

विज्ञानगंगेची अववळ वळणे

: ३ :

बंडखोर शास्त्रज्ञ 'गॅलिलेओ गॅलिलेई.'

● जयंत नारळीकर

सूर्याभोवती पृथ्वी फिरते ह्या सूर्यकेंद्रित सिद्धान्ताचा पाठपुरावा केला कोपर्निकसने (पहा लेखांक २, मार्च १९८५) परंतु कोपर्निकसचे पुस्तक प्रसिद्ध झाले तेव्हा तो मृत्यूशय्येवर होता. तेव्हा त्या सिद्धान्ताला झालेला विरोध त्याला फारसा सोसावा लागला नाही. कोपर्निकसचा सिद्धान्त उचलून धरून ठामपणे मांडण्याचे काम केले गॅलिलेओने आणि त्यासाठी त्याला पुष्कळ त्रास सोसावा लागला.

परंतु कितीही विरोध होत असो, स्वतःला पटलेले वैज्ञानिक-विचार निर्भीडपणे मांडणे हे गॅलिलेओच्या रक्तात भिनले होते. त्याने जे बंड पुकारले ते केवळ पृथ्वीकेंद्रित सिद्धान्ताविरुद्धच नव्हते तर तो सिद्धान्त ज्या मूलकल्पनांतून आलेला होता त्या सर्व विचारांविरुद्ध होते. हे विचार प्रामुख्याने मांडले होते ग्रीक तत्त्ववेत्ता अॅरिस्टॉटल याने (पहा लेखांक १, जानेवारी १९८५).

गॅलिलेओने अॅरिस्टॉटलविरुद्ध लढा कोणत्या स्वरूपात पुकारला ती एक मनोरंजक हकीगत आहे.

वैचारिक चर्चा विरुद्ध प्रायोगिक प्रात्यक्षिके

निसर्गाचे व्यवहार काही मूलभूत नियमांनुसार घडतात असे अॅरिस्टॉटल याने म्हटले होते. त्याने प्रतिपादन केलेले नियम हे काही अंशी नैसर्गिक व्यवहारांचे अवलोकन करून मांडले होते तर काही अंशी स्वतःची तर्कशक्ती लढवून. अवलोकन आणि तात्त्विक विवेचन ही दोन्ही विज्ञानाची महत्त्वाची अंगे आहेत, पण विज्ञानाचे आणखी एक महत्त्वाचे अंग आहे— ते म्हणजे प्रत्यक्ष प्रयोगाने एखाद्या सिद्धान्ताची परीक्षा करून पाहणे. हा भाग अॅरिस्टॉटलच्या कार्यात नव्हता.

'प्रायोगिक विज्ञानाचा आद्य पुरस्कर्ता' अशी संज्ञा गॅलिलेओला देता येईल. अॅरिस्टॉटलनंतर सुमारे एकोणिस शतके त्याचे विचार कुठलीही परीक्षणे न करता उचलून

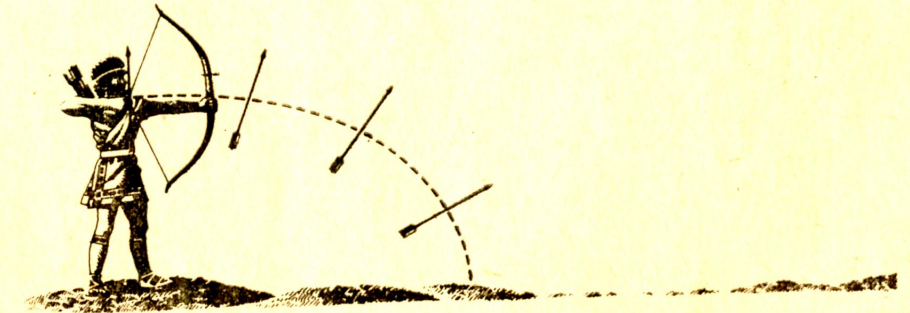
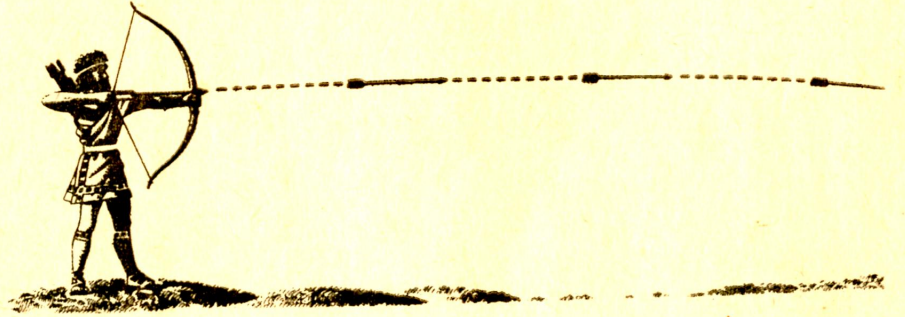
धरण्यात आले. गॅलिलेओचा हे मान्य नव्हते. त्याने प्रत्यक्ष प्रयोग करून अॅरिस्टॉटलचे सिद्धान्त तपासण्याचा घाट घातला आणि ते सिद्धान्त प्रयोगाच्या परीक्षेत उतीर्ण होत नाहीत हे त्याला दिसून आले. याची प्रथम एकदा उदाहरणे पाहू.

हवेत बाण कसा जातो ?

अॅरिस्टॉटलचे एक महत्त्वाचे विधान असे होते, की जेथे नैसर्गिक गती नाही, तडाख्याची गती आहे तेथे वळ सतत असणे आवश्यक आहे. (लेखांक-१ मध्ये ह्या दोन गतींबद्दल थोडक्यात चर्चा केली होती.) नैसर्गिक गती, निसर्गाला अभिप्रेत असलेल्या

गोलाकार कक्षांतून होत असते. उदाहरणार्थ, ताऱ्यांची पूर्वेपासून पश्चिमेपर्यंत आकाशातून जाण्याची गती. त्याउलट दैनंदिन व्यवहारातल्या वस्तूंना दिलेल्या गतीकरता वळाची आवश्यकता असते. याचे अॅरिस्टॉटलने दिलेले एक उदाहरण म्हणजे ढकलायची हातगाडी. जोपर्यंत आपण हातगाडीला ढकलतो तोपर्यंत ती चालते. ढकलायचे वळ नसले तर ती थांबते. म्हणून तडाख्याच्या गतीसाठी वळ हवे. गती चालू असताना वळ पाहिजेच !

प्रथमदर्शनी हे विधान पटण्यासारखे आहे. परंतु ते बरोबर नाही हे आजचा शाळकरी विद्यार्थी मागेल. न्यूटनच्या गतीच्या

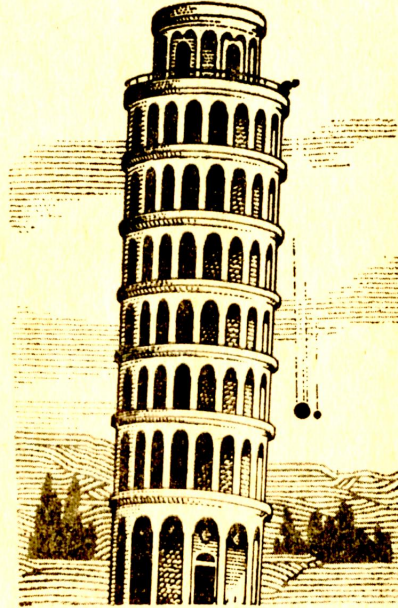


१) धनुष्याच्या दोरीवर लंबवत ठेवून मारलेला बाण लांब जातो तर समांतर ठेवलेला बाण जवळच पडतो. अॅरिस्टॉटलच्या तर्कानुसार ह्याच्या उलट घडायला हवे !

पहिल्या नियमाप्रमाणे जर एखाद्या वस्तूवर कुठलेही बळ काम करत नसेल तर ती स्थिर तरी राहते किंवा ठराविक वेगाने ठराविक दिशेला जात राहते. मग हातागडी का थांबते? कारण तिच्यावर घर्षणाचे प्रतिरोधक बळ काम करते. त्या बळावर मात करायला हातागडीला संतत ढकलावे लागते आणि इथेसुद्धा प्रश्न उठतो— की जर हातागडीला जोराचा धक्का दिला तर ती थोडा वेळ पुढे जाऊन थांबते— धक्का देऊन झाल्यावर काहीही ढकलण्याचे बळ मारे नसताना ती थोडा वेळ तरी का जात राहते? न्यूटनचे सिद्धान्त अस्तित्वात येण्यापूर्वी ह्या प्रश्नाचे उत्तर काय होते?

नेमका हा प्रश्न गॅलिलेओने विचारला आणि त्याला अधिक स्पष्ट करण्यासाठी बाणाची उपमा दिली. हवेत भिरकावलेला बाण जेव्हा हवेतून प्रवास करत असतो तेव्हा त्यावर कोणते बळ काम करत असते? जेव्हा धनुष्यातून बाण भिरकावला जातो तेव्हा त्याला जो तडाखा मिळतो तो बाण हवेत असताना अस्तित्वात नसतो. मग बळाशिवाय बाण हवेतून का जात राहतो?

ह्या प्रश्नावर अॅरिस्टॉटलचे अनुयायी



२) पोसाच्या कलत्या मनोऱ्यातून गॅलिलेओने वस्तू खाली टाकून त्या सर्व एकाच वेळी खाली पडतात हे दाखवले.

म्हणाले, की बाण हवेत असताना त्याला हवाच

मागून ढकलत असते! त्यावर गॅलिलेओने असा मुद्दा मांडला: 'बाण फार बारीक असल्याने त्याचा काटछेद फार कमी असतो. असे असूनही जर त्या काटछेदावर धक्का मारून हवा त्या बाणाला संतत पुढे ढकलले, तर तो बाण जर आडवा ठेवून हवेत भिरकावला तर ढकलायचा काटछेद वाढल्याने तो आणखीन जोराने गेला पाहिजे.' गॅलिलेओने धनुष्याच्या दोरीवर बाण लम्बवत न ठेवता आडवा ठेवून मारला. तो अर्थातच फार लांब न जाता तेथल्या तेथेच पडला! (पहा चित्र क्रमांक १)

जर अॅरिस्टॉटलचे म्हणणे सत्य असते तर हवेतून आडवा भिरकावलेला बाणावर काटछेद जास्त असल्याने हवेचा धक्का जास्त असून तो बाण अधिक लांब जायला हवा होता. तसे न घडल्याने बळ आणि गतीची कल्पना चुकीची होती, असे दिसून आले.

खुद्द गॅलिलेओनेच वर सांगितलेला न्यूटनचा गतीचा पहिला सिद्धान्त शोधून काढला. त्यासाठी त्याने केलेल्या प्रयोगांची कल्पना चित्र क्रमांक २ मध्ये दाखवली आहे. समोरासमोर दोन घसरगुंड्या ठेवून त्याने एकीवरून एक चेंडू खाली सोडला व दुसरीवर

चव्ह दिला. दुसऱ्या घसरगुंडीची उतरण बदलून पाहिले. प्रत्येक वेळी चेंडू ठराविक उंचीपर्यंतच चढे. अर्थात उतरण कमी केली की चेंडूला तीच उंची गाठायला अधिक लांबपर्यंत जावे लागे. ह्यावरून गॅलिलेओने निष्कर्ष काढला, की जर उतरण विलकूलच नसेल— म्हणजे जर घसरगुंडी पृथ्वीतलाच्या समांतर असेल— तर चेंडू न थांबता सतत जात राहिल. म्हणजेच ठराविक गतीने ठराविक दिशेला त्याची वाटचाल होत राहिल !

पीसाच्या मनोऱ्यावरून

गॅलिलेओचे समकालीन विचारवंत केवळ तांत्रिक वादविवादातच आपला वेळ आणि शक्ती घालवीत आणि त्यातून पुष्कळदा काही निष्पन्न निघत नसे. त्याउलट गॅलिलेओ प्रात्यक्षिक करून दादाचा निकाल लावी.

वरून टाकलेल्या लहानमोठ्या वस्तू सारख्या वेगाने खाली पडतात असा गॅलिलेओचा दावा तर अॅरिस्टॉटलवादी म्हणत, की अधिक दजानदार वस्तू अधिक शीघ्रतेने खाली पडतील. वाद घालत बसण्यापेक्षा गॅलिलेओने सरळ प्रयोगाचा आसरा घेतला. पीसाच्या कलत्या मनोऱ्याच्या गॅलरीतून त्याने वेगवेगळ्या वजनाच्या वस्तू टाकून पाहिल्या आणि स्वतःचे विधान खरे असल्याचे सिद्ध केले. (पहा चित्र क्रमांक ३)

गॅलिलेओने आणखी एक महत्त्वाची गोष्ट सिद्ध केली. वरून टाकलेल्या वस्तूचा वेग खाली पडता पडता वाढत जातो, हे त्याने मोजून दाखवले. त्यासाठी त्याने पाण्याचे घड्याळ वापरले, आणि खाली पडणारी वस्तू समान कालखंडात जास्त जास्त अंतर कापीत जाते असे त्याने सिद्ध केले. अर्थातच त्यामुळे वस्तूचा वेग क्रमशः वाढत जातो हे दिसून आले. अॅरिस्टॉटलवाद्यांच्या मते वेगात फरक पडू नये असे होते. कारण जर 'वजन' हे बळ मानले तर ते सदा तेच असते आणि त्यामुळे वेगसुद्धा तितकाच राहिला पाहिजे.

वजनाचा किंवा बळाचा संबंध वेगाशी नसून वेगवृद्धीशी असतो असे गॅलिलेओचे म्हणणे होते ते ह्या प्रयोगातून दिसून आले. अर्थात पुढे ह्या कल्पनेला मूर्त स्वरूप न्यूटनच्या गतीच्या द्वितीय नियमाने मिळाले— पण केवळ प्रयोगाने सृष्टीची गूढे उकलण्यास कशी मदत होते याचा प्रत्यय गॅलिलेओच्या प्रयोगाने येतो.

धर्ममार्तंडाशी विनोद

गॅलिलेओने कोर्पनिकसच्या सूर्यकेंद्रित सिद्धान्ताचा पुरस्कार आपल्या पुस्तकात : "विश्वाच्या दोन सिद्धान्तांबद्दल संभाषण" ह्यात केला. ह्या पुस्तकांची शैली गंमतशीर आहे. ह्यात टॉलेमीची पृथ्वीकेंद्रित विश्वाची कल्पना आणि कोर्पनिकसची सूर्यकेंद्रित विश्वाची कल्पना ह्यांच्या दोन पुरस्कर्त्यांत

(यांची नावे क्रमशः सिप्लिचिओ आणि साल्वियाटी) संभाषण दाखवले आहे. टॉलेमीचा पुरस्कर्ता अॅरिस्टॉटलच्या एकंदर विचारांचे समर्थन करतो तर कोर्पनिकसचा पुरस्कर्ता सयुक्तिक वादाने आणि प्रयोगाने त्यांचे खंडन करतो. तत्कालीन रोमन कॅथलिक धर्मने अॅलिस्टॉटल आणि पृथ्वीकेंद्रित सिद्धान्त प्रमाण मानला असल्याने धर्ममार्तंडांनी पुस्तकावर बंदी आणू नये याकरता गॅलिलेओने ह्या सिद्धान्तांच्या पुरस्कर्त्यांचा वादात विजय झाला असे शेवटी दाखवले आहे. परंतु पुस्तक काळजीपूर्वक वाचले तर खरे मुद्देसूद विचार त्याच्या विरोधकाचे आहेत हेच स्पष्ट होते. हे पुस्तक १६३२ साली प्रसिद्ध झाले.

वास्तविक गॅलिलेओचे हे बंडखोर विचार १६१५ मध्येच बाहेर येऊ लागले होते. ७ फेब्रुवारी १६१४ मध्ये एका धर्मगुरूने रोमच्या काडिनल मिलितोला पत्र लिहून 'गॅलिलेओ पृथ्वी स्थिर नाही असे म्हणतो' ही सौम्य तक्रार केली होती. काडिनल मिलिनो 'होली ऑफिस' ह्या धार्मिक न्याय-संस्थेचा प्रमुख सदस्य होता. त्याने ही तक्रार महत्त्वाची मानली आणि तिची धार्मिक तज्ज्ञांकडून छाननी व्हावी असे ठरवले. ह्या तज्ज्ञांनी इतका महत्त्वाचा प्रश्न तडकाफडकी निकालात काढला आणि २४ फेब्रुवारी १६१६ रोजी गॅलिलेओने पुरस्कृत केलेले विचार धर्मविरोधी

ठरवले. होली ऑफिसने ३ मार्चला शासकीय निर्णय जाहीर केला, पण त्यात गॅलिलेओचा उल्लेख नसून केवळ कोर्पनिकसच्या पुस्तकावर बंदी घालण्यात आली. जितक्या शीघ्रतेने हा निर्णय घेण्यात आला (आणि तोही गॅलिलेओची साक्ष न घेता) त्यावरून तो पूर्व-ग्रहदूषित होता असे मानावे लागते. मात्र २६ फेब्रुवारी १६१६ ला काडिनल वेल रमाइन याने गॅलिलेओला बोलावून ह्या प्रतिकूल निर्णयाची कल्पना दिली होती. ११ मार्चला खूद पोपने गॅलिलेओला मैत्रीपूर्ण शब्दात ह्या विरोधाची माहिती दिली आणि 'आम्हाला तुझ्याबद्दल आदर आहे आणि तुला घाबरण्याचे कारण नाही (जोपर्यंत तू कोर्पनिकसच्या कल्पना सत्य न मानता केवळ गृहीतक म्हणून मानतोस)' असे आश्वासन दिले. त्यामुळे गॅलिलेओ निर्धास्त राहिला होता, आणि सोळा वर्षे त्याचे संशोधन विनयाने चालू राहिले. त्याचे पुस्तक बाहेर आल्यावर मात्र धार्मिक संस्था खवळल्या. ७ सप्टेंबर १६३२ रोजी गॅलिलेओला रोमला पाचारण करण्यात आले. परंतु १३ फेब्रुवारी १६३३ रोजी ते आला— कारण त्यांचा प्रकृती नादुरुस्त होती. १२ एप्रिलला त्याची जबानी घेण्यात आली आणि १६१६ मधली ताकीद त्याने धुडकावून लावली, असा त्याच्यावर आरोप ठेवण्यात आला. १६ जूनला पोपने गॅलिलेओच्या

अपना बाजारचे

दर्जेदार

सहकार

मसाले

अपना बाजारच्या सहकार मसाल्यांचे उत्पादन तळोजा, पनवेल येथील अद्ययावत फॅक्टरीमध्ये केले जाते. उत्पादनासाठी स्वच्छता व टापटिपीच्या बाबतीत विशेष काळजी घेतली जाते. मसाल्यासाठी निवडक कच्चा माल वापरला जातो. व प्रयोगशाळेतील चाचणीनंतरच उत्पादन विक्रीसाठी पाठविले जाते, त्यामुळे सहकार मसाल्यातील पदार्थ रुचकर व स्वादिष्ट होतात, शिवाय -

अपना बाजार ही सहकारी तत्वावर चालणारी संस्था असल्याने योग्य वजन, योग्य किंमत, उत्तम दर्जा व निर्भेळ माल याची ग्राहकांना हमी असते.

रुचकर स्वयंपाकासाठी अपनाबाजारचे उत्तम प्रतीचे सहकार मसालेच वापरा.



उत्पादक :
अपना बाजार - को. ओप. डिपार्टमेंट स्टोअर्स,
युनिट ऑफ-मुंबई कामगार म. प्रा. सं. मं. लि. मुंबई - १४

पुस्तकावर बंदी आणली आणि त्याचा पुस्तक लिहिण्यामागचा हेतू काय होता, याची माहिती करून घेण्यासाठी साक्ष घ्यायची आज्ञा केली. २१ जूनला ही साक्ष घेऊन त्याला दोषी ठरवण्यात आले. त्याने गुडघे टेकून 'आपण चुकलो' हे कबूल करावे आणि प्रायश्चित्तादाखल दर आठवड्याला काही पश्चात्तापाची सूक्ते म्हणावीत, अशा शिक्षा त्याला देण्यात आली. कैदेची शिक्षा पण दिली गेली, मात्र ती अमलात आणली नाही.

असे म्हणतात की, 'मी चुकलो' अशी कबुली दिल्यावरही हा बंडखोर शास्त्रज्ञ स्वतःशी पुटपुटला, 'तरी ती फिरतेच!' 'ती' म्हणजे पृथ्वी.

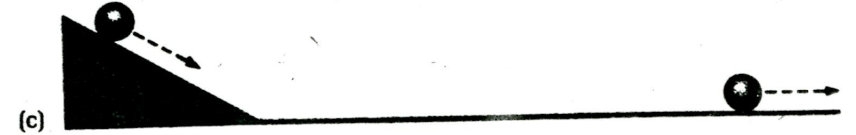
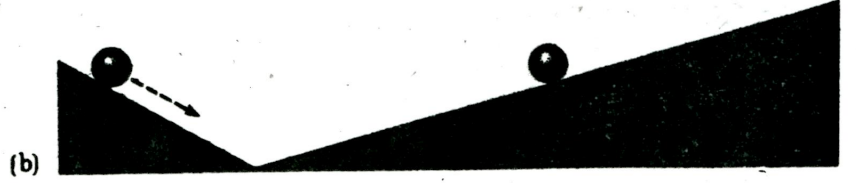
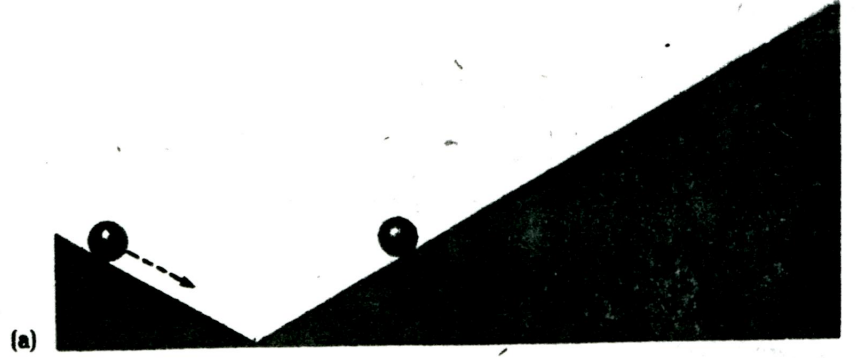
गॅलिलेओची बाजू भक्कम होती का ?

काही वर्षांपूर्वी सध्याचे पोप जॉनपॉल II याने गॅलिलेओ प्रकरणाची परत छाननी करायचा आदेश दिला. त्याच्यादरम्यान अन्वयाय झाला असेल तर तो प्रामाणिकपणे चर्चने कबूल करावा, ही त्यामागची भावना होती. त्यामुळे ह्या ऐतिहासिक घटनेवर संशोधन चालू असून व्हॅटिकन वेधशाळेतून त्यावर अभ्यासपूर्ण निबंध येत आहेत.

गॅलिलेओवर अन्वयाय झाला हे सगळे मान्य करतात. परंतु ज्या काळात हा वाद-विवाद घडला त्या वेळीची खगोलशास्त्रीय प्रगती पाहता गॅलिलेओची बाजू फारशी भक्कम नव्हती, असे आढळते !

मुख्य वाद होता 'सूर्य फिरतो का पृथ्वी'. ह्या वादाचा निकाल 'पृथ्वी फिरते' असा देताना लांबच्या ताऱ्यांच्या पारदर्शकतेवर ह्या दोघांपैकी कोण फिरतेय ते पाहणे आवश्यक होते. लेखांक १ मध्ये म्हटल्याप्रमाणे ही माहिती गॅलिलेओच्या काळी उपलब्ध नव्हती व ती मिळावयाची तंत्रसामग्री पण उपलब्ध नव्हती. १६१५ साली केप्लरने ३३ लिहून गॅलिलेओला विचारले, "जर पृथ्वी फिरते हे तू सिद्ध करू शकलास तर ती एक फार महत्त्वाची घटना ठरेल. तू म्हणतोस त्याप्रमाणे तुझ्याकडे प्रमाण असले तर मी ते जर्मनीत प्रसिद्ध करून घेतो." जर्मनीत कॅथलिक धर्म जाऊन प्रॉटेस्टंट पंथ येऊ लागला होता. शिवाय केप्लरसारख्या शास्त्रज्ञांचा तिथे पुष्कळ मान होता. (पहा लेख क्रमांक २).

परंतु गॅलिलेओने उत्तर दिले नाही. फार काय, पुढली १२ वर्षे गॅलिलेओने केप्लरकडे पूर्ण दुर्लक्ष केले. केप्लरचे नियम-ग्रह हे सूर्याभोवती वक्र गोलात फिरतात- गॅलिलेओच्या हयातीत प्रसिद्ध झाले पण त्याने कधीही त्यांचा उल्लेख केला नाही. उलट टॉलेमी व कोपर्निकसने वापरलेली 'एपिसायकल्स' ही बोजड रचनाच त्याने बरोबर



३) एका घसरगुंडीवरून सोडलेला चेंडू सभोरच्या घसरगुंडीवर मुळच्या उंचीपर्यंत चढतो. ती घसरगुंडी किती कलती आहे त्यावर ही उंची अवलंबून नसते. जर उतरण कमी असेल तर चेंडू ही उंची गाठायला लांबवर जाईल.

मानली. एका प्रख्यात शास्त्रज्ञाने दुसऱ्या प्रख्यात शास्त्रज्ञाकडे अशा प्रकारे दुर्लक्ष करावे हा प्रकार केवळ अलीकडच्याच काळात घडतो असे नाही.

मग 'पृथ्वी फिरते' ह्या विधानासाठी गॅलिलेओजवळ पुरावा तरी कोणता होता ? १६१५ च्या डिसेंबरमध्ये रोममध्ये आल्यावर त्याने अनेक सभांतून आपला 'पुरावा' मांडला होता. हा पुरावा भरतीओहोटी ह्यावर आधारलेला होता. गॅलिलेओच्या मते पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती फिरते आणि वर्षभरात सूर्याभोवती फिरते, ह्यामुळेच तिच्या पृष्ठभागावरील समुद्राचे पाणी हिंदकाळून त्यात भरतीओहोटी येते. हा पुरावा त्याने त्या वेळी होली ऑफिसला सादर केला होता, पण तो कार्डिनल बेल्समाइन व इतरांनी ग्राह्य मानला नाही. तो जर त्या वेळी ग्राह्य मानला गेला असता तर कदाचित कोपर्निकसच्या सूर्यकेंद्रित सिद्धान्ताला मान्यता मिळाली असती व

गॅलिलेओचा छळ थांबला असता, अथवा पुढे झाला नसता. परंतु बायबलचे अक्षर अन् अक्षर प्रमाण मानणारे धर्ममार्तंड अशा पुराव्याकडे पाहायला तयार नव्हते.

गंमत म्हणजे, गॅलिलेओचा हा पुरावा सर्वस्वी चुकीचा होता ! एक चुकीची बाब म्हणजे गॅलिलेओच्या सिद्धान्तानुसार ठराविक वेळेनंतर (सुमारे २४ तास ५१ मिनिटे) भरती का येते हे त्याला मांगता येत नव्हते. सूर्य आणि चंद्र यांच्या गुह्यत्वाकर्षणामुळे भरतीओहोटी येते हे आज माहीत असले तरी त्या वेळी त्याची कल्पना गॅलिलेओला नव्हती कारण गुह्यत्वाकर्षणाची सिद्धान्त त्या वेळी अस्तित्वातच नव्हता.

एकंदरीत, एका बरोबर सिद्धान्ताचा (म्हणजे कोपर्निकसच्या) पाठपुरावा करताना गॅलिलेओने सादर केलेला चुकीचा पुरावा (भरतीओहोटीवर आधारलेला) धर्ममार्तंडांनी अशास्त्रीय निकष लावून धुडकावून लावला !