

• जयंत नारळीकर

बुधग्रहापासून झालेला बोध

लेखांक ५ मध्ये वर्णन केलेली घटना- म्हणजे नेपच्यून ग्रहाचा शोध- ही निसर्गाने न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या सिद्धान्ताला दिलेली अचूकतेची पावती म्हणायला हरकत नाही. न्यूटनच्या सिद्धान्तानुसार आखलेली यूरॅनस ग्रहाची कक्षा आणि निरीक्षणात आढळून आलेली कक्षा यांच्यातील तफावत इतकी होती, की प्रथमदर्शनी सिद्धान्ताच्या अचूकतेची शंका यावी. परंतु सिद्धान्त खरा मानून तफावतीचे कारण यूरॅनसच्या आसमंतात असणारा नवा ग्रह असावा असा निष्कर्ष अँडम्स-लेव्हेरिये यांनी स्वतंत्रपणे काढला आणि त्यांनी सांगितल्यावर हुकूम तसा ग्रह सापडला यातच न्यूटनच्या सिद्धान्ताची महती दिसून येते.

परंतु खरं म्हणजे निसर्ग कुठल्याही वैज्ञानिक सिद्धान्ताला अचूकतेची पावती कायम स्वरूपात देत नसतो. सिद्धान्ताने भाकीत करावे, ते निरीक्षणांनी पडताळून पाहावे अशा वैज्ञानिक कार्यप्रणालीत जेव्हा भाकीत आणि निरीक्षण यांत तफावत आढळते तेव्हा दोन परस्परविरोधी निष्कर्ष निघू शकतात. एक म्हणजे सिद्धान्त बरोबर आहे पण निरीक्षणे चुकीची किंवा अपूर्ण आहेत. दुसरा निष्कर्ष : निरीक्षणे बरोबर आहेत पण सिद्धान्त चूक ठरतो. नेपच्यूनचा शोध म्हणजे पहिल्या पर्यायाचे उदाहरण. येथे गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धान्त बरोबर होता पण निरीक्षणे अपूर्ण होती. नवा ग्रह निरीक्षकांना माहीत नव्हता. आता दुसऱ्या निष्कर्षाचे उदाहरण पाहू. आणि गंमत म्हणजे, ह्या वेळी चुकीचा ठरला तो गुरुत्वाकर्षणाचाच सिद्धान्त, आणि निरीक्षणात भाग घेणाऱ्यांत होता लेव्हेरियेच !

बुध ग्रहाची बदलती कक्षा

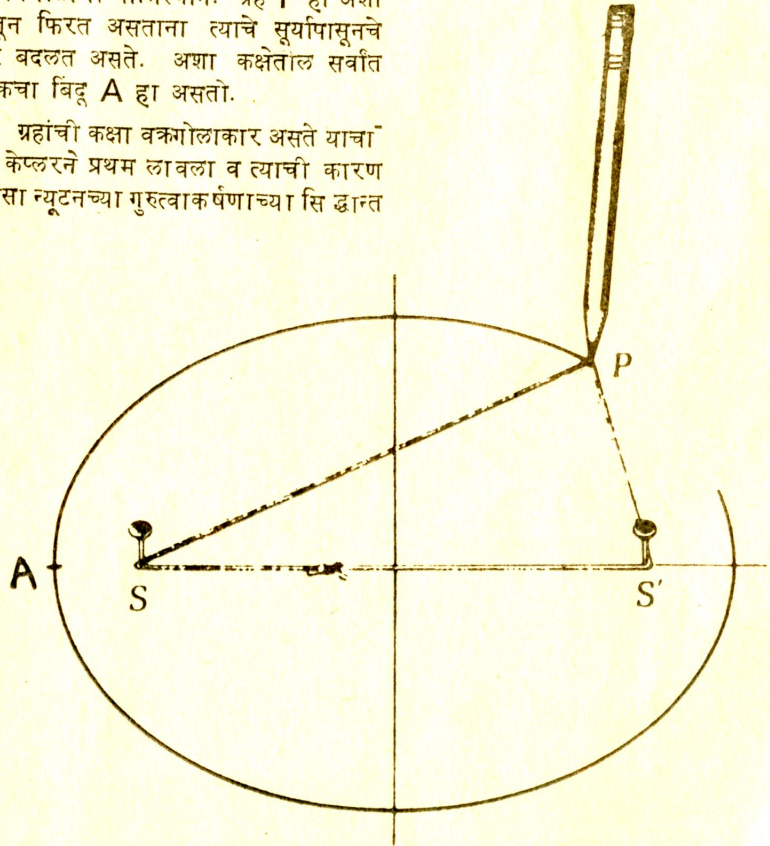
लेखांक ५ मध्ये सांगितल्याप्रमाणे १८६० च्या दशकात लेव्हेरिये ह्या फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाला बुध ग्रहाच्या कक्षेत किंचित अनियमितता दिसून आली. तिचा अभ्यास केल्यावर त्याला ती कक्षा हळूहळू बदलत असल्याची जाणीव झाली.

चित्र क्रमांक १ मध्ये न्यूटनच्या सिद्धान्तानुसार ग्रहाची सूर्याभोवतीची कक्षा कशी असावी ते दाखवले आहे. तशी कक्षा काढायला दोन खिळे ठोकावेत. एक S (जिथे सूर्य असतो ते ठिकाण) आणि दुसरा S' ह्या चित्रात दाखवल्या ठिकाणी. एक दोरीचे वलय करून त्या खिळ्याभोवती घालून त्यात पेन्सिलचे टोक अडकवून ताणावे व पेन्सिल SS'च्या भोवती अशा अवस्थेत फिरवावी. त्याप्रमाणे फिरवल्यास तिच्या टोकाने वक्र गोलाकार कक्षा काढली जाते. S आणि S' ही त्या वक्रगोलाची नाभिस्थाने. ग्रह P हा अशा कक्षेतून फिरत असताना त्याचे सूर्यापासूनचे अंतर बदलत असते. अशा कक्षेतील सर्वांत नजीकचा बिंदू A हा असतो.

ग्रहांची कक्षा वक्रगोलाकार असते याचा शोध केप्लरने प्रथम लावला व त्याची कारण मीमांसा न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या सिद्धान्त

मुळे देण्यात आली. त्याप्रमाणेच बुध ग्रहाची कक्षा असायला हवी. लेव्हेरियेला आढळलेली कक्षा चित्र क्रमांक २ प्रमाणे होती. त्यातील सर्वांत नजीकचा बिंदू स्थिर नसून त्याची सूर्यापासूनची दिशा हळूहळू बदलत होती. असे का व्हावे ? जवळपासच्या ग्रहांच्या आकर्षणामुळे ही विसंगती आली होती का ?

फ्रेंच गणिती लप्लास याने मांडलेल्या गणिताचा वापर करून इतर ग्रहांच्या गुरुत्वाकर्षणाचे बुधाच्या कक्षेवर काय परिणाम होतात



१) वक्रगोल कसा काढावा हे चित्रात दाखवले आहे. वक्रगोलाची दोन नाभिस्थाने असतात. S आणि S' हा बिंदू अशा तऱ्हेने फिरतो की PS+ps' ही लांबी सदैव तीच राहते. चित्रातील A हा बिंदू सूर्याच्या (S च्या) सर्वांत जवळचा आहे.

याचा हिशोब लावणे शक्य होते. त्यानुसार बुधाच्या कक्षेत थोडा बदल होतो हे दिसून आले. इतकेच नव्हे, तर चित्र क्रमांक २ वरहुकूमच तो बदल होता. मग यथे काळजीचे कारण कसले ?

त्यासाठी आकडेवारी घावी लागेल. आपण कोन मोजतो त्या अंशाचा (डिग्री) ३६०० वा भाग म्हणजे 'सेकंद'. S पासून पाहिले तर Aच्या दिशेत होणारा फरक शंभर वर्षांत ५७५ सेकंद इतका आढळतो. त्यापैकी ५३२ सेकंदांचा हिशोब वर सांगितलेल्या कारणामुळे लागतो. पण शंभर वर्षांत ४३ सेकंदांची गफलत शिल्लक राहते.

४३ सेकंदांचा कोन किती लहान असतो ह्याची कल्पना करायची असल्यास पिंपळाचे पान अर्ध्या किलोमीटर अंतरावरून पाहावे. त्या पानाने आपल्या डोळ्यावर प्रक्षिप्त केलेला कोन इतका लहान असेल ! आणि हा अल्प बदल (१०० वर्षांच्या कालखंडात घडणारा) मोजण्याची ऐपत असणे, ह्यावरून गेल्या शतकातल्या निरीक्षणात्मक खगोलशास्त्राची प्रगती कोठपर्यंत झाली होती याची कल्पना येईल.

लेव्हेरियेचे निदान

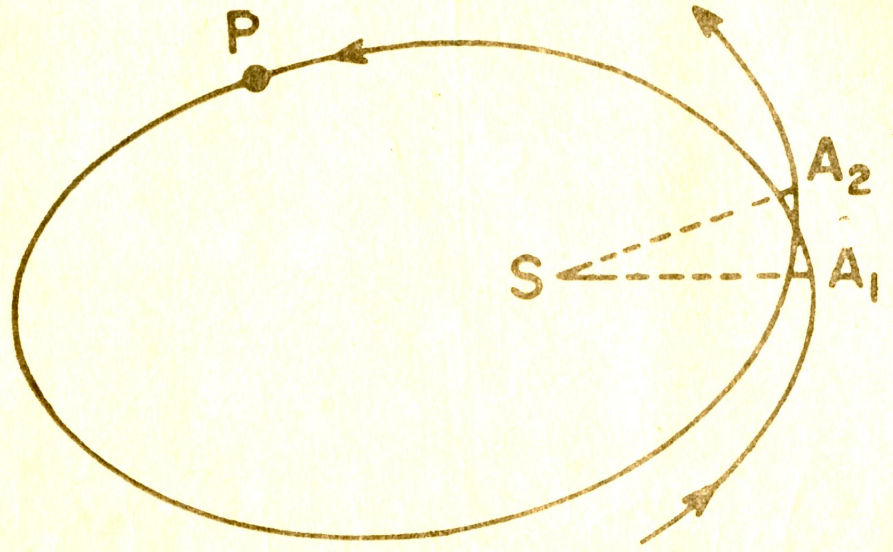
यूरेनसच्या कक्षेतला अनियमितपणा पाहून लेव्हेरियेने नेपच्यूनच्या अस्तित्वाचे भाकीत केले. त्याला वाटले, की बुधाची कक्षा ज्या अर्थी थोडा अनियमितपणा दाखवते त्या अर्थी बुधाजवळ आणखी एखादा अज्ञात ग्रह असेल. त्याने गणित मांडून हा अज्ञात ग्रह कुठे (म्हणजे बुध आणि सूर्य यांच्या दरम्यान) सापडेल याचा अंदाज बांधला. नवीन ग्रहाला (तो सापडल्यास) व्हल्कन हे नाव द्यावे अशीही त्याने शिफारिश केली.

परंतु अनेक वेध घेऊनही व्हल्कन सापडला नाही व तसा ग्रह अस्तित्वात नाही याबद्दल खगोलशास्त्रज्ञांची खाती पटली. मग उरलेली ४३ सेकंदांची कारणमीमांसा कशी करायची ?

आता सुप्रस्थापित गुस्त्वाकर्षणाच्या सिद्धान्ताच्या अचूकतेबद्दल शंका घेणे प्राप्त झाले. अर्थात खरे उत्तर लेव्हेरियेच्या जीवनकाळात मिळू शकले नाही.

आइन्स्टाईनचा सिद्धान्त

१९१५ साली अल्बर्ट आइन्स्टाईन याने व्यापक सापेक्षतेचा सिद्धान्त मांडला. त्या सिद्धान्तानुसार गुस्त्वाकर्षणाची शक्ती अवकाश-काळ यांच्या वक्रतेतून निर्माण झालेली असते. हा सिद्धान्त त्यावेळच्या भौतिक शास्त्रीय कल्पनांपासून पुष्कळच वेगळा असल्यान त्याच्या वास्तवतेबद्दल बहुतेकांना



२) बुधाच्या कक्षेचे (अतिरंजित) चित्रण. सूर्याभोवतालचे आवर्तन पूर्ण केल्यावर बुधाची कक्षा बदललेली असते. मुख्य म्हणजे बदलत्या कक्षेचा सूर्याच्या सर्वांत नजीकचा बिंदू आपली दिशा बदलत राहतो. प्रत्यक्ष बदल चित्रात दर्शवित्यापेक्षा पुष्कळ सूक्ष्म असल्या तरी निरीक्षणात दिसून येतो. चित्रातला कोन A, SA₂ वास्तवात सेकंदांच्या दशांश भागाइतका लहान पाहिजे !

शंका होती. तो सिद्धान्त प्रस्थापित व्हायला पुष्कळ वेळ लागला. पण ज्या काही अनुत्तरित प्रश्नांची उत्तरे देऊन ह्या सिद्धान्ताने मान्यता मिळवली त्यात वर सांगितलेल्या बुध ग्रहाच्या कक्षेसंबंधीच्या कोड्याचाही समावेश होतो.

आइन्स्टाईनच्या सिद्धान्तानुसार बुधाची कक्षा वरोवर वक्रगोलाकार नसून चित्र क्रमांक २ प्रमाणे असते. आणि SA ह्या सूर्याला कक्षेच्या सर्वांत नजीकच्या बिंदूला जोडणाऱ्या रेषेची अंतराळात फिरण्याची कोनीय गती एका शतकात ४३ सेकंद इतकी भरते.

यावरून असे दिसून आले, की न्यूटनचा सिद्धान्त खरोखरच अपूर्ण होता ! सूर्यापासून लांबच्या (पृथ्वी व इतर बाहेरचे ग्रह यांत येतात) ग्रहांच्या गतीचे वर्णन न्यूटनचा सिद्धान्त वरोवर करतो. ह्या त्याच्या अचूकतेमुळेच यूरेनसचा शोध लागला. परंतु जसजसे आपण सूर्याच्या जवळ जातो तसतसे त्याचे गुस्त्वाकर्षण प्रखर होत जाते. वाढत्या गुस्त्वाकर्षणामुळे न्यूटन आणि आइन्स्टाईनच्या सिद्धान्तातली तफावत वाढत जाते. त्यामुळे बुध ग्रहाची कक्षा ठरवताना शतकाला ४३ सेकंद इतका बदल देखील त्या दोन सिद्धान्तांत नीरक्षीरभेद करू शकतो.

सूर्याचे चपटेपण

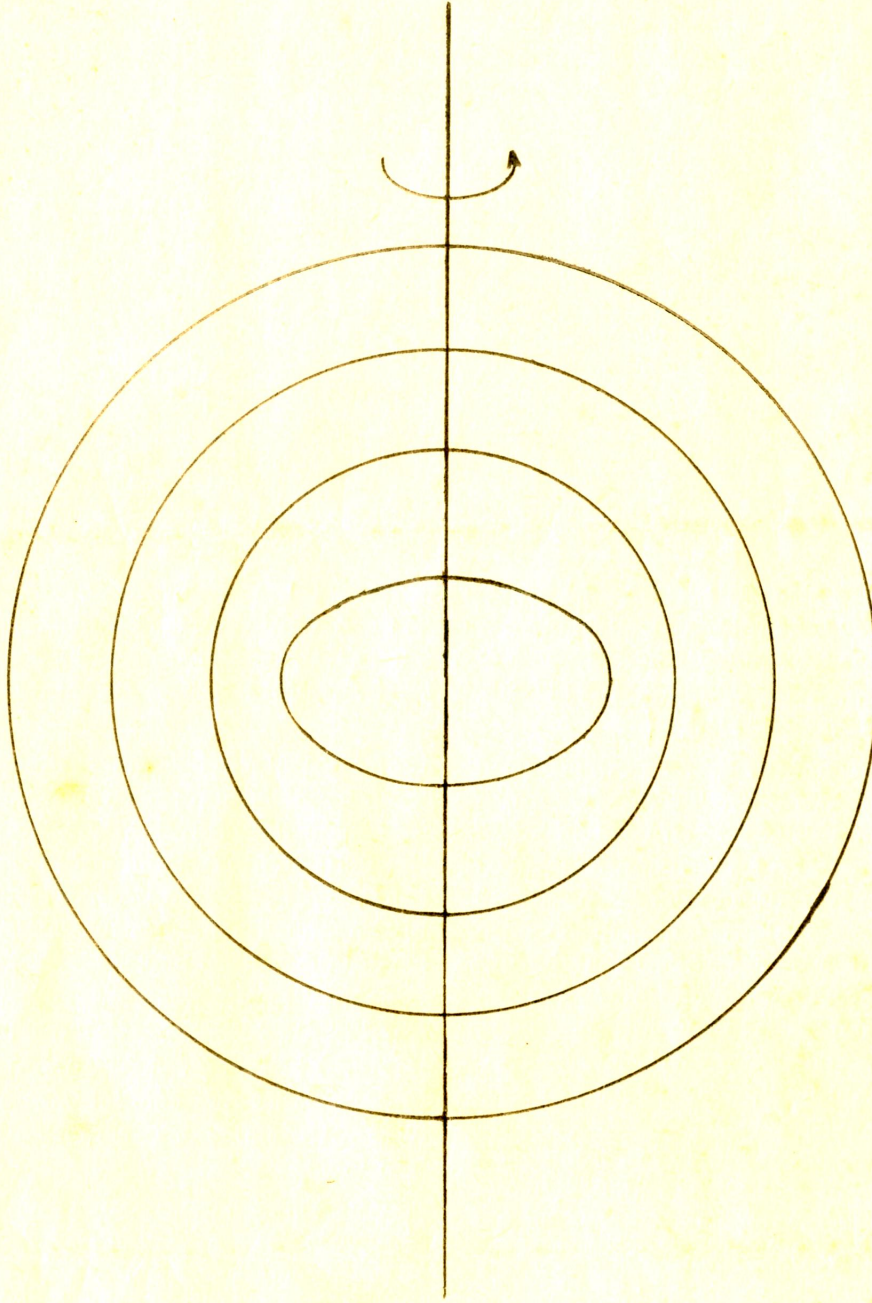
परंतु बुधाची गाथा येथेच संपत नाही ! १९६१ साली ब्रांस व डिकी ह्या दोन वज्ञानिकांनी एक वेगळाच गुस्त्वाकर्षणाचा

सिद्धान्त मांडला. ह्या सिद्धान्तात आइन्स्टाईनच्या मूळ कल्पनांत आणखी भर टाकलेली असून आपला सिद्धान्त अधिक परिपूर्ण आहे, असा त्यांचा दावा होता. सूर्यमालेतील निरीक्षणांद्वारे ह्या सिद्धान्तात आणि सापेक्षतेच्या सिद्धान्तात अधिक वरोवर सिद्धान्त कुठला याबद्दल निर्णय घेणे शक्य होते.

ब्रांस-डिकी सिद्धान्ताप्रमाणे बुधाची कक्षा चित्र क्रमांक २ प्रमाणे बदलण्याचा वेग शतकाला ४३ सेकंदांपेक्षा कमी होता. तो सुमारे ३८ सेकंद इतकाच होता. मग उरलेली ५ सेकंद (शतकामागे) ही तफावत कशी भरून निघावी ?

तो तफावत भरून काढायला डिकीनी सूर्याकडे बोट दाखवले. पृथ्वीप्रमाणे सूर्यही एका अक्षाभोवती फिरतो. ज्याप्रमाणे पृथ्वी ध्रुव प्रदेशांवर थोडी चपटी असते तसा सूर्यही चपटा असावा. कारण हे चपटेपण अक्षाभोवती फिरण्यामुळे उद्भवते. आकार बदलल्यामुळे सूर्याच्या बुधावरील आकर्षणशक्तीतही थोडा बदल होतो. हा बदल वरील तफावत भरून काढण्यास पुरेसा आहे हे डिकी यांचे म्हणणे होते.

१९६०-७० च्या काळात सूर्याचे बाहेरून दिसणारे चपटेपण मोजण्यात आले व ते वरील तफावतीस भरून काढण्यास पुरेसे नाही, असे दिसून आले. गेल्या पाचसह्या वर्षांत सूर्याच्या पृष्ठभागावर घडणारे सूक्ष्म बदल पाहून त्याच्या अंतरातील चपटेपण



३) सूर्य आतून अधिक वेगाने फिरत असल्याने (अक्षाभोवती) त्याचे आपले चपटेपण बाहेरपेक्षा जास्त असते.

मोजणे शक्य झाले आहे. पृथ्वी एक घनाकृती चडप्रमाणे अक्षाभोवती फिरते. त्याउलट सूर्य वायूचा बनलेला असल्याने त्याचा अक्षाभोवती फिरण्याचा वेग जसे आपण आत

जाऊ तसा वाढत जातो. आणि त्यामुळे तो बाहेरून दिसतो त्यापेक्षा आतून अधिक चपटा असावा (पहा चित्रक्रमांक ३). हा निष्कर्ष खरा ठरतो, पण त्या आंतरिक चपटे-

पणाचा बुधाच्या कक्षेवर पडणारा प्रभाव-देखील बरील तफावत भरून काढण्यास पुरेसा नाही. ५ सेकंदांपैकी फार तर दशांश सेकंद इतकाच भाग म्हणजे जेमतेम दोन टक्के एवढाच फरक सूर्याच्या चपटेपणामुळे पडतो.

राणा यांचे संशोधन

अशा तऱ्हेने पुन्हा आइन्स्टाइनच्या सिद्धान्ताला अचूकतेचा शेर मिळाला. परंतु ह्या सर्व प्रकरणात मला एक उर्णाव जाणवत होती. ती अर्शा- न्यूटनच्या सिद्धान्तानुसार इतर ग्रहांच्या आकर्षणामुळे बुधाची कक्षा किंचित बदलते हे ह्या लेखात आधीच सांगितले होते. 'एका शतकात ५३२ सेकंदांचा कोन' इतका SAच्या दिशेत फरक पडतो असे लप्ला-सपॉसून चाला आलेले गणित सांगते. मात्र हे गणित बोजड असून आधुनिक गणकयंत्रांच्या काळात जुनाट वाटते. केंब्रिज विद्यापीठातील स्वैरी आसथ याने अलीकडे गणकयंत्रावर, एकमेकांच्या गुह्यत्वाकर्षणाखाली आकाशातील तारे, आकाशगंगा इत्यादी कशा फिरतात याचे प्रात्यक्षिक करून दाखवले होते. त्याची पद्धत वापरून गणकयंत्रावर सूर्य व त्याच्या ग्रहांच्या भ्रमणकक्षा ठरवता येतील का, हा प्रश्न माझ्यापुढ होता.

तो प्रश्न माझ सहकारी नारायणचंद्र राणा यांनी सोडवला. आसथची पद्धत वापरून गणकयंत्रावर ग्रहांच्या कक्षा पूर्वापेक्षा अधिक अचूकपणे ठरवता येतात हे राणा यांनी दाखवले. तसेच ह्या नव्या आकडेमोडीतून आइन्स्टाइनच्या सिद्धान्ताला आणखी दुजोरा मिळतो.

समारोप

लेखांक १ ते ६ ह्या मालिकेत मानवाला ग्रहांच्या गतीबद्दल कशी अधिकाधिक अचूक माहिती मिळत गेली हे दाखवले. पहिल्या लेखात पृथ्वी फिरते का सूर्य, अशा प्रश्ना-पासून सुरुवात केली व ह्या लेखात ग्रहांच्या कक्षा किती अचूकपणे आज ठरवता येतात हे दाखवले.

परंतु ही प्रगती सरळ मार्गाने झाली नसून धक्केबुक्के खात झाली, हे ह्या लेख-मालेतून दिसते. जर सर्व काही सुरळीतपणे, सरळमार्गाने झाले असते तर विज्ञान हा मनोरंजक विषय ठरलाच नसता! आता काही काळ खगोलशास्त्राला वाजूला ठेवून विज्ञानाच्या इतर भागांची दखल पुढच्या लेखात घेऊ.

□ □

किलॉस्कर