इसलिए गुरुत्वाकर्षण पर पांचवें व्याख्यान में आप सभी का स्वागत है अब तक हमने जो किया है वह यह विश्लेषण करना है कि बड़ी दूरी कैसे निर्धारित की जाए, अवधियों का निर्धारण कैसे किया जाए हमने खगोलविदों द्वारा टिप्पणियों के आधार पर केपलर द्वारा तैयार किए गए तीन कानूनों पर भी बहुत विस्तार से चर्चा की। विशेष रूप से कोपेनहेगन टाइको ब्राहे की महान बात जो केप्लर ने महसूस की थी कि ग्रहों की कक्षाओं का एक बहुत ही सरल विवरण सूर्य से कक्षा के केंद्र को पृथ्वी से सूर्य की ओर स्थानांतरित करके प्राप्त किया जा सकता है , निश्चित रूप से ये कक्षाएं नहीं हैं पूरी तरह से गोलाकार वे अण्डाकार थे जिन्हें हम इस पाठ्यक्रम में काफी हद तक अनदेखा कर देंगे लेकिन आपको पता होना चाहिए कि न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम का निर्माण स्वाभाविक रूप से केप्लरियन कक्षाओं को तथाकथित अण्डाकार कक्षाओं में समायोजित करता है, वास्तव में सबसे सामान्य केप्लरियन कक्षाएं अण्डाकार होती हैं यदि कक्षा बाध्य है अन्यथा यह अण्डाकार और परवलयिक या अतिशयोक्तिपूर्ण भी हो सकता है तथाकथित शंकु खंड जिनका आप या तो अध्ययन कर रहे हैं या जिनका इच आप अपने मानक ज्यामिति में अध्ययन करेंगे,
इसलिए इन सभी कक्षाओं को न्यूटनियन कानून द्वारा स्वीकार किया जाता है, लेकिन यहां हम गुरुत्वाकर्षण कानून के विवरण के बजाय कानून में अधिक रुचि रखते हैं कि गणना कैसे करें कि आप अपने में बहुत बाद के चरण में करेंगे जीवन हम खुद को गोलाकार कक्षाओं तक सीमित रखेंगे, स्पष्ट रूप से बंधे हुए राज्यों में हमने गिरते पिंडों के गैलीलियन कानून पर भी चर्चा की, जो असाधारण रूप से महत्वपूर्ण है, जिसमें कहा गया है कि गिरने वाले शरीर का त्वरण सभी सामग्रियों के लिए समान था, चाहे उनका द्रव्यमान कुछ भी हो और हमने उस सिद्धांत को तैयार किया इसे समकक्ष सिद्धांत के रूप में बुलाकर, हालांकि यह शब्द आइंस्टीन द्वारा केवल 1910 या 1912 के आसपास 20 वीं शताब्दी की शुरुआत में गढ़ा गया था और हमने तर्क दिया कि न्यूटन के नियमों का एक संयोजन जो न्यूटन के गति के नियम प्लस सेंट्रिपेटल फोर्स प्लस की अवधारणा है। कक्षा में केशिका और गिरते पिंडों का गैलीलियन नियम तो मैं उन्हें लिख दूं
इसलिए पहले हमारे पास न्यूटन के गति के नियम हैं
इसलिए जब हम मा होते हैं राजा यह कथन हम दूसरे और तीसरे कानून में रुचि रखते हैं, हमने उन दोनों का उपयोग किया है दूसरा कानून बताता है कि त्वरण कैसे होता है तीसरा कानून समरूपता का वर्णन करता है या ए और बी के बीच बल के बीच पारस्परिकता वे एक दूसरे के बराबर हैं लेकिन विपरीत दिशाओं में और हमें यह याद रखना चाहिए कि यह कथन अनिवार्य रूप से संवेग के संरक्षण का एक पुनर्कथन है जो हमारे लिए बहुत महत्वपूर्ण है
इसलिए हमने इन दोनों का उपयोग किया फिर हमने अभिकेंद्र बल की अवधारणा के उपयोग की अवधारणा बनाई तो क्या करें हम कहते हैं कि भौतिक बल की उत्पत्ति के बावजूद जब तक कोई वस्तु एक निरंतर कोणीय वेग के साथ एक गोलाकार कक्षा में घूम रही है तो इसे हमेशा mv वर्ग द्वारा r के रूप में लिखा जा सकता है यह एक गतिज कथन है जो विशिष्ट है जो अजीब है और जो केवल वृत्ताकार कक्षाओं पर लागू होता है, जो कुछ ऐसा है जिसे हमें याद रखना चाहिए कि हमने इस अभिकेंद्र बल का उपयोग किया था तीसरी अवधारणा जिसका हमने उपयोग किया था या बल्कि यह तथ्य कि हमने उपयोग किया था स्वतंत्र रूप से गिरने वाले पिंडों का गैलीलियन कानून ठीक है और अंत में हम उन्हें केपलर के नुकसान के साथ जोड़ते हैं, तो तीन कानून कितने कानून थे ,
इसलिए पहला कानून निश्चित रूप से ग्रहों की कक्षा थी जिसे हमने गोलाकार कक्षा से बदल दिया था, फिर हमने समान क्षेत्रों को समान रूप से देखा समय का अंतराल और तीसरा जो बहुत महत्वपूर्ण है वह एक ग्रह की कक्षा की अवधि और त्रिज्या के बीच का संबंध था जो अनिवार्य रूप से r क्यूब से t वर्ग है एक स्थिर है यह इस अर्थ में एक स्थिर है कि यह एक सार्वभौमिक स्थिर नहीं है लेकिन यह केवल सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति के लिए एक स्थिरांक है जिसे हमें याद रखना है
इसलिए यह चौथा है
इसलिए हमने इन सभी को मिला दिया और पूछा कि ऐसा कौन सा नियम होगा जो इन सभी देखे गए तथ्यों के अनुरूप होगा । तथ्य हैं और हम इस निष्कर्ष पर पहुंचे हैं कि यह सब लगातार समझा जा सकता है अगर मैं यह मानता हूं कि मेरा गुरुत्वाकर्षण बल कुछ भी नहीं है, लेकिन r वर्ग द्वारा इकाई वेक्टर में माइनस gmm है तो मुझे यह नहीं लिखना चाहिए कि m ई माइनस साइन न लिखें या तो यह एक गुरुत्वाकर्षण बल है
इसलिए हम क्या कह रहे हैं हम कह रहे हैं कि यह एक व्युत्क्रम वर्ग कानून है और दो द्रव्यमान हैं जो कि पूंजी एम और छोटे एम द्वारा निरूपित हैं इस बिंदु पर हमें यह नहीं मानना चाहिए कि पूंजी m एक बड़े द्रव्यमान के लिए है और छोटा m एक छोटे द्रव्यमान के लिए है वास्तव में इस तरह के पूर्वाग्रह के बिना कानून बनाना बेहतर है
इसलिए मैं लिखूंगा कि अगर g बराबर gm 1 m 2 बटा r वर्ग है तो मेरा क्या मतलब है मैं यहाँ एक द्रव्यमान m एक रखूँगा मैं एक द्रव्यमान m दो यहाँ रखूँगा m एक m दो यह दूरी r है जो अब मेरे पास है m एक m 2 को अपनी ओर खींचता है m 2 m1 को अपनी ओर खींचता है और आप इसे लगाकर समायोजित करते हैं सही संकेत यह है कि हमने ऐसा किया है दूसरे शब्दों में यह महान कानून कृपया याद रखें कि हमने इस अभिव्यक्ति को प्राप्त नहीं किया है हम केवल इस अभिव्यक्ति पर एक बहुत ही तार्किक और ज्ञात तथ्यों को व्यक्त करने का एक बहुत ही सरल तरीका है जिसे कानून कभी साबित नहीं किया जा सकता है इसे केवल सत्यापित किया जा सकता है
इसलिए यह महान नियम gm 1 m2 बटा r वर्ग है कोपरनिकस टाइको ब्राहे खगोलविदों के कारण सभी अवलोकनों की परिणति पहले हेली थी क्योंकि हलिस धूमकेतु और गैलीलियो और केप्लर भी थे हालांकि हमें याद रखना चाहिए कि यह स्वयं कानून स्थापित नहीं करता है क्योंकि यह केवल एक सुसंगत विवरण है और हमें इसके स्वतंत्र सत्यापन की आवश्यकता है यह कानून कानून के एक स्वतंत्र सत्यापन पर जोर देता है कि हमें मनमाने द्रव्यमान वाले निकायों से निपटने में सक्षम होना चाहिए और हमें इस स्थिर जी को निर्धारित करने में सक्षम होना चाहिए जो हमारे लिए अज्ञात है, जबकि इस समय हमने जो कुछ भी इस्तेमाल किया वह हम जानते थे दूरियां और हम अवधियों को जानते हैं
इसलिए हमने वास्तव में खेला, यही कारण है कि मैं इस बात पर जोर दे रहा हूं कि यह कानून आकर्षक है लेकिन यह जरूरी नहीं है कि यह हमेशा मान्य हो लेकिन हम यह दावा करना चाहते हैं कि न्यूटनियन कानून वास्तव में एक सार्वभौमिक है कानून इसे गुरुत्वाकर्षण का सार्वभौमिक नियम कहा जाता है इसलिए हमें थोड़ा और काम करना है
इसलिए मैं स्लाइड पर जाता हूं और आपको दिखाता हूं कि मैं आपको सबसे पहले क्या बताना चाहता हूं। डी संक्षेप में जो कुछ भी मैंने कागज की चादरों पर लिखा है, वहां एक द्रव्यमान के साथ एक शरीर है एक स्थिति वेक्टर रा मॉड बी बॉडी बी एक बिंदु आरबी पर स्थित एक द्रव्यमान बी के साथ तो हम जो करते हैं वह वेक्टर को अलग करने के लिए परिभाषित करना है और ब्रा माइनस आरबी और फिर हमने लिखा कि बी पर ए द्वारा लगाया गया बल बहुत महत्वपूर्ण है, यही कारण है कि मैंने तीर को बी पर रखा है, रब द्वारा वेक्टर रब में माइनस जी मैम्ब है जिसे मैंने आपके लिए सचित्र रूप से दर्शाया है कागज की शीट ठीक है जब हमने गैलीलियन कानून का उपयोग किया मैंने केवल एक तथ्य का उपयोग किया गैलीलियन कानूनों के दो पहलू हैं एक त्वरण गिरने वाले शरीर के द्रव्यमान से स्वतंत्र है और दूसरा यह है कि त्वरण स्वतंत्र है जिस ऊंचाई पर शरीर पृथ्वी से है ठीक है, यही वह कथन है जो मैं बनाना चाहता हूं तो आइए हम वापस ड्राइंग बोर्ड पर जाएं तो हम क्या कहना चाहते हैं कि हम क्या कहना चाहते हैं अगर मैं गैलीलियन कानून को देखता हूं द्रव्यमान से स्वतंत्र त्वरण के दो पहलू हैं और दूसरा वह है acce ऊंचाई से स्वतंत्र तो आपका क्या मतलब है कि आपके पास यहां पृथ्वी है और यदि शरीर सभी ऊंचाई पर गिर रहा है एच 1 एच 2 इत्यादि और आगे त्वरण वही है जो जी द्वारा दिया गया है, यही आप है गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण के रूप में कॉल करें जो लगभग 9.8 मीटर प्रति सेकंड वर्ग है,
इसलिए इन सभी कानूनों को प्राप्त करने में मैंने केवल इन तथ्यों का उपयोग किया है लेकिन न्यूटनियन कानून कहता है कि त्वरण आकर्षित करने वाले शरीर से दूरी से स्वतंत्र नहीं हो सकता है। वर्ग शब्द यदि एक से अधिक r वर्ग पद है तो मुझे यह दिखाने दें कि आपके अगले कागज़ में तो मेरे पास मेरी

पृथ्वी है यहाँ मान लें कि एक शरीर गिर रहा है
इसलिए शरीर गिर रहा है सख्ती से बोल रहा है क्योंकि यह नीचे आता रहता है त्वरण चाहिए वृद्धि
इसलिए यह सिद्धांत रूप में एक कथन है सिद्धांत रूप में वास्तव में इसे तैयार करने के कई तरीके हैं कि दूसरी चीज जो आप देखते हैं कि यदि आप दो निकायों को छोड़ देते हैं तो मान लें कि एक निश्चित दूरी से अलग होकर डी गैलीलियो कहेंगे कि इस तरह नीचे भी गिरेगा
इसलिए दूरी d एक स्थिर होगी यदि आप एक टॉवर के ऊपर से एक अवलोकन करते हैं, जबकि न्यूटन के नियम के अनुसार वे दोनों केंद्र की ओर गिर रहे होंगे
इसलिए वे संबंध के समानांतर नहीं हो सकते एक दूसरे को
इसलिए न्यूटनियन गुरुत्वाकर्षण गैलीलियन कानून में सुधार देता है और यह पहला क्या है कि शरीर के नीचे गिरने पर त्वरण बढ़ जाना चाहिए और यदि दो शरीर अलग होने से शुरू होते हैं तो उनके बीच की दूरी कम होती रहनी चाहिए क्योंकि वे उस ओर गिरते हैं क्योंकि वे दोनों केंद्र की ओर गिरते हैं यह एक बहुत ही अतिरंजित आंकड़ा है, इसके बारे में कोई बात नहीं है,
इसलिए हमें यह देखना है कि न्यूटनियन गुरुत्वाकर्षण किस तरह का सुधार देता है ताकि यह इतना बड़ा न हो कि गैलीलियन कानून होगा उस मामले में उल्लंघन किया गया है तो न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के सार्वभौमिक सूत्र पृथ्वी की सतह पर नहीं टिकेंगे जो कि बहुत महत्वपूर्ण है तो आइए हम तय करें कि यह फिक्सिंग कोई मुश्किल बात नहीं है हमें बस इतना करना है कि यह याद रखना है कि मैं त्वरण में द्रव्यमान लिखने जा रहा हूं यह बाईं ओर एक स्वतंत्र रूप से गिरने वाला शरीर है और यह पृथ्वी का ग्राम द्रव्यमान होगा अब तक मैं थोड़ा और सावधान रहूंगा मैं इसे पृथ्वी की त्रिज्या प्लस h पूरे वर्ग के रूप में लिखूंगा,
इसलिए याद रखें कि जब हम दो पिंडों के बीच की दूरी की बात करते हैं, तो वास्तव में हमारे दिमाग में पृथ्वी का केंद्र होता है, यह पृथ्वी की सतह से नहीं होता है और यह ऊंचाई होती है पृथ्वी की सतह को फिर से दोहराने के लिए तो यह मेरा एच है और मेरा आर यहां कहीं है तो मुझे यह इंगित करने के लिए एक रेखा खींचने दें कि त्रिज्या बहुत बड़ी है याद रखें मैं 10 मीटर 20 मीटर 100 के क्रम की ऊंचाई की बात कर रहा हूं मीटर हो सकता है, लेकिन पृथ्वी की त्रिज्या लगभग 6,000 किलोमीटर है,
इसलिए हम एक बहुत बड़े अनुपात की बात कर रहे हैं, मैं उस संख्या पर बिल्कुल आऊंगा,
इसलिए हमारे पास द्रव्यमान की शर्तें हैं गुरुत्वाकर्षण द्रव्यमान को रद्द करना जड़त्वीय द्रव्यमान के समान है
इसलिए अब हमारे पास कौन सा ac . बचा है वास्तव में एच पर निर्भर करता है तो हमें कौन सी चाल करनी है जो हमें नियोजित करना है यह ध्यान रखना है कि यह एच आर की तुलना में बहुत छोटा है
इसलिए मैं मान रहा हूं कि यह रेडियल रूप से उलटा हो रहा है ताकि मेरे पास न हो तथाकथित डॉट उत्पादों और वैक्टर और उस तरह की चीजों के बारे में चिंता करने के लिए एक रैखिक गति है
इसलिए मुझे जो करना है वह यह याद रखना है कि एच बाय रे 1 से बहुत कम है, यही मुझे याद रखना है तो हम क्या करते हैं हम इसे बराबर g me बटा h वर्ग गुणा 1 बटा 1 जमा h बटा पुनः पूर्ण वर्ग के रूप में लिखना है क्योंकि h बटा पुन एक बहुत ही छोटी मात्रा है यह 1 पर एक परेशानी के अलावा और कुछ नहीं है तो हमें क्या करना है क्या हमें बस एक द्विपद विस्तार या एक टेलर विस्तार करना है यदि आपको ऐसा लगता है तो मुझे वह गणना करने दें तो हम जो करते हैं वह एक द्विपद विस्तार को एक से बहुत कम करके करना है मुझे इसे x के रूप में कॉल करने दें मैं इसे याद रख रहा हूं कि एच पृथ्वी की सतह से ऊंचाई है, फिर से पृथ्वी की त्रिज्या है और मुझे दिलचस्पी है i n पद 1 ओवर रे प्लस एच पूरा वर्ग यह मात्रा कुछ भी नहीं है, लेकिन 1 ओवर को फिर से चुकता किया जाता है 1 प्लस एच बाय री स्क्वायर जो मैंने किया है, वह है री को बाहर निकालना और यह मात्रा 1 से अधिक है 1 प्लस एक्स पूरे में फिर से चुकता वर्ग यह वह अभिव्यक्ति है जो मैं चाहता था
इसलिए मुझे उस अभिव्यक्ति को खोलने दें और देखें कि यह क्या है
इसलिए मेरे पास 1 बटा 1 जोड़ x पूरा वर्ग 1 जमा 2 x प्लस x वर्ग के बराबर है जो मेरे पास है जैसा कि मैंने आपको बताया था मैं x वर्ग का x से बहुत कम x से बहुत कम 1 से बहुत कम है
इसलिए यदि मुझे अग्रणी क्रम योगदान में दिलचस्पी है तो मैं इस पद को छोड़ सकता हूं
इसलिए एक बार जब मैं इस पद को छोड़ देता हूं तो यह लगभग 1 बटा 1 प्लस 2 x और आपकी द्विपद अभिव्यक्ति के बराबर होगा अनिवार्य रूप से मुझे यह लगभग 1 माइनस 2x के बराबर है जो कि हम प्राप्त करने जा रहे हैं
इसलिए अब हम गुरुत्वाकर्षण बल में आने वाले सुधार की गणना करने की स्थिति में हैं, जो कुछ भी स्थिर है तो हमें क्या पता है कि मेरा f g अनिवार्य रूप से है जी मेम को फिर से 1 घटाकर 2 घंटे में फिर से चुकता करके मैं इस पैरा को लिख सकता हूं विशिष्ट अभिव्यक्ति अब वह सुधार है जो मैं अब प्राप्त करने जा रहा हूं यदि मैं इस विशेष शब्द को अनदेखा करता हूं तो यह कुछ भी नहीं है,
इसलिए इस विशेष शब्द को अनदेखा करें यह एम रद्द करता है और आप देखते हैं कि मेरा त्वरण कुछ भी नहीं है, लेकिन एफजी बाय एम है जो जीएमवी बाय आर है वर्ग जो गुरुत्वाकर्षण के कारण आपका त्वरण है, जो कि हमारे पास इतना अनिवार्य रूप से हम कह रहे हैं कि सभी व्यावहारिक उद्देश्यों के लिए पृथ्वी की वजह से त्वरण स्थिर है क्योंकि जिस ऊंचाई से शरीर गिर रहा है वह बहुत छोटा सुधार है या पृथ्वी की त्रिज्या के लिए एक परेशानी
इसलिए यह अनुमान लगाना मुश्किल नहीं है कि x का वह मान क्या है, भले ही मैं h को 100 मीटर के बराबर रखूं जो कि काफी बड़ी संख्या है, मेरी पृथ्वी की त्रिज्या 6400 किलोमीटर है, ताकि 6.4 गुणा 10 से 6 का घात हो
इसलिए आप देखते हैं कि एक्स वास्तव में छोटा है
इसलिए हमने क्या किया है हमने स्वतंत्र रूप से गिरने वाले कानून के सभी पहलुओं को स्वतंत्र रूप से गिरने वाले शरीर के कानून को न्यूटनियन कानून के साथ स्वतंत्र रूप से गिरने वाले शरीर के कानून के साथ सुलझाया है,
इसलिए दूसरे शब्दों में हमारे पास ई है ज्ञात तथ्यों के साथ स्थिरता स्थापित की ताकि हमें यह विश्वास और विश्वास मिले कि शायद गुरुत्वाकर्षण का न्यूटनियन नियम सही कानून है, इस मामले में हमें अब तक जो कुछ भी किया है उससे आगे जाने में सक्षम होना चाहिए और अधिक प्रयोगात्मक सत्यापन प्राप्त करना चाहिए और वास्तव में हम नई घटनाओं की भविष्यवाणी करने में सक्षम होना चाहिए जो हमने पहले नहीं देखा था और ठीक यही न्यूटन ने सराहना करने के लिए किया था कि आइए हम उस स्लाइड पर वापस जाएं जो मैंने बनाई है
इसलिए यह स्लाइड एक संख्या दिखाती है जो लगभग 3 से 10 तक है माइनस 4 की शक्ति
इसलिए यह एक बहुत ही छोटी संख्या है जिसे आप देख सकते हैं इसका मतलब है कि स्थिरांक में सुधार मोटे तौर पर दिया जाता है जिसे हम स्थिर 10 मीटर प्रति सेकंड वर्ग या 9.8 मीटर प्रति सेकंड वर्ग के रूप में मानते हैं सुधार एक हिस्सा होगा 10 000 में यह कथन है कि हम दस हजार में तीन भाग बना रहे हैं वास्तव में पृथ्वी की गैर-गोलाकार प्रकृति के कारण और पृथ्वी की घूर्णी प्रकृति के कारण सुधार आ रहा है। पूरी तरह से एक जड़त्वीय फ्रेम नहीं है क्योंकि यह अपनी धुरी के बारे में घूम रहा है, इससे बहुत बड़ा है
इसलिए यह बिल्कुल भी बुरा अनुमान नहीं है
इसलिए अब हमें स्थिति का जायजा लेना होगा कि हमने क्या किया है हमने ज्ञात अवलोकनों के आधार पर एक कानून तैयार किया है लेकिन क्या क्या ऐसा है कि हम जानते थे कि हम दूरियों को जानते थे हम अवधियों को जानते थे लेकिन हम जनता को नहीं जानते जब गैलीलियो ने द्रव्यमान को गिरा दिया तो

वह गिरते शरीर के द्रव्यमान को जानता था लेकिन निश्चित रूप से गैलीलियो को नहीं पता था कि पृथ्वी का द्रव्यमान जी मूल्य निर्धारित नहीं है
इसलिए यह एक अज्ञात स्थिरांक है
इसलिए गैलीलियन कानून अनिवार्य रूप से पृथ्वी के द्रव्यमान को गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक में निर्धारित करने के लिए कर रहा है, वास्तव में गैलीलियन कानून क्या निर्धारित करता है कि पृथ्वी का द्रव्यमान गुरुत्वाकर्षण गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक में पृथ्वी वर्ग की त्रिज्या से विभाजित है, लेकिन मैं यह मान रहा हूं कि हम पृथ्वी की त्रिज्या को जानें, जब सभी लोग पृथ्वी के चारों ओर घूम सकते हैं या अरिस्टोथेन का महान प्रयोग पृथ्वी की त्रिज्या को ठीक कर सकता है,
इसलिए अब यदि आप इससे आगे जाना चाहते हैं और यदि आप मैं दावा करना चाहता हूं कि यहां मेरे पास गुरुत्वाकर्षण का एक सार्वभौमिक नियम है, मैं बेहतर तरीके से या तो द्रव्यमान या जी या दोनों को स्वतंत्र रूप से निर्धारित करता हूं और सत्यापित करता हूं कि कानून वास्तव में यह मानता है कि यह एक कार्य था जो कैवेंडिश द्वारा किया गया था और उसने जो किया वह सीधे निर्धारित करना था गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक यह भौतिकी के इतिहास में क्लासिक प्रयोगों में से एक है जिसे उन्होंने 97 और 98 के बीच एक वर्ष की अवधि में किया, उन्होंने कई सावधानीपूर्वक अवलोकन किए और वे j के इस मूल्य पर पहुंचे जो कि तुलना में एक छोटी छोटी संख्या है उदाहरण के लिए इलेक्ट्रोस्टैटिक बल की ताकत जो ई-वर्ग द्वारा चार पीआई एप्सिलॉन शून्य से आगे और आगे दी जाती है और हमें यह समझने में कुछ समय बिताना चाहिए कि ऐतिहासिक रूप से कैवेंडिश ने जी के मूल्य को कैसे निर्धारित किया, यह दावा नहीं किया कि वह मूल्य निर्धारित कर रहा था गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक का लेकिन उन्होंने एक और दिलचस्प दावा किया कि उन्होंने दावा किया कि वह पृथ्वी को तौल रहे थे वास्तव में उन्होंने वह बयान भी नहीं दिया था जो उन्होंने दावा किया था कि वह पाया गया था पृथ्वी के घनत्व में क्योंकि 18वीं शताब्दी में जब कैवेन्डिश ये प्रयोग कर रहा था तो लोग पृथ्वी के घनत्व में बहुत गंभीरता से रुचि रखते थे
इसलिए वह पृथ्वी के घनत्व को मापना चाहता था मुझे नहीं पता कि क्या मैंने त्रिज्या कहा है तो केविन इस बात से इनकार किया कि वह पृथ्वी के घनत्व का निर्धारण कर रहे थे जैसे कि पृथ्वी एक सजातीय समान द्रव्यमान वितरण है जो सच नहीं है लेकिन कोई बात नहीं है लेकिन हम इन सभी अवधारणाओं के साथ किसी प्रकार का संपर्क आसानी से कर सकते हैं लेकिन जहां तक हमारा संबंध है, क्या चेतावनी है वास्तव में निर्धारित किया गया था कि गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक एक ऐतिहासिक पक्ष है जो इस बिंदु पर रुचि का है कि कैवेंडिश ने कई प्रयोग किए लेकिन इस प्रयोग को कैवेंडिश प्रयोग कहा जाता है जैसे कि हम माइकलसन मार्ले प्रयोग कहते हैं क्योंकि जाहिर है कि यह सबसे अधिक मनाया गया था जब आप कैवेंडिश कहते हैं प्रयोग हम हमेशा गुरुत्वाकर्षण बल के स्थिरांक जी के निर्धारण का उल्लेख करते हैं तो आइए देखें कि ऐसा क्या है जो कैवेंडिश ने ऐसा किया था कैवेंडिश प्रयोग का आईसी विचार एक शून्य टोक़ प्रयोग है,
इसलिए यह एक मानक तकनीक है जिसे आप जब भी आप कुछ नाजुक बलों को मापना चाहते हैं तो बल को मापने के दो तरीके हैं तो मैं आपको बता दूं कि बलों को एक तरह से कैसे निर्धारित किया जाए त्वरण को मापें शरीर के त्वरण को मापें अब यह एक कठिन प्रक्रिया है क्योंकि आपको अलग-अलग समय पर अलग-अलग स्थितियों को बहुत ही सटीकता के साथ मापने में सक्षम होना चाहिए , फिर आपको आसानी से उनसे जुड़ना होगा जो अनिवार्य रूप से उस स्पर्शरेखा की गणना करता है जिसे आप वेग प्राप्त करते हैं वेग को प्लॉट करते हैं और फिर से आसानी से उनके साथ जुड़ें और फिर आप फिर से स्पर्शरेखा की गणना करें और आपको त्वरण मिलेगा जो एक कठिन प्रक्रिया है और यह त्रुटियों के लिए प्रवण है दूसरी प्रक्रिया वास्तव में ज्ञात बल द्वारा गति को गिरफ्तार करना है और यह एक बहुत ही उपयोगी तरीका है। ज्ञात बल द्वारा गति
इसलिए उदाहरण के लिए मान लीजिए कि यहाँ एक संधारित्र प्लेट है जिसमें एक सतह आवेश घनत्व सिग्मा है, वहाँ एक आवेश कण q है तो वें है माइनस है और यह प्लस है ताकि यह इस दिशा में आकर्षित हो जाए तो मैं क्या करूंगा कि मैं यहां एक स्प्रिंग लगाऊंगा और मैं पूछता हूं कि नई संतुलन स्थिति क्या है जहां इसे आराम मिलेगा मुझे पता है कि f माइनस kx के बराबर है वसंत से आ रहा है और अगर चार्ज कण इस वजह से आराम कर रहा है तो मुझे पता है कि इस प्लेट द्वारा लगाया गया बल जो सतह चार्ज को सिग्मा में ले जा रहा है, इसे बिल्कुल रद्द कर दिया गया है और मैं विद्युत क्षेत्र को निर्धारित करने में सक्षम होना चाहिए चाल है
इसलिए गति को गिरफ्तार करने को शून्य बल कहा जाता है, शुद्ध बल शून्य है
इसलिए यह एक ऐसी तकनीक है जिसे आप अनिवार्य रूप से एक प्रतिकारक बल लगाकर नियोजित करते हैं ताकि त्वरण शून्य हो और उम्मीद है कि वेग भी शून्य के बराबर हो और फिर आप निर्धारित करें अज्ञात बल जब इलेक्ट्रोस्टैटिक बलों की बात आती है तो कूलम्ब ने महसूस किया कि कूलम्ब कानून को निर्धारित करने का एक बेहतर तरीका तथाकथित एक ओवर आर स्क्वायर बल वास्तव में जिसे डिश में गुफा के लिए भी जाना जाता था, एक टोरसन बा के माध्यम से होता है लांस और एक मरोड़ संतुलन क्या करता है आपका मरोड़ संतुलन एक अशक्त बल नहीं बनाता है, लेकिन यह एक अशक्त टोक़ बनाता है, तो आप क्या करते हैं कि आपको इस स्लाइड पर वापस आने दें nl टोक़ प्रयोग तो यह तस्वीर विकिपीडिया से है और यह वास्तव में वह उपकरण है जो कैवेन्डिश द्वारा उपयोग किया गया था जिसे मैं बार-बार उपयोग करने जा रहा हूं,
इसलिए आपके पास एक पतला तार है जिस पर आप दो छड़ें निलंबित करते हैं और फिर आप इसे दो अन्य वस्तुओं से आकर्षित करते हैं जो समान और विपरीत बल लागू करेंगे ताकि मरोड़ के कारण अब एक टोक़ है और पूरी चीज झूलती है और संतुलन की स्थिति में आ जाती है,
इसलिए वसंत के मरोड़ के कारण टॉर्क को उलट दिया जाता है जो कि एक अशक्त टोक़ प्रयोग होगा और फिर आप विक्षेपण के कोण को पाते हैं यह है तकनीक जो कूलम्ब द्वारा नियोजित की गई थी और कैवेंडिश ने जो किया वह उसी तकनीक को नियोजित करने के लिए था ताकि आप यहां दो द्रव्यमान देख सकें अन्य दो द्रव्यमान नहीं देखे जा रहे हैं मैं इस प्रयोग का बहुत विस्तार से वर्णन करने जा रहा हूं आईएल लेकिन यह मूल विचार है, अब मैं इस अवधारणा को एक और आकृति के माध्यम से विस्तारित करने जा रहा हूं जो पूरी तरह से दिखाता है कि मैं क्या दिखाना चाहता हूं ताकि आप देख सकें कि यहां क्या हो रहा है मूल रूप से कैवेंडिश ने अपनी प्रयोगशाला की छत पर जाने के लिए क्या किया मैं आपको बताऊंगा उसकी प्रयोगशाला कुछ ही मिनटों में थी फिर एक पतली तार है जो आप देख रहे हैं कि नीचे आ रही है जिसे मरोड़ तार के रूप में इंगित किया गया है और उस पतली तार को पतली छड़ से जोड़ा गया है ठीक है कि काली काली रेखा बोल्ट काली रेखा है एक पतला रॉड और यह पतला रॉड के केंद्र में बिल्कुल जुड़ा हुआ है यह एक समान सिलेंडर रॉड है और दो छोर आपके पास दो छोटे द्रव्यमान एम हैं जो वहां बैठे हैं,
इसलिए यहां छोटा एम हल्की वस्तु को संदर्भित करता है बड़ा एम भारी वस्तु को संदर्भित करता है कि क्या आपके पास इतना गुलाबी रंग है जो आप देखते हैं या आड़ू रंग जो आप देखते हैं वह अबाधित स्थिति है उस अबाधित स्थिति में क्या होता है कि दो बहुत भारी द्रव्यमान वास्तव में छोटे द्रव्यमान और भारी होते हैं y द्रव्यमान दोनों सीसे से बने थे, वे सभी पूरी तरह से गोलाकार थे, उन्हें इस तरह रखा गया है कि वे इन दो वस्तुओं से समान दूरी पर हैं, तो क्या होता है कि भारी द्रव्यमान इस सीसे को अपनी ओर ले जाता है
इसलिए मुझे भारी द्रव्यमान को वापस जाने दें , एक भारी द्रव्यमान चलता है इस दिशा में वस्तुओं में से एक अन्य भारी द्रव्यमान विपरीत दिशा में एक बल लागू करता है
इसलिए एक शुद्ध टोक़ होता है लेकिन यह शुद्ध टोक़ टोरसन द्वारा काउंटरमाउंट किया जाता है जो काउंटर माउंटिंग टोक़ का उत्पादन करके विरोध करता है
इसलिए नेट एंगल थीटा होना चाहिए तो यह विचार है और भारी द्रव्यमान और छोटे द्रव्यमान के बीच की दूरी को ri द्वारा निरूपित किया जाता है,
संभवतः अंकन d का उपयोग करेगा और मूल रूप से मैं इन टोरों के संतुलन के कारण नई संतुलन स्थिति का पता लगाना चाहता हूं यह अब प्रयोग है प्रायोगिक विवरण जिन पर हमें बहुत ध्यान देना चाहिए हमें प्रायोगिक संख्याओं पर भी बहुत ध्यान देना चाहिए क्योंकि दुर्भाग्य से आपकी एनसीआरटी पाठ्यपुस्तक गा रही है इसकी कमी के कारण इसके साथ कोई संख्या नहीं जुड़ी है, लेकिन हम यह सुधारेंगे कि यहां कावेंटिश ने क्या किया था कि उन्होंने

अपनी संपत्ति गुफा में एक बड़े शेड में अपनी प्रयोगशाला स्थापित की थी, एक कुलीन व्यक्ति था एक अमीर व्यक्ति एक अमीर व्यक्ति था
इसलिए वह एक भूमि व्यक्ति था
इसलिए उसके पास एक बहुत बड़ा शेड था
इसलिए उसने जो किया वह अपने खेतों में कहीं बड़े शेड को अपनी प्रयोगशाला के रूप में परिवर्तित करना था और उसने जो किया वह यह उपकरण था जिसे मैंने पहले दिखाया था कि उसने पूरे उपकरण को एक मोटे लकड़ी के बक्से में रखा था ताकि यदि आप देखें उदाहरण के लिए विकिपीडिया भी वे आपको उस बॉक्स का आयाम देंगे जो वे थे यह एक बहुत बड़ा बॉक्स था और मोटे बॉक्स की मोटाई कई फीट थी यह एक लकड़ी के बक्से से बना था और यह लकड़ी का बक्सा स्वयं एक में संलग्न था शेड क्योंकि कैवेंडिश नहीं चाहता था कि हवा से या कंपन से कोई अशांति आ रही हो जो उन दिनों के चलते कार्ड या रथ या वैगनों के कारण होती है,
इसलिए वह अनिवार्य रूप से आज के किसी प्रकार का इन्सुलेटेड वातावरण चाहता था हम तथाकथित कंपन मुक्त तालिकाओं पर बहुत ही परिष्कृत प्रयोग करते हैं , वे उस विशेष समय पर उपलब्ध नहीं थे, लेकिन कामेंटेश ने एक उल्लेखनीय सुधार किया और इस तरह हम निरीक्षण करने के लिए आगे बढ़े और ऑपरेटरों को परेशान न करने के लिए यहां तक कि आपका अपना दृष्टिकोण भी हो सकता है वास्तव में इसे प्रभावित करते हैं तो आप देखेंगे कि जब मैं संख्याओं को लिखता हूं और यदि आप इसे उदाहरण के लिए परिवर्तित करते हैं तो इसकी तुलना हमारे अपने वजन से करें ताकि वह कभी भी लकड़ी के बक्से के पास कहीं भी न जाए, जो उसने बॉक्स में छोटे दो छोटे छेदों के माध्यम से बनाया था और शेड और उसने दो दूरबीनें लगाईं और उसने पिप किया और उसने देखा कि मरोड़ पेंडुलम का कोण या दोलन जो कुछ भी दूर था, वह कुछ ऐसा है जिसे हमें याद रखना होगा कि तथाकथित अशक्त प्रयोग एक आदर्शीकरण है क्योंकि यदि एक शून्य बल है जिसका सीधा सा अर्थ है कि वस्तु पर कोई बल नहीं है, यह हमारे लिए यह सुनिश्चित नहीं करता है कि यह आराम पर है यह एक समान वेग के साथ थोड़ी सी भी गड़बड़ी कर सकता है n इसे उसी तरह से एक समान वेग दे सकता है जब आपके पास एक अशक्त टोक़ प्रयोग होता है, तो थोड़ी सी भी गड़बड़ी वास्तव में इसे एक छोटा कोणीय त्वरण दे सकती है, हालांकि हमारे विश्लेषण में हम प्रयोग को शून्य मानेंगे, वास्तव में एक गति थी लेकिन वह अवधि थी बहुत बड़ा था यह 20 मिनट का था
इसलिए एक पूर्ण दोलन को पूरा करने में 20 मिनट लग रहे थे जिसे सभी व्यावहारिक उद्देश्यों के लिए आप अनदेखा कर सकते हैं क्योंकि जब आप कोण को मापते हैं तो अवलोकन की अवधि आप जानते हैं कि यह अवधि एक सेकंड या ए की अवधि से अधिक है 20 मिनट से अधिक की गति की तुलना में कुछ सेकंड या आधा मिनट भी बहुत छोटा सुधार था, जिसका अर्थ है कि कैवेंडिश ने वास्तव में धुरी को पूरी तरह से घर्षण रहित बनाने के लिए बहुत सावधानी बरती थी और आगे उसने यही किया था और महत्वपूर्ण बिंदु यह है कि हमें यह नोटिस करना होगा कि उन्होंने अपने समय में उपलब्ध सबसे सटीक संभव माप का उपयोग किया क्योंकि उनका वर्नियर स्केल आप जानते हैं कि यह एक यात्रा माइक की तरह था रोस्कोप कहने के लिए कि जो भी माइक्रोस्कोप उसने तय किया था उसकी कम से कम 0.1 मिलीमीटर की गिनती थी,
इसलिए यह कुछ ऐसा है जिसे हमें निश्चित रूप से याद रखना होगा जब मैं कहता हूं कि वर्नियर स्केल में कम से कम 0.1 मिलीमीटर की गिनती होती है, मुझे इसकी तुलना अन्य आयामों से करनी चाहिए और यही मैं नीचे आने जा रहा हूं और यहां आपके पास विवरण हैं मुझे नहीं पता कि यह दिखाई देगा या नहीं,
इसलिए मुझे इसे यहां लिखने दें ताकि आप देख सकें कि यह इतना प्रयोगात्मक विवरण क्या है ताकि आपके पास हो बड़ी सीसा गेंदें वे स्वयं निलंबित थे और उन्हें हिलना नहीं चाहिए था
इसलिए लीड बॉल पृथ्वी की भूमिका निभा रही है और छोटी सीसा गेंदें गिरने वाले शरीर की भूमिका निभा रही हैं जो कि कुछ ऐसा है जिसे हमें याद रखना है
इसलिए उनके पास 158.04 किलो का द्रव्यमान था,
इसलिए उन्होंने 158.04 किलो का एक विशाल ढक्कन का गोला बनाया, यदि आप मूल कागज को देखते हैं तो तथाकथित अनाज में संख्या दी गई है और यह 24 लाख 39,000 अनाज है,
इसलिए आपको याद रखना चाहिए कि कब कैवेन्डिश ने प्रयोग किया या उस मामले के लिए जब न्यूटनियन भी तैयार किया गया है, तो नुकसान सी इकाइयां हैं या सीजीएस इकाइयों का उपयोग ग्रेट ब्रिटेन में नहीं किया गया था, जिसे अंग्रेजों ने इस्तेमाल किया था, इसे एफपीएस यूनिट फुट पाउंड कहा जाता है और दूसरा यही वह है जो उन्होंने इस्तेमाल किया था,
इसलिए उनके पास इंच थे और चूंकि कैवेंडिश एक बहुत चाहता था बहुत बड़ी सटीकता से उन्होंने पाउंड का एक बहुत ही छोटा अंश चुना और जिसे अनाज कहा जाता था,
इसलिए यह 24 लाख 39 000 अनाज था,
इसलिए अनाज संभवतः आप एक छोटे बीज का वजन जानते थे या कुछ ऐसी चीज ठीक है कि क्या है वे इसका उपयोग करते हैं,
इसलिए यदि अनाज का उपयोग ठीक है, तो वहां एक उल्लेखनीय सटीकता थी और इस छोटी सीसा गेंदों के बारे में क्या छोटी सीसा गेंदों का द्रव्यमान 0.73 किलोग्राम था,
इसलिए हमारे पास 300 से अधिक का अंश इतना भारी है द्रव्यमान कम से कम 148 158.73 है जैसे 300 गुना हम हल्के द्रव्यमान से भारी कहते हैं और यही उन्होंने किया है हम जड़ता के क्षण की गणना करने जा रहे हैं यह बहुत महत्वपूर्ण है
इसलिए हमें रॉड के द्रव्यमान के बारे में चिंता करनी होगी
इसलिए लीड बॉल्स सस्पेंड थे बहुत महीन धातु के तारों से बने वास्तव में धातु के तार की त्रिज्या लगभग कुछ सेंटीमीटर थी अब छड़ का द्रव्यमान वास्तव में लकड़ी की छड़ थी
इसलिए लकड़ी सीसे की तुलना में बहुत हल्की होती है जिसे हम सभी जानते हैं और वह 0.03 किलो थी। हमारे लिए महत्वपूर्ण है
इसलिए यदि मैं इस छड़ को देखता हूं और मैं दो द्रव्यमान रखता हूं और यह स्ट्रिंग है जो यहां आ रही है तो लगभग सभी द्रव्यमान किनारों पर हैं, छड़ के द्रव्यमान को ही अनदेखा किया जा सकता है क्योंकि हम 0.03 से 0.73 के बारे में बात कर रहे हैं। हम 200 बार की तरह कुछ बोल रहे हैं या तो हम रॉड के द्रव्यमान के बारे में सब कुछ भूल सकते हैं जब हम अनुमान लगाने जा रहे हैं तो यह ठीक है तो हमें गेंदों के बीच की दूरी के बारे में चिंता करनी होगी रॉड कितनी लंबी थी
इसलिए यह दूरी यह है कि मैं क्या चाहता हूँ हाँ यह दूरी 1.860 मीटर थी वास्तव में यह छह फुट की छड़ थी जो 1.860 मीटर है
इसलिए आप कल्पना कर सकते हैं कि लकड़ी का डिब्बा कितना बड़ा था और कितना बड़ा शेड था हम 1.860 मीटर की बात कर रहे हैं जो कि दूरी है रखा गया था तो शायद मुझे नहीं करना चाहिए इसे डी के रूप में कॉल करें, मुझे इसे एल के रूप में कॉल करने दें क्योंकि यह संकेत है कि मैं बड़े लोगों के बीच की दूरी को नियोजित करने जा रहा हूं, वही सही है, सिवाय इसके कि एक द्रव्यमान यहां था और दूसरा द्रव्यमान भी था, ठीक है तो अगर मैं इसे यहां नीचे लाता हूं और यह दूरी भी समान है, तो मेरा मतलब है कि वे दो छड़ के दोनों ओर थे ठीक है हमें त्रिज्या के बारे में चिंता करने की ज़रूरत नहीं है हमें इस छोटी सी छड़ी के बीच की दूरी के बारे में चिंता करनी होगी बड़ी छड़ में तो मुझे देखने दो कि छोटी छड़ और बड़ी छड़ के बीच की दूरी क्या है यदि मेरे पास यह मेरे निपटान में है तो यह 0.225 मिलीमीटर के क्रम का था याद रखें मुझे एक बहुत बड़ा गुरुत्वाकर्षण बल चाहिए
इसलिए दूरी होनी चाहिए जितना संभव हो उतना छोटा अन्यथा यह बहुत तेजी से मर जाएगा

इसलिए दूरी 0.225 मीटर के क्रम की थी यह मिलीमीटर नहीं हो सकती क्योंकि उसके पास निश्चित रूप से कम से कम गिनती नहीं थी
इसलिए 0.225 मीटर यानी दूरी जो वहां थी वह 1.860 मीटर थी और वह माप रहा था ई कोण वह दूरी थी जिसे अब देखा जा रहा था कि हमें क्या करना है एक विश्लेषण करना है और यह पता लगाना है कि हम जी के मूल्य को कैसे निर्धारित करने जा रहे हैं यही हमें करना है और मैंने आपको कम से कम गिनती बताई वर्नियर 0.254 मिलीमीटर था तो चलिए विश्लेषण करना शुरू करते हैं
इसलिए यह करने का एक बहुत ही आसान तरीका है कि मैं क्या करूँगा मैं टोक़ लिखूंगा मेरा टोक़ बल में रॉड की लंबाई के अलावा कुछ भी नहीं है क्योंकि यह क्या है कि मेरे पास लंबाई की एक छड़ है l स्ट्रिंग मध्य बिंदु पर है, दो द्रव्यमान हैं और वे आकर्षित कर रहे हैं , ठीक है
इसलिए दो निकायों पर अभिनय करने वाला एक आदर्श युगल है जो लंबाई में बल है
इसलिए यह कुछ भी नहीं है l जी में भारी लेग बॉल के द्रव्यमान में डी स्क्वायर द्वारा विभाजित छोटी लीड बॉल का द्रव्यमान जो कि मेरे पास है यदि आप मानते हैं कि यह टोरसन द्वारा बिल्कुल विपरीत है तो हम इसे लिखने के लिए क्या करने जा रहे हैं मरोड़ स्थिरांक या जो भी k थीटा में है तो तारे f लिखते हैं e क्राल टू माइनस केएक्स जहां के वसंत स्थिरांक है यह मेरा मरोड़ स्थिरांक है और यह थीटा विक्षेपण का कोण है यह विक्षेपण का कोण है जिसे आप जानते हैं कि यह कितना स्थानांतरित हो गया है और यही कैवेंडिश निर्धारित है
इसलिए मुझे पता है कि जी का निर्धारण कैसे करें यह एक सरल बीजगणितीय अभ्यास है तो क्या हो रहा है कि मैं इसकी बराबरी करने जा रहा हूं
इसलिए मैं जी के बराबर होने जा रहा हूं
इसलिए मुझे कोई गलती नहीं करनी चाहिए
इसलिए मैं क्या प्राप्त करने जा रहा हूं मैं एक थीटा प्राप्त करने जा रहा हूं एमएमएल पर डी वर्ग तो यह गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक के लिए मेरी प्राथमिक अभिव्यक्ति है के थीटा डी वर्ग एमएमएल
इसलिए मुझे विक्षेपण के कोण पता है मुझे दूरी पता है मैं भारी द्रव्यमान जानता हूं मैं छोटे द्रव्यमान को जानता हूं मुझे द्रव्यमान की लंबाई पता है लेकिन कैसे करें मैं इस स्थिरांक को जानता हूं
इसलिए स्थिरांक निर्धारित करने के लिए सब कुछ उबलता है
इसलिए प्रश्न यह है कि k को कैसे निर्धारित किया जाए उत्तर सरल है सब कुछ हटा दें भारी द्रव्यमान को हटा दें सब कुछ हटा दें और प्राकृतिक दोलन को देखें तो समाधान क्या है प्राकृतिक दोलन को देखें सिस्टम का n तो मेरे पास क्या है मेरे पास यह रॉड है दो गेंदें हैं और मैं इसे एक ट्विस्ट थीटा देता हूं और पूछता हूं कि यह कैसे दोलन करता है
इसलिए यदि आप एक छोटा कोण देते हैं थीटा छोटा है तो आप जानते हैं कि यह एक साधारण हार्मोनिक गति और अवधि को निष्पादित करता है अनिवार्य रूप से t के बराबर 2 pi रूट i द्वारा अज्ञात टॉर्सनल स्थिरांक k द्वारा दिया जाता है, जो कि हमारे पास है जो एक बिंदु द्रव्यमान का एक सामान्यीकरण है जो दोलन करने वाला है और आपका i अनिवार्य रूप से जड़ता का क्षण है जड़ता का क्षण क्या है एक पृथक्करण के साथ दो द्रव्यमानों की प्रणाली में अब महत्वपूर्ण अवलोकन आता है जो मैंने किया है कि लकड़ी की छड़ का द्रव्यमान इस लाल स्वामी के द्रव्यमान की तुलना में बहुत छोटा अंश था,
इसलिए जड़ता का क्षण बहुत आसानी से हो सकता है गणना की गई है और वह कुछ भी नहीं है, लेकिन m l बटा 2 पूर्ण वर्ग है क्योंकि यह इस प्लस m गुणा l के इस विशेष बिंदु के बारे में है , जिससे यह 2 m गुणा l 2 पूरे वर्ग में हो जाता है यह मेरी जड़ता का क्षण है
इसलिए मैं क्या करूंगा कि मैं अवधि को मापूंगा i मेरी जड़ता के क्षण को जानें और यह मुझे तुरंत वसंत स्थिरांक देता है,
इसलिए यदि मैंने ये सभी गणनाएँ कीं तो मुझे g के लिए एक बहुत ही सुंदर अभिव्यक्ति मिलती है जिसे मैंने अपनी स्लाइड में प्रदर्शित किया है, मैं आप सभी लोगों को सभी भावों को प्रतिस्थापित करने और समझाने के लिए आमंत्रित करता हूं। स्वयं और आपका जी क्या दिया गया है दो पीआई वर्ग एलडी वर्ग एमटी वर्ग द्वारा दिया गया है कृपया याद रखें कि यह छोटा डी बड़ी रॉड बड़ी गेंद और छोटी गेंद के बीच का अलगाव है पूंजी एल रॉड की लंबाई है यह पूंजी एम का द्रव्यमान है बड़ी लीड गेंद छोटी गेंद का द्रव्यमान रद्द हो जाता है और फिर टी निश्चित रूप से अवधि है
इसलिए यह महान अभिव्यक्ति है,
इसलिए यह वही है जो कैवेन्डिश ने एक वर्ष की अवधि में किया था, उसने पूरी तरह से रीडिंग ली होगी और यदि आप इंटरनेट पर जाते हैं और यदि आप गूगल करते हैं तो आपको लंदन के रॉयल सोसाइटी के दार्शनिक लेन-देन का एक संदर्भ मिलेगा, जहां आपको केबिन और कैवेंडिश का विस्तृत पेपर मिलेगा जो उल्लेखनीय संख्या में आया है जो छह बिंदुओं द्वारा दिया गया है। माइनस इलेवन की शक्ति के लिए चार गुणा दस भी, तो वास्तव में उन्होंने एक असाधारण नाजुक प्रयोग किया, जो लिखने में एक बहुत ही छोटी संख्या का निर्धारण करता है , निश्चित रूप से मैं पूरी तरह से छोटा और लापरवाह हूं, मेरा मतलब है कि जानबूझकर ऐसा किया जाता है ताकि हम कुछ समय बिताएं हम जो लिख रहे हैं वह निश्चित रूप से अर्थहीन है जब तक कि हम इकाइयों को निर्दिष्ट नहीं करते हैं और इकाइयाँ si इकाइयों में हैं,
इसलिए मैं इसे आप लोगों के लिए एक अभ्यास के रूप में छोड़ देता हूँ कि si इकाइयाँ क्या हैं मेरी ताकत न्यूटन के संदर्भ में होगी और न्यूटन स्वयं है दाहिने हाथ की ओर दूसरे वर्ग से विभाजित मीटर में कितना किलो है, तो आपके पास द्रव्यमान वर्ग को लंबाई वर्ग से विभाजित किया गया है,
इसलिए यदि आप पूरी चीज को प्रतिस्थापित करते हैं तो आपको न्यूटन में जी का मान मिलेगा तो यह वह प्रयोग है जो उसने किया था और आप आसानी से कर सकते हैं देखें कि बड़ी संख्या में सन्निकटन थे यदि कैवेंडिश उपकरण के बहुत पास चला गया था, यह मानते हुए कि आप जानते हैं कि हित्ती मोटे तौर पर छह फीट लंबा व्यक्ति था और उसका वजन 70 या 80 किलो था जो कि कारण हो सकता था गुरुत्वाकर्षण बलों पर काफी परेशानी होती है
इसलिए वह शायद मीटर और मीटर दूर रहने के लिए पर्याप्त बुद्धिमान था और वह आकर्षण के बल को देख रहा था जो एक मीटर के अंश से अलग होता है, यह जानना बहुत महत्वपूर्ण है कि वास्तव में ए एक बहुत ही समान प्रकृति का प्रयोग, लेकिन बहुत अधिक सटीकता का प्रयोग, क्षय का क्लासिक प्रयोग है जो 1964 में किया गया था, जिसने वास्तव में यह सत्यापित करने की कोशिश की थी कि गुरुत्वाकर्षण बल अभिव्यक्ति ma में gm के बराबर द्रव्यमान शब्द रद्द हो जाता है और हम जड़त्वीय और tm तुल्यता को रद्द कर देते हैं। गुरुत्वाकर्षण द्रव्यमान वहाँ वास्तव में उम क्षय ने सुनिश्चित किया कि पृथ्वी के द्रव्यमान का भी प्रयोग पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा जो कि बहुत महत्वपूर्ण है क्योंकि उदाहरण के लिए कैवेंडिश प्रयोग में यह माना जाता है कि स्ट्रिंग्स की लंबाई जो भारी द्रव्यमान का समर्थन करती है और छोटे द्रव्यमान बिल्कुल समान थे अन्यथा थोड़ा सा बेमेल होगा और टोक़ विमान में ठीक नहीं होगा और फिर गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र पृथ्वी एक भूमिका निभाएगी क्षय वास्तव में इसे खत्म करने में सक्षम था कि हमें इसमें नहीं जाना है लेकिन यह वास्तव में एक दिलचस्प प्रयोग है
इसलिए मुझे इस विशेष बिंदु पर खुद से पूछना है कि यह प्रयोगात्मक निर्धारण कितना अच्छा था इसकी तुलना करके ज्ञात मूल्यों के साथ और यहां मेरी स्लाइड में मैंने ज्ञात मूल्य उठाया है सबसे हालिया मूल्य यह शायद 2014 में कुछ समय था और संख्या छह दशमलव छह सात चार शून्य आठ के रूप में प्रदर्शित होती है और तीन एक कोष्ठक में दस से माइनस इलेवन की शक्ति तो हम क्या पाते हैं कि पहला महत्वपूर्ण अंक पूरी तरह से सहमत है कि परिमाण त्रुटियों का कोई क्रम नहीं है पूर्ण त्रुटि लगभग सात प्रतिशत के क्रम की है वास्तव में एक अधिक सावधान प्रयोग जो दो लड़कों द्वारा किया गया था या किसी को मुझे याद नहीं है लगभग 100 साल बाद सटीकता में केवल दो प्रतिशत की वृद्धि हुई ठीक है, वास्तविक की तुलना में पांच प्रतिशत त्रुटि थी जिसे आप आज के प्रयोग के बारे में जानते हैं और आप सापेक्ष त्रुटि बी देख सकते हैं आधुनिक मूल्य के बीच आज का वर्तमान मूल्य और कैवेंडिश मूल्य लगभग एक प्रतिशत है,

इसलिए इस तथ्य को देखते हुए कि जिस उपकरण का उपयोग किया गया था वह आधुनिक मानकों द्वारा हमारे द्वारा उपयोग किए जाने की तुलना में काफी कच्चा था और इस तथ्य की तुलना में कि कम से कम शंकु इतना बड़ा नहीं था। आज हमने जो उपयोग किया है , उसकी तुलना इस तथ्य से की जाती है कि वे पूरी तरह से कंपन मुक्त नहीं थे, इसे घेरने के बावजूद हवा का एक झोंका या हवा का एक छोटा सा झोंका हो सकता है कि आप देखते हैं कि कैवेंडिश प्रयोग वास्तव में एक बड़ी सफलता थी और बहुत ही उचित रूप से कैवेंडिश को श्रेय दिया जाता है। जी के निर्धारण के साथ निश्चित रूप से एक कल्पना है कि हम पृथ्वी को तौलना चाहते हैं यह आर्किमिडीज के पास वापस जाता है जिन्होंने कहा कि जब उन्होंने यह खोजा तो आप जिगर के सिद्धांत को जानते हैं आपको याद है जिसे आपने अपने आठवें आभूषण मानक में पढ़ा था उन्होंने कहा कि दे दो मुझे खड़े होने की जगह और मुझे एक पर्याप्त लंबी छड़ देने के लिए मैं आपके लिए पृथ्वी का वजन भी कर सकता हूं मैं आपके लिए कुछ भी तौल सकता हूं जो कि आर्किमिडीज का दावा ठीक था इसलिए शायद लोग प्रभावित थे इसके द्वारा और विभिन्न कारणों से लोग पृथ्वी के द्रव्यमान और पृथ्वी के घनत्व में रुचि रखते थे अब यदि हम पृथ्वी के द्रव्यमान को गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक जानते हैं तो हमें पृथ्वी का द्रव्यमान भी ज्ञात करने में सक्षम होना चाहिए जो मैंने दिखाया है इन स्लाइडों में, लेकिन मैं उन्हें लिखूंगा, तो आइए हम इसे लिख लें कि मैं आप लोगों से क्या चाहता हूं कि वास्तव में वास्तविक मूल्यों को प्रतिस्थापित करें और अपने आप को समझाएं कि ठीक है,
इसलिए अब मैं गैलीलियो पर वापस जाता हूं जो कि गिरने वाले पिंडों का गैलीलियन नियम है `I` पृथ्वी वर्ग की त्रिज्या से विभाजित वस्तु के पृथ्वी द्रव्यमान के जी द्रव्यमान के बराबर एम जे लिखूंगा जो कि मैं लिखूंगा लेकिन अब मैं उतना शक्तिहीन नहीं हूं जितना मैं 15 मिनट पहले असहाय नहीं था क्योंकि केबिन डिश के लिए धन्यवाद मैं गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक को जानें यह `m` दूर जाएगा और मुझे पृथ्वी की त्रिज्या का पता है, टिप्पणियों के लिए धन्यवाद इसलिए मैं तुरंत पृथ्वी के द्रव्यमान को जीआर से विभाजित करने के लिए निर्धारित कर सकता हूं, जो कि मेरे पास है जैसा कि मैंने आपको बताया था कि कैवेंडिश नहीं था पूरी तरह से पृथ्वी के द्रव्यमान में रुचि रखते हैं, लेकिन जब मैं पृथ्वी की त्रिज्या लिख रहा हूं, तो वह औसत घनत्व में रुचि रखता था, जो कि माध्य त्रिज्या भी है क्योंकि आखिरकार हम जानते हैं कि पृथ्वी एक पूर्ण क्षेत्र नहीं है, लेकिन यह एक भू-आकृति है यह ध्रुवों पर चपटा होता है और भूमध्य रेखा पर थोड़ा उभड़ा हुआ होता है
इसलिए यह त्रिज्या केवल एक माध्य है लेकिन फिर भी यदि आप इसे अनदेखा करते हैं तो हम इसे 4 पाई बटा 3 पुन: घन करके `rho` में लिख देंगे और मैं उन सभी पर एक बार लगाऊंगा बार क्या संदर्भित करता है बार पृथ्वी के त्रिज्या के औसत मूल्य को संदर्भित करता है और पंक्ति बार औसत घनत्व को संदर्भित करता है यह घनत्व पृथ्वी का द्रव्यमान घनत्व है,
इसलिए यदि आप सभी संख्याओं को अच्छी तरह से प्लग करते हैं तो उन दिनों लोग पसंद करते थे घनत्व के बजाय विशिष्ट गुरुत्व देने के लिए और कृपया याद रखें कि विशिष्ट गुरुत्व एक सामग्री के घनत्व का अनुपात है जो संभवतः कमरे के तापमान पर पानी के घनत्व का अनुपात है,
इसलिए पृथ्वी की पंक्ति का मतलब `rho` पानी से विभाजित है, आइए हम कहते हैं कि सामान्य तापमान का दबाव बदल जाता है 5.448 प्लस या . हो माइनस 0.033 यह वह संख्या है जो कैवेंटिश को दिलचस्प रूप से मिली है, हमें बताया गया है कि वास्तव में कैवेंडिश ने एक गलती की एक बीजगणितीय संख्यात्मक त्रुटि स्पष्ट रूप से उन्होंने इसे 5.84 या कुछ और या 5.448 घोषित किया यह एक प्रतिलेखन त्रुटि या एक संख्यात्मक त्रुटि हो सकती है यह बहुत तुच्छ त्रुटि है प्रतिस्थापन त्रुटि हम इसके लिए किसी को दंडित नहीं करने जा रहे हैं लेकिन सही संख्या 5.448 है जो आपको बताती है कि पृथ्वी ज्यादातर ठोस है और यह भारी है, भले ही यह ठोस न हो, इसमें बहुत भारी तत्व होना चाहिए जो आपके पास है पृथ्वी के मूल में
इसलिए पानी की मात्रा बहुत अधिक नहीं है, हालांकि पानी की सतह का दो तिहाई हिस्सा ढका हुआ है, पृथ्वी पानी से ढकी हुई है,
इसलिए तुलना के लिए आपको घनत्व याद रखना चाहिए या लोहे का विशिष्ट गुरुत्व लगभग 7 प्लस 7 बिंदु है एलईडी का कुछ 11 बिंदु कुछ है,
इसलिए हमारे पास कई अन्य तत्वों का मिश्रण है, ठीक है, बहुत सारे सिलिकॉन इत्यादि हैं,
इसलिए इस कारण के लिए कैवेंडिश की खोज या कैवेंडिश की खोज की गई है वह पहली बार पृथ्वी को तोलने या पृथ्वी का भार ज्ञात करने के लिए प्रसिद्ध है और हमें उन दिनों को भी याद रखना चाहिए जब लोग द्रव्यमान और भार के बीच अंतर नहीं करते थे
इसलिए उन्होंने कहा कि मैंने आज पृथ्वी को बनाया है जब हम कहते हैं कि तौलना हमारा मतलब द्रव्यमान है लेकिन उसका वास्तव में मतलब था कि उसने द्रव्यमान को गुरुत्वाकर्षण में `m` से `g` में पाया, जिसे उसने खोजा लेकिन यह थोड़ा सा विचलन या एकीकरण है जिसके बारे में हमें परेशान होने की आवश्यकता नहीं है
इसलिए अब हम एक लंबा सफर तय कर चुके हैं लेकिन यह वह जगह नहीं है जहां हमारी गणना समाप्त होती है क्योंकि फिर से मेरे पास पृथ्वी के द्रव्यमान को मापने का कोई स्वतंत्र साधन नहीं है और यह सत्यापित करता है कि गुरुत्वाकर्षण का नियम सही है, सख्ती से बोलना संभव होना चाहिए तो मुझे क्या करना चाहिए मुझे सक्षम होना चाहिए चंद्रमा की कक्षा को देखें और फिर से पृथ्वी के द्रव्यमान का निर्धारण करें, जो हमें करना है, अब हमें कुछ समय बिताना है यदि पृथ्वी का द्रव्यमान कैवेंडिश या कैवेंडिश जैसे प्रयोग द्वारा प्राप्त मूल्य से सहमत है जहां आप देखते हैं चंद्रमा की कक्षा से आने वाले प्रेक्षणों से दो स्वतंत्र द्रव्यमानों पर केड तब गुरुत्वाकर्षण नियम में हमारा विश्वास बढ़ता है, अगला काम क्या है जो मुझे करना चाहिए मैं सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की कक्षीय गति को देखने में सक्षम होना चाहिए और मुझे करना चाहिए अब निश्चित रूप से मेरे पास सूर्य के द्रव्यमान का अनुमान लगाने में सक्षम होने के लिए मेरे पास सूर्य के द्रव्यमान का पता लगाने का कोई साधन नहीं है, लेकिन फिर मुझे विभिन्न ग्रहों की कक्षीय गति को देखने में सक्षम होना चाहिए और इससे सूर्य का द्रव्यमान स्थापित होना चाहिए लेकिन सौभाग्य से केप्लर के तीसरे नियम द्वारा पहले से ही स्थापित किया गया है क्योंकि इसी तरह हमें एक स्थिरांक मिला है, लेकिन अगर मैं बुद्धिमान हूं तो मुझे पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति को सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की गति को संयोजित करने में सक्षम होना चाहिए और मैं पृथ्वी और चंद्रमा के बीच की दूरी को देखते हुए पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की अवधि के बीच एक संबंध स्थापित करने में सक्षम होना चाहिए , पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी को देखते हुए सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की अवधि,
इसलिए ये विभिन्न तरीके हैं यदि हमने ऐसा किया तो गुरुत्वाकर्षण स्थापित हो जाएगा लेकिन मुझे उस बिंदु पर क्यों रुकना चाहिए मैं थोड़ा आगे बढ़ सकता हूं मैं देखता हूं कि मैं मंगल के चंद्रमाओं को देख सकता हूं उदाहरण के लिए मैं बृहस्पति के चंद्रमाओं को देख सकता हूं । बहुत बड़ी संख्या में चंद्रमा मुझे नहीं पता ऐसे कई नाम हैं जो मुझे अभी नहीं मिल रहे हैं ठीक है इसमें 12 चंद्रमा हैं या कुछ ऐसी चीज है जो मुझे उनके पीरियड्स को देखने में सक्षम होना चाहिए यदि वे गोलाकार हैं तो मैं उपयोग कर पाऊंगा सूत्र जो मैंने लिखा है यदि वे अत्यधिक अण्डाकार मिस्टर न्यूटन हैं, तो वैसे भी हमें बताता है कि यह निर्धारित करना संभव है क्योंकि न्यूटन के नियम आपको सही ग्रह की कक्षाएँ देते हैं मुझे विभिन्न द्रव्यमानों को निर्धारित करने में सक्षम होना चाहिए और यदि वे सभी अब एक दूसरे के साथ पूरी तरह से सहमत हैं आप देखते हैं कि मैं यूरेनस या मंगल या बृहस्पति के द्रव्यमान के लिए भविष्यवाणी कर रहा हूं जो पूरी तरह से गुरुत्वाकर्षण के नियम को स्थापित करेगा और एक अप्रत्याशित बोनस है जिसका हम सामना करने जा रहे हैं और वह है ज्वार की व्याख्या लोगों ने हमेशा ज्वार को देखा है और लोग चड्डी से मोहित हो गए हैं क्योंकि आप जानते हैं कि पूर्णिमा की रात और अमावस्या की रात ज्वार का कारण बनती है और किसी भी संख्या में अलौकिक स्पष्टीकरण दिए गए थे न्यूटन ने देखा कि चड्डी कुछ भी नहीं बल्कि सूर्य या चंद्रमा के गुरुत्वाकर्षण बल के अंतर के कारण हैं। पृथ्वी के दो अलग-अलग छोर
इसलिए यह सुधार है कि हमें इन सभी की गणना करनी है, हम अगले व्याख्यान में करेंगे,
इसलिए आप सभी को मेरी ईमानदारी से सलाह है कि कृपया इन सभी चीजों पर ध्यान से काम करें, मैंने प्लग इन नहीं किया है संख्यात्मक मान और हम अगले व्याख्यान में इन सभी दिनों में जो कुछ भी मैंने आपको बताया उसका अध्ययन समाप्त कर देंगे और फिर आवेदनों पर चर्चा करेंगे ठीक है, आपका दिन शुभ हो