



विज्ञान
विश्व

विराट विश्वाचीं निर्मितां

जॉर्ज गॅमॉव : चिं. श्री. कवे

म. ग्रं. सं. ठाणे.

विषय भू-शास्त्र
सं. क्र. ४५४



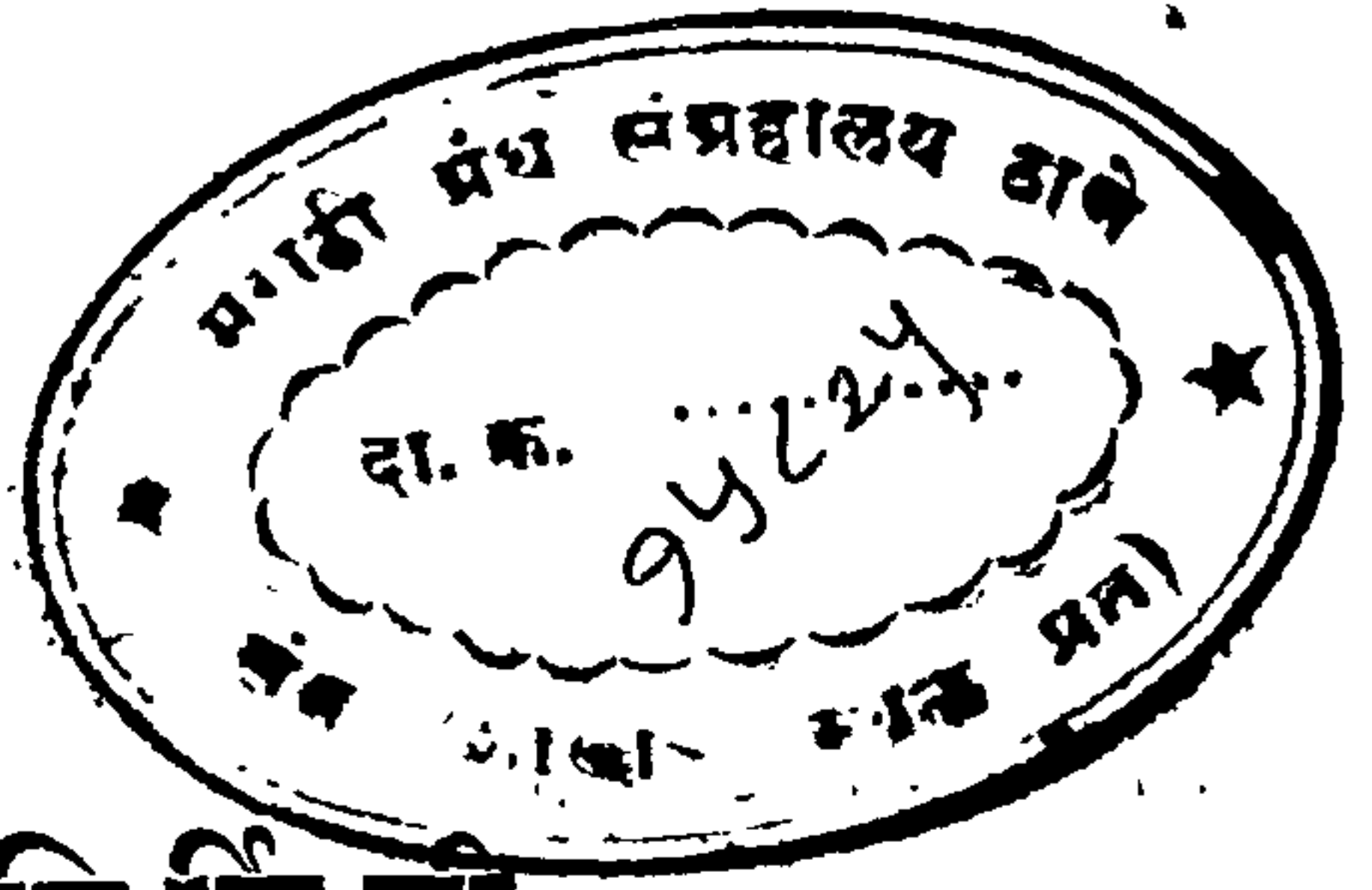
REFB 0015825

REFBK-0015825

विराट विश्वाची निर्मिती

४५४

विज्ञान विश्व : १



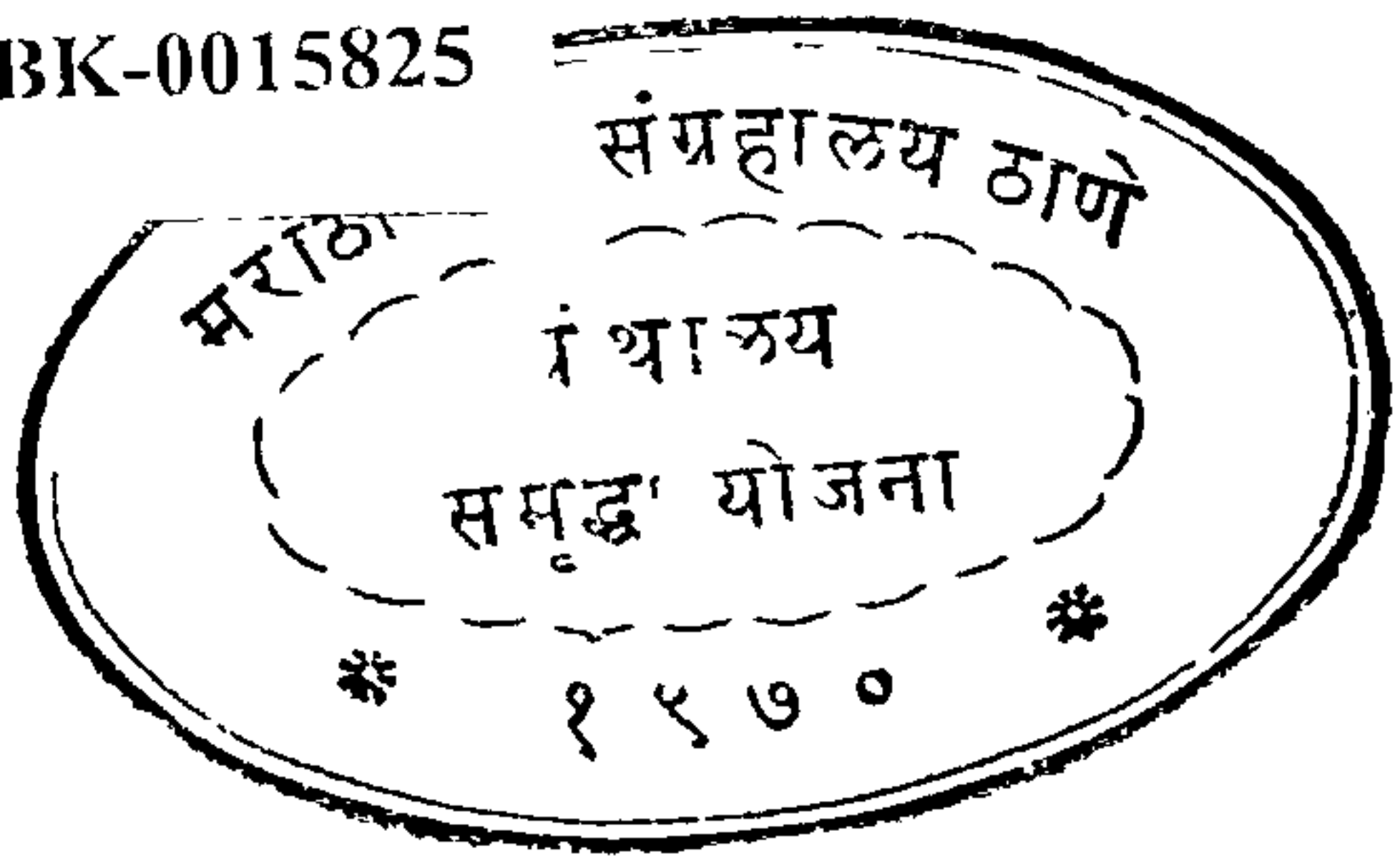
विराट विश्वाची निर्मिती

लेखक : जॉर्ज गॅमॉव

अनुवादक : प्राचार्य डॉ. चिं. श्री. कर्वे
, पी. एच्. डी. ए. इन्स्ट. पी. (लंडन)



REFBK-0015825



मेजस्टिक

मेजस्टिक बुक स्टॉल, मुंबई

Copyright 1952 By George Gamow

Marathi translation of 'THE CREATION OF THE UNIVERSE'

By George Gamow

Published by The Viking Press, Inc.

मूल्य : रु. ४-००

पहिली आवृत्ती : १९६६

मुद्रक : वि. पु. भागवत, मीज प्रिंटिंग ब्यूरो, खटाववाडी, गिरगांव, मुंबई ४

प्रकाशक : केशव विष्णु कोठावळे, मॅजेस्टिक बुक स्टॉल, गिरगांव, मुंबई ४

प्रारंभीचे पण महत्त्वाचे

पद्मभूषण डॉ. जयंत नारळीकर आणि प्रा. हॉइल यांचा विश्वाच्या निर्मितीबद्दलचा सिद्धान्त नुकताच जगप्रसिद्ध झाला आहे. अर्थात त्या सिद्धान्ताच्या अचूकतेबद्दल सध्या संशोधन चालू आहे आणि त्यावरून काढलेले निष्कर्ष यथावकाश जगापुढे येतीलच. परंतु विराट विश्वाच्या निर्मितीबद्दल सध्या जे प्रचलित सिद्धान्त आहेत त्यांत प्रा. गॅमॉव यांनी पुरस्कृत केलेला 'बिग-बॅंग' किंवा एका प्रचंड अणुस्फोटातून विराट विश्वाची निर्मिती झाली आणि प्रारंभीच्या अवध्या एका तासात विराट विश्वातील ९२ मूलघटक बनले हा सिद्धान्तही फार मोलाचा आहे.

तेव्हा, ज्यांना हॉइल-नारळीकरांच्या सिद्धान्ताचे महत्त्व समजून घेण्याची जिज्ञासा आहे त्यांना प्रथम, गॅमॉव यांनी पुरस्कृत केलेला 'बिग-बॅंग' सिद्धान्त हा अवश्य कळला पाहिजे. म्हणूनच प्रा. गॅमॉव यांनी विस्तृतपणे परंतु काटेकोर पद्धतीने हा जो सिद्धान्त या पुस्तकात मांडला आहे तो वाचून हॉइल-नारळीकरांच्या सिद्धान्ताचा पूर्वरंग काय आहे त्याचा परिचय त्यांना जरूर होईल, अशी खात्री आहे.

—चिं. श्री. कर्वे

विल्सन व पॅलोमार पर्वतावरील वेधशाळांच्या सौजन्याने
मिळालेल्या छायाचित्रांची अनुक्रमणिका :

१. एका आवर्ताकृती तेजोमेघाचे कडेने दिसणारे दृश्य
२. स्वाती व सप्तर्षीतील अत्री यामधील श्यामशबल पुंजातील
चक्राकृती आवर्ताकार तेजोमेघ
३. गुरुग्रहाच्या अंतर्रचनेची कल्पना करून देणारे चित्र
४. मृगातील महान तेजोमेघ
५. गरूडपुंजातील काळा तेजोमेघ
६. मंद दिसणाऱ्या विश्वाचा पुंजका
७. शौरी पुंजातील तारकांचा गोलाकार पुंजका
८. वीणामधील आंगठीसारखा तेजोमेघ
९. स्फोटातून उद्भवणारा यथातीमधील प्रसरणशील तेजोमेघ
१०. वृषभेतील ऋब तेजोमेघ
११. सुपरनोव्हाच्या चार अवस्था
१२. देवयानी विश्वाचे दृश्य

अनुक्रमणिका

	...	...	अकरा
प्रस्तावना	...	...
१. उत्क्रांति विरुद्ध स्थिरस्थिती	...	...	१
२. अफाट प्रसरण	...	...	१६
३. अणूंची निर्मिती	...	...	३७
४. सांद्रवीकरणाची अनुक्रमणिका	...	...	६७
५. तारकांचा खाजगी जीवनक्रम	...	...	१०३
सारांश	...	...	१२७

आकृत्यांची अनुक्रमणिका

१. कुरणात गुरे प्रथम चरावयास नेण्याचा प्रारंभ आपण केव्हा केला ते विसराळू शेतकऱ्यास वरील पद्धतीने कळेल
२. वृषभेतील तारकांची हालचाल
३. विराट विश्वाचे समप्रमाणात कसे प्रसरण चालू आहे ते दर्शविणारी आकृती
४. परस्परांत गुरुत्वाकर्षण असलेल्या वस्तूंच्या तीन अवस्था
५. धनवक्रता (चेंडूप्रमाणे) व ऋणवक्रता (घोड्याच्या खोगिराप्रमाणे) कशी असते ते दर्शविणारी आकृती. दोन्ही तऱ्हेच्या वक्रांचे पृष्ठभाग टेबलावर सपाट पसरले तर काय दृश्य दिसते तेही आकृतीत दाखविले आहे
६. विराट विश्वाच्या इतिहासातील सर्वांत पुरातनकालीन पुरावा. निरनिराळ्या अणूंची प्रत्यक्षात आढळणारी सापेक्ष बहुलता व त्यांचे अणुभारांक यांचे परस्परांतील प्रमाण वरील आलेखात दाखविले आहे. छोट्या चौकोनांत 'मॅजिक क्रमांक' दर्शविले आहेत
७. समतोल स्थगित करून हायड्रोजन ऑक्सिजनचे स्फोटक मिश्रण कसे मिळू शकते
८. स्थगित समतोलाच्या सिद्धान्तातील उणिवा
९. काल्पनिक प्रचंड अणू व साधा अणू यांचे तुलनात्मक दृश्य. त्यात प्रचंड अणूच्या वातावरणाची जाडी व साध्या अणूचा केंद्र ही वाजवीपेक्षा मोठ्या प्रमाणात दर्शविली आहेत
१०. इलेम थंड होण्याची क्रिया कशी झाली? मूळात जे १० न्युट्रॉन्स होते त्यांतील तीन न्युट्रॉन्सचा क्षय झाला. चार न्युट्रॉन्स एकत्रित येऊन त्यांतून आल्फाकण बनले, दोनांतून ट्रिटॉन बनला व एकातून ड्युटेरॉन बनला.

११. न्युट्रॉन्सचे शोषण होऊन बिटाकणांचे उत्सर्जन कसे होते ? (काळे गोल प्रोट्रॉन्स होत, पांढरे गोल न्युट्रॉन्स होत, व छोटे गोल इलेक्ट्रॉन्स आहेत)
१२. उष्णतावहन व अणू वनण्याची क्रिया यांतील साम्य
१३. दशलक्ष इलेक्ट्रॉन्स व्होल्टस शक्तीच्या न्युट्रॉन्सचे शोषण करणाऱ्या निरनिराळ्या मूलघटकांचा अणुभारांक आणि त्यांचा प्रत्येकाचा शोषक गुणक हे एकमेकांवर कसे अवलंबून असतात ते दाखविणारा आलेख
१४. एका अक्षावर मूलघटकांची सापेक्ष बहुलता आणि दुसऱ्या अक्षावर न्युट्रॉन्सच्या शोषणाचा गुणक (वर्तुळे) व त्या मूलघटकांची अनुक्रमे प्रत्येक पौंडाची किंमत (फुल्या) घेऊन त्यांचे परस्परांशी प्रमाण दाखविले आहे
१५. राल्फ आल्फर व आर. सी. हर्मान यांनी गणिताने काढलेली सापेक्ष बहुलता व मूलघटकांचे अणुभारांक, तसेच प्रत्यक्षातील सापेक्ष बहुलता व मूलघटकांचे अणुभारांक हे एकमेकांना कितपत जुळतात ते दर्शविणारी आकृती
१६. प्रारंभीच्या अर्ध्या तासात विराट विश्वात काय काय रासायनिक फेरफार झाले ?
१७. ५ अणुभारांकाची दरी कशी ओलांडायची याबद्दल इ. विग्नर यांनी सुचविलेला मार्ग
१८. प्रारंभी सर्वत्र सारख्या प्रमाणात पसरलेल्या वायूची सांद्रवीकरण क्रिया
१९. विश्वाच्या भिन्न भिन्न तऱ्हा. त्यातील काही गोलाकार, काही अंडाकार, काही आवर्ताकृती चक्राकार तर काही दांड्याभोवती चक्राकार अशा आहेत
२०. विश्वांना चक्राकार कसा मिळतो ते दाखविणारे छायांकित दृश्य
२१. भोवरे वनण्याचा अनुक्रम
२२. संथ प्रवाहाचे टर्ब्युलंट प्रवाहात होणारे रूपांतर
२३. अंडाकार विश्वे एखाद्या घनवस्तूप्रमाणे कशी स्वअक्षाभोवती फिरतात ते वर्णलेखन पद्धतीने ओळखता येते
२४. विस्तृत प्रमाणातील वायू स्वअक्षाभोवती भ्रमण करू लागला की त्यातून तारकेची निर्मिती होते
२५. अंतराळातील वस्तू तारकेवर कशी पडते (हॉइल-लिटल्टन)

२६. स्पिटझर व विहपलप्रमाणे दोन कणांची एकमेकांवरील छाया
२७. आडवा छेद घेऊन काढलेले विश्वाचे दृश्य
२८. निरनिराळ्या पातळीतून भ्रमण करणाऱ्या कणांचे एकमेकांवर आघात होऊन त्यांचे तवकडीत होणारे रूपांतर
२९. भिन्न भागांतील कोनीय गतीतील फरकामुळे गुठळी वनत असतानाच मोडते
३०. मूळच्या सौरमेघातील वायूच्या व धूळीकणांच्या गुणधर्मातील फरक दाखविणारी वैज्ञाकरची कल्पना
३१. एकाच पर्ययकालाच्या परिभ्रामी भुजयुग्मांच्या पद्धतीने पाहिले असता कणांची वर्तुलाकार व दीर्घवर्तुलाकार गती कशी दिसेल ते दृश्य
३२. सौरमेघातील टर्ब्युलंट भोवरे...वैज्ञाकर व कुइपर यांच्या कल्पनेप्रमाणे
३३. वीणामधील तारकेकडून उत्सर्जित केली गेलेली वायुस्वरूपातील वस्तू ...ओ स्ट्रुव्ह व कुइपर यांच्या कल्पनेप्रमाणे
३४. स्वअक्षाभोवती परिवलन करणाऱ्या तारकेवरील घटना (डाव्या बाजूस) समघनता असल्यास (उजव्या बाजूस) मध्यभागी अधिक घनता असल्यास
३५. हर्त्झवर्ग-रसेलच्या आराखड्यावरील मेनसिक्वेस संकोचातून होणाऱ्या उत्क्रांतीचा मार्गपथ व हलक्या मूलघटकांच्या अणुविक्रियातून उद्भवणारी स्थिरावस्था
३६. सूर्याच्या उदरातील शक्तीची निर्मिती दाखविणारी चक्रीय आणवीय विक्रिया
३७. क्रिश्चिफल्डची हायड्रोजन अणूतील विक्रिया
३८. हर्त्झवर्ग-रसेल आराखड्यावरील वृद्धावस्थेस पोचणाऱ्या तारकांचा पट्टा
३९. तारकांतील प्रवहणे प्रवाह-(डाव्या बाजूस) स्वअक्षाभोवती परिवलन न करणारी तारका (उजव्या बाजूस) स्वअक्षाभोवती परिवलन करणारी तारका
४०. कवच उगमाची प्रतिकृती

प्रस्तावना

“ मला वस्तू द्या आणि मी त्यातून
जगाची निर्मिती करून दाखवितो ”

— इमॅन्युअल कांट

विराट विश्वाची निर्मिती कशी झाली ?—हा यक्षप्रश्न मानवी मनापुढे अनादिकालापासून उभा आहे. प्राचीनकाळी, या जगाची निर्मिती देवाने केली असली पाहिजे असे गृहित धरले जाई, आणि जे काही मर्यादित जग त्या वेळच्या आदिमानवाला दिसत असे त्यातील प्रकाश, अंधार आणि आकाशातील तारकांची व सूर्याची योजना परमेश्वराने जणू काय मुद्दामच केली असावी असे त्याच्या मनात येई.

पुढे शतकानुशतकांच्या अज्ञानरूपी अंधारातून आपला मानवपूर्वज जो जो प्रगत होऊ लागला तो तो त्याला जगातील विविध नैसर्गिक घटनांची माहिती मिळत गेली नि विश्वाच्या निर्मितीबद्दलच्या त्याच्या कल्पनांना शास्त्रीयदृष्ट्या आकार येऊ लागला. काही तरी नैसर्गिक घटनांतूनच विश्वाची निर्मिती झाली असावी या दृष्टीने जेव्हा विचार सुरू झाला तेव्हा बर्फॉन, कांट, लाप्लासे या शास्त्रज्ञांनी त्यात प्रामुख्याने पुढाकार घेतला. अर्थात त्या वेळच्या सिद्धान्तात मुख्यत्वेकरून सूर्यग्रहमालेच्या निर्मितीला पहिले स्थान मिळाले आणि मग त्या सिद्धान्तात आस्ते आस्ते उत्क्रांती होत गेली; अखेरीस यातूनच आताचा

अखेरचा त्याबद्दलचा सिद्धान्त कार्ल फॉन वैझाकर व गेरार्ड पि. कुइपर यांनी प्रस्थापित केला.

परंतु हे होईपर्यंत, वेध घेण्याच्या पद्धतीत (ज्योतिर्विज्ञानात) एवढी प्रगती होत गेली की, त्यामुळे सूर्यग्रहमालेची निर्मिती हा एक केवळ किरकोळ प्रश्न असून विराट विश्वाची निर्मिती ह्याच अधिक व्यापक प्रश्नाला महत्त्वाचे स्थान मिळाले. तेव्हा जगाच्या निर्मितीचा म्हणून जो सिद्धान्त सध्या आपण मानतो त्यात दुर्विणीच्या तीक्ष्ण दृष्टीला असंख्य तारकांनी बनलेली विविध विश्वे व त्यांची उत्पत्ती नि स्थिती यांबद्दलचाच आपण सर्वस्वी विचार करतो: असे करावयाचे कारण म्हणजे अमेरिकन ज्योतिर्विद एडविन. पी. हबल याने जो महत्त्वाचा शोध लावला तो होय. हबलच्या असे निरीक्षणात आले की या विराट विश्वातील कोट्यवधी विश्वे ही जणू काही आपल्यापासून दूर दूर अनंतात पळत आहेत आणि मग त्यावरून आपले हे विराट विश्व सतत विस्तारत आहे, असे मानण्यात येऊ लागले. म्हणजे यावरून कोणे एकेकाळी विराट विश्वातील सर्व वस्तू एका अखंडित अशा तप्त गोळ्यात केंद्रित केलेली असावी असे वाटते. पुढे प्रत्यक्षातील हे विराटविश्वाचे विस्तारणे आणि आइनस्टाईनच्या सापेक्षतावादाचे गणितीय अंदाज यांत विलक्षण साम्य असल्याचे वेल्लियम संशोधक अँबे जॉर्जेस-एडाडर्ड लिमाट्रे यांनी प्रथम दाखवून दिले. त्यानंतर त्यांनी आणखी काही गणितीय कृत्ये करून त्यांच्या मदतीने प्रारंभीच्या वायूचे प्रसरण होऊन त्यातून आज जे दृश्य दिसते त्याची सांगड घालून दाखविण्याची महत्त्वाकांक्षा बाळगली. हे त्यांचे संशोधन इतके दीर्घकालीन आणि गुंतागुंतीचे आहे की, त्याच्या सर्व पायऱ्यांतील तपशील काढायला अजून वेळ लागेल. परंतु असे असले तरी जेव्हा हा सर्व कार्यक्रम अगदी तपशीलवारपणे हाता-वेगळा होईल तेव्हा विश्वनिर्मितीबद्दलचा आपला सिद्धान्त इतका पक्का होईल की, त्यामुळे विश्वात आढळणाऱ्या गुंतागुंतीतून आपण गृहित धरलेल्या गोष्टी सोप्या नि सुटसुटीत वाटतील. अर्थात हे सारे पुढे होणार असले तरी आज त्यातील थोडेफार यश आपल्या दृष्टिपुण्यात आले आहे. परंतु येथे हेही नमूद केले पाहिजे की, याबाबतीत सर्वच शास्त्रज्ञांचे अगदी एकमत आहे असे नाही. त्यांच्यांत तात्त्विक मतभेद भरपूर आहेत. त्यांतील काही-जणांच्या (प्रस्तुत लेखक त्यांतील एक आहे) मते सध्याची जी विराट विश्वाची परिस्थिती आहे ती उत्क्रांतीतून होत होत आजमितीला आली आहे आणि

बारा विराट विश्वाची निर्मिती

या उत्क्रांतीचा प्रारंभ एका संकुचित अखंड गोळ्यातून काही अब्ज वर्षांपूर्वी झाला असावा. म्हणजे या विराट विश्वाचा प्रारंभ केव्हातरी झाला आहे. याउलट इतरांच्या मताने, आज जी विश्वाची स्थिती आहे ती स्थिती विश्वाच्या प्रारंभापासूनच कायम आहे; म्हणजेच हे स्थिरस्थितीत विश्व (स्टेडी स्टेट) आहे असे त्यांचे म्हणणे आहे. या दुसऱ्या पंथात, व्हेरोन्टझॉफ व्हेलियामि-नॉव्ह हे रशियन शास्त्रज्ञ (त्यांच्या साम्यवादाच्या कल्पनेला अनुसरून) एक प्रमुख नेते आहेत. त्याचप्रमाणे ब्रिटिश ज्योतिर्वैज्ञानिक फ्रेड हॉइल हेही त्या पंथातीलच आहेत. परंतु त्यांना विराट विश्वाची स्थिरस्थिती ही मान्य असूनही काही अन्य कारणांमुळे त्यात (अंतराळात) नवीन वस्तू सतत बनत असावी, असे त्यांचे म्हणणे आहे. या दोहोंतील कोणती विचारसरणी अगदी अचूक आहे हे सांगणे अजून तरी अवघडच आहे. परंतु या पुस्तकाचा मुख्य उद्देश मात्र विराट विश्वाचा केव्हा तरी प्रारंभ झाला आहे यावर आधारलेला आहे; त्याचबरोबर स्थिर स्थितीतील विराट विश्वाचे जे मताभिमानांनी आहेत त्यांच्या बाजूने अगदी काटेकोरपणे अन्वेषण करण्याचाही प्रयत्न या पुस्तकात केला आहे.

म्हणूनच अशी उमेद आहे की, निरनिराळ्या क्षेत्रांतील वैज्ञानिकांच्या दृष्टीने या विषयाबद्दल जे सविस्तर विवेचन आम्ही केले आहे ते उपयुक्त ठरेल आणि जे या विश्वाच्या निर्मितीबद्दलच्या विषयात नवखे आहेत त्यांनाही ते मार्गदर्शक ठरेल.



उत्क्रांती विरुद्ध स्थिरस्थिती

विराट विश्वाच्या निर्मितीचा विचार करण्यापूर्वी काही प्रास्ताविक विवेचन करणे प्रथम आवश्यक आहे की काय हेच पाहणे श्रेयस्कर ठरेल. कारण हे विश्व अनादिकालापासून अस्तित्वात असून आज जी विराट विश्वाची स्थिती आहे तिच्या तपशिलात कधी इकडे तर कधी तिकडे असा थोडाफार फरक जरी कधी कधी पडला असला तरी प्रामुख्याने पूर्वीचीच स्थिती आजतागायत कायम आहे असे मानण्यास काय हरकत आहे? असा प्रश्न कोणी विचारील. म्हणूनच प्रथम याच प्रश्नाचे उत्तर पाहू या. अर्थात या प्रश्नाचे व्यवस्थित उत्तर द्यायचे तर आजच्या स्थितीत जे विराटविश्व आहे, त्याच्या मुख्य घटकांचे आजमितीला वय काय असावे ह्याबद्दल माहिती मिळविणे उचित ठरेल.

अणूंचे वय

उदाहरणार्थ, एखाद्या वास्तववैज्ञानिकाला किंवा रसायनशास्त्रज्ञाला जर आपण प्रश्न विचारला की, "का हो, विराटविश्व ज्यांतून बनले त्या मूलघटकांच्या अणूंचे वय काय असावे हो?" तर त्यावर तो काय उत्तर देईल ते पाहू या. किरणोत्सारी क्रियेचा शोध लागण्यापूर्वी आणि अस्थिर अशा किरणोत्सारी अणूंचे आपोआप होणारे स्थित्यंतर जे घडते त्याचा अन्वयार्थ कळण्यापूर्वी म्हणजे साधारण ७० वर्षांपूर्वी, हाच प्रश्न आपण

केला असता तर तो अर्धहीन ठरला असता. कारण त्यावेळी अणू हे अर्ध असले. प्रारंभिक कण असून ते अनंतकाळपर्यंत तसेच राहतात असेच मुळी अपेक्षित होते. परंतु नैसर्गिक किरणोत्सारी अणूंचे अस्तित्व जेव्हा आपल्याला आढळले तेव्हा मात्र या परिस्थितीत बदल झाला. कारण त्यात असे दिसून आले की, किरणोत्सारी अणूंची निर्मिती जर फार प्राचीन काळात झाली असती तर त्यांचा न्हास होऊन ते आज नष्ट झाले असते. तसेच निरनिराळ्या किरणोत्सारी मूलघटकांच्या सापेक्ष बहुलतेचे जे प्रमाण आढळते त्यावरून त्यांच्या प्रारंभावदल काही तरी विशेष ज्ञान होऊ लागते असे वाटू लागले. उदाहरणार्थ, बिस्मथ, पारा व सोने हे जडमूलघटक ज्या प्रमाणात आढळतात त्या प्रमाणाहून विशेष कमी प्रमाणात युरेनियम व थोरियम सापडत नाहीत. तसेच ज्या अर्थी थोरियम व युरेनियम २३८ यांचा अर्धायुष्यकाल अनुक्रमे १४ अब्ज वर्षे आणि ४॥ अब्ज वर्षे आढळतो त्याअर्थी ह्या मूलघटकांचे अणू काही अब्ज वर्षांपूर्वी बनले असावेत असा तर्क करता येतो. (एखाद्या मूलघटकाचा अर्धायुष्यकाल म्हणजे मुळातील त्याच्या अणूंची संख्या जितक्या काळात अर्धी होते तेवढा काळ होय.) याउलट युरेनियम २३५ हा त्यामानाने फारच अल्प प्रमाणात उपलब्ध होतो आणि युरेनियम २३८च्या अवघे ०.७ टक्के एवढेच त्याचे प्रमाण असते. याचे कारण हे की, युरेनियम २३५चा अर्धायुष्यकाल युरेनियम २३८च्या अर्धायुष्यकालाहून फारच कमी म्हणजे अवघा ९० कोटी वर्षांचा आहे. त्यामुळे ज्या अर्थी युरेनियम २३५ हा दर ९० कोटी वर्षांनी पूर्वीच्या निम्मा होतो त्याअर्थी त्याचे सध्याचे प्रमाण प्राप्त होण्यासाठी त्याला ७ अर्धायुष्यकाल किंवा 7×90 कोटी—६.३ अब्ज वर्षे लागली असावीत. म्हणजे सृष्टीच्या आरंभी जरी युरेनियम २३५ व युरेनियम २३८ हे साधारणपणे समप्रमाणात असले तरी त्यानंतर गेल्या ६ अब्ज वर्षांत त्यांचे सध्या असलेले परस्परांशी प्रमाण प्रस्थापित झाले असावे.

त्याप्रमाणे किरणोत्सारी पोटॅशियमसारख्या इतरही काही किरणोत्सारी मूलघटकांचे जे अस्थिर समस्थानीय आहेत ते अल्पप्रमाणात आढळतात. म्हणजे त्यावरून काही अब्ज वर्षांत ते समस्थानीय इतके कमी होत गेले असावेत की, आजच्या काळात त्यांचा फारच अल्प भाग अस्तित्वात राहिला असावा. अर्थात मुळात कोणत्याही मूल घटकांचे सर्व समस्थानीय सारख्याच

प्रमाणात असतात असे मात्र मानण्याचे काहीच कारण नाही. परंतु निरनिराळ्या किरणोत्सारी मूलघटकांच्या अस्थिर समस्थानीयांच्या अर्धायुष्यकाळावरून जर त्यांचा मूलारंभकाळ काढला तर तो साधारणपणे एकच येतो आणि हा योगायोग मोठा विचित्र वाटतो. त्याचप्रमाणे ज्या किरणोत्सारी मूलघटकांचा अर्धायुष्यकाल काही अब्जवर्षांहूनही कमी आढळतो ते मूलघटक एखाद्या अणुभट्टीत निर्माण होत असले तरी निसर्गात आढळत नाहीत हेही महत्त्वाचे आहे. तेव्हा त्यावरून सर्व अणूंची निर्मिती काही अब्ज वर्षांपूर्वी एखाद्या अतर्क्य घटनेतून झाली असावी असे अनुमान काढावायला हरकत नाही.

प्रस्तरांचे वय

आता आपण पृथ्वीवरील प्राथमिक प्रस्तरांचे वय काय असावे हा भूगर्भशास्त्रांतील प्रश्न विचारात घेऊ या. ज्या क्षणापासून हे सर्व प्रारंभिक प्रस्तर घनीभूत झाले त्या क्षणापासून आतापर्यंत किती काळ लोटला असेल हे किरणोत्सारी क्रियेच्या मदतीने फार अचूकपणे काढता येते. पिचब्लेंडे व युरेनाइट या किरणोत्सारी खनिजात शिशाचे प्रमाण काय आढळते यावरून हा काळ काढणे सोपे जाते. ही पद्धती प्रथम लॉर्ड रुदरफोर्ड याने शोधून काढली. त्यात युरेनियम, थोरियम अशा किरणोत्सारी घटकांच्या नैसर्गिकपणे होणाऱ्या क्षयातून अखेरीस जे शिसे बनते तो महत्त्वाचा मुद्दा आहे. उदाहरणार्थ, थोरियमच्या क्षयातून जे शिसे बनते त्याचा अणुभारांक २०८ असतो; तर युरेनियमच्या न्हासातून जे शिसे बनते त्याचा अणुभारांक २०६ असतो. हे दोन्ही शिशाचे प्रकार, निसर्गात जे शिसे आढळते (२०४ अणुभारांकाचे शिसे कोणत्याही किरणोत्सारी मूलघटकातून बनलेले नसते) त्याहून निराळे असतात.

एखादा प्रस्तर पृथ्वीच्या उदरात वितळलेल्या अवस्थेत जोपर्यंत असतो तोपर्यंत मूळच्या घटकापासून हे नवीन बनलेले शिसे निराळे निघू शकते. परंतु जेव्हा तो प्रस्तर घनीभूत बनतो आणि त्याचे घनखनिज बनते तेव्हा किरणोत्पादित शिसे मूळच्या घटकांतच एकसंधी होते. प्रस्तराच्या घनीभवनांतर जितका दीर्घकाळ होऊन गेला असेल तितक्या जास्त प्रमाणात किरणोत्पादित शिसे त्यात आढळते. तेव्हा किरणोत्पादित शिसे व शिशाची निर्मिती करणारा मूलघटक यांचे जे एकमेकांशी प्रमाण आढळते (उदाहरणार्थ, शिसे २०८/थोरियम

२३२; शिसे २०७/युरेनियम २३५; शिसे २०६/युरेनियम २३८) त्यावरून आणि त्या घटकांच्या क्षयकालावरून किरणोत्सारी घटक केव्हा बनला तो काळ काढता येतो. ही युक्ती किरणोत्सारी मूलघटकांच्या खनिजांना लावून त्या मूलघटकांच्या निर्मितीच्या काळाची जी माहिती मिळविली गेली आहे ती खालील तक्त्यात दिली आहे.

निरनिराळ्या किरणोत्सारी खनिजांचा निर्मिती काळ

खनिज	क्षेत्र	भूस्तर काळ	अंदाजे वय कोटी वर्षे
पिचब्लेंडे	कोलॅरॅडो (यु.एस.ए.)	तृतीय युगीन	५.८
पिचब्लेंडे	बोहेमिया (युरोप)	अंगारप्रस्तरयुगीन	२१-५
पिचब्लेंडे	बेल्जियम कांगो (आफ्रिका)	कॅम्ब्रियन-पूर्व	५८.०
युरेनाइट	विस्वर फोर्स (कॅनडा)	„	१०३.५
पिचब्लेंडे	ग्रेन्वेअर लेक (कॅनडा)	„	१३३.०
युरेनाइट	करेलिया (रशिया)	„	१७६.५
युरेनाइट	मॅनिटोवा (कॅनडा)	„	१९८.५

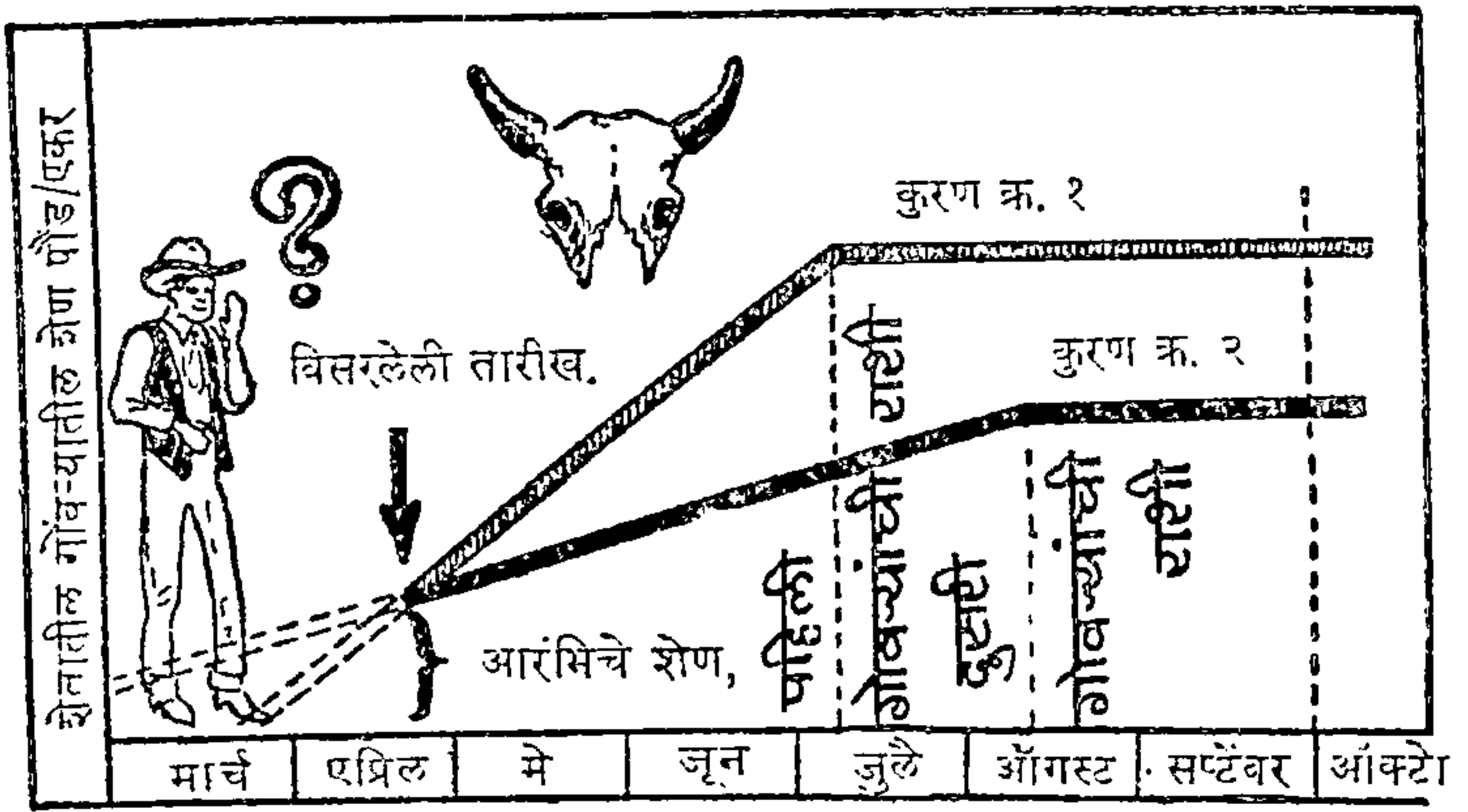
यांतील शेवटची दोन खनिजे अतिप्राचीनकाळातील आहेत व त्यावरून पृथ्वीच्या प्रस्तरांचे वय निदान २ अब्ज वर्षे तरी असावे असे वाटते.

ऑर्थर होल्मस या ब्रिटिश भूविशारदाने याहून अधिक अचूक पद्धती नुकतीच सुचविली आहे. किरणोत्सारी घटकांची खनिजे बनण्याच्या आधीचा काळदेखील या पद्धतीने काढता येतो आणि तो अधिक अचूक रीतीने मोजताही येतो. ह्या पद्धतीचे तत्व समजण्यासाठी एखाद्या विसराळू गुराख्याचे उदाहरण उपयोगी पडेल. वसंतऋतूत एकेदिवशी आपली सगळी गुरे त्याने काही कुरणांत चरण्यास सोडली होती असे त्याला स्मरण असते. परंतु नक्की तारीख मात्र आठवत नाही. तसेच उन्हाळ्यात निरनिराळ्या दिवशी निरनिराळ्या कुरणांतून गुरे पकडून त्याने त्यांना, त्या त्या कुरणांतील गोळ्यांत बांधून ठेवलेले असते हेही त्याला स्मरते. परंतु त्याला त्या तारखा नक्की आठवत नाहीत. तेव्हा क्रमवार या सर्व घटनांची आठवण कशी करता येईल हा प्रश्न पडतो.

हा प्रश्न सोडविण्याचा फक्त एकच मार्ग आहे आणि तो म्हणजे त्या गुराख्याने गोठ्यातील व शेतातील शेणाच्या गोवऱ्या उचलण्याचे मान्य केले पाहिजे. वाचकांच्या हे ध्यानात येईल की, या उदाहरणात गुरांचे शेण आणि युरेनियमपासून तयार होणारे शिसे हे दोन्ही समान आहेत आणि गुरांना गोठ्यात बांधण्याची क्रिया ही, किरणोत्सारी घटकांचे अस्तित्व घनीभूत प्रस्तरांत जे आढळते त्याच्याशी समान आहे. साधारणपणे कोणकोणत्या तारखांना गोठ्यात गुरे बांधली होती ही माहिती प्रत्येक गोठ्यात किती शेण जमा झाले आहे त्याला, त्या कळपातील गुरांचे शेण जे रोज जमा होते त्याने भागून मिळू शकेल (प्रस्तरांचे वय काढण्याची किरणोत्सारी पद्धती आहे ती अशीच आहे) पण ही गुरे प्रथम कुरणांत केव्हा सोडली होती हा मुख्य प्रश्न सोडवायचा शिल्लक उरतोच. किरणोत्सारी अणू प्रथम केव्हा निर्माण झाले यासारखाच हा प्रश्न आहे.

कुरणात गुरे उघड्यावर चरत असताना एकंदर शेणाच्या गोवऱ्या किती जमा झाल्या आहेत त्यावरून हा प्रश्न सुटेल असे कुणाला वाटण्याचा संभव आहे. पण त्या कुरणात मुळातच काही शेण जे अस्तित्वात असेल त्याच्या गोवऱ्या बनल्याने त्यांतील काही गोवऱ्या यांत मोजल्या जाणे शक्य आहे नि त्यामुळे आपला अदमास चुकणेही रास्त आहे. (प्रस्तरांतदेखील मुळात जेव्हा युरेनियम बनले तेव्हाच जे नैसर्गिक शिसे अस्तित्वात होते त्यामुळे असाच प्रश्न उद्भवतो). यावर तुम्ही म्हणाल की, गोठ्यात देखील ज्या शेणाच्या गोवऱ्या आपण मोजल्या त्यांतदेखील अशाच पूर्वीच्या शेणाच्या गोवऱ्या अस्तित्वात असतीलच की? पण गोठ्याचे क्षेत्रफळ लहान असल्याने त्यात असे पूर्वीचे शेण सापडण्याचा संभव कमी असतो आणि त्यामुळे त्याकडे थोडे दुर्लक्ष केले तरी चालू शकते. याउलट उघड्या कुरणात असे पूर्वीचे शेण सापडण्याची शक्यता बरीच असते आणि त्यामुळे त्याबद्दलचा अंदाज चुकणे शक्य असते.

आपण जर या प्रश्नाचे उत्तर अधिक खोलात जाऊन काढायचे ठरविले तर त्यासाठी एक गोष्ट प्रथम मान्य करावी लागेल ती ही की, सर्व कुरणांवर प्रारंभीचे शेण हे सारखेच असले पाहिजे (सर्वत्र अणू सारखेच असावयास पाहिजेत या तत्वाप्रमाणे). ही गोष्ट मान्य केली तर असे दिसून येईल की, ज्या कुरणातील गुरे आधी गोठ्याकडे नेण्यात आली त्या कुरणातील एकंदर शेण कमी आढळते



आ. १ : कुरणात गुरे प्रथम चरावयास नेण्याचा आपण प्रारंभ केला ते विसराळू शेतकऱ्यास वरील पद्धतीने कळेल.

कुरणातील गुरे गोठ्यात बांधायला नेल्यापासून तेथे जे शेणाचे प्रमाण सतत सारखे आढळते तेथून प्रारंभ करू या. नंतर साधारणपणे रोज किती शेण जमा होते ते त्यातून वजा करावयास लागू या. असे होता होता कुरणात अजिबात शेण अस्तित्वात नव्हते असा उन्हाळ्याचा दिवस प्रारंभ म्हणून सापडेल. मुळात जर शेण नसेल तर या पद्धतीने हा प्रारंभाचा दिवस काढता येईल. परंतु मुळाने जर कुरणात पहिलेच काही शेण असेल तर ज्या दिवसापासून गुराख्याने कुरणात गुरे नेण्यास प्रारंभ केला तो दिवस तसा निघू शकणार नाही. अशावेळी आपण जर दोन किंवा अनेक कुरणांत शेण किती सापडते त्यावरून ते काढू लागलो तर ते जमू शकेल. उदाहरणार्थ, आपण जर असे आलेख एकाच कागदावर काढले तर ते एकमेकांस जेथे छेदतील त्या छेदबिंदूवरून त्या गुराख्याने कुरणात प्रथम गुरे वळावयास केव्हा नेली आणि मुळात तेथे शेण किती होते ते काढता येणे शक्य होईल (आकृती १ पाहा). ही पद्धत युरेनियम २३८ व युरेनियम २३५ आणि त्यापासून उद्भवणारे शिशांचे प्रकार (शिसे २०६ आणि शिसे २०७) यांना लावून होल्मसला पृथ्वीचे वय ३.३५ अब्ज वर्षे इतके आढळले.

महासागरांचे वय

घनथरांचे वय काढण्यासाठी भूगर्भवेत्त्यांकडून माहिती मिळविल्यानंतर महासागरांचे वय किती असावे ते आपण आता काढू या. याबाबतीत मात्र उत्तर इतके अचूक मिळत नाही. धूमकेतू पुन्हा पुन्हा आपल्याला भेट देतात हा शोध लावणाऱ्या एडमंड हॅलेने दोन शतकांपूर्वी याबाबतीत एक पद्धती सुचविली. महासागरातील क्षारांचे प्रमाण हे त्याला मिळणाऱ्या नद्यांच्या प्रवाहांवर अवलंबून असते या तत्वावर ती पद्धती आधारलेली आहे. पावसाच्या पाण्यापेक्षा नदीचे पाणी जास्त खारट आढळते. कारण पावसाच्या पाण्यात जे क्षार नसतात ते नदीच्या पाण्यात असतात हे होय. पर्वतावरून जे पाण्याचे ओहोळ वाहतात त्यामुळे तेथील खडक धुपून जाऊन हे क्षार त्या ओहोळांत येतात व मग नदीच्या पाण्याला ते जाऊन मिळतात. सागराला जे नदीचे पाणी मिळते त्यातील काहीचे बाष्पीभवन होऊन पाऊस पडून ते पाणी नद्यांना मिळून पुन्हा महासागराला येऊन मिळते असे हे रहाटगाडगे चालू असते परंतु जे क्षार सागराला मिळतात त्यांचे मात्र बाष्पीभवन होत नाही व त्यामुळे महासागरात ते सतत साठतच राहतात. यामुळे महासागराच्या पाण्याचा खारटपणा दिवसेदिवस वाढतच जातो. प्रतिवर्षी किती क्षार नदीच्या पाण्यातून वाहत येतात त्याने जर महासागरातील क्षाराच्या साठ्याला भागले तर असे आढळते की, प्रतिशतकाला महासागराचा खारटपणा एक-कोट्यांशाने वाढत आहे. आणि आहे हीच परिस्थिती पुढे जर राहिली तर ३॥ अब्ज वर्षांत सर्व महासागरांचा खारटपणा ३६ टक्क्यापर्यंत वाढून मृतसागराप्रमाणे किंवा ग्रेट सॉल्ट सरोवराप्रमाणे ते खारट होतील असा अंदाज आहे. तसेच, सध्या जो महासागराचा खारटपणा ३ टक्के आहे त्यावरून गेली ३० कोटी वर्षे त्यात नद्या वाहत असाव्यात असा निष्कर्ष निघतो.

परंतु प्रतिवर्षी जे क्षार नद्यांकडून महासागरात आणले जातात त्यावरून जो अंदाज निघतो त्यापेक्षा हा आकडा फारच थोडा भरतो. याचे कारण म्हणजे पृथ्वीगोल बनल्यानंतर प्रथम कित्येक वर्षे भूखंडाचा भाग सपाट होता. जे काही पर्वत प्रारंभी होते ते सर्व पाण्याने पार धुपून गेले होते आणि पृथ्वीच्या कवचाचे आकुंचन होऊन नवीन पर्वत तोपर्यंत बनले नव्हते. भूगर्भवेत्त्यांच्या मताने पर्वत बनण्याचे निरनिराळे १० खंड पृथ्वीवर होऊन गेले असावेत.

जेव्हा भूखंड सर्व सपाट होते तेव्हा नद्यांकडून आणल्या जाणाऱ्या पाण्याच्या क्षारांचे प्रमाण सध्याच्या प्रमाणांच्या अवघे १० टक्केच असावे असा तर्क आहे. हे सर्व जर लक्षात घेतले तर महासागरांचे वय काही अब्ज वर्षे असावे असे अनुमान निघते व ते जुन्यांत जुन्या प्रस्तरांच्या वयाशी मिळतेजुळते आढळते.

चंद्रगोलाचे वय

भूगर्भशास्त्राचा पुरावा विचारात घेतल्यानंतर आपण आता ज्योतिर्विज्ञानाकडे वळू या आणि या क्षेत्रातील सर्वांत पहिला प्रश्न म्हणजे चंद्राचे वय काय असेल ते पाहू या. चंद्रगोल म्हणजे रात्रीचा राजा आहे असेच म्हणाना. आज जरी तो आपल्यापासून फार दूर वाटला तरी एकेकाळी तो केवळ काही हातावर आपल्यापासून असावा असे संशोधकांचे म्हणणे आहे. (अर्थात ज्या काळी ही परिस्थिती होती त्या काळी प्राण्यांना हात होते की नाही याची शंकाच आहे.) चार्ल्स डार्विन या, उत्क्रांतिवादबद्दल प्रसिद्ध असलेल्या वनस्पतिशास्त्रातील शास्त्रज्ञाच्या मुलाने म्हणजे जॉर्ज डार्विनने चंद्रगोल पृथ्वीपासून सारखा दूर दूर जात आहे असा शोध लावला. प्रतिवर्षी त्याचे पृथ्वीपासूनचे अंतर ५ इंचांनी वाढते. अर्थात ही प्रतिवर्षी होणारी ५ इंचांची वाढ इतकी क्षुल्लक आहे की, ती कोणत्याही यंत्राने मोजणे शक्य नाही. परंतु असे असले तरी ती साधारणपणे बरोबर काढली गेली आहे.

डार्विनचा हा सिद्धांत कळण्यासाठी, पृथ्वी व चंद्र या दोहोंमध्ये जे गुरुत्वाकर्षण आहे नि ज्यामुळे महासागरावर ज्या भरत्या ओहोट्या उद्भवतात त्या विचारात घेणे जरूर आहे. या भरतीच्या लाटा पृथ्वीगोलावर जेव्हा चहूकडे पसरतात तेव्हा भूखंडांचा त्यांना विरोध होऊ लागतो. हे दृश्य जर दुरून अंतराळानून आपण पाहिले तर भरतीने उंचावलेल्या पाण्यातून पृथ्वी फिरत असलेली आपल्याला दिसेल आणि ज्याप्रमाणे सायकलच्या ब्रेक्समधून तिचे चाक फिरत असते तसे ते दृश्य आपल्याला भासेल. त्याचा परिणाम असा होतो की, ब्रेक्समुळे सायकलच्या चाकाची गती आस्ते आस्ते जशी कमी होते त्याप्रमाणे पृथ्वीवर पाण्याच्या भरती ओहोटींचा परिणाम होऊन तिचीही गती आस्ते आस्ते कमी होऊ लागते. साहजिकच त्यामुळे पृथ्वीवरचे दिनमान हळूहळू वाढते. यांत्रिकीत वस्तूच्या परिवलनसंवेगाच्या अक्षयतेबद्दलचा जो

मूलभूत सिद्धान्त आहे तो येथेही लागू होतो त्याचा जर आपण विचार केला तर असे दिसेल की आपले दिनमान वृद्धिंगत जसे जसे होत जाईल तसा तसा चंद्राचा पृथ्वीभोवती फिरण्याचा काळ किंवा चांद्रमासाचा काळही आपोआप वाढू लागेल नि चंद्राचे पृथ्वीपासूनचे अंतरही त्यांतून दीर्घ होऊ लागेल.

पृथ्वीच्या दिनमानावर आणि चांद्रमासावर या भरतीओहोटींचा किती परिणाम होईल हे जर तुम्हाला पाहावयाचे असेल तर ते पुढीलप्रमाणे देता येईल. पृथ्वीचे दिनमान दर शतकामध्ये $\frac{1}{80000}$ सेकंदाने वाढते व चांद्रमासाचा अवधी दर शतकामागे $\frac{1}{8}$ सेकंदाने वाढतो असे ते देता येईल.

तुम्ही म्हणाल की, हे फरक तर अगदीच क्षुल्लक आहेत पण तरीसुद्धा दिनमानातील व महिन्यातील फरक ज्योतिर्विज्ञानाच्या पद्धतीने मोजता येतात हे लक्षात असू द्या. कारण ते जर गणिताने काढले तर सूर्याची तारकानक्षत्रांतील स्थिती दर शतकाने 0.76 कोनीय चापाने बदलते नि चंद्राची स्थिती प्रतिशतकाला 4.8 कोनीय चापाने बदललेली आढळते. प्रत्यक्ष वेध घेऊन ती मोजली तर प्रतिशतकामागे 1.5 ± 0.3 एवढी सूर्याची स्थिती बदललेली आढळते. तर 4.3 ± 0.7 एवढी चंद्राची स्थिती बदललेली आढळते. तेव्हा पृथ्वी व चंद्र यांतील अंतरही प्रतिवर्षी 4 इंचांनी बदलते असे जे आपण काढले आहे तेही अगदी अचूक असावे यात शंकाच नाही. प्राचीनकाळांतील ज्योतिर्विदांनी ग्रहणकाळांचे जे अंदाज दिले आहेत त्यांत आणि आधुनिक सूक्ष्मवेध पद्धतीने ग्रहणकाळांचे केलेले गणित आहे त्यांत, दिनमानातील वृद्धीमुळे फरक पडतो. ख्रिस्तपूर्व १२ व्या शतकात बॅबिलोनियन व इजिप्शियन हस्तलिखितात ग्रहणकाळांच्या प्रत्यक्ष वेधांच्या वेळा दिलेल्या आहेत. त्यांत दिलेल्या माहितीवरून असे आढळून येते की, त्यांतील ग्रहणांच्या तारखा जरी आधुनिक अंदाजाशी मिळत्याजुळत्या असल्या तरी ग्रहणांच्या प्रत्यक्ष वेळा मात्र चुकतात. काही प्रसंगी तर या वेळा कित्येक तासांनी चुकतात आणि याचे मुख्य कारण म्हणजे त्या वेळांच्या ज्योतिर्विदांनी दिनमान सतत तेच राहिल हे गृहीत धरले हे होय. कसे ते पाहा. प्रतिशतकामागे दिनमान जर $\frac{1}{80000}$ सेकंदाने वाढते असे लक्षात ठेवले तर ४० शतकांपूर्वी ते 0.04 सेकंदाने कमी होते हे सांगावयास नकोच. म्हणजे त्यावेळाचे दिनमान व आजचे दिनमान जर लक्षात ठेवले तर गेल्या ४००० वर्षांतील दिनमान सरासरीने 0.02 सेकंदाने जास्त आहे असे धरू या. या ४००० वर्षांत

जवळजवळ चौदा लाख दिवस होऊन गेले म्हणजे १४०००००×००००२
सेकंद = २८०० सेकंद = ८ तास एवढा त्यात फरक पडला.

तसेच चंद्राचे सध्याचे आपल्यापासूनचे अंतर जर २३९००० मैल आहे
असे धरले आणि प्रतिवर्षी ५ इंचांप्रमाणे ते वाढत गेले हे लक्षात ठेवले तर
साधारणपणे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी चंद्र हा पृथ्वीला जवळजवळ चिकटलेला असावा
असे अनुमान निघते. मौज म्हणजे त्यावेळी पृथ्वीवरचे दिनमान आणि
चांद्रमासाचा काळ हे दोन्ही सारखेच असावेत आणि त्यांचा अवधी आजच्या
७ तासांएवढा होता असा निष्कर्ष निघतो.

याचा अर्थ असा की, पृथ्वीच्या ज्या भागातून चंद्र प्रथम बाहेर पडला
त्याच ठिकाणी पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून किंचित उंच तो प्रथम कित्येक
दिवस स्थिरावस्थेत दिसत असावा. चंद्राची निर्मिती मध्य पॅसिफिकमधून
झाली असली पाहिजे आणि म्हणूनच त्याला 'हवाई चंद्र (हवाई बेटाजवळील)
असे नाव आपण दिले तरी हरकत नाही. आम्ही हे जे म्हणतो त्याला
आधार हा की, पॅसिफिक महासागराच्या विभागातील पृथ्वीचा भाग हाच
बहुतेक चंद्रगोल म्हणून उडाला असावा असा तर्क आहे. किंबहुना तो तेथून
उडाल्यामुळेच जो खड्डा बनला तो पॅसिफिक महासागर असावा आणि अशा
तऱ्हेने, जेव्हा जेव्हा आपण पॅसिफिककडे पाहतो तेव्हा तेव्हा पृथ्वीच्या ह्या
एकुलत्या एक चंद्रकन्येची आठवण आपल्याला आल्याशिवाय राहत नाही.

सूर्य व इतर तारकांचे वय

आतां पृथ्वी जर सूर्यापासून बनली असे आपण मानतो तर सूर्याचे व इतर
तारकांची वये आपण काढण्याचा प्रयत्न करू या. म्हणजे यावरून पृथ्वीच्या
जास्तीत जास्त वयाची आपल्याला कल्पना येऊ शकेल. चला तर, तोही प्रश्न
विचारात घेऊ या. त्याकरिता आपण मुळी आपल्या आकाशगंगेचेच वय प्रथम
काढू या. कारण आपले म्हणून जे विश्व आपण मानतो ते या आकाशगंगेच्या
कुटुंबातील तारकांचे आहे. त्यामुळे या तारकांना ज्या अणुशक्तीमुळे उष्णता व
दीप्ती मिळते तिचा विचार करून त्यांचे वयही काढणे शक्य आहे. तारकेच्या
हायड्रोजनचे आस्ते आस्ते हेलियममध्ये रूपांतर होऊन जी अणुशक्ती उपलब्ध
होते ती एक शास्त्रज्ञांना मान्य अशी घटना आहे. (हे सविस्तरपणे ५ व्या
प्रकरणात पाहू या.)

हायड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर होताना प्रत्येक हायड्रोजनच्या अणूतून 2×10^{13} कॅलरी उष्णता बाहेर पडते. सूर्याकडून प्रतिसेकंदाला 10^{26} कॅलरी उष्णता निर्माण होत असल्याने प्रतिसेकंदाला 6×10^{36} अणूतून ती उष्णता उपलब्ध होत असावी किंवा ८०० कोटी टन वस्तुमानाचा किंवा 8×10^6 टन वस्तुमानाचा हायड्रोजन प्रतिसेकंदाला उपयोगात येत असावा हा अंदाज काढता येतो. सूर्याचे वस्तुमान 2×10^{30} टन आहे. त्यातील ५० टक्के भाग हायड्रोजनचा आहे. यावरून तेथील सर्व हायड्रोजनचे वस्तुमान 1×10^{30} टन आहे. म्हणजे सूर्यातील सर्व हायड्रोजन संपण्यासाठी

$$\frac{1 \times 10^{30}}{8 \times 10^6} = 1.25 \times 10^{24} \text{ सेकंद} = 4 \times 10^7 \text{ वर्षे} = 40 \text{ अब्ज वर्षे}$$

काळ लागेल.

तेव्हा सर्व हायड्रोजन संपुष्टात येण्यासाठी ५० अब्ज वर्षे काळ लागेल असा अंदाज काढता येतो. म्हणजे आपला सूर्य गेली ३ अब्ज वर्षे जर असाच तळपत राहिला असेल तर या हायड्रोजनपैकी ६ टक्के हायड्रोजन एव्हाना संपुष्टात आला असावा आणि त्यावरून आपली तारका अगदी भर तारुण्यात आहे असे म्हणावे लागते. परंतु निरनिराळ्या आकारमानाच्या तारकांची आयुर्मर्यादा भिन्न भिन्न असते. तेव्हा या तारका एकाच वयाच्या असल्या तरी उत्क्रांतीच्या निरनिराळ्या अवस्थेत त्या असू शकतील. उदाहरणार्थ, एक लहान तारका, एक मध्यम तारका व एक मोठी तारका अशा जर तीन निरनिराळ्या आकारमानाच्या तारका आपण घेतल्या आणि त्या एकाच वेळी जन्मल्या असे गृहीत धरले तर त्यांची आतापर्यंतची उत्क्रांती भिन्न प्रमाणातच होणार हे उघडच आहे. ज्याप्रमाणे उंदराचे एक वर्षाचे पिल्लू, कुत्र्याचे एक वर्षाचे पिल्लू आणि एक वर्षाचे मूल यांची वाढ निरनिराळी घडते तसाच काहीसा हा प्रकार आहे.

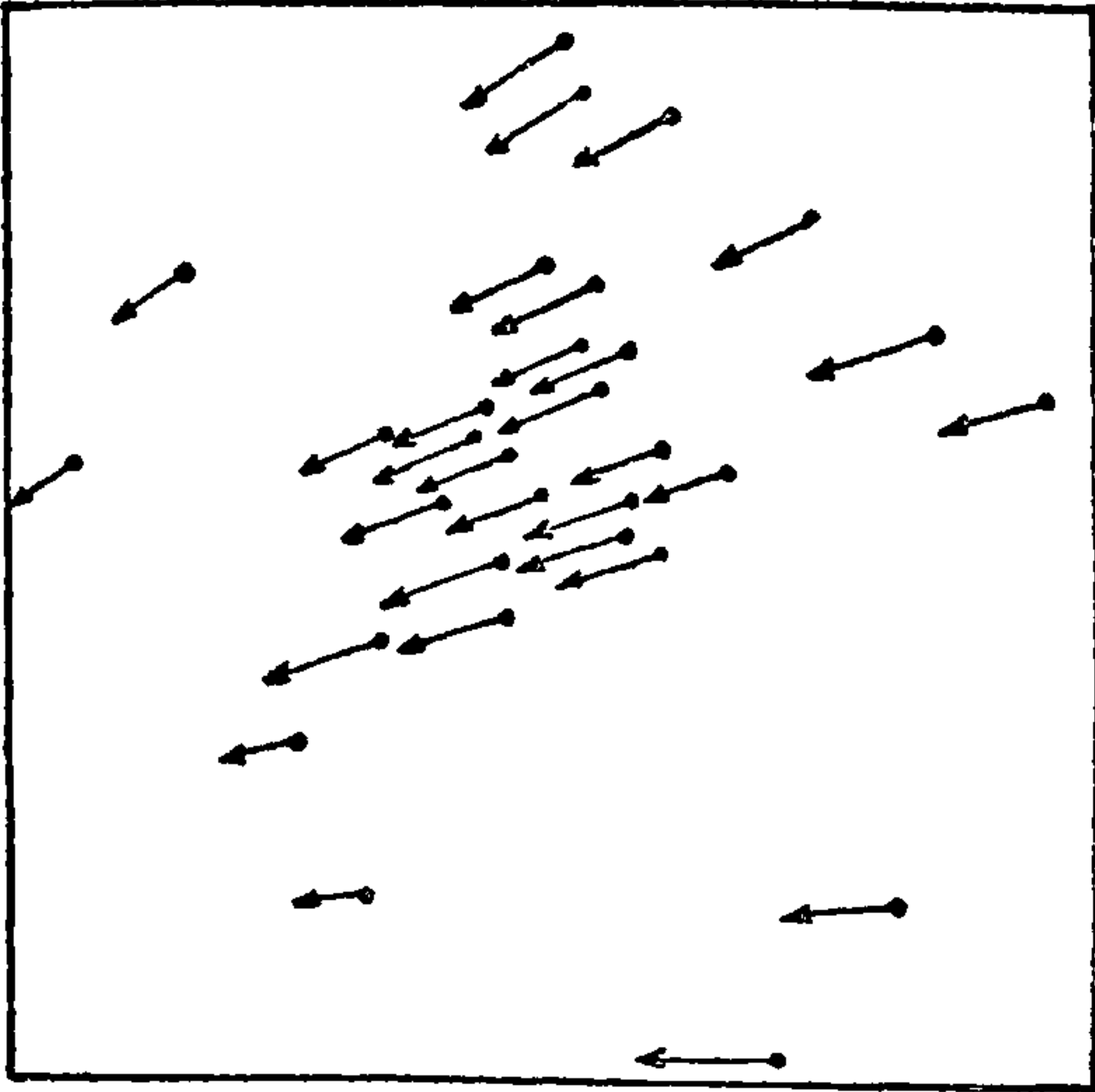
तारकेच्या वस्तुमानाच्या तृतीय घातांकात तिची दीप्ती वाढते त्यामुळे निरनिराळ्या आयुर्मर्यादेच्या तारका आपल्याला या विश्वात पाहावयास मिळतात. उदाहरणार्थ, एखाद्या तारकेचे वस्तुमान सूर्यतारकेच्या दुप्पट आहे असे समजू या. तसे असेल तर तिला मिळणारे इन्धन सूर्यतारकेच्या दुप्पट आहे असे म्हणता येईल. परंतु तिची दीप्ती वस्तुमानाच्या तृतीय घातांकात असल्याने दुप्पट वस्तुमानामुळे तिची दीप्ती सूर्याच्या दीप्तीच्या

आढपट अधिक असते. त्यामुळे तिचा न्हासहि अधिक प्रमाणात होतो. परंतु इन्धन दुष्पट असल्याने तो एकंदरीत $\frac{1}{2} = 4$ किंवा चौपट अधिक होतो. आकाशात इतक्या भिन्न भिन्न तऱ्हेच्या तारका आढळतात की, सूर्याच्या पावपट वस्तुमान असलेल्या आणि सूर्याहून अधिक वस्तुमानाच्याही तारका असू शकतात. पहिल्या प्रकारच्या तारका या थोड्याच आहेत आणि दिसायला एकंदरीत मंद आहेत. सूर्याच्या वस्तुमानाच्या चौपट किंवा त्याहून अधिक वस्तुमानाच्या तारका आपण पाहू लागलो तर त्याही सूर्यतारकेहून भिन्न आढळतात. त्यांतील कित्येक स्वअक्षाभोवती परिवलन करीत असतात व त्यामुळे विषुववृत्ताच्या पातळीतून वायूचे फवारे बाहेर उडवीत असतात. दोन अंतिम मर्यादेत असणाऱ्या तारका जर घेतल्या तर त्यांच्या अस्थिरपणामुळे त्या आपल्याला निराळ्याच वाटतात. त्यांतील काही प्रथम हव्या तशा फुगतात आणि स्वतःच्या दीप्तीत बदल करून रूपविकारी होतात. त्यांना सेफाइड किंवा वृषपर्वातील रूपविकारी तारका असे म्हणतात. काहींच्यावर सरळ स्फोटच होतात. त्यांतील काही साधे स्फोट असतात तर काही वेळा, आकाशातील सर्व तारकांच्या दीप्तीएवढ्या मोठ्या दीप्तीची तारका बनून तिच्यातून प्रचंड स्फोट होतात. त्यांना सुपरनोव्हा म्हणतात.

५ व्या प्रकरणात आपण रूपविकारी व स्फोट करणाऱ्या तारकांचा अधिक तपशीलवार विचार करू आणि सध्यापुरता, अशा तारका वृद्धावस्थेत पोहोचल्या की असे प्रकार त्यांतून उद्भवतात एवढीच त्याबद्दलची माहिती गृहीत धरू या. तारकांचे सर्वसाधारण आयुष्य ३ अब्ज वर्षे एवढे निघते. (ज्या तारकांचे वस्तुमान सूर्यतारकेच्या वस्तुमानाच्या चौपट आहे त्यांची आयुर्मर्यादा सूर्याच्या आयुर्मर्यादेच्या $\frac{1}{4}$ एवढीच आहे. म्हणजे सूर्याची आयुर्मर्यादा ५० अब्ज वर्षे इतकी धरली तर त्यांची आयुर्मर्यादा $\frac{50}{4} = 12.5$ अब्ज वर्षे निघते.) याचा अर्थ असा की, आकाशगंगेतील बऱ्याचशा तारकांची आयुर्मर्यादा ३ अब्ज वर्षे असावी आणि त्यांतील अधिक वस्तुमानाच्या तारकांची आयुर्मर्यादा त्याहूनही कमी असावी. चौथ्या प्रकरणात आपण असे पाहू की, अशा तारकांचे (अधिक वस्तुमानाच्या तारकांचे) परिवलन जोरात जे होते त्यावरून त्या तरुणच असल्या पाहिजेत असा अंदाज बांधता येतो. जसजसा अधिक काळ जाईल, तशा तशा आणखी अनेक तारका वृद्ध होतील आणि आपली सूर्य-तारका देखील आणखी ४७ अब्ज वर्षांनी मृत होऊन जाईल.

निरनिराळ्या तारकापुंजांची वये

आकाशगंगेत अनेक तारकांचे पुंजके आहेत. त्यांची वयेसुद्धा आपण काढू या. वृषभ राशीत असा जो एक तारकांचा पुंजका आपल्या दृष्टीस पडतो. त्यातील तारकांची गती कशी असते ते आकृती २ मध्ये पाहावयास मिळेल. गेल्या ५०० शतकांत या तारकांची स्थिती कशी बदलत गेली त्याचे दृश्य त्यात दर्शविले आहे. त्या दृश्यावरून त्या तारका सूर्यापासून दूर जात आहेत असे दिसेल. अशा तारका जरी एकाच तेजोमेघामधून जन्मल्या असल्या तरी त्या एकाच ठिकाणी फार काळ राहू शकत नाहीत हे तर उघडच आहे. एकमेकांतील गुरुत्वाकर्षणाने मार्गातील तारकांवर जे एकमेकांचे परिणाम घडतात त्यामुळे एकमेकापासून लवकरच विभक्त होतात. हार्वर्डचे वि. जे. बॉक यांनी अशा तारकापुंजांचा जो सर्वसाधारण आयुष्यकाल काढला त्यावरून त्यांचे आयुष्य १-१० अब्जवर्षांचे असावे असे निघते. आपल्या आकाशगंगेत



आ. २ : वृषभेतील तारकांची हालचाल

अशा तऱ्हेचे कित्येक पुंजके असल्याने तिचे वय काही अब्ज वर्षे तरी निश्चित असावे.

आकाशगंगेचे वय

आकाशगंगेतील तारकांच्या शक्तीची वाटणी जशी झाली आहे त्यावरून देखील आकाशगंगेचे सर्वसाधारण वय काढता येते. विश्वकेंद्राच्या भोवती भोवण्याप्रमाणे फिरण्याच्या गतीहून आणखी एक निराळीच गती या तारकांच्यात दिसून येते. ज्याप्रमाणे वायूतील रेणूंच्यात उष्णीय गती असते तशी साधारणपणे ही अनियमित गती असते. मोठमोठ्या पुंजक्यातील तारकांच्यात असणाऱ्या गुरुत्वाकर्षणाने या तारका एकमेकांच्या गतींवर परिणाम करतात आणि त्यांतून त्यांच्या सर्वसाधारण गतीची वाटणी काही काळानंतर निश्चित होते. संख्याशास्त्राच्या नियमाप्रमाणे या तारकांच्या गतीत जी वाटणी होते ती त्यांच्या वस्तुमानाच्या वर्गमूळाच्या व्यस्त प्रमाणात आढळते.

निरनिराळ्या वायूंचे मिश्रण जेव्हा आपण घेतो तेव्हा काही नियम तेथे लागू पडतात. उदाहरणार्थ, हायड्रोजन-ऑक्सिजन यांच्या मिश्रणात ऑक्सिजनचे वस्तुमान हायड्रोजनच्या १६ पट असल्याने ऑक्सिजनच्या रेणूंची गती हायड्रोजनच्या रेणूंच्या गतीच्या पावपट आढळते. अर्थात वायूच्या मिश्रणांतील शक्तीची सारखी विभागणी अवघ्या सेकंदाहून कमी काळात होऊन त्यांतील रेणूंची गती वर दिल्याप्रमाणे होते. परंतु तारकांच्यात तशी अवस्था प्राप्त होण्यासाठी दीर्घकाळ लागतो. जर्मन ज्योतिर्वैज्ञानिक एफ् गॉहोलाटश्च यांच्या मताने सूर्यतारकेच्या जवळपास असणाऱ्या तारकांच्यात अशी संपूर्ण अवस्था अजून आलेली नाही. अर्थात् ९८ टक्के प्रमाणात ज्या अर्थी ती आली आहे त्यावरून सूर्याजवळील या तारकांचे वय २ अब्ज ते ५ अब्ज वर्षे असावे असे निघते.

तेव्हा एवढे निश्चित म्हणता येते की, या विश्वाच्या कोणत्याही घटकाचे किंवा विभागाचे वय काय असावे असा जेव्हा प्रश्न आपण करतो तेव्हा त्यांचे अदमासे एकच उत्तर निघते व ते म्हणजे काही अब्ज वर्षे हेच उत्तर निघते.

अर्थात किती अब्ज वर्षे या प्रश्नातील किती या प्रश्नाची उत्तरे निरनिराळी जरी निघत असली तरी सर्वसाधारणपणे ती एकमेकांहून फार निराळी नाहीत, तेव्हा हे विश्व स्थिर-स्थितीतच आहे ही कल्पना तर आपण सोडूनच दिली

पाहिजे आणि विश्वातील मूलभूत अशी जी काही स्वरूपे आज आपल्या दृष्टीस पडत आहेत ती, काही अब्ज वर्षापूर्वीपासून विश्वात जी उत्क्रांती चालू आहे तिचे फळ आहे असे म्हणणे भाग पडते. तसेच विश्वाची भौतिक परिस्थिती आज जी आहे त्याहून ती कमी गुंतागुंतीची अशी भूतकाळात असावी आणि 'प्रारंभिक गोंधळ' या स्वरूपात त्याचे वर्णन केले तर ते योग्य होईल. पुढील प्रकरणात, आमच्या या म्हणण्याला पुष्टी देणारे पुष्कळ आधार सापडतील. एकदा आपण ही परिस्थिती गृहीत धरली तर मग विश्वाच्या निर्मितीबद्दलची शास्त्रीय समस्या सोडविणे सोपे होते.

कारण मग साध्या भौतिक परिस्थितीतून उत्क्रांतीने होणारी अधिक गुंतागुंत ती आहे अशा दृष्टीने तो प्रश्न सोडविता येतो. यादृष्टीने विराट विश्वाच्या प्रसरण पावण्याच्या परिस्थितीचीही (प्रकरण २) आपल्याला चांगलीच मदत होते.

अफाट प्रसरण

प्रसरणारी क्षितिजे

आकाशस्थ ज्योतीत, ज्योतिर्विदांना 'चक्राकार तेजोमेघ' जे दिसतात त्यांची ओळख फार पूर्वीच झालेली आहे. इतर तेजोमेघांचे अनियमित आकार पाहता 'चक्राकार तेजोमेघांचे' आकार निश्चित नियमित असे आढळतात आणि ते अंडाकार असून त्यांना दोन काटे फुटलेले दिसतात (प्लेट १ व २). पंचवीस वर्षांपूर्वी, चक्राकार तेजोमेघ हे आपल्या आकाशगंगेच्या मर्यादेतच कुठेतरी आहेत असे वाटत असे आणि पूर्वीच्या कांट व लाप्लासेच्या ग्रहमाला निर्मितीच्या सिद्धान्ताप्रमाणे हे चक्राकार तेजोमेघ म्हणजे ज्यांच्या ग्रहमाला बनत आहेत अशा काही तारका असल्यात असा संशोधकांचा समज होता.

परंतु विल्सन पर्वतावरील वेधशाळेचा प्रमुख एडविन पी. हबल याने तेथील महान दूरादर्शातून आकाशाचे वेध घेऊन हा पूर्वीचा समज साफ चुकीचा आहे असे १९२५ मध्ये प्रथम दाखविले. देवयानीचा (अँड्रोमिडा) महान चक्राकार तेजोमेघ हा सर्वांत मोठा तेजोमेघ असून तो आपल्या दृष्टीस सुलभपणे पडतो. त्याचे जेव्हा हबलने महान् दूरादर्शातून निक्षरीण केले तेव्हा त्याच्या चक्राकार फाट्यात, ज्यांची दीप्ती बदलत असते अशा अनेक मंद तारका त्याला दिसल्या. अशा तारकांना 'वृष पर्वतील (सेफाइड) रूपविकारी तारका' असे म्हणतात. कारण त्या तऱ्हेच्या तारका प्रथम त्या नक्षत्रात

सापडल्या. अशा तारकांची प्रत्यक्ष दीप्ती आणि त्यांच्या दीप्तीचा स्पंदनकाळ यात परस्पर संबंध आळतो; उदाहरणार्थ, रूपविकारी तारकेची दीप्ती जितकी अधिक तितका तिचा स्पंदनकाळ दीर्घ असतो असे म्हणावयास हरकत नाही. या तारका आपल्यापासून अति दूर आहेत परंतु तरीसुद्धा, हार्वर्डचा ज्योतिर्वैज्ञानिक हॅरॉल्ड शेप्ले याच्या 'दीप्ति-स्पंदनकाळ' या नियमाप्रमाणे आपण या तारकांची आपल्यापासूनची अंतरे मोजू शकतो. कारण एखाद्या तारकेच्या स्पंदनकाळावरून आपल्याला त्या तारकेची मूळची दीप्ती काढता येते आणि मग प्रत्यक्षात जी तिची दीप्ती आपल्याला दिसते त्यावरून तिचे आपल्यापासूनचे अंतर आपण मोजू शकतो.

चक्राकार देवयानी तेजोमेघातील रूपविकारी तारकांचा स्पंदनकाळ मोजून हबलने त्यांची मूळची दीप्ती काढली व ती बरीच मोठी असावी असे त्याला आढळले. पण प्रत्यक्षतः मात्र त्या तारका दिसावयास फार मंद अशा दिसतात हेही त्याच्या निरीक्षणात आले. तेव्हा त्यावरून त्या तारका व तो चक्राकार तेजोमेघ आपल्यापासून फार दूरवर असावा असा त्याने अंदाज काढला. देवयानीतील तेजोमेघाचे अंतर त्याने जे काढले ते २० लक्ष प्रकाशवर्षे निघाले. (प्रकाशाचा वेग प्रतिसेकंदाला १८६००० मैल असून तो एका वर्षात या वेगाने जितके अंतर तोडतो तेवढे अंतर म्हणजे एक प्रकाशवर्ष होय). आकाशात आणखी असेच इतरही चक्राकार तेजोमेघ आढळतात, पण ते देवयानीहून मंद व लहान दिसतात. अर्थात प्रत्यक्षतः मात्र ते आपल्या आकाशगंगेएवढे मोठे आहेत.

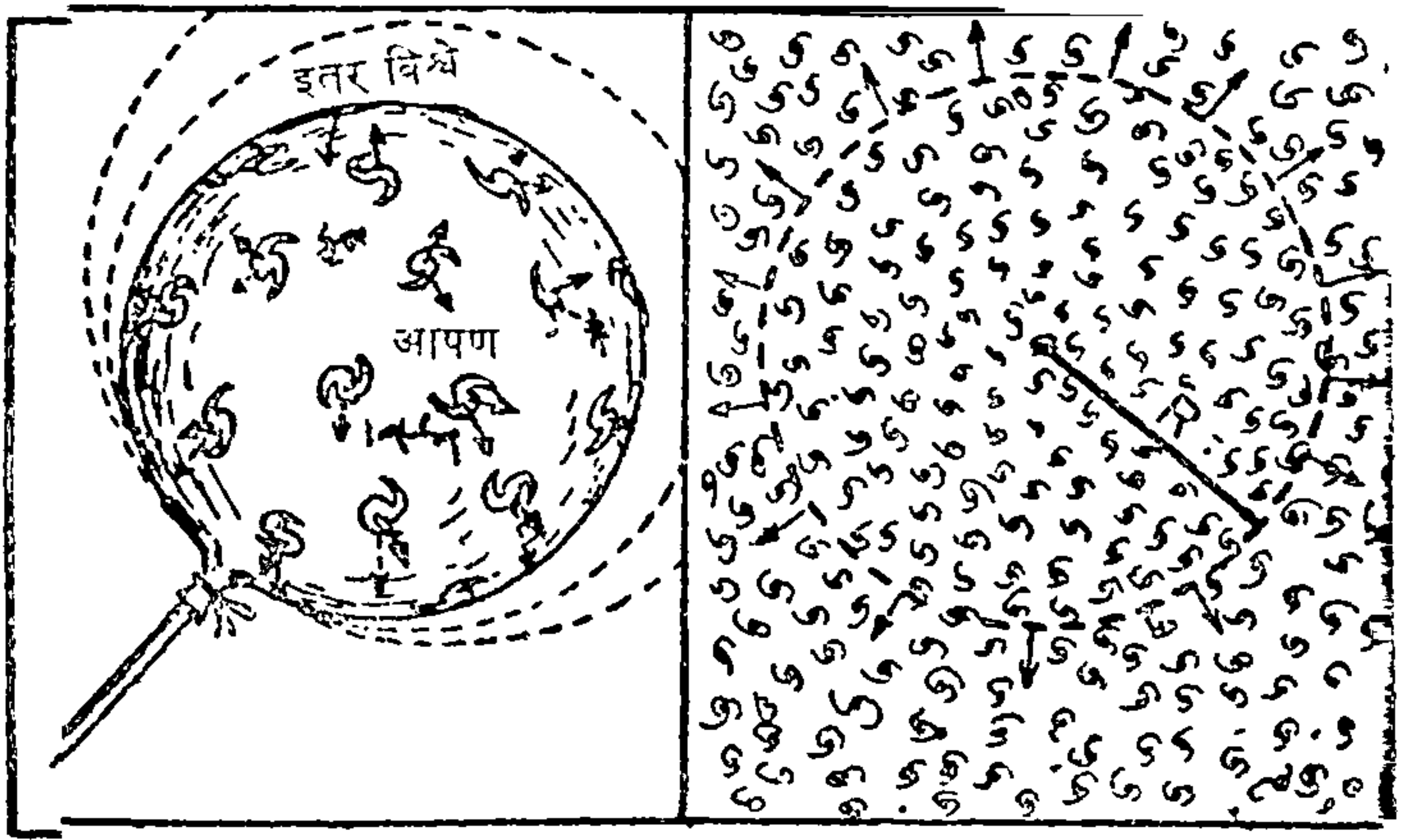
हबलच्या शोधामुळे, चक्राकार तेजोमेघांना आपण जे आपल्या आकाशगंगेतील तारकांचे थवे समजत होतो, ती समजूत चुकीची असल्याचे आढळले; आणि या विशाल विराटविश्वात त्यांचे स्वतंत्र अस्तित्व मानल्यामुळे त्यांचे त्यांना योग्य ते मानाचे स्थान दिले गेले. मृगातील तेजोमेघ जे आहेत ते अंतराळातील धुळीचे मोठे ढग आहेत व त्याहून भिन्न असे हे तेजोमेघ आहेत ही गोष्टदेखील मान्य करावी लागली. अलीकडे, विल्सन पर्वतावरील वाल्टरबाडे या ज्योतिर्विदाने देवयानी तेजोमेघाचे आणि त्याच्या दोन तेजस्वी उपगोलांच्या मध्यभागांचे जे निरीक्षण केले त्यावरून त्यांत तेजस्वी तारका असल्याचे त्याच्या अनुभवास आले. त्यामुळे चक्राकार तेजोमेघ हे जे त्यांचे पूर्वीचे नाव होते त्याऐवजी त्यांना चक्राकार विश्वे हे योग्य नाव

देण्यात आले. (विश्वांना चक्राकार फाटे नसल्याने त्यांना अंडाकार किंवा गोलाकार विश्वे हे नाव दिले जाते.)

हबलच्या शोधातून आपल्या विराट विश्वाच्या माहितीत फारच महत्त्वाची भर पडली; कारण या चक्राकार विश्वांच्या उत्सर्जित वर्णपटातील वर्णरेखांचे आरक्त विचलनही (रेड शिफ्ट) पुढे दिसून आले. त्यावरून ही विश्वे अनंतात दूर दूर पळत आहेत असे डॉप्लर परिणामावरून लक्षात येते. (जेव्हा एखाद्या प्रकाशाचा उगम निरीक्षकाकडे धावत असतो त्यावेळी त्यापासून उत्सर्जित होणाऱ्या वर्णपटातील सर्व रंग नीलरंगाकडे विचलित झालेले दिसून येतात. या उलट जेव्हा प्रकाशाचा उगम हा निरीक्षकापासून दूर जात असेल तेव्हा त्याच्या उत्सर्जित वर्णपटातील रंगांचे आरक्त विचलन होत असते. याला 'डॉप्लर परिणाम' असे म्हणतात.) जोपर्यंत हे चक्राकार तेजोमेघ आकाशगंगेने मर्यादित केलेल्या आपल्या विश्वातच अंतर्भूत आहेत असे आपण मानीत होतो तोपर्यंत आकाशगंगेच्या मध्यभागातून तिच्या परिघाकडे पळण्याची त्यांची गती आहे असे आपण समजत होतो. पण जेव्हा हे तेजोमेघ आपल्या आकाशगंगेच्या बाहेर आहेत असे दृष्टोत्पत्तीस पडले तेव्हा त्यातून एक निराळेच चित्र आपल्या डोळ्यांसमोर उभे राहू लागले—हे नवे चित्र म्हणजे अब्जावधी अशा विश्वांनी बनलेले आपले जे विराटविश्व आहे त्यांतील सर्व घटक मोठ्या वेगाने एकमेकांपासून दूर पळत आहेत हे होय.

विराट विश्वातील अवकाशाचे हे जे प्रसरण होत आहे ते सर्व दिशांना सारखेच होत असेल तर त्यातील एखाद्या विश्वावर उभ्या असलेल्या निरीक्षकाला इतर सर्व विश्वे दूर पळून जात असलेली दिसतील आणि निरीक्षकापासून त्यांची जी अंतरे आहेत त्या प्रमाणात त्यांची गती असलेली आढळेल. एखाद्या रबरी फुग्यावर जर विश्वनिदर्शक अशा सूक्ष्म चिह्न्या चिकटविल्या तर तो फुगा फुगविल्यानंतर जे दृश्य दिसेल तसे हे विराट विश्वाचे दृश्य दिसत असावे असे म्हणता येईल.

अर्थात या अनेक विश्वांतील एखाद्या विश्वावर उभ्या असलेल्या निरीक्षकाला. तो या प्रसरणाच्या केंद्रभागी आहे आणि जणू काही त्याच्यापासूनच ही सर्व विश्वे दूर पळत आहेत असा खोटा आभास वाटेल. शिशुवर्गातील मुलांच्या-करिता जे 'जंगल जिम' म्हणून एक खेळणे असते त्यावरून या देखाव्याची आणखी स्पष्ट कल्पना येईल. त्याकरिता हे 'जंगल जिम' सर्व दिशांना



आ. ३ : विराटविश्वाचे समप्रमाणात कसे प्रसरण चालू आहे त्याची कल्पना करून देणारी आकृती.

अमर्याद असून त्यावर बसलेल्या मुलांची एकमेकांमधली अंतरे सारखी वाढत आहेत एवढीच आपण कल्पना केली म्हणजे काम भागते.

या प्रसरण गतीशिवायही या विश्वांना, ज्याप्रमाणे वायूतील रेणूंना उष्मीय गती असते त्याप्रमाणे एक आणखी अनियमित अशी गती असते. ही अनियमित गती व मूळची प्रसरण गती या दोन्ही समान प्रमाणात असल्याने जेव्हा त्या एकमेकांविरुद्ध दिशेला असतात तेव्हा त्यातून घोटाळाही उद्भवतो. काही वेळा या अनियमित गतीचा आपल्या दिशेला असलेला घटक (भाग) एखादवेळेस प्रसरण गतीहून जास्तही असतो. तसे जर घडले तर ते विश्व आपल्याकडेच सरकताना दिसते आणि त्यामुळे त्याच्या वर्णपटांतील रंगांचे नील रंगाकडे विचलन होत असल्याचा भास होतो. देवयानी विश्वाच्या बाबतीत नेमकी हीच स्थिती आढळते. परंतु अधिक दूर असलेल्या विश्वांच्या बाबतीत असे घडत नाही. कारण त्यांची प्रसरणगती एवढी मोठी असते की, नेहमी ती या अनियमित गतीहून मोठीच असते व त्यामुळे ती विश्वे नेहमी आपल्यापासून दूर जात असलेलीच आढळतात.

याशिवाय प्रत्येक चक्राकार विश्वाची स्वअक्षाभोवती परिवलन करण्याची

आणखी एक गतीसुद्धा दिसून येते. परंतु त्यात निरनिराळ्या तऱ्हा आढळतात. उदाहरणार्थ, काही विश्वे स्वअक्षाभोवती त्रिकूल परिवलन करीतच नाहीत. परंतु काही विश्वे स्वअक्षाभोवती इतकी झगड्यात परिवलन करतात की, त्यांच्या विषुवपातळीवरील वस्तू बाहेर पसरते व त्यातून त्याचे चक्राकार फाटे बनतात. महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे परिवलनामुळे विश्वाला मिळणारी वेगीय शक्ती ही त्याच्या स्थलांतर वेगीय शक्ती इतकीच साधारणपणे असते. वायूतील रेणूंना जो संख्याशास्त्राचा नियम लागू आहे त्याप्रमाणे ही गोष्ट रेणूंच्या बाबतीत अपेक्षित अशीच असते आणि विश्वांनाही ती लागू पडते. त्यावरून त्यांच्याही बाबतीत संख्याशास्त्राचा नियम लागू असल्याचे दिसून येते.

विराट विश्वाच्या प्रसरणाचा सिद्धान्त

सापेक्षतावादाप्रमाणे ज्या घटना अपेक्षित आहेत त्याप्रमाणेच विराट विश्वाचे प्रसरण होत आहे असे वेल्डिज्यम संशोधक जॉर्ज लिमाट्रे यांनी प्रथम दाखवून दिले. अर्थात आइनस्टाईनने 'गोलाकार असे विराट विश्व' जे गृहीत धरले होते व जे स्थिर आहे असे तो मानीत होता त्याला हे लागू पडत नाही. परंतु रशियन गणितज्ञ ए. फ्रिडमन याने असे दाखविले की, आइनस्टाईनच्या गोलाकार विराट विश्वाच्या गणितीय कृतीत बीजगणिताची जी एक चूक आहे त्यामुळे ही अडचण त्यात निर्माण झालेली आहे. किंबहुना आइनस्टाईनने जे विराट विश्व स्थिर आहे असे कल्पिले होते ते खरे नसून त्यात गत्यात्मक अस्थिरता आहे आणि किंचित कारणाने ते जर उत्तेजित झाले तर ते प्रसरण तरी पावू लागते किंवा संकोच तरी पावू लागते. अर्थात या पुस्तकात आपल्याला सापेक्षतावादाच्या दृष्टीने जास्त खोलवर जाणे जसे शक्य नाही त्याचप्रमाणे विश्वाच्या निर्मितीच्या दृष्टीने अधिक चर्चा करणेही शक्य नाही. परंतु सुदैवाने सापेक्षतावादावर आधारलेल्या पुष्कळशा घटनांचे स्पष्टीकरण फारसे गणित न वापरता न्यूटनच्या चिरप्रतिष्ठित पद्धतीवरून देखील काढता येते हे बरे आहे.

त्याकरिता आपण अशी कल्पना करू या की, या विराट विश्वात सर्व विश्वे थोड्याफार समप्रमाणात विखुरलेली आहेत. प्रश्न असा आहे की, ही सर्व विश्वे एकमेकांच्या दृष्टीने स्थिर आहेत काय? ज्याअर्थी न्यूटनच्या नियमाप्रमाणे त्यात गुरुत्वाकर्षणाचा प्रेरक असतो त्याअर्थी हे घडणार नाही. म्हणजे त्यामुळे त्या सर्वांचा गुरुत्वसंकोच सुरू होईल अशी अपेक्षा आलीच (आ. ४ पाहा).

निःपात दर्शविणारी अवस्था A		
प्रसरण निदर्शक अवस्था B		
स्थिर स्थिति C		
	पूर्वी.	नंतर

आ. ४ : परस्परात गुरुत्वाकर्षण असलेल्या वस्तूंच्या तीन अवस्था

परंतु जर ही विश्वे मुळात स्थिर नसती नि एकमेकांपासून फार मोठ्या गतीने पळत असती तर त्यांतील अंतर सतत वाढतच जाणार व सर्व विराट विश्व प्रसरण पावत राहणार हे उघडच झाले. ही परिस्थिती म्हणजे एखादा फुटबॉल खेळणाऱ्या खेळाडूंच्या डोक्यावर चेंडू उंच उडाला असताना घेतलेल्या छायाचित्राचे वर्णन करणाऱ्या वृत्तपत्रवातमीदाराप्रमाणे घडत असते. कारण चेंडू आकाशात असताना तो खाली जातो आहे की वर जातो आहे ही घटना छायाचित्रात स्पष्ट दिसत नसली तरी ती त्या वातमीदाराला सांगता येते. एखाद्या दांड्याला किंवा दोरीला ज्या अर्थी तो बांधलेला नसतो त्या अर्थी तो स्थिर नसतो हे तर निश्चितच असते. (छायाचित्रात तो स्थिर दिसतो, पण प्रत्यक्षात तो उंच उडत असतो) त्याचप्रमाणे गुरुत्वाकर्षणाने एकमेकांना खेचणाऱ्या विश्वांना परस्परांपासून दूर ढकलणारा काही तरी प्रेरक असलाच पाहिजे तरच ती विश्वे स्थिर राहतील असे समजावे लागते. उदाहरणार्थ, एकमेकांना दूर ठेवणारे तणावे जसे असतात (आ ४ c.) तसा तो प्रेरक असेल. सापेक्षतावादाची जी गणितीय पार्श्वभूमी आहे त्यात नेमके हेच अनुमान काढले जाते. म्हणूनच त्याप्रमाणे दोन वस्तूंना एकमेकांपासून दूर ढकलणारा असा एक प्रेरक

गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध कार्य करीत असतो असे गृहीत धरले गेले व त्यालाच 'विश्वमूलक स्थिरांक' (कॉस्मॉलॉजिकल कॉन्स्टंट) असे नाव दिले गेले. इतर भौतिक प्रेरक ज्याप्रमाणे अंतराच्या व्यस्त वर्गप्रमाणावर अवलंबून असतात त्याच्या उलट विश्वमूलक प्रेरक असतो म्हणजे अंतराप्रमाणे तो समप्रमाणातच वाढतो असे आइन्स्टाइनने गृहीत धरले. हा विश्वमूलक प्रेरक कमी अंतरावर फार थोडा असतो, परंतु विराटविश्वातील अफाट अंतरावर तो महत्त्वाचा ठरतो. (एखाद्या वस्तूच्या कणावर विश्वमूलक प्रेरक जो कार्यान्वित होतो त्याचे मूल्य $F = \frac{1}{3} C^2 \Lambda mr$ एवढे असते. या सूत्रांत C म्हणजे प्रकाशगति, Λ - विश्वमूलक स्थिरांक आणि r हे त्या विश्व कणांचे अंतर होय) अर्थात सामान्य सापेक्षतावादाच्या सूत्रात ही विश्वमूलकसंख्या अगदी सहजपणे अंतर्भूत होत असल्याने आइन्स्टाइनने ती मुद्दाम ओढून ताणून आणली असे समजण्याचे काहीच कारण नाही. पुढे प्रत्यक्षात जेव्हा विराटविश्व प्रसरण पावत आहे असे दिसले तेव्हा विश्वमूलक स्थिरांक मुद्दाम मानण्याचे काहीच कारणही उरले नाही. अर्थात जरी या स्थिरांकाची जरूरी अशी राहिली नसली तरी त्याचा उपयोग आपल्याला आणखी अन्य तऱ्हेने कसा होऊ शकतो ते पुढे पाहूच.

आपले विराट विश्व प्रसरण पावत आहे हा शोधच मुळी अनेक विश्वमूलक समस्यांवर एक उत्तम तोडगा म्हणून सापडला. तसेच ज्या अर्थी हे विराट विश्व सध्या प्रसरण पावत आहे त्या अर्थी कोणे एके काळी ते अगदी संकुचित असले पाहिजे हे ओघानेच म्हणावे लागते. त्याकारणाने विराट विश्वातील वस्तू अफाट अवकाशात आज जी इतस्ततः तारकांच्या स्वरूपात विखुरलेली दिसत आहे ती प्रारंभी एका अतिघन अशा संकुचित स्वरूपात असली पाहिजे. तसेच ज्याप्रमाणे भाराने दडपलेल्या वस्तूचे तपमान अधिक असते (ती प्रसरण पावताच ते कमी होते) त्याप्रमाणेच अतिघनावस्थेत विराट विश्वातील वस्तूचे तपमान खूपच असावे. अर्थात अशा अत्यंत संकुचित वस्तूचे घनत्व त्या वेळी काय असावे हे आज निश्चितपणे सांगता येत नाही. फार फार तर त्या वेळच्या वस्तूचे घनत्व—अणुकेंद्र बनविणारे जे छोटे छोटे थेंब (अणु-कण) किंवा ज्यांना न्यूक्लियर द्रव्य असे म्हणता येईल त्यांच्या घनत्वाएवढे ते त्या वेळी असावे असा अंदाज आहे. त्यामुळे त्या वस्तूचे घनत्व पाण्याच्या घनत्वाच्या अब्जावधीपटीने मोठे असले पाहिजे हे उघडच आहे. तेव्हा आज २०० इंची दूरादर्शातून पसरलेले विराट विश्व म्हणून जे

दिसते ते सारे इतक्या अफाट घनत्वामुळे सूर्याहून ३० पटीने मोठ्या अशा एखाद्या गोलात सामावलेले असावे आणि ज्या अर्थी विराट विश्व हे अनंत आहे त्या अर्थी त्या वेळी सुद्धा या गोलाच्या पलीकडे काही वस्तू अस्तित्वात असावी पण ती वस्तू आज २०० इंची दूरादर्शालाही दिसू शकत नाही.

अर्थात आमचे हे वरील वाक्य थोडेसे 'वदतो व्याघाता'सारखे वाचकांना वाटेल. कारण अनंतात पसरलेली वस्तू संकुचित करता येते किंवा तिचे प्रसरण करता येते आणि दोन्ही वेळा ती अमर्याद स्वरूपात असू शकते हेच मुळी 'अनंताचा विरोधाभास' असल्याप्रमाणे आहे. डेव्हिड हिल्बर्ट या जर्मन गणितज्ञाने ते समर्पकपणे पुढीलप्रमाणे स्पष्ट केले आहे.

एखाद्या हॉटेलमध्ये ठराविक खोल्या आहेत असे समजा. आणि त्या सर्व भरल्या आहेत अशी कल्पना करा. साहजिकच नवीन कोणी प्रवासी त्या ठिकाणी वास्तव्यासाठी आला तर त्याला नकार देणे हॉटेल मॅनेजरला भागच पडते. परंतु एखाद्या हॉटेलत अनंत खोल्या आहेत असे समजा. त्या सर्व खोल्या जरी भरल्या असल्या तरी नवागताला जागा देणे तेथील व्यवस्थापकाला शक्य होते. त्याने फक्त एवढेच करावे लागते की, पहिल्या खोलीतील प्रवाशाला दुसऱ्या खोलीत जायला सांगायचे, दुसऱ्या खोलीतील प्रवाशाला तिसऱ्या खोलीत धाडायचे. तिसऱ्या खोलीतील प्रवाशाला चौथ्या खोलीत जायला सांगायचे... असे करता करता पहिल्या खोलीतील जागा नवागताला द्यायची म्हणजे झाले.

आता अशाच अनंत खोल्यांच्या हॉटेलत अनंत प्रवासी आले आहेत असे समजा. आणि तत्पूर्वी सर्व खोल्या भरून गेल्या आहेत असेही समजा. तरीसुद्धा तो हॉटेल मॅनेजर त्या सर्वांना खोल्या पुरवू शकेल. कारण तो पहिल्या खोलीतील माणसाला दुसऱ्या खोलीत, दुसऱ्यातील माणसाला चौथ्या खोलीत, व तिसऱ्यातील माणसाला सहाव्या खोलीत... अशा तऱ्हेने प्रत्येक विषम संख्येची खोली त्याला मोकळी मिळेल. आणि अनंत नव्या प्रवाशांना या विषम संख्येच्या खोल्या राहावयास देता येतील.

ज्याप्रमाणे अनंत खोल्यांच्या हॉटेलत अनंत प्रवासी गर्दी केल्याशिवाय सामावू शकतात त्याचप्रमाणे अनंत अवकाशात हवी तितकी वस्तू सामावू शकते. आणि ती वस्तू एखाद्या भांड्यात सामावली काय किंवा पावाला लोण्याचा जितका पातळ थर लावतात तितकी पातळ प्रमाणात पसरविली काय, तिला नेहमी मोकळी जागा मिळेल हे नक्कीच.

प्रसरणाचा प्रारंभ कशातून झाला ?

आपण आता मुख्यतः दोन प्रश्नांची उत्तरे काय आहेत ती पाहू या. पहिला प्रश्न म्हणजे प्रारंभीं आपले विराट विश्व अत्यंत संकुचित का होते ? आणि दुसरा म्हणजे त्याचे प्रसरण का सुरू झाले ? गणिताच्या दृष्टीने त्याचे उत्तर समर्पक रीतीने द्यायचे झाले तर असे म्हणता येईल की, विराट विश्वाच्या प्रारंभी ते जे संकुचित जागेत होते ते तत्पूर्वी, त्याचा जो संकोच सुरू झाला होता त्यातूनच घडलेले होते आणि त्याचा जो विस्तार सध्या होत आहे तो किमान जागेत ते चेपले गेल्यानंतरची केवळ एक प्रतिक्रिया आहे. विराट विश्व संकुचित झाले असताना त्याचें घनत्व काय होते याची माहिती आम्ही जरी सांगू शकत नसलो तरी ती कमालीची त्या वेळी वाढलेली होती एवढे निश्चितपणे म्हणता येईल. बहुतकरून ते घनत्व इतके होते की, तत्पूर्वी जी काय वस्तू विश्वात होती तिच्या कणांचा साचा त्या वेळी पार नष्ट होऊन गेला असावा आणि ते अणू फुटून त्यांतून प्रोटॉन्स, न्युट्रॉन्स व इलेक्ट्रॉन्स असे कण बाहेर पडलेले असावेत. तेव्हा, संकोच सुरू होण्यापूर्वी विश्वात काय परिस्थिती होती हे सांगणे कठीण आहे. त्या स्थितीला आपण 'संत ऑगस्टिनच्या काळातील विश्व' असेच नाव देऊ या. कारण हिप्पोचा संत ऑगस्टिन नेहमी, "पृथ्वी व स्वर्ग निर्माण करण्यापूर्वी परमेश्वर काय करित होता कोण जाणे ?" असे म्हणत असे. विराट विश्वाचा संकोच अगदी किमान जागेत झाल्यानंतर त्याचे घनत्व कमाल मर्यादेपर्यंत वाढले असावे आणि त्यातून लगेच प्रसरण सुरू झाले असावे. म्हणजे कमाल घनत्वाचा काळ फारच थोडा वेळ टिकला असला पाहिजे हे निश्चित. आणि प्रसरण सुरू झाल्यावर प्रारंभीच्या काळात अशा काही घडामोडी त्या प्रसरण पावणाऱ्या वस्तूत झाल्या असतील की, त्यातून आज जी गुंतागुंतीची रचना दिसते ती त्यातून बनली असावी.

किमान संकोच झाला त्या वेळची तारीख

विराट विश्वाचे निरीक्षण जेव्हा हबलने केले तेव्हा त्याला त्यातील विश्व अनंतात दूर पळून जात असलेली दिसली व जेवढे एखादे विश्व अधिक दूर तेवढी त्याची गती अधिक असे त्याच्या निरीक्षणात आले हे आम्ही पूर्वीच

म्हटले आहे. विश्वाचे अंतर व गती यांच्यातील जे हवलचे सूत्र आहे ते आम्ही परिशिष्टात दिले आहे.

$$[\text{मागे सरण्याची गती}] = \text{स्थिरांक} \times [\text{अंतर}].$$

अशा स्वरूपात ते सूत्र सांगता येईल. त्यातील अंतरे जर प्रकाश वर्षात मांडली व गती किलोमीटर मध्ये मांडली तर हवलचा स्थिरांक 1.8×10^{-8} एवढा असतो. म्हणजे एखादे विश्व १० लाख प्रकाशवर्षे अंतरावर आपल्यापासून असले तर त्याची पलायन गती प्रती सेकंदाला १८० किलोमीटर्स भरेल. परंतु अंतरे जर सेंटिमिटरमध्ये मांडली आणि गती प्रतीसेकंदाला किती सेंटिमिटर आहे ती मांडली तर हवलच्या सूत्राचा स्थिरांक 1.9×10^{-96} होतो. पूर्वी कोणत्या काळी ही विश्वे संकुचित जागी एकत्र होती हे काढण्यासाठी कोणत्याही दोन विश्वातील अंतरांना त्यांच्या एकमेकांपासून दूर जाण्याच्या गतीने भागले तरी काम भागू शकते. आणि ज्या अर्थी प्रसरणाची गती ही अंतराशी सम प्रमाणात असते त्या अर्थी ह्या भागाकाराचे नेहमी एकाच संख्येचे उत्तर येणार हे उघडच आहे. हे उत्तर म्हणजे

$$\frac{1}{1.9 \times 10^{-96}} = 6.3 \times 10^{96} \text{ सेकंद} = 1.9 \text{ अब्ज वर्षे}$$

या दोन सूत्रांवरून आपण जर प्रसरणाच्या उलट संकोचाची क्रिया घडते अशी कल्पना करू लागलो तर सर्व विश्वे एकमेकांत ज्याक्षणी मिळून जातील आणि ज्या क्षणी विश्वातील तारका व अणू नष्ट होतील त्या दोन क्षणात एक टक्क्याहून जास्त फरक आढळत नाही. याचे कारण म्हणजे दोन विश्वांतली अंतरे ही विश्वांच्या व्यासाच्या शेकडो पटीने मोठी असतात हे होय. तेव्हा १.७ अब्ज वर्षांपूर्वी सर्व विराट विश्व एका ठिकाणी संकुचित होते. हा निष्कर्ष पुष्कळसा बरोबर आहे असे मानावयास हरकत नाही.

अर्थात विश्वाच्या वयाबद्दल आपण इतर दृष्टीने जी अनुमाने काढली (प्रकरण १ मध्ये) त्यांच्याशी या आकड्याची तुलना करता हा आकडा फारच कमी वाटतो. विशेषतः किरणोत्पादक शिशाच्या समस्थानियांच्या सापेक्ष बहुलतेच्या अभ्यासातून होल्मसने जे विराट विश्वाचे वय काढले आहे त्याच्या तर निम्माने हा आकडा भरतो.

राठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे. स्वयंसेवक.

१०५ अफिट प्रकरण ३२५

भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या पद्धतीने आणि ज्योतिर्विज्ञानाच्या पद्धतीने काढलेल्या विराट विश्वाच्या वयामध्ये हा जो फरक आढळतो तो ज्योतिर्विज्ञानाच्या पद्धतीत थोडी सुधारणा करून कमी करता येतो. उदाहरणार्थ, आइन्स्टाइनने स्थिरविश्वासाठी जो एक स्थिरांक सुचविला होता त्यामुळेही ते साधू शकेल असे लीमाटे याने सुचविले. दोन विश्वे एकमेकांपासून फार दूर असल्यावर त्यांच्यात जो प्रतिसारक प्रेरक असतो त्याला अनुसरून एक स्थिरांक त्यात घालता येतो. पण हे प्रतिसारक प्रेरक मान्य केले तर विराट विश्वाचे प्रसरण सतत वाढणाऱ्या गतीने होत जाईल असा निष्कर्ष निघतो आणि प्रसरण होण्याची क्रिया जर प्रवेगित झाली तर आपल्या शेजारील विश्वातील परस्परांतील प्रसरण गती आजच्यापेक्षा प्राचीन काळी कमी होती असा निष्कर्ष निघेल व त्यामुळे विराट विश्वाच्या प्रारंभाचा काळ हा बदलत राहील. विश्वमूलक स्थिरांकाचे (Λ) मूल्य प्रतिसेकंदाला १०-^{३३} सेकंद हे धरले तर हबलच्या पद्धतीप्रमाणे काढलेले विराट विश्वाचे वय भूगर्भशास्त्रातील काढलेल्या वयाशी मिळते जुळते होते. (राल्फ आल्फर व आर. सी. हर्मान यांनी ह्याबद्दलची गणितीय कृत्ये केली आहेत.)

प्रसरण सिद्धांतात योग्य सुधारणा करणारी आणखी एक नवी पद्धत इंग्लिश गणितज्ञ एच्. बॉडी व टी. गोल्ड यांनी सुचविली आहे. बॉडी व गोल्ड यांच्या मते, सतत प्रसरण होत गेल्याने विराट विश्वातील वस्तू विरळ होत जाते आणि त्याची भरपाई अंतराळ पोकळीतील नवीन वस्तूच्या निर्मितीने केली जाते. (ही कल्पना ब्रिटिश ज्योतिर्वैज्ञानिक हॉइल यांनी विराट विश्वाच्या नवसिद्धान्तासाठी पुढे उपयोगात आणली.) अर्थात् या नवनिर्मितीचा वेग तसा काही फार असतो असे नाही. कारण अशी प्रसरणाची भरपाई करण्यासाठी एका गलन पोकळीत दर २॥ कोटी वर्षांनी एक हायड्रोजनचा अणू बनला तरी कार्य भागते; म्हणजे या सिद्धांताप्रमाणे जुनी विश्वे एकमेकांपासून दूरदूर जरी जात असली तरी मधल्या पोकळीत नवनिर्मितीमुळे नवीन विश्वे बनत आहेत असे म्हणावे लागते. म्हणजे विश्वनिर्मितीचा हा खेळ न आदी न अंत अशा तऱ्हेने सतत चालूच असतो. आपण जर बॉडी, गोल्ड व हॉइल यांची कल्पना मान्य केली आणि एखाद्या सिनेमा फिल्मवर ती दाखवू लागलो नि मागील काळात गेलो तर १.७ अब्ज वर्षांपूर्वी सर्व विश्वे एकमेकांत दाबली जाऊन एकत्रित होण्याची शक्यता होती असे दृश्य दिसेल; पण फिल्मवर जर त्याहून

पूर्वीच्या काळातले दृश्य दाखविले तर एकाक्षणी विराट विश्वाच्या संकोचामुळे आपल्या आकाशगंगेवर आजूबाजूची विश्वे येऊन आदळणार होती, पण एवढ्यात ती इतकी दूर निघून गेली की, त्यांतून काहीच धोका उद्भवला नाही असे दृश्य दिसले. तेव्हा या सिद्धान्ताप्रमाणे प्रत्येक विश्वाची उत्पत्ती आणि उत्क्रान्ती जरी सिद्ध होत असली तरी न आदी न अंत असे हे विराट विश्व आहे असे मान्य करावे लागते.

हा सिद्धांत, ज्यांना विराट विश्वाला प्रारंभ आहे हे तत्त्वतः पटत नाही त्यांना जरी आकर्षक वाटत असला तरी तो मान्य करताना अनेक अडचणी उद्भवतात. कारण मूलतः घडलेल्या एका संकोचातून विराट विश्वाचा प्रारंभ आहे हे मान्य केले नाही तर अणुंची निर्मितीही मान्य करता येत नाही. (प्रकरण ३पाहा). अर्थात असेच जर आपण गृहीत धरले की, (आणि असे का धरू नये हाही एक प्रश्नच आहे) जेव्हा नवीन सृष्टी निर्माण होते तेव्हा सध्या जे निरनिराळ्या समस्थानीयांचे एकमेकांशी प्रमाण आहे त्या प्रमाणातच सर्व मूलघटक आपोआप तसे निर्माण झाले असावेत तर मग काही बोलताच येत नाही. परंतु हॉइलच्या मताप्रमाणे तर असे आहे की, शून्यातून प्रथम हायड्रोजन बनत असावा व मग त्यातून अधिक अणुभाराचे अणुघटक नंतर बनत असावेत. परंतु प्रस्तुत लेखकाला ही मतप्रणाली मान्य नाही याचे कारण हे की, विश्वात जो मूलघटकांचा सापेक्ष बदल आढळतो आहे त्याचे शास्त्रीय कारण त्या मतप्रणालीतून मिळत नाही.

अर्थात हा केवळ तात्त्विक विरोध आहे म्हणून जरी आपण सोडून दिला तरी विश्वाचे वेध घेतल्यानंतर जे आपण प्रत्यक्षात पाहतो त्या निरीक्षणातूनही विश्वाच्या स्थिर स्थितीबद्दलची कल्पना (स्टेडी स्टेट ऑफ दि युनिव्हर्स) पटत नाही.

बऱ्याच वर्षांपूर्वी, अमेरिकन ज्योतिर्विद जे. स्टेविन्स व ए. इ. व्हिडफोर्ड यांनी दूरच्या विश्वाच्या वर्णपटांचा अभ्यास करावयाचा असे ठरविले. त्यांनी निरनिराळ्या नक्षत्रांतील विश्वांचे चार समूह अभ्यासासाठी घेतले. त्यांची आपल्यापासूनची अंतरे अनुक्रमे ६० लक्ष, ४ कोटी, १४ कोटी व २४ कोटी प्रकाशवर्षे आहेत. आश्चर्य म्हणजे त्यांचे रंग त्यांच्या अंतराप्रमाणे निरनिराळे आहेत असे त्यांना दिसले. म्हणजे जेवढे एखादे विश्व अधिक दूर असते तितके ते अधिक आरक्त आढळते असे त्यांना दिसून आले.

अर्थात् हा परिणाम डॉप्लर परिणामाहून अगदी निराळा आहे आणि अंतराळातील धुळीमुळे हा परिणाम घडत असावा असे वाटते. म्हणजे ज्याप्रमाणे सूर्यास्ताचा सूर्य आरक्त दिसतो तसे हे घडत असावे. पण त्यांतून एक दुसरीच अडचण उद्भवते व ती म्हणजे इतका आरक्त वर्ण येण्यासाठी अंतराळात खूपच धूळ असावी हे मान्य करावे लागते. परंतु इतर पुरावा त्याच्या विरुद्धच आढळतो. त्यातून विशेष हे की, अंडाकार जी विश्वे आहेत तीच फक्त आरक्त दिसतात. परंतु चक्राकार विश्वे तशी दिसत नाहीत. साहजिकच असा प्रश्न उद्भवतो की, अंतराळातील धुळीमुळे जर हे घडत असेल तर मग फक्त अंडाकार विश्वे तेवढी आरक्त का होतात बरे ?

तेव्हा अधिक विचारांती सर्व शास्त्रज्ञांचे त्याबद्दल असे एकमत झाले आहे की, हे रंग त्या विश्वातील तारकांमुळे त्यांना प्राप्त होत असावेत; परंतु जेव्हा आपण एखादे विश्व ३० कोटी प्रकाश अंतरावर आहे असे मानतो तेव्हा त्यापासून दिसणारा प्रकाश ३० कोटी वर्षांपूर्वी त्यापासून निघाला असे मानावे लागते. आणि विश्वातील तारकांची संख्या जर काळाप्रमाणे वाढत असेल (५ व्या प्रकरणात ते पाहू या) तर विश्वाच्या तरुणपणी त्यातील तांबड्या राक्षसिणी तारकांची संख्या जास्त असावी व मध्यमवयाला ती कमी होत गेली असावी हेही अपेक्षितच आहे. याचा अर्थ असा की, जितके एखादे विश्व अधिक जवळ तितके ते अधिक आरक्त (कारण ते अधिक तरुण असते) असावे. पण हा प्रकार तर प्रत्यक्षात दिसतो त्याच्या उलट आढळतो. तेव्हा विश्वाचे भौतिक गुणधर्म पूर्वीच्या काळी निराळे असावेत असा त्यावरून निष्कर्ष निघतो. साहजिकच बॉडी, गोल्ड व हॉइल यांच्या स्थिरस्थिती कल्पनेच्या विरुद्ध ही गोष्ट आढळते असे म्हणावे लागते.

सुदैवाने विराट विश्वाच्या वयाच्या होल्स व हबल यांच्या आकड्यांत जी तफावत आढळते त्याकरिता विश्वमूलक स्थिरांक (वैश्विक प्रसरण) किंवा वैश्विक स्थिरस्थितीचा सिद्धांत (सतत वस्तुनिर्मितीची कल्पना) या दोहोंचीही आवश्यकता लागत नाही. कारण जर्मन ज्योतिर्विद ए. बेहरच्या सूचनेप्रमाणे कदाचित विश्वामधील सध्या मोजलेली अंतरेच बरोबर नसावीत असे वाटते आणि ती पुन्हा अचूकपणे मोजावीत असे त्याचे म्हणणे आहे. (वीस वर्षांपूर्वी डच ज्योतिर्विद डर्ट यानेही हेच सुचविले होते.) बेहरने निरनिराळ्या पद्धतींवरून असे अनुमान काढले आहे की, विश्वाविश्वांतील प्रत्यक्ष अंतरे

सध्या आपण समजतो त्यांच्या दुप्पट असावीत. कारण 'विश्वाच्या दीप्तीचे अपरकरण (डिस्पॅर्शन) नि कृष्णपदार्थाच्या प्रारण वाटणीत आढळलेले अपगमन' (deviation from black body distribution) लक्षात घेऊन आणि अंतराप्रमाणे उद्भवणारी आरक्तता विचारात घेऊन वेहरने, ही अंतरे वाटतात त्यांच्या दुप्पट होत असा निष्कर्ष काढला आहे. (वाडे याला अगदी अलीकडे, विराट विश्वाची मोजपट्टी—म्हणजे देवयानी विश्वातील रूपविकारी तारकांची आपल्यापासूनची अंतरे चुकली असल्याचे आढळले आणि वेहरचे अनुमान बरोबर असल्याचे सापडले.) त्यामुळे आता हबलचा स्थिरांक पूर्वीच्या निम्न्याने होतो आणि त्यामुळे विराट विश्वाचे वय १.७ अब्जावरून ३.४ अब्ज वयावर आपोआप जाते.

हे प्रसरण कधी थांबेल काय ?

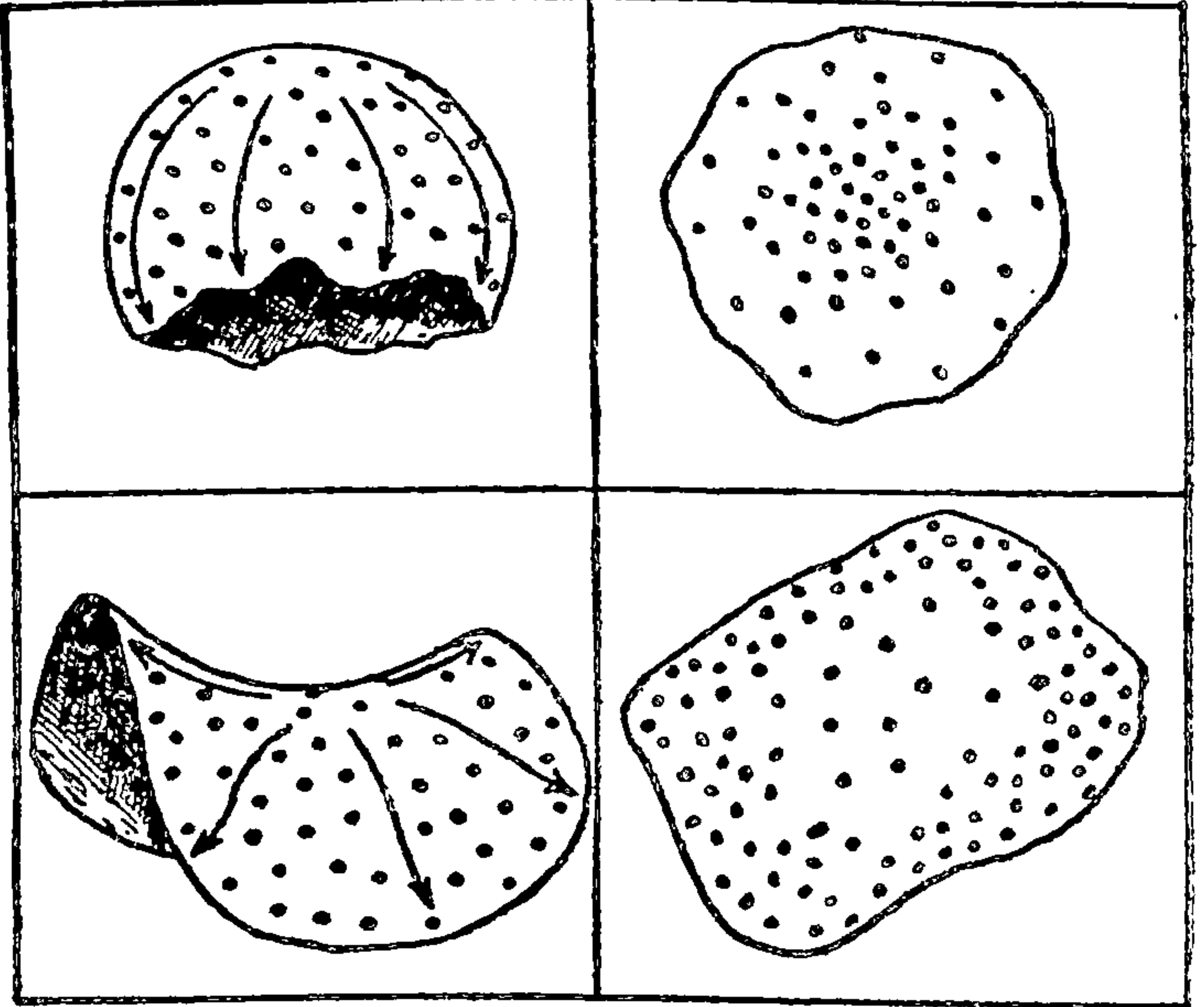
आता प्रश्न असा आहे की, सध्या जे विराट विश्वाचे प्रसरण चालू आहे तसेच पुढेही चालू राहील की काही काळानंतर त्याचा संकोच सुरू होईल. एखादा अग्निबाण अंतराळात उडविल्यानंतर तो तसाच सतत अवकाशात भ्रमण करीत राहील की केव्हा तरी थांबून परत पृथ्वीवर परतेल नि आपल्या डोक्यावर पडेल असाच हा प्रश्न आहे. अर्थात दुसऱ्या प्रश्नाचे उत्तर अग्निबाणाच्या वेगावर अवलंबून असते. कारण त्याचा वेग जर प्रतिसेकंदाला ११.२ किलोमीटर्सहून अधिक असेल (ज्याला 'मुक्ति वेग' असे म्हणतात तो) तर तो अग्निबाण पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाला न जुमानता तसाच पुढे जाईल नि पृथ्वीवर परतणार नाही. आणि जर का त्याचा वेग त्याहून कमी असेल तर तो केव्हा तरी स्थिर होईल नि पृथ्वीवर पडेल. म्हणजे जर अग्निबाणाची वेगीय शक्ती गुरुत्व स्थितिजन्यशक्तीपेक्षा अधिक असेल तर तो अग्निबाण पृथ्वीवर परतणार नाही आणि ती जर त्याहून कमी असेल तर तो पृथ्वीवर परतेल.

विश्वे एकमेकांच्या गुरुत्व प्रेरकाला झुगारून देऊन जी दूर पसरत आहेत त्यांची गोष्टही अग्निबाणासारखी आहे. म्हणूनच विश्वांची एकमेकांपासून दूर जाण्याची शक्ती अधिक आहे की गुरुत्वशक्ती अधिक आहे त्यावर या प्रश्नाचे उत्तर अवलंबून राहील. सध्या विश्वाविश्वांत जे गुरुत्वाकर्षण आहे ते प्रसरणाच्या मानाने फारच कमी आहे. म्हणजे मुक्तिवेगाहून अधिक वेगाने जाणाऱ्या अग्निबाणासारखी ही परिस्थिती आहे तेव्हा त्यावरून सध्याचे

प्रसरण थांबण्याचा किंवा त्याचे रूपांतर संकोचात होण्याचा सुतरामही प्रसंग येणार नाही असे वाटते.

विराट विश्व मर्यादित की अमर्यादित

वरील प्रश्नाच्या उत्तरासाठी विराट विश्वाचा विस्तार आहे तरी किती या प्रश्नाचे उत्तर विचारात घेणे अगदी आवश्यक आहे. अर्थात ते उत्तर विराट विश्वाचा विस्तार किती घनफूट किंवा किती घनप्रकाशवर्षे आहे की अमर्यादित आहे या प्रश्नाच्या उत्तरावर अवलंबून आहे. पॅलोमार पर्वतावरील २०० इंची महान् दुरादर्शाचा दृष्टी पल्ला २ अब्ज प्रकाशवर्षांचा आहे आणि त्यात, सर्व



आ. ५ : धनवक्रता (चेंडूप्रमाणे) व ऋणवक्रता (घोड्याच्या खोगिराप्रमाणे) कशी असते हे दर्शविणारी आकृती. दोन्ही तऱ्हेच्या वक्रांचे पृष्ठभाग टेबलावर सपाट पसरले तर काय दृश्य दिसेल तेही आकृतीत दाखविले आहे.

विश्वे सान्या दिशांना समप्रमाणात विखुरलेली आढळतात. परंतु जर आपण ४०० इंची, ८०० इंची किंवा १६०० इंची व्यासाची नवीन दुर्बीण बनविली तर त्यात दिसेल? आइन्स्टाइनच्या साधारण (जनरल) सापेक्षतावादाप्रमाणे त्याची दोन उत्तरे निघतात.

एक म्हणजे विराटविश्वात अवकाशाला वक्रता असावी व ज्याप्रमाणे पृथ्वी गोल वक्र (घनवक्रता) असल्याने तो मर्यादितच राहतो तशी अवकाशाची परिस्थिती असावी (आकृती ५ वरचा भाग बघा). यालाच 'आइन्स्टाइनचे बंदिस्त विराट विश्व' असे म्हणतात. या बंदिस्त विश्वात (स्थिरस्थिती किंवा प्रसरणशीलताही असू शकेल) एखाद्याने जर अब्जावधी वर्षे वाट पाहण्याचे ठरविले तर त्याच्या मानेवरचे (मागल्या बाजूचे) कापलेले केस त्याला कधीतरी का होईना पण दिसण्याची शक्यता आहे. कारण कोणताही प्रकाश किरण विराट विश्वाला प्रदक्षिणा घालून परतण्याची शक्यता आहे. कदाचित् विराट विश्वातील अवकाशाला खोगिराप्रमाणे ऋणवक्रताही असू शकेल.

प्रत्यक्षतः आपल्या विराटविश्वाची वक्रता कशी आहे ते फक्त निरीक्षणातूनच लक्षात येईल. अर्थात आतापर्यंत जे असे निरीक्षण केले आहे त्यावरून विराटविश्व हे अमर्यादच आहे असे आढळते. आइन्स्टाइनच्या मर्यादित विश्वाच्या कल्पनेप्रमाणे ते प्रत्यक्षात असेल तर ते एका मर्यादेपर्यंत प्रसरण पावत राहिल व त्यानंतर त्याचा संकोच सुरू होईल. पण तेच जर अमर्याद व उघडे असेल तर त्याच्या प्रसरणाला मर्यादाच राहणार नाही. असे म्हणता येईल की, विराटविश्व जर मर्यादित व अवकाशात पर्ययी असेल तर ते कालपर्ययी नि आलटून प्रालटून प्रसरण नि संकोच पावणारे किंवा स्पंदन करणारे असे असेल. याउलट जर विराट विश्व हे उघडे आणि अवकाशात अपर्ययी असेल (पॅराबोलाइडच्या पृष्ठभागाप्रमाणे) तर त्याचे स्पंदन होणार नाही. तेव्हा पूर्वीच्या प्रकरणात विराटविश्वाची अमर्याद प्रसरणता जशी आपण पाहिली तसेच आता त्याचा अमर्याद विस्तारही आपल्याला मान्य केला पाहिजे.

अर्थात पॅलोमारच्या महान दुर्बीणीतून जे वेध आपण २ अब्ज प्रकाशवर्षांच्या अंतरापर्यंत घेतले त्यावर आधारलेली ही अनुमाने त्यापलीकडील अंतरावर लागूच पडतील असे मात्र समजण्याचे काहीच कारण नाही. कारण काही अंतरांच्या पलीकडे असेही घडावयाचा संभव आहे की, आतापर्यंत आपण जो विराट विश्वाचा स्वभावधर्म पाहिला तो त्यापुढेही तसाच असेल असे समजण्याचे

कारण नाही. आणि काही अंतरावर तो बदलण्याची शक्यताही आहे. उदाहरणार्थ, जे विराट विश्व ठराविक अंतरापर्यंत अमर्यादित भासत आहे तेच विराट विश्व त्या पलीकडे मर्यादित होण्याचाही संभव आहे. म्हणजे एखादा माणूस आपले मन एकदम बदलतो तसे घडण्याचीही शक्यता आहे.—अर्थात ही गोष्ट सध्याच्या विज्ञानाच्या कक्षेत वसत नाही. परंतु या बाबतीत स्विडिश ज्योतिर्वैज्ञानिक सी. व्ही. एल. चार्लीअर यांचे मत विचार करण्यासारखे आहे. त्याला अमर्याद गुंतागुंतीचा सिद्धांत असे म्हणतात. त्याप्रमाणे सूर्याच्या आजूबाजूच्या तारका जर एका तेजोमेघाचे (आपल्या विश्वाचा) भाग आहेत असे मान्य केले तर आपले विश्व हे देखील एका महान विश्वाचा भाग आहे असे गृहीत धरावयास काय हरकत आहे आणि त्या महान विश्वाचा क्षुद्रसा भागच दूरादर्शानून आपल्याला दिसतो असे म्हणावे. म्हणजे आपण जर असेच पुढे बघत गेलो तर या विश्वाच्या पलीकडील अवकाशाचा भागही आपल्याला दृष्टीस पडेल. परंतु हे विराटविश्वदेखील एकच असणार नाही नि अशी अनेक महान विश्वे या विराट विश्वात असू शकतील. आणि मग या महान विश्वांचा गट असणारी अति महान विश्वेही असू शकतील. अर्थात मोठ्यांतील मोठ्या अशा एकाहून एक अजस्र गटांची कल्पना दुर्बिणीच्या दृष्टिपल्यात मात्र दिसण्याजोगी नाही.

**विश्वांचे ठिपके आणि त्यांच्या वयांतील व
अंतरांतील घोटाला**

कालओघात झालेल्या विराट विश्वाच्या प्रसरणाचा विचार न करताही विराट विश्वातील अवकाश अंतर्वक्र आहे की बहिर्वक्र आहे हे काढण्याची दुसरीही एक पद्धत आहे. एखाद्या अंतरात किती जागा व्यापण्यासाठी शक्य आहे हे काढण्यावर ही पद्धती अवलंबून आहे. असे समजा की, एखाद्या फुटबॉलचा एक वर्तुळकार तुकडा आपण बरोबर कापला आणि तो टेबलावर सपाट ताणून ठेवला (आ. ५, उजव्या बाजूची वरची). अशा तुकड्याच्या कडा ताणून ठेवल्याशिवाय त्यावरील चामडे सगळीकडे सारखे राहणार नाही हे तर नक्कीच. कारण तो अंतर्वक्राकार असल्याने त्याच्या कडेला फारसे चामडे नसणार हे तर उघडच आहे. परंतु एखाद्या खोगिराचा वर्तुळकार तुकडा कापून आपण तो टेबलावर सपाट ताणून ठेवला तर निराळीच परिस्थिती

आढळेल. त्याच्या कडेला बरेच चामडे असेल आणि ते सगळीकडे सारखे करण्यासाठी आपल्याला आत ओढावे लागेल. म्हणजे दोन्ही तुकड्यांच्या चामड्यावर जर प्रत्येक चौरस जागेत एकाच संख्येचे ठिपके असतील तर व्हॉलीबॉलच्या तुकड्यांच्या वेळी त्याच्या कडेला कमी प्रमाणात ठिपके व मध्ये जास्त प्रमाणात ठिपके सापडतील आणि खोगिराचा तुकडा कापला असल्यास मध्ये विरल प्रमाणात ठिपके दिसून कडेला ठिपक्यांची गर्दी दिसेल. गणिताच्या भाषेत हे सांगायचे झाले तर असे म्हणावे लागेल की, अंतर्वक्र पृष्ठभागावर काढलेल्या वर्तुळाचे क्षेत्रफळ त्याच्या त्रिज्येच्या वर्गाहून कमी-प्रमाणात वाढत जाते तर बहिर्वक्र पृष्ठभागावर काढलेल्या वर्तुळाचे क्षेत्रफळ त्याच्या त्रिज्येच्या वर्गाहून अधिक प्रमाणात वाढत जाते.

अवकाशाची वक्रता तीन परिमाणांमध्ये असल्याने त्यातही अशीच थोडी फार स्थिती असते. परंतु आपणच खुद्द अवकाशात असल्याने दोन परिमाणांमधील वरील उदाहरणासारखी आपण ती प्रत्यक्ष पाहू शकत नाही. चामड्यावर जसे ठिपके असतात तशीच अवकाशात विश्वे असतात असे समजा. तेव्हा जर हे विराट विश्व मर्यादित व अंतर्वक्र असेल तर अंतराच्या तृतीय घातांकापेक्षा कमी प्रमाणात त्यांतील विश्वांची संख्या वाढत जाते. उलट हे विश्व मर्यादित पण बहिर्वक्र असेल तर त्यांतील विश्वांची संख्या अंतराच्या तृतीय घातांकापेक्षा अधिक प्रमाणात वाढत जावी असे अनुभवास येईल.

असे 'विश्वठिपके' मोजण्याचे काम हबलने स्वतः करून बघितले आणि पूर्वी काढलेल्या अंदाजाच्या उलटच अनुमान त्याला काढावे लागले. कारण विराट विश्व हे फारच अंतर्वक्र आहे असे त्याला आढळले. अर्थात हबलचे अंदाज विश्वांच्या अंतरांच्या अचूकपणावर अधिक अवलंबून आहेत. कारण जर बेहरने सुन्नविल्याप्रमाणे, विश्वांची अंतरे आपण धरली आहेत त्याऐवजी प्रत्यक्षात दुप्पट असली तर विश्वठिपक्यांच्या निरीक्षणावरून काढलेल्या अंदाज उलटच निघतो म्हणजे विराट विश्व हे उघड व अमर्याद असावे असे निघते. परंतु त्याबरोबर हेही लक्षात ठेवले पाहिजे की, विश्वांची दीप्ती सतत स्थिर असते या विश्वासावर ही अंतरे मोजलेली आहेत, दूरच्या प्रकाश उगमाची डोळ्यांना दिसणारी दीप्ती अंतराच्या वर्गव्यस्त प्रमाणात बदलते या नियमावर ती काढण्यात आली आहेत. परंतु आपण जी विश्वे पाहतो त्यांपासून निघालेला प्रकाश कोट्यवधी वर्षांपूर्वी निघालेला असल्याने, जर विश्वांच्या दीप्ती कालांतराने

बदलतात असे असेल तर, विश्वठिपक्यांवरून घेतलेला निर्णय चुकीचा ठरण्याची भीती आहे, आणि स्टेविन्स व व्हिटफोर्ड यांनी प्रत्येक विश्वाच्या तारकांच्यात घडणाऱ्या उत्क्रांतीमुळे विश्वाच्या दीप्तीत फरक होतो असे सिद्ध केले असल्याने तर ही भीती साधारही आहे असे म्हणावे लागते.

म्हणजे हबलची विश्वठिपक्यांची पद्धती आणि स्टेविन्स व व्हिटफोर्ड यांचे (विश्वांची दीप्ती तारकांच्या उत्क्रांतीमुळे बदलते हे सिद्ध करणारे) अनुमान या दोघांची आपण जर सांगड घालू लागलो तर त्यातून पेचप्रसंग निर्माण होतो. तेव्हा विश्वांची दीप्ती कशी व किती प्रमाणात त्यांच्या वयामुळे बदलते हे कळेपर्यंत हबलची विश्वठिपक्यांची पद्धत वापरणे चूकच होईल. याउलट विश्वाच्या दीप्तीत कसा फरक होतो हे काढण्यासाठी त्यांची आपल्यापासूनची अंतरे आपल्याला माहित असणे इष्ट आहे आणि त्याकरिता विराट विश्वाची भूमिती कळून घेण्यासाठी (पूर्वी स्पष्ट केल्याप्रमाणे) विराट विश्वाच्या प्रसरणाची पद्धत वापरली तर ते योग्य होईल व त्यावरून विश्वांच्या दीप्तीत कालांतराने होणारा फरक मोजणे योग्य ठरेल.

प्रसरणाची प्रारंभिक स्थिती

विराट विश्वाच्या प्रसरणाचा अभ्यास करू लागल्यावर हबलचा स्थिरांक (परिशिष्टांत दर्शविल्याप्रमाणे) विश्वाच्या उत्क्रांतीमुळे बदलतो असे सापडले. प्रसरणाच्या प्रारंभिक काळात हबलचा स्थिरांक हा विराट विश्वाच्या सर्वसाधारण घनत्वाशी निगडित असलेला दिसून येतो.

$$[\text{हबलचा स्थिरांक}]^2 = 6.0 \times 10^{-10} \quad [\text{सर्वसाधारण घनत्व}]$$

येथे हे स्पष्ट केले पाहिजे की, सर्वसाधारण घनत्व म्हणजे वस्तूचे घनत्व केवळ नसून प्रारणरूप घनत्वाचाही (दृश्य व अदृश्य प्रकाश) त्यात अंतर्भाव होतो. आइन्स्टाइनच्या सापेक्षतावादाप्रमाणे वस्तुमान व शक्ती एकच असून त्यांची स्वरूपे तेवढी निराळी असतात. तेव्हा त्या सिद्धांताप्रमाणे प्रारणाला देखील वजन असते. आणि शक्तीला प्रकाशगतीच्या वर्गाने भागले तर ते किती आहे ते कळते. नेहमीच्या जीवनात प्रारणाचे वजन इतके क्षुल्लक असते की, ते दुर्लक्षित करता येते. उदाहरणार्थ, एखाद्या खोलीतील धुळीचे वजन-देखील त्या खोलीतील प्रारणाच्या वजनापेक्षा अधिक असते. परंतु विराट

विश्वातील वायूचे घनत्व इतके कमी आहे की, त्याच्या वजनापेक्षा प्रारणाचेच वजन अधिक भरते. चिरप्रतिष्ठित भौतिक शास्त्राच्या स्टिफनबोल्ट्झमन सिद्धांताप्रमाणे T अॅब्सोल्यूट तपमान असताना प्रत्येक घनातील प्रारणशक्ती $(-२७३$ अंश सेंटिग्रेड तपमानापासून अॅब्सोल्यूट तपमान मोजले जाते.) ही $७.६ \times 10^{-१५} \times T^४$ एवढी असते. याला जर प्रकाशगतीच्या वर्गाने म्हणजे $c^२$ भागले ($c^२ = ९ \times 10^{२०}$) तर प्रत्येक घनसेंटिमीटरच्या प्रारणशक्तीचे वजन $(८.५ \times 10^{-३६} \times T^४)$ भरते. नेहमीच्या खोलीतील तपमानाला (म्हणजे ३००° अॅब्सोल्यूट तपमानाला) प्रारणाचे वजन (उणतेच्या किरणांचे) प्रतिघनसेंटिमीटरला $१०^{-२५}$ ग्रॅम भरते. अंतराळात, जेथे फक्त तारकांचीच उष्णता असते व तपमान १००° अॅब्सोल्यूट असते (द्रवीभूत हवेच्या तपमानाइतके) तेथे प्रारणाचे घनत्व प्रत्येक घनसेंटिमीटरला $१०^{-२७}$ ग्रॅम असते. खरे म्हणजे ते फार कमी भरते. परंतु तेथे अंतराळवायूचे घनत्वच मुळी प्रत्येक घनसेंटिमीटरला $१०^{-२४}$ ग्रॅम असल्याने त्याचा $\frac{१}{३}$ टक्का एवढे ते भरते. चिरप्रतिष्ठित भौतिक शास्त्राच्या सिद्धांताप्रमाणे, प्रसरण होत असतांना प्रारणाचे घनत्व हे वस्तूच्या घनत्वापेक्षा जास्त प्रमाणात कमी होत जाते. [उदाहरणार्थ, घटनात्मक धारकाची प्रत्येक बाजू a एवढी वाढली तर तिचे आकारमान $a^३$ ने वाढते व त्याचे घनत्व $\frac{१}{a^३}$ ने कमी होते. परंतु तेवढ्याच आकारमानातील प्रारणशक्तीचे तपमान a गुणकाने (वीनचा नियम) कमी होते व त्यामुळे घनत्व $a^४$ गुणकाने कमी होते (स्टिफन-बोल्ट्झमनचा नियम). म्हणजे प्रसरणाच्या प्रारंभकाळात प्रत्येक घनांकातील प्रारणाचे वजन हे त्यातील वस्तुमानाच्या घनत्वाहून जास्त होते असे आपल्याला समजावे लागते. या काळात अतिउष्ण किरणांच्या प्रारणाला महत्त्व असून साध्या वस्तूला त्यामानाने काहीच महत्त्व नसते.

म्हणजे बायबलमध्ये जे एक वाक्य आहे की, “जगाच्या आरंभी चहूकडे फक्त प्रकाश आणि भरपूर प्रकाश होता” हे वाक्य आपण जसेच्या तसे घेतले तरी ते समर्पक होईल. अर्थात हा प्रकाश क्ष-किरण व गामाकिरण यांनी भरलेला होता. साध्या वस्तूचे अणू हे अगदी अल्पसंख्येने होते आणि प्रकाशाच्या क्वांट्यांनी ते इकडे तिकडे फेकले जात होते.

हबलचा स्थिरांक आणि विराट विश्वाचे सर्वसाधारण घनत्व यांत जो

परस्परसंबंध आहे त्यावरून, प्रसरणाच्या प्रारंभिक काळातील तपमान हे कमालीच्या संकुचित जागेत ज्या क्षणी विराट विश्व कोंडले गेले त्या क्षणापासून आतापर्यंत जो काळ होऊन गेला त्यावर अवलंबून असते. हा काळ जर सेकंदांत मोजला व तपमान जर अंशांत मोजले तर (परिशिष्ट पाहा)

$$\text{तपमान} = \frac{१.५ \times १०^{१०}}{\sqrt{(\text{काळ})}}$$

म्हणजे विराट विश्व १ सेकंद वयाचे, १ वर्ष वयाचे व १० लक्ष वर्षांचे असताना त्याचे तपमान अनुक्रमे १५ अब्ज, ३० लक्ष व ३००० अंश अॅब्सोल्यूट असावे. सध्याचे विराट विश्वाचे वय $१०^{१७}$ सेकंद आहे असे मानले तर

सध्याचे तपमान = ५० अंश अॅब्सोल्यूट एवढे भरते.

प्रत्यक्षात जे तपमान आढळते त्याच्याशी हा आकडा मिळता जुळता आहे. आणि प्रारंभीच्या भयंकर तपमानापासून तो सध्याच्या तपमानापर्यंत खाली यावयास त्याला काही अब्ज वर्षे लागली हे सयुक्तिकच आहे.

अर्थात तपमान जरी आपण एवढे अचूक काढू शकलो तरी घनत्वाबद्दल मात्र निश्चितपणे सांगता येत नाही. आपण एवढेच सिद्ध करू शकतो की,

$$\text{वस्तूचे घनत्व} = \frac{\text{स्थिरांक}}{[\text{काळ}]^{3/२}}$$

या स्थिरांकाची किंमत अणुघटकांच्या निर्मितीबद्दल जो सिद्धान्त तिसऱ्या प्रकरणात दिला आहे त्यावरून काढावा लागतो.

अणूंची निर्मिती

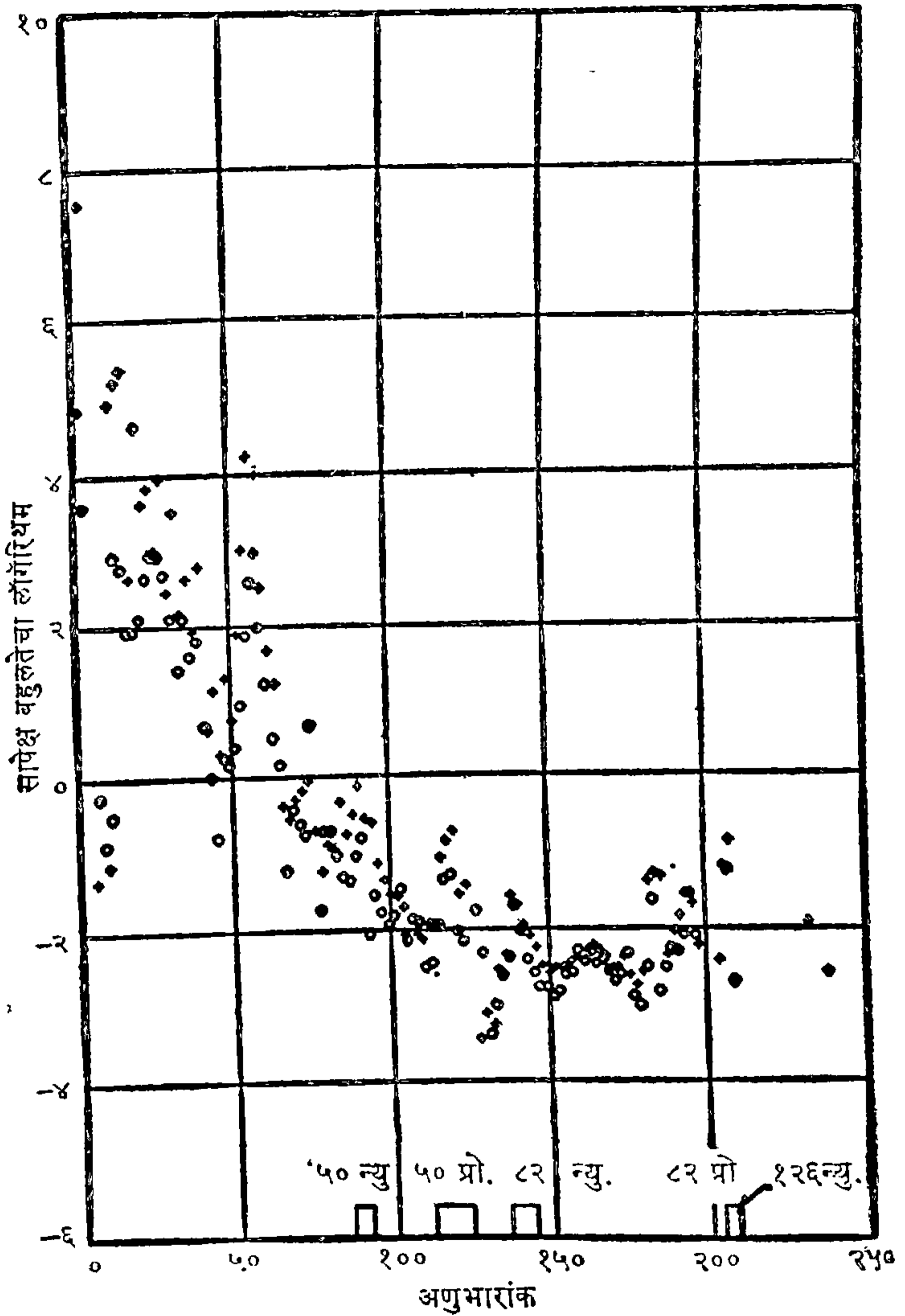
निरनिराळ्या अणूंची सापेक्ष बहुलता

निरनिराळ्या अणुघटकांची निर्मिती कोंडल्या गेलेल्या विराट विश्वाचे प्रसरण जेव्हा सुरू झाले त्या प्रारंभीच्या काळातच झाली असावी हे आम्ही अनेकदा म्हटलेच आहे. कारण ज्या वेळी अतिशय घनत्व व अफाट तपमान होते त्या वेळी अणुघटकांची निरनिराळी स्वरूपे बनण्यासाठी अतिशय सोयिस्कर अशी भौतिक घटना विराट विश्वात उपलब्ध होती. अणुघटकांच्या निरनिराळ्या स्वरूपांच्या उपलब्धतेचे प्रमाण हे ज्या वेळी ते बनले गेले त्या वेळच्या विराट विश्वातील भौतिक घटनेवर अवलंबून असल्याकारणाने निरनिराळ्या अणुघटकांची सापेक्ष बहुलता मोजून प्रसरणाच्या प्रारंभकाळातील भौतिक परिस्थितीचे अनुमान काढणे शक्य होते. म्हणूनच निरनिराळ्या अणूंच्या सापेक्ष बहुलतेचा तक्ता हा विश्वाच्या इतिहासातील सर्वात प्राचीन पुरावा आहे असे म्हणावयास हरकत नाही.

वेगवेगळ्या मूलघटकांच्या सापेक्ष बहुलतेचे नैसर्गिक जे प्रमाण आहे त्याचा कित्येक भूगर्भशास्त्रज्ञांनी व ज्योतिर्विदांनी तपशीलवार अभ्यास केला आहे व त्याकारणाने त्या विषयावरील भरपूर माहितीही मिळालेली आहे. पृथ्वीच्या कवचथरांचे रासायनिक अन्वेषण करून आणि मंगळ व गुरू ग्रहांच्या मध्ये पूर्वी असणाऱ्या एका ग्रहाचे जे अवशेष अशनीत आढळतात त्यांच्या

अभ्यासातून ही माहिती गोळा करण्यात आलेली आहे. त्याच्या जोडीला सूर्याच्या, तारकांच्या आणि अंतराळात इतस्ततः आढळणाऱ्या धुळीच्या वर्णपटांच्या अभ्यासाचे देखील आपल्याला या बाबतीत साहाय्य होते. विराट विश्वात सर्वत्र सारख्याच प्रमाणात तेथील रासायनिक मूलघटक आढळतात हे अत्यंत महत्त्वाचे अनुमान या अभ्यासातून दृष्टीस पडते. उदाहरणार्थ, विराट विश्वाच्या मूलघटकांतील ५५ टक्के भाग हायड्रोजन आहे, ४४ टक्के भाग हेलियम आहे आणि उरलेला अवघा १ टक्का भाग, ज्याप्रमाणे पृथ्वीवर इतर सारे मूलघटक आढळतात त्या प्रमाणात आढळणाऱ्या बाकीच्या मूलघटकांचा मिळून आहे. विराट विश्वाच्या इतर भागांत व पृथ्वीवर आढळणारा फरक म्हणजे इतर विभागाप्रमाणे इतक्या विपुल प्रमाणात पृथ्वीवर हायड्रोजन व हेलियम आढळत नाही हा आहे. (हेलियम हा पृथ्वीवर अतिदुर्मिळ मूलघटक आहे हे प्रत्येकाला पटेल. परंतु प्रथमदर्शनी हायड्रोजन हा मात्र विपुल आहे असे सर्वांना वाटेल. आपल्या वातावरणात व पृथ्वीवरील ३ भागातील महासागरात पाणी दिसते ते हायड्रोजननेच बनले असल्याने सर्वांचा असा समज होणे साहजिक आहे. परंतु पृथ्वीच्या व्यासाशी तुलना करता महासागराची खोली काही फार नाही आणि पृथ्वीवरील प्रस्तरांत फारसा हायड्रोजन नसतो हे लक्षात ठेवले तर पृथ्वीवर हायड्रोजन हा अल्प आहे हे आमचे म्हणणे पटू शकेल.)

हायड्रोजन, हेलियम व इतर दुर्मिळ वायू पृथ्वीवर अत्यल्प प्रमाणात उपलब्ध होतात. आपल्या ग्रहगोलावरील विशिष्ट परिस्थितीने घडलेला तो एक परिणाम आहे. चौथ्या प्रकरणात, ग्रहाग्रहांमधील धूळीचे एकत्रीकरण होऊन ग्रहांचे भूगर्भ बनले आहेत असे दिसून येईल. अंतराळातील हायड्रोजन व हेलियम यांच्याशी मिसळलेली ही धूळ, शेतात बुलडोझरने उडविलेल्या धुळीच्या लोटांशी मिळतीजुळती आहे आणि अशा धुळीच्या एकत्रीकरणातूनच मंगळ, शुक्र, पृथ्वी वगैरे ग्रह बनलेले आहेत. या धुळीतून जेव्हा मूळ प्रस्तरांचा भाग बनला व तो जेव्हा अवाढव्य मोठा झाला तेव्हा अंतराळातील वायू त्यात सामील झाले. अशा तऱ्हेने अंतराळातील वायूंना स्वतःकडे आकर्षित करण्यासाठी जो अवाढव्य प्रस्तरांचा विभाग लागतो तो पृथ्वीहून फार मोठा लागतो. इतकेच काय, पण पृथ्वी, शुक्र व मंगळ यांपैकी प्रत्येकाच्या बाबतीत भोवतालची धूळ अखेरीस कमी पडली व

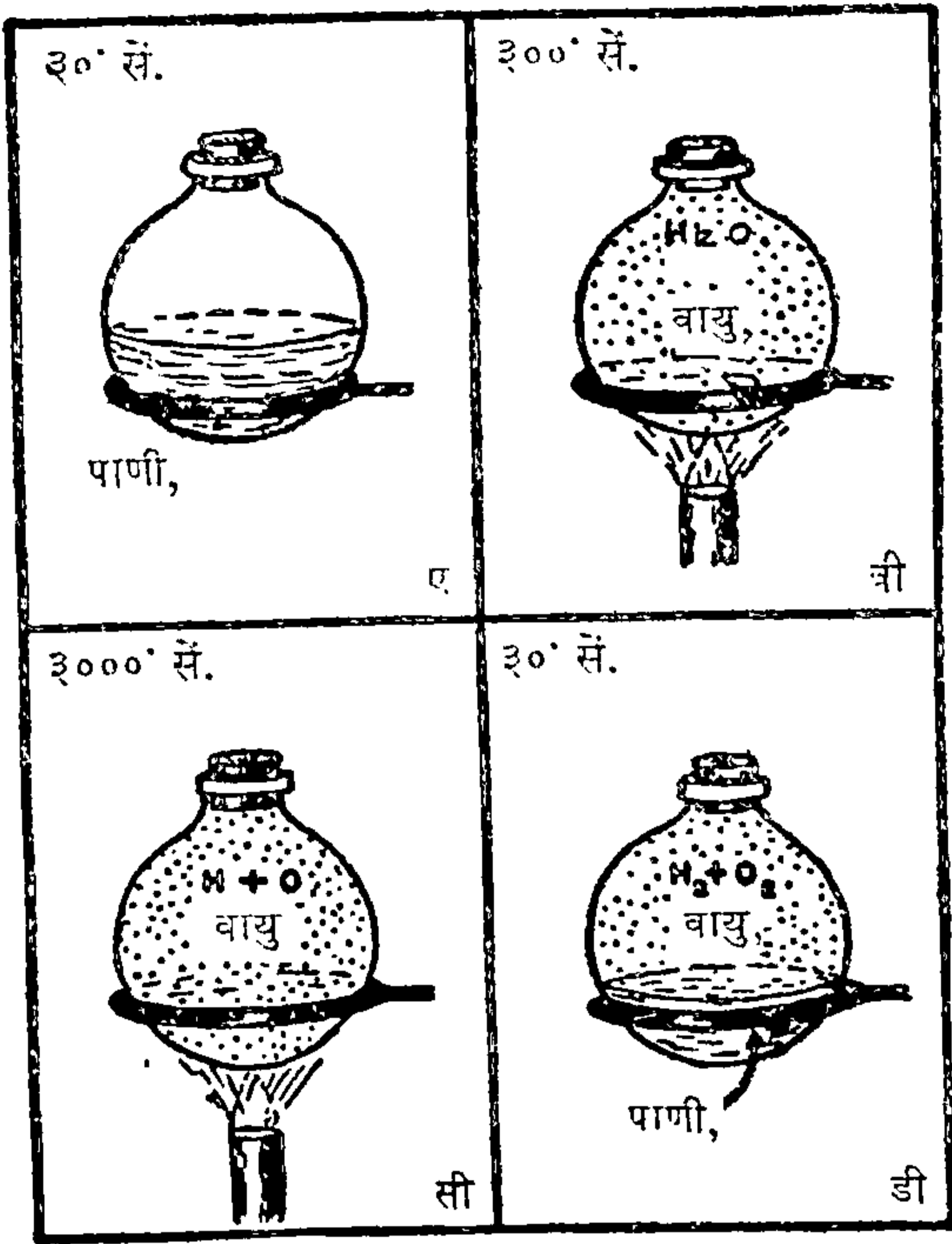


आ. ६ : विराट विश्वाच्या इतिहासातील सर्वात पुरातनकालीन पुरावा. निरनिराळ्या अणूंची प्रत्यक्षात आढळणारी सापेक्ष बहुलता व त्यांचे अणुभारांक यांचे परस्परांतील प्रमाण वरील आलेखात दाखविले आहे. छोट्या चौकोनात मॅजिक क्रमांक दर्शविले आहेत.

त्यामुळे त्यांचे प्रस्तरविभाग फार मोठे बनू शकले नाहीत; त्याकारणाने आज जसे ते आढळतात त्याप्रमाणे ते बनले. उलट भुव, शनि व इतर मोठ्या ग्रहगोलांच्या बाबतीत मात्र त्यांच्या प्रस्तराचे वस्तुमान वरील मर्यादेच्या बाहेर वाढले व हायड्रोजन हेलियमचे दाट वातावरण त्यांच्याभोवती बनले; हॅरिसन ब्राऊन या तज्ज्ञाच्या संशोधनाप्रमाणे गुरुचा जो भूगर्भ आहे तो पृथ्वीसारखाच, परंतु सहा पट जड असून त्याचे संपूर्ण वस्तुमान मुख्य वस्तुमानाच्या दोन टक्के (म्हणजे पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या ३०० पट) आहे. त्याभोवती पाणी, अमोनिया व मेथेन यांचे दाट आवरण आहे व त्यात त्या ग्रहाचे ८ टक्के वस्तुमान आहे. गुरुचे उरलेले ९० टक्के वस्तुमान हायड्रोजन व हेलियम यांच्या मिश्रणातून बनलेले आहे व त्याच्या केंद्रभागाशेजारी त्या मिश्रणाचे घनत्व पाण्याच्या घनत्वाइतकेही आढळते. ही जी गुरुगोलाची अंतर्रचना आहे ती आम्ही प्लेट ३ मध्ये दर्शविली आहे. तेव्हा ५५ टक्के हायड्रोजन, ४४ टक्के हेलियम व अवघा एक टक्का 'इतर अणुघटक' असे जे विराट विश्वातील मूलघटकांचे प्रमाण आहे ते छोटे ग्रह व उपग्रह ह्यांना वगळून बाकी सर्व ठिकाणी लागू पडते.

विराट विश्वातील निरनिराळ्या अणूंची सापेक्ष बहुलता कशी आढळते ते नॉर्वेजियन भूगर्भरसायनतज्ज्ञ व्ही. एम. गोल्डस्मिडर यांच्या संशोधनातून व अशनींचा अभ्यास हॅरिसन ब्राऊन यांनी जो केला आहे त्यावरून कळू शकते. ती आम्ही आ. ६ मध्ये दाखविली आहे.

अणुभारांक वाढत गेला की त्यांचे उपलब्धतेचे प्रमाण झपाट्याने कमी होते असे त्यात आढळेल. प्वांदी व मॉलिब्डिनम हे आवर्त सारिणीच्या मध्यभागी आढळणारे मूलघटक अनेक अब्जांत एक इतक्या क्षुल्लक प्रमाणात उपलब्ध होतात असे त्यात दिसेल. या आकृतीतील वैशिष्ट्य म्हणजे १०० अणुभारांकापर्यंत पोहोचल्यानंतर आलेख सपाटच होतो. म्हणजे त्या मर्यादेहून अधिक अणुभारांकांचे मूलघटक समप्रमाणात आढळतात हे त्यावरून दृष्टीस पडते. प्रारंभी झपाट्यात पतन होऊन नंतर स्थिरावणारा हा आलेख पाहून ज्या परिस्थितीत हे मूलघटक बनले त्याबद्दल महत्त्वाची माहिती मिळते. तेव्हा मूलघटकांचे अणुकेंद्र कसे बनले याबद्दल सुसंगतपणे स्पष्टीकरण देणारा सिद्धान्त आपण जो मांडू त्या सिद्धान्ताने या आकृतीचे बरोबर विवेचन जर केले गेले तर ते मान्य होण्यासारखे आहे, हे लक्षात ठेवले पाहिजे.



आ. ७ : समतोल स्थगित करून हायड्रोजन-ऑक्सिजनचे स्फोटक मिश्रण कसे मिळू शकते ते दर्शविणारी आकृती.

स्थगित समतोलाचा सिद्धान्त

निरनिराळ्या मूलघटकांच्या बहुलतेत एक तऱ्हेचा समतोल्यणा असावा हे गृहीत धरून वरील आलेखाचे स्पष्टीकरण करण्याचे प्रयत्न शास्त्रज्ञांकडून प्रथम केले गेले. अर्थात हे गृहीत तत्त्व अगदी योग्य असेच होते. जेव्हा विराट विश्वातील वस्तूचें तपमान फार वाढलेले होते तेव्हा सर्व तऱ्हेच्या आणवीय विक्रियांना सुलभपणे संधी देणारा समतोल प्रस्थापित झालेला असावा. परंतु जेव्हा झपाट्याने होणाऱ्या प्रसरणाने विराट विश्वाचे तपमान खाली गेले तेव्हा तो समतोल स्थगित झाला असावा असा तर्क आहे.

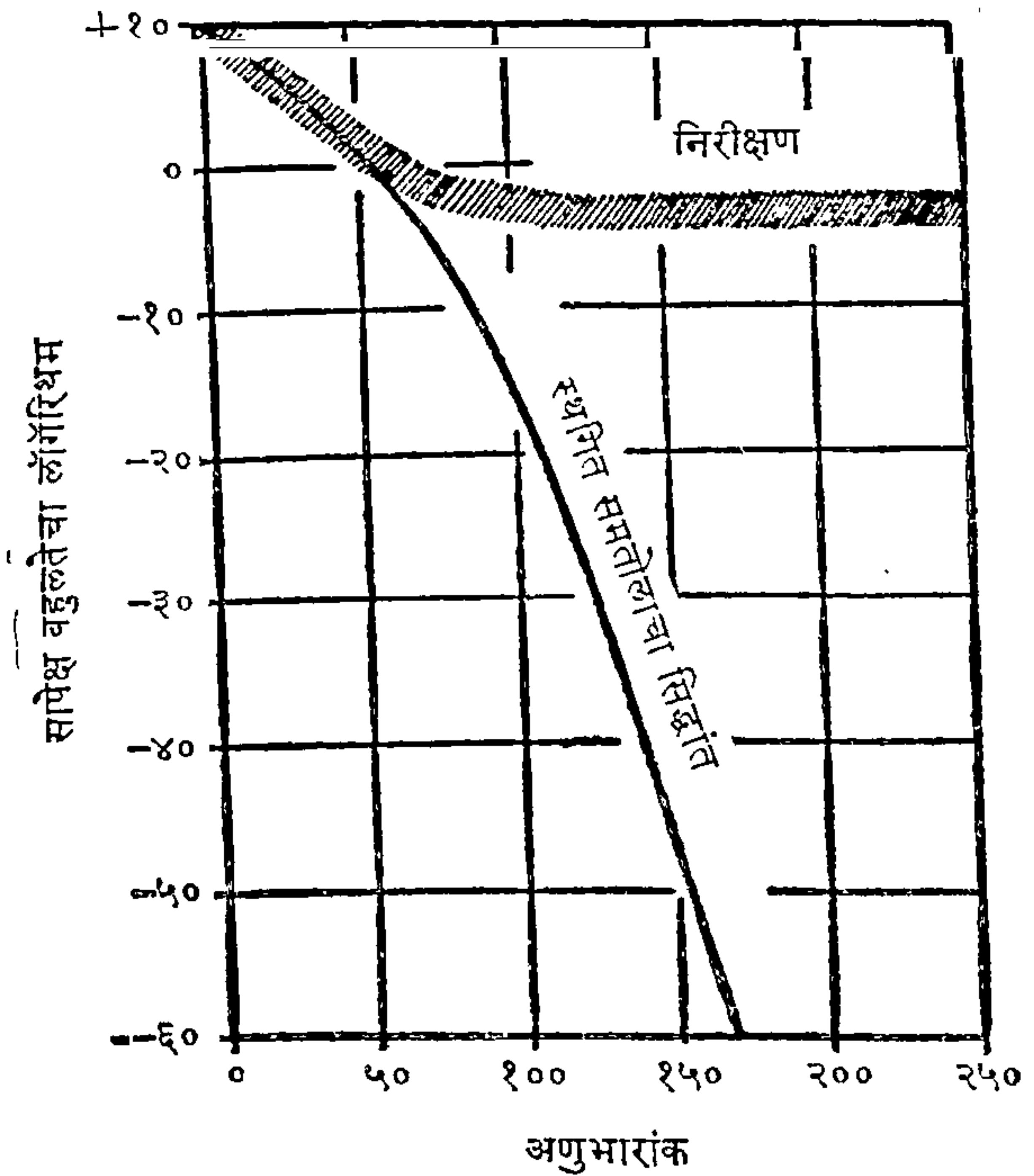
वास्तवरसायन शास्त्रातील एक उदाहरण घेऊन समतोल स्थिति कसा होतो ते विशद करता येईल.

समजा, एका भांड्यात आपण थोडे पाणी घेतले (आ. ७ ए). आपण जर हे पाणी विशिष्ट तपमानाहून म्हणजे पाण्याच्या वात्रतीत ३७४ 'ॲब्सोल्यूट' अंशाहून अधिक तापविले तर भांड्यातील सर्व पाण्याची वाफ होऊन जाईल. या तपमानाला पाण्यातील रेणूंची उष्मीय गती इतकी वाढते की, त्यामुळे त्यातील एकमेकांतील संसर्गीय प्रेरक त्यांना एकत्रित ठेवण्यात असमर्थ होतात (आ. ७ बी). आणखी जर त्याचे तपमान वाढविले तर त्यांची उष्मीय गती इतकी विलक्षण वाढते की, त्यामुळे त्यांत होणाऱ्या टक्करीतून हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे अणू विभक्त होतात (आ. ७ सी). जेव्हा आपल्या भांड्याचे तपमान कांही हजार अंश होईल तेव्हा त्यात मुक्त हायड्रोजन व ऑक्सिजन यांचे अणू आणि थोडेफार पाण्याचे रेणू सापडतील. कोणत्याही एका तपमानाला व दाबाला (किंवा घनत्वाला) या तीनही घटकांचे एकमेकांशी एक विशिष्ट प्रमाण राहिल व ते चिरप्रतिष्ठित समतोलसूत्राने काढता येईल. आपण आता आपले भांडे आस्ते आस्ते गार करू या. तसे केले म्हणजे पूर्वीच्या क्रियेच्या नेमकी विरुद्ध अशी ती क्रिया होईल आणि ज्या पाण्यापासून आपण प्रारंभ केला तेच पाणी पुन्हा आपल्याला मिळेल. परंतु आपण जर त्या भांड्याला, त्यावर द्रवीभूत हवा सोडून किंवा त्या भांड्याचे आकारमान एकदम वाढवून, झपाट्यात थंड केले तर त्यातील घटकांची पुनर्मीलनाची क्रिया घडविलेने पुरी होईल. काही हायड्रोजन व ऑक्सिजनच्या अणूंना जोडीदार मिळण्याची संधी मिळेल. त्यातून H_2 , O_2 व $H_2 O$ असे रेणू बनतील (आ. ७ डी). परंतु साध्या तपमानाला फक्त पाणीच बनावयास हवे होते. म्हणजे अधिक तपमानाला जर समतोल अवस्था आली असेल तर त्यात पाणी, हायड्रोजन व ऑक्सिजन असे तीनही घटक बनतात. या घटकांचे हे मिश्रण अर्ध स्थिरावस्थेत संतुलित असते. कारण आपण जर त्याला काडी लावली तर लगेच स्फोट होऊन त्यातून पाण्याची वाफ होऊन मग द्रवीकरणानंतर त्याचे पाणी बनते.

या उदाहरणावरून विराट विश्वातील प्रारंभिक वस्तूचे झपाट्यात प्रसरण होताच काय घडले असेल याची पूर्ण कल्पना येते. विश्वात सध्या ज्या मूलघटकांच्या तन्हा अस्तित्वात आहेत त्यांच्यांत एकमेकांत विक्रिया होऊन

त्यातून बरोच अणुशक्ती मोकळी होण्याची शक्यता कशी आहे त्याचाही वरील उदाहरणावरून बोध होतो. खरे म्हणजे सध्या अस्तित्वात असलेल्या अणूंच्या तऱ्हांत जर समतोल झालेला असेल तर पृथ्वीच्या कवचथरातील कोळसा व तेल सोडून कोणत्याही अन्य खनिजातील रासायनिक विक्रियांतून शक्ती मिळविण्याइतकेच अणुशक्ती उपलब्ध करणे अवघड ठरणार आहे.

ठराविक तपमानाला व घनत्वाला घडलेल्या समतोल अवस्थेत अणुघटकांचे एकमेकांशी कोणते प्रमाण आहे ते काढण्यासाठी रेणूतील समतोल अवस्थेबाबत वास्तवरसायनतज्ञ जे सूत्र वापरतात त्यासारखे एखादे सूत्र उपयुक्त होईल. त्याकरिता, उच्च तपमानाला व दाबाला रेणूतील बंधनशक्ती (जी काही इलेक्ट्रॉन-व्होल्ट्स असते) ऐवजी न्युक्लिअर बंधनशक्ती (जी काही कोटी इलेक्ट्रॉन व्होल्ट्स



आ. ८ : स्थगित समतोलानुसार सिद्धान्तातील उणिवा

असते) ती वापरली म्हणजे काम भागते. एस्. चंद्रशेखर, व्ही. एल. आर. हेन्रिच आणि अगदी अलीकडे ओ. क्लाइन, जी. वेस्कॉव्ह व एल्. ट्रिफेनबर्ग यांनी अशी गणितीय कृत्ये केली आहेत व त्यांत त्यांना असे आढळले.

आ. ८ प्रमाणे जर आपण आलेख काढला (त्यातील काही अनियमित भाग वगळून) नि त्यातील उतरत्या भागावरून निष्कर्ष काढला तर आठ अब्ज तपमानाला व पाण्याच्या एक कोटीपट घनत्वाला त्यातील समतोल स्थिति होतो असे अनुमान काढता येते. परंतु जड मूलघटकांचा निष्कर्ष काढताना मात्र एकदम सारे चूक असल्याचा अनुभव येतो. कारण प्रत्यक्ष सापेक्ष बहुलतेचा आलेख जरी त्या ठिकाणी सपाट होत असला तरी गणितीय अंदाजावर काढलेला आलेख मात्र सारखा खाली जातो असे आढळते. म्हणजे सैद्धान्तिक पद्धतीने अपेक्षित केलेल्या जड अणूंच्या उपलब्धतेच्या अब्जावधी पटीने त्यांची प्रत्यक्षातील उपलब्धता आढळते. हा जो दोन्हीमध्ये फरक आढळतो तो आपण काही विशिष्ट गोष्टी गृहीत धरल्यामुळे होत नसून समतोलाचा जो सिद्धान्त आहे त्याला अनुसरून तो घडतो. [या समतोलाच्या सिद्धान्तात सापेक्ष बहुलता पुढीलप्रमाणे धरली जाते. $\text{Log} (\text{बहुलता}) = E_A/KT$ ज्यांत E_A ही अणुभारांक A असलेल्या मूलघटकांची संयोजक शक्ती असून, K हा बोल्ट्झमनचा स्थिरांक व T हे अॅब्सोल्यूट तपमान आहे. आवर्तन पद्धतीत ज्या अर्थी न्युक्लिअर संयोजकशक्ती ही साधारणतः अणुभारांकावर अवलंबून असते त्या अर्थी लॉग (उपलब्धता) व AW यांचा आलेख हायड्रोजनपासून शिशापर्यंत सरळ खाली जातो.]

समतोल सिद्धान्तात या ज्या उणिवा आढळल्या त्यामुळे यथाशक्य त्या दुरुस्त करण्याचे प्रयत्न करण्यात आले. उदाहरणार्थ, त्यांतील एक दुरुस्ती चंद्रशेखर व हेन्रिच यांनी सुचविली. त्यांचे म्हणणे असे पडले की, कमी अणुभारांकाचे अणुकेंद्र व अधिक अणुभारांकाचे अणुकेंद्र निरनिराळ्या वेळी बनलेले असावेत. त्याप्रमाणे जड मूलघटक हे अधिक तपमान असताना बनले असावेत आणि मग त्यांची निर्मिती स्थिति झाली असावी व कमी भाराचे अणुकेंद्र शिजण्याची क्रिया त्यानंतर कमी तपमान होईपर्यंत बऱ्याच काळपर्यंत चालू राहिली असावी. परंतु निरनिराळ्या अणुविक्रियांचा जो वेग आहे तो जर वास्तवशास्त्रातील सूत्रावरून लक्षात घेतला तर वरील दुरुस्तीची सूचना ही अयोग्य वाटते.

त्यातून सुटका करून घेण्याचा दुसरा मार्ग म्हणजे निरनिराळे अणू निरनिराळ्या ठिकाणी, भिन्न भिन्न तपमानाला व दाबाला शिजविले गेले असावेत हे मान्य करणे होय. उदाहरणार्थ, स्वीडनचे क्लेन, बोस्कोव्ह व ट्रिफेनबर्ग यांच्या मते प्रारंभी तारकांच्या (ज्या आता अस्तित्वात नाहीत) निरनिराळ्या थरांत हे निरनिराळे मूलघटक बनले असावेत नि पुढे त्या तारकांचा स्फोट होऊन ते अंतराळात उडविले गेले असावेत. अशाच तऱ्हेची मूलघटकांची उत्पत्ती डच ज्योतिर्विद जी. बी. व्हॅन अल्ब्राडा व ब्रिटिश ज्योतिर्वैज्ञानिक फ्रेड हॉइल यांनीही अपेक्षित केली आहे. (परंतु ज्या तारकांत ती झाली त्या अजून अस्तित्वात आहेत असे हॉइल यांचे म्हणणे आहे.) हॅन अॅल्ब्राडाच्या मताने तांबड्या राक्षसिणीत ती उत्पत्ती झाली असावी तर हॉइल यांच्या मते स्फोटक सुपरनोव्हात ती घडली असावी. त्यानंतरच्या संशोधकांना त्याकरिता लागणाऱ्या अत्यंत गुंतागुंतीच्या गणितीय कृत्यांमुळे सापेक्ष बहुलता काढणेच जमले नाही. व्हॅन अॅल्ब्राडा व हॉइल यांनी जो तर्क मांडला आहे तो तितकासा पटण्यासारखा नाही कारण एखाद्या अननुभवी गृहिणीने काही घाई नसतानाही स्वयंपाकाच्या निरनिराळ्या जिन्नसांसाठी मुद्दाम तीन निरनिराळे स्टोव्ह मागून आणून एकावर फक्त अंडी उकडावयाची, दुसऱ्यावर ऑमलेट करायचे तर तिसऱ्यावर फक्त मांस शिजवायचे—असे करणे जसे अयोग्य वाटते तसेच अॅल्ब्राडा व हॉइल यांचे अनुमान अयोग्य वाटते. तेव्हा अशा अनुमानाने योग्य प्रमाणात हलके, मध्यम भाराचे व भारी वजनाचे मूलघटक निरनिराळ्या भौतिक परिस्थितीत निर्माण झाले असे मान्य करावे लागते आणि त्यातूनच अणुनिर्मितीचे साधे चित्र भंग पावते.

प्रारंभिक अणूंचा सिद्धान्त

तीस वर्षांपूर्वी मूलघटकांची निर्मिती एका प्रारंभिक अणूंच्या स्फोटातून झाली असावी असा एक सिद्धान्त वेल्जियम शास्त्रज्ञ जॉर्जेस लिमाइट्रे यांनी मांडला. अर्थात लिमाइट्रे यांच्या मताने, प्रसरणाला प्रारंभ होण्यापूर्वी विराट विश्वातील सर्व वस्तू एका विशाल अणुकेंद्रात साठलेली असावी. तेव्हा आपण त्यास 'प्रारंभीचा अणुकेंद्र' या नावाने संबोधू.

या तऱ्हेच्या अनुमानात प्रसरणापूर्वी त्यातील वस्तूचे तपमान विशिष्ट तपमानाहून काहीसे कमी असावे व त्यामुळे त्या वेळी त्यातील अणुक्रणांची

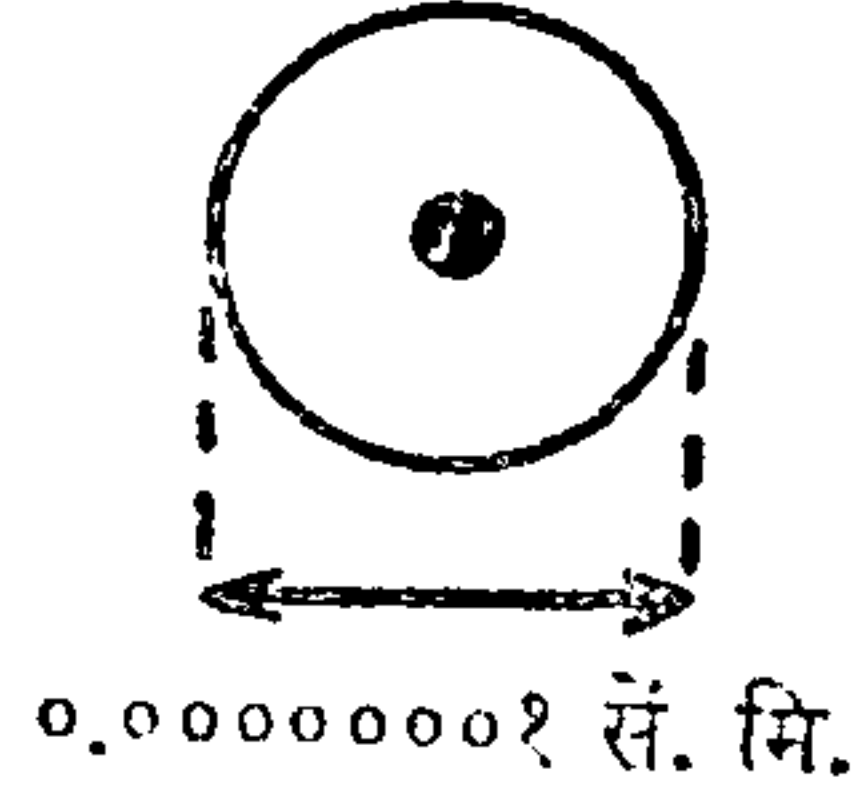
उष्मीय शक्ती संसर्गीय बंधनाला झुगारून देऊ शकत नव्हती हे ओघानेच मान्य करावे लागते. पुढे जेव्हा प्रसरणास प्रारंभ झाला तेव्हा त्या प्रारंभिक न्युक्लिअसमधील अणुद्रव्य अस्थिरावस्थेत गेले असावे व त्याचे शक्य तितक्या आकाराचे तुकडे बनले असावेत. लिमाइट्रेने ह्या घटनेचे काल्पनिक जे वर्णन केले ते त्याच्याच शब्दांत आम्ही पुढे देत आहोत.

“या छोट्या अणुजगताचे नंतर मोठे तुकडे झाले व पुढे प्रत्यक्ष मोठ्या तुकड्यातून छोटे तुकडे बनले. हे तुकडे सम आकाराचे होते असे समजून एकातून एक बारीक असे २६० वेळा तुकडे पडल्यानंतर आज जे अभेद्य अणू आहेत त्या स्थितीला ते येऊन पोहोचले. म्हणजे एखादे शोभेचे दारूकाम नुकतेच संपून गेल्याप्रमाणे ती घटना घडली असावी. त्यांपैकी एका थंड झालेल्या निखान्यावर आपण आज उभे असून थंड होत असलेल्या प्रचंड सूर्याची कल्पना डोळ्यांसमोर आणीत आहोत. त्यातून प्रारंभीच्या विलक्षण देदीप्यमान असलेल्या विश्वाची आठवण काढीत आहोत (Revue des Scientifiques, नोव्हेंबर १९३१)

हे विलक्षण वर्णन करणाऱ्या लेखकाने अचूक अशा गणितीय कृत्याने या घटनेचे तपशीलवार विवेचन मात्र पुढे केले नाही व ते काम पुढे मराया मेयर व शिकागोच्या एडवर्ड टेलर यांना करावे लागले. अगदी निराळ्याच पद्धतीने ते या सिद्धान्तापर्यंत आले. हे लेखक प्रारंभी, त्या न्युक्लिअसचे कसे विघटन झाले असावे त्याबद्दल काहीच उल्लेख करीत नाहीत. ज्या वेळी प्रत्येक अणुबिंदू हा काही मैल व्यासांचा व तारकेएवढ्या वस्तुमानाचा बनला तेथून ते आपल्या विवेचनाला प्रारंभ करतात. (अणुद्रव्याचे त्या वेळचे घनत्व पाण्याच्या $१०^{१४}$ पट असल्याने न्युक्लिअर बिंदूचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाएवढे होण्यासाठी त्या बिंदूचा व्यास ९ मैलांचा असावा.) ज्या वेळी हे अणुबिंदू बनले तेव्हा त्यांत फक्त न्युट्रॉन्सच असावेत. परंतु पुढे आपोआप न्युट्रॉन्समधून पुढीलप्रमाणे प्रोटॉन्स तयार झाले असावेत.

न्युट्रॉन → प्रोटॉन + इलेक्ट्रॉन

त्यामुळे मुळात निव्वळ न्युट्रॉन्सने बनलेला हा अणुबिंदू पुढे प्रोटॉन्समुळे धनविद्युत्भरित होऊन त्याभोवती इलेक्ट्रॉन्स भ्रमण करू लागले असावेत. आज जसे अणू आहेत तसेच अणू त्या वेळी असावेत. परंतु त्यांचे



आ. ९ : काल्पनिक प्रचंड अणू व साधा अणू यांचे तुलनात्मक दृश्य. प्रचंड अणूच्या वातावरणाची जाडी व साध्या अणूचा केंद्र हे वाजवीपेक्षा मोठ्या प्रमाणात दर्शविले आहेत.

आकारमान मात्र मोठे असावे. तसेच त्यांच्या इलेक्ट्रॉनिक वातावरणाची जाडी (10^{-10} सेंटिमीटर) त्यांच्या न्युक्लिअसच्या व्यासाशी तुलना केली असता फारच कमी असावी.

अशा प्रचंड अणूच्या स्थिरतेचा विचार करताना मेयर व टेलर यांनी असे दाखविले आहे की, त्या अणूच्या मोठ्या पृष्ठभागावर 10^{-12} सेंटिमिटरच्या छोट्या पुटकुळ्या उद्भवल्या असाव्यात. या पुटकुळ्या मूळच्या शरीरातून पुढे एखाद्या तुषाराच्या फवान्याप्रमाणे उडून गेल्या असाव्यात व त्यांतून जाड मूलघटकांचे अणुकेंद्र बाहेर उडून गेले असावेत.

हे सर्व फोड साधारणपणे—काही शेकडो अणुभारांकाचे व एकाच आकाराचे असावेत असा अंदाज आहे. भारी वजनाच्या मूलघटकांच्या निरनिराळ्या समस्थानीयांचे सापेक्ष प्रमाण काय असावे हे देखील या सिद्धान्तावरून काढता येते आणि प्रत्यक्षात त्यांचे जे सापेक्ष प्रमाण आढळते त्याच्याशी ते मिळतेजुळते आहे. परंतु हलक्या मूलघटकांच्या निर्मितीबाबत मात्र—ज्याचे जगातील वस्तूमधील प्रमाण ९९.९९९९९९० टक्के आहे हा सिद्धान्त पूर्णपणे अयशस्वी ठरतो. मेयर व टेलर यांचे असे म्हणणे आहे की, जरी मूलघटक ज्या

पुटकुळी पद्धतीप्रमाणे उद्भवले असले तरी हलके मूलघटक पूर्वी वर्णन केल्याप्रमाणे स्थगित समतोल पद्धतीने निर्माण झाले असावेत. अर्थात दोन्ही सिद्धान्त एकत्रित कसे करावेत हीच एक समस्या आहे. कारण दोन्ही प्रकारांत ज्या भौतिक परिस्थितीची आवश्यकता वाटते त्या अगदी संपूर्णपणे एकमेकांहून भिन्न आहेत.

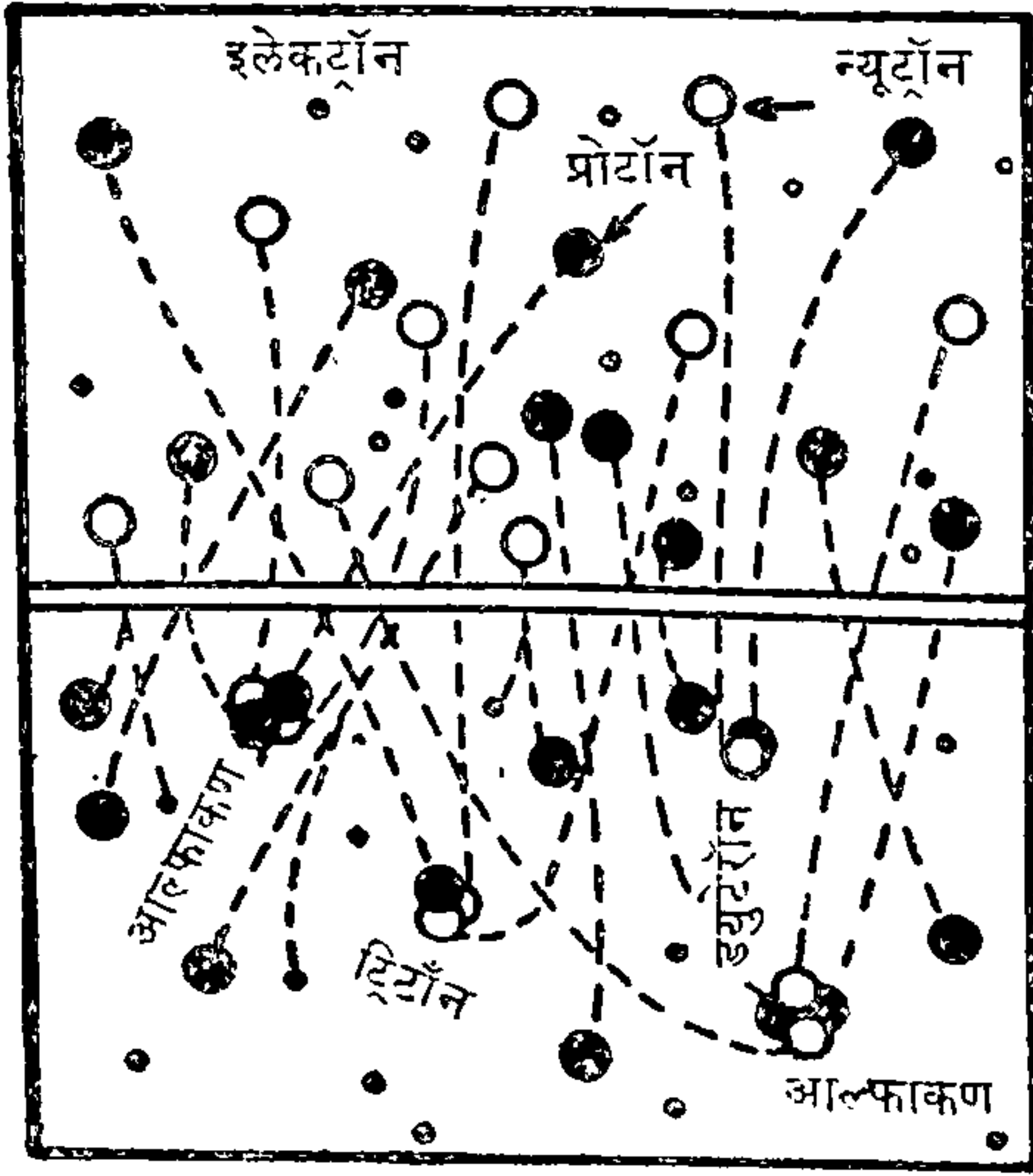
इलेमचा (Ylem) सिद्धान्त

अणूंच्या निरनिराळ्या तऱ्हांची निर्मिती कशी झाली असावी याबद्दल प्रस्तुत लेखकाने काही वर्षांपूर्वी एक निराळाच सिद्धान्त मांडला आणि राल्फ आल्फर, आर. सी. हर्मान, जे. एस. स्मार्ट, एन्रिको फर्मी व अँथनी टुर्केव्हिच यांनी तो सुधारून वाढविला. प्रस्तुत लेखकाचा हा प्रयत्न म्हणजे स्थगित झालेल्या समतोलाचा सिद्धान्त आणि मूळच्या अणूंच्या आपोआप होणाऱ्या विघटनाचा सिद्धान्त यांचा सुवर्णमध्य आहे. या सिद्धान्ताप्रमाणे प्रारंभाला जी अवस्था होती त्या वेळी विराट विश्वात अणुद्रव्याऐवजी तप्त असा न्युक्लियर वायू असावा अशी कल्पना गृहीत धरलेली आहे. त्या वेळी जी भौतिक परिस्थिती अस्तित्वात होती ती इतकी झपाट्याने बदलत असावी की, त्यात कधीच प्रत्यक्षात समतोल अवस्था प्रस्थापित झाली नसावी आणि ती एक द्रुतगतीने बदलणारी अवस्था असावी. अर्थात न्युक्लियर वायू व द्रुतगतीने बदलणारी अवस्था ह्या दोन्ही गोष्टींची अपेक्षा करणे अनैसर्गिक आहे असे मात्र समजू नये. आम्ही दुसऱ्या प्रकरणात, विराट विश्वाच्या प्रारंभी जे तपमान होते ते अफाट होते आणि फार झपाट्याने ते बदलत गेले असावे असे दाखवूनच प्रसरणाच्या सर्वसाधारण सिद्धान्ताचे विवेचन केले आहे.

एखाद्या शाळेत तेथील शैक्षणिक कार्यक्रमात बदल करण्याने जे घडते त्या उदाहरणावरून, स्थगित झालेली समतोल अवस्था व द्रुतगतीने बदलणारी अवस्था यांमध्ये जो फरक आहे तो आम्ही येथे दाखवितो. त्याकरिता असे समजा की, पहिलीपासून ११ वी पर्यंतचे विद्यार्थी त्या शाळेत शिकतात. म्हणजे पहिलीत प्रवेश दिलेल्या विद्यार्थ्यांचा जर आपण ११ वीपर्यंत ठराविक अभ्यासक्रम ठेवला तर त्यांचा अभ्यासक्रम न बदलता पार पडेल. उदाहरणार्थ, असे समजू या की, या विद्यार्थ्यांना ग्रीक व लॅटिन या भाषा आपण शिकविल्या तर त्यांना त्या भाषा समजू लागतील. म्हणजे ठराविक विद्यार्थी जितक्या

काळपर्यंत शाळेत शिकतात त्याहून अधिक काळपर्यंत एकच कार्यक्रम स्थिर ठेवला व नंतर तो बदलला तर त्या काळात शिकलेल्या विद्यार्थ्यांना कोणत्या भाषा शिकविल्या होत्या हे निश्चितपणे सांगता येईल. त्या काळानंतर तितकाच दीर्घ-काळपर्यंत आपण त्यांना संस्कृत व उर्दू अशा भाषा शिकवू लागलो तर त्या विद्यार्थ्यांना ग्रीक व लॅटिनऐवजी संस्कृत व उर्दू येऊ लागेल. परंतु असे असले तरी पूर्वीच्या विद्यार्थ्यांना ग्रीक व लॅटिन येत असले पाहिजे हे जसे आपल्या ध्यानात राहिल त्याचप्रमाणे नंतरच्या विद्यार्थ्यांना संस्कृत व उर्दू येत असले पाहिजे हेही लक्षात राहिल. पण असा (११ वर्षांनंतर) आपला शैक्षणिक कार्यक्रम बदलण्याऐवजी आपण जर तो अभ्यासक्रम अधेमध्येच बदलला तर मात्र कोणत्या विद्यार्थ्यांना काय येत आहे हे निश्चितपणे आपल्या लक्षात राहणार नाही. इतकेच नाही तर ज्या विद्यार्थ्यांना पहिली दोन वर्षे ग्रीक-लॅटिन शिकावे लागले त्याच विद्यार्थ्यांना नंतर उर्दू-संस्कृत शिकावे लागेल आणि त्यांच्या शिक्षणाचा एकंदरीत घोटाळाच होईल. अर्थात ही परिस्थिती शिक्षण-क्षेत्रात जरी घोटाळ्याची असली तरी अणूंच्या निरनिराळ्या तऱ्हा कशा बनल्या हे कळण्यासाठी मात्र उपयुक्त ठरते. कसे ते पाहा.

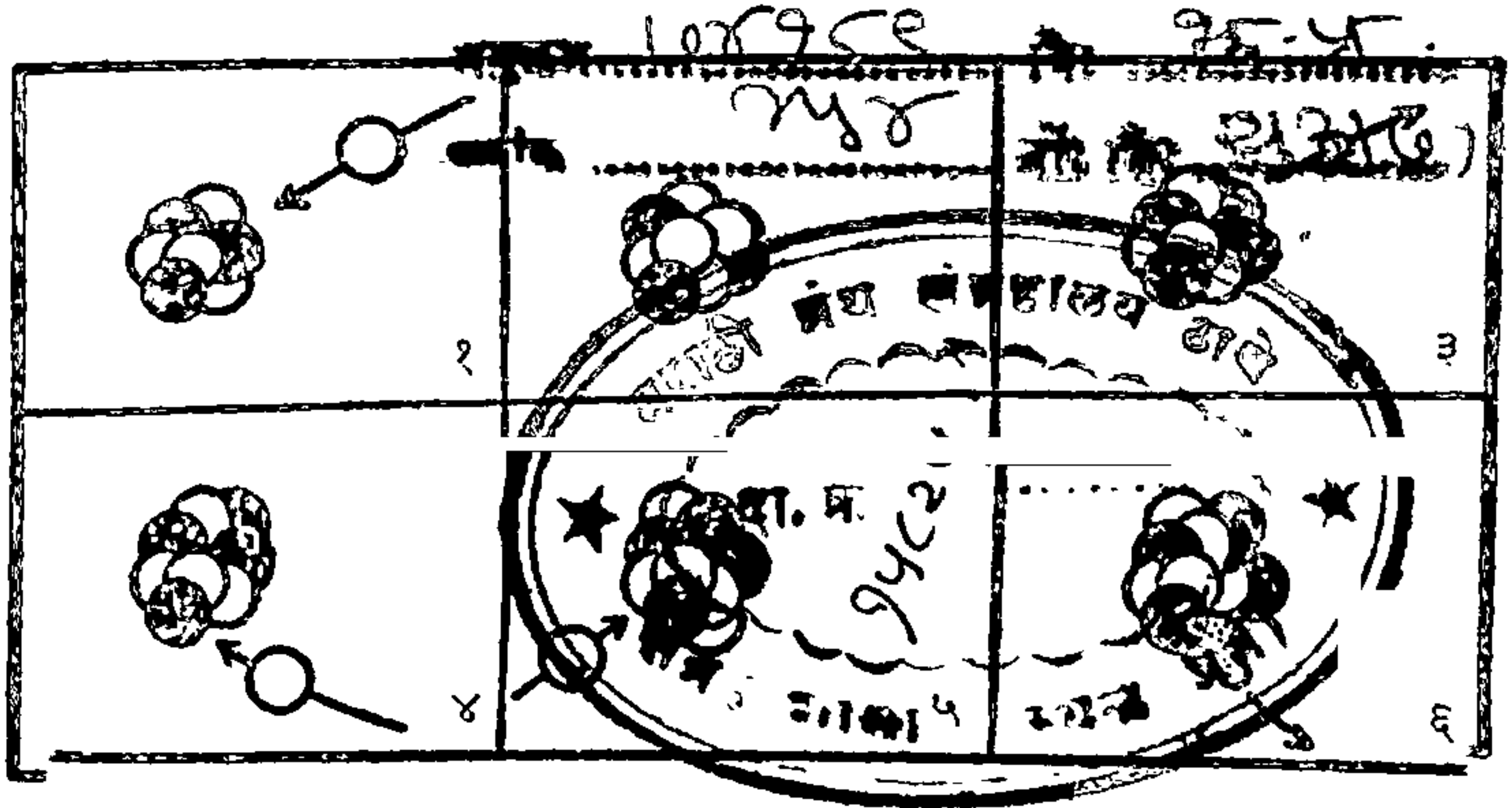
विराट विश्वाच्या प्रसरणापूर्वीच्या प्रारंभीच्या काही मिनिटांत जेव्हा विराट विश्वाचे तपमान अनेक अब्ज अंश होते त्या वेळच्या परिस्थितीचा आपण विचार करू या. अशा भयंकर तपमानाला उष्मीय वेगामुळे जी वेगीय शक्ती त्या कणांना मिळाली होती ती लक्षावधी इलेक्ट्रॉन व्होल्ट्समध्ये मोजावी लागली असती आणि एखाद्या आधुनिक अणुभंग करणाऱ्या यंत्रात ज्या वेगाने विद्युत्कण दाडत असतात त्या वेगाने ते कण इतस्ततः भ्रमण करीत असावेत. त्या वेळी कोणतेच अणुकेंद्र बनलेले नसावेत व न्युट्रॉन्स, प्रोटॉन्स व इलेक्ट्रॉन्स एवढेच कण असावेत. अर्थात एरव्ही मुक्त न्युट्रॉन्स हे जात्याच अस्थिर असतात व अवघ्या १३ मिनिटांत प्रोटॉन्स व इलेक्ट्रॉन्समध्ये त्यांचे रूपांतर होते. परंतु त्या वेळेस जे अफाट तपमान व प्रचंड दाब विश्वात होते त्या तपमानाला व दाबाला प्रोटॉन्स व इलेक्ट्रॉन्सच्या सहवासात अधिक काळपर्यंत न्युट्रॉन्स मुक्त राहू शकत होते. खरे म्हणजे अशा एकांतिक परिस्थितीत एक तऱ्हेचा बदलता समतोल त्या ठिकाणी अस्तित्वात असावा. कारण न्युट्रॉनचे ज्याप्रमाणे प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन ($n \rightarrow p + e^-$) असे रूपांतर होऊ शकते त्याचप्रमाणे प्रोटॉनचे न्युट्रॉन व इलेक्ट्रॉनमध्ये ($p + e^- \rightarrow n$) रूपांतर होऊ



आ. १० : इलेम थंड होण्याची जी क्रिया झाली ती दर्शविणारी आकृती. मुळात जे १० न्यूट्रॉन्स होते (वरच्या विभागात दाखविलेले) त्यांतील तीन न्यूट्रॉन्सचा क्षय झाला. चार न्यूट्रॉन्स एकत्रित येऊन त्यांतून आल्फाकण बनले, दोनांतून ट्रिटॉन बनला व एकातून ड्युटेरॉन बनला.

शकते. तेव्हा जसे त्या वेळी न्यूट्रॉन्स आस्ते आस्ते कमी होत होते त्याचप्रमाणे ते नवीन नवीन बनतही होते. अशा प्रारंभिक मिश्रणाला आपण इलेम (ylem) असे म्हणू या. वेब्सटरच्या डिक्शनरीत, मूलघटक ज्यातून प्रथम बनले तो घटक इलेम होय, असा इलेमचा अर्थ दिलेला आहे.

या इलेमचे तपमान व घनत्व झपाट्यात होणाऱ्या प्रसरणातून कमी झाल्यानंतर मग त्याचे पुढे काय झाले ते आपण आता बघू या. पहिली गोष्ट म्हणजे इलेम जसा थंड होऊ लागला तशी न्यूट्रॉनचा ताजा पुरवठा करणारी $(p + e^- \rightarrow n)$ ही विक्रिया प्रथम मंदावली असावी आणि पुढे जलद जाणारे इलेक्ट्रॉन्स कमी होत गेल्याने ती थांबलीच असावी. साहजिकच मुक्त न्यूट्रॉन्सचे आपोआप प्रोटॉन्समध्ये होणारे रूपांतर तेवढे तसेच चालू राहिले व त्यामुळे त्या मिश्रणात एक तासानंतर फारसे न्यूट्रॉन्स शिल्लकच राहिले



आ. ११ : न्युट्रॉन्सचे शोषण होऊन बिटा कणांचे उत्सर्जन कसे होते ते दाखविले आहे. (काळे गोल प्रोटॉन्स होत, पांढरे गोल न्युट्रॉन्स होत व छोटे गोल इलेक्ट्रॉन्स आहेत.)

नसावेत. याउलट तपमान कमी झाल्यामुळे जे न्युट्रॉन्स शिथिल राहिले होते ते प्रोटॉन्सना चिकटून त्यांतून निरनिराळ्या तऱ्हेचे गुंतागुंतीचे अणुकेंद्र बनण्यासाठी म्हणजे त्यांच्या एकत्रीकरणाला अधिक सुलभ परिस्थिती उपलब्ध होत गेली असावी. हे एकत्रित झालेले अणुकेंद्र म्हणजेच आज जे मूलघटक आढळतात त्यांचे अणुकेंद्र होत. न्युट्रॉन्सचा क्षय आणि त्यांची एकत्रित होण्याची क्रिया यांतील स्पर्धा आकृती १० मध्ये दर्शविली आहे.

अशा तऱ्हेने जे न्युक्लिअर एकत्रीकरण झाले त्यात प्रथम प्रोटॉन्सपेक्षा न्युट्रॉन्स अधिक होते. कारण प्रोटॉन्समध्ये परस्परांत समान तऱ्हेचा विद्युच्चय असल्यामुळे विरोध निर्माण होत होता. त्यामुळे त्यांच्या एकत्रीकरणाला सतत अडथळा येत होता. परंतु अणुकेंद्रांच्या स्थैर्यासाठी प्रोटॉन्स व न्युट्रॉन्सची समप्रमाणात आवश्यकता असल्यामुळे (उदाहरणार्थ—ऑक्सिजनच्या अणुकेंद्रात ८ प्रोटॉन्स + ८ न्युट्रॉन्स असतात.) निरनिराळे अणुकेंद्र बनताना काही न्युट्रॉन्स-प्रोटॉन्सच्या जोड्या बनून गेल्या. आणि त्यानंतर जे न्युट्रॉन्स वाजवीपेक्षा अधिक होते त्यांतून बिटा कण किंवा इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होऊन न्युट्रॉन्सचे प्रोटॉन्समध्ये रूपांतर होत गेले. एखाद्या अणुकेंद्रात अधूनमधून न्युट्रॉन खेचला जाऊन नंतर त्यांतून बिटा कण उत्सर्जित होऊन पुढे

गुंतागुंतीचा अणुकेंद्र कसा बनतो ते आकृती ११ मध्ये दाखविले आहे.

ज्या अर्थी एक तासानंतर एकत्रीकरणासाठी न्युट्रॉन्स शिल्कच उरले नाहीत आणि तेवढ्यात प्रोटॉन्सना त्यांच्या विरोधास न जुमानता एकत्रित करणारे इलेमचे उच्च तपमानही विशिष्ट मर्यादेहून खाली घसरले. त्यामुळे या काळात ज्या वेगाने एकत्रीकरण होत गेले त्यावरच अणुघटकांची निर्मिती अवलंबून राहिली. मूलघटकांचे अणुकेंद्र बनण्यासाठी सर्व मिळून अवघा १ च तास मिळाला असेल व त्यामुळे तेवढ्या काळात ज्या वेगाने एकत्रीकरण झाले त्यावर मूलघटकांची निर्मिती ठरून गेली; आणि जितके तपमान उच्च तितके प्रत्येक घन आकारमानात प्रतिसेकंदाला अधिक कण एकमेकांवर आपटण्याची संधी जास्त मिळत असल्याने त्या वेळी एकत्रीकरणाचा वेग इलेमच्या घनत्वावर अवलंबून असला पाहिजे. म्हणूनच ज्या क्षणाला इलेमचे तपमान एक अब्ज अंश सेंटिग्रेडच्या खाली गेले असेल त्या क्षणाला कणांचे एकत्रीकरण थांबले असावे (एकत्रीकरणासाठी १ अब्ज अंश सेंटिग्रेड तपमान आवश्यक आहे.) कारण त्या वेळेस इलेमचे घनत्वही फार कमी असावे. मुळात जे न्युट्रॉन्स शिल्क होते त्यांचा एकत्रीकरणासाठी उपयोग होण्यापूर्वीच त्यांचे रूपांतर प्रोटॉन्स व इलेक्ट्रॉन्समध्ये होऊन गेले असावे. याउलट त्या क्षणाला इलेमचे तपमान जर फार उच्च असेल तर मूळच्या न्युट्रॉन्समधील पुष्कळसे न्युट्रॉन्स अधिक भाराचे अणुकेंद्र बनण्यासाठी वापरले गेले असतील व फारच थोड्यांचे रूपांतर प्रोटॉन्स-इलेक्ट्रॉन्समध्ये झाले असावे. पहिल्या तऱ्हेची परिस्थिती असेल तर त्यातून सर्व हायड्रोजनचे अणू बनले असते आणि अधिक भाराचे अणू जवळजवळ काहीच बनले नसते. आणि दुसऱ्या तऱ्हेची परिस्थिती असती तर, हायड्रोजनचे अणू कमी व अधिक भाराचे अणू विपुल प्रमाणात बनण्यासाठी ती पोषक झाली असती. तेव्हा प्रत्यक्षात विराट विश्वात ज्या प्रमाणात सर्व अणुभारांकांचे अणू आज अस्तित्वात आहेत त्याला पोषक असलेली परिस्थिती उपलब्ध होण्यासाठी इलेमच्या घनत्वाचा व दाबाचा बनाव जुळवून आणणे जरा कठीणच काम आहे. कारण त्या वेळेस निसर्गाचा जो प्रचंड प्रेशर कुकर होता त्यातील दाब फार वाढता तर हायड्रोजनचे अणू अधिक शिजले असते व युरेनियमचे अणू कच्चे राहिले असते. आणि दाब जर फार कमी राहिला असता तर याच्या उलट क्रिया घडली असती. तेव्हा हा दाब बरोबर किती असावा हे काढता आले तर दुसऱ्या प्रकरणात घनत्वाच्या सूत्रातील जो

स्थिरांक आहे आणि प्रसरणशील विराट विश्वाच्या प्रारंभीच्या परिस्थितीत बदल होत जाणाऱ्या त्या मूळच्या भौतिक घटनांची माहिती देणारा जो मधला दुवा आपल्याला अजूनही सापडत नाही त्याची माहिती मिळू शकेल.

सर्व प्रकारचे अणू बनण्यासाठी अवघा एकच तास लागला हा जो निष्कर्ष आम्ही इलेमच्या सिद्धान्तावरून काढला त्याबद्दल अनेकांना जसे आश्चर्य वाटेल तसाच त्यांना अविश्वासही वाटेल. कोणी असे म्हणतील की, कित्येक अब्ज वर्षांपूर्वी अवघ्या एका विशिष्ट काळात एखादी घटना घडली हे म्हणणे हास्यास्पदच नाही काय? परंतु न्युक्लिअर घटनांच्या बाबतीत त्या वेळचे जे प्रमाण आहे ते फारच लवचिक आहे. उदाहरणार्थ, एखाद्या अणुबाँबचा जेव्हा स्फोट होतो तेव्हा त्यातील आणवीय विक्रिया अवघ्या काही दशलक्षांश सेकंदांत घडतात. परंतु त्या बाँबमधून आजूबाजूला फिशनचे जे तुकडे उडतात ते त्यानंतर कित्येक लक्ष वर्षेपर्यंत आढळतात. म्हणजे कित्येक लक्ष वर्षे व दशलक्षांश सेकंद यांचे प्रमाण $\sim \frac{3 \times 10^9}{10^{-6}} = 3 \times 10^{15}$ एवढे भरते.

तेव्हा एका क्षणात उडालेल्या अणुबाँबचे किरणोत्सारी घटक कित्येक लक्ष वर्षे अस्तित्वात असतात असे म्हटल्यावर जर आपल्याला आश्चर्य वाटत नाही तर प्रारंभीच्या आणवीय विक्रियांतून जे युरेनियम, थोरियम वगैरेचे अणू अवघ्या १ तासात बनले ते आज अनेक अब्ज वर्षे अस्तित्वात आहेत असे म्हटले तर त्यात आश्चर्य का वाटावे हेच समजत नाही.

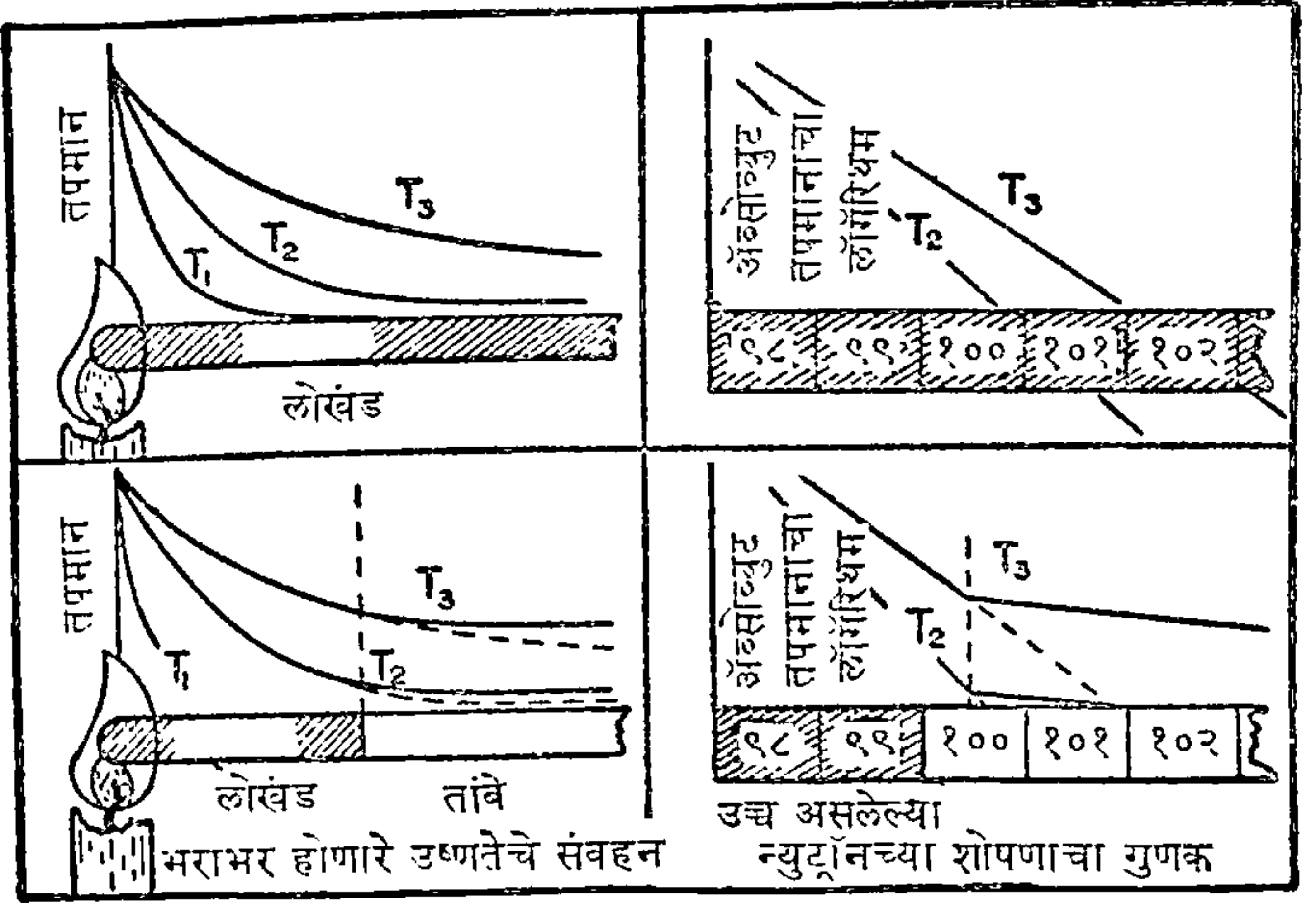
आता कदाचित असे होईल की, न्युक्लिअर वास्तवशास्त्रातील आणवीय क्रियांच्या पद्धती जशाच्या तशाच कित्येक अब्ज वर्षांपूर्वीच्या परिस्थितीला लावणे हे कदाचित अयोग्य आहे असे काही वाचकांना वाटेल. ते असे म्हणतील की, कित्येक अब्ज वर्षांपूर्वी, असाधारण परिस्थितीला—अत्यंत उच्च दाबाला व अत्युच्च तपमानाला जी वस्तू होती तिला सध्याच्या प्रयोगशाळेत साध्या तपमानाला व दाबाला केलेल्या प्रयोगाच्या विक्रिया कितपत लागू होतील याची शंकाच नाही काय? परंतु यालाही उत्तर देणे काही अवघड नाही. कारण ज्या वेळी अत्युच्च तपमान होते तेव्हा न्युक्लिअर कणांवर त्या तपमानाचा काय परिणाम घडत असावा बरे? त्या न्युक्लिअर कणांची वेगीय शक्ती त्यामुळे कित्येक दशलक्ष इलेक्ट्रॉन व्होल्ट्स होती एवढेच की नाही? परंतु हल्लीच्या न्युक्लिअर प्रयोगशाळेत जे प्रयोग केले जातात ते देखील दशलक्ष इलेक्ट्रॉन

व्होल्टस् वेगीय शक्ती असलेल्या न्युक्लिअर कणांवर केले जातात हे लक्षात ठेवण्यासारखे आहे. तसेच त्या काळी अंतराळातील वस्तूचे घनत्व खूप होते असे जेव्हा आपण म्हणतो तेव्हा ते, फार तर आपल्या हवेच्या घनत्वाएवढे असते असा त्याचा अर्थ असतो. तेव्हा सध्या काढलेल्या न्युक्लिअर प्रयोगांचे निष्कर्ष त्या काळच्या घटनेला लावणे यात काहीच चूक नाही. फक्त आपण त्याकरिता सापेक्षतावादाचे नियम व सूत्रे यांचा मात्र उपयोग केला पाहिजे आणि त्यावरून भिन्न भिन्न अणूंच्या तऱ्हांची उपलब्धता जी निसर्गात आढळते ती आपण सिद्ध करू शकतो की नाही हे पाहणे आवश्यक आहे.

बहुलतेचा आलेख

आपण वर वर्णन केलेल्या अणूंच्या निर्मितीसाठी जी गणितीय सूत्रे वापरणार आहोत ती सोपी आहेत. एखाद्या अणुभारांकाच्या अणुकेंद्राची निर्मिती जी होते ती कशी होते ते आपण नुकतेच पाहिले. म्हणजे ठराविक अणुभारांकाच्या लगेच खालच्या क्रमांकाच्या अणुकेंद्राकडून एका न्युट्रॉनचे शोषण होते नि त्यातून आपण मनात धरलेला अणुकेंद्र तयार होतो. त्याचबरोबर आपण मनात धरलेल्या अणुकेंद्रात जर एखाद्या न्युट्रॉनचे शोषण झाले तर त्यातून अधिक भारांकाचा अणुकेंद्र तयार होऊन आपण घेतलेल्या अणुकेंद्रांच्या संख्येत कमतरता येते. म्हणजे कोणताही अणुकेंद्र आपण मनात धरला तरी एकीकडे त्याची संख्या वाढत असते तर दुसरीकडे ती कमी होत असते. तेव्हा या दोहोंत जो फरक आढळतो तेवढा बदल आपण धरलेल्या अणुकेंद्रात होत असतो असे समजावयास हरकत नाही.

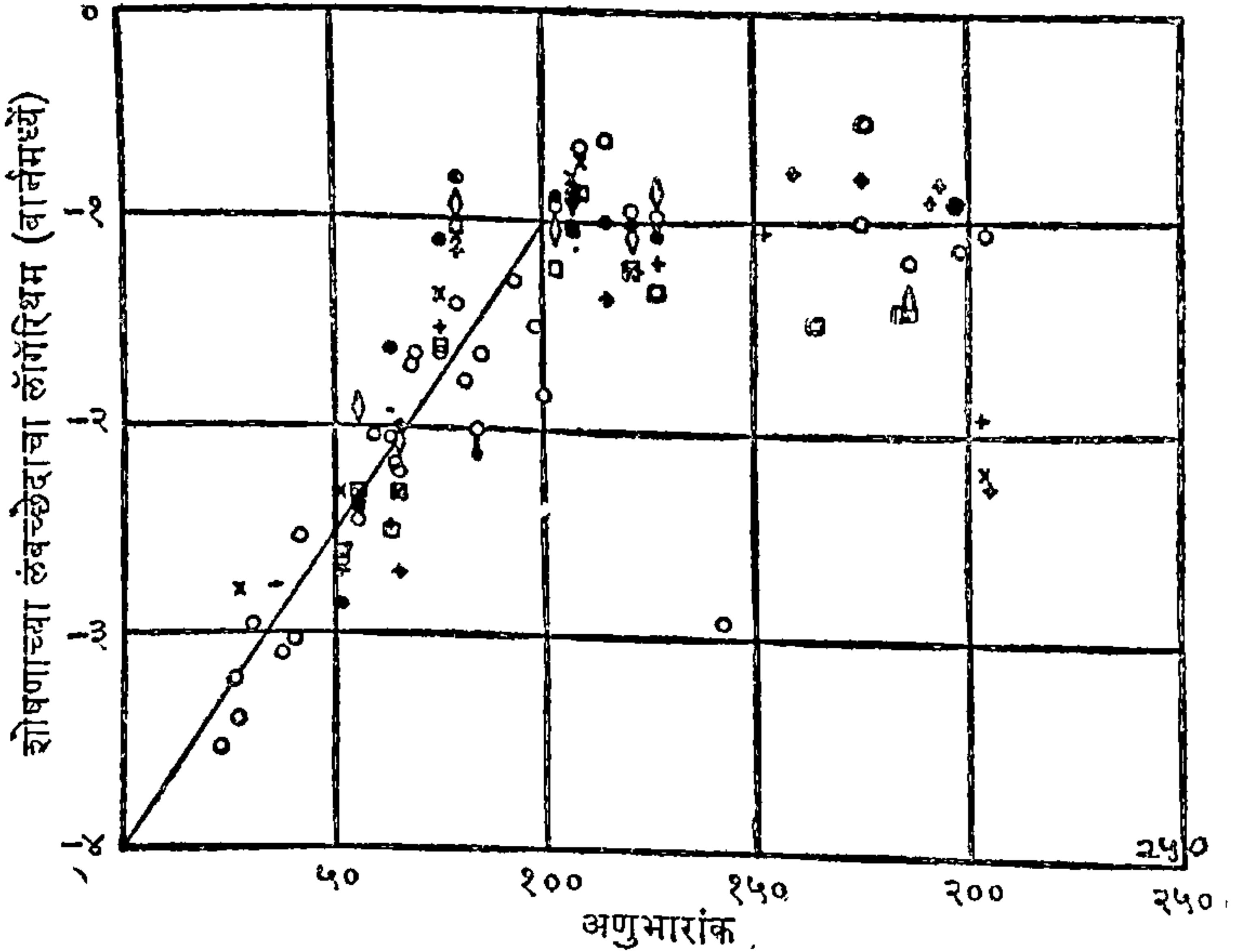
म्हणजे एखाद्या धातूच्या सळीचे एक टोक तापविले असता तिच्यात उष्णता कशी पसरते हे काढण्यासारखाच हा प्रश्न आहे. कारण अशा धातूच्या सळीत कोणत्याही ठिकाणी एका दिशेने (तप्त टोकाच्या बाजूने) उष्णता वाढत असते तर दुसऱ्या दिशेने उष्णता निघून जात असते. मिळणारी उष्णता व निघून जाणारी उष्णता या दोहोंत जी तफावत आढळते तेवढी उष्णता त्या विशिष्ट भागाला मिळत असते असे आपण म्हणू शकतो. उष्णतावहनाचा जो गुण असतो तो σ या संज्ञेने जसा दर्शविला जातो तसाच आणवीय विक्रियेत न्युट्रॉन शोषणाचा गुणकही σ याच संज्ञेने दर्शविला जातो (आकृति १२ पाहा) त्यात एखाद्या धातूच्या म्हणजे लोखंडाच्या सळीचे एक टोक तापविले आणि तप्त टोकाकडून



आ. १२ : उष्णतावहन व अणू वनण्याची क्रिया यांतील साम्य दर्शविणारी आकृती

आपण त्या सळीवरून दूर जाऊ लागलो तर ते तपमान आस्ते आस्ते कमी होत जाते असे दिसून येईल. तेव्हा जर त्या सळीच्या धातूचा म्हणजे लोखंडाच्या उष्णतावहनाचा गुणक स्थिर असेल तर त्या सळीवरील निरनिराळ्या ठिकाणची तपमानाची वाटणी ही घातचक्राप्रमाणे (एक्स्पोनेन्शल) असलेली आढळेल. आता, न्युट्रॉनचे शोषण होण्याची संभवता (शोषण छेद- σ) सर्व मूलघटकांना सारखीच जर असेल तर निरनिराळ्या मूलघटकांच्या निर्मितीमुळे, मूलघटकांची बहुलता ही देखील अणुभारांच्या घाताप्रमाणे बदलत जाईल. त्यामुळे अनुभवसिद्ध बहुलतेचा आलेख उतरत्या भागात जो दिसतो तो का दिसतो याचे उत्तर आपण सांगू शकू. परंतु जड अणुभारांच्या मूलघटकांच्या बाबतीत तो सपाट का होतो ते मात्र सांगू शकणार नाही. पण σ जर डावीकडून उजवीकडे जाताना सतत बदलत गेला तर मात्र हा सपाटपणा आपल्यालाही मिळू शकेल. कसे ते पाहा. समजा की, आपण घेतलेल्या सर्वांत डाव्या बाजूचा निम्मा भाग लोहाचा असून उजव्या बाजूचा निम्मा भाग

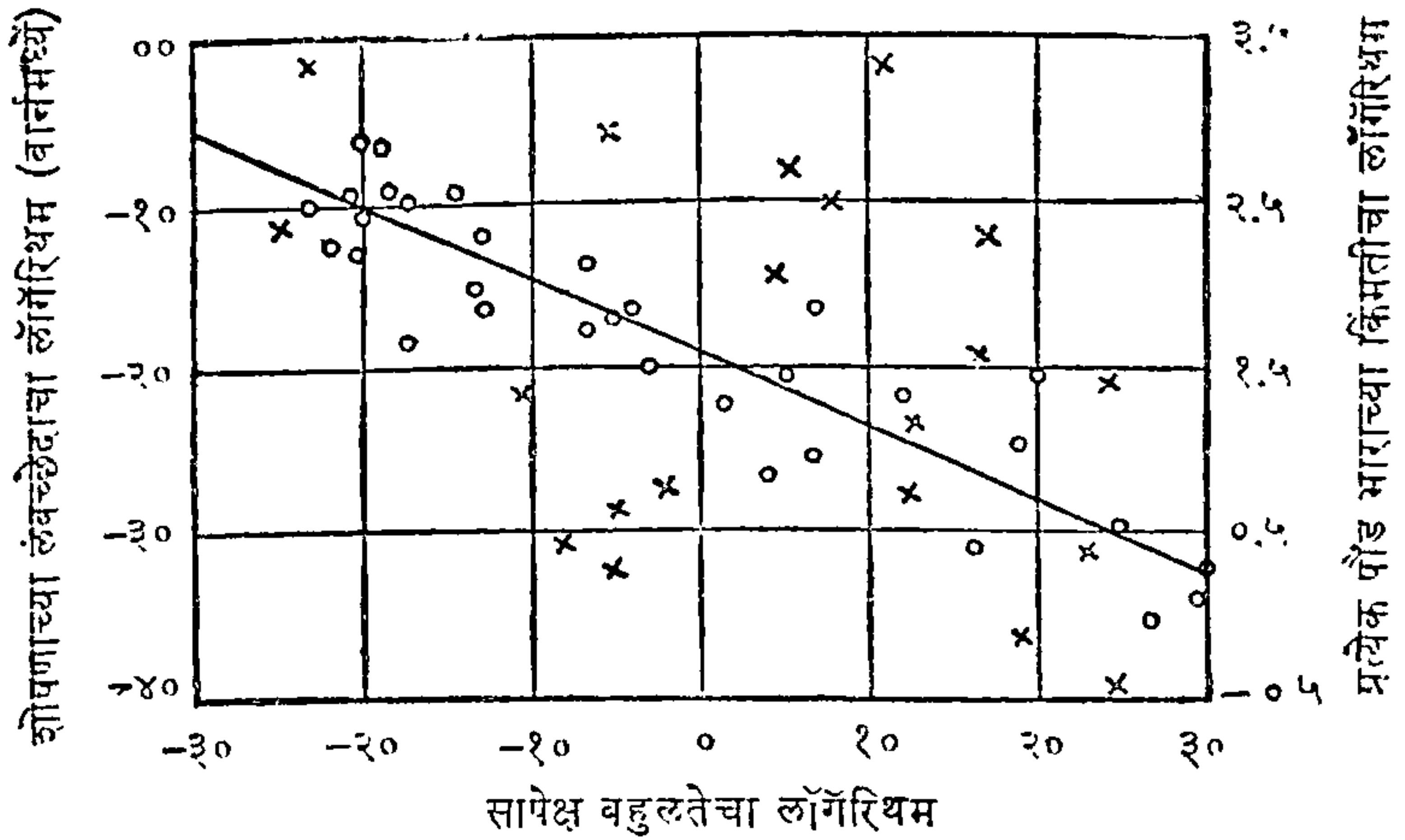
तांब्याचा आहे. (तांबे लोहापेक्षा अधिक उष्णतासंवाहक असते.) आणि आपण लोहाच्या वाजूचे टोक ज्योतीमध्ये धरून तापविले तर मग लोहाच्या भागातील तपमानात मोठा उतार दिसेल. याउलट तांब्याच्या भागाकडील उतार कमी असून तो जवळजवळ सपाट असा दिसेल. त्याचप्रमाणे न्युट्रॉनच्या शोषणाचा गुणक σ हा कमी अणुभारांच्या मूलघटकांच्यापेक्षा जड मूलघटकांच्या बाबतीत जर जास्त असेल तर मूलघटकांच्या बहुलतेचा आलेख हा जड मूलघटकांच्या भागात असाच सपाट झालेला आढळेल. आश्चर्य म्हणजे आकृती १३ मध्ये σ अपेक्षित रीतीने बदलतो असे दिसेल. त्याचा बदल स्पष्ट व्हावा म्हणून निरनिराळ्या मूलघटकांचा न्युट्रॉन्सचा शोषण गुणक एक दशलक्ष इलेक्ट्रॉन व्होल्ट (कोटी तपमानाला) शक्तीला कसा असतो ते दाखविले आहे.



आ. १३ : दशलक्ष इलेक्ट्रॉन व्होल्ट शक्तीच्या न्युट्रॉन्सचे शोषण करणाऱ्या निरनिराळ्या मूलघटकांचा अणुभारांक आणि त्यांचा शोषक गुणक हे एकमेकांवर अवलंबून असतात ते दाखविणारा आलेख

तेव्हा एकामागून एक न्युट्रॉन्सचे शोषण करून निरनिराळे मूलघटक बनतात हे जर गृहीत धरले तर त्यावरून वरील अनुभवसिद्ध बहुलतेचा आलेख सिद्ध करता येतो.

त्या सिद्धान्तातील सूत्रांचे सूक्ष्मसंचलन करून अणुनिर्मिती कशी होते हे पाहण्यापूर्वी आकृती १३ मध्ये दर्शविलेला न्युट्रॉन शोषणाचा गुणक व आ. ६ मध्ये दाखविलेली निरनिराळ्या तऱ्हेच्या अणूंची निर्मिती यांत परस्परसंबंध आहे, असे आढळते. तेव्हा आपण जर हे दोन्ही निष्कर्ष एकत्रित करून आढळलेल्या बहुलतेचा लॉगॅरिथम व गणिताने मोजलेला गुणक याचा जर आलेख काढला तर तो आ. १४ मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आढळतो. हे दर्शविणारी जी छोटी वर्तुळे आहेत ती एका सरळ रेषेवर अगदी योग्य तऱ्हेने पसरलेली आहेत व त्यावरून त्या दोहोंत अगदी साधा संबंध आहे असे सिद्ध होते.



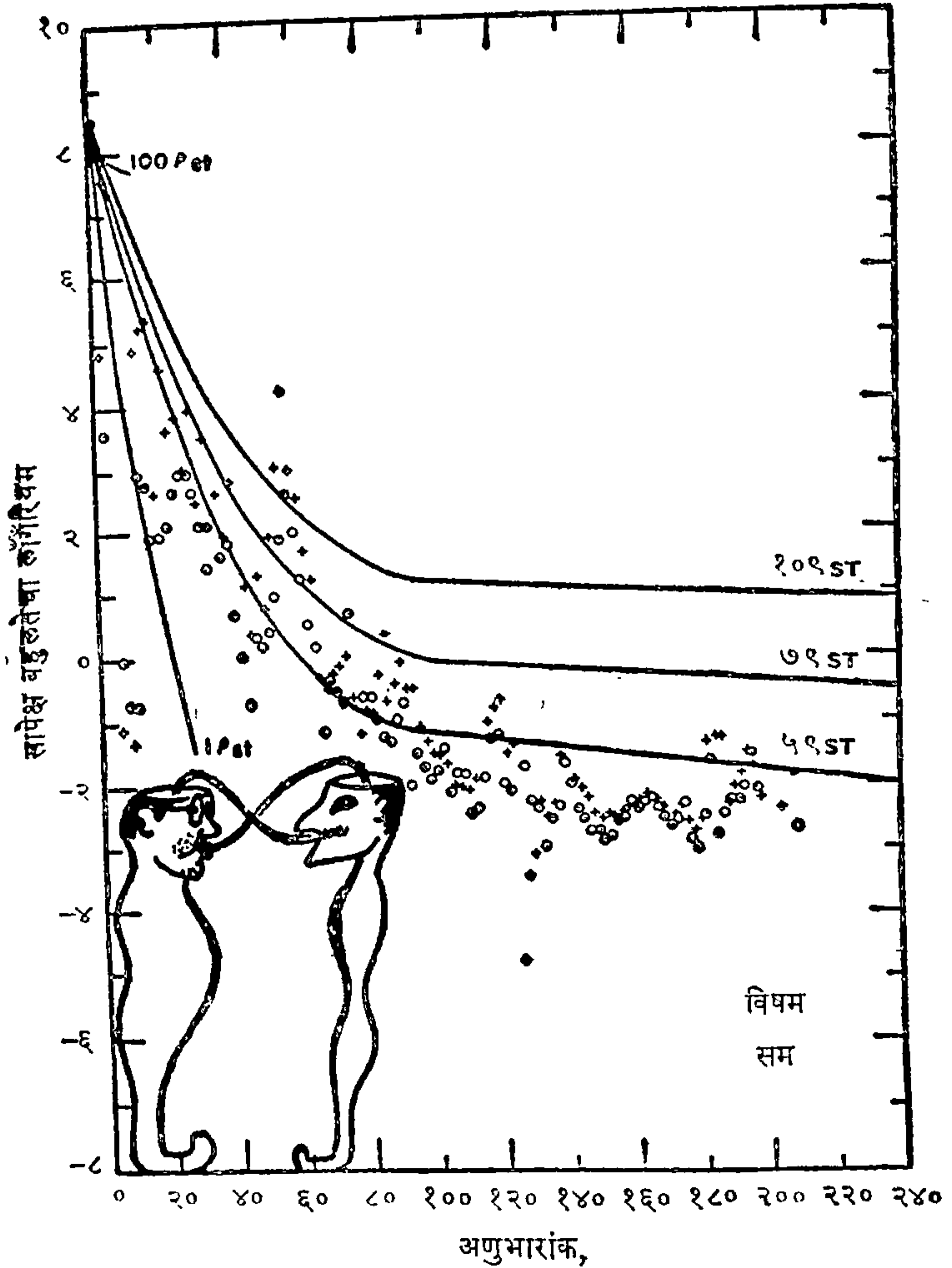
आ. १४ : एका अक्षावर मूलघटकांची सापेक्ष बहुलता आणि दुसऱ्या अक्षावर न्युट्रॉन्सच्या शोषणाचा गुणक (वर्तुळे) व त्या मूलघटकांची अनुक्रमे प्रत्येक पौंडाची किंमत (फुल्या) घेऊन त्यांचे परस्परांशी प्रमाण दाखविले आहे. सापेक्ष बहुलता व शोषणाचा गुणक यांत चांगलाच परस्परसंबंध आहे. परंतु सापेक्ष बहुलता व मूलघटकांची किंमत यांत काहीच निश्चित संबंध आढळत नाहीत.

आ. १४ मध्ये ज्या फुल्या मांडल्या आहेत त्या निरनिराळ्या उपलब्ध होणाऱ्या मूलघटकांची प्रत्येक पौंडाची किंमत दर्शविणाऱ्या आहेत. या फुल्या अनियमितपणे इतस्ततः वाटेल तशा पसरलेल्या आहेत. म्हणजे त्यावरून एखाद्या मूलघटकाची बाजारातील किंमत ही त्याच्या बहुलतेवर फारशी अवलंबून नसून त्या मूलघटकाचा औद्योगिक क्षेत्रातील उपयोग आणि त्याच्या उत्खननातील नि शुद्धीकरणाच्या सोयीवर ती किंमत अवलंबून असते हे उघड होय.

अणुनिर्मितीसाठी जी सूत्रे लागतात त्यांचे प्रत्यक्ष सूक्ष्मसंचलन राल्फ आल्फरकडून 'फिजिकल रिव्ह्यू' या शास्त्रीय मासिकाकडे १ एप्रिल १९४८ ला पाठविण्यात आले. त्यावर आल्फर, वेथे, व गॅमॉव यांची नावे आहेत. खरे म्हणजे आल्फर व गॅमॉव ही दोनच नावे त्यावर होती. परंतु ग्रीक मूळाक्षरांच्या (आल्फा, बिटा व गॅमा) या अनुक्रमाने ती यावीत म्हणून हान्स वेथेचे नांव (त्याच्या नकळत) घालण्यात आले. डॉ. वेथेला हे कळल्यानंतर त्याने त्याला विरोध दर्शविला नाही. उलट पुढे चर्चा झाल्यानंतर त्यात त्याने उत्साहाने भाग घेतला. परंतु पुढे आल्फा, बिटा, गॅमा सिद्धान्तावर जेव्हा टीका झाली तेव्हा वेथेने नाव बदलून झकेरियास हे नाव घेण्याचीही तयारी केली होती.

गणिताने काढलेले निष्कर्ष व प्रत्यक्षात आढळणारी बहुलता यांच्यांत किती साधर्म्य आहे ते आकृती १५ मध्ये दिसून येते. यातील गणितीय निष्कर्ष राल्फ आल्फर व आर. सी. हारमान यांनी इलेक्ट्रॉनिक गणितज्ञाच्या पद्धतीने काढले आहेत. त्यात असे दिसून आले की १०^९ST व ७^९ST असे चिन्हांकित केलेले जे वरचे दोन आलेख आहेत त्यांत जड मूलघटक अधिक शिजविले जातात तर १^PST या आलेखात ते अगदीच कच्चे शिजविले जातात. ५^PST हा आलेख त्यातल्या त्यात समर्पक जुळतो आणि ४^PST हा जर आलेख काढला असता तर तो त्याहून अधिक चांगला जुळला असता. योग्य आलेख मिळविण्यासाठी घनत्वाचे दुसऱ्या प्रकरणात जे सूत्र आहे त्यात प्रतिघनसेंटीमीटरला १.२.१०^{-३} हे घनत्व वापरणे इष्ट ठरते.

येथे एक गोष्ट नमूद करावीशी वाटते ती ही की, अनुभवसिद्ध बहुलतेचा आलेख व गणितीय निष्कर्ष यांतील साम्य दाखविण्याशिवाय आणखीही एक अंदाज या सिद्धान्तावरून निघतो व तो म्हणजे काही मूलघटकांच्या बहुलतेबद्दल



आ. १५ : राल्फ आल्फर व आर. सी. हर्मान यांनी गणिताने काढलेली सापेक्ष बहुलता व मूलघटकांचा अणुभारांक आणि प्रत्यक्षातील सापेक्ष बहुलता व मूलघटकांचे अणुभारांक एकमेकांना किती जुळतात ते दर्शविणारी आकृती.

अधिक तपशील त्यावरून मिळतो. आ. ६ मध्ये काही मूलघटकांचे समूह फार मोठ्या प्रमाणात आढळतात असे दिसून येईल. आपण जर त्यांच्या तपशिलात शिरलो तर 'मॅजिक क्रमांक' म्हणून ज्यांना अणुशास्त्रज्ञ म्हणतात ते हे मूलघटक असावेत. हे 'मॅजिक क्रमांक' २, ८, २०, ५०, ८२, १२६ या क्रमांकाचे आहेत व रसायनशास्त्रात ज्याप्रमाणे २, ८, १८ असे काही क्रमांक वैशिष्ट्यपूर्ण आहेत तसे ते आहेत. ज्या मूलघटकांच्या अणुकेंद्रातील मूलकणांनी अणुकेंद्राचे कवच संपूर्णपणे भरते ते मूलघटक 'मॅजिक क्रमांक' या नावाने ओळखले जातात. म्हणजे रसायनशास्त्रात ज्याप्रमाणे न्युक्लिअसच्या भोवती असलेल्या इलेक्ट्रॉन्सच्या वर्तुळात पहिले वर्तुळ दोन इलेक्ट्रॉन्सनी पूर्ण भरते, दुसरे ८ इलेक्ट्रॉन्सनी पूर्ण भरते, तिसरे १८ नी पूर्ण भरते तसा हा प्रकार आहे. म्हणूनच रसायनशास्त्रात ८, १८ इलेक्ट्रॉन्स असलेले मूलघटक निष्क्रिय आढळतात व ते कोणतेच रासायनिक रेणू बनवीत नाहीत. त्याचप्रमाणे मॅजिक क्रमांकांचे मूलघटक काही निराळेच गुणधर्म दाखवितात आणि न्युट्रॉन्सचे शोषण करण्याचा त्यांचा गुणक फारच अल्प असतो. साहजिकच जेव्हा अणुनिर्मिती घडली तेव्हा या मॅजिक क्रमांकांच्या मूलघटकांच्या जवळपास अणुनिर्मितीला मधून मधून अडथळा आलेला असावा. एखाद्या रस्त्यात अडथळा आला की तेथे वाहनांची गर्दी जशी तुंबते त्याप्रमाणे या मॅजिक क्रमांकांच्या जवळपास मूलघटक बनण्याची क्रिया खोळंबली असावी व त्याचा परिणाम म्हणून मॅजिक क्रमांकांचे मूलघटक मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध झाले असावेत. अशा तऱ्हेने काही सिद्धान्तावरून या प्रत्यक्षात घडणाऱ्या घटनांचा अन्वयार्थ लावता येतो. अर्थात ज्या अणुकेंद्रात अणुकणांची संपूर्ण कवचे बनतात त्यांत बंधनशक्ती केव्हाही अधिक आढळते व समतोल सिद्धान्तावरही त्यांचे विपुलत्व सिद्ध करता येते. परंतु त्या सिद्धान्ताचे निष्कर्ष अनुभवसिद्ध बहुलतेच्या दृष्टीने तितकेसे उपयुक्त ठरत नाहीत.

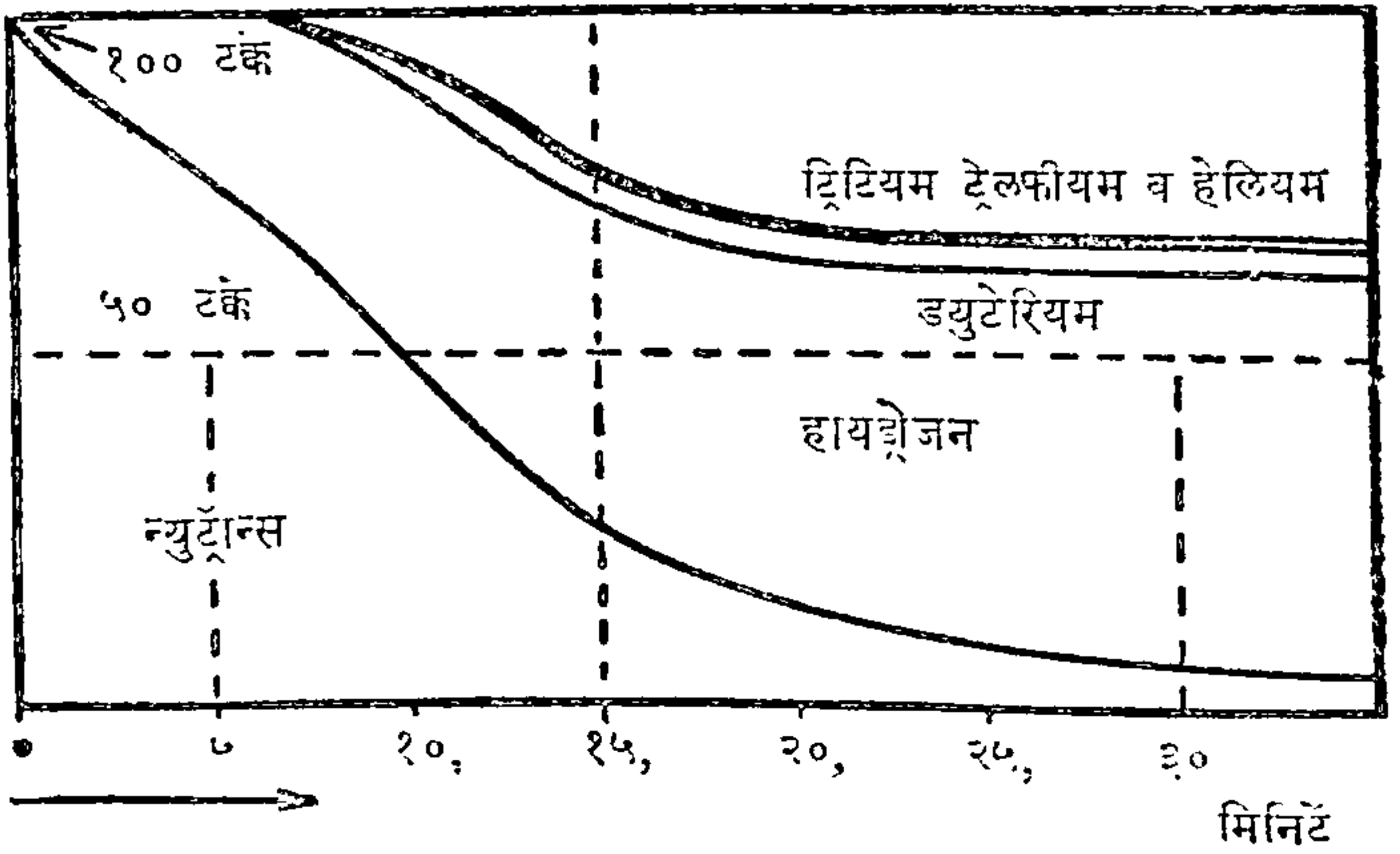
न्युट्रॉन्सचे शोषण होऊन एक एक मूलघटक बनला हा जो सिद्धान्त आहे त्यावरून तपशिलातील एक गोष्ट मात्र सिद्ध करता येत नाही. ही गोष्ट म्हणजे 'कवचधारी समस्थानियांचे' (शील्डेड आयसोटोप्सचे) स्पष्टीकरण यातून होत नाही. असे समस्थानीय एकामागून एक अशा अनेक बिटा कणांचे उत्सर्जन होऊन बनणे शक्यच नाही. कारण त्याकरता अणुकेंद्रात उपलब्ध होणाऱ्या अणुशक्तीहून अधिक शक्तीची त्यांना आवश्यकता आहे. इलेम सिद्धान्ताप्रमाणे

सर्व अणुकेंद्रांत प्रथम न्युट्रॉन्स संख्येने अधिक असावेत व नंतर एकामागून एक विटा कणांचे उत्सर्जन होऊन त्यांचे स्थिर मूलघटकांचे अणुकेंद्र बनतात असे अपेक्षित आहे. तेव्हा इलेम सिद्धान्तात हे कवचधारो समस्थानीय बनणे अशक्य आहे. पण प्रत्यक्षात मात्र निसर्गात ते बनलेले आढळतात. ते बनण्याची एकच शक्यता म्हणजे $(n, 2n)$ या पद्धतीने ते बनणे शक्य आहे. म्हणजे एका न्युट्रॉनच्या शोषणातून २ न्युट्रॉन्स बाहेर पडून ते बनू शकतील. परंतु यावर अधिक संशोधन होणे आवश्यक आहे.

हलके मूलघटक

एकामागून एक न्युट्रॉनचे शोषण होऊन अणू कसे बनत गेले याचे सर्वसाधारण चित्र वरीलप्रमाणे आहे. या प्रश्नाचे उत्तर देताना गणितीय सूत्रांचे साहाय्य व्हावे याकरिता न्युट्रॉनच्या शोषणक्रियेचा प्रायोगिक पद्धतीने मिळविलेला आलेख हा शक्य तितका मिळताजुळता करून घेतला आणि न्युट्रॉनचे जे शोषण सरळपणे होते तेवढेच फक्त आपण विचारात घेतले. हा प्रश्न सोडवण्यासाठी दुसरी पद्धत म्हणजे फक्त हलके मूलघटकच विचारात घ्यायचे व त्यावरून तपशीलवार असे अंदाज घेऊन त्यांचे उत्तर मिळते का ते पाहावयाचे. ही पद्धत अनुसरण्याचा प्रयत्न प्रथम प्रस्तुत लेखकाने केला व नंतर एन्रिको फर्मी व अँथनी तुर्केव्हिच यांनी अधिक तपशिलात शिरून त्याचे सविस्तर उत्तर काढले. इलेमच्या प्रसरणाला प्रारंभ झाल्यानंतर पहिल्या ३५ मिनिटांत न्युट्रॉन्स, प्रोटॉन्स, ड्युटेरॉन्स, ट्रिटॉन्स, ट्रॅल्फा-कण व आल्फा-कण अशा सहा मूलकणांच्या बाबतीत काय काय घडले असावे त्याचे या लेखकांनी तपशीलवार विवेचन केले आहे. या मूलकणांचे अणुक्रमांक कमी असल्यामुळे त्यांच्या बाबतीत इतरही अनेक आणवीय क्रिया घडल्या असाव्यात आणि त्या सर्व विचारात घेतल्या तर त्या २८ भरतात. प्रारंभीच्या भौतिक परिस्थितीत घनत्वाचा स्थिरांक प्रतिघनसेंटिमिटरला 2.7×10^{24} ग्रॅम जर धरला व त्या वेळी सारे मूलकण फक्त न्युट्रॉन्स होते असे धरले तर गणितीय कृतीतून काय निष्पन्न होते ते आकृती १६ मध्ये दर्शविले आहे.

त्यात आपल्याला असे दिसून येईल की, पहिल्या ५ मिनिटांत विराट विश्वाचे तपमान इतके अफाट होते की, त्या वेळी गुंतागुंतीचे कोणतेच अणू बनले नसावेत व न्युट्रॉन्सचा आपोआप क्षय होऊन त्यांतून फक्त प्रोटॉन्स, इलेक्ट्रॉन्स तेवढे

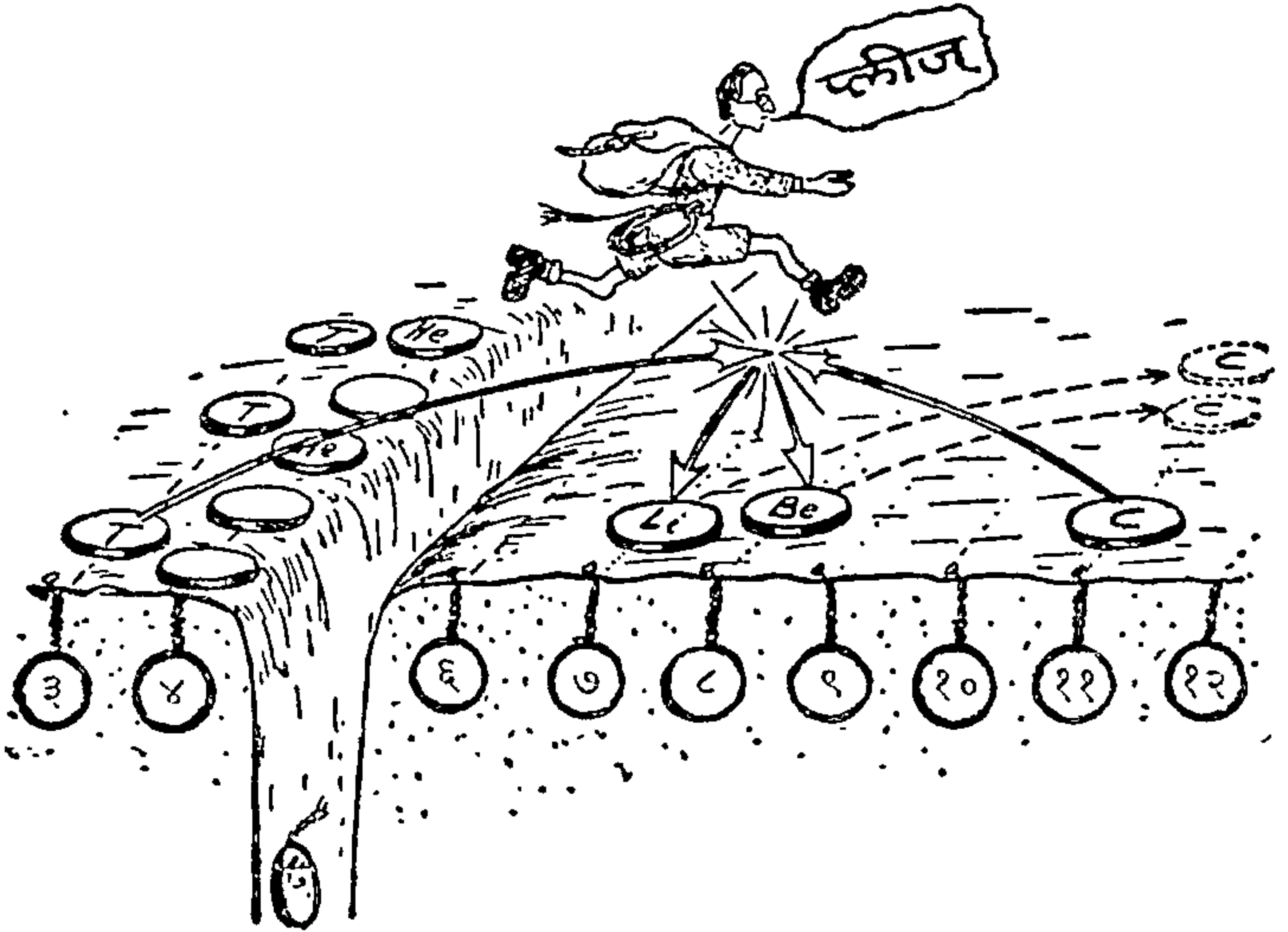


आ. १६ : प्रारंभीच्या अर्ध्या तासात विराट विश्वात काय काय रासायनिक फेरफार झाले ते दर्शविणारी आकृती. (एन्रिको फर्मी व अँथनी टुर्केव्हिच)

बनले असावेत असा तर्क आहे. पुढे तपमान जरा खाली गेल्यावर न्युट्रॉन्स व प्रोटॉन्स हे एकमेकांना चिकटू लागले असावेत व त्यांतून ड्युटेरियमचे अणुकेंद्र-ड्युटेरॉन्स बनले असावेत. परंतु ड्युटेरॉन्सचे भराभर हेलियममध्ये रूपांतर होत गेल्याने ड्युटेरॉन्स फारसे साठले नसावेत. ट्रिटियम (H^3) आणि ट्रॉलफियम (Hc^3) हे घटक अणुभारांक १ व अणुभारांक ४ यांतील अस्थिर अवस्थेचे निदर्शक असावेत व त्यामुळे आ. १६ त दर्शविल्याप्रमाणे ते फार अल्प प्रमाणात बनले असावेत. तेव्हा पहिल्या अर्ध्या तासानंतर मूळच्या इलेमपैकी अर्ध्याहून अधिक भाग हायड्रोजनयुक्त झाला तर उरलेल्या अर्ध्यातील पुष्कळसा भाग हेलियमचा बनला असे आपल्या निदर्शनास येईल. तसेच त्या वेळेपर्यंत मूळचे सर्व न्युट्रॉन्स नष्ट झाले व अवघा १ टक्का भाग ड्युटेरियमचा बनला असावा. अर्थात ड्युटेरियमबद्दल काढलेला अंदाज प्रत्यक्षाशी मात्र जुळणारा नाही. कारण ड्युटेरियम हा अगदीच अल्पप्रमाणात जगात आढळतो. परंतु हेलियमनंतरचे मूळघटक कसे बनले असावेत त्याचा गणितीय अंदाज येथे दाखविलेला नसल्याने त्याबद्दलचा चुकीचा निष्कर्ष निघतो आहे असे आम्हांला वाटते. आमच्या मते जो ड्युटेरियम बनला तो हेलियममधून अधिक

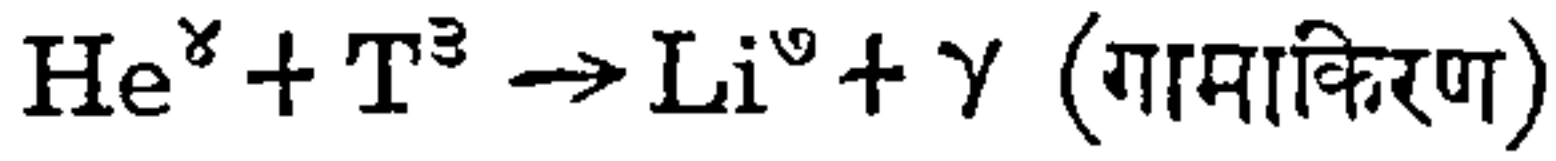
अणुभारांकाचे मूलघटक बनण्यात पुढे खर्ची पडला असावा नि म्हणून तो प्रत्यक्षात अत्यल्प प्रमाणात आढळत असावा.

फर्मी व तुर्केव्हिच यांनी हेलियमपर्यंत केलेली गणितीय कृती जरी यशस्वी झाली तरी त्यापुढे ते जेव्हा जाऊ लागले तेव्हा मात्र ते अडचणीत सापडले. ही अडचण प्रथम ५ अणुभारांकाच्या मूलघटकांच्या बाबतीतच आढळली. कारण काहीतरी विचित्र न्युक्लिअर प्रेरकांमुळे म्हणा, हेलियमनंतर जो मूलघटक बनला तो एकदम लिथियमचा हलका समस्थानीय म्हणजे ६ अणुभारांकाचा बनला. म्हणजे हेलियमशी एक न्युट्रॉन किंवा एक प्रोटॉन संयुक्त होऊन कोणताच मूलघटक बनला नाही तर एकदम दोन न्युट्रॉन्स हेलियमशी संयुक्त होऊन त्यातून एकदम ६ अणुभारांकाचाच अणुकेंद्र बनला. परंतु त्या वेळी जी भौतिक परिस्थिती तेथे होती त्यावरून एकदम दोन कण हेलियमशी संयुक्त व्हावेत अशी शक्यता फारच अल्प आहे आणि त्यावरून, नवीन कण बनण्याची क्रियाच काही काळ खंडित झाली असावी व मग एकदम दोन कण संयुक्त



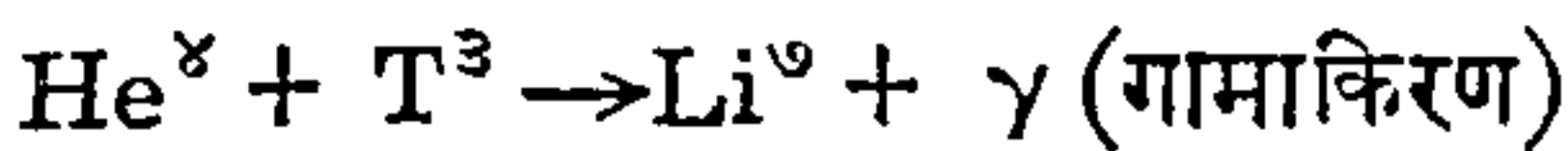
आ. १७ : ५ अणुभारांकाची दरी कशी ओलांडायची याबद्दल इ. विग्नर याने सुचविलेला मार्ग

होऊन पुढील अणू बनला असावा असे वाटते. आवर्त सारिणीतील सारे मूलघटक एकातून एक कसे बनले असावेत हे कोडे सोडवावयास बसले की ५ अणुभारांकापाशी सर्व अडखळतात आणि मधली दरी कशी ओलांडावी या विचिंतनेत पुढे सापडतात. अर्थात त्यासाठी निरनिराळ्या कल्पना सुचविल्या गेल्या आहेत. उदाहरणार्थ, फर्मी—तुर्केव्हिचने पुढील विक्रियेची शक्यता सुचवून ५ अणुभारांकाचा अणू बनण्याची शक्यताच नाही असे दाखविले. ही विक्रिया पुढीलप्रमाणे असावी.



परंतु पुढे त्यांना असे आढळले की, त्यावेळेला जे तपमान व घनत्व होते त्या परिस्थितीत वरील विक्रिया घडली असली तरी ती फारच मंदगतीने होऊ शकली असती. अर्थात ४०० किलोइलेक्ट्रॉन व्होल्ट्सच्या जवळपास होणाऱ्या अनुनादामुळे (रेसोनन्स) ही विक्रिया घडण्याची शक्यता आहे. असे ते म्हणतात. परंतु लिथियमच्या अणुकेंद्राचा आतापर्यंत जो अभ्यास करण्यात आला त्यात या अणुकेंद्राचा पुरावा प्रत्यक्षात मात्र आढळत नाही.

५ अणुभारांकाची दरी ओलांडायची एक अभिनव सूचना इ. विग्नर याने केली आहे. त्याची कृती आ. १७ मध्ये आम्ही दाखविली आहे. त्यात त्याने अणुभारांक ३ (ट्रिटियम) व अणुभारांक ११ (कार्बन) यांना जोडणारा एक पूल दाखविला आहे. त्याचे म्हणणे असे की, या दरीच्या उजव्या बाजूला एखादा अणू पूर्वीच असावा नि जेव्हा अणुनिर्मितीची क्रिया अणुभारांक ३ व ४ पाशी आली तेव्हा त्या अणूच्या मदतीने या पुलावरून जाऊन ५ ची दरी निसर्गाने ओलांडली असावी. हा अणू C^{11} असावा व त्यामुळे T^3 हा C^{11} शी एकदम संयुक्त होऊन त्यातून $११+३=१४$ अणुभारांकाचा अणू बनला असावा व त्यातून नंतर लिथियम ७ व बेरिलियम ८ हे अणू बनले असावेत. परंतु प्रश्न असा आहे की, ३ व ४ पाशी निसर्ग खोळंबला असताना त्याला ११ चा अणू मिळालाच कसा? अर्थात त्याला असे उत्तर आहे की,



ही विक्रिया जरी अत्यल्प प्रमाणात घडते असे आम्ही म्हटले असले तरी ती विक्रिया अजीवात घडत नाही असा याचा अर्थ समजू नये. त्यामुळे या विक्रियेतून जो अत्यल्प प्रमाणात लिथियम बनला असेल त्यातूनच पुढे कार्बन

११ हा थोडाफार अस्तित्वात आला असणे शक्य आहे व त्यातील एखादा अणू T^3 ला उपलब्ध झाला असेल, नाही कोणी म्हणावे ?

या विक्रियेतून लिथियम ७ व बेरिलियम ८ हे जे बनले त्यांच्याशी नंतर एकामागून एक न्युट्रॉन्स संयुक्त होऊन पुढे C^{12} हा अणू बनला असावा व तो T^3 शी युक्त होऊन ही पुलावरची वर्दळ आणखी जोरात वाढली असावी असा तर्क आहे. अशा तऱ्हेने निसर्गाने ही ५ अणुभारांकाची दरी मोठ्या प्रमाणात ओलांडून अडलेल्या परिस्थितीतून मार्ग काढला असावा. अर्थात विग्रने आ. १७ मध्ये सुचविलेला पूल फारच छोटा असल्याने निसर्गाची त्यावरील भारी वर्दळ त्याला एकट्याला सोसणे शक्य नाही. म्हणूनच त्याकरिता आणखी अन्य असे दुसरे पूल उपयोगात आणले गेले असावेत असे वाटते. परंतु अशा तऱ्हेचा पुरावा मात्र अजून मिळालेला नाही.

कदाचित ही दरी ओलांडण्यासाठी एखाद्या कृत्रिम पुलाचीही आवश्यकता भासणार नाही. कारण थर्मो न्युक्लिअर विक्रियांचा अधिक तपशिलात अभ्यास करून तसा सीधा मार्ग सापडणे अशक्य नाही. पूर्वीच्या सर्व गणितीय कृत्यांत दुसऱ्या प्रकरणात जे सूत्र दिले आहे त्याप्रमाणे न्युक्लिअर वायूचे तपमान प्रारणाच्या तपमानाइतके असते असे आम्ही गृहीत धरले आहे. परंतु न्युट्रॉन्सशी संयुक्त होऊन घडणाऱ्या विक्रियांतून जी अणुनिर्मिती होते त्यातून फार मोठ्या प्रमाणात अणुशक्ती उपलब्ध होते. त्यामुळे प्रारणापेक्षाही अधिक तपमान न्युक्लिअर वायूचे असणे शक्य आहे. खरे म्हणजे प्रारणाचे तपमान एकीकडे कमी होत असताना न्युक्लिअर वायूचे तपमान वाढत असावे, असा अंदाज आहे. अर्थात असे तपमान तात्पुरते वाढून त्यातून फारसा फायदा होणे शक्य नाही. कारण आल्फा व हर्मानची आ. १५ मधील पद्धती (ज्यात न्युट्रॉन संयुक्त होऊन पुढील मूलघटक बनले ती) तपमानावर फारशी अवलंबून नसते. परंतु वायूचे तपमान वाढल्यावर हलक्या मूलघटकांतील विक्रिया मात्र त्यामुळे अधिक त्वरेने होण्याची शक्यता आहे व मग फर्मी नि तुर्केव्हिचचे अंदाज एकदम त्यातून बदलले जाणेही शक्य आहे.

विशेषतः वायूचे तपमान अधिक झाल्यास खालील विक्रिया जोरात होऊन



लिथियम व त्याहून अधिक अणुभारांकाचे मूलघटक बनण्याची जास्त संधी आहे.

दुदैवाने न्युक्लिअर वायूचे तपमान वाढल्यावर, त्या वेळी घडणाऱ्या अणुविक्रियांचे गणितीय कृत्य इतके गुंतागुतीचे होते की, ते फक्त इलेक्ट्रॉनिक यंत्रांनीच करता येईल. त्या तऱ्हेची मदत मिळविण्यात प्रस्तुत लेखकाचा एक विद्यार्थी आर्थन कार्सन हा सध्या गुंतलेला आहे. पण त्यातून प्रत्यक्ष निष्कर्ष निघण्यास बराच कालावधी लागेल.

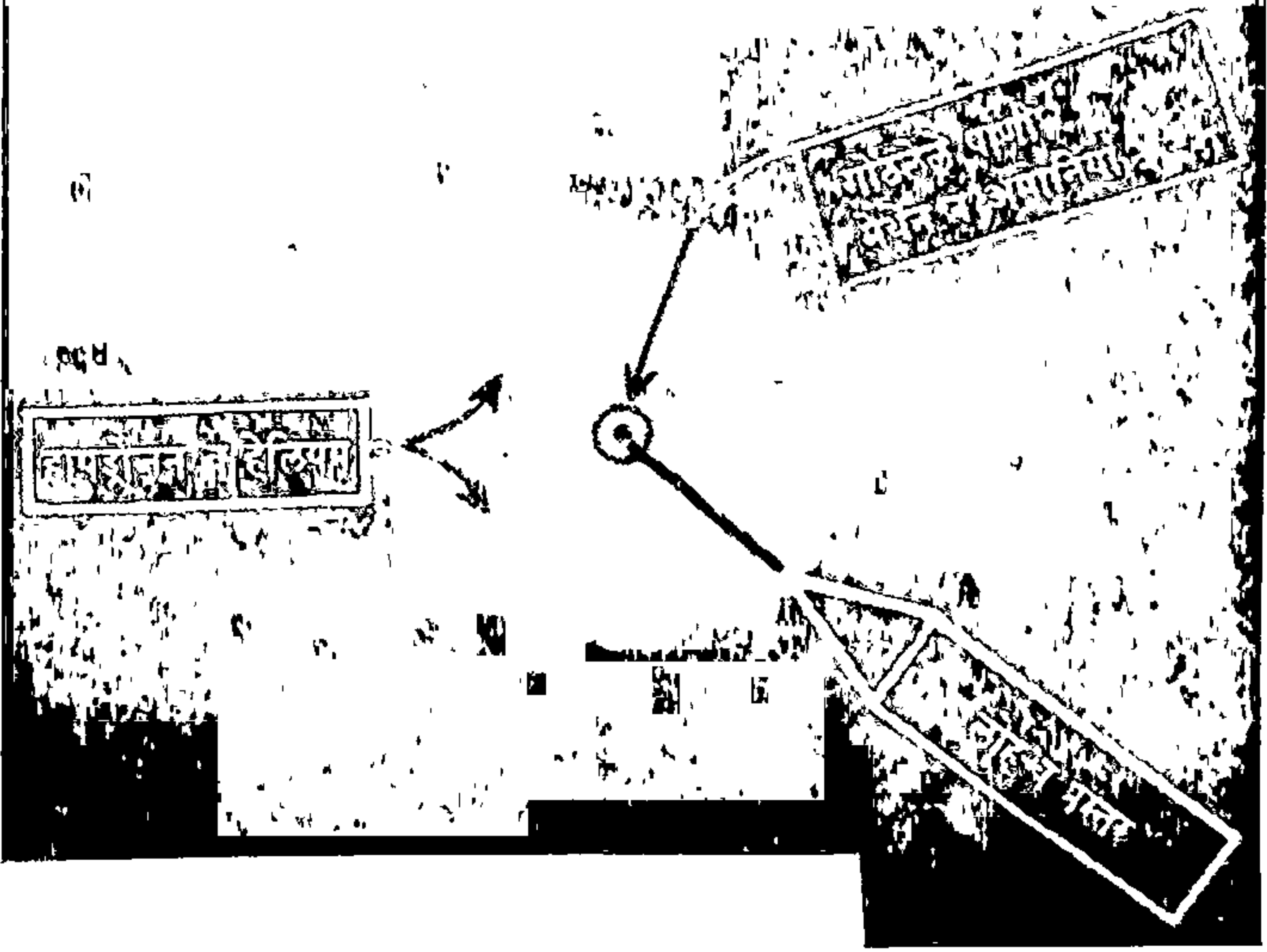
तेव्हा या दीर्घ प्रकरणाचा सारांश थोडक्यात द्यायचा म्हटला तर असे म्हणता येईल की, अणूंच्या निर्मितीबद्दलचा इलेम सिद्धान्त जरी अपूर्ण असला तरी विराट विश्वाच्या प्रारंभी जे काही घडले असेल त्याचे चित्र बरेचसे त्यातून यथातथ्य मिळू शकते हे तितकेच खरे.



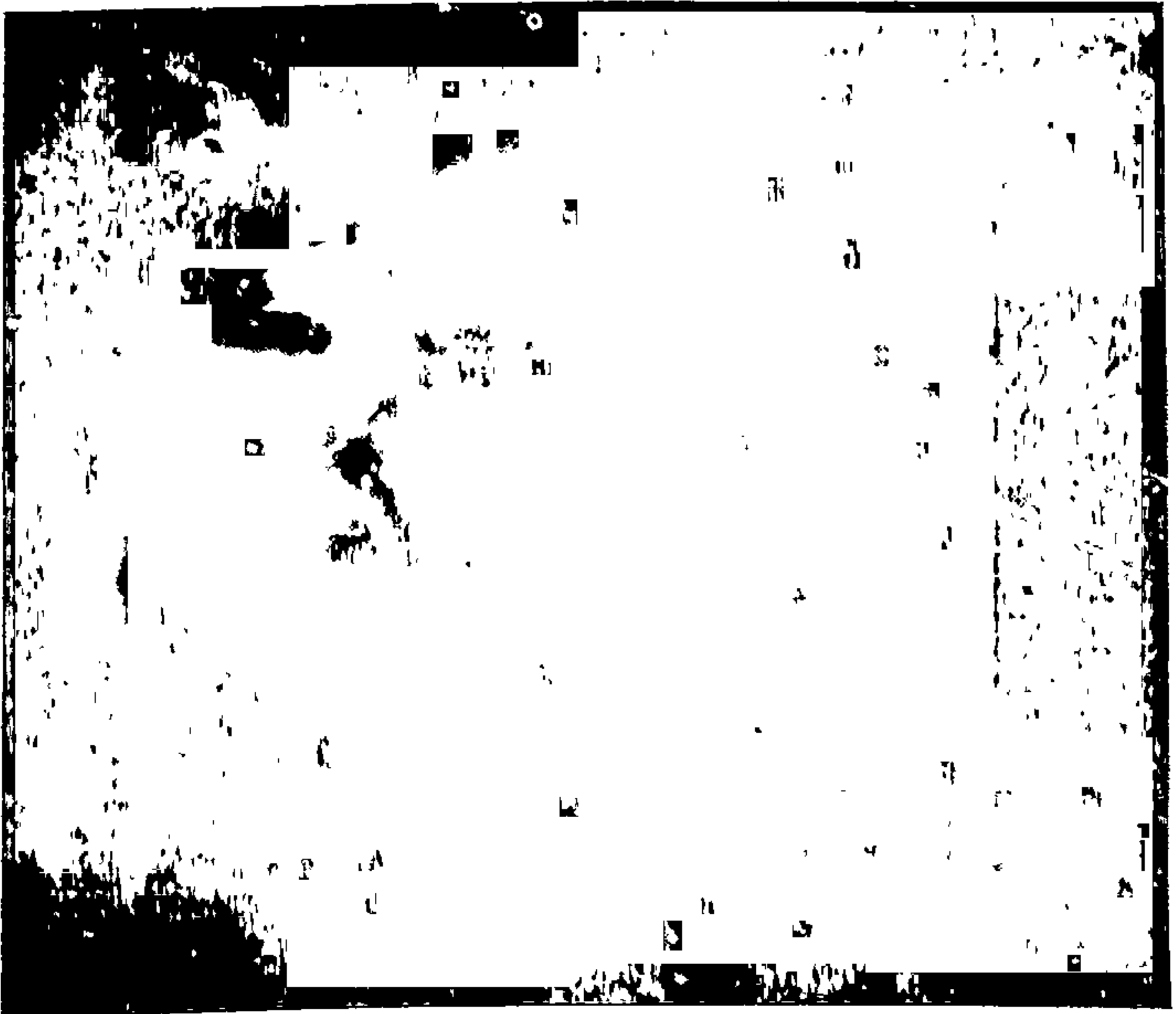
छायाचित्र : १. आवर्तकार तेजोमेघाचे एका कडेने दिसणारे दृश्य



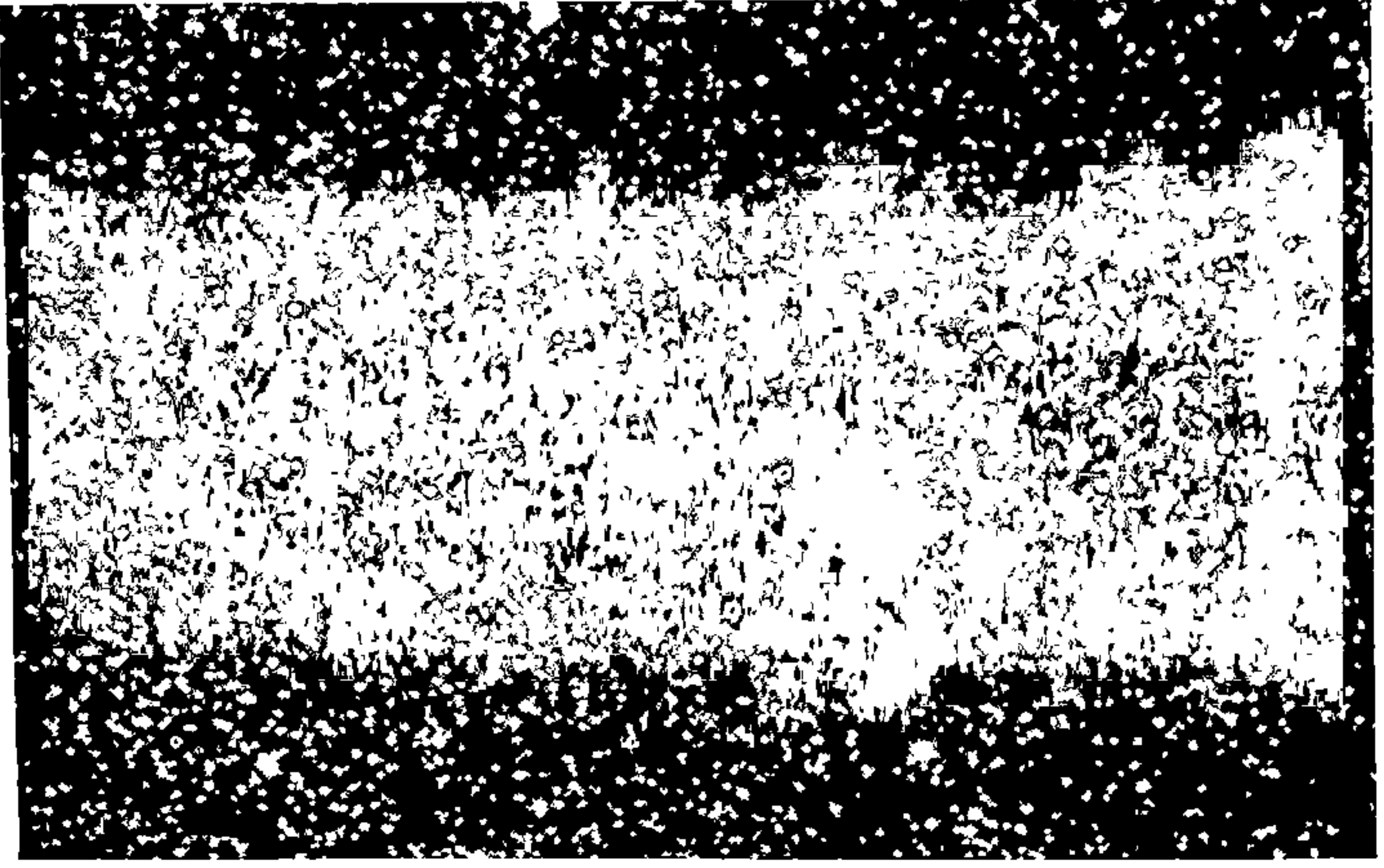
छायाचित्र : २. स्वाती व सप्तर्षीतील अत्री यामधील श्यामशबल
पुंजातील चक्रावर्तारकार तेजोमेघ



छायाचित्र : ३. सुर्याच्या अंतर्रचनेची कल्पना करून देणारे चित्र



छायाचित्र : ४. मृगातील महान तेजोमेघ



छायाचित्र : ५. गरुडपुंजातील काळा तेजोमेघ



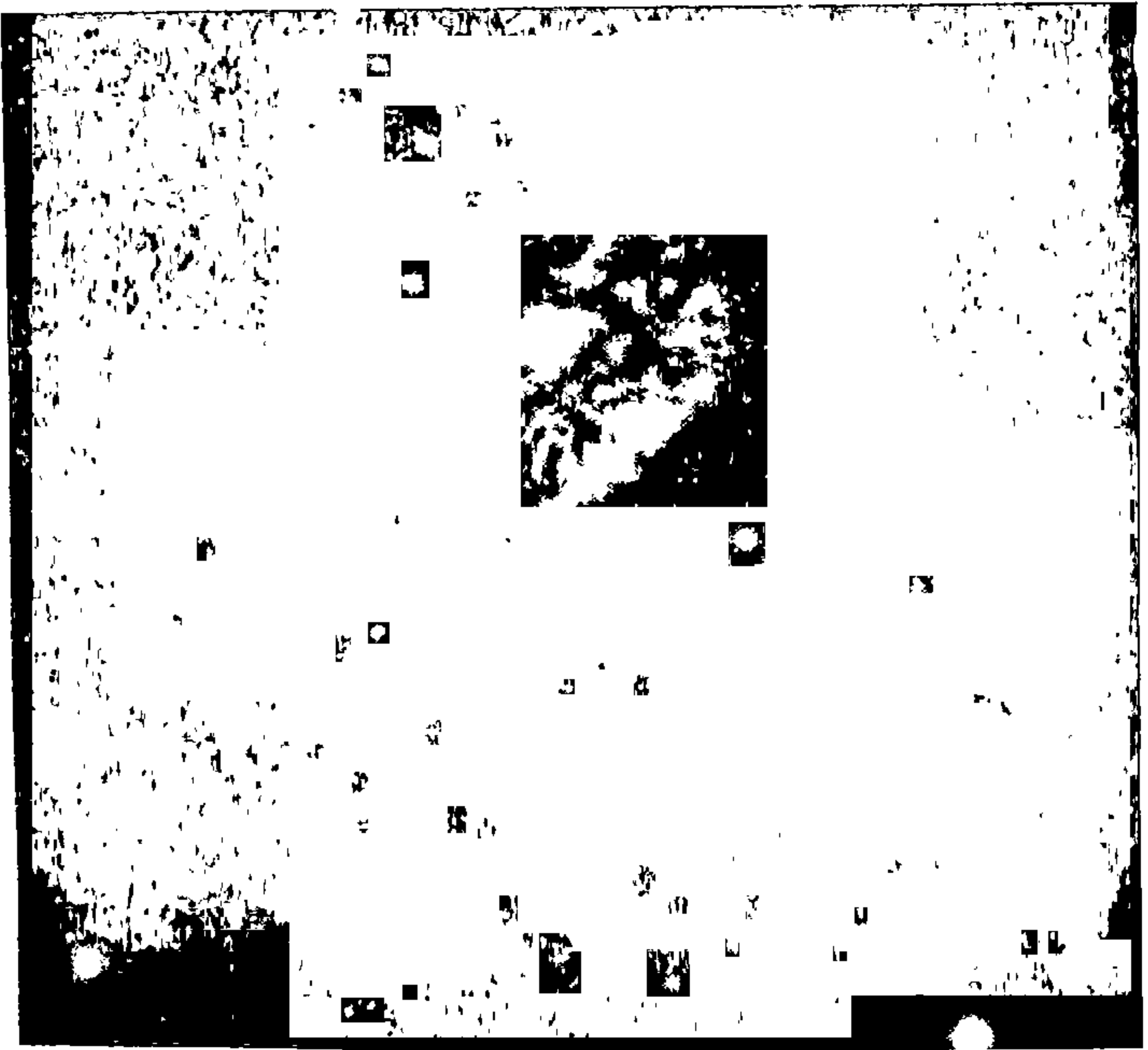
छायाचित्र : ६. मंद दिसणाऱ्या विश्वाचा पुंजका



छायाचित्र : ७. शौरी पुंजातील तारकांचा गोलाकार पुंजका



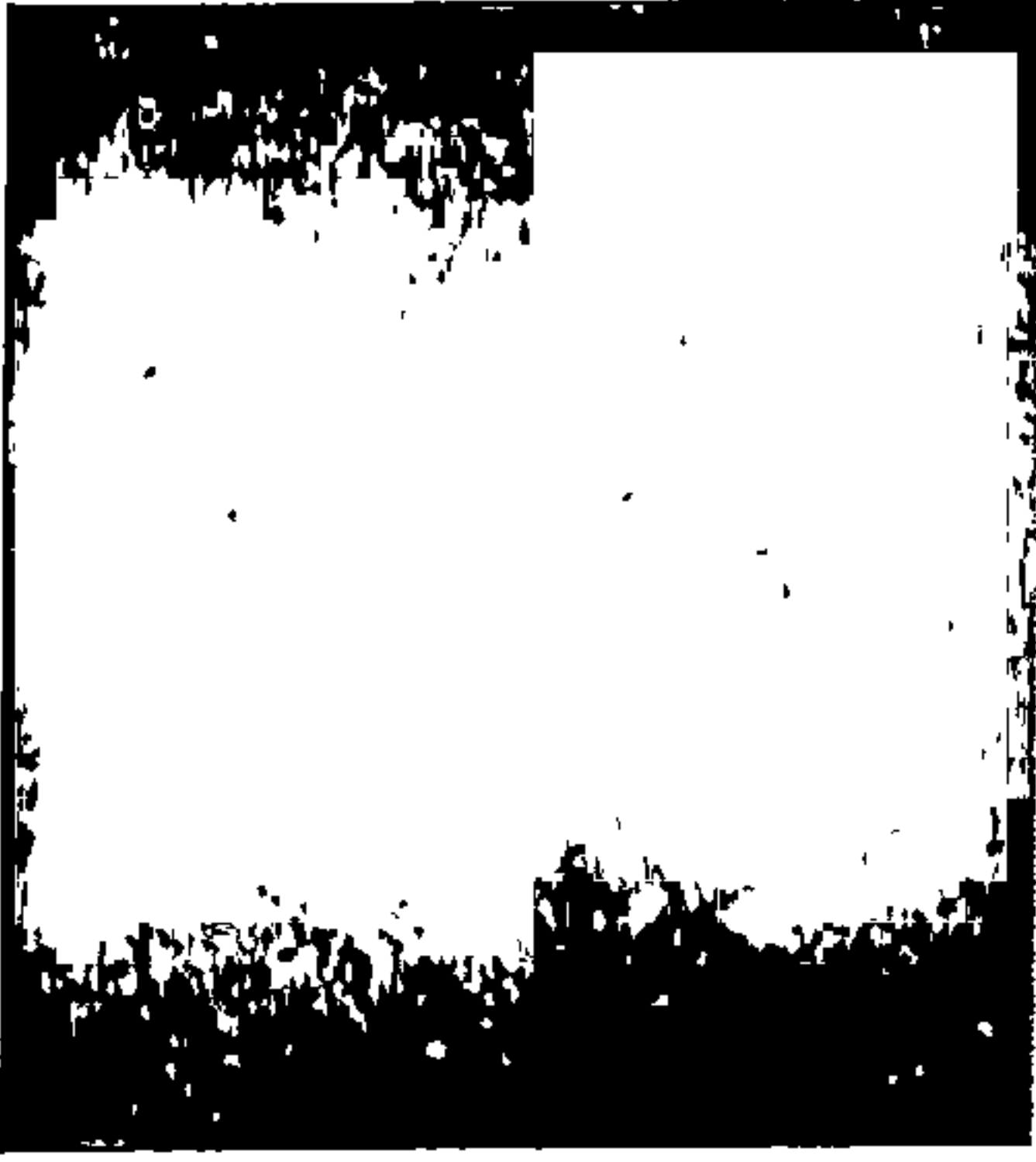
छायाचित्र : ८. वीणामधील आंगठीसारखा तेजोमेघ



छायाचित्र : ९. स्फोटगत उद्भवणारा थयार्तामधील प्रसरणशील तेजोमेघ

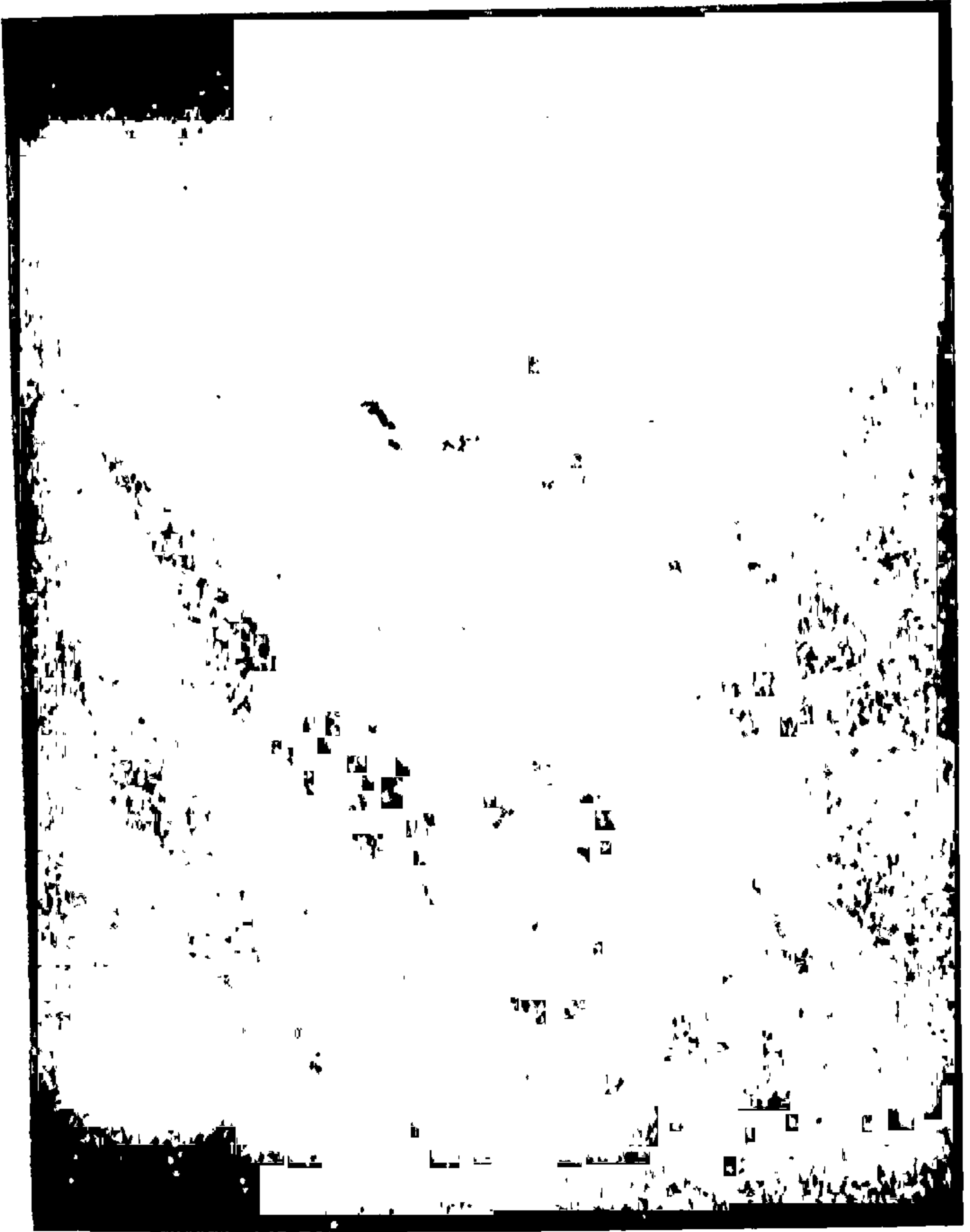


छायाचित्र : १०. वृषभेतील कॅब तेजोमेघ



छायाचित्र : ११. सुपरनोव्हाच्या चार अवस्था



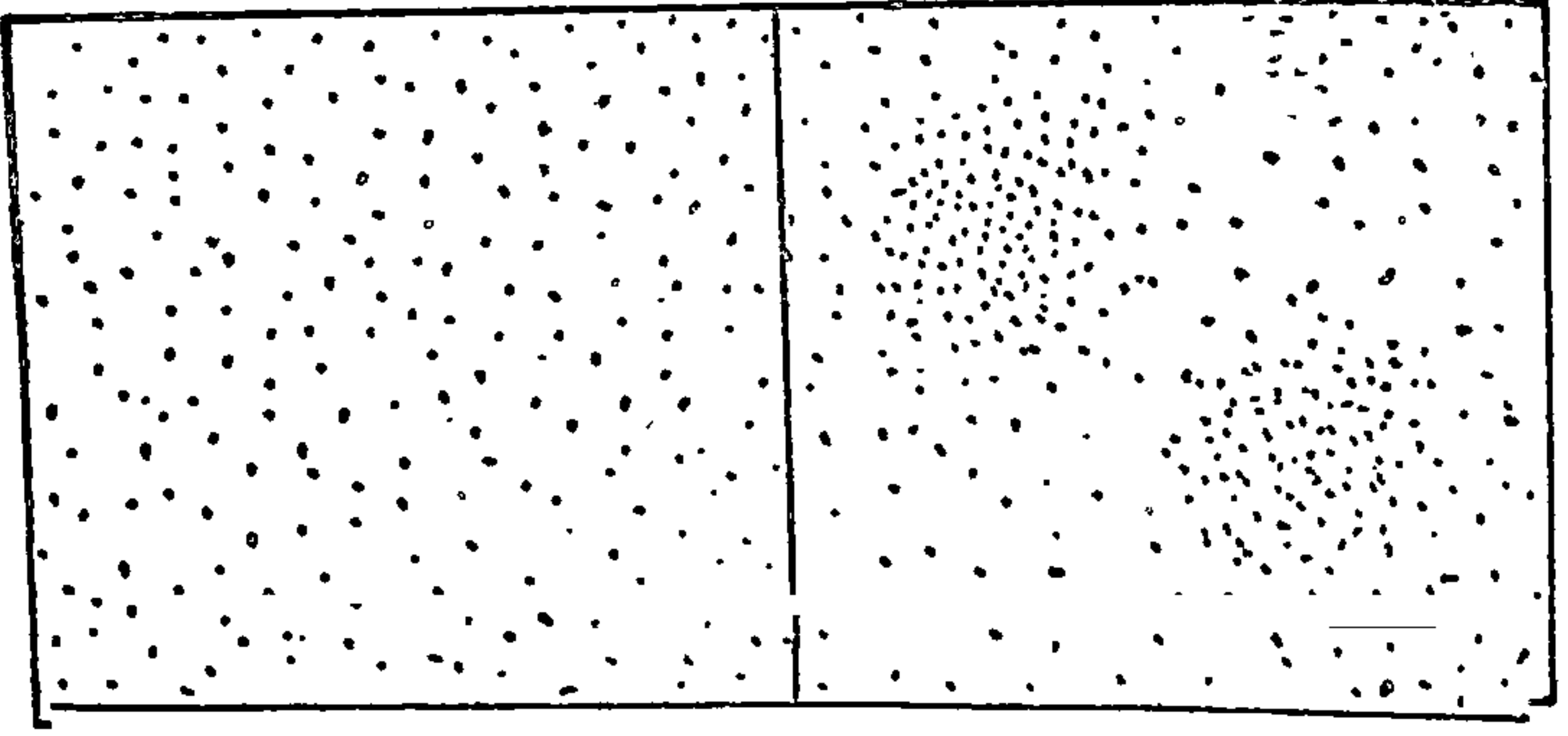


छायाचित्र : १२. देवयानी विश्वाचे दृश्य

सांद्रवीकरणाची अनुक्रमणिका

पहिले ढग

विराट विश्वाच्या प्रारंभीच्या एका तासात सर्व अणूंची निर्मिती झाल्यानंतर पुढे ३ कोटी वर्षे काहीच महत्त्वाची अशी घटना घडली नाही. त्यामुळे नवीन अणुयुक्त असे जे तप्त वायू होते ते पूर्ववत पसरत चालले होते व त्यामुळे तपमान आस्ते आस्ते खाली जात होते. नंतर जेव्हा मूळचे अब्जावधी अंशांचे तपमान खाली जाऊन ते हजारो अंशांपर्यंत उतरले तेव्हा त्यात निरनिराळ्या मूलघटकांची जी वाफ होती तिचे सांद्रवीकरण होऊन धुळीत रूपांतर झाले. ती धूळ हायड्रोजन-हेलियम वायूंच्या मिश्रणात तशीच तरंगत राहिली. वायू व धुळीचे जे हे मिश्रण बनले (त्याच्या एक दशलक्ष घन किलोमीटर्समध्ये एक मिलिग्रॅम वायू व अनेक मायक्रोग्रॅम्स धूळ अशा प्रमाणात ते आढळते.) ते अजूनही अंतराळात आढळते व त्यामुळे तारकांच्या काही वर्णरेखांचे शोषण जसे होते तसेच दूरच्या तारकांचे आरक्तीकरण आढळते. काही वेळा या मिश्रणाचे अंतराळात मोठे ढग देखील बनतात. अशा ढगांवर शेजारील तारकांचा प्रकाश पडून ते जेव्हा प्रकाशित होतात तेव्हा त्यांना दीप्त तेजोमेघ म्हणतात तर काही वेळा ते जेव्हा जवळील तारकांचा प्रकाशच अडवून टाकतात तेव्हा त्यांना 'काळे तेजोमेघ' म्हणतात. (प्लेट ४ व प्लेट ५ पाहा.) हीच जर अवस्था विराट विश्वात सतत राहिली असती तर पुढे या



आ. १८ : प्रारंभी सर्वत्र सारख्या प्रमाणात पसरलेल्या वायूचे सांद्रवीकरण कसे होते ते वर दर्शविले आहे.

अत्यंत विरल अशा वायू-धुळीच्या मिश्रणाचे तपमान शून्य अंशापर्यंत खाली आले असते आणि नवीन असे काहीच घडले नसते. परंतु सध्या या विराट विश्वात ग्रह, तारका व विश्वे अशी भिन्न सृष्टी जी बनलेली आहे ती त्यात कशी व केव्हा बनली हे पाहण्यासारखे आहे. या प्रश्नाचे उत्तर पूर्वीच्या दोन्ही प्रकरणांत, प्रारणाचे घनत्व व वायुघनत्वाशी निगडित आहे. कसे ते पाहा.

आपण हे पाहिलेच आहे की, प्रसरणाच्या पहिल्या अवस्थेत कोणत्याही ठराविक आकारमानातील प्रारणाचे (वस्तू) घनत्व हे साध्या वस्तूच्या घनत्वाहून फारच अधिक होते. म्हणजे त्या वेळी प्रारणशक्ती हीच विश्वाच्या उत्क्रांतीत अधिक महत्त्वाची होती. शक्तिमान अशा प्रकाशकांटांशी अणूंची टक्कर होताच ते दूर भिरकावले जात होते; आणि प्रारणाच्या स्वभावधर्माप्रमाणे, प्रारणाने ज्या अर्थी सर्व अवकाश समप्रमाणात व्यापले होते त्या अर्थी वस्तूची वाटणीदेखील विश्वात समप्रमाणात झाली असली पाहिजे, हे ओघानेच आले. परंतु विराट विश्वाच्या प्रसरणामुळे प्रारणाचे महत्त्व कमी होत जाऊन वस्तूला अधिक महत्त्व येत गेले नि असे होता होता एक क्षण असा आला की, प्रारणशक्तीचे वस्तुघनत्व हे साध्या वस्तूच्या घनत्वाहून पुढे कमी झाले असावे. त्या क्षणानंतर मात्र वस्तूने प्रारणाहून अधिक पुढाकार घेण्यास प्रारंभ केला असावा नि त्यामुळे त्यातून आजचे विविध विश्व पाहण्याचा योग आला असावा असे समजणे

तर्कशुद्ध आहे. असे घडल्यावर नि वस्तूने महत्त्व घेतल्यावर पहिली गोष्ट जर कोणती घडली असेल तर ती हीच की, विराट विश्वात सर्वत्र सारख्या प्रमाणात विखुरलेल्या वस्तूंत न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर महत्त्वपूर्ण ठरला असावा. ६० वर्षांपूर्वी, सर जेम्स जीन्स या प्रसिद्ध ब्रिटिश ज्योतिर्वैज्ञानिकाने असे दाखवून दिले आहे की, कोणताही वायू जर अमर्याद प्रमाणात पसरला असेल तर त्यातील कणांच्या एकमेकांतील गुरुत्वाकर्षणामुळे तो अस्थिर होऊन अनेक (वायूच्या) महान ढगांत तो आपोआप खंडित होतो (आकृती १८ पाहा).

ही अस्थिरता येण्याचे कारण एवढेच की, मुळात त्यात अधूनमधून ज्या गुठळ्या असतात त्या सहजासहजी बनतात. त्या मोडून जाण्याऐवजी गुरुत्वाकर्षणामुळे त्या अधिकाधिक वाढतच जातात. उदाहरणार्थ, आपल्या हवेत देखील अशा गुठळ्या बनतात. पण त्या रेणूतील गुरुत्वप्रेरक फारसा जोरदार नसल्यामुळे त्या प्रेरकाकडून त्या धरून ठेवल्या जात नाहीत व त्या पुन्हा मोडून जातात. परंतु वायूचे वस्तुमान जेव्हा फार मोठे असते तेव्हा त्यात गुरुत्वप्रेरक आस्ते आस्ते जोरदार होतो नि मोठ्या गुठळ्या ज्या बनतात त्या परत मोडत नाहीत. त्याचा परिणाम असा होतो की, तो वायू निरनिराळ्या महान वायूंच्या ढगांत खंडित होतो नि अशा ढगांच्या मधल्या अंतरात, जवळजवळ निर्वात अवस्थाच अस्तित्वात येते.

परंतु या गुठळ्यांचा आकार कशावर अवलंबून असतो ते पाहू या. त्यांच्या पृष्ठभागावरील स्थितिवर्चस्व हे जर त्यांतील वायुकणांच्या वेगीय शक्तीहून अधिक असेल तर एकदा गुठळी बनण्याची क्रिया सुरू झाली की गुठळीतील कण गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रात अडकून राहतात. विश्वांच्या अमर्याद प्रसरणासंबंधी आपण जो पूर्वी विचार केला होता त्यात जी मुक्तिवेगाची कल्पना आम्ही मांडली आहे त्याचप्रमाणे येथेही घडत असते. म्हणूनच मुळातील सर्वस्वी सारख्या असलेल्या वायूत बनणाऱ्या अशा गुठळ्यांच्या त्रिज्या व वस्तुमान पुढील सूत्रावरून काढता येते. (परिशिष्ट पाहा.)

$$[\text{त्रिज्या}] \geq 4.4 \times 10^6 \sqrt{\frac{[\text{तपमान}]}{[\text{घनत्व}]}} \text{ (सेंटिमिटर)}$$

व

$$[\text{वस्तुमान}] \geq 3.9 \times 10^{22} \sqrt{\frac{[\text{तपमान}]^3}{[\text{घनत्व}]}} \text{ (ग्रॅम्स)}$$

आपण जर वरील सूत्रे हवेला लावली व तिचे तपमान ३०० अंश अॅब्सोल्यूट व घनत्व प्रति घनसेंटिमीटरला $१०^{-३}$ ग्रॅम्स असे घरले तर सांद्रवीकरण होऊन बनणाऱ्या गुठळीची त्रिज्या २×१०^{१०} सेंटिमीटर किंवा २×१०^४ किलोमीटर भरते. म्हणजे ती पृथ्वीहून अधिक विस्ताराची ठरते, आणि त्यामुळे आपल्या हवेत निरनिराळ्या गुठळ्या बनण्याची क्रियाच होत नाही.

विराट विश्वाच्या प्रारंभी जो वायू अमर्याद असा पसरला होता त्याला कसलीच वरीलप्रमाणे मर्यादा नव्हती व त्यामुळे उत्क्रांतिअवस्थेत त्यात ज्या निरनिराळ्या गुठळ्या बनल्या त्यांचे विस्तार व वस्तुमान काढणे शक्य आहे. पसरणाऱ्या विराट विश्वाच्या तपमानात व घनत्वात जे काळाप्रमाणे फरक होतात (परिशिष्ट पाहा) ते जर आपण वस्तुमानाच्या सूत्रात वापरले तर कालनिरपेक्ष असे वस्तुमान काढता येते. म्हणजे प्रारंभी सर्वत्र समप्रमाणात पसरलेल्या वायूंत गुरुत्वाकर्षणाने ज्या गुठळ्या वाढतात त्यांचे वस्तुमान, कोणत्याही प्रसरणाच्या अवस्थेत जरी त्या बनल्या असल्या तरी तेच राहते. ते जर वरील सूत्रावरून काढले तर लहानांत लहान गुठळीचे वस्तुमान $१०^{४०}$ ग्रॅम्स भरते. ही संख्या आपल्या सूर्याच्या वस्तुमानाच्या दशलक्ष पटीने अधिक भरते. परंतु त्याचबरोबर निरनिराळ्या विश्वांची जी वस्तुमाने प्रत्यक्षात आढळतात त्याहून ही संख्या कमी भरते. असे असले तरीसुद्धा हा निष्कर्ष समाधानकारक आहे असे म्हणावयास हरकत नाही. समाधान मानायचे कारण म्हणजे तपमान व घनत्वाच्या ज्या संख्या आपण यात वापरल्या आहेत त्या निव्वळ न्युक्लिअर प्रयोगांच्या माहितीवरून आपण गोळा केल्या आहेत व त्यामुळे अणुकणांच्या सूक्ष्म सृष्टीचा तारकांच्या विशाल सृष्टीशी आपण जो संबंध जुळवू शकलो आहोत ते फार महत्त्वाचे आहे.

विश्वांच्या प्रत्यक्षातील वस्तुमानापेक्षा या गुठळ्यांची वस्तुमाने कमी का आढळतात याची अनेक कारणे देता येतील. एक तर कारण असे आहे की, आपण सूत्रावरून जे वस्तुमान काढले आहे ते किमान आहे. तेव्हा प्रत्यक्षातील वस्तुमान त्या किमान वस्तुमानाहून सहजच अधिक असावे. त्याहून अधिक महत्त्वाचे दुसरे कारण म्हणजे जीन्सचे जे मूळ सूत्र आपण आपल्या कामाकरिता वापरले आहे ते फक्त, ज्याचे प्रसरण होत नाही अशा वायूकरताच मुळात काढलेले आहे. आणि ते जर, आपण प्रसरण पावणाऱ्या वायूच्या

वावतीत वापरले तर प्रसरणाच्या वायूच्या वस्तूची वेगीय शक्ती लक्षात घेणे आवश्यक आहे. आणि तसे केले तर किमान वस्तुमानाची जी गुठळी गुरुत्वाकर्षणाने बनते तिचे वस्तुमान आपण काढलेल्या किमान वस्तुमानाहून केव्हाही अधिकच होईल. म्हणूनच या घटनेचा अधिक तपशीलवार विचार करताना ह्या प्रश्नाचा आणखी खोल अभ्यास केला पाहिजे.

तसेच प्रारंभीच्या वायूमध्ये गुरुत्वाकर्षणामुळे खंडितपणा येऊन जे ढग बनले त्याचे वस्तुमान कालनिरपेक्ष मांडण्यात यशस्वी झालो असलो तरी त्यांचे विस्तार मात्र कालनिरपेक्ष नसतात हे महत्त्वाचे आहे. कारण प्रसरणाच्या प्रारंभिक अवस्थेत जे ढग बनले ते अधिक घनत्वाचे परंतु कमी विस्ताराचे असणार आणि पुढील अवस्थेत जे ढग बनले ते कमी घनत्वाचे व अधिक विस्ताराचे असणार, हे उघडच आहे. तेव्हा निरनिराळी विश्वे ही जरी अगदी एकाच विस्ताराची नसली तरी त्यांचे विस्तार सामान्यपणे सारखेच ज्या अर्थी आढळतात त्या अर्थी ती साधारणपणे एकाच वेळी बनलेली असावीत असा निष्कर्ष निघू शकतो. तेव्हा जर तर्कशुद्ध विचार केला तर विश्वे बनण्याचा काळ हा, जेव्हा प्रारणाचे महत्त्व जाऊन वस्तूचे महत्त्व वाढून गुरुत्वाकर्षणालाही महत्त्व आले त्या काळाशी मिळता-जुळता असावा असे वाटते. ज्या काळात हे घडले तो काळही आपण काढू शकतो. फक्त त्याकरिता आपण एक गोष्ट गृहीत धरली पाहिजे नि ती म्हणजे एकदा ढग बनल्यानंतर निरनिराळ्या ढगांची परस्परांतील अंतरे जरी बदलली तरी त्या ढगांतील वस्तूचें घनत्व मात्र कायम राहिले असावे. दोन विश्वांतील अंतर हे त्यांच्या विस्ताराच्या १०० पटीने मोठे असते असे वेध घेऊन ज्या अर्थी आढळते त्या अर्थी सध्याच्या विराट विश्वाच्या वयाच्या $\frac{9}{10}$ वयाला तरी ती विश्वे एकमेकांपासून विभक्त होण्याचा काळ असावा असे काढता येते. म्हणजे विराट विश्वाच्या जन्मानंतर ३ कोटी वर्षांनी ही घटना घडली असावी. सध्या प्रत्येक विश्वात जेवढे घनत्व आहे तेवढेच घनत्व त्या वेळी विराट विश्वात असावे म्हणजे ते साधारणपणे प्रतिघनसेंटिमीटरला 10^{-24} ग्रॅम असावे. त्याचप्रमाणे तिसऱ्या प्रकरणात तपमानात बदल दर्शविणारी जी राशी आहे तिचा उपयोग करून विराट विश्वाच्या निर्मितीनंतर ३ कोटी वर्षांनी जे तपमान होते ते जर काढले तर ३०० अंश अॅब्सोल्यूट असे निघते व त्यावरून प्रारणाचे वस्तुघनत्व प्रति घनसेंटिमीटरला 10^{-24} ग्रॅम इतकेच निघते.

$$\frac{aT^4}{c^2} = \frac{10^{-9} \times (300)^4}{10^{29}} \approx 10^{-24} \text{ ग्रॅम / (सेंटिमीटर)}^3$$

तेव्हा ज्या वेळी प्रारणाचे वस्तुघनत्व हे सर्वसाधारण वस्तूच्या घनत्वाहून कमी भरू लागले त्या वेळी हे वायूचे ढग बनले असावेत असे जे अनुमान आपण काढले होते ते बरोबर आहे असे म्हणावयास हरकत नाही.

एच. जी. वेल्सच्या 'कालयंत्रात' (टाइम मशीन) बसून आपण जर त्या काळात गेलो असतो तर सध्या आकाशगंगेतील दोन तारकांत जेवढी निर्वात जागा आहे त्या निर्वात जागेत आपण त्या वेळी तरंगत राहिलो असतो. त्या वेळी अगदी काळाकुट्ट अंधार चहूकडे असावा. कारण प्रारंभी देदीप्यमान दिसणारे विराट विश्व ३ कोटी वर्षांनंतर बरेच थंड झाले असावे आणि तारकांची निर्मिती झालीच नसल्याने त्यांचा प्रकाश अस्तित्वात नसावा. परंतु त्या वेळी ३०० अंश अॅब्सोल्यूट तपमान असल्यामुळे आपल्या खोलीत जेवढे तपमान असते तेवढेच तपमान चहूकडे असावे नि त्याकारणाने आपल्याला गारठावे लागले असते.

वायूंच्या गुठळ्यांचा प्रश्न हातावेगळा करण्यापूर्वी त्यांच्या निर्मितीत ज्या दुसऱ्या एका घटकाने भाग घेतला असावा त्याचाही उल्लेख येथे करणे इष्ट ठरेल. दुसऱ्या प्रकरणात न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणातून निर्माण होणारी गुरुत्वशक्ती ही वेगीय शक्तीच्या अवघी १ टक्का आहे असे आम्ही म्हटले होते. थोडक्यात त्याचा अर्थ असा होतो की, निरनिराळ्या विश्वांत (परस्परांत) आज काहीच गुरुत्वाकर्षण नसावे. परंतु काळाच्या ओघात आपण जर डोकावू लागलो तर जेव्हा ही विश्वे एकमेकांपासून विभक्त झाली तेव्हा त्यांची अंतरे आजच्या त्यांच्या अंतरांच्या अवघी एक टक्का असावीत व त्यामुळे त्यांच्यातील गुरुत्वशक्ती त्या वेळी १०० पटीने अधिक होती. साहजिकच विश्वांच्या एकमेकांपासून दूर जाण्याला या गुरुत्वशक्तीमुळे खूपच विरोध होत असावा. एखाद्या अग्निबाणाची मुक्तिवेगाहूनही अधिक गती असूनदेखील पृथ्वीवरून निघताना पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाने त्याची गती प्रथम जशी कमी कमी होत जाते त्याप्रमाणे हा प्रकार होता.

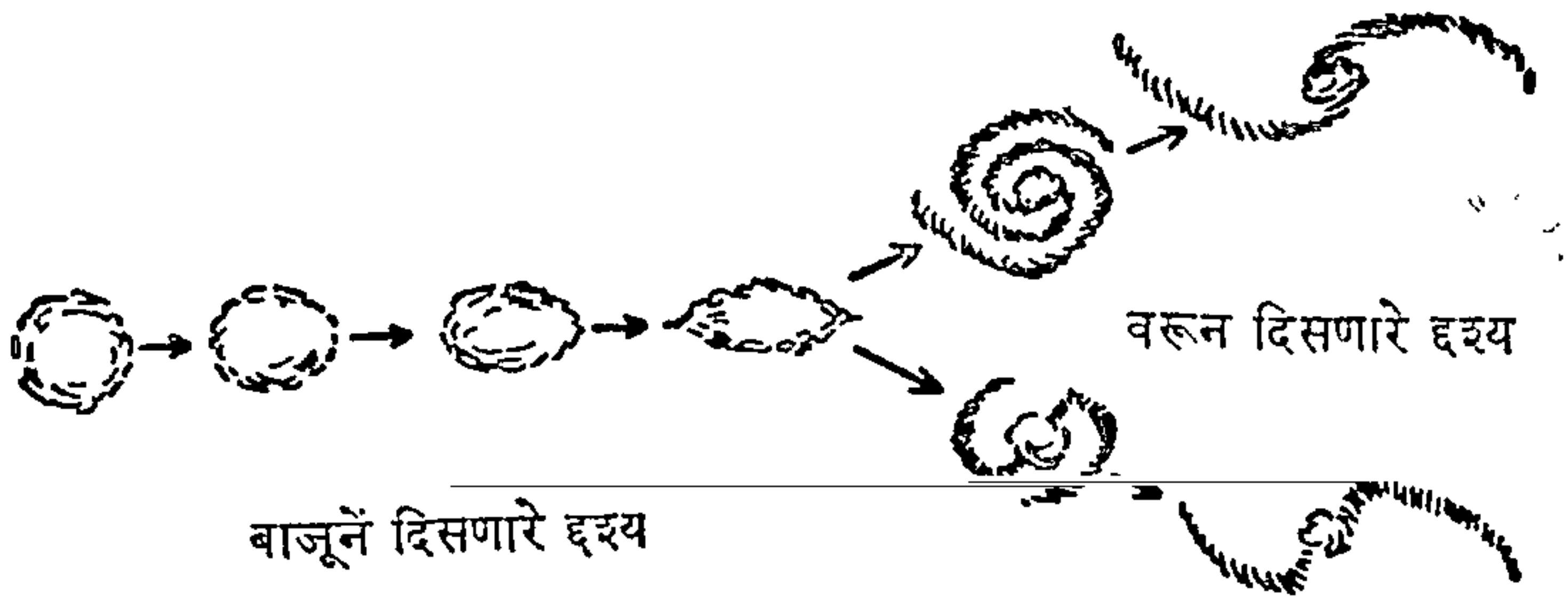
म्हणूनच विराट विश्वातील वस्तूचे समवेगाने जे प्रसरण होत होते त्यातील गुरुत्वाकर्षण जेव्हा नाहीसे झाले तेव्हा त्या वस्तूच्या प्रसरणात पहिला खंड

पडला असावा. तेव्हा विश्वांचे एकमेकांपासून विभक्तीकरण केव्हा झाले त्याबद्दल कोणताही सिद्धान्त जरी पुढे आपण काढला तरी एक गोष्ट खरी की, ज्या वेळी पसरणाऱ्या वस्तूतील गुरुत्वाकर्षण नष्ट झाले असेल आणि प्रारणशक्तीचे महत्त्व कमी होऊन वस्तूला महत्त्व आले असेल त्यावर ह्या घटनेचा काळ अवलंबून असावा.

विश्वांचे परिवलन व टव्युलन्स

जेव्हा एखादा अखंडित वस्तूचा गोळा जोरात फुटतो नि त्याचे अनेक तुकडे होतात तेव्हा, तोफेच्या गोळ्यातील तुकडे (तो तुकडा हवेत फुटला की) जसे एकमेकांपासून दूर उडत जातात तसे त्या वस्तूचे तुकडे स्वतःभोवती फिरत फिरत एकमेकांपासून दूर उडत जातात. वास्तवशास्त्रातील नियमाप्रमाणे त्या गोळ्याला मूलतः मिळालेली शक्ती त्याच्या तुकड्यांच्या स्थलांतरासाठी व स्वअक्षाभोवतालच्या परिवलनासाठी समप्रमाणात उपयोगात आणली जाते. विश्वांच्या बाबतीतदेखील स्थलांतरशक्ती व परिवलनशक्ती सारख्या प्रमाणात कशी असते ते आपण दुसऱ्या प्रकरणात बघितलेच आहे.

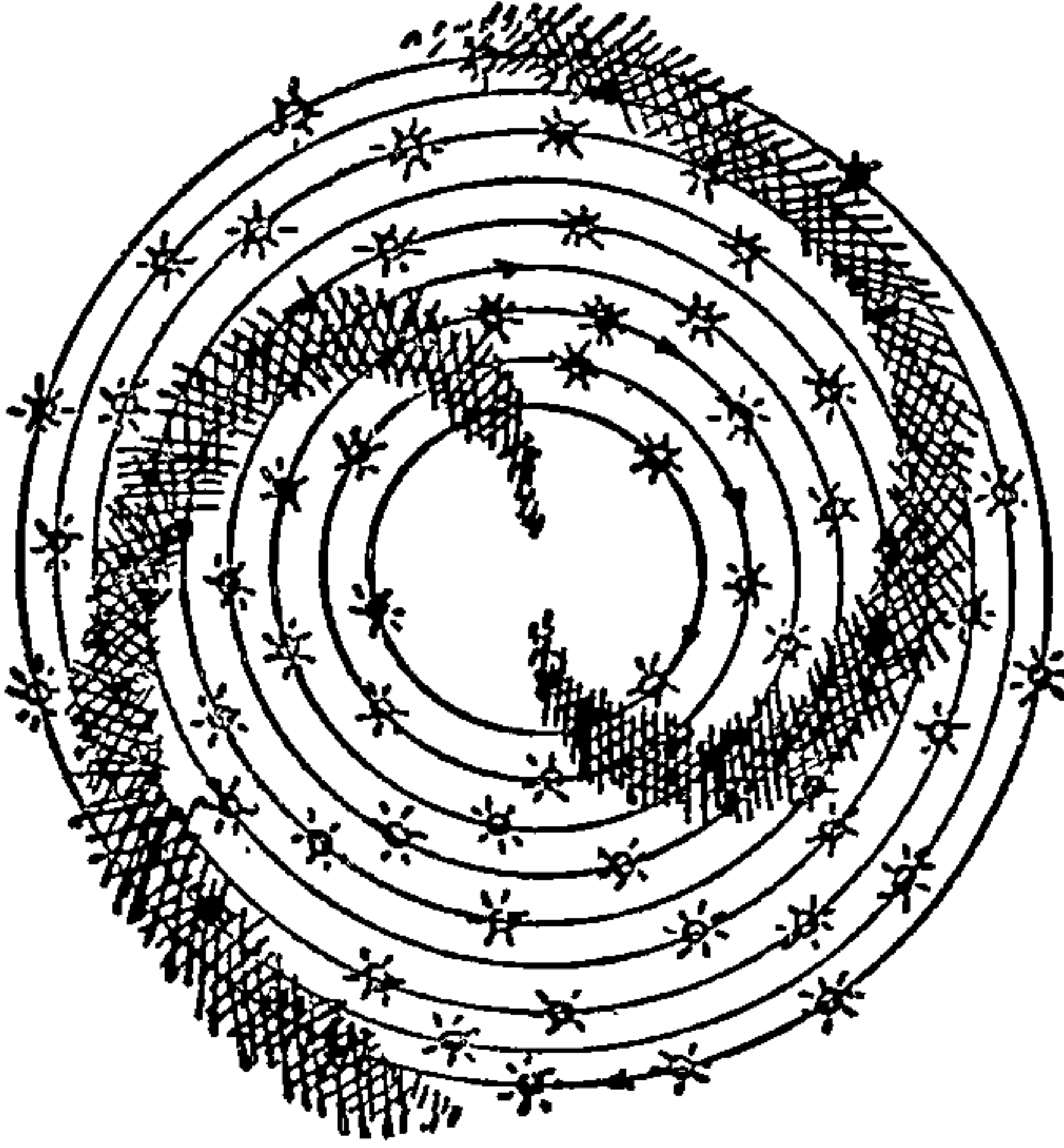
ह्या विश्वांच्या प्रारंभीच्या तुकड्याला ज्या प्रमाणात परिवलनासाठी गती मिळाली त्या प्रमाणात पुढे त्यांना निरनिराळे आकार मिळाले असवेत. ज्यांना अगदी कमी प्रमाणात परिवलनगती मिळाली ते जवळजवळ गोलाकारच बनले. काहींना त्यांहून अधिक प्रमाणात परिवलनगती मिळाली नि त्यांतून



आ. १९ : विश्वांच्या भिन्न भिन्न तऱ्हा. त्यांतील काही गोलाकार, काही अंडाकार, काही चक्राकार तर काही दांड्यांच्या अक्षाभोवती चक्राकार अशी आहेत.

त्यांना अंडाकार प्राप्त झाले (आ. १९). परंतु त्यांतील पुष्कळशा तुकड्यांना इतकी जोराची परिवलन गती मिळाली की, त्यांतून त्यांना काचेच्या भिंगाप्रमाणे आकार मिळाला आणि त्यांच्या कडांतून त्यांतील वस्तू बाहेर पडून जे फाटे बनले त्यांतून त्यांना चकलीसारखे आकार मिळाले. आधुनिक संशोधनाप्रमाणे एकंदर विश्वांच्या समूहात चक्राकार फाट्यांचे जितके महत्त्व प्रथम वाटले होते त्यामानाने फारच कमी महत्त्व प्रत्यक्षात त्यांना आहे असे दिसून येते. कारण प्रत्येक विश्वचक्राचा जो मुख्य गाभा असतो तो त्याच्या अक्षाभोवती वर्तुळाकार फिरत असणाऱ्या अनेक तारकांनी बनलेला असतो आणि गाभ्यातून जे अतिविरल वायूचे फवारे बाहेर उडतात ते वर्तुळाकार फिरून त्यांना चक्राकार फाट्यांचे स्वरूप प्राप्त होते (आ. २० पाहा).

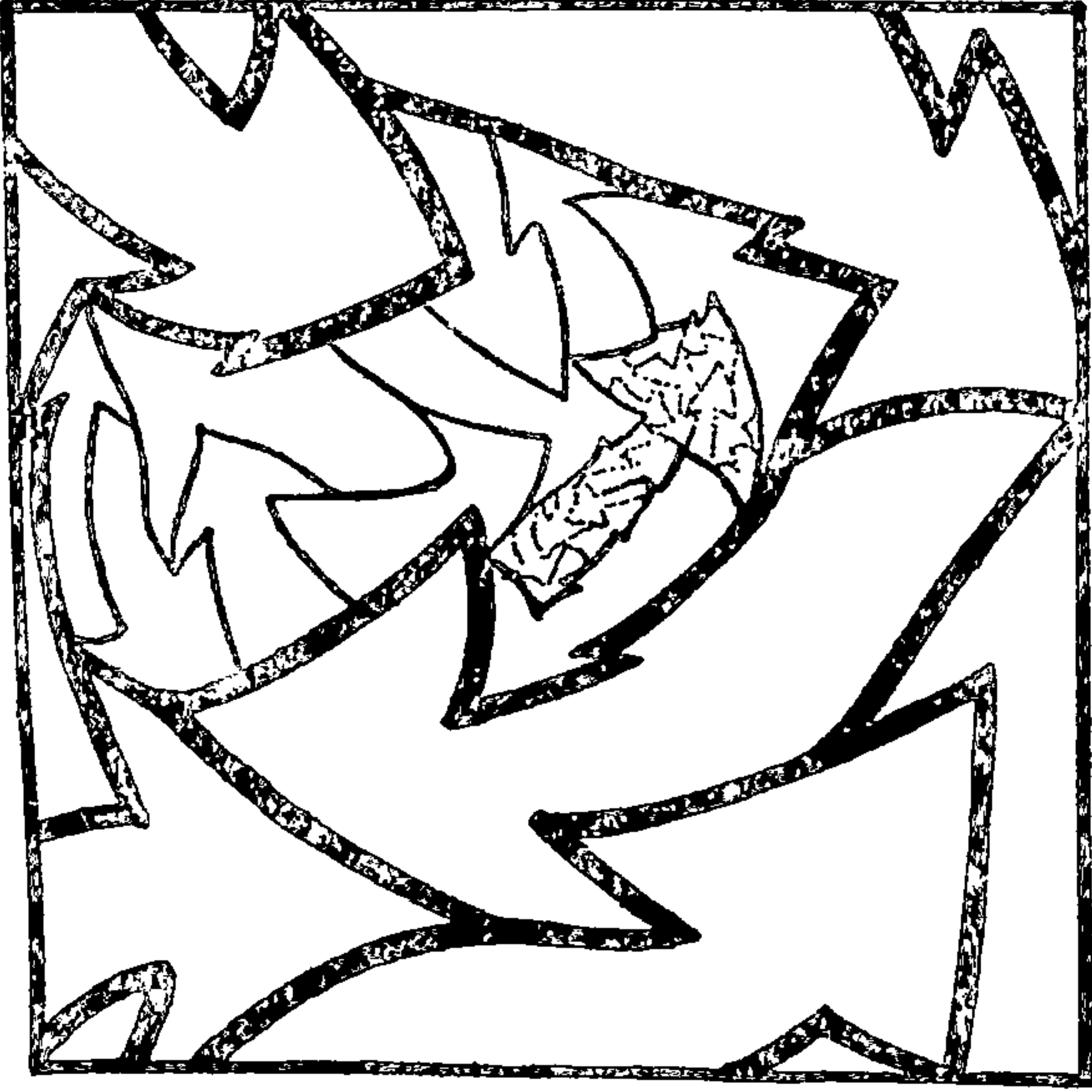
परंतु आपल्या सिद्धान्ताप्रमाणे विश्वे जेव्हा प्रथम बनली तेव्हा त्यांत थंड वायू असून तारका बिलकुल नव्हत्या. साहजिकच प्रश्न असा उद्भवतो की, या तारका तेथे आल्या कशा ? त्याचे उत्तर द्यायचे म्हणजे प्रथम आपण हे मान्य



आ. २० : विश्वांना चक्राकार आकार कसा मिळतो ते दाखविणारे दृश्य. तारकांचे मार्गपथ वर्तुळांनी दाखविले आहेत, तर छायांकित विभाग वायू व धुळीचे अस्तित्व दाखवितो.

केले पाहिजे की, त्या विश्वांतील वस्तूचे जेव्हा तिच्या अक्षाभोवती परिवलन सुरू झाले तेव्हा ते सरळ व सुरळीतपणे झाले नसावे. कारण जी वस्तू तिच्या परिव्रावर म्हणजे अक्षापासून सर्वांत दूर होती तिची परिभ्रमणाची कोनीय गती सर्वांत कमी व त्यामुळे तिच्या परिभ्रमणाचा काळ सर्वांत जास्त असला पाहिजे आणि जो जो आपण तिच्या अक्षाकडे जावे तो तो तो काळ कमी कमी होत गेला असावा. खुद्द आपल्या सौरग्रहमालेत देखील जो जो आपण सूर्यापासून दूर जावे तो तो ग्रहाचे सूर्याभोवतालच्या प्रदक्षिणांचे काल तीन महिन्यांपासून (बुधाचा) ते १६५ वर्षांपर्यंत (नेपच्यून) वाढत जातात. परंतु ग्रहांच्या वाढतीत असे असते की, दोन ग्रहांच्या मध्ये खूपच मोकळी जागा असते नि त्याकारणाने त्यांचे एकमेकांच्या गतीवर काहीच परिणाम होत नाहीत. परंतु स्वतःभोवती फिरणाऱ्या वायूच्या तबकडीतील परिस्थिती तशी नसून एखाद्या जलद गतीने जाणाऱ्या नदीच्या प्रवाहाप्रमाणे असते. असे नदीचे पाणी जेव्हा वळणावरून पुढे जाते तेव्हा त्याच्या संथ प्रवाहाचे थोडेफार टर्ब्युलंट स्वरूप होते. फ्ल्यूइड डायनॅमिक्सच्या सर्व क्षेत्रांत टर्ब्युलन्सला महत्त्व फार आहे. म्हणूनच विमानाच्या पंख्याच्या रचनेपासून तो तारका व ग्रहनिर्मितीपर्यंत टर्ब्युलन्सचे महत्त्व आढळते.

आपण जर एखाद्या नदीच्या पुलावर उभे राहिलो तर पुलाखालून वेगाने जाणाऱ्या नदीच्या पात्रात आपल्याला टर्ब्युलन्स दिसतो. तसेच समोरून जी धुळीची वावटळ आपल्याकडे भरधाव येते त्यांतही टर्ब्युलन्स दिसून येतो. एखाद्या जलौघात जेव्हा टर्ब्युलन्स बनतो तेव्हा त्याचा प्रवाह फार गुंतागुंतीचा आणि अनियमित असा बनतो व त्याचे दृश्य काढून दाखविणे कठीण होते. टर्ब्युलन्स साधारणपणे कसा दिसतो त्याचे चित्र आ. २१ मध्ये दाखविले आहे. या आकृतीकडे जर आपण दुरून पाहिले तर मोठ्या बाणांनी दाखविलेले प्रवाह एकमेकांना वळसा घालून पुढे जात आहेत असे प्रथमदर्शनी दिसते. परंतु अधिक निरीक्षणानंतर मात्र मोठ्या बाणांनी दर्शविलेल्या प्रवाहांत अनेक लहान प्रवाह लपलेले आढळतात. (लहान बाण म्हणजे छोटे प्रवाह होत.) हे चित्र आपण दोन दिशांनी असे वाढवू या की, मोठ्यांत मोठे प्रवाह (मोठे बाण) हे सर्व, पाण्याचा जेवढा विस्तार आहे तेवढे मोठे बनले तर लहानांत लहान जे प्रवाह (छोटे बाण) आहेत ते रेणूएवढे बनतील. तसे केले की टर्ब्युलंट गती म्हणजे काय ते कळेल.



आ. २१ : भोवरे बनण्याचा उपक्रम

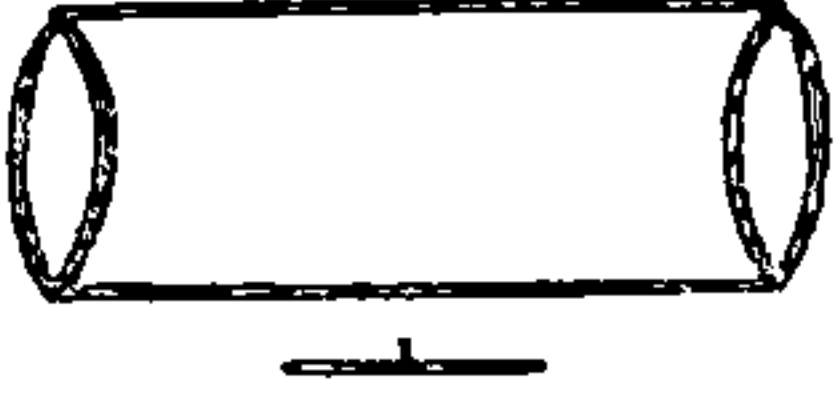
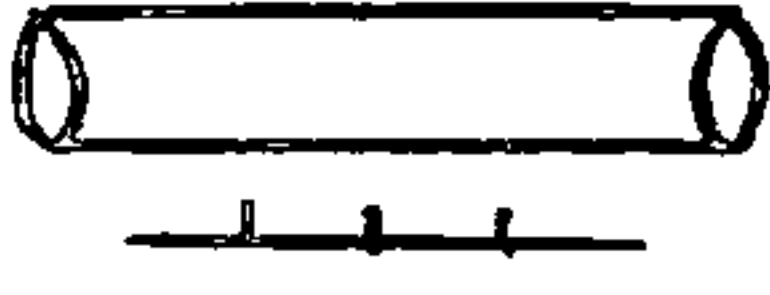
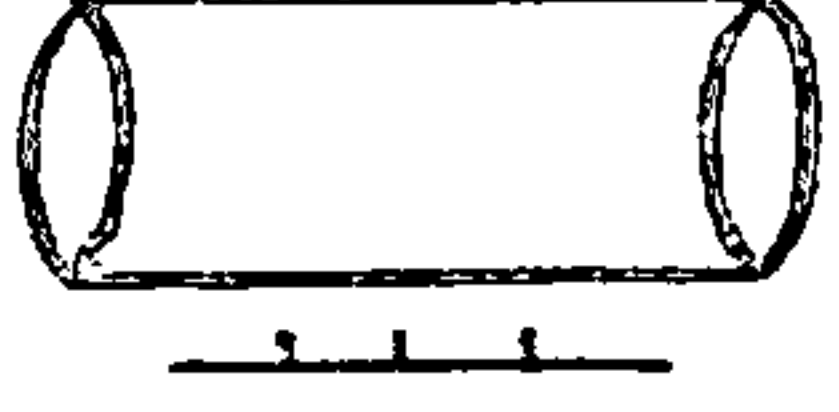
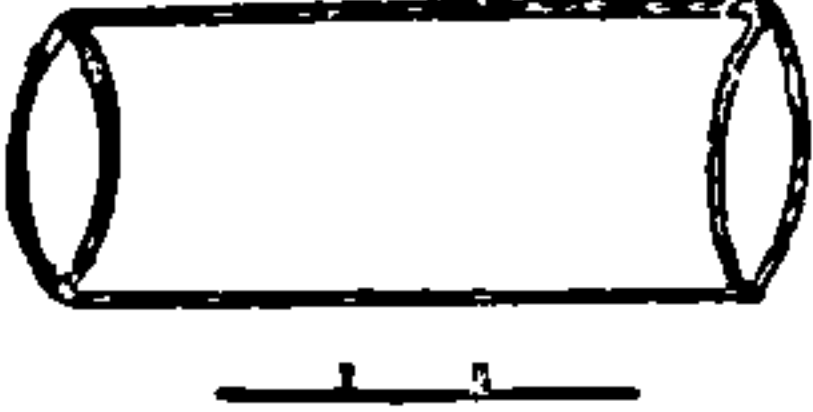
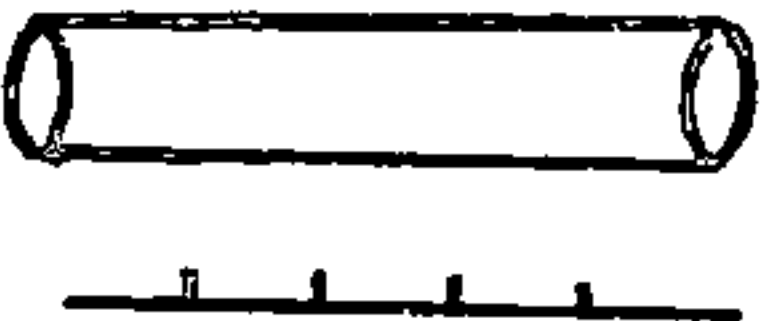
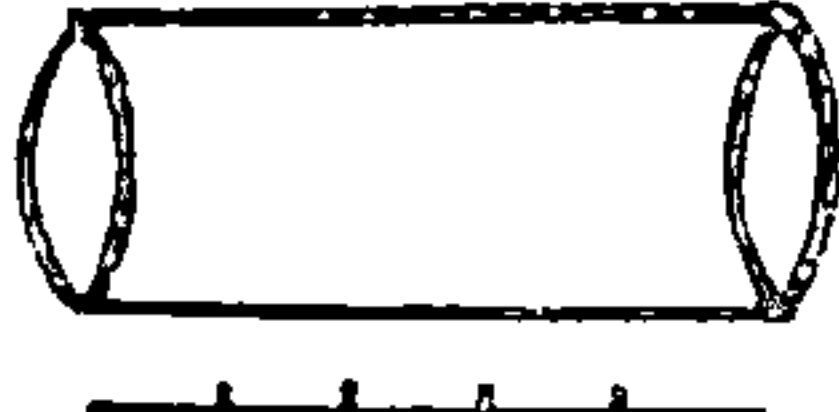
एखाद्या जलप्रवाहातील टर्ब्युलंट गतीमध्ये त्याच्या निरनिराळ्या घटकांच्या स्थलांतराची आणि स्वअक्षाभोवतीच्या परिवलनाची अशा दोन्ही गतींचा समावेश होतो. टर्ब्युलंट गतीमुळेच तर टर्ब्युलंट प्रवाहाला भोवण्यांचा प्रवाह असे म्हणतात. अर्थात हे जे भोवरे असतात त्यांचे स्वतंत्र अस्तित्व फार काळ टिकत नाही व त्यामुळे ठराविक काळापर्यंत त्यांचे स्वतंत्रपणे निरीक्षण करणे कधी जमत नाही. अशा भोवण्यांचे आयुष्य अगदी अल्पकाळापर्यंत असते. थोडे अंतर (त्यांच्या व्यासाएवढे) तोडून ते पुढे जात आहेत तोच त्यांतून आणखी लहान भोवरे सुरू होतात आणि ते लहान भोवरे दुसऱ्याच दिशेने जाऊ लागतात. टर्ब्युलंट गतीमुळे जलप्रवाहातील अंतर्गत घर्षण वाढते आणि या अंतर्गत घर्षणाला टर्ब्युलंट विषयदत्ता (व्हिस्कॉसिटी) म्हणतात. उदाहरणार्थ, एखाद्या मोटार-बोटीच्या पुढील पंख्याने जर सुकाणूच्या तेथून लॅमिनर प्रवाह चालू ठेवला तर ती बोट गोगलगायीइतकी मंदगतीने जाईल. विमानाच्या पुढील पंख्याच्या

चावतीतही तसेच आहे; याउलट विमानाचे पंख जे असतात त्यांना असा आकार दिला पाहिजे की, ज्यामुळे त्यांच्या पृष्ठभागावरून टर्ब्युलंट गती असता कामा नये. कारण तसे केले तरच त्यांचा कमीत कमी प्रतिकार त्या प्रवाहाला होतो.

प्रथमदर्शनी टर्ब्युलंट प्रवाहात अतिशय गुंतागुंतीची व अनियमित गती असल्याने त्याबद्दल आपण काही सुसूत्र असा सिद्धान्त मांडू शकू किंवा नाही याबद्दल कुणालाही शंकाच वाटेल आणि त्यामुळेच आतापर्यंत इंजिनिअरिंगच्या क्षेत्रात केवळ प्रयोगसिद्ध अनुभवावरून त्याबद्दल काही शास्त्रीय अंदाज बसविले गेले होते. परंतु अगदी अलीकडे मात्र इंग्लंडमधील जी. आय. टेलर, अमेरिकेतील थिओडोर फॉन कर्मान, रशियातील ए. एन. कोल्मोगोरोफ आणि जर्मनीतील वर्नर हायगेनबर्ग यांनी अगदी शुद्ध गणितावरून त्याबद्दलचे सुसूत्र असे गणित बनविले आहे. त्या गणितातून एक महत्त्वाची गोष्ट जी आढळली ती ही की, टर्ब्युलंट गतीचा शक्तिवर्णपट आता काढता येऊ लागला आहे. कसे ते पाहा. भोवऱ्याच्या गतीमध्ये फार मोठी वेगीय शक्ती जी लागते ती शक्ती मोठ्या भोवऱ्याकडून लहानाला आणि लहानाकडून अधिक लहानाला दिली जाते. साधारणपणे घर्षणात वेगीय शक्तीचे रूपांतर नेहमी उष्णतेत होते. परंतु या टर्ब्युलंट घर्षणात मात्र ही वेगीय शक्ती मोठ्यातून लहानाला, लहानातून अतिलहानाला अशी दिली जाते. तेव्हा प्रश्न असा उद्भवतो की, निरनिराळ्या विस्तारांच्या भोवऱ्यांत किती शक्ती साठविलेली असावी (म्हणजेच त्यांच्या शक्तीचा वर्णपट कसा असावा) किंवा साध्या शब्दांत सांगायचे झाल्यास अनियमित अशा जलप्रवाहांनी जो टर्ब्युलंट प्रवाह बनतो त्या प्रवाहाची गती काय असावी? अर्थात ह्याकरिता लागणारी गणितीय कृती इतकी गुंतागुंतीची आहे की, ती येथे देणे जमणार नाही. परंतु त्यांतून काढलेला निष्कर्ष मात्र जो निघतो तो आम्ही देऊ शकतो. त्याप्रमाणे निरनिराळ्या विस्तारांच्या भोवऱ्यांतील गती कोल्मोगोरोफ सिद्धान्ताप्रमाणे पुढील सूत्रावरून काढता येते.

[गती] ~ १/३ (आकारमान)

म्हणजे भोवऱ्याचा विस्तार जेवढा कमी तेवढी त्यातील गती कमी असते असा याचा अर्थ होतो. उदाहरणार्थ, १० मीटर किंवा १००० सेंटीमीटर

निरनिराळ्या घटकांचे होणारे परिणाम		
गति	व्यास	विष्यंदता
 $V = 2$ एकांक	 $V = 4$ एकांक	 $V = 4$ एकांक
 $V = 3$ एकांक	 $V = 5$ एकांक	 $V = 5$ एकांक

आ. २२ : एखाद्या नळीतील संथ प्रवाहाचे टर्ब्युलंट प्रवाहात रूपांतर कसे होते ते दर्शविणारी आकृती. ठराविक व्यासाच्या नळीला व ठराविक द्रायूच्या विष्यंदतेला केवळ द्रायूची गती विशिष्ट मर्यादेपलीकडे वाढवून टर्ब्युलन्स कसा प्राप्त करता येतो ते डाव्या बाजूच्या प्रथम विभागात दर्शविले आहे. जर नळीचा व्यास कमी असेल (मध्य) किंवा द्रायूची विष्यंदता अधिक असेल (उजवीकडे) तर टर्ब्युलन्स येण्यासाठी गती अधिक लागते.

रुंदीच्या प्रवाहात एक जोरात वाहणारा टर्ब्युलंट प्रवाह घेऊ या. त्यात प्रवाहाच्या रुंदीएवढे भोवरे जर बनले तर त्यांची गती प्रवाहाच्या गतीएवढी साधारणपणे असेल. जे भोवरे १ सेंटीमीटर व्यासाचे असतील त्यांची गती प्रवाहाच्या गतीच्या $\frac{1}{3}$ असेल आणि जे भोवरे अवघे १० मायक्रॉन रुंदीचे असतील त्यांची गती मुख्य प्रवाहाच्या $\frac{1}{3}$ असेल असे त्यावरून निघते.

आता आपण संथ प्रवाहातून भोवरे केव्हा बनतात त्या प्रश्नाचा विचार करू या. ऑस्बॉर्न रेनॉल्डस् नावाचा जो ब्रिटिश वास्तवशास्त्रज्ञ होता त्याने निरनिराळ्या व्यासांच्या नळ्यांतून निरनिराळ्या गतीने जलप्रवाह वाहू देऊन त्याबद्दल प्रथम शास्त्रीय निरीक्षणे केली. तेव्हा त्याला असे दिसून आले की, एखाद्या संथ प्रवाहात एका विशिष्ट गतीनंतर टर्ब्युलन्स उद्भवतो. नळी जितकी अधिक रुंदीची तितकी ही मर्यादा अधिक लवकर आढळते आणि त्याचप्रमाणे

कमी विष्यंदतेच्या द्रावातही ती अधिक लवकर येते. हे निष्कर्ष आ. २२ मध्ये दाखविले असून खालील सूत्राप्रमाणे ते दर्शविता येतात.

$$\frac{[\text{द्रायूची घनता}] \times [\text{प्रवाहाची गती}] \times [\text{प्रवाहाची रुंदी}]}{\text{द्रायूची विष्यंदता}} = R$$

R ला रेनॉल्डस अंक म्हणतात. जर द्रायूची (फ्ल्युइड) घनता व विष्यंदता आणि प्रवाहाची गती व रुंदी अशा प्रमाणात असेल की, R एक हजाराहून कमी होईल तर तो प्रवाह संध असतो. पण R ची संख्या हजाराहून अधिक भरली तर प्रवाह टर्ब्युलंट बनतो. रेनॉल्डसच्या या प्रयोगसिद्ध निरीक्षणाला वर्नर हायगेनवर्गने हल्ली एक तात्त्विक बैठक सुचविली आहे, पण ती इतकी क्लिष्ट आहे की, ती येथे देता येत नाही.

तारकांची निर्मिती

जर्मन वास्तवशास्त्रज्ञ ज्योतिर्विद कार्ल फॉन वैशाकर याने विश्वाच्या परिवलनामुळे त्यात टर्ब्युलन्स कसा व केव्हा झाला असेल हे काढण्यासाठी वरील पद्धती जी वापरली तिचा आपण आता विचार करू या. वायूविषयक चलद्रेणू कल्पनेतून वायूची विष्यंदता (किंवा त्यातील अंतर्गत घर्षण) ही, वायूची घनता \times रेणूची उष्मीय गती \times दोन लागोपाठ होणाऱ्या टक्करीतील निर्वेध मार्ग (मीन फ्री पान) यावर अवलंबून असते असे दाखविले. यांचा रेनॉल्डच्या सूत्रात उपयोग करून आपल्याला पुढील सूत्र मिळते.

$$R = \left[\frac{\text{प्रवाहाची गती}}{\text{रेणूची गती}} \right] \times \left[\frac{\text{प्रवाहाची रुंदी}}{\text{रेणूचा निर्वेध मार्ग}} \right]$$

चक्राकार फिरणाऱ्या वायूंच्या विश्वातील निरनिराळ्या भागांतील गतीत प्रतिसेकंदाला १० किलोमीटर्स एवढ्या गतीचा कमीत कमी तरी फरक त्या वेळी असावा आणि त्या तपमानाला रेणूची गती प्रतिसेकंदाला १ किलोमीटरहून कमी असावी. तसेच विश्वाच्या प्रारंभीच्या परिस्थितीत जो विरल वायू होता त्यातील रेणूंचा सर्वसाधारण निर्वेध मार्ग $१०^{१६}$ सेंटिमीटर्स तरी असावा. परंतु $१०^{१६}$ सेंटिमीटर्स म्हणजे एका प्रकाशवर्षाच्या अंतराच्या अवघे $\frac{१}{१०००}$ एवढेच अंतर भरते व त्यामुळे विश्वाच्या विस्ताराच्या दृष्टीने ते क्षुल्लकच

ठरते. तेव्हा या सर्व संख्या वरील सूत्रात वापरून जर आपण रेनॉल्डचा अंक काढला तर त्याचा आकडा १००० हून अधिक येतो म्हणजे त्यावरून विश्वातील प्रारंभीच्या वायूची जी गती होती ती नक्कीच टर्ब्युलंट होती व त्यामुळे त्यात सर्व भोंवरे बनले होते. वायूत घडणारी टर्ब्युलंट गती व द्रावातील टर्ब्युलंट गती यांत थोडा फरक आहे. कारण वायूमध्ये द्रावापेक्षा फार मोठ्या प्रमाणात संकोचता असते त्यामुळे विश्वात एकातून एक उद्भवणाऱ्या भोवऱ्यांच्या सोपानपरंपरेने विश्वातील वायूचा ठिकठिकाणी संकोच झाला असावा. विशेषतः त्या वायूतील गती जर ध्वनीच्या गतीहून अधिक असेल तर हा संकोच प्रामुख्याने घडला असेल. प्रत्येक वायूत रेणूंच्या गतीइतकी ध्वनीची गती असते आणि त्या वेळच्या विश्वातील गती ही रेणूंच्या गतीहून फारच मोठी होती.

टर्ब्युलंट गतीमुळे हे जे संकोच ठिकठिकाणी झाले ते कदाचित तात्पुरतेही ठरले असते, पण गुरुत्वप्रेरकामुळे तसे घडले नाही. कारण न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे हे बनलेले संकोच (जीन्सच्या सिद्धान्ताला अनुसरून) अधिकच वाढत गेले असतील व त्यांतून स्थिर असे वायुगोल बनले असावेत. हे वायुगोल जो जो अधिक संकोच पावू लागले असतील तो तो त्यांचे तपमान आस्ते आस्ते वाढले असावे व त्यांतून प्रथम उष्णतेचे किरण व नंतर दृश्य प्रकाशातील लघुतरंग उत्सर्जित झाले असावेत. संकोच जेव्हा ठराविक मर्यादेला गेला तेव्हा त्यातील तपमान इतके वाढले की, त्यातून थर्मोन्युक्लिअर अणुविक्रियेस प्रारंभ झाला असावा आणि आज जी परिस्थिती तारकांवर आहे त्या परिस्थितीत ते ते गोल त्या वेळी गेले असावेत.

सर्व तारका बनण्याच्या कार्याला काही कोटी वर्षांहून अधिक काळ लागला नसावा आणि हा काळ म्हणजे आपल्या विराट विश्वाच्या वयाचा फारच थोडा भाग असावा. जेव्हा हे कार्य संपले तेव्हा पूर्वीच्या थंड व काळ्या वायूच्या गोलात अनेक चकमकणाऱ्या चांदण्या बनून गेल्या.

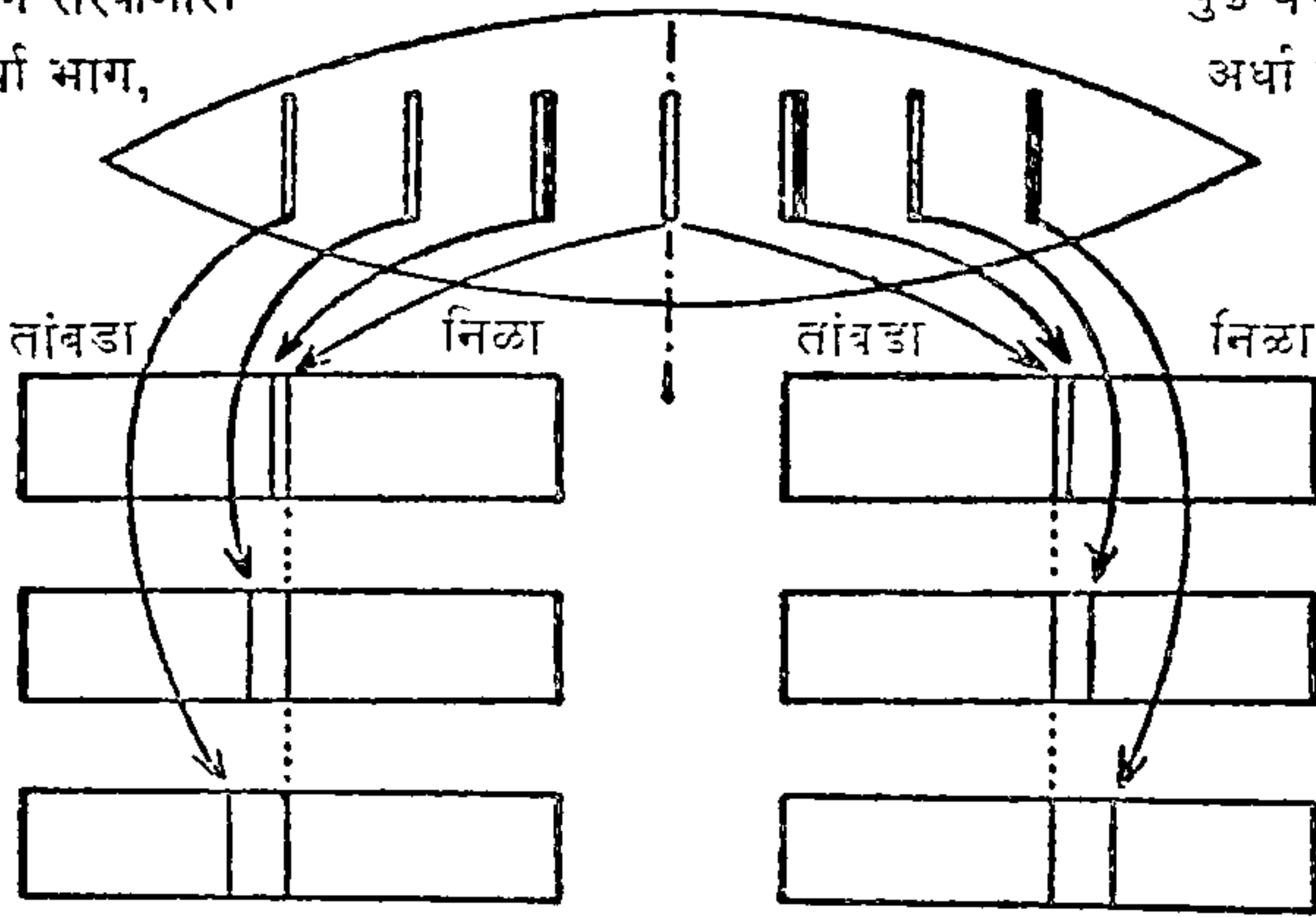
परंतु पूर्वीच्या वायुगोलांचे रूपांतर जरी आजच्या तारकामय विश्वात घडून गेल्याला काही अब्ज वर्षे होऊन गेली असली तरी या विश्वांच्या दृश्य लक्षणांवरून ती सृष्टी अजून तारुण्यातच आहे असे वाटते. त्यांतील परिवर्तन करणाऱ्या द्रायुगोलांना जे नियमित आकार प्राप्त झालेले आज आपल्याला दिसत आहेत त्यावरून ती विश्वे पूर्वी संपूर्णपणे वायूने भरलेली होती, हे मान्य करावेच लागते. ज्या तारकांची ही विश्वे बनली आहेत. त्या तारका

परिवलनाचा अक्ष

(1)

मागे सरकणारा
अर्धा भाग,

पुढें येणारा
अर्धा भाग

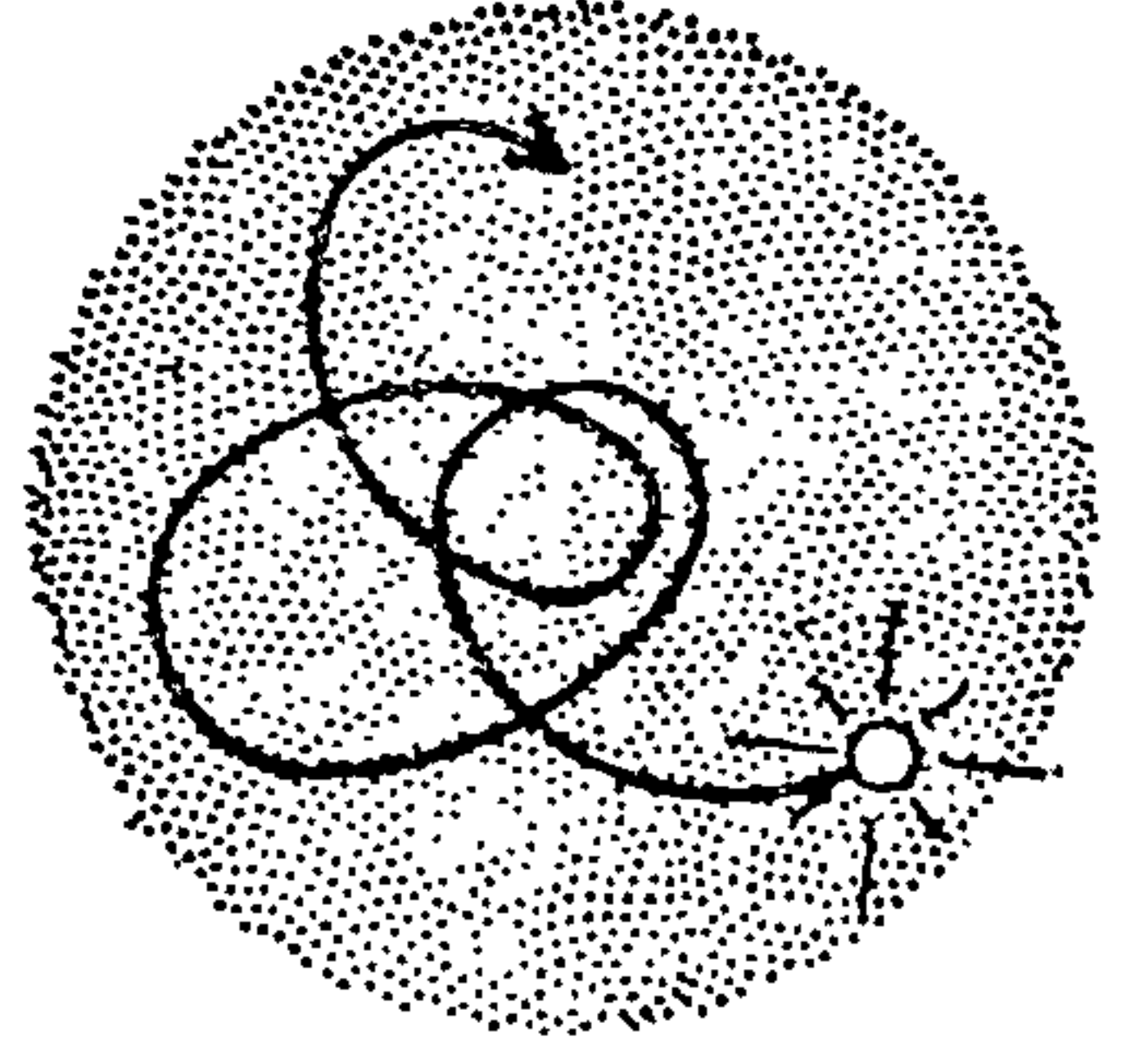
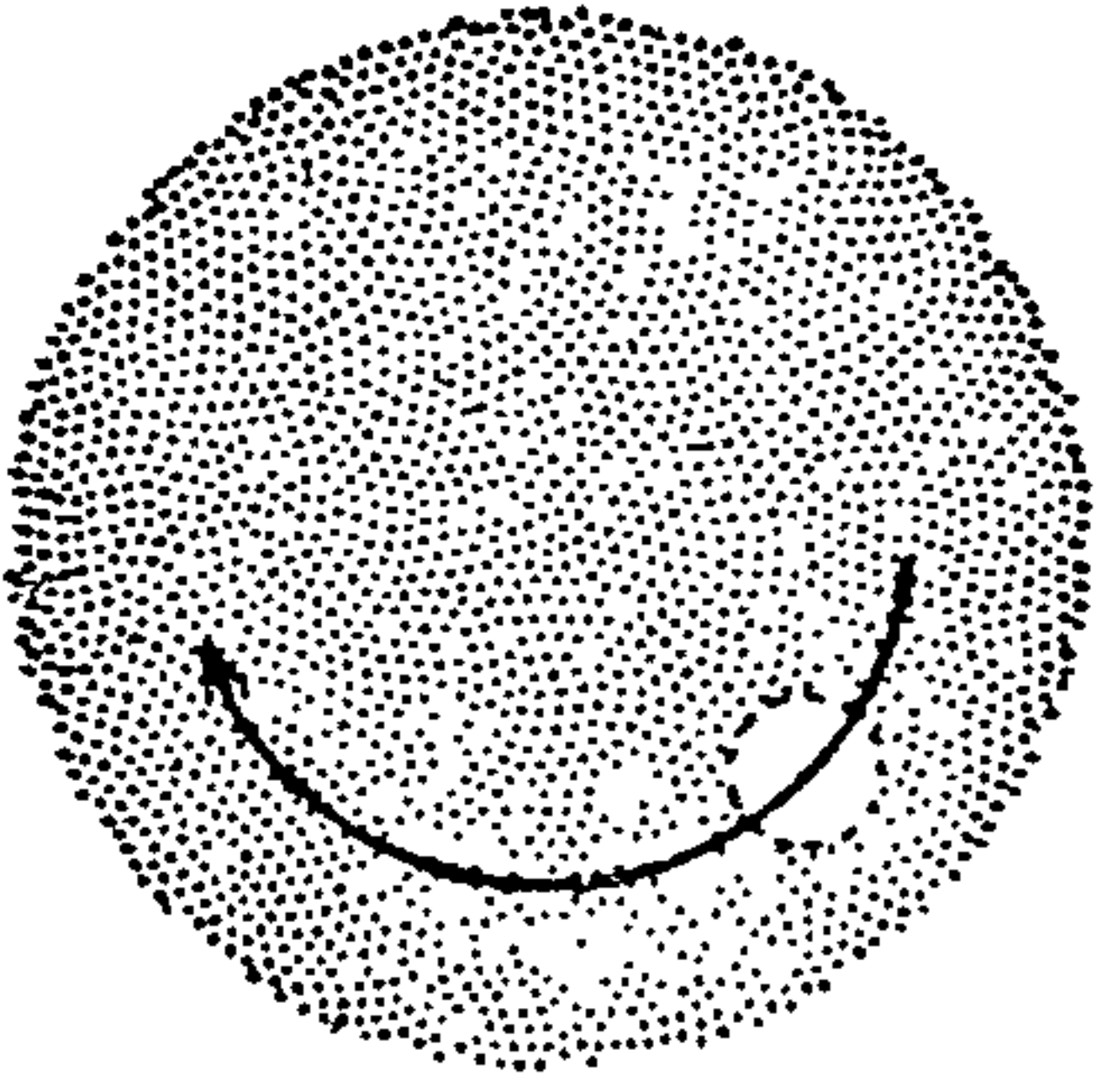


आ. २३ : वर्णलेखकाच्या सहाय्याने केलेल्या वर्णरेखांच्या अभ्यासावरून अंडाकार विश्वे घनवस्तूप्रमाणे परिवलन करताना दिसून येतात. डाव्या बाजूला डॉप्लर परिणामातून आरक्त विचलन घडते तर उजव्या बाजूला नील विचलन घडते.

एकमेकांपासून इतक्या दूर आहेत की, त्या एकमेकांच्या गतीवर काहीच परिणाम करू शकत नाहीत. एखाद्या विश्वाच्या आयुर्मर्यादेत दोन तारका एकमेकांच्या जवळ येऊन एकमेकांवर काहीच परिणाम करू शकतील अशी शक्यता फारच कमी असून त्यांची एकमेकांची टक्कर होणे असंभवनीयच आहे. अशा परिस्थितीत तारकांच्या पुंजक्यांनी बनलेली ही सारी विश्वे जी आहेत त्यांना अंडाकार कधीच आला नसता आणि ती आकारहीन ढगांच्या स्वरूपात राहिली असती. परंतु मेगॅलॅनिक ढगांच्यासारखे काही अपवाद जर वगळले तर सर्व विश्वांना नियमित आकार दिसून येतात. आणि त्यावरून ही विश्वे जेव्हा वायुअवस्थेत असतील तेव्हाच त्यांना हे आकार मिळालेले असावेत व त्यानंतर जरी छोट्या गुठळ्या त्यात निर्माण होऊन त्यांत तारका बनल्या असल्या तरी त्यांतून त्यांची मांडणी मात्र बदलली नसावी. म्हणूनच त्यांना आपण 'अश्मीभूत वैश्विक

आकार' असे म्हटले तर ते योग्य ठरेल. याचे कारण म्हणजे भूगर्भातील घटक जेव्हा कालांतराने अश्मीभूत होतात तेव्हा पूर्वीच्या सर्जीव घटकांऐवजी तेथे जरी निर्जीव घटक प्रस्थापित झाले असले आणि असे निर्जीव घटक अश्मीभूत बनले असले तरी त्यांचा पूर्वीचा आकार व रचना जशीच्या तशीच शाबूत ठेवली जाते तसाच ह्याही ठिकाणी प्रकार घडतो.

हा 'अश्मीभूत आकारांचा' सिद्धान्त विश्वाच्या उत्क्रांतीच्या दृष्टीने फारच महत्त्वाचा आहे. ह्या सिद्धान्ताच्या आधारावर जी. केलर व जे. वेल्डझर यांच्या सहकार्याने प्रस्तुत लेखकाने जे संशोधन केले आहे त्यामुळे एरव्ही मती गुंग करणारी कित्येक प्रमेये सोडविता आली आहेत. उदाहरणार्थ, चक्राकार किंवा अंडाकार विश्वांचा मध्यभाग एखाद्या घन वस्तूसारखा (ज्यात परिवलन—अक्षापासून असणाऱ्या अंतराच्या प्रमाणात सरल गती दृष्टोत्पत्तीस येते) का फिरतो त्याचे उत्तर निघते. हे निरीक्षण प्रथम डॉप्लर परिणामावरून दृष्टोत्पत्तीस आले. विश्वाच्या निरनिराळ्या भागांत जो प्रकाश उत्सर्जित होतो त्यात हा डॉप्लर परिणाम दिसून आला. आ. २३ पाहा. त्याकरता एखाद्या अंडाकार विश्वाच्या आडव्या भागाकडील दिशेला वर्णलेखकाची फट ठेवली जाते व एखाद्या वर्णरेखेचे डॉप्लरचे स्थलांतर त्यातून मोजण्यात येते. या स्थलांतरावरून विश्ववस्तूची दृष्टिरेषेत घडणारी सरलगती ही त्यांच्या अक्षापासूनच्या अंतरावर अवलंबून असलेली दिसली. विश्वातील तारकांचा जर एकमेकांवर काहीच गुरुत्व परिणाम घडत नसेल तर त्या तारकांनी बनलेल्या विश्वांना एखाद्या घनवस्तूप्रमाणे परिवलन कसे प्राप्त व्हावे हे कळत नाही. परंतु अश्मीभूत आकाराच्या सिद्धान्ताप्रमाणे या विसंगत वाटणाऱ्या घटनेचे उत्तर आपण देऊ शकतो. त्याकरिता आ. २४ पाहा. डाव्या बाजूला जी आकृती आहे ती वायुरूप अशा मूलभूत विश्वाची आहे. त्यात तिचा एक ठराविक भाग उरलेल्या इतर वायूप्रमाणेच केंद्रापासून वर्तुळाकार फिरत आहे. हा विशिष्ट वायुविभाग पूर्वी अनेक घनप्रकाशवर्षे आकारमानाचा असावा व त्यातून पुढे तारका बनली असे समजू या. तसे झाल्यावर उरलेल्या वायूच्या दाबाला या तारकेचे वस्तुमान पेलवणे अशक्य होते व त्यातून ती तारका विश्वाच्या केंद्राकडे वाढत्या गतीने खेचली जाते. केंद्राजवळून कमाल गतीने गेल्यानंतर ती परत मूळच्या अंतरापर्यंत जाऊ लागेल व नंतर परत खेचली जाईल. अशा रीतीने तिच्या पूर्वीच्या वर्तुळाकार गतीचे रूपांतर दीर्घवर्तुळाकार



आ. २४ : जेव्हा एखाद्या मोठ्या वायुविभागातून तारका बनते तेव्हा काय होते ते दर्शविणारी आकृती. तारकेचे घनत्व इतर विभागांतील घनत्वाहून अधिक भरल्यामुळे ती विश्वाच्या केंद्रभागाकडे झेप घेते व त्यामुळे दीर्घवर्तुळाकार प्रदक्षिणा त्याभोवती मारते.

होईल. (आ. २४ मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे हे दीर्घवर्तुल विश्वकेंद्राभोवती परांचलन करील. याचे कारण म्हणजे सूर्यग्रहमालेप्रमाणे, विश्वातील गुरुत्वक्षेत्राच्या बाबतीत व्यस्तवर्गनियम लागू पडत नाही हे होय.) अशा तऱ्हेने प्रारंभीच्या मूलभूत विश्वांतील वायूंतून जेव्हा झपाट्याने तारका बनत गेल्या त्या वेळी विश्वांतल्या केंद्राकडे अशा तारकांचा नुसता पाऊस पडला असावा. पृथ्वीवर जसा पाऊस पडतो तसाच हा पाऊस पडला असावा. परंतु त्या दोहोंत मुख्य फरक हा आहे की, पृथ्वीवरील पावसाचे थेंब पृथ्वीच्या पृष्ठभागाशी थांबतात तर हे तारकांचे थेंब कुठेच न थांबता दीर्घवर्तुळात फिरत राहिले. आणि जेव्हा दीर्घवर्तुळातील दीर्घ अंतरावर या तारका पोहोचतात त्या वेळी, पूर्वी त्यांची जेवढी गती असे तेवढी त्यांची स्पर्शरेषेतील गती होते. अशा तऱ्हेने तारकांच्या केंद्रापासून कमालीच्या दीर्घ अंतरावर आल्यानंतर आपल्याला त्यांची मूळातील गती म्हणजे अश्मीभूत गती मोजता येते. आणि मूलभूतविश्वे एखाद्या घनवस्तू-प्रमाणे स्वअक्षाभोवती परिवलन करीत होती हे समजणे अगदी तर्कशुद्धच आहे.

तरुण तारका व वृद्ध तारका

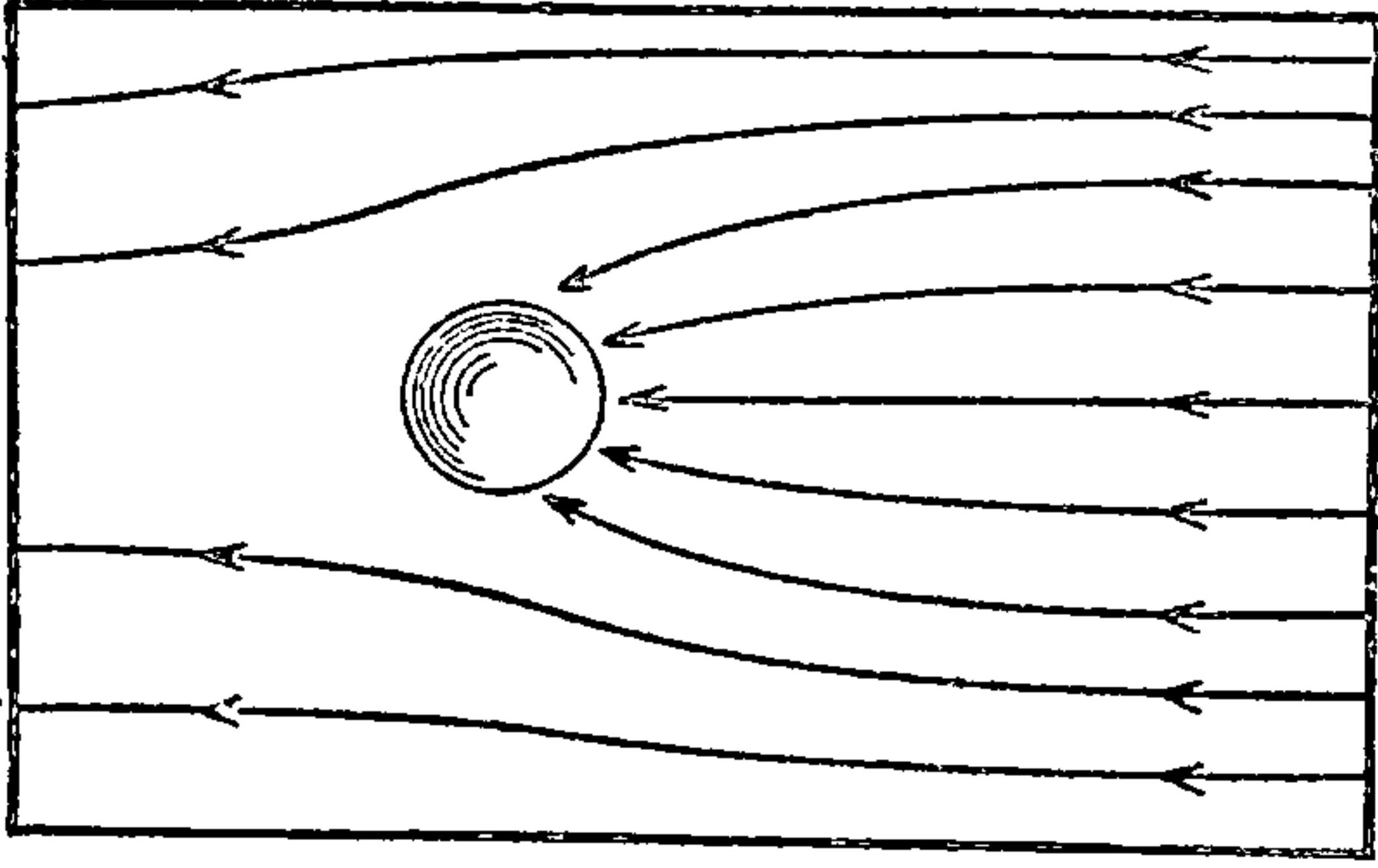
सध्या जरी थोड्या प्रमाणात तारकांची निर्मिती चालू असली तरी विश्वांच्या प्रारंभिक उत्क्रांतीच्या काळात पुष्कळशा तारका एकाच वेळेस निर्माण झाल्या

असाव्यात हे आम्ही पूर्वी म्हटलेच आहे. परंतु तुम्ही म्हणाल की, तारकांची निर्मिती ही आम्ही वर्णन केली आहे त्याप्रमाणे जर इतकी सोपी होती तर मूलभूत विश्वांतील सर्व वस्तूंच्या एकदमच गुठळ्या होऊन तारकांच्यामधील जागा निर्वात होण्याची क्रिया कशी घडली नाही? आणि तसे असेल तर आपल्या विश्वात जो अजून बराचसा वायू शिळक राहिला आहे तो तसा अजून शिळक का राहावा?

त्याचें उत्तर समजावून घेण्यासाठी तारकांच्या अधेमधे जी वस्तू आहे तिच्या वाटणीबद्दलच्या काही गोष्टींचा आपण थोडक्यात पुन्हा परामर्श घेऊ या. आपल्या सूर्याभोवती आणि आपल्या विश्वाच्या चक्राकार फाट्यांत चहूकडे भरपूर प्रमाणात वायू उपलब्ध असून त्यातून काही कारणाने का होईना अजून तारका बनल्या नाहीत हे खरे आहे. परंतु ही जी गोष्ट चक्राकार फाट्यांत आढळते ती आपल्या चक्राकार विश्वांच्या मध्यभागात किंवा अंडाकार व गोलाकार विश्वांना मात्र लागू नाही. पॅलोमार वेधशाळेच्या आणि विल्सन वेधशाळेतील वाल्टर बाडेच्या निरीक्षणात असे आढळून आले आहे की, विश्वाच्या दोन निरनिराळ्या भागांतील तारकांच्या वसाहतींच्या दोन निरनिराळ्या तऱ्हा असाव्यात.

१. विश्वांच्या चक्राकार फाट्यांतील (आपल्या सूर्याच्या जवळपासदेखील) तारका आणि त्यांच्यामधल्या अंतरांतील वस्तू ही सारख्या प्रमाणात असलेली आढळते. ओरायलमधील महान तेजोमेघात फारच प्रचंड प्रमाणात वायू व धुळीचे ढग आढळतात आणि ते विश्व इतके धुळीने भरलेले आहे की, त्याच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत आरपार काही दिसतच नाही. यातील तारकांच्या वसतीत (थोड्या संख्येच्या का होईना) महान निळ्या तारका आढळतात. त्यांची वये इतकी लहान आहेत की, त्या तरुण असाव्यात आणि मोठ्या प्रमाणात जी प्रथम तारकांची निर्मिती झाली त्यानंतर बऱ्याच उशिरा या तारकांची निर्मिती झाली असावी असा अंदाज आहे. या तारकांना 'तारकांची वसाहत क्रमांक १' असे म्हटले जाते.

२. चक्राकार विश्वांचे मध्यभाग आणि फाटे नसलेली सारी विश्वे ही सर्वस्वी तारकांनी बनलेली आहेत आणि तेथे वायू किंवा धूळ वगैरे काही नाही. तेथील तारकांच्यामधली जागा इतकी स्वच्छ आहे की, त्यातून सहज आरपार पाहता येते. या धूलिविरहित जागेत ज्या तारका आहेत त्यांना



आ. २५ : अंतराळातील वस्तू तारकेवर पडत आहे.
(हॉइल-लिटल्टन)

‘तारकांची वसाहत क्रमांक २’ असे म्हटले जाते. आणि ह्या सर्व तारका (शंभर टक्के) पूर्वीच्या असून त्यांत नील तारका नाहीत.

ही माहिती एकदा मिळाल्यानंतर ज्या ठिकाणी आपल्याला तारकांची दोन क्रमांकाची वसाहत पाहावयास मिळते तेथे ज्या वस्तूतून तारकांची निर्मिती होते ती सारी वस्तू संपून जाईपर्यंत तारकांची निर्मिती होत गेली असावी असे दिसते. परंतु चक्राकार फाट्यांत जो वायू व धूळ अजून अस्तित्वात आहे त्याचे पुढे काय असा प्रश्न उद्भवतोच. अर्थात त्याचे उत्तर मात्र आताच देणे कठीण आहे. कारण फाट्यांतील ही वस्तू मुळात निर्माण झाली कशी आणि तेथे ती किती काळ असावी याचीच अजून आपल्याला पुरेशी माहिती मिळत नाही.

परंतु फॉन वैज्ञाकरने यालाच पोषक अशा दुसऱ्या एका प्रश्नाचे जे उत्तर दिले आहे त्याचा उल्लेख मात्र करावासा वाटतो; हा प्रश्न म्हणजे चक्राकार फाट्यात जी वस्तू आहे त्यातून अनेक अब्ज वर्षांपूर्वी जशा मोठ्या प्रमाणात तारका बनल्या त्या प्रमाणात तारका बनण्याचे कार्य आता का होत नाही हा होय. आणि त्याचे उत्तर हेच आहे की, पूर्वीच्या ज्या तारका तेथे अस्तित्वात आहेत त्यांचाच नवीन तारका बनण्यासाठी अडथळा होत असावा. हा मुद्दा पटवून देण्यासाठी गुरुत्वामुळे अस्थिरपणा कसा येतो त्याबद्दलचे जीन्सचे सूत्रच विचारात घेऊ या. त्या सूत्रात अंतराळातील वस्तूची प्रति घनसेंटिमीटरला असणारी 10^{-28} ग्रॅम ही घनता आणि सूर्याच्या ५ ते ५० पट वस्तू आत

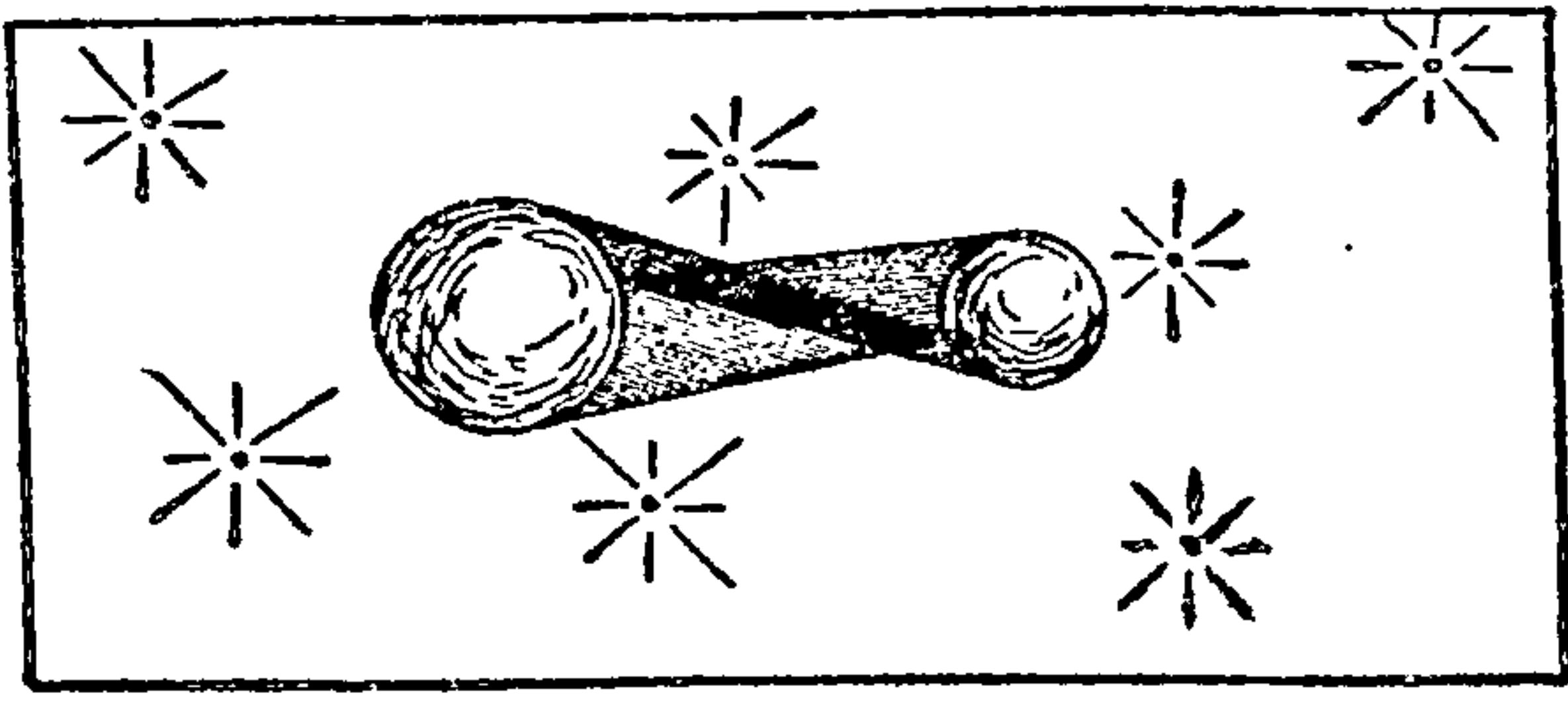
असलेल्या तारकेचे वस्तुमान 10^{34} किंवा 10^{35} ग्रॅम असते. या दोन्हीचा उपयोग करू या. तसे केल्यावर आपल्याला असे आढळून येईल की, तारकेची प्रारंभिक गुठळी होण्यासाठी १ ते ५ अंश अॅब्सोल्यूट तपमान हवे, परंतु सध्या अस्तित्वात असलेल्या तारकांच्या प्रारणांतूनच मुळी अंतराळात जे तपमान आहे ते १०० अंश अॅब्सोल्यूट आहे. म्हणजे अस्तित्वात असलेल्या तारकांच्यामुळेच नवीन तारकांची प्रारंभिक गुठळी बनण्यास विरोध होत आहे असे नाही काय ?

परंतु मग प्रश्न असा उद्भवतो की, चक्राकार फाट्यात तारकांच्या प्रारंभिक गुठळ्या होण्याचेच कार्य जर सध्या स्थगित आहे तर त्यात नील तारका कशा बनतात ? चक्राकार फाट्यांतील धूळीच्या भागात मर्यादित प्रमाणात अशा तारका ज्या बनतात त्याबद्दल दोन सिद्धान्त आहेत. एक सिद्धान्त म्हणजे तारका मार्गावरून जात असताना त्यातील बरीचशी धूळ स्वतःकडे खेचून घेतात, असा फ्रेड हॉइल व आर. ए. लिटलन यांनी मांडलेला सिद्धान्त होय. हा सिद्धान्त कळण्यासाठी तारका ही एका जागी स्थिर आहे आणि अंतराळातील वस्तू तिच्याजवळून जात आहे अशी आपण कल्पना करू या. (आ. २५) गुरुत्वाकर्षणाने, त्या वाहणाऱ्या वस्तूचे प्रवाह तारकेकडे खेचले जातील आणि त्यांच्या मूळच्या मार्गावरून ते विचलित होतील. साहजिकच ती वस्तू सारखी त्या तारकेच्या वातावरणात शिरेल व त्यातून तारकेचे वस्तुमान वाढत जाईल. तारकेच्या बाजूने वाहणाऱ्या वस्तूचा वेग जितका अधिक (खरे म्हणजे तारकेची गती जेवढी अधिक) तितके त्या वस्तूचे तारकेच्या गुरुत्वाकर्षणाने विचलन अधिक होईल व त्या कारणाने, कमी प्रमाणात ती वस्तू तारकेकडून खेचली जाईल. गणितीय अंदाज अगदी अचूक रीतीने जर केले तर त्यांत असे आढळते की, सूर्याच्या वस्तुमानाइतके वस्तुमान असलेली तारका जर प्रतिसेकंदाला १० किलोमीटर्स गतीने प्रवास करित असेल तर तिच्यावर फारच अल्प प्रमाणात अशी वस्तू अंतराळातून पडेल. ती इतकी अल्प असेल की, अब्जावधी वर्षांतदेखील तिच्यामुळे तारकेचे वस्तुमान थोडेही वाढणार नाही. तेव्हा सर्वसाधारण तारकांच्या उत्क्रांतीला हॉइल लिटलनचा सिद्धान्त फारसा उपयुक्त ठरत नाही हे जरी खरे असले तरी काही विशिष्ट परिस्थितीत त्यांतून फारच महत्त्वपूर्ण घडामोडी उद्भवतात. उदाहरणच द्यायचे झाले तर जेव्हा एखादी तारका मोठ्या घनत्वाच्या व धुळीने भरलेल्या

वायुगोलाजवळून जाते किंवा कर्मधर्मसंयोगाने ज्या क्षेत्रात वायूची गती तारकेच्या गतीइतकीच आहे अशा क्षेत्रात प्रवेश करते (म्हणजे तारका व वायू यांत अल्प सापेक्ष गती असते) तेव्हा मात्र तिचा आकार अनेक पटीने वाढतो. तेव्हा ज्या अल्पजीवी निळ्या तारका चक्राकार विश्वांच्या फाट्यात आढळतात त्या प्रत्यक्षतः पूर्वांच बनलेल्या असतील. परंतु एखाद्या प्रचंड वायुगोलाच्या निकट त्या नुकत्याच गेल्याने त्यांना जी आणखी वस्तू स्वतःकडे खेचावयास मिळाली त्यामुळे त्या लहट्ट बनलेल्या असाव्यात असा तर्क आहे.

सध्या अंतराळात जी परिस्थिती आहे त्यात अगदी नवीन तारका बनण्याची दुसरी पद्धत लिमान, स्पिर व फ्रेड. एल. व्हिपलने सुचविली आहे. पूर्वीच्या तारकांच्यामुळे नवीन तारका बनण्यास अडचण उपस्थित होते असे आम्ही म्हटले होते. परंतु या पद्धतीतून पूर्वीच्या तारका नवीन तारकांच्या निर्मितीला उलट साहाय्यभूतच होतात असे दिसते. कारण पूर्वीच्या तारकांच्या प्रारणाचा त्या उपयोग करतात. ही कल्पना पुढीलप्रमाणे स्पष्ट होईल. अंतराळात एखादा धुळीचा कण तरंगतो आहे असे समजा. विश्वातील सर्व तारकांच्या प्रकाशाने तो प्रकाशित होईल. जेव्हा प्रकाश एखाद्या वस्तूवर पडतो तेव्हा त्यातून त्या वस्तूवर प्रकाशाचा दाब निर्माण होतो. प्रकाशकण जेव्हा त्या वस्तूवर पडतात तेव्हा त्यांच्या धक्क्याने हा दाब निर्माण होतो. हे प्रकाशकण त्या वस्तूकडून स्वीकारले तरी जातात किंवा ते परतविले तरी जातात. अर्थात सर्वसाधारण वस्तूच्या मानाने हा दाब कमीच असतो. उदाहरणार्थ, खूप उजेड असलेल्या टेनिस कोर्टवर उडणाऱ्या चेंडूवर तेथील प्रकाशाचा जो दाब असतो तो इतका अल्प असतो की, त्यामुळे चेंडूची गती बिल्कुल बदलत नाही. परंतु वस्तू जेवढी क्षुद्र तेवढा त्यावर प्रकाशाचा दाब अधिक परिणामकारक ठरतो व अंतराळातील इवल्याशा कणावर (काही मायक्रॉन व्यासाच्या) तर तो एवढा असतो की, तो दुर्लक्षित करून चालत नाही. अर्थात अंतराळातील धुळीचा कण सर्व बाजूंनी सारखा प्रकाशित होत असल्याने त्यावर सगळीकडून सारखा दाब निर्माण होऊन त्यातून काहीच निष्पन्न होत नाही.

परंतु दोन कण एकमेकांवर जी छाया टाकतात तेही आपण विचारात घेणे जरूर आहे. त्याकरिता दोन कण आ. २६ प्रमाणे आहेत नि भोवतालच्या तारकांकडून त्यावर प्रकाश पडतो आहे, असे समजू या. त्यात असे दिसेल की, एका कणावर दुसऱ्याची छाया जेथे पडली आहे त्या भागात कमी प्रकाशकण



आ. २६ : स्पिट्झर व व्हिपलप्रमाणे दोन कणांची एकमेकांवर छाया कशी पडते हे दाखविणारी आकृती.

पडणार हे उघडच आहे. त्यामुळे त्या बाजूने प्रकाशाचा दाब कमी पडेल. परंतु त्याची जी दुसरी उलटी बाजू असेल त्यावर प्रकाशाचा दाब अधिक पडेल. त्यामुळे दोन्ही कण एकमेकांकडे या प्रकाशदाबाने ढकलले जातील. हा जो त्या दोन कणांतील आकर्षणाने कृत्रिम प्रेरक निर्माण होईल तो गुरुत्वप्रेरकाप्रमाणे व्यस्तवर्ग प्रमाणात बदलेल हे दाखविणे सोपे आहे. जर कणाचा व्यास काही मिलिमीटर्सचा असेल तर हा प्रेरक गुरुत्वप्रेरकाहून फार कमी असतो. आणि जर कण अगदी क्षुद्र आकाराचा असेल तर मात्र हा प्रेरक गुरुत्वप्रेरकाहूनही अधिक भरतो. तेव्हा अंतराळात या प्रारणांच्या प्रेरकामुळे धुळीचे कण एका ठिकाणी गोळा होतात व त्यांचे ढग बनतात. आणि एकदा का हे ढग बनले तर ते अधिकाधिक आकाराने वाढत जातात. कारण मग त्याजवळचे कण जे त्यांच्या छायेत असतात त्यांवर त्या दिशेने प्रकाश कमी तीव्रतेचा येतो व मग ते तिकडे वरील प्रेरकाने ढकलले जातात. अशा तऱ्हेने तो ढग जेव्हा बराच मोठा व जड बनतो तेव्हा त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम होऊनही त्याच्याकडे अंतराळातील वायू व धूळ अधिक आकर्षित होते. आणि मग तो ढग म्हणजे एखाद्या तारकेचा केंद्रबिंदू बनतो. या पद्धतीने तारका बनण्याचे जे तंत्र आहे त्याचा अधिक अभ्यास केला असता असे आढळून येते की, अंतराळातील प्रचंड तेजोमेघातच ते अधिक कार्यक्षम ठरते. म्हणूनच जरी नवतारका त्यातून बनत असल्या तरी तो केवळ अपवादच धरावा. तेव्हा स्पिट्झर व व्हिपल यांच्या पद्धतीप्रमाणे किंवा हॉईल व लिटल्टन

यांनी सुत्रविलेल्या क्रियांतूनच सध्या तारका बनू शकतील असे वाटते. या दोन्ही क्रिया सामान्य पद्धतीत बनणाऱ्या नाहीत. आणि महान दुर्विणीतून वेध घेतल्यानंतर या नवीन बनणाऱ्या तारका आपल्या विश्वात अगदी विरळाच आहेत, असे म्हणावयास हरकत नाही.

विश्वाचे व तारकांचे एकत्रीकरण

विराट विश्वाच्या इतिहासातील ज्या दोन महत्त्वाच्या घटनांचा आपण या प्रकरणाच्या प्रारंभी विचार केला त्या पुढीलप्रमाणे आहेत—(१) विराट विश्वाच्या प्रारंभिक वायूतून अब्जावधी निरनिराळ्या विश्वांची निर्मिती होते. व (२) प्रत्येक विश्वात गुठळ्या होऊन अब्जावधी तारकांची निर्मिती होते.

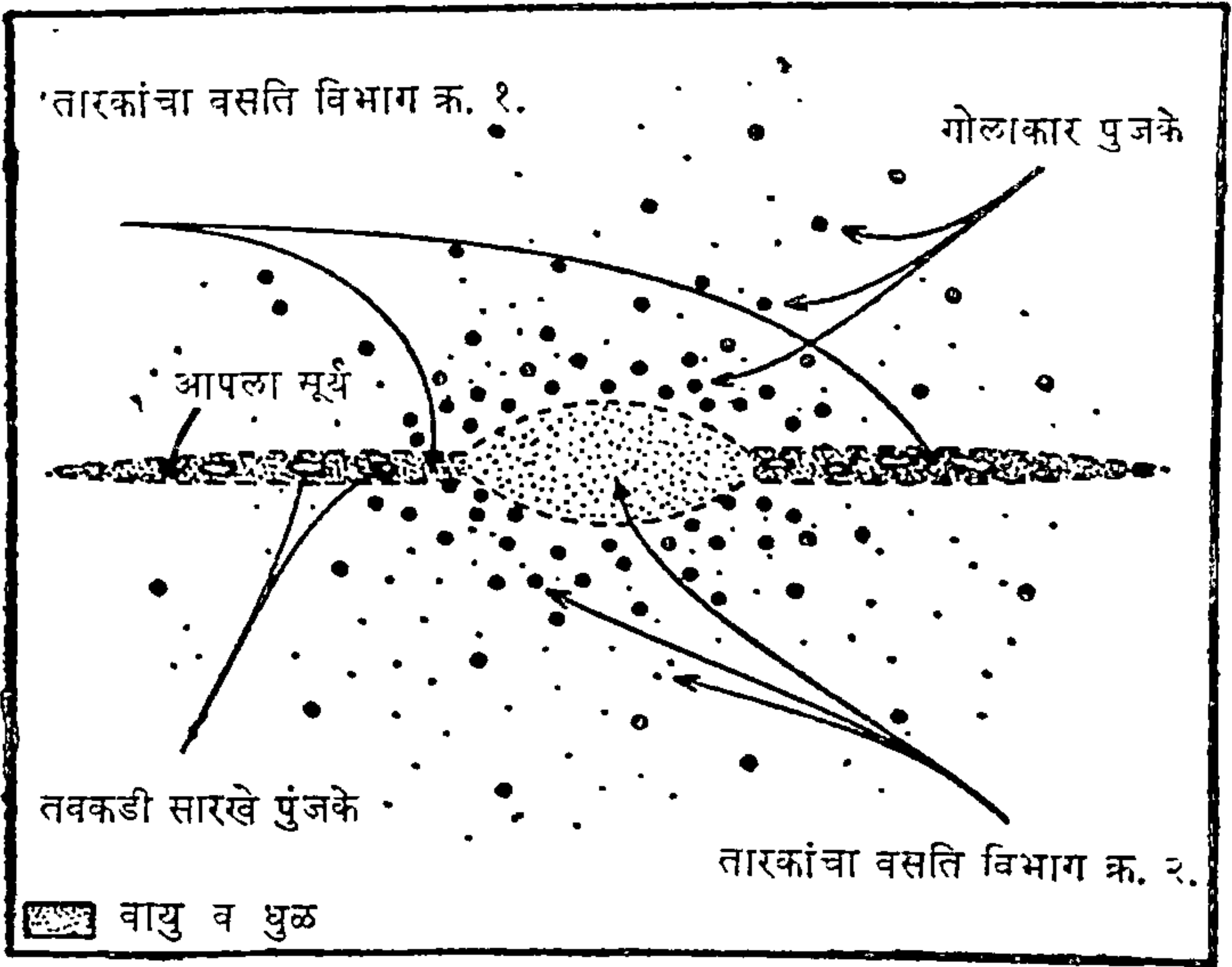
निरीक्षणातून असेही आढळते की, या दोन महत्त्वाच्या घटनांच्यामध्ये कमी महत्त्वाच्या अशा आणखीही काही घटना आहेत.

अब्जावधी विश्वांतील पुष्कळशी विश्वे जरी इतस्ततः एकमेकांपासून दूर अशी पसरलेली दिसली तरी कित्येक विश्वे एकत्रित असून पुंजक्याप्रमाणे आढळतात आणि अशा एकेक पुंजक्यात शेकडो विश्वे असतात. कन्या राशीत विश्वांचा असा जो एक पुंजका आहे तो आपल्याला सर्वांत जवळ म्हणजे ८० लक्ष प्रकाशवर्ष अंतरावर आहे. कन्या व सिंह अशा दोन्ही राशींचा मोठा विभाग त्याने व्यापलेला आहे. इतक्या अंतरावर विराट विश्वाच्या प्रसरणामुळे जी गती मिळालेली आहे ती प्रतिसेकंदाला ७०० मैल एवढी आहे. आणि या पुंजक्यातील निरनिराळ्या विश्वांची गती प्रतिसेकंदाला १५,००० मैलांपर्यंत तरी दृष्टोत्पत्तीस येते व त्यातील काही तर आपल्या विश्वाच्या दिशेने सरकत असून त्यांच्या वर्णपटात नील विचलन घडलेले आढळते. प्रसरणाच्या गतीपेक्षा काही विश्वांची वैयक्तिक गती निराळी असते असा आम्ही जो पूर्वी उल्लेख केलेला आहे त्याचे हे एक उदाहरण आहे. खरे म्हणजे कन्या राशीतील हा विश्वपुंजका इतका आपल्या जवळ आहे की, आपले विश्व या पुंजक्यातील एक नाही ना असाच मुळी प्रश्न उद्भवतो. अर्थात आपण त्या पुंजक्यातील असू किंवा नसूही. पण आपली आकाशगंगा केवळ एकटीच नाही हे मात्र खरे. कारण तीसुद्धा ज्या पुंजक्यात आहे त्यात देवयानीसह तीन चक्राकार विश्वे, सहा अंडाकार विश्वे व ४ नियमित आकाराची (मोठ्या व लहान मॅगॅलिनिक तेजोमेघासकट) अशी एकंदर १३ विश्वे आहेत.

विराट विश्वात आपल्यासारखे इतर मध्यम विश्वपुंजके १०० च्या वर आढळतात तर कन्या राशीतील पुंजक्याप्रमाणे इतर महान पुंजके २४-२५ पर्यंत दिसतात. परंतु दोन किंवा तीन विश्वांचे पुंजके मात्र हजारोनी आहेत. त्यामुळे मनात प्रश्न असा उभा राहतो की, असे विश्वपुंजके निर्माण होण्याचे भौतिक कारण तरी काय असावे ?

पुंजके व्हावयाची दोन कारणे असावीत. एक म्हणजे वैज्ञाकरने सुचविले आहे त्याप्रमाणे विराट विश्वाच्या प्रारंभी जो वायू होता तोच मुळी एकविधि नसावा. त्याला जी प्रसरण पावण्याची गती मिळाली त्याच्या जोडीला टर्ब्युलन्सही त्यात असावा आणि मग त्या वायुराशीतून टर्ब्युलंट अशा भिन्न भिन्न आकाराच्या गुठळ्या बनल्या असाव्यात. अशा परिस्थितीत जास्तीत जास्त वस्तू स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणाने एकत्रित होईल, एवढ्या वस्तुमानाचे भोवरे त्यात बनले नसावेत आणि विश्वात ज्याप्रमाणे तारका बनल्या तसा काहीसा तो प्रकार घडला असावा असा समज आहे. तेव्हा हे जे विश्वपुंजके आहेत ते प्रारंभीच्या विराट विश्वातील वायूच्या महान भोवऱ्यांतून बनले असावेत. हे स्पष्टीकरण जरी योग्य वाटत असले तरी त्यात दोष आहे. तो हा की, त्याकरिता विराट विश्वातील प्रारंभीच्या वायूंत मुळातच टर्ब्युलन्स असावे असे मान्य करावे लागते. खरे म्हणजे ते नंतर नैसर्गिक घटनाक्रमातून येणे अवश्य होते. [कारण पूर्वीच्या स्पष्टीकरणात, मूलभूत विश्वात जे टर्ब्युलन्स प्राप्त झाले ते त्याच्या प्रसरणाच्या वस्तूत खंडित होण्याची क्रिया घडली तीतून उद्भवले असावे असे आपण गृहीत धरले होते. अर्थात गणितीय दृष्टीने जर पाहिल्याचे ठरविले तर ते कितपत बरोबर होईल ही शंकाच आहे. परंतु प्रसरणाच्या पुढील अवस्थेत जे टर्ब्युलन्स दिसतात त्यांची निर्मिती अशीच झाली असावी असे मानण्याखेरीज गत्यंतर नाही.]

विश्वाचे जे पुंजके पाहण्यात येतात त्यांचे आणखीही अन्य तऱ्हेने स्पष्टीकरण करता येते. त्यात असे प्रथम समजण्यात येते की, ही सारी विश्वे अंतराळात प्रारंभी इतस्ततः अशीच विखुरलेली असावीत आणि पुढे त्यांच्यातील गुरुत्वाकर्षणाने ती एकमेकांकडे आकर्षित होऊन त्यांतून त्याचे पुंजके बनले असावेत. अशा तऱ्हेने मुळात इतस्ततः अनंत अंतराळात पसरलेल्या अशा अनेक विश्वांचे पुढे पुंजक्यांत रूपांतर कसे घडले असावे हा प्रश्न गणितीय कृतीतून सोडवावयाचा म्हणजे फार क्लिष्टच आहे. अगदी अलीकडे



आ. २७ : आडवा छेद घेऊन काढलेले विश्वाचे दृश्य. हा छेद चक्राकार फाट्यांच्या पातळीच्या लंबकोनात घेतलेला आहे.

एस. आलम याने असे विश्वत्रिंदू एका सरळ रेषेवर आहेत असे गृहीत धरून त्यांचे पुढे पुंजके कसे बनतील हे गणिताने काढून दाखविले आहे. परंतु हाच प्रश्न द्विधा परिमाणात किंवा त्रिधा परिमाणात जर सोडवायचा असेल तर मात्र त्यात अनेक अडचणी आहेत.

विश्वांत सुद्धा तारकांचे काही पुंजके बनलेले दिसतातच. विश्वांच्या चक्राकार फाट्यांत असे तारकांचे पुंजके जे बनले आहेत त्यांबद्दल आम्ही पूर्वीच उल्लेख (आ. २ मध्ये वृषभ राशीतील पुंजका दाखवून) केला आहे. त्या पुंजक्यातील तारकांची गती सारखीच असते. बहुतकरून अशा तऱ्हेचे जे पुंजके आहेत त्यांतील तारका वायू व धुळीने भरलेल्या एका महान ढगातून (आपल्या विश्वातील एका मोठ्या भोवऱ्यातून) बनल्या असाव्यात आणि त्या ढगाला जी गती होती त्याच गतीने त्या सर्व तारका फिरत आहेत. परंतु इतर तारकांच्या

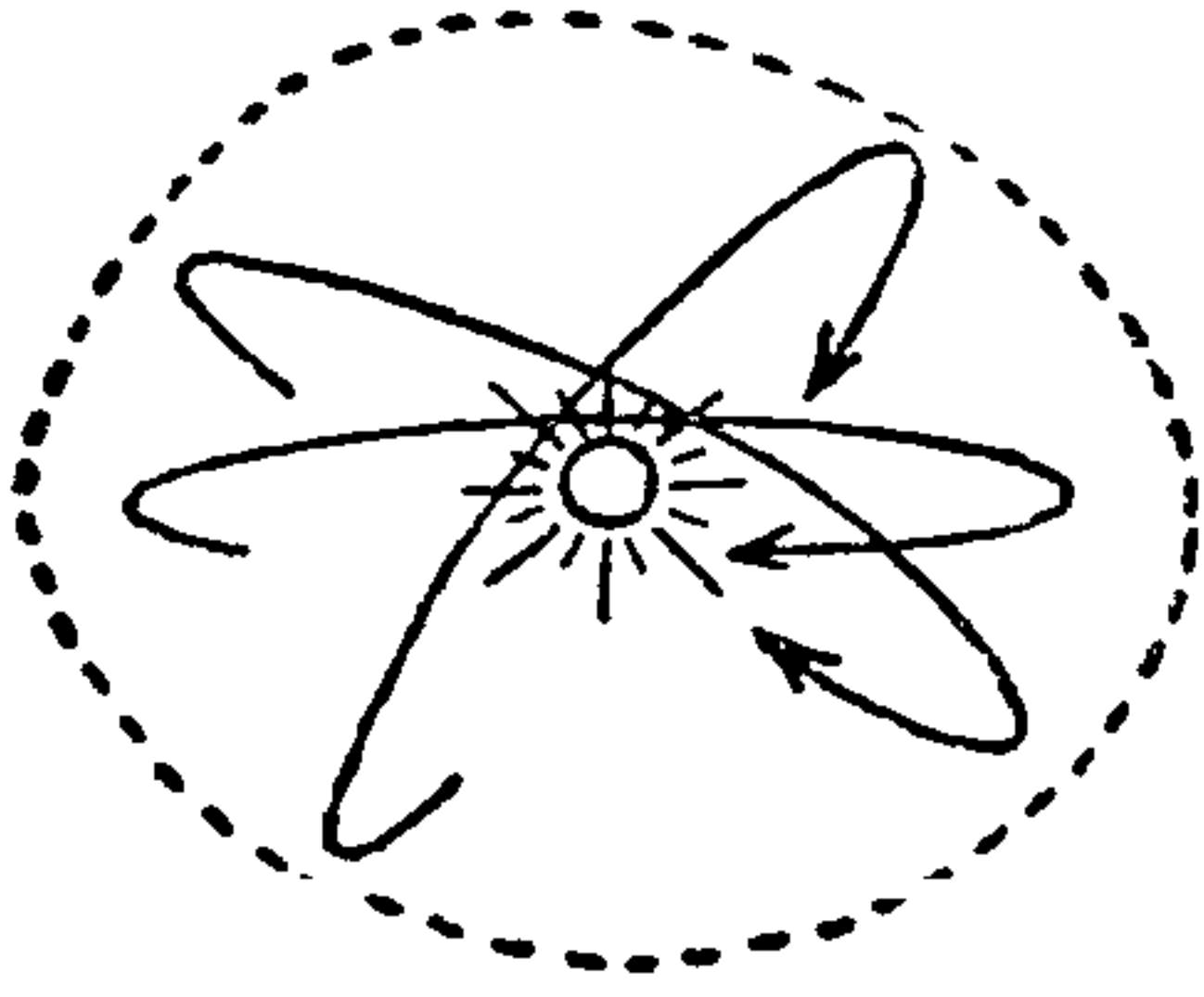
परिणामानुळे आणि चक्राकार पाड्यातील गतीतील फरकामुळे या दृगांना व त्यांतून बनलेल्या तारकांना काही नियमित असा आकाराच मिळाला नाही. जसजसे आता विराट विश्व वृद्ध होत जाईल तसतशा त्या तारका एकमेकांपासून विखुरलेल्या आढळतील.

परंतु अंतराळातील वर्दळीच्या जागेपासून दूरवर असेच आणखीही तारकांचे पुंजके आहेत. त्यांच्यावर अन्य तारकांचा काहीच परिणाम घडत नसल्याने त्यांचा आकार नियमित बनलेला आहे. आणि त्यावरून त्यांना 'गोलाकार पुंजके' असे म्हटले जाते. एक असा गोलाकार पुंजका हर्क्युलस नक्षत्रात (प्लेट VII पाहा) आढळतो. अशा पुंजक्यातील तारका एकमेकांजवळ अधिक असल्याने त्यांतील अंतरे लहान आहेत व त्यामुळे त्यांची एकमेकांची गुरुत्वाकर्षणे तेथे प्रभावी ठरतात. साहजिकच सर्व पुंजक्याला एकच सुत्रक असा गोलाकार मिळतो.

आ. २७ मध्ये तारकांचे गोलाकार व इतर पुंजके. तारकांच्या दोन तऱ्हेच्या वसाहतींच्या दृष्टीने ते कोणत्या क्षेत्रात आढळतात ते दर्शविले आहे.

ग्रह माला

आता आपण विश्वातील लहानांत लहान पण महत्त्वाचा घटक म्हणजे जी तारका असते तिची उत्क्रांती व निरनिराळी वैशिष्ट्ये काय आहेत ती पाहू या. सर्व तारकांत सूर्यतारका ही आपल्याला सर्वांत जवळची तारका आहे. त्याशिवाय तिचे आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे तिला ग्रहमाला लाभलेली आहे. काही शतकांपूर्वी तर ज्योतिर्विज्ञान म्हणजे सौर ग्रहमालेचाच तपशीलवार अभ्यास समजण्यात येई. त्यामुळे पूर्वीच्या विश्वाच्या उत्पत्तीचे जे सारे सिद्धान्त आहेत ते केवळ सौरग्रहमालेच्या उत्पत्तीपुरतेच मानले जात असत. तेव्हा शास्त्रीयदृष्ट्या विश्वाच्या उत्पत्तीबद्दलचा इतिहास जेव्हा आपण पाहू लागतो तेव्हा त्यात फ्रेंच ज्योतिर्विद् जॉर्जेस डी. फॉन याने सूर्य व त्याच्या वाजूने जाणाऱ्या धूमकेतूच्या निसटत्या टक्करीतून सौरग्रहमाला बनली असा जो सिद्धान्त मांडला तोच पहिला महत्त्वाचा सिद्धान्त म्हणून मानावयास हरकत नाही. त्यानंतर त्याहून निराळा आणि अधिक तपशीलवार असा जो त्याबद्दलचा दुसरा सिद्धान्त मांडला गेला तो जर्मन तत्त्वज्ञ इमॅन्युएल कांट व फ्रेंच गणितज्ञ पिअरे दी लॅप्लासे यांनी मांडला. त्यांच्या मताने ग्रहमालेची निर्मिती

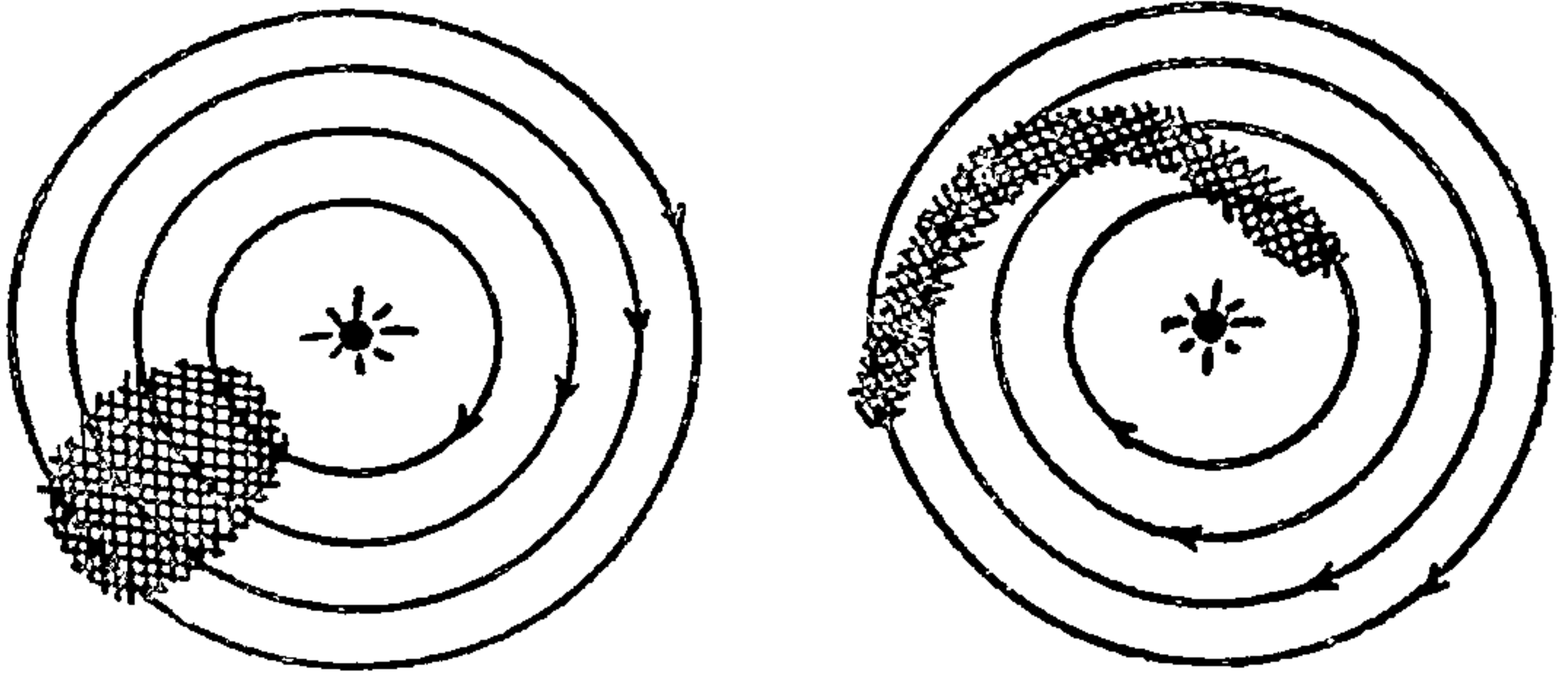


आ. २८ : निरनिराळ्या पातळींतून भ्रमण करणाऱ्या कणांचे एकमेकांवर आघात होऊन त्यांचे तबकडीसारखे एका पातळीत कसे रूपांतर होते ते दर्शविणारी आकृती.

ही काही, जवळ जाऊन टप्पल मारून पळून जावे अशा तऱ्हेच्या एखाद्या घटनेतून झाली नसून प्रत्येक तारकेच्या उत्क्रांतीच्या आयुष्यात घडणारी ती एक महत्त्वाची घटना आहे. तेव्हा कांट व लाप्लासे या दोघांच्याही समजुतीप्रमाणे सूर्याच्या भोवती भिंगाच्या आकाराचे वायूचे आवरण जे असते (सौरमेघाचे) त्यातूनच पुढे गुठळ्या होऊन त्यांतून ग्रहांची निर्मिती झाली असावी. विखुरलेल्या अंतराळ वस्तूतून तारका बनल्याबद्दल जो आधुनिक सिद्धान्त मांडला जातो त्याला अनसरूनच ही कांट-लाप्लासेची कल्पना आहे.

कारण ज्या टर्ब्युलंट गुठळीतून पुढे सूर्यतारका बनली त्यातील काही भागातील वस्तू तिच्या मोठ्या कोनीय गतीमुळे तारकेच्या केंद्रभागावर पडणे शक्य झाले नसेल हे समजणे अगदी तर्कशुद्ध आहे. आणि सूर्य तारकेच्या जवळ-जवळ गोलाकार अशा वायूच्या वेष्टनातील निरनिराळ्या पातळींत फिरणाऱ्या कणांचे एकमेकांवर आघात होऊन त्यांतून तबकडीसारखे पातळ वेष्टन बनले असावे. (आ. २८ पाहा.) पुढे या तबकडीतील निरनिराळ्या भागांतील वस्तूंत जे गुरुत्वाकर्षण होते त्यातून ग्रहांची निर्मिती झाली असावी.

कांट-लाप्लासेचा सिद्धान्त वैज्ञानिक क्षेत्रात जवळजवळ एक शतकावर एक चर्चेचा विषय बनला होता. जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल या ब्रिटिश वास्तवशास्त्रज्ञाने त्यावर फारच तीव्र टीका केली होती. त्याच्या मताने मुळात ही तारकेची गुठळी बनणेच शक्य नव्हते. परंतु 'गुरुत्व-अस्थिरता' या जीन्सने सुचविलेल्या घटनेचे आम्ही जे या पुस्तकात अनेकदा तपशीलवार



आ. २९ : एखादी गुठळी बनत असताना तिच्या भिन्न भागांतील कोनीय गतीतील फरकामुळे ती गुठळी कशी मोडते हे दर्शविणारी आकृती.

वर्णन केले आहे त्याचाच एक भाग म्हणून कांट-लाप्लासेच्या सिद्धान्ताकडे पाहता येते. ठराविक तपमानाला व घनतेला ठराविक किमान विस्ताराची गुठळी परस्परांतील गुरुत्वाकर्षणाने बनते असे आपण पाहिलेच. परंतु तरुण सूर्याभोवती जी परिभ्रमण करणारी वायूची तबकडी होती त्यात मात्र आणखी गुंतागुंतीचा जो प्रकार होता तो आपण पाहिला पाहिजे. हा प्रकार म्हणजे तबकडीचे निरनिराळे भाग हे निरनिराळ्या कोनीय गतीने फिरत होते हा होय. म्हणजे मुळात जर एखाद्या ग्रहाची गुठळी भलतीच मोठी असली तर तिचे भिन्न विभाग निरनिराळ्या परिवलन गतीमुळे निर्माण होणाऱ्या विदारक प्रेरकामुळे एकमेकांपासून दूर ओढले गेले असावेत व मग त्यातून ती गुठळी वितळून गेली असावी. अशा तऱ्हेचे विदारक प्रेरकाचे कार्य आ. २९ मध्ये दर्शविले आहे.

भिन्न भिन्न भागांतील परिवलन गतीतील जो सापेक्ष फरक आढळतो तो फिरणाऱ्या तबकडीच्या घनतेवर अवलंबून नसतो. परंतु ज्या गुरुत्वप्रेरकांनी गुठळी संभाळली जाते ते मात्र घनतेवर अवलंबून असतात. तेव्हा एका विशिष्ट घनतेहून अधिक घनतेच्या परिवलनामुळे गुठळी मोडणाऱ्या प्रेरकांपेक्षा तिला संभाळणारे प्रेरक अधिक जबरदस्त भरतात. (गणिताने ही विशिष्ट घनता (P) पुढील सूत्राप्रमाणे काढता येते. $P \cong W^2/G$ ज्यांत W ही कोनीय परिवलनगती व G हा न्यूटनचा गुरुत्व स्थिरांक असतो.) तेव्हा सर्व ग्रहांतील

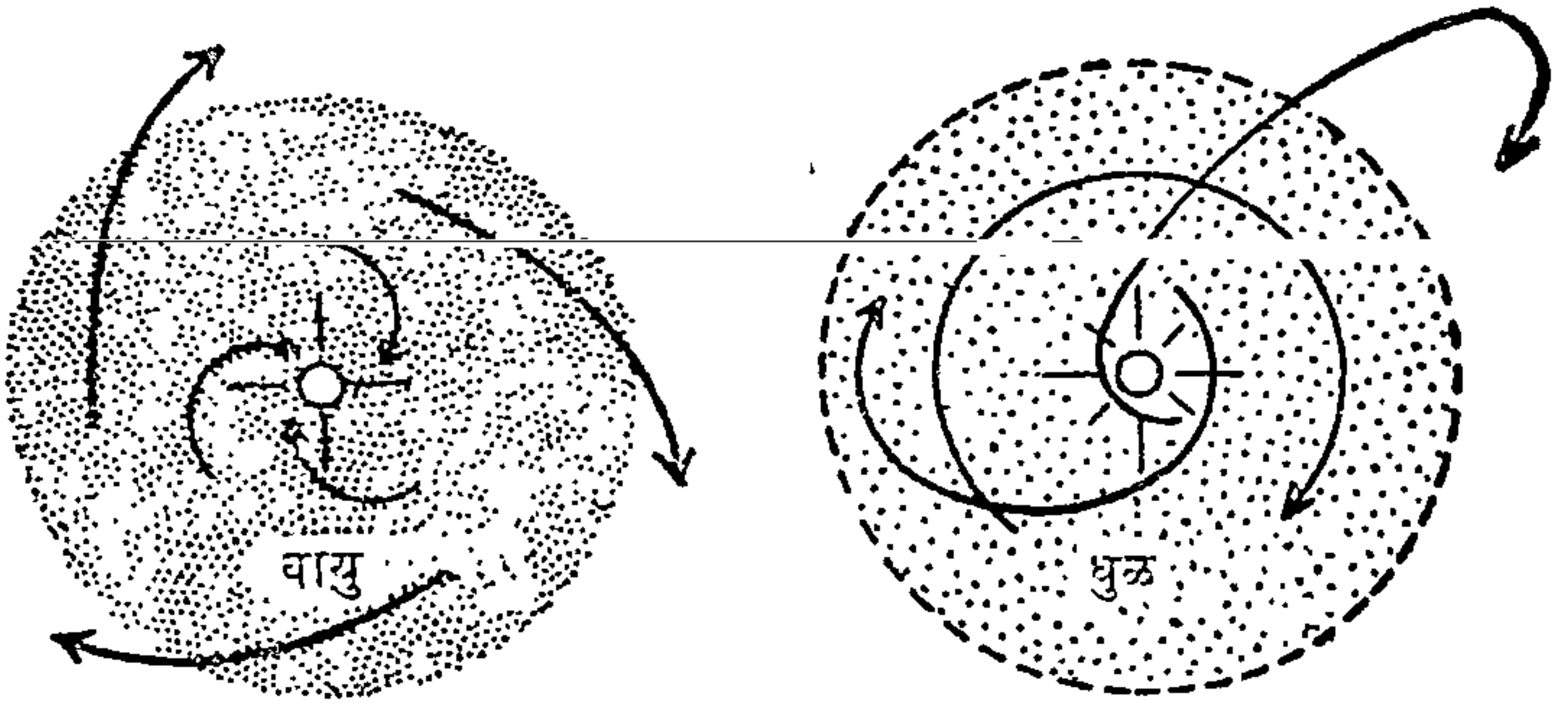
वस्तू (सूर्याच्या वस्तूच्या $\frac{1}{3000}$ भागाइतकी) क्रान्तिवृत्ताएवढ्या तबकडीवर सारखी पसरली असता (प्रति-घन सेंटिमीटरला 10^{-9} ग्रॅम वस्तू या प्रमाणात तिची घनता होते.) जी सर्वसाधारण घनता होते ती धरून मॅक्सवेलने असे दाखविले होते की, कोणतीही गुठळी बनताबनताच तिच्या परिवलनातून उद्भवणाऱ्या भिन्न भिन्न प्रेरकांमुळे ती फुटून जाण्याची शक्यता आहे. त्यावरून, सर्व ग्रहांच्या मिळून बनणाऱ्या वस्तूच्या $\frac{1}{3000}$ एवढी वस्तू असल्याशिवाय त्याची गुठळी बनणे शक्यच नाही, असेही पुढे मॅक्सवेलने दाखविले.

या भ्रामक विरोधामुळे ज्योतिर्विदांना कांट-लाप्लासेचा सिद्धान्त पुढे सोडून द्यावा लागला आणि पुन्हा बर्फॉनची जी मूळ कल्पना होती त्यातच, एखादा धूमकेतू सूर्याजवळून जाण्याएवजी एखादी अन्य तारकाच तशी गेली असावी ही कल्पना मान्य करावी लागली. परंतु ही सुधारून वाढविलेली कल्पना इंग्लंडमध्ये सर जेम्स जीन्सने व माउल्टन आणि चॅम्बलॅनने अमेरिकेत जरी मांडली तरी ती मान्य करताना आणखीनच अनेक अडचणी पुढे येऊ लागल्या. पुढे दुसऱ्या महायुद्धानंतर वैज्ञाकरने ही समस्या अखेर सोडविली. त्याने असे दाखवून दिले की, अंतराळ वस्तूच्या रासायनिक अंतरं चनेबद्दल जे आधुनिक संशोधन झाले आहे त्यावरून मॅक्सवेलच्या विरोधाला फारसा आधारच उरत नाही. वैज्ञाकरची कल्पना पुढीलप्रमाणे स्पष्ट करता येते.

पूर्वी आपल्याला अंतराळ घटकांची काहीच माहिती नसल्याने सूर्य, इतर तारका आणि कोणतीही अंतराळ वस्तू ही लोह, सिलिकॉन, आणि पृथ्वीवर आढळणारे इतर सारे घटक यांनी मिळून बनलेली असते असे समजले जाई. आता ही समजूत पार पालटलेली आहे. (प्रकरण ३ रें पाहा) आणि अंतराळ वस्तूत पृथ्वीवरील घटक अवघे १ टक्का असून बाकीचे फक्त हायड्रोजन हेलियमचे मिश्रण होय.

ग्रह ज्या वस्तूचे बनले आहेत ती वस्तू मूळच्या तबकडीच्या $\frac{1}{3000}$ भागाइतकीच आहे व त्यामुळे तिचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या $\frac{1}{3000}$ होण्याएवजी आता $\frac{1}{3000}$ बनते. साहजिकच त्याची घनता, मॅक्सवेलच्या दृष्टीने जी विशिष्ट घनता हवी होती तितकीच भरते व मग त्याची गुठळी होण्यास काहीच अडचण उद्भवत नाही.

पूर्वीच्या कांट-लाप्लासेच्या सिद्धान्तात आणि सुधारून वाढविलेल्या वैज्ञाकरच्या कल्पनेत जो फरक आहे तो पुढीलप्रमाणे आहे. सौर तबकडीचा हायड्रोजन



आ. ३० : मूळच्या सौर मेघातील वायूच्या व धूलिकणांच्या गुणधर्मातील फरक दाखविणारी वैज्ञाकरची कल्पना.

हेलियम वायूचा जो भाग आहे त्याच्यात आणि पृथ्वीवरील वस्तूतील घन कणांच्यात (ज्याला आपण अंतराळातील धुळीचे कण म्हणतो.) गुणधर्मात फरक आहे असे वैज्ञाकरचे म्हणणे आहे (आ. ३० पाहा). वायूच्या विष्यंदतेमुळे मूळचे जे सौर आवरण होते ते एखाद्या घनवस्तूप्रमाणे फिरणे शक्य होते व त्यामुळे त्याच्या परिवलन अक्षापासूनच्या अंतराच्या समप्रमाणात त्याची सरलगती आढळावयास हवी होती.

परंतु तसे घडते तर त्याचे दूरवरचे जे विभाग आहेत ते इतक्या झपाट्याने फिरले असते की, गुरुत्वप्रेरकांना दाद न देता ते अंतराळात निघून गेले असते. याउलट आतील विभागाची गती इतकी थोडी असते की, ती वस्तू सूर्यावरच जाऊन पडली असती. हे झाले असते तर मूळचे वायूचे आवरण आस्ते आस्ते नाहीसेच झाले असते व दर ५० लक्ष वर्षांनी तेथील वस्तुमान निम्म्याने घटत गेले असते. म्हणजे त्या वस्तूची मूळ घनता प्रतिघनसेंटिमीटरला जी 10^{-9} ग्रॅम होती ती दोन कोटी वर्षांत, प्रतिघनसेंटिमीटरला 10^{-22} ग्रॅमपर्यंत खाली आली असती. म्हणजे सौर आवरणाने ग्रहनिर्मितीत जो महत्त्वाचा भाग घेतला तेच आवरण एव्हाना पार नाहीसे होऊन गेले असते.

परंतु सौर तक्कडीतील धुळीच्या कणांचे नशीब वायुकणांच्यापेक्षा अजीबात निराळेच होते. ते कण फार छोटे व घन असल्याने ज्याप्रमाणे ग्रह सूर्याभोवती फिरतात त्याप्रमाणे दीर्घवर्तुळाकार मार्गाने ते सूर्याभोवती फिरत राहिले.

परंतु त्या कणांची संख्या फारच मोठी म्हणजे 10^{-30} एवढी असल्याने या कणांत एकमेकांत खूपच टक्करी झाल्या असाव्यात. जेव्हा उल्कांच्या गतीने समान आकाराचे दोन कण एकमेकांशी टक्कर करतात तेव्हा दोघांचीही संपूर्ण वाफ होऊन पुढे अत्यंत सूक्ष्म कणांत तिचे सांद्रवीकरण घडते. पण लहान कण जेव्हा मोठ्या कणावर आदळतो तेव्हा तो मोठ्या कणाला चिकटतो व त्याचे वस्तुमान वाढवितो. असे झाल्याने मूळचे तुकडे अधिकच विशाल बनत जातात आणि ते दुसऱ्या कणांना स्वतःकडे अधिकच खेचत राहतात. मूळचे घटक अशा रीतीने प्रथम विशाल बनले असतील. परंतु पुढे मात्र दूरदूरचे कण केवळ गुरुत्वाच्या जोरावर त्यांच्याकडे खेचले गेले असतील अशी कल्पना आहे. उद्योगधंद्यात ज्याप्रमाणे मोठ्या कंपन्या छोट्या कंपन्यांना गिळंकृत करून अधिकाधिक मोठ्या बनतात तसा काहीसा हा प्रकार घडला असावा आणि मग थोडेच पण मोठमोठे घटक एकमेकांपासून दूर असे बनले असावेत.

वस्तूचे अशा तऱ्हेने एकत्रीकरण आणि मूळ तबकडीचे विघटन या दोन्ही क्रिया एकाच वेळी चालल्या असाव्यात आणि त्यांची वेळापत्रके निराळी असावीत. सूक्ष्म अशा मूळच्या कणांचे गोटीएवढ्या (व्यास १ सेंटीमीटर) वस्तूत रूपांतर होण्यास थोडी वर्षे लागली असावीत आणि गुरुग्रहगोला-एवढा ग्रहगोल बनण्यास १ कोटी वर्षे लागली असावीत. तबकडीत ज्या जागी ग्रह बनले त्या जागेत मुळात किती वस्तू होती त्यावर त्या ग्रहांचे वस्तुमान अवलंबून असणार असे जर धरले तर तबकडीच्या अर्ध्या अंतरावरील ग्रह सर्वांत मोठा असणार हे उघडच आहे. सूर्याजवळच्या भागाला घनता जास्ती असली तरी तेथील जागेचे आकारमान लहान आणि तबकडीच्या कडेला घनता कमी पण तेथील जागेचे आकारमान अधिक उपलब्ध असे घडत गेल्याने कडेचे व सूर्याजवळचे ग्रह, त्यामानाने लहान बनले (बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, प्ल्यूटो) व मध्यभागातील ग्रह त्याहून मोठे बनले (जसे, गुरू, शनि, हर्शल व नेपच्यून).

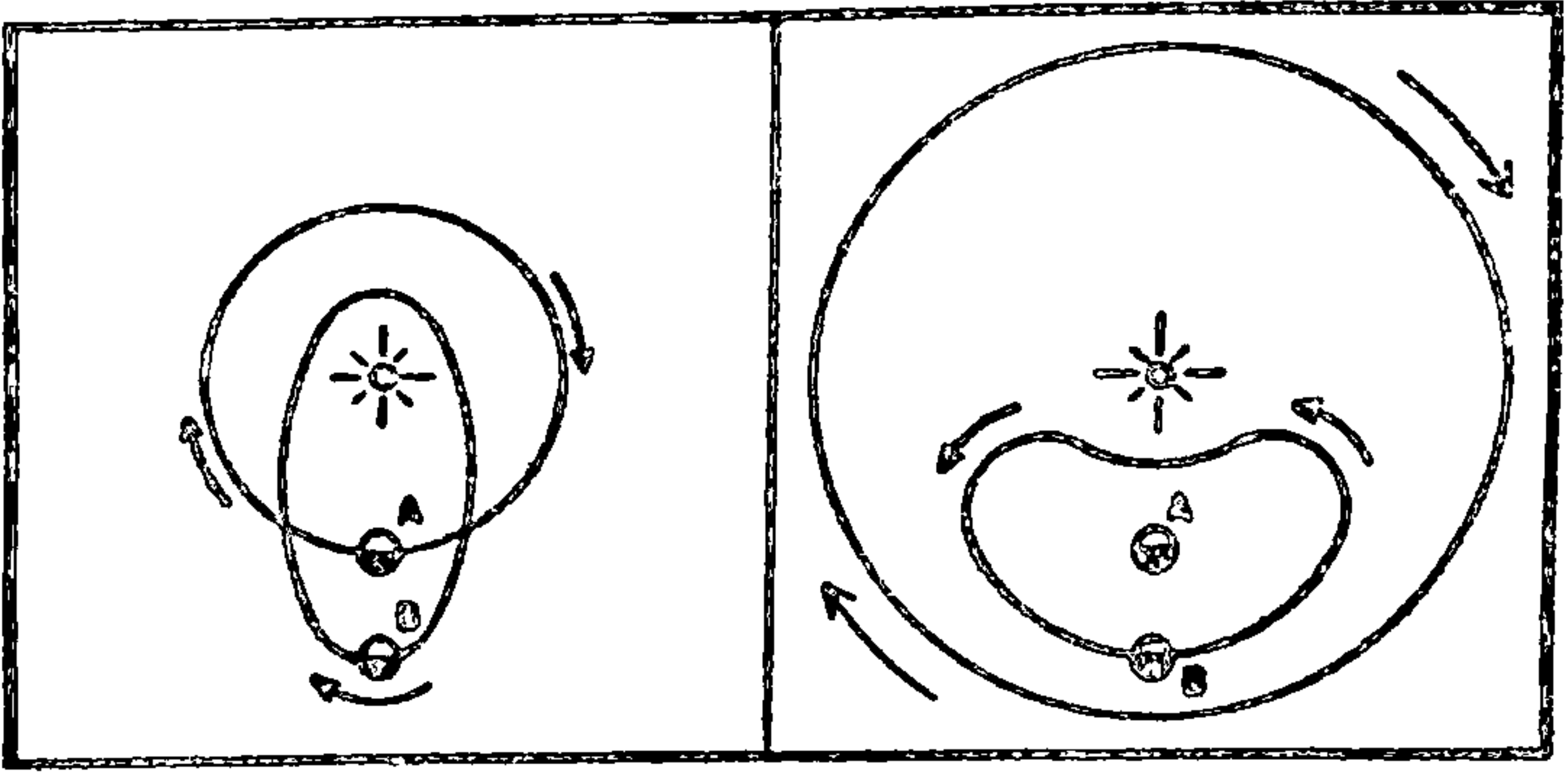
या ग्रहनिर्मितीचा तपशीलवार विचार करू लागलो म्हणजे मात्र, वायुरूप वस्तूची व वाढणाऱ्या धूलिकणांची एकत्रित गती फारच गुंतागुंतीची होऊन आपण क्लिष्ट गणितीय कृतीत गुरफटून जातो. त्यात टर्ब्युलंट गतीने जो महत्त्वाचा वाटा उचलला आहे तो ओळखण्यातच वैज्ञाकरच्या सिद्धान्ताचे सारे महत्त्व आहे. सौर तबकडीत संथ प्रवाहाची शक्यताच नव्हती आणि त्यायोगे

त्यात निरनिराळे भोवरे बनले असावेत. मूलभूत विश्वात ज्याप्रमाणे तारका बनल्या तसा काहीसा प्रकार ग्रह बनण्यातही घडला असावा. विश्वात भोवरे बनले ते सर्व विश्वाच्या जाडीच्या १ टक्का भागाएवढे बनले. सौरमेघात, लहानांत लहान भोवरे सौर तबकडीच्या जाडीएवढे बनले असतील. त्यामुळे विश्वात अब्जावधी तारका बनल्या तर सौरग्रहमालेत एक डझनाहूनही कमी एवढेच ग्रह बनले.

सौरमेघातील टर्ब्युलंट गतीचा अधिक अभ्यास पुढे वैज्ञाकर व त्यानंतर टेर-हार, चंद्रशेखर व कुइपर यांनी केला. त्यांचे कार्य येथे फक्त सर्वसाधारणपणेच मांडता येईल. त्याप्रमाणे जी गुंतागुंतीची गती सौर मेघात बनली त्याचे मुख्य तत्व समजून घेण्यासाठी आपल्याला एकाच परिवलन गतीच्या कणांचा समूह तेवढा विचारात घ्यावयास पाहिजे आणि त्यांची गती सूर्यकेंद्राभोवती तेवढ्याच पर्ययकालात फिरणाऱ्या (पोलर) कोऑर्डिनेट पद्धतीत समजून घेतली पाहिजे.

या पद्धतीने जर आपण पाहिले तर जे कण स्थिर गतीने वर्तुलाकार फिरत असतात ते आपल्याला स्थिरच दिसतील. परंतु जे कण दीर्घवर्तुलात फिरत असतील, ते जेव्हा सूर्याशेजारी येतील तेव्हा जलद जाताना दिसतील. तर जेव्हा ते सूर्यापासून दूर असतील तेव्हा मागे पडलेले वाटतील. यामुळे ते कण या दृष्टीने जो मार्ग अनुसरतील तो, पूर्वीच्या ज्योतिर्विज्ञानात 'उपचक्रांची पद्धती' (एपिसायकल) म्हणून जी मानली जात असे त्याप्रमाणे दिसेल. (आ. ३१ पाहा) काळाच्या ओघात सर्व धूलिकणांची गती अशी होईल की, त्यातून ते एकमेकांत अगदी किमान टकरा देतील अशी परिस्थिती निर्माण होईल. आपल्या परिभ्रामी भुजयुग्म पद्धतीने ही परिस्थिती भिन्न भिन्न व एकमेकांना न छेदणाऱ्या उपचक्रांची बनलेली दिसेल. यांतील काही एकमेकांच्यामध्ये असलेली दिसतील. एक-मध्य उपचक्रांनी निर्देशिलेला प्रत्येक कणसमूह म्हणजे सौर तेजोमेघातील भोवरा असे मानावयास हरकत नाही. एकाच पर्ययकालाचे आणि सूर्यापासून साधारणपणे एकाच अंतरावर असलेले कणच तेवढे आपण विचारात घेतले असल्याने ही आकृती सपाट शिंपल्यांच्या माळेसारखी दिसेल. एकात एक असलेल्या अशा अनेक माळा निरनिराळ्या पर्ययकालांना अनुसरून बनलेल्या आपल्याला दिसतील.

त्यांतील कमी पर्ययकालाच्या माळा सूर्यापासून दूर आढळतील. वैज्ञाकरच्या मूळ कल्पनेप्रमाणे ज्या अशा माळा बनतील त्या आ. ३२ मध्ये वरच्या भागात

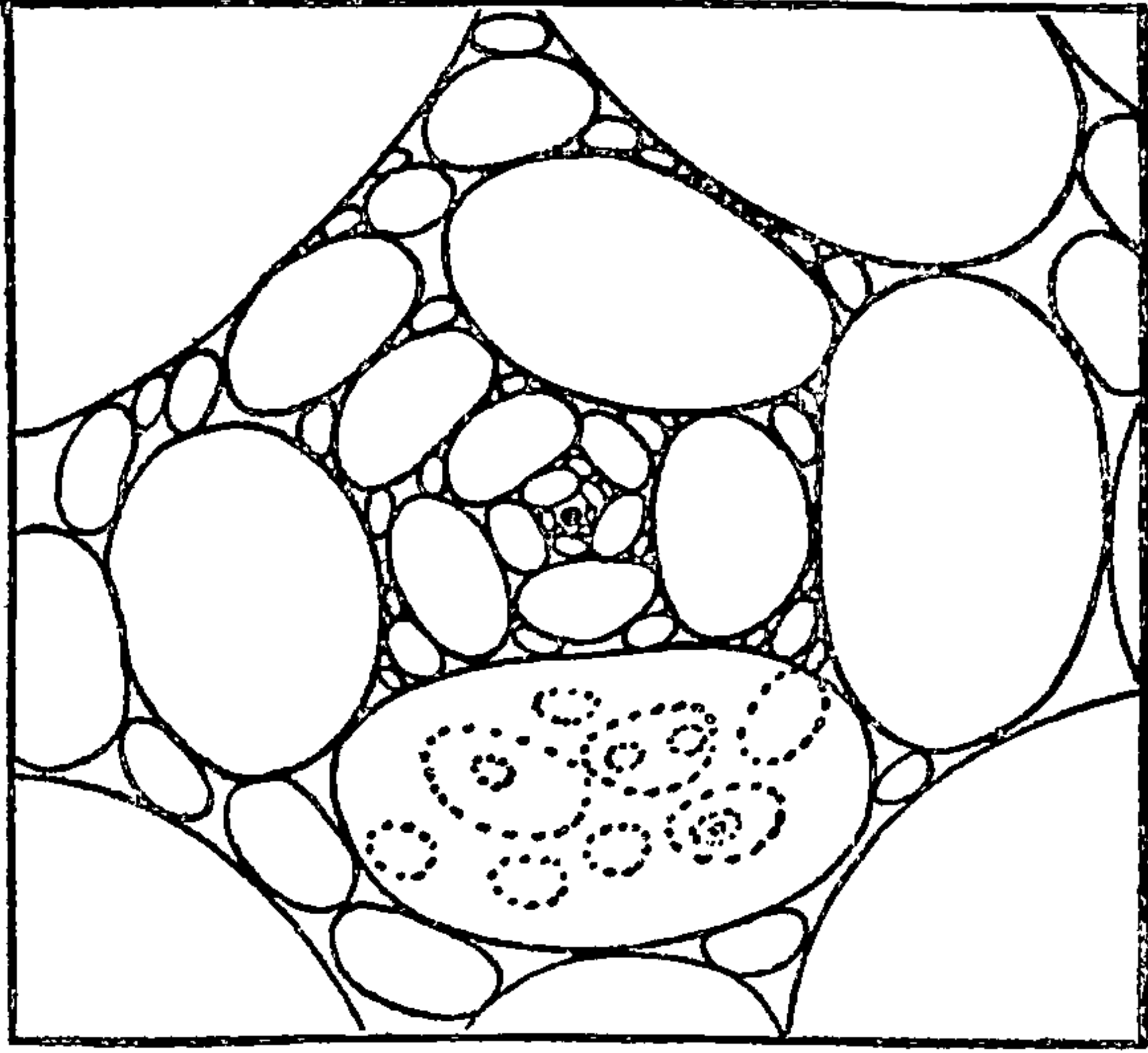
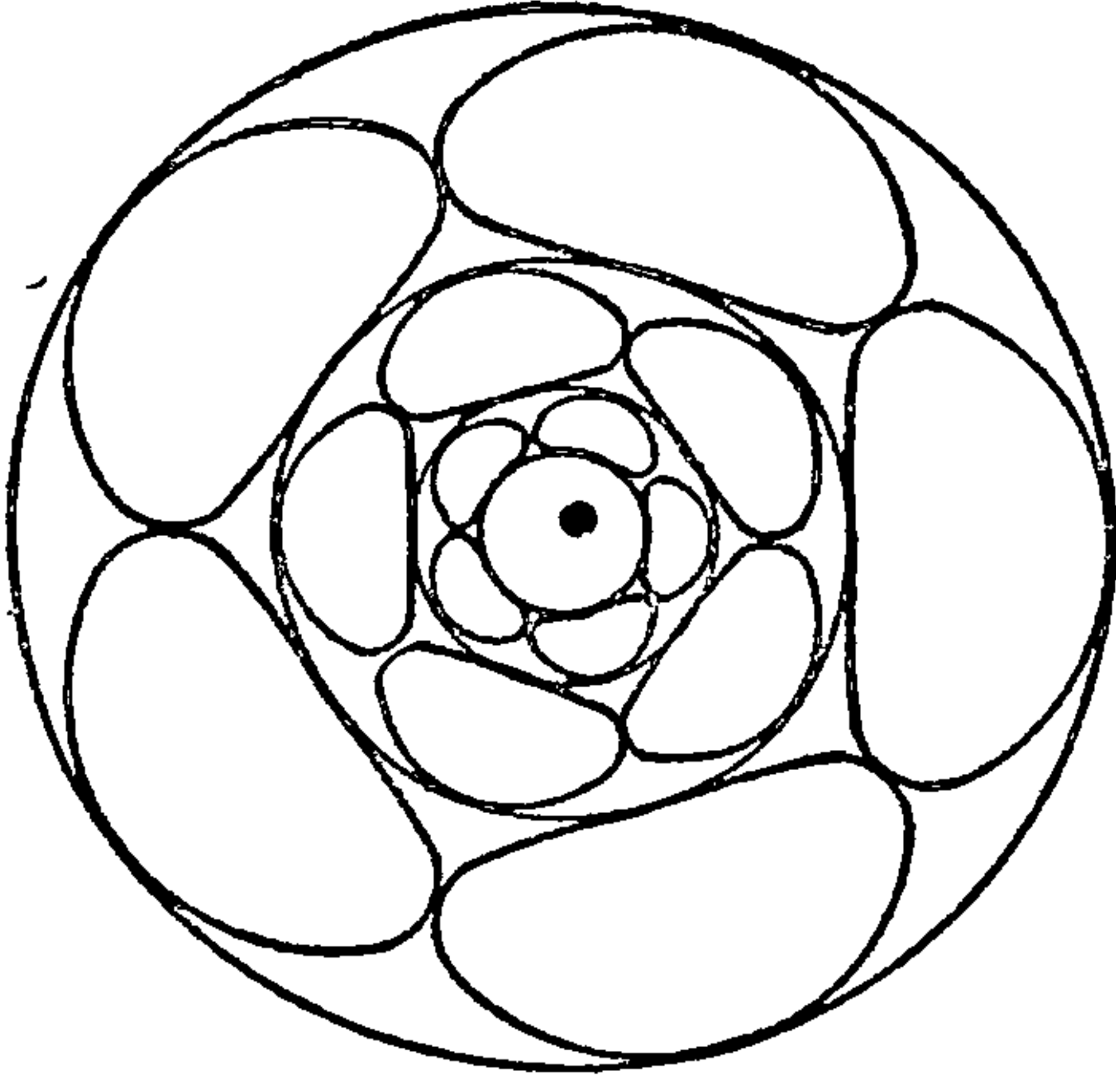


आ. ३१ : एकाच पर्ययकालाच्या परिभ्रामी भुजयुग्मांच्या पद्धतीने पाहिले असता कणांची वर्तुलाकार गती (A) व दीर्घवर्तुलाकार गती (B) कशी दिसेल ते यात दाखविले आहे.

काढून दाखविल्या आहेत. आणि कॉल्मोगॉनॉफच्या टर्ब्युलन्सच्या नियमाप्रमाणे कुइपरने ज्या अधिक गुंतागुंतीच्या माळा दाखविल्या आहेत त्या खालच्या भागात दर्शविल्या आहेत. त्यांतील जे भोवरे सर्वांत मोठे आहेत तेच फक्त न्यूटनच्या गुरुत्वप्रेरकामुळे स्थिर राहतील.

या भोवण्यांत कण एकत्रित होण्याची क्रिया झपाट्याने चालू राहिल नि त्यांतून ग्रहनिर्मिती होईल. मूळच्या सौरमेघांच्या सर्व गुणधर्मांचा विचार करून आणि त्याच्या परिवलनामुळे त्याला मिळालेली टर्ब्युलंट गती लक्षात घेऊन सौरग्रहमालेतील निरनिराळ्या ग्रहांची अचूक आकारमाने काढता आली. त्याचप्रमाणे ग्रहमालेत प्रत्येक ग्रहाचे सूर्यापासूनचे अंतर हे त्याच्या आधीच्या ग्रहाच्या अंतराच्या दुप्पट असते हे दाखविणारा प्रसिद्ध बोडे-टिटियस नियम जो आहे त्याचे योग्य असे स्पष्टीकरण यातून मिळते.

अर्थात याहून अधिक तपशिलात शिरण्याची आपल्याला येथे काही जरूरी नसल्याने वैज्ञाकरच्या सिद्धान्तातून अति महत्त्वाचे जे निष्कर्ष निघतात त्यांचाच तेवढा येथे उल्लेख करू या. एक म्हणजे (तिसऱ्या प्रकरणात दाखविल्याप्रमाणे) लघुग्रह व बडे ग्रह यांच्या रासायनिक घटकांच्या निर्मितीत त्यामुळे फरक आढळतो. तसेच दोन्ही टोकांचे जे ग्रह आहेत (एकीकडे बुधापासून मंगळा-



आ. ३२ : वैज्ञाकरच्या मूल कल्पनेप्रमाणे वरच्या विभागात सौरमेघातील भोवरे दाखविले आहेत व खालच्या विभागात कुइपरच्या कल्पनेप्रमाणे ते दाखविले आहेत.

पर्यंत व दुसरीकडे प्लूटो) ते आजूबाजूचा वायू स्वतःकडे आकर्षित करून लड्डू झाले नाहीत आणि निव्वळ खडकाळ राहिले तर मंगळभागातील (गुरु, शनि व थोडेफार हर्शल-नेपच्यूनही) ग्रह हे त्यांच्या मयादिपेक्षा अधिक मोठे झाले नि मग गुरुत्वाकर्षणाच्या जोरावर त्यांनी आजूबाजूच्या वायूतील वायू मोठ्या प्रमाणात स्वतःभोवती लपेटून घेतला. (प्लेट II पाहा. त्यात गुरुची अंतरचना दाखविली आहे.)

गुरु व मंगळामध्ये एखादा ग्रह पूर्वी अस्तित्वात असावा. परंतु काही काळापूर्वी तो मंग पावला असावा (त्या ग्रहावर गुरुच्यामुळे जी भरती निर्माण झाली त्यातून) आणि त्याच्या ठिकाणी आता त्याचे तुकडे तेवढे जे अस्तित्वात आहेत. ते तुकडे पूर्वीच्या भ्रमणमार्गावरून सूर्याभोवती फिरत राहून त्यातून आता लघुग्रह बनले असावेत. या लघुग्रहांतील काही तुकडे काही वेळा पृथ्वीवर अशनि म्हणून खाली पडतात. या अशनींच्या वस्तूचा जर अभ्यास केला तर तिच्या रासायनिक रचनेवरून ती वस्तू उच्च दाबाखाली एखाद्या ग्रहात बनलेली असावी असे दिसून येते. धूमकेतू जे आहेत त्यांच्या बाबतीत असे काही असावे हे स्पष्ट होत नाही.

आकाशात साध्या डोळ्यांना दिसणारे एक भव्य दृश्य म्हणून जरी धूमकेतूंचे अस्तित्व दिसून येत असले तरी सूर्यग्रहमालेचा एक क्षुल्लक भाग एवढेच त्यांना महत्त्व आहे. सौरमेघाच्या टोकाच्या विभागातूनच त्यांची बहुधा निर्मिती झाली असावी आणि पाणी, अमोनिया व निरनिराळ्या हायड्रोकार्बन्ससारख्या घटकांचे त्यात अस्तित्व आढळते. साधारणपणे सूर्याभोवती, ३ प्रकाशवर्षे व्यासाच्या वर्तुळात २० अब्ज धूमकेतू भ्रमण करीत असावेत (त्यांतील पुष्कळसे प्लूटोच्या पलीकडेच आहेत.) परंतु त्यांचे वस्तुमान साधारणपणे 10^{26} ग्रॅम असल्याने त्या सर्वांच्या वस्तुमानाची मिळून बेरीज जी होते ती पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या अवघी $\frac{1}{8}$ भरते. काही वेळा ह्या धूमकेतूंतील थोडेसे धूमकेतू सूर्याच्या अगदी जवळ येतात व सूर्याच्या प्रारणामुळे त्यांना पुच्छ फुटते. अशा पुच्छ फुटलेल्या धूमकेतूंना मग आपण शेंडे नक्षत्रे असे म्हणतो. आफ्रिका खंडातील (आशिया खंडातील देशांत) लोकांच्या मनात या शेंडे नक्षत्राची फारच भीती बसलेली असते.

सरतेशेवटी हे नमूद केले पाहिजे की, आपला चंद्र हा अपवादात्मक म्हणून वगळून (पहिल्या प्रकरणात त्याची उत्पत्ती कशी असावी ते आम्ही

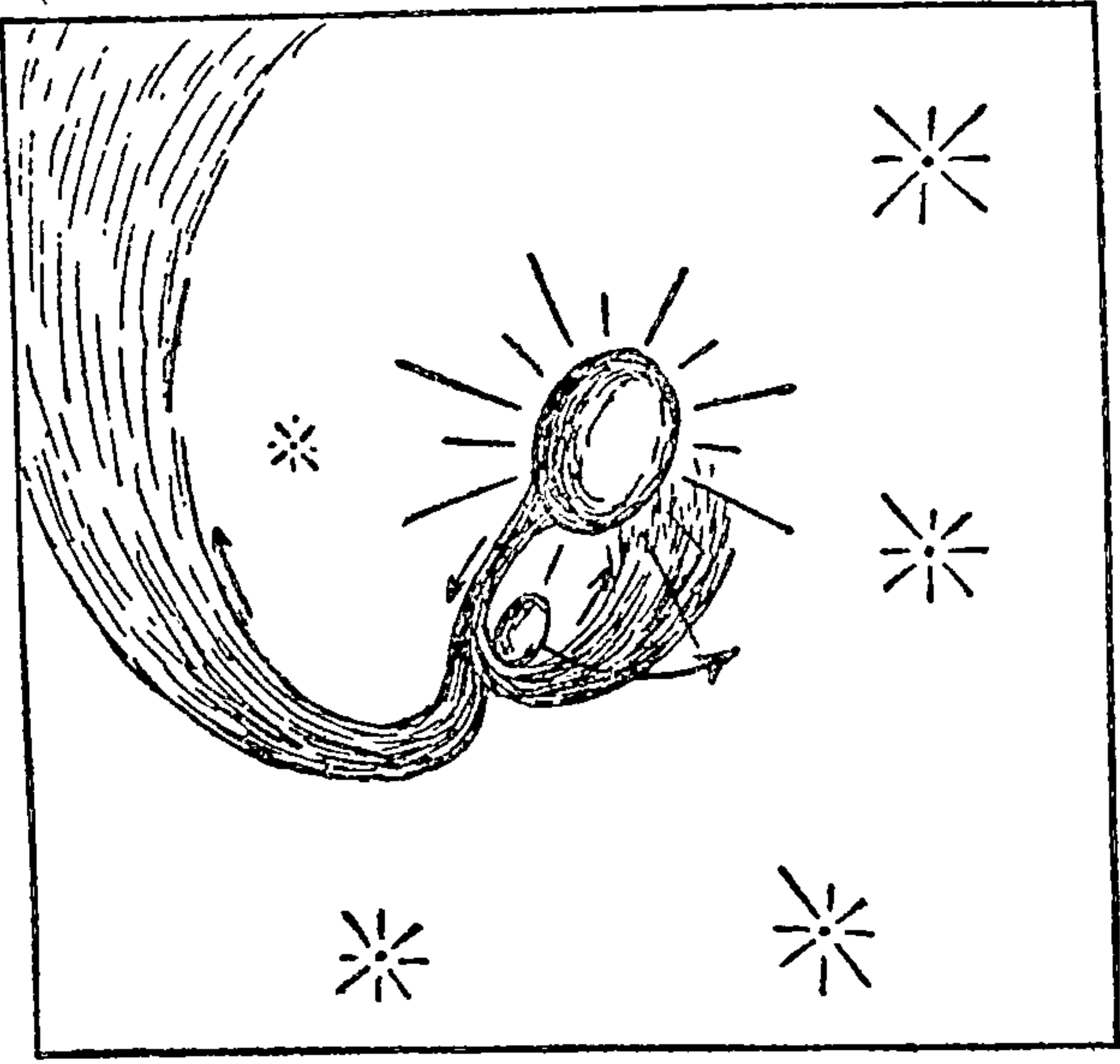
दिलेच आहे.) ग्रहमालेतील बाकीच्या सर्व उपग्रहांची निर्मिती ही अगदी हुवेहूब ग्रहाप्रमाणे जरी झाली नसली तरी थोडीफार तशीच झाली आहे. पूर्वीच्या कल्पनेप्रमाणे एखाद्या तारकेला केवळ अपघात म्हणून ग्रहमाला लाभण्याची संधी मिळत होती. परंतु वैज्ञानिकरच्या सिद्धान्ताप्रमाणे आता कोणत्याही तारकेला स्वतःची ग्रहमाला बनविण्यास मुबलक संधी आहे. प्रत्यक्ष निरीक्षणातून देखील ते सिद्ध होते. बर्नार्ड (आपल्यापासून ६.१ प्रकाशवर्ष दूर असलेली) व ६१ cygni (११ प्रकाशवर्षे अंतरावरील) या तारकांची स्प्राउल वेधशाळेतून पी. व्हन. बी. कॅम्प यांनी व वायव्यविद्यापीठात के. ए. जी. स्टँड यांनी केलेल्या निरीक्षणातून असे आढळते की, त्यांची गती बरोबर सरळ रेषेत नसावी. त्यावरून त्यांना कोणीतरी (आपल्याला अदृश्य असा) साथीदार असावा असे वाटते. परंतु सरळ रेषेपासून होणारे हे विचलन इतके कमी आहे की, हा साथीदार गुरुग्रहाहून फारसा मोठा नसावा. म्हणजे हा साथीदार एखादी तारका नसून एखादा ग्रह असावा असे दिसते. कदाचित पृथ्वीप्रमाणेच या तारकांना अनेक छोटे ग्रहदेखील असतील. परंतु सध्याच्या निरीक्षणांची सूक्ष्मता फार नसल्याने ते हुडकणे कठीण आहे.

तारकांचा खाजगी जीवनक्रम

तारकांचे सहजीवन

चौथ्या प्रकरणात, मूलभूत विश्वातून गुठळ्या होण्याच्या क्रियेतून तारका, ग्रह व उपग्रह एकातून एक अनुक्रमाने कसे बनले त्याबद्दलचे सविस्तर विवेचन आम्ही केलेच आहे. परंतु एका गोष्टीचा उल्लेख अजूनपर्यंत आम्ही केला नाही. ही गोष्ट म्हणजे सूर्यतारकेसारख्या एकएकट्या तारका या केवळ अपवादात्मकच आहेत ही होय. कारण ९० टक्के तारका दुकळीने आहेत. काही तारका त्रिकुटीने किंवा चौकडीने बनलेल्या आहेत. तेव्हा तारकांच्या निर्मितीत व उत्क्रांतीत अनेकविध अशा तारकांचा प्रश्न प्रामुख्याने उद्भवतो.

ज्योतिर्वैज्ञानिक दुकळीच्या तारकांना “दृश्य वर्णपटीय” आणि “ग्रहण लावणाऱ्या जोड्या” असे संबोधतात. परंतु हे वर्गीकरण त्यांच्या भौतिक स्वभावधर्मावर नसून केवळ त्यांच्या बाबतीतील निरीक्षण पद्धतीवर आधारलेले आहे. उदाहरणार्थ, जेव्हा अशा दुकळीतील तारका एकमेकांपासून इतक्या दूर असतात की, त्या एकमेकांपासून भिन्न अशा ओळखता येतात तेव्हा त्यांना ‘दृश्य दुकळी’ असे म्हणतात. याउलट जेव्हा या जोडीतील तारका अगदी एकमेकांजवळ चिकटून असतात किंवा ती जोडगोळी आकाशात इतकी दूर असते की, त्या प्रत्यक्षात एकमेकांपासून दूर असल्या तरी त्यांच्या अति-दूरत्वाने त्या जणू काय एकमेकांना चिकटलेल्या आहेत असे दृश्य आपल्याला



आ. ३३ : Beta Lyrae या तारकेकडून जी वायुस्वरूपातील वस्तू उत्सर्जित केली गेली असावी तिचे ओ स्टुव्हे व जी. पी. कुइपर यांनी केलेले गणितीय स्पष्टीकरण.

अशा वेळी दिसते. केवळ वर्णपटलेखकाच्या मदतीनेच त्याचे अस्तित्व कळून येते. याउलट ज्या दुकलीतील तारका प्रत्यक्षात एकमेकांपासून जेव्हा दूर दिसतात तेव्हा त्या तारकांची परिभ्रमण गती सूक्ष्मपणे दूरादर्शातून न्याहळता येते व त्यातून त्यांची जास्तीत जास्त माहिती मिळविता येते. वर्णपटीय दुकलीच्या तारकांच्यातील एक तारका तिच्या अर्ध्या भागात आपल्यापासून दूर जाताना दिसते. याउलट जेव्हा एक (ए) आपल्याकडे येत असते तेव्हा दुकलीतील दुसरी (बी) तारका आपल्यापासून दूर जात असते व जेव्हा ए आपल्यापासून दूर जाते तेव्हा बी आपल्याकडे येत असते असे दृश्य दिसते. त्याकारणाने दृश्य दुकलीची माहिती जेवढी दूरादर्शातून मिळते तेवढीच माहिती वर्णपटलेखकाकडून (या वर्णपटीय दुकलीची) डॉप्लर परिणामातून मिळते.

काही अपवादात्मक उदाहरणांत तारकांची दुकळ आकाशात अशी झुकलेली दिसते की, पृथ्वीवरून पाहिले असता तिची पातळी नेमकी दृष्टीरेषेत येते. अशा स्थितीत या दोन्ही तारका एकमेकींना अधून मधून ग्रहण लावीत असतात नि त्यावरून त्यांचे त्रिबाचे व्यास व त्यांच्या वातावरणाची माहिती आपल्याला कळू शकते.

तारकांच्या उत्क्रांतीचा अभ्यास करण्याच्या दृष्टीने पाहिले तर ज्या दुकळीतील अंतर साधारणपणे त्यांच्या व्यासाएवढे असते अशा दुकळी महत्त्वाच्या असतात. कारण अशा वेळी त्यांच्या वातावरणाचीदेखील एकमेकांवर क्रिया घडते. अशा तऱ्हेची वैशिष्ट्यपूर्ण दुकळ लिरा नक्षत्रात आढळते. लिरा नक्षत्रात जी तारका दुकळ आहे व (जिला बिटा लिरा म्हणतात) त्यातील एक तारका नील राक्षसीण असून तिची जोडीदारीण तारका छोटी असून पिवळी आहे. नील तारकेच्या व्यासाएवढे दोघींत अंतर आहे. ऑटोस्टुव्हे व गेराड पी. कुइपर यांनी केलेल्या गणितावरून या दोन्ही तारकांच्या बाह्य आवरणावर तारकांमधील गुरुत्वाकर्षणाने काय क्रिया घडते ते आ. ३३ मध्ये दाखविले आहे. त्यावरून असे दिसते की, तप्त वायूचा एक फवारा मोठ्या नील तारकेवरून जो निघतो तो तिच्या छोट्या जोडीदारणीकडे प्रतिसेकंदाला ३०० किलोमीटर्स किंवा १९० मैल वेगाने पसरतो. परंतु ही दुकळ एकमेकांभोवती परिवलन करीत असल्याने ती उत्सर्जित वस्तू दुसऱ्या तारकेवर जाऊन पडण्यापूर्वी दुसरी तारका तेथून हललेली असते. त्यामुळे ती वस्तू जेव्हा तिच्याजवळून जाते त्या वेळी दुसरी तारका गुरुत्वाकर्षणाने त्या वस्तूला स्वतःकडे खेचते. ही खेचली गेलेली वस्तू दुसऱ्या तारकेला वळसा घालून पुन्हा पहिल्या तारकेपर्यंत येते. अर्थात जो भाग फारच वेगाने उत्सर्जित झाला असेल त्याचा मार्ग मात्र आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बनतो. तसेच काही वस्तू प्रत्यक्षात छोट्या तारकेवर पडून तिचे वस्तुमानही वाढत असावे.

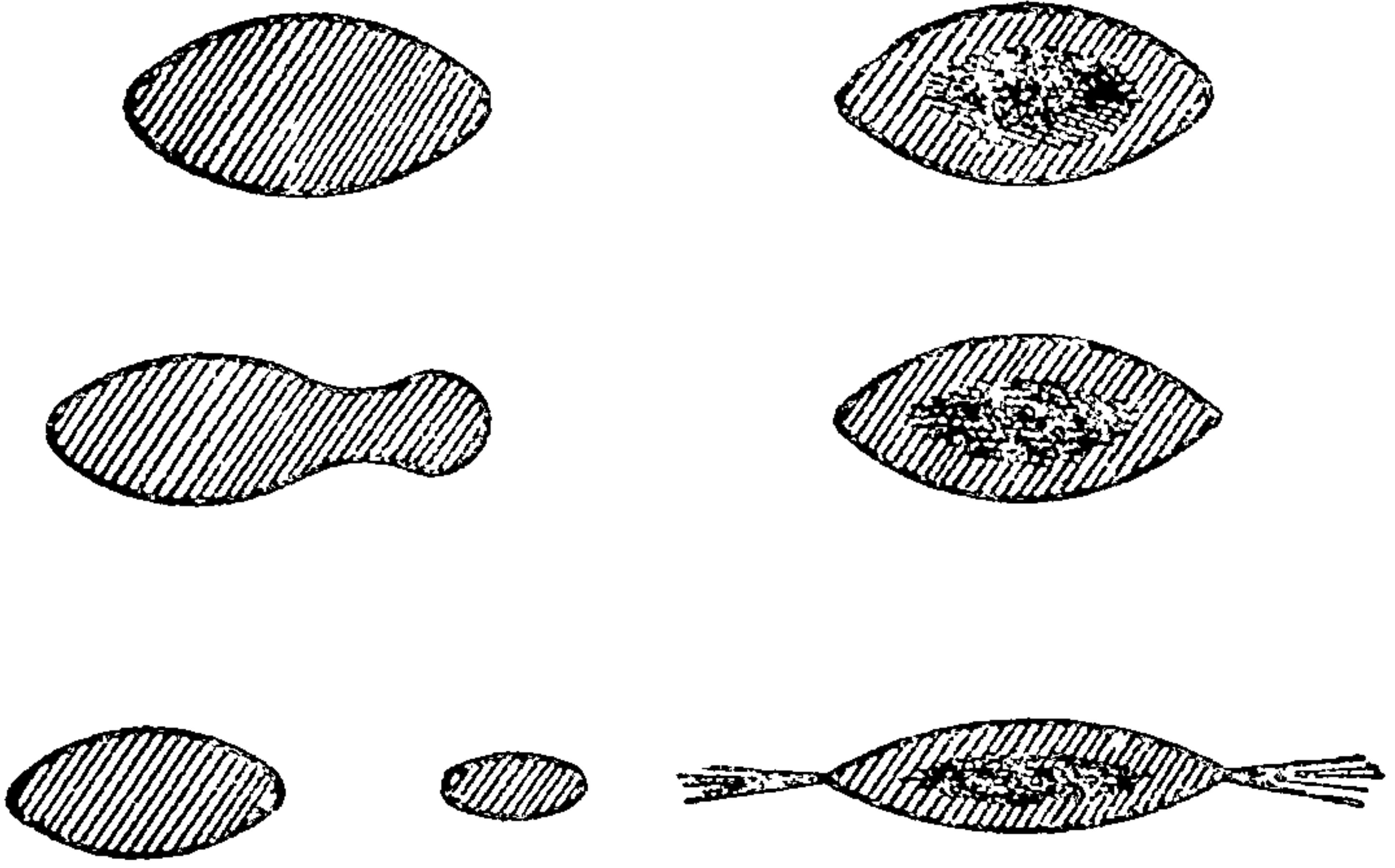
सध्या जी आपल्या ज्ञानाची मर्यादा आहे त्यावरून या अशा तारकांचे उत्क्रांतिपूर्ण भवितव्य काय आहे हे सांगणे कठीण आहे. विशेषतः त्यांचे वेध घेऊन अजूनही, अशा दुकळीतील वस्तूची एकमेकांत देवाणघेवाण होऊन त्यातील अंतर कमी होते की अधिक होते हे निरीक्षणात आलेले नाही. जर दोहोंतील अंतर वाढत असेल तर त्या वस्तूचा फवारा हळूहळू कमी होत जाऊन पुढे नामशेष होत असावा. परंतु त्यांतील अंतर कमी होत

असेल तर दोन्ही तारका अखेरीस एकजीव होऊन त्यांतून एकच मोठी तारका बनत असावी.

अशा अनेकविध तारकांची निर्मिती कशी झाली असावी हे जरी विश्वोत्पत्तीच्या दृष्टीने महत्त्वाचे असले तरी त्या दृष्टीने बरेच संशोधन केले जाऊनही अजूनपर्यंत आपल्याला समाधानकारक वाटेल असा सिद्धान्त सापडलेला नाही, हे दुर्दैव आहे. बहुतकरून ही घटना, ज्या प्रारंभिक वस्तूतून तारका बनल्या त्या वस्तूला जी मोठी कोनीय गती मिळाली होती त्यातून निर्माण झाली असावी असा अंदाज आहे. याला पुरावा म्हणजे चक्राकार विश्वातील फाट्यात (तारका वसति क्रमांक १) अशा तारकांच्या दुकळीची संख्या त्यांच्या मध्यभागातील दुकळींच्या तारकांच्यापेक्षा (तारका वसति क्रमांक २) जास्त आढळते.

एखादी तारका फार झपाट्याने स्वतःभोवती फिरत असताना तिचे विच्छेदन होऊन त्यातून तारकांची दुकळ बनण्याची शक्यता तर्कशास्त्राला धरून संभवते. कारण जेव्हा एखादी नवीन बनलेली तारका लहानांत लहान होण्यासाठी संकुचित होऊ लागते तेव्हा तिची परिवलन गती आस्ते आस्ते वाढू लागते. आणि मग ती अशा विशिष्ट मर्यादेपर्यंत वाढते की, त्या वेळी तिचा केंद्रोत्सारक प्रेरक भलत्याच प्रमाणात वाढतो नि त्या तारकेची दोन शकले (एकमेकांना जोडलेली) होत असावीत. त्यापुढील तिच्या उत्क्रांतीचा इतिहास तिच्या दोन घटकांतील गुरुत्वाकर्षणावर ठरत असावा व त्यातून त्या दोहोंतील अंतर वाढत जात असावे. जोपर्यंत ते अंतर थोडे असते तोपर्यंत बिटालिराब्रदल जे आम्ही वर्णन केले तशी क्रिया घडत असावी. परंतु एकदा हे अंतर बरेच वाढले म्हणजे मात्र चंद्र व पृथ्वी या दोहोंत जसे भरतीओहोटीचे प्रेरक अस्तित्वात आढळतात व त्यांतून चंद्राचे पृथ्वीपासूनचे अंतर जसे वाढत राहते तसे घडत असावे.

या विच्छेदन सिद्धान्तातून तारकांच्या दुकळी बनत असल्यात या मतग्रणा-लीला जो विरोध आहे तो या कारणावरून आहे की, तारकांच्या वस्तूमध्ये घनतेची जी सर्वसाधारण वाटणी आढळते त्यावरून ते घडणे शक्य नाही असे वाटते. सर जेम्स जीन्स यांच्या मताने एखाद्या तारकेत मध्यापासून कडेपर्यंत जर एकच घनता असेल तरच झपाट्यात स्वअक्षाभोवती परिवलन करणाऱ्या तारकेतून दुकळ जन्मास येणे शक्य आहे. परंतु जर का तारकेच्या मध्यभागातच वस्तूचे अधिक केंद्रीकरण झाले असेल तर मात्र तिचे विभक्तीकरण निराळेच होऊ



आ. ३४ : एखाद्या स्वअक्षाभोवती परिवलन करणाऱ्या तारकेवर कशी घटना घडते ते वरील आकृतीवरून दिसेल. (डाव्या बाजूस) तारकेची घनता सर्व भागात एकच असेल तर काय होईल ते दर्शविले आहे तर तारकेच्या मध्यभागी अधिक घनता असल्यास काय होईल ते उजव्या बाजूस दाखविले आहे.

शकेल. तसे असेल तर त्या तारकेचा मध्यभागातील फुगवटा वाढून त्याच्या कडेतून फवाऱ्याप्रमाणे त्यातील वस्तूचा उद्रेक होईल. दोन्ही प्रकारांत काय फरक आहे तो आम्ही आ. ३४ मध्ये दाखविला आहे. सर्वसाधारण तारकांच्या मध्यभागात वस्तूचे केंद्रीकरण अधिक प्रमाणात आढळते. तारकांच्या मध्यभागातून फवाऱ्याप्रमाणे वस्तू उत्सर्जित होत असलेली उदाहरणे देखील प्रत्यक्षात पुष्कळदा आढळतात. म्हणूनच तारकेचे विच्छेदन होऊन त्यातून तारकांची दुकळ बनते, हा सिद्धान्त फारसा मान्य होण्यासारखा नाही.

परंतु सध्या जी तारकांची माहिती आपल्याला आहे ती, ज्या तारका पूर्वीच बनल्या आणि स्वतःच्या वस्तूची घनता सर्वसाधारणपणे सारखी करण्यासाठी ज्यांना भरपूर वेळ मिळाला त्यांच्या निरीक्षणावरून मिळालेली आहे. परंतु जेव्हा विखुरलेल्या वायुस्थितीतून गुठळी बनून त्यातून तारका बनते त्या वेळी लगेच तिच्या वस्तूची घनता सर्व भागात कशी वाटली जाते त्याची आपल्याला काहीच माहिती मिळालेली नाही.

अशा तारकेला जरी मोठ्या प्रमाणात परिवलन गती मिळावी इतकी जरी ती संकुचित झाली असली तरी तिची घनता सर्वसाधारणपणे सर्व भागात सारखी राहणे शक्य आहे. अशा स्थितीत तिचे विच्छेदन होऊन तिचे दोन भाग पडणे सहज संभवते.

तारकांच्या दुकली काय किंवा विश्वाच्या उत्पत्तीचे दुसरे प्रश्न काय यांच्या समस्या सहजासहजी सुटत नाहीत. याचे कारण म्हणजे त्यातील क्रिया हल्लीच्या काळात घडत नसून त्या फार पूर्वीच घडून गेल्या आहेत हे होय. साहजिकच आपल्याला या क्रिया कशा घडतात हे पाहावयाची संधी कधी मिळतच नाही नि मग काही महत्त्वाचे जे धागेदोरे आपल्याला त्यासाठी हवे असतात ते मिळत नाहीत. बरे, एखादी गणितीय कृती करून त्यातून मार्ग काढावा तर ती इतकी क्लिष्ट असते की, ती आपल्या आवाक्याबाहेर जाते. परंतु आत नवीन इलेक्ट्रॉनिक गणितज्ञ जे निघाले आहेत त्यांतून मात्र हे अवघड कार्य जमू शकेल. कारण शाळेतील मुलांना बीजगणित जेवढे सोपे वाटून ते झटपट त्यातील उदाहरणे सोडवितात तेवढ्या सोप्या रीतीने ही वहगतीकाची (हायड्रोडायनॅमिकल) उदाहरणे या यंत्रांनी सोडविली जातात. हे झाल्यानंतर मग काही तारका दुकलीनी किंवा अनेकविध तऱ्हेने का बनल्या व काही तारका एकएकट्या राहून त्यांना ग्रहमाला कशा बनल्या याचे उत्तर सापडू शकेल.

न्युक्लिअर शक्तीचे उगम

मूलभूत विश्वात गुठळ्या बनून त्यातून जेव्हा तारका बनल्या तेव्हा त्या तारका म्हणजे साधारण तप्त असे केवळ महान गोल होते. परंतु पुढे गुरुत्वसंकोचातून त्या तारका आतून तापू लागल्या व मग गुरुत्वशक्ती त्यातून उत्सर्जित होऊ लागली. त्यामुळे आरक्तावस्थेतील कमी दीप्तीपासून पांढऱ्या शुभ्र (अधिक दीप्तीच्या) तारकेची सर्व स्वरूपे त्यांतून आस्ते आस्ते दिसू लागली. तारकांचे जे गुणधर्म असतात ते विशद करण्यासाठी नेहमी हर्श्लबर्ग-रसेल आराखड्यांचा बहुतेक उपयोग केला जातो. तारकांच्या पृष्ठभागावरील निरनिराळ्या तपमानांना दिसणारे रंग एका अक्षावर व तारकांची दीप्ती दुसऱ्या अक्षावर घेऊन हे आराखडे काढले जातात. आराखड्यांत प्रत्येक तारकेची संकोचातून होणारी उत्क्रांती उजव्या बाजूच्या कोपऱ्यातून डाव्या बाजूच्या कोपऱ्यात वर जाणाऱ्या सरळ रेषेने दाखविली जाते.

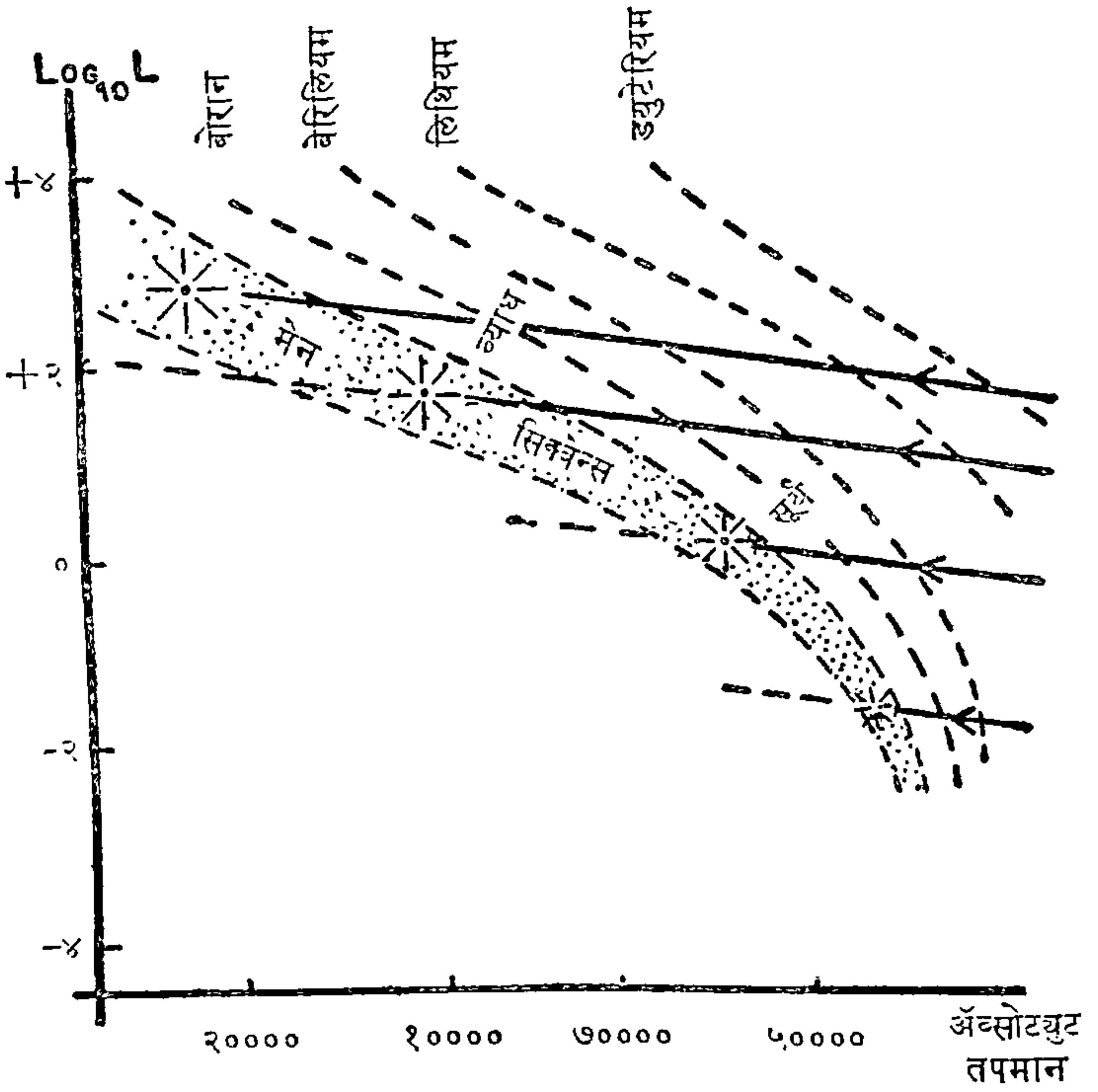
जेव्हा एखादी तारका गुरुत्वाने संकोच पावू लागते तेव्हा तिचे तपमान व दीप्ती ही सतत वाढत जातात. उदाहरणार्थ, सूर्य तारकेची आजची अवस्था ही तिच्या उत्क्रांतीतील केवळ एक अस्थिर अवस्था आहे असे जर असेल तर कालांतराने ती जसजशी संकोच पावत राहिल तसतशी तिची दीप्ती दर कोटी वर्षांनी पूर्वीच्या दुप्पट होत राहिल. साहजिकच १ कोटी वर्षांपूर्वी सूर्याकडून जे किरण पृथ्वीवर येत असत त्यामुळे पृथ्वीवरचे तपमान बर्फबिंदूच्याही खाली असावे. [स्टिफन बोल्ट्झमनच्या सूत्राप्रमाणे पृथ्वीवरचे तपमान (अॅब्सोल्यूट) हे सौरदीप्तीच्या चतुर्थमूलाप्रमाणे बदलते. सध्या पृथ्वीवरचे तपमान २७° सेंटिग्रेड किंवा ३००° अॅब्सोल्यूट असे धरले तर सध्याच्या निम्न्याने जेव्हा सूर्याचे प्रारण

पृथ्वीवर पडत होते तेव्हाचे तपमान $\frac{300}{(2)^{1/4}} = \frac{300}{1.2} = 250^\circ$ अॅब्सोल्यूट

एवढे भरते म्हणजे बर्फबिंदूहूनही ते खूपच कमी भरते.] अर्थात हे जर खरे असेल तर फार पूर्वी, पृथ्वीवर चहूकडे मोठे बर्फमय विभागच असावेत आणि ते विभाग आता नुकतेच बहुतेक वितळून नाहीसे झाले असावेत असे अनुमान निघते.

परंतु अवशेष विज्ञानशास्त्रातून जो पुरावा उपलब्ध आहे त्यावरून पृथ्वीवरचे तपमान गेली १ अब्ज वर्षे सध्याच्या इतकेच आहे असा पुरावा सापडतो. आणि त्यामुळेच त्या काळातही पृथ्वीवरील सृष्टी आजच्याप्रमाणे वाढू शकली असावी असे दिसते. म्हणजे त्यावरून, आपला सूर्य व त्याचप्रमाणे कदाचित इतरही तारकांच्या उदरात दुसरी कोणती तरी शक्ती उपलब्ध असावी की, ज्यामुळे त्यांचे तपमान दीर्घकाळपर्यंत एकाच अवस्थेत राहणे शक्य झाले असावे. एकदा हे मान्य केले की मग ही जी दुसरी शक्ती आहे ती न्युक्लिअर शक्ती असावी हेही आपोआप मान्य करावे लागते. तारकांच्या उदरात जी अमाप उष्णता आहे त्यामुळे अणुकेंद्राचे परिवर्तन करणारी न्युक्लिअर शक्ती तेथे उपलब्ध होणे शक्य होते. जेव्हा एखाद्या अणुविक्रियेसाठी लागणारे तपमान तारकेच्या उदरात उद्भवते तेव्हा जी न्युक्लिअर शक्ती उपलब्ध होऊ लागते त्यातून तारकेचा गुरुत्वसंकोच काही काळ थांबतो. पुढे न्युक्लिअर शक्तीचा पुरवठा जेव्हा संपतो तेव्हा तारकेचा संकोच पुन्हा सुरू होतो.

हर्श्लबर्ग-रसेल आराखड्यावरून सध्या अस्तित्वात असलेल्यांपैकी पुष्कळशा तारका मेनसिक्वेसच्या पट्ट्यावर असलेल्या आढळतात. तेव्हा निरनिराळ्या



आ. ३५ : हर्त्सबर्ग-रसेलच्या आराखड्यावरील मेनसिकवेन्स. संकोचातून होणाऱ्या उत्क्रांतीचा मार्गपथ व हलक्या मूलघटकांच्या अणुविक्रियातून उद्भवणारी स्थिरावस्था.

वस्तुमानांच्या अशा तारकांवर न्युक्लिअर शक्तीचा प्रादुर्भाव केव्हा होऊ लागतो हे कळण्यासाठी या अनुक्रमाचा आपल्याला निश्चित उपयोग होऊ शकतो. म्हणूनच गुरुत्वसंकोच स्थगित करण्यासाठी कोणती आणवीय विक्रिया कारणीभूत होत असावी हे कळण्यासाठी मेनसिकवेन्सवरील तारकेत कोणती भौतिक परिस्थिती असते ते काढणे जरूर पडते. ब्रिटिश ज्योतिर्विद सर आर्थर एडिंग्टन यांनी व त्यांच्या अनुयायांनी जो सिद्धान्त शोधून काढला आहे त्याप्रमाणे ही माहिती आपल्याला मिळू शकते.

प्रथमतः तारकांच्या उदरातील तपमान व दाब काढणे म्हणजे महाकर्म-कठीण आहे असे वाटते. परंतु प्रत्यक्षतः मात्र पायाखाली काही शेकडो मैलांवर असलेल्या पृथ्वीगोलाच्या केंद्रातील परिस्थिती काढण्यापेक्षा शेकडो प्रकाशवर्षे अंतरावरील तारकांच्या उदरातील भौतिक परिस्थिती शोधून काढणे सहजसोपे आहे असे अनुभवास येते. याचे कारण म्हणजे तारका या वायूने भरलेल्या असल्याने वायुसिद्धान्तावरून त्यांची भौतिक परिस्थिती अजमावणे जितके सोपे जाते तितकीच पृथ्वी ही घन व द्रवावस्थेत असल्याने तिची परिस्थिती काढणे अवघड जाते.

तारकेच्या उदरात असलेली वायुरूप वस्तू ही गुणधर्माने हवेपेक्षाही साधी आहे. तिचे तपमान फार असल्याने तिच्या अणूतील अणुकेंद्र व इलेक्ट्रॉन्स हे एकमेकांपासून विभक्त झालेले असतात. आपल्या सध्याच्या अणुवास्तवशास्त्रातील प्रगतीमुळे अशा वायूचे गुणधर्म काय असावेत त्याबद्दल आपण निश्चित अचूकतेने सांगू शकतो. इतकेच नाही तर तिच्या यांत्रिक, प्रकाशीय व विद्युत्गुणधर्माबद्दलची सूत्रेदेखील मांडू शकतो. ही सूत्रे एकदा कळली की मग तारकेच्या पृष्ठभागावर जी वस्तुस्थिती आढळते ती गृहीत धरून एखाद्या योग्य अशा गणितीय कृत्यातून तारकेच्या उदरातील खोल थरामध्ये काय परिस्थिती असेल त्याचे उत्तर आपण काढू शकतो आणि अशा तऱ्हेने तारकेच्या गाभ्यातील तपमान, दाब व घनता यांचा अंदाज काढू शकतो. सूर्याबद्दल प्रथमतः हे अंदाज काढले गेले आणि त्यावरून सूर्याच्या केंद्रभागातील तपमान दोन कोटी अंश असावे व तेथील घनता पाण्याच्या १०० पट असावी असे सापडले. [इतक्या उच्च घनतेची वस्तू वायुस्वरूपात आहे असे आम्ही म्हटले म्हणून वाचकांनी आश्चर्यचकित होऊ नये. जेव्हा एखाद्या वस्तूच्या कणांच्यापेक्षां त्यातील दोन कणांतील अंतर अधिक असते तेव्हा ती वायुअवस्थेतच असते. तारकेच्या उदरातील वस्तूच्या अणूंतून अणुकेंद्र व इलेक्ट्रॉन्सची निर्मिती होत असते नि हे कण अत्यंत क्षुद्र आकाराचे असतात. त्यामुळे उच्च घनतेलादेखील ती वस्तू वायुरूपातच राहते.] मेनसिक्वेन्सवरील तारकांच्या बाबतीत सूर्याबद्दलचे अंदाज वापरून एडिंग्टनला असे आढळले की, अशा तारकांपैकी आपण एखादी मंद तारका घेतली काय किंवा तेजस्वी तारका घेतली काय, तिच्या गाभ्यातील तपमान २ कोटी अंशांच्या आसपासच साधारणपणे असते. अर्थात

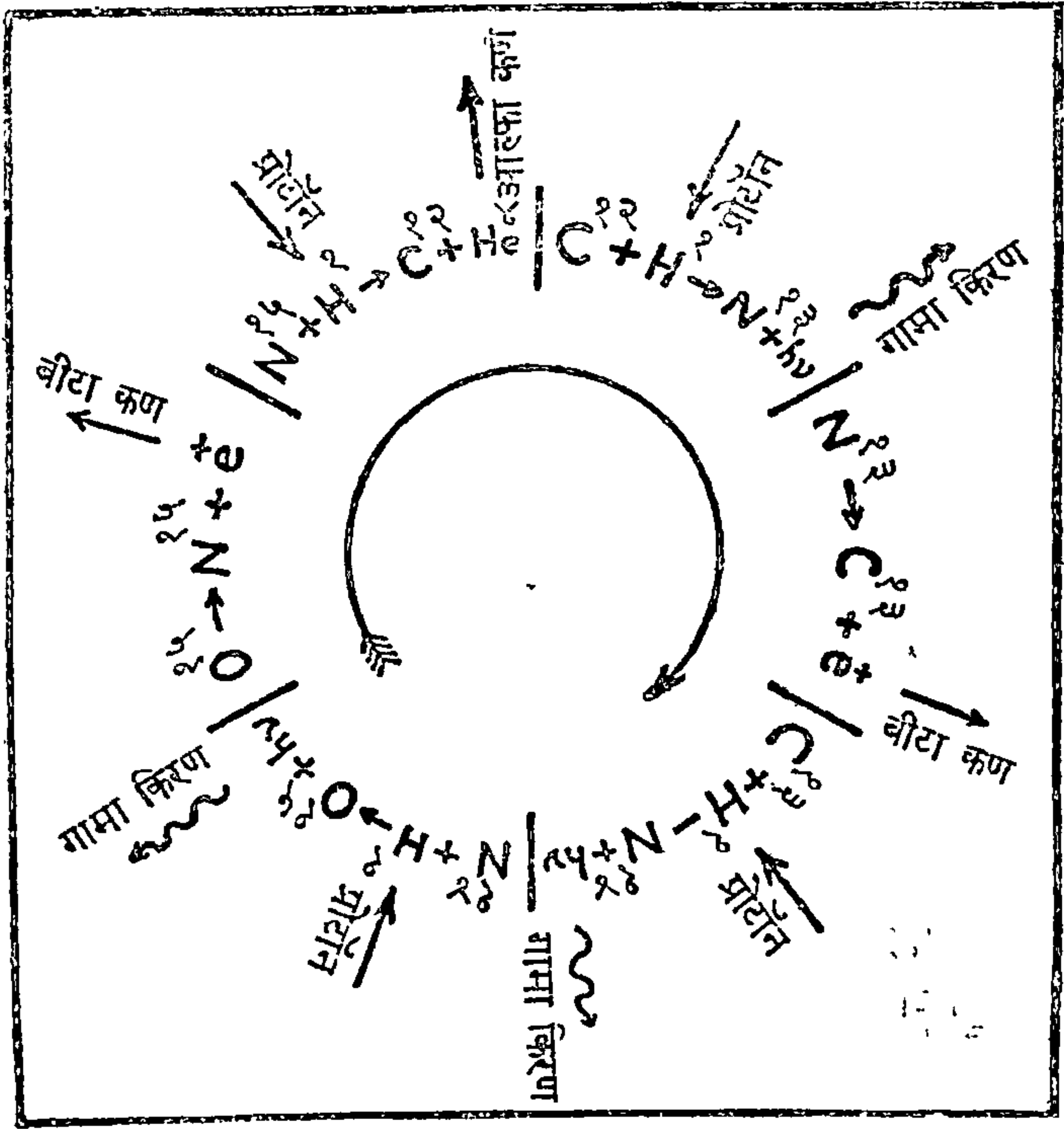
मंद तारका व तेजस्वी तारका यांच्यांत फरक असतो. नाही असे नाही. पण तो फारच थोडा असतो. तेव्हा तात्पर्य काय की, अशा तारकांचे जे २ कोटी अंश तपमान असते त्यामुळेच त्यांच्या उदरातील अणुविक्रियेला बहुतेक प्रारंभ होत असावा.

ही अणुविक्रिया कशी होते आणि त्यात भाग घेणाऱ्या रासायनिक मूलघटकांची तन्हा कोणती असते हे पाहण्यासाठी आपल्याला न्युक्लिअर वास्तवशास्त्रातील प्रायोगिक व सैद्धान्तिक अशी जी अवलोकने आहेत ती विचारात घेणे आवश्यक आहे.

कुठल्याही दोन अणुकेंद्रांत त्यावरील समान तन्हेच्या विद्युच्चयामुळे विरोध असतो व त्यावर मात करून जेव्हा ते एकमेकांजवळ येतात तेव्हाच त्यांच्यांत आणवीय विक्रिया घडते. अणुभंग करणारी यंत्रे जी आधुनिक प्रयोगशाळांतून बापरतात त्यांत उच्च तीव्रतेच्या विद्युत्चुंबकीय क्षेत्राच्या साहाय्याने अणुकणांना प्रवेगीत केले जाते. तारकांवरील उच्च तपमानामुळे तेथील अणुकण प्रवेगीत होऊन त्यांतून अणुविक्रिया घडतात. ३० वर्षांपूर्वी इ. यु. कॉडन व आर. गुर्ने यांनी जोडीने संशोधन करून व प्रस्तुत लेखकाने स्वतंत्रपणे संशोधन करून अणुविक्रियांचा जो क्वांटमसिद्धान्त बनविला त्याप्रमाणे निरनिराळ्या मूलघटकांत भिन्न भिन्न घनतेला व तपमानाला किती वेगाने अणुविक्रिया साध्य होत जाते ते काढता येते. १९२९ मध्ये आर. ऑर्टकन्सन व एफ. हाउटरमान्स यांनी अशा तन्हेची गणितीय कृती करून पाहिली. त्यांनी त्यावरून असे दाखवून दिले की, सूर्याच्या उदरात त्याला प्रत्यक्ष मिळते तेवढी अणुशक्ती उपलब्ध होण्यासाठी हायड्रोजन आणि हलक्या अणुभारांचे अणुकेंद्र यांतील विक्रियाच फक्त उपयुक्त होत असावी.

परंतु त्या वेळी निरनिराळ्या आणवीय विक्रियांच्याबद्दलचे ज्ञान अगदीच बाल्यावस्थेत होते आणि त्यामुळे त्यानंतर १० वर्षांनी सूर्यावरील आणवीय विक्रियांचे तपशीलवार स्पष्टीकरण देणे शक्य झाले.

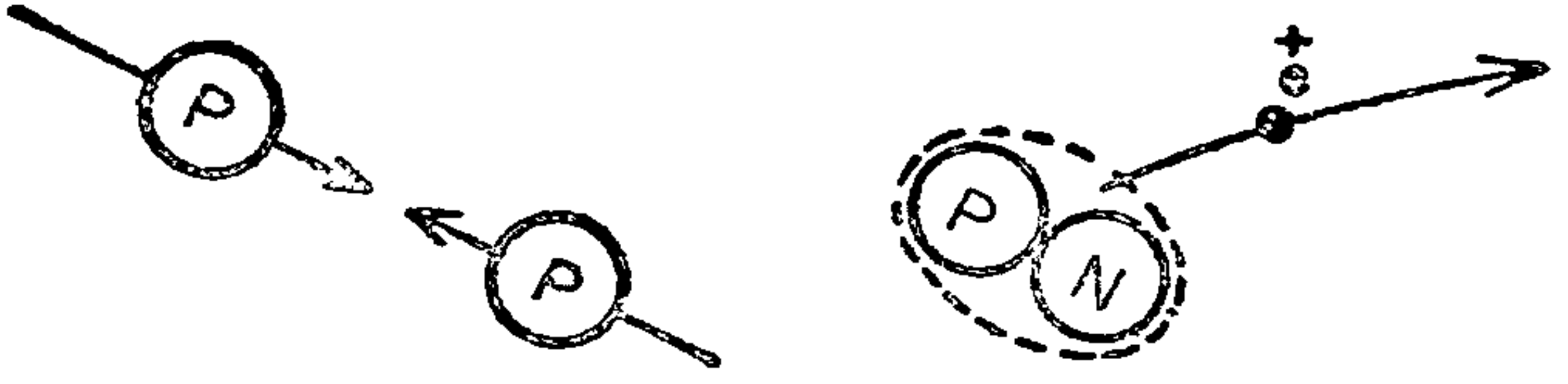
त्यावरून आता असे स्पष्ट झाले आहे की, ज्या पद्धतीने सूर्यावरील अणुशक्ती उपलब्ध होते ती 'कार्बन सायकल' या नावाने ओळखली जाणारी अनेक क्रमवार आणवीय विक्रियांची एक साखळीच आहे. ही आणवीय विक्रियांची साखळी १९३८ मध्ये एच. बेथे आणि कार्ल फॉन वैझाकर यांनी स्वतंत्रपणे प्रथम दाखवून दिली. कार्बन व नायट्रोजन



आ. ३६ : सूर्याच्या उदरातील शक्तीची निर्मिती दाखवणारी चक्रीय आणवीय विक्रिया

यांच्या मध्यस्थीने हायड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर होण्याचे या विक्रियेतून जमू शकते.

या विक्रियेला मदत करणारी अशी दुसरीही एक आणवीय विक्रिया असून (आ. ३७) कोणत्याही मूलघटकाची मध्यस्थ म्हणून मदत न घेता ती विक्रिया पार पडू शकते असे सी. क्रिश्चिफल्ड याने दाखवून दिले. सूर्यावरील ८५ टक्के अणुशक्ती कार्बन सायकलमधून निर्मित होत असावी व उरलेली १५ टक्के अणुशक्ती क्रिश्चिफल्डने दर्शविलेल्या पद्धतीतून उपलब्ध होत असावी असा तर्क आहे. या दोन्ही विक्रिया तपमानावर अवलंबून असल्याने तारकांचे वस्तुमान



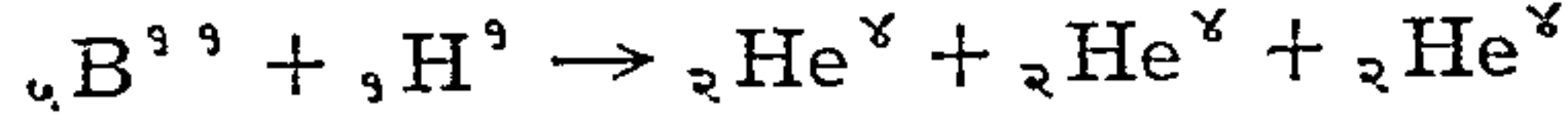
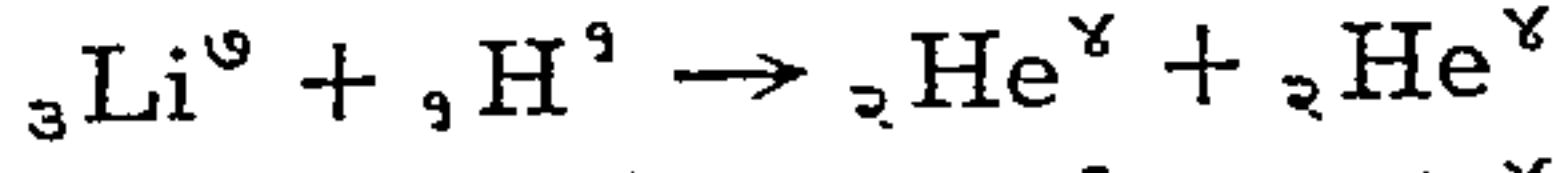
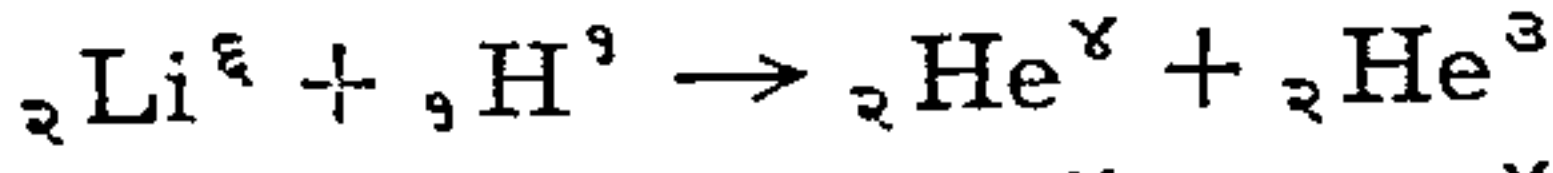
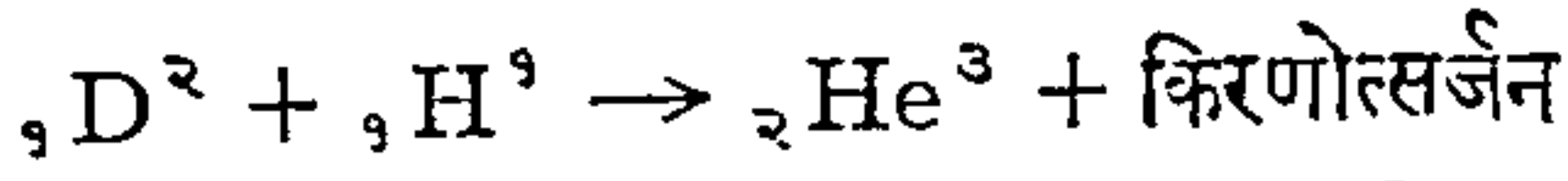
आ. ३७ : क्रिश्चिफल्डची हायड्रोजन अणूतील विक्रिया

व दीप्ती या प्रमाणे निरनिराळ्या तारकांच्या बाबतीत त्यांचे महत्त्व निरनिराळे असते. उदाहरणार्थ, आपल्या सूर्याहून अधिक तेजस्वी अशी जी व्याधाची तारका आहे ती सर्वस्वी कार्बन सायकलवर अवलंबून आहे तर सूर्यतारकेहून फार मंद अशा तारका संपूर्णपणे क्रिश्चिफल्डच्या H-H अणुविक्रियेवर अवलंबून असतात.

या दोन्ही विक्रिया हायड्रोजनवर अवलंबून असल्या तरी तारकेचा अर्ध्याहून अधिक भाग हायड्रोजनने भरलेला असल्याने तारकांना ती अणुशक्ती दीर्घकाळपर्यंत मिळत राहते. तारकेच्या हायड्रोजनचे अगदी आस्ते आस्ते हेलियममध्ये रूपांतर होत असल्याने तारकेची त्रिज्या, दीप्ती व पृष्ठभागाचे तपमान हे सर्व जवळजवळ स्थिरच राहतात आणि जेव्हा हायड्रोजनचे प्रमाण अत्यंत कमी होते तेव्हाच त्यात फरक होतो.

जेव्हा हायड्रोजन संपुष्टात येतो तेव्हा तारकेचे अखेरचे आकुंचन सुरू होते. पण तारकेच्या अखेरच्या अवस्थेचे वर्णन करण्यापूर्वी आणखी अन्य आणवीय विक्रियाबद्दल थोडासा उल्लेख करणे योग्य ठरेल.

तारकेच्या प्रारंभिक गुरुत्वसंकोचाच्या सुमाराला आणखीही काही आणवीय विक्रिया अपेक्षित असतात असे प्रस्तुत लेखकाने एडवर्ड टेलरच्या बरोबर संशोधन करून काही वर्षांपूर्वी दाखवून दिले आहे. हलक्या मूलघटकांच्या सर्व आणवीय विक्रियांची यादी जर आपण चाळली तर ज्यांची सुरवात कार्बन सायकल किंवा हायड्रोजन-हेलियम आणवीय विक्रियेचा प्रारंभ होण्यापूर्वीच्या तपमानाला होऊ शकते, अशा सहा आणवीय विक्रिया आढळतात. ड्युटेरियम, लिथियम, बेरिलियम व बोरॉन हे मूलघटक हायड्रोजनशी संयुक्त होताना घडणाऱ्या या विक्रिया आहेत. त्या पुढे दिल्या आहेत.



या सर्व आणवीय विक्रियांचा प्रारंभ १० लक्षापासून ७० लक्ष तपमानापर्यंत होतो. कार्बन सायकल आणि या विक्रिया यांत मुख्य फरक हा आहे की, कार्बन सायकलमध्ये कार्बन-नायट्रोजन हे मध्यस्थी घटक अखेरपर्यंत जसे शाबूत राहतात तसे या विक्रियांत होत नाही; आणि ड्युटेरियम, लिथियम, बेरिलियम व बोरॉन हे मूलघटक फारच थोड्या प्रमाणात असल्याने ते कालांतराने संपून जातात व त्यामुळे अशा विक्रियांतून तारकांच्या संकोचाला जो पायबंद बसलेला असतो तो अल्पकाळपर्यंतच ठरतो.

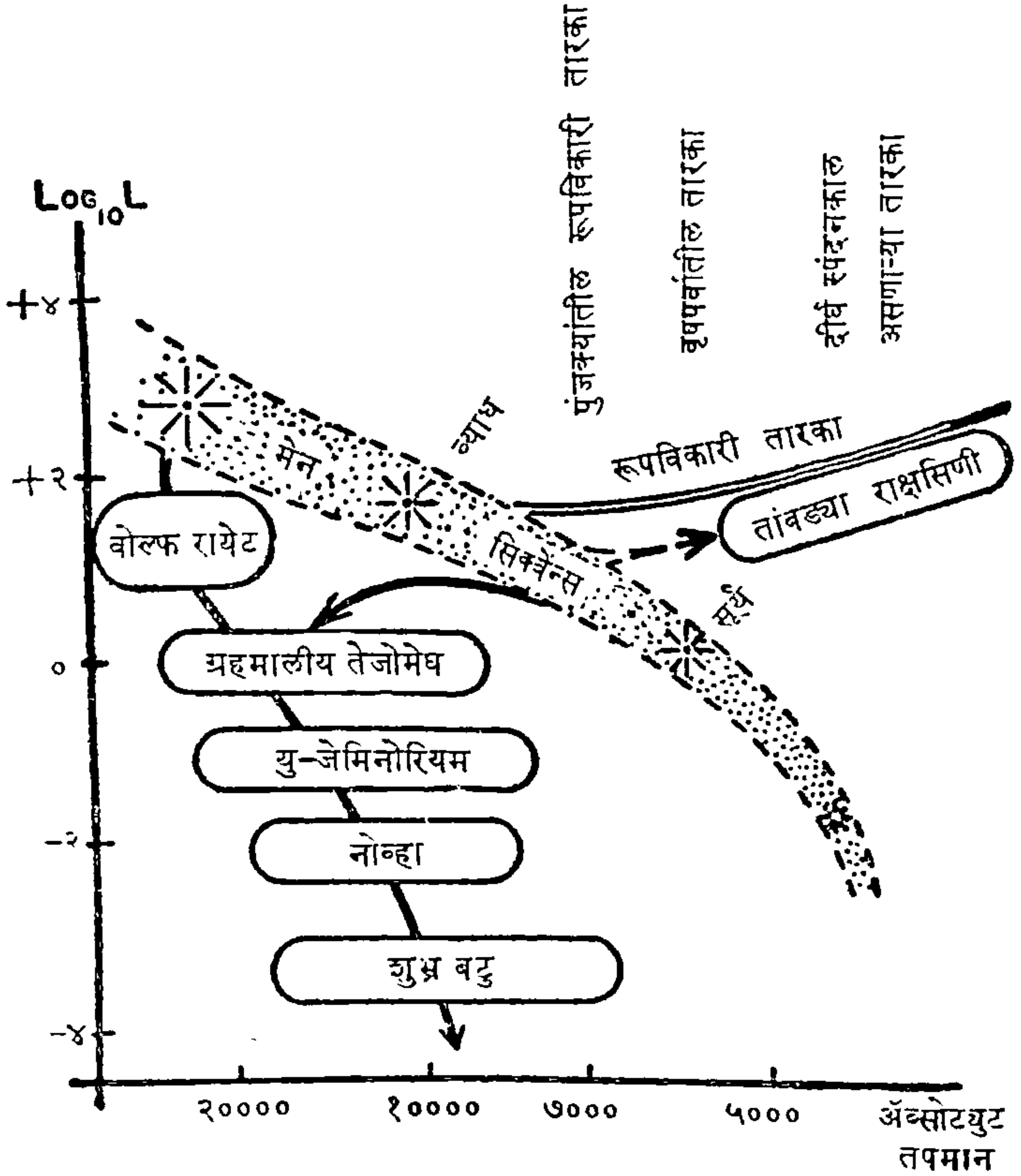
तारकांच्या आयुष्यक्रमात होणारा त्यांचा संकोच वरील आणवीय क्रियांनी काही काळ जो स्थगित होतो तो काळ जर हर्झबर्ग-रसेल आराखड्यावर निर्देशित केला तर मेनसिक्वेन्सवरील समांतर असलेल्या ठिपक्यांनी दाखविलेल्या रेषांवर ते बिंदू जमा होतात (आ. ३५ वर पाहा). परंतु या क्षेत्रात तारकांची संख्या केवळ थोडीच असल्याने असा बिंदूचा जमाव तेथे आढळणे कठीणच होते. तारकांची या अवस्थेतील संख्या फार छोटी आहे. कारण आपल्या विश्वातील पुष्कळशा तारका या त्यांच्या तारुण्यावस्थेतून काही अब्ज वर्षांपूर्वीच निघून गेल्या आहेत नि नवीन तारका बनण्याची संधी आता इतकी क्वचित आढळते की, त्यामुळे संख्याशास्त्राचे नियम लावण्याइतपत तारकांचा आकडा तेथे आढळतच नाही. निदान आतापर्यंत तरी तसे करणे काही जमू शकले नाही.

वृद्धावस्थेतील तारका

आता ज्या काळात तारकेचा हायड्रोजन संपुष्टात आलेला आहे अशा तारकेच्या अखेरच्या अवस्थेचा विचार करू या. ज्या तारकांचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या चौपट किंवा पाचपट आहे अशा तारकांचा हायड्रोजन एव्हाना संपुष्टात आल्याने त्या सध्या अखेरच्या अवस्थेत असतील असे आम्ही पहिल्या प्रकरणात म्हटलेच आहे.

हर्शबर्ग-रसेल आराखड्यात वृद्ध तारकांचा जो पट्टा आहे तो मुख्यतः व्याधाच्या तारकेच्या तेथे मेनसिकेन्सला छेदतो असे दिसून येईल. अनपेक्षित अशा घटना दर्शविणारा असा तो पट्टा आहे.

मेनसिकेन्सच्या उजव्या बाजूला तांबड्या राक्षसिणी म्हणून काही तारका आहेत. त्यांचा व्यास फार मोठा असून मेनसिकेन्सवरील तारकांच्या मानाने



आ. ३८ : हर्शबर्ग-रसेल आराखड्यावरील वृद्धावस्थेस पोचणाऱ्या तारकांचा पट्टा

त्यांची घनता व त्यांच्या पृष्ठभागावरील तपमान फारच अल्प आढळते. त्यांतील काही तारका या सकृत्दर्शनी अस्थिर अवस्थेत असाव्यात असे वाटते. कारण त्यांची शरीरे मध्येच सुजतात तर मध्येच कृश होतात नि अशा तऱ्हेने त्यांची स्पंदने होतात. त्यावरून त्यांना रूपविकारी तारका असे म्हणतात. मेनसिकेन्स-पासून जसजसे आपण दूर जाऊ तसतसा त्याचा स्पंदनकाल वाढतो. याउलट, काही तासांपासून एका दिवसाच्या मुदतीचा स्पंदनकाल 'पुंजक्यांतील रूपविकारी' तारकांच्या बाबतीत आढळतो. तारका वसति क्रमांक २ मध्ये जे तारकांचे गोलाकार पुंजके आढळतात त्यांत या रूपविकारी तारका दृष्टीस पडत असल्याने त्यांना 'पुंजक्यातील रूपविकारी तारका' असे नाव दिले गेले. वृषपर्वातील (सेफाइड) रूपविकारी तारका ज्या आहेत त्या तारका वसति क्रमांक १ मध्ये असून त्यांचा स्पंदनकाल काही दिवसांपासून कित्येक महिन्यांपर्यंत असलेला आढळतो. अखेरीस अशाही काही रूपविकारी तारका आहेत की, त्यांचा स्पंदनकाल कित्येक वर्षांपर्यंत लांबलेला दिसतो.

मेनसिकेन्सच्या डाव्या बाजूला संकोचित झालेल्या अशा काही तारका असून त्यांचे पृष्ठभागावरील तपमान इतके वाढलेले आढळते की, (लक्षावधी अंशांपर्यंत) त्यांच्या बाह्य थरांतील वायू त्यांच्या प्रारणदात्रामुळे सतत त्यांना सोडून निघूनच जात असतो. अशा तारकासमूहात वुल्फ-रायेट तारका (ज्या दोन संशोधकांनी त्या शोधून काढल्या त्यांच्या नांवावरून) ज्या आहेत त्यांचा वायू प्रतिसेकंदाला ३००० किलोमीटर्स वेगाने अंतराळात उत्सर्जित होत असतो. या वेगाने त्यांच्यावरील वस्तू जर उत्सर्जित होत राहिली तर काही कोटी वर्षांनंतर त्या तारका अस्तित्वात राहतील की नाही याची शंकाच आहे.

'ग्रहमालीय तेजोमेघ' (प्लॅनेटरी नेब्युला) जे आहेत त्यांच्या केंद्रातील वस्तू त्यामानाने कमी वेगाने उत्सर्जित होत असते. (ग्रहमालीय हे त्यांचे नाव चूक आहे. कारण त्यात प्रत्यक्षतः ग्रहमाला काहीच बनलेल्या नसतात. परंतु दुर्बिणीतून ज्याप्रमाणे ग्रहमालेचे दृश्य तबकडीसारखे दिसते तसेच दृश्य, त्यातून जी वस्तू उत्सर्जित होते तिचे दिसते.) या तारकांच्यावरून उत्सर्जित होणारी वस्तू प्रतिसेकंदाला १०-२० किलोमीटर एवढ्या कमी वेगाने उत्सर्जित होते. तेजोमेघाच्या केंद्रस्थानी असलेल्या तारकेकडून जे नीलातीत असे किरण बाहेर पडतात ते त्या उत्सर्जित वस्तूवर पडून ती अनुस्फुरित होते व मग दुर्बिणीतून ती दिसणे शक्य होते (प्लेट VIII).

मेनसिक्वेन्सच्या डाव्या बाजूस दीतीचे प्रमाण कमी असलेल्या अशाही काही तारका आहेत की, ज्यांवर फार मोठे स्फोट वारंवार होतात. ज्याप्रमाणे निरनिराळ्या रूपविकारी तारकांच्या स्पंदनकालात मोठी तफावत आढळते त्याप्रमाणे या तारकांच्या लागोपाठ होणाऱ्या दोन स्फोटांच्या काळातही अशीच तफावत दिसते. त्यातील यु-जेमिनोरम तारका ज्या आहेत (ज्या संशोधकांच्या गटाने त्या शोधल्या त्या गटाच्या संशोधकांच्या नावांवरून हे नाव पडले.) त्यांचा प्रथम उल्लेख केला पाहिजे. कारण त्यांतील काही तारकांचा दर पंधरवड्याला स्फोट होतो तर काहींचा अनेक महिन्यांनी स्फोट होतो. कुकार्किन व पारेनागो यांना, अशा अधून मधून स्फोट पावणाऱ्या तारकांमध्ये एक विशेष लक्षण आढळले. हे लक्षण म्हणजे त्यांच्या स्फोटांची तीव्रता ही दोन लागोपाठ होणाऱ्या स्फोटांतील कालांतरावर अवलंबून असते हे होय. उदाहरणार्थ, A B ड्रॅकॉनीस ह्या तारकेचा साधारणपणे प्रत्येक पंधरवड्याला स्फोट होतो आणि दर स्फोटाच्या वेळी तिचे तेज तिच्या नेहमीच्या तेजाच्या १५ पट आढळते. यु-जेमिनोरम तारकेचा स्फोट ९७ दिवसांनंतर होतो व त्या वेळी तिचे तेज नेहमीच्या १०० पट होते. म्हणजे तिचा काळ जसा ७ पट अधिक आहे तसे तिचे तेजही ७ पट अधिक आहे. तेव्हा दोन लागोपाठ होणाऱ्या स्फोटांतील कालांतर व स्फोटाची तीव्रता यांत जे प्रमाण आहे त्यावरून स्फोटातून उत्सर्जित होणारी शक्ती स्थिर असावी असे वाटते. यावरून या भिन्न भिन्न प्रातिनिधिक तारकांच्यांत फक्त एकच फरक आढळतो व तो त्यांची साठविलेली अणुशक्ती उत्सर्जित होण्याच्या कालावर आधारलेला असतो. या तारकांचे वस्तुमान बहुतेक एकच असावे असे दिसते. सर्व थर्मोन्युक्लिअर विक्रिया ह्या तारकांच्या वस्तुमानावर अवलंबून असतात व त्यामुळे त्यांचे तपमान कळून येते. म्हणजे निरनिराळ्या वस्तुमानाच्या तारकांतून एकाच प्रमाणात शक्ती उत्सर्जित होणे अशक्यच आहे.

हे जर खरे असेल तर निरनिराळ्या स्फोट-काळांच्या यु-जेमिनोरम तारका म्हणजे उत्क्रांतीतून निर्माण होणाऱ्या एकाच तारकेच्या भिन्न भिन्न अवस्था असाव्यात असे म्हणता येईल. अशा तऱ्हेचे लक्षण, ज्या तारकांचा हायड्रोजनचा साठा संपला आहे त्यांच्या बाबतीत दिसून येणे शक्य कसे आहे ते पुढे दिसून येईलच.

यु-जेमिनोरम तारकांच्या जोडीला मधून मधून स्फोट पावणाऱ्या दुसऱ्याही काही तारका आहेत. त्यांचे स्फोट क्वचितच होतात. परंतु ते फारच जोराने

होतात. त्यांतील आर. एस. ओफियुची व युस्कॉर्पी या दोन तारका ३०-४० वर्षांनी स्फोट पावत असतात. (पहिल्या तारकेच्या बाबतीत या घटनांची पुनरावृत्ती एकदा दिसली तर दुसऱ्या तारकेच्या बाबतीत दोनदा पुनरावृत्ती घडली.) अशा स्फोटांच्या वेळी त्यांचे तेज नेहमीच्या हजारो पटीने वाढते. त्यानंतर नोव्हांचा क्रम लागतो. या तारका केव्हा तरी एकदाच स्फोट पावतात व त्या वेळी त्यांची दीप्ती नेहमीच्या दीप्तीच्या लक्षावधी पटीने वाढते. अर्थात कुकार्किन—पारेनेगो यांच्या सूत्राप्रमाणे या तारकांच्या लागोपाठ होणाऱ्या दोन स्फोटांतील कालावधी १०००० वर्षांचा निघतो. प्लेट IX मध्ये, नोव्हांच्या स्फोटातून वायूचे प्रदीप्त असे आवरण कसे बाहेर पडते ते दाखविले आहे.

आणि अखेरीला सुपरनोव्हा तारकांचा जो स्फोट होतो त्यांचा क्रम लागतो. या स्फोटांच्या वेळी तारकेची दीप्ती अब्जावधी पटीने एकदम वाढते. आणि ज्या विश्वात ती असते त्यातील इतर सर्व तारकांच्या दीप्तीहून तिची दीप्ती अधिक असते. अर्थात सुपरनोव्हांचे स्फोट अगदी क्वचितच होतात. यु-जेमिनोरम तारकांचे स्फोट आपल्याला अनेकदा दिसतात. तसेच आपल्या विश्वात प्रतिवर्षी नोव्हांचे स्फोट एक डझन तरी घडतात. पण सुपरनोव्हांचा स्फोट ४०० वर्षांनी एकदा घडतो.

जगाच्या इतिहासात, बेथेलहेमच्या तारकेचा स्फोट हा पहिला नमूद केला गेलेला सुपरनोव्हाचा स्फोट होय. परंतु शास्त्रीय दृष्टीने अगदी अचूकपणे नोंदविलेला सुपरनोव्हाचा स्फोट इ. स. ४ जुलै (हो-अगदी ४ जुलै!) १०५४ रोजी नोंदविण्यात आला. त्या वेळी ज्या चिनी ज्योतिर्विदांनी तो स्फोट पाहिला त्यांनी तो आकाशात कुठल्या दिशेला झाला हे मांडून ठेवले असल्याने त्या दिशेने जर आपण पाहू लागलो तर क्रॅब तेजोमेघ आपल्या नजरेस पडतो (प्लेट X). अर्थात ते दृश्य ग्रहमालीय (प्लॅनेटरी) तेजोमेघाप्रमाणेच (प्लेट VIII) जरी दिसत असले किंवा साध्या नोव्हाप्रमाणे (प्लेट IV) दिसत असले तरी प्रत्यक्षतः तो स्फोट फार मोठा आहे. क्रॅब तेजोमेघातील सर्व वस्तूचे वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानाच्या ९ पट आहे. उलट साध्या नोव्हाच्या वेळी सूर्याच्या वस्तुमानाच्या काही टक्केच अधिक असे वस्तुमान आढळते. त्या वस्तूचा वेग प्रतिसेकंदाला ११११ किलोमीटर आढळतो. आपल्या विश्वात तरी एवढा वस्तूचा वेग सर्वांत मोठा आहे. क्रॅब तेजोमेघाच्या केंद्रात जी तारका आहे व जिच्या लघुतरंगांच्या

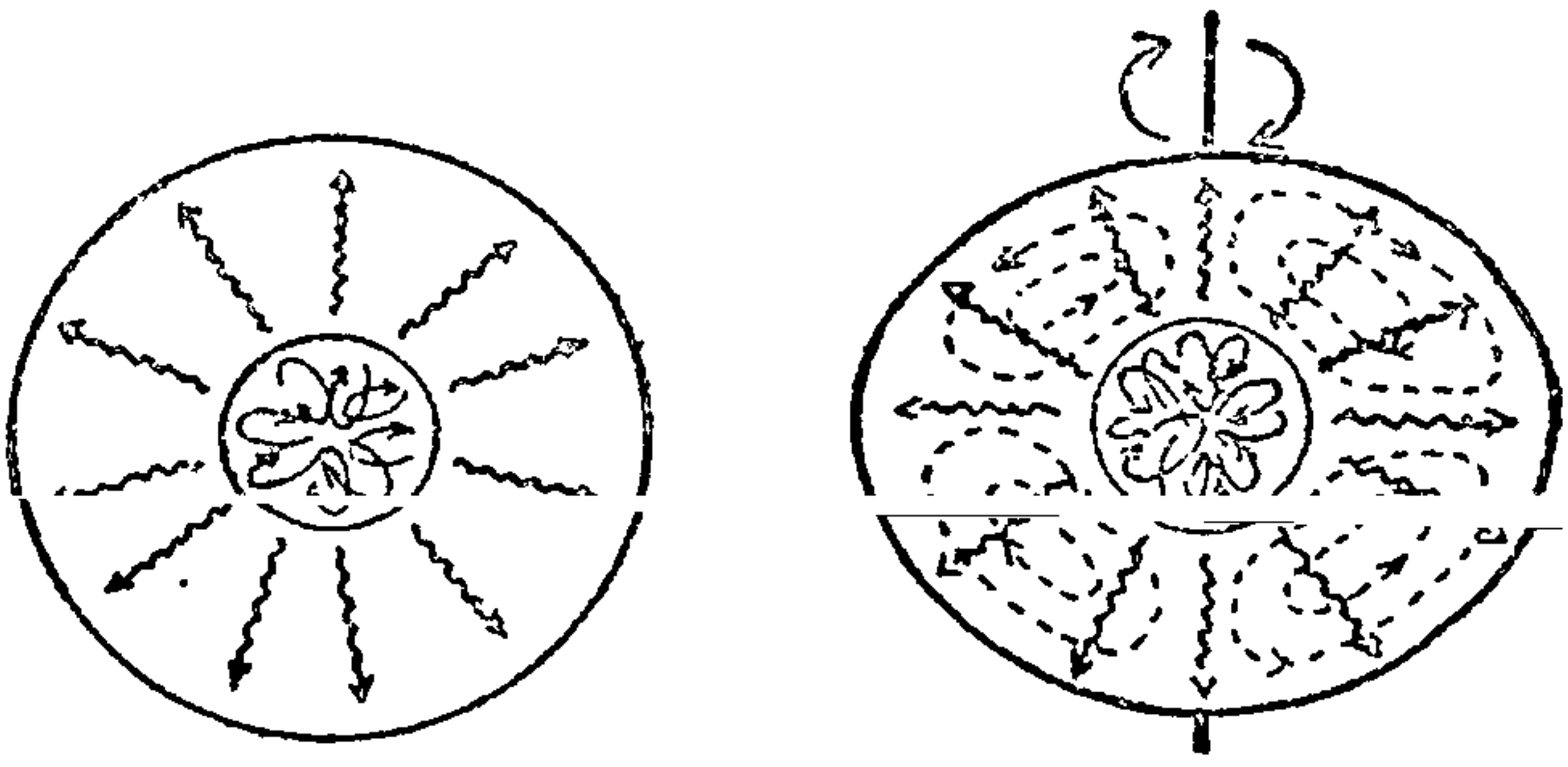
प्रकाशामुळे विस्तारणारी वस्तू अनुस्फुरित होऊन आपल्याला दिसते तिच्या पृष्ठभागाचे तपमान ५ लाख अंश सेंटिग्रेड असावे.

१०५४ सालाच्या या सुपरनोव्हानंतर आपल्या विश्वात आणखी दोन सुपरनोव्हाने स्फोट झाले. त्यांतील एक डॅनिश ज्योतिर्विद टायको याने १५७२ मध्ये पाहिला तर दुसरा स्फोट जोहान केप्लर (टायको ब्राहेचा विद्यार्थी) याने १६०४ मध्ये पाहिला. या दोन्ही तारकांचे स्फोट देखील १०५४ प्रमाणेच झाले असावेत. परंतु १०५४ च्या स्फोटातून बाहेर पडलेल्या घटकांतून जसे क्रॅब तेजोमेघाचे दृश्य दिसत आहे तसे मात्र यानंतरच्या स्फोटांतून बाहेर पडलेल्या घटकांतून दिसत नाही.

आपल्या विश्वात फक्त ४०० वर्षांनी एखादी सुपरनोव्हा तारका जरी दिसत असली तरी सुपरनोव्हाने दृश्य अंतराळात पाहण्यासाठी इतकी वर्षे मात्र थांबावे लागत नाही. कारण शेकडो विश्वे जी या विराटविश्वात आहेत त्यांतील सुपरनोव्हावर जर आपण दृष्टी ठेवली तर वर्षागणिक एक तरी सुपरनोव्हा आढळते. याप्रमाणे विल्सन पर्वतावरील वेधशाळेतील डॉ. वाल्टर बाडे आणि फ्रिट्झ झ्विकी यांनी जेव्हा आकाशाकडे नजर ठेवली तेव्हा त्यांना काही सुपरनोव्हाने उत्तम दृश्ये छायाचित्रित करता आली. सुपरनोव्हात कसकसे फरक पडतात ते प्लेट XI मध्ये पाहावयास मिळतील.

अंतराळातील या सर्व अस्थिर तारकांचा विचार केल्यावर, आता हायड्रोजन संपुष्टात येऊ लागल्यानंतर तारकेत वरीलप्रमाणे अस्थिरता कशी येते याकडे लक्ष देऊ या. तारकेच्या रचनेबद्दलचा सध्याचा सिद्धान्त पाहता तारकेच्या उदरात जेव्हा थर्मोन्युक्लियर विक्रियांतून अणुशक्ती उपलब्ध होते तेव्हा ती शक्ती तारकेच्या पृष्ठभागावर दोन तऱ्हेने येते तेव्हा तारकेच्या केंद्रभागातील (त्याचे वस्तुमान अवघे १० टक्के असते) व पृष्ठभागावरील तपमानात एवढा मोठा उतार असतो की, त्यामुळे केंद्रातील वायुरूपी वस्तू त्रिज्येच्या दिशेने (पृष्ठभागाकडे) सरकू लागते व त्यातून टर्ब्युलंट प्रवहण सुरू होते.

अर्थात ही विक्रिया फक्त तारकेच्या केंद्राभोवती जे १० टक्के वस्तुमान असते त्यातच आढळते. परंतु उरलेल्या ९० टक्के वस्तुमानातील वस्तूला कसलीच अशी गती नसते. त्यामुळे एखाद्या धातूच्या सळीत ज्याप्रमाणे एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकाकडे उष्णता वाहते त्याप्रमाणे या विभागात उष्णतेचे प्रक्रमण होते (आ. ३९ डावी बाजू पाहा).



आ. ३९ : स्वअक्षाभोवती परिवलन न करणाऱ्या तारकेतील प्रवहण प्रवाह (डावी बाजू) व उजव्या बाजूस स्वतःभोवती परिवलन करणाऱ्या तारकेतील प्रवहण प्रवाह.

जे टर्ब्युलंट प्रवाह प्रवहणातून निर्माण होतात त्यामुळे केंद्रांत नवीन हायड्रोजनचा साठा सारखा आणून ओतला जातो. आणि मग प्रवहणाचा विभाग हायड्रोजनविरहित होऊ लागतो. अर्थात तारकेच्या केंद्राभोवतालचा जो ९० टक्के विभाग असतो (ज्यात थर्मोन्युक्लियर विक्रिया होत नाही व उष्णतेचे प्रक्रमण होत असते) त्यातील हायड्रोजन मात्र जसाच्या तसा राहतो.

ज्या तारका स्वतःभोवती झपाट्याने परिवलन करीत असतात त्यांतील स्थिती मात्र निराळी असते. झायपेलच्या सिद्धान्ताप्रमाणे ज्या तारका स्वतःभोवती झपाट्याने परिवलन करीत असतात त्यांच्यांत दुय्यम तऱ्हेचे प्रवहण विभाग बनतात आणि केंद्राजवळ पहिला प्रवहण विभाग जो असतो तेथून पृष्ठभागाकडे ते वाहतात (आ. ३९ उजवी बाजू पाहा). तसे घडल्यावर हे बाह्य विभागातील प्रवाह जर जोरकस असले तर त्यांतील हायड्रोजन तारकेच्या साऱ्या विस्तारक्षेत्रात पसरतो.

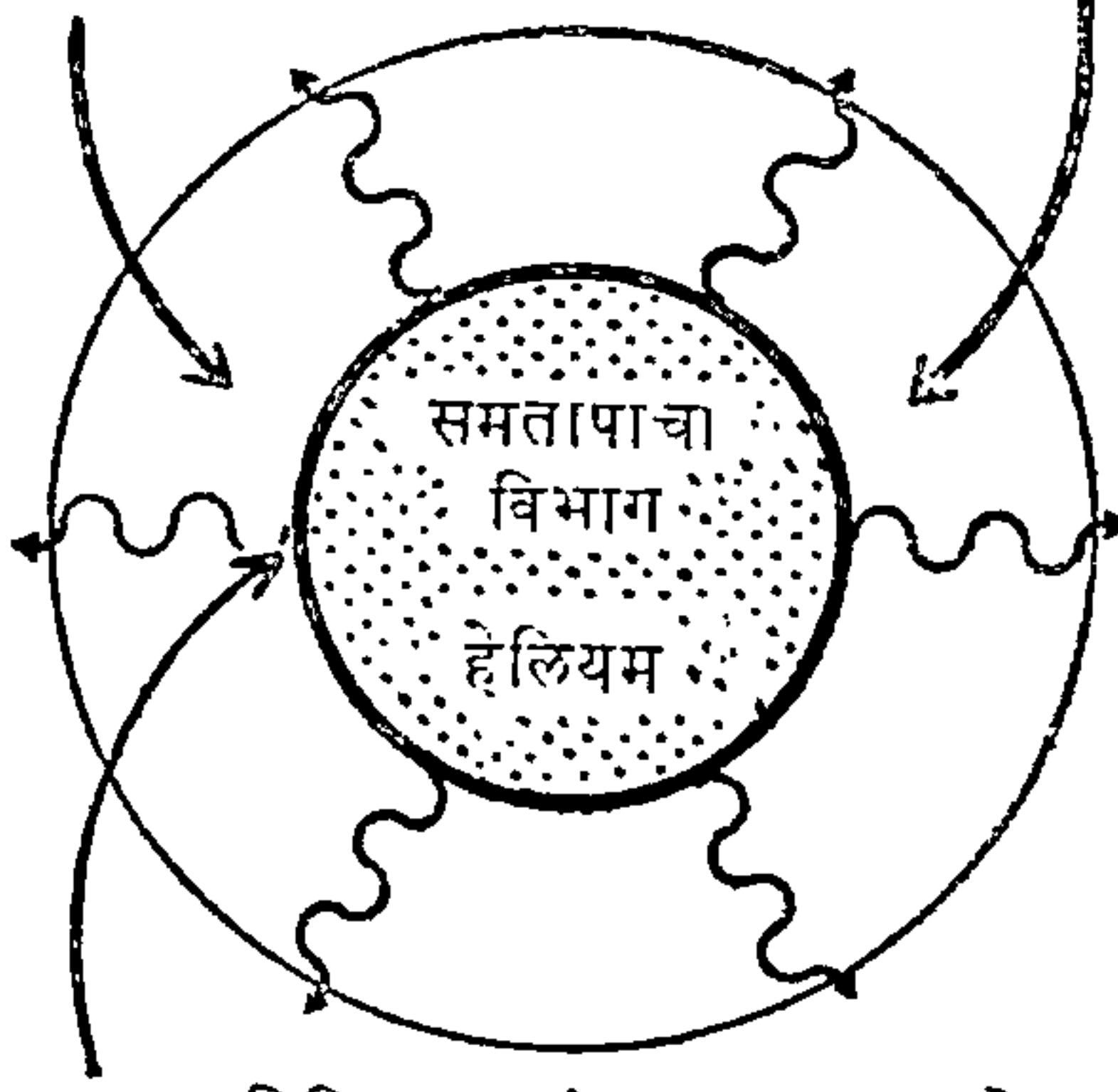
तेव्हा स्वतःभोवती झपाट्याने फिरणाऱ्या तारकांतील हायड्रोजनचा साठा जेव्हा कमी होऊ लागतो तेव्हा त्यात सर्व ठिकाणाहून तो सारखाच कमी होतो व त्यामुळे जेव्हा तो संपुष्टात येतो तेव्हा ती तारका, अणुशक्तीची निर्मिती तेथे होण्यापूर्वी प्रथम ज्या स्थितीत होती त्याच स्थितीत पुन्हा येते. तेथून मग तिचा अविरत गुरुत्व-संकोच सुरू होतो. तसे झाले की ती तारका

मेनसिकेन्सच्या मार्गावर आस्ते आस्ते डावीकडे जाऊ लागते नि तिची त्रिज्या कमी होऊन तिची दीप्ती व पृष्ठभागाचे तपमान वाढू लागते.

संकोच चालू असताना तारकेच्या पृष्ठभागाचे तपमान इतके वाढते की, त्या तपमानाला प्रारणाच्या दाबामुळे तिचे वातावरण नाहीसे होऊ लागते. ग्रहमालीय तेजोमेघांत व वोल्फ-रायेट तारकांच्या बाबतीत तशी क्रिया घडलेली दिसून येते. पुढे जेव्हा तारकेच्या मध्यभागातील तपमान अनेक अब्ज अंशापर्यंत वाढते तेव्हा एक नवीनच परंतु विचित्र अशी अणुविक्रिया त्यात घडू लागते. प्रस्तुत लेखकाने शॉनवर्गच्या मदतीने जे संशोधन केले त्यात असे आढळले की, इतक्या उच्च तपमानाला फार मोठ्या प्रमाणात न्युट्रिनो निर्माण होतात व ते तारकेतून निसटून बाहेर पडतात. असे करताना तारकेची खूपच उष्णता ते बाहेर घेऊन जातात. (न्युट्रिनो हे बिटा कणांच्या उत्सर्जनावरोबर अणूतून बाहेर पडतात. त्यांचे वस्तुमान अगदी क्षुल्लक असल्याने नि त्यावर कसलाच विद्युच्चय नसल्याने ते कशातूनही आरपार जाऊ शकतात व कित्येक प्रकाशवर्षांच्या जाड थरांतून आरपार गेल्यानंतरच त्यांची गती थांबविणे शक्य होते.) या प्रकाराला 'उर्का पद्धती' म्हणतात. उर्का पद्धतीने तारका इतकी झपाट्यात थंड होते की, तिचा निःपातच (कोलॅप्स) सुरू होतो. निःपात होताना भयंकर तप्त अशी वस्तू तिच्यातून उत्सर्जित होते. अर्थात अशा तऱ्हेच्या घटना विराट विश्वात घडतात की नाही आणि तारकांच्या स्फोटाला म्हणजे सुपरनोव्हाकरिता त्या कितपत कारणीभूत होतात हे अजून निश्चितपणे सांगता येत नाही.

ज्या तारकांतील वस्तूचे त्यांच्या केंद्राभोवताली असलेल्या प्रवहणयुक्त विभागातच फक्त मिश्रण झालेले असते त्यांची उत्क्रांती निराळ्याच तऱ्हेने घडत असते. या विभागाच्या गाभ्यातील हायड्रोजन जेव्हा संपुष्टात येतो तेव्हा त्यातील 'न्युक्लिअर ज्योती', आतील प्रवहणमय विभाग व बाह्य स्थिरविभाग यांना विभक्त करणाऱ्या संधिभागाशी येऊन ठेपते. कारण आतील हायड्रोजन संपला असला तरी येथून बाह्य विभागातील हायड्रोजन आढळतो. अशा वेळी त्या तारकेची अंतरचना आ. ४० मध्ये दाखविल्याप्रमाणे 'कवच उगम प्रतिकृती' प्रमाणे होते. त्यातील गाभ्यात (आतल्या प्रवहण विभागात) हायड्रोजन बिलकूल नसतो व त्याभोवती हायड्रोजनयुक्त आवरण पसरलेले असते. साहजिकच जेथून हा बाह्य हायड्रोजनयुक्त विभाग सुरू होतो तेथून मग न्युक्लिअर विक्रियेस प्रारंभ

वपुल हायड्रोजन युक्त थर



अणुविक्रिया ज्यांत चालतात तो थर

आ. ४० : कवच-उगमाची प्रतिकृती

होऊन ती आस्ते आस्ते पृष्ठभागापर्यंत पसरते. सुकलेल्या गवतात अग्नी जसा (तेथे वारा नसताना) चहूकडे पसरतो तशी ती घटना घडते.

अशा तऱ्हेच्या कवच उगम प्रतिकृतीच्या लक्षणांचा, प्रस्तुत लेखकाने सी. क्रिश्चिफल्ड (H-H पद्धती दाखविणारा), जी केलर व इतर अनेक संशोधकांच्या मदतीने अभ्यास केला आहे. परंतु अशा परिस्थितीत तारकेवर ज्या घटना घडतात त्या अजून गूढच वाटतात. असे असले तरी त्या परिस्थितीत दोन निरनिराळ्या मार्गांनी तारकेची उत्क्रांती होत असावी असा समज आहे.

त्याचा एक मार्ग म्हणजे तारकेची त्रिज्या अमर्याद प्रमाणात वाढत असावी व तिच्या पृष्ठभागावरील तपमान त्यामुळे सारखे खाली जात असावे. अशा स्थितीत हर्श्लवर्ग-रसेल आराखड्यावर ती तारका तांबड्या राक्षसिणींच्या क्षेत्राकडे सरकू लागते. स्वीडनच्या ए. रैझने तर असे दाखविले आहे की, हायड्रोजन संपुष्टात आलेल्या तारकेतील गाभा व त्यावरील लगतच्या विभागात घडणारी न्युक्लियर विक्रिया अशा तऱ्हेची कॅपेला तारकेची प्रतिकृती असावी असे स्पष्ट दिसते.

दुसरा मार्ग म्हणजे मेनसिकवेन्सवरील तारकांच्याप्रमाणेच याही तारका काही काळ वागत असल्यात. तारकेचा गाभा (हायड्रोजनविरहित) ठराविक

मर्यादेपर्यंत वाढेपर्यंत त्यांची अवस्था तशीच असावी. पण त्यापुढे मात्र त्यांची नेहमीची स्थिरता नाहीशी होत असावी. प्रस्तुत लेखकाने सी. लॉंगमायरबरोवर या बाबतीत जे संशोधन केले आहे त्यानुसार त्यापुढे तारकेच्या त्रिज्येचे स्पंदन सुरू होत असावे. जेव्हा तारकेचे वृद्धिंगत होणारे आतील विभागाचे कवच या मर्यादेपलीकडे थोडे जाते त्या वेळी स्पंदनाचा काल थोडा असतो व त्याचा परमप्रसरही लहान असतो. पण जसजसा आतील कवचथर विस्तारू लागतो तसतसा तिचा स्पंदनकाळ व परमप्रसर हे दोन्ही वाढू लागतात.

दीर्घकाळाची जी अशी स्पंदने होतात त्यामुळे तारकेच्या स्फोटाची क्रिया कशी घडते हे काहीच लक्षात येत नाही. परंतु काही परिस्थितीत आतील हायड्रोजनविरहित गाभा व बाहेरील हायड्रोजनयुक्त आवरण या दोहोंत प्रवहण अस्थिरता प्रत्ययास येते म्हणजे लाल झालेल्या गरम कोळशावर पिंप भरून रॉकेल ओतावे तशी ही अवस्था असते. तसे घडले तर प्रचंड न्युक्लियर शक्ती इतक्या थोड्या वेळात बाहेर पडते की, तारकेचा स्फोटच होतो. अस्थिर थरात किती वस्तू असेल त्यावर स्फोटाचा दणका अवलंबून असतो. शक्ती निर्माण करणारे कवच जितके पृष्ठथरापर्यंत पसरलेले असेल तितका हा दणका मोठा असतो. तसे घडत असेल तर जसजसे आतील कवच पृष्ठभागापर्यंत पसरत जाते तसतसे अधूनमधून वाढत्या तीव्रतेचे स्फोट तारकेत होत असावेत. म्हणजे यावरून यु-जर्मिनोरम → नोव्हा → सुपरनोव्हा असा जो अनुक्रम आम्ही पूर्वी लावला त्यानुसार ही गोष्ट घडत असावी.

वरील विचारपद्धती जर आपण मान्य केली तर तारकेवरील सुपरनोव्हा-पर्यंतचे सर्व स्फोट हे वृद्ध होणाऱ्या तारकेच्या आयुष्यातील अनुक्रमाने घडणाऱ्या उत्क्रांतीच्या निरनिराळ्या अवस्था असल्यात असे स्पष्ट दिसते. त्यांचा प्रारंभ यु-जर्मिनोरमपासून होऊन सुपरनोव्हात त्याची अखेरची परिणती होत असावी. परंतु ही विचारपद्धती अजूनतरी बरीचशी केवळ अनुमानावर आधारलेली आहे आणि जोपर्यंत त्याकरिता लागणारी क्लिष्ट अशी गणितीय बैठक अजून पूर्ण झालेली नाही तोपर्यंत ती संपूर्णपणे मान्य झाली असे म्हणता येत नाही. त्याकरिता लागणारी गणितीय कृत्ये बहुतकरून लवकरच इलेक्ट्रॉनिक गणितज्ञांच्या मदतीने पार पाडली जातील अशी आशा आहे. हे काम किती किचकट आहे याची कल्पना हवीच असेल तर असे म्हणता येईल की, १०० उत्तम मानवी गणितज्ञ जर त्याकरिता अहोरात्र बसले तर त्यांच्याकडून हे कार्य

१०० वर्षांनी पार पडेल. परंतु प्रिंस्टन व लॉस अलॅमॉस येथे दोन ठिकाणी बनविण्यात आलेला 'मॅनिअॅक' हा जो इलेक्ट्रॉनिक मॅदू आहे त्यामुळे हे काम एका आठवड्यातही पुरे होईल अशी आशा आहे.

ह्या प्रश्नाचा विचार अखेरचा सोडण्यापूर्वी एक गोष्ट येथे निदर्शनास आणावीशी वाटते ती ही की, केवळ वैचारिक पद्धतीवर आधारलेले अंदाज व प्रत्यक्षात आढळणारी परिस्थिती या दोहोंत एक जो फरक दिसतो तो हा की, निरनिराळे स्फोट झालेले जे प्रत्यक्षात दिसतात ते एकाच वयाच्या तारकांच्यांत घडत नाहीत. आणि हीच मुख्य त्यात अडचण आहे. एका बाजूला पूर्वीच्या तारकांतील वृद्ध झालेल्या तारका त्यांत आहेत. त्यांतील वस्तू सूर्यांच्या वस्तूच्या चौपटपाचपट असून त्यातील हायड्रोजन संपुष्टात येण्यापूर्वी त्या ३ अब्ज वर्षे अस्तित्वात होत्या. दुसऱ्या बाजूला नुकत्याच निर्माण झालेल्या परंतु सूर्यांच्या अनेकपटीने जड असलेल्या तारकांतील हायड्रोजन फार झपाट्यात संपुष्टात येऊन त्यातहि अशी स्फोटक परिस्थिती निर्माण झालेली असते. म्हणूनच प्रत्यक्षात जे आढळते त्याचे योग्य तऱ्हेने विश्लेषण करून त्यावर आधारलेला सिद्धान्त आपण शोधून काढीपर्यंत ह्या दोन्ही गटांतील तारकांचा आपण अलग-अलगपणे विचार करणे आवश्यक आहे आणि हीच गोष्ट अवघड आहे.

मृत तारका

आतापर्यंत तारकांच्या सर्व आयुष्यक्रमाचा आपण विचार केला व त्यात, एखाद्या गुठळीतून तारकेची निर्मिती होते तेव्हापासून तो तिला अखेरचे आचके येतात तोपर्यंत सर्व अवस्थांचा आपण विचार केला.

परंतु तारका मृत झाली की ती दिसते कशी हा प्रश्न उरतोच. एखाद्या तारकेवर जर शक्तीच उपलब्ध होत नसेल नि त्यामुळे तिच्यात कसलीच उत्क्रांती होत नसेल तर ती तारका मृत समजावी असे म्हणावयास हरकत नाही. असे जर असेल तर शुभ्रवटू तारका या त्या तऱ्हेच्या असतात असे म्हणावे लागेल. हर्श्लबर्ग-रसेल आराखड्यावर या तारका डाव्या हाताच्या खालच्या कोपऱ्यात आढळतात. त्या अति घन असून त्यांचे तपमान भलतेच उच्च असते, (आ. ३५ पाहा).

व्याधाच्या चांदणीची जी जोडीदारीण आहे ती एक शुभ्रवटूच आहे. पृथ्वीच्या व्यासापेक्षा तिचा व्यास मोठा नाही, पण तिचे वस्तुमान मात्र सूर्याच्या

वस्तुमानाएवढे आढळते. गुरुत्वसंकोचाची अखेरची अवस्था शुभ्रवट्टवर आढळते आणि त्यातील वस्तूची घनता पाण्याच्या घनतेच्या दशलक्षपटीने अधिक आढळते. त्या तारकांवरील हायड्रोजन संपूर्ण संपलेला असून त्यांना थंड होण्यास पुरेसा अवधी मिळालेला नसल्याने त्या अजून तप्त आहेत एवढेच. मृत्यू पावल्यानंतर माणसाच्या शरीरात लगेच जी उष्णता थोडा वेळ आढळते असा काहीसा तो प्रकार आहे.

मेनसिकेन्सवरील प्रत्येक १० तारकांच्या बरोबर एक मृत तारका ज्या अर्थी आढळते त्या अर्थी आपले विराट विश्व अजून तरुणच आहे असे म्हणावयास हरकत नाही. ज्या तारका फार मोठ्या वस्तुमानाच्या होत्या त्यांनी स्वतःचा हायड्रोजन उधळून खर्च केल्यामुळेच त्या तारका मृत झाल्या नि त्यांचाच भरणा प्रामुख्याने शुभ्रवट्ट आहे. क्रॅब तेजोमेघाच्या भागातील जी मंद चांदणी आहे ती नुकतीच मृत झालेली असावी असा तर्क आहे. अर्थात व्याधाच्या चांदणीच्या जोडीदारिणीहून ती अधिक तप्त असावी, परंतु तिच्याहून कमी घन असावी. कारण व्याधाची जोडीदारीण कोट्यवधी वर्षांपूर्वी मृत झालेली आहे. अर्थात त्या अवस्थेत लवकरच हीही तारका जाईल यात शंका नाही आणि आस्ते आस्ते विराट विश्वात अशा मृत तारका संख्येने वाढत जातील.

सारांश

अशा तऱ्हेने सृष्टी कशी निर्माण झाली असावी याबद्दल आपण जे आतापर्यंत पाहिले त्यातून जे चित्र आपल्या दृष्टीसमोर उभे राहते ते अस्पष्ट आणि तुकड्यातुकड्यांनी बनलेले असे आढळते. असे असले तरी त्याची बाह्य रूपरेषा मात्र निश्चित दिसते हे तितकेच खरे. विराट विश्वाच्या निर्मितीपूर्वी त्याची जी परिस्थिती होती ती केवळ निःपाताच्या स्वरूपात असावी. अर्थात आपल्याला त्या काळच्या सृष्टीची काहीच कल्पना नाही. तो काळ ४--५ अब्ज वर्षांपूर्वीपर्यंतचा असावा आणि त्या काळात प्रत्यक्ष काय घडले याचा कसलाही आधिभौतिक पुरावा आपल्यापाशी नाही. त्या काळात एखादा चोथ्याचा गोळा जसा असावा तशी या विराट विश्वातील सारी वस्तू एका संकुचित गोळ्यात जमा झालेली असावी. त्या गोळ्यातील वस्तूला 'इलेम' असे आपण म्हणू या आणि त्यात न्युट्रॉन्स, प्रोटॉन्स व इलेक्ट्रॉन्स असे वस्तुकण असावेत. जेव्हा हा इलेमचा गोळा एकदम फुटला तेव्हा त्यातील वस्तूच्या प्रसरणातून ती वस्तू थंड होत गेली नि त्या वेळी हे कण एकमेकांना चिकटू लागले. या त्यांच्या एकत्रीकरणातून आज जे अणुकेंद्र आपल्याला दिसत आहेत तसे गुंतागुंतीचे कण बनले असावेत. अणु बनण्याचा हा जो काळ होता त्याचा अवधी एक तासाहून अधिक नसावा नि त्या काळात विराट विश्वातील भौतिक परिस्थिती ही एखाद्या अणुबाँबचा स्फोट होताना जशी परिस्थिती असते तशी

होती. त्या वेळी अवकाशात अति शक्तिमान असे गामा किरणच फार प्रमाणात होते व त्यांची वस्तुघनता ही अणुरूपातील वस्तूच्या घनतेपेक्षा अधिक होती. त्या वेळी चहूकडे अब्ज अंशांपर्यंतचे तपमान होते व वस्तूची घनता आपल्या विरल वातावरणावरील वस्तूच्या घनतेएवढी फार तर असावी.

प्रारंभीच्या पहिल्या तासात सर्व सृष्टी बनल्यानंतर पुढे ३ कोटी वर्षे काहीच घडले नाही. नवनिर्मित अणुंनी बनलेला वायू नुसता पसरतच राहिला आणि त्याचे तपमान आस्ते आस्ते कमी होऊ लागले. प्रारंभी प्राणशक्तीला विराट विश्वाच्या उत्क्रांतीत जे महत्त्व होते ते आस्ते आस्ते कमी होऊ लागले आणि ३ कोटी वर्षांनी तर हे महत्त्व प्रत्यक्ष वस्तूलाच मिळू लागले. वस्तू ही भारयुक्त असल्याने तिच्यातील गुरुत्वप्रेरक कार्यक्षम होऊ लागला नि त्यामुळे तोपर्यंत वस्तुद्रव्य अखंडित असे जे होते ते खंडित होऊन त्यातून प्रचंड मेघ बनू लागले. हे मेघ म्हणजेच मूलभूत विश्वे होत. त्या वेळी जे तपमान खाली गेले ते आपल्या खोलीत सध्या जेवढे तपमान असते तेवढे झाले. म्हणजे सर्व अवकाशात उष्णता ही होतीच. परंतु सगळीकडे निव्वळ अंधकार होता.

पुढे ही मूलभूत विश्वे अनंतात एकमेकांपासून दूर जाऊ लागली नि त्यांतून त्यांचे पसरणे चालू राहिले. परंतु त्याचबरोबर प्रत्येक विश्वातील वस्तू मात्र लहान लहान गुठळ्यांत गोळा होऊ लागली. या गुठळ्या म्हणजेच मूलभूत तारका होत. या गुठळ्यांचे आकारमान छोटे असल्याने त्यांचा संकोच फार झपाट्यात होऊ लागला. या संकोचातून लवकरच त्यातील तपमान वाढू लागले आणि त्यातून हायड्रोजन व इतर हलके घटक यांत आणवीय विक्रिया सुरू झाली. या विक्रियेमुळे तारका चमकू लागल्या आणि विश्वात प्रकाश दिसू लागला. विश्वातील गुठळ्यांतून तारका बनताना त्यांतील काही वस्तू तशीच शिल्लक राहिली व या शेष वस्तूतूनच पुढे ग्रहमाला बनल्या. ग्रहांचे आकारमान इतके छोटे होते की, त्याकारणाने त्यात आणवीय विक्रिया चालूच झाल्या नाहीत. त्यामुळे ते लवकरच थंड होऊन त्यांतून खडकांचे थर बनले. या ग्रहांचे जे सूर्य होते त्या सूर्यापासून मिळणाऱ्या प्रारणामुळे, ग्रहांवर जी काही रासायनिक संयुगे होती त्यांचे उत्क्रांती अवस्थेतून गुंतागुंतीचे सेंद्रिय घटक बनले. अर्थात ही क्रिया कशी घडली त्याबद्दल अजून पुरी निश्चिती देता येत नाही. या सेंद्रिय सृष्टीमुळे उघडे बोडके जे खडक होते त्यांवर हिरवळ पैदा होऊ लागली नि त्यातून पुढे जंगले निर्माण झाली. जंगलांत प्राणी निर्माण झाले.

ते पहिल्यांदा प्राथमिक अवस्थेत होते. परंतु पुढे उत्क्रांतीतून आजचा मानव-प्राणी जो बनला तो इतका बुद्धिमान झाला की, काही अब्ज वर्षांपूर्वी ही सृष्टी कशी निर्माण झाली याची चौकशी तो करू लागला.

आपण जेव्हा विराट विश्वाचा हा अगम्य इतिहास चाळू लागतो तेव्हा एक महत्त्वाची गोष्ट नजरेस भरते व ती म्हणजे विराट विश्वाच्या दीर्घ काळापैकी ज्यात भौतिक उत्क्रांतिपूर्ण अशा घटना घडल्या तो काळ फार छोटा आहे. तेव्हा त्यावरून विराट विश्वातील उलथापालथ करणाऱ्या भौतिक घटनांच्या मानाने सेंद्रिय उत्क्रांती फारच धिमे धिमे होत आहे असे म्हणावे लागते.

म्हणूनच आपण जेव्हा विराट विश्वाच्या या प्रचंड उत्क्रांतीकडे तपशीलवारपणे पाहतो तेव्हा असे दिसते की, अणू बनण्यासाठी अवघा एकच तास लागला, तारका व ग्रह बनण्यासाठी १० कोटी वर्षे लागली, पण मानव बनण्यासाठी मात्र ४-५ अब्ज वर्षे लागली.

बाराठी ग्रंथ संप्रदाय, ठाणे. स्वल्प

व्यंजन... ५७९९... कि ...

व्यंजन ... ७७७ ... कि ... १३१५९



REFBANK-0015825

REFBK-0015825