

गुरुत्वाकर्षणावरील चौथ्या व्याख्यानासाठी तुम्हा सर्वांचे स्वागत आहे,

त्यामुळे मागील तीन व्याख्यानांमध्ये आम्ही गतीशास्त्राचे मूलभूत नियम समजून घेण्याचा प्रयत्न केला आणि गतीशास्त्र आणि गतीशास्त्र या दोन्हीचे मूलभूत नियम समजून घेण्याचा प्रयत्न केला आणि त्यानंतर आम्ही मूलभूत तत्वांच्या स्वरूपावर चर्चा केली. बल आणि कसे गुरुत्वाकर्षण ही एक अतिशय महत्वाची मूलभूत शक्ती आहे कारण ती सर्व वस्तूंना मॅक्रोस्कोपिक स्केलवर बांधते ती पृथ्वीला बांधते ती सौरमाला एकत्र बांधते आणि ती आकाशगंगा एकत्र ठेवते आणि आकाशगंगा देखील एकत्र ठेवते गुरुत्वाकर्षण नियम आणि त्याच्या सूत्रीकरणामध्ये मूलतः ज्ञान समाविष्ट असते शरीरांमधील अंतर खूप मोठे आहे म्हणून आम्ही पृथ्वी आणि चंद्र पृथ्वी आणि सूर्य यांच्यातील अंतर आणि पुढे बोलत आहोत आणि त्यात वस्तूंच्या वस्तुमानाचे ज्ञान देखील समाविष्ट आहे म्हणून जेव्हा तुम्ही तुमची समस्या सोडवता तेव्हा जेव्हा आम्ही कायदा तयार करतो तेव्हा या माहितीचे तुकडे तुम्हाला दिले जातात तेव्हा हे प्रमाण सुरुवातीला अंदाजे आणि नंतर कसे आहेत हे जाणून घेणे आमच्यासाठी खूप महत्वाचे आहे er अधिक आणि अधिक अचूकतेने निर्धारित केले आहे, हे लक्षात घेऊन मी त्रिकोणमिती आणि अवकाशाच्या वर्तनावर काही गृहीतके कशी वापरायची यावर चर्चा करण्यासाठी दोन व्याख्याने घालवली, ज्यामुळे ते युक्लिडियन पोस्ट्युलेट्स जसे की त्रिकोणाच्या तीन कोनांची बेरीज. 180 अंश आहे आणि पुढे आपण अंतर निश्चित करू शकतो आणि हे खगोलशास्त्रज्ञांनी 1500 वर्षांहून अधिक काळ केले आहे वस्तुमान निश्चित करणे हे अधिक नाजूक काम आहे खरेतर वस्तुमान कायद्याद्वारे निर्धारित केले जाते कारण आपण वजनाचे पॅन घेऊ शकत नाही. आणि सूर्याचे किंवा चंद्राचे किंवा पृथ्वीचे वजन किती आहे हे शोधून काढण्याचा प्रयत्न करा, म्हणून मी त्याकडे नंतर येईन, म्हणून आता आपण काय करू असे गृहीत धरायचे की आपल्याला अंतर कसे ठरवायचे ते समजते आणि नंतर सूत्रीकरण करण्यास पुढे जाऊ. आजचा कायदा कदाचित तुमच्यासाठी खूप महत्वाचा आहे कारण गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाच्या निर्मितीमध्ये आपण तार्किक रचना पाहणार आहोत की आपण मुक्तपणे पडणाऱ्या बोक्या गॅलिलियन नियमाची सांगड कशी घालू शकतो. शेवटच्या व्याख्यानात मी केपलरच्या नियमांसोबत खूप लांब चर्चा केली होती, मुद्दा हा आहे की आपण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर मुक्तपणे पडणारे शरीर पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर केले जाते आणि केपलरचा नियम ग्रहांचा संदर्भ घेतो.

सूर्याभोवती हालचाल म्हणून आपण या दोघांना एकत्र करणार आहोत आणि नंतर केंद्राभिमुख शक्तीच्या मदतीने गुरुत्वाकर्षणाचा नियम तयार करणार आहोत जे आपण आपल्या मागील वर्गात शिकलेले आहे म्हणून ते खूप महत्वाचे आहे म्हणून आपण हे विसरू नये. गॅलिलियन कायद्यांमध्ये एक अतिशय महत्वाची संकल्पना समाविष्ट आहे ज्याला मी समतुल्यतेचे तत्त्व म्हणतो, म्हणजे गुरुत्वीय शुल्क हे जडत्वीय वस्तुमानाच्या बरोबरीचे आहे, म्हणून कृपया लक्षात ठेवा की चार्ज हा शब्द सामान्य अर्थाने वापरला जातो, तुमचा k स्पिंग स्थिरांक चार्ज सारखा असतो तुमचा चुंबकीय क्षण चार्ज सारखा असतो. कारण ते तुम्हाला सामर्थ्य देते ज्याने तुमचे शरीर तुमच्या शक्तीशी जोडले जाते पारंपारिकपणे चार्ज हा शब्द वापरला जात नाही तो वस्तुमान या शब्दाने बदलला जातो. समतुल्यतेचे तत्त्व तयार केले आहे म्हणून आपण म्हणतो की गुरुत्वाकर्षण वस्तुमान जडत्व वस्तुमानाच्या बरोबरीचे आहे याचा अर्थ पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रामध्ये शरीराचा प्रवेग त्याच्या वस्तुमानापेक्षा स्वतंत्र आहे म्हणून मी मुक्तपणे पडणाऱ्या दगडाचे उदाहरण दिले. लीड जे पिसाच्या झुकलेल्या टॉवरवरून गॅलिलिओने केले होते ते आम्हाला लक्षात ठेवावे लागेल की आता आपल्याला केपलरचे कायदे तयार करायचे आहेत म्हणून जर तुम्ही स्क्रीनवर पाहिल तर तुम्हाला केपलरच्या कायद्याची रचना दिसेल, मी या समतुल्यतेबद्दल आधीच चर्चा केली आहे सिद्धांत केपलरने कोपनहेगन टायको ब्राहेने तयार केलेल्या विस्तृत तक्त्यांचा वापर केला आणि त्याने नमुना शोधण्याचा प्रयत्न केला आणि नमुना शोधण्याचा प्रयत्न करणे ही सोपी गोष्ट नाही कारण ती समन्वय प्रणालीची बुद्धिमान निवड गृहीत धरते आणि टॉलेमिक मॉडेलमध्ये समन्वय प्रणालीची संकल्पना खूप क्लिष्ट होते

त्यामुळे टॉलेमीचे चित्र काय आहे तुमच्याकडे पृथ्वी आहे, सूर्य मृत्यूभोवती फिरत आहे, ग्रह आपल्याभोवती फिरत आहेत, तारे फिरत आहेत आणि असेच पुढे त्यापैकी कोणते प्रतिनिधित्व करतो हे महत्वाचे नाही आता सुरुवातीचे गृहितक असे आहे की ते वर्तुळात फिरत आहे परंतु नंतर तुम्हाला आढळले की निरीक्षणे हे वर्तुळात फिरत आहे या कल्पनेशी सहमत नाही रात्रीचे आकाश आणि जर तुम्ही शनि किंवा गुरू सारख्या ग्रहाची गती पाहिली तर ते एकाच दिशेने फिरतानाही दिसत नाहीत,

त्यामुळे पृथ्वीच्या संदर्भात शनि या दिशेने फिरताना दिसत असावा असे म्हणू या की ही पृथ्वी आहे आणि ही आहे. थोड्या वेळाने शनि आहे असे तुम्हाला आढळून येईल की तो विरुद्ध दिशेने फिरताना दिसतो म्हणून यालाच खगोलशास्त्रात प्रतिगामी गती म्हणतात भारतीय खगोलशास्त्रात याला वक्रगती असे म्हणतात कारण तो ज्या प्रकारे हलत आहे त्या मार्गाने तो हलत नाही

त्यामुळे उपाय टॉलेमिक स्कूलने दिलेले असे म्हणायचे होते की हे प्रत्येक बिंदूवर वर्तुळाकार कक्षेत फिरत आहे तेथे आणखी एक वर्तुळाकार कक्षा आहे जी फिरते म्हणून या मुख्य वर्तुळावरील प्रत्येक बिंदू दुसऱ्या वर्तुळाचे केंद्र म्हणून काम करतो म्हणून आता आपण ते ठेवू शकता प्रत्येक बिंदूभोवती अधिकाधिक वर्तुळे तयार केल्यावर तुम्ही या बिंदूभोवती एक वर्तुळ तयार करू शकता आणि पुढे आणि या प्रत्येक नवीन वर्तुळाला ep चक्र म्हटले गेले आणि एक अतिशय विस्तृत मॉडेल तयार केले गेले आणि मुळात जर तुम्हाला मार्गाचे पूर्णपणे वर्णन करायचे असेल तर एखाद्या ग्रहासाठी तुम्हाला असीम संख्येने चिप ep सायकल्सची आवश्यकता असते किमान खूप मोठ्या संख्येने चिपी सायकल ज्यांचा फारसा उपयोग होत नाही कारण या फक्त भौमितिक सूचना आहेत ज्यामुळे आम्हाला कोणतीही माहिती मिळत नाही परंतु हे असे मॉडेल होते जे प्राचीन काळातील खगोलशास्त्रज्ञांनी त्याचे अनुसरण केले कारण पृथ्वी ही विश्वाच्या केंद्रस्थानी आहे असा ठाम विश्वास होता कारण मानव सर्व सजीव वस्तूंच्या उत्क्रांतीच्या केंद्रस्थानी आहे, याकडे मूलगामी प्रस्थान केपलरने घेतले होते. म्हणून केपलरच्या नियमाचे सूत्र सर्वप्रथम सूर्यकेंद्री मॉडेल गृहीत धरते जेव्हा मी सूर्यकेंद्री मॉडेलबद्दल बोलतो तेव्हा मी अशा मॉडेलबद्दल बोलत नाही जिथे संपूर्ण विश्व सूर्याभोवती फिरत आहे आकर्षक हे असू शकते की आपला उद्देश खूप मर्यादित आहे आणि आपल्याला असे म्हणायचे आहे की ग्रह सूर्याभोवती फिरत आहेत

त्यामुळे ते खूप मोहक आहे आणि असे गृहीत धरणे खूप सोयीचे आहे की सूर्याच्या केंद्रस्थानी असलेल्या वर्तुळाकार कक्षेत ग्रह फिरत आहेत. अर्थात हे केवळ एक गृहितक आहे आणि काळजीपूर्वक निरीक्षणांनी ते सत्यापित केले पाहिजे किंवा ते रद्द केले पाहिजे म्हणून मी एक प्रश्नचिन्ह ठेवून म्हणून केपलरने पृथ्वीपासून सूर्याकडे गतीचे केंद्र स्थलांतरित केलेली पहिली गोष्ट कोणती आहे जी खूप महत्वाची आहे म्हणून हे ग्रहांसाठी एक सूर्यकेंद्रित मॉडेल आहे त्याच टोकनद्वारे ते चंद्रासाठी एक भूकेंद्रित मॉडेल असेल आपण असे गृहीत धरतो की चंद्र पृथ्वीभोवती फिरत आहे आणि पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत आहे हे गृहितक आहे की जर आपण असे गृहीत धरले पाहिजे. आम्हाला केपलरियन कायदा समजून घ्यायचा आहे म्हणून जर तुम्ही विविध ग्रहांच्या आकाशात निरीक्षण केलेल्या स्थानांमध्ये बसवण्याचा प्रयत्न केला तर केपलरला काय सापडले म्हणून आम्ही चर्चा करत आहोत की केपलरच्या पहिल्या नियमाच्या कक्षा केवळ जवळजवळ वर्तुळाकार आहेत त्या अचूक वर्तुळाकार कक्षा नाहीत. केपलरने काय तयार केले त्यामुळे ते काय आहेत हे केपलरला माहित होते तुम्हाला भूमिती आणि भूमिती समन्वय पुरेशी माहिती आहे म्हणून केपलरला सर्व कक्षा लंबवर्तुळाकार मार्गक्रमणांमध्ये बसवता आल्या हे जवळजवळ वर्तुळाकार आहेत आम्ही त्या कक्षाकडे पाहत नाही ज्या उच्च लंबवर्तुळाकार आहेत त्या सर्वात दूरच्या आहेत आपण ज्या ग्रहांकडे पाहत आहोत ते ग्रह बुध शुक्र पृथ्वी मंगळ हे गुरू आणि शनि असू शकतात त्यामुळे ते लंबवर्तुळाकार कक्षेत बसवले जाऊ शकतात आणि तुम्हाला माहिती आहे की मी अतिशयोक्त आकृती काढत असलेल्या लंबवर्तुळाला दोन केंद्रबिंदू आहेत

त्यामुळे हा जवळजवळ लंबवर्तुळाकार कक्षेतून सूर्य किंचित सरकलेला आहे. केंद्र आणि ही सूर्याची स्थिती आहे या क्षणी लक्षात घेण्याजोगा महत्वाचा मुद्दा हा आहे की जेव्हा मी लंबवर्तुळाकार कक्षेबद्दल बोलतो तेव्हा लंबवर्तुळाकार प्रक्षेपणावर लंबवर्तुळाकार कक्षे बंद असतात त्यामुळे कक्षा बंद असतात हा मोठा प्रश्न आहे की त्या खरोखरच त्यासाठी बंद आहेत का? तुम्हाला आणखी अचूक निरीक्षणे आवश्यक आहेत खगोलशास्त्रीय निरीक्षणे जी फक्त उघड्या डोळ्यांनी करता येत नाहीत याचे उत्तर असे नाही की जवळच्या आसपासही गोंधळ होत नाहीत ed orbits ज्यांना या विशिष्ट बिंदूवर आपल्यासाठी काही स्वारस्य नाही ते गुरुत्वाकर्षणाचा नियम परिष्कृत करून इतर ग्रहांवरून येणारे गोंधळ समाविष्ट करून

समजले जाऊ शकते आणि

त्यामुळे या टप्प्यावर आपण असे गृहीत धरू की गती पूर्णपणे लंबवर्तुळाकार आहे. ही एक बंद कक्षा आहे म्हणून आम्ही पहिला नियम तयार केला आहे जिथे सूर्य हा एक केंद्रबिंदू आहे आता मला दुसऱ्या नियमाकडे यावे लागेल जे मी सांगणार आहे

त्यामुळे तुम्ही काय कराल मी लंबवर्तुळाकार कक्षबद्दल काळजी करणार नाही मी वर्तुळाकार कक्ष पाहणार आहे म्हणून असे गृहीत धरा की सूर्य येथे कुठेतरी आहे आणि ग्रह एका वर्तुळाकार कक्षेत फिरत आहेत आणि तुम्ही विचाराल की या वस्तूने ठराविक वेळेच्या अंतराने कोणता कोन कमी केला आहे तो आता तुम्ही विचारणार आहात. जर तुम्ही विचाराल की कोणता कोन subtended आहे तो वेळेच्या समान अंतराने समान आहे म्हणजे त्याचा अर्थ असा की तो समान कंस लांबी समान कालांतराने व्यापतो, जर हे θ असेल आणि ते t असेल तर हे θ आहे आणि ते t आहे समान अंतर आहे आच्छादित म्हणजे ते समान क्षेत्र व्यापते

त्यामुळे ग्रह समान क्षेत्रफळ स्वीप करतो,

त्यामुळे वेळेच्या समतुल्य अंतराने मला याचा अर्थ काय म्हणायचे आहे, तर मी हे क्षेत्रफळ पाहिल्यास आणि त्याला a_1 म्हणतो आणि मी हे क्षेत्र पाहिल्यास आणि मी त्याला 2 म्हणतो तर $1/2$ च्या बरोबरीचा असतो. केपलरला असे आढळले की हे ग्रह लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरत असताना देखील हे खरे आहे जेव्हा कक्षा वर्तुळाकार असते तेव्हा तुमचा कोनीय वेग स्थिर असतो तर जेव्हा कक्षा लंबवर्तुळाकार असते वेगाचा कोन हा स्थिर नाही तो बदलणार आहे म्हणून केपलरला असे आढळले की वेग नेहमी अशा प्रकारे समायोजित करतो की समान क्षेत्रे वेळेच्या समान अंतराने स्वीप केली जातात म्हणून हा दुसरा नियम आहे जो मी तयार करीन दुसरा नियम समान क्षेत्रे स्वीप केली जातात वेळेच्या समान अंतराने कृपया लक्षात घ्या की गती गोलाकार नाही ती लंबवर्तुळाकार आहे कोनीय वेग स्थिर नाही परंतु तरीही समान क्षेत्रे वेळेच्या समान अंतराने स्वीप केली जातात तेथे एक तिसरा नियम आहे जो केप्लरने शोधून काढला जो सर्वात आश्चर्यकारक आहे $1/a^3$ आणि जो आपल्यासाठी खूप महत्वाचा आहे दुसरा नियम देखील तितकाच महत्वाचा आहे केप्लरला एक उल्लेखनीय सार्वत्रिकता आढळली

त्यामुळे सर्व ग्रहांच्या कक्षांसाठी किंवा सर्व ग्रहांच्या कक्षांसाठी एक उल्लेखनीय सार्वत्रिकता आणि मला ते तयार करू द्या म्हणून आपण तिसऱ्या नियमाकडे येऊ ठीक आहे निळा पेन वापरा आणि म्हणून आपण असे म्हणूया की ही चांगली आकृती नाही मला वर्तुळाकार कक्षा घेऊ द्या जी एक सोपी आहे म्हणून आपण असे म्हणू की सूर्य केंद्रस्थानी आहे म्हणून ही एका ग्रहाची वर्तुळाकार कक्षा आहे ही ग्रह दोनची वर्तुळाकार कक्षा आहे इत्यादि आणि पुढे म्हणून आपण तिसरा नियम तयार करत आहोत आता आपण म्हणू या की ग्रह एक अंतर आहे r एक ग्रह हा 2 लंबवर्तुळ कक्षेत r_2 अंतरावर आहे अर्थात हे अंतर आहे निश्चित नाही तो त्याची वेळ बदलणार आहे म्हणून तेथे आपण सरासरी अंतराविषयी बोलणार आहोत म्हणून तुम्ही वेगवेगळ्या स्थानांवर अंतर मोजा आणि सरासरी अंतर मोजा आणि सरासरी अंतर वर्तुळाकार कक्षेसाठी स्थिर आहे परंतु खरे अंतर नाही सारखे लंबवर्तुळाकार कक्षेसाठी सरासरी अंतर काही लहान फरक असतील कारण हे लंबवर्तुळ जास्त विकृत नसतात ते जवळजवळ वर्तुळाकार असतात जे मी तुम्हाला सांगितले आहे आणि एक ग्रहाने घेतलेला कालावधी t_1 असू द्या आणि ग्रहाने घेतलेला कालावधी t_2 असू द्या म्हणून उदाहरणार्थ तुम्ही r_1 आणि t_1 ला मंगळ r_2 आणि t_2 घेऊ शकता गुरू मंगळ हा एक आतील ग्रह आहे बृहस्पति हा सूर्याच्या संदर्भात एक बाह्य ग्रह आहे कारण मंगळ गुरूपेक्षा सूर्याच्या खूप जवळ आहे जे केप्लरने शोधले होते भिन्न ग्रहांचे कालखंड आणि अंतर बदलतात तेथे एक परिमाण अपरिवर्तनीय होते म्हणूनच मी सार्वत्रिकता हा शब्द वापरला आहे म्हणून तुम्ही कोणता ग्रह निवडणार आहात याची पर्वा न करता तुम्हाला असे आढळले की r घनाने t वर्ग हा r घनाने स्थिर t वर्ग समान आहे नंतर स्थिरांकाच्या बरोबरीचे आहे जेव्हा तुम्ही लोक तुमच्या पुढच्या वर्षी बोहर मॉडेलचा अभ्यास कराल तेव्हा तुम्हाला अशाच प्रकारचा आणखी एक स्थिरांक सापडला जो स्पेक्ट्रोस्कोपीमध्ये एक रहस्यमय संख्या होता ज्याला रेडबार कॉन्स्टंट आणि ड्रिबर कॉन्स्टंट म्हणतात. टॅटने क्रांटम मेकॅनिक्सला जन्म दिला बोहर मॉडेल आणि संपूर्ण क्रांटम थिअरी अशाच प्रकारे आपण तिसरा नियम दाखवणार आहोत ज्यात म्हटले आहे की कालखंडाच्या वर्गाचे सूर्यापासून अंतराच्या घनाने गुणोत्तर कसे आहे. स्थिरतेमुळे तिसरा कायदा तयार होतो

त्यामुळे आपण या तीन कायदांच्या स्थितीत आहोत आणि ते अतिशय अचूकतेने सत्यापित केले गेले आहे

त्यामुळे हा एक अतिशय रोमांचक परिणाम आहे परंतु आता प्रश्न असा आहे की आपण हे तीन नियम कसे समजून घ्याल तर आपण काय? आमच्याकडे उत्कृष्ट निरीक्षण आणि सार्वत्रिक नमुने आहेत जे सर्व ग्रहांच्या हालचालींसाठी सामान्य आहेत आणि सर्व ग्रहांच्या हालचालींसाठी समान आहेत आणि आम्हाला किती वैश्विक नमुने दिसले आहेत तीन पॅटर्न लंबवर्तुळ समान क्षेत्रे समान वेळा आणि तिसरे म्हणजे t चौरस बाय r घन जेव्हा जेव्हा असते तेव्हा स्थिर असते अशी सार्वत्रिकता लक्षात ठेवा गुरू ग्रह खूप मोठा आहे गुरू ग्रह खूप मोठा आहे पारा हा एक अतिशय लहान ग्रह आहे जवळजवळ वायूयुक्त पृथ्वी एक घन आहे

त्यामुळे सर्व असूनही जर त्या सर्वांचे चित्रण समान असेल तर *havior* हा नेहमीसारखाच एक चांगला प्रश्न आहे की अशी एक सामान्य मूलभूत थीम आहे का, त्यांची गती एका सामान्य कायद्याद्वारे नियंत्रित केली गेली पाहिजे आणि हा कायदा आहे जो न्यूटनने शोधण्यासाठी मांडला आणि अर्थातच चौथा आहे हे तीन नमुने आहेत. मला म्हणायचे आहे आणि एक परिणाम म्हणजे हे सर्व पारा ग्रहाच्या वस्तुमानापासून स्वतंत्र होते गुरू खूप हलका आहे गुरू विलक्षण जड आहे आपण कदाचित गुरूमध्ये 12 पृथ्वी ठेवू शकता म्हणून तो इतका मोठा आणि इतका जड आहे की तो जवळजवळ एक तारा आहे असे म्हणायचे आहे परंतु तरीही आम्हाला आढळले की त्यांचे प्रवेग त्यांच्या वस्तुमानापेक्षा स्वतंत्र आहे आणि नंतर ते लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरतात आणि शरीर समान अंतराने समान क्षेत्रे स्वीप करतात मी आत्ताच तुम्हाला ते स्पष्ट केले आहे आणि शेवटी हा मजेदार संबंध आहे की कालखंडाचा वर्ग त्याच्या सरासरी अंतराच्या घनाने भागलेला ग्रह हा एक स्थिरांक आहे आणि आपल्याला हे समजले पाहिजे की स्पष्टपणे समजून घेण्याचा मार्ग शक्तीच्या संकल्पनेतून आहे म्हणून आपल्याला काय करायचे आहे कीनेमॅटिक्स एकत्र करणे आवश्यक आहे म्हणून हे सर्व किनेमॅट आहेत ica_1 परिणाम कीनेमॅटिकल रिझल्ट मेकॅनिक्स ऐवजी डायनॅमिक्स किनेमॅटिक्स हे ट्रॅजेक्टोरी प्रवेग बदल आहे कोनीय वेग कोनीय प्रवेग स्थिती इत्यादि इत्यादि डायनॅमिक्स हे बल बदल आहे आणि आपण आता वापरणार आहोत ते दोन महत्वाचे कायदे लक्षात ठेवू या पहिल्या कायद्याला अर्थातच काही स्वारस्य नाही आम्हाला कारण तेथे एक शक्ती कार्यरत आहे जर बल कार्य करणारी नसती तर सर्व ग्रह सरळ रेषेच्या कक्षेत फिरले असते

त्यामुळे आपल्याला तोच चंद्र पुन्हा पुन्हा किंवा गुरू किंवा शनि किंवा मंगळ दिसला नसता म्हणून दुसरा नियम लक्षात ठेवा जे म्हणते की $dtecf$ द्वारे dp जिथे p हा माझा संवेग आहे आणि दुसरा नियम देखील खूप महत्वाचा आहे a on v द्वारे कार्य केलेले बल हे a वर b द्वारे कार्य केलेले बल वजा आहे त्यामुळे तिसरा हा गतीचा तिसरा नियम मूलतः एक विधान आहे संवेगाचे संवर्धन आम्ही तुम्हाला सांगितले आहे म्हणून आम्ही आता काय करणार आहोत ते म्हणजे दोन कायदांचा वापर करणे आणि सामान्य मूलभूत थीम काय आहे हे समजून घेण्याचा प्रयत्न करणे म्हणजे आजचे आमचे ध्येय असेल. y म्हणून मी तुम्हाला काय करणार आहोत आणि आत्तापर्यंत आम्ही काय चर्चा केली आहे याचा थोडक्यात सारांश देतो, तर पहिली गोष्ट म्हणजे ग्रहांच्या गतीशास्त्राची गती त्यांच्या वस्तुमानापासून स्वतंत्र आहे केप्लरने सूर्यकेंद्री मॉडेल वापरला. ग्रह प्रणाली आपण बाकीच्या विश्वाची काळजी करू नये मग त्याने तीन नियम शोधून काढले जे आपल्याला आता करायचे आहे ते म्हणजे सर्व नियमांचा एकत्रित वापर करून वस्तुमानाच्या स्वातंत्र्यासह एक सरलीकरण करणे आणि प्राप्त करण्याचा प्रयत्न करणे. गुरुत्वाकर्षण नियम म्हणून मी साधेपणा हा शब्द हायलाइट केला आहे

त्यामुळे या टप्प्यावर मी जे सरलीकरण करणार आहे ते काय आहे याकडे मी दुर्लक्ष करणार आहे की ते लंबवर्तुळाकार आहेत मी असे गृहीत धरणार आहे की ते गोलाकार आहेत आम्ही नाही कायदा मिळविण्यासाठी त्यात कोणतीही सामान्यता गमावणार आहे कारण एकदा कायदा मिळाल्यावर तुम्ही एखादी वस्तू वर्तुळाकार गतीमध्ये आल्यावर तो कायदा तुम्हाला लंबवर्तुळाकार कक्षा देतो की नाही हे तुम्ही नेहमी सत्यापित करू शकता आम्हाला माहित आहे की जर तुम्ही दुसरा नियम समान वापरलात तर वेळेच्या समान अंतराने वळवले जाणारे क्षेत्र हे स्थिर कोनीय वेगाच्या समान आहे आणि ते केंद्राभिमुख बल

एकसमान केंद्राभिमुख बल सारखे आहे म्हणून आपण त्याचा वापर करू मग मी तिसरा नियम वापरणार आहे आणि निसर्ग काय आहे हे अचूकपणे काढणार आहे त्या शक्तीचे आहे म्हणून आता तुम्हाला गतीशास्त्र आणि गतिशीलता यांच्यातील पूर्ण परस्परसंबंध स्पष्ट दिसत आहे, त्यामुळे ही गोष्ट खरोखर आनंददायक आहे आणि आम्हाला तेच करायचे आहे आम्ही परस्परसंबंध स्थापित करण्यासाठी तिसरा कायदा देखील वापरणार आहोत, म्हणून मी ते स्पष्ट करू. म्हणून कृपया थोडावेळ स्क्रीनकडे टक लावून पाहा मी खूप गूढ स्वरूपात काहीतरी लिहिले आहे जे मी अभ्यास करून स्पष्ट करणार आहे म्हणून मी येथे जे दाखवत आहे ते असे आहे की समजा श्रीमान तुम्हाला एखादे शरीर माहित असेल तर आपण त्याला ग्रह म्हणू या a ला वस्तुमान ma आहे आणि शरीर b ला वस्तुमान mb आहे आपण काय म्हणत आहोत आपण म्हणत आहोत की a वर b द्वारे लावलेले बल हे a वर b शरीराशिवाय बलाचे ऋण आहे परंतु गुरुत्वाकर्षणाच्या बाबतीत जेव्हा एखादी हालचाल करते b चे त्वरण इंड आहे ma चे आश्रित आणि b जेव्हा a च्या क्षेत्रात फिरतो तेव्हा त्याचा प्रवेग mb पेक्षा स्वतंत्र असतो म्हणून मी असे लिहूया की येथे एक ग्रह आहे आणि एक ग्रह b आहे याला वस्तुमान ma आहे हा वस्तुमान mb आहे तर आपण काय आहोत? न्यूटनचा तिसरा नियम म्हणतो की मी जेव्हा हा बाण लिहितो तेव्हा b वर fa ची क्रिया होत आहे a हा b वर fb च्या ऋणानुरूप असतो म्हणून मी एक सदिश चिन्ह ठेवतो जरी या विशिष्ट बिंदूवर a चे प्रवेग स्वतंत्र आहे हे फार महत्वाचे नाही वस्तुमान ma b चे प्रवेग हे वस्तुमान mb पेक्षा स्वतंत्र आहे म्हणून मी प्रथम काय करू मी b वर a असल्यास ते बघेन म्हणून मी b द्वारे a वर दिलेले बल विचारत आहे हे काय असावे हे ma च्या प्रमाणात असावे कसे करावे मला माहित आहे की हे ma च्या प्रमाणात असणे आवश्यक आहे कारण हे आताच्या a च्या प्रवेग मध्ये ma शिवाय दुसरे काहीही नाही जर ते ma चे प्रमाण असेल तर जेव्हा मी या दोन समीकरणे करतो तेव्हा समानुपातिक स्थिरांक निघून जातो आणि माझे a चे प्रवेग त्याच्या वस्तुमानापेक्षा स्वतंत्र आहे a वर b द्वारे वापरले जाणारे बल ma च्या प्रमाणात आहे आता आपण बनवूया सममितीचा e जो मूलतः काय आहे तिसरा नियम a वरील b वरील माझे बल mb च्या प्रमाणात असले पाहिजे परंतु नंतर एकमेकांचे ऋण आहेत म्हणून आपण काय लिहिणार आहोत आपण असे म्हणणार आहोत की बल क्रिया करतो की नाही b किंवा b वर कृती करते आता मला चिन्हात स्वारस्य नाही मला फक्त मोठेपणामध्ये स्वारस्य आहे ते mb मध्ये ma च्या प्रमाणात असणे आवश्यक आहे हे विधान अतिशय मूलभूत आहे आणि आम्हाला आधीच सामर्थ्याचे खूप छान वर्णन मिळाले आहे भाग पुढील गोष्ट काय आहे जी आपण पुढे करणार आहोत ती म्हणजे वर्तुळाकार कक्षाचा वापर करणे, म्हणून आपण वर्तुळाकार कक्षाचे गतीशास्त्र लक्षात ठेवूया,

त्यामुळे माझ्याकडे कोणत्याही बिंदूवर वर्तुळाकार कक्षा असल्यास माझा वेग स्पर्शिक आहे आणि बल रेडियल आहे अंतर्मुख रेडियल आहे हे माझे बल आहे आणि हा माझा वेग आहे म्हणून बल अंतर्मुख रेडियल आहे प्रवेग नेहमी बलाच्या दिशेने असतो म्हणून माझे प्रवेग देखील इन्व्हर्टेड रेडियल आहे दोन्ही इन्व्हर्टेड रेडियल असतील तर ते b e एक केंद्रापसारक शक्ती जी बाहेरील रेडियल केंद्रापसारक शक्ती असते ती एक जडत्वीय शक्ती असते ती एक छद्म शक्ती असते ती वास्तविक शक्ती नसते परंतु येथे आपण वास्तविक शरीराद्वारे तयार केलेल्या वास्तविक शक्तीबद्दल बोलत आहोत आणि ते एक केंद्राभिमुख बल आहे जे आतील बाजूस आहे म्हणून आपल्याला माहित आहे हे काय आहे पण जेव्हा मी म्हणतो की ते अंतर्मुख आहे तेव्हा मी फक्त दिशा निश्चित करतो मी परिमाण निश्चित करत नाही मी अंतरानुसार ते कसे बदलते ते निश्चित करत नाही

त्यामुळे मला काय माहित आहे की ते ma च्या प्रमाणात आहे हे मला माहित आहे ते प्रमाण आहे ते अंतर्मुख आहे हे समजण्यासाठी मी काय करू असे म्हणूया की मी उत्पत्तिस्थानी कक्षाचे केंद्र शोधतो आणि ही माझी वर्तुळाकार कक्षा आहे मला त्रिमितीय आकृती लिहिण्याची गरज नाही आणि हे माझे एकक सदिश आर नंतर माझे f क्षमस्व त्रिज्या सदिश r माझे f वजा r च्या प्रमाणात असेल तरच ते आवक होईल आणि माझे प्रवेग देखील उणे r अधिक r च्या प्रमाणात असेल ही दिशा वजा r आहे ही दिशा आहे cf ही उणे f आहे जर तुम्हाला असे वाटत असेल तर हे असे काहीतरी आहे जे आपण लक्षात ठेवले पाहिजे o आता मी बल कसे लिहू मी माझे बल असण्यासाठी लिहितो म्हणून आपण असे म्हणू की मी माझे शरीर a येथे पाहतो आणि जसे माझे शरीर b येथे शोधू आणि त्रिज्या f आहे f माझे f वजा g हे प्रमाणाचे स्थिरांक आहे. मग मी शरीराचे एक वस्तुमान लिहीन शरीराचे वस्तुमान bi मी a on b ने घातलेले बल पाहत आहे म्हणून मी हे आधीच लिहिले आहे म्हणून मी एकक वेक्टर r ठेवीन आणि नंतर मी त्यास अज्ञात कार्याने गुणाकार करीन r चा f हा केंद्राभिमुख बलाशी सुसंगत आहे

त्यामुळे f च्या r वर काय स्थिती आहे माझी f r ची शून्यापेक्षा मोठी आहे कारण चिन्ह आधीच चांगले सामावून घेतले आहे जर तुम्हाला याला ra म्हणायचे असेल आणि जर तुम्हाला याला rb म्हणायचे असेल तर तुम्हाला rb वजा ra ची व्याख्या करावी लागेल आणि त्याचे नकारात्मक लिहावे लागेल जे मी माझ्या संगणकाच्या स्लाइडमध्ये माझ्या स्लाइडमध्ये केले आहे परंतु याबद्दल काहीही हरकत नाही आम्हाला जवळजवळ कायदा मिळाला आहे म्हणून आम्ही जे केले आहे ते सातत्याने आणि वारंवार दुसरा कायदा वापरणे आहे. तिसरा कायदा केपलरियन कायदा आणि केंद्राभिमुख शक्तीची संकल्पना

त्यामुळे आता जर तुम्हाला शक्य असेल तर कसे तरी हे ठरवू की r बिंदूचा हा f आम्हाला गतीचा नियम मिळाला आहे आणि असे काय आहे की आम्ही सोडलेला एकमेव नियम हा गतीचा तिसरा नियम आहे म्हणून आम्ही ते येथे मागवू जेणेकरून आम्हाला तेच करायचे आहे असे करा की तिसऱ्या कायद्याचा वापर करणे ठीक आहे म्हणून आपण काय करणार आहोत असे गृहीत धरले पाहिजे की त्याचे विशिष्ट अवलंबन आहे अन्यथा ते शोधले जाऊ शकते परंतु r चे f आहे असे गृहीत धरणे सोयीचे आहे एक विशिष्ट अवलंबन आणि नंतर आपण केपलरचा तिसरा नियम कोणता आहे हे काढू

त्यामुळे आपले ध्येय r च्या f चे निर्धारण आहे म्हणून आपण असे म्हणूया की r चा f r च्या n च्या शक्तीच्या प्रमाणात आहे अर्थातच न्यूटनने सांगितले की ते 1 च्या प्रमाणात आहे ओव्हर r स्केअर n बरोबर उणे 2 आणि तेच आमच्याकडे आहे जे मी केपलरच्या दुसऱ्या कायद्याकडे परत जात आहे समान क्षेत्रे मिळविण्यासाठी 15 समान कालांतराने याद्वारे पुन्हा केंद्राभिमुख शक्ती आपोआप हमी देते की आम्ही ते थोड्या वेळाने करू. युक्तिवाद काय आहे ते पाहू या, तर मी तुम्हाला मूळ गोष्ट दाखवतो मी स्लाईडवर पुन्हा लिहीले आहे आणि नंतर मी ते तयार करेन त्यामुळे येथे डाव्या हाताची बाजू माझे केंद्राभिमुख बल आहे माझ्या उजव्या हाताच्या बाजूला अज्ञात कार्य समाविष्ट आहे मी एका निश्चित त्रिज्या असलेल्या कक्षाकडे पाहत आहे

त्यामुळे सर्व काही k मध्ये शोषले जाते मला माझा mi रद्द करायचा आहे तो मी ठेवला आहे मला कोनीय वेग आणि कालावधी यांच्यातील संबंध माहित आहे आणि मी ते r चा f निश्चित करण्यासाठी वापरणार आहे म्हणून मी काय सिद्ध करणार आहे त्याचा हा सॅपशॉट आहे आणि मी येथे जात आहे हे सविस्तरपणे समजून घेण्यासाठी मी ते खाली लिहितो म्हणजे माझ्याकडे काय आहे माझे बल m ओमेगा आर स्केअर r च्या बरोबरीचे आहे मी एक वर्तुळाकार कक्षा गृहीत धरत आहे कारण समान क्षेत्रफळ 15 समान कालांतराने आहेत माझे ओमेगा एक स्थिर आहे आपण हे विसरू नका की कालावधी हा स्थिर दोन आहे आणि हे प्रमाण काहीही नाही परंतु आपण फक्त परिमाण लिहित आहोत आम्हाला आता दिशेची चिंता नाही कारण मी आधीच घोषित केले आहे की ते केंद्राभिमुख बल आहे म्हणून हे m आहे आणि हे आहे मला खात्री आहे की इतर वस्तूचे वस्तुमान तुम्ही लोक समजू शकता मग अग्नी आधीच लिहिले आहे आणि मग माझ्याकडे माझे f r आहे

त्यामुळे मला ते लिहायचे आहे आणि त्यांची बरोबरी कशी करायची म्हणून हे विधान आहे की प्रवेग स्वतंत्र आहे मी हे वस्तुमान एकत्र करू शकतो इतर ऑब्जेक्टचा आणि g स्थिरांक k मध्ये कारण आपण दिलेल्या कालावधीत गती पाहत आहोत म्हणून आपल्याकडे ओमेगा चौरस r हा काही स्थिरांक r च्या f मध्ये आहे म्हणून आपण गतीचा दुसरा नियम आणि वर्तुळाकार कक्षा समाविष्ट केली आहे मला आता काय करायचे आहे की ओमेगा 2π बाय t च्या समान आहे, याचा अर्थ काय आहे याचा अर्थ असा होतो की ओमेगा स्केअर 2π पूर्ण स्केअर बाय t स्केअर आहे म्हणून मी काय म्हणणार आहे ते बदलू द्या आम्ही असे म्हणत आहोत की ओमेगा स्केअर r हा r च्या f मध्ये स्थिरांक होता आणि हे मला सांगते की 2π पूर्ण वर्ग r बाय t स्केअर हा स्थिरांक r च्या f मध्ये असतो तर दुसऱ्या शब्दांत r बाय t स्केअर हा आणखी काही स्थिरांक असतो f of r हेच आम्हाला आता कळले आहे

की माझ्याकडे जे काही आहे ते सर्व तुम्हाला काय करायचे आहे करायचं म्हणजे असा युक्तिवाद करायचा की t स्केअर द्वारे r क्यूबड हा एक स्थिरांक आहे माझ्याकडे t स्केअर मध्ये r आहे मग मी काय करू मी त्याला r स्केअरने गुणाकार करेन आणि मी त्याला r स्केअरने गुणाकार करेन आणि तो स्थिर करेन कारण हे प्रमाण काहीही नाही r cubed by t स्केअर जर t स्केअर द्वारे r cubed असेल तर r cubed द्वारे t स्केअर देखील एक स्थिर असेल तर ते दुसरे काहीही नाही तर माझ्याकडे हे आहे तर याचा अर्थ काय आहे याचा अर्थ f r च्या r वर्गाच्या बरोबरीचा आहे स्थिरांक म्हणून आपल्याला ते बॉक्स करावे लागेल आपल्याला ते बॉक्स करावे लागेल आणि त्यास सोनेरी फ्रेममध्ये फ्रेम करावे लागेल कारण आपण जवळजवळ न्यूटनच्या नियमापर्यंत पोहोचण्याच्या मार्गावर आहोत म्हणून जर f चा r चा r वर्ग स्थिरांकाच्या समान असेल तर आपण काय निष्कर्ष काढू शकतो आपण निष्कर्ष काढू शकतो की f r चे प्रमाण 1 ओव्हर r स्केअरच्या प्रमाणात आहे म्हणजे आपण असा निष्कर्ष काढतो, जर r चा f 1 ओव्हर r स्केअरच्या प्रमाणात असेल तर तेथे समानुपातीची स्थिरता असते जी g मध्ये शोषली जाऊ शकते म्हणून याचा अर्थ काय आहे हे माझे गुरुत्वाकर्षण बल सूचित करते magnitude wise काहीही नाही पण $gmamb$ by r स्केअर जे नक्की काय नवीन आहे टन लिहिले म्हणून आता मी दिशा निश्चित करून हा युक्तिवाद पूर्ण करू शकतो, म्हणून मला निश्चित करू द्या की माझ्याकडे हे माझे शरीर आहे a येथे आहे माझे शरीर b येथे आहे तर हे ra हे rb हे rab आहे म्हणून आपण सदृश योग्यरित्या दाखवत आहोत. तर माझा f हा a आहे आणि हा b आहे शरीर fa b वर क्रिया करत आहे वजा $gmamb$ द्वारे रब स्केअर आहे तेच माझ्याकडे युनिट व्हेक्टर रीब मध्ये आहे जो कदाचित भौतिकशास्त्रातील सर्वात प्रसिद्ध नियम आहे हा गुरुत्वाकर्षणाचा वैश्विक नियम आहे जो आपण करू वस्तुमान असलेल्या सर्व शरीरांपर्यंत विस्तारित आहे हे जाणून घ्या म्हणून आम्ही गॅलिलियन नियमाने सुरुवात केली जी पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात मुक्तपणे खाली पडणाऱ्या शरीरांकडे पाहत असे मग आम्ही ग्रहांच्या गतीकडे पाहिले आता आम्ही काय करणार आहोत हे म्हणायचे आहे की स्थलीय स्केलवर काय वैध आहे आणि खगोलीय स्केलवर जे वैध आहे ते कदाचित सर्व लांबीच्या स्केलवर वैध असले पाहिजे हे अर्थातच एक सामान्यीकरण आहे आणि एक प्रकारचा प्रेरक युक्तिवाद आहे आणि आम्ही असे मानू की हा कायदा योग्य कायदा आहे जो कोणत्याही दोन मोठ्या पिंडांमध्ये वैध आहे s त्यांच्यातील अंतर कितीही असले तरीही त्यांचे वस्तुमान किती आहे हे विचारात न घेता ही एक अतिशय महत्त्वाची गोष्ट आहे याचा अर्थ या कायद्याच्या निर्मितीचा अंतिम सिद्धता तेव्हाच येईल जेव्हा गुरुत्वाकर्षण नियम वेगवेगळ्या वस्तुमानांच्या शरीरांसह सर्व लांबीच्या स्केलवर सत्यापित केला जाईल. या टप्प्यावर मी तुम्हा लोकांना सावध करू इच्छितो की युक्तिवाद इतका सरळ आणि इतका सोपा असला तरी तो जवळजवळ न्यूटनच्या कायद्याच्या व्युत्पत्तीसारखा दिसतो, कृपया लक्षात ठेवा की ही व्युत्पत्ती नाही, ही केवळ सर्व मूलभूत कायद्यांप्रमाणेच एक प्रेरणा आहे. व्युत्पन्न करता येत नाही ही एक विलक्षण महत्त्वाची गोष्ट आहे आणि म्हणूनच याला उर्जेच्या संवर्धनाचा कायदा असे म्हटले जाते व्युत्पन्न केले जाऊ शकत नाही हा एक मूलभूत कायदा आहे जो तुम्ही तयार करू शकता संवेगाच्या संवर्धनाचा कायदा मॅक्सवेलची समीकरणे काढता येत नाहीत जी तुम्ही जात आहात कौलॉम्ब कायद्याचा अभ्यास करण्यासाठी बायोशॉक कायदा हे ऑपिअरचे नियम काढले जाऊ शकत नाहीत ते मिळवता येत नाहीत ते मूलभूत कायदे आहेत म्हणूनच आम्ही म्हणतो त्यांना मॅक्सवेलचे नियम इलेक्ट्रोडायनामिक्सचे नुकसान अशाच प्रकारे गुरुत्वाकर्षणाचा नियम देखील काढला जाऊ शकत नाही ही समीकरणे सेट केली आहेत सेटअप म्हणजे आपल्याला काय म्हणायचे आहे आपण अनेक निरीक्षणे करता आणि त्यांना तयार करण्याचा सर्वात सोपा आणि सर्वात विश्वासाई तार्किक मार्ग विचारण्यासाठी आणि जर आपण भाग्यवान असलो तर निसर्गाने हे सूत्र स्वीकारले आहे जे प्रयोगशाळेत किंवा आकाशात विविध स्तरांवर घडणाऱ्या घटनांकडे पाहून आपण पडताळून पाहतो आणि हा कायदा बरोबर आहे हे पटवून देतो, उदाहरणार्थ जर तुमच्याकडे जिज्ञासू मन असेल जेव्हा मी मायक्रोमीटरने विभक्त केलेल्या दोन बॉडीकडे पाहतो तेव्हा हा कायदा समान आहे हे मला कसे कळेल हे विचारण्यास सक्षम तुम्ही असा प्रश्न विचारू शकता त्याच पद्धतीने तुम्ही हा प्रश्न देखील विचारू शकता की जर मी केले तर मला खात्री कशी आहे? अतिशय काळजीपूर्वक मोजमाप करतो की हा नियम अगदी खगोलशास्त्रीय स्तरावर देखील अचूक आहे उदाहरणार्थ मी तुम्हाला हे करताना सांगितले की कक्षा बंद आहेत असे गृहीत धरले आहे परंतु कक्षा बंद नाहीत म्हणून जर मी गती पाहिली तर उदाहरणार्थ ग्रहावर फक्त सूर्यच काम करत नाही तर इतर ग्रहांद्वारे देखील कार्य केले जाते ज्यामुळे कक्षा बंद करण्याची गरज नाही म्हणून एक मोठा प्रश्न आहे की मी सर्व परिणाम विचारात घेतल्यास काय होईल? एक पूर्ण करार आहे किंवा तेथे काही जुळत नाही आहे म्हणून मी यावर जोर देण्याचा प्रयत्न करीत आहे की भौतिकशास्त्र हे एक सतत विकसित होत असलेले प्रायोगिक विज्ञान आहे ज्यामध्ये सैद्धांतिक बांधकाम किंवा सूत्रीकरण पकडण्याचा प्रयत्न केला जातो आणि आईन्स्टाईनने जेव्हा आपला निर्णय दिला तेव्हा नेमके हेच घडले. सापेक्षतेचा सामान्य सिद्धांत त्याला आढळला की पाराच्या कक्षामध्ये एक छोटीशी विसंगती आहे जी न्यूटनच्या नियमाद्वारे स्पष्ट केली जाऊ शकत नाही आणि त्याला प्रत्यक्षात एक नवीन सिद्धांत विकसित करावा लागला ज्या पद्धतीने आपण सक्षम असायला हवे. मायक्रोमीटर स्केल किंवा मीटर स्केलवर गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रामध्ये भिन्नता आहे का असा प्रश्न विचारण्यासाठी असे काही प्रसंग आहेत जेव्हा लोक असा दावा करतात की त्यांना खरोखर अशी भिन्नता आढळली आहे. सुदैवाने ते दावे प्रमाणित केले गेले नाहीत

त्यामुळे असे दिसते की या लांबीच्या स्केलभोवती गुरुत्वाकर्षणाचा नियम खूपच मजबूत आहे, अर्थातच जर तुम्ही विलक्षण लहान स्केलमध्ये गेलात तर गुरुत्वाकर्षणामध्ये सुधारणा होईल कदाचित ते गॅलेक्टिक स्केलमध्ये सुधारणा होत आहे परंतु तरीही तुम्हाला ते दिसते. गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राचा स्वीप खूप मोठा आहे आपण एक मीटर ते शेकडो हजारी किलोमीटर असे म्हणू या आणि यात काही आश्चर्य नाही की न्यूटनने याला सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षणाचा नियम म्हटले आहे म्हणून आपण काय केले आहे ते म्हणजे आपल्याला माहित असलेल्या सर्व गोष्टींचा वापर करून एक कायदा स्थापित करणे या टप्प्यावर आपण न्यूटनच्या अलौकिक बुद्धिमत्तेचा विसर पडू नये कारण त्याने गतीचे नियम आवश्यक असलेली प्रत्येक संकल्पना तयार केली जडत्वाची संकल्पना त्याने केंद्राभिमुख शक्तीचा वापर करून गुरुत्वाकर्षणाचा नियम तयार केला आणि त्यामुळेच न्यूटन मानव जातीने आतापर्यंत पाहिलेला कदाचित सर्वात महान भौतिकशास्त्रज्ञ मानला जातो, परंतु एक छोटासा सलोखा आहे की आपल्याला हे करायचे आहे अजून पूर्ण झाले नाही की आम्ही एकदा केले की आम्ही अर्ज तयार करण्यास तयार आहोत आणि प्रत्यक्षात गुरुत्वाकर्षणाच्या चर्चेचा शेवट व्हायला हवा,

त्यामुळे मला काय सामंजस्य करायचे आहे का ते मला पाहू द्या. त्यावर एक स्लाईड ठीक आहे हे मी लिहिलेले फॉर्म्युलेशन आहे मी ते थोडे वेगळे लिहिले आहे इथे मी भाजकात a आणि b मधील अंतर एक घन टाकला आहे आणि मी पूर्ण व्हेक्टर ठेवले आहे तर जेव्हा मी ते तयार केले तेव्हा मी एक ठेवले येथे युनिट वेक्टर आणि मी एक चौकोन ठेवतो सामान्यतः त्याला व्यस्त वर्ग नियम म्हणतात आणि तेच आपण केले आहे ठीक आहे आता समेट असा आहे की मी f लिहितो तो मिनिट वजा gmm बाय r स्केअर आहे मला वेक्टर चिन्हाबद्दल काळजी करू नका. उलट चौरस अंतरासह बल घसरत आहे म्हणून आपण असे म्हणूया की तुमच्याकडे पृथ्वी खूप मोठी वस्तू आहे आणि सफरचंद पृथ्वीकडे पडत आहे म्हणून सफरचंद पृथ्वीकडे पडत आहे आणि सफरचंद 3 मीटर 4 मीटर आहे म्हणजे ती उंची आहे. मला काही लिहू दे तिची आकृती म्हणजे माझ्याकडे पृथ्वी आहे आणि एक झाड आहे आणि एक सफरचंद पडत आहे म्हणून आपण 10 मीटर सारखे काहीतरी बोलत आहोत, चला जास्तीत जास्त म्हणूया म्हणजे आपल्याला 10 मीटर उंच असलेले सफरचंदाचे झाड सापडले नाही पण आपण म्हणू की कोणीतरी गेले आहे इमारतीच्या माथ्यावर आणि खाली पडलेल्या गोष्टीची आपल्याला आढळते की हा प्रवेग स्थिर आहे तो या उंचीपासून स्वतंत्र आहे परंतु न्यूटन म्हणतो की तो अंतराच्या चौरस म्हणून पडला पाहिजे म्हणून आपल्याला गॅलिलियन नियमाशी जुळवून घ्यावे लागेल जे म्हणते की प्रवेग हा एक स्थिरांक आहे म्हणूनच तुम्ही त्यास व्यस्त चौरस अंतरासह गुरुत्वाकर्षणामुळे g प्रवेग द्वारे दर्शवितो आणि हे करणे खूप सोपे आहे म्हणून मी तुमच्यासाठी ते करू द्या आणि नंतर आम्ही इतर अनुप्रयोग काय आहेत ते पाहू. तर आपण काय म्हणतोय मी एक विलक्षण अतिशयोक्तीपूर्ण चित्र काढणार आहे

त्यामुळे माझे पृथ्वीचे केंद्र येथे आहे त्रिज्या r आहे आणि एखादी वस्तू त्रिज्या रीतीने उलटे पडत आहे आणि हे अंतर h आहे त्यामुळे ही आकृती देखील स्केलवर नाही म्हणून येथे कोणतेही दिले एकूण अंतर r अधिक h आहे हे एकूण अंतर आहे हे अगदी सोपे दिसते परंतु प्रत्यक्षात ही सर्वात क्लिष्ट संकल्पना आहे की या पृथ्वीवरील गुंतागुंत काय आहे ही एक विस्तारित वस्तू आहे तर माझ्या फॉर्म्युलेशनमध्ये ती मोठी वस्तू नाही

मी नेहमी शरीर आणि शरीर हे बिंदू वस्तुमान असल्याचे दाखवले मला अंतर निश्चित करता आले आता मला दुसरे चित्र काढू दे की माझी पृथ्वी येथे असेल आणि माझे शरीर येथे असेल तर कोणते अंतर हे अंतर हे अंतर हे अंतर या अंतराची गणना करायची आहे. खरं तर आपण काय केले पाहिजे ते म्हणजे आपण वस्तुमानाच्या या प्रत्येक मोठ्या लहान युनिट युनिटमधून येणाऱ्या शक्तीकडे लक्ष दिले पाहिजे आणि आपल्याला ते शोधण्यात सक्षम व्हायला हवे आणि आपल्याजवळ असे कुठे नाही की ते कसे करावे हे मला माहित नाही. मुळात समाकलित करणे आणि तुम्हाला हे जाणून घेणे आवडेल की हे कसे करायचे हे न्यूनला देखील माहित नव्हते न्यूनने डिफरेंशियल कॅल्क्युलसचा शोध लावला आर्किमिडीजने इंटीग्रल कॅल्क्युलसचा शोध लावला परंतु न्यूनला हे इंटीग्रेशन कसे करायचे हे माहित नव्हते अर्थातच हे खूप मोहक आहे पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असताना सूर्याला बिंदू मानता येईल, पण शंभर मीटर उंच ठिकाणावरून दगड पडत असताना मी पृथ्वीला बिंदू मानू शकत नाही, असे न्यूनने केले. जवळजवळ 15 किंवा 20 वर्षे त्याचे कान प्रकाशित केले नाहीत कारण त्याला हे सिद्ध करायचे होते की जेव्हा जेव्हा वस्तुमानाचे गोलाकार वितरण होते तेव्हा आपण असे गृहीत धरू शकतो की सर्व वस्तुमान केंद्रस्थानी केंद्रित आहे म्हणून आपण काय म्हणत आहोत हा एक अतिशय महत्त्वाचा परिणाम आहे. ज्याला गॉसचा नियम म्हणतात त्यावरून तुम्ही तुमच्या 12 इयत्तेत अभ्यास कराल म्हणून आपण असे म्हणू की एक गोलाकार एकसमान गोलाकार वितरण आहे आणि त्रिज्या r ची एकसमान वस्तुमान घनता आहे जर मी येथे कुठेतरी बसलेली एखादी वस्तू पाहिली तर ठीक आहे आणि हे अंतर आहे r प्रश्न असा आहे की r वरील बल काय आहे r वरील बल म्हणजे जणू सर्व वस्तुमान गोलाच्या केंद्रस्थानी असलेल्या वर्तुळावर केंद्रित आहे म्हणून बल g_{mm} द्वारे r वर्गाने दिले जाते जेथे r केंद्रापासून अंतर आहे आणि हे एकूण वस्तुमान आहे तर आपण काय म्हणतो की हा m एकूण आकारमानात ρ आहे जो 4 बाय 3 π r^3 ρ याशिवाय काहीही नाही तुम्हाला एकसमान वस्तुमान घनता दिली आहे हा खंड या वस्तूचे वस्तुमान आहे r लहान r हे गोलाच्या केंद्रातील अंतर आहे आणि मी तुम्हाला हे सिद्ध करावे लागेल आणि हे कसे सिद्ध करावे हे न्यूनला माहित नव्हते आणि स्वतःसाठी खूप उच्च दर्जा असलेला एक अतिशय प्रामाणिक व्यक्ती असल्याने त्याने याचा पुरावा देईपर्यंत निकाल प्रकाशित केला नाही, त्याने एक विलक्षण सुंदर भूमितीय पुरावा दिला आहे. काळजी करू नका की या टप्प्यावर तुमच्यासाठी आम्हाला हा पुरावा देणे खूप लवकर आहे, म्हणून जर तुम्ही आता एक गृहीत धरणार असाल तर आम्ही शरीराच्या पडत्या शरीराच्या समस्येशी समेट करू शकतो,

त्यामुळे माझे बल काय आहे माझे बल आहे त्याऐवजी माझे प्रवेग काहीच नाही पण पृथ्वीचे वजा g वस्तुमान भागले मी वजा r अधिक h पूर्ण चौरस बदल काळजी केली नाही म्हणून माझ्याकडे हे आहे आणि आपण काय म्हणत आहोत आपण म्हणत आहोत की h r पेक्षा खूपच लहान आहे कारण r ही त्रिज्या आहे पृथ्वी आणि h ही th च्या वरची उंची आहे e केंद्र तर या विशिष्ट बिंदूवर आपल्याला काय करायचे आहे हे अगदी सोपे आहे आपल्याला द्विपदी विस्तार करणे आवश्यक आहे आपण सर्वजण द्विपदी विस्ताराशी परिचित आहात जे आपण करू शकतो शून्य क्रम अंदाजे कडे दुर्लक्ष करा म्हणायचे आहे की शून्य क्रम अंदाजे पासून h हे r पेक्षा खूपच कमी आहे h ची अंदाजे 0 च्या बरोबरी आहे जी h ने r ची अंदाजे 0 च्या बरोबरीने घेणे हे चांगले विधान नाही कारण ती खूप लहान संख्या आहे नंतर a g_m द्वारे r वर्गाने दिली आहे जी तुमची असणे आवश्यक आहे गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे प्रवेग

त्यामुळे आम्ही एका विशिष्ट मर्यादित स्थिर प्रवेग कसा मिळवू शकतो हे आधीच जुळवून घेतले आहे आणि ही संख्या तुम्हाला 10 मीटर प्रति सेकंद चौरस 9.8 मीटर प्रति सेकंद चौरस म्हणून दिली जाते. म्हणून जर तुम्हाला वस्तुमान माहित असेल तर तुम्ही गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक शोधू शकता जर तुम्हाला गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक माहित असेल तर तुम्ही वस्तुमान शोधू शकता परंतु आम्ही त्यापेक्षा चांगले करू शकतो जसे मी तुम्हाला द्विपदी विस्तार करून सांगितल्याप्रमाणे मला चर्चा करायची आहे

त्यामुळे कदाचित पाप ce यास थोडा जास्त वेळ लागेल आणि तुम्हा लोकांना आम्ही आत्तापर्यंत जे काही केले आहे त्याची उजळणी करायला आवडेल, चला या विशिष्ट बिंदूवर थांबूया आणि शरीराच्या खाली पडण्याच्या नियमाने आपला अभ्यास पुन्हा सुरू करूया आणि नंतर उपग्रह हालचालींचा समावेश असलेले अनुप्रयोग पाहूया. कृत्रिम उपग्रह वेगाने सुटतात आणि पुढे तुम्हाला अलविदा