

गुरुत्वाकर्षणावरील व्याख्यानांच्या मालिकेतील तिसऱ्या व्याख्यानात तुम्हा सर्वांचे स्वागत आहे, त्यामुळे आम्ही आतापर्यंत जे काही केले आहे ते म्हणजे गतीच्या पैलूंची आणि न्यूटनने सुरू केलेल्या गतीच्या तीन नियमांची उजळणी करणे आणि त्यानंतर आम्ही संवर्धन आणि दोन नियमांवर चर्चा केली. किंबहुना तीन नियम जे आपल्यासाठी सर्वात महत्वाचे आहेत ते म्हणजे ऊर्जेचे संवेग संवर्धन आणि कोनीय संवेगाचे संवर्धन हे आपण ग्रहांच्या गतीची चर्चा करतो तेव्हा तथाकथित केपलरियन कक्षा आणि गुरुत्वाकर्षण या तिन्ही नियमांची भूमिका आहे प्ले खरेतर ग्रहांच्या गतीचा प्रसिद्ध दुसरा नियम हा कोणीतरी संवेगाच्या संवर्धनाचे विधान आहे जो गुरुत्वाकर्षणाचा नियम न्यूटनने तयार केल्यावर लक्षात आला होता. त्रिकोणमितीचा वापर करून मोठे अंतर कसे मोजले जाऊ शकते याबद्दल आम्ही खूप गुणात्मक चर्चा केली. म्हणून असे नाही की एखाद्याला स्केल किंवा इंच पायरी किंवा इतर कोणतेही मोजण्याचे साधन आवश्यक नाही आणि आपल्याला शारीरिकरित्या टी. अंतर निर्धारित करण्यासाठी आपण मोठे अंतर म्हणजे काय याचा अंदाज लावू शकतो जसे की पृथ्वीची त्रिज्या हा एक परिपूर्ण गोलाकार आहे किंवा पृथ्वी आणि चंद्र किंवा पृथ्वी आणि सूर्य यांच्यातील अंतर आहे आणि पुढे जर आपण गणिती आणि भौतिक दोन्ही अतिरिक्त तत्त्वे चालवू शकतात, म्हणून आपण त्रिकोणमितीचा वापर करू शकतो आणि नंतर एक बाजू आणि कोन मोजू शकतो आणि अंतर किंवा अंतरांचे गुणोत्तर मिळवण्याचा प्रयत्न करू शकतो. म्हणून मी दोन उदाहरणे दिली आहेत एक मोजमाप किंवा अंदाज पृथ्वीच्या त्रिज्याचा एकाच वेळी दोन वेगवेगळ्या बिंदूवर सूर्याच्या किरणांनी तयार केलेला कोन पाहून मी लंबनाद्वारे इतर अंतर कसे मोजले जाऊ शकतात हे देखील सूचित केले आहे.

त्यामुळे आज मी काय करणार आहे ते मी स्पष्ट करणार आहे अंतर आणि गुणोत्तरांचा अंदाज कसा लावता येईल याच्या थोड्या अधिक तपशीलात कारण हे मूलभूत आहे अन्यथा केपलर त्याचे नुकसान ठरवू शकला नसता. जेव्हा आपण खगोलीय गोलाकडे पाहतो तेव्हा आपली नजर अंतरांमध्ये फरक करू शकत नाही ते सर्व समान अंतरावर असल्याचे दिसून येते कारण ते सर्व आकाशावर आहे गोल तेथे परिभाषित केला आहे आणि म्हणून आपल्याला या अप्रत्यक्ष तंत्रांची आवश्यकता आहे आणि तेच आहे मी चर्चा करणार होतो म्हणून मुळात आजच्या व्याख्यानात आपण अंतराचा अंदाज कसा लावता येईल यावर थोडी अधिक चर्चा करू आणि अधिक काळजीपूर्वक निरीक्षण केल्याने तुम्हाला अंतरासाठी चांगले आणि चांगले अंदाजे अधिक चांगले आणि चांगली मूल्ये मिळतील, म्हणून पासिंगमध्ये मी त्याबद्दल उल्लेख करेन निरीक्षणांच्या अचूकतेवर मी चर्चा करेन नंतर गॅलिलियन कायदा बिगालियन कायदा हा मुक्तपणे पडणाऱ्या शरीराचा नियम आहे मग आपण केपलरच्या नियमांकडे जाऊ जे स्वर्गीय पिंडांना संदर्भित करतात आपण गॅलिलियन कायदा आणि केपलरचे नियम केंद्राभिमुख शक्तींसह एकत्र करणार आहोत आणि नंतर तर्क करू. न्यूटनने जसे गुरुत्वाकर्षणाचा नियम तयार केला तो अतिशय तर्कसंगत गोष्ट आहे म्हणून जेव्हा मी ते तर्कसंगत आहे असे म्हणतो तेव्हा त्याचा अर्थ असा होत नाही ही एक सोपी गोष्ट आहे किंवा क्षुल्लक गोष्ट आहे कारण आपण हे लक्षात ठेवले पाहिजे की जेव्हा न्यूटनने गुरुत्वाकर्षणाच्या वैश्विक नियमावर काम केले तेव्हा त्याच्याकडे बलाची संकल्पना नव्हती त्याच्याकडे संवेगाची संकल्पना नव्हती म्हणून त्याला गतीची ओळख करून द्यावी लागली सक्तीने त्याला कायदा आणावा लागला आणि नंतर त्याला गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाला लागू करावे लागले त्याहूनही महत्त्वाचे म्हणजे न्यूटनला दूरवर क्रिया करण्याची संकल्पना नव्हती ज्या लोकांना माहित होत्या त्या सर्व शक्ती संपर्क बल होत्या जसे उदाहरणार्थ मास स्पिंग सिस्टम द स्पिंग वस्तुमानाच्या संपर्कात आहे म्हणून सर्व शक्ती दोन शरीरांमधील संपर्कांमुळे गृहीत धरल्या गेल्या होत्या म्हणून येथेच पहिली परिस्थिती होती जिथे न्यूटन असा कायदा तयार करण्याचा प्रयत्न करत होता जिथे दोन शरीरे एकमेकांना स्पर्श करत नसतानाही शक्ती वापरली जाऊ शकते. एकमेकांच्या संपर्कात नाही म्हणून जर तुम्ही न्यूटनचे प्रमाणीकृत चरित्र वाचले तर तुम्हाला या विषयांवर आकर्षक चर्चा पाहायला मिळतील म्हणून आम्ही चर्चा करणार आहोत ती तर्कशुद्ध आहे  $y$  पश्चदृष्टी नैसर्गिक आहे पण जेव्हा न्यूटनने तयार केले तेव्हा ते खूप क्रांतिकारी होते म्हणून जेव्हा आपण खगोलशास्त्रीय निरीक्षणांकडे येतो तेव्हा आपण हे लक्षात ठेवले पाहिजे की मानव जातीला नेहमीच ताऱ्यांबद्दल आकर्षण असते मला असे वाटते की कांत यांनी सांगितले की दोन गोष्टी आहेत ज्या त्याचे हृदय भरतात एक तर आकाशातील खगोलीय गोलाकारांचा क्रम होता आणि दुसरा त्याच्या आत असलेला नैतिक नियम होता आणि हे हजारो वर्षांपासून बेबीलोनियन इजिप्शियन ग्रीक रोमन वेधशाळा निरीक्षणे भारतीय आणि चिनी बहुधा मायान यांनीही मोठ्या प्रमाणात निरीक्षणे केली होती. आपल्याजवळ जास्त तपशील नाही म्हणून जेव्हा आपण तथाकथित खगोलशास्त्रीय निरीक्षणे आणि कायद्यांच्या निर्मितीबद्दल बोलतो तेव्हा आपण हे लक्षात ठेवले पाहिजे की अनेक शतकांपासून पसरलेल्या या सर्व सभ्यतांनी गोळा केलेल्या डेटाची महत्त्वाची भूमिका आहे हे आपण विसरू नये. मी आता तुम्हाला पृथ्वी आणि चंद्र आणि त्रिज्या यांच्यातील अंतराचे गुणोत्तर कसे आहे हे समजावून सांगेन चंद्रग्रहण पाहून पृथ्वीचा अंदाज लावला जाऊ शकतो म्हणून हे एक आकर्षक उदाहरण आहे आणि मला वाटते हे उदाहरण अभिजात लोकांसाठी वापरले जाते आणि आपण कसे ते पाहू आणि मला ते कोणत्याही सोप्या पद्धतीने स्पष्ट करू द्या म्हणजे आपण काय करावे हे गृहीत धरणे आहे की आपल्याकडे पृथ्वी आहे जी मी लहान गोलाकाराने दाखवत आहे आणि गती चंद्र एका वर्तुळाकार कक्षेत जात आहे यात कोणताही विरोध नाही तो अॅरिस्टोटेलियन दृष्टीकोन आहे की गॅलिलियन दृष्टीकोन सर्व विवाद पृथ्वी आहे की नाही याबद्दल होता. सूर्याभोवती फिरत आहे किंवा सूर्य पृथ्वीभोवती फिरत आहे, चंद्र पृथ्वीभोवती फिरत आहे की नाही याबद्दल कोणालाही शंका नाही, म्हणून आपण काय करू आपण चंद्र आणि पृथ्वीमधील अंतर भांडवलाने दर्शवू म्हणून ही चंद्राची कक्षा आहे

त्यामुळे या टप्प्यावर आम्ही असे गृहीत धरत आहोत की चंद्राची कक्षा गोलाकार आहे हे एक महत्त्वाचे गृहितक आहे हे गृहितक विविध काळजीपूर्वक निरीक्षणांद्वारे तपासले जाऊ शकते. खगोलशास्त्रीय डेटा निरीक्षणे आणि गणिते दोन्ही रोमन ग्रीक शाळा आणि भारतीय शाळा अरबता किंवा भास्कर यांनी नेहमी सरासरी अंतर देतात कारण त्यांना या वस्तुस्थितीची जाणीव होती की अंतर बदलते कारण कोणत्याही दोन भिन्न कोनांमधील संक्रमण वेळ पाहून खगोलीय गोलाकारावर त्यांना हे माहित होते परंतु येथे आम्ही पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतराचे अचूक निर्धारण विचारत नाही तर आम्हाला फक्त पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर काय अंदाज लावता येईल यात रस आहे म्हणून आम्हाला ते तयार करण्याची परवानगी आहे मोठ्या संख्येने अंदाजे आता स्पष्ट करण्यासाठी मी पृथ्वीचा आकार वाढवणार आहे म्हणून मी ते येथे आणणार आहे आणि ते येथे स्पष्ट करेन आणि मी पृथ्वीची त्रिज्या दाखवेन  $r_{ei}$  द्वारे त्याचे प्रतिनिधित्व करेल म्हणून आपल्याकडे दोन आहेत येथे स्केल एक

म्हणजे पृथ्वीपासून चंद्राचे अंतर ज्याला मी  $r$  म्हणत आहे आणि दुसरा पृथ्वीची त्रिज्या आहे त्यामुळे पृथ्वी चंद्राचे अंतर त्रिज्या आहे पृथ्वीचे आठवते की पृथ्वीची त्रिज्या अगदी अचूकपणे कशी निर्धारित केली जाऊ शकते याबद्दल आम्ही आधीच चर्चा केली आहे. ती सुमारे 600 6400 किलोमीटर आहे, कदाचित त्यापेक्षा सुमारे 20 किलोमीटर कमी आहे, आम्ही याबद्दल कधीही काळजी करणार नाही म्हणून आम्हाला हे माहित आहे की आम्हाला हे माहित आहे आणि आम्हाला काय करायचे आहे  $d_0$  म्हणजे भांडवल  $r$  चे मूल्य हाताळण्याचा प्रयत्न करणे हेच आपल्याला करायचे आहे म्हणून आता मी दुसरे चित्र काढणार आहे आणि मी काय करणार आहे ते म्हणजे ग्रहण पाहणे दोन ग्रहण आहेत. एक म्हणजे जेव्हा पृथ्वी सूर्य आणि चंद्राच्या मध्ये येते तेव्हा चंद्रग्रहण होते आणि जेव्हा चंद्र पृथ्वी आणि सूर्याच्या मध्ये येतो तेव्हा आपल्याला सूर्यग्रहण होते येथे आपल्याला चंद्रग्रहणात रस आहे म्हणून आपल्या सर्वांना माहित आहे की चंद्रग्रहण पूर्णतः होते. चंद्राचा दिवस आणि सूर्यग्रहण एका अमावस्येच्या दिवशी होते पौर्णिमा आणि अहमदिया म्हणजे जेव्हा ते घडते तेव्हा आता आपण विचारूया की काय होते म्हणून तुमच्याकडे पृथ्वी आहे आणि आपण काय करावे हे गृहीत धरणे की सूर्य अगदी वर आहे खूप मोठा अंतर पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतराच्या तुलनेत हेच आहे जे आपण गृहीत धरू आणि आपण असे म्हणतो की ग्रहण तयार होत आहे आपण केवळ ग्रहण पाहत आहोत कारण चंद्र पृथ्वीच्या सावलीत प्रवेश करतो हेच घडत आहे, जर सूर्य खूप असेल तर खूप दूर मग तुम्हाला माहित आहे की अनंतावर असलेली एखादी वस्तू समांतर किरण तयार करेल, त्यामुळे काय होत आहे ते मी हे योजनाबद्धपणे स्पष्ट करणार आहे त्यामुळे सूर्य अनंतावर आहे म्हणून दोन किरण येथे येत आहेत. त्यामुळे जर तुम्ही पृथ्वीमधील मर्यादित अंतर विसरलात तर आणि सूर्याविषयी आपण नंतर येऊ. जर आपण सूर्याचा आकार स्वतःच सूर्याचा कोन किंवा आकार विसरलात, कारण त्यामुळे उभ्रा आणि पेनम्ब्रा होऊ शकतात, आपण त्या दोघांनाही विसरलात तर आपल्याकडे काय आहे दोन समांतर किरण आहेत आणि सावली येथे टाकली गेली आहे मुळात सावली अमर्याद आहे आणि जर तुमचा आकार मर्यादित असेल तर सावली वळणार नाही तुम्ही पुढे जाताना आणि अधिक दूर, चंद्र कुठे असला तरीही चंद्र या सावलीच्या प्रदेशात असणार आहे ही सावलीच्या प्रदेशाची वेळ आहे आणि हे अंतर किती आहे हे अंतर काही नसून पृथ्वीचा व्यास आहे जो  $2r$  हे अंतर आहे पृथ्वीच्या व्यासाशिवाय काहीही नाही जो  $2r_a$  आहे त्यामुळे मला आता फक्त ग्रहण सुरू होण्यास आणि नंतर ग्रहण समाप्त होण्यास किती वेळ लागतो हे जाणून घेणे आवश्यक आहे म्हणून आपण त्याबद्दल थोडेसे सावधगिरी बाळगणे आवश्यक आहे कारण चंद्राला बऱ्यापैकी मोठा कोनीय आकार पूर्ण चंद्र प्रत्यक्षात खूप मोठा दिसतो विशेषतः जेव्हा तो वाढतो तेव्हा आपण चंद्राचे केंद्र निश्चित करू शकतो. किंवा चंद्राचा परिघ आपण निश्चित करणार आहोत ते ठीक आहे, त्यामुळे लागणारा वेळ शोधा हे ग्रहणाच्या कालावधीशिवाय दुसरे काहीही नाही तर आपण काय म्हणत आहोत या खऱ्या कक्षाचा अंदाज लावणार आहोत त्यामुळे चंद्राची कक्षा अशीच आहे म्हणून मुळात आपण असे म्हणत आहोत की चंद्राला ठराविक संक्रमण वेळ लागतो म्हणून झाड सावलीतून पारगमन करते आणि कव्हर केलेले अंतर  $2re$  आहे म्हणून हा डेटा आहे जो आपल्याकडे खूप सोपा आहे आता मी पुन्हा आकृती लिहू दे आता येथे पृथ्वी आहे चंद्राची कक्षा आहे आणि आता हे अंतर आहे  $r$  जर मी गृहीत धरले की चंद्र स्थिर कोनीय वेगाने फिरत आहे आता एकूण अंतर किती आहे एकूण अंतर  $2\pi r$  आहे आणि मला चंद्राचा कालावधी माहित आहे जो आहे 30 दिवसांच्या जवळ म्हणजे चंद्राला  $2\pi r$  चे अंतर कापण्यासाठी 30 दिवस लागतात म्हणून  $2\pi r$  साठी तुमच्याकडे 30 दिवस आहेत आणि  $2re$  च्या अंतरासाठी तुमच्याकडे ट्रान्झिट वेळ आहे तुमच्याकडे आता ट्रान्झिट वेळ आहे असे तुम्ही गृहीत धरल्यास चंद्र एकसमान कोनीय वेगाने फिरत आहे आणि त्यामुळे एकसमान गतीने तुम्हाला यावरून वेग मिळतो कारण तुम्हाला माहिती आहे की पृथ्वीची त्रिज्या ती परत जोडते आणि तुम्हाला पृथ्वी आणि चंद्रामधील अंतर मिळते. किंवा तुम्हाला असे वाटत असेल की ठीक आहे. रेडी माहित नाही आपण पृथ्वीचे खूप चांगले आहोत तर तुम्ही  $r$  हे गुणोत्तर पाहू शकता जे अनन्यपणे निर्धारित केले जाऊ शकते कारण दोन कालखंड ओळखले जातात ते काहीही नसून दोन कालखंडांच्या गुणोत्तराच्या प्रमाणात आहे म्हणून हे काही नाही तर पारगमन वेळेवर  $t$ . मी ट्रान्झिट म्हणून लिहिले होते की हा ग्रहणाचा कालावधी आहे हा अरिस्टार्कसचा अलौकिक बुद्धिमत्ता होता आता जर तुम्ही हे अंतर काढले तर ते अंदाजे 60 असेल. आज विलक्षण अचूक मोजमाप आहेत ज्यांचे निरीक्षण करणे वास्तविक मोजमाप केवळ निरीक्षणेच नाही. लेसरद्वारे पृथ्वी आणि चंद्र तुम्ही लेझर बीम पाठवता आणि तुम्ही लेसर बीम चंद्राच्या पृष्ठभागावर जाण्यासाठी वेळ विचारता परावर्तित होतात आणि परत येतात आणि तुम्हाला माहिती आहे की प्रकाश प्रचंड वेगाने तीन लाख किलोमीटर प्रति सेकंद वेगाने प्रवास करतो म्हणून आम्ही करू शकतो अंतराचा अगदी अचूकपणे अंदाज लावा आणि हा साठ आकडा आजच्या काळातील निरीक्षणांनुसार जे काही आहे त्याच्या अगदी जवळ आहे. आता तुम्हाला फक्त प्लग करणे आवश्यक आहे 6400 किलोमीटर इतके आहे आणि यामुळे तुम्हाला पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतराची कल्पना काय मिळते याची कल्पना येते आता तुम्ही थोडेसे हुशार आणि अधिक सावध असाल तर तुम्ही पाहू शकता की हे निरीक्षण देखील तुम्हाला चंद्राच्या आकाराची कल्पना कारण तुम्ही विचारू शकता की चंद्राचा पुढचा किनारा आणि चंद्राच्या उजव्या काठाला ग्रहण पायला किती वेळ लागेल हे तुम्हाला माहित आहे आणि मग तेच होय म्हणून जर ग्रहण असेल तर प्रारंभ करा आणि तो संपणार आहे मी म्हणालो की आम्हाला केंद्राकडे पहायचे आहे तुम्ही दोन कडांमधील अंतर देखील पाहू शकता जेणेकरून चंद्राच्या त्रिज्याची कल्पना येईल आणि खरं तर चंद्र हे आपल्याला सांगेल पृथ्वीपेक्षा खूपच लहान आहे अन्यथा चंद्र पृथ्वीपेक्षा मोठा आहे की पृथ्वी चंद्रापेक्षा मोठा आहे हे ठरवणे विलक्षण कठीण आहे परंतु हे मोजमाप आपल्याला सांगण्यास सक्षम असले पाहिजे म्हणून आम्ही गृहीत धरल्यास आम्ही म्हणतो आणि ते अगदी वाजवी गृहीतक आहे  $\tau_0$  त्रिकोणाच्या तीन कोनांची बेरीज 180 अंश दोन समांतर रेषा आहे हे आम्हाला जे काही आढळते ते भूमितीच्या सर्व प्रमेयांशी कधीच जुळणार नाही आणि ते लाखो किलोमीटरच्या मोठ्या प्रमाणात धारण करतात असे जर तुम्ही गृहीत धरले तर त्रिकोणमिती आणि ही निरीक्षणे आम्हाला सांगतील की इतक्या मोठ्या अंतरांचा अंदाज कसा लावायचा

त्यामुळे आता आम्ही सुरक्षितपणे म्हणू शकतो की आम्हाला पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर माहित आहे कारण कोणीतरी पृथ्वीची त्रिज्या निर्धारित करण्यासाठी दुसरे तत्त्व वापरले आहे जो तुम्हाला येथे माहित असणे आवश्यक आहे. किंबहुना आपण अंदाज लावू शकतो इतकेच नाही तर आपण ते अधिकाधिक अचूक बनवू शकतो, उदाहरणार्थ 5 व्या शतकाच्या चौथ्या शतकाच्या आसपास, चंद्राचा कालावधी 1 मिनिटाच्या अगोदर ओळखला जात होता. आम्ही येथे एका मिनिटाचे बोलत आहोत. 30 दिवस हे प्रत्यक्षात 29 पॉइंट काहीतरी काहीतरी आहे जेणेकरून तुम्ही ते तासांपर्यंत खाली आणू शकता तुम्ही वारंवार निरीक्षण करून ते मिनिटापर्यंत खाली आणू शकता म्हणून एकदा का तुम्हाला कालावधी अधिकाधिक अचूकपणे कळला आणि एकदा तुम्ही पृथ्वीची त्रिज्या अधिकाधिक अचूकपणे मोजू शकलात की हे अंतराचे अंदाज देखील चांगले आणि चांगले बनतात म्हणून खगोलशास्त्रीय निरीक्षणे खूप स्वारस्यपूर्ण आहेत आता मी तुम्हाला स्पष्ट करतो की आम्ही कसे करू शकतो वास्तविक पृथ्वी आणि सूर्य यांच्यातील अंतराचा अंदाज लावा खरं तर पृथ्वी आणि कोणत्याही ग्रहामधील अंतर ट्रान्झिट वेळा पाहण्याची कल्पना आहे म्हणून तेथे occultation चा चंद्र नावाच्या गोष्टी आहेत उदाहरणार्थ तुम्ही शुक्राला विचारता उदाहरणार्थ तुम्ही विचारता शुक्रासाठी किती वेळ लागतो सूर्याच्या एका काठावरून सूर्याच्या दुसऱ्या काठावर जाण्यासाठी ती एक गोलाकार डिस्क असते आणि जर तुम्हाला पृथ्वी आणि शुक्र यांच्यातील अंतर माहित असेल तर तुम्ही लगेच अंदाज लावू शकता की सूर्याची त्रिज्या किंवा व्यास किती आहे, त्यामुळे हे कसे आहे आम्ही हुशारीने अंदाज लावतो

त्यामुळे येथे आपण काय करावे हे एकतर सूर्यग्रहणातील चंद्रग्रहण बघू नये म्हणून आपण अर्धचंद्र पाहू या त्यामुळे साधारणपणे आठवा दिवस आहे. 1 अष्टमी हा अनेक धार्मिक हेतूसाठी खूप महत्त्वाचा दिवस आहे त्यामुळे जेव्हा चंद्र थेट मध्यभागी असतो तेव्हा अमावास्या केव्हा घडते याचा अर्थ काही दुरुस्त्या केल्याशिवाय तो पृथ्वी आणि सूर्य आणि सूर्य यांच्यामध्ये नेमका त्याच समतलात नाही पौर्णिमा तेव्हा होतो जेव्हा चंद्र थेट दुसऱ्या बाजूला असतो पृथ्वी पृथ्वी आणि या एकाच्या मध्ये असते पण अर्धा चंद्र येतो म्हणून ते योजनाबद्धपणे दाखवण्यासाठी तुमच्याकडे येथे सूर्य आहे तुमच्याकडे पृथ्वी आहे आणि तुमच्याकडे चंद्र येथे आहे कृपया करू नका या आकृतीने दिशाभूल करा कारण या आकृतीवरून तुम्हाला अशी कल्पना येते की चंद्र सूर्यापेक्षा जास्त दूर आहे हे प्रमाण मोजण्यासाठी नाही म्हणून हा तुमचा आठवा दिवस आहे आता मला जे काही करायचे आहे ते मी एक मोजणे आहे हे कोण मला फक्त यापैकी एक कोण जाणून घेणे इतकेच माहित होते मला हे अंतर आधीच माहित आहे आणि जर मला दुसरा कोण माहित असेल तर मी तुमच्यासाठी एक साधा सोपा व्यायाम सोडून, तुम्ही हे शोधू शकता की पृथ्वीमधील अंतर आहे आणि  $d$  हेच तुम्ही करू शकता तर आम्ही काय करत आहोत म्हणून आपण पाहू या  $\tan \theta = \frac{r}{R}$  आणि  $\tan \theta$  ची अंदाजे थीटा द्वारे केली जाऊ शकते कारण  $\theta$  खूप लहान असणार आहे

त्यामुळे पहिल्या चरणात तुम्ही अंदाज करता  $r$  चे गुणोत्तर  $R$  हे पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर आहे हे पृथ्वी आणि यामधील अंतर आहे आणि मग तुम्हाला माहित असल्यास किंवा तुम्ही असे गृहीत धरले की तुम्हाला पृथ्वी आणि चंद्र मधील अंतर माहित आहे. पृथ्वी आणि सूर्य यांच्यामध्ये याविषयी काही विशेष नाही. तुम्ही शुक्र ठेवू शकता, पारा ठेवू शकता, तुम्ही असे गृहीत धरू शकता की ते सर्व वर्तुळाकार कक्षेत फिरत आहेत. आणि या विशिष्ट पद्धतीने तुम्हाला सर्व अंतरांचा अंदाज लावता आला पाहिजे आणि तेच महान खगोलशास्त्रज्ञांनी असे केले जेव्हा तुम्ही प्लॅनेटरीय नियमाविषयी बोलत असता तेव्हा खगोलशास्त्रज्ञांनी जे केले होते ते टॉलेमीच्या काळापासून किंवा त्यापूर्वीही रात्रीच्या आकाशाचे मोठ्या संयमाने निरीक्षण करायचे होते.  $e$  विस्तृत तक्ते आणि अर्थातच तुम्हाला त्रिकोणमितीय फंक्शन्सची टेबल हवी आहे म्हणून त्यांनी चिन्हांची गणना केली आणि वाक्य प्रचंड अचूकतेसाठी कारणीभूत ठरले त्या प्रक्रियेत त्यांनी खरंतर मालिका विस्तार इत्यादि इत्यादि विकसित केले जरी कॅल्क्युलसचा औपचारिक शोध लागला नसला तरीही ते बरेच काही करू शकले. अर्थातच ते गोलाकार त्रिकोणमिती करत होते, ज्याला म्हणतात पण त्याचा आम्हाला फारसा फरक पडत नाही म्हणून केपलरच्या काळात कोपर्निकस आणि टायको ब्राहे यांच्या महान निरीक्षणानंतर आमच्याकडे सर्व खगोलशास्त्रीय डेटाचे एक प्रचंड समृद्ध सारणी होते. अतिशय महत्त्वाची आहे आणि माहितीचा आणखी एक महत्त्वाचा भाग म्हणजे असा कोणताही पुरावा नव्हता की खूप दूर असलेले स्थिर तारे पृथ्वीच्या संदर्भात फिरत होते त्यामुळे पृथ्वी ही विश्वाच्या केंद्रस्थानी आहे अशी सर्वसाधारण धारणा होती आणि मग हा सर्वात मोठा गोल आहे जिथे स्थिर तारे आहेत ज्यांना मी म्हणतो की पृथ्वीच्या संदर्भात विश्वास ठेवा आणि नंतर आहेत हे इतर सर्व क्षेत्र ज्यामध्ये ग्रह आणि सूर्य जात होते ते पूर्णपणे तर्कसंगत चित्र होते त्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञांचे हे चित्र होते आणि आता आपल्याला निरीक्षणे काय म्हणायचे ते पहावे लागेल म्हणून आता मी याकडे परत येऊ. काही मिनिटांसाठी स्लाइड करा कारण मला तुम्हाला आणखी काही गोष्टी दाखवायच्या आहेत आणि नंतर आपण थोड्या अधिक गणनेकडे परत जाऊ या, म्हणून या स्लाइडमध्ये मी जे काही संख्या ठेवले आहे ते मी तुम्हाला आधीच सांगितले आहे की पृथ्वीची त्रिज्या 6 आहे चंद्राचा 400 किलोमीटरचा कालावधी सुमारे 30 दिवस आहे ठीक आहे, हे अंदाजे चिन्ह सर्वत्र दिसायला हवे होते.

त्यामुळे कृपया हे अंदाजे म्हणता वाचा ग्रहण कालावधी सुमारे तीन तास आहे. आम्हाला माहित आहे की तीन तास हे अंतर कापण्यासाठी लागणारा वेळ आहे. पृथ्वीच्या पृथ्वीच्या व्यासाची त्रिज्या हे विधान आहे जे आपण करत आहोत जे आपल्याला लगेच सांगते की पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर पृथ्वीच्या त्रिज्या 16 ते 64 100 पेक्षा 60 पट आहे तर 10 घन बिछाना सुमारे 10 ते 4 किलोमीटरचा पॉवर आहे ज्याची संख्या 2 किंवा 3 आहे किंवा जी काही संख्या आहे ती आम्ही या ठिकाणी देत आहोत ही निरीक्षणे कशी केली गेली हे विचारणे चांगले आहे, उदाहरणार्थ, जर तुम्ही जयपूरला जा किंवा दिल्लीत जंतर मंतरला जा किंवा दिल्लीत आमच्या आयआयटीच्या अगदी मागे हे लाल बहादूर शाह 3 संस्कृत विद्यापीठ आहे, जर तुम्ही तिथे गेलात तर त्यांनी आकाश निरीक्षण करण्यासाठी वेधशाळा बांधल्या आहेत त्या सर्व कॉक्रीटच्या रचना आहेत आणि तुम्हाला सन डायल दिसेल. मग तुम्हाला चिन्हांसह पॅराबोलिक पृष्ठभाग दिसतील आणि तुम्हाला मुळात आणि तेथे gnomes आहेत gnomes हे मूलतः काठ्या असतात आणि तुम्ही सूर्य इत्यादींनी टाकलेल्या सावल्यांची लांबी मोजता, उदाहरणार्थ, चंद्र कधी उगवतो हे शोधण्यासाठी नक्की दुपार कधी असते. कोणत्या कोनात किंवा ज्या गतीने स्वर्गीय वस्तू मार्गक्रमण करत आहेत आणि हे सर्व अशा प्रकारे लोक सर्व कोण आणि सर्व कालखंड मोजतात हे थोडेसे अवघड आहे कारण ते अचूक घड्याळे नसल्यामुळे त्यांच्याकडे बहुधा घड्याळाचा चष्मा असावा म्हणून तुम्ही वाळू

टाकलीत किंवा भांड्यात पाणी घ्या आणि पाणी थेंब थेंब थेंब खाली सरकत राहते. मग अशाच पुढे कितीतरी थेंबांची संख्या मोजू शकते. अशा निरीक्षणांसह चंद्राच्या कालखंडासारखे काहीतरी मिळणे अशक्य आहे कारण त्यांच्याकडे निश्चितच असे घड्याळ नव्हते जे एक मिनिटाच्या रिझोल्यूशनने वेळ मोजते जरी लोक निमिष सारखे शब्द वापरतात आणि त्या सर्वांचे उत्तर ते पुन्हा तत्त्वानुसार आहे म्हणून लक्षात ठेवा जेव्हा तुम्ही तुमच्या साध्या पेंडुलमसह प्रयोग करता तेव्हा तुमची किमान गणना एक मिनिट असू शकते परंतु नंतर तुम्ही एका दोलनासह पेंडुलमचा कालावधी मोजणार नाही तुम्ही मोठ्या संख्येने दोलन करणार आहात 10 15 वगैरे वगैरे म्हणून म्हणजे जर तुम्ही सुरुवातीचे वाचन घेतले आणि जर तुम्ही अंतिम वाचन घेतले तर आणि आपण म्हणूया की तुमचा पेंडुलम अतिशय सुंदरपणे पिचोटे केलेला आहे जेणेकरून तेथे खूप कमी घर्षण आहे आणि तुम्ही 50 दोलन करू शकलात असे समजू या 100 दोलन मग किमान संख्या प्रत्येक दोलनाशी जोडली जात नाही कारण तुम्ही सुरुवातीची वेळ आणि अंतिम वेळ काढणार आहात आणि नंतर तुम्ही कालावधीची गणना करणार आहात परंतु अनिश्चितता केवळ कमीतकमी मोजमापाने कमीतकमी मोजली जाते परंतु कमीतकमी संख्या ओसीलेशनच्या संख्येद्वारे विभागली जाते जेणेकरून आपण एक नवीन तत्त्वज्ञान वापरत आहात जेणेकरून त्याने पाहिले की गॅलीलियोचे मोठे योगदान **oscillating** मला वाटते रोममधील सेंट पीटर चर्चमधील कंदीलांपैकी एक आणि त्याला वाटले की ते एक नियतकालिक गती चालवत आहे जे तुम्ही करत आहात म्हणून तुम्ही एक तथाकथित शारीरिक अडथळ्याला पराभूत करू शकता. एका परिपूर्ण कालावधीसह दोलन करत आहे

त्यामुळे तुमच्या घड्याळातच खूप अचूकता नसली तरीही येथे दिलेली आहे ती एक मिनिट किंवा दोन मिनिटांची अचूकता आहे पण जर तुम्ही मोठ्या संख्येने कालावधीचे निरीक्षण करा म्हणजे तुम्ही चंद्राला एक पूर्ण क्रांती पूर्ण करण्यासाठी किती वेळ लागला हे विचारू नका परंतु 10 पूर्ण क्रांती 100 पूर्ण आवर्तने मग ही किमान संख्या मर्यादा बनत नाही त्यांनी नेमके काय केले आणि ते एक मिनिट ते सुमारे एक मिनिट असे निराकरण करण्यात सक्षम होते

त्यामुळे असे बरेच लोक आहेत जे गोंधळून जातात आणि म्हणतात की त्यांच्याकडे कोणतेही अचूक घड्याळ नव्हते त्यांनी फक्त सर्व प्रकारची विधाने केली आहेत जी बरोबर नाहीत. खरं तर अधिक शक्यता आहे की ते तथाकथित भौतिक अडथळ्यावर मात करू शकले आहेत जी आपण नेहमी लक्षात ठेवली पाहिजे आणि अशा प्रकारे भौतिकशास्त्र नेहमीच वाढत जाते ज्याला विवर्तन मर्यादा म्हणतात ज्यावर लोक इतर काही भौतिक तत्वांद्वारे मात करू शकतात परंतु या सर्व निरीक्षणांमध्ये सर्वात महत्त्वाचा मुद्दा असा होता की ते सर्व उघड्या डोळ्यांचे मोजमाप होते ते सर्व उघड्या डोळ्यांचे मोजमाप होते

त्यामुळे ते शक्य होते आज आपण करत असलेल्या अचूकतेच्या आणि अचूकतेच्या मागण्या पूर्ण करू शकलो आहोत पण हे उल्लेखनीय आहे की ते खूप निरीक्षण करू शकले

त्यामुळे गॅलिलिओ गॅलिलिओने आपल्याला पहिला नियमच दिला नाही तर गॅलिलिओच्या घसरणीच्या नियमाने काहीतरी केले. निरीक्षणाच्या क्षेत्रात उल्लेखनीय आहे की त्याने आपल्या ओळखीच्या लोकांना या लेन्स वापरून वाचण्यासाठी किंवा मोठे करण्यासाठी दुहेरी लेन्स वापरून पाहिलेल्या पहिल्या दुर्बिणीचे निरीक्षण केले आणि त्याला असे वाटले की ते पृथ्वीकडे किंवा पृथ्वीवरील काही वेगळ्या वस्तूकडे निर्देशित करण्याचे धाडस करण्याऐवजी मला निर्देशित करू द्या आकाश आणि जेव्हा त्याने असे केले तेव्हा त्याने अनेक उल्लेखनीय गोष्टी शोधल्या त्यापैकी एक सर्वात उल्लेखनीय गोष्ट म्हणजे बृहस्पतिचे चंद्र जे उघड्या डोळ्यांना दिसत नाहीत म्हणून तो त्यांना शोधण्यात सक्षम झाला होता. चंद्रावरील डाग किंवा खड्ड्यांमुळे येथे गॅलिलिओचा मूळ तुकडा आहे तो म्युझिओ गॅलिलिओमध्ये कोठेतरी इटली म्युझियम म्युझियममध्ये आहे दहा चा आणि त्या खगोलशास्त्रीय निरीक्षणाने पूर्णपणे क्रांती घडवून आणली त्यानंतर परत जाणे नाही ते परावर्तनावर आधारित दुर्बिण प्रतिबिंबित करत होते लोकांनी पॅराबॉलिक मिरर बनवले जर मला बरोबर आठवते की न्युटनने खरंच पहिली परावर्तित दुर्बिणी बनवली आता तुम्ही छिद्र मोठे करा आणि एकत्रीकरण क्षेत्र मोठे करा आणि मोठे आणि तुम्ही मोजमाप करण्यास सक्षम आहात म्हणून ती अशी गोष्ट आहे जी आम्हाला लक्षात ठेवायची आहे म्हणून आमच्याकडे जे आहे ते अतिशय अचूक सारणी आहेत आता मी काय करेन मी काय करणार आहे हे मी विषयांतर करेन मी चर्चा करणे पुढे चालू ठेवणार नाही keplerian कायदा पण मी समतुल्य तत्त्व नावाच्या उल्लेखनीय गोष्टीवर चर्चा करेन आता समतुल्यता तत्त्व हा शब्द आइन्स्टाईनने तयार केला होता गॅलिलिओने निरीक्षण केल्यानंतर जवळजवळ 500 वर्षांनी गॅलिलिओने स्वतः त्याला समतुल्यता तत्त्व म्हटले नाही तर न्युटनने सर्वत्र त्याचा वापर केला होता आणि त्यानंतर प्रत्येक भौतिकशास्त्रज्ञ प्रत्येक गणितशास्त्राचा अभ्यास करतो. न्युटन ते ग्रहांच्या गतीवर काम केले पॉइन्केअर प्रत्येकाने त्याचा वापर केला पण हे एक मूलभूत तत्त्व आहे आणि हे समतुल्य तत्त्व आहे जे मुक्तपणे पडणाऱ्या शरीराच्या गॅलिलियन कायद्यात अंतर्भूत आहे हे मला यावर चर्चा करायची आहे नंतर मला केप्लरच्या नियमांकडे परत जायचे आहे जे आधारित होते विशेषतः कोपनहेगन टायको ब्राहेच्या ग्रहांच्या निरीक्षणांवर आणि नंतर मी दोन्ही एकत्र करेन आणि मी तुम्हाला दाखवण्याचा प्रयत्न करेन गुरुत्वाकर्षण ही एक गोष्ट कशी कारणीभूत आहे हे अतिशय आनंददायक वर्णन पार्थिव आणि खगोलीय घटनांचे एकत्रित वर्णन ठीक आहे मी ग्रहांच्या गतीकडे गेलो आहे म्हणून मी काय केले पाहिजे ते म्हणजे मी येथे परत जावे आणि समतुल्यता तत्त्वावर चर्चा करण्यास सुरुवात केली पाहिजे

त्यामुळे आपण सर्वांनी कदाचित संपूर्ण गोष्टीच्या गूढतेकडे जास्त लक्ष न देता याचा वापर केला आहे म्हणून समतुल्य तत्त्व तयार करण्यासाठी आपण सुरुवात करूया न्युटनच्या समीकरणासह गतीचा दुसरा नियम आणि मी काय घडत आहे ते स्पष्ट करू या म्हणून मिस्टर न्युटन आम्हाला सांगतात की उंदीर शरीराच्या संवेगातील बदल हे लागू केलेल्या शक्तीच्या बरोबरीचे असते. या लागू केलेल्या शक्तीच्या स्वरूपावर आम्ही बरीच लांब चर्चा केली होती म्हणून मी पुन्हा काही उदाहरणे लिहू दे, जेव्हा तुम्ही एखादा विषय शिकत असता तेव्हा रिडंडंसी हे विलक्षण चांगले असते यात कोणतीही हानी नाही पुनरावृत्ती करत आहे. उदाहरणार्थ मी वजा  $kr$  लिहीन हा हुक आहे मी  $q$  लिहीन  $v$  क्रॉस  $b$  मध्ये ही लॉरेन्झ गती आहे चुंबकीय क्षेत्रातील कणाची मी  $qe$  लिहीन आणि हे विद्युत क्षेत्रामध्ये कूलॉम्ब आहे हे बल आहे जे अनुभवले जाते खूप काही लिहू शकतो उदाहरणार्थ एक घर्षण बल आहे जे वेग उणे  $k \text{ mod } v$  च्या प्रमाणात आहे म्हणून जेव्हा मी या सर्व गोष्टी वाचत असतो तेव्हा तुम्ही उजव्या बाजूला पाहिले तर तेथे भिन्न लागू बल आहेत जे वेगवेगळ्या गुणधर्मांद्वारे वैशिष्ट्यीकृत आहेत आणि मूलतः दोन गुणधर्म आहेत पहिला

गुणधर्म म्हणजे अंतराची संवेदनशीलता किंवा वेग उदा. हुकचा नियम समतोल स्थितीपासूनच्या अंतरासाठी संवेदनशील असतो पण तो संवेदना नाही वेगाशी संबंधित असेल तर जर तुमच्याकडे एकसमान चुंबकीय क्षेत्र असेल उदा. लोरेट्झ बल हे वेगाला संवेदनशील असते आणि अर्थातच तुम्ही जेथे आहात तेथे नाही तर तुमचे चुंबकीय क्षेत्र देखील एखाद्या स्थानासोबत बदलते जर ते एक असमान चुंबकीय क्षेत्र असेल तर हे बल आहे वेग आणि स्थिती दोन्हीसाठी संवेदनशील असते तीच गोष्ट विद्युत क्षेत्रासोबत असते ती संवेदनशील असते तुम्ही जिथे आहात तिथे सामान्यतः विद्युत क्षेत्र हे यासह घेते येथे तुम्ही वेगाबाबत संवेदनशील आहात येथे तुम्ही स्थानाबाबत संवेदनशील नाही हा एक गुणधर्म आहे इतर गुणधर्म विविध सामर्थ्य म्हणून काटेकोरपणे सांगायचे तर मी येथे  $ak$  लावले पाहिजे आणि मी येथे  $ak$  प्राइम ठेवले पाहिजे कारण त्या दोन भिन्न गोष्टी आहेत. एक म्हणजे ती अंतरानुसार कशी बदलते ते वेगानुसार कसे बदलते ते कमी झाले तर ते वाढते का? तो काय दर बदलतो हा प्रश्न आहे जो आपण दुसरा विचारत आहोत तो म्हणजे ही ताकद काय आहे आता ही ताकद का आहे मी ज्याला  $qkk$  प्राइम म्हणतो त्याद्वारे रेक्टराइज्ड आहे आणि हे पॅरामीटर्स आहेत हे समान चुंबकीय क्षेत्रासाठी किंवा समान विद्युत क्षेत्रासाठी ताकद आहेत. जर तुम्ही वेगवेगळ्या चार्जेसच्या वेगवेगळ्या बॉडी ठेवल्या तर ते वेगळ्या पद्धतीने प्रतिसाद देतात म्हणून चार्ज दोनच्या एका घटकाने वाढवा बल वाढते दोनचा एक घटक चार्ज पत्रास टक्क्यांनी कमी होतो बल पत्रास टक्क्यांनी कमी होतो आणि पुढे तर अंतर हा फील्डचा गुणधर्म आहे, काहीही असो हा ऑब्जेक्टचा गुणधर्म आहे तुम्ही त्या फील्डला कसे प्रतिसाद द्याल  $kk$  प्राइम चार्ज इत्यादि इत्यादि हा चाचणी शरीराचा गुणधर्म आहे म्हणून लागू केलेल्या शक्तीचा प्रतिसाद तुमच्या स्वतःच्या वैशिष्ट्यांवर अवलंबून असतो जसे की तुमचा चार्ज किंवा तुमच्या गतीचा प्रतिकार इत्यादि इत्यादि इत्यादि जसे स्पिंग स्थिरांक इत्यादी आणि पुढे

त्यामुळे हे खूप महत्वाचे आहे आता काय आपण गोष्टीच्या डाव्या बाजूकडे पाहणे आहे डाव्या हाताची बाजू सार्वत्रिक आहे म्हणून माझा संवेग काही नसून वेगामध्ये वस्तुमान आहे. येथे माझ्याकडे आहे म्हणून दोन गोष्टी आहेत जर मी  $dt$  च्या बरोबर  $m$  लिहितो तर  $dt$  मध्ये काही सांगूया  $k$  ही देखील चाचणी बॉडीचा गुणधर्म आहे  $rvi$  च्या काही कार्यामध्ये तुम्ही ते करू शकता का ते मी करत आहे त्यामुळे जर ते विद्युत क्षेत्र असेल तर हे विद्युत क्षेत्र असेल तर चुंबकीय क्षेत्र असेल तर हे चार्ज असेल हे  $v$  क्रॉस  $b$  असेल आणि हे पुन्हा चार्ज असेल इत्यादी आणि पुढे

त्यामुळे माझ्याकडे आता तेच आहे तुम्ही पाहत आहात की एक स्पर्धा आहे माझ्या कणाला चार्ज आहे माझ्या शरीरावर चार्ज आहे जो म्हणतो अरे कृपया बलाशी संवाद साधा तुमचा प्रतिसाद अधिकाधिक मोठा होऊ द्या मग त्यात एक वस्तुमान आहे जो नाही नाही म्हणतो बलाच्या क्रियेचा प्रतिकार करा म्हणून हे आहे जडत्व हा गतीचा प्रतिकार आहे. आणि हा शुल्क आहे म्हणून जेव्हा एखादी व्यक्ती खूप भावनिक होते तेव्हा आपण म्हणतो की त्या व्यक्तीवर शुल्क आकारले गेले होते कारण ती व्यक्ती मोठ्या शक्तीने बोलते हे विधान आपण करतो आणि ते अपघाती नसते तर जर महान नसेल तर उत्साह आम्ही  $pers$  म्हणतो  $on$  मध्ये मोठी जडत्व असते म्हणून प्रत्येक वस्तू जडत्वासह येते जी त्याच्या वस्तुमानाद्वारे दर्शविली जाते आणि नंतर तुमच्याकडे परस्परसंवादाशी संबंधित चार्ज असतो तुमचा स्पिंग कॉन्स्टंट हा हुकच्या नियमासाठी चार्ज आहे. तुमचा इलेक्ट्रिक चार्ज हा तुमच्या धैर्यासाठी चार्ज आहे. असे पुढे आणि पुढे आणि अंतिम प्रतिसाद या चार्जवर जडत्व  $k$  द्वारे  $m$  द्वारे अवलंबून असते आणि म्हणूनच न्यूटन याला जडत्व मोठे असे द्रव्यमान अधिक जडत्व असे म्हणतात आणि त्यामुळेच अनेक वेळा तुम्ही म्हणता जर तुमच्याकडे ए. खूप मोठे शरीर ते अनंत आहे असे मानू नका आणि त्याच्या हालचालीची काळजी करू नका जेव्हा तुम्ही पृथ्वीची सूर्याभोवतीची गती पाहता तेव्हा तुम्ही तेच करता कारण पृथ्वीच्या तुलनेत सूर्य खूप जड आहे. त्याच्या गतीबद्दल काळजी करा, त्याला गती आहे परंतु वेग खूपच कमी आहे, त्याच टोकनद्वारे आपण असे करणार आहोत, आता मी मुक्तपणे खाली पडणाऱ्या शरीराकडे पाहू या,

त्यामुळे हा अतिशय प्रसिद्ध प्रयोग आहे,

त्यामुळे हा तुमचा अग्रगण्य आहे  $g$  टॉवर ऑफ पिसा तर याच ठिकाणी गॅलिलिओ उभा होता आपण म्हणू या आणि त्याची उंची काही  $h$  आहे म्हणून त्याने वस्तू सोडल्या आहेत, जेव्हा तुम्ही असा प्रयोग करता तेव्हा तुम्ही हवेतून येणारे योगदान कमी केले पाहिजे स्निग्धता इत्यादि इ. जड वस्तू म्हणून आपण असे गृहीत धरूया की आपण शिसे लोखंडाचे गोळे घेतो, जड धातूचे दगड इत्यादि वेगवेगळ्या वस्तुमानाचे, तर कल्पना करा की येथे तुमच्याकडे ग्रॅज्युएटिंग स्केल आहे आणि तुम्ही ते ज्या दराने पडतात ते मोजू लागाल. मुक्तपणे खाली पडणारे शरीर याचा अर्थ काय आहे की ते सर्व विश्रांतीपासून मुक्त झाले आहेत ते सर्व विश्रांतीपासून मुक्त झाले आहेत जेणेकरून तुम्ही कल्पना करू शकता की तुमच्यापैकी चौघांपैकी तुम्ही पिसाच्या टॉवरवर चढता किंवा तुम्ही तुमच्या अपार्टमेंटमधील उंच इमारतीवर चढता. गुंतागुंतीची किंवा कोणतीही गोष्ट अशी वेळ शोधा जेव्हा तुमच्यापैकी प्रत्येकाच्या आजूबाजूला कोणीही नसेल तेव्हा वेगवेगळे ठोकळे लोखंडी दगड धारण करतात मग कोणतीही जड वस्तू ज्यावर हवेचा प्रतिकार नगण्य असतो आणि तुम्ही डी त्यांना कापून टाका आणि जर तुम्ही काळजीपूर्वक निरीक्षण केले तर ते काय आहे हे तुम्हाला आढळेल की ते सर्व एकाच वेळी सोडले गेल्यास ते सर्व एकत्र फिरतील कोणत्याही वेळी ते दोघे एकत्र असतील. आणि शेवटी ते पृथ्वीवर पोहोचतील त्याच वेळी, शिशाच्या संदर्भात लोखंड विश्रांतीवर असतो आणि लोखंडाच्या संदर्भात लीड विश्रांतीवर असते आणि अर्थातच आपल्या संदर्भात ते दोघेही एकत्र फिरत असतात त्यांना विश्रांतीतून सोडण्यात आले आहे तेथे आणखी एक कायदा आहे तो फक्त तो नाही एकत्र फिरणे आणि काय आहे ते मी कागदाच्या पुढील शीटमध्ये लिहू दे जेणेकरून सर्व शरीरे एकमेकांच्या संदर्भात विश्रांती घेतिल म्हणून आपण मुक्तपणे खाली पडणारे शरीर एकत्र सोडले पाहिजे हे लक्षात ठेवले पाहिजे, कोणताही गोंधळ नसावा नंबर एक नंबर दोन त्यांच्याकडे एकसमान प्रवेग असला तरीही त्यांच्या वस्तुमानाचे तेच आपल्याकडे आहे म्हणून पहिले एक परिमाण गुणात्मक विधान आहे की ते एकमेकांच्या संदर्भात विश्रांतीवर आहेत दुसरे अधिक परिमाणात्मक आहे म्हणून  $a$  स्वतंत्र आहे शरीराच्या आकाराचे वस्तुमान हे सर्व गोष्टींपासून स्वतंत्र आहे आणि गुरुत्वाकर्षणामुळे हा काय प्रवेग आहे हे आम्हाला माहित आहे जे आता आमच्याकडे आहे कृपया हे निरीक्षण मिस्टर न्यूटन काय म्हणतोय याच्याशी जोडण्याचा प्रयत्न करा.

अर्थातच जेव्हा गॅलिलिओने त्याचा खरोखर घसरणाऱ्या शरीराचा नियम शोधला होता न्यूटनच्या नियमाचे कोणतेही सूत्रीकरण नव्हते परंतु बल

समजून घेण्याच्या ऐतिहासिक क्रमाचे पालन करण्याचे कोणतेही बंधन आपल्यावर नाही न्यूटन म्हणतो की प्रवेग मध्ये  $m$  हे लागू बल आहे जे माझ्याकडे आहे म्हणून माझे प्रवेग हे वस्तुमानाने भागाकार बल लागू केले पाहिजे आता माझ्याकडे जे असले पाहिजे ते मी थोडेसे गडबडून घेईन आणि मी स्वतःला आठवण करून देईन की हे वस्तुमान कोणतेही सामान्य वस्तुमान नाही ते जडत्व आहे म्हणून वस्तुमानाच्या दोन संकल्पना आहेत हे समजून घेतले पाहिजे की एक संकल्पना म्हणजे पदार्थाचे प्रमाण ऑब्जेक्ट म्हणून कल्पना करा की ते एकसारखे अणूनी बनलेले आहे म्हणून मी फक्त अणूची संख्या मोजेन आणि मी फक्त असे म्हणेन की ते वस्तुमान आहे आणि जर दुसरा असेल तर  $r$  वेगवेगळ्या अणूचे शरीर मी तुम्हाला विचारेन की या वस्तुमानाचा एक अणू  $y$  च्या परिमाणानुसार बनवण्यासाठी इतर शरीराचे किती अणू असावेत म्हणून मी ते करू शकेन,

त्यामुळे मुद्दा असा आहे की प्रवेग त्याच्या व्यस्त प्रमाणात असावा वस्तुमान खूप महत्वाचे आहे आणि या कायद्याचे उल्लंघन केले जाऊ शकत नाही म्हणून भारतीय भाषांमध्ये आपण कोणता शब्द वापरतो उदा. गुरुत्वाकर्षण गुरुद्धा तेथे एक आकर्षण आहे जे आपल्या सर्वांना पृथ्वीशी बांधून ठेवते जसे शरीरात असणे आवश्यक आहे विद्युत क्षेत्राला प्रतिसाद देण्यासाठी चार्ज करण्यासाठी तुमच्याकडे काही इतर गुणधर्म असणे आवश्यक आहे त्याला प्रतिसाद देण्यासाठी स्प्रिंगशी कनेक्ट केले पाहिजे हुक स्लॉटला प्रतिसाद देण्यासाठी आणि याप्रमाणेच शरीरात गुरुत्वाकर्षणाला प्रतिसाद देणारी गुणधर्म असणे आवश्यक आहे फील्ड उदाहरणार्थ जर शरीरावर चार्ज नसेल तर ते इलेक्ट्रोस्टॅटिक फील्डला प्रतिसाद देत नाही तटस्थ वस्तू न्यूट्रॉन घेते आणि इलेक्ट्रिक फील्डमध्ये ठेवते. तटस्थ ऑब्जेक्ट घेतल्यास काहीही होणार नाही ते विद्युत क्षेत्रामध्ये वापरल्यास काहीही होणार नाही, ते गतिमान होणार नाही तेच घडणार आहे म्हणून आपण विचारले पाहिजे की चार्ज कोट काय आहे अनकोट चार्ज म्हणजे शक्ती म्हणजे काय शरीराच्या चार्जच्या गुणधर्माला गुरुत्वीय वस्तुमान म्हणतात. याला खरेतर गुरुत्वीय प्रभार म्हटला पाहिजे जसे विद्युत चार्ज काही इतर चार्ज पण लोक त्याला गुरुत्वीय वस्तुमान म्हणतात, यालाच आता मुक्तपणे खाली पडणाऱ्या शरीराचे सौंदर्य हे आहे की मला माहित नाही की ते पृथ्वीवर किती उंच आहे बॉडी त्यांच्या वस्तुमानापासून स्वतंत्र असतात

त्यामुळे मला काय म्हणायचे आहे की मी काही फंक्शनमध्ये  $m$  च्या बरोबरीने  $ma$  लिहित आहे. म्हणजे मी जे लिहित आहे ते मी  $q$  मध्ये काही फंक्शन  $k$  मध्ये काही फंक्शन  $k$  मध्ये प्राइम मध्ये काही फंक्शन लिहिले आहे मी ते रद्द करत आहे आणि हे विलक्षण उल्लेखनीय आहे हे दोन अर्थाने उल्लेखनीय आहे एक म्हणजे जडत्व त्याच्या शुल्कानुसार संतुलित आहे म्हणून त्याला जडत्व म्हणून दोन टोपी आहेत गुरुत्वाकर्षण चार्ज म्हणून विरोध करतात आणि ते एकमेकांना उत्तम प्रकारे संतुलित करतात क्रमांक एक क्रमांक दोन आम्ही असे म्हणू शकतो की एका कणावर चार्ज असू शकतो त्याला चार्ज असू शकत नाही कणात चुंबकीय क्षण असू शकतो त्याला चुंबकीय क्षण नसू शकतो पण किमान न्यूटोनियन भौतिकशास्त्रात तुम्ही वस्तुमान नसलेल्या शरीराचा विचार करू शकत नाही खरं तर वस्तुमान शिवाय वस्तुमान काहीही होणार नाही याचा अर्थ पृथ्वी ही पृथ्वी प्रत्येकावर कार्य करणार आहे कारण प्रत्येकाकडे वस्तुमान आहे म्हणून सार्वत्रिकता आहे पृथ्वीच्या शरीरावर खेचणे न्यूटनने त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या सूत्रीकरणाने ही सार्वत्रिकता लक्षात घेतली पण आइन्स्टाईनने केवळ सार्वत्रिकतेकडे लक्ष दिले नाही त्याला असे आढळले की हे एक अतिशय गहन तत्त्व आहे खरतर याचमुळे त्याला सापेक्षतेचा प्रसिद्ध सामान्य सिद्धांत तयार करण्यास अनुमती दिली. त्यामुळे कृपया लक्षात ठेवा की गॅलिलियन मुक्तपणे पडणाऱ्या शरीरांच्या कायद्याने हे तत्त्व समतुल्य तत्त्व दिले आहे की पृथ्वी सर्व शरीरांना सारख्याच प्रकारे आकर्षित करते प्रवेग शक्ती प्रत्यक्षात भिन्न असतात पण नंतर जडत्व आणि अवतरण अनकोट गुरुत्वीय चार्ज एकमेकांना रद्द करतात जे आपल्यासाठी जाणून घेणे खूप महत्वाचे आहे आणि कागदाच्या तुकड्याचे काय उदाहरणार्थ समान कायद्याचे पालन करते तरीही तुम्ही टॉरिकल सारखे काहीतरी तयार करू शकता व्हॅक्यूमने सर्व हवेचे सर्व काही बाहेर काढले आणि जर तुम्ही कागदाचा तुकडा खाली टाकला तर तो देखील त्याच प्रवेगने खाली पडेल त्याला थांबवण्यासारखे काहीही नाही म्हणून हे सर्वात महत्वाचे इनपुट आहे आणि हे मी स्लाईडमध्ये समतुल्य म्हणून दाखवले आहे तत्त्व आता मला खगोलशास्त्रीय निरीक्षणाकडे परत येऊ द्या

त्यामुळे मुळात मी मी सरळ इंग्रजी पृथ्वी आकाशात स्थलीय ते खगोलीय दरम्यान टॉगल करत आहे, याचा अर्थ असा आहे की आता मला खगोलशास्त्रीय निरीक्षणाकडे परत जाऊ द्या आणि केपलरने काय केले ते लिहूया येथे आपल्याला शिकण्यासाठी बरेच धडे आहेत आणि आपण हळू हळू पुढे जाऊ या, म्हणून मी पुढे जाण्यापूर्वी आपण कल्पना करूया की कोणाकडेतरी एक लांब धागा आहे म्हणून येथे एक व्यक्ती आहे जो तिथे उभा राहिल्यास एक लांब धागा आहे आणि मग तो  $r$  त्रिज्येच्या वर्तुळाकार हालचालीत फिरत आहे म्हणून तो एक गती चालवित आहे हे आपल्या सर्वांना माहित आहे की हे कसे आहे  $x$  समान  $r \sin \omega t$  समान आहे मी ते लिहीन हे अशा प्रकारचे उदाहरण आहे तुम्हाला माहित आहे की तुम्ही लिहित आहात आणि तुम्हाला लगेच कळले आहे की हे वर्तुळाच्या समीकरणाशिवाय दुसरे काही नाही तर मी काय करू मी ते  $x$  वर्ग अधिक  $y$  वर्ग  $r$  चौरसाच्या बरोबरीचे निरीक्षण करेन म्हणून मी घोषित करतो की ते वर्तुळाकार आहे हालचाल आता काय होते हे समीकरण थोडेसे अधिक क्लिष्ट होऊ शकते कारण मी एक साधी समन्वय प्रणाली निवडली नाही मी हे केंद्र निवडत नाही पण मी हे सेटअप निवडेन या सेटअपची उत्पत्ती आता काय होईल आता काय होईल ते मी करीन बरोबर लिहा काही  $x$  उणे  $x$  शून्य समान  $r \cos \omega t$  कारण मी माझे मूळ स्थान  $y$  वजा  $y$  शून्य समान  $r \sin \omega t$  च्या बरोबरीने हलवले आहे आता मी ते उघडले तर मला  $x$  आणि या दरम्यान एक अतिशय क्लिष्ट समीकरण मिळेल वेळेचे कार्य

त्यामुळे  $1e$  मी ते उघडू द्या आपण आळशी होऊ नये म्हणून ते काय असेल उदाहरणासाठी मी लिहीन  $x$  चौरस वजा इक्वेल  $2xx$  शून्य अधिक  $r$  स्केअर कॉस स्केअर ओमेगा  $t$  म्हणजे मला अधिक  $x$  शून्य स्केअर वजा  $x$  मिळणार आहे नॉट स्केअर फक्त  $y$  स्केअर समान आहे त्याच प्रमाणे  $2yy$  शून्य अधिक  $r$  स्केअर साइन स्केअर ओमेगा  $t$  वजा  $y$  शून्य स्केअर म्हणून जर तुम्ही चुकीची समन्वय प्रणाली निवडली तर तुम्ही वेळ  $y$  चे फंक्शन म्हणून  $x$  प्लॉट कराल म्हणून मी ठेवेन वर्गमूळ येथे वर्गमूळ मी येथे वर्गमूळ ठेवीन मी येथे वर्गमूळ ठेवीन मी येथे वर्गमूळ ठेवीन हे एका वर्तुळासाठी गतीचे समीकरण असे दिसत नाही ते खूप क्लिष्ट दिसते तुम्हाला ते बरोबर दिसते पण ते वर्तुळ आहे म्हणून तुमच्या भूमितीच्या अभ्यासक्रमात 11वी इयत्तेतील 12 इयत्तेमध्ये तुम्ही प्रक्षेपण हे वर्तुळ आहे की नाही हे शोधण्याची पद्धत शोधून काढली आहे की समन्वय प्रणाली हे पॅराबोला आहे का ते एक लंबवर्तुळ आहे म्हणून हे व्यायाम आहेत जे तुम्ही करणार आहात आणि हे काय

आहे आमच्याकडे आता मी तुमचे जीवन थोडे अधिक गुंतागुंतीचे बनवणार आहे अशी कल्पना करा की एक आनंदी फेरी आहे आणि ती एकसमान वेगाने गोल गोल फिरत आहे. आणि मी हे सर्व प्रथम त्या मध्य ध्रुवाच्या मध्यभागी पाहत नाही जेथे आनंदी दौरा आहे की मी बाहेर कुठेतरी उभा आहे आणि बाहेर कुठेतरी उभा आहे या  $x$  नॉट आणि  $y$  काहीही नाही इतकेच नाही की मी स्वतः चालत आहे मी सायकलवर आहे जी एका विशिष्ट दिशेने चालत आहे माझ्या बाबतीत काय होईल हे माहित आहे हे  $x$  उणे  $x$  शून्य वजा  $vt$  असे काहीतरी असेल कारण मी स्थिर वेगाने पुढे जात आहे आता मी आता उघडले तर तुम्ही सहज पाहू शकता की फक्त माझ्याकडे कॉस स्केअर ओमेगा टी टर्म असेल व्हीटीव्ही स्केअर टी स्केअर असेल. आणि पुढे आता मला खूप क्लिष्ट समीकरण मिळाले आहे पण वस्तुस्थिती अशी आहे की घोड्यावर बसलेले मुल जरी आनंदी फेरीत घोड्यावर बसले आहे ते आपल्यासाठी गोलाकार कक्षेत जात असले तरी ते खूप क्लिष्ट दिसेल कक्षा उघडही दिसत नाही कारण माझ्या संदर्भात हा विद्यार्थी आनंदात बसलेला हा मुलगा खूप क्लिष्ट हालचाल करत आहे मी जे करत आहे ते म्हणजे माझ्या स्वतःच्या हालचालीला सुपरपोज करण्यासाठी अर्थातच आम्हाला माहित नाही संपूर्ण आनंदी-गो-राउंड सिस्टम बाहेरच्या व्यक्तीच्या आदराने फिरत आहे किंवा बाहेरील व्यक्ती आनंदी-गो-राउंडच्या संदर्भात फिरत आहे ही एक वेगळी बाब आहे, सुदैवाने येथे पृथ्वी आपल्यासाठी मानक आहे परंतु हा मोठा प्रश्न आहे जेव्हा आपण वेळेच्या संदर्भात स्थान आणि कोनांचे निरीक्षण करतो तेव्हा सर्वात सोपे वर्णन काय आहे आणि हा एक अतिशय महत्त्वाचा प्रश्न आहे म्हणून जेव्हा आपण साध्या वर्णनाबद्दल बोलतो तेव्हा आपण विचारू शकतो की संदर्भाची सर्वात सोपी चौकट कोणती आहे. मी माझ्या समन्वय प्रणालीची उत्पत्ती निवडतो ज्यासाठी मला स्वतःला नवीन उत्पत्तीकडे वळवण्याची आवश्यकता असू शकते स्वतःला पुनर्स्थित करणे किंवा कदाचित स्वतःला एक विशिष्ट वेग देणे या तीन गोष्टी आहेत ज्या मला करायच्या आहेत आणि हेच मी स्पष्ट केले आहे आता केपलरची प्रतिभा होती की तो ग्रहांच्या निरीक्षणातून एका युक्तीने समजू शकतो की युक्ती केपलरने शोधून काढली की सर्वात सोपा वर्णन म्हणजे जेव्हा आपण सूर्याच्या विश्रांतीच्या फ्रेममध्ये बदल करतो आणि हे सामान्यतः ज्याला लोक ग्रहांच्या प्रणालीचे सूर्यकेंद्रित मॉडेल म्हणतात परंतु आपण हे लक्षात ठेवले पाहिजे की हे सूर्यकेंद्री मॉडेलचे समर्थन करणार नाही कारण आपण फक्त एक गतिज परिवर्तन करत आहोत परंतु हे जोरदारपणे सूचित करते की ते अधिक शक्यता आहे. किंवा निश्चितपणे हे एक चांगले वर्णन आहे जर आपण असे गृहीत धरा की ग्रह पृथ्वीभोवती फिरण्याऐवजी सूर्याभोवती फिरत आहेत म्हणून आपला वेळ जवळजवळ संपला आहे म्हणून मी काय करू या विशिष्ट बिंदूवर मी थांबेन आणि पुढील वर्गात मी केपलरियनच्या काळजीपूर्वक उच्चारणाने सुरुवात करेन कायदे जे काही सर्वात महत्त्वाचे कायदे आहेत जे मानवतेच्या इतिहासात लिहिलेले आहेत आणि मग आम्ही दाखवू की न्यूटन त्याचा कसा उपयोग करू शकला आणि सूत्र त्याचा सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षणाचा नियम तुम्हाला लक्षात ठेवायला हवा हा शब्द सार्वत्रिक आहे म्हणून मी इथे थांबतो बाय तुम्हाला