यांना धूळ व लहान कण यांची जोड मिळून त्यांतून नवे पदार्थ तयार होऊं शकले. परंतु मागाहून जेव्हां द्रव्याचा बहुतेक भाग प्रमुख ग्रहांमध्यें सामील झाला, अगर सूर्यामध्यें मिसळला, तेव्हां नवीन गोळे निर्माण होण्याची क्रिया थांबली; मात्र पदार्थांचे एकमेकांवर आघात होऊन त्यांचा नाश होण्याची क्रिया चालूच राहिली. पृथ्वी-आदि ग्रहांच्या परिसराच्या अंतर्भागांत (म्हणजे त्यांच्या कक्षांच्या दरम्यान) लघुग्रहांच्या नमुन्याचे पदार्थ मुळींच नसले तरी या परिसराच्या बाह्य सीमेवर, मंगळ व गुरु यांच्या कक्षांच्या दरम्यान, अजून कित्येक हजार लघुग्रह आहेत. परंतु एकंदर अवघ्या ६०–७० लघुग्रहांचाच व्यास ६० मैलांहून अधिक आहे. लघुग्रहांचे एकमेकांवर व उल्कांवर आघात होऊन त्यांचा क्रमाक्रमानें ऱ्हास होतो — त्यांचा आकार कमी कमी होत जातो आणि मोठ्या लघुग्रहांच्या एकंदर संख्येंत घट होते.

लघुग्रहांचे लहान लहान लहान तुकडे ग्रहांच्या दरम्यानच्या अवकाशांत एकमेकांशीं एकजीव न होता सूर्यप्रकाशाच्या किरणोत्सारी दाबाच्या परिणामामुळें एकसारखे सूर्यावर येऊन आदळत असतात.

एखाद्या निश्चल कणावर किरणोत्सारी दाबाचा प्रभाव केवळ किरणोत्सारापुरताच पडतो आणि त्यामुळें सूर्याचें आकर्षण केवळ कांहींसेंच कमी होतें. अगदीं लहान कणांच्या बाबतींत, म्हणजे सुमारें ०·०००५ मिलिमीटर आकाराच्या कणांच्या बाबतींत, किरणोत्साराचें प्रतिसारण हें आकर्षणापेक्षांहि अधिक भरण्याचा संभव असतो.

कण सूर्याभोंवतीं वर्तुलाकार कक्षांमधून भ्रमण करीत असतील तर या प्रकरणीं आणखी अधिक गुंतागुंत होते. प्रकाशभ्रंशामुळें सूर्याचें

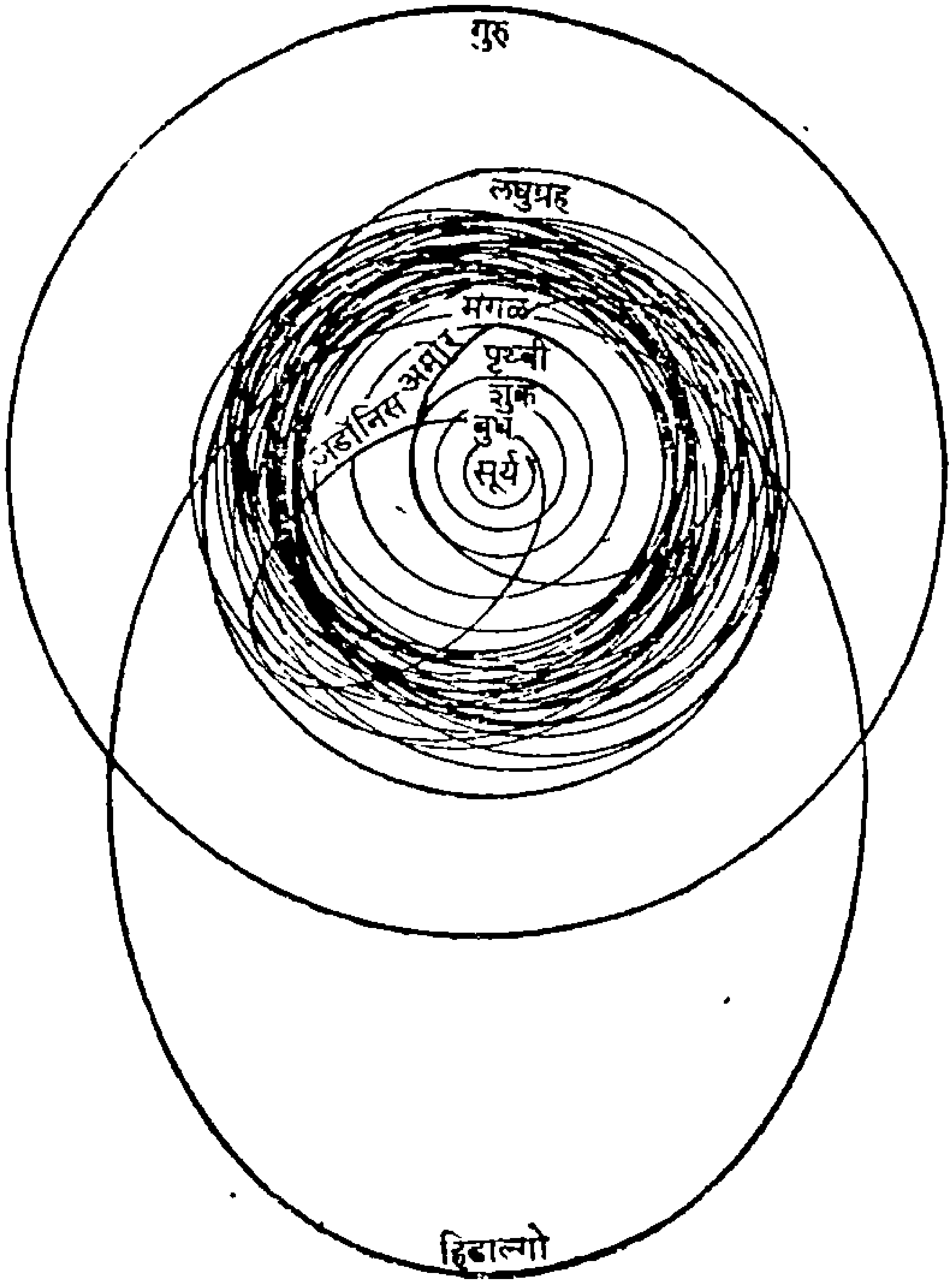
किरण या कणांच्या किंचित् पुढें पडतात. म्हणून प्रतिसारणाच्या शक्तीबरोबरच कणाच्या गतीला विरोध करणारी एक शक्ति निर्माण होते; म्हणजे ही शक्ति कणाच्या वेगाचा ऱ्हास करते (आकृति १४). वेग-ऱ्हासामुळें कण मळसूत्रासारखा फिरतफिरत क्रमाक्रमानें सूर्याच्या अधिकाधिक जवळ जातो, सूर्याच्या उष्णतेमुळें त्याची वाफ होते, आणि शेवटीं त्याचें द्रव्य वाफेच्या लहानशा ढगाच्या रूपानें सूर्या-मध्यें सामील होतें. *

कांहीं वर्षांपूर्वीं असें गृहीत धरत असत कीं पॉइंटिंग-रॉबर्टसन परिणामामुळें अतिप्राचीन ढगाच्या अंतर्भागांतील बरेंचसें द्रव्य सूर्यावर जाऊन आदळलें. सूर्यांत सामील झालेल्या कणांनीं सूर्याच्या भ्रमणामध्यें भाग घेतला आणि म्हणून असा समज झाला, कीं या कणांनींच सूर्याला हल्लींप्रमाणें आपल्याच दिशेनें भ्रमण करायला लावलें. तथापि १९५५ सालीं व्ही. एस. साफ्रोनोव यांनीं गणिताच्या आधारें हें सिद्ध केलें, कीं पॉइंटिंग-रॉबर्टसन परिणामामुळें सूर्यावर जाऊन आदळलेल्या पदार्थाचें प्रमाण तुलनात्मक दृष्ट्या फार अल्प होतें, आणि म्हणून तें सूर्याच्या भ्रमणावर परिणाम करूं शकलें नाहीं.

---

* १९५० सालीं व्ही. व्ही. राद्झियेवूस्की यांनीं असें दाखवून दिलें आहे कीं ग्रहाभोंवतीं भ्रमण करणाऱ्या कणाच्या बाबतींत देखील सूर्याचीं किरणें अशाच प्रकारचा परिणाम घडवून आणतात. तीं या कणांना ग्रहाजवळ लोटतात व त्यामुळें ते त्याच्या पृष्ठभागावर येऊन आदळतात. ग्रह जितका सूर्याच्या अधिक जवळ असेल तितकी ही प्रक्रिया अधिक त्वरेनें होते. सूर्याच्या सग-ळ्यांत जवळ असलेले ग्रह बुध आणि शुक्र यांना उपग्रह कां नाहींत याच्या मुख्य कारणांपैकीं बहुधा हें एक कारण असावें. ते निर्माण होण्याची प्रक्रिया चालू असतांना त्यांच्या भोंवतालीं फिरणारे कण मोठा सुस्थिर उपग्रह होण्यासाठीं त्यांनीं एकत्र येण्यापूर्वींच ते त्या ग्रहांच्या पृष्ठभागावर आदळले असें दिसतें,

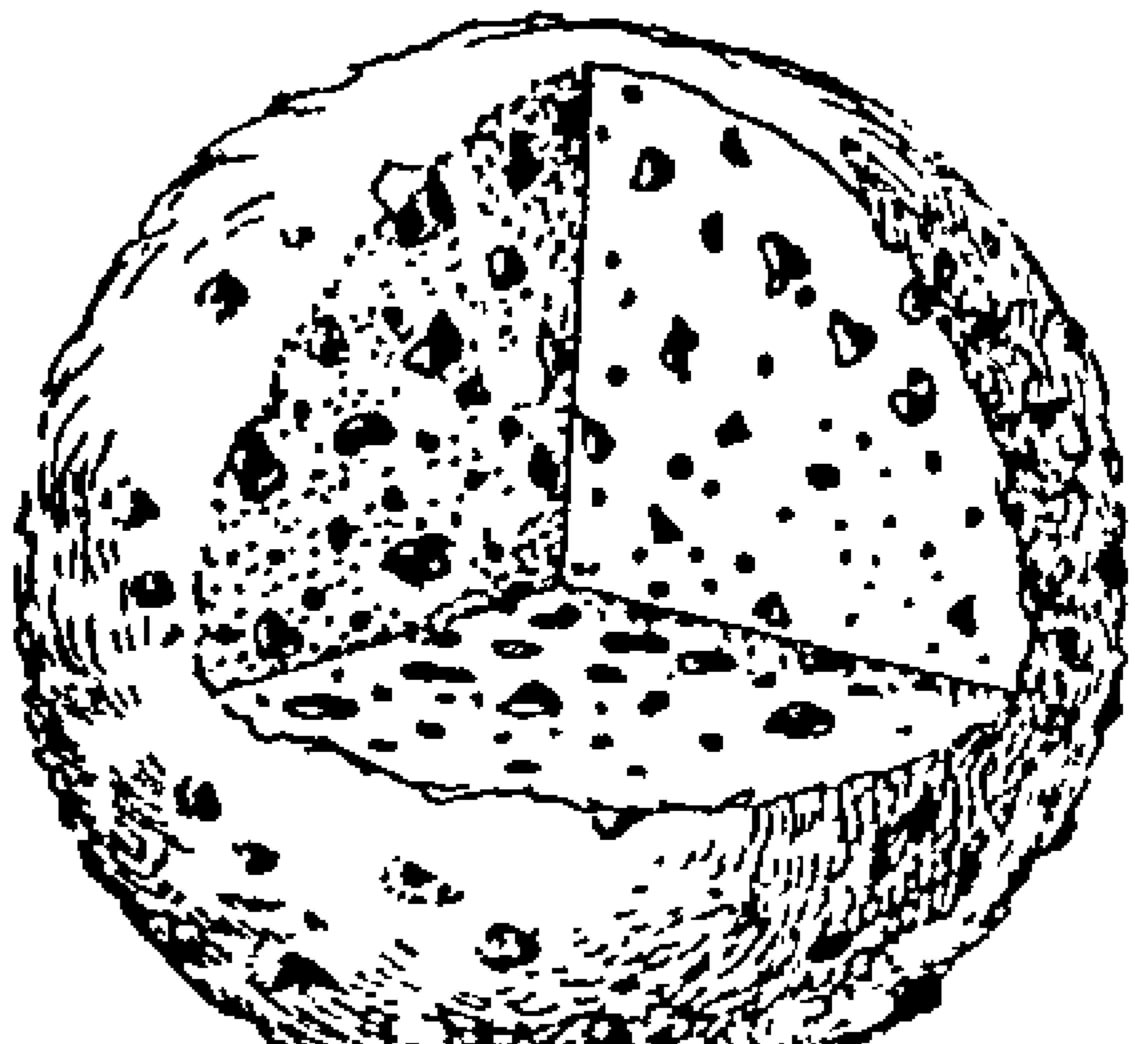
आमच्या काळांत, याच्या अगोदर सांगितल्याप्रमाणें, किरणोत्सारी वेगऱ्हासामुळें लघुग्रहाच्या लहान लहान तुकड्यांना एकत्र यायला मिळत नाहीं आणि ते मळसूत्रासारखे फिरत फिरत सूर्याजवळ ज़ाऊन त्याच्याशीं एकजीव होतात. कण जितका अधिक लहान तितका तो अधिक वेगानें सूर्याजवळ जातो. खगोलशास्त्राच्या भाषेंत सांगायचें म्हणजे १ सेंटिमीटर व्यासाचा पदार्थ लघुग्रहांच्या पट्ट्यामधून सूर्याच्या अगदीं नजीक जायला १० कोटि वर्षें इतकी अल्प मुदत घेतो आणि

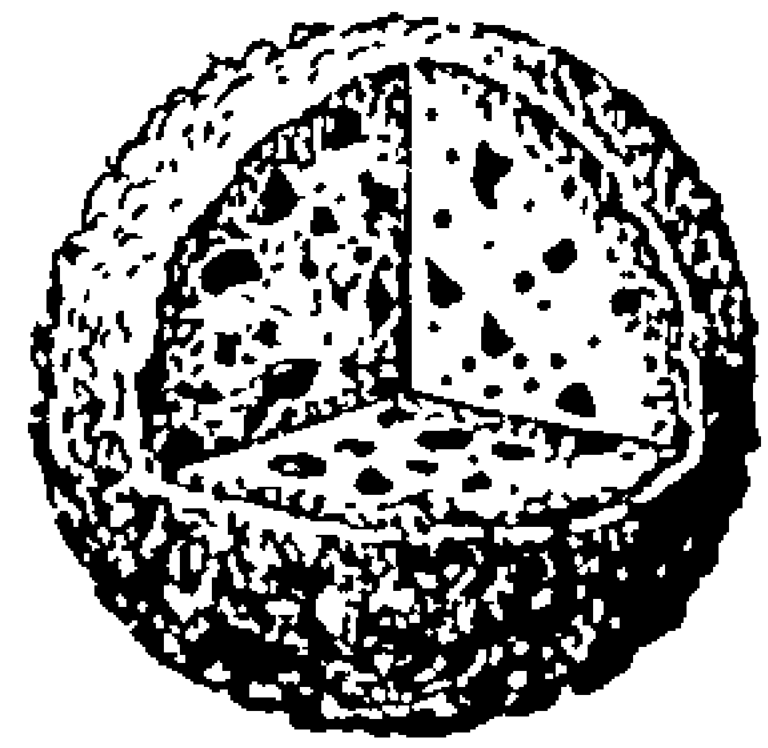


आकृति १६. लघुग्रहांच्या कक्षा.

१ मिलिमीटर व्यासाचा पदार्थ याच गोष्टीसाठीं १ कोटि वर्षांची मुदत घेतो. सूर्याच्या जवळ येत असलेल्या विरळ आकृतीच्या कणांचा थवा सूर्याच्या प्रकाशाचें परावर्तन व विखरण करतो, आणि म्हणून राशि-चक्रप्रकाश या नांवानें ओळखला जाणारा अंधुक उजेड निर्माण होण्याच्या मुख्य कारणांपैकीं हें एक कारण आहे.

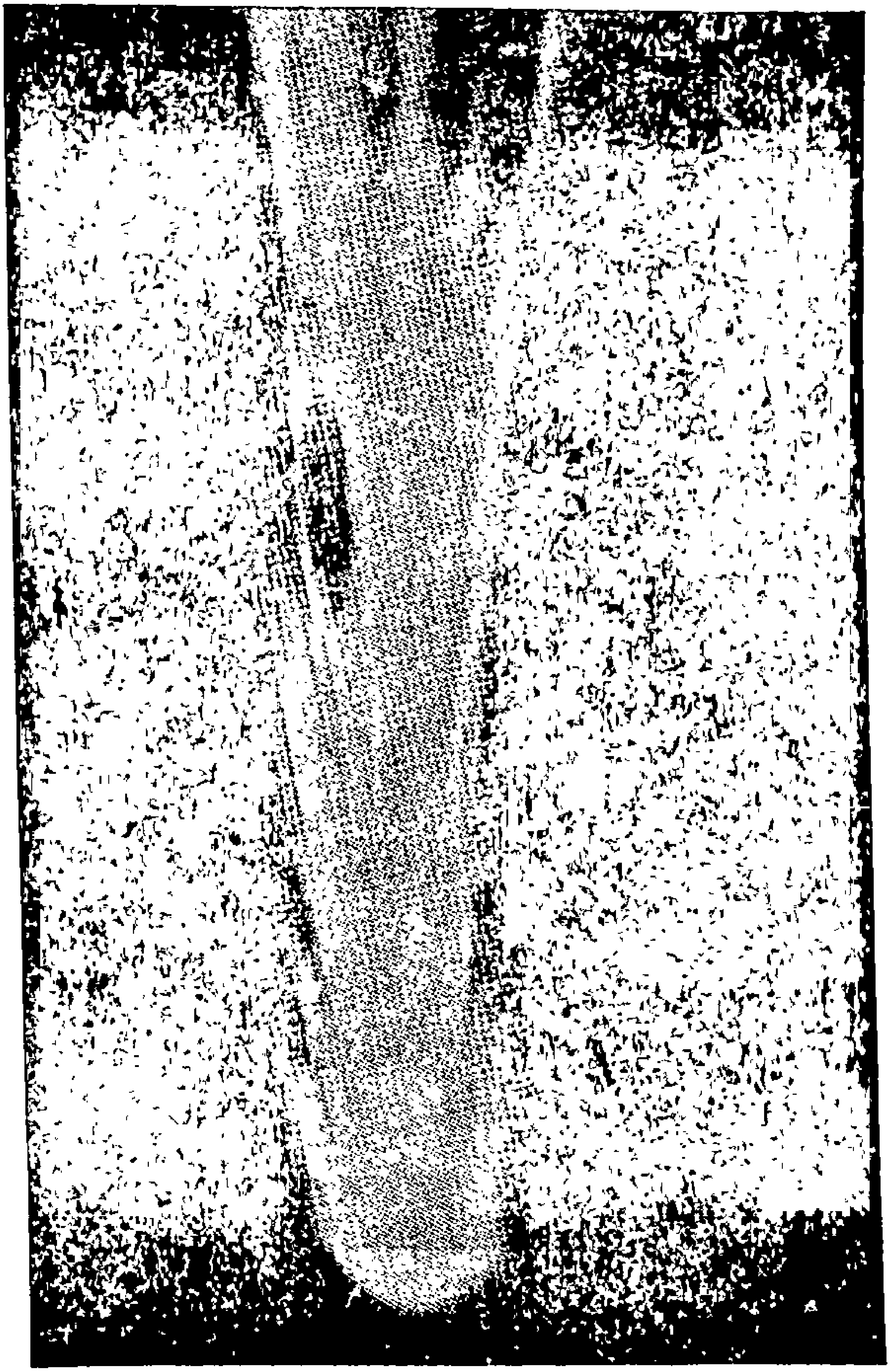
लघुग्रहाइतके लहान पदार्थ जर गुरूच्या कक्षेपेक्षां सूर्यापासून अधिक दूर असतील तर त्यांचें निरीक्षण आधुनिक दुर्बिणींतून करतां येत नाहीं. म्हणून जे लहान पदार्थ प्रचंड ग्रहांच्या परिसरामध्यें उद्भवले आणि अजूनहि अस्तित्वांत आहेत, त्यांच्यापैकीं जे लांबट कक्षांमधून फिरत असतील आणि त्यांतून देखील ज्यांचें नीचस्थान (कक्षेचा सूर्यापासून समीपतम बिंदु) सूर्यापासून दोन अगर तीन खगोलशास्त्रीय परिमाणांपेक्षा अधिक दूर नाहीं, अशांचेंच तेवढें निरीक्षण आपल्याला करतां येतें. हे पदार्थ म्हणजे धूमकेतु.


अ


ब

आकृति १७. धूमकेतूच्या "बर्फमय" गाभ्याची रचना. (अ) सूर्याजवळ न आलेल्या धूमकेतूचा गाभा. (ब) सूर्याजवळ कित्येकदां येऊन गेल्यानंतरचा धूमकेतूचा गाभा.

अगदीं अलीकडेपर्यंत बहुतेक खगोलशास्त्रज्ञांच्या मतें धूमकेतूचा गाभा अलग अलग कणांच्या दाट थव्याचा बनलेला होता.



आकृति १८. मूरहाऊसच्या धूमकेतूचें छायाचित्र, १९०७.

धूमकेतु सूर्याजवळ गेला असतांना सूर्याच्या आकर्षक शक्तीमुळें ज्या अर्थी त्याचे तुकडे होत नाहींत, त्या अर्थी त्याचा गाभा हा विरळ कणांचा प्रचंड थवा असणें शक्य नाहीं हें सर्वांना ठाऊक होतें. परंतु धूमकेतूचा गाभा हा दाट थव्याचा बनलेला आहे हें मत मांडतांना संशोधकांनीं एका गोष्टीकडे दुर्लक्ष केलें; ती ही कीं अशा थव्यांमध्यें कणांचे एकमेकांवर आघात होणें अपरिहार्य आहे आणि त्यामुळें यांत्रिक शक्तीचें परिवर्तन उष्णतेंत होणें अपरिहार्य आहे. याचा परिणाम, ए. डी. दुब्यागो यांनीं दाखवून दिल्याप्रमाणें, असा होतो, कीं थवा भराभर आंकसूं लागतो आणि त्याला घन पदार्थाचें रूप प्राप्त होतें. खडक-रूप कणमिश्रित गोठलेल्या वायूपासून बनलेले घन पदार्थ हेच धूम-केतूंचा गाभा असतात (आकृति १७), आणि या गाभ्याचा व्यास साधारणपणें कित्येकशें मीटरांपासून कित्येक किलोमीटरांपर्यंत असतो: हे पदार्थ म्हणजे त्यांच्या परीनें हिमाचे व बर्फाचे (नुसत्या पाण्याचेच नव्हे तर इतर विविध द्रव्यांचेहि) प्रचंड डिखळे होत. खडपरूप द्रव्यें त्यांत मिसळलेलीं असतात.

हजारों धूमकेतूंचा समावेश सूर्यमालेमध्यें होतो. परंतु ते ग्रह-मालेच्या अंतर्भागांत कधींच प्रवेश करीत नसल्यामुळें ते आधुनिक निरीक्षणपद्धतीच्या आटोक्यांत येत नाहींत. त्यांचे मार्ग असे आहेत कीं त्यांचीं नीचस्थानेंहि सूर्यापासून फारच दूर असतात. म्हणून त्यांना सूर्यकिरणांची उष्णता मिळत नाहीं आणि त्यांचा गोठलेल्या वायूंचा सांठा अब्जावधि वर्षे जसाचा जसा टिकून राहिलेला असतो. यांतल्या कांहीं धूमकेतूंचीं उच्चस्थानें सूर्यापासून खूप खूप दूर, लक्षावधि खगोलशास्त्रीय परिमाणांइतक्या अंतरांवर असतात, आणि जवळ-पासच्या ताऱ्यांच्या आकर्षणामुळें त्यांच्या कक्षा बदलतात. या बदल-लेल्या कक्षेमुळें जर हा धुमकेतू सूर्याच्या जवळपास आला तर

त्यांच्या गाभ्यांतून वायू बाहेर येऊं लागतात आणि या धूमकेतूनें खूपच लांबट, जवळ जवळ परिवलयाच्या आकाराचा मार्ग पतकरलेला आपल्याला दिसतो.

ग्रहांच्या आकर्षणामुळें अशा धूमकेतूंची कक्षा आकुंचित होते असा नियमच आहे. प्रचंड ग्रह जो गुरु, त्याच्याजवळ धूमकेतू गेला कीं त्याची कक्षा ठळकपणें बदलते. तथाकथित गुरुकुलांतील समजले जाणारे सगळेच अल्पकालीन धुमकेतू गुरूच्या फार जवळ गेले आणि त्यामुळें त्यांच्या कक्षा बदलून आजच्या कक्षा त्यांना मिळालेल्या आहेत.

अल्पकालीन धूमकेतू त्यांच्या गाभ्यांतील वायू अतिशय जोरांत विरून जात असल्यामुळें तुलनात्मक दृष्ट्या लवकर विस्कटून जातात. परंतु अशा धूमकेतूच्या बर्फमय गाभ्याचें बाह्य थर विरून गेल्यानंतर बर्फांतील खडकरूप कणांचें मिश्रण वायूंबरोबर अंशतः बाहेर खेंचलें जातें आणि या मिश्रणाचा राहिलेला भाग गाभ्याच्या पृष्ठभागावर राहून त्याचा संरक्षक थर तयार होतो, आणि या थरामुळें विरण्याच्या क्रियेला अटकाव होतो (आकृति १७ ब). म्हणूनच एन्केच्या धूमकेतूसारखे अल्पकालीन धूमकेतू सूर्याजवळ डझन डझन वेळां गेले तरी अजून तग धरून आहेत.

धूमकेतूच्या गाभ्यांतून निघालेले कण त्यांच्या कक्षेशीं जवळ जवळ समांतर अशा प्रवाहाच्या रूपानें फिरूं लागतात. कणांचे असे थवे पृथ्वीच्या मार्गांत आले म्हणजे उल्कांचे वर्षाव, कधीं कधीं फार जोराचे वर्षाव, आपल्याला पाहायला मिळतात.

धूमकेतूच्या बर्फमय गाभ्यामध्यें मेथेन, आमोनिया, पाणी, कार्बन डायॉक्साइड आणि तत्सम अणु असतात; म्हणजे रासायनिक रचनेच्या दृष्टीनें ते जवळ जवळ दूरस्थ ग्रहांसारखे असतात. मूळ ढगाचे

जे कण सूर्यापासून फार दूर होते त्यांपासूनच या दूरस्थ ग्रहांचा व धूम-केतूंचा उद्भव झाला.

७. पृथ्वीची अंतर्गत घडण

पृथ्वीच्या अंतर्गत घडणीच्या पहिल्या कल्पनांना २० शतकें होऊन गेलीं. त्या वेळीं या प्रश्नाचा बिनचूक विचार करण्याच्या दृष्टीनें शास्त्रीय ज्ञान फारच अपरिपक्व होतें. प्राचीन काळीं जगामधील विज्ञानाच्या केंद्रांपैकीं ग्रीस हें एक केंद्र होतें. ग्रीसच्या डोंगरांतून वाहतें पाणी असलेल्या अनेक गुहा आहेत; आणि कांहीं नद्या अशा आहेत कीं त्या मध्येंच जमिनीखालून वाहतात, तर मध्येंच जमिनीच्या पृष्ठभागावरून वाहतात. निसर्गांतील वातावरणाचें निरीक्षण करून ग्रीक वैज्ञानिकांचें मत असें झालें, कीं पृथ्वीच्या पोटांत अशाच गुहा असून त्यांमधून पाणी, हवा व अग्नि फिरत आहे. एका लहान देशाच्या घडणीचीं वैशिष्ट्यें सगळ्या पृथ्वीला लागू करणारें हें प्राचीन मत अगदीं किरकोळ दुरुस्त्यांसह २००० पेक्षां अधिक वर्षें टिकून होतें.

अवघ्या २०० वर्षांपूर्वीं फ्रेंच वैज्ञानिक बूग्वे यानें पहिल्या प्रथमच पर्वतांच्या गुरुत्वाकर्षणाचें मोजमाप घेतलें आणि असा निष्कर्ष काढला कीं पृथ्वीचा अंतर्भाग हा पर्वताच्या पदार्थापेक्षां जास्त दाट असला पाहिजे. आणखी मोजमाप घेतल्यानंतर असें आढळून आलें कीं पृथ्वी ज्या द्रव्याची बनलेली आहे तें द्रव्य सरासरीनें पाहतां पाण्याच्या सुमारें पांचपट जड आहे. आणि म्हणून ही गोष्ट सिद्ध झाली कीं आपला ग्रह हा पोकळ गुहाहि नाहीं अगर पाण्यानें भरलेला पदार्थहि नाहीं.

पृथ्वीची सरासरी घनता आणि तिच्या पृष्ठभागावरील थरांची घनता यांची तुलना केली आणि भूगोलाच्या दोन्ही ध्रुवांकडील चपटे-

पणाचेंहि मोजमाप घेतलें, यावरून अशी खातरजमा झाली, कीं पृथ्वीच्या गाभ्याच्या जसजसें अधिक जवळ जावें तसतशी तिची घनता वाढत आहे. या शोधामुळें भूगोलाच्या अंतर्गत घडणीविषयींच्या मतांच्या पुढील विकासावर फार मोठा प्रभाव पडला.

खडकांचा अभ्यास, वितळलेला घन पदार्थ घट्ट झाल्यामुळें त्यांतून झालेला अनेक खडकांचा उद्भव, आणि ज्वालामुखींचे स्फोट झाल्यानंतर वितळलेला लाव्हा रस पृथ्वीच्या पष्ठभागावर येतो या गोष्टींचें निरीक्षण—या सर्व गोष्टींनीं अठराव्या शतकाच्या उत्तरार्धांतील भूस्तर-शास्त्रज्ञांना असा निष्कर्ष काढायला प्रवृत्त केलें कीं पृथ्वीची अंतर्गत उष्णता ही अत्यंत महत्वाची आहे. उदाहरणार्थ, लाप्लासनें जेव्हां विश्व-उत्पत्ति-शास्त्र-संबंधांतील आपल्या उपपत्तीमध्यें पृथ्वीचा उद्भव उष्ण वायूंच्या गोळ्यांतून झाला असें मत मांडलें तेव्हां पृथ्वी पृष्ठ-भागापासून आंतपर्यंत क्रमाक्रमानें थंड होत गेली आणि तिची मूळची उष्णता आंतल्या भागामध्यें जशीच्या तशी कायम राहिली या कल्पनेला सार्वत्रिक मान्यता मिळाली. १९व्या शतकाच्या सुरुवातीला बहुतेक शास्त्रज्ञांचा दावा असा होता, कीं पृथ्वीचें घन कवच ३० ते ६० मैल जाडीचें असून त्याच्या खालीं वितळलेल्या पदार्थांचा गाभा आहे.

१८३९ सालीं सेंट पीटर्सबर्ग येथें डी. सोकोलोव याचा "भूगर्भ-शास्त्राचा अभ्यासक्रम" हा ग्रंथ प्रसिद्ध झाला. त्यांत त्यानें लिहिलें, "भूगर्भशास्त्रीय सत्य घटना....गणितशास्त्रीय सत्य घटनांशीं* जुळत्या

* या ठिकाणीं डी. सोकोलोव याला अभिप्रेत असलेल्या गोष्टी म्हणजे भूगर्भशास्त्रीय माहिती, आणि वेगवेगळी अंतर्गत घनता असलेले फिरते द्रव पदार्थ चपटे होण्यासंबंधांतील गणितशास्त्रीय संशोधनाचें फळ, ह्या होत; या गोष्टींवरून हें सिद्ध होतें कीं पृथ्वीच्या केन्द्राच्या जितकें अधिक जवळजवळ जावें तितकी घनता अधिक असते.

करून घेण्यासाठीं आपल्याला हें मान्य करणें भाग पडतेंसें दिसतें, कीं आपली पृथ्वी हा वर्तुळाकार पदार्थ असून त्याचें कवच घन पदार्थाचें आहे आणि त्याचा गाभा उष्ण द्रव पदार्थाचा आहे; या गाभ्यामध्यें, किंवा जास्त चांगल्या रीतीनें सांगायचें म्हणजे भूगोलाच्या वितळलेल्या अंतर्भागामध्यें, धातू त्यांच्या तुलनात्मक वजनांच्या अनुरोधानें विभागल्या गेल्या आहेत, म्हणजे ऐन मध्यभागीं खडकानें वेष्टिलेल्या अशा धातू आहेत.......धातूंच्या थरांमध्यें लोखंड ही निसर्गांतील सगळ्यांत जास्त विपुल धातु आहे....म्हणून भूगोलाच्या अंतर्भागाचें दृश्य म्हणजे लोखंड वितळविण्याची एक भट्टी असून धातू नेहमींच तिच्या तळाशीं असतात आणि अशुद्ध धातूची मळी वर असते."

अशा प्रकारें गेल्या शतकांत पृथ्वीच्या अंतर्गत घडणींची एक कल्पना उद्भवली आणि ती अगदीं अलीकडच्या काळापर्यंत चालू राहिली.

*　　　　*　　　　*

पृथ्वीच्या अंतर्गत उष्णतेमध्यें तिची मुळांतली वितळती अवस्था अभिप्रेत असल्याच्या चुकीच्या मताकडे आकादमीशियन व्ही. आय. वेर्नाद्स्की यांनीं अनेक वर्षांपूर्वीं कितीदां तरी जोर देऊन लक्ष वेधलें आहे. त्यांनीं लिहिलें आहे: "....पृथ्वीवर घडत असलेल्या एकूण एक भूगर्भशास्त्रीय प्रक्रियांचा उलगडा ज्या उष्णतेमुळें होतो त्या उष्णतेचें मुख्य उगमस्थान ॲटॉमिक रेडिओॲक्टिव्ह उष्णता हें आहे; थंड होत चाललेल्या ग्रहाची शिलकी उष्णता हें या उष्णतेचें उगमस्थान नव्हे, पण असा समज अगदीं अलीकडेपर्यंत रूढ होता.... त्याच्या अगोदर या उष्णतेचा उलगडा एका काळींच्या उकळत्या रसाच्या स्वरूपांत

असलेल्या ग्रहांसंबंधांतील विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रीय उपन्यासावरून करीत असत. दुर्दैवानें हे उपन्यास अजून आमच्या शाळांतून शिकवितात. "

आकादमीशियन श्मिद्त यांच्या उपपत्तीनुसार, घन कणांचा गोळा तयार होऊन क्रमाक्रमानें अस्तित्वांत आलेली पृथ्वी वितळण्याच्या अवस्थेंतून कधींच गेली नाहीं. पृथ्वीच्या पोटांतलें खूप उष्णतामान हें मुख्यतः रेडिओॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांच्या विस्फोटांतून निर्माण झालेल्या उष्णतेच्या सांठवणामुळें वाढलेलें आहे, आणि पृथ्वीच्या निर्मितीच्या प्रक्रियेंतून निर्माण झालेल्या उष्णतेमुळें तें अगदींच अल्प प्रमाणांत वाढलेलें आहे.

पृथ्वीचा आकार जो वाढला तो तिच्या पृष्ठभागावर कण आदळल्यामुळें वाढला. या प्रक्रियेंत कणांच्या जडगतिशक्तीचें परिवर्तन उष्णतेंत झालें. पृष्ठभागावर जसजशी उष्णता निर्माण झाली तसतशी तिच्यांतली बहुतेक अवकाशांत विरून गेली, पण तिचा कांहीं थोडा अंश वरचा थर उष्ण करण्याच्या कामीं आला. पहिल्यांदां, ही उष्ण करण्याची प्रक्रिया पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या वाढीबरोबर वाढली, आणि त्याचबरोबर तिच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीच्या प्रभावामुळें कण तिच्यावर जास्त जोरानें आदळूं लागले. मागाहून जसजसा तिच्यांतला जड पदार्थ लहान होत गेला व वाढीची प्रक्रिया मंदावत गेली, तसतशी उष्ण होण्याची प्रक्रिया मंदावली. व्ही. एस. साफ्रोनोव यांनीं केलेल्या गणिताप्रमाणें सध्यां सुमारें १५०० मैल खोल असलेल्या थरांचें उष्णतामान जास्तींत जास्त वाढलें असावें आणि १००० सेंटिग्रेड अंशांपेक्षां अधिक असावें. परंतु मुळांत पृथ्वीचा अंतर्भाग व बाह्य भाग दोन्ही थंड अवस्थेंत होते. त्यांचे उष्ण होणें हें मुख्यत्वेंकरून रेडिओॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांमुळेंच आहे.

पृथ्वीच्या द्रव्यामध्यें युरेनियम, थोरियम, रेडियम आणि

पोटॅशियम * या रेडिओॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांचें अल्प मिश्रण आहे. या मूलद्रव्यांचीं ॲटॉमिक केंद्रें सतत विघटित होत असतात आणि तीं इतर रासायनिक मूलद्रव्यांचीं केंद्रें होत असतात. या विघटनक्रियेमध्यें युरेनियमच्या अगर थोरियमच्या प्रत्येक परमाणूचें परिवर्तन मध्यवर्ती रेडिओॲक्टिव्ह परमाणूंच्या सबंध मालिकेमध्यें तुलनात्मक दृष्ट्या त्वरेनें होतें (विशेषतः रेडियमच्या परमाणूमध्यें हें परिवर्तन होतें) आणि शेवटीं यांतून शिशाच्या एक अगर अनेक आयसोटोप्सचा ** स्थिर परमाणु निर्माण होतो व हेलियमचे कित्येक परमाणु निर्माण होतात. पोटॅशियमच्या विघटनामुळें कॅल्शियम व आरगॉन निर्माण होतात.

रेडिओॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांच्या विघटनाच्या प्रक्रियेंतून उष्णतेची शक्ति निर्माण होते. वेगवेगळ्या कणांतून ही उष्णता सहज बाहेर सटकते आणि अवकाशांत विरून जाते. परंतु प्रचंड आकाराची पृथ्वी जेव्हां आकाराला आली तेव्हां उष्णतेची शक्ति तिच्या अंतर्भागांत सांठूं लागली. वेळेच्या एका युनिटमध्यें म्हणजे समजा एका वर्षामध्यें, पृथ्वीच्या द्रव्याच्या प्रत्येक ग्रॅममध्यें फारच अल्प शक्ति निर्माण होत असली, तरीसुद्धां पृथ्वीच्या अस्तित्वाच्या हजारों कोटि वर्षांमध्यें इतकी उष्णता सांठलेली आहे कीं तिच्यामुळें तिच्या अंतर्भागाचें उष्णतामान कित्येक हजार अंशांइतकें वाढलेलें आहे. वाय. ए. ल्यूबिमोवा यांनीं केलेल्या हिशेबांनुसार पृथ्वीवरच्या थरांनीं उष्णतेचा उच्चांक बहुधा अगोदरच ओलांडलेला असून ते आतां थंड

---

* पोटॅशियमचे सगळेच परमाणु रेडिओॲक्टिव्ह नसतात. ज्यांचें ॲटॉमिक वजन ४० आहे तेवढेच परमाणु रेडिओॲक्टिव्ह असतात.

** आयसोटोप्स म्हणजे एकाच मूलद्रव्याचे परमाणु; फरक फक्त वजनाचा.

होत चालले आहेत; या थरांतून आतां देखील उष्णता हळूहळू बाहेर सटकून जात असते. परंतु पृथ्वीच्या खोल अंतर्भागामध्यें तापण्याची प्रक्रिया अजून चालूच आहे असें दिसतें. उष्णतेच्या शक्तीचें हें अंतर्भागांतील सांठवण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर व त्यावरील जीवनाच्या परिस्थितीवर कसल्याहि प्रकारचा प्रभाव पाडत नाहीं, कारण पृष्ठभागावरचें उष्णतामान अंतर्भागांतील उष्णतेवर अवलंबून नसून सूर्या-कडून मिळणाऱ्या उष्णतेवर अवलंबून असतें. पृथ्वी ही उष्णतेच्या बाब-तींत मंद वाहक असल्यामुळें पृथ्वीच्या अंतर्भागांतून पृष्ठभागावर उष्णता येण्याचा वेग सूर्यापासून येणाऱ्या उष्णतेच्या वेगाच्या ५०००व्या हिश्शाइतका कमी आहे.

सूर्याच्या द्रव्यामध्येंहि रेडिओॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांचें अल्पसें प्रमाण आहे, पण त्यांनीं निर्माण केलेली शक्ति ही सूर्याच्या जबरदस्त किरणो-त्सर्गाच्या मानानें अगदींच क्षुल्लक आहे. सूर्याच्या अंतर्भागामध्यें दाब व उष्णतामान इतकें भयंकर आहे कीं परमाणुकेन्द्रांचे स्फोट सतत चालू आहेत, कांहीं रासायनिक मूलद्रव्यांचीं परमाणुकेंद्रें इतर कांहीं मूल-द्रव्यांच्या अधिक गुंतागुंतीच्या परमाणुकेंद्रांमध्यें सतत परिवर्तित होत आहेत; या प्रक्रियेंत शक्तीचा प्रचंड सांठा मोकळा होत आहे—हा सांठा येवढा अफाट आहे कीं त्याच्या योगानें सूर्याचा किरणोत्सर्ग अब्जावधि वर्षें चालू राहिलेला आहे.

वातावरण व जलावरण* यांच्या उद्गमाचा संबंध पृथ्वींतील उष्णतेच्या निर्मितीशीं निकटपणें जोडलेला असल्याचें दिसतें. ज्या घन

---

* जलावरण (हायड्रोस्फियर) : हें भूगोलाला व्यापून राहिलेल्या समग्र पाण्याला मिळून शास्त्रज्ञांनीं दिलेलें नांव आहे. यांत समुद्र, महासागर, नद्या, सरोवरें पर्वतावरील बर्फाराशि, भूपृष्ठखालील पाण्याचे थर, या सर्वांचा समावेश होतो.

कणांपासून व पदार्थांपासून पृथ्वी निर्माण झाली त्यांच्याबरोबरचं पृथ्वीवर पाणी व वायु अस्तित्वांत आले. पृथ्वीआदि ग्रहांच्या परिसरांतील कणांचें उष्णतामान खूप असल्यामुळें त्यांच्या लगतचे वायु गोठणें शक्य नसलें तरी त्या परिस्थितींत वायूचे अणु खूप मोठ्या प्रमाणांत त्यांच्या पृष्ठभागाला चिकटून राहिले होते. या कणांसमवेत ते मोठ्या पदार्थांच्यां रचनेंत सामील झाले आणि मागाहून खुद्द पृथ्वींच्याहि रचनेंत सामील झाले. याशिवाय, आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं दाखवून दिल्याप्रमाणें, दूरच्या ग्रहांच्या परिसरांतून बर्फमय पदार्थ पृथ्वीआदि ग्रहांच्या परिसरामध्यें घुसूं शकले असले पाहिजेत (आतां देखील यासारखीच प्रक्रिया चालू आहे—ती म्हणजे सूर्याच्या जवळ येत असलेले धूमकेतू; वर वर्णन केल्याप्रमाणें या धूमकेतूंचा गाभा "बर्फाचा" असतो). ते तापून त्यांचें बाष्पीभवन होण्यापूर्वी ते पृथ्वीवर आदळले असतील आणि त्यांनीं आपलें पाणी व वायु पृथ्वीला दिले असतील.

घन पदार्थांतून वायु बाहेर काढून लावण्याची उत्कृष्ट रीत म्हणजे तापविणें ही आहे. पृथ्वीच्या तापण्याच्या प्रक्रियेबरोबर पृथ्वीच्या खडकरूप द्रव्यांमध्यें अल्प प्रमाणांत असलेला वायु व पाण्याची वाफ बाहेर फेंकण्याचें काम चालू राहिलें. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर आल्यानंतर वाफ थिजून तिच्यापासून समुद्रांचें व महासागरांचें पाणी तयार झालें, आणि वायूंचें झालें वातावरण. या वातावरणाची मूळ घडण सध्याच्या वातावरणाच्या घडणीहून बऱ्याच अंशीं वेगळी होती. पृथ्वीच्या सध्याच्याव तावरणाची घडण तिच्या पृष्ठभागावरील वनस्पतिजीवन व प्राणिजीवन यांनीं बऱ्याच अंशीं प्रभावित झालेली आहे.

पृथ्वीच्या अंतर्भागांतून वायू व पाण्याची वाफ बाहेर येण्याचें काम आजच्या घटकेलाहि चालू आहे. ज्वालामुखींचे स्फोट झाले म्हणजे पाण्याची वाफ व कार्बन डायॉक्साइड खूप मोठ्या प्रमाणावर

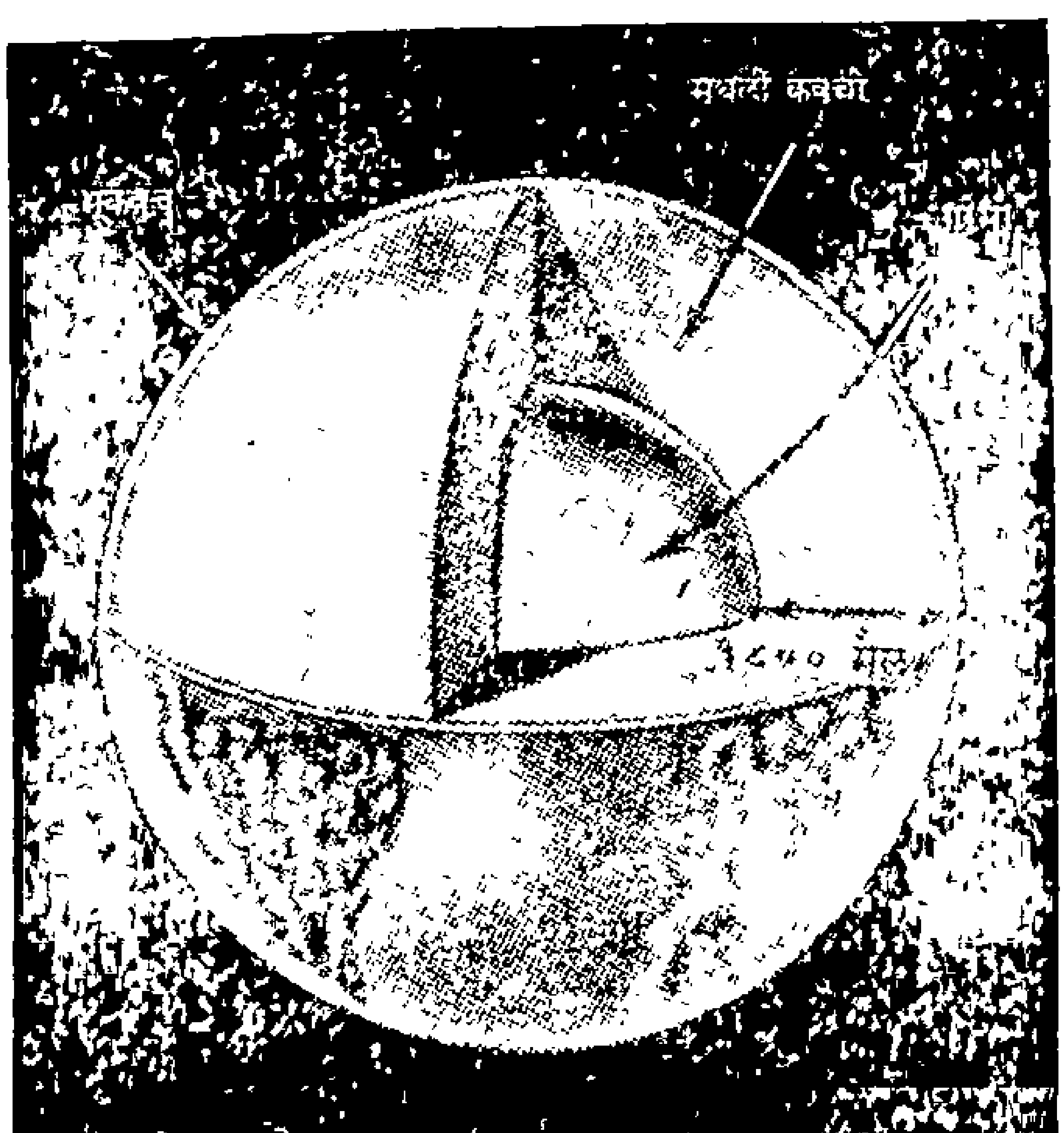
वातावरणांत फेंकले जातात; तसेंच जळणारे वायु पृथ्वीच्या अंतर्भागांतून वेगवेळया ठिकाणीं बाहेर येत असतात.

*　　　*　　　*

पृथ्वीच्या उद्गमाच्या नव्या उपपत्तीनें पृथ्वीवरील सजीव सृष्टीच्या उद्गमावर काय परिणाम केला या प्रश्नाचें विवरण आकादमीशियन ओपारिन यांनीं केलेलें असून तें बरेंच उद्‌बोधक आहे. ओपारिन यांच्या उपपत्तीनुसार पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील पाण्यामध्यें विरघळलेल्या अवस्थेंत असलेल्या साध्या सेंद्रिय संयोगांपासून (उदाहरणार्थ मेथेन व फॉर्मोल्डिहाइड) क्रमाक्रमानें गुंतागुंतीची वाढ होण्याची प्रक्रिया चालू झाली व तींतूनच सजीव सृष्टि निर्माण झाली. पृथ्वीचा उद्गम उष्ण वायूपासून झाला व ती उकळत्या अवस्थेंतून पार पडल्यावर तिला घन अवस्था प्राप्त झाली हें जें त्या वेळीं पुष्कळांनीं पुरस्कृत केलेलें मत होतें त्याला अनुसरून ओपारिन यांनीं ही उपपत्ति बसविली. उष्ण वायूचा गोळा अशी जी पृथ्वीची अवस्था होती त्या अवस्थेंत मेथेन वायु अस्तित्वांत असणें शक्य नव्हतें. मेथेन कसा तयार झाला याचा पत्ता लावतांना ओपारिन यांनीं अशी अटकळ बांधली, कीं पाण्याची उष्ण वाफ व कार्बाइड्स (धातु कार्बन संयोग) यांच्या प्रक्रियेच्या परिणामीं मेथेन निर्माण झाला असला पाहिजे. त्यांचें मत असें होतें कीं मेथेन व पाण्याची वाफ यांनीं भेगांतून वर जात जात पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर प्रवेश केला आणि अशा रीतीनें हा वायु पाण्यांत मिसळलेला आढळला. या बाबतींत हें लक्षांत ठेवलें पाहिजे कीं फक्त मेथेनची निर्मितीच तेवढी खूप उष्णतामानाच्या परिस्थितींत झाली असें मानलें आहे, आणि सजीव सृष्टीच्या उद्गमापर्यंतची पुढची

सगळी प्रक्रिया मात्र पाण्यांतच घडली आहे, म्हणजे १०० सेंटिग्रेड अंशांपेक्षां कमी उष्णतामानाच्या परिस्थितींत ही प्रक्रिया घडली आहे.

आकादमीशियन श्मिद्त यांच्या उपपत्तीनुसार वायु आणि पाण्याची वाफ हीं द्रव्यें पृथ्वीच्या घडणीमध्यें अगदीं सुरुवातीपासूनच लहान प्रमाणांत अस्तित्वांत होतीं. म्हणून आपल्या ग्रहाच्या विकासाच्या आरंभींच्या टप्प्यांमध्यें पाणी पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येणें शक्य होतें. अगदीं सुरुवातीपासूनच साध्यांतले साधे हायड्रोकार्बन आणि इतर रासायनिक संयोग या पाण्यामध्यें विरघळलेल्या अवस्थेंत होते. अशा प्रकारें विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राच्या नव्या उपपत्तीमध्यें, ओपारिन यांनीं अंदाजल्याप्रमाणें, सजीव सृष्टीच्या निर्मितीसाठीं लागणारी परिस्थिति पृथ्वीच्या जन्मापासूनच अस्तित्वांत होती असें गृहीत धरलें आहे.



आकृति १९. पृथ्वीची अंतर्गत रचना.

भूकंपाच्या लाटा कशा पसरतात याचें संशोधन १९ व्या शतकाच्या अखेरीस करण्यांत आलें. त्यावरून हें उघडकीस आलें, कीं पृथ्वीच्या खूप खोलांतल्या भागापर्यंत घनता संथपणेंच वाढत जाते, आणि नंतर मात्र ही वाढ एकदम होते. याचा अर्थ पूर्वीच्या मतानुसार असा लावण्यांत आला कीं पृथ्वीच्या पोटांत लोखंड व खडक यांची फाळणी कसोशीनें झाली असली पाहिजे.

आतां असें मत प्रस्थापित झालें आहे कीं पृथ्वीच्या घनदाट गाभ्याची सरहद्द तिच्या पृष्ठभागापासून सुमारें २९०० किलोमीटर (१८०० मैल) इतकी खोल आहे (आकृति १९). गाभ्याचा व्यास पृथ्वीच्या व्यासाच्या सुमारें निम्म्याइतका आहे आणि त्याचें वस्तुमान पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या सुमारें तिसऱ्या हिश्शाइतकें आहे.

कांहीं वर्षांपूर्वी बहुतेक भूगर्भशास्त्रज्ञ, भूभौतिकशास्त्रज्ञ आणि भूरसायनशास्त्रज्ञ यांचें असें मत होतें कीं पृथ्वीचा घनदाट गाभा हा उल्कापाषाणांमध्यें असलेल्या द्रव्यांसारखा निकेल लोखंडाचा आहे. त्यांच्या मतें पृथ्वी उकळत्या अवस्थेंत असतांनाच लोखंड तिच्या केंद्र-स्थानीं जाऊन बसलें असलें पाहिजे. पण १९३९ सालीं भूस्तर-शास्त्रज्ञ व्ही. एन्. लोदोच्निकोव यांनीं असें दाखवून दिलें कीं ही उपपत्ति आपल्याला गृहीत धरतां येत नाहीं. त्यांचें म्हणणें असें कीं वरच्या थरांच्या अवाढव्य वजनामुळें पृथ्वीच्या अंतर्भागावर जो प्रचंड दाब येतो त्या दाबाखालीं तिथल्या द्रव्याची काय अवस्था होते या-विषयीं आपल्याला जवळजवळ कांहींच माहिती नाहीं. लोदोच्निकोव यांच्या मतें पृथ्वींतील द्रव्याच्या घटनेंतील आणि इतर गुणधर्मांतील फेरफार आस्ते आस्ते होत होते; परंतु वाढत्या दाबामुळें ही बदल होण्याची क्रिया झपाट्यानें चालली असली पाहिजे.

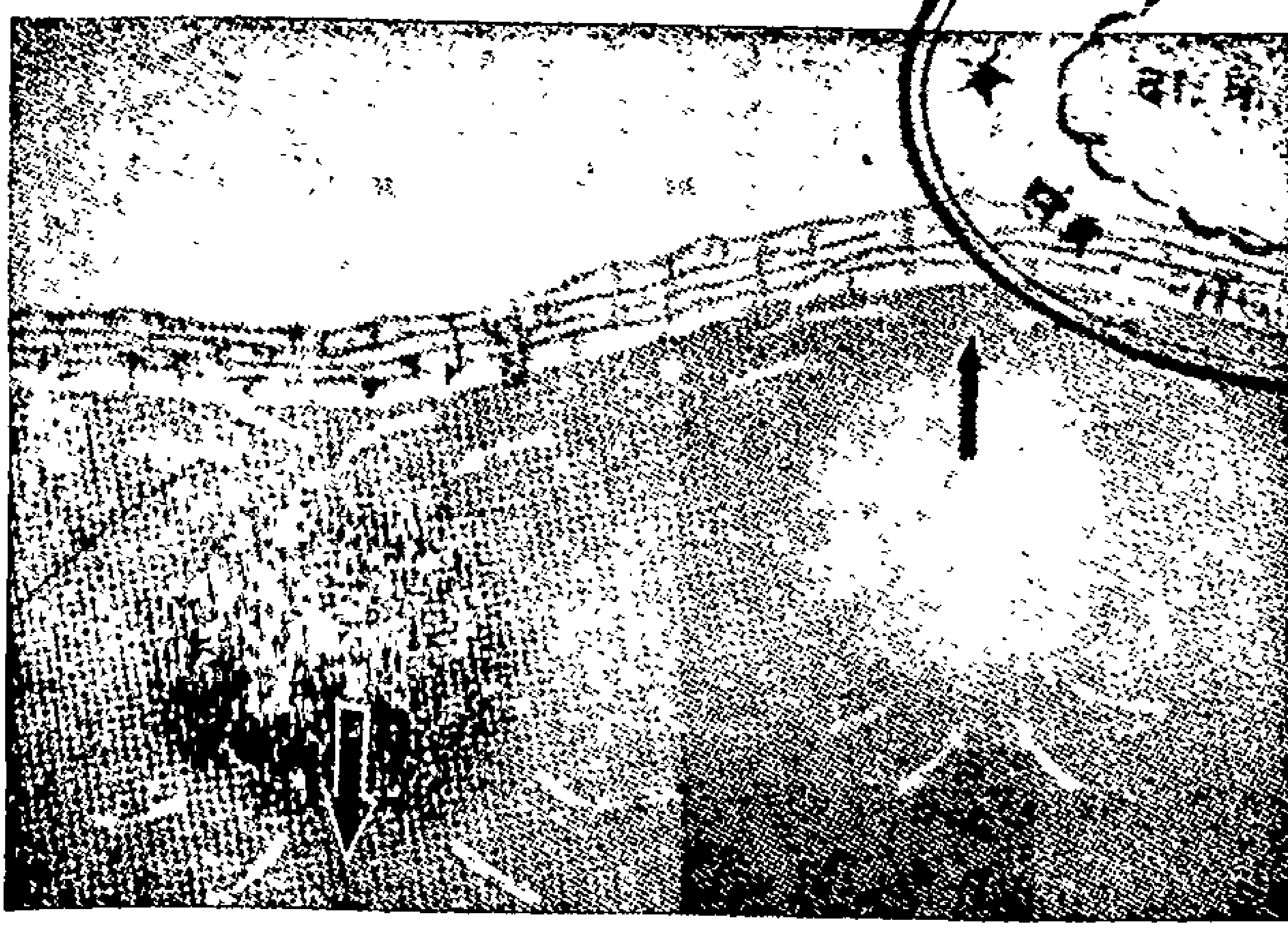
आकादमीशियन शिमदूत यांनीं आपल्या उपपत्तीचें विवरण

करतांना अशी अटकळ बांधली कीं पृथ्वीचा अंतर्भाग तापल्यानंतर तिच्या द्रव्याच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तींत फेरफार झाले आणि हे फेरफार पृथ्वीचा गाभा लोखंडाचा होण्याला कारणीभूत झाले. श्मिद्त यांच्या या अटकळीला या प्रक्रियेच्या कमालीच्या मंदगतीचा प्रत्यवाय आला तथापि लवकरच लोदोच्निकोव यांच्या मतांचा आणखी विकास झाला. आणि त्यामुळें पृथ्वीचा गाभा लोखंडाचा कसा झाला याचा खुलासा करण्याची जरूरीच राहिली नाहीं. कमालीच्या प्रचंड दडपणामुळें द्रव्याच्या गुणधर्मांमध्यें एकदम बदल होतो या गोष्टीला सोपपत्तिक गणिताचा पाठपुरावा मिळाला. पृथ्वीचा घनदाट गाभा लोखंडाचा नसून मुख्यत्वेंकरून खडकरूप द्रव्याचा आहे आणि या द्रव्यावर वातावरणाच्या १४,००,००० पट दाब असल्यामुळें (गाभ्याच्या बाह्य पृष्ठभागावर येवढा दाब आहेच), या द्रव्यामध्यें एकदम बदल होऊन त्याला अधिक घनदाट स्थिति प्राप्त झाली, असें गृहीत धरल्यास पृथ्वी आणि पृथ्वीआदि ग्रहांच्या गटांतील इतर पदार्थ यांच्या संबंधांतील सर्व उपलब्ध माहितीचा उत्कृष्ट उलगडा होतो. (या पदार्थांच्या घडणी-संबंधांतील जे निष्कर्ष याच्या अगोदर पान ६३-६६ वर दिलेले आहेत, तेपृथ्वीच्या गाभ्याविषयींच्या या कल्पनेच्या आधारानेंच काढलेले होते.)

गणितांवरून हें दिसून येतें कीं पृथ्वीच्या पोटांत सुमारें १६० मैल खोल गेल्यावर तिथें पृथ्वीच्या अंतर्भागांतील दडपण वातावरणाच्या १००,००० पट भरतें आणि पृथ्वीच्या केन्द्राशीं हें दडपण वातावरणाच्या ३०,००,००० पटींहून अधिक भरतें. म्हणजे पृथ्वीच्या द्रव्याचें उष्णतामान कित्येक हजार अंश झालें तरी हें द्रव्य नेहमींच्या अर्थानें द्रवरूप आहे असें मानतां येत नाहीं; हें द्रव्य डांबरासारखें आकारहीन, म्हणजे ना द्रव, ना घन, असें मानतां येईल. शक्तींचा प्रभाव या द्रव्यावर सतत पडत असल्यामुळें त्याच्यामध्यें बदल सावकाश

होतो आणि याच्या आकाराला विकृति येते. उदाहरणार्थ, पृथ्वी आपल्या आंसाभोंवतीं भ्रमण करीत असतांना, केन्द्रोत्सारी शक्तींमुळें, ती जणुं काय द्रव पदार्थ असल्याप्रमाणें तिला चपटा आकार आला. त्याच वेळीं, तात्पुरता प्रभाव पाडणाऱ्या शक्तींना अनुलक्षून तिची प्रतिक्रिया जी होते ती एखाद्या घन पदार्थासारखी होते. तिची स्थितिस्थापकता पोलादापेक्षां अधिक असते. भूकंपाच्या लाटांचा जो प्रसार पृथ्वीमध्यें होतो त्यामध्यें ही गोष्ट उघड दिसून येते.

पृथ्वीच्या अंतर्भागाचें स्वरूप नरम असल्यामुळें गुरुत्वाकर्षणाच्या योगानें तिच्या आंतल्या भागांतील द्रव्याची सावकाश हालचाल



आकृति २०. पृथ्वीच्या अंतर्भागांत जड थर खालीं जातात व हलके थर वर येतात.

होत असते : जड द्रव्यें आंत केन्द्राकडे जातात आणि हलकीं द्रव्यें वर पृष्ठभागाकडे येतात (आकृति २०). थर तयार व्हायचें हें काम इतकें

सावकाश चालतें कीं हें काम गेलीं कित्येक अब्ज वर्षें चालू असून देखील पृथ्वीच्या केन्द्राकडे अधिक जड द्रव्यांचें केन्द्रीकरण फारच अल्प प्रमाणांत झालेलें आहे. पृथ्वीच्या पोटांत थर तयार व्हायचें काम आतां नुकतेंच कुठें सुरू झालें आहे, व तें आतां आपल्या पायां-खालीं चालू आहे, असें आपण म्हणूं शकतों.

पृथ्वीच्या पोटांतील द्रव्यांची उलथापालथ ही पृथ्वीच्या कवचाच्या मोठमोठ्या क्षेत्रांचें वर येणें व खचणें या क्रियांवरून दिसून येते. ही उलथापालथ भूकंपांच्या रूपांतहि दिसून येते. द्रव्यांच्या हालचालींमुळें ताण खूप सांठून राहतात आणि या ताणांचा भयंकर रीतीनें स्फोट झाला म्हणजे भूकंप होतात आणि त्यामुळें पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या कांहीं भागांना हादरे बसतात.

पूर्वी असें मत मांडत असत कीं उष्ण वायूपासून पृथ्वी उत्क्रांत झाल्यावर पृथ्वी फार झपाट्यानें थंड झाली आणि ती अल्पकाळ उकळत्या अवस्थेंत राहिल्यानंतर तिच्यावर घन कवचाचें आवरण आलें. पृथ्वीचा अंतर्भाग आणखी थंड झाल्यावर तिचें आकारमान कमी झालें आणि तिच्या आकुंचित होत असलेल्या अंतर्भागाच्या वरच्या अंगाला तिचें कवच खचल्यामुळें या कवचाच्या घड्या पडल्या आणि त्यांतून तिच्या पृष्ठभागावरील पर्वतांच्या रांगा तयार झाल्या. हाच तो तथाकथित आकुंचनाचा उपन्यास. गेल्या शतकाच्या चवथ्या दशकांत हा उपन्यास पुढें आला. पर्वत कसे निर्माण झाले या संबंधांतील या उपन्यासाचा प्रभाव बराच काळ चालू होता. परंतु भूगर्भशास्त्रज्ञांनीं पृथ्वीच्या कवचाचा अधिक चांगला अभ्यास केल्यानंतर त्यांना हें दिसून आलें कीं पर्वतांच्या प्रदेशांमध्यें वर येणें आणि खचणें या क्रिया आलटून पालटून इतक्या गुंतागुंतीच्या रीतीनें चाललेल्या आहेत कीं त्यांचा उलगडा या आकुंचनाच्या उपन्यासाला करतां येत नाहीं. असें असूनहि

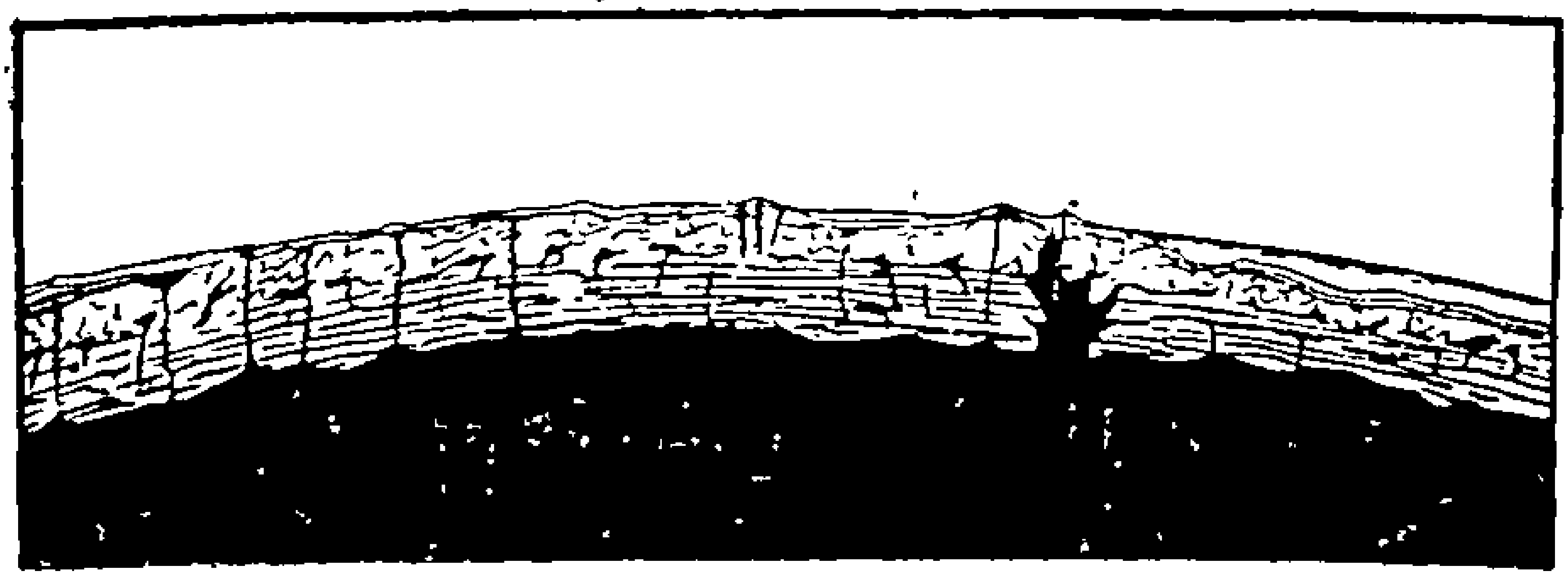
कांहीं भूगर्भशास्त्रज्ञ आजपावेतों देखील या उपन्यासाला चिकटून बसलेले आहेत.

पृथ्वीच्या उद्गमाच्या नव्या उपपत्तीमध्यें पृथ्वी ही थंड झालेली आहे असें मानलेलें नसून उलटपक्षीं ती तापत आहे असें मानलेलें आहे, आणि या नव्या उपपत्तीनुसार पृथ्वीच्या कवचाच्या निर्मितीचें चित्र वेगळेंच रेखाटलेलें आहे. आतां आपल्या निरीक्षणांत असें आलें आहे कीं पृथ्वीचा अंतर्भाग तापण्याची प्रक्रिया चालू असतांना अधिक हलके खडक वर सरकत सरकत तिच्या पृष्ठभागावर आले (आकृति २१) आणि अशा रीतीनें पृथ्वीचे सगळ्यांत वरचे थर निर्माण झाले. ही प्रक्रिया खूप दीर्घकालपर्यंत चालू असावी आणि भूगोलाच्या निरनिराळ्या भागांमध्यें ती निरनिराळ्या मार्गांनीं चालू राहिली असावी.

पृथ्वीच्या उद्गमाची नवी उपपत्ति पृथ्वीच्या उत्क्रान्तीच्या भूस्तर-पूर्वकालीन अवस्थेबाबतच्या आपल्या मतांमध्यें खूपच बदल घडवून आणते, आणि म्हणून पृथ्वीच्या सध्याच्या बाह्य आकाराचा उद्गम कसा झाला याचा तलास लावण्याच्या कामीं भूगर्भशास्त्रज्ञांना या उपपत्तीची मदत होईल अशी अपेक्षा करतां येते. या उपपत्तीच्या मदतीनें भूगर्भशास्त्रज्ञांना पर्वतांच्या निर्मितीची अशी उपपत्ति बसवितां येईल, कीं जींत पर्वतांच्या गुंतागुंतीच्या पूर्वस्थितीचें वर्णन दिलेलें असेल इतकेंच नव्हे तर त्यांचें कारणहि उघड करून दाखविलेलें असेल आणि पृथ्वीच्या खोलांतल्या अंतर्भागांतील द्रव्यांच्या हालचालींशीं त्यांचा संबंध काय आहे तोहि उघड करून दाखविलेला असेल.

पृथ्वीच्या अंतर्गत उष्णतेपासून आपली शक्ति प्राप्त करून घेणाऱ्या ज्वालामुखींच्या प्रक्रिया ह्या पर्वतांच्या निर्मितीशीं निकटपणें निगडित झालेल्या आहेत. श्मिदत यांची उपपत्ति बाजूला ठेवून पृथ्वीच्या अतिप्राचीन उष्णतेविषयीं नव्हे तर पृथ्वीच्या अंतर्गत उष्णते-

विषयीं अलीकडे भूगर्भशास्त्रज्ञ स्वतंत्रपणें बोलूं लागले आहेत. भूस्तर-विषयक प्रक्रियांमध्यें उष्णतेच्या रेडिओ-ॲक्टिव्ह निर्मितिसाधनांना केवढें महत्त्वाचें स्थान आहे याची वाढती जाणीव हेंच याचें कारण



आकृति २१. भूकवचाचा छेद.

आहे. गेल्या शतकाच्या आठव्या दशकांत त्रेदिखिनच्या हें लक्षांत आलें कीं सध्यांच्या भूस्तरविषयक प्रक्रियांचा संबंध पृथ्वीच्या आरंभींच्या उष्णतेशीं नसून शक्तीच्या कसल्या तरी प्रकारच्या कायमच्या उगमस्थानांशीं आहे.

शक्तीच्या या उगमस्थानाचा शोध रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूल-द्रव्यांच्या रूपानें विसाव्या शतकाच्या आरंभीं लागला. पृथ्वीच्या उद्गमाच्या नव्या उपपत्तीनें शक्तीचें आणखी एक उगमस्थान निर्दिष्ट केलें आहे; तें म्हणजे गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावानें पृथ्वीच्या अंतर्भागाचें स्तरीकरण* चालूं असतांना निर्माण होणारी उष्णता हें होय. परंतु यामुळें, ज्वालामुखींचे स्फोट कसे होतात याविषयींच्या ज्ञानामध्यें नवीन भर कसलीच पडत नाहीं.

* स्तरीकरण ही अत्यंत मंद गतीनें होणारी प्रक्रिया आहे, म्हणून उष्णतेच्या शक्तीची निर्मिती देखील फार कमी प्रमाणांत होते.

८. पृथ्वीचें वय

बायबलांत सांगितलेल्या पृथ्वीच्या वयाच्या पलीकडे जाण्याचा पहिला प्रयत्न अठराव्या शतकांत फ्रेंच निसर्गशास्त्रज्ञ बफ्फन यानें केला. सूर्याच्या "टाकून दिलेल्या" उष्ण द्रव्यापासून आपला ग्रह उद्भवला ही गोष्ट गृहीत धरून तिच्या आधारावर त्यानें आपला उपन्यास बसविला. तापवून लाल केलेले लोखंडाचे गोळे थंड कसे होतात याचें संशोधन केल्यानंतर बफ्फननें असा निष्कर्ष काढला कीं पृथ्वीचें वय अंदाजें ७०,००० वर्षांचें आहे.

१९ व्या शतकांतच भूस्तरशास्त्रज्ञांना पृथ्वीच्या वयाचा हिशेब अधिक बिनचूकपणें करण्याची रीत सांपडली. समुद्रांच्या व महासागरांच्या तळाशीं खडक बनविणारा गाळ बसण्याच्या वेगाचा अभ्यास करून आपल्याला खडक बनलेल्या गाळाच्या थरांच्या जाडीवरून वेगवेगळ्या भूस्तरविषयक कालखंडांच्या मुदतीचा हिशेब काढतां येतो. सध्यां समुद्राच्या पाण्यांत असलेल्या मिठाचें सांठवण व्हायला किती काळ लागला हें आपल्याला नद्यांनीं समुद्रांत व महासागरांत वाहून नेलेल्या मिठाच्या अत्यल्प प्रमाणाचा हिशेब करून अंदाजतां येतें. या अभ्यासाचा परिणाम म्हणून भूगर्भशास्त्रज्ञांनीं अगदीं अलीकडील भूस्तरविषयक कालखंडांची मुदत कोट्यावधि वर्षांची ठरविलेली आहे, आणि म्हणून पृथ्वीचा एकंदर इतिहास म्हणजे तिचें संपूर्ण वय याहून किती तरी अधिक मोठें असलें पाहिजे.

परंतु गाळाचे खडक बनण्याचा वेग अनेक घटकांवर अवलंबून असतो; भूस्तरांच्या अतिप्राचीन काळाच्या बाबतींत या घटकांचा

हिशेबच करतां येत नाहीं. म्हणजे अतिप्राचीन खडकांच्या बाबतींत पृथ्वीचें वय ठरवायची वर सांगितलेली रीत अत्यंत बेभरंवशीक ठरली.

२०व्या शतकांत मात्र रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांचा शोध लागल्यानंतर आणि त्यांच्या विघटनेचा अभ्यास झाल्यानंतर वेगवेगळ्या भूस्तररचनांचे कालनिर्णय मजबूत पायावर उभे करतां आले. अलिकडच्या कांहीं वर्षांमध्यें एका बाजूला सोपपत्तिक भौतिकशास्त्राची कामगिरी आणि दुसऱ्या बाजूला विश्व-उत्पत्ति-शास्त्राची कामगिरी या दोहोंच्या योगानें खुद्द पृथ्वीच्या वयाच्या संशोधनकार्यांत चांगलीच प्रगति झालेली आहे. रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूल द्रव्यांची (म्हणजे युरेनियम, थोरियम, पोटॅशियम इत्यादिकांची) विघटना ही काळाचें मोजमाप करायला उपयोगी पडूं शकते, कारण या विघटनेचा वेग सगळीकडे जवळ जवळ सारखाच असतो. आपल्या प्रयोगशाळांमध्यें निर्माण केलेलीं उष्णतामानें व दाब, किंबहुना पृथ्वीच्या खूप खोलांतलीं उष्णतामानें व दाब, या विघटनेच्या वेगावर अगदींच अल्प प्रभाव पाडतात.

नैसर्गिक परिस्थितींत पृथ्वीवर रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्य कुठेंहि असलें तरी एका वर्षांत विघटित होणाऱ्या त्याच्या परमाणूंचें प्रमाण सर्वत्र कायमचें ठरलेलें असतें. युरेनियम, थोरियम आणि पोटॅशियम यांची विघटना फार मंद गतीनें चाललेली असते, त्यांचे केवळ निम्मे परमाणू विघटित व्हायला कोट्यावधी किंबहुना अब्जावधि वर्षे लागलीं. म्हणूनच हीं मूलद्रव्यें पृथ्वीच्या निर्मितीच्या वेळीं तिच्या द्रव्याचा फारच अल्प अंश असून देखील तीं अद्यापहि पृथ्वीवर अस्तित्वांत आहेत.

कोणत्याहि धातूमधील रेडिओ-ॲक्टिव्ह परमाणूंची संख्या मोजायची आणि त्यांच्या विघटनेंतून निर्माण झालेल्या परमाणूंची संख्या मोजायची आणि शिवाय विघटनेचा वेग माहीत करून घ्यायचा, म्हणजे विघटनेंतून निर्माण झालेल्या परमाणूंचा सांठा जमा व्हायला

वेळ किती लागला याचें गणित सहज करतां येतें, म्हणजेच आपल्याला त्या धातूच्या वयाचा हिशेब करतां येतो.

धातूंच्या मातीचें व धातूंचें वय अजमावायची ही रीत दिसायला सोपी दिसत असली तरी तिच्या व्यावहारिक उपयोगांत पुष्कळच अडचणी येतात. परमाणूंचें अत्यल्प प्रमाण मोजायची अडचण एक असो; आपण धातूचा नमुनाहि जपून पसंत केला पाहिजे; त्याचा भोंवतालच्या परिस्थितीशीं क्रियाप्रतिक्रियाशील संबंध आलेला नसला पाहिजे, म्हणजेच त्या धातूंतील रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्य अगर मूलद्रव्याच्या विघटनेंतून निर्माण झालेले परमाणु यांचें प्रमाण या संबंधांमुळें कमजास्त झालेलें असतां कामा नये. शेवटीं, आपली एक तर अशी खात्री असली पाहिजे, कीं या धातूच्या निर्मितीच्या क्षणीं शिसें म्हणा अगर विघटना-निर्मित मूलद्रव्य म्हणा धातूच्या मूळ रचनेंत मुळींच नव्हतें, किंवा जर तसलें कांहीं असलेंच तर त्याचें मूळ प्रमाण आपल्याला बिनचूक हिशेबानें काढतां आलें पाहिजे.

अडचणी अनेक आहेत, पण त्या जर दूर केल्या अगर त्यांच्यावर मात केली, तर रेडिओ-ॲक्टिव्ह पद्धति कसल्याहि अन्य उपन्यासांच्या मदतीशिवाय पृथ्वीचें निश्चित वय सांगते. अशा प्रकारें मोजलेल्या सर्वांत जुन्या रेडिओ-ॲक्टिव्ह धातूंचें वय २०० ते २५० कोटि वर्षांचें असल्याचा समज अगदीं अलीकडेपर्यंत होता. पण अलीकडच्या कांहीं वर्षांमध्यें ३०० कोटि वर्षांच्या वयाच्या धातू सांपडल्या आहेत.

परंतु संशोधित विषय जर आपल्याला हव्या असलेल्या कालखंडांत भोंवतालच्या परिस्थितीपासून अलग राहिलेला नव्हता हें आपल्याला माहीत असेल, किंवा, उलटपक्षीं, या परिस्थितीशीं क्रियाप्रतिक्रियाशील संबंध येऊन त्याचा विकास झालेला असेल, तर मात्र प्रकार वेगळा होतो. या बाबतींतहि रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्यें अगर

त्यांच्या विघटनेंतून निर्माण झालेले परमाणु यांचा अभ्यास वयनिश्चितीला मदत करतो, परंतु केलेल्या हिशेबाचा बिनचूकपणा व तंतोतंतपणा संशोधनविषयाची वयनिश्चिती ज्यावर आधारलेली आहे त्या त्याच्या गृहीत विकासाच्या बिनचूकपणावर व तंतोतंतपणावर बहुतांशीं अवलंबून असतो.

निरनिराळ्या थरांतील शिशाच्या रचनेचा अभ्यास करून आणि पृथ्वीच्या अगदीं जन्मापासून तिच्या द्रव्यामध्यें अस्तित्वांत असलेले शिशाचे आयसोटोप आणि त्याचबरोबर युरेनियम व थोरियम यांच्या विघटनाच्या परिणामीं निर्माण झालेले शिशाचे आयसोटोप या दोहोंचें प्रमाण मोजून, ब्रिटिश शास्त्रज्ञ होम्स यांनीं १९४०-४५ च्या दरम्यान असा निष्कर्ष काढला, कीं पृथ्वी ३५० कोटि वर्षें वयाची आहे.

होम्स यांच्या कामगिरीचा विचार चिकित्सक बुद्धीनें न करण्याच्या प्रवृत्तीचा परिणाम असा झाला, कीं त्यांनीं केलेला पृथ्वीच्या वयाचा हिशेब विश्वसनीय म्हणून मान्यता पावला. वस्तुतः होम्स यांनीं जो हिशेब केला तो पृथ्वीच्या वयाचा नसून पृथ्वीच्या कवचाच्या वयाचा होता आणि तो करतांना त्यांनीं पृथ्वीची निर्मिती सूर्यापासून फुटून निघालेल्या तप्त वायुमय द्रव्यांतून झाली असल्याची आतां मागें पडलेली कल्पना आधाराला घेतली होती. होम्स यांनीं असें गृहीत धरलें, कीं १५००० वर्षांनीं पृथ्वीचें मूळचें तप्त वायुमय द्रव्य त्याच्यावर घन कवचाचें आवरण येण्याइतकें पुरेसें थंड झालें होतें आणि म्हणून त्यांनीं असा युक्तिवाद मांडला कीं पृथ्वीचें वय जवळजवळ तिच्या कवचाच्या वयाइतकेंच आहे.

१९५१-५२ सालीं आकादमीशियन ए. पी. विनोग्रादोव यांनीं सगळ्या माहितीचें काळजीपूर्वक विश्लेषण केलें आणि असा निष्कर्ष काढला कीं केवळ शिशासंबंधांतील माहितीच्या आधारावर पृथ्वीच्या

कवचाचें वय निश्चित करणें अशक्य आहे. फार फार तर या बाबतींत इतकेंच म्हणतां येईल कीं, हें कवच ५०० कोटी वर्षांपेक्षां अधिक जुनें नाहीं.

पृथ्वी ही एकंदरीनें तिच्या कवचापेक्षां अधिक वयस्क आहे हें निर्विवाद. परंतु सध्यांच्या रेडिओ-ॲक्टिव्ह पद्धतींनीं तिच्या वयाची प्रत्यक्ष निश्चिति करतां येत नाहीं. जें ठरवितां येतें तें तिच्या द्रव्याचें वय. म्हणजे आज ज्या द्रव्याला आपण पृथ्वी म्हणतों त्या द्रव्याला अशी अवस्था येऊन किती कोटि वर्षे झालीं कीं जीमध्यें विघटित परमाणूंच्या जागीं नवे रेडिओ-ॲक्टिव्ह परमाणु तयार होण्याची क्रिया थांबली ? हा हिशेब पुढीलप्रमाणे करतां येतो.

युरेनियमच्या परमाणूंचे दोन आयसोटोप अनुक्रमें २३५ व २३८ अशा ॲटॉमिक वजनाचे आहेत. युरेनियम-२३५ हा युरेनियम-२३८ पेक्षां पुष्कळच अधिक वेगानें विघटित होतो आणि या कारणास्तव तो दुसऱ्याच्या १३९व्या हिश्शाइतकाच आज पृथ्वीवर शिल्लक आहे. सोपपत्तिक भौतिकशास्त्र आपल्याला असा निर्वाळा द्यायचा अधिकार देतें कीं जेव्हां युरेनियम जन्माला आला तेव्हां दोन्ही आयसोटोप्सचे परमाणु जवळ जवळ सारख्याच प्रमाणांत अस्तित्वांत होते. यावरून, दोन्ही आयसोटोप्सच्या विघटनाचा वेग आपल्याला माहीत असल्यामुळें, युरेनियम-२३५ हा युरेनियम-२३८ चा १३९ वा हिस्सा व्हायला किती वेळ लागला याचा हिशेब काढणें सोपें आहे. यावरून हें सिद्ध होतें कीं युरेनियमचें वय, आणि त्याचबरोबर पृथ्वीच्या सर्वसाधारण द्रव्याचें वय ५०० ते ७०० कोटि वर्षांच्या दरम्यान आहे.

आकादमीशियन श्मिद्त यांनीं दहा वर्षांपूर्वीं आपल्या विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रात्मक उपपत्तीच्या आधारें पृथ्वीच्या वयाचा हिशेब काढला.

पहिल्यांदा ढगामध्यें कण विपुल होते. तेव्हां ग्रहांची वाढ झपाट्यानें झाली. पण कणांचा सांठा जसजसा घटत गेला तसतसें वाढीचें प्रमाण कमी झालें आणि आज तर ग्रहांच्या वस्तुमानामध्यें जवळ जवळ कांहींच वाढ होत नाहीं म्हटलें तरी चालेल. ही गोष्ट खरी, कीं आतां पृथ्वीवर ग्रहांच्या दरम्यानचे पदार्थ अजूनहि येऊन आदळतात; हे पदार्थ म्हणजे उल्कापाषाण व लहान लहान उल्का-रूपी पदार्थ होत; हे पदार्थ विघटित होऊन वातावरणाच्या वरच्या थरांमध्यें विरून जातात. २४ तासांच्या एका फेऱ्यांत पृथ्वीवर शेंकडों टन उल्कायुक्त द्रव्य आदळतें. परंतु पृथ्वीचें आकारमान व वस्तुमान यांच्याशीं तुलना करतां हें प्रमाण सर्वस्वीं दुर्लक्ष करण्याइतकें अल्प आहे—एक मिलिमीटर जाडीचा उल्कापाषाणाच्या धुळीचा थर पृथ्वी-वर बसायला कोट्यवधि वर्षें लागतील.

पृथ्वीचा वयाचा हिशेब करतांना श्मिदृत यांनीं आकाशस्थ द्रव्य पृथ्वीवर आदळल्यामुळें पृथ्वीच्या वस्तुमानामध्यें सध्यांच्या काळीं वाढ किती होते या माहितीचा आधार घेतला. या वाढीचें प्रमाण जें विज्ञानानें दहा वर्षांपूर्वीं मान्य केलें होते तें दर २४ तासांना एक टन असें होतें, आणि या हिशेबानें श्मिदृत यांनीं पृथ्वीचें वय ७५० कोटि वर्षांचें ठरविलें. आणखी अलीकडील संशोधनावरून हें दिसून आलें कीं पृथ्वीच्या वस्तुमानामध्यें सध्यां प्रत्यक्ष पडत आलेली भर पुष्कळच अधिक मोठी आहे आणि तिचें एकंदर प्रमाण दर २४ तासांच्या फेऱ्यांत शेंकडों किंबहुना बहुधा हजारों टन भरतें. परंतु या बाबतींत, गणितानें, पृथ्वीचें वय अंदाजें ५०० ते ६०० कोटि वर्षें असायला हवें.

धातू, पृथ्वीचें कवच, खुद्द पृथ्वी आणि पृथ्वीचें द्रव्य, यांच्या वयासंबंधांतील सगळ्याच माहितीचा समाधानकारकपणें मेळ बसतो. श्मिदृत यांच्या विश्व-उत्पत्ति-शास्त्रात्मक उपपत्तीची जोड या माहितीला

दिल्यानंतर पृथ्वीच्या विकासाचें पुढील चित्र आपल्यासमोर उभें राहतें.

सुमारें ६०० कोटि वर्षांपूर्वीं, आज ज्या द्रव्याला आपण पृथ्वी म्हणतों त्या द्रव्याची अवस्था, परमाणुकेंद्रें व रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूल-द्रव्यें यांच्या निर्मितीला अनुकूल होती. मागाहून कांहींशें कोटि वर्षांनंतर, हें द्रव्य अजूनहि अपुऱ्या अभ्यासलेल्या अनेक अवस्थांमधून गेल्यानंतर, सूर्याभोंवतालच्या वायु-धूळ-मिश्रित प्रचंड ढगाचें रूप पावलें आणि त्याचें परिवर्तन, तुलनात्मक दृष्ट्या झपाट्यानें, आपली पृथ्वी धरून ग्रहरूपी मोठ्या पदार्थांच्या लहान गटामध्यें झालें.

रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांच्या विघटनेच्या बरोबर उष्णता निर्माण झाली. लहान लहान कणांतून ही उष्णता अवकाशांत विरून गेली, परंतु कणांचा जेव्हां प्रचंड पदार्थ—म्हणजे पृथ्वी तयार झाली, तेव्हां ही उष्णता तिच्या अंतर्भागामध्यें सांठूं लागली. अंतर्गत द्रव्याचा कांहीं भाग सुमारें ४०० ते ५०० कोटि वर्षांपूर्वीं वितळूं लागला.

अधिक हलकीं वितळतीं द्रव्यें क्रमाक्रमानें पृथ्वीच्या पृष्ठभागा-कडे ढकललीं गेलीं आणि तिथें कालांतरानें त्यांच्यापासून विविध खड-कांनीं व धातूंनीं युक्त असें पृथ्वीचें कवच तयार झालें. हें कवच सतत बदलत आहे, त्याचे वरचे थर पाण्याच्या प्रवाहांनीं धुतले जात आहेत आणि ते पुन्हां समुद्राच्या व महासागराच्या तळाशीं खडक होणाऱ्या गाळाचे रूप धारण करीत आहेत; हे खडक होणाऱ्या गाळाचे थर फुटून त्यांच्या घड्या तयार होतात; अंतर्गत द्रव्याचे नवनवे भाग पृष्ठभागावर येण्याचे मार्ग काढत असतात. असें असूनहि भूगर्भशास्त्र-ज्ञांनीं ३०० कोटि वर्षें वयाच्या कांहीं प्राचीन धातूंचा पत्ता लावला आहे आणि या धातूंमध्यें नंतरच्या भूस्तरविषयक प्रक्रियांमुळें कस-लाहि महत्त्वाचा बदल झालेला नाहीं.

पृथ्वीच्या उत्क्रांतीचा सध्यांचा टप्पा हा तिच्या वयांत येण्याचा टप्पा म्हणून त्याचें वर्णन करणें ठीक होईल. आणिक कांहींशें कोटि वर्षें लोटतील आणि तिचा अंतर्भाग क्रमाक्रमानें थंड व्हायला लागून त्यामुळें त्यांत घडणाऱ्या हालचाली मंद मंद होत होत बंद पडतील.

पृथ्वी आणखी किती वयापर्यंत पोंचेल आणि तें फार दूरचें भवितव्य कशा प्रकारचें असेल याविषयीं विज्ञानाला अजून फारच अंधुक कल्पना आहे. सध्यांच्या काळांत वैज्ञानिक मुख्यत्वेंकरून तिच्या भूतकाळाचाच अभ्यास करण्यांत गुंतलेले आहेत, कारण तिची सध्यांची अवस्था समजून घेण्यासाठीं हा अभ्यास आवश्यक आहे.

निष्कर्ष

सूर्यमालेच्या उद्गमाचें संपूर्ण चित्र उभें करण्यासाठीं अजून पुष्कळसें करायचें बाकी आहे.

एकंदर प्रश्नांपैकीं कांहींची मुळीं अजिबातच तपासणी झालेली नाहीं आणि इतर कांहींचें संशोधन आतांपर्यंत झालें आहे त्यापेक्षां अधिक तपशीलवार झालें पाहिजे. उदाहरणार्थ, आपल्या पृथ्वीला तिच्या वस्तुमानाच्या अवघ्या ८२व्या हिश्शाइतकें वस्तुमान असलेला असा चंद्र हा उपग्रह कां असावा, आणि इतर ग्रहांना मात्र त्यांच्या कित्येक हजारांशांनीं व दशलक्षांशांनीं लहान वस्तुमान असलेले उपग्रह कां असावेत ? चद्राचा पृष्ठभाग आकाराला कसा आला ? मंगळावर उंच पर्वत व पर्वतांच्या रांगा कां नाहींत ? आपण आतां निरीक्षण करतों ते धूमकेतू ज्या धूमकेतूंच्या प्रचंड थव्यांतून आले तो थवा कशांतून निर्माण झाला ? बहुतेक उल्कापाषाणांचा एक महत्वाचा घटक असलेले जे बारीक गोलक, Chondrules, त्यांचा उद्गम कशांतून झाला ?

हे आणि किती तरी इतर प्रश्न अजून उत्तराची वाट तरी पाहत आहेत, किंवा त्यांचें उत्तर फारच ढोबळ व अंदाजी स्वरूपाचें आहे.

लहान पदार्थ, धूमकेतू, लघुग्रह आणि उल्कापाषाण यांच्या उद्गमाचें संशोधन, ग्रहांच्या आणि उपग्रहांच्या निर्मितिप्रक्रियेचा पुढील अभ्यास, सूर्याची निर्मिती व उत्क्रांति यांच्या संशोधनांशीं अधिक निकट संबंध, आणि शेवटची गोष्ट म्हणजे सूर्यमालेंतील ग्रहादि पदार्थांच्या रचनेसंबंधांतील माहितींत धिमेधिमे पडत असलेली अधिक भर, या सर्वच गोष्टी श्मिदूत यांच्या उपपत्तीची आणखी प्रगति करतील, तिच्यांत बदल करतील आणि तिच्या कांहीं भागांमध्यें दुरुस्ती करतील, हें निःसंशय. पण महत्त्वाची गोष्ट ही आहे, कीं ग्रहरचनाप्रक्रियेची आवश्यक लक्षणें सोवियेत विज्ञानानें अगोदरच उघड करून दाखविलेलीं असून तिच्या पुढील विकासाचा योग्य रस्ता त्यानें आंखून दिलेला आहे.

सोवियेत खगोलशास्त्रज्ञ आपला अभ्यास केवळ सूर्यमालेच्या उद्गमापुरता मर्यादित ठेवत नाहींत. तारे, आकाशगंगा व तेजोमेघ यांच्या उद्गमाशीं व उत्क्रांतीशीं संबंध असलेल्या प्रश्नांचें संशोधनहि ते करतात.

विविध आकाशस्थ पदार्थांच्या विकासाचे प्रश्न एकमेकांशीं निकटपणें निगडित झालेले आहेत, कारण विश्वाच्या एकंदर जड पदार्थाच्या गतीच्या अक्षय सांखळींतले हे सगळे दुवे आहेत. या सांखळींतील कांहीं दुव्यांचा अभ्यास झालेला आहे, पण पुष्कळसा अजून व्हायचा शिल्लक राहिलेला आहे. विविध रासायनिक मूल-द्रव्यांच्या परमाणूंचा उद्गम अजून अज्ञातच आहे; विशेषतः रेडिओ-ॲक्टिव्ह मूलद्रव्यांचे जे परमाणु या पृथ्वीवर एकसारखे विघटित होत असतात व पुन्हां अस्तित्वांत येत नाहींत, अशा परमाणूंचा उद्गम अजून अज्ञात आहे. सूर्यमालेच्या उद्गमाचा अभ्यास यशस्वी रीतीनें

करीत असतांना खगोलशास्त्रज्ञांना या प्रश्नाचें अजून कोडें पडलेलें आहे : आणखी शेंकडों कोटि वर्षांनीं सूर्याची आणि ग्रहांची अवस्था काय होईल ? त्यांच्या द्रव्यामध्यें काय काय फरक घडून येतील ? विश्वांतील पदार्थांच्या गतीच्या सांखळींत त्यांचें द्रव्य परत कसें सामील होईल ?

सोवियेत वैज्ञानिकांचें या गोष्टींकडे दुर्लक्ष नसलें तरी त्यांना हें पूर्णपणें चांगलें माहीत आहे, कीं जगांतील सृष्ट चमत्कारांच्या सगळ्या बहुविध अंगोपांगांचा अभ्यास एकदम करणें अशक्य आहे. आणखी संशोधन केल्यानंतर पृथ्वी, ग्रह आणि इतर आकाशस्थ पदार्थ यांच्या उद्गमाविषयीं व उत्क्रांतीविषयीं अधिक परिपूर्ण व अधिक बिन-चूक कल्पनेचा आपल्याला लाभ होईल यांत कांहींच संशय नाहीं.

मराठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणें. स्थळप्रत.
अनुक्रम 22108 वि: ...
क्रमांक 2210 नों: दि: ...
मराठी ग्रंथ संग्रहालय ठाणे
वा. क्र. ...
ग्रंथ शाखा (स्थळ प्रत)
REFBK-0009744

पारिभाषिक संज्ञांची सूचि

ACTIVE क्रियाशील
ANGULAR MOMENTUM अंशात्मक चलनमान
APHELION दूरस्थबिंदू, उच्चस्थान
ASTEROID लघुग्रह
ASTRONOMICAL UNIT खगोलशास्त्रीय परिमाण
ATMOSPHERE वातावरण
ATOM परमाणु
CELESTIAL BODY आकाशस्थ पदार्थ
CENTRAL (EQUATORIAL) PLANE मध्यवर्ति (विपुववृत्ताची) पातळी
CENTRE OF THE CONIC कक्षेच्या अक्षांचा छेदबिंदु
CENTRIFUGAL FORCE केन्द्रोत्सारी शक्ति
COMET धूमकेतू
CONDENSATION दृढीकरण
CONSERVATION OF ANGULAR MOMENTUM, THE LAW OF अंशात्मक चलनमानाच्या प्रकृतिनित्यत्वाचा नियम
CONSERVATION OF ENERGY, THE LAW OF शक्तीच्या प्रकृतिनित्यत्वाचा नियम
CORE गाभा
COSMIC BODY आकाशस्थ गोल
COSMOGONY विश्व-उत्पत्ति-शास्त्र
COSMOGONY, PLANETARY ग्रह उत्पत्ति-शास्त्र
CRUST कवच
DENSITY घनता
DIALECTICAL MATERIALISM गत्यात्मक भौतिकवाद
DIRECT ROTATION सरळ गति
ECCENTRICITY उत्केन्द्रता
ECLIPTICAL PLANE क्रान्तिवृत्ताची पातळी
ELEMENT मूलद्रव्य
ELLIPSE दीर्घवर्तुळ
EMBRYO गर्भपिंड
FOCUS नभि
FORMULA सूत्र
GALAXY आकाशगंगा
GEO-CHEMISTRY भू-रसायनशास्त्र
GEOLOGY भू-गर्भशास्त्र, भूस्तरशास्त्र
GEO-PHYSICS भू-भौतिकशास्त्र
GRAVITATION गुरुत्वाकर्षण
HYPOTHESIS उपन्यास
IDEALISM अध्यात्मवाद

INFRA-RED अधोरक्त

KINETIC ENERGY जडगतिशक्ति

KINETIC THEORY OF GASES वायूंचा गतिसिद्धान्त

LIGHT ABERRATION प्रकाशभ्रंश

MAJOR PLANETS मोठे ग्रह

MASS वस्तुमान

MATTER जड पदार्थ

MECHANICS यंत्रशास्त्र

MECHANICAL BNERGY यांत्रिक शक्ति

METEOR (SHOOTING STAR) } उल्का

METEORITE उल्कापाषाण

MOLECULE अणु

MOMEMTUM चलनमान

MOTION भ्रमण

NATURAL SCIENCE निसर्गविज्ञान

NEBULA तेजोमेघ

NUCLEAR REACTION अणुस्फोट

ORBIT कक्षा

PARABOLA परिवलय

PARTICLE कण

PASSIVE निष्क्रिय

PERIHELION नीचस्थान

PHENOMENON सृष्ट चमत्कार

PLANET ग्रह

PLANETESSIMAL सूक्ष्मातिसूक्ष्म ग्रह

POTENTIAL ENERGY संभाव्य शक्ति

RADIATION किरणोत्सर्ग, किरणोत्साराचें प्रतिसारण

RADIUS त्रिज्या

RETROGRADE MOTION वक्रगति

SATELLITE उपग्रह

SHOOTING STAR उल्का

SOLAR SYSTEM सूर्यमाला

SPACE अवकाश

STRUCTURE रासायनिक रचना

SUBSTANCE पदार्थ, द्रव्य

TERRESTRIAL PLANETS पृथ्वी-आदि ग्रह

TERRESTRIAL SCALES भूलोकावरील मापें

THEORY उपपत्ति

VAPORISATION बाष्पीभवन

VELOCITY वेग

ZODIACAL LIGHT राशिचक्रप्रकाश

मराठी ... ठा ... ११६ ता.
अनुक्रम 22068 दि:
क्रमांक 2210 नों: दि: